

AGRONOMSKI GLASNIK 1-2/2015.
ISSN 0002-1954

Pregledni članak
Review article

UPORABA ETERIČNIH ULJA U ZAŠTITI USKLADIŠTENOG SJEMENA

UTILIZATION OF ESSENTIAL OILS IN PROTECTION OF STORED GRAINS

Sara Malešević, Martina Grdiša, Klaudija Carović-Stanko

SAŽETAK

Uskladišteno sjeme predstavlja jedinstveni ekosustav čije je poznavanje od izuzetne važnosti kako bi se sačuvala klijavost i životna sposobnost do ponovne sjetve. Sjeme može biti napadnuto od različitih štetnika i mikroorganizama koji se vrlo često pojavljuju u skladištima i negativno utječu na kvalitativna i kvantitativna svojstva. Njihovo suzbijanje danas predstavlja vrlo veliki izazov s obzirom da se sve više nastoje koristiti prirodni pripravci poput botaničkih pesticida, umjesto sintetičkih insekticida, koji su već dugi niz godina u upotrebi, a za koje je poznato da negativno djeluju na ljudsko zdravlje i okoliš. Eterična ulja predstavljaju jednu od opcija zaštite usjeva i alternativu u programima suzbijanja različitih štetočinja uskladištenog sjemena, stoga u novije vrijeme dobivaju sve veću važnost. Najviše su istraživana eterična ulja vrsta iz porodica: *Lamiaceae*, *Myrtaceae*, *Asteraceae*, *Rutaceae*, *Apiaceae* i *Laureaceae*, za koja je dokazano da posjeduju izrazit insekticidni potencijal. Osim insekticidnog djelovanja dokazano je i njihovo virucidno, baktericidno, fungicidno, kao i larvicidno i ovoidno djelovanje. U ovom su radu detaljno opisana eterična ulja, njihove aktivne sastavnice te primjena u zaštiti uskladištenog sjemena.

Ključne riječi: uskladišteno sjeme, botanički pesticidi, eterična ulja, ekološka poljoprivreda

ABSTRACT

Stored grain represents unique ecosystem and preservation of its quality until sowing time is of great importance. It can be damaged by different harmful insects and microorganisms which are very common in storage facilities and have a negative impact on qualitative and quantitative characteristics of the seed. Reduction of their populations is a challenge since nowadays there is a great need to use natural components, such as botanical pesticides, instead of

synthetic pesticides, which show numerous negative impacts on human health and environment. In recent years essential oils are gaining much attention as an alternative for stored grain pest control. The most investigated essential oils are those isolated from plant families: *Lamiaceae*, *Myrtaceae*, *Asteraceae*, *Rutaceae*, *Apiaceae* and *Laureaceae*, which are known for their significant insecticidal potential. Except insecticidal, they exhibit virucidal, bactericidal, antifungal, as well as larvicidal and ovicidal effects. In this review, essential oils, their active components and possible use in stored grains protection are described in details.

Keywords: stored grains, botanical pesticides, essential oils, organic farming

UVOD

Visokokvalitetno sjeme je preduvjet uspješne biljne proizvodnje. Ono je živi organizam koji zahtijeva specifične uvjete skladištenja kako bi očuvalo vlastitu kvalitetu do sjetve i kako bi se omogućio razvoj zdravih biljaka. Nepovoljni okolišni čimbenici (temperatura, padaline, relativna vlaga zraka) tijekom vegetacije mogu značajno smanjiti njegovu klijavost i životnu sposobnost (Egli i sur., 2005).

Glavni čimbenici koji utječu na kvalitetu sjemena u skladištu, kao i na trajanje uspješnog skladištenja su sadržaj vlage, temperatura i relativna vlaga zraka u skladištu. Ujedno, tijekom skladištenja sjeme može biti napadnuto od različitih štetnika i mikroorganizama (Matković, 2015). Od mikroorganizama, u skladištima se najčešće pojavljuju gljivice rodova *Aspergillus*, *Penicillium*, te vrste iz roda *Fusarium* koje uzrokuju sljedeće bolesti: palež klijanaca, trulež korijena i vlati, snježnu plijesan, fuzarijsku palež klasa, fuzarijsku trulež klipa i dr. (Ćosić i sur., 2006). Štetnici u skladištu dijele se na primarne i sekundarne. U skupinu primarnih štetnika ubrajaju se oni koji su u stanju oštetiti potpuno zdravo i suho sjeme te se na njemu razvijati i razmnožavati. Glavni predstavnici su žitni (*Sitophilus granarius* L.), rižin (*Sitophilus oryzae* L.), kukuruzni (*Sitophilus zeamais* Motsch.) i grahov žižak (*Acanthoscelides obtectus* Say), žitni kukuljičar (*Rhizopertha dominica* F.), trogoderma (*Trogoderma granarium* Everts.), žitni (*Sitotroga cerealella* Olivier), bakrenasti (*Plodia interpunctella* Hubner) i hambarski moljac (*Nemapogon granella* L.) (Maceljki i Igrc Barčić, 1999). Sekundarni štetnici ne mogu oštetiti zdrava i suha zrna već se javljaju kao pratioci primarnih štetnika, odnosno kada je zaštitni sloj sjemena oštećen. Glavni predstavnici ove skupine su surinamski brašnar (*Oryzaephilus*

surinamensis L.), neke vrste iz roda *Cryptolestes*, mali brašnari na žitu, itd. (Maceljčki i Igrc Barčić, 1999).

U svrhu suzbijanja štetoinja, već se dugi niz godina koriste sintetički pripravci čija se primjena može direktno odraziti na proizvodnju, održivost, zdravlje ljudi i okoliš. Botanički pesticidi predstavljaju jednu od opcija zaštite usjeva i alternativu u programima suzbijanja različitih štetoinja. Osim u navedene svrhe, diljem svijeta biljni pesticidi se koriste u tradicionalnim kulturama kao sredstva za zaštitu ljudi od raznih nametnika, čime im se ujedno poboljšava i opće zdravstveno stanje. U botaničke pesticide ubrajaju se i eterična ulja čije su glavne komponente monoterpeni i seskviterpeni, a u novije vrijeme njihova primjena dobiva sve veću važnost u suzbijanju mnogobrojnih štetoinja. Istraživanja su pokazala da mnoga od njih posjeduju insekticidno, repelentno, antifidantno, fungicidno i ovicidno djelovanje te su kao takva potencijalni alternativni izvor u zaštiti uskladištenog sjemena (Ravlić, 2011).

