

# Repelentno djelovanje eteričnih ulja na odrasle oblike repičina sjajnika (*Brassicogethes* sp.)

---

Uglješić, Sara

Master's thesis / Diplomski rad

2023

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Agriculture / Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:204:175440>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-12-26**



Repository / Repozitorij:

[Repository Faculty of Agriculture University of Zagreb](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
AGRONOMSKI FAKULTET

**REPELENTNO DJELOVANJE ETERIČNIH ULJA NA ODRASLE  
OBLIKE REPIČINA SJAJNIKA (*BRASSICOGETHES SP.*)**

DIPLOMSKI RAD

Sara Uglješić  
Zagreb, rujan, 2023.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
**AGRONOMSKI FAKULTET**

Diplomski studij:  
Fitomedicina

**REPELENTNO DJELOVANJE ETERIČNIH ULJA NA ODRASLE  
OBLIKE REPIČINA SJAJNIKA (*BRASSICOGETHES SP.*)**

DIPLOMSKI RAD

Sara Uglješić

Mentor:

izv. prof. dr. sc. Ivan Juran

Zagreb, rujan, 2023.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
**AGRONOMSKI FAKULTET**

**IZJAVA STUDENTA  
O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI**

Ja, **Sara Uglješić**, JMBAG 0178109794, rođena 24.01.1998. u Rijeci, izjavljujem da sam samostalno izradila diplomski rad pod naslovom:

**REPELETNO DJLOVANJE ETERIČNIH ULJA NA ODRASLE JEDINKE REPIČINA SJAJNIKA (*Brassicogethes* sp.)**

Svojim potpisom jamčim:

- da sam jedina autorica ovoga diplomskog rada;
- da su svi korišteni izvori literature, kako objavljeni tako i neobjavljeni, adekvatno citirani ili parafrazirani, te popisani u literaturi na kraju rada;
- da ovaj diplomski rad ne sadrži dijelove radova predanih na Agronomskom fakultetu ili drugim ustanovama visokog obrazovanja radi završetka sveučilišnog ili stručnog studija;
- da je elektronička verzija ovoga diplomskog rada identična tiskanoj koju je odobrio mentor;
- da sam upoznata/upoznat s odredbama Etičkog kodeksa Sveučilišta u Zagrebu (Čl. 19).

U Zagrebu, dana \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
*Potpis studentice*

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
AGRONOMSKI FAKULTET

IZVJEŠĆE  
O OCJENI I OBRANI DIPLOMSKOG RADA

Diplomski rad studentice **Sare Uglješić**, JMBAG 0178109794, naslova

**REPELETNO DJELOVANJE ETERIČNIH ULJA NA ODRASLE JEDINKE REPIČINA SJAJNIKA (*Brassicogethes*  
sp.)**

obranjen je i ocijenjen ocjenom \_\_\_\_\_, dana \_\_\_\_\_.

Povjerenstvo:

potpisi:

- |    |                                   |        |       |
|----|-----------------------------------|--------|-------|
| 1. | izv. prof. dr. sc. Ivan Juran     | mentor | _____ |
| 2. | prof. dr. sc. Tanja Gotlin Čuljak | član   | _____ |
| 3. | izv. prof. dr. sc. Maja Čačija    | član   | _____ |

## Zahvala

Želim zahvaliti:

- mojoj obitelji (užoj i široj) na podršci tijekom studiranja,
- svim djelatnicima Zavoda za poljoprivrednu zoologiju koji uvijek imaju otvorena vrata i osjećaja za studentske potrebe,
- izv. prof. dr. sc. Ivanu Juranu na izuzetnom mentorstvu i predanosti,
- mojoj najvećoj podršci i navijaču Anti uz kojeg je bilo lakše studiranje privesti kraju.

## Sadržaj

|  |    |
|--|----|
| 1. Uvod.....   | 1  |
| 1.1. Cilj istraživanja.....  | 2  |
| 2. Pregled literature.....   | 3  |
| 2.1. Uljana repica.....  | 3  |
| 2.2. Repičin sjajnik ( <i>Brassicogethes aeneus</i> (Fabricius 1775))..... | 5  |
| 2.3. Eterična ulja.....  | 10 |
| 3. Materijali i metode.....  | 17 |
| 3.1. Olfaktometar.....   | 17 |
| 3.2. Eterična ulja korištena u pokusu.....                                 | 20 |
| 3.3. Provedba pokusa.....  | 24 |
| 4. Rezultati i rasprava.....   | 25 |
| 5. Zaključak.....  | 27 |
| 6. Popis literature.....   | 28 |
| 7. Popis ilustracija.....  | 39 |
| 8. Popis tablica.....  | 41 |
| Životopis.....   | 42 |

## Sažetak

Diplomskog rada studentice **Sare Uglješić**, naslova

### **REPELETNO DJELOVANJE ETERIČNIH ULJA NA ODRASLE JEDINKE REPIČINA SJAJNIKA (*Brasicogethes sp.*)**

Vrlo visoka razina rezistentnosti repičina sjajnika na insekticide onemogućava proizvođačima učinkovitu zaštitu uljane repice. Zbog toga je potrebno pronaći nova alternativna nekemijska rješenja, a jedno od njih je korištenje eteričnih ulja. Dosadašnjim laboratorijskim pokusima utvrđen je vrlo visoki repelentni učinak određenih eteričnih ulja na odrasle oblike repičina sjajnika u lociranju biljke domaćina. U praksi bi aplicirano eterično ulje moglo odbiti odrasle oblike repičina sjajnika od glavnog usjeva pri čemu bi primjena insekticida u potpunosti mogla izostati. U ovom istraživanju očekuje se utvrditi repelentno djelovanje eteričnih ulja na odrasle oblike repičina sjajnika. Tijekom 2021. prikupljeni su odrasli oblici repičina sjajnika otresanjem terminalnih cvatova u entomološki kavez, a prije postavljanja pokusa 40 sati bili su bez izvora hrane. Za provedbu pokusa korištena su eterična ulja zvjezdastog anisa, bosiljka, eukaliptusa, lavande, limuna i paprene metvice razrijeđena s acetonom u omjeru 1:10, a 40 µl primijenilo se na 3 cm<sup>2</sup> filter papira. Na 6-kanalni olfaktometar spojene su posude s tretiranim filter papirom u koje je umotan netretirani terminalni cvat uljane repice, a kao kontrola korišten je filter papir tretiran acetonom. U sredinu olfaktometra postavljeno je 10 odraslih oblika repičina sjajnika te je brojano koliko jedinki prijeđe završnu liniju prema određenom izvoru mirisa u 90 sekundi nakon puštanja. Rezultati pokazuju da je 60 % jedinki repičinog sjajnika odabralo izvor bez mirisa. Eterična ulja s mirisom bosiljka i eukaliptusa najmanje su privukla pozornost jedinki odnosno samo 4,5 % od ukupnog broja. Menta, kao i anis, privukla je 22,7 % kukaca dok aceton kao kontrola nešto manje od 20%. Limun se pokazao kao najlošiji miris te je privukao 26,1 % odraslih jedinki, međutim sva eterična ulja korištena u pokusu pokazala su repelentno djelovanje na odrasle oblike repičinog sjajnika.

**Ključne riječi:** repičin sjajnik, eterično ulje, olfaktometar, repelentnost



## Summary

Of the master's thesis – student **Sara Uglješić**, entitled

### **REPELLENT EFFECT OF ESSENTIAL OILS ON ADULT INDIVIDUALS OF POLLEN BEETLE (*Brasicogethes* sp.)**

The very high level of resistance of pollen beetle to the insecticide makes it impossible for producers to effectively protect oilseed rape. For this reason, it is necessary to find new alternative non-chemical solutions, and one of them is the use of essential oils. Previous laboratory experiments have established a very high repellent effect of certain essential oils on the adult forms of the pollen beetle in locating the host plant. In practice, the applied essential oil could repel the adult forms of pollen beetle from the main crop, in which case the application of insecticides could be completely absent. In this research, it is expected to determine the repellent effect of essential oils on the adult forms of the pollen beetle. During 2021, the adult forms of the rape plant were collected by shaking off the terminal inflorescences in an entomological cage, and before setting up the experiment, they were without a food source for 40 hours. For the experiment, essential oils of star anise, basil, eucalyptus, lavender, lemon and peppermint diluted with acetone in a ratio of 1:10 were used, and 40 µl was applied to 3 cm<sup>2</sup> of filter paper. To the 6-channel olfactometer, vessels with treated filter paper were connected, in which an untreated terminal flower of oilseed rape was wrapped, and filter paper treated with acetone was used as a control. In the middle of the olfactometer, 10 adult forms of the pollen beetle were placed, and it was counted how many individuals crossed the finish line towards a certain source of smell in 90 seconds after release. The results show that 60% of the only pollen beetle chose the odourless source. Essential oils with the smell of basil and eucalyptus attracted the least attention of individuals, i.e. only 4.5% of the total number. Mint, as well as anise, attracted 22.7% of insects, while acetone as a control slightly less than 20%. Lemon turned out to be the worst smell and attracted 26.1% of adults. In general, all the essential oils used in the experiment showed a repellent effect on the adult forms of the pollen beetle.

**Keywords:** pollen beetle, essential oil, olfactometer, repellent activity

## 1. Uvod

Pojedinačna eterična ulja kao sekundarni metaboliti biljaka, tj. njihove glavne sastavnice u međudjelovanju su s glavnim dijelovima biokemijske, fiziološke, bihevioralne i metaboličke funkcije kukaca (Brattesten, 1983.). Prema tome, neka eterična ulja pokazuju izrazitu otrovnost za kukce, dok ostala mogu imati repelentni utjecaj (Watanabe i sur., 1993.), sprječavati hranjenje kukaca (Hough - Goldstein, 1990.), te sprječavati ili usporavati njihov rast, razvoj (Coats i Karr, 1992.) i razmnožavanje (Sharma i Saxena, 1974.). Radi tih osobina i svoje učinkovitosti, eterična ulja u zadnje vrijeme u poljoprivredi postaju sve važnija sredstva za suzbijanje kukaca. Radi svoje repelentnosti te doticajne i fumigantne otrovnosti, eterična ulja su se pokazala najbolja u suzbijanju štetnika koji čine štete na uskladištenim proizvodima (Regnault - Roger i sur., 1993; Sarac i Tunc, 1995.). Biljne vrste najčešće korištene u ispitivanju insekticidnog učinka eteričnih ulja bile su iz porodica lovorovki (Laureaceae), usnjača (Lamiaceae), mirtovki (Myrtaceae), rutovki (Rutaceae), glavočika (Asteraceae) i štitarki (Apiaceae) (Ibrahim i sur., 2001.). No, osim na kukce, eterična ulja smrtno djeluju na bakterije, viruse, jaja, ličinke i gljive, te imaju različite efekte koji onemogućavaju ishranu kukaca na biljci i samom biljkom (Isman, 2000.). Postoje sličnosti u načinu djelovanja eteričnih ulja i djelovanja insekticidnih sredstava kojima su glavne djelatne tvari organofosfati i karbamati (Isman, 2000.). Mogu djelovati neurotoksično na živčani sustav kukaca ili kao inhibitori enzima acetilkolinesteraze (AChE) gdje dolazi do paralize štetnika (Ryan i Byrne, 1988.). Proučavanja su predočila sličnosti između pojedinih monoterpena i inhibitora enzima acetilkolinesteraze koji u organizmu katalizira hidrolizu acetilkolina. Primjer takvog monoterpena je ciklički terpen pulegon, koji je sastavni dio eteričnog ulja metvice, a koristi se za suzbijanje kestenjastog brašnara (*Tribolium castaneum* Herbst) (Houghton i sur., 2006.). U većini slučajeva testirani monoterpeni apsolutno, povratno ili kombinirano sprječavaju djelovanje AChE. Eterična ulja u kukce mogu prodrijeti dišnim putem, probavnim sustavom ili preko kože, dok u većini slučajeva najbrži rezultat imaju ulja s neurotoksičnim djelovanjem. Osim s enzimima, eterična ulja međudjeluju i s drugim spojevima u tijelu kukca kao što su oktopamin (Enan, 2005.) ili GABA - ulazni kloridni kanal (Priestley i sur., 2003; Khater, 2011.). Oktopamin je organski kemijski spoj koji ima nekoliko bioloških funkcija kod kukaca; može obavljati ulogu neurotransmitera, neurohormona i cirkulirajućeg neurohormona - neuromodulatora (Evans, 1980.). Oktopamin međudjeluje s nekoliko receptora, najčešće s oktopaminom - 1 i oktopaminom - 2 (Evans, 1981.). Nedostatak oktopamina prouzročio bi obustavu funkcije živčanog sustava kukaca, što bi drastično utjecalo na selektivnost i široku primjenjivost eteričnog ulja (Enan i sur., 1998.).

Repelenti su tvari koje mogu djelovati ciljano na mjestu primjene ili na određenoj razdaljini; oni podražavaju njušna ili neka druga osjetila i tako udaljuju kukce od tretirane površine. Repelenti biljnog porijekla kao što su eterična ulja sigurni su za korištenje u suzbijanju

štetnika jer umanjuju rezidue pesticida te su sigurni za hranu, ljude i prirodu (Talukder i sur., 2004; Talukder, 2006; Maia i Moore, 2011.).

Repičin sjajnik (*Brassicogethes* spp. — navodi se kao rod i prati se kao kompleks štetnika jer je u Hrvatskoj prisutno više vrsta repičinoga sjajnika) najvažniji je štetnik uljane repice. U slučaju da se ne suzbija, može prouzročiti smanjenje prinosa za više od 50 %. Štete čine odrasli oblici bušeći, izgrizajući i odlažući jaja u pupove dok još nisu otvoreni i dok je cvat pokriven lišćem. Takvi oštećeni i izgrizeni pupovi ne cvjetaju. Što je raniji napad, štete su veće. Nekada se smatralo da repičinog sjajnika ne treba suzbijati jer uljana repica posjeduje svojstvo regeneracije zbog kojeg dio cvjetova otpada i bez napada štetnika. Međutim, nepridržavanje plodoređa, uzgajanje repice na velikim parcelama svake godine, uzgajanje na prošlogodišnjem zemljištu ili u njegovoj blizini, pridonijelo je povećanju populacije štetnika. Insekticidi za suzbijanje sjajnika u Hrvatskoj su se počeli koristiti nakon 1980-tih godina. U početku su rabljeni organofosforni insekticidi. Međutim, efikasnost organofosfornih insekticida opadala je pri pojavi nižih temperatura, pa su oni zamijenjeni piretroidima (Maceljski, 2002; Jelovčan i Gotlin Čuljak, 2007; Jelovčan i sur., 2008.). No, radi kontinuiranog apliciranja piretroida repičin sjajnik je razvio rezistentnost (Ballanger i sur., 2003.) te je kao nova djelatna tvar u suzbijanju sjajnika uveden tiaklopid (Zimmer i Nauen, 2011.).

### **1.1. Cilj istraživanja**

Cilj rada je utvrditi različiti olfaktorni odgovor odraslih oblika repičina sjajnika na eterična ulja.

