



Sveučilište u Zagrebu
AGRONOMSKI FAKULTET

Milorad Vojvodić

**UČINCI ZABRANE NEONIKOTINOIDA
NA POJAVU ŠTETNIKA U RATARSKOJ
PROIZVODNJI S POSEBNIM OSVRTOM
NA STANJE PČELINJIH ZAJEDNICA**

DOKTORSKI RAD

Zagreb, 2024.



University of Zagreb

FACULTY OF AGRICULTURE

Milorad Vojvodić

**EFFECTS OF THE BAN OF
NEONICOTINOIDS IN THE FIELD CROP
PRODUCTION ON PESTS
OCCURRENCE, WITH SPECIAL
EMPHASIS ON THE CONDITION OF BEE
COLONIES**

DOCTORAL THESIS

Zagreb, 2024



Sveučilište u Zagrebu

AGRONOMSKI FAKULTET

Milorad Vojvodić

**UČINCI ZABRANE NEONIKOTINOIDA
NA POJAVU ŠTETNIKA U RATARSKOJ
PROIZVODNJI S POSEBNIM OSVRTOM
NA STANJE PČELINJIH ZAJEDNICA**

DOKTORSKI RAD

Mentori:

Prof. dr. sc. Renata Bažok

Prof. dr. sc. Dragan Bubalo

Zagreb, 2024.



University of Zagreb

FACULTY OF AGRICULTURE

Milorad Vojvodić

**EFFECTS OF THE BAN OF
NEONICOTINOIDS IN THE FIELD CROP
PRODUCTION ON PESTS
OCCURRENCE, WITH SPECIAL
EMPHASIS ON THE CONDITION OF BEE
COLONIES**

DOCTORAL THESIS

Supervisors:

Prof. Renata Bažok, PhD

Prof. Dragan Bubalo, PhD

Zagreb, 2024

Bibliografska stranica

Bibliografski podaci:

- Znanstveno područje: Biotehničke znanosti
- Znanstveno polje: Poljoprivreda
- Znanstvena grana: Fitomedicina
- Institucija: Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet
- Voditelj doktorskog rada: prof. dr. sc. Renata Bažok, prof. dr. sc. Dragan Bubalo
- Broj stranica: 138
- Broj slika: 13
- Broj grafikona: 17
- Broj tablica: 47
- Broj priloga: 3
- Broj literaturnih referenci: 297
- Datum obrane doktorskog rada:
- Sastav povjerenstva za obranu doktorskog rada:
 1. izv. prof. dr. sc. Darija Lemić, Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet
 2. prof. dr. sc. Đurđica Žutinić, Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet
 3. dr. sc. Marica Dražić, viša znanstvena suradnica, Ministarstvo poljoprivrede

Rad je pohranjen u:

Nacionalnoj i sveučilišnoj knjižnici u Zagrebu, Ulica Hrvatske bratske zajednice 4 p.p. 550, 10 000 Zagreb, Knjižnici Sveučilište u Zagrebu Agronomskog fakulteta, Svetošimunska cesta 25, 10 000 Zagreb.

Tema rada prihvaćena je na sjednici Fakultetskog vijeća Sveučilište u Zagrebu Agronomskog fakulteta, održanoj dana 01. ožujka 2016. godine, te odobrena na sjednici Senata Sveučilišta u Zagrebu, održanoj dana 19. svibnja 2016. godine.

Izjava o izvornosti

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
AGRONOMSKI FAKULTET

IZJAVA O IZVORNOSTI

Ja, **Milorad Vojvodić**, izjavljujem da sam samostalno izradio doktorski rad pod naslovom:

UČINCI ZABRANE NEONIKOTINOIDA NA POJAVU ŠTETNIKA U RATARSKOJ PROIZVODNJI S POSEBNIM OSVRTOM NA STANJE PČELINJIH ZAJEDNICA

Svojim potpisom jamčim:

- da sam jedini autor ovog doktorskog rada;
- da je doktorski rad izvorni rezultat mojeg rada te da se u izradi istoga nisam koristio drugim izvorima osim onih koji su u njemu navedeni;
- da sam upoznat s odredbama Etičkog kodeksa Sveučilišta u Zagrebu (čl. 19.).

Zagreb, ____, ____, _____. godine

Potpis doktoranda

Ocjena doktorskog rada

Disertaciju je ocijenilo povjerenstvo u sastavu:

izv. prof. dr. sc. Darija Lemić, Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet

prof. dr. sc. Đurđica Žutinić, Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet

dr. sc. Marica Dražić, viša znanstvena suradnica, Ministarstvo poljoprivrede

Javna obrana disertacije održana je na Agronomskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu,
____ ____ 2023. godine pred povjerenstvom u sastavu:

1. izv. prof. dr. sc. Darija Lemić, Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet

2. prof. dr. sc. Đurđica Žutinić, Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet

3. dr. sc. Marica Dražić, viša znanstvena suradnica, Ministarstvo poljoprivrede

Informacije o mentorima

Prof. dr. sc. Renata Bažok

Prof. dr. sc. Renata Bažok je redovita profesorica u trajnom zvanju Agronomskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu i koordinator Odsjeka za fitomedicinu. U znanstveno-nastavno zvanje izvanredne profesorice izabrana je 2006. godine, u znanstveno-nastavno zvanje redovite profesorice 2012. godine, a u znanstveno-nastavno zvanje redovite profesorice u trajnom zvanju 2018. godine.

Nositeljica je modula Zoocidi, Zaštita ratarskih kultura od štetočinja i Osnove fitomedicine u sklopu preddiplomskog studija, modula Dizajniranje i analiza pokusa u zaštiti bilja, Primijenjena entomologija te Prirodni neprijatelji i načela biološkog suzbijanja u sklopu diplomskog studija, modula Nova sredstva i metode suzbijanja kukaca, Dobra istraživačka praksa u fitomedicini i Ribarstvena ekotoksikologija u sklopu poslijediplomskog specijalističkog studija te modula Strategije održivog suzbijanja štetnika u sklopu poslijediplomskog doktorskog studija Agronomskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.

U svom znanstveno-istraživačkom radu pretežito se bavi štetnim organizmima na ratarskim i povrtlarskim kulturama, metodama integrirane zaštite bilja, proučavanjem rezistentnosti štetnih organizama na djelovanje pesticida kao i sekundarnim učincima insekticida na korisne organizme u području ekotoksikologije. U fokusu istraživanja su razvoj sigurnih, učinkovitih i ekonomičnih metoda integrirane zaštite bilja i bioloških/ekoloških interakcija između vrsta insekata i njihovog okoliša. Na području identifikacije i suzbijanja štetnih organizama u ratarskim kulturama usavršavala se u nekoliko navrata na Sveučilištu „Purdue“ u Sjedinjenim Američkim Državama (Cochran stipendija i Fullbright stipendija) te Sveučilištu u Padovi.

Koordinirala je jedan TEMPUS projekt i kao suradnik bila uključena u dva projekta. Bila je suradnik na dva USDA/CRO projekta i na nekoliko nacionalnih znanstvenih projekata. Također je bila glavni istraživač u četiri nacionalna znanstvena projekta i jednom FAO projektu. Koordinirala je projekte koje su zajednički financirali EU i Hrvatska: IPA 2007/ HR /16IPO/001-040511 i projektom razvoja ljudskih potencijala u biljnoj medicini (ESF projekt). Koordinirala je Erasmus+ projekt izgradnje kapaciteta u visokom obrazovanju koji je razvio program združenog doktorskog studija u području fitomedicine. Sudjelovala je u četiri ERASMUS + Strategic Partnership projekta usmjerena na razvoj poduzetničkih vještina i inovativne metode podučavanja za obrazovanje u ekološkoj poljoprivredi. Bila je glavni istraživač na dva projekta financirana od strane Hrvatske zaklade za znanost. Potpredsjednica je COST projekta TOP-AGRI -Network "Towards zero pesticide agriculture: European network for sustainability".

Kao autor ili koautor objavila je 363 znanstvena i stručna rada od kojih je 71 A1 radova (prema WoS, broj citata 669, h-faktor, 16). Lista publikacija dostupna je na : https://www.researchgate.net/profile/Renata_Baik/contributions.

Članica je Odbora za uvođenje genetski modificiranih organizama u okoliš Ministarstva zdravstva, Uredničkog odbora Agriculture (MDPI), Fragmenta phytomedica te glavna urednica Glasila biljne zaštite (Hrvatsko društvo biljne zaštite). Dobitnica je Državne nagrade za znanost Sabora RH za 2019. godinu za prijenos rezultata znanstvenih istraživanja u praksu.

