

Učinkovitost botaničkih insekticida u suzbijanju repičina sjajnika u poljskim uvjetima

Filipović, Hrvoje

Master's thesis / Diplomski rad

2022

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:204:203480>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-08-29**



Repository / Repozitorij:

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



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
AGRONOMSKI FAKULTET**

**UČINKOVITOST BOTANIČKIH INSKETICIDA U
SUZBIJANJU REPIČINA SJAJNIKA U POLJSKIM
UVJETIMA**

DIPLOMSKI RAD

Hrvoje Filipović

Zagreb, rujan, 2022.

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
AGRONOMSKI FAKULTET**

Diplomski studij:

Fitomedicina

**UČINKOVITOST BOTANIČKIH INSKETICIDA U
SUZBIJANJU REPIČINA SJAJNIKA U POLJSKIM
UVJETIMA**

DIPLOMSKI RAD

Hrvoje Filipović

Mentor:

izv. prof. dr. sc. Ivan Juran

Zagreb, rujan, 2022.

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
AGRONOMSKI FAKULTET**

**IZJAVA STUDENTA
O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI**

Ja, **Hrvoje Filipović**, JMBAG 0178114301, rođen/a 15.10.1998. u Slavonskom Brodu, izjavljujem da sam samostalno izradila/izradio diplomski rad pod naslovom:

**UČINKOVITOST BOTANIČKIH INSEKTICIDA U SUZBIJANJU REPIČINA SJAJNIKA U POLJSKIM
UVJETIMA**

Svojim potpisom jamčim:

- da sam jedina autorica/jedini autor 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 studenta / studentice

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
AGRONOMSKI FAKULTET**

IZVJEŠĆE

O OCJENI I OBRANI DIPLOMSKOG RADA

Diplomski rad studenta **Hrvoja Filipovića**, JMBAG 0178114301, naslova

**UČINKOVITOST BOTANIČKIH INSEKTICIDA U SUZBIJANJU REPIČINA SJAJNIKA U POLJSKIM
UVJETIMA**

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. | prof. dr. sc. Milan Pospišil | član | _____ |

Zahvala

Ovime zahvaljujem svima onima koji su pomogli u izradi ovog diplomskog rada. Na prvome mjestu tu je izv. prof. dr. sc. Ivan Juran, moj mentor, koji je pratio korake izrade kako praktičnog, tako i pismenog dijela ovoga rada, bio dostupan u svako doba za konzultiranje, te savjetima i konstruktivnim kritikama pridonio kvaliteti rada. Također želim zahvaliti mag. ing. agr. Damiru Bertiću, višem tehničaru na Zavodu za poljoprivrednu zoologiju na pomoći u postavljanju pokusa na polje te dostupnosti za daljnje savjete i asistiranje.

Moram zahvaliti i svojoj široj obitelji, djevojci, te prijateljima, kolegama na Fakultetu agrobiotehničkih znanosti u Osijeku, koji su osim moralne podrške asistirali u izvršenju nekih praktičnih radova prilikom trajanja pokusa (osobito brat Ivan).

Još jedno hvala i Mati Jovanovcu, vlasniku zemljišta na kojem je postavljen pokus, na razumijevanju, pristupačnosti i zanimanju za ishod rada.

Naposljetku hvala stručnom odboru Zaklade Agronomskog fakulteta koji su prepoznali moj rad i vrijednost izrade ovoga diplomskog rada te omogućili sredstva za izradu istoga.

Sadržaj

1	Uvod.....	1
1.1.	Cilj istraživanja	2
2	Pregled literature	3
2.1.	Uljana repica (<i>Brassica napus</i> L. var. <i>oleifera</i> Metzg.).....	3
2.2.	Repičin sjajnik (<i>Brassicogethes aeneus</i> Fabricius, 1775)	4
3	Materijali i metode rada	9
4	Rezultati i rasprava	16
5	Zaključci.....	24
6	Popis literature	25

Sažetak

Diplomskog rada studenta **Hrvoja Filipovića**, naslova

UČINKOVITOST BOTANIČKIH INSEKTICIDA U SUZBIJANJU REPIČINA SJAJNIKA U POLJSKIM UVJETIMA

Repičin sjajnik najvažniji je štetnik uljane repice koji može sniziti prinos i za do pedeset posto. Dosadašnja zaštita uljane repice od repičina sjajnika postala je neučinkovita i neuspješna budući da je na neke aktivne tvari utvrđena rezistentnost, a neke su izgubile dozvolu za primjenu. Iz navedenih razloga površine zasijane uljanom repicom u Republici Hrvatskoj se iz godine u godine smanjuju. Kao jedna od alternativnih mjera suzbijanja repičina sjajnika ističu se botanički insekticidi koji su u laboratorijskim uvjetima pokazali dobre rezultate. Poljski pokus s botaničkim insekticidima u suzbijanju repičina sjajnika proveden je 2022. godine na lokalitetu Bošnjaci. Nije utvrđena statistički značajna razlika u učinkovitosti između kemijskih i botaničkih insekticida. Postotak oštećenja pupova je na tretiranim varijantama za 10 % niži nego na netretiranoj kontroli. Visina prinosa na tretiranim varijantama je za tonu po hektaru veća. Kako botanički insekticidi (piretrin, azadirachtin) pokazuju zadovoljavajuću učinkovitost podjednaku standardu (indoksakarb), mogu uspješno zamijeniti kemijske insekticide u praksi.

Ključne riječi: repičin sjajnik, uljana repica, botanički insekticidi, poljski pokus

Summary

Of the master's thesis – student **Hrvoje Filipović**, entitled

EFFICIENCY OF USING BOTANICAL INSECTICIDES FOR CONTROL RAPE BEETLE IN FIELD CONDITIONS

Rape beetle is the most important pest for rapeseed. He can cut yield for up to 50 percent. The control of this pest as we knew until now is unsuccessful and ineffective. The reason for that is resistance to some active substances from insecticides, and loss of some active substances, too. Because of stated reasons, the fields sown with rapeseed in Croatia are every year more reduced. Botanical insecticides stand out as one of the alternative measures to control the pollen beetle. Also, they shown good results in laboratory conditions. The field experiment was conducted in 2022. in Bošnjaci. There are no statistically significant differences in efficiency between chemical and botanical insecticides. The percentage of bud damage is 10 % lower on the treated varieties than on the untreated control. The yield on the treated varieties is one ton per hectare higher. As botanical insecticides (piretrin, azadirachtin) show satisfactory efficiency which is equal to the standard (indoksakarb), they can be successfully used in practice instead of chemical ones.

Keywords: pollen beetle, rapeseed, botanical insecticides, field experiment

1 Uvod

Uljana repica (*Brassica napus* L. ssp. *oleifera* Moench Sinsk) najraširenija je vrsta iz porodice krstašica (Brassicaceae, Cruciferae) te u Europi predstavlja drugu najznačajniju uljaricu (iza suncokreta), a uz pšenicu i ječam najvažnija je ozima kultura u Republici Hrvatskoj. Također, četvrta je kultura po zasijanosti površina u 2021. godini i nalazi se iza pšenice, kukuruza i soje sa zasijanih oko 24 000 hektara (Državni zavod za statistiku, 2022. - a).

Najčešće se uzgaja radi dobivanja ulja za ljudsku prehranu. Drugi najčešći razlog uzgoja je proizvodnja biodizela gdje predstavlja glavnu sirovinu (repičin metil ester iz ulja uljane repice) za proizvodnju biodizela.

Tijekom vegetacije uljanu repicu napada veći broj štetnika, a najštetniji te prema tome i najvažniji štetnik uljane repice jest repičin sjajnik (*Brassicoglyphus aeneus* Fabricius, 1775). Dosadašnji pristup suzbijanja repičina sjajnika temeljio se na upotrebi kemijskih pripravaka u jednome do dva navrata. Kako se Europa okreće održivijem načinu proizvodnje s posebnim naglaskom na očuvanje okoliša i klimatsku neutralnost, većina do sada registriranih i učinkovitih djelatnih tvari izgubila je dozvolu za primjenu, a dio njih će izgubiti kroz naredno razdoblje (do 2030. godine uporaba kemijski sredstava za zaštitu bilja smanjuje se za 50%, dok se do 2050. planira njihova uporaba potpuno izbaciti). To je posljedica strategije zvane „Europski zeleni plan“ kojom se Europsku uniju planira pretvoriti u resursno učinkovito i konkurentno gospodarstvo (Reform support, 2022.). Također, trenutno dostupni sintetski piretroidi ne daju odgovarajuću učinkovitost, jer je prekomjernim korištenjem nizom godina većina populacija repičina sjajnika stekla rezistentnost na iste (Gotlin Čuljak i sur., 2013.; Skellern i Cook, 2017.). Pojava rezistentnosti na djelatne tvari koje se najčešće upotrebljavaju u suzbijanju jest jedan od najvažnijih problema kod uzgoja uljane repice. Iz navedenih razloga, repičin sjajnik se ne uspijeva suzbiti kvalitetno i čini velike štete, a posebno u godinama kada brojnost štetnika značajno prelazi pragove štetnosti. Sukladno tome proizvođači postižu niske prinose i naposljetku odustaju od uzgoja ove kulture (Bažok i Lemić, 2017.). Od 2018. godine sve do danas vlada trend smanjenja površina zasijanih uljanom repicom u Republici Hrvatskoj (Državni zavod za statistiku, 2022. - b). U Europi također vlada trend smanjenja površina od 2018. godine kada je požeto oko 9 900 000 ha, dok je 2020. godine požeto 8 100 000 ha (FAOSTAT, 2020.).

Tijekom zadnjih nekoliko godina u laboratorijskim pokusima proučeni su botanički insekticidi kao alternativa kemijskim u zaštiti repice od repičina sjajnika te su pokazali vrlo dobre rezultate i uspješnost u suzbijanju ovog štetnika. Botanički insekticidi smatraju se ekološki prihvatljivima i sukladno tome uklapaju se u Europski zeleni plan budući da su izolirani iz biljaka, selektivni su, ne uzrokuju fitotoksičnost i relativno brzo se razgrađuju. Također, niske su toksičnosti za toplokrvne organizme (Korunić i Rozman, 2012.). Kako bi se sačuvala profitabilna i vrlo bitna kultura u plodoredu, iste aktivne tvari (azadirachtin, piretrin) kao predstavnici botaničkih insekticida proučene su u poljskim uvjetima.