MEHANIZAM DJELOVANJA ETERIČNIH ULJA NA ŠTETNIKE

Pojedina eterična ulja, odnosno njihove aktivne sastavnice ulaze u interakciju s glavnim metaboličkim, biokemijskim, fiziološkim i bihevioralnim funkcijama kukaca (Brattesten, 1983). Stoga, određena eterična ulja pokazuju akutnu toksičnost na kukce, dok ostala djeluju kao repelenti (Watanabe i sur., 1993), antifidanti (Hough - Goldstein, 1990), te sprječavaju ili usporavaju njihov rast, razvoj (Karr i Coats, 1992) i razmnožavanje (Sharma i Saxena, 1974). Zbog navedenih svojstava i djelotvornosti, eterična ulja kao insekticidna sredstva u posljednjih nekoliko godina dobivaju sve veću važnost, s posebnim naglaskom na učinkovitost u suzbijanju štetnika uskladištenih proizvoda, gdje najvjerojatnije djeluju kroz kombinaciju kontaktne i fumigantne toksičnosti i repelentnosti (Regnault - Roger i sur., 1993; Sarac i Tunc, 1995). Dosadašnja istraživanja insekticidnog djelovanja eteričnih ulja bila su uglavnom usmjerena na vrste iz porodica *Lamiaceae*, *Myrtaceae*, *Asteraceae*, *Rutaceae*, *Apiaceae* i *Laureaceae*. Dokazano je da posjeduju izrazit insekticidni potencijal (Ibrahim i sur., 2001). Osim insekticidnog djelovanja, eterična ulja posjeduju i virucidno, baktericidno, fungicidno, kao i larvicidno i ovicidno djelovanje te različite učinke koji sprječavaju hranjenje kukaca biljkom (Isman, 2000).

Djelovanje eteričnih ulja na kukce može biti neurotoksično, sa simptomima sličnim onima koji nastaju pod utjecajem insekticida na bazi organofosfata i karbamata (Isman, 2000) ili inhibitorno na acetilkolin, izazivajući paralizu kukaca (Ryan i Byrne, 1988). Istraživanja su pokazala da pojedini monoterpeni

imaju svojstva enzima acetilkolinesteraze (AChE) koji inhibira acetilkolin. Primjer takvog terpena je ciklički terpen pulegon, dobiven iz ulja metvice, za koji je dokazano da djeluje kao inhibitor AChE kod kestenjastog brašnara (*Tribolium castaneum* Herbst) (Houghton i sur., 2006). Nadalje, Abdelgaleil i sur. (2009) navode da se 1,8 - cineol pokazao kao najbolji potencijalni inhibitor AChE ličinki *T. castaneum* Herbst, potom (-)-karvon i (-)-limonen. Također, u *in vitro* uvjetima utvrđeno je da kod odraslih jedinki *S. oryzae* L. najbolju inhibiciju AChE ima kuminaldehid, zatim 1,8 - cineol, (-)-limonen i (-)-fenkon. Autori Lopez i Pascual - Villalobos (2010) su ispitivali inhibiciju aktivnosti AChE kao mogućeg mehanizma djelovanja 8 monoterpena (fenkon, *S* - karvon, linalol, γ - terpinen, geraniol, estragol, kamfor i anetol) koji su imali visoki mortalitet na dva skladišna štetnika (*S. oryzae* L., *R. dominica* F.). Autori su utvrdili da je većina testiranih monoterpena inhibirala enzim AChE te da je inhibicija kod pojedinih monoterpena bila potpuna, reverzibilna ili kombinirana.

Kukci su sposobni udahnuti, progutati, te preko kože apsorbirati eterična ulja. Brzo djelovanje protiv određenih kukaca ogleda se u neurotoksičnom mehanizmu djelovanja, te je utvrđena interferencija s oktopaminom (Enan, 2005) ili GABA - ulaznim kloridnim kanalima (Priestley i sur., 2003; Khater, 2011). Oktopamin ima niz bioloških uloga kod kukaca; može djelovati kao neurotransmiter, neurohormon i cirkulirajući neurohormon - neuromodulator (Evans, 1980). Pokazuje svoje djelovanje putem interakcije s najmanje dvije vrste receptora; oktopaminom - 1 i oktopaminom - 2 (Evans, 1981). Prekidanje funkcije oktopamina rezultira potpunim prekidom živčanog sustava kukaca, a nedostatak ovih receptora u kralježnjacima može dovesti do potpune selektivnosti eteričnih ulja (Enan i sur., 1998).

Antifidantno djelovanje eteričnih ulja

Antifidanti su kemijski spojevi koji inhibiraju ili narušavaju ishranu kukaca tako da tretirani materijal učine neatraktivnim ili neukusnim (Munakata, 1997; Saxena i sur., 1988).

Prates i sur. (1998) su utvrdili da sastavnice 1,8 - cineol i limonen imaju insekticidno djelovanje na dvije vrste skladišnih štetnika: *R. dominica* F. i *T. castaneum* Herbst, pokazujući antifidantno, ali i kontaktno i fumigantno djelovanje.

Utvrđeno je da benzenski derivati eteričnih ulja (eugenol, izoeugenol i metil - eugenol) imaju antifidantno djelovanje na vrste *S. zeamais* Motsch. i

T. castaneum Herbst (Huang i sur., 2002). Primijenjeni derivati narušavaju normalnu ishranu kukaca te ih time oslabljuju i čine osjetljivijima na insekticide.

Paruch i sur. (2000) su u svom istraživanju dokazali da terpenoid lakton djeluje antifidantno na vrste: *S. granarius* L., malog brašnara (*T. confusum* du Val) i *Trogoderma granarium* Everts., te je ovo djelovanje uspoređeno s biološkim pesticidom vrste *Azadirachta indica* A. Juss.

Utvrđeno je i antifidantno djelovanje monoterpena karvona i dihidrokarvona eteričnog ulja izoliranog iz lišća kurkume (*Curcuma longa* L.) protiv ličinki i odraslih oblika dvaju skladišnih štetnika: *S. oryzae* L. i *T. castaneum* Herbst (Tripathi i sur., 2003).

Fumigantno djelovanje eteričnih ulja

Utvrđeno je da cimetaldhid, aktivna sastavnica eteričnog ulja cimeta (*Cinnamomum verum* J.Presl), može biti potencijalno sredstvo za zaštitu žitarica zbog svoje kombinacije kontaktnog, fumigantnog i antifidantnog djelovanja na dvije vrste skladišnih štetnika, *T. castaneum* Herbst i *S. zeamais* Motsch. U istraživanju Huang i Ho (1998) fumigantna toksičnost cimetaldhida bila je jače izražena kod imaga vrste *T. castaneum* Herbst nego kod *S. zeamais* Motsch. Nadalje, imaga obje vrste su bila više osjetljiva u odnosu na ličinke *T. castaneum* Herbst, koje su starošću postajale manje osjetljive na ekstrakt cimeta.

Fumigantna svojstva sastavnica 1, 8 - cineol i kamfor, izoliranih iz lišća biljke *Artemisia tridentata* Nutt. ssp. *vaseyana* Rydb., istraživana su u cilju zaštite uskladištenih žitarica, skladišta i fumigacije prostora. Kombinacija terpena je rezultirala 100% - tnm mortalitetom imaga vrste *R. dominica* F. i jajašaca *Plodia interpunctella* Hubner tijekom 24 sata ekspozicije (Dunkel i Sears, 1998).