Prof. dr. sc. Dragan Bubalo

Dragan Bubalo rođen 12. srpnja 1963. godine u Puli, redoviti je profesor u trajnom zvanju na Sveučilištu u Zagrebu Agronomskom fakultetu. Na Fakultetu poljoprivrednih znanosti diplomirao je 1988, magistrirao je 1995. i doktorirao 1999. godine na Agronomskom fakultetu. Zaposlen je na Agronomskom fakultetu od 1991. godine, gdje i danas radi. Tijekom rada na Agronomskom fakultetu, kao voditelj sudjelovao je na tri nacionalna projekta „Palinološke odlike nektara i meda od ljekovite kadulje (*Salvia officinalis* L.), „Botaničko porijeklo i kakvoća mediteranskih medova i „Utjecaj patvorenja satnih osnova na sigurnost, sastav i kakvoću meda i pčelinjeg voska, a kao aktivni suradnik na četiri nacionalna i pet međunarodnih znanstvenih projekta. Također je kao voditelj i suradnik sudjelovao na pet stručnih projekta. Temeljni znanstveni interes je melisopalinologija i pčelinji proizvodi. Uz to, sudjeluje u ostalim znanstvenim aktivnostima (oprašivanje, biologija pčela, selekcija, morfometrija, tehnologija pčelarenja, biomonitoring, prognoza medenja). Suautor je 24 znanstvena rada iz skupine a1 i 13 iz skupine a2. Od samog početka rada na Agronomskom fakultetu uključen je u obavljanju nastavne djelatnosti. Prelaskom na „bolonjski“ sustav nositelj je na tri modula preddiplomskog studija: „Pčelarstvo“, „Ekološko pčelarenje i pčele u ekosustavu“ „Oprašivanje bilja pomoću insekata“ i suradnik na modulu „Uzgoj avvertebrata“. Također, nositelj je na modulu „Genetika i oplemenjivanje medonosnih pčela“ i suradnik na modulu „Pčelinji proizvodi“, koji se izvode na diplomskom studiju. Na poslijediplomskom doktorskom studiju «Poljoprivrednih znanosti» nositelj je modula „Metode istraživanja u pčelarstvu“ i suradnik na modulu „Metode istraživanja kakvoće pčelinjih proizvoda“. Tijekom višegodišnje nastavne aktivnosti bio je mentor 30 završnih i 36 diplomskih radova, pet doktorskih radova te predsjednik ili član povjerenstva u mnogim drugim radovima. U dosadašnjem radu na Agronomskom fakultetu aktivno surađuje s obiteljskim pčelarskim gospodarstvima, poduzećima i drugim državnim institucijama. Osobito je angažiran u stručnom radu iz područja analitike meda (melisopalinološke analize), kao i na istraživanjima vezanim za

zaštitu zemljopisnog podrijetla meda. Sudjelovao je i sudjeluje kao član povjerenstva u organizaciji Nacionalnog ocjenjivanja meda u Osijeku, kao i nizu ocjenjivanja na županijskoj razini. Putem organiziranih predavanja za pčelarske udruge sudjeluje u edukaciji pčelara, održavši veći broj stručnih predavanja u različitim područjima Hrvatske. Redovito sudjeluje u popularizaciji znanosti nastupima u različitim medijima (Plodovi zemlje, Studio 4, Radio student, Radio soundset Ragusa). Izradio je dva programa za cjeloživotno obrazovanje („Suvremeno pčelarstvo“ i „Specijalističko usavršavanje analitičara za utvrđivanje botaničkog podrijetla meda“). Redovni je član Hrvatskog entomološkog društva, International Honey comission (IHC) te Eur Bee. Znanstveno se usavršavao u Austriji, Italiji i Njemačkoj.

Zahvala

Sažetak

Zbog sumnje na negativan utjecaj na pčele Europska je unija 2013. privremeno, a potom 2018. godine trajno zabranila uporabu tri djelatne tvari iz skupine neonikotinoide: imidakloprid, tiametoksam i klotianidin. Zabrana se odnosila na sve načine korištenja, osim u trajnim staklenicima i za biljke koje cijelu vegetaciju provode u zatvorenom prostoru. Nedostatak alternativnih, ekotoksikološki povoljnijih insekticida učinkovitih u tretiranju sjemena ratarskih kultura, doveo je do povećane folijarne primjene insekticida iz starijih skupina, pa se stoga opasnost za pčele nije smanjila. Upravo se zato istraživanja provedena u sklopu ove disertacije temelje na dvije hipoteze. Prva je hipoteza da zabrana neonikotinoide u Hrvatskoj, u područjima u kojima prevladava ratarska proizvodnja, neće rezultirati pozitivnim učincima na pčelinje zajednice jer su gubitci pčelinjih zajednica u tim područjima u granicama uobičajenih i prihvatljivih sa stajališta pčelarske proizvodnje (do 10 % godišnje). Druga je hipoteza da su alternativni insekticidi spinosad, klorantraniliprol i azadiraktin, primijenjeni tretiranjem sjemena kukuruza i šećerne repe, zbog dobrog učinka na štetnike prihvatljivi kao zamjena za neonikotinoide. Anketnim istraživanjem u Tovarniku, među ratarima i pčelarima od 2014. do 2016. godine, između ostalih prikupljeni su i podatci o korištenim insekticidima prije i nakon zabrane neonikotinoide, te o zimskim gubitcima pčelinjih zajednica i gubitcima tijekom vegetacije. Tijekom 2015. godine u Tovarniku je došlo do pomora pčela. Podatci o uzrocima pomora dobiveni su od ovlaštenog laboratorija za određivanje rezidua Hrvatskog veterinarskog instituta u Zagrebu. Temeljem podataka o količinama primijenjenih insekticida po jedinici površine, izračunati su i indeksi tretiranosti insekticidima za sve zasijane kulture. Učinkovitost alternativnih insekticida primijenjenih tretiranjem sjemena kukuruza i šećerne repe na štetnike ratarskih kultura utvrđivana je laboratorijski. Rezultati anketa obrađeni su standardnim statističkim metodama utvrđivanja srednje vrijednosti i varijabilnosti (ANOVA) (ARM 9, Gylling Data Management), a učinkovitost alternativnih insekticida na žičnjake izračunata je po Abbottu (1925) na temelju mortaliteta kukaca. Podaci o učinkovitosti obrađeni su statistički faktorijelnom analizom uz pomoć ANOVE i rangirani testom rangova po Duncanu (ARM 9, Gylling Data Management). S obzirom da je mortalitet pipa i repina buhača u pokusima očitavan u vremenskim intervalima od 24 sata, podaci o broju živih jedinki izloženih djelovanju korištenih insekticida obrađeni su primjenom metoda analize preživljavanja Kaplan Majerovom metodom u R programskom okruženju, korištenjem specijaliziranih paketa za deskriptivnu i inferencijalnu statističku analizu (paketi „survival“, „ggsurvfit“ i „survminer“) . Podatci dobiveni anketama pokazuju da je na području Tovarnika dominantna ratarska proizvodnja (na 97,32 % površina) te da je samo sjeme šećerne repe kroz sve godine provedbe ankete tretirano neonikotinoidima (privremena se zabrana nije odnosila na ovu kulturu), dok je sjeme suncokreta neonikotinoidima tretirano u vegetacijskoj sezoni 2012/2013. godine, prije njihove zabrane. Također, podatci pokazuju značajno veće prinose kod suncokreta posijanog iz tretiranog sjemena (4,20 t/ha) u odnosu na suncokret posijan iz netretiranog sjemena (2,56 t/ha). Pojavom visokih populacija štetnika povećani su i indeksi tretiranosti insekticidima kod šećerne repe (2,9) u 2012/2013. i 2013/2014., strnih žitarica (0,97) u 2012/2013. i (0,99) u 2014/2015. te uljane repice (2) u 2014/2015. Ekspertne procjene indeksa tretiranosti za ove kulture su 2,5; 0,2; 1. Zimski su gubitci pčelinjih zajednica bili u skladu s očekivanim i prihvatljivim gubitcima (6,02 % u 2013/2014., 8,79 % u 2014/2015. i 11,54 % u 2015/2016). Do pomora 33 % pčelinjih zajednica u Tovarniku tijekom paše u 2015. godini došlo je zbog tretiranja suncokreta pripravkom na osnovu djelatnih tvari klorpirifos i cipermetrin, koje nisu imale dozvolu za primjenu na ovoj kulturi. Faktorijelna analiza pokazala je da učinkovitost ovisi o vrsti insekticida, dozi i o vremenu tijekom kojeg su kukci izloženi insekticidima. Od alternativnih insekticida primijenjenih tretiranjem sjemena, klorantraniliprol, spinosad i azadiraktin su pokazali zadovoljavajuću učinkovitost na repina buhača. Zadovoljavajuća je i učinkovitost spinosada na žičnjake u kukuruзу.