## 2. Pregled literature

### 2.1. Uljana repica

#### Sistematika i morfologija

Red: Brassicales

Rod: *Brassica*

Vrste: *Brassica napus* L. ssp. *oleifera*

Uljana repica je jednogodišnja, zeljasta, kulturna biljka. Dvije poviše navedene vrste (uljana repica i ogrštica) imaju ozimu i jaru formu te se najčešće koriste u proizvodnji. Tip korijena uljane repice je vretenast, te je jasno vidljiv glavni korijen iz kojeg raste mnogobrojno sekundarno korijenje (Pospišil, 2013.). Stabljika je razgranata, visoka i do 1,50 m. Stabljika se oblikuje u proljeće, a na njoj se stvara 5-10 postranih grana (Gagro, 1998.). Repičini listovi su izduženi, dugački 8-10 cm, grubo usječeni sa zaobljenim vrhom, plavkasto-zelene boje. U zimovanje ulazi dok su listovi u lisnoj rozeti (8-10 listova) (Pospišil, 2013.). Terminalni cvat sastavljen je od stranooplodnih jarko žutih cvjetova (Slika 2.1.1a). Cvatnja traje otprilike 20-30 dana (Gagro, 1998.). Plod uljane repice naziva se komuška, duljine otprilike 8-10 cm (Slika 2.1.1b). Ona je razdvojena na dva dijela u kojima su sjemenke s obje strane. Sjeme je crno i sitno, a masa 1000 sjemenki iznosi 4-6 grama (Gagro, 1998.).



Slika 2.1.1. Cvat (a) i plod (b) uljane repice

Izvor: [https://hr.wikipedia.org/wiki/Uljana\\_repica](https://hr.wikipedia.org/wiki/Uljana_repica)

<https://www.flickr.com/photos/14230388@N03/4708937842>

## Uzgojni uvjeti

Optimalna temperatura za klijanje repice iznosi oko 25 °C. Uljana repica dobro podnosi niske temperature, te stoga sjeme klije već na 3-5 °C. Pokrivena snijegom prezimljuje temperature i ispod -20 °C (Gagro, 1998.). Uljana repica pripada grupi biljaka dugog dana. Potrebno joj je 570-780 mm vode. U vrijeme sjetve može doći do manjka vlage u tlu, što može uzrokovati različito nicanje (Pospišil i sur., 2014.). S druge strane, u slučaju da u vrlo kratkom vremenu padne velika količina oborina tijekom intenzivnog porasta stabljika može puknuti. Ako u fazi cvatnje često pada kiša, ona se prolongira, plodovi se loše zameću, te se zbog vlage povećavaju uvjeti za razvoj bolesti (Pospišil, 2013.). Uljanoj repici pogoduje plodno tlo, dubokog oraničnog sloja, dobrog sastava te dobrih vodozračnih odnosa. Repica bolje uspijeva na tlima koja su obogaćena kalcijem, slabo kiselima, neutralnim do slabo alkalnim tlima (Gagro, 1998.). Kod uzgoja uljane repice obavezno se treba pridržavati plodoreda da bi se spriječio ili smanjio napad mnogobrojnih štetnika i bolesti. Kod sjetve suvremenih hibrida uljane repice poželjno je izbjegavati monokulturu jer su izrazito osjetljivi na bolesti, što dovodi do smanjenja prinosa (Funarić, 2021.). Zbog promjene klime i sve dužeg suhog perioda bez kiše, rokovi sjetve se pomiču od druge polovice kolovoza čak do početka listopada. Preranu i prekasnu sjetvu potrebno je izbjegavati jer to može dovesti do neželjenih situacija kao što je smrzavanje u zimskom periodu radi premalo uskladištenih rezervnih tvari u korijenu. Uljana repica je poljoprivredna kultura brzog rasta. Brzo se širi i popunjava međuredni prostor što dovodi do smanjenja uporabe količine herbicida. Međutim, tretiranje herbicidima trebalo bi se obavljati preventivno radi mogućnosti smanjenja gustoće sklopa na praznom prostoru kojeg repica nije popunila (Gagro, 1998.). Žetva repice obavlja se žitnim kombajnima kada stabljika postane žuto-smeđe boje, alistovi na stabljici otpadnu, no tu može doći do gubitka prinosa jer dozrijevanje repice nije jednakomjerno (Todorić i Mustapić, 1975.). U vrijeme žetve poželjno je da količina vlage u sjemenki ne prelazi 8 % (Funarić, 2021.).

## Upotreba uljane repice

U različitim industrijskim proizvodnjama uljana repica ima važnu ulogu. Koristi se kao stočna hrana, te u ljudskoj prehrani najčešće za proizvodnju jestivog ulja. Zbog svog sastava (Tablica 1.), osim u proizvodnji ulja, radi povećanja proizvodnje i konzumacije biogoriva, sve se više primjenjuje u proizvodnji biodizela (Rubil, 2018.).

Tablica 1. Sadržaj uljane repice

| Sadržaj uljane repice |         |
|-----------------------|---------|
| Ulja                  | 40-48 % |
| Proteini              | 18-25 % |
| Voda                  | 6-10 %  |
| Celuloza              | 5-8 %   |
| Pepel                 | 3-5 %   |

Izvor: Gadžo i sur., (2011.)

Uljana repica važna je i kao pčelinja paša. Količina nektara i šećera u cvijetu uljane repice je velika, zbog čega repica daje oko 50 kg/ha meda (Pospišil, 2013.).

## 2.2. Repičin sjajnik (*Brassicogethes aeneus* (Fabricius 1775))

### Sistematika

Red: Coleoptera

Porodica: Nitidulidae

Potporodica: Meligethinae

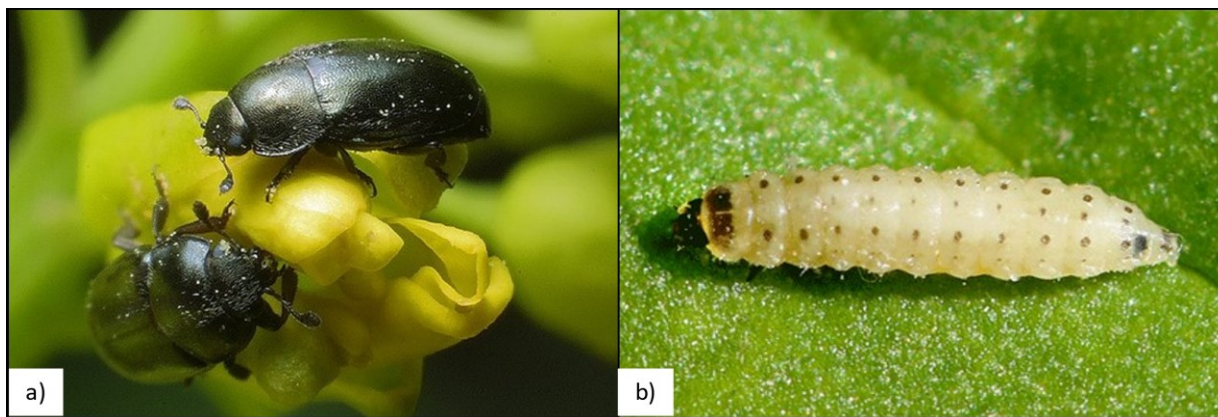
Rod: *Brassicogethes* (sin. *Meligethes*)

Vrste: *Brassicogethes aeneus* Fabricius, 1775, *Brassicogethes viridescens* Fabricius, 1787, *Fabogethes nigrescens* Stephens, 1830, *Brassicogethes coracinus* Sturm, 1845, *Clypeogethes lepidii* Miller, 1851 i dr.

U Europi razlikujemo nekoliko vrsta repičinih sjajnika, te se stoga u literaturi navodi kao rod (spp.) i prati kao kompleks štetnika (Gotlin Čuljak i Juran, 2014.). Najviše prevladava vrsta *Brassicogethes aeneus*, Fabricius 1775., te ujedno radi i najveće štete na uljanoj repici.

## Morfologija i biologija

Rod *Brassicogethes* čine mali kornjaši dužine 2 – 2,5 centimetra. Imaju ovalan, spljošten oblika tijela. Metalni sjaj tamnoplave ili tamnozelenene boje odraslim oblicima daje upečatljivu karakteristiku (Macelj, 1999.) (Slika 2.2.1a). Noge i ticala su žute ili smeđe boje. Tip ličinki je oligopodan s tri para prsnih nogu i tijelom žuto-bijele boje. Glava ličinki naraste do četiri milimetra i uglavnom tamnije boje od ostatka tijela (Slika 2.2.1b). Jaja su manja od milimetra, bijele boje, izdužena i ovalna (Rubil, 2018.).



Slika 2.2.1. Odrasli oblik (a) i ličinka (b) repičinog sjajnika

Izvor:

<https://bladmineerders.nl/parasites/animalia/arthropoda/insecta/coleoptera/polyphaga/cucujiformia/cucujoidea/nitidulidae/meligethinae/brassicogethes/brassicogethes-aeneus/> - pristup 09.10.2022.

[https://www.gospodarstvo-petricevic.hr/kor/index.php?tags/48-meligethes\\_aeneus](https://www.gospodarstvo-petricevic.hr/kor/index.php?tags/48-meligethes_aeneus) - pristup: 09.10.2022.

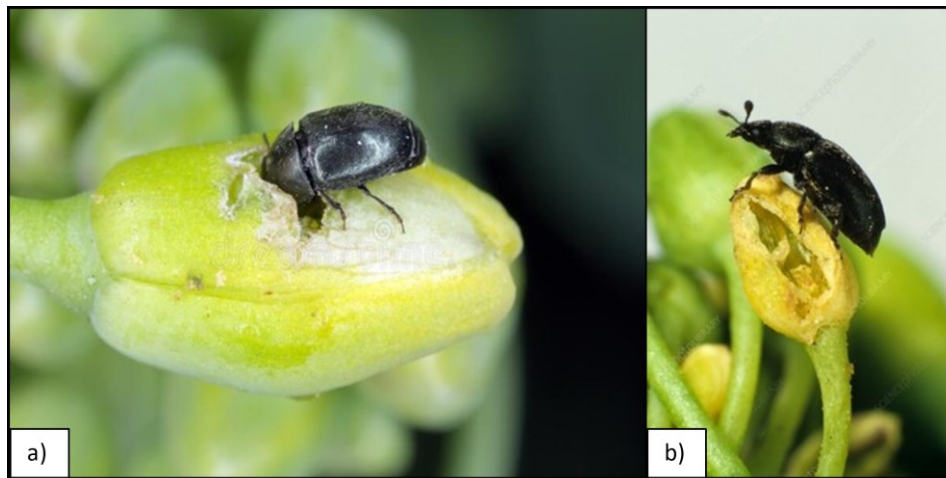
Odrasli oblik prezimi ispod zemlje na rubovima polja. Iz tla izlazi kada temperature zraka dosegnu više od 12 °C, a tla više od 8 °C, te se počinje hraniti na korovnim vrstama i njihovim cvjetovima (Macelj, 1999.). Prevladavajuća vrsta *Brassicogethes aeneus*, Fabricius 1775 se javlja prije, te ujedno i u puno brojnijoj populaciji od drugih vrsta repičinog sjajnika (Audisio i sur., 2001.). Ženke repičinog sjajnika se nakon prezimljenja pojavljuju s nerazvijenim jajnicima, te se hrane peludom na korovnim vrstama. U vrijeme kada dnevna temperatura dođe do oko 15 °C, imaga repičina sjajnika lete na parcele uljane repice i hrane se njenim pupovima. Na količinu odloženih jaja utječu razni čimbenici kao što su temperatura, vlaga i ishrana ženki. Ako su povoljni uvjeti, ženka tijekom života odlaže i 200 – 300 jaja (Fritzsche, 1957.). Nakon polaganja jaja, u vrijeme kada temperatura zraka dosegne između 20 i 22 °C, a vlaga zraka bude veća od 95 %, iz jaja se javljaju ličinke (Fritzsche, 1957.). Tri do četiri tjedna nakon što ličinke izađu iz jaja, hrane se peludom uljane repice. Prije stadija kukuljice, ličinke prolaze kroz dva stadija i ne uzrokuju

značajne štete. Kasno u ljeto iz kukuljica se javlja imago, te se hrani na cvjetovima različitih biljaka, no tada su štete na uljanoj repici zanemarive. Imago na prezimljenje odlazi u kolovozu (Maceljki, 2002.). Vrijeme potrebno za prolazak repičinog sjajnika kroz potpuni ciklus preobrazbe traje otprilike 40 do 50 dana, no uvelike ovisi o temperaturama. Repičin sjajnik ima jednu generaciju godišnje.

### Štetnost na uljanoj repici

Kada temperature zraka prijeđu 15 °C štete na uljanoj repici čini imago hraneći se njenim pupovima dok su još pokriveni lišćem u zbijenom cvatu. Najveće štete uzrokuju ženke grizenjem i bušenjem pupova veličine do 2 mm te odlaganjem jaja u te iste pupove (Slika 2.2.3.a). Uljana repica može proizvesti sjeme u oštećenim pupovima samo ako su pupovi u koje je ženka odložila jaja veći od 2 mm (Gotlin Čuljak i sur., 2015.). Idealni pupovi za odlaganje jaja su dugi 2-3 milimetra (BBCH 51–61), a ujedno su i najoštećeniji, te gube mogućnost cvatnje. Gotlin Čuljak i sur. (2015.) tvrde kako repičin sjajnik može uzrokovati smanjenje prinosa više od 50 %.

Štete djelomično prestaju kada se pupovi otvore jer se sjajnik tada nesmetano hrani peludom (Slika 2.2.3.b), no nastavlja se na još neotvorenim pupovima radi neujednačene cvatnje.



Slika 2.2.3. Štete na pupu (a) i odrasli oblik repičina sjajnika na prašniku (b)

Izvor: <https://www.sciencephoto.com/media/699955/view/pollen-beetle-meligethes-aeneus> - pristup 08.10.2022.  
<https://www.dreamstime.com/common-pollen-beetle-brassicogethes-formerly-meligethes-aeneus-winter-rapeseed-flowers-damaged-brassicogethes-formerly-image213704476> - pristup 08.10.2022.



Šteta od ličinki je zanemariva, jer pup u kojeg je imago odložio jaje je već oštećen. Što je napad sjajnika na repičine pupove raniji to je šteta veća. Šteta je veća kod ranije pojave sjajnika. Međutim, repica prirodno odbacuje dio cvjetova pa svejedno samo dio cvjetova daje sjeme, bez obzira na napad sjajnika.

Istraživanja su pokazala, navodi Maceljski (1999.), da količina štete ovisi o fazi razvoja pupova te o visini zaraze terminalnog cvata. Kada su cvjetni pupovi još pokriveni lišćem, te su jedva vidljivi (BBCH 50), već 0,8-1 sjajnik po terminalnom cvatu repice može nanijeti veće štete. Kad pupovi postanu uočljivi, no još su stisnuti zajedno i nediferencirani (BBCH 51), prag je odluke 1-1,5 sjajnik po terminalnom cvatu. U početku diferencijacije pojedinačnih pupoljaka (BBCH 53-55), prag odluke raste na 2-3 sjajnika. U stadiju početka cvatnje (BBCH 60) naglo opada štetnost sjajnika, jer tada s lakoćom dolaze do cvjetnog peluda bez oštećivanja cvjetnih pupova. U ovom stadiju trebalo bi prestati s tretiranjem insekticidima s obzirom na to da tada počinje i let pčela. Na novootvorenim pupovima manje štete biljka može kompenzirati. Najveće štete nastaju ranom pojavom sjajnika (rano toplo proljeće) i zahlađenjem u vrijeme pupanja. Tada se otvaranje cvjetova usporava, a sjajnik se pupovima i dalje hrani te je repica dulje vrijeme u osjetljivom stadiju. Štete su također veće na nedovoljno gnojenim, slabim usjevima, kojima je smanjena sposobnost kompenzacije šteta. Osim uljanj repici, sjajnik nanosi štete i drugim krstašicama koje se uzgajaju za sjeme.