1.1. Cilj istraživanja

Cilj rada je utvrditi učinkovitost botaničkih insekticida u suzbijanju odraslih oblika repičina sjajnika u poljskim uvjetima.

2 Pregled literature

2.1. Uljana repica (*Brassica napus* L. var. *oleifera* Metzg.)

Uljana repica (slika 2.1.1.) jest ratarska kultura koja pripada porodici krstašica (Brassicaceae) i rodu *Brassica* (EPPO, 2022.). Biljka je umjereno kontinentalnog područja. Uzgaja se radi sjemena visoke uljne vrijednosti (40-48 % ulja i 18-25 % bjelančevina) te kao takva predstavlja drugu najvažniju uljaricu kako u Hrvatskoj, tako i u Europi (Pospišil, 2018.). Osim za proizvodnju ulja za ishranu ljudi ili kao sirovinu za biodizel, uljana repica se uzgaja i kao krmna kultura, za pčelinju pašu ili za zelenu gnojidbu, a koristi se i u kozmetičkoj i farmaceutskoj industriji (Pospišil, 2013.).

U svijetu se uzgaja na oko 35,5 milijuna hektara. Najveće zemlje proizvođači uljane repice jesu Kanada, Kina i Indija (FAOSTAT, 2020.).

Prosječni prinos u Republici Hrvatskoj iznosi oko 2,8 t/ha (Statistički ljetopis RH, 2018.) dok je u svijetu nešto manji te iznosi 2,1 t/ha (FAOSTAT, 2020.)



Slika 2.1.1. Usjev uljane repice u cvatu.

Tehnologija uzgoja

Uljana repica može se uzgajati kao jara ili kao ozima forma. Jara repica karakteristična je za hladnija područja Sjeverne Europe (Berry i Spink, 2006.). U većem dijelu Europe prevladavaju ozime linijske sorte i hibridi. Za visoke prinose bitno je kvalitetno i pravovremeno odraditi sve agroekološke zahvate te poštivati plodored. Osnovna obrada tla treba biti na dubinu 30 – 35 cm, a gnojidba sukladna prethodnoj analizi tla (Pospišil, 2018.).

Pravovremena sjetva (25.8. – 10.9.) i optimalan sklop, koji ovisi ekološkim uvjetima i hibridu, predstavljaju najvažnije agrotehničke mjere za visok prinos sjemena. U pravilu optimalan sklop za hibride je 35 - 45 biljaka/m², a za linijske sorte 60 - 65 biljaka/m² u žetvi. Sjetva se obavlja pneumatskim ili mehaničkim sijačicama na međuredni razmak 12,5 ili 25 cm. Sjeme se mora položiti u samu površinu vlažnog tla (1,5 – 2,5 cm), a u sušnim uvjetima potrebno je valjanje nakon sjetve (Pospišil, 2014.).

Od njege potrebno je suzbijati korove, bolesti i štetnike te dva puta prihranjivati usjev.

Žetva repice obavlja se žitnim kombajnom s posebnim adapterom i prilagodbama (Juras, 2008.), uglavnom krajem lipnja kada je sjeme u tehnološkoj zrelosti, odnosno kada sadrži manje od 12 % vlage (Pospišil i sur., 2014.).

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

Sistematsko mjesto

Nadred: Coleopteroidea

Red: Coleoptera

Podred: Polyphaga

Porodica: Nitidulidae

Rod: *Brassicogethes*

Vrsta: *B. aeneus* Fabricius, 1775

Prema Fauna Europea (2022.) repičin sjajnik pripada porodici Nitidulidae (sjajnici) i redu Coleoptera (kornjaši).

Prema Gotlin Čuljak i Juran (2014.) u usjevima uljane repice nalazi se više vrsta roda *Meligethes*, ali najdominantnija vrsta je *Meligethes aeneus*. Također u literaturi se može pronaći samo naziv roda (*Meligethes* spp.) jer nekoliko vrsta repičinih sjajnika zajedno čine kompleks štetnika. U poljoprivrednoj praksi, s gledišta suzbijanja, vrste nije potrebno razlikovati. Razlikovanje vrsta važno je u istraživanjima rezistentnosti jer različite vrste pokazuju i različitu osjetljivost na piretroide.

Rodu *Meligethes*, pa prema njemu i svim vrstama toga roda, 2009. godine mijenja se naziv u *Brassicogethes* (Gotlin Čuljak i Juran, 2014.).

Odrasli oblik je tamnoplave ili tamnozeleno boje s metalnim sjajem, 2 – 2,5 mm dug (slika 2.2.1).

Smatra se najvažnijim štetnikom uljane repice, te ukoliko se ne suzbija, uzrokuje pad prinosa i više od 50 % (Maceljki, 1999.).

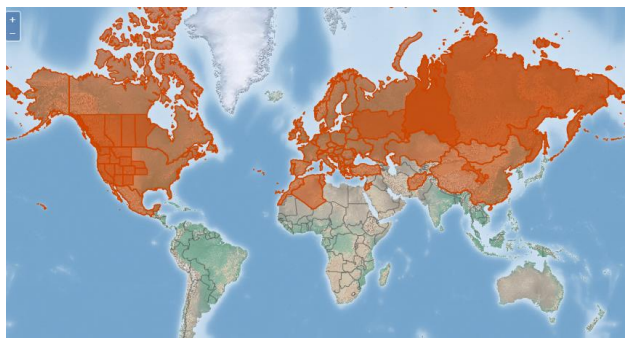


Slika 2.2.1. Odrasli oblici repičina sjajnika.

(Izvor: <https://www.chromos-agro.hr/repicin-sjajnik-meligethes-aeneus/> pristup 18.7.2022)

Rasprostranjenost

Štetnik je rasprostranjen (slika 2.2.2.) po čitavom Europskom, Azijskom i Sjevernoameričkom kontinentu (CABI, 2022.).



Slika 2.2.2. Rasprostranjenost repičina sjajnika u svijetu.

(Izvor: <https://www.cabi.org/isc/datasheet/33259#toDistributionMaps> – pristup 7.7.2022.)

Biologija i ekologija

Prezimi odrasli oblik u tlu oko rubova polja, na putevima i slično. Izlazi s prezimljenja kada se temperatura tla ustali na 8, a zraka na 12 °C. U početku se hrane na ranim cvatućim cvjetovima kao što je maslačak. Kada temperature zraka pređu 15 °C počinju intenzivnije letjeti te pronalaze cvjetove uljane repice gdje se u početku hrane pupovima, a kasnije peludom. Ženka odlaže jaja u pupove u kojima se razvija ličinka, koja će se kasnije kukuljiti u tlu. Sjajnik ima jednu generaciju godišnje (Gotlin Čuljak i Juran, 2016.).

Štetnost

Štete čine odrasli oblici dok se hrane pupovima (Slika 2.2.3.a) na način da ih buše, izgrizaju iznutra, zavlache se u njih dok su još zatvoreni u cvatu pokrivenom lišćem. Takvi, oštećeni i izgrizeni pupovi (slika 2.2.3.b) ne cvatu i ne daju plod. Kritično razdoblje je sve dok se pupovi ne otvore jer se tada sjajnik hrani peludom. Sjajnik je štetniji što je napad raniji u proljeće. Štete od ličinki su zanemarive jer su pupovi u kojima se razvijaju već prethodno oštećeni ishranom imaga (Gotlin Čuljak i Juran, 2016.).



Slika 2.2.3. Ishrana sjajnika na pupu (a) i oštećenje pupa od ishrane (b).

(Izvor: <https://www.nexles.com/articles/the-pollen-beetle-meligethes-aeneus/> - pristup 7.7.2022.)

Mogućnost suzbijanja

Štete od sjajnika mogu se dijelom prevenirati dobrom agronomskom praksom. Agrotehničkim mjerama važno je postići dobru kondiciju usjeva jer će u tom slučaju brže proći kritično razdoblje u kojemu sjajnik pravi štete. Prije svega važna je vremenska i prostorna plodosmjena, tj. izbjegavanje ponovljene sjetve i sjetve u blizini prošlogodišnjeg polja uljane repice. Izuzetno je bitan rok sjetve kako bi repica u odgovarajućoj fenofazi ušla u zimu i prema tome brže se oporavila u proljeće i započela intenzivni porast. Jednako je bitan i optimalan sklop koji ovisi o hibridu. Također, važna je i optimalna gnojidba kao i zaštita od korova i bolesti.

Dosadašnji pristup suzbijanja temeljio se na uporabi kemijskih insekticida prilikom dostizanja pragova štetnosti. Sjajnik se u pravilu suzbija u jednome ili dva tretiranja. Trenutno dostupne aktivne tvari registrirane za suzbijanje sjajnika u uljanoj repici u Hrvatskoj jesu deltametrin, lambda-cihalotrin, cipermetrin, esfenvalerat i acetamiprid (Fis baza, 2022.).

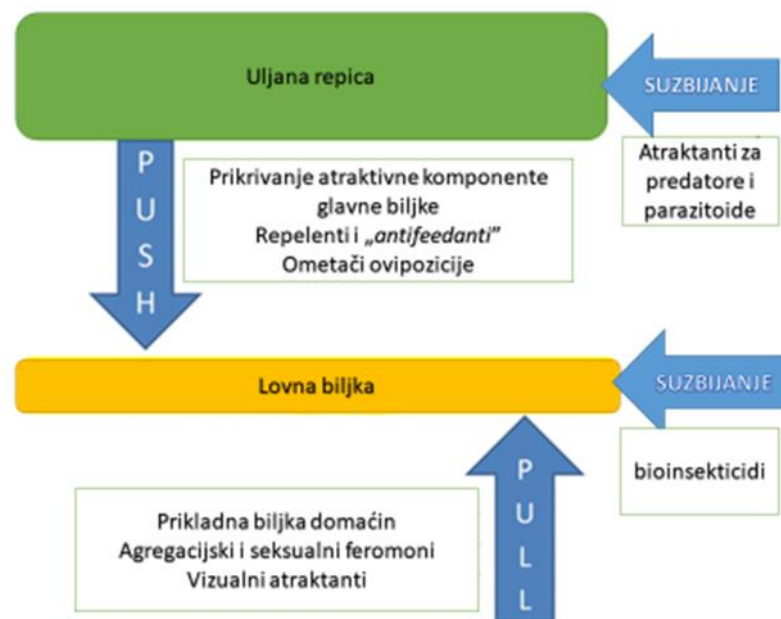
Prema Gotlin Čuljak i sur. (2016.) jedna od potencijalnih alternativnih metoda suzbijanja repičina sjajnika jeste upotreba lovničkih biljaka (*trap cropping*). Lovne biljke potrebno je uz rub polja posijati 7 – 10 dana prije uljane repice kako bi uvijek bila u višoj razvojnoj fazi i privlačila odrasle oblike repičina sjajnika. U slučaju potrebe tretiranja na ovaj način potrošilo bi se znatno manje sredstva. Također, postoji mogućnost da nije potrebno ići u tretiranje jer brojnost sjajnika na glavnoj kulturi ne prelazi prag štetnosti.

