



UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA AGRONOMIJO

Lucija Laura ŠKOFIC

**UPORABA ETERIČNIH OLJ V VARSTVU
USKLADIŠČENEGA ŽITA PRED SKLADIŠČNIMI
ŠKODLJIVCI**

DIPLOMSKO DELO

Univerzitetni študij - 1. stopnja

Ljubljana, 2017

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA AGRONOMIJO

Lucija Laura ŠKOFIC

**UPORABA ETERIČNIH OLJ V VARSTVU USKLADIŠČENEGA ŽITA
PRED SKLADIŠČNIMI ŠKODLJIVCI**

DIPLOMSKO DELO
Univerzitetni študij - 1. stopnja

**USE OF ESSENTIAL OILS IN STORED CEREALS PROTECTION
AGAINST STORED PESTS**

B. SC. THESIS
Academic Study Programmes

Ljubljana, 2017

Diplomsko delo je zaključek Univerzitetnega študija Kmetijstvo – agronomija – 1. stopnja. Delo je bilo opravljeno na Katedri za fitomedicino, kmetijsko tehniko, poljedelstvo, pašništvo in travništvo.

Študijska komisija Oddelka za agronomijo je za mentorja diplomskega dela imenovala prof. dr. Stanislava Trdana.

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik: prof. dr. Metka HUDINA
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo

Član: prof. dr. Stanislav TRDAN
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo

Članica: doc. dr. Darja KOCJAN AČKO
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo

Datum zagovora:

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

- ŠD Du1
- DK UDK 633.1:632.7:632.937:547.913(043.2)
- KG žita/eterična olja/škodljivci/ navadni rožmarin/bazilika/pomarančevce/česen
- AV ŠKOFIC, Lucija Laura
- SA TRDAN, Stanislav (mentor)
- KZ SI-1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101
- ZA Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, Univerzitetni študijski program prve stopnje Kmetijstvo - agronomija
- LI 2017
- IN UPORABA ETERIČNIH OLJ V VARSTVU USKLADIŠČENEGA ŽITA PRED SKLADIŠČNIMI ŠKODLJIVCI
- TD Diplomsko delo (Univerzitetni študij - 1. stopnja)
- OP VI, 19 str., 1 pregl., 3 sl., 27 vir.
- IJ sl
- JI sl/en
- AI Zaradi skrbi za okolje in zdravje ljudi je v kmetijstvu vedno večji poudarek na razvoju novih metod varstva rastlin, ki bi lahko zmanjšala oziroma nadomestila uporabo sintetičnih insekticidov. K pospešenemu prestopu botruje tudi opažena odpornost večjih škodljivih žuželk na kemične pripravke, na primer odpornost rjavega mokarja (*Tribolium castaneum* Herbst) na splošno razširjeni fumigant fosfin. Ena izmed alternativ so rastlinska sredstva na osnovi eteričnih olj. Eterična olja so zmesi biološko aktivnih kemičnih spojin iz 20-60 komponent, od katerih 2-3 glavne sestavine zasedajo večinski delež, ostale pa so prisotne v sledovih. Odraža jih visoka hlapljivost, saj lahko preidejo v plinasto stanje že pri sobni ali rahlo višji temperaturi, in so najprimernejša za uporabo v obliki fumiganta, dokaj uspešna pa so tudi v obliki repelentov ter pri kontaktnem delovanju. Poleg insektov učinkovito zatirajo tudi bakterije, glive, viruse in ogorčice, sam vpliv posamezne vrste eteričnega olja pa se razlikuje glede na vrsto škodljivca. Ljudi, živali in rib naj ne bi ogrožala saj zanje niso toksična oziroma v veliko manjši meri, saj zaradi visoke hlapljivosti te skupine tudi težje pridejo z njimi v kontakt. Vsa 4 predstavljena eterična olja, pomarančevca (*Citrus x sinensis* (L.) Osbeck); rod Citrus), bazilike (*Ocimum basilicum* L.), navadnega rožmarina (*Rosmarinus officinalis* L.) in česna (*Allium sativum* L.) izražajo visoko fumigantno delovanje proti skladiščnim škodljivcem kot so koruzni žužek (*Sitophilus zeamais* Motschulsky), rjavi moka (*Tribolium castaneum* Herbst) ter žitni kutar (*Rhizopertha dominica* Fabricius), medtem ko je uspešnost navadnega rožmarina bila opažena tudi pri skupini na fosfin odpornih odraslih osebkov rjavega mokarja. Eterično olje česna in njegova glavna komponenta dialil trisulfid sta z apliciranjem na vzorce zrnja uspela tudi popolnoma prekiniti nadaljnje razmnoževanje rjavega mokarja obenem pa nista vplivala na slabšo sposobnost kaljenja koruznih zrn.

KEY WORDS DOCUMENTATION

- ND Du1
- DC UDC 633.1:632.7:632.937:547.913(043.2)
- CX cereal/essential oils/pest/ Sweet orange/ Basil/ Rosemary/Garlic
- AU ŠKOFIC, Lucija Laura
- AA TRDAN, Stanislav (supervisor)
- PP SI-1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101
- PB University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Agronomy, Academic Study Programme in Agriculture - Agronomy
- PY 2017
- TI USE OF ESSENTIAL OILS IN STORED CEREALS PROTECTION AGAINST STORED PESTS
- DT B. Sc. Thesis (Academic Study Programmes)
- NO VI, 19 p., 1 tab., 3 fig., 27 ref.
- LA sl
- AL sl/en
- AB Due to the concern for the environment and human health, agriculture is increasingly focusing on the development of new methods of plant protection, which could decrease or replace the use of synthetic insecticides. The accelerated transition is also encouraged by the observed resistance of several harmful insects to chemical substances; e.g. the resistance of the red flour beetle (*Tribolium castaneum* Herbst) to the widespread fumigant phosphine. Essential oils are mixtures of biologically active chemical compounds, consisting of 20-60 components, of which 2-3 main components represent a majority and the remaining components are present in traces. They are known for their high volatility, since they can transition into gaseous state already at room temperature or at a slightly higher temperature, and are most suitable for use in the form of a fumigants, but are also quite successful in the form of repellents and as contact substances. In addition to insects, they effectively suppress bacteria, fungi, viruses and nematodes, but the use of individual types of essential oils differs in regard of the type of the pest. They do not represent danger for people, animals and fish, since they are not toxic for these groups or are toxic for them in a significantly lower extent, because of their high volatility it would be even harder for these groups to get in contact with them. All of the 4 presented essential oils, Sweet orange (*Citrus x sinensis* (L.) Osbeck); species Citrus), Basil (*Ocimum basilicum* L.), Rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) and Garlic (*Allium sativum* L.) show high fumigant activity against the warehouse pests such as maize weevil (*Sitophilus zeamays* Motschulsky), red flour beetle (*Tribolium castaneum* Herbst) and lesser grain borer (*Rhyzopertha dominica* Fabricius), while the successfulness of Rosemary was also observed in the group of phosphine resistant adult specimens of the red flour beetle. The essential oil of garlic and its main component diallyl trisulfide were with their application on grain samples successful in the complete discontinuance of further reproduction of the red flour beetle, without simultaneously causing poorer corn grain sprouting ability.