Maceljski (1999.) navodi kako je u početku uzgoja repice na velikim površinama nekadašnjih kombinata pojava sjajnika bila nešto slabija te da će tada utvrđivanje pragova odluke spriječiti nepotrebnu uporabu insekticida za manjeg napada. Međutim, višegodišnji uzgoj repice na velikim površinama te česti uzgoj na istoj parceli ili blizu prošlogodišnje parcele s repicom, pridonio je povećanju brojnosti sjajnika. Maceljski (1999.) tvrdi da od 1980. g. nadalje napad sjajnika svake godine premašuje prag odluke. Upotreba insekticida time je postala uobičajena praksa.

## Suzbijanje repičina sjajnika

Prije otkrića pragova odluke vezanih za repičina sjajnika uobičajenim rokom suzbijanja ovog štetnika smatralo se vrijeme prije cvatnje. Maceljki (1999.) navodi da se poštujući pragove odluke vrijeme tretiranja pomiče za 10-ak dana, što je primjenu insekticida učinilo učinkovitijom protiv repičina sjajnika zbog sposobnosti djelovanja sredstava na nižim temperaturama.

Upravo u takvim uvjetima piretroidi najbolje djeluju, što je rezultiralo njihovim uvođenjem i unaprjeđenjem suzbijanja repičinog sjajnika. Iako su u laboratoriju visoko toksični za pčele, neki od piretroida (deltametrin i alfacipermetrin) manje su opasni pri primjeni u prirodi (djelomično zbog repelentnog djelovanja). Opasnost za pčele umanjuje se aplikacijom insekticida u sumrak ili rano u jutro, u vrijeme kada pčele ne lete (Maceljki 1999.). Samo iznimno, ako je rano počeo napad sjajnika pa je suzbijanje provedeno u stadiju pokrivenih pupova (DI), a početak cvatnje se oduljio, može nakon desetak dana za jakog doleta sjajnika biti potrebno drugo tretiranje (svakako prije početka cvatnje). Drugo tretiranje može biti potrebno i ako ubrzo nakon prvog tretiranja padne jaka kiša navodi Maceljki (2002.).

U novije vrijeme glavni problem suzbijanja repičina sjajnika jest razvoj rezistentnosti na piretroide većine populacija u Republici Hrvatskoj.

Prva zabilježena pojava rezistentnosti repičinog sjajnika u Republici Hrvatskoj bila je na području Komarnice, Županje i Kutine u 2007. i 2008. godini (Gotlin Čuljak i sur., 2013.). U daljnjim istraživanjima tijekom 2013. i 2014., Gotlin Čuljak i sur., (2015.), prikupili su 52 populacije repičinog sjajnika na 52 lokacije u 12 hrvatskih županija. Testirali su ih na djelatnu tvar lambda-cihalotrin iz skupine piretroida i utvrdili da su samo 4 populacije bile osjetljive, 25 ih je bilo umjereno osjetljivo, a čak 23 rezistentne. Time je utvrđena rezistentnost sjajnika na piretroide u Republici Hrvatskoj. Do sada u svijetu nije utvrđena rezistentnost repičinog sjajnika na organofosforne insekticide no 2014. u Hrvatskoj su utvrđene potencijalno tolerantne populacije sjajnika u 12 županija na području Istočne Slavonije (Gotlin Čuljak i sur., 2014.). U Republici Hrvatskoj je trenutno za suzbijanje repičinog sjajnika dostupno samo trinaest sredstava na bazi deltametrina (DECIS 2,5 EC, DECIS 100 EC, POLECI, POLECI PLUS), lambda-cihalotrina (KARATE ZEON, CYCLONE, KARIS), esfenvalerata (SUMIALFA 5 FL), acetamiprida (MOSPILAN 20 SG, MOSPILAN 20 SP), tau-fluvalinata (MAVRIK FLO) i cipermetrina (CYTHRIN MAX, CYPGOLD) (FIS, 2023).

### 2.3. Eterična ulja

Eterična ulja nastaju kao sekundarni metaboliti aromatičnih biljaka koje većinom potječu iz tropskih i mediteranskih područja. Iz biljaka se ona izoliraju najčešće destilacijom radi njihove hlapljivosti. Eterična ulja su uglavnom bezbojne tekućine, topljive u organskim otapalima te su često manje gustoće od vode (Štefanac, 2018.). Naširoko se koriste u kozmetičkoj, prehrambenoj, poljoprivrednoj i farmaceutskoj industriji. U prirodnom okruženju, eterična ulja biljkama služe kao atraktanti za privlačenje poželjnih kukaca odnosno kao repelenti za odbijanje neželjenih tijekom oprašivanja, te kao zaštita od neprijatelja i predatora. Eterično ulje se može sintetizirati u svakom dijelu biljke, a ulje se obično pohranjuje u epidermalne ili sekretorne stanice te u žlijezde. Kvaliteta i struktura eteričnog ulja može ovisiti o raznim faktorima kao što su podvrsta biljke, starost, organ biljke koji proizvodi ulje, način ekstrakcije ulja te uvjeti okoliša (tlo, klima, vegetacija). Od oko 3000 danas poznatih eteričnih ulja, samo njih 300-tinjak se koristi u komercijalne svrhe. Primjeri eteričnih ulja su navedeni u Tablici 2.

Tablica 2. Eterična ulja i njihovo djelovanje

| Eterično ulje  | Glavna sastavnica     | Način djelovanja         | Štetnik   |
|--|-----------------------|--------------------------|---|
| <i>Curcuma longa</i> L.                                      | karvon, dihidrokarvon | antifidantno             | <i>S. oryzae</i> L. i <i>T. castaneum</i> Herbst            |
| <i>Aegle marmelos</i> Correa                                 | 1,8 - cineol          | antifidantno             | <i>Helicoverpa armigera</i> Hubner                          |
| <i>Cinnamomum zeylanicum</i> Nees                            | cimetaldehid          | fumigantno, antifidantno | <i>T. castaneum</i> Herbst i <i>S. zeamais</i> Motsch.      |
| <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 |
| <i>Pisum sativum</i> L.                                      | lizolecitin           | repelentno               | <i>S. oryzae</i> L.   |
| <i>Ocimum gratissimum</i> L.                                 | eugenol               | repelentno               | <i>S. oryzae</i> L. i <i>T. castaneum</i> Herbst            |
| <i>Laurus nobilis</i> L.                                     | benzaldehyd           | repelentno               | <i>T. castaneum</i> Herbst                                  |

|  |                   |            |  |
|--|-------------------|------------|--|
| <i>Thymus vulgaris</i><br>L.                       | timol i karvakrol | fungicidno | <i>A. parasiticus</i> Speare, <i>A. flavus</i> Link. i <i>A. versicolor</i> (Vuillemin) Tiraboschi |
| <i>Syzygium aromaticum</i> /L./<br>Merrill & Perry | eugenol           | fungicidno | <i>A. flavus</i> Link. i <i>A. parasiticus</i> Speare  |
| <i>Citrus sinensis</i> L.                          | citakridon        | fungicidno | <i>A. parasiticus</i> Speare   |
| <i>Pimpinella anisum</i> L.                        | anetol            | fungicidno | <i>F. graminearum</i> Schw. i <i>F. oxysporum</i>  |
| <i>Mentha arvensis</i><br>L.                       | mentol            | ovicidno   | <i>C. chinensis</i> L.   |

Izvor: Malešević i sur., (2015.)

Djelovanje eteričnih ulja, kako je navedeno u Tablici 2. može biti fungicidno, ovidno, larvicidno, repelentno, antifidantno no također eterična ulja mogu djelovati baktericidno, antiparazitski i virucidno. Najznačajniji mehanizmi djelovanja eteričnih ulja prema Jankowska i sur. (2017.) su:

- inhibicija acetilkolinesteraze
- modifikacija GABA receptora
- ligandi receptora oktapamina

Mnoštvo potencijalnih meta u živčanom sustavu kukaca čini eterična ulja zanimljivim kandidatima za bioinsekticide.

### Primjena eteričnih ulja u zaštiti bilja

Višegodišnja uporaba sintetičkih insekticida ishodila je akumulacijom rezidua u različitim dijelovima okoliša što ima za posljedicu štetan efekt na neciljane organizme, zdravlje ljudi i ekosustave. Stoga su predloženi bio-insekticidi, „zeleni pesticidi“ kao zamjena sintetskim insekticidima u javnom zdravstvu i poljodjelstvu. Zbog svoje neškodljivosti za okoliš eterična ulja pronalaze svoje mjesto kao neškodljivo sredstvo za suzbijanje ili odbijanje štetnika. Primjena eteričnih ulja ima razne mogućnosti: mogu se primijeniti u svom originalnom obliku kao pesticidi, kao pomoćni dodatci u sastavu pesticida ili kao njihove aktivne sastavnice. Primjena eteričnih ulja u originalnom obliku ubraja se u nepesticidne mjere suzbijanja štetnika (Malešević i sur., 2015.).

Mnoga eterična ulja imaju insekticidno, snažno fungicidno, fungistatično, baktericidno, virucidno, antiparazitsko te antimikrobno djelovanje i mogu se koristiti kao fumiganti, protuizjedajuća sredstva (antifidanti), atraktanti ili repelenti. Eterična ulja često se koriste kod uskladištavanja kao sredstvo protiv štetnika gotovih sirovina i uskladištenih proizvoda. Uporabom ulja sintetiziranih iz aromatičnih biljaka dobiveni su obećavajući rezultati za suzbijanje štetnika u poljoprivredi bez sintetskih insekticida. Spojevi botaničkog podrijetla kao što su eterična ulja, koja su prirodni sekundarni metaboliti biljaka, imaju nekoliko prednosti. Niske su toksičnosti za korisne organizme, imaju više mehanizama djelovanja, rezidui su brzo i lako razgradljivi, te kao takvi mogu biti vrlo učinkoviti (Campos i sur., 2019.).

Suprotno tome, zabilježeni su neki problemi u primjeni eteričnih ulja kao što su isparljivost, topljivost i oksidacija što dovodi do slabije učinkovitosti istih. Eterična ulja se upotrebljavaju već dugi niz godina kao sredstva za suzbijanje i kontrolu kukaca, međutim, radi brzog isparivanja i kratkotrajnosti djelovanja njihove potencijalne mogućnosti u svakodnevnoj uporabi nisu ostvarene (Abdel-Tawab i sur. 2016.). Općenito, na eterična ulja jako utječu i vanjski čimbenici kao što su vlaga, sunčevo svjetlo ili djelovanje oborina. Primjerice, djelatna tvar timol se pod djelovanjem sunčevog svjetla potpuno razgradi za 28 sati, te za oko 8 dana u tlu (Liu i sur., 2017.), dok je vrijeme potrebno za raspad samo polovice azadiraktina u tlu 1 do 2 dana (Yang i sur., 2017.).

Eterična ulja, navodi Petrošević (2019.), imaju značajan izgled kao insekticidna sredstva korištena u komercijalne svrhe. Insekticidi na osnovi eteričnih ulja su ekološki prihvatljivi, slabo otrovni i postojani za okoliš. Smatraju se sigurnim za autohtone prirodne neprijatelje štetnika, ekološki su usklađeni s biološkim načinom suzbijanja te imaju nisku toksičnost za sisavce. Kontinuirana upotreba sintetičkih insekticida dovela je do razvoja rezistentnosti kod velikog broja značajnih skladišnih štetnika, te je primjena eteričnih ulja u odnosu na kemijske insekticide djelotvornija gledano dugoročno. Naime, eterična ulja su smjese nekoliko različitih djelatnih tvari, u komparaciji sa kemijskim insekticidima koja su bazirana na jednoj djelatnoj tvari. Nadalje, svaka pojedina sastavnica eteričnog ulja može imati svoj način utjecaja te zajedno nerijetko djeluju sinergistički. Stoga, ova svojstva eteričnih ulja omogućuju i dugotrajniji obrambeni način u sprječavanju pojave rezistentnosti štetnika (Rončević, 2022.).

Eterična ulja i drugi biološki pesticidi postaju novi, moderniji način suzbijanja štetnika u organskoj poljoprivredi i suvremenom uzgoju.

## Repelentno djelovanje eteričnih ulja

Repelenti su supstance koje odbijaju organizme od prisustvovanja mjestu na kojemu su primijenjeni. Mogu djelovati izravno na području primjene ili na određenoj razdaljini na način da negativno podražuju njušna ili neka druga osjetila kukca (Malešević i sur., 2015.).

Repelenti biljnog porijekla ne predstavljaju rizik u kontroli štetnika. Ne ostavljaju veliki rezidualni otisak, smanjuju količinu ostataka pesticida u hrani, te su time sigurni za okoliš i ljude (Talukder i sur., 2004.). Chaubey (2007.) utvrdio je da vrste *Anethum graveolens* L., *Trachyspermum ammi* (L.) Sprague i *Nigella sativa* L. djeluju repelentno na odrasle i ličinke vrste *Tribolium castaneum* Herbst. Ispitan je utjecaj eteričnoga ulja bosiljka, *Ocimum gratissimum* L., kao i njegovih glavnih sastavnica (eugenol i  $\beta$ -(Z)-ocimen) u suzbijanju pet vrsta štetnika uskladištenih proizvoda: *S. oryzae* L., *T. castaneum* Herbst, *O. surinamensis* L., *Rhizopherta dominica* F. i *C. chinensis* L. Tijekom ispitivanja, visoku repelentnost prema ovim vrstama pokazali su i eugenol i ulje bosiljka, no učinak je ovisio o vremenu izloženosti i dozi (Ogendo i sur., 2008.). Repelentno djelovanje na *T. castaneum* Herbst imaju glavne sastavnice u eteričnom ulju lovora (*Laurus nobilis* L.), no ono ovisi o duljini ekspaniranja i koncentraciji djelatne tvari. U pokusu provedenom kroz 24 sata i koncentracijama od 50 ppm, benzaldehid je bio repelentniji od geraniola i piperidina (Saim i Meloan, 1986.). Na *T. castaneum* Herbst repelentno utječe i eterično ulje klinčića (*Syzygium aromaticum* L.) s učinkom od čak 70 % (Sighamony i sur. 1984.). Smjesa eteričnih ulja nekih pripadnika roda *Eucalyptus* spp. (*E. dunni* Maiden, *E. saligna* Sm., *E. benthamii* Maiden & Cabbage, *E. globulus* Labill. i *E. viminalis* Labill.) djeluje odbijajuće na *S. zeamais* Motsch (Mossi i sur., 2011.). Biljka malabarskog oraha (*Adhatoda vasica* Nees) sadržava eterično ulje koje izražava repelentno djelovanje na vrste *S. oryzae* L. i *C. chinensis* L. (Kokate i sur., 1985.).