Kao lovne biljke mogu se koristiti *Brassica nigra* L., *Eruca sativa* L., *Raphanus sativus* L. ssp. *oleifera* (Veromann i sur., 2012.).

Vrlo dobra alternativa, istovremeno i nadopuna lovnim biljkama jest „push-pull“ strategija (slika 2.2.4.) čiji je glavni cilj povećati učinkovitost suzbijanja i smanjiti negativan utjecaj na okoliš. Uz lovne biljke (*pull* dio) koje privlače i zadržavaju štetnika na sebi, dodatno se odguruje štetnik od glavnog usjeva (*push* dio) (Reddy, 2016.; Juran i Gotlin Čuljak, 2019.).

Mauchline i sur. (2018.) navode kako lavandino ulje predstavlja učinkovitu *push* komponentnu u *push-pull* strategiji suzbijanja sjajnika.

Prema Hokkanen i Menzler-Hokkanen (2018.), za suzbijanje prezimljujućih oblika sjajnika u tlu mogu se koristiti bakterija *Bauveria bassiana* ((Balsamo) Vuillemin) i *Metarhizium anisopliae* (Mechnikov) Sorokin) te predatorska nematoda *Steinernema feltiae* (Filipjev, 1934).



Slika 2.2.4. „Push-pull“ strategija suzbijanja štetnika na uljanoj repici.
(Izvor: prema Mauchline i sur., 2018.)

Rezistentnost

Rezistentnost je pojava kada do sada letalne doze postaju neučinkovite. Odnosno, može se opisati kao prestanak djelotvornosti neke aktivne tvari na određenu populaciju štetnika (Gotlin Čuljak i sur., 2019.; Maceljski i sur., 2004.).

Postoji više razloga kako dolazi do rezistentnosti, no najčešće je to prekomjerno i/ili uzastopno korištenje jednih te istih sredstava za zaštitu bilja, odnosno, s istim mehanizmom djelovanja.

Prva pojava rezistentnosti repičinih sjajnika na insekticide zabilježena je 1999. godine u Francuskoj na insekticide iz skupine piretroida (Ballanger i sur., 2007.). Već 2006. godine, širom Europe utvrđene su rezistentne populacije repičina sjajnika na insekticide iz skupine sintetskih piretroida. Nedugo nakon toga u mnogim Europskim zemljama, pa tako i u Hrvatskoj, počinje monitoring rezistentnosti repičina sjajnika na piretroide. Monitoring se u 13 europskih zemalja nastavlja 2014. godine, te se dolazi do spoznaje da su u većini europskih zemalja dominantne populacije ujedno i rezistentne (Gotlin Čuljak i sur., 2017.; Stara i Kocourek, 2017.; Zimmer i Nauen, 2011.). Prvo otkriće rezistentne populacije u Hrvatskoj bilo je 2007. godine (Gotlin Čuljak i sur., 2015.).

3 Materijali i metode rada

U svrhu istraživanja učinkovitosti botaničkih insekticida na odrasle oblike repičina sjanika poljski pokus je postavljen u veljači 2022. godine na lokaciji Bošnjaci (45°03'21.4"N 18°44'21.4"E) (slika 3.1.). U pokusu su bile uključene tri varijante (indoksakarb, piretrin i azadirachtin) i netretirana kontrola, a postavljen je u četiri ponavljanja i razmješten je u polju po metodi slučajnog bloknog rasporeda .



Slika 3.1. Lokacija postavljanja pokusa.

Veličina osnovne parcele iznosila je 25 m² (5x5 m), a razmak između pojedinih osnovnih parcela iznosio je jedan metar (slika 3.2.).



Slika 3.2. Izgled pokusa i osnovne parcele u polju.

Hibrid uljane repice bio je PT 271 Pioneer posijan na međuredni razmak 25 cm, a sklop u sjetvi iznosio je 60 biljaka/m² (3,2 kg sjemena/ha).

Varijante u pokusu

Varijante korištene u pokusu zajedno sa dozama prikazane su u tablici 3.1. Kao standard korištena je aktivna tvar indoksakarb (slika 3.3.a). Prema podacima iz FIS baze (2022.), za vrijeme trajanja pokusa pripravak Sindoxa imao je dozvolu za primjenu (datum registracije 14.11.2019.; registracija važi do 19.3.2022.; krajnji rok za prodaju zaliha 31.7.2022.; krajnji rok za primjenu zaliha 19.9.2022.).

Istraživane aktivne tvari koje predstavljaju botaničke insekticide bile su piretrin (slika 3.3.b) i azadirachtin (slika 3.3.c). Aktivne tvari piretrin i azadirachtin nemaju dozvolu za suzbijanje repičina sjajnika, a korištena je njihova najviša dozvoljena doza registrirana za druge namjene.

Tablica 3.1. Varijante korištene u pokusu te njihove doze primjene.

Redni broj	Aktivna tvar	Pripravak	Doza/ha	Doza/osnovna parcela
1	netretirana kontrola	-	-	-
2	indoksakarb	Sindoxa	0,085 kg	0,21 g
3	piretrin	Asset five	0,96 l	2,4 ml
4	azadirachtin	NeemAzal	3 l	7,5 ml



Slika 3.3. Pripravci korišteni u pokusu sa aktivnim tvarima: indoksakarb (a), piretrin (b) i azadirachtin (c).

Indoksakarb

Indoksakarb je naziv za (S)-stereoizomer jer je samo on insekticidan. Prema kemijskoj pripadnosti razvrstava se u klorirane ugljikovodike. Aktivna tvar pripada skupini oksadiazinona (svrstava se u IRAC grupu 22A). LD50 iznosi 751 (III. Skupina otrovnosti). Blokiranjem kanala natrija u živčanom sustavu dovodi do poremećaja živčanih impulsa i paralize centralnog nervnog sustava što naposljetku dovodi do uginuća kukca. U tijelo prodire želučanim ili kontaktnim putem. Selektivni je insekticid koji djeluje larvicidno i ovoidno (Cvjetković i sur., 2022.).

Koristi se u suzbijanju širokog spektra kukaca: uspješno djeluje na više od 30 porodica iz najmanje 10 redova (Wing i sur., 2005.).

Piretrin

Piretrin je prirodni biljni insekticid dobiven ekstrakcijom iz biljke dalmatinskog buhača (*Tanacetum cinerariaefolium* (Trevis.) Sch. Bip.) i obojene tratinčice (*Chrysanthemum coccineum* Willd). Piretrini su smjesa šest spojeva: piretrin I i II, cinerin I i II, jasmolin I i II (Juran i sur., 2021.).

Piretrin je sekundarni metabolit koji je koncentriran u biljci ponajviše unutar cvjetnih glavica to oko 94 % u samim roškama, 2 % u cjevastim cvjetovima te 2,6 % u cvjetištu i jezičastim cvjetovima, dok se u ostatku biljnih dijelova nalazi u tragovima.

Prema Macanu i sur., (2006.) piretrin je kontaktni insekticid širokog spektra djelovanja koji djeluje na živčani sustav kukca – pobuđuje natrijeve kanale neurona i uzrokuje njihovu povećanu podražljivost što će dovesti do paralize kukca. Prema Juran i Ševar (2019.), iako vrlo brzog učinka, piretrin se u tijelu kukca može razgraditi ukoliko je prisutan u nižim koncentracijama. Kako bi se izbjegao neželjeni učinak razgradnje i prema tome povećao sam učinak, piretrini često dolaze u kombinaciji sa sinergistima od kojih je najčešći PBO (piperonil butoksid).

Piretrini su prihvatljivi za okoliš budući da se vrlo brzo razgrađuju (pod utjecajem visoke temperature, svjetla, zraka, vode) i ne nakupljaju se u podzemnim vodama (Todd i sur., 2003.).

Azadirachtin

Aktivna tvar azadirachtin jeste složena kemikalija sačinjena od preko 25 različitih, ali usko povezanih spojeva, koja djeluje kao regulator rasta i kao repelent. Dobiva se iz tropske i suptropske biljke indijskog jorgovana ili neema (*Azadirachta indica* A.Juss.), a na tržištu se može naći u dva oblika – kao ulje (iz plodova) i kao prah (od listova) (Juran i sur., 2021.).

Aktivna tvar je najviše koncentrirana u sjemenu (0,2 – 0,6%), iako se nalazi u svim biljnim dijelovima u nižim koncentracijama (Grdiša i Gršić, 2013.).

Svojstva azadirachtina koja djeluju kao regulatori rasta utječu na hormon edikson, odnosno snižavaju njegovu razinu u tijelu kukca što onemogućava završetak razvoja kukca. Kod odraslih ženki azadirachtin uzrokuje sterilnost. Dodatno, azadirachtin je vrlo dobro sredstvo za odvratanje od hranjenja („antifeedant“) za mnoge kukce (Isman, 2006.; Mordue (Luntz) i Nisbet, 2000.). Najosjetljiviji na „antifeeding“ djelovanje neema jesu leptiri, a nešto manje osjetljivi su kornjaši, stjenice i jednakokrilci (Dougoud i sur., 2019.).

Prema Juran i Ševar (2019.), preparati na osnovu neema su svi sistemičnog načina djelovanja i širokog su spektra djelovanja (oko 200 vrsta), te djeluju na sve štetnike koji grizu i sišu na biljkama.