Eterično ulje izolirano iz vrste *Artemisia sieberi* Besser također pokazuje fumigantnu toksičnost na tri skladišna štetnika: *T. castaneum* Herbst, *S. oryzae* L. i četverotočkastog žižka (*C. maculatus* F.). Utvrđeno je da se mortalitet imaga ovih vrsta povećao s porastom koncentracija od 37 do 926 $\mu\text{l L}^{-1}$ i s vremenom ekspozicije od 3 do 24 sata. Najniža koncentracija pri ekspoziciji od 24 sata bila je dovoljna da se postigne 100% - tni mortalitet za sve ispitivane štetnike (Negahban i sur., 2007).

Shukla (2009) je istraživao fumigantnu toksičnost eteričnog ulja biljke *Cymbopogon pendulus* (Nees ex. Steud.) Wats. cv. Praman na skladišne gljivice i štetnike (*A. flavus* Link., *P. italicum* Wehmer., *R. dominica* F., *T. castaneum* Herbst i *T. granarium* Everts) u uskladištenoj robi. Uzimajući u obzir fitotoksičnost, odnosno štetnost za uskladišteno sjeme, široki spektar djelovanja (djelovanje i na štetne gljivice i kukce), rezultate organoleptičkih testova, farmakološka ispitivanja (neškodljivost za ljudsko zdravlje) i usporedna svojstva s određenim sintetičkim fumigantima, ova vrsta pokazuje izuzetno dobro djelovanje.

Autori Saroukolai i sur. (2010) testirali su eterično ulje biljke *Thymus persicus* Ronniger ex. Rech. f. na imaga vrste *T. castaneum* Herbst i *S. oryzae* L. Fumigantna toksičnost se povećavala s povećanjem koncentracije ulja. Vrijednosti LD₅₀ pri najnižim i najvišim koncentracijama rangirane su od 28.09 do 13.47 sati za *T. castaneum* Herbst te od 3.86 do 2.3 sati za *S. oryzae* L. Eterično ulje je pokazalo veću učinkovitost na imaga vrste *S. oryzae* L. u odnosu na vrstu *T. castaneum* Herbst.

Ispitana je kontaktna i fumigantna toksičnost 11 monoterpena na dva skladišna štetnika, *S. oryzae* L. i *T. castaneum* Herbst (Abdelgaleil i sur., 2009). Uzimajući u obzir kontaktnu toksičnost, najbolju učinkovitost na *S. oryzae* L. pokazali su (-)-karvon, geraniol i kuminaldehid, a na *T. castaneum* Herbst (-)-karvon i kuminaldehid. Kao najbolji potencijalni fumigant pokazao se 1,8 - cineol za obje vrste štetnika.

Utvrđeno je izuzetno fumigantno djelovanje lavande (*Lavandula angustifolia* Mill.) na *R. dominica* F. (100% - tni mortalitet odraslih oblika) i *O. surinamensis* L. (više od 90% - tni mortalitet na odrasle oblike) unutar 24 sata (Shaaya i sur., 1991).

Klingauf i sur. (1983) su utvrdili da izlaganje eteričnom ulju metvice (*Mentha piperita* L.) u koncentraciji od 6 µg L⁻¹ u razdoblju od tri sata dovodi do 100% - tnog mortaliteta odraslih oblika *S. cerealella* Olivier i 50% - tnog mortaliteta odraslih oblika vrste *A. obtectus* Say. Dokazano je i da izloženost ulju ove biljne vrste dovodi do 75% - tnog mortaliteta odraslih oblika nekoliko štetnih vrsta: *T. castaneum* Herbst, *R. dominica* F., *O. surinamensis* L. i *S. oryzae* L. (Shaaya i sur., 1991).

Fumigantno djelovanje eteričnog ulja ljekovite kadulje (*Salvia officinalis* L.) uzrokovalo je 100% - tni mortalitet odraslih oblika *R. dominica* F. i *S. oryzae* L., kao i 95% - tni mortalitet vrste *O. surinamensis* L., unutar 24 sata (Shaaya i sur., 1991).

Uočeno je i fumigantno djelovanje eteričnog ulja timijana (*Thymus vulgaris* L.) na mortalitet odraslih oblika vrsta *O. surinamensis* L. i *R. dominica* F. unutar 24 sata (Shaaya i Pisarev, 1991). Klingauf i sur. (1983) su uvidjeli da ulje ove vrste dovodi do 90% - tnog mortaliteta odraslih oblika *A. obtectus* Say nakon tri sata izlaganja.

Repelentno djelovanje eteričnih ulja

Repelenti su tvari koje djeluju lokalno ili na određenoj udaljenosti; odbijaju kukce od tretiranog materijala stimulirajući olfaktorne ili neke druge receptore. Repelenti biljnog podrijetla smatraju se sigurnima u kontroli štetnika; minimiziraju ostatke pesticida te su sigurni za ljude, hranu i okoliš (Talukder i sur., 2004; Talukder, 2006; Maia i Moore, 2011).

Chaubey (2007) je utvrdio repelentno djelovanje vrsta *Trachyspermum ammi* (L.) Sprague, *Anethum graveolens* L. i *Nigella sativa* L. na ličinke i odrasle oblike vrste *T. castaneum* Herbst.

Bosiljak, *Ocimum gratissimum* L., podrijetlom iz Kenije, pored svojih ljekovitih svojstava, cijenjen je po repelentnom djelovanju na različite štetne vrste. Ispitana je bioaktivnost eteričnoga ulja ove biljke, kao i njenih komponenata (eugenol i β -(Z)-ocimen) u kontroli pet vrsta skladišnih štetnika: *S. oryzae* L., *T. castaneum* Herbst, *O. surinamensis* L., *R. dominica* F. i kineskog žižka (*C. chinensis* L.). U testiranju repelentnosti, i ulje i eugenol pokazali su snažnu repelentnost za ove vrste, ovisno o dozi i vremenu ekspozicije. Najveći postotak repelentnosti postignut je kod vrsta *S. oryzae* L. (85 - 100%) i *T. castaneum* Herbst (37.5 - 100%) (Ogendo i sur., 2008).

Testirano je repelentno djelovanje sastavnica eteričnog ulja lovora (*Laurus nobilis* L.) na vrstu *T. castaneum* Herbst. Koncentracija benzaldehida od 50 ppm pokazala je najveću repelentnost od 71% unutar 24 sata izlaganja, dok su geraniol i piperidin pokazali umjerenu repelentnost (Saim i Meloan, 1986).

Mohiuddin i sur. (1987) su utvrdili da koncentracija od 1% - tnog eteričnog ulja luka (*Allium sativum* L.) pokazuje 88% - tnu repelentnost protiv odraslih oblika *T. castaneum* Herbst nakon pet dana izlaganja. Također je zabilježeno da se udio repelentnosti smanjio na 48% nakon osam tjedana.