KAZALO VSEBINE

	Str.
KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA	III
KEY WORDS DOCUMENTATION	IV
KAZALO VSEBINE	V
KAZALO PREGLEDNIC	VI
KAZALO SLIK	VI
1 UVOD	1
2 SKLADIŠČNI ŠKODLJIVCI	1
2.1 KORUZNI ŽUŽEK, RJAVI MOKAR IN ŽITNI KUTAR	2
2.1.1 Koruzni žužek (<i>Sitophilus zeamais</i> Motschulsky)	2
2.1.1.1 Opis	2
2.1.1.2 Razvoj	3
2.1.1.3 Škodljivost	3
2.1.2 Rjavi moker (<i>Tribolium castaneum</i> Herbst)	4
2.1.2.1 Opis	4
2.1.2.2 Razvoj	4
2.1.2.3 Škodljivost	4
2.1.3 Žitni kutar (<i>Rhizopertha dominica</i> Fabricius)	5
2.1.3.1 Opis	5
2.1.3.2 Razvoj	5
2.1.3.3 Škodljivost	6
3 ETERIČNA OLJA	6
3.1 POMEN ETERIČNIH OLJ PRI RASTLINAH	6
3.2 PROIZVODNJA IN PRIDOBIVANJE ETERIČNIH OLJ	7
3.2 VRSTE ETERIČNIH OLJ	8
3.2.1 Pomarančevac (<i>Citrus x sinensis</i> (L.) Osbeck)	8
3.2.2 Bazilika (<i>Ocimum basilicum</i> L.)	8
3.2.3 Navadni rožmarin (<i>Rosmarinus officinalis</i> L.)	9
3.2.5 Česen (<i>Allium sativum</i> L.)	10
4 UPORABA ETERIČNIH OLJ V VARSTVU USKLADIŠČENEGA ŽITA	11
4.1 DOMAČE RAZISKAVE UČINKOVITOSTI ETERIČNIH OLJ V VARSTVU RASTLIN PRED SKLADIŠČNIMI ŠKODLJIVCI	12
4.2 FUMIGANTNO DELOVANJE	12
4.3 KONTAKTNO DELOVANJE	14
4.4 REPELENTNO DELOVANJE	14
5 OMEJITVE	14
6 SKLEPI	15
7 VIRI	16

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Primerjava akutne toksičnosti treh eteričnih olj pri neciljnih organizmih (Pavela in Benelli, 2016).	11
---	----

KAZALO SLIK

Slika 1: Odrasel osebek koruznega žužka (<i>Sitophilus zeamais</i> Motschulsky)	3
Slika 2: odrasel osebek rjavega mokaarja (<i>Tribolium castaneum</i> Herbst)	5
Slika 3: Odrasel osebek žitnega kutarja (<i>Rhyzopertha dominica</i> Fabricius)	6

1 UVOD

Vse večje ozaveščanje o ohranjanju okolja ter skrb za zdravje ljudi sta tudi v kmetijstvu privedla do iskanja novih načinov varstva rastlin.

Redna uporaba sintetičnih insekticidov je vzrok za nekatere težave, kot so prisotnost njihovih ostankov v pridelku, ki ob zaužitju lahko privedejo do negativnih posledic pri ljudeh, vplivajo na neciljne organizme, v zadnjih dveh desetletjih pa je veliko škodljivih žuželk razvilo odpornost na sintetične pripravke. Zgled za slednje je splošno razširjeni fumigant fosfin, katerega učinkovitost se zmanjšuje ravno na račun odpornosti, ki je bila že opažena in širše raziskana na primer pri rjavemu mokuarju (*Tribolium castaneum* Herbst) (Nayak in sod.,2017).

Eterična olja predstavljajo alternativo sintetičnim insekticidom, saj imajo širok spekter delovanja na žuželke in mikroorganizme, z večimi mehanizmi delovanja, ki so vrstno pogojeni in zato škodljivci nanje težje razvijejo odpornost. Prav tako je bila za eterična olja ugotovljena nizka toksičnost za sesalce in ljudi (nekatera se že uporabljajo v prehrambeni in farmacevtski industriji), obenem pa imajo manjše oziroma nične negativne posledice na okolje.

Nekateri strokovnjaki so mnenja, da bi lahko z izboljšanjem fizikalnih postopkov varstva uskladiščenih proizvodov pred škodljivci ter s preusmeritvijo na rastlinske in druge naravne oblike insekticidov (na primer diatomejska zemlja) kemična sredstva v prihodnosti popolnoma opustili.

2 SKLADIŠČNI ŠKODLJIVCI

Večina skladiščnih škodljivih žuželk spada v rodova hroščev (Coleoptera) in metuljev (Lepidoptera), ki predstavljata 60 % oziroma 10 % vseh znanih škodljivih vrst v skladiščih. Na uskladiščenih pridelkih veliko škodo povzročajo tudi glodalci (Rodentia) in pršice (Acarina). Evolucija skladiščnih škodljivih žuželk še ni popolnoma preučena, vendar strokovnjaki ugibajo, da se je skozi zgodovino delež škodljivcev, ki so sprva živeli na prostem, a so se nato po spravi uspeli obdržati na živežu oziroma pridelku, povečeval. Ti prostori so predstavljali ustrežnejše okolje za parjenje in razvoj osebkov, saj so imeli na razpolago večjo količino hrane, manj pa so bili izpostavljeni tudi naravnim sovražnikom. Tako so škodljivci, ki so se sprva pojavljali na prostem, postopoma popolnoma zamenjali svoj življenjski prostor, saj so se prilagodili na skladišča oziroma zaprte prostore. Danes je danes znanih kar nekaj vrst skladiščnih škodljivih žuželk, ki ne morejo več leteti (Abrol in Shankar, 2012).

Izgube uskladiščenega pridelka na račun skladiščnih škodljivcev se v razvitih državah, kamor spada tudi Slovenija, gibljejo okoli 9 %, v nerazvitih pa vse do 20 % (Abrol in Shankar, 2012), zaradi česar je potrebno dobro razmisliti o učinkovitem varstvu pridelka

tudi med skladiščenjem in ne le med njivsko pridelavo. Težava ni le v izgubljeni masi uskladiščenega pridelka, s katerim se škodljivci prehranjujejo, temveč tudi v nečistočah, ki v pridelku ostanejo od mrtvih in živih žuželk ter njihovih iztrebkov. Le-te vplivajo na organoleptične lastnosti živeža, na njihove ostanke se lahko naselijo patogeni organizmi, velika namnoženost škodljivca in napad pa povzročita segrevanje zrnja in posledično povečano notranjo vlago, ki omogoča ugodne razmere za razvoj plesni.

Poznavanje vrste škodljivca in razumevanje njegovega vpliva ter delovanja je ključno za učinkovito ukrepanje. Na primer žužki (*Sitophilus* spp.) so znani kot primarni škodljivci, saj napadejo zdravo, celo zrnje. Odvijanje njihovega razvoja v notranjosti zrna lahko prikrije dejansko povzročeno škodo. Medtem se sekundarni škodljivci hranijo na že poškodovanih oziroma načetih zrnih od prve skupine ali zrnih s povečano vsebnostjo vlage, njihov razvoj pa se odvija v prostoru, zunaj zrna (Vrabl, 1992).

Med pomembne primarne škodljivce spadajo rižev žužek (*Sitophilus oryzae* [L.]), koruzni žužek (*Sitophilus zeamais* [Motsch.]), črni žitni žužek (*Sitophilus granarius* [L.]), žitni kutar (*Rhyzopertha dominica* [F.]), koruzni molj (*Sitotroga cerealella* [O.]), žitni molj (*Nemapogon granella* [L.]), krljjev molj (*Plodia interpunctella* Hübner) in indijski žitnik (*Trogoderma granarium* Everts), med sekundarne škodljivce pa zobati žitnik (*Oryzaephilus surinamensis* [L.]), mali mokaar (*Tribolium confusum* [Jacq.]), rjavi mokaar (*Tribolium castaneum* Herbst), mokaar (*Tenebrio molitor* [L.]), ploščati žitni hrošček (*Cryptolestes ferrugineus* Stephens) in močna večča (*Anagasta kuehniella* Zeller) (Korunić, 1990).

2.1 KORUZNI ŽUŽEK, RJAVI MOKAR IN ŽITNI KUTAR

2.1.1 Koruzni žužek (*Sitophilus zeamais* Motschulsky)

2.1.1.1 Opis

Koruzni žužek v naših skladiščih žitnega zrnja ni prav pogost, a se lahko pojavi z uvozom žita iz drugih območij, na primer Avstralije, Južne Amerike, nekaterih držav Azije ter Evrope. V svetovnem merilu spada med najpogostejše skladiščne škodljivce (Fouad in Camara, 2017), zato obstaja velika verjetnost, da se bo v prihodnje v večjem obsegu pojavljal tudi pri nas.