Utvrđivanje optimalnog roka suzbijanja repičina sjajnika

Praćenje pojave i brojnosti jedinki sjajnika (slika 3.4.a i slika 3.4.b) metodom otresanja terminalnih cvatova počelo je u ožujku kada se repica nalazila u fazi 5 – 8 vidljivo ispruženih internodija na glavnoj mladici (BBCH 35 – 38). Optimalni rok tretiranja određen je otresanjem 50 terminalnih cvatova repice, te je tretiranje (preporučenim dozama) izvršeno kada su dosegnuti sljedeći pragovi štetnosti obzirom na rast biljaka (Maceljski, 2002.):

- cvjetni pupovi prekriveni lišćem, jedva se zamjećuju (BBCH 50) – 0,8-1 sjajnik/terminalnom cvatu,
- pupovi vidljivi od gore ali stisnuti i nediferencirani (BBCH 51) – 1-1,5 sjajnika/terminalnom cvatu,
- diferencijacija pojedinih pupova (BBCH 53-55) – 2-3 sjajnika/cvatu.



Slika 3.4. (a i b) Praćenje brojnosti otresanjem terminalnih cvatova.

(Izvor: J. Filipović)

Tretiranje (slika 3.5.a) je obavljeno leđnom prskalicom (slika 3.5.b) zapremnine 10 l i širinom zahvata 1,25 m. Sa jednim punjenjem bilo je moguće tretirati sva četiri ponavljanja pojedine varijante (izuzev kontrole koja nije tretirana), odnosno 100 m². Utrošak škropiva po osnovnoj parceli iznosio je 2,5 l. Poslije svake varijante, prskalica je dobro isprana vodom.



Slika 3.5. Prskanje (a) i prskalica (b).

(Izvor: J. Filipović)

Očitavanje pokusa

Rezultati su očitani nakon jednog i nakon tri dana od tretmana, i to metodom otresanja 50 terminalnih cvatova po osnovnoj parceli i brojanjem ukupnog broja repičina sjajnika. Iznimka je bila očitavanje rezultata nakon drugog tretmana kod kojega su rezultati očitani nakon 24h i nakon pet dana zbog kiše koja je spriječila odlazak u polje treći i četvrti dan nakon tretmana.

Učinkovitost je izračunata prema formuli Henderson-Tilton (Henderson i Tilton, 1955.):

% učinkovitosti = $100 \times (1 - Ta \times Cb / Tb \times Ca)$, gdje su:

Tb – broj na tretmanu prije tretiranja

Ta – broj na tretmanu nakon tretiranja

Cb – broj na kontroli prije tretiranja

Ca – broj na kontroli poslije tretiranja

Utvrđivanje oštećenja od ishrane odraslih oblika repičina sjajnika

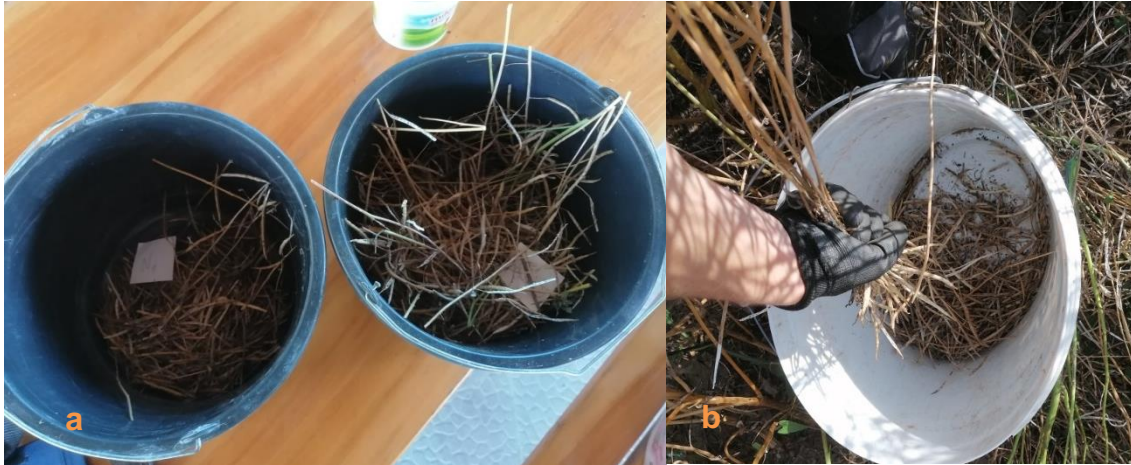
Uzorci (slika 3.6.) za pregled pupova na oštećenja uzrokovana ishranom sjajnika uzeti su sa svake pokusne parcele u fenofazi kada su pojedinačni cvjetovi glavnih cvjetnih pupova bili vidljivi, ali zatvoreni (BBCH 55). Jedan uzorak sastojao se od 20 terminalnih cvatova po osnovnoj parceli. Na svakom cvatu izbrojani su oštećeni i ukupni broj pupova. Sveukupno, pregledano je 320 cvatova te na njima 13 189 pupova.



Slika 3.6. Uzorci za pregled pupova

Utvrđivanje prinosa sjemena uljane repice

Uzorci (slika 3.7.a) za utvrđivanje prinosa uzeti su pri tehnološkoj zrelosti sjemena spremnom za žetvu (BBCH 100). Udio vlage u sjemenu iznosio je 8 %. Uzet je po jedan uzorak (10 biljaka) iz sredine svake osnovne parcele. Komuške su ručno otrgnute sa stabljika u kantice (slika 3.7.b), te je sjeme izvađeno iz njih, koje je zatim višekratno prosijano kroz sita (slika 3.8.a) različitih otvora te očišćeno i izvagano na digitalnoj kuhinjskoj vagi (slika 3.8.b).



Slika 3.7. Uzorci spremni za čišćenje i odvajanje čistog sjemena (a), te odvajanje kumuški od stabljike u polju (b).



Slika 3.8. Prosijavanje sjemena kroz sito (a) i vaganje (b).

Statistička analiza

Analiza varijance provedena je u svrhu testiranja razlike između tretiranja za učinkovitost korištenih pripravaka 24 sata te 3 i 5 dana nakon tretiranja, oštećenje pupova od ishrane odraslih oblika repičina sjajnika te prinos sjemena uljane repice, a prosjeci su uspoređeni Tukey-evim testom rangova. Podatci su statistički obrađeni računalnim programom „ARM“ (GDM Solutions, 2022.).

🔗 Rezultati i rasprava

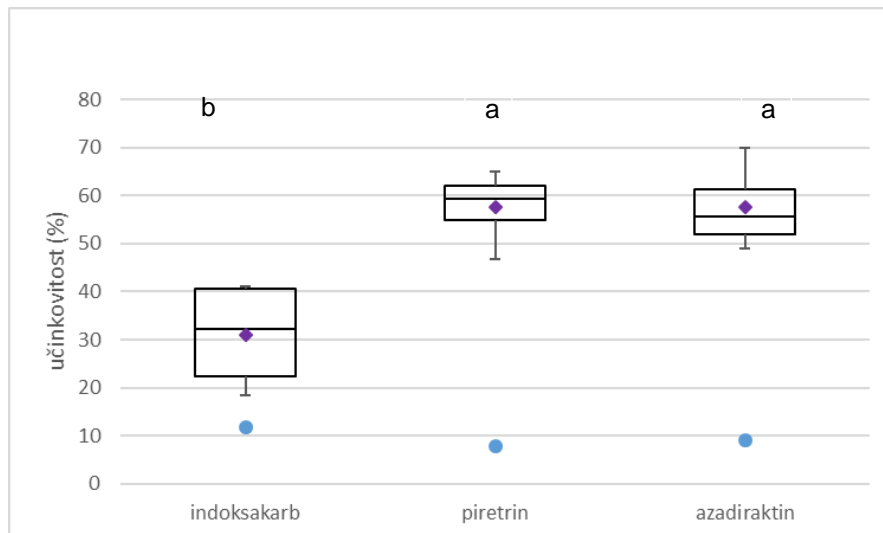
Rezultati otresanja terminalnih cvatova na svakoj osnovnoj parceli, prikazani kao prosječan broj repičina sjajnika po terminalnom cvatu, radi utvrđivanja optimalnog roka tretiranja prikazani su u tablici 4.1. za prvi i drugi rok tretiranja.

Tablica 4.1. Prosječan broj repičina sjajnika po terminalnom cvatu radi utvrđivanja optimalnog roka tretiranja.

Redni broj	Aktivna tvar	Prosječan broj sjajnika/terminalnom cvatu	
		27.3.2022.	6.4.2022.
1	kontrola	0,88	2,6
		1,32	3,68
		1,58	2,88
		0,74	2,48
2	indoksakarb	0,92	2,34
		0,98	2,54
		0,88	3,86
		0,68	2,68
3	piretrin	0,94	2,22
		1,02	3,44
		0,92	2,84
		0,74	3
4	azadirachtin	0,98	2,1
		0,8	2,16
		1,18	2,88
		0,76	1,86

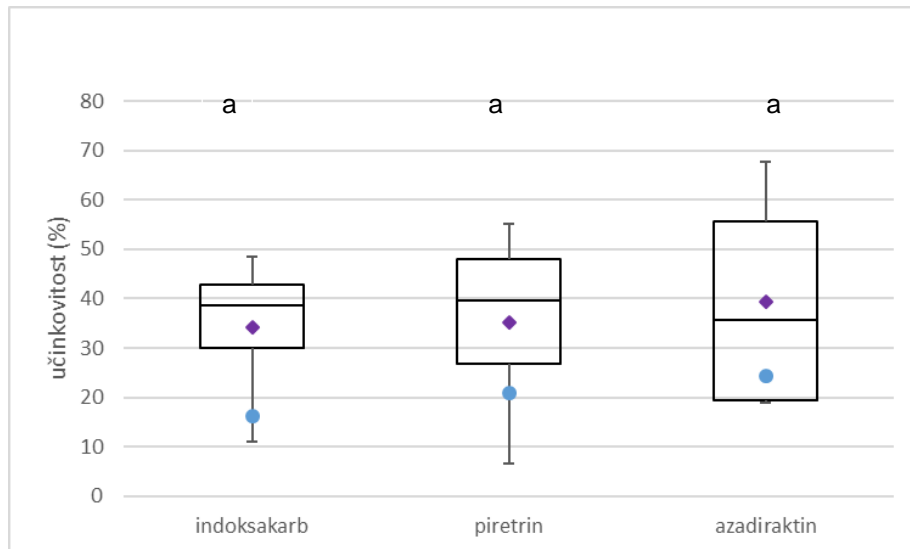
Nakon očitavanja terminalnih cvatova 27.3.2022. utvrđeno je kako je dosegnut prag štetnosti od 0,8 – 1 sjajnik/terminalnom cvatu na većini parcelica. Također, 6.4.2022. dosegnut je prag štetnosti od 2 - 3 sjajnika/terminalnom cvatu na većini parcelica. Sve osnovne parcele su tretirane iako na pojedinim nisu prijeđeni pragovi štetnosti. Problem sa sjajnikom je da se koncentrira u žarištima po parceli te stoga nije bio ujednačen kritičan broj po osnovnim parcelama. Iz navedenog razloga odlučeno je obaviti tretiranje svih osnovnih parcela kada je na većini prijeđen prag štetnosti.

