NEMATOCIDNI EFEKAT ESENCIJALNIH ULJA BILJAKA FAMILIJE Lamiaceae NA *Panagrolaimus* sp. (Nematoda: Panagrolaimidae)

Violeta Oro

Institut za zaštitu bilja i životnu sredinu, Beograd

Email: viooro@yahoo.com

Izvod

Dugoročno prisustvo konvencionalnih pesticida menja ekološku ravnotežu u prirodi izazivajući nestanak mnogih korisnih organizama, dok njihovi ostaci u hrani i vodi predstavljaju globalnu opasnost za čoveka. Posledice primene velikih količina pesticida rezultirale su zabranom mnogih visoko toksičnih jedinjenja. U potrazi za ekološki prihvatljivijim rešenjima, ispituju se esencijalna ulja. Esencijalna ulja se koriste vekovima unazad u narodnoj medicini a danas pokazuju veliki potencijal u kontroli širokog spektra patogena, štetočina i parazita. Familija biljaka Lamiaceae je jedna od najznačajnijih u proizvodnji esencijalnih ulja. Cilj ovih istraživanja je bio da se utvrdi nematocidni efekat esencijalnih ulja nekih biljaka familije Lamiaceae na slobodno-živećim nematodama roda *Panagrolaimus*. Slab nematocidni efekat je pokazalo ulje pačulija, dok su umereni efekat ispoljila ulja divlje nane, divlje žalfije, lavande, origana, timijana i bosiljka. Najsnažniji nematocidni efekat je imalo esencijalno ulje matičnjaka. Aldehidne i fenolne komponente terpenoida su glavni sastojci esencijalnih ulja timijana, bosiljka i matičnjaka koji su pokazali najsnažnije nematocidno dejstvo i hemikalije potencijalno odgovorne za njihovu toksičnost.

Ključne reči: esencijalna ulja, Lamiaceae, *Panagrolaimus* sp., toksičnost

UVOD

Nematode su mikroskopski organizmi velikog diverziteta koji naseljavaju kopnene i akvatične životne sredine. Pored značajnog zdravstvenog i ekonomskog uticaja na ljude, životinje i biljke kao njihovi paraziti, one mogu biti predatori ali i korisni bakteriofagni, mikofagni i drugi slobodno-živeći organizmi. Prisustvo konvencionalnih pesticida menja ekološku ravnotežu u prirodi izazivajući nestanak mnogih korisnih organizama dok njihovi ostaci u hrani i vodi predstavljaju veliku opasnost za čoveka. Procenjuje se da se koristi oko 2.5 miliona tona pesticida svake

godine u svetu (Koul et al., 2008) pa su posledice ovako velike primene rezultirale zabranom visoko toksičnih jedinjenja.

Kao alternativna rešenja zamene pesticida prirodnim, manje toksičnim sredstvima, esencijalna ulja se ispituju kao ekološki prihvatljivija rešenja. Esencijalna ulja se koriste vekovima unazad u narodnoj medicini a danas pokazuju veliki potencijal u kontroli širokog spektra patogena, štetočina i parazita. Familija biljaka Lamiaceae je jedna od najznačajnijih u proizvodnji esencijalnih ulja (Nieto, 2017). Dokazano je da slobodno-živeće rabditide predstavljaju model sistem za ispitivanje efiksnosti anti-helminatika odn. nematocida jer su lakše za gajenje od fitoparazitnih nematoda a daju slične rezultate (Burns et al., 2015). Iako su esencijalna ulja ispitivana na brojnim parazitnim biljnim i animalnim nematodama kao što su *Bursaphelenchus xylophilus*, *Meloidogyne* spp., *Ditylenchus dipsaci*, *Haemonchus contortus*, *Strongiloides venezuelensis* itd. (Barbosa et al., 2010; Caboni et al., 2013; Faria, 2015; Zouhar et al., 2009; Carvalho et al., 2012; Ferreira et al., 2016) studije na slobodno-živećim nematodama su retke. Kao test organizam za ovakva ispitivanja je izabrana vrsta *Panagrolaimus*. Cilj ovih istraživanja je bio da se utvrdi uticaj esencijalnih ulja najpoznatijih biljaka familije Lamiaceae na larvama slobodno-živećih *Panagrolaimida*.