Vrsta *Azadirachta indica* A. Juss. pokazala je znatnu repelentnost (70%) za *T. castaneum* Herbst, četiri tjedna nakon izlaganja, dok se ista smanjila na 59% nakon osam tjedana (Jilani i sur., 1988).

Autori Sighamony i sur. (1984) su dokazali 70% - tnu repelentnost eteričnog ulja klinčića (*Syzygium aromaticum* L.) na *T. castaneum* Herbst, dok je repelentni učinak na *S. zeamais* Motsch. utvrđen kod mješavine eteričnog ulja nekoliko vrsta roda *Eucalyptus* spp. (*E. dunni* Maiden, *E. saligna* Sm., *E. benthamii* Maiden & Cabbage, *E. globulus* Labill. i *E. viminalis* Labill.) (Mossi i sur., 2011).

Repelentno djelovanje pokazuju i eterična ulja vrste *Adhatoda vasica* Nees, koje je djelotvorno na vrste *S. oryzae* L. i *C. chinensis* L. (Kokate i sur., 1985); *Ocimum suave* Willd., koja pokazuje repelentno djelovanje na *S. zeamais* Motsch. (Hassalani i Lwande, 1989), te idirola (*Acorus calamus* L.) na *T. castaneum* Herbst (Jilani i sur., 1988).

Ovicidno djelovanje eteričnih ulja

Ovicidi su sredstva za zaštitu bilja koja se koriste za uništavanje štetnika u stadiju jajašca (Liška, 2011).

Ispitujući toksičnost volatilnih spojeva četiriju eteričnih ulja, Isikber i sur. (2009) su ustanovili različitu osjetljivost jajašaca ovisno o vrsti štetnika i primijenjenog ulja. Eterična ulja bijelog luka i breze pokazala su veću toksičnost u odnosu na eterična ulja cimeta i anisa. Ovisno o vrsti štetnika, najosjetljivijima su se pokazala jajašca vrste *T. confusum* du Val, a najotpornijima jajašca moljca *P. interpunctella* Hubner.

Chaubey (2007) je testirao toksično i inhibitorno djelovanje eteričnog ulja kopra (*Anethum graveolens* L.) i *Trachyspermum ammi* L. na razvoj *T. castaneum* Herbst. Fumigacija ovim eteričnim uljima je smanjila ovipoziciju, inhibirala razvoj ličinki u kukuljice i razvoj kukuljica u odrasle oblike, te je rezultirala deformacijama u različitim razvojnim stadijima kukca.

U sličnom istraživanju, testirano je djelovanje eteričnog ulja kopra (*Anethum graveolens* L.), kumina (*Cuminum cyminum* L.) i *Trachyspermum ammi* L., na ovipoziciju, i razvoj vrste *C. chinensis* L. Ulja su smanjila potencijal ovipozicije i polaganje jajašaca. Nadalje, ulja su uzrokovala kroničnu toksičnost jer su tretirani kukci uzrokovali manje štete na sjemenu (Chaubey, 2008).

Biološku aktivnost eteričnih ulja korijandra (*Coriandrum sativum* L.) na jajašca, ličinke i odrasle oblike vrste *T. castaneum* Herbst, zabilježili su Islam i sur. (2009). Uočili su da se povećanjem koncentracije, udio ličinki koje su prelazile u stadij kukuljice značajno smanjio, kao i udio kukuljica koje su prelazile u odrasli oblik.

Utvrđen je i ovidni učinak kardamoma (*Elletaria cardamomum* L.) na jajašca dvaju skladišnih štetnika, *S. zeamais* Motsch i *T. castaneum* Herbst (Huang i sur., 2000). Naime, izlijevanje ličinki iz tretiranih jajašaca kod *T. castaneum* Herbst bilo je smanjeno za 60%, čime je smanjen i broj razvijenih imaga. Pojava potomstva obje vrste bila je u potpunosti zaustavljena pri koncentraciji od 5.3×10^3 ppm ulja kardamoma. Stamopoulos i sur. (2007) testirali su pet monoterpena (terpinen - 4 - ol, 1,8 - cineol, linalol, R-(+)-limonen i geraniol) na različite stadije i starosti vrste *T. confusum* du Val, kao i utjecaj na reprodukciju i preživljavanje jajašaca. Najbolju učinkovitost imao je terpinen - 4 - ol, zatim R-(+)-limonen, 1, 8 - cineol, linalol, dok je geraniol pokazao najmanju učinkovitost. U svim slučajevima, osim kod geraniola, najosjetljivije su bile ličinke trećeg stadija, a najtolerantnija jajašca starosti tri dana. Pored ispitivanja direktne toksičnosti, autori su utvrdili da su ženke nakon ekspozicije parama imale nižu reprodukciju, a jajašca su bila slabije otporna. Svi testirani monoterpeni pokazali su slično djelovanje (Liška, 2011).

U istraživanju Srivastava i sur. (1988) utvrđeno je da ulje vrste *Mentha arvensis* L., koje sadrži mentol, menton i mentil acetat, sprječava ovipoziciju štetnika *C. chinensis* L. čak i do 90 dana nakon aplikacije.

FUNGICIDNO DJELOVANJE ETERIČNIH ULJA

Eterično ulje timijana (*Thymus vulgaris* L.) sa svojim glavnim sastavnicama, timolom i karvakrolom, vrlo je učinkovito u suzbijanju raznih vrsta gljivica. Utvrđeno je da timol u potpunosti inhibira rast plijesni *Aspergillus parasiticus* Speare nakon perioda inkubacije od 10 dana. Osim toga, ova komponenta inhibirala je rast i proizvodnju toksina plijesni *Aspergillus flavus* Link. i *Aspergillus versicolor* (Vuillemin) Tiraboschi, također nakon perioda inkubacije od 10 dana (Hitokoto i sur., 1980).

Mabrouk i El - Shayeb (1980) su utvrdili da eterično ulje paprene metvice (*Mentha piperita* L.) sprječava proizvodnju aflatoksina plijesni *A. flavus* Link. nakon perioda inkubacije od šest dana. Fungicidno djelovanje ulja klinčića (*Syzygium aromaticum*/L./ Merrill & Perry), koje sadrži eugenol i kariofilen, zabilježeno je za nekoliko vrsta iz roda *Aspergillus*: *A. flavus* ATCC 15548, *A. flavus* NRRL 3251 i *A. parasiticus* Speare. Utvrđena je potpuna inhibicija rasta ovih vrsta.

Eterično ulje ružmarina (*Rosmarinus officinalis* L.), prema Suhru i Nielsenu (2003), pokazalo je slabi inhibitorski učinak na različite plijesni (*Aspergillus* spp., *Penicillium* spp.) prilikom kontaktne primjene ulja, dok je prilikom primjene metode isparavanja ulje pokazalo dobar inhibitorski učinak.