Pri koruznem žužku je treba paziti, da ga ne zamešamo s sorodnim riževim žužkom (*Sitophilus oryzae*), saj so dolga leta obe vrsti med sabo zamenjavali. Koruzni žužek (slika 1) je pogosto enake velikosti (2,5-4 mm) kot rižev žužek, je temnejši od svojega sorodnika ter svetleč, vendar to ni merilo za razlikovanje, saj tudi barva riževega žužka variira od rjasto rjave vse do črne. Ključna in edina zanesljiva razlika je v spolnih organih (Vrabl, 1992). Koruzni žužek spada med hrošče rilčkarje. Na levi in desni strani rilčka ima po eno

tipalko, ki sta sestavljeni iz osmih segmentov. Pogosto na pokrovkah, ki varujejo krila, zaznamo dve široki ovalni blede rdečkasti pegi (CABI, 2015).

2.1.1.2 Razvoj

Samica lahko odlaga jajčeca skozi celotni stadij odraslega osebk, vendar več kot polovico jajčec odloži v prvih 4-5 tednih. Vsaka samica lahko izleže od 300 do 600 mlečno belih jajčec (Korunić, 1990). Posamezno jajčece izleže v izvrtano luknjico v zrnju in vhod zaščiti z voščeno snovjo, ki se strdi na zraku. S tem zaščiti tudi jajčece. Najoptimalnejši čas razvoja jajčec traja pri 25 °C in nad 12-odstotne zračne vlage 6 dni. Iz jajčeca se izleže ličinka, ki ima štiri razvojne stopnje. Ličinka ostane ves čas razvoja v zrnju in med hranjenjem vrta v njegovi notranjosti. Ob optimalni temperaturi 25 °C in 70-odstotni zračni vlagi se ličinka po 25 dneh zabubi in čez dan ali dva se iz zrna na prosto pregrize mlad hrošček. V primerjavi z riževim žužkom lahko prenese nižje temperature, vendar se pri nižji temperaturi njegov razvoj upočasni. Pri 18 °C in 70-odstotni zračni vlagi traja 98 dni. Tako se dolžina celotnega življenjskega kroga spreminja od 35 dni pri optimalnih razmerah, do 110 dni pri nižji temperaturi, odvisna pa je tudi od vrste napadenega pridelka (CABI, 2015).

2.1.1.3 Škodljivost

Podobno kot njegova sorodnika, črni žitni žužek in rižev žužek, koruzni žužek ni izbirčen in lahko v skladišču napade vse vrste žit. Če pa ima možnost, najraje izbere koruzno zrnje. Sposobnost letenja mu omogoča gibanje tudi zunaj zaprtih prostorov ter lahko napade koruzo že na njivi od voščene zrelosti naprej (Vrabl, 1992).



Slika 1: Odrasel osebek koruznega žužka (*Sitophilus zeamais* Motschulsky) (CABI, 2015)

2.1.2 Rjavi mokar (*Tribolium castaneum* Herbst)

2.1.2.1 Opis

Rjavi mokar skupaj z malim mokarjem (*Tribolium confusum* Du Val) ter črnim mokarjem (*Tribolium madens* Charpentier) sestavlja skupino malih mokarjev, ki so v osnovi sekundarni škodljivci, vendar lahko pretirano vlažno zrnje napadejo tudi nepoškodovano (Korunić, 1990). Imajo sploščeno telo z dolžino od 3 do 4 mm. Kakor nakazuje že ime, je rjavi mokar rjave kostanjeve barve (slika 2). Tipalke ima sestavljene iz 11 členkov in zadnji trije so razširjeni ter preoblikovani v kij. Glava in oprsje sta pokrita z vdolbinicami, pokrovke pa so ob strani rahlo zaobljene (Bionet ..., 2017).

2.1.2.2 Razvoj

V enem letu se razvijeta dva rodova; življenjska doba odraslega osebka traja do 2 leti (Korunić, 1990; Vrabl, 1992). Samica v odvisnosti od temperature in vlage lahko izleže od 300 do 900 jajčec z dolžino 0,5 mm. Jajčeca so lepljiva in se lahko prilepijo na embalažo, v kateri je shranjen pridelek. Optimalna temperatura od 35 do 37,5 °C in 70- odstotna zračna vlaga omogočata najkrajši razvoj v 20 dneh. Previsoke (40 °C in več) ali prenizke (20 °C in manj) temperature onemogočijo preobrazbo škodljivca v naslednje stadije, medtem ko padec temperature pod 7 °C to vrsto mokarjev popolnoma zatire v 25 dneh (Korunić, 1990).

2.1.2.3 Škodljivost

Najdemo ga predvsem v skladiščih žitnih izdelkov, kot so moka ali zdrobljeno zrnje, napada pa tudi oreščke, orehe, seme oljnic, suho sadje in proizvode živalskega porekla (Korunić, 1990). Brez hrane mokarji lahko preživijo do 40 dni. V osnovi rjavega mokarja uvrščamo med sekundarne škodljivce, napada pa tudi zdravo vlažno zrnje z nad 12,2-odstotno vlago, kjer najprej izje kalček, nato pa se loti še preostalega dela. Spada med najbolj razširjene skladiščne škodljivce na svetu in tudi pri nas so vse tri vrste mokarjev prisotne (Korunić, 1990; Vrabl, 1992).



Slika 2: odrasel osebek rjavega mokařja (*Tribolium castaneum* Herbst) (Bionet ..., 2017)

2.1.3 Žitni kutar (*Rhyzopertha dominica* Fabricius)

2.1.3.1 Opis

Žitni kutar je dolg od 2,3 do 3,3 mm ter ima značilno zaokrožen ter nazobčan sprednji rob vratnega ščita, ki v celoti pokriva glavo (slika 3). Površje ščita je prepredeno z izrazitimi jamicami. Barva hroščka variira od temno rjave do rdečkaste, telo pa je valjaste oblike. Pri ustrezno visoki temperaturi se premika z letenjem (Korunić, 1990).

2.1.3.2 Razvoj

Obilno prehranjevanje v času življenja, ki traja približno 6 mesecev, je vzrok za veliko škodo. Samica lahko posamično ali v skupinah odloži od 100 do 500 jajčec na zrna. Starejše ličinke lahko napadejo zdrava zrna, medtem ko se mlajše ličinke raje zavrtajo v poškodovana. V enem zrnju je lahko tudi po več ličink, od napadenega zrna pa na koncu ostane le lupina. Resda je optimalna temperatura za razvoj tega hroščca 30-34 °C, vendar je zaradi precejšnje odpornosti na nizke temperature zmožen prezimiti v notranjih skladiščih. Pri optimalni temperaturi traja razvoj vrste 25 dni. Zračna vlaga pri tem škodljivcu ni zelo pomembna, saj se njegov razvoj odvija že pri 10-odstotni zračni vlagi (Korunić, 1990).

2.1.3.3 Škodljivost

Napad žitnega kutarja na pšenico povzroči značilen vonj zrnja po medu. Poleg žita in drugih semen, se lahko loti tudi gomoljev suhega krompirja (Korunić, 1990).



Slika 3: Odrasel osebek žitnega kutarja (*Rhyzopertha dominica* Fabricius) (CABI, 2014)

3 ETERIČNA OLJA

Zgodovina uporabe eteričnih olj, začimb in zelišč sega daleč nazaj do časa starih Egipčanov pred približno 5.000 leti, ki so poznali zdravilne učinkovine in z njimi zdravili ter si boljšali splošno počutje. Njihovo znanje so v času antike prevzeli Stari Grki in Rimljani, vendar se je razcvet uporabe v Evropi dodobra začel šele z uvozom začimb in zelišč v 12. stoletju na račun vzpostavljenih trgovskih poti z Bližnjim vzhodom. Tako so se skozi stoletja eterična olja postopoma vključevala in uporabljala na vse več področjih (Jakopič, 2006).