MATERIJAL I METOD RADA

Nematode roda *Panagrolaimus* su gajene na poljoprivrednom kompostu. Ekstrakcija larvi nematoda je vršena uz pomoć Baermanovih levaka (Hooper, 1986) u toku 24 časa i kultura stara jedan dan je korišćena u svim eksperimentima. Esencijalna ulja biljaka familije Lamiaceae, dostupna na tržištu, su izabrana za toksikološke studije: pačuli (*Pogostemon cablin* (Blanco) Benth.), ruzmarin (*Rosmarinus officinalis* Lamm.), lavanda (*Lavandula* sp. L.), origano (*Origanum vulgare* L.), divlja nana (*Mentha spicata* L.), divlja žalfija (*Salvia sclarea* L.), nana (*Mentha piperita* L.), timijan (*Thymus vulgaris* L.), bosiljak (*Ocimum basilicum* L.) i matičnjak (*Mellisa officinalis* L.).

In vitro testovi su rađeni sa rastvorima esencijalnih ulja uz dodatak 1% emulgatora Break-Thru® 446 u serijskim razblaženjima (od 2%, 1%,... do 0.0039%). Direktni kontakt bioesej (Oro et al, 2020) je rađen u malim staklenim Petri sudovima sa 2ml ispitivanog rastvora i 50 nematoda na konstantnoj temperaturi od 18°C u mraku. Vodeni rastvor emulgatora bez esencijalnih ulja je služio kao kontrola. Emulgator je prethodno ispitan i pokazao se netoksičan za nematode. Eksperiment je izvršen u pet ponavljanja. Letalni efekat je posmatran posle 24 časa. Procenat mortaliteta larvi uz Abbotovu korekciju (Abbot, 1987) u odnosu na odgovarajuće koncentracije ulja je poređen Dankanovim testom višestrukih intervala ($p=0.05$) uz korišćenje DSAASTAT programa (Onofri, 2007) i predstavljen u Tabeli 1. Vrednosti prikazane istim slovima se statistički značajno ne razlikuju.

REZULTATI I DISKUSIJA

U tabeli 1 su prikazani procenti mortaliteta larvi *Panagrolaimus* sp. u odnosu na primenjene koncentracije esencijalnih ulja.

<i>Pogostemon cablin</i>		<i>Rosmarinus officinalis</i>		<i>Lavandula sp.</i>		<i>Origanum vulgare</i>		<i>Mentha spicata</i>		<i>Salvia sclarea</i>		<i>Mentha piperita</i>		<i>Thymus vulgaris</i>		<i>Ocimum basilicum</i>		<i>Melissa officinalis</i>	
konc.	mor.	konc.	mor.	konc.	mor.	konc.	mor.	konc.	mor.	konc.	mor.	konc.	mor.	konc.	mor.	konc.	mor.	konc.	mor.
1.0	67a	1.0	100 a	1.0	100a	0.25	100a	0.5	100a	2.0	100a	0.125	97a	1.0	100a	0.125	100a	0.125	100a
0.5	48a	0.5	97.5a	0.5	99a	0.125	88ab	0.25	97a	1.0	98a	0.0625	79a	0.5	99a	0.0625	81ab	0.0625	95.5a
0.25	29ab	0.25	88.5a	0.25	92a	0.0625	61b	0.125	85ab	0.5	95a	0.0313	29b	0.25	94a	0.0313	54bc	0.0313	83a
0.125	2b	0.125	45 b	0.125	86a	0.0313	25c	0.0625	63b	0.25	94a	0.0156	9b	0.125	86a	0.0156	29cd	0.0156	68a
k	1.3b	0.0625	28bc	0.0625	34b	0.0156	5c	0.0313	31c	0.125	89a	k	1.3b	0.0625	74a	0.0078	11d	0.0078	34b
		0.0313	4c	k	1.3b	k	1.6c	0.0156	4.5c	0.0625	61b			0.0313	43b	k	1.6d	0.0039	2b
		k	2.4c				k	k	1.6c	0.0313	35c			0.0156	15c			k	1.2b
										0.0156	20cd			k	2.4c				
										k	2.4d								