Rezultati analize varijance provedene u svrhu testiranja razlika između tretiranja za učinkovitost korištenih pripravaka, 24 sata nakon prvog tretiranja, prikazani su slikom 4.1. Statističkom obradom podataka za testiranje razlika između tretiranja za učinkovitost korištenih pripravaka na odrasle oblike repičina sjajnika, 24 sata nakon prvog tretiranja, utvrđena je značajna razlika između tretiranja ($F = 0,029$; $P < 0,0001$).



Slika 4.1. Rezultati analize varijance za učinkovitost (%) korištenih pripravaka, 24 sata nakon prvog tretiranja, na odrasle oblike repičina sjajnika (za svako tretiranje prikazan je gornji i donji kvartil te minimalna i maksimalna vrijednost; središnja linija označava medijanu, romb srednju vrijednost, a krug standardnu devijaciju; rangovi koji nisu povezani istim slovom značajno su različiti).

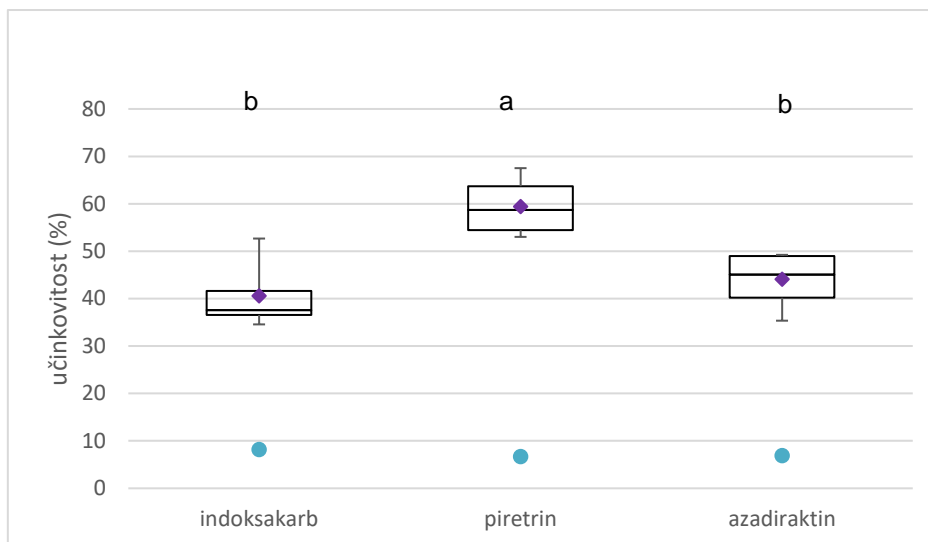
Rezultati analize varijance provedene u svrhu testiranja razlika između tretiranja za učinkovitost korištenih pripravaka, 3 dana nakon prvog tretiranja, prikazani su slikom 4.2. Statističkom obradom podataka za testiranje razlika između tretiranja za učinkovitost korištenih pripravaka na odrasle oblike repičina sjajnika, 3 dana nakon prvog tretiranja, utvrđena je značajna razlika između tretiranja ($F = 5,320$; $P < 0,0001$).



Slika 4.2. Rezultati analize varijance za učinkovitost (%) korištenih pripravaka, 3 dana nakon prvog tretiranja, na odrasle oblike repičina sjajnika (za svako tretiranje prikazan je gornji i donji kvartil te minimalna i maksimalna vrijednost; središnja linija označava medijanu, romb srednju vrijednost, a krug standardnu devijaciju; rangovi koji nisu povezani istim slovom značajno su različiti).

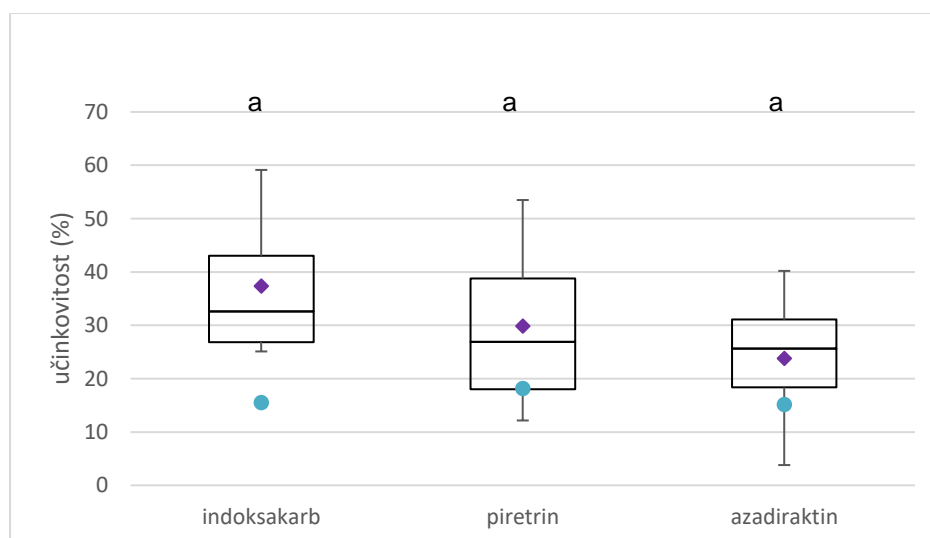
Bolju učinkovitost, 24 sata nakon prvog tretiranja, pokazuju aktivne tvari piretrin i azadiraktin nego indoksakarb te je razlika statistički opravdana. Učinkovitost botaničkih insekticida iznosila je između 50 i 60 %, dok je indoksakarba iznosila 32 %. Tri dana nakon prvog tretiranja sve korištene aktivne tvari pokazuju podjednaku učinkovitost, te nema opravdanih razlika između istih (učinkovitost varira između 30 i 40 %).

Rezultati analize varijance provedene u svrhu testiranja razlika između tretiranja za učinkovitost korištenih pripravaka, 24 sata nakon drugog tretiranja, prikazani su slikom 4.3. Statističkom obradom podataka za testiranje razlika između tretiranja za učinkovitost korištenih pripravaka na odrasle oblike repičina sjajnika, 3 dana nakon prvog tretiranja, utvrđena je značajna razlika između tretiranja ($F = 1,562$; $P < 0,0001$).



Slika 4.3. Rezultati analize varijance za učinkovitost (%) korištenih pripravaka, 24 sata nakon drugog tretiranja, na odrasle oblike repičina sjajnika (za svako tretiranje prikazan je gornji i donji kvartil te minimalna i maksimalna vrijednost; središnja linija označava medijanu, romb srednju vrijednost, a krug standardnu devijaciju; rangovi koji nisu povezani istim slovom značajno su različiti).

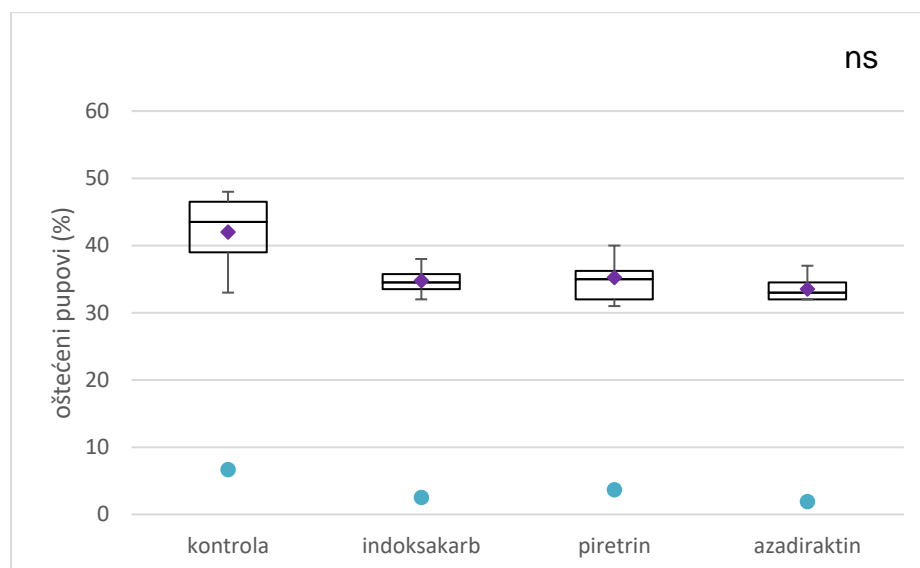
Rezultati analize varijance provedene u svrhu testiranja razlika između tretiranja za učinkovitost korištenih pripravaka, 5 dana nakon drugog tretiranja, prikazani su slikom 4.4. Statističkom obradom podataka za testiranje razlika između tretiranja za učinkovitost korištenih pripravaka na odrasle oblike repičina sjajnika, 5 dana nakon prvog tretiranja, utvrđena je značajna razlika između tretiranja ($F = 4,616$; $P < 0,0001$).



Slika 4.4. Rezultati analize varijance za učinkovitost (%) korištenih pripravaka, 5 dana nakon prvog tretiranja, na odrasle oblike repičina sjajnika (za svako tretiranje prikazan je gornji i donji kvartil te minimalna i maksimalna vrijednost; središnja linija označava medijanu, romb srednju vrijednost, a krug standardnu devijaciju; rangovi koji nisu povezani istim slovom značajno su različiti).