Fungicidno djelovanje eteričnih ulja triju vrsta iz roda *Pinus* (*P. ponderosa* P. & C. Lawson, *P. resinosa* Soland., *P. strobus* L.) na rast triju vrsta gljivica roda *Fusarium* (*F. culmorum* W. G. Sm., *F. solani* (Mart.) Sacc. i *F. poae* (Peck) Wollenw.) ispitivali su Krauze - Baranowska i sur. (2002). Ulje *P. ponderosa* P. & C. Lawson imalo je najjače fungicidno djelovanje na sve tri vrste roda *Fusarium* i to pri najnižoj koncentraciji od 2%. Ulja vrsta *P. resinosa* Soland. i *P. strobus* L. također su inhibirala rast ispitivanih *Fusarium* vrsta, ali u manjoj mjeri. Za različito fungicidno djelovanje ulja odgovoran je njihov kemijski sastav. Naime, ulja *P. resinosa* Soland. i *P. strobus* L. sadržavala su veće količine spoja β - pinen (42.4%, odnosno 45.7%) od ulja *P. ponderosa* P. & C. Lawson (7.9%) čiji su dominantni spojevi α - pinen (17.7%) i germakren D (12.2%). Ulje s najmanje ugljikovodičnih monoterpena (*P. strobus* L.) pokazalo je najslabije fungicidno djelovanje.

Prema Huang i sur. (2010), spoj anetol, koji je glavna komponenta anisa (*Pimpinella anisum* L.), ima fungicidno djelovanje na rast micelija gljivica *F. graminearum* Schw. i *F. oxysporum* Schltdl. Eterično ulje komorača (*Foeniculum vulgare* Mill.), čija je glavna komponenta također anetol, djeluje inhibitory na *F. graminearum* Schw. i *F. moniliforme* J. Sheld. (Singh i sur., 2006).

Velluti i sur. (2003) su ispitivali utjecaj pet eteričnih ulja; cimet (*Cinnamomum verum* J.Presl), klinčić (*Syzygium aromaticum*/L./ Merrill & Perry), limunska trava (*Cymbopogon schoenanthus* /L./ Spreng.), origano (*Origanum vulgare* L.) i palmarosa (*Cymbopogon martinii* /Roxb./ Wats.) na rast micelija gljivice *F. proliferatum* (Matsush.) Nirenberg i proizvodnju mikotoksina fumonizina B1 pri različitim temperaturama i količini vode u zrnu kukuruza. Pri većem sadržaju vlage te na temperaturama 20 °C i 30 °C ispitivana ulja pokazala su inhibitoryno djelovanje na rast micelija, međutim, pri nižem sadržaju vlage u zrnu i višoj temperaturi, ulja limunske trave i palmarose nisu inhibirala rast gljivice, nego su, štoviše, pozitivno utjecala na rast micelija. Proizvodnja fumonizina B1 ovisila je o sadržaju vode u zrnu kukuruza, pa je pri većoj količini vode i nižoj temperaturi utvrđena i veća količina mikotoksina. Ulja cimeta, origana i palmarose imala su inhibitoryni učinak na proizvodnju fumonizina B1 pri većem sadržaju vlage i pri obje temperature, dok su ulja limunske trave i klinčića inhibirala proizvodnju pri višoj temperaturi. Nijedno ulje nije imalo značajan inhibitoryni učinak na proizvodnju fumonizina pri manjem sadržaju vlage u zrnu. Pretpostavlja se da veći sadržaj vlage omogućuje eteričnom ulju bolje prodiranje u zrno (Paster i sur., 1995).

Tablica 1. Sažeti prikaz djelovanja eteričnih ulja odabranih biljnih vrsta na bolesti i štetnike

Table 1. Activity of selected essential oils against insects diseases

ETERIČNO ULJE ESSENTIAL OIL	GLAVNA SASTAVNICA MAIN COMPONENT	NAČIN DJELOVANJA MODE OF ACTION	KUKAC/ BOLEST INSECT SPECIES/ PATHOGENIC FUNGUS	IZVOR REFERENCE
<i>Curcuma longa</i> L.	karvon, dihidrokarvon	antifidantno	<i>S. oryzae</i> L. i <i>T. castaneum</i> Herbst	Tripathi i sur. (2003)
<i>Aegle marmelos</i> Correa	1,8 - cineol	antifidantno	<i>Helicoverpa armigera</i> Hubner	Tripathi i sur. (2003)
<i>Cinnamomum zeylanicum</i> Nees	cimetaldehid	fumigantno, antifidantno	<i>T. castaneum</i> Herbst i <i>S. zeamais</i> Motsch.	Huang i Ho (1998)
<i>Artemisia tridentata</i> Nutt. ssp. <i>Vaseyana</i> Rydb.	1,8 - cineol	fumigantno	<i>R. dominica</i> F. i <i>Plodia interpunctella</i> Hubner	Dunkel i Sears (1998)
<i>Pisum sativum</i> L.	lizolecitin	repeleantno	<i>S. oryzae</i> L.	Liška (2011)
<i>Ocimum gratissimum</i> L.	eugenol	repeleantno	<i>S. oryzae</i> L. i <i>T. castaneum</i> Herbst	Ogendo i sur. (2008)
<i>Laurus nobilis</i> L.	benzaldehyd	repeleantno	<i>T. castaneum</i> Herbst	Saim i Meloan (1986)
<i>Thymus vulgaris</i> L.	timol i karvakrol	fungicidno	<i>A. parasiticus</i> Speare, <i>A. flavus</i> Link. i <i>A. versicolor</i> (Vuillemin) Tiraboschi	Hitokoto i sur. (1980)
<i>Syzygium aromaticum</i> /L./ Merrill & Perry	eugenol	fungicidno	<i>A. flavus</i> Link. i <i>A. parasiticus</i> Speare	Mabrouk i El - Shayeb (1980)
<i>Citrus sinensis</i> L.	citakridon	fungicidno	<i>A. parasiticus</i> Speare	Alderman i Marth (1976)

Tablica 1. nastavak

ETERIČNO ULJE ESSENTIAL OIL	GLAVNA SASTAVNICA MAIN COMPONENT	NAČIN DJELOVANJA MODE OF ACTION	KUKAC/ BOLEST INSECT SPECIES/ PATHOGENIC FUNGUS	IZVOR REFERENCE
<i>Pinus ponderosa</i> P. & C. Lawson, <i>P. resinosa</i> Soland. i <i>P. strobus</i> L.	β - pinen	fungicidno	<i>Fusarium culmorum</i> W. G. Sm., <i>F. solani</i> (Mart.) Sacc. i <i>F. poae</i> (Peck) Wollenw.	Krauze - Baranowska i sur. (2002)
<i>Pimpinella anisum</i> L.	anetol	fungicidno	<i>F. graminearum</i> Schw. i <i>F. oxysporum</i> Schldl.	Huang i sur. (2010)
<i>Foeniculum vulgare</i> Mill.	anetol	fungicidno	<i>F. graminearum</i> Schw. i <i>F. moniliforme</i> J. Sheld.	Singh i sur. (2006)
<i>Mentha arvensis</i> L.	mentol	ovicidno	<i>C. chinensis</i> L.	Srivastava i sur. (1988)

Prema El - Zemityju i Ahmedu (2005) eterična ulja klinčića (*Syzygium aromaticum*/L./ Merrill & Perry), kima (*Carum carvi* L.), timijana (*Thymus vulgaris* L.) i cimeta (*Cinnamomum verum* J.Presl) posjeduju inhibitorni učinak na rast micelija gljivice *Helminthosporium sativum* Pammel.