Tab. 1 Mortalitet larvi i primenjene koncentracije (u %, k=kontrola) esencijalnih ulja familije Lamiaceae

Poređenja Dankanovim testom su pokazala da u odnosu na kontrolu postoje statistički značajne razlike kod svih ispitivanih ulja. Najmanju toksičnost je ispoljilo esencijalno ulje pačulija, zatim ruzmarina, umerenu toksičnost su pokazala esencijalna ulja lavande, origana, divlje nane, divlje žalfije, nane, timijana i bosiljka a najveću toksičnost je ispoljilo ulje matičnjaka. Tako na primer, 1% rastvor esencijalnog ulja pačulija je izazvalo smrtnost 67% larvi *Panagrolaimus*, dok je ista koncentracija ulja timijana izazvala 100% smrtnost nematoda. Kod esencijalnog ulja matičnjaka za totalni mortalitet larvi bila je potrebna koncentracija od 0.125%. Pored nematocidnih osobina, esencijalna ulja usnatica su pokazala akutnu toksičnost i na drugim organizmima.

Etanolni ekstrakt pačulija se pokazao efikasan protiv meticilin otpornih i osetljivih sojeva *Staphylococcus aureus* i *Streptococcus pyogenes* (Dechayont et al., 2017). Ova biljka je ispoljila antiviralna svojstva protiv virusa gripa A/PR/8/34 (H1N1), antimikotička svojstva prema *Candida albicans*, *Aspergillus niger* i *A. flavus* kao i repelentne osobine prema *Culex quinquefasciatus* i *Anopheles dirus*, termita (*Formosan subterranean*) i muve *Stomoxys calcitrans* (Chakrapani et al., 2013). Kong et al., (2006) su ispitivali nematocidnu aktivnost esencijalnog ulja pačulija na *Bursaphelenchus xylophilus* ali bez značajnijih efekata. Po hemijskom sastavu esencijalno ulje ove biljke ima preko 70 komponenata od kojih su najčešći pačulinol (pačuli alkohol), pogostol, sejšelin, nor-pačulinol, pačulipiridin, metihavikol, limonin, pinen, p-metoksi cinamaldehyd itd. (Chakrapani et al., 2013).

Esencijalno ulje ruzmarina ima ogroman biološki potencijal jer je dokazano da ima akaricidne, baktericidne, fungicidne i insekticidne osobine (Mattei et al., 2014). Zouhar et al., (2009) su ispitivali ulje ruzmarina na *Ditylenchus dipsaci* i utvrdili da je pri koncentraciji od 5000 ppm izazvalo smrtnost od 22 % jedinki posle 6 časova ekspozicije. U hemijskom pogledu esencijalno ulje ruzmarina sadrži α -pinen, 1,8-cineol, kamfen, limonin, kamfor, verbenon i borneol, od kojih je cineol pokazao nematocidna svojstva prema *Anguina tritici*, *M. javanica*, *Heterodera* spp. i *Tylenchulus semipenetrans* (Mattei et al., 2014).

Antibakterijski efekat u ogledu sa *Escherichia coli* i *Staphylococcus aureus* ulje *Lavandula officinalis* je ispoljilo minimalni inhibitorski efekat (MIC) u koncentraciji od 2000 ppm za *E. coli* odn. 1000-2000 ppm za *S. aureus* (Chouhan et al., 2017).