Jedan od visokorezistentnih štetnika je i cvjetni štitasti moljac (*Trialeurodes vaporariorum* Westwood) koji ima velik broj generacija godišnje, te brzo razvija rezistentnost na insekticide različitih skupina. Prema tome, Choi i sur. (2003.) proveli su laboratorijsko ispitivanje insekticidnih svojstava 53 eterična ulja, te njihov utjecaj na sve stadije *T. vaporariorum* (jaja, ličinke i odrasli). Neka od, u istraživanju korištenih ulja, bila su eterična ulja bosiljka, eukaliptusa, limuna, mente i lavande. Većina ulja pokazala je izuzetno insekticidno djelovanje na sve stadije štetnika bez direktnog kontakta, što dovodi do zaključka da način primjene uveliko utječe na učinkovitost eteričnog ulja; mogu biti toksični prodiranjem u dišni sustav. Hlapljivi spojevi eteričnih ulja se sastoje od alkana, alkohola, aldehida i terpenoida, posebno monoterpenoida i pokazuju fumigantno djelovanje (Coats i sur. 1991.). Eterična ulja mnogih biljaka sadrže niz bioaktivnih spojeva koji mogu imati regulacijski ili inhibicijski utjecaj na životne procese kukaca, kao što su rast i razvoj, reprodukcija, orijentacija. Među spojevima prisutnim u eteričnim uljima, monoterpenoidi su obično glavne komponente (Tsao i sur., 1995.) i stoga se smatraju

kandidatima za insekticidno djelovanje. Ovi prirodni spojevi predloženi su kao vodeći spojevi za razvoj sigurnih, učinkovitih i potpuno biorazgradivih insekticida (Grodnitzky i Coats, 2002.). S obzirom na to da su eterična ulja vrlo volatilna i brzo se razgrađuju pod utjecajem svjetlosti i topline, razjašnjenje načina djelovanja glavnih komponenti eteričnih ulja je od praktične važnosti jer može dati korisne informacije o odgovarajućim vrstama formulacija.

Prijašnje studije također navode da se eterična ulja mogu koristiti kao fumiganti (Dunkel i Sears, 1998.). Dosada je dokazano da eterično ulje bosiljka ima insekticidno djelovanje na više štetnika iz reda Coleoptera, a posebno na štetnike uskladištenih žitarica (Ogendo i sur., 2008.). Najnovije istraživanje o toksikološkoj stabilnosti eteričnog ulja bosiljka i njegov utjecaj na *Sitophilus zeamais* Motschulsky, proveli su Moura i sur. (2021.). Detaljnom analizom sastava eteričnog ulja bosiljka te provedbom pokusa fumigacijom utvrđen je njegov insekticidni potencijal protiv odraslih jedinki *S. zeamais* u zrnu kukuruza. Osim na odrasle jedinke štetnika, utvrđeno je i larvicidno djelovanje eteričnog ulja bosiljka na ličinke prvog stadija *Spodoptera littoralis* Boisd. (Mead, 2018.), te ovicidno djelovanje eteričnog ulja eukaliptusa na jaja *Zabrotes subfasciatus* Boheman (Franca i sur., 2012.). Mehanizam djelovanja eteričnog ulja lišća bosiljka na ličinke *S. littoralis* može biti posljedica neurotoksičnosti nekoliko monoterpena (linalol, mircen, limonen i terpineol) koji su prepoznati kao važne komponente ulja bosiljka. Nadalje, utvrđeno je da temperatura i svjetlost imaju presudnu ulogu u procesu razgradnje eteričnih ulja, što izravno utječe na njihovu stabilnost jer toplina ubrzava kemijske reakcije.

Osim o temperaturi, učinkovitost eteričnih ulja ovisi o različitim faktorima kao što su doza ili koncentracija, vrsta kukaca, razvojni stadij kukca, put prodiranja, način primjene i sastav ulja, godišnje doba, ekološki uvjeti, način i vrijeme ekstrakcije, dio biljke i uvjeti skladištenja (Lee i sur., 2001.). Prema Klimek-Szczykutowic i sur. (2020.) eterično ulje dobiveno iz perikarpa sadržavalo je čak 69.9 % limonena, dok je količina limonena u eteričnom ulju dobivenom iz lista limuna iznosila samo 31.5 %. Kvalitativne i kvantitativne razlike u sastavu eteričnog ulja lavande kojeg su Papachristos i sur. (2004.) koristili u pokusu sa *Acanthoscelides obtectus* Say ovisile su više o dijelu biljke iz kojeg je ulje dobiveno i porijeklu, a manje o godišnjem dobu. Glavna sastavnica eteričnog ulja dobivenog iz lista bio je 1,8-cineol, dok je glavna sastavnica eteričnog ulja dobivenog iz cvijeta bio linalol. U istoj studiji proučavano je i eterično ulje eukaliptusa dobiveno iz različitih dijelova biljke (lista, ploda i cvijeta). U ovom slučaju razlike u sastavu eteričnog ulja ovisile su, kako o dijelu biljke, tako i o godišnjem dobu u kojem su dijelovi sakupljeni. Iako su se oba ulja pokazala visoko insekticidnima, njihov učinak također je ovisio i o spolu kukca. Kontrola pojave ženki u zaštiti uljane repice od veće je važnosti jer ženke mogu više oštetiti pup izgrizajući rupice za ovipoziciju (Mauchline i sur., 2005.). Kemijski sastav i širok spektar biološke aktivnosti za eterična ulja mogu varirati ovisno o dobi biljke, biljnim tkivima ili organima koji se koriste, procesu destilacije, vrsti destilacije (Sampson i sur., 2005.). Prema Lawrence (1993.) kvalitativni i kvantitativni sastav

eteričnog ulja lavande (*L. angustifolia*) ovisi o genotipu, mjestu uzgoja, klimatskim uvjetima, razmnožavanju i morfološkim karakteristikama. U istraživanju kojeg su proveli Détár i sur. (2020.) na kemijski sastav eteričnog ulja lavande utjecala je količina oborina. Sve faktore koji utječu na stvaranje i kvalitetu eteričnih ulja u biljkama možemo podijeliti na egzogene i endogene. Egzogeni faktori, kao što su svjetlost, oborine, mjesto uzgoja (nadmorska visina, širina) i priroda tla (pH, sastojci) općenito su povezani s okolišem. Endogeni čimbenici povezani su s mjestom proizvodnje i nakupljanjem eteričnih ulja u biljci, starosti biljke i genetskim karakteristikama koje reguliraju sekundarni metabolizam (Barra, 2009.).

Na biološku aktivnost također utječu interakcije između samih komponenata eteričnih ulja. Identifikacija različitih sastavnica eteričnog ulja i njihovu ulogu u toksičnosti pomaže u određivanju optimalne tehnike ekstrakcije ulja (Chiasson i sur., 2001.). Osim toga, treba uzeti u obzir i mogućnost kombinacije dva ili više eteričnih ulja. Sheikh i sur. (2021.) proveli su istraživanje utjecaja eteričnih ulja eukaliptusa i klinčića na vrstu *Anopheles stephensi*. Oba eterična ulja bila su učinkovita, no u kombinaciji su pokazala veću repelentnost. Za razliku od kombinacije eteričnih ulja mente i limuna koja je bila jednako učinkovita kao i samo eterično ulje mente (Vendan i sur., 2017.). Na učinkovitost ulja utjecao je i vremenski period, gdje je nakon dva sata njihova učinkovitost bila vidljivo smanjena. Period izloženosti utjecao je i na učinkovitost eteričnih ulja eukaliptusa i bosiljka na *Pediculus humanus capitis* De Geer, gdje je veću i dužu toksičnost imalo eterično ulje primijenjeno u zatvorenom prostoru. Osim toga, učinkovitost je varirala ovisno o tipu ulja i dozi (Yang i sur., 2004.). Da učinkovitost eteričnih ulja ovisi o dozi i koncentraciji utvrđeno je i 2012. godine kada su Mishra i sur. (2012.) proveli istraživanje repelentnog utjecaja eteričnih ulja bosiljka i eukaliptusa na dvije vrste štetnika uskladištenih žitarica; *Tribolium castaneum* Herbst i *Sitophilus oryzae* L. Eterična ulja dobili su hidrodestilacijom osušenih listova. Četiri otopine različitih koncentracija (0,05 %, 0,10 %, 0,20 % i 0,40 %) eteričnih ulja pripravljene su otapanjem eteričnog ulja u acetonu. U petrijevu zdjelicu stavljena su dva filter papira; jedan je tretiran otopinom eteričnog ulja, a drugi samo acetonom, te je služio kao kontrola. Rezultati su zabilježeni četiri sata nakon puštanja odraslih jedinki štetnika u petrijeve zdjelice, te je utvrđena visoka repelentnost eteričnog ulja bosiljka na oba štetnika. Repelentnost se povećavala s povećavanjem koncentracije eteričnog ulja. U primjeru ovog istraživanja na *T. castaneum* i *S. oryzae* vidljive su sličnosti s pokusom provedenim na repičinom sjajniku, gdje su oba eterična ulja (bosiljka i eukaliptusa) privukla samo 4,5% jedinki od ukupnog broja, te su pokazala visoko repelentno djelovanje i na repičinog sjajnika.

Treba obratiti pozornost i na formulaciju u kojoj bi se eterična ulja koristila. Zasada je utvrđeno da su učinkovita kao fumiganti. Mazzonetto i Vendramim (2003.) istražili su utjecaj praha biljnog porijekla na grahovog žiška (*Acanthoscelides obtectus* Say) u uskladištenom grahu. Jedan od korištenih osamnaest prahova različitih biljnih vrsta bio je prah bosiljka koji je dobiven



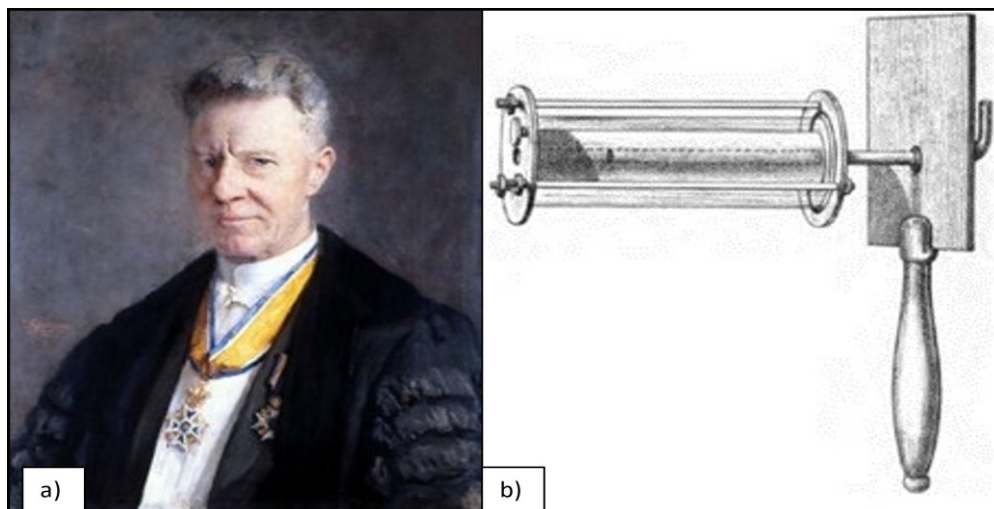
sušenjem listova u pećnici i njihovim mljevenjem. Uzorke graha pomiješali su s prahom i rasporedili ih na dvije suprotne strane u olfaktometru. Postotak privučenih kukaca bio je znatno manji nego u kontroli, te se time prah bosiljka smatra repelentnim. Potrebno je ispitati daljnje mogućnosti korištenja praha biljaka koje sadrže eterična ulja. Osim toga, mogu se primjenjivati u granulama i prskanjem (Isman i Machial, 2006.).

### 3. Materijali i metode

Pokus je proveden na odraslim oblicima repičinog sjajnika prikupljenih tijekom 2021. godine. Sjajnici su prikupljeni na lokalitetu Šljiviševci, otresanjem terminalnih cvatova uljane repice u plastične posude te nakon toga premješteni u entomološki kavez. Prije samog postavljanja pokusa sjajnici su bili bez hrane 40 sati. Za pokus su korišteni slijedeći materijali: olfaktometar, eterična ulja zvjezdastog anisa, bosiljka, eukaliptusa, lavande, limuna i paprene metvice te odrasli oblici repičinog sjajnika.

#### 3.1. Olfaktometar

Olfaktometar je uređaj kojim se kontrolira jačina i koncentracija stimuliranja tijekom testiranja funkcionalnih svojstava njušnog osjetnog sustava. Služi za mjerenje intenziteta mirisa i osjetljivosti, u ovom slučaju kukaca, na određene mirise. Prvi olfaktometar izumio je nizozemski fiziolog Hendrik Zwaardemaker (1857.-1930.) 1886. godine (Slika 3.1.1). Sastojao se od kratke cijevi koja je bila izrađena od bezmirisnog kaolina i kapsula s mirisom smještenih u metalnom cilindru (Slika 3.1.2.). Intenzitet mirisa kontrolirao se promjenom kuta cijevi (Philpott i sur., 2008.), te je prvenstveno korišten za testiranje osjeta mirisa kod ljudi. Tijekom povijesti, osobito krajem 19.-og i početkom 20.-og stoljeća, razni znanstvenici pokušavali su poboljšati performanse ovog uređaja. Procjena olfaktornih performansi i dalje zahtijeva korištenje olfaktometrije, od jednostavnih oblika (olfaktorni test pomoću staklenki) do složenijih aparata (slanje mirisa u nos). Zwaardemakerov olfaktometar se više ne koristi, ali mnogi instrumenti ili metode proizlaze iz ovog ranog izuma (Nicolas i Bensafi, 2021.).

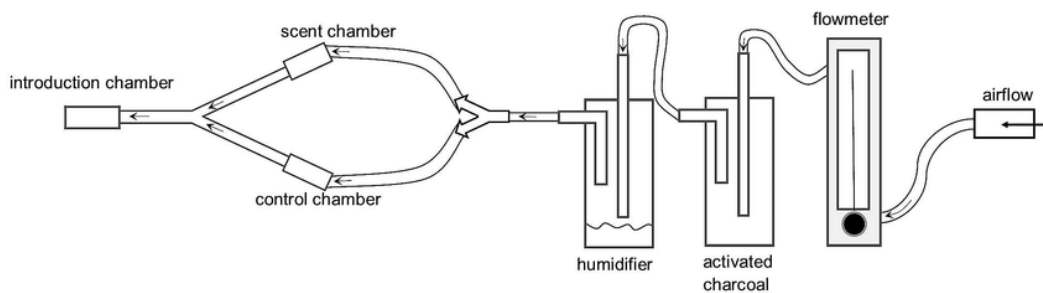


Slika 3.1.1. Hendrik Zwaardemaker (a) i prvi olfaktometar (b)

Izvor: [https://en.wikipedia.org/wiki/Hendrik\\_Zwaardemaker](https://en.wikipedia.org/wiki/Hendrik_Zwaardemaker) – pristup: 16.06.2022.

<https://www.cairn.info/revue-l-annee-psychologique-2021-3-page-311.htm> -pristup:16.06.2022

Prvi olfaktometar za kukce izumio je Norman McIndoo 1924. godine, proučavajući svojstva i utjecaj repelenata i atraktanata. Promatrao je ponašanje krumpirove zlatice (*Leptinotarsa decemlineata* Say) u blizini biljke krumpira, te testirao utjecaj njenog mirisa na zlaticu (McIndoo, 1926.). Danas razlikujemo nekoliko vrsta olfaktometra, od kojih su najpoznatiji Y-tube (Slika 3.1.3.), T-tube, 4-kanalni i 6-kanalni.