Najbolja učinkovitost, 24 sata nakon drugog tretiranja, postignuta je s aktivnom tvari piretrin (60 % učinkovitosti) koja se opravdano razlikuje od ostalih korištenih aktivnih tvari. Azadirachtin (45 % učinkovitosti) i indoksakarb (40 % učinkovitosti) međusobno se opravdano ne razlikuju. Najbolja učinkovitost, 5 dana od tretiranja, postignuta je sa indoksakarbom (38 % učinkovitosti), iako se statistički značajno ne razlikuje od botaničkih insekticida čija je učinkovitost varirala između 25 i 30 %.

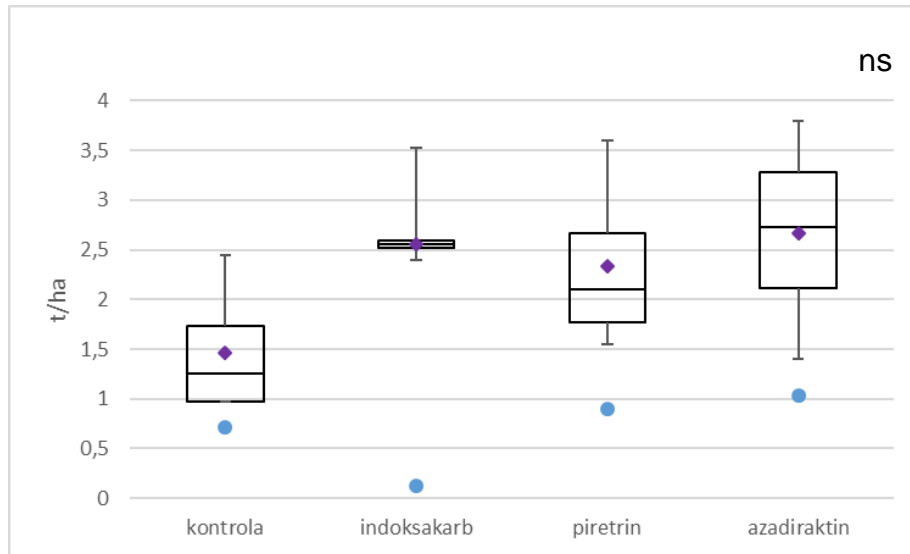
Rezultati analize varijance provedene u svrhu testiranja razlika između tretiranja za oštećenje pupova uljane repice od ishrane odraslih oblika repičina sjajnika prikazani su slikom 4.5. Statističkom obradom podataka za testiranje razlika između tretiranja za oštećenje pupova uljane repice od ishrane odraslih oblika repičina sjajnika, nisu utvrđene značajne razlike.



Slika 4.5. Rezultati analize varijance testiranja razlika između tretiranja za oštećenje pupova uljane repice od ishrane odraslih oblika repičina sjajnika (za svako tretiranje prikazan je gornji i donji kvartil te minimalna i maksimalna vrijednost; središnja linija označava medijanu, romb srednju vrijednost, a krug standardnu devijaciju; rangovi koji nisu povezani istim slovom značajno su različiti).

Nema statistički opravdane razlike u oštećenju pupova između varijanti tretiranih botaničkim i varijanti tretirani kemijskim insekticidima (32 – 35 % oštećenih pupova). No, utvrđena je veća razlika između tretiranih varijanti i netretirane kontrole gdje su oštećenja za 10 % viša (postotak oštećenja na kontroli iznosi 42 %).

Rezultati analize varijance provedene u svrhu testiranja razlika između tretiranja za prinos sjemena uljane repice prikazani su slikom 4.6. Statističkom obradom podataka za testiranje razlika između tretiranja za prinos sjemena uljane repice, nisu utvrđene značajne razlike.



Slika 4.6. Rezultati analize varijance testiranja razlika između tretiranja za prinos sjemena uljane repice (za svako tretiranje prikazan je gornji i donji kvartil te minimalna i maksimalna vrijednost; središnja linija označava medijanu, romb srednju vrijednost, a krug standardnu devijaciju; rangovi koji nisu povezani istim slovom značajno su različiti).

Postignuti prinos na netretiranoj kontroli iznosi 1,4 t/ha, na varijanti indoksakarb 2,5 t/ha, varijanti piretrin 2,4 t/ha te na varijanti azadiraktin 2,6 t/ha. Iako se visina prinosa tretiranih varijanti i netretirane kontrole statistički opravdano ne razlikuje, u praksi je ta razlika značajna jer je preračunati prinos na tretiranim varijantama viši za minimalno jednu tonu po hektaru. Prinosi na tretiranim varijantama razlikuju se u 200 – 400 kg/ha.

Prekomjernim korištenjem pesticida došlo je do akumulacije toksičnih spojeva u hrani, tlu, zraku i vodama ali i do razvoja rezistentnosti štetnika na iste. U želji za povećanjem proizvodnje hrane za rastuću ljudsku populaciju, ali i želji za smanjenjem zagađenja okoliša, povećanju kvalitete tla, te povećanju sigurnosti hrane, dobra alternativa u zaštiti bilja od štetnih insekata jesu botanički insekticidi koji predstavljaju manji rizik za sigurnost hrane, zdravlje ljudi i zagađenje okoliša (Campos i sur., 2018.). Zbog navedenih razloga razvijene zemlje uvode mnoge restriktivne mjere po pitanju korištenja sintetskih pesticida. Također ulažu u istraživanja ekološki prihvatljivih pripravaka za suzbijanje štetnih insekata (Isman i Grieneisen, 2014.). Botanički pripravci dugo su smatrani dobrim alternativama za kemijske pripravke zbog male opasnosti za zdravlje čovjeka i čitave prirode (Isman, 2006.). Oni su jedno od nekoliko rješenja suzbijanja kukaca u organskoj proizvodnji (Isman, 2008.). Europske unija, koja je restriktivna po pitanju registracije sredstava za zaštitu bilja, u pravilu dozvoljava (ovisno o pojedinim državama) uporabu piretrina, neema, rotenona, nikotina i esencijalnih ulja (Isman, 2006.). Danas je poznato gotovo 200 biljaka s insekticidnim svojstvima, ali nažalost samo nekoliko njih je pravilno procijenjeno (Pavela, 2004.).

Ekstrakti botaničkog porijekla mogu biti visoko učinkoviti, sa višekratnim mehanizmima djelovanja, a u isto vrijeme biti slabo otrovni za ne ciljane organizme (Campos i sur., 2018.). Uz insekticidno i repelentno djelovanje, mogu djelovati kao regulatori rasta kukaca, ali i biti toksični za grinje, nematode, puževe i ostale štetne organizme u biljnoj proizvodnji kao što su gljive i bakterije (Korunić i Rozman, 2012.; Gvozdenac i sur., 2013.; De Oliveria i sur., 2014.; Isman i Grieneisen, 2014.). Neki prirodni insekticidi mogu jačati otpornost biljaka i kao takvi preventivno spriječiti veće štete (Šubić, 2021.). Kombinacijom korištenja dijatomejske zemlje i botaničkih insekticida znatno se usporava razvoj rezistentnosti, a metoda se kao takva izvrsno uklapa u integriranu zaštitu bilja koja ne narušava ekološki balans (Lucić i sur., 2019.).

Aktivne tvari botaničkih insekticida vrlo se brzo razgrađuju u prirodi te je stoga spriječena mogućnost zadržavanja rezidua u tlu i hrani i toksičnost za ne ciljane organizme (Pavela, 2016.). Brza razgradnja, koja je povoljna s gledišta zdravlja ljudi i okoliša ujedno je i nedostatak biljnih pripravaka. Pripravci su smanjenog vremena djelovanja i slabije djelotvornosti u odnosu na sintetske piretroide (Liška i sur., 2015.).

Nedostaci botanički pripravaka su i što su skuplji od sintetskih, a mnogi niti nisu komercijalno dostupni. Također, nikotin i rotenon su za ljude i ribe otrovni (Liška i sur., 2015.).

U laboratorijskim pokusima 2020. godine botanički insekticidi proučeni su na populacijama repičina sjajnika sakupljenih sa 8 lokaliteta u Hrvatskoj te su polučili nadprosječne rezultate (60 – 100 % učinkovitost azadirachtina, 70 – 100 % učinkovitost piretrina) (Juran i sur., 2021.). U laboratorijskim istraživanjima učinkovitosti azadirachtina na repičina sjajnika nije postignut zadovoljavajući učinak. Učinkovitost je varirala ovisno o preventivnom (oko 10 %) ili kurativnom (oko 30 %) načinu primjene. U poljskom pokusu azadirachtin (primijenjen u punoj dozi za druge namjene) je pokazao samo djelomičan učinak (Dorn i sur., 2013.). Uspoređujući rezultate navedenih radova i rezultate ovoga rada, može se zaključiti kako botanički insekticidi imaju promjenjivo djelovanje, posebice ukoliko su primjenjivani u polju. Zadovoljavajući rezultati, slični rezultatima u ovome radu, postignuti su u poljskim ispitivanjima u kojima su kućni pripravci na bazi biljke neem (od lišća, sjemena, sjemene pogače i neformuliranog ulja) uspješno suzbili kukce iz reda Hemiptera, Lepidoptera, Thysanoptera i Blatodea. Učinkovitost je u 15 od ukupno 18 ispitivanja značajno bolja od netretirane kontrole. Učinkovitost na kukce iz reda leptira postignuta je u 7 od 8 ispitivanja, a u svih 9 ispitivanja u kojima je praćena visina prinosa, postignut je viši prinos na varijantama u kojima je korišten neem. Navedeni rezultati ispitivanja prikazuju vrlo dobru