Inhibitorno djelovanje pojedinog eteričnog ulja može ovisiti o metodi koja se primjenjuje pri ispitivanju. Ulja koja se sastoje od velikih fenolnih spojeva, kao što su timol i eugenol, imaju bolji učinak pri direktnoj primjeni, dok ulja koja sadrže manje nefenolne hlapive spojeve, kao primjerice citral i limonen, najbolje se primjenjuju metodama gdje je gljivica izložena parama eteričnog ulja. Tako je primjerice spoj timol iz ulja timijana bolje djelovao na inhibiciju rasta gljivice prilikom upotrebe metode isparavanja nego eugenol iz cimeta i klinčića, iako su oba spoja fenolna. Naime, molekula timola je manja i lakše isparava nego molekula eugenola (Suhr i Nielsen, 2003).

Antifidantno, fumigantno, repelentno, ovoidno i fungicidno djelovanje odabranih biljnih vrsta i sastavnica njihovih eteričnih ulja na najvažnije skladišne kukce i bolesti prikazano je u tablici 1.

ZAKLJUČAK

Pravilno uskladištenje sjemena ima značajnu ulogu u očuvanju njegove kvalitete do vremena sjetve. Postoji niz čimbenika koji mogu narušiti kvalitetu, kao što su nepovoljna temperatura i relativna vlaga zraka tijekom skladištenja, ali i određene vrste kukaca i mikroorganizama od kojih su u najvećoj mjeri zastupljene gljivice. Stoga je od izuzetne važnosti reagirati na vrijeme kako bi se spriječio njihov negativan utjecaj na uskladišteno sjeme.

Već se dugi niz godina u ovu svrhu koriste sintetički pesticidi, ali kao što je navedeno u ovome radu, oni mogu ostaviti niz negativnih posljedica te se sve više nastoji smanjiti njihova primjena. Dobrom alternativom pokazali su se biološki pesticidi od kojih su najistaknutija eterična ulja sa širokim spektrom djelovanja na najvažnije skladišne kukce i gljivice.

Navedena eterična ulja sa svojim sastavnicama imaju određene prednosti koje uključuju: nisku toksičnost za ljude i životinje ukoliko se koriste u preporučenoj dozi, brzu razgradnju pod utjecajem okolišnih uvjeta, široki spektar djelovanja i selektivnost. S druge strane, učestalija primjena uz dodatak veće cijene koštanja čini njihovu uporabu značajno skupljom u odnosu na sintetičke insekticide, što je jedan od nedostataka njihove uporabe. Još jedan od čimbenika koji ograničava korištenje sastavnica eteričnih ulja u praksi je i činjenica da za sada ne postoje toksikološki i sigurnosni podaci za registraciju ovih tvari kao fumiganata. Potrebna je velika količina biljnog materijala kako bi se proizvela dovoljna količina eteričnog ulja za komercijalne svrhe. Ipak, pojedine komponente imaju veću učinkovitost u odnosu na učinkovitost cjelovitog ulja. Ova spoznaja daje prostora oplemenjivačima bilja za uzgoj biljnih vrsta s većim udjelom ovih sastavnica u svom sastavu.

LITERATURA

1. Abdelgaleil S. A. M., Mohamed M. I. E., Badawy M. E. I., El – arami S. A. A. (2009). Fumigant and contact toxicities of monoterpenes to *Sitophilus oryzae* (L.) and *Tribolium castaneum* (Herbst) and their inhibitory effects on acetylcholinesterase activity. *Journal of Chemical Ecology* 35: 518 - 525
2. Alderman G. G., Marth E. H. (1976). Inhibition of growth and aflatoxin production of *Aspergillus parasiticus* by citrus oils. *Z. Lebensm. Unters. Forsch.* 160: 53 - 358
3. Brattsten L. B. (1983). Cytochrome P – 450 involvement in the interactions between plant terpenes and insect herbivores. In: *Plant resistance to insects* (P. A. Hedin, eds), American Chemical Society, Washington, DC, 173 - 195
4. Chaubey M. K. (2007). Insecticidal activity of *Trachyspermum ammi* (Umbelliferae), *Anethum graveolens* (Umbelliferae) and *Nigella sativa* (Ranunculaceae) essential oils against stored - product beetle *Triboliumcastaneum* Herbst (Coleoptera: Tenebrionidae). *African Journal of Agricultural Research* 2 (11): 596 - 600
5. Chaubey M. K. (2008). Fumigant toxicity of essential oil from some common species against pulse beetle, *Callosobruchus chinensis* (Coleoptera: Bruchidae). *Journal of Oleo Science* 57 (3): 171 - 179
6. Ćosić J., Jurković D., Vrandečić K. (2006). *Praktikum iz fitopatologije*. Poljoprivredni fakultet Osijek, Osijek
7. Dunkel F. V., Sears J. (1998). Fumigant properties of physical preparations from mountain big sagebrush *Artemisia tridentata* Nutt. ssp. *vaseyana* (Rydb.) beetle for stored grain insects. *Journal of Stored Products Research* 34: 307 - 321
8. Egli D. B., TeKrony D. M., Heitholt J. J., Rupe J. (2005). Air temperature during seed filling and soybean seed germination and vigor. *Crop Sci* 45: 1329 - 1335
9. Enan E. E. (2005). Molecular and pharmacological analysis of an octopamine receptor from American cockroach and fruit fly in response to plant essential oils. *Arch. Insect. Biochem. Physiol.* 59: 161 - 171
10. Enan E., Beigler M., Kende A. (1998). Insecticidal action of terpenes and phenols to cockroaches: effect on octopamine receptors. Paper presented at the Intern. Symposium on Plant Protection, Belgium
11. Evans P. D. (1980). Biogenic amines in the insect nervous system. *Adv. Insect Physiol.* 15: 317 - 473
12. Evans P. D. (1981). Multiple receptor types for octopamine in the locust. *J. Physiol.* 318: 99 - 122