Slika 3.1.3. Y-tube olfaktometar

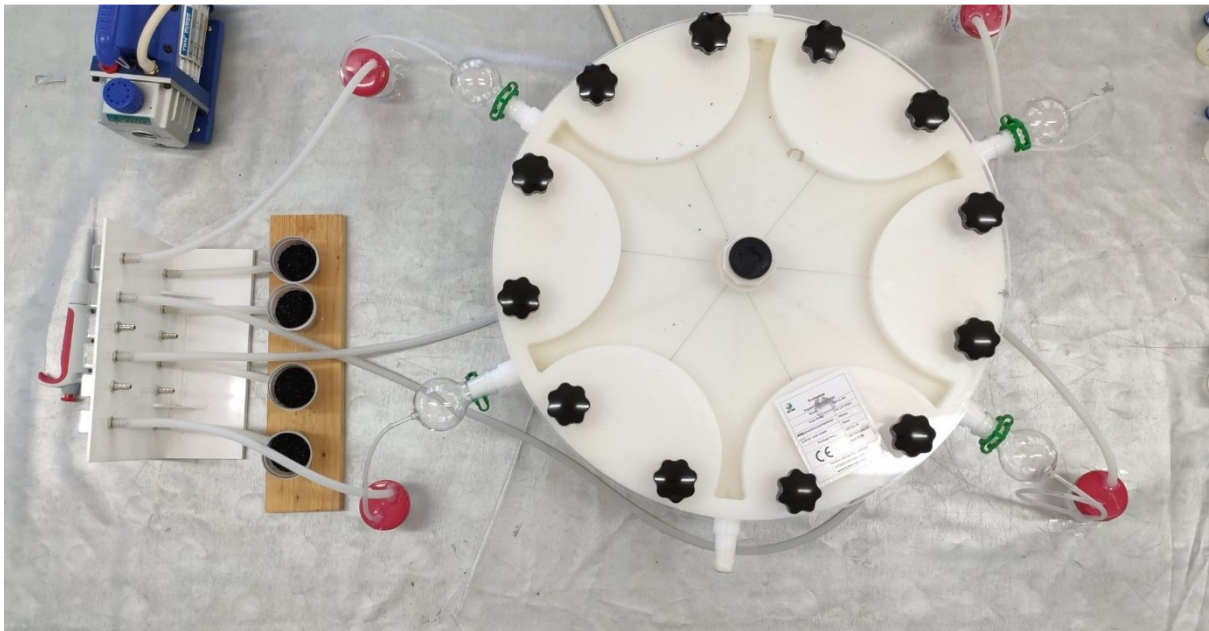
Izvor: <https://www.jstor.org/stable/26549280> - pristup:16.06.2022.

Dijelovi 6-kanalnog olfaktometra korištenog u pokusu su:

1. Komora s kukcima (arena)
2. Crpka (pumpa)
3. Mjerač protoka zraka
4. Aktivni ugljen
5. Izvor mirisa

Olfaktometar je postavljen na način da je s donje strane komore spojena crpka koja stvara vakuum. S lijeve i desne strane komore pričvršćene su staklene tikvice na koje su spojeni mjeraci protoka zraka i ugljen koji služi kao filter (Slika 4).

Atmosferski zrak prolazi kroz aktivni ugljen gdje se filtrira, zatim kroz mjerac protoka zraka dolazi do posude s izvorom mirisa. Mirisom obogaćeni zrak zatim prolazi kroz staklene tikvice do komore s kukcima. Kukci reagiraju na način da se kreću prema dijelu komore s mirisom koji ih najviše privlači.



Slika 3.1.4. 6-kanalni olfaktometar

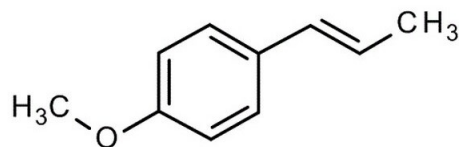
### 3.2. Eterična ulja korištena u pokusu

Eterična ulja korištena u pokusu prikazana su tablicom 3.2.1.

Tablica 3.2.1. Eterična ulja korištena u pokusu i način njihovog djelovanja

| Eterično ulje                             | Glavna sastavnica      | Način djelovanja                                |
|---|------------------------|---|
| Zvezdasti anis<br><i>Illicium verum</i>   | trans-anetol           | fungicidno                                      |
| Bosiljak<br><i>Ocimum basilicum</i>       | linalol, metil-eugenol | fungicidno                                      |
| Limun<br><i>Citrus limon</i>              | limonen                | insekticidno                                    |
| Lavanda<br><i>Lavandula angustifolia</i>  | linalol                | fungicidno, repelentno                          |
| Paprena metvica<br><i>Mentha piperita</i> | mentol, menton         | fungicidno                                      |
| Eukaliptus<br><i>Eucalyptus globulus</i>  | 1,8-cineol             | insekticidno,<br>fungicidno,<br>antibakterijsko |

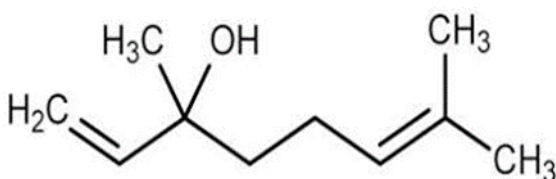
Zvezdasti anis (*Illicium verum* Hook) je vazdazeleno biljka porijeklom iz Kine, uglavnom rasprostranjena u tropskom i suptropskom području Azije. Plodovi zvezdastog anisa najviše se koriste kao začin u kulinarstvu, no iz njih se dobiva i eterično ulje koje ima insekticidno i antimikrobno (De i sur., 2002.), antibakterijsko (Iauk i sur., 2003; Munsinah i sur., 2022.) i antioksidativno djelovanje (Padmashree i sur., 2007.). Osim toga, eterično ulje zvezdastog anisa posjeduje i repelentno i fumigantno djelovanje na neke kukce kao što su *Blatella germanica* (Chang i Ahn, 2001.) i *Sitophilus zeamais* (Wei i sur., 2014.). Prema Zhang i sur., (2015.) glavna komponenta eteričnog ulja zvezdastog anisa je trans-anetol koja čini čak 75,76 % ulja (slika 3.2.1.). Ostale komponente ulja čine p-anisaldehyd (8.65 %), estragol (4.70 %), farnesol (3.26 %), limonen (1.01 %), linalol (1.44 %), kariofilen (1.03 %) i 4'- metoksipropiofenon (0.72 %). Da je trans-anetol glavna komponenta eteričnog ulja zvezdastog anisa slažu se i Wei i sur., (2014.), no dodaju da sastav ulja može ovisiti o vrsti ekstrakcije.



Slika 3.2.1. Strukturna formula trans-anelola

Izvor: [https://www.merckmillipore.com/INTL/en/product/trans-Anethole,MDA\\_CHEM-800429](https://www.merckmillipore.com/INTL/en/product/trans-Anethole,MDA_CHEM-800429) - pristup:16.10.2022.

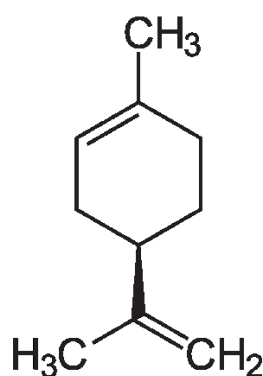
*Ocimum basilicum* L., poznatiji kao bosiljak, jednogodišnja je zeljasta biljka iz porodice Lamiaceae, a porijeklom iz Indije. Osim u kulinarstvu, koristio se i u narodnoj medicini kao analgetik i za smirenje probave (Miličević, 2016.). Poznato je da eterično ulje bosiljka ima fungicidno i repelentno djelovanje. Karakteristični spojevi eteričnog ulja bosiljka su linalol (Slika 3.2.2.), metil havikol, eugenol, estragol, timol i p-cimen (Khatri i sur., 1995; Keita i sur., 2000; Telci i sur., 2006.). Međutim, kako karakteristike eteričnog ulja ovise o geografskom području i klimi, glavna komponenta eteričnog ulja dobivenog iz bosiljka uzgajanog u Turskoj bio je metil-eugenol (Özcan i Chalchat, 2002.). Proučavajući trideset eteričnih ulja različitih kultivara i varijeteta bosiljka, Grayer i sur. (1996.) utvrdili su pet osnovnih profila eteričnih ulja bosiljka. Prvi gdje je glavna komponenta linalol, drugi gdje je estragol glavna komponenta, treći gdje su glavne komponente linalol i estragol, četvrti u kojem je glavna komponenta kombinacija linalola i eugenola, te peti profil u kojem je glavna komponenta kombinacija estragola i metil-eugenola. S druge strane, Lawrence (1992.) je eterična ulja bosiljka razvrstao u četiri osnovna kemotipa: ulja bogata estragolom, ulja bogata linalolom, bogata metil-eugenolom i ona bogata metil-cinamatom. Za miris bosiljka odgovoran je estragol.



Slika 3.2.2. Strukturna formula linalola

Izvor: [https://ologyjournals.com/jnfrt/jnfrt\\_00014.php](https://ologyjournals.com/jnfrt/jnfrt_00014.php) - pristup:16.10.2022.

Eterično ulje limuna, *Citrus limon* L., čini oko šezdeset pojedinačnih komponenti. Glavne komponente eteričnog ulja limuna jesu monoterpenoidi, među kojima je najzastupljeniji limonen (70 %) (Slika 3.2.3.). Iza limonena, najviše su zastupljeni  $\beta$ -pinen (11,2 %) i  $\gamma$ -terpinen (8,21 %). Iako je linalol zastupljen manje od 1 %, smatra se da su citral i linalol spojevi odgovorni za aromu limuna (Ferhat i sur., 2007.). Eterična ulja mogu se razlikovati ovisno o dijelu biljke iz kojega su dobivena, pa su tako eterična ulja dobivena iz ploda i iz lista limuna različita u strukturi. Prema Wu i sur. (2021.) glavna komponenta eteričnog ulja dobivenog iz ploda limuna bio je limonen (49.63 %), dok je glavna komponenta eteričnog ulja dobivenog iz lišća bio citronelal (78.35 %). Bez obzira na razlike u strukturi, oba eterična ulja pokazala su insekticidno, larvicidno i baktericidno djelovanje.

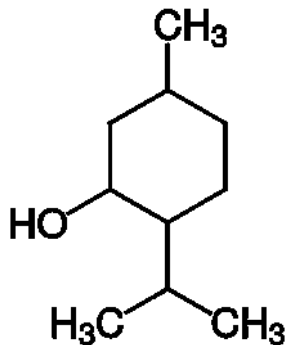


Slika 3.2.3. Strukturna formula limonena

Izvor: <https://www.wikidata.org/wiki/Q27888324> - pristup:16.10.2022.

Lavanda (*Lavandula angustifolia* Miller) je višegodišnja grmolika biljka, karakterističnog mirisa za kojeg su odgovorni lavandulol i lavandulol-acetat. Biljka lavande sadrži otprilike dva do tri posto eteričnog ulja koji se dobiva hidrodestilacijom ili parnom destilacijom. Eterično ulje uglavnom se nakuplja u žlijezdama smještenim uz samu cvjetnu čašku, a sastoji se od više od 300 kemijskih spojeva (Prusinowska i Śmigielski, 2014.). Glavni dijelovi eteričnog ulja lavande su linalol (9.3 % do 68.8 %) i linalil acetat (1.2 % do 59.4 %). Prevladavajući spojevi uključuju i borneol,  $\alpha$ -terpineol, terpinen-4-ol, lavandulol acetat, te kariofilen i linalol oksid. Utvrđeno je da tijekom postupka sušenja lavanda izgubi čak više od 40 % eteričnog ulja (Śmigielski i sur., 2011.). Eterično ulje lavande ima repelento, insekticidno (Perrucci i sur., 1994.), antibakterijsko (Soković i sur., 2008.) i fungicidno djelovanje (Economou i sur., 1991.).

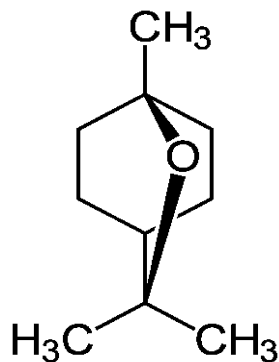
*Mentha piperita* L., paprena metvica, višegodišnja je biljka iz porodice *Lamiaceae*. Eterično ulje paprene metvice može se dobiti iz nadzemnih dijelova biljke, svježih cvjetova ili osušenih listova (Jirovetz i sur., 2009.). Prema Beigi i sur. (2018.), eterično ulja paprene metvice sastoji se uglavnom od mentola (Slika 3.2.4.), mentona, mentofurana, 1,8-cineola i mentil acetata. S time se slažu i Camele i sur. (2021.) koji su potvrdili glavne sastavnice eteričnog ulja paprene metvice: mentol (70,08 %) i menton (14,49 %), a zatim limonen (4,32 %), mentil acetat (3,76 %) i  $\beta$ -kariofilen (2,96 %). Eterično ulje paprene metvice posjeduje fungicidno i baktericidno djelovanje (Chaumont i Senet, 1978.; Singh i sur., 2015.).



Slika 3.2.4. Strukturna formula mentola

Izvor: [https://frr.wikipedia.org/wiki/Datei:Structural\\_formula\\_of\\_menthol.svg](https://frr.wikipedia.org/wiki/Datei:Structural_formula_of_menthol.svg) - pristup:16.10.2022.

Glavni kemijski spoj eteričnog ulja dobivenog iz ploda eukaliptusa (*Eucalyptus globulus* Labill) je 1,8-cineol (19.0 do 30.2 %) (Slika 3.2.5.). U eteričnom ulju dobivenom iz cvijeta eukaliptusa glavna komponenta je također 1,8-cineol (24.4 %), dok je u eteričnom ulju dobivenom iz lišća 1,8-cineol zastupljen samo od 0.9 do 2.9 %. Eterično ulje eukaliptusa posjeduje repelentno (Mishra i sur., 2012.) i insekticidno djelovanje (Papachristos i sur., 2004.).



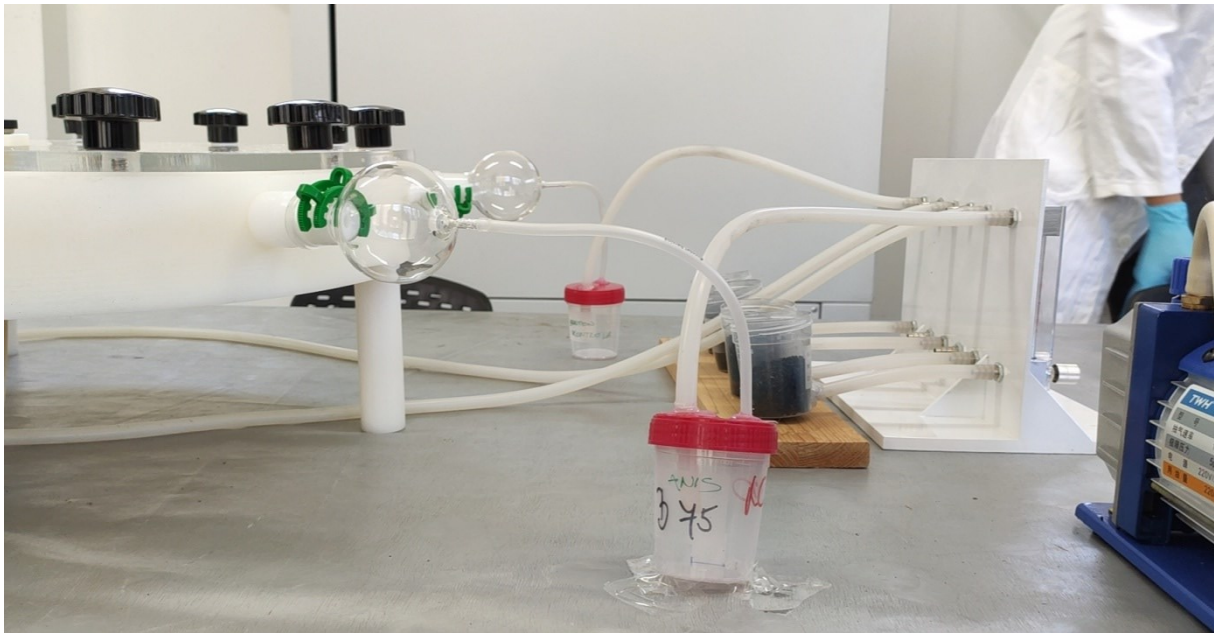
Slika 3.2.5. Strukturna formula 1,8-cineola

Izvor: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:1,8-Cineol.svg> - pristup:16.10.2022.