3.1 POMEN ETERIČNIH OLJ PRI RASTLINAH

Eterična olja se nahajajo v različnih delih aromatičnih rastlin, vse od korenin, stebela, listov, vej, cvetov, popkov, debla, kakor tudi v semenu, plodovih ter smoli, in so shranjena na primer v žleznihih trihomih pri materini dušici (*Thymus* spp.) ali celicah povrhnjice cvetnih listov vrtnice (*Rosa* spp.) (Sinkovič, 2010). Rastline, ki vsebujejo eterična olja, so iz družin ustnatic (Lamiaceae), rutičevk (Rutaceae), kobulnic (Apiaceae), lovorovk (Lauraceae) ter mirtovk (Myrtaceae), njihova rastišča pa predstavljajo toplejše pokrajine subtropskega ter tropskega podnebja in območje Sredozemlja (Bakkali in sod., 2008).

V rastlinah eterična olja nastajajo kot sekundarni metaboliti in imajo pomen pri prilagajanju rastlin na okolje. Z vonjem v času opravevanja privlačijo žuželke, s hlapi ustvarijo nasičeno atmosfero okoli rastline, ki preprečuje pretirano izhlapevanje vode in z

izločitvijo v tla onemogočijo rast nezaželenih vrst rastlin v svojem bližnjem okolju (Poštić, 2006).

3.2 PROIZVODNJA IN PRIDOBIVANJE ETERIČNIH OLJ

Izbira postopka pridelave eteričnih olj je odvisna predvsem od namena uporabe, vrste surovin, količine olja v rastlini ter od lastnosti zelenega olja, saj je potrebno upoštevati velike razlike v dostopnosti surovin in količini dela. Prav tako je težje zagotoviti enako kemično zgradbo, količino in kvaliteto končnega izdelka zaradi vpliva rasti razmer, kot so podnebje, tla, starost in razvojni stadij rastline. Posledično se vse to odraža v širokem razponu cen, ki se gibljejo v razmerju 1:15-20 in tudi več.

Zgled drage in zamudne pridelave je eterično olje damaščanske vrtnice, kjer iz 4-5 ton cvetnih listov pridobijo 1 kg zelenega olja. Cvetne lističe nabirajo ročno ob prvem cvetenju pred vzidom sonca in jih takoj položijo v premične destilatorje, saj se količina pridobljenega olja sorazmerno zmanjšuje s časom od nabiranja do začetka destilacije. Medtem pri sivki sam proces pridelave ni zahteven, saj rastlino s kosilnico pokosijo in jo odnesejo v destilarno, kjer za 1 kg sivkinega eteričnega olja zadostuje že približno 100 kg rastline.

Najpogostejši načini pridobivanja eteričnih olj so zgoraj omenjena destilacija, stiskanje in ekstrakcija s pomočjo topil. Med njimi se največkrat uporablja destilacija z vodno paro, kjer vodna para segreva stene celic rastlinskega materiala, ki ob povišani temperaturi počijo in eterično olje se s pomočjo izhlapevanja izloči in pomeša z vodno paro. Parna mešanica potuje skozi cev, ki jo hladi mrzla voda, se kondenzira in kaplja v posodo, kjer se eterično olje in voda zaradi razlike v relativni gostoti naravno ločita v dve plasti in olje na površju lahko »postrgamo« ter shranimo kot končni produkt.

Drugi postopek, ki je namenjen predvsem za eterična olja citrusov, je mehansko hladno stiskanje lupine plodov, za katere je dobro, da izhajajo iz nadzorovane ekološke pridelave, saj so kemikalije v fitofarmaceutskih sredstvih mnogokrat topne v eteričnih oljih in se posledično lahko akumulirajo v rastlinskih žlezah. Obstaja pa tudi možnost destilacije ostanka materiala pri precejanju soka iz plodov citrusov, vendar je potrebno upoštevati različno kemično zgradbo destiliranih eteričnih olj in tistih, pridobljenih z mehanskim stiskanjem.

Pri pridelavi eteričnih olj je možna tudi ekstrakcija s pomočjo različnih topil, ki jo cenijo predvsem v industriji parfumov. Tu morajo pozneje iz končnega produkta še odstraniti topila (Poštić, 2006).

3.2 VRSTE ETERIČNIH OLJ

3.2.1 Pomarančevac (*Citrus x sinensis* (L.) Osbeck)

V rodu *Citrus* je znanih veliko vrst in njihovo število je težko določljivo. Giblje se od 12 do 16, včasih celo 60, saj je med vrste umeščeno veliko križancev, katerim je težko določiti prednike, saj so križanci postali gojene rastline že več tisočletij nazaj. Med prave rastline uvrščamo citronovec (*Citrus medica* L.), ki izvira iz Indije, pomelo (*Citrus maxima* [Burm.] Merr.) z izvorom iz jugovzhodne Azije ter madarinovec (*Citrus reticulata* Blanco) in limeto (*Citrus x aurantiifolia* Swingle), ki izvirata iz tropske jugovzhodne Azije. Pomarančevac že spada med križance (Bavcon, 2008).

Pomarančevac je manjše vedno zeleno drevo, ki zraste do 8 m, redko čez 10 m in tvori okroglo oziroma polkroglasto krošnjo z gostimi vejami, na katerih rastejo eliptični vedno zeleni listi, ki s starostjo postajajo vse bolj usnjati. Krošnjo varujejo dolgi trni, ki se skrivajo v zalistnih pazduhah. Cvetovi bele barve so izredno aromatični in se pojavljajo posamezno ali v grozdih. Sestavlja jih pet venčnih in časnih listov. Nastali plod, pomaranča, je sestavljen iz več prekatov, imenovanih krlji (Bavcon, 2008).

Citrusi v osnovi niso zahtevni, saj jim zadoščajo že težka tla z dobro drenažo. Ker so navajeni tropskih in subtropskih razmer, jih je potrebno v času zime premestiti v slabše ogrevan prostor s povprečno temperaturo okoli 8 °C. Pri višji zimski temperaturi namreč listi radi odpadejo. Poleti potrebujejo le redno zalivanje, občasno dognojevanje ter s soncem obsijano lokacijo. Kaparji so redni škodljivci citrusov, zato je potrebno redno pregledovanje in odstranjevanje, lahko ročno z milnico ali ustreznimi škropivi. Če so posajeni v posodo, jih presajamo na nekaj let (Bavcon, 2008).

Citrusi so najbolj znani po svojih plodovih, konzumiranih v sveži obliki, na veliko pa se jih tudi predeluje v marmelade, sokove in druge izdelke. Znana je začimba citronat - kandirana lupina citrinovca. Iz semen različnih citrusov izločajo jedilno olje, cvetovi in listi služijo kot vir olj za parfumerijo, medtem ko se iz lupin plodov z mehanskim stiskanjem pridobiva eterično olje (Bavcon, 2008).

V raziskavi sta Kim in Lee (2014) določila glavne komponente eteričnega olja pomarančevca: limonen, β -mircen, α -pinen, sabinen ter linalol.

3.2.2 Bazilika (*Ocimum basilicum* L.)

Rod *Ocimum*, ki spada v družino Lamiaceae, prav tako izvira iz južne in jugovzhodne Azije, od koder se je v času Grkov in Rimljanov razširil po Evropi.

Bazilika je enoletno zelišče s svetlečimi listi, ki se obsežno uporabljajo v kulinariki kot začimba. Zraste lahko do 60 cm v višino in v obseg doseže do 45 cm. Njeno steblo je

zelnato ter kvadratasto v preseku, sama razrast pa grmičasta z jajčastimi ali podolgovatimi listi, ki so celorobi in močno zelene barve. Veliki so 2,5-5 cm in imajo lahko valovito ali mehurjasto površje. Zanje je značilna močna aromatičnost. Čas cvetenja je odvisen od časa setve in je lahko od julija do oktobra. Rastlina naredi na vrhu stranskih poganjkov drobne in bele cvetove z značilno obliko za družino ustnatic, pozneje pa ustvari drobna, jajčasta črna semena.

Bazilika potrebuje veliko sonca in najbolje uspeva v globokih, humoznih in odcednih tleh. Za vzgojo lahko uporabimo sadike ali semena, s tem da jo posejemo na stalno mesto v drugi polovici maja ali junija. Sadike pa vzgojimo v rastlinjaku že februarja in jih v maju presadimo na prosto. Je občutljiva rastlina na nizke temperature in jeseni odmre ob prvih ohladitvah, prav tako pa je potrebno med gredicami zaradi velike konkurenčnosti plevela redno pletiti. V času rasti redno ščipamo nastavljene popke in pospešujemo grmičasto razrast, da se rastlina ne postara.