Barbosa et al., (2010) su ispitivali četiri vrste lavandinih ulja (*Lavandula dentata*, *Lavandula luisieri*, *Lavandula stoechas* i *Lavandula viridis*) na *B. xylophilus* i utvrdili da su u koncentraciji od 2 mg/ml ulja *L. stoechas* izazvalo smrtnost 3.45% odn. *L. viridis* je izazvao letalni efekat od 3.59% jedinki u populaciji a ostala dva lavandina ulja imala još slabiji efekat. Procenat ispiljenih larvi *M. javanica* u direktnom kontaktu sa esencijalnim uljem *L. officinalis* u koncentraciji 2 mg/l je iznosio 23% (Oka et al., 2000). Ibrahim et al., (2006) su utvrdili glavne komponente esencijalnog ulja *L. stoechas*: fenkon, 1,8- cineol, bornil acetat, mirtenil acetat, mirtenol, α -pinen, viridiflorol dok su Swamy et al., (2016) utvrdili kao glavne sastojke *Lavandula X intermedia*: kamfor, eukaliptol (1,8-cineole), linalol, β -pinen i α -pinen.

Antibakterijski efekat u ogledu sa *Escherichia coli* i *Staphylococcus aureus* ulje *Origanum vulgare* je ispoljilo minimalni inhibitorski efekat (MIC) u koncentraciji od 1600-1800 ppm za *E. coli* odn. 800-900 ppm za *S. aureus* (Chouhan et al., 2017). Pored navedenih bakterijskih vrsta inhibitorski efekat je ispoljen i na: *Clostridium botulinum*, *Lysteria monocytogenes*, *Salmonella typhimurium*, *S. choleraesuis*, *Bacillus subtilis*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Shigella sonnei*, *Sarcina lutea*, *M. flavus*, *Klebsiella pneumoniae*, *K. oxytoca* (Swamy et al., 2016).

Oka et al., (2000) su ispitali više vrsta origana: *Origanum dayi*, *Origanum syriacum* (C-tip), *Origanum syriacum* (CT-tip), *Origanum vulgare* (C-tip), *Origanum vulgare* (T-tip). Najmanji procenat ispiljenih larvi *Meloidogyne javanica* u direktnom kontaktu bioeseju sa esencijalnim uljem *O. vulgare* (C-tip) u koncentraciji 1 ml/l je iznosio 0.5%, što znači da se 99.5% larvi nije ispililo usled inhibitornog dejstva esencijalnog ulja. Hemijski sastav esencijalnog ulja *Origanum vulgare* je utvrđen od strane Faria, (2015) i kao najznačajnije komponente javljaju se: γ -terpinen, p-cimen, α -terpineol, timol, terpinen-4-ol, karvakrol, linalol.

Esencijalno ulje *M. spicata* je pokazalo najbolju nematocidnu aktivnost od EC_{50} =358 mg/L u poređenju sa (EC_{50} =1500 mg/L) za *M. piperita* i *M. pulegium* (Caboni et al., 2013). Najmanji procenat ispiljenih larvi *M. javanica* u direktnom kontaktu bioeseju sa esencijalnim uljem divlje nane u koncentraciji 1 ml/l je iznosio 2.8%, što znači da se 98.2% larvi nije ispililo usled inhibitornog dejstva esencijalnog ulja (Oka et al., 2000). Najznačajnije hemijske komponente esencijalnog ulja divlje nane su: karvon, dihidrokarvon, cikloheksanol, neodihidrokarveol, kariofilin, β -burbonin, karveol, mentol, menton itd. (Caboni et al., 2013).

Inhibitorski efekat esencijalnog ulja divlje žalfije je utvrđen na sledećim bakterijama: *Staphylococcus aureus*, *S. agalactiae*, *S. epidermis*, *E. coli*, *Proteus vulgaris*, *P. aeruginosa*, *K. pneumoniae*, *E. faecalis*, *Bacillus pumilus*, *B. subtilis*, *S. typhimurium* (Swamy et al., 2016).

Barbosa et al., (2010) su utvrdili da je u koncentraciji 2 mg/ml esencijalno ulje *S. officinalis* izazvalo mortalitet kod svega 0.23% jedinki *B. xylophilus* dok su Kong et al., (2006) ispitali dejstvo *S. sclarea* na istoj vrsti ali takođe bez značajnijeg efekta na nematode. Glavni hemijski konstituenti ulja *S. sclarea* su linalol, linalil acetat, β -ocimin acetat, kariofilen oksid (Swamy et al., 2016).