Ključne riječi: alternativni insekticidi, neonikotinoide, pčelarstvo, pčele, ratarska proizvodnja, štetnici ratarskih kultura, zabrana neonikotinoide

Prošireni (strukturalni) sažetak

Effects of the ban of neonicotinoids in the field crop production on pests occurrence, with special emphasis on the condition of bee colonies

Neonicotinoids have been used since the 1990s to protect against pests and are now the most widely used insecticides in the world. This group of insecticides includes seven active ingredients: imidacloprid, thiamethoxam, clothianidin, thiacloprid, acetamiprid, nitenpyram and dinotefuran. They are applied foliar over the leaves, by seed treatment and application in the form of granules. About 60% of the neonicotinoids produced are used specifically for seed treatment and in the form of granules. Although the insecticides in this group have low acute toxicity to mammals, birds, and fish, negative phenomena are associated with the use of neonicotinoids on bees. Bees exposed to sublethal doses of this insecticide may develop various problems (e.g., flight and orientation problems, loss of sense of taste and foraging ability), and their ability to overwinter is reduced. The active ingredients imidacloprid, clothianidin, dinotefuran and thiamethoxam are very toxic to bees, while the active ingredients thiacloprid and acetamiprid are moderately toxic to bees. The problem of the decline or loss of bee colonies is present worldwide. For example, between 1981 and 2005, the number of bee colonies in the United States declined from 4.2 to 2.4 million, and in southern Europe there was a loss of about 40% of bee colonies. Colony Collapse Disorder (CCD) is also associated with the use of insecticides from the group of neonicotinoids, such as the negative effects of harmful organisms on bees *Varroa destructor* Oudemans, the appearance of fungal diseases and viruses, the reduction of pasture area and problems with the queen. In 2013, the European Commission temporarily banned the use of three insecticidal active ingredients from the neonicotinoid group (imidacloprid, thiamethoxam and clothianidin) for two years due to suspicions that insecticides from this group have harmful effects on bees. The ban covered the treatment of seeds and soils for crops that attract bees and spring cereals, while the authorization remained valid for the treatment of winter cereals and sugar beet seeds and for use in protected areas, as well as for foliar treatment after flowering. The final ban was issued by the European Commission on April 27, 2018, on the recommendation of the European Food Safety Agency (EFSA) based on a thorough review of all relevant research. The decision refers to a complete ban on the use of imidacloprid, thiamethoxam and clothianidin, except in permanent greenhouses, and the plants obtained in this way remain in a permanent greenhouse throughout their lifetime. The ban on the use of three insecticidal active ingredients from the neonicotinoid group has raised concerns about the potential impact on agricultural production.

Surveys conducted immediately after the temporary ban showed that in some crops, such as oilseed rape, pest infestations increased significantly, more insecticides (mainly from the pyrethroid group) were applied foliar, and yields decreased significantly (by up to 15%).

The main aim of this doctoral thesis was to determine the impact of the ban on the use of active substances from the group of neonicotinoids, widely used as insecticides in seed treatment, on the occurrence of pests in agricultural production and on the condition of bee colonies in eastern Slavonia, a part of Croatia with intensive arable production. Because there are few insecticidal active ingredients that can be used for seed treatment of field crops, it was necessary to investigate the efficacy of alternative, more ecotoxicologically favourable insecticides that could be considered as substitutes for the banned neonicotinoids. Precisely for this reason, the research conducted in this dissertation is based on the main hypothesis that the ban of neonicotinoids in Croatia does not have a positive impact on bee colonies in areas where arable production is predominant, because the losses of bee colonies in these areas are within normal and acceptable limits from the point of view of bee production (up to 10% per year). The second hypothesis was that the alternative insecticides spinosad, chlorantraniliprole and azadirachtin, used in seed treatment of corn and sugar beet, are acceptable substitutes for neonicotinoids due to their good effect on pests. To prove the established hypotheses, the following objectives were

set for this study: (a) Analysis of data on crop area, pest incidence and damage, crop protection measures, insecticide treatment index, and type of insecticides used before and after the ban on neonicotinoids; (b) Analysis of data on the number of bee colonies, type of bee pasture and supplemental feeding, treatment of bee colonies for diseases and pests, number of bee colonies in the fall and number of bee colonies after wintering in the spring during the period studied, and losses and causes of losses of bee colonies during wintering and vegetation, (c) Determination of the type and level of insecticide residues in dead bees in pest infestations associated with insecticide use, (d) Determination of the efficacy of spinosad, chlorantraniliprole, and azadirachtin in seed treatments against important pests of arable crops: corn and sugar beet.

In Croatia, arable crops and gardens account for more than half of the total arable land, and the main agricultural crops considered in this study are wheat, barley, corn, sugar beets, oilseed rape, sunflower, and soybeans. Since pests have the highest damage potential (18%) next to weeds, the dissertation also deals with the most important pests of arable crops, paying special attention to the wireworms, the sugar beet weevils and the sugar beet flea beetles as pests that were used in laboratory trials during the research. In addition to agricultural production, beekeeping is also of great importance. In addition to the direct benefits that bees bring through the production of honey and other bee products, they also create indirect benefits through the pollination of plants (they pollinate about 80% of flowering plants and, together with other pollinators, more than 70% of the plants that feed humans). In addition to the negative effects of pesticides, bees are susceptible to various diseases and pests, and poor beekeeping practices, queen problems, and a lack of high-quality forage and less pasture (nectar and pollen) can also negatively impact bees. Losses of bee colonies can occur in winter or during the season, i.e. during grazing. In 2008/2009, winter losses in Croatia amounted to 13.16%, in 2012/2013 to 9.5% and in 2015/2016 to 16.4%. After the ban on neonicotinoids, the number of insecticides for seed treatment and foliar application declined, so that today there are no approved insecticides for treating sunflower seed to protect against wireworm, for treating corn seed to protect against western corn rootworm, and for treating sunflower and sugar beet seed to control aphids. Alternative insecticides, i.e., candidates that could replace the banned neonicotinoids, are chlorantraniliprole, spinosad, and azadirachtin. Chlorantraniliprole is a systemic insecticide with low bioconcentration potential and low toxicity that is selective for beneficial arthropods, making it suitable for use in integrated pest management. Spinosad is a fermentation product from the soil bacterium *Saccharopolyspora spinosa* Mertz and Yao. It belongs to the group of biological insecticides, naturalites, and is less toxic to beneficial insects than other insecticides. It has low toxicity to mammals and the environment. Azadirachtin is a biological insecticide obtained as a product from the neem plant (*Azadirachta indica* Juss). It has a negative effect on the feeding, development, and reproduction of pests, and when used properly, it is not expected to have harmful effects on humans, wildlife and the environment, as well as on other beneficial insects.

The dissertation included surveys of farmers and beekeepers, as well as laboratory testing of the efficacy of alternative insecticides and analysis of data on the causes of bee mortality obtained from an approved laboratory for residue determination. In Tovarnik, a town in eastern Croatia, a survey of farmers and beekeepers was conducted from 2014 to 2016. Since bee losses occurred in Tovarnik during the 2015 growing season, data on the causes of the losses were analysed, which came from the approved laboratory for residue determination, the Croatian Veterinary Institute in Zagreb. Laboratory investigations were carried out in 2016 and 2017 to assess the effectiveness of spinosad, chlorantraniliprole, and azadirachtin as treatments for corn seeds against wireworms. Additionally, in 2017, the same compounds were examined for their efficacy in treating sugar beet seeds against the sugar beet weevil and sugar beet flea beetle. The results of the surveys were processed using standard statistical methods to determine mean and variability (ANOVA) (ARM 9, Gylling Data Management), and the efficacy of the alternative insecticides was calculated on the basis of wireworm mortality according to Abbott (1925). The efficacy data were processed using statistical factor analysis (ANOVA) and ranked using the Duncan rank test

(ARM 9, Gylling Data Management). Since the mortality of sugar beet weevil and sugar beet flea beetle in the experiments was read in 24-hour time intervals, the data on the number of living individuals exposed to the effects of the insecticides used were processed with the Kaplan-Mayer method of survival analysis in the R programming environment using special packages for descriptive and inferential statistical analysis (packages "survival", "ggsurvfit" and "survminer"). The results of the surveys among farmers show that agricultural production dominates in the Tovarnik region (on 97.32% of the total agricultural area), and the questionnaire covered most of this area (71.87% in 2012/2013, 72.38% in 2013/2014 and 90.36% in 2014/2015). In all survey years, only sugar beet seed was treated with insecticides from the neonicotinoid group on all croplands (the temporary ban did not apply to this crop), while sunflower seed was treated with the same insecticides in the 2012/2013 cropping season (on 73.99% of the croplands of this crop), before the ban on the use of insecticides from this group came into effect. Of the other active substances, during the ban on the use of neonicotinoids, corn seeds was treated with an insecticide from the pyrethroid group (e.g. tefluthrin) and sugar beet seed was treated with a combination of neonicotinoids (the ban on use did not apply to this crop) and pyrethroids. Appropriate pneumatic seeder were used for sowing neonicotinoid-treated seed in both crops (an exception was sugar beet seed in a 4-ha plot in 2014, where a mechanical seeder was used). In certain growing seasons, pests of small grains (cereal leaf beetle), sugar beets (sugar beet weevil), soybeans (painted lady) and oilseed rape (cabbage stem weevil, common pollen beetle) were controlled on a leaf-by-leaf basis, with preparations containing active ingredients from the neonicotinoid group not being used. Due to the occurrence of high pest populations, insecticide treatment indices increased in the 2012/2013 and 2014/2015 growing season in sugar beets (2,9), small cereals (0,97) in 2012/2013 and (0,99) in 2014/2015, and canola (2) in 2014/2015. Expert estimates of the treatment index for these crops are 2.5; 0.2; 1. Yield data for sunflower sown from neonicotinoid-treated seed only showed significantly higher yields (4.20 t/ha) compared to sunflower sown from untreated seed (2.56 t/ha). The survey of beekeepers included most colonies in Tovarnik (83.52% in 2013, 90.32% in 2014 and 86.67% in 2015). The bees collected nectar and pollen according to the pasture plan in the area, and the beekeepers fed with sugar syrup and sugar cakes. Winter losses of bee colonies were in accordance with expected and acceptable losses of bee colonies (6.02% in 2013/2014, 8.79% in 2014/2015 and 11.54% in 2015/2016). In the 2013 season, the loss of three bee colonies was reported, and in 2015, the death of 33 % bee colonies was reported. The results of the approved laboratory show that the cause of the loss of bee colonies during grazing in 2015 was the treatment of sunflowers with the product in a combination of the active ingredients chlorpyrifos from the group of organophosphorus insecticides and cypermethrin from the group of pyrethroids, although this product (Chromorel-D) had no approval for use on sunflowers. Laboratory studies show that chlorantraniliprole (efficacy less than 15%) and azadirachtin showed no efficacy against wireworms in the treatment of corn seed, while spinosad is very effective at dosages of 3.5 and 5 mg/kg seed (efficacy about 70%). Chlorantraniliprole, spinosad, and azadirachtin showed low efficacy against sugar beet weevil (in terms of pest mortality). Chlorantraniliprole showed good efficacy against the sugar beet flea beetle in treating sugar beet seed (pest mortality at a dose of 0.2 mg and at a dose of 0.6 mg). Spinosad also showed excellent results against this pest at all doses. In addition, azadirachtin also showed excellent efficacy against sugar beet flea beetle at all doses. Factorial analysis of laboratory test results has shown that insecticide efficacy depends on the type of insecticide, dose, and duration of insecticide exposure.