### 3.3. Provedba pokusa

U čašice su napravljene otopine pojedinog eteričnog ulja s acetonom u omjeru 10:1. Na filtar papire veličine 3 cm<sup>2</sup> ispipetirano je 40 μl pojedine otopine. Svaka otopina pipetirana je s različitim nastavkom za pipetu. Netretirani terminalni cvat uljane repice umotan je u prethodno tretirani filter papir, te je stavljen u posude spojene na olfaktometar, a kao kontrola korišten je filter papir tretiran acetonom (Slika 3.3.1.).

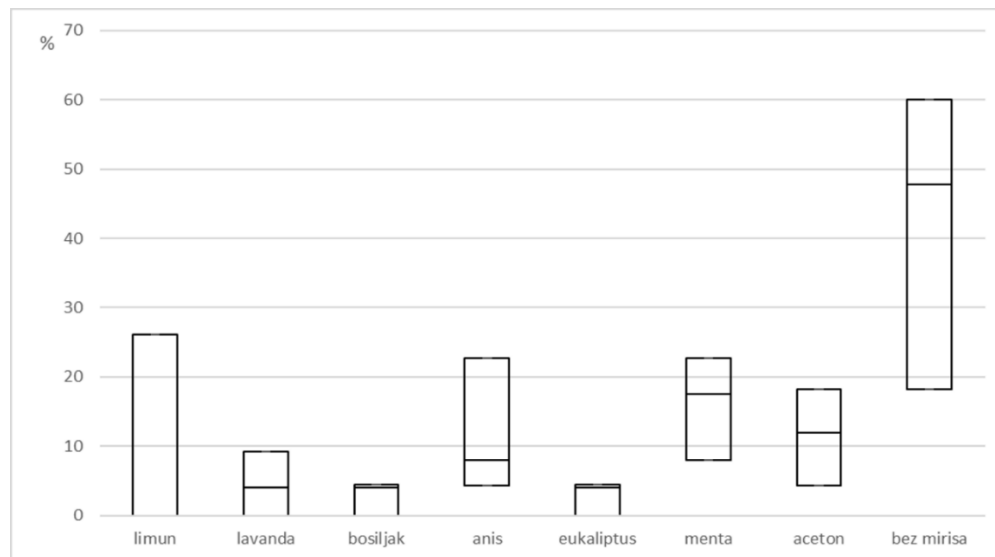


Slika 3.3.1. Izvor mirisa

Iz entomološkog kaveza aspirirano je deset odraslih oblika repičinog sjajnika koji su postavljeni u sredinu olfaktometra. Nakon postavljanja sjajnika, olfaktometar je zatvoren i pumpa upaljena kako bi se stvorio vakuum. Protok zraka postavljen je na 1 L/min, te je praćeno koliko jedinki je prešlo završnu liniju prema određenom izvoru mirisa u vremenskom periodu od 90 sekundi nakon puštanja. Pokus je napravljen u tri repeticije. Najprije su bila testirana eterična ulja limuna, lavande i zvjezdastog anisa, a zatim eterična ulja eukaliptusa, paprene metvice i bosiljka. U svakoj repeticiji korišten je aceton kao kontrola te izvor bez mirisa. Rezultati su preračunati i prikazani kao udio (%) odraslih oblika prema pojedinom izvoru (eteričnom ulju) i kontroli (aceton i bez izvora mirisa).

## 4. Rezultati i rasprava

Na slici 4.1. prikazani su rezultati utvrđivanja repelentnosti eteričnih ulja na odrasle oblike repičina sjajnika.



Slika 4.1. Udio odraslih oblika repičina sjajnika (%) na pojedinom izvoru eteričnih ulja

Rezultati pokazuju da je 60 % jedinki repičinog sjajnika odabralo izvor bez mirisa. Eterična ulja s mirisom bosiljka i eukaliptusa privukla su najmanji broj jedinki odnosno samo 4,5 % od ukupnog broja. Eterično ulje mente, kao i anisa, privukla je 22,7 % jedinki dok je aceton kao kontrola privukao nešto manje od 20 % jedinki. Eterično ulje limuna privuklo je najviše odraslih jedinki repičina sjajnika (26,1 %).

Biljni proizvodi, posebno u obliku eteričnih ulja, koji imaju značajan insekticidni potencijal dobivaju golemu važnost zadnjih godina. Razlog tome su dva glavna faktora. Prvo, prekomjerna uporaba sintetičkih insekticida rezultirala je porastom broja kukaca otpornih na insekticide, što dovodi do povlačenja najučinkovitijih insekticida s tržišta i zamjene odgovarajućim prirodnim alternativama. Drugo, sve veća svijest potrošača o negativnom utjecaju sintetskih pesticida na ljudsko zdravlje potiče razvoj prirodnih proizvoda s različitim biološkim djelovanjem. Poznato je da mnogi biljni ekstrakti i eterična ulja imaju ovoidno, repelentno i insekticidno djelovanje protiv različitih kukaca. Na primjer, ulje neema (*Azadirachta indica*) ima različite biološke aktivnosti, uključujući insekticidno djelovanje protiv gotovo dvjesto vrsta kukaca bez ikakvih štetnih učinaka na većinu neciljanih organizama (Saxena, 1989.). Dodatno, neki od biljnih ekstrakata i

fitokemikalija mogu biti visokoučinkoviti protiv štetnika rezistentnih na kemijske insekticide. Takvi kukci su najčešće lisne uši kao što su pamučna lisna uš *Aphis gossypii* Glov. (Tunc i Sahinkaya, 1998.) i zelena breskvina uš *Myzus persicae* Sulzer. Iako su u nedavnom istraživanju Digilio i sur. (2008.), dokazali insekticidno djelovanje eteričnog ulja anisa i bosiljka na vrste *Acyrtosiphon pisum* Harris i *Myzus persicae*, u ovom pokusu eterično ulje anisa (s rezultatom od 22,7 % privučenih kukaca) nije se pokazalo kao najbolji repelent za repičinog sjajnika. Mauchline i sur. (2005.) proveli su istraživanje slično našem, o utjecaju eteričnih ulja na repičinog sjajnika. Također su koristili olfaktometar i eterična ulja mente, lavande i eukaliptusa. Međutim, ako usporedimo ova dva istraživanja, vidimo da su rezultati potpuno različiti. U pokusu provedenom od strane Mauchline i sur., najbolji repelent je bilo eterično ulje lavande, dok je eterično ulje eukaliptusa bilo najmanje repelentno. Daniel (2014.) je u provedenom istraživanju zaključila da najveću repelentnost ima eterično ulje mente, dok je lavanda bila manje repelentna. S druge strane, u našem istraživanju, eterično ulje eukaliptusa (uz bosiljak) bilo je najviše repelentno sa samo 4,5 % privučenih kukaca, eterično ulje lavande privuklo je 9 % kukaca, dok je eterično ulje mente s privučenih 22,7 % kukaca bilo jedno od lošijih. Slične rezultate dobio je i Pavela (2011.) kada je provodio istraživanje na repičinom sjajniku, gdje je eterično ulje bosiljka imalo najvišu, a eterično ulje lavande najnižu repelentnost. U pokusu provedenom na polju, Mauchline i sur. (2013.) utvrdili su da su mirisi eteričnog ulja lavande efektivni samo dok kukac locira biljku uljane repice. Jednom kada sleti na tretiranu biljku važnija postaju druga osjetila poput okusa (Charpentier i Charpentier, 1986.).

Sva eterična ulja ispitana u ovom istraživanju pokazala su se repelentnima prema repičinom sjajniku jer je 60 % jedinki otišlo prema izvoru bez mirisa, no najbolji rezultat dala su eterična ulja bosiljka i eukaliptusa. Ovim istraživanjem utvrđena je mogućnost korištenja hlapljivih organskih spojeva odnosno eteričnih ulja u poljoprivredi kako bi se postiglo smanjenje uporabe sintetskih insekticida. Hlapljivi biljni organski spojevi imaju potencijala za rješavanje problema povezanih sa zdravstvenim rizicima, dostupnosti, troškovima i rezistentnosti kao u slučaju kemijskih insekticida (Singh i sur., 2021.). Kao što je vidljivo u primjerima, eterična ulja, njihov sastav i učinkovitost mogu se razlikovati ovisno o području, tipu ekstrakcije, dijelu biljke od kojeg je eterično ulje dobiveno, itd., što utječe na dosljednost kvalitete eteričnih ulja. Kako bi se potvrdilo njihovo insekticidno i repelentno djelovanje, te njihov potencijal kao aktivnih tvari za komercijalne insekticide, potrebno je provesti daljnja ispitivanja eteričnih ulja proizvedenih od biljaka uzgojenih u različitim uvjetima i područjima. Insekticidi na bazi eteričnih ulja su zasada najučinkovitija u zaštićenim prostorima (staklenici, plastenici, skladišta). No, da bi se omogućila praktična uporaba eteričnih ulja kao insekticida treba ustanoviti sigurnost eteričnih ulja za ljudsko zdravlje, njihov utjecaj na prirodne neprijatelje i korisne kukce, utjecaj na usjev (promjene na biljkama), te pronaći način za poboljšanje strukture, formulacije i insekticidnog potencijala eteričnih ulja.

## 5. Zaključak

Temeljem dobivenih rezultata može se zaključiti sljedeće:

- Eterična ulja bosiljka (*O. basilicum*) i eukaliptusa (*E. globulus*) privukla su najmanji broj jedinki repičinog sjajnika (samo 4.5 %),
- Najveći broj jedinki privuklo je eterično ulje limuna (*C. limon*) (26.1 %), dok je aceton kao kontrola privukao malo manje od 20 % jedinki,
- Čak 60 % kukaca otišlo je prema izvoru bez mirisa,
- Eterična ulja se smatraju dobrim alternativama sintetičkim pesticidima, no učinkovitost eteričnih ulja ovisi o čimbenicima kao što su doza ili koncentracija, vrsta kukaca, put prodiranja, način primjene i sastav ulja, godišnje doba, ekološki uvjeti, način i vrijeme ekstrakcije, dio biljke i uvjeti skladištenja, te zbog brze razgradnje i visoke volatilnosti njihova uporaba na otvorenom zasada nije učinkovita.
- Da bi se komercijalna uporaba eteričnih ulja u poljoprivredi omogućila treba provesti daljnja istraživanja i osigurati načine za poboljšanje strukture, formulacije i insekticidnog potencijala eteričnih ulja.

## 6. Popis literature

1. Abdel-Tawab H. Mossa, A.S., El-Sheikh, M.A.K., Elnagar, S. (2016). The silica-nano particles treatment of squash foliage and survival and development of *Spodoptera littoralis* (Bosid.) larvae. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 4(1), 175-180
2. Audisio, P. A., Belfiore, C., De Biase, A., Antonini, G. (2001). Identification of *Meligethes matronalis* and *M. subaeneus* based on morphometric and ecological characters (Coleoptera: Nitidulidae). *European Journal of Entomology* 98 (1), 87 – 97.
3. Ballanger Y., Detourne R., Delorme R., Pinochet X. (2003). Difficulties to control pollen beetle (*Meligethes aeneus* F.) in France revealed by unusual high level infestations in winter rape fields. Global Council for Innovation in Rapeseed and Canola. 11th International Rapeseed Congress, Copenhagen. 3: 1048-1050. [online] [https://www.researchgate.net/publication/306201952\\_Difficulties\\_to\\_control\\_pollen\\_beele\\_Meligethes\\_aeneus\\_F\\_in\\_France\\_revealed\\_by\\_unusual\\_high\\_level\\_infestations\\_in\\_winter\\_rape\\_fields](https://www.researchgate.net/publication/306201952_Difficulties_to_control_pollen_beele_Meligethes_aeneus_F_in_France_revealed_by_unusual_high_level_infestations_in_winter_rape_fields) -pristup: 05.07.2022 .
4. Barra A. (2009). Factors Affecting Chemical Variability of Essential Oils: a Review of Recent Developments. *Natural product communications*. 4(8): 1147-1154. [online] <https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/1934578X0900400827> -pristup: 19.10.2022.
5. Beigi M., Toriki-Harchegani M., Pirbalouti A.G. (2018). Quantity and chemical composition of essential oil of peppermint (*Mentha × piperita* L.) leaves under different drying methods. *International Journal of Food Properties*. 21: 267–276. [online] [https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/10942912.2018.1453839#:~:text=The%20minimum%20\(35.01%25\)%20and,power%20of%20400%20W%2C%20respectively.](https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/10942912.2018.1453839#:~:text=The%20minimum%20(35.01%25)%20and,power%20of%20400%20W%2C%20respectively.) - pristup: 15.10.2022.
6. Brattesten L. B. (1983). Cytochrome P – 450 involvement in the interactions between plant terpenes and insect herbivores. *Plant resistance to insects* (P. A. Hedin, eds). American Chemical Society. Washington, DC. 173 – 195.
7. Camele I., Gruľová D., Elshafie H. S. (2021). Chemical composition and antimicrobial properties of *Mentha × piperita* cv. 'Kristinka' essential oil. *Plants*. 10(8): 1567. [online] <https://www.mdpi.com/2223-7747/10/8/1567> -pristup: 15.10.2022.
8. Campos, E. V. R. i sur. (2019). Use of botanical insecticides for sustainable agriculture: Future perspectives. *Ecological Indicators*. 105(1): 483-495
9. Chang K.S., Ahn Y.J. (2001). Fumigant activity of (E)-anethole identified in *Illicium verum* fruit against *Blattella germanica*. *Pest Management Science*. 58: 161 – 166.