Esencijalno ulje nane deluje kao antibakterijski i antimikotični agens protiv *Pseudomonas aeruginosa*, *Streptococcus* spp., *Enterococcus faecalis*, *Lactobacillus acidophilus* odnosno *Candida* spp. i *Aspergillus flavus* (Chouhan et al., 2017).

Značajnu nematocidnu aktivnost je ispoljilo esencijalno ulje nane prema *Meloidogyne incognita*, pri koncentraciji od 1005 mg/L (Caboni et al., 2013). Carvalho et al., (2012) su utvrdili LC_{50} koji je iznosio 0.037 mg/ml za *Haemonchus contortus* i 0.018 mg/ml za *Strongiloides venezuelensis*. U ogledu sa *Panagrolaimus* sp. ulje nane je ispoljilo nešto jače dejstvo od pačulija i ruzmarina i svrstano u grupu

esencijalnih ulja umerene toksičnosti. U najvećem procentu esencijalno ulje nane sadrži: mentol, mentofuran, pulegon, mentil acetat, menton, limonin, 1,8-cineol, β pinen i dr. (Carvalho et al., 2012).

Značajnu nematocidnu aktivnost je ispoljilo ulje timijana na *M. javanica* (Oka, 2001), zatim na *B. xylophilus* (Kong et al., 2006) kao i na parazitnu nematodu ovaca *Haemonchus contortus* pri čemu su inhibicija piljenja iz jajeta, razvoj larvi i njihova pokretljivost iznosili 90-100% (Ferreira et al., 2016). Osnovne hemijske komponente timijana su: timol, p-cimen, γ -terpinen i karvakrol od kojih je timol imao najsnažniji nematocidni efekat (Andres et al., 2012).

Esencijalna ulja bosiljka su ispitivana na brojnim organizmima i utvrđene su multipotentne osobine ove biljke kao antioksidanta, antibakterijskog, antimikotičnog, antiviralnog i insekticidnog sredstva. Antibakterijske osobine su ispoljili ekstrakti bosiljka protiv *Salmonella* spp., *Escherichia coli*, *Campylobacter jejunii*, *Clostridium perferingens* i klinički rezistentnih vrsta rodova *Staphylococcus*, *Enterococcus* i *Pseudomonas*. Kao antiviralni agens ispoljio je značajnu inhibitornu aktivnost u odnosu na HIV-1 i HIV-1 reverznu transkriptazu. Hemijske komponente poput ursolinske kiseline deluju na adeno-viruse, koksaki-virus-B1 i enterovirus-71. Apigenin deluje protiv herpesa, adeno-virusa, hepatitis B-površinskog antigena i hepatitis B-e antigena. Linalol je ispoljio aktivnost protiv AVII. Kao repelent insekata deluje protiv vrste komarca *Culex pipiens* (Rubab et al., 2017).

Esencijalno ulje bosiljka u koncentraciji od 250 ppm je izazvalo totalni letalni efekat u toku 24h ekspozicije na korenovim nematodama *Meloidogyne incognita* (Pandey et al., 2000) a u koncentraciji od 2000 μ l/l ulje bosiljka je izazvalo smrtnost 41.2% jedinki *B. xylophilus* tokom 4 časa (Park et al., 2005). Pored pomenute ursolinske kiseline, apigenina i linalola, kao hemijske komponente ulja bosiljka identifikovani su i kariofilin, karvakrol, metil-eugenol, eugenol, cineol, farnesol, karvon, fenkol, geraniol, β -myrcene i α -tujon. U listovima je pronađena žuto-zelena materija nazvana "bosiljačni kamfor" koja sadrži više od 40 jedinjenja (Rubab et al., 2017).