Keywords: alternative insecticides, agricultural production, ban on neonicotinoids beekeeping, bees, neonicotinoids, pests of agricultural crops

Sadržaj

1. UVOD	1
1.1. Hipoteze i ciljevi istraživanja	4
2. PREGLED LITERATURE	5
2.1. Ratarska proizvodnja.....	5
2.1.1. Proizvodnja kukuruza	6
2.1.2. Proizvodnja pšenice.....	7
2.1.3. Proizvodnja ječma	7
2.1.4. Proizvodnja soje	8
2.1.5. Proizvodnja suncokreta	9
2.1.6. Proizvodnja šećerne repe	9
2.1.7. Proizvodnja uljane repice.....	10
2.2. Štetnici ratarskih kultura	10
2.2.1. Žičnjaci, klisnjaci.....	11
2.2.2. Repina pipa	15
2.2.3. Repin buhač	17
2.2.4. Crveni žitni balac	18
2.2.5. Kukuruzna zlatica	19
2.2.6. Repičin sjajnik.....	20
2.2.7. Proljetne repičine pipe	22
2.2.8. Repičina osa listarica.....	23
2.2.9. Sovice pozemljuše ili podgrizajuće sovice	23
2.3. Pčelarstvo	25
2.3.1. Pčelinja zajednica.....	25
2.3.2. Medonosne paše	27
2.3.2.1. Skupljanje nektara i medne rose.....	27
2.3.2.2. Skupljanje peludi	28
2.3.2.3. Glavne medonosne paše u kontinentalnoj Hrvatskoj.....	28
2.3.3. Prihrana pčelinjih zajednica	30

2.3.4.	Bolesti i nametnici pčela	31
2.3.4.1.	Američka gnjiloća pčelinjeg legla	31
2.3.4.2.	Nozemoza	32
2.3.4.3.	Vapnenasto leglo	32
2.3.4.4.	Varooza	32
2.3.4.5.	Virusne bolesti	33
2.3.5.	Utjecaj pesticida na pčelinje zajednice	34
2.3.6.	Gubitci pčelinjih zajednica	36
2.3.7.	Stanje pčelarstva u Hrvatskoj	38
2.4.	Neonikotinoidi	38
2.4.1.	Mehanizam djelovanja	39
2.4.2.	Primjena	40
2.4.3.	Ostaci neonikotinoida i toksičnost na pčele i ostale neciljane organizme	40
2.4.4.	Zabrana neonikotinoida	43
2.5.	Alternativni insekticidi za tretiranje sjemena	46
2.5.1.	Klorantraniliprol	46
2.5.2.	Spinosad	46
2.5.3.	Azadiraktin	47
3.	MATERIJALI I METODE RADA	49
3.1.	Ankete	49
3.1.1.	Anketni upitnik za ratare	50
3.1.2.	Anketni upitnik za pčelare	50
3.2.	Utvrđivanje rezidua u uginulim pčelama	51
3.3.	Laboratorijska istraživanja učinka alternativnih insekticida na žičnjake u kukuruзу	51
3.3.1.	Tretiranje sjemena kukuruza insekticidima	52
3.3.2.	Sjetva tretiranog sjemena	56
3.3.3.	Prikupljanje žičnjaka na terenu	57
3.3.4.	Provedba pokusa	58
3.3.5.	Očitavanje rezultata mortaliteta žičnjaka	58

3.4.	Laboratorijska istraživanja učinka alternativnih insekticida na nadzemne štetnike šećerne repe.....	59
3.4.1.	Tretiranje sjemena šećerne repe	60
3.4.2.	Sjetva tretiranog sjemena	60
3.4.3.	Prikupljanje štetnika na terenu	61
3.4.4.	Provedba pokusa.....	61
3.4.5.	Očitavanje rezultata mortaliteta pipa i buhača.....	62
3.5.	Statistička analiza podataka.....	62
4.	REZULTATI ISTRAŽIVANJA	64
4.1.	Ratarska proizvodnja.....	64
4.1.1.	Podatci o poljoprivrednim gospodarstvima i obradivim površinama	64
4.1.2.	Struktura sjetve.....	66
4.1.3.	Sjetva sjemena tretiranog insekticidima	68
4.1.4.	Vrste sijačica korištenih u sjetvi tretiranog sjemena	70
4.1.5.	Pojava i suzbijanje štetnika tijekom vegetacije.....	71
4.1.6.	Indeks tretiranosti insekticidima	74
4.1.7.	Prinosi	75
4.2.	Pčelarska proizvodnja	76
4.3.	Učinkovitost alternativnih insekticida na žičnjake u kukuruzu	78
4.4.	Učinkovitost alternativnih insekticida na nadzemne štetnike šećerne repe	80
4.4.1.	Učinkovitost insekticida na repinu pipu	80
4.4.2.	Učinkovitost insekticida na repina buhača	84
5.	RASPRAVA	89
5.1.	Učinci zabrane neonikotinoidea na ratarsku proizvodnju.....	89
5.2.	Učinci zabrane neonikotinoidea na stanje pčelinjih zajednica.....	96
5.3.	Kandidati za zamjenu neonikotinoidea	99
5.3.1.	Klorantraniliprol.....	101
5.3.2.	Spinosad	102
5.3.3.	Azadiraktin.....	103

6. ZAKLJUČCI	105
7. POPIS LITERATURE.....	107
ŽIVOTOPIS	131
PRILOZI.....	133

Popis tablica, slika, grafikona i priloga

Popis tablica

Tablica 1. Udio oranica i vrtova u ukupnim poljoprivrednim površinama u Hrvatskoj (Statistički ljetopis Republike Hrvatske, 2018)	5
Tablica 2. Površine (ha) pod najznačajnijim ratarskim kulturama u Republici Hrvatskoj (Statistički ljetopis Republike Hrvatske, 2018).....	6
Tablica 3. Površine (ha) najznačajnijih ratarskim kulturama u svijetu (FAOSTAT, 2021)	6
Tablica 4. Prinosi (t/ha) kukuruza u svijetu i Hrvatskoj u 2013., 2014. i 2015. godini (FAOSTAT, 2021)	7
Tablica 5. Prinosi (t/ha) pšenice u svijetu i Hrvatskoj u 2013., 2014. i 2015. godini (FAOSTAT, 2021)	7
Tablica 6. Prinosi (t/ha) ječma u svijetu i Hrvatskoj u 2013., 2014. i 2015. godini (FAOSTAT, 2021)8	8
Tablica 7. Prinosi (t/ha) soje u svijetu i Hrvatskoj u 2013., 2014. i 2015. godini (FAOSTAT, 2021)..	8
Tablica 8. Prinosi (t/ha) suncokreta u svijetu i Hrvatskoj u 2013., 2014. i 2015. godini (FAOSTAT, 2021).	9
Tablica 9. Prinosi (t) šećerne repe u svijetu i Hrvatskoj u 2013., 2014. i 2015. godini (FAOSTAT, 2021)	10
Tablica 10. Prinosi (t/ha) uljane repice u svijetu i Hrvatskoj u 2013., 2014. i 2015. godini (FAOSTAT, 2021)	10
Tablica 11. Registrirana sredstva u Republici Hrvatskoj za suzbijanje žičnjaka tretiranjem sjemena ratarskih kultura (FIS portal, 2023).....	14
Tablica 12. Registrirana sredstva u Republici Hrvatskoj za suzbijanje repinog buhača u šećernoj repi (FIS portal, 2023).....	17
Tablica 13. Registrirana sredstva u Republici Hrvatskoj za suzbijanje crvenog žitnog balca na strnim žitaricama (FIS portal, 2023).....	18
Tablica 14. Registrirana sredstva u Republici Hrvatskoj za kemijsko suzbijanje kukuruzne zlatice na kukuruzu (FIS portal, 2023).....	20
Tablica 15. Registrirana sredstva u Republici Hrvatskoj za kemijsko suzbijanje repičinog sjajnika na uljanoj repici (FIS portal, 2023)	21
Tablica 16. Registrirana sredstva u Republici Hrvatskoj za kemijsko suzbijanje proljetnih (velike i male) repičinih pipa na uljanoj repici (FIS portal, 2023)	22
Tablica 17. Registrirana sredstva u Republici Hrvatskoj za kemijsko suzbijanje repičine ose listarice na uljanoj repici (FIS portal, 2023)	23
Tablica 18. Registrirana sredstva u Republici Hrvatskoj za kemijsko suzbijanje sovice pozemljuša u ratarskim kulturama (FIS portal, 2023).....	25
Tablica 19. Klasifikacija pčele (prema Kezić i sur., 2014).....	26
Tablica 20. Procjena rizika za pčele za sve načine primjene osim tretiranja sjemena i primjene granula za tri djelatne tvari neonikotinoide (EFSA, 2015a., EFSA, 2015b., EFSA, 2015c.) (prema Vojvodić i sur., 2021).....	44