Ob žetvi, tik pred cvetenjem, režemo 10 cm nad tlemi in rastlino lahko pripravimo za uporabo na različne načine: v sveži obliki, posušeno, kozervirano ali zamrznjeno. Posamezne liste lahko trgamo tudi sproti.

Njena uporaba je najbolj znana v sredozemski kuhinji kot začimba, odražajo pa jo tudi sposobnosti lajšanja bolečine in krčev v želodcu in pospeševanje prebave ter še vrsto drugih lastnosti. V vrtnarstvu ima poleg kulinaricne vrednosti še dekorativno (znana temno rdeča sorta 'Dark opal'), zaradi repelentnega učinka pa jo uporabljajo v biodinamičnem vrtnarstvu pri odganjanju škodljivcev s krompirja in paradižnika. Tudi v preteklosti so položeni lističi v omarah služili za odvrčanje uši in bolh. Znani so učinki bazilikega eteričnega olja, ki deluje poživljajoče na živčni sistem in lajša menstrualne krče, in tako se lahko z njim naredi krepilno, pomirjajočo kopel (Rode, 2001).

Splošno znane glavne sestavine eteričnega olja bazilike so linalol, estragol, cineol, evgenol limonen ter citronelol (Del Principe, 2003), kar v precejšnji meri potrjuje tudi raziskava Kim in Lee (2014), ki sta določila sledečo sestavo dotičnega olja: estragol (74,3 %), linalol (21,8 %) ter α -humulen (2,2%).

3.2.3 Navadni rožmarin (*Rosmarinus officinalis* L.)

Rožmarin, prav tako predstavnik družine Lamiaceae, je svetovno znana kulinaricna rastlinska vrsta, ki zraste v obliki grma do 2 m visoko in 1,5 m v obseg. Na olesenelem, razvejanem stebelu ustvari ozke do 3 cm dolge lističe, ki so svetleče temno zelene barve, na spodnji strani listov pa so dlačice, ki dajejo rastlini značilen sivkast videz. Listki so spodvihani in imajo izbočeno površje. Spomladi oziroma zgodaj poleti na zgornjih delih stebela rastlina ustvari svetlo modre do svetlo vijolične nesimetrične cvetove, združene v skupinice. Seme rožmarina je drobno, temno rjavo do črno, s svetlejšo liso na vrhu.

Značilna zimzelena trajnica Sredozemlja težko prezimi v celinskem podnebjju, zato jo moramo čez zimo prenesti v zaprt prostor. V naravi jo najdemo na obalah Sredozemskega morja, kjer prerašča apnenčasta dobro odcedna tla, obsijana z obilo sonca. Vzgoja rožmarina iz semen ni preveč uspešna, zato se poslužujemo podtaknjencev ali grebenic. Že čez zimo pripravimo podtaknjence iz poganjkov matičnih rastlin in jih poleti presadimo na stalno mesto, ali pa poleti za ta namen uporabimo zunaj posajene rastline. Druga možnost je, da med rastjo rožmarina spodnje vejice zasujemo z zemljo, da poženejo nova stebelca, ki jih odrežemo ter rarsadimo po zelenem prostoru obsijanem s soncem. Le na začetku, ko je rastlina mlada, je potrebno odstranjevati plevel.

Poleg kulinarčne vrednosti, kjer se uporabljajo sveži ali posušeni lističi (tudi cvetovi), ima rožmarin tudi dekorativno vrednost, že stoletja so znane njegove repelentne lastnosti. S poparki so v preteklosti razkuževali pohištvo ter šopke vejic izobešali po prostorih za odganjanje mrčesa. Dandanes ga še uporabljajo kot odvračalno rastlino za kapusovega belina (*Pieris brassicae* [L.]), korenjevo muho (*Psila rosae* [Fabricius]) ter komarje. Na področju kozmetike se najde kot glavna sestavina pri kremah in šamponih, tudi aroma rožmarina je v parfumeriji izjemno približljubljena. Njegove lastnosti so opažene tudi v aromaterapiji, kjer eterično olje služi pri spodbujanju imunskega sistema in delovanja notranjih organov, razkuževanju ter pomaga pri celjenju površinskih ran, obenem pa tudi zmanjšuje telesno utrujenost in težave s spominom (Rode, 2001).

Eterično olje navadnega rožmarina sestavljajo pinen, limonen, kanfen, borneol, cineol, linalol, terpineol, timol, oktanon, saponin in bornilacetat (Del Principe, 2003).

3.2.5 Česen (*Allium sativum* L.)

Tudi česen izvira iz srednje Azije in se je sčasoma prek blagovne trgovine razširil po celem svetu. Nadzemski del rastline zraste do 1 m visoko in je sestavljen iz pokončnega stebela, kateremu do sredine zrastejo suličasti in sploščeni listi. Na vrhu stebela se poleti tvorijo cvetovi belo zelenkaste ali rdečkaste barve v obliki kobula. Najpomembnejši del pri rastlini je čebula, razdeljena na do 30 upognjenih krhljev, obdanih z luskastim ovojem.

Česen je izredno razširjena vrtnina ali poljščina, ki potrebuje topla ter sončna tla, ki so dobro založena z organskimi snovmi. Pri saditvi pozno jeseni, pozimi ali zgodaj spomladi česnovo glavico razdremo na stroke in vsakega posamezno s koničastim koncem navzgor posadimo 2,5 cm globoko in 15 cm narazen. Med rastjo redno odstranjujemo plevel. Poleti izruvamo česnove glavice, jih posušimo ter pozneje uporabimo po želji (Hamilton, 1991).

Raziskava Yanga in sod. (2010) je pokazala, da so glavne sestavine eteričnega olja česna dialil disulfid, dialil trisulfid in dialil sulfid.

4 UPORABA ETERIČNIH OLJ V VARSTVU USKLADIŠČENEGA ŽITA

V zadnjih desetletjih se je uporaba eteričnih olj s področja zdravilstva in aromaterapije razširila tudi na prehrabeno in kozmetično industrijo, kjer eterična olja in njihove komponente služijo kot barvila in arome pijačam ter hrani. Sedaj pa jih zaradi vestranskih lastnosti in večje varnosti za okolje prepoznavajo tudi kot potencialno alternativo v varstvu rastlin pred škodljivci.

Eterična olja so kompleksne mešanice, sestavljene iz 20-60 komponent, med katerimi so najpomembnejše monoterpeni ter sorodni fenoli. Označujejo jih dve do tri glavne kemične spojine, zastopane v visokih deležih (20-70 %), ostale komponente pa so prisotne v sledovih (Bakkali, 2008). Med nekatere najznačilnejše glavne sestavine spadajo evgenol nageljnovih žbic (*Eugenia caryophyllus*; Myrtaceae), citronel iz limonske trave (*Cymbopogon nardus*; Poaceae) in timol ter karvakrol iz timijana (*Thymus vulgaris* Labiateae) (Koul in Dhaliwal, 2001).

Eterična olja so v osnovi zmesi biološko aktivnih kemičnih spojin, ki so brezbravne ali rumenkaste, redko tudi izrazitejšje barve. So močno hlapljiva in premorejo drugačno konsistenco od navadnih rastlinskih olj, saj ne puščajo mastnih madežev na papirju. Najlažje se mešajo z alkoholom in z maščobnimi olji, medtem ko z vodo ne najboljše (Jakopič, 2006) Dobra hlapljivost se kaže v hitrem prehodu iz tekočega v plinasto stanje že pri sobni ali rahlo višji temperaturi (Koul in sod., 2008).