učinkovitost azadirachtina i potencijal istoga u zaštiti bilja (Dougoud i sur., 2019.). Dobra učinkovitost azadirachtina postignuta je laboratorijskim pokusom u kojemu je tretiran žitni žižak (*Sitophilus granarius* L.). Naime, azadirachtin je nakon 3 dana od tretmana pokazao visoku učinkovitost (89 – 100 %), višu nego nakon 24 sata od tretiranja (Jantolek i Čačija, 2020.). Rezultati su suprotni onima iz ovoga rada gdje je viša učinkovitost očitana 24 sata nakon tretmana. Prilikom testiranja ekološki prihvatljivih insekticida za suzbijanje ličinki krumpirove zlatice (*Leptinotarsa decemlineata* L.) u poljskim uvjetima, učinkovitost azadirachtina (primijenjenog u dozi od 2,5 l/ha) iznosila je 51,20 %, što je vrlo slično postignutoj učinkovitosti u ovome radu (pri dozi od 3 l/ha). Proglašen je nezadovoljavajući učinak budući da su aktivne tvari kemijskog porijekla polučili puno bolji rezultat (Čačija i sur., 2018.). Kako je piretrin u ovome istraživanju polučio najbolji rezultat (oko 60 %), isti se može unaprijediti dodavanjem sinergista i diatomejske zemlje. Naime, najbolji učinak na rižinog žiška (*Sitophilus oryzae* L.) i kestenjastog brašnara (*Tribolium castaneum* L.) u laboratorijskim uvjetima, postignut je korištenjem formulacije koja je mješavina piretrina, sinergista (piperonil butoksid) i diatomejske zemlje (Kalinović i sur., 2011.). Suprotan učinku u ovome radu, bolji rezidualni nego inicijalni učinak piretrina zabilježen je u istraživanju učinkovitosti prirodnih insekticida na odrasle oblike vrste *Orius indisiosus* L. (Cloyd i Herrick, 2018.). Gemmeda i Ayalew (2016.) utvrdili su poljskim pokusom kako piretrin i azadirachtin uspješno suzbijaju graškovu lisnu uš (*Acyrtosiphon pisum* (Harris)) u grašku. Iako statističke razlike u visini prinosa između navedenih varijanti nema, viši prinos (170 kg/ha) postignut je na varijanti azadirachtin što pokazuje sličnost ovome radu (statističke razlike također nema, ali je na varijanti azadirachtin izmjeren za 200 kg/ha viši prinos nego na varijanti piretrin).

Budući da su nestabilni, botaničke insekticide potrebno je primijeniti u pravome trenutku, odnosno pri prelasku pragova štetnosti. Na taj način iskoristiti će se njihov puni insekticidni i repelentni potencijal. Botanički insekticidi dobra su alternativa do sada često korištenim kemijskim, ne samo zbog zadovoljavajuće učinkovitosti nego i zbog ekološke prihvatljivosti koja danas predstavlja bitan čimbenik u poljoprivrednoj proizvodnji. Također, botanički insekticidi predstavljaju potencijal za suzbijanje drugih štetnih organizama kao što su grinje, nematode, puževi i slično.

5 Zaključci

Temeljem dobivenih rezultata može se zaključiti sljedeće:

- aktivne tvari botaničkih insekticida pokazuju bolju učinkovitost u usporedbi sa sintetskim insekticidima 24h od tretiranja, dok je nakon dužeg vremena (3 dana) učinkovitost podjednaka kemijskim insekticidima,
- aktivna tvar piretrin polučila je nešto bolji učinak (55 – 62 %) od aktivne tvari azadirachtin (40 – 60 %),
- botanički insekticidi pokazali su bolju učinkovitost od kemijskog standarda (indoksakarb),
- nisu utvrđene statistički opravdane razlike u oštećenju pupova između varijanti tretiranih botaničkim i varijanti tretiranih kemijskim insekticidima,
- nema statistički opravdane razlike u visini prinosa između tretiranih varijanti,
- iako statističke razlike u oštećenju pupova i visini prinosa nema, razlika postoji, a ona je u praksi ona vrlo izražena jer na tretiranim varijantama pupovi su za oko 10 % manje oštećeni te je postignut viši prinos (t/ha više) nego na netretiranoj kontroli,
- botanički insekticidi dobra su alternativa kemijskim insekticidima, prihvatljivi su za suzbijanje repičina sjajnika i u kombinaciji s ostalim, nekemijskim alternativnim, mjerama može se postići uspješna zaštita uljane repice od repičina sjajnika.

F Popis literature

1. Ballanger Y., Detourne D., Delorme R., Pinochet X. (2007). France, difficulties to manage insect pests of winter oilseed rape (*Brassica napus* var. *oleifera*): Resistances to insecticides. Rapeseed Congress, Wuhan, China. 4: 276 – 279.
2. Bažok R., Lemić D. (2017). Rezistentnost štetnika na insekticide. *Glasiilo biljne zaštite* 17(5), 429 – 438. Preuzeto s <https://hrcak.srce.hr/189218>
3. Berry P. M., Spink J. H. (2006). A physiological analysis of oilseed rape yields: Past and future. *The Journal of Agriculture Science* 144 (5): 381 – 392.
4. CABI. (2022). Invasive Species Compendium. Detailed coverage of invasive species threatening livelihoods and the environment worldwide. <https://www.cabi.org/isc/datasheet/33259#toDistributionMaps> (pristup 18.7.2022.)
5. Čačija M., Drmić Z., Virić Gašparić H., Lemić D., Mrganić M., Bažok, R. (2018). Ekološki prihvatljivije metode i insekticidi za suzbijanje krumpirove zlatice. 62. seminar biljne zaštite, Hrvatsko društvo biljne zaštite, 06.-09.02.2018., Zagreb, Hrvatska, str. 35 – 36.
6. Campos E. V. R., Proença, P. L. F., Oliveira J. L., Bakshi M., Abhilash, P. C., Fraceto L. F. (2018). Use of botanical insecticides for sustainable agriculture: Future perspectives. *Ecological Indicators*. doi:10.1016/j.ecolind.2018.04.038
7. Cloyd R. A., Herrick N. J. (2018). Effects of Pesticides on the Survival of Rove Beetle (Coleoptera: Staphylinidae) and Insidious Flower Bug (Hemiptera:Anthocoridae) Adults. *Journal of economic entomology*. 111 (1), 78 - 88. Doi: 10.1093/jee/tox280
8. Cvjetković B., Igrac Barčić J., Barić K., Čosić J., Radić A., Mikac M., Sever Z., Šimala M. (2022). Pregled sredstava za zaštitu bilja u Hrvatskoj za 2022. godinu. *Glasiilo biljne zaštite*, 22, 1-2, 82-85.
9. De Oliveria J.L., Campos E.V.R., Bakshi M., Abhilash P.C., Fraceto L.F. (2014). Application of nanotechnology for the encapsulation of botanical insecticides for sustainable agriculture: Prospects and promises. *Biotechnology Advances*, 32(8), 1550–1561. 10.1016/j.biotechadv.2014.10.010
10. Dorn B., Jossi W., Humphrys C., Hiltbrunner J. (2013). Screening of natural products in the laboratory and the field for control of pollen beetles. *Journal of Applied Entomology*, 138(1-2), 109–119. Doi: 10.1111/jen.12086
11. Dougoud J., Toepfer S., Bateman M., Jenner W.H. (2019). Efficacy of homemade botanical insecticides based on traditional knowledge. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 39 (37). <https://doi.org/10.1007/s13593-019-0583-1>
12. DZZS - a. (2022). Državni zavod za statistiku Republike Hrvatske, Zagreb. Prva procjena površina važnijih usjeva u 2022. <https://podaci.dzs.hr/2022/hr/29378> (pristup 5.7.2022.)
13. DZZS - b. (2022). Državni zavod za statistiku Republike Hrvatske, Zagreb. Jesenska sjetva, stanje 10. Studenoga 2021. <https://podaci.dzs.hr/2021/hr/10136> (pristup 5.7.2022.)

14. EPPO. (2022). EPPO global database. <https://gd.eppo.int/taxon/BRSNN> (pristup 18.7.2022.)
15. FAOSTAT. (2020). Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL> (pristup 6.7.2022.)
16. Fauna Europea. (2022). Fauna Europea – All Europaea animal species online. <https://fauna-eu.org/> (pristup 6.7.2022.)
17. Fis baza. (20220). Fis baza - popis registriranih sredstava za zaštitu bilja. Ministarstvo poljoprivrede RH. <https://fis.mps.hr/trazilicaszb/> (pristupljeno 18.7.2022.)
18. GDM Solutions. (2022). GDM Solutions - Providing an Industry Standard Software for Research. <https://gdmdata.com/> (pristup 12.9.2022.)
19. Gemmeda L., Ayalew G. (2016). Efficacy of Botanical Insecticides against the Pea Aphid, *Acyrtosiphon pisum* (Harris) and Effect on Some of Its Natural Enemies on Field Pea in South Central Ethiopia. *Science, Technology and Arts Research Journal*, 4(2), 53 - 58. <https://doi.org/10.4314/star.v4i2.7>
20. 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*, 15 (6), 411-418. Preuzeto s <https://hrcak.srce.hr/169501>
21. 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. Preuzeto s <https://hrcak.srce.hr/169027>
22. Gotlin Čuljak T., Juran I. (2014). Raznolikost vrsta potporodice Meligethinae u usjevima uljane repice u Hrvatskoj. *Glasilo biljne zaštite*, 14 (6), 443-449. Preuzeto s <https://hrcak.srce.hr/169304>
23. Gotlin Čuljak T., Juran I. (2016). Poljoprivredna entomologija - Sistematika kukaca. Radin, Zagreb.
24. Gotlin Čuljak T., Juran I., Grubišić D., Uglješić I. i Šinjur H. (2017). Razvoj rezistentnosti repičina sjajnika na piretroide u europskim zemljama. *Glasilo biljne zaštite*, 17 (5), 446-454. Preuzeto s <https://hrcak.srce.hr/189220>
25. Gotlin Čuljak T., Pernar R., Juran I., Ančić M., Bažok, R. (2016). Impact of oilseed rape crop management systems on the spatial distribution of *Brassicogethes aeneus* (Fabricius 1775): Implications for integrated pest management. *Crop Protection*, 89, 129–138. doi:10.1016/j.cropro.2016.07.017
26. Gotlin Čuljak T., Uglješić I., Rozman V., Juran I., Bažok R., Ivić D., Barić K. (2019). Što poljoprivredni proizvođači znaju o problemu rezistentnosti?. *Glasilo biljne zaštite*, 19 (4), 452-458. Preuzeto s <https://hrcak.srce.hr/237100>
27. Grdiša M., Gršić K. (2013). Botanical insecticides in plant protection. *Agriculturae Conspectus Scientificus*, 78 (2): 85 – 93
28. Gvozdenac S., Inđić D., Vuković S., Šunjka D., Miletić V. (2013). Botanički insekticidi i njihova primena u zaštiti biljaka. *Biljni lekar*, 41 (5), 548-556.