U ogledu sa *D. dipsaci* ulje matičnjaka u koncentraciji 7500 ppm je izazvalo smrtnost 44% jedinki posle 6 časova ekspozicije (Zouhar et al., 2009). U ogledu sa *Panagrolaimus* sp. ulje matičnjaka je ispoljilo najjače dejstvo i svrstano u grupu esencijalnih ulja umerene do jake toksičnosti za Panagrolaimide. Glavni hemijski sastojci ulja matičnjaka su: geranial, citronelol, geraniol (Faria, 2015).

Komponente ispitivanih esencijalnih ulja su po hemijskom sastavu terpenoidi koji predstavljaju modifikovane terpene sa različitim funkcionalnim odn. oksidovanim metil-grupama (Perveen, 2018). Utvrđeno je da su fenolna, alkoholna i aldehidna komponenta monoterpenoida više toksične za nematode od na pr. ketona (karvon, fenkon, menton). U okviru alkohola, primarni alkoholi (citronelol, geraniol, nerol) su više aktivni od sekundarnih (mentol, karveol, verbenol) i tercijarnih (linalol, borneol, terpin-4-ol) što znači da je položaj hidroksi grupe važan za ispoljavanje nematotoksičnosti. Fenoli (karvakrol i timol) su pokazali najveću nematocidnu aktivnost (Choi et al., 2007).

Najsnažnije nematocidno dejstvo u ovoj studiji su pokazala ulja timijana, bosiljka i matičnjaka. Upravo su timol i karvakrol jedni od glavnih sastojaka esencijalnih ulja timijana i bosiljka. Aldehidi su takođe, visoko reaktivni molekuli koji imaju različite efekte na biološke sisteme od korisnih do citotoksičnih, mutagenih, karcinogenih i letalnih (Lindahl, 1992). Najveću akutnu toksičnost na *Panagrolaimus* vrstu je ispoljilo esencijalno ulje matičnjaka. Jedan od glavnih sastojaka ovog ulja je aldehid geranial, po čemu se može zaključiti da su aldehidi i fenoli pokazali najsnažnije dejstvo i hemikalije potencijalno odgovorne za toksičnost esencijalnih ulja.

ZAKLJUČAK

Familija Lamiaceae odn. familija biljaka usnatica je jedna od najznačajnijih po predstavnicima vrsta od kojih se izrađuju esencijalna ulja. Biljke ove familije su pokazale različit nematocidni efekat od slabog, poput ulja pačulija i ruzmarina preko umerenog koji su ispoljili ulja nane, timijana, lavande, bosiljka, origana, divlje nane i divlje žalfije do jačeg nematocidnog efekta esencijalnog ulja matičnjaka. Aldehidne i fenolne komponente terpenoida su glavni sastojci esencijalnih ulja timijana, bosiljka i matičnjaka koji su pokazali najsnažnije nematocidno dejstvo i hemikalije potencijalno odgovorne za njihovu toksičnost.

Zahvalnica

Rad je pomognut sredstvima Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije.

LITERATURA

- Abbott, W.S. (1987): A method of computing the effectiveness of an insecticide. *Journal of American Mosquito Control Association*, 3, 302–303.
- Andres, M.F., Gonzales-Coloma, A., Sanz, J., Burillo, J., Sainz, P. (2012): Nematicidal activity of essential oils: a review. *Phytochemistry reviews*, 11, 371–390.
- Barbosa, P., Lima, A. S., Vieira, P., Dias, L.S., Tinoco, M.T., Barroso, J.G., Pedro, L.G., Figueiredo, A.C., Mota, M. (2010): Nematicidal activity of essential oils and volatiles derived from Portuguese aromatic flora against the pinewood nematode, *Bursaphelenchus xylophilus* *Journal of Nematology*, 42, 8–16.
- Burns, A.R., Luciani, G.M., Musso, G., Bagg, R., Yeo, M., Zhang, Y., Rajendran, L., Glavin, J., Hunter, R., Redman, E., Stasiuk, S., Schertzberg, M., McQuibban, G.A., Caffrey, C.R., Cutler, S.R., Tyers, M., Giaever, G., Nislow, C., Fraser, A.G.,