Eterična olja imajo repelentne in insekticidne lastnosti, učinkovito pa lahko zatirajo tudi bakterije, glive, viruse in ogorčice. Lahko inhibirajo rast škodljivcev, njihovo prehranjevanje ter so tudi učinkoviti ovicidi za določene vrste. Vpliv posamezne vrste eteričnega olja se razlikuje glede na vrsto škodljivca. Do sedaj so bili odkriti štirje mehanizmi delovanja eteričnih olj na škodljivce, in sicer inhibicija P450 citokroma, ki je odgovoren za metabolizem ksenobiotikov, motenje delovanja GABA sinapse z vezavo rastlinskih komponent na GABA receptorje, inhibicija acetilholinesteraze ter interferenca oktopaminskega sistema. Čeprav izražajo izredno insekticidnost, z izjemo nekaterih vrst, večina eteričnih olj sesalcem, ribam in ljudem ni toksična oziroma v veliko manjši meri, saj bi zaradi dobre hlapljivosti tudi težje prišli v stik z njimi. Vendar je na tem področju potrebnih še več raziskav (Pavela in Benelli, 2016).

Preglednica 1: Primerjava akutne toksičnosti treh eteričnih olj pri neciljnih organizmih (Pavela in Benelli, 2016).

Vrsta eteričnega olja	LD ₅₀ (mg/kg) (oralno pri podgani)	LD ₅₀ (mg/kg) (dermalno pri zajcu)
Rožmarin	> 5000	10000
Bazilika	> 5000	> 5000
Pomaranča	> 5000	> 5000

Eterična olja se lahko uporabljajo na različne načine. Najbolj obetavna so v obliki fumigantov (uporaba v obliki zaplinjanja), uspešna pa so tudi pri kontaktnem delovanju ter kot odvrčalna sredstva, t. i. repelenti.

4.1 DOMAČE RAZISKAVE UČINKOVITOSTI ETERIČNIH OLJ V VARSTVU RASTLIN PRED SKLADIŠČNIMI ŠKODLJIVCI

Bohinc in Trdan (2013) sta v laboratorijskih razmerah preučevala insekticidno delovanje eteričnih olj navadnega rožmarina, bergamota (*Citrus bergamia* Risso), kafre (*Cinnamomum camphora* L. Presl.), navadnega lovorja (*Laurus nobilis* L.) in žajblja (*Salvia officinalis* L.) na odrasle osebkke fižolarja (*Acanthoscelides obtectus* [Say]). Kot najučinkovitejše se je izkazalo eterično olje rožmarina, obetajoči pa sta bili tudi eterični olji žajblja ter navadnega lovorja. Rezultati so tudi pokazali odvisnost delovanja preučevanih olj od zračne vlage; pri obravnavanih dveh vrednostih, 55 ter 75 %, je bila pri slednji učinkovitost eteričnih olj občutno boljša.

V študiji iz leta 2012 so Laznik in sod. preučevali fumigantno delovanje navadnega rožmarina, navadnega žajblja, prave sivke (*Lavandula angustifolia* Mill.), in poprove mete (*Mentha balsamea* Willd.) v odvisnosti od časa izpostavljenosti (1, 2, 3 dnevi), temperature (20, 25, 30, 35 in 40 °C) in koncentracije eteričnih olj (2,4 in 7,4 ml/L zraka). Izkazalo se je, da se z nižjo temperaturo zmanjšuje smrtnost osebkov (razpon 12-36-odstotne smrtnosti za temperature 20, 25, 30, 35°C), medtem ko je bila pri 40 °C ugotovljena 95-odstotna smrtnost.

4.2 FUMIGANTNO DELOVANJE

Fumigantno delovanje je mogoče zaradi močne hlapljivosti eteričnih olj in je ena izmed bolj zaželenih lastnosti, saj se na takšen način eterično olje ne nanaša neposredno na živež, ampak se razprši po prostoru in zaradi svoje plinaste oblike zapolni tudi vse manjše koticke in razpoke. Po končanem tretiranju se skladiščni prostor prezrači in eterično olje ni več prisotno.

V eni od novejših raziskav (Kim in Lee, 2014) je bilo ugotovljeno, da eterični olji pomarančevca in bazilike izražata močno fumigantno delovanje zoper koruznega žužka in rjavega mokača po 24-urnemu tretiranju. Olje bazilike je bilo z vrednostima LD₅₀ 0,014 mg/cm³ (koruzni žužek) in 0,106 mg/cm³ (rižev mokač) bolj toksično v primerjavi z oljem pomarančevca (LC₅₀ 0,020mg/cm³ (koruzni žužek) in 0,130 mg/cm³ (rjavi mokač)). Nadaljnje primerjanje rezultatov toksičnosti posameznih komponent so pokazali, da z izjemo a-humulena vse snovi bolje izražajo toksičnost v plinasti obliki kakor kontaktno, kar nakazuje mehanizem delovanja obeh eteričnih olj - prek dihalnega sistema škodljivcev.

Fouad in da Camara (2017) pa sta se namenila raziskati zgradbo dveh eteričnih olj iz rodu *Citrus* ter njuno razliko v delovanju zoper koruznega žužka. Ugotovila sta, da obe vrsti olj delujeta dokaj podobno in ni bistvene razlike v njuni kemični sestavi. Glavna komponenta obeh olj je bila limonen, ki predstavlja 38,9-odstotni delež pri limeti (*Citrus x aurantiifolia* Swingle) in 80,2-odstotni pri mandarinovcu (*Citrus reticulata* Blanco). Fumigantno delovanje mandarinovca je bilo 1,4-krat bolj učinkovito. Skupek vseh laboratorijskih preiskav (fumigantno, kontaktno, repelentno in želodčno delovanje) je nakazal mehanizem prodiranja eteričnih olj v prvih štiriindvajsetih urah, in sicer prek hlapov ali absorpcije skozi kutikulo oziroma deljenih nožic osebkov ter s konzumiranjem, ter da je najobetavnejša oblika uporabe v obliki fumiganta.

Rozman in sod. (2007) so ugotavljali insekticidno delovanje 9 glavnih sestavin eteričnih olj sivke (*Lavandula angustifolia* Chaix), rožmarina (*Rosmarinus officinalis* L.), timijana (*Thymus vulgaris* L.) in lovora (*Laurus nobilis* L.) na koruznega žužka (*Sitophilus zeamais* Motschulsky), rjavega mokaarja (*Tribolium castaneum* Herbst) ter žitnega kutarja (*Rhyzopertha dominica* Fabricius). Ugotovili so, da je rjavi mokaar na eterična olja veliko tolerantnejši od riževega žužka in žitnega kutarja. Smrtnost odraslih osebkov rjavega mokaarja namreč tudi po enem dnevu pri najvišji koncentraciji (100 $\mu\text{L}/720\text{ ml}$) ni presegla 20 %, testiranih pa je bilo kar 9 glavnih komponent eteričnih olj iz družin ustnatic (Lamiaceae) in lovorovk (Lauraceae). Šele višje koncentracije in daljši čas izpostavitve (7 dni), so doprinesle k višji smrtnosti rjavega mokaarja pri 1,8-cineolu (92,5 %), linalolu (70,0 %) in kamforju (77,5 %) pri najvišji koncentraciji. Kamfor in linalol sta prav tako učinkovito delovala zoper žitnega kutarja že pri najmanjši koncentraciji (0,1 $\mu\text{L}/720\text{mL}$), in sicer sta povzročila 100-odstotna smrtnost, pri riževem žužku pa so enake rezultate dosegli 1,8-cienol, borneol and timol. Analiza rezultatov je pokazala, da proti tem trem škodljivcem najboljše učinkuje 1,8-cienol, kateremu sledita kamfor ter linalol.

Učinkovitost monoterpena 1,8-cienola, glavne komponente eteričnega olja rožmarina, je dokazala že tudi starejša raziskava (Lee in sod., 2002), ki ga je izpostavila tudi kot možno alternativno za insekticid fosfin (PH₃). Navedeni monoterpen je namreč deloval podobno učinkovito na obe testni skupini rjavih mokaarjev; med njima je ena predstavljala skupino na fosfin odpornih osebkov.