Tablica 21. Procjena rizika za pčele za tretiranje sjemena i primjenu granula za tri djelatne tvari neonikotinoide (EFSA, 2018a., EFSA, 2018b., EFSA, 2018c) (prema Vojvodić i suradnici, 2021).	44
Tablica 22. Pregled pripravaka, djelatnih tvari i primijenjenih doza u pokusu tretiranja sjemena kukuruza	52
Tablica 23. Količine insekticida, Agrocoata i vode za tretiranje sjemena u pokusu 2016. godine ...	53
Tablica 24. Količine insekticida, Agrocoata i vode za tretiranje sjemena u pokusu 2017. godine ...	56
Tablica 25. Količine insekticida, Agrocoata i vode za tretiranje sjemena NeemAzalom	56
Tablica 26. Podatci o sjetvi tijekom 2016. i 2017. godini	57
Tablica 27. Pregled djelatnih tvari, pripravaka i doza korištenih u pokusu tretiranja sjemena šećerne repe	60
Tablica 28. Obradive površine i udio oranica obuhvaćenih anketom među ratarima na području Tovarnika	64
Tablica 29. Folijarno suzbijanje štetnika na području Tovarnika tijekom vegetacije u 2013. godini	72
Tablica 30. Folijarno suzbijanje štetnika na području Tovarnika tijekom vegetacije u 2014. godini	73
Tablica 31. Folijarno suzbijanje štetnika na području Tovarnika tijekom vegetacije u 2015. godini	74
Tablica 32. Ukupno zasijane površine, površine tretirane insekticidima te indeks tretiranosti insekticidima za pojedine kulture na području Tovarnika u vegetacijskoj sezoni 2012/2013.	74
Tablica 33. Ukupno zasijane površine, površine tretirane insekticidima te indeks tretiranosti insekticidima za pojedine kulture na području Tovarnika u vegetacijskoj sezoni 2013/2014.	75
Tablica 34. Ukupno zasijane površine, površine tretirane insekticidima te indeks tretiranosti insekticidima za pojedine kulture na području Tovarnika u vegetacijskoj sezoni 2014/2015.	75
Tablica 35. Prosječni prinosi na području Tovarnika u 2013. godini u tonama (t) po hektaru (ha)..	76
Tablica 36. Prosječni prinosi na području Tovarnika u 2015. godini u tonama (t) po hektaru (ha)..	76
Tablica 37. Kvantificirane vrijednosti utvrđenih djelatnih tvari u analiziranim pčelama.....	78
Tablica 38. Faktorijelna analiza podataka o učinkovitosti varijanti na žičnjake u pokusima u 2016. i 2017. godini	79
Tablica 39. Učinkovitost alternativnih insekticida na žičnjake u pokusu 2016. i 2017. godine i rezultati statističke analize	79
Tablica 40. Rezultati „pair-wise“ testa i usporedba vjerojatnosti za uspjeh preživljavanja (p) repine pipe 120 sati nakon izlaganja na varijantama tretiranim tiametoksamom.....	81
Tablica 41. Rezultati „pair-wise“ testa i usporedba vjerojatnosti za uspjeh preživljavanja (p) repine pipe 120 sati nakon izlaganja na varijantama tretiranim klorantraniliprolom	82
Tablica 42. Rezultati „pair-wise“ testa i usporedba vjerojatnosti za uspjeh preživljavanja (p) repine pipe 120 sati nakon izlaganja na varijantama tretiranim spinosadom.....	83
Tablica 43. Rezultati „pair-wise“ testa i usporedba vjerojatnosti za uspjeh preživljavanja (p) repine pipe 120 sati nakon izlaganja na varijantama tretiranim azadiraktinom.....	84
Tablica 44. Rezultati „pair-wise“ testa i usporedba vjerojatnosti za uspjeh preživljavanja (p) repine pipe 96 sati nakon izlaganja na varijantama tretiranim tiametoksamom tretiranim tiametoksamom	85
Tablica 45. Rezultati „pair-wise“ testa i usporedba vjerojatnosti za uspjeh preživljavanja (p) repine pipe 96 sati nakon izlaganja na varijantama tretiranim klorantraniliprolom	86

Tablica 46. Rezultati „pair-wise“ testa usporedbe vjerojatnosti preživljavanja (p) repina buhača na varijantama tretiranim spinosadom	87
Tablica 47. Rezultati „pair-wise“ testa usporedbe vjerojatnosti preživljavanja (p) repina buhača na varijantama tretiranim azadiraktinom	88

Popis slika

Slika 1. Žičnjak na biljci kukuruza.....	12
Slika 2. Utvrđivanje zaraze repinom pipom uz pomoć kvadratnog okvira	16
Slika 3. Rasprostranjenost kukuruzne zlatice u Europi u 2021. godini (Bažok i sur., 2021).....	19
Slika 4. Različiti putevi izloženosti pčela pesticidima	35
Slika 5. Gutacijske kapi na listovima mlade biljke kukuruza	35
Slika 6. Pripremljeno sredstvo za tretiranje sjemena	54
Slika 7. Postupak tretiranja sjemena	54
Slika 8. Tretirano sjeme.....	55
Slika 9. Plješina u polju kukuruza na kojem su skupljani žičnjaci	57
Slika 10. Dodavanje žičnjaka u posudice s posijanom kulturom.....	58
Slika 11. Očitavanje pokusa	59
Slika 12. Pokus postavljen u laboratoriju (foto Deak, L.)	61
Slika 13. Pčelinjak u Tovarniku	76

Popis grafikona

Grafikon 1. Broj poljoprivrednih gospodarstava obuhvaćenih anketom na području Tovarnika u 2013., 2014. i 2015. godini	65
Grafikon 2. Površine obuhvaćene anketom na području Tovarnika u 2013., 2014. i 2015. godini..	65
Grafikon 3. Struktura sjetve na oranicama obuhvaćenim anketom u 2013. godini.....	66
Grafikon 4. Struktura sjetve na oranicama obuhvaćenim anketom u 2014. godini.....	67
Grafikon 5. Struktura sjetve na oranicama obuhvaćenim anketom u 2015. godini.....	67
Grafikon 6. Ukupno zasijane površine i površine zasijane sjemenom tretiranim insekticidima na području Tovarnika u 2013. godini	68
Grafikon 7. Ukupno zasijane površine i površine zasijane sjemenom tretiranim insekticidima na području Tovarnika u 2014. godini	69
Grafikon 8. Ukupno zasijane površine i površine zasijane sjemenom tretiranim insekticidima na području Tovarnika u 2015. godini	70
Grafikon 9. Udio zimskih gubitaka pčelinjih zajednica na području Tovarnika u razdoblju od 2013. do 2015. godine.....	77
Grafikon 10. Kaplan-Meier-ova krivulja preživljavanja repine pipe na varijantama tretiranim tiametoksamom (vjerojatnost preživljavanja 1= preživljavanje 100%).....	80

Grafikon 11. Kaplan-Meier-ova krivulja preživljavanja repine pipe na varijantama tretiranim klorantraniliprolom (vjerojatnost preživljavanja 1= preživljavanje 100%).....	81
Grafikon 12. Kaplan-Meier-ova krivulja preživljavanja repine pipe na varijantama tretiranim spinosadom (vjerojatnost preživljavanja 1= preživljavanje 100%).....	82
Grafikon 13. Kaplan-Meier-ova krivulja preživljavanja repine pipe na varijantama tretiranim azadiraktinom (vjerojatnost preživljavanja 1= preživljavanje 100%).....	83
Grafikon 14. Kaplan-Meier-ova krivulja preživljavanja repina buhača na varijantama tretiranim tiametoksamom (vjerojatnost preživljavanja 1= preživljavanje 100%).....	84
Grafikon 15. Kaplan-Meier-ova krivulja preživljavanja repina buhača na varijantama tretiranim klorantraniliprolom (vjerojatnost preživljavanja 1= preživljavanje 100%).....	85
Grafikon 16. Kaplan-Meier-ova krivulja preživljavanja repina buhača na varijantama tretiranim spinosadom (vjerojatnost preživljavanja 1= preživljavanje 100%).....	86
Grafikon 17. Kaplan-Meier-ova krivulja preživljavanja repina buhača na varijantama tretiranim azadiraktinom (vjerojatnost preživljavanja 1= preživljavanje 100%).....	87

Popis priloga

Prilog 1. Anketni upitnik za ratare.....	133
Prilog 2. Anketni upitnik za pčelare	134
Prilog 3. Izvješće o rezultatima pretraživanja uzoraka uginulih pčela.....	135

1. UVOD

O značaju ratarske proizvodnje govore podatci o površinama pod tim kulturama. Tako je ratarska proizvodnja u 2013. godini zauzimala 55,7 % od ukupno 1 568 881 ha obradivih površina u Hrvatskoj, što je slično podatku i za 2017. godinu, u kojoj su ratarske kulture bile zasijane na 54,5 % od ukupno 1 496 663 ha poljoprivrednih površina (Statistički ljetopis RH, 2018). Iako se u suvremenoj poljoprivrednoj proizvodnji provode intenzivne mjere zaštite bilja od štetnih organizama, ukupni su gubitci na svjetskoj razini devedesetih godina prošlog stoljeća iznosili 42,1 % od vrijednosti proizvodnje (Oerke i sur., 1994). Primjenom mjera zaštite bilja sprječava se oko 27,6 % gubitaka, a noviji podatci pokazuju da se usprkos intenzivnoj zaštiti u proteklih 40 godina gubitci nisu smanjili (Oerke, 2006). Od značajnijih ratarskih kultura, štete na soji iznose 26 %, na pšenici 29 %, a na kukuruzu 31 % (Oerke, 2006). Isti izvor navodi da korovi imaju najveći potencijal štetnosti (do 34 % šteta), a potom slijede kukci (18 %) i uzročnici bolesti (16 %). U Hrvatskoj su gubitci od štetnih organizama bili slični kao i u tadašnjoj Europskoj uniji, a iznosili su oko 500 milijuna US dolara godišnje (Maceljski, 1995).