- MacRae, C.A., Gilleard, J., Roy, P.J. (2015): *Caenorhabditis elegans* is a useful model for anthelmintic discovery. *Nature Communications*, 6, 7485, 1–11.
- Caboni, P., Saba, M., Tocco, G., Casu, L., Murgia, A., Maxia, A., Menkissoglu-Spiroudi, U., Ntalli, N. (2013): Nematicidal activity of mint aqueous extracts against the root-knot nematode *Meloidogyne incognita*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 61, 9784–9788.
- Carvalho, C.O., Chagas, A.C.S., Cotinguiba, F., Furlan, M., Brito, L.G., Chaves, F.C.M., Stephan, M.P., Bizzo, H.R., Amarante, A.F.T. (2012): The anthelmintic effect of plant extracts on *Haemonchus contortus* and *Strongiloides venezuelensis*. *Veterinary Parasitology*, 183, 260–268.
- Chakrapani, P., Venkatesh, K., Singh, C.S.B., Jyothi, A., Kumar, P., Amareshwari, P., Roja Rani A. (2013): Phytochemical, pharmacological importance of patchouli (*Pogostemon cablin* (Blanco) Benth) an aromatic medicinal plant. *International Journal of Pharmaceutical Science Reviews and Research*, 21, 7–15.
- Choi, I-H., Kim, J., Shin, S-C., Park, I-K. (2007): Nematicidal activity of monoterpenoids against the pine wood nematode (*Bursaphelenchus xylophilus*). *Russian Journal of Nematology*, 15, 35–40.
- Chouhan, S., Sharma, K., Guleria, S. (2017): Antimicrobial activity of some essential oils-Present status and future perspectives. *Medicines*, 4, 1-21.
- Dechayont, B., Ruamdee, P., Poonnaimuang, S., Mokmued, K., Chunthorng-Orn, J. (2017): Antioxidant and antimicrobial activities of *Pogostemon cablin* (Blanco) Benth. *Journal of Botany*, ID 8310275, 1–6.
- Faria, J.M.S. (2015): Essential oils as anti-nematode agents and their influence on *in vitro* nematode/plant co-cultures. PhD thesis, Universidade de Lisboa. pp: 1–258.
- Ferreira, L.E., Benincasa, B.I., Fachin, A.L., Franca, S.C., Contini, S.S.H.T., Chagas, A.C.S., Belboni, R. (2016): *Thymus vulgaris* L. essential oil and its main component thymol: Anthelmintic effect against *Haemonchus contortus* from sheep. *Veterinary Parasitology*, 228, 70–76.
- Hooper, D.J. (1986): Extraction of free-living stages from soil. In: *Laboratory methods for work with plant and soil nematodes*, J. F. Southey (ed.), Ministry of Agriculture, Fisheries and Food, pp. 5–30.
- Ibrahim, S.K., Traboulsi, A.F., El-Haj, S. (2006): Effect of essential oils and plant extracts on hatching, migration and mortality of *Meloidogyne incognita*. *Phytopathologia Mediterranea*, 45, 238–246.
- Kong, J., Lee, S., Moon, Y., Lee, S., Ahn, Y. (2006): Nematicidal activity of plant Eos against *Bursaphelenchus xylophilus* (Nematoda: Aphelenchoididae). *Journal of Asian Pacific Entomology*, 9, 173–178.
- Koul, O., Walia, S., and Dhaliwal, G.S. (2008): Essential oils as green pesticides: potential and constraints. *Biopesticide International*, 4, 63–84.
- Lindahl, R. (1992): Aldehyde dehydrogenases and their role in carcinogenesis. *Critical Reviews in Biochemistry and Molecular Biology*, 27, 283–335.