Uspeh se je pokazal tudi pri eteričnemu olju česna in njegovi glavni sestavini dialil trisulfid, saj sta v laboratorijskih razmerah proti rjavemu mokaarju izrazila močno fumigantno delovanje. Nadaljna preučitev učinkovitosti obeh snovi pri vzorcih napolnjenih z različnimi količinami riža (10, 20, 30, 40 in 50-odstotna napolnjenost posodice z rižem) je pokazala, da je koncentracija 8 $\mu\text{L}/\text{L}$ zraka dialila trisulfida dovolj za 100-odstotna smrtnost odraslih osebkov po 4 dneh tretiranja pri najvišji zapolnitvi. Obe snovi sta tudi popolnoma prekinili nadaljnje razmnoževanje škodljivca. Prav tako se ni pokazalo, da bi nanos eteričnega olja vplival na slabšo sposobnost kaljenja koruznih zrn (Yang in sod., 2010).

4.3 KONTAKTNO DELOVANJE

Je druga najbolj raziskana oblika delovanja eteričnega olja na škodljivce. Že prej omenjena raziskava (Kim in Lee, 2014) je obravnavala tudi kontaktno delovanje eteričnih olj bazilike in pomarančevca, kjer pa se je za bolj učinkovito izkazalo slednje z vrednostjo LC_{50} $0,074\text{mg}/\text{cm}^3$ pri koruznemu žužku in malo slabše (LC_{50} $0,257\text{mg}/\text{cm}^3$) pri riževem mokařju, medtem ko je bila potrebna koncentracija olja bazilike za smrtnost polovice populacije pri koruznemu žužku $0,130\text{ mg}/\text{cm}^3$ ter $0,361\text{ mg}/\text{cm}^3$ pri rjavemu mokařju.

4.4 REPELENTNO DELOVANJE

Fouad in da Camara (2017) sta dokazala, da je učinkovitost odvracalnega učinka odvisna od koncentracije eteričnega olja. Pri koncentracijah 10, 20, 30 in 40 $\mu\text{L}/\text{mL}$ je olje mandarinovca po 2 in 4 urah izražalo izrazito odvracalno delovanje že pri 20 in 30 $\mu\text{L}/\text{mL}$, medtem ko je za olje limete to veljalo šele pri koncentraciji 30 in 40 $\mu\text{L}/\text{mL}$.

5 OMEJITVE

Resda se raziskave v smeri možne uporabe eteričnih olj v varstvu rastlin in pridelkov izvajajo že precej časa, vendar pa število rastlinskih insekticidov na podlagi eteričnih olj za komercialno uporabo še vedno ostaja nizko (Koul in sod., 2008). Med glavne ovire spada obsežna in draga avtorizacija nove snovi za trg oziroma vključitev v tržni izdelek. Postopek odobritve se nanaša tudi na toksikološke študije, katerih pa je trenutno premalo. Večina objavljenih raziskav se osredotoča le na biotično delovanje in vpliv ene ali dveh glavnih sestavnih komponent na ciljni organizem, premalo pozornosti pa je usmerjeno v raziskovanje vpliva na neciljne organizme in seveda odnosa med vsemi snovmi v eteričnem olju. Dejstvo je tudi, da je bila večina dosedanjih raziskav izvedena v laboratorijskih razmerah.

Težavo predstavlja tudi obstojnost eteričnih olj in s tem čas njihovega delovanja. Sestavljajo jih namreč lipofilni ter hlapljivi sekundarni metaboliti z nizko molekulsko maso, terpenoidi pa so poleg hlapljivosti tudi termolabilni, ter hitro okisidrajo, zato je kemična sestava močno odvisna od razmer skladiščenja izvorne rastline, vrste destilacije ter hranjenja eteričnega olja pred samo uporabo. Pri uporabi olj z zaplinjanjem aktivne snovi hitro razpadejo, kar rezultira v zmanjšanju učinka na škodljivce. Tu se zadeva že rešuje z uporabo metode, kjer posamezne molekule obdajo z zaščitnim ovojem iz naravnega ali sintetičnega polimera (angl. encapsulation), z namenom preprečitve stika z zunanjim okoljem. Ob spremembi določenega dejavnika (kislosti, temperature ali pritiska), pa pride do aktivacije (Pavela in Benelli, 2016).

Nenazadnje pa je že od začetka potrebno imeti zagotovljeno zadostno količino enotnega kvalitetnega materiala po dostopni ceni. Od 17.500 aromatičnih vrst rastlin je približno le

300 že registriranih za komercialno uporabo, pri kar nekaj potencialnih vrstah pa je pridelovanje drago oziroma je končna količina pridobljenega eteričnega olja premajhna, saj večina rastlin vsebuje od 1-2 % eteričnih olj (Koul in sod., 2008). Potrebno je opozoriti tudi na spreminjajočo kemično sestavo eteričnih olj. Razmerje in vsebnost sekundarnih metabolitev je odvisna od razvojnega stadija rastlin, prav tako nanjo vplivajo podnebni dejavniki (toplota, osvetljenost, vlažnost) ter pH tal. Tako na primer eterično olje navadnega rožmarina v osnovi izraža visoko insekticidno delovanje, vendar primerjava večih raziskav nakazuje razlike v učinkovitosti glede na glavno komponento. Eterično olje z največjim deležem monoterpena 1,8-cineol se je izkazalo za bolj učinkovitega v fumigantnem delovanju (Lee in sod., 2002) kakor eterično olje raziskovano s strani Abou-Taleb in sod. (2016). Glavna komponenta v drugem primeru je namesto 1,8- cineola bila α -pinen, kar bi se lahko pripisalo drugačni kemični zgradbi zaradi geografske raznolikosti. Rešitve na področju kakovostne pridelave eteričnih olj se kažejo v razvoju novih tehnologij za pridelavo rastlin in genskemu inženiringu, preučujejo pa se tudi nove, izboljšane oblike načinov pridobivanja končnega produkta iz rastlin. Vse skupaj bi pomagalo pri povečanju proizvodnje ter standariziranju kvalitete in kvantitete eteričnih olj (Pavela in Benelli, 2016).

6 SKLEPI

Kljub večtisočletni rabi na mnogih področjih v človekovem življenju se šele v zadnjih desetletjih posveča večja pozornost insekticidnim učinkom eteričnih olj in njihovi možni uporabi v varstvu rastlin v kmetijstvu. Vedno večja obremenitev okolja zaradi povečane pridelave ter težnja po njegovem ohranjanju napeljuje k iskanju alternativnih naravnih metod varstva rastlin in pridelkov, kamor spadajo tudi eterična olja. Obenem se pri posameznih skladiščnih škodljivcih že razvija odpornost na najpogostejše uporabljen sintetični insekticid fosfin, saj je bilo že v letu 1995 v več kot 45 državah navedenih več primerov odkritja na fosfin odpornih skladiščnih škodljivcev (Lee in sod., 2002). V Sloveniji se lahko proti mokařem (*Tribolium* spp.), žužkom (*Sitophilus* spp.) in žitnemu kutarju (*Rhizopertha dominica*) trenutno uporablja le 5 sintetičnih insekticidov, od katerih pa jih ima kar 4 za aktivno snov aluminijev fosfid ali magnezijev fosfid (Seznam registriranih fitofarmaceutskih sredstev, 2017).

Nekatere vrste eteričnih olj, na primer navadni rožmarin, so se izkazale kot učinkovito sredstvo proti na fosfin odporne škodljivce, saj posedujejo drugačen način delovanja na žuželke in mikroorganizme, zato posledično škodljivci težje razvijejo odpornost. Navečji učinek zaradi svoje visoke hlapljivosti dosežejo v obliki fumiganta, vendar se kažejo pozitivni rezultati tudi na področju repeletnosti in drugih oblik zatiranja, kot so kontaktno ter želodčno delovanje in inhibicija prehranjevanja ter razvoja. Nizka toksičnost za sesalce in ljudi ter kratkotrajen obstoj eteričnih olj zmanjšujeta tveganje akumuliranja ostankov in možnih poznejših negativnih posledic pri uživanju živeža, kar je ena od glavnih težav pri kemičnih insekticidih.