Jedna od mjera suzbijanja zemljišnih štetnika, a koja je ekonomski i ekološki najprihvatljivija, je tretiranje sjemena (Igrc Barčić i Maceljski, 2001; Dobrinčić, 2002). Tretiranjem sjemena primjenjuje se znatno manja količina insekticida pa je površina tla koja pri tretiranju sjemena dolazi u dodir s insekticidom znatno manja. Hajneman i Sreš (2010) ističu da kod sjetve sjemena tretiranog insekticidima samo 58 m² tla od ukupno 10000 m² zasijane površine (1 ha) dolazi u kontakt s insekticidom. Tretiranjem sjemena suzbijaju se žičnjaci na kukuruzu (Bažok, 2007a), šećernoj repi (Bažok, 2010) i suncokretu (Bažok, 2008), kukuruzna zlatica na kukuruzu (Bažok, 2007b), repin buhač na šećernoj repi (Bažok, 2010) te lisne uši na suncokretu i šećernoj repi (Bažok, 2008). Folijarna primjena insekticida u ratarskoj proizvodnji provodi se da bi se spriječile štete od žitnog balca (*Oulema melanopus* L.) na strnim žitaricama, repičine ose listarice (*Athalia rosae* L.), repičinog sjajnika (*Meligethes aeneus* F.) i repičinih proljetnih pipa (*Ceutorhynchus napi* Gyllenhal i *Ceutorhynchus pallidactylus* Marsham) na uljanoj repici i repine pipe (*Bothynoderes punctiventris* Germar) na šećernoj repi. Ostali štetnici se ne suzbijaju jer se uglavnom vrlo rijetko javljaju (primjerice lisne uši i žitne stjenice na žitaricama), nema dozvoljenih pripravaka za njihovo suzbijanje (npr. koprivina grinja na soji) (Bažok i sur., 2013), ili nema adekvatne mehanizacije kojom bi se suzbijanje moglo provesti (kukuruzni moljac na kukuruzu) (Igrc Barčić, 2007).

Za suzbijanje štetnika do 1990. godine korišteni su organofosforni insekticidi (43 %), piretroidi (18 %) i karbamati (16 %), a nakon tog razdoblja najviše su se koristili neonikotinoide (24 %), organofosforni insekticidi (13,6 %) i karbamati (10,8 %) (Jeschke i sur., 2011).

Skupinu neonikotinoide čini sedam djelatnih tvari koje imaju želučano i kontaktno djelovanje na kukca. Odlični su sistemici u biljci. Najčešće se koriste dvije djelatne tvari, imidakloprid i tiametoksam, dok se klotianidin, tiakloprid i acetamiprid koriste rjeđe (Čačija i Bažok, 2011). Ciljano mjesto njihova djelovanja je središnji živčani sustav kukca (Tomizawa i Casida, 2003). Nisu postojani u tlu i nisko su otrovni za sisavce (Wollweber i Tietjen, 1999) pa su smatrani sigurnim za okoliš.

U posljednjih šezdeset godina, broj pčelinjih zajednica smanjio se za 45 % (Atkins, 1992, cit. Mirjanić i Mitrić, 2012). U razdoblju od 1981 – 2005. godine u SAD je broj pčelinjih zajednica smanjen s 4,2 na 2,4 milijuna (Jonson i sur., 2010, cit. Mirjanić i Mitrić, 2012), dok je u Južnoj Europi gubitak bio oko 40 % (Neumann i sur., 2010, cit. Tapparo i sur., 2012). Ova pojava nazvana je „Colony collapse disorder“ (CCD), a s povećanom učestalošću ove pojave javile su se sumnje u negativne učinke neonikotinoide na pčele. Prema podacima EU Pesticides Database (2015) i EFSA (2013, 2013 a, 2013b), srednja letalna (LD_{50}) oralna toksičnost imidakloprida je 0,0037 μ g, tiametoksama 0,005 μ g i klotianidina 0,00379 μ g po pčeli. Srednja letalna (LD_{50}) dermalna toksičnost je za imidakloprid 0,081 μ g, tiametoksam 0,024 μ g i klotianidina 0,0275 μ g po pčeli. Istovremeno, kao granične vrijednosti za subletalnu izloženost pčela imidaklopridu navode se vrijednosti od 20 ppb, za tiametoksam 1,34 ng/pčeli te za klotianidin 0,5 ng/pčeli.

Više je načina na koje pčele mogu biti izložene negativnom utjecaju insekticida iz skupine neonikotinoide. To su: zanošenjem insekticidne prašine sa sjemena tretiranog neonikotinoidima na okolno bilje u cvatnji, zatim putem ostataka insekticida u biljkama (u količinama koje mogu izazvati subletalni učinak na pčele), kao i putem gutacijske tekućine i putem peludi tretiranih biljaka (Elbert i sur., 2008, cit. Tapparo i sur., 2012). Krupke i sur. (2012) dokazali su značajne ostatke tiametoksama u prašini s tretiranog sjemena kukuruza. Gutacijska tekućina može sadržavati visoku razinu pesticida, a redovita je pojava u kukuruzu, rjeđe u krumpiru, a vrlo rijetko u šećernoj repi, dok koncentracija neonikotinoide u njoj ovisi o brojnim čimbenicima (količina evaporirane vode, vrijeme skupljanja u danu i starost biljke od nicanja) (Girolami i sur., 2009). Procijenjeno je da bi pčela trebala konzumirati 0,006 μ l gutacijske tekućine da bi se dostigla akutna oralna doza (0,0037 μ g d.t. imidakloprida/pčeli) (EFSA, 2013). U laboratorijskim uvjetima dnevno se skupi od 30 do 150 μ g/danu gutacijske tekućine, a u poljskim uvjetima na 100 biljaka 1 – 3 ml/dan (Girolami i sur., 2009).

Nakon tretiranja sjemena kukuruza s 0,7 mg imidakloprida/sjemenki, ostatak imidakloprida u peludi bio je $3,9 \pm 1,0$ $\mu\text{g}/\text{kg}$, a u nektaru $1,9 \pm 1,0$ $\mu\text{g}/\text{kg}$ u laboratoriju, dok u polju ostatci nisu pronađeni niti nakon primjene 30 % veće doze. Ipak, pronađeni su ostatci u biljnom materijalu od 7 $\mu\text{g}/\text{kg}$ čiste djelatne tvari i <5 $\mu\text{g}/\text{kg}$ hidroksi metabolita (Suchail i sur., 2001). Uz djelatne tvari neonikotinoide, za pčele i ostale oprašivače opasni su i njihovi metaboliti. Nakon folijarne primjene imidakloprida glavni su ostatci u biljci čista djelatna tvar, dok se kod primjene u obliku granula i tretiranjem sjemena imidakloprid metabolizira u nekoliko različitih metabolita koji su u grupi 6-kloropiridina (Araky i sur., 1994, cit. Suchail i sur., 2001). Dva metabolita, 5-hidroksi imidakloprid i olefin imaju LD50 sličan kao i imidakloprid (Suchail i sur., 2001).

Rezultati brojnih provedenih istraživanja o učinku neonikotinoide na pčele, koje je analizirala EFSA (EFSA, 2013, 2013a i 2013b), pokazali su da se u mrtvim pčelama, čije je uginuće posljedica izloženosti subletalnim dozama, rezidue neonikotinoide uglavnom ne nalaze. Izostanak rezidua, razlike između rezultata laboratorijskih i poljskih pokusa te razlike u metodologiji onemogućili su donošenje jedinstvenih zaključaka o mogućem negativnom utjecaju neonikotinoide pa je Europska komisija 24. svibnja 2013. privremeno zabranila uporabu insekticida na osnovi tiametoksama, imidakloprida i klotianidina za tretiranje sjemena i za folijarno tretiranje prije cvatnje te zatražila dodatna istraživanja. Temeljem tri studije (EFSA, 2018a, 2018b, 2018c), koje uključuju razmatranja svih relevantnih istraživanja navedenih insekticida širom svijeta, Europska je komisija 27. travnja 2018. godine trajno zabranila uporabu ove tri djelatne tvari iz skupine neonikotinoide za sve vrste korištenja, osim u trajnim staklenicima i za biljke koje cijelu vegetaciju provode u zatvorenom prostoru.