13. Hassalani A., Lwande W. (1989). Anti pest secondary metabolites from African plants. In: Insecticides of plant origin (J. T. Arnason, B. J. R. Philogene, P. Morand, eds), American Chemical Society Symposium series 387: 78 - 94
14. Hitokoto H., Morozumi S., Wauke T., Sakai S., Kurata H. (1980). Inhibitory effects of spices on growth and toxin production of toxigenic fungi. *Applied and Environmental Microbiology* 39: 818 - 822
15. Hough – Goldstein J. A. (1990). Antifeedant effects of common herbs on the Colorado potato beetle (Coleoptera: Chrysomelidae). *Environmental Entomology* 19: 234 - 238
16. Houghton P. J., Ren Y., Howes M. J. (2006). Acetylcholinesterase inhibitors from plants and fungi. *Natural Products Reports Articles* 23: 186 - 199
17. Huang Y., Ho S. H. (1998). Toxicity and antifeedant activities of cinnamaldehyde against the grain storage insects, *Tribolium castaneum* (Herbst) and *Sitophilus zeamais* Motsch. *J. Stored Prod. Res.* 34: 11 - 17
18. Huang Y., Ho S. H., Lee H. C., Yap Y. L. (2002). Insecticidal properties of eugenol, isoeugenol and methyleugenol and their effects on nutrition of *Sitophilus zeamais* Motsch. (Coleoptera: Curculionidae) and *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae). *Journal of Stored Products Research* 38: 403 - 412
19. Huang Y., Lam S. L., Ho S. H. (2000). Bioactivities of essential oil from *Elletaria cardamomum* (L.) Maton to *Sitophilus zeamais* and *Tribolium castaneum* (Herbst). *J. Stored Prod. Res.* 36: 107 - 117
20. Huang Y., Zhao J., Zhou L., Wang J., Gong Y., Chen X., Guo Z., Wang Q., Jiang W. (2010). Antifungal Activity of the Essential Oil of *Illicium verum* Fruit and Its Main Component *trans*-Anethole. *Molecules* 15: 7558 - 7569
21. Ibrahim M. A., Kainulainen P., Aflatuni A., Tiilikkala K., Holopainen J. K. (2001). Insecticidal, repellent, antimicrobial activity and phytotoxicity of essential oils: with special reference to limonene and its suitability for control of insect pests. *Agricultural and Food Science in Finland* 10: 243 - 259
22. Isikber A. A., Ozder N., Saglam O. (2009). Susceptibility of eggs of *Tribolium confusum*, *Ephestia kuehniella* and *Plodia interpunctella* to four essential oil vapours. *Phytoparasitica* 37 (3): 231 - 239
23. Islam M. S., Hasan M. M., Xiong W., Zhang S. C., Lei C. L. (2009). Fumigant and repellent activities of essential oil from *Coriandrum sativum* (L.) (Apiaceae) against red flour beetle *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae). *Journal of Pest Science* 82: 171 - 177
24. Isman M. B. (2000). Plant essential oils for pest and disease management. *Crop Protection* 19: 603 - 608

25. Jilani G., Saxena R. C., Rueda B. P. (1988). Repellent and growth inhibiting effects of turmeric oil, sweetflag oil, neem oil and Margosan – O on red flour beetle (Coleoptera: Tenebrionidae). *Journal of Economic Entomology* 81, 1226 - 1230
26. Karr L. L., Coats J. R. (1992). Effects of monoterpenoids on growth and reproduction of the German cockroach (Blattodea: Blattellidae). *Journal of Economic Entomology* 85: 425 - 429
27. Khater H. F. (2011). Ecosmart Biorational Insecticides: Alternative Insect control Strategies. In: *Insecticides* (F. Perveen, eds), Rijeka, Croatia
28. Klingauf F., Bestman H. J., Vostrowsky O., Michaelis K. (1983). The effect of essential oils on insect pests. *Mitteilungen der Deutschen Gesellschaft für Allgemeine und Angewandte Entomologie* 4 (1/3): 123 - 126
29. Kokate C. K., D'Cruz J. L., Kumar R. A., Apte S. S. (1985). Antiinsect and juvenoidal activity of phytochemicals derived from *Adhatoda vasica* Nees. *Indian Journal of Natural Products* 1: 7 - 9
30. Krauze - Baranowska M., Mardarowicz M., Wiwart M., Poblocka L., Dynowska M. (2002). Antifungal Activity of the Essential Oils from Some Species of the Genus *Pinus*. *Z. Naturforsch.* 57c: 478 - 482
31. Liška A. (2011). Insekticidna toksičnost 1,8 - cineola, kamfora i eugenola na *Tribolium castaneum* (Herbst). Doktorska disertacija. Poljoprivredni fakultet u Osijeku
32. Lopez M. D., Pascual - Villalobos M. J. (2010). Mode of action of acetylcholinesterase by monoterpenoids and implication for pest control. *Journal of Stored Products Research* 31 (2): 284 - 288
33. Mabrouk S. S., El - Shayeb N. M. A. (1980). Inhibition of aflatoxin formation by some spices. *Z. Lebensm. Unters. Forsch.* 171: 344 - 347
34. Maceljčki M., Igrc Barčić J. (1999). Poljoprivredna entomologija. 1. izdanje, Zrinski, Čakovec
35. Maia M . F., Moore S. J. (2011). Plant - based insect repellents: a review of their efficacy, development and testing. *Malaria Journal* 10 (1): 1 - 15
36. Matković K. (2015). Proces dorade sjemena žitarica u silosu „Žitar“ d.o.o. Donji Miholjac tijekom 2012. i 2013. godine. Diplomski rad, Zagreb
37. Mohiuddin S., Qureshi R. A., Khan M. A., Nasir M. K. A., Khatri L. M., Qureshi S. A. (1987). Laboratory investigations on the repellency of some plant oils to red flour beetle, *Tribolium castaneum* Herbst. *Pakistan J. Science and Industrial Research* 30 (10): 754 - 756