- Mattei, D., Dias-Arieira C.R., Biela, F., Roldi, M., Benetoli da Silva, T.R., Rampim, L., Dadazio, T.S., Tavares-Silva, C.A. (2014): Essential oil of *Rosmarinus officinalis* in the control of *Meloidogyne javanica* and *Pratylenchus brachyurus* in soybean. Bioscience Journal, Uberlandia, 30, 469–476.
- Nieto, G. (2017): Biological activities of three essential oils of the Lamiaceae family. *Medicines*, 4, 3, 63. DOI: 10.3390/medicines4030063
- Oka, Y., Nacar, S., Putievsky, E., Ravid, U., Yaniv, Z., Spiegel, Y. (2000): Nematicidal activity of Eos and their components against the root-knot nematode. *Phytopathology*, 90, 710–715.
- Oka, Y. (2001): Nematicidal activity of essential components against the root-knot nematode *Meloidogyne javanica*. *Nematology*, 3, 159–164.
- Onofri, A. (2007): Routine statistical analyses of field experiments by using an Excel extension. Proceedings of the 6th National Conference of the Italian Biometric Society: “La statistica nelle scienze della vita e dell’ambiente”. Pisa, Italy, 20–22 June, 93–96.
- Oro, V., Krnjajic, S., Tabakovic, M., Stanojevic, J.S. and Ilic-Stojanovic, S. (2020): Nematicidal activity of essential oils on a psychrophilic *Panagrolaimus* sp. (Nematoda: Panagrolaimidae). *Plants*, 9, 11, 1588. DOI: 10.3390/plants9111588
- Pandey, R., Kalra, A., Tandon, S., Mehrotra, N., Singh, H.N., Kumar, S. (2000): EOs as potent sources of nematicidal compounds. *Journal of Phytopathology*, 148, 501–502.
- Perveen, S. (2018): Terpenes and Terpenoids. IntechOpen, pp. 1–13. DOI: 10.5772/intechopen.71175
- Park, I., Park, J., Kim, K., Choi, K., Choi, I., Kim, C. (2005): Nematicidal activity of plant EOs and components from garlic (*Allium sativum*) and cinnamon (*Cinnamomum verum*) oils against the pine wood nematode (*Bursaphelenchus xylophilus*). *Nematology*, 7, 767–774.
- Rubab, S., Hussain, I., Khan, B.A., Unar, A.A., Abbas, K.A., Khichi, Z.H., Khan, M., Khanum, S., Rehman, K.U., Khan, H. (2017): Biomedical description of *Ocimum basilicum* L. *JHIMC*, 12, 59–67.
- Swamy, M.K., Akhtar, M.S., Sinniah, U.R. (2016): Antimicrobial properties of plant essential oils against human pathogens and their mode of action: An updated review. Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine, Article ID 3012462, 1–21.
- Zouhar, M., Douda, O., Lhotski, D., Pavela, R. (2009): Effect of plant essential oils on mortality of the stem nematode (*Ditylenchus dipsaci*). *Plant Protection Science*, 45, 66–73.

Abstract

NEMATICIDAL EFFECT OF PLANT ESSENTIAL OILS OF THE FAMILY Lamiaceae ON *Panagrolaimus* sp. (Nematoda:Panagrolaimidae)

Violeta Oro

Institute for plant protection and environment, Belgrade

Email: viooro@yahoo.com

The long-term presence of conventional pesticides changes the ecological balance in nature, causing the disappearance of many beneficial organisms, while their residues in food and water pose a global threat to humans. The consequences of the application of large quantities of pesticides have resulted in the banning of many highly toxic compounds. In search for more environmentally friendly solutions, essential oils are being investigated. Essential oils have been used for centuries in folk medicine and today show great potential in controlling a wide range of pathogens, pests and parasites. The family Lamiaceae is one of the most important plant families in the production of essential oils. The aim of this study was to investigate the nematicidal effect of essential oils of some plants of the family Lamiaceae on free-living nematodes of the genus *Panagrolaimus*. A low nematicidal effect was shown by pachouli, while moderate nematicidal effects performed wild mint, wild sage, lavender, oregano, thyme and basil. The lemon balm essential oil had the strongest nematicidal impact. The aldehyde and phenolic components of terpenoids are the main constituents of the essential oils of thyme, basil and lemon balm which have shown the strongest nematicidal action and the chemicals potentially responsible for their toxicity.

Key words: essential oils, Lamiaceae, *Panagrolaimus* sp., toxicity