Privremena zabrana iz 2013. godine značila je da je vegetacijska 2012/2013. posljednja godina u kojoj su se neonikotinoide primjenjivali sukladno prije važećim dozvolama. Tretiranje sjemena ekološki je i ekonomski prihvatljiva metoda suzbijanja štetnika, a nakon zabrane neonikotinoide mali je broj novih djelatnih tvari dostupnih na tržištu, između ostalog i zbog sve strožih kriterija za ocjenu insekticida. Ipak, neke od djelatnih tvari kao što su spinosad i klorantraniliprol ubrajaju se u insekticide povoljnijeg ekotoksikološkog profila (Bažok, 2015). Klorantraniliprol primijenjen tretiranjem sjemena riže pokazuje učinak na jaja i ličinke pipe (*Lissorhoptrus oryzophilus* Kuschel), dok učinak na odrasle izostaje (Lanka i sur., 2014). Rezultati istraživanja koja su proveli Ester i sur. (2003) pokazali su dobru učinkovitost tretiranja sjemena kupusa spinosadom na kupusnu muhu i lošu na kupusne buhače i lisne uši. Godine 2011. spinosad je dobio dozvolu za tretiranje sjemena kupusa (AgroNews, 2015). Iako ne izaziva toksični učinak nakon izravne primjene, i djelatna tvar

azadiraktin bi mogla biti alternativa zabranjenim neonikotinoidima. Radi se o ekstraktu biljke neem (*Azadirachta indica* A. Juss) koji ima dobar pesticidni potencijal za primjenu u poljoprivredi (Adhikari i sur., 2020).

1.1. Hipoteze i ciljevi istraživanja

Istraživanje polazi od hipoteza da zabrana neonikotinoida u RH u područjima u kojima prevladava ratarska proizvodnja neće rezultirati pozitivnim učincima na pčelinje zajednice jer su gubitci pčelinjih zajednica u istim područjima u granicama uobičajenih i prihvatljivih sa stajališta pčelarske proizvodnje (do 10% godišnje) te da su insekticidi na osnovi spinosada, klorantraniliprola i azadiraktina, primijenjeni tretiranjem sjemena, zbog dobrog učinka na štetnike prihvatljivi kao zamjena za neonikotinoide.

Stoga su za istraživanje postavljeni sljedeći ciljevi:

a) analizirati podatke o obradivim ratarskim površinama, pojavi i štetama od štetnika, mjerama zaštite bilja, indeksu tretiranja insekticidima i vrsti primijenjenog insekticida prije i nakon zabrane neonikotinoida;

b) analizirati podatke o broju pčelinjih zajednica, vrsti paše i prihrane pčela, tretiranju pčelinjih zajednica protiv bolesti i nametnika, broju uzimljenih pčelinjih zajednica u jesen i broju pčelinjih zajednica nakon prezimljenja u proljeće tijekom istraživnog razdoblja te gubitcima i uzrocima gubitaka pčelinjih zajednica za vrijeme prezimljenja i vegetacije;

c) utvrditi vrstu i visinu ostataka insekticida u uginulim pčelama u slučaju pomora povezanih s primjenom insekticida;

d) utvrditi učinkovitost spinosada, klorantraniliprola i azadiraktina primijenjenih tretiranjem sjemena na važnije štetnike ratarskih kultura, kukuruza i šećerne repe.

2. PREGLED LITERATURE

2.1. Ratarska proizvodnja

Značaj ratarske proizvodnje ogleda se u proizvodnji hrane za ljudsku prehranu i za ishranu životinja te kao izvor sirovina za farmaceutsku, tekstilnu i ostale grane industrije (Pospišil, 2010). U novije vrijeme ratarske se kulture koriste i u proizvodnji biogoriva (Krička i sur., 2010), a u proizvodnji energije iz obnovljivih izvora s oranica posebno su zanimljivi uljana repica u proizvodnji biodizela i kukuruz u proizvodnji bioetanolu (Kovačević i Rastija, 2014). Značajnije ratarske kulture, koje su obuhvaćene u ovom radu su pšenica, ječam, kukuruz, šećerna repa, uljana repica, suncokret i soja.

Prema podacima iz Statističkog ljetopisa Republike Hrvatske (2018) od ukupno korištenih poljoprivrednih površina u Hrvatskoj tijekom 2013., 2014. i 2015. godine na oranice i vrtove otpadalo je više od polovice obradivih površina. Najveća je zastupljenost oranica i vrtova bila 2013. godine i iznosila je 55,76 %. U 2014. godini zastupljenost oranica i vrtova u ukupnim poljoprivrednim površinama bila je najniža i iznosila je 53,75 %, dok je u 2015. godini zastupljenost ove vrste poljoprivrednih površina iznosila 54,76 % (tablica 1).

Tablica 1. Udio oranica i vrtova u ukupnim poljoprivrednim površinama u Hrvatskoj (Statistički ljetopis Republike Hrvatske, 2018)

Godina	Korištene poljoprivredne površine (ha)		Udio
	Ukupne površine	Oranice i vrtovi	
2013.	1 568 881	87 4863	55,76 %
2014.	1 508 885	81 1067	53,75 %
2015.	1 537 629	84 1939	54,76 %

Prema istom izvoru u promatranim godinama najveće su površine bile pod kukuruzom (od 260 do 290 tisuća hektara), zatim pod pšenicom (od 140 do 205 tisuća hektara), dok su površine pod ječmom (od 43 do 54 tisuće hektara), sojom (od 47 do 89 tisuća hektara) i suncokretom (34 do 41 tisuću hektara) bile na sličnim razinama, a najmanje su površine bile pod šećernom repom (13 do 23 tisuće hektara) i uljanom repicom (18 do 23 tisuće hektara) (tablica 2).

Tablica 2. Površine (ha) pod najznačajnijim ratarskim kulturama u Republici Hrvatskoj (Statistički ljetopis Republike Hrvatske, 2018)

Godina	Kultura (ha)						
	Kukuruz	Pšenica	Ječam	Soja	Suncokret	Šećerna repa	Uljana repica
2013.	288 365	204 506	53 796	47 156	40 805	20 245	17 972
2014.	252 567	156 139	46 160	47 104	34 869	21 900	23 122
2015.	263 970	140 986	43 700	88 867	34 494	13 883	21 977

Od navedenih kultura, na razini su svijeta (FAOSTAT, 2021), u istom tom razdoblju (2013., 2014. i 2015. godina), najveće površine (tablica 3) bile pod pšenicom (od 218 do 224 miliona hektara), zatim pod kukuruzom (od 186 do 192 miliona hektara), sojom (od 111 do 120 miliona hektara), ječmom (od 49 do 50 miliona hektara), šećernom repom (od 42 do 46 miliona hektara), uljanom repicom (od 34 do 36 miliona hektara) i suncokretom (od 25 do 26 miliona hektara).

Tablica 3. Površine (ha) najznačajnijih ratarskim kulturama u svijetu (FAOSTAT, 2021)

Godina	Kultura (ha)						
	Pšenica	Kukuruz	Soja	Ječam	Šećerna repa	Uljana repica	Suncokret
2013.	218 870 212	187 559 445	111 108 599	50 021 647	4 352 369	36 482 966	26 171 342
2014.	219 755 320	186 286 811	117 733 195	49 943 562	4 616 024	36 376 641	25 251 475
2015.	223 413 527	191 275 873	120 902 494	49 838 421	4 215 084	34 456 009	25 486 846

2.1.1. Proizvodnja kukuruza

Kukuruz (*Zea mays* L.) je prosolika žitarica velikog genetičkog potencijala rodosti te je uz pšenicu i rižu najraširenija žitarica na svijetu (Kovačević i Rastija, 2014). Iskoristivost svih dijelova biljke kukuruza daje ovoj biljci veliko gospodarsko značenje (Pospišil, 2010). Kukuruzom se prije svega hrani stoka, a koristi se i u prehrambenoj i ostalim prerađivačkim industrijama. Kako je već ranije istaknuto, veliki interes postoji i za proizvodnju etanola iz kukuruznog škroba, koji je kao bio-gorivo zamjena za fosilna goriva (Pospišil, 2010).

Prema podacima FAOSTAT-a (2021) za 2013., 2014. i 2015. godinu, Kina je zemlja s najvećim površinama pod ovom kulturom, koje se godišnje kreću od 36 do skoro 50 milijuna hektara, a najveći proizvođač kukuruza je SAD, koji godišnje proizvede četvrtinu (više od 240 milijuna tona) od ukupno jedne milijarde tona proizvedenog zrna ove kulture. U istom je razdoblju u Hrvatskoj, u kojoj je kukuruz najzastupljenija ratarska kultura, proizvodnja bila od 170 do 205 milijuna tona. Najveće prinose kukuruza po hektaru postižu Ujedinjeni Arapski Emirati i Izrael (ovisno o godini), a kreću se od 24 do 37 tona po hektaru. Prinosi

po hektaru na razini Hrvatske u promatranim su godinama bili veći od prinosa na razini svijeta (tablica 4) i kretali su se od 6,47 do 8,1 t/ha.