10. Charpentier R., Charpentier B. (1986). Resistance to insects in cruciferous oil crops: influence of chemical stimuli on the host plant selection by the pollen beetle (*Meligethes aeneus*). IOBC/ WPRS Bulletin 11: 83–84
11. Chaubey M. K. (2007). Insecticidal activity of *Trachyspermum ammi* (Umbelliferae), *Anethum graveolens* (Umbelliferae) and *Nigella sativa* (Ranunculaceae) essential oils against stored - product beetle *Tribolium castaneum* Herbst (Coleoptera: Tenebrionidae). African Journal of Agricultural Research. 2 (11): 596 – 600.
12. Chaumont J. P., Senet J. M. (1978). Antagonistic properties of higher plants against fungal parasites of man from food contaminants: screening of 200 fungi. Plant Med Phytother. 12: 186-196.
13. Chiasson H., Bélanger A., Bostanian N., Vincent C., Poliquin A. (2001). Acaricidal properties of *Artemisia absinthium* and *Tanacetum vulgare* (Asteraceae) essential oils obtained by three methods of extraction. Journal of economic entomology. 94(1): 167-171. [online] <https://academic.oup.com/jee/article-abstract/94/1/167/2217401> -pristup: 28.08.2022.
14. Choi W., Lee E., Choi B., Park H., Ahn Y. (2003). Toxicity of Plant Essential Oils to *Trialeurodes vaporariorum* (Homoptera: Aleyrodidae). Journal of economic entomology. 96(5): 1479-1484.
15. Coats J.R., Karr L.L., Drewes C.D. (1992). Toxicity and neurotoxic effects of monoterpenoids: In insects and earthworms. Naturally Occurring Pest Bioregulators. 449(20): 305-316. [online] <https://core.ac.uk/download/pdf/38941759.pdf> -pristup: 25.07.2022.
16. Daniel C. (2014). Olfactometer screening of repellent essential oils against the pollen beetle (*Meligethes spp.*). Building Organic Bridges (Rahmann, G. and Aksoy, U. (Eds.)). Johann Heinrich von Thünen-Institut. Braunschweig, Germany. 4(20): 1035-1038.
17. De M., De A. K., Sen P., Banerjee A. B. (2002). Antimicrobial properties of star anise (*Illicium verum* Hook f). Phytotherapy Research. 16(1): 94-95
18. Détár E., Németh É. Z., Gosztola B., Demján I., Pluhár Z. (2020). Effects of variety and growth year on the essential oil properties of lavender (*Lavandula angustifolia* Mill.) and lavandin (*Lavandula x intermedia* Emeric ex Loisel.). Biochemical Systematics and Ecology. 90: 104020. [online] <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S030519781930585X> -pristup: 13.10.2022.
19. Digilio M. C., Mancini E., Voto E., De Feo V. (2008). Insecticide activity of Mediterranean essential oils. Journal of Plant Interactions. [online] 3(1): 17-23 <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/17429140701843741?scroll=top&needAccess=true> – pristup: 30.05.2022.
20. 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 (4): 307 – 321. [online] <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0022474X98000150> -pristup: 05.01.2023.
21. Economou K.D., Oreopoulou V., Thomopoulos C.D. (1991). Antioxidant activity of some plant extracts of the family Labiatae. *Journal of the American Oil Chemists Society*. 68(2): 109-113. [online] <https://link.springer.com/article/10.1007/BF02662329> - pristup:18.10.2022.
  22. Enan E. E. (2005). Molecular and pharmacological analysis of an octopamine receptor from American cockroach and fruit fly in response to plant essential oils. *Archives of insect biochemistry and physiology*. 59: 161 – 171. [online] <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15986384/> -pristup: 05.07.2022.
  23. Enan E., Beigler M., Kende A. (1998). Insecticidal action of terpenes and phenols to cockroaches: effect on octopamine receptors. *International Symposium on Plant Protection, Belgium*. [online] <https://cir.nii.ac.jp/crid/1573105975493828096> -pristup: 05.07.2022.
  24. Evans P. D. (1980). Biogenic amines in the insect nervous system. *Advances in Insect Physiology*. 15: 317 – 473. [online] <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0065280608601435> -pristup: 05.07.2022.
  25. Evans P. D. (1981). Multiple receptor types for octopamine in the locust. *The Journal of physiology*. 318: 99 – 122. [online] <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/6275071/> -pristup: 05.07.2022.
  26. Ferhat M.A., Meklati B.Y., Chemat F. (2007). Comparison of different isolation methods of essential oil from Citrus fruits: cold pressing, hydrodistillation and microwave 'dry' distillation. *Flavour and fragrance journal*. 22: 494–504 [online] <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/ffj.1829> -pristup: 16.10.2022
  27. FIS (2023). Ministarstvo poljoprivrede – popis registriranih sredstava za zaštitu bilja. [online] <https://fis.mps.hr/trazilicaszb/> -pristup: 16.07.2023.
  28. França S.M., Oliveira J.V., Esteves Filho A.B., Oliveir, C.M. (2012). Toxicity and repellency of essential oils to *Zabrotes subfasciatus* (Boheman) (Coleoptera, Chrysomelidae, Bruchinae) in *Phaseolus vulgaris* L. *Acta amazonica*. 42(3): 381 – 386. [online] <https://www.scielo.br/j/aa/a/WnbQ5B39MkNtbjPzHwKMbBM/?format=pdf&lang=en> – pristup: 29.06.2022.
  29. Fritzsche, R. (1957). Zur Biologie und Ökologie der Rapschädlinge aus der Gattung *Meligethes*. *Zeitschrift für angewandte Entomologie* 40: 222 – 280.
  30. Funarić M. (2021). Suzbijanje repičinog sjajnika (*Brassicogethes aeneus*, Fabricius, 1775) na Agrovpolje d.o.o. u Donjem Selištu. Diplomski rad. Fakultet agrobiotehničkih znanosti,

Osijek. [online] [file:///C:/Users/Bussiness/Downloads/diplomski\\_rad-\\_mirko\\_funaric\\_v9\\_pdf2.pdf](file:///C:/Users/Bussiness/Downloads/diplomski_rad-_mirko_funaric_v9_pdf2.pdf) -pristup: 04.07.2022

31. Gadžo D., Đikić M., Mijić A. (2011). Industrijsko bilje. Sarajevo. 32-51
32. Gagro M. (1998). Industrijsko i krmno bilje. Senat sveučilišta u Zagrebu. Zagreb. 40-54
33. Gotlin Čuljak T., Ančić M., Pernar R., Žokalj A., Rapajić D. (2015). Rezistentnost repičina sjajnika (*Brassicogethes aeneus* (Fabricius 1775)) na piretroide u Hrvatskoj. Glasilo biljne zaštite 6/2015.
34. Gotlin Čuljak T., Jelovčan S., Grubišić D., Juran I., Ilić Buljan M. (2013). Pojava rezistentnosti repičinoga sjajnika (*Meligethes* spp.) na piretroide u usjevima uljane repice (*Brassica napus* L.) u Hrvatskoj. Glasilo biljne zaštite. 13 (5): 379-384. [online] <https://hrcak.srce.hr/169027> pristup: 04.07.2022
35. Gotlin Čuljak T., Juran I. (2014). Raznolikost vrsta potporodice Meligethinae u usjevima uljane repice u Hrvatskoj. Glasilo biljne zaštite 6: 443 – 446. Pregledano: 04.07.2022.
36. Grodnitzky J. A., Coats J. R. (2002). QSAR evaluation of monoterpenoids' insecticidal activity. Journal of Agricultural and Food chemistry. 50(16): 4576-4580. [online] <https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/jf0201475> -pristup: 26.08.2022.
37. Hough – Goldstein J. A. (1990). Antifeedant effects of common herbs on the Colorado potato beetle (Coleoptera: *Chrysomelidae*). Environmental Entomology. 19: 234 – 238. [online] <https://academic.oup.com/ee/article-abstract/19/2/234/468320?redirectedFrom=fulltext> pristup: 05.07.2022.
38. Houghton P. J., Ren Y., Howes M. J. (2006). Acetylcholinesterase inhibitors from plants and fungi. Natural Products Reports Articles. 23: 186 – 199. [online] <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16572227/> -pristup: 05.07.2022.  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0022474X08000325> -pristup: 05.01.2023.
39. Iauk L., Lo Bue A.M., Milazzo I., Rapisarda A., Blandino G. (2003). Antibacterial activity of medicinal plant extracts against periodontopathic bacteria. Phytotherapy Research. 17: 599–604.
40. Ibrahim M., Kainulainen P., Aflatuni A. (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. 10(3): 243–259. [online] <https://doi.org/10.23986/afsci.5697> -pristup: 05.07.2022.
41. Isman M. B. (2000). Plant essential oils for pest and disease management. Crop Protection. 19: 603 – 608. [online] <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S026121940000079X> -pristup: 05.07.2022.
42. Isman M.B., Machial C.M. (2006). Pesticides based on plant essential oils: from traditional practice to commercialization. Advances in phytomedicine 3: 29-44. [online]



- <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1572557X06030029> -pristup: 26.09.2022.
43. Jankowska M., Rogalska J., Wyszowska J., Stankiewicz M. (2017). Molecular Targets for Components of Essential Oils in the Insect Nervous System. 23(1):34. [online] <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5943938/> -pristup: 26.09.2022.
44. Jelovčan S., Gotlin Čuljak T. (2007). Integrated pest management of pollen beetle on oilseed rape in Croatia. EPPO Workshop on insecticide resistance of *Meligethes spp.* (pollen beetle) on oilseed rape. [online] <https://www.bib.irb.hr/324211> -pristup: 05.07.2022.
45. Jelovčan S., Gotlin Čuljak T., Grubišić D., Buljan M. (2008). Repičin sjajnik (*Meligethes aeneus* Fabricius, 1775) - pojava, štetnost i mjere suzbijanja. Glasilo biljne zaštite. 5: 297-301. [online] <https://www.bib.irb.hr/399724> -pristup: 05.07.2022.
46. Jirovetz L., Buchbauer G., Bail S., Denkova Z., Slavchev A., Stoyanova A., Schmidt E., Geissler M. (2009). Antimicrobial activities of essential oils of mint and peppermint as well as some of their main compounds. Journal of Essential oil research. 21(4): 363-366. [online] <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10412905.2009.9700193> - pristup: 14.10.2022.
47. Khater H. F. (2011). Ecosmart Biorational Insecticides: Alternative Insect control Strategies. U: Insecticides: Advances in integrated pest management (F. Perveen). Rijeka, Croatia. str. 17-60 [online] [https://www.google.com/books?hl=en&lr=&id=sNggDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA17&dq=Ecosmart+Biorational+Insecticides:+Alternative+Insect+control+Strategies&ots=4a\\_9sElMhR&sig=YEDLrKAnYWg8hQNk8zvXeCfzsbE](https://www.google.com/books?hl=en&lr=&id=sNggDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA17&dq=Ecosmart+Biorational+Insecticides:+Alternative+Insect+control+Strategies&ots=4a_9sElMhR&sig=YEDLrKAnYWg8hQNk8zvXeCfzsbE) -pristup: 05.07.2022.
48. Klimek-Szczykutowicz M., Szopa A., Ekiert, H. (2020). *Citrus limon* (Lemon) Phenomenon- A Review of the Chemistry, Pharmacological Properties, Applications in the Modern Pharmaceutical, Food, and Cosmetics Industries, and Biotechnological Studies. Plants (Basel). 9(1): 119. [online] <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7020168/> - pristup: 19.10.2022.
49. Kokate C. K., D'Cruz J. L., Kumar R. A., Apte S. S. (1985). Antiinsect and juvenoid activity of phytochemicals derived from *Adhatoda vasica* Nees. Indian Journal of Natural Products. 1: 7 – 9
50. Lawrence B. M. (1992). Chemical components of Labiate oils and their exploitation. Advances in Labiate Science. Royal Botanic Gardens KEW, Whitstable. Str. 399-436.
51. Lawrence B.M. (1993). Progress in essential oils, lavender oils. Perfumer and Flavorist. 18(1): 58-61.
52. Lee S.E., Lee B.H., Choi W.S., Park B.S., Kim J.G., Campbell B.C. (2001). Fumigant toxicity of volatile natural products from Korean spices and medicinal plants towards the rice weevil, *Sitophilus oryzae* (L). Pest Management Science. 57: 548–553.

53. Liu B., Chen B., Zhang J., Wang P., Feng G., (2017). The environmental fate of thymol, a novel botanical pesticide, in tropical agricultural soil and water Toxicology and environmental chemistry. 99 (2): 223-232.
54. Maceljiski, M. (1999). Poljoprivreda entomologija. Zrinski, Čakovec. str.169-172.  
Maceljiski, M. (2002). Poljoprivredna entomologija. Zrinski, Čakovec.
55. 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. [online] <https://link.springer.com/article/10.1186/1475-2875-10-S1-S11/> -pristup: 05.07.2022.
56. Malešević S., Grdiša, M., Carović-Stanko, K. (2015). Uporaba eteričnih ulja u zaštiti uskladištenog sjemena. Agronomski glasnik, 1-2. [online] <https://hrcak.srce.hr/file/225116> -pristup: 19.09.2022.
57. Mauchline A. L., Cook S. M., Powell W., Osborne J. L. (2013). Effects of non-host plant odour on *Meligethes aeneus* during immigration to oilseed rape. Entomologia Experimentalis et Applicata. 146(3): 313–320. [online] <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/eea.12030> -pristup: 19.09.2022.
58. Mauchline A. L., Osborne J. L., Martin A. P., Poppy G. M., Powell W. (2005). The effects of non-host plant essential oil volatiles on the behaviour of the pollen beetle *Meligethes aeneus*. Entomologia Experimentalis et Applicata. 114: 181–188.
59. Mazzonetto F., Vendramim J. D. (2003). Efeito de Pós de Origem Vegetal sobre *Acanthoscelides obtectus* (Say) (Coleoptera: Bruchidae) em Feijão Armazenado. Neotropical Entomology. 32:145–149.
60. McIndoo N. E. (1926). An insect olfactometer. Journal of Economic Entomology. 19: 545-571
61. Mead H. M. I. (2018). Composition and Larvicidal Action of *Ocimum basilicum* L. Essential Oil against *Spodoptera littoralis* (Boisd.). Journal of Plant Protection and Pathology. Mansoura University. 9 (2): 139 – 143 [online] [https://jppp.journals.ekb.eg/article\\_41266\\_e0fa00f61107603fc54ee05a2c0b731d.pdf](https://jppp.journals.ekb.eg/article_41266_e0fa00f61107603fc54ee05a2c0b731d.pdf) -pristup: 05.07.2022.
62. Miličević D. (2016). Sve sorte ljekovite, ali niže aromatičnije. Agroklub. [online] <https://www.agroklub.com/hortikultura/sve-sorte-ljekovite-ali-nize-aromaticnije/27289/> -pristup:15.10.2022.
63. Mishra B.B., Tripathi S.P., Tripathi C.P.M. (2012). Repellent effect of leaves essential oils from *Eucalyptus globulus* (Mirtaceae) and *Ocimum basilicum* (Lamiaceae) against two major stored grain insect pests of Coleopterons. Journal of Nature and Science. 10 (2): 50-54. [online] <https://www.researchgate.net/publication/285735551> - pristup: 22.07.2022.
64. 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
65. Moura E.D.S., Faroni L.R.D., Heleno F.F., Rodrigues A.A.Z. (2021). Toxicological Stability of *Ocimum basilicum* Essential Oil and Its Major Components in the Control of *Sitophilus zeamais*. Molecules. 26: 6483. [online] <https://doi.org/10.3390/molecules26216483> - pristup: 22.07.2022.
66. Muhsinah A.B., Maqbul M.S., Mahnashi M.H., Jalal M.M., Altayar M.A., Saeedi N.H., Alshehri O.M., Shaikh I.A., Khan A.A.L., Iqbal S.S., Khan K.A., (2022). Antibacterial activity of *Illicium verum* essential oil against MRSA clinical isolates and determination of its phyto-chemical components. Journal of King Saud University-Science. 34(2): 101800. [online] <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1018364721004626> - pristup: 15.10.2022.
67. Nicolas S. , Bensafi M. (2021). A historical review of olfactometry. The Psychological Year 3(121): 311-351.
68. 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(4): 328-324. [online] <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0022474X08000325> -pristup: 14.10.2022.
69. Özcan M., Chalchat J.C. (2002). Essential oil composition of *Ocimum basilicum* L. and *Ocimum minimum* L. in Turkey. Czech Journal of Food Science. 20(6): 223–228 [online] <https://asset-pdf.scinapse.io/prod/2346959311/2346959311.pdf> -pristup: 14.10.2022.
70. Padmashree A., Roopa N., Semwal A.D., Sharma G.K., Agathian G., Bawa A.S. (2007). Star anise (*Illicium verum*) and black caraway (*Carum nigrum*) as natural antioxidants. Food Chemistry. 104: 59 – 66.
71. Papachristos D.P., Karamanoli K.I., Stamopoulos D.C., Menkissoglu-Spiroudi U. (2004). Pest Management Science. 60:514–520. [online] DOI: 10.1002/ps.798 -pristup: 30.09.2022.
72. Pavela R. (2011). Insecticidal and repellent activity of selected essential oils against of the pollen beetle, *Meligethes aeneus* (Fabricius) adults. Industrial Crops and Products. 34(1): 888-892. [online] <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2011.02.014> -pristup:23.07.2022.
73. Perrucci S., Cioni P. L., Flamini G., Morelli I., Macchioni G. (1994). Acaricidal agents of natural origin against *Psoroptes cuniculi*. Parassitologia. 36(3): 269-271. [online] <https://europepmc.org/article/med/7637996> -pristup: 16.10.2022.
74. Petrošević S. (2019). Antifugalno djelovanje eteričnih ulja na *Rhizoctonia sp.* Diplomski rad. Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku. Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek.