29. Henderson C.F., Tilton E.W. (1955). Tests with Acaricides against the Brown Wheat Mite. *Journal of Economic Entomology*, 48 (2), 157-161. 10.1093/jee/48.2.157
30. Hokkanen H. M. T., Menzler-Hokkanen I. (2018). Developing ecostacking techniques for pollen beetle management in oilseed rape. *Arthropod-Plant Interactions*, 12(6), 767–777. Doi:10.1007/s11829-018-9650-9
31. Isman M. B., Grieneisen M. L. (2014). Botanical insecticide research: many publications, limited useful data. *Trends in Plant Science*, 19 (3), 140–145. Doi:10.1016/j.tplants.2013.11.00510.1016/j.tplants.2013.11.005
32. Isman M.B. (2006). Botanical insecticides, deterrents, and repellents in modern agriculture and an increasingly regulated world. *Annual Review of Entomology*, 51 (1), 45–66. <http://dx.doi.org/10.1146/annurev.ento.51.110104.151146>.
33. Isman M.B. (2008). Botanical Insecticides. In: Capinera, J.L. (eds) *Encyclopedia of Entomology*. Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-6359-6_419
34. Jantolek L., Čačija M. (2020). Mogućnost suzbijanja žitnog žiška ekološki prihvatljivim insekticidima. U: Bažok, R. (ur.) Zbornik sažetaka 64. Seminara biljne zaštite, 73 - 73
35. Juran I., Lemić D., Kadoić B., Gotlin Čuljak T. (2021). Učinkovitost botaničkih insekticida na odrasle oblike repičina sjajnika (*Brassicogethes aeneus*). Zbornik radova 56. hrvatskog i 16. međunarodnog simpozija agronoma, Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet, 5.-10.9.2021, Vodice, Hrvatska, str 181 -182.
36. Juran I., Ševar M. (2019). Botanički pripravci. U: Urbano biovrtlarstvo (Gotlin Čuljak i sur.). Agronomski fakultet, Sveučilište u Zagrebu, 162 – 164.
37. Juran I., Šumić K. i Čačija M. (2021). Mogućnosti suzbijanja cvjetnog štitastog moljca prirodnim neprijateljima i botaničkim insekticidima. *Glasilo future*, 4 (4), 1-21. <https://doi.org/10.32779/gf.4.4.1>
38. Juran, I. i Gotlin Čuljak, T. (2019). Nekemijske mjere suzbijanja štetnih organizama. *Glasilo biljne zaštite*, 19 (5), 559-564. Preuzeto s <https://hrcak.srce.hr/237173>
39. Juras I. (2008). Kombajniranje uljane repice. *Glasnik zaštite bilja*, 31 (4), 60-66. Preuzeto s <https://hrcak.srce.hr/164051>
40. Kalinović I., Korunić Z., Rozman V., Liška A. (2011). Djelotvornost dijatomejske zemlje I mješavina dijatomejske zemlje I piretrina. *Poljoprivreda*, 17 (2), 13-17. Preuzeto s <https://hrcak.srce.hr/75831>
41. Korunić Z., Rozman V. (2012). Biljni insekticidi. Zbornik radova seminara “DDD i ZUPP 2012”, Korunić d.o.o. Zagreb, 20. - 23.3.2012., Split, Hrvatska.
42. Liška A., Rozman V., Korunić Z., Halamić J., Galović I., Lucić P., Baličević R. (2015). The potential of Croatian diatomaceous earths as grain protectant against three storedproduct insects. *IOBC/WPRS bulletin*, 111, 107-113.
43. Lucić P., Ravlić M., Rozman V., Liška A., Baličević R. (2019). Dijatomejska zemlja i botanički insekticidi u suzbijanju skladišnih kukaca. Zbornik radova 54. hrvatskog i 14. međunarodnog simpozija agronoma, Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet, 17. – 22.2.2019., Vodice, Hrvatska, str. 65-69.

44. Macan J., Varnai V. M., Turk R. (2006). Zdravstveni učinci piretrina i piretroida. *Arhiv za higijenu rada i toksikologiju*, 57(2), 237-243.
45. Macelj M. (1999). Poljoprivredna entomologija. Zrinski d.d., Čakovec.
46. Macelj M. (2002). Poljoprivredna entomologija, 2. dopunjeno izdanje. Zrinski d.d., Čakovec.
47. Macelj M., Cvjetković B., Ostojić Z., Igrc Barčić J., Pagliarini N., Oštrec Lj., Barić K., Čizmić I. (2004). Štetočinje povrća s opsežnim prikazom zaštite povrća od štetnika, uzročnika bolesti i korova, Znanje, Zagreb
48. Mauchline A.L., Hervé M.R., Cook S.M. (2018). Semiochemical-based alternatives to synthetic toxicant insecticides for pollen beetle management. *Arthropod-Plant Interactions* 12, 835–847. <https://doi.org/10.1007/s11829-017-9569-6>
49. Mordue (Luntz) A. J., Nisbet A. J. (2000). Azadirachtin from the neem tree *Azadirachta indica*: its action against insects. *Anais Da Sociedade Entomológica Do Brasil*, 29(4), 615–632. doi:10.1590/s0301-80592000000400001
50. Pavela R. (2004.). Insecticidal activity of certain medicinal plants. *Fitoterapia* 17, 745–749 [10.1016/j.fitote.2004.08.005](https://doi.org/10.1016/j.fitote.2004.08.005)
51. Pavela R. (2016). History, Presence and Perspective of Using Plant Extracts as Commercial Botanical Insecticides and Farm Products for Protection against Insects – a Review. *Plant Protect. Sci.*, 52(4), 229-241. Preuzeto s: <https://doi.org/10.17221/31/2016-PPS>
52. Pospíšil A., Pospíšil M., Gvozdić D. (2014). Specijalno ratarstvo. Udžbenik za srednje poljoprivredne škole. Zrinski d.d., Čakovec.
53. Pospíšil M. (2013). Ratarstvo II. dio – industrijsko bilje. Zrinski d.d., Čakovec
54. Pospíšil M. (2014). Sjetva uljane repice. *Glasnik zaštite bilja*, 37 (4), 77-80. Preuzeto s <https://hrcak.srce.hr/162638>
55. Pospíšil M. (2018). sjetva uljane repice. *Gospodarski list*. Broj 15 od 15.8.2018. <https://gospodarski.hr/rubrike/ratarstvo-rubrike/sjetva-uljane-repice/> (pristup 6.7.2022.)
56. Reddy P.P. (2016). Push–Pull Strategy. Sustainable Intensification of Crop Production. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-10-2702-4_21
57. Reform Support. (2022). Europska komisija – Službene internetske stranice Europske Unije. https://ec.europa.eu/info/index_hr (pristup 7.7.2022.)
58. Skellern M. P., Cook S. M. (2017). The potential of crop management practices to reduce pollen beetle damage in oilseed rape. *Arthropod-Plant Interactions* , 12, 867–879. Preuzeto s <https://doi.org/10.1007/s11829-017-9571-z>
59. Stara J., Kocourek F. (2017). Seven-year monitoring of pyrethroid resistance in the pollen beetle (*Brassicogethes aeneus* F.) during implementation of insect resistance management. *Pest Management Science*, 74 (1), 1-255. <https://doi.org/10.1002/ps.4695>
60. Statistički ljetopis Republike Hrvatske. (2018). Požnjevena površina I proizvodnja važnijih usjeva u RH. <https://web.dzs.hr/arhiva.htm> (pristup 6.7.2022.)

61. Šubić M. (2021). Novi trendovi u zaštiti povrća. *Gospodarski list*. Broj 21 od 15.11.2021. <https://gospodarski.hr/rubrike/zastita-bilja/novi-trendovi-u-zastiti-povrca/> (pristup 11.7.2022.)
62. Todd G. D., Wohlers D., Citra M. (2003). Toxicology Profile for Pyrethrins and Pyrethroids', Department of Health and Human Services, Agency for Toxic Substances and Disease Registry, Department of Health and Human Services. Atlanta, GA, U.S
63. Veromann E., Metspalu L., Williams I.H., Hiiesaar K., Mand M., Kaasik R., Kovács G., Jogar K., Svilponis E., Kivimagi I., Ploomi A., Luik A. (2012). Relative attractiveness of *Brassica napus*, *Brassica nigra*, *Eruca sativa* and *Raphanus sativus* for pollen beetle (*Meligethes aeneus*) and their potential for use in trap cropping. *Arthropod-Plant Interactions* 6, 385–394 <https://doi.org/10.1007/s11829-012-9191-6>
64. Wing K.D., Andaloro J.T., McCann S.F., Salgado V.L. (2005). Indoxacarb and the Sodium Channel Blocker Insecticides: Chemistry, Physiology, and Biology in Insects. *Comprehensive Molecular Insect Science*, 6(2005), 31-53. <https://doi.org/10.1016/B0-44-451924-6/00070-3>
65. Zimmer C., 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), 493-608. <https://doi.org/10.1002/ps.2137>

Životopis

Filipović Hrvoje rođen je u Slavonskom Brodu 15. listopada 1998. godine. Od 2005. do 2013. godine pohađao je osnovnu školu Ivana Kozarca u Županji, te nakon toga, od 2013. do 2017. godine pohađa Obrtničko-industrijsku školu u Županji, smjer poljoprivredni tehničar – fitofarmaceut. Nakon položene mature 2017. godine upisuje Agronomski fakultet u Zagrebu, smjer Zaštita bilja te ga završava s posebnom pohvalom uz diplomu „cum laude“ 2020. godine, te iste godine upisuje diplomski studij Fitomedicina. Tijekom školovanja sudjelovao je na raznim natjecanjima između kojih je 2017. godine, na XV državnom natjecanju u disciplini „Agro“ osvojio 5. mjesto. 2021. godine dobitnik je nagrade Zaklade Agronomskog fakulteta u iznosu od 5000 kn. Sudjelovanjem na edukaciji „Start up i strateško planiranje“, 2022. godine dobiva certifikat od firme Georg d.o.o. Zagreb. Od stranih jezika govori engleski (B1 stupanj u razumijevanju, čitanju, govoru i pisanju).