38. Mossi A. J., Astolfi V., Kubiak G., Lerin L., Zanella C., Toniazzo G., de Oliveira D., Treichel H., Devilla I. A., Cansian R., Restello R. (2011). Insecticidal and repellency activity of essential oil of *Eucalyptus* sp. against *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera, Curculionidae). *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 91 (2): 273 - 277
39. Munakata K. (1997). Insect antifeedants of *Spodoptera litura* in plants. In: Host Plant Resistance to Pests (P. A. Hedin, eds), American Chemical Society, Washington, DC, 185 - 196
40. Negahban M., Moharramipour S., Sefidkon F. (2007). Fumigant toxicity of essential oil from *Artemisia sieberi* Besser against three stored - products insects. *J. Stored Prod. Res.* 43: 123 - 128
41. Ogendo J. O., Kostyukovsky M., Ravid U., Matasyoh J. C., Deng A. L., Omolo E. O., Kariuki S. T., Shaaya E. (2008). Bioactivity of *Ocimum gratissimum* L. oil and two of its constituents against five insect pests attacking stored products. *Journal of Stored Products Research* 44: 328 - 334
42. Paruch E., Ciunik Z., Nawrot J., Wawrzenczyk C (2000). Lactones: synthesis of terpenoids lactones active insect antifeedants. *J. Agric. Food Chem.* 48: 4973 - 4977
43. Paster N., Menasherov M., Ravid U., Juven B. (1995). Antifungal activity of oregano and thyme essential oils applied as fumigants against fungi attacking stored grain. *J. Food Protect.* 58: 81 - 85
44. Prates H. T., Santos J. P., Waquil J. M., Fabris J. D., Oliveira A. B., Foster J. E. (1998). Insecticidal activity of monoterpenes against *Rhyzopertha dominica* (F.) and *Tribolium castaneum* (Herbst). *Journal of Stored Products Research* 34 (4): 243 - 249
45. Priestley C. M., Williamson E. M., Wafford K. A., Sattelle D. B. (2003). Thymol, a constituent of thyme essential oil, is a positive allosteric modulator of human GABA receptors and a homo - oligomeric GABA receptors from *Drosophila melanogaster*. *Br. J. Pharmacol.* 140: 1363 - 1372
46. Ravlić M. (2011). Utjecaj eteričnih ulja na porast važnijih fitopatogenih gljiva. Diplomski rad, Osijek
47. Regnault - Roger C., Hamraoui A., Holeman M., Theron E., Pinel R. (1993). Insecticidal effect of essential oils from Mediterranean plants upon *Acanthoscelides obtectus* Say (Coleoptera: Bruchidae), a pest of kidney bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *J. Chem. Ecol.*, 19: 1233 - 1244
48. Ryan M. F., Byrne O. (1988). Plant - insect coevolution and inhibition of acetylcholinesterase. *Journal of Chemical Ecology* 14: 1965 - 1975

49. Saim N., Meloan C. E. (1986). Compounds from leaves of bay (*Laurus nobilis* L.) as repellents for *Tribolium castaneum* (Herbst) when added to wheat flour. *J. Stored Product Research* 22 (3): 141 - 144
50. Sarac, A., Tunc, I. (1995). Residual toxicity and repellency of essential oils to stored product insects. *Z. Pflanzenkr. Pflanzensch.*, 102: 429 - 234
51. Saroukolai A. T., Moharramipour S., Meshkatsadat M. H. (2010). Insecticidal properties of *Thymus persicus* essential oil against *Tribolium castaneum* and *Sitophilus oryzae*. *Journal of Pest Science* 83 (1): 3 - 8
52. Saxena R. C., Jilani G., Kareem A. A. (1988). Effects of neem on stored grain insects. Focus on phytochemical pesticides. *Florida Entomology* 1: 97 - 111
53. Shaaya E., Pisarev V. (1991). Toxicity of plant oils and their major constituents against stored product insects. *Proceedings of the Fifth International Working Conference on Stored – Product Protection* 629 - 638
54. Shaaya E., Ravid U., Paster N., Juven B., Zisman U., Pissarev V. (1991). Fumigant toxicity of essential oils against four major stored - product insects. *Journal of Chemical Ecology* 17: 499 - 504
55. Sharma R. N., Saxena K. N. (1974). Orientation and developmental inhibition in the housefly by certain terpenoids. *Journal of Medical Entomology* 11: 617 - 621
56. Shukla A. C. (2009). Volatile oil of *Cymbopogon pendulus* as an effective fumigant pesticide for the management of storage - pests of food commodities. *National Academy Science Letters - India* 32 (1 - 2): 51 - 59
57. Sighamony S., Anees I., Chandrakala T. S., Osmani Z. (1984). Natural products as repellents for *Tribolium castaneum* Herbst. *International Pest Control*, 156 - 157
58. Singh G., Maurya S., de Lampasona M. P., Catalan C. (2006). Chemical constituents, antifungal and antioxidative potential of *Foeniculum vulgare* volatile oil and its acetone extract. *Food Control* 17: 745 - 752
59. Srivastava S., Gupta K. C., Agrawal A. (1988). Effect of plant product on *Callosobruchus chinensis* L. infection on red gram. *Seed Research* 16 (1): 98 - 101
60. Stamopoulos D. C., Damos P., Karagianidou G. (2007). Bioactivity of five monoterpenoid vapours to *Tribolium confusum* (du Val) (Coleoptera: Tenebrionidae). *Journal of Stored Products Research* 43 (4): 571 - 577
61. Suhr K. I., Nielsen P. V. (2003). Antifungal activity of essential oils evaluated by two different application techniques against rye bread spoilage fungi. *Journal of Applied Microbiology* 94 (4): 665 - 674

62. Talukder F. A. (2006). Plant products as potential stored product insect management agents - a mini review. *Emirates Journal of Agricultural Science* 18: 17 - 32
63. Talukder F. A., Islam M. S., Hossain M. S., Rahman M. A., Alam M. N. (2004). Toxicity effects of botanicals and synthetic insecticides on *Tribolium castaneum* (Herbst) and *Rhyzopertha dominica* (F.). *Bangladesh Journal of Environment Science* 10 (2): 365 - 371
64. Tripathi A. K., Prajapati V., Kumar S. (2003). Bioactivity of l - carvone, d - carvone and dihydrocarvone towards three stored product beetles. *J. Econ. Entomol.* 96: 1594 - 1601
65. Velluti A., Sanchis V., Ramos A. J., Egido J., Marin S. (2003). Inhibitory effect of cinnamon, clove, lemongrass, oregano and palmarose essential oils on growth and fumonisin B1 production by *Fusarium proliferatum* in maize grain. *International Journal of Food Microbiology* 89: 145 - 154
66. Watanabe K., Shono Y., Kakimizu A., Okada A., Matsuo N., Satoh A., Nishimura H. (1993). New mosquito repellent from *Eucalyptus camaldulensis*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 41: 2164 - 2166
67. El - Zemity S. R., Ahmed S. M. (2005). Antifungal activity of some essential oils and their major chemical constituents against some phytopathogenic fungi. *J. Pest Cont. & Environ. Sci.* 13 (1): 61 - 72

Adrese autora - Authors' addresses:

Sara Malešević, mag. ing. agr.
E-mail: sara.malesevic0@gmail.com
Agronomski fakultet, Sveučilište u Zagrebu
Svetošimunska 25, 10 000 Zagreb

Doc. dr. sc. Martina Grdiša
E-mail: mgrdisa@agr.hr
Agronomski fakultet, Sveučilište u Zagrebu
Svetošimunska 25, 10 000 Zagreb

Doc. dr. sc. Klaudija Carović-Stanko
E-mail: kcarovic@agr.hr
Agronomski fakultet, Sveučilište u Zagrebu
Svetošimunska 25, 10 000 Zagreb

Primljeno-received:

20.03.2015.