Trenutno še ni na voljo veliko insekticidnih pripravkov na podlagi eteričnih olj in največji razlog bolj kot ne je v sami avtorizaciji eteričnih olj za vključitev v tržni izdelek, saj so bile doslej izvedene raziskave večinoma vezane na laboratorijske razmere, obenem pa je bilo premalo dodatnih toksikoloških študij. Vendar so v primeru tega diplomskega projekta predstavljene štiri vrste eteričnih olj že dlje časa prisotne in odobrene v prehrabeni in kozmetični industriji, kar bi lahko olajšalo in pospešilo njihov postopek vključitve v tržne izdelke, vendar ta težava še vedno ostaja za ostale vrste eteričnih olj.

Drugi večji problem pa se kaže v sami proizvodnji zadovoljivih količin in standardiziranju kvalitete pripravkov na osnovi eteričnih olj. Odvisnost razmerja in vsebnosti glavnih komponent eteričnih olj od razvojnega stadija rastline in podnebnih dejavnikov poleg nizke vsebnosti (1-2 %) eteričnih olj v rastlini predstavljata največjo oviro. Rešitve se že odvijajo v razvoju novih tehnologij pridobivanja. Drugi problem je slaba obstojnost in kratkotrajen učinek eteričnih olj, ki trenutno vodi v možno uporabo le v majhnih zaprtih prostorih, a nadaljnje raziskave možnih kombiniranj uporabe eteričnih olj z oblikami varstva, kot je na primer diatomejska zemlja, že daje pozitivne rezultate (Yang in sod., 2010).

V splošnem so dosedanje raziskave nakazale velik potencial eteričnih olj v varstvu rastlin pred škodljivimi žuželkami, vendar trenutno bolj le v kombinaciji z ostalimi okoljsko sprejemljivimi metodami varstva, saj bi bilo smiselno izvesti še dodatne raziskave v naravnih razmerah. Vendar obstaja možnost, da bi z odpravo trenutnih omenjenih omejitev v prihodnosti botanični pripravki na podlagi eteričnih olj lahko postali samostojna oblika zatiranja oziroma celo zamenjali sintetične insekticide.

7 VIRI

Abrol D. P., Shankar U., 2012. Integrated pest manegment: principles and practice.
Wallingford, CABI: 502 str.

Abou-Taleb H. K., Mohamed M. I. E., Shawir M. S., Abdelgaleil S. A. M. 2016.
Insecticidal properties of essential oils against *Tribolium castaneum* (Herbst) and their inhibitory effects on acetylcholinesterase and adenosine triphosphatases. Natural Product Research, 30, 6: 710-714

Bakkali F., Averbeck S., Averbeck D., Idaomar M. 2008. Biological effects of essential oils –A review. Food and Chemical Toxicology, 46: 446–475

Bavcon J. 2008. Sredozemske in tropske rastline. Ljubljana, Kmečki glas: 135 str.

Bionet-eafrinet. *Tribolium castaneum* (Herbst, 1797) - Red Flour Beetle.
[http://keys.lucidcentral.org/keys/v3/eafrinet/maize_pests/key/maize_pests/Media/Html/Tribolium_castaneum_\(Herbst_1797\)_-_Red_Flour_Beetle.htm](http://keys.lucidcentral.org/keys/v3/eafrinet/maize_pests/key/maize_pests/Media/Html/Tribolium_castaneum_(Herbst_1797)_-_Red_Flour_Beetle.htm) (17. avgust, 2017)

- Bohinc T., Trdan S. 2013. Insekticidno delovanje petih eteričnih olj na odrasle osebkke fižolarja (*Acanthoscelides obtectus* [Say], Coleoptera, Chrysomelidae). V: Zbornik predavanj in referatov 11. Slovenskega posvetovanja o varstvu rastlin z mednarodno udeležbo, Bled, 5.–6. marec 2013. Trdan S. Maček J. (ur.). Ljubljana, Društvo za varstvo rastlin Slovenije: 313-319
- CABI. 2014. *Rhyzopertha dominica* (lesser grain borer).
<http://www.cabi.org/isc/datasheet/47191> (17. avgust, 2017)
- CABI. 2015. *Sitophilus zeamais* (greater grain weevil).
<http://www.cabi.org/isc/datasheet/10926> (1. julij, 2017)
- Del Principe S. 2003. Eterična olja: arome zdravja. Ljubljana, Pisanica: Delo revije:126 str.
- FITO-INFO: Seznam registriranih fitofarmaceutskih sredstev. Ljubljana, Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano, Uprava RS za varno hrano, veterinarstvo in varstvo rastlin.
<http://spletni2.furs.gov.si/FFS/REGSR/index.htm> (17. avgust 2017)
- Fouad H. A., da Camara C. A. G. 2017. Chemical composition and bioactivity of peel oils from *Citrus aurantiifolia* and *Citrus reticulata* and enantiomers of their major constituent against *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae). Journal of Stored Products Research, 73: 30-36
- Hamilton G. 1991. Naravno vrtnarjenje (vodnik za biološko neoporečno pridelovanje hrane in okrasnih rastlin). Ljubljana, Državna založba Slovenije: 288 str.
- Jakopič T. 2006. Eterična olja: nekdanj in danes. Domžale: 50 str.
- Kim S. I., Lee D. W. 2014. Toxicity of basil and orange essential oils and their components against two coleopteran stored products insect pests. Journal of Asia-Pacific Entomology, 17: 13-17
- Koul O. Dhaliwal G. S. 2001. Phytochemical biopesticides. Amsterdam, Harwood Academic Publishers: 233 str.
- Koul O., Walia S., Dhaliwal G. S. 2008. Essential Oils as Green Pesticides: Potential and Constraints. Biopesticide International, 4, 1: 63–84
- Korunić Z. 1990. Štetnici uskladištenih poljoprivrednih proizvoda (biologija, ekologija i suzbijanje). Zagreb, Gospodarski list: 220 str.
- Lee B. H., Lee S. E., Annis P. C., Pratt S. J., Park B. S., Tumaalii F. 2002. Fumigant Toxicity of Essential Oils and Monoterpenes Against the Red Flour Beetle, *Tribolium castaneum* Herbst. Journal of Asia-Pacific Entomology, 5, 2: 237 -240

- Laznik Ž., Vidrih M., Trdan S. 2012. Efficacy of four essential oils against *Sitophilus granarius* (L.) adults after short-term exposure. *African Journal of Agricultural Research*, 7, 21: 3175-3181
- Nayak M.K., Falk M. G., Emery R. N., Collins P. J., Holloway J. C. 2017. An analysis of trends, frequencies and factors influencing the development of resistance to phosphine in the red flour beetle *Tribolium castaneum* (Herbst) in Australia. *Journal of Stored Products Research*, 72: 35-48
- Pavela R., Benelli G. 2016. Essential Oils as Ecofriendly Biopesticides? Challenges and Constraints. *Trend in Plant Science*, 21, 12: 1000-1007
- Poštić S. 2006. A kot aromaterapija. Izola. Meander: 291 str.
- Rozman V., Kalinovic I., Korunic Z. 2007. Toxicity of naturally occurring compounds of Lamiaceae and Lauraceae to three stored-product insects. *Journal of Stored Products Research*, 43: 349–355
- Rode J. 2001. Zeliščni vrt: domača lekarna. Ljubljana: Kmečki glas: 231 str.
- Sinkovič T. 2010. Uvod v botaniko. Oddelek za agronomijo, Biotehniške fakultete v Ljubljani, Jamnikarjeva 101: 208 str.
- Vrabl S. 1992. Škodljivci poljščin. Ljubljana, ČZP Kmečki glas: 142 str.
- Yang F. L., Zhu F., Lei C.L. 2010. Garlic essential oil and its major component as fumigants for controlling *Tribolium castaneum* (Herbst) in chambers filled with stored grain. *Journal of Pest Science*, 83: 311–317

ZAHVALA

Rada bi se iskreno zahvalila mentorju prof. dr. Stanislavu Trdanu za vodenje, vse podane nasvete ter strokovno pomoč pri nastanku diplomskega projekta.

Zahvaljujem se tudi domačim in prijateljem; hvala za vse spodbudne besede, podporo ter potrpljenje v času študija in zaključevanja diplomskega projekta, ter da ste mi stali ob strani.