<https://repozitorij.fazos.hr/islandora/object/pfos%3A2015/datastream/PDF/view>

Pregledano: 04.07.2022.

75. Philpott C., Bennett A., Murty G.E. (2008). A Brief History of Olfaction and Olfactometry. *The Journal of Laryngology & Otology*. 122(7): 657-62
76. Pospišil M. (2013). Ratarstvo. II. dio, Zrinski d.d., Čakovec. str. 46-82.
77. Pospišil M., Brčić M., Pospišil A., Butorac J. (2014). Prinos i komponente prinosa istraživanih hibrida i sorata uljane repice. *Poljoprivreda*. 20(1): 3-9.
78. 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*. *British journal of pharmacology*. 140: 1363 – 1372. [online] <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/14623762/> -pristup: 05.07.2022.
79. Prusinowska R., Smigielski K. B. (2014). Composition, biological properties and therapeutic effects of lavender (*Lavandula angustifolia* L.). A review. *Herba polonica*. 60(2). [online] <https://agro.icm.edu.pl/agro/element/bwmeta1.element.agro-23b8012e-1835-4362-9dc5-ed6ce3570fc0> -pristup: 14.10.2022.
80. 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.). *Journal of Chemical Ecology*. 19(6): 1233 – 1244. [online] <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24249140/> - pristup: 05.07.2022.
81. Rončević S. (2022). Insekticidno djelovanje nanoformulacije na bazi eteričnog ulja i inertnog prašiva na žitnom kukuljičaru *Rhyzopertha dominica* Fab. Diplomski rad. [online] <https://repozitorij.fazos.hr/islandora/object/pfos%3A2742/datastream/PDF/view> - pristup: 27.09.2022.
82. Rubil N. (2018). Rezistentnost repičina sjajnika (*Brassicogethes spp.*, Nitidulidae) na insekticide u Republici Češkoj. Diplomski rad. Sveučilište u Zagrebu. Agronomski fakultet. <https://repozitorij.agr.unizg.hr/islandora/object/agr%3A1178/datastream/PDF/view> - pristup: 14.10.2022.
83. Ryan M. F., Byrne O. (1988). Plant - insect coevolution and inhibition of acetylcholinesterase. *Journal of Chemical Ecology*. 14: 1965 – 1975. [online] <https://link.springer.com/article/10.1007/BF01013489> -pristup: 05.07.2022.
84. 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. *Journal of Stored Products Research*. 22(3): 141 – 144.
85. Sampson B. J., Tabanca N., Kirimer N., Demirci B., Can Baser K. H., A Khan I., Spiers J.M., Wedge D.E. (2005). Insecticidal activity of 23 essential oils and their major compounds against adult *Lipaphis pseudobrassicae* (Davis) (Aphididae: Homoptera). *Pest*

- Management Science. 61:1122–1128. [online]  
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16075408/> -pristup: 30.09.2022.
86. Sarac A., Tunc I. (1995). Residual toxicity and repellency of essential oils to stored-product insects. *Journal of Plant Diseases and Protection*. 102: 429 – 234. [online]  
<https://www.jstor.org/stable/43386861> -pristup: 05.07.2022.
87. Saxena R. C. (1989). Insecticides from Neem. *Insecticides of Plant Origin*. ACS Symposium Series; American Chemical Society. 387: 110-135. [online]  
<https://pubs.acs.org/doi/10.1021/bk-1989-0387.ch009> -pristup: 27.09.2022.
88. Sharma R. N., Saxena K. N. (1974). Orientation and developmental inhibition in the housefly by certain terpenoids. *Journal of Medical Entomology*. 11: 617 – 621. [online]  
<https://academic.oup.com/jme/article-abstract/11/5/617/6679592> -pristup: 05.07.2022.
89. Sheikh Z., Amani A., Basseri H.R., Kazemi S.H., Sedaghat M.M., Azam K., Azizi M., Amirmohammadi F. (2021). Repellent Efficacy of *Eucalyptus globulus* and *Syzygium aromaticum* Essential Oils against Malaria Vector, *Anopheles stephensi* (Diptera: Culicidae). *Iranian Journal of Public Health*. 50(8): 1668-1677. [online]  
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8643535/> -pristup: 23.09.2022.
90. Sighamony S., Anees I., Chandrakala T. S., Osmani Z. (1984). Natural products as repellents for *Tribolium castaneum* Herbst. *International Pest Control*. 26(6): 156-157. [online]  
<https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/19850521285> -pristup: 13.10.2022.
91. Singh K. D., Mobolade A. J., Bharali R., Sahoo D., Rajashekar Y. (2021). Main plant volatiles as stored grain pest management approach: A review. *Journal of Agriculture and Food Research*. 4. [online] <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2021.100127> -pristup: 19.08.2022.
92. Singh R., Shushni M. A., Belkheir A. (2015). Antibacterial and antioxidant activities of *Mentha piperita* L. *Arabian Journal of Chemistry*. 8(3): 322-328. [online]  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1878535211000232> -pristup: 15.10.2022
93. Śmigielski K., Prusinowska R., Raj A., Sikora M., Wolińska K., Gruska R. (2011). Effect of drying on the composition of essential oil from *Lavandula angustifolia*. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*. 14(5): 532–542. [online]  
<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/0972060X.2011.10643970> -pristup: 16.10.2022.
94. Soković M., Marin P. D., Brkić D., Van Griensven L.J. L. (2008). Chemical composition and antibacterial activity of essential oils of ten aromatic plants against human pathogenic bacteria. *Food* 1(2): 220-226. [online] <https://library.wur.nl/WebQuery/wurpubs/369659> -pristup: 16.10.2022.
95. Štefanac D. (2018). Kemijski sastav i biološka aktivnost eteričnih ulja. Diplomski rad. Sveučilište u Splitu. Medicinski fakultet.

<https://repositorij.mefst.unist.hr/islandora/object/mefst%3A657/datastream/PDF/view>,  
Pregledano: 04.07.2022.

96. Talukder F. A. (2006). Plant products as potential stored product insect management agents - a mini review. *Emirates Journal of Agricultural Science*. 18: 17 – 32. [online] <https://www.ejfa.me/index.php/journal/article/download/332/222> -pristup: 05.07.2022.
97. 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. [online] [https://www.researchgate.net/publication/235998876\\_Toxicity\\_Effects\\_of\\_botanicals\\_and\\_synthetic\\_insecticides\\_on\\_Tribolium\\_castaneum\\_Herbst\\_and\\_Rhyzopertha\\_dominica\\_Fabricius](https://www.researchgate.net/publication/235998876_Toxicity_Effects_of_botanicals_and_synthetic_insecticides_on_Tribolium_castaneum_Herbst_and_Rhyzopertha_dominica_Fabricius) -pristup: 05.07.2022.
98. Telci I., Bayram E., Yılmaz G., Avcı B. (2006). Variability in essential oil composition of Turkish basils (*Ocimum basilicum* L.). *Biochemical Systematics and Ecology*. 34(6): 489-497 [online] <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S030519780600038X> - pristup: 16.10.2022.
99. Todorčić I., Mustapić Z. (1975). Utjecaj stupnja zrelosti na vrijeme žetve i kvalitetna svojstva sjemena ozime uljane repice. *Agronomski glasnik*. 37: 511-518
100. Tsao R., Lee S., Rice P. J., Jensen C., Coats J. R. (1995). Monoterpenoids and their synthetic derivatives as leads for new insect-control agents. *ACS Symposium Series*. American Chemical Society 584: 312-325.
101. Tunc I., Sahinkaya S. (1998). Sensitivity of two greenhouse pests to vapours of essential oils. *Entomologia Experimentalis et Applicata*. 86(2): 183–187. [online] <https://doi.org/10.1046/j.1570-7458.1998.00279.x> - pristup: 26.09.2022.
102. Vendan S.E., Manivannan S., Sunny A.M., Murugesan R. (2017). Phytochemical residue profiles in rice grains fumigated with essential oils for the control of rice weevil. *Plos one*. 12(10). [online] <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5638326/> - pristup: 30.05.2022.
103. 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. [online] <https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/jf00035a065> pristup: 05.07.2022.
104. Wei L., Hua R., Li M., Huang Y., Li S., He Y., Shen Z. (2014). Chemical composition and biological activity of star anise *Illicium verum* extracts against maize weevil, *Sitophilus zeamais* adults. *Journal of Insect Science*. 14(1): 80 [online] <https://academic.oup.com/jinsectscience/article/14/1/80/2386508> -pristup: 15.10.202

105. Wu P., Tang X., Jian R., Li J., Lin M., Dai H., Wang K., Sheng Z., Chen B., Xu X., Li C., Lin Z., Zhang Q., Zheng X., Zhang K., Li D., Hong W. D. (2021). Chemical Composition, Antimicrobial and Insecticidal Activities of Essential Oils of Discarded Perfume Lemon and Leaves (*Citrus Limon* (L.) Burm. F.) as Possible Sources of Functional Botanical Agents. *Frontiers in Chemistry*. 9: 679116. [online] <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8184092/> -pristup: 13.10.2022.
106. Yang X., Huang Q., Jiang T., Xu H. (2017). Degradation dynamics of Azadirachtin in cabbage and soil. *Journal of South China Agricultural University*. 38(4): 37- 40. [online] <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20173333991> -pristup: 13.10.2022
107. Yang Y., Lee H., Clark J. M., Ahn Y. (2004). Insecticidal Activity of Plant Essential Oils Against *Pediculus humanus capitis* (Anoplura: Pediculidae). Vector control, pest management, resistance, repellents. *Journal of medical entomology*. 41(4): 699-704. [online] <https://academic.oup.com/jme/article/41/4/699/884360> -pristup: 13.10.2022
108. Zhang W., Zhang Y., Yuan X., Sun E. (2015). Determination of volatile compounds of *Illicium verum* Hook. f. using simultaneous distillation-extraction and solid phase microextraction coupled with gas chromatography-mass spectrometry. *Tropical Journal of Pharmaceutical Research*. 14(10): 1879-1884. [online] <https://www.ajol.info/index.php/tjpr/article/view/125288> -pristup: 13.10.2022.
109. Zimmer C. T., Nauen R. (2011). Pyrethroid resistance and thiacloprid baseline susceptibility of European populations of *Meligethes aeneus* (Coleoptera: Nitidulidae) collected in winter oilseed rape. *Pest management science*. 67(5): 599–608. [online] <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21394884/> -pristup: 05.07.2022.

## 7. Popis ilustracija

1. **Slika 2.1.1a.** Cvat uljane repice [https://hr.wikipedia.org/wiki/Uljana\\_repica](https://hr.wikipedia.org/wiki/Uljana_repica)
2. **Slika 2.1.1b.** Plod uljane repice  
<https://www.flickr.com/photos/14230388@N03/4708937842>
3. **Slika 2.2.1a.** Repičin sjajnik [https://www.gospodarstvo-petricevic.hr/kor/index.php?/tags/48-meligethes\\_aeneus](https://www.gospodarstvo-petricevic.hr/kor/index.php?/tags/48-meligethes_aeneus)
4. **Slika 2.2.2b.** Ličinka repičinog sjajnika  
<https://bladmineerders.nl/parasites/animalia/arthropoda/insecta/coleoptera/polyphaga/cucujiiformia/cucujoidea/nitidulidae/meligethinae/brassicogethes/brassicogethes-aeneus/>
5. **Slika 2.2.3a.** Štete na pupu  
<https://www.sciencephoto.com/media/699955/view/pollen-beetle-meligethes-aeneus->  
[- pristup 08.10.2022.](https://www.sciencephoto.com/media/699955/view/pollen-beetle-meligethes-aeneus-)
6. **Slika 2.2.3b.** Repičin sjajnik na prašniku <https://www.dreamstime.com/common-pollen-beetle-brassicogethes-formerly-meligethes-aeneus-winter-rapeseed-flowers-damaged-brassicogethes-formerly-image213704476> - pristup 08.10.2022.
7. **Slika 3.1.1a.** Hendrik Zwaardemaker  
[https://en.wikipedia.org/wiki/Hendrik\\_Zwaardemaker](https://en.wikipedia.org/wiki/Hendrik_Zwaardemaker) -pristup: 16.06.2022.
8. **Slika 3.1.1b.** Prvi olfaktometar <https://www.cairn.info/revue-l-annee-psychologique-2021-3-page-311.htm> -pristup:16.06.2022.
9. **Slika 3.1.3.** Y-tube olfaktometar <https://www.jstor.org/stable/26549280> - pristup:16.06.2022
10. **Slika 3.1.4.** 6-kanalni olfaktometar
11. **Slika 3.2.1.** Strukturna formula trans-anetola  
[https://www.merckmillipore.com/INTL/en/product/trans-Anethole,MDA\\_CHEM-800429](https://www.merckmillipore.com/INTL/en/product/trans-Anethole,MDA_CHEM-800429) -pristup:16.06.2022.
12. **Slika 3.2.2.** Strukturna formula linalola [https://ologyjournals.com/jnftr/jnftr\\_00014.php](https://ologyjournals.com/jnftr/jnftr_00014.php) -pristup:16.06.2022.



13. **Slika 3.2.3.** Strukturna formula limonena <https://www.wikidata.org/wiki/Q27888324> - pristup:16.06.2022.
14. **Slika 3.2.4.** Strukturna formula mentola [https://frr.wikipedia.org/wiki/Datei:Structural formula of menthol.svg](https://frr.wikipedia.org/wiki/Datei:Structural_formula_of_menthol.svg) - pristup:16.06.2022
15. Slika 3.2.5. Strukturna formula 1,8-cineola <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:1,8-Cineol.svg> -pristup:16.06.2022.
16. **Slika 3.3.1.** Izvor mirisa
17. **Slika 4.1.** Rezultati utvrđivanja repelentnosti eteričnih ulja na odrasle oblike repičina sjajnika.

## 8. Popis tablica

**Tablica 1.** Sadržaj uljane repice. Gadžo i sur., 2011.

**Tablica 2.** Eterična ulja i njihovo djelovanje. Izvor: <https://hrcak.srce.hr/file/225116>

**Tablica 3.** Eterična ulja korištena u pokusu i način njihovog djelovanja.

## Životopis

Sara Uglješić rođena je 24.01. 1998. u Rijeci. Nakon kraćeg boravka u Drazi Bašćanskoj na otoku Krku njezina obitelj seli u Stare Mikanovce gdje ostaje do danas. Sara je pohađala OŠ Stjepan Cvrković u Starim Mikanovcima koju je prolazila s odličnim uspjehom. Tako nastavlja i u srednjoj Poljoprivredno šumarskoj školi u Vinkovcima gdje je 2016. završila smjer Fitofarmaceut tehničar. U 2016. godini upisuje Agronomski fakultet na Sveučilištu u Zagrebu, te nastavlja školovanje na istom fakultetu upisujući diplomski studij Fitomedicine 2019. godine. Od stranih jezika služi se engleskim (A2 razina poznavanja). Posjeduje dozvolu kabinskog osoblja te ujedno i radi kao stjuardesa.