Tablica 4. Prinosi (t/ha) kukuruza u svijetu i Hrvatskoj u 2013., 2014. i 2015. godini (FAOSTAT, 2021)

Godina	Prinosi (t/ha)	
	Svijet	Hrvatska
2013.	4,75	6,50
2014.	4,83	8,10
2015.	4,65	6,47

2.1.2. Proizvodnja pšenice

Pšenica (*Triticum aestivum* L.) je strna žitarica te je najraširenija poljoprivredna kultura, a kao najznačajnija krušarica na svijetu predstavlja osnovu prehrane za veliki dio svjetskog stanovništva (Pospišil, 2010). Pored prehrane ljudi pšenica ima i veliko značenje u farmaceutskoj industriji te u proizvodnji stočne hrane (Kovačević i Rastija, 2014).

Podatci o proizvodnji pšenice u svijetu tijekom vegetacijskih sezona 2013., 2014. i 2015. godine (FAOSTAT, 2021) pokazuju da su najveće površine pod pšenicom u Indiji (oko 30 milijuna hektara). Ukupni godišnji prinosi u svijetu su između 710 i 750 milijuna tona, a Kina je pojedinačno najveći proizvođač ove kulture, s godišnjim prinosima od 121 do 133 milijuna tona. U našoj su zemlji ukupni prinosi bili od 650 tisuća do jedan milijun tona godišnje. Pojedinačno, najveće prinose, od 9 do 11 tona po hektaru, imaju proizvođači pšenice na Novom Zelandu. U tablici 5 prikazani su podatci o prosječnim prinosima pšenice u Hrvatskoj (od 4,16 do 5,38 t/ha) i na razini svijeta (oko 3,3 t/ha).

Tablica 5. Prinosi (t/ha) pšenice u svijetu i Hrvatskoj u 2013., 2014. i 2015. godini (FAOSTAT, 2021)

Godina	Prinosi (t/ha)	
	Svijet	Hrvatska
2013.	3,24	4,88
2014.	3,30	4,16
2015.	3,36	5,38

2.1.3. Proizvodnja ječma

Kao i pšenica, ječam (*Hordeum vulgare* L.) je strna žitarica, a značaj ječma u prehrani ljudi manji je u odnosu na hranidbu stoke (krmni ječam) i proizvodnju slada (pivarski ječam) (Kovačević i Rastija, 2014). Proizvodnja ječma u svijetu vrlo je značajna i ova kultura zauzima velike obradive površine. Prema podacima FAOSTAT (2021), ova se kultura u

2013., 2014. i 2015. godini najviše proizvodila u Rusiji, gdje imaju i najveće ukupne prinose. Površine pod ječmom u toj su zemlji bile od osam do devet milijuna hektara godišnje, a ukupni prinosi kretali su se od 15 do 20,5 milijuna tona, dok je ukupna proizvodnja ječma u svijetu bila od 143 do 148 milijuna tona. U Hrvatskoj su u istom razdoblju prinosi bili od 175 do 201 tisuću tona godišnje. Najveći su prinosi ove kulture po hektaru bili u Belgiji, između osam i devet tona. Prosječni prinosi (tablica 6) na svjetskoj su razini bili oko tri tone po hektaru, a u Hrvatskoj između 3,70 i 4,50 t/ha.

Tablica 6. Prinosi (t/ha) ječma u svijetu i Hrvatskoj u 2013., 2014. i 2015. godini (FAOSTAT, 2021)

Godina	Prinosi (t/ha)	
	Svijet	Hrvatska
2013.	2,97	3,74
2014.	3,04	3,80
2015.	3,13	4,43

2.1.4. Proizvodnja soje

Soja (*Glycine max* (L.) Merrill) spada u zrnate mahunarke te je kultura s visokim sadržajem bjelančevina i ulja. Značajna je u hranidbi stoke i prehrani ljudi te kao sirovina za prehrambenu, kemijsku i farmaceutsku industriju (Pospišil, 2010).

U svijetu su pod sojom (FAOSTAT, 2021) najveće površine u 2013., 2014. i 2015. godini bile u SAD (od 30 do 30,5 milijuna hektara). Ukupna proizvodnja soje u svijetu kretala se od 277 do preko 323 milijuna t/ha, a pojedinačno SAD bile i najveći proizvođač ove kulture, s ukupnim prinosima od 91 do 106 milijuna tona godišnje. U Hrvatskoj su ukupni prinosi soje bili od 111 do gotovo 200 tisuća tona godišnje. Prinosi po hektaru su u promatranim godinama kod nas bili 2,2 do 2,8 t, dok su na svjetskoj razini prinosi po hektaru bili od 1,65 do 1,73 t/ha (tablica 7).

Tablica 7. Prinosi (t/ha) soje u svijetu i Hrvatskoj u 2013., 2014. i 2015. godini (FAOSTAT, 2021)

Godina	Prinosi (t/ha)	
	Svijet	Hrvatska
2013.	1,67	2,36
2014.	1,73	2,79
2015.	1,65	2,21

2.1.5. Proizvodnja suncokreta

Suncokret (*Helianthus annuus* L.) je biljka uljarica čije se ulje svrstava u kategoriju najkvalitetnijih ulja, s visokom energetsom i biološkom vrijednosti, tako da je značajna industrijska biljka te se koristi i u hranidbi stoke (proteinska sačma, ostaci kod žetve) (Gadžo i sur., 2011). Suncokret je i medonosna biljka, koju oprašuju pčele i ostali oprašivači, a prema istraživanju koje su 2008. godine u Baranji proveli Lužajić i suradnici, medonosna pčela (*Apis mellifera* L.) bila je najzastupljeniji oprašivač suncokreta (u čak 99,53 % mjerenja).

Podatci FAOSTAT-a (2021) pokazuju da je Rusija, tijekom 2013., 2014. i 2015. godine, bila zemlja s najvećim površinama pod ovom kulturom (od 6,4 do 6,8 milijuna hektara). Ukupno se u svijetu, u navedenim godinama, proizvodilo od 42 do preko 45 milijuna tona, a Ukrajina je imala najveću proizvodnju (prinosi od 10 do 11 milijuna tona godišnje). Kod nas je proizvodnja suncokreta bila u rasponu od 94 do 130 tisuća tona. Na svjetskoj razini prosječni su se prinosi suncokreta kretali od 1,6 do 1,7 t/ha, dok su u Hrvatskoj bili 2,7 do 3,2 t/ha. (tablica 8).

Tablica 8. Prinosi (t/ha) suncokreta u svijetu i Hrvatskoj u 2013., 2014. i 2015. godini (FAOSTAT, 2021).

Godina	Prinosi (t/ha)	
	Svijet	Hrvatska
2013.	1,64	3,20
2014.	1,66	2,85
2015.	1,71	2,72

2.1.6. Proizvodnja šećerne repe

Šećerna repa (*Beta vulgaris ssp. altissima* var. *saccharifera* Alef) je kultura koja predstavlja osnovnu sirovinu u proizvodnji šećera, a od ukupnih količina proizvedenog šećera, 40-45 % proizvodi se iz šećerne repe (Gadžo i sur., 2011). Prema podacima o proizvodnji šećerne repe (FAOSTAT, 2021) tijekom 2013., 2014 i 2015. godine, najveće su površine bile u Rusiji, od 889 tisuća do preko milijun hektara. Proizvodnja se u svijetu kretala od 240 do preko 278 milijuna tona godišnje, a Rusija je i pojedinačno bila najveći proizvođač, s proizvodnjom od 39 milijuna tona u 2013. i 2015. godini te Francuska, s preko 37 milijuna tona u 2014. godini. Kod nas se proizvodnja kretala od preko 750 tisuća do skoro milijun i 400 tisuća tona. Prinosi po hektaru kod nas i u svijetu prikazani su u tablici 9.

Tablica 9. Prinosi (t) šećerne repe u svijetu i Hrvatskoj u 2013., 2014. i 2015. godini (FAOSTAT, 2021)

Godina	Prinosi (t/ha)	
	Svijet	Hrvatska
2013.	45,76	51,90
2014.	50,15	63,56
2015.	47,73	54,49

2.1.7. Proizvodnja uljane repice

Uljana repica (*Brassica napus subspec. oleifera* L.) se prije svega uzgaja zbog proizvodnje ulja, kojega u sjemenkama ima od 40-48 % (Gadžo i sur., 2011). Značajna je industrijska biljka, a koristi se i u hranidbi stoke (kao krmivo ili kao uljane pogače).

Prema podacima koje je objavio FAOSTAT (2021), tijekom 2013., 2014. i 2015. godine ukupni prinosi na razini svijeta su bili iznad 34 milijuna tona godišnje. Ova se kultura u svijetu najviše proizvodila u Kanadi. U promatranom razdoblju se uljana repica u ovoj zemlji sijala na površinama od oko osam milijuna i 300 tisuća hektara, a proizvodnja se kretala od milijun i 600 do milijun i 850 tisuća tona godišnje.

U istom je razdoblju u Hrvatskoj proizvodnja bila od 47 do 71 tisuća tona. Podatci o prosječnim prinosima po hektaru (tablica 10) pokazuju da je su kod nas prosječni prinosi bili veći (od 2,6 do 3,1 t/ha), u odnosu na prosječne prinose ove kulture u svijetu (2,2 i 2,4 t/ha).

Tablica 10. Prinosi (t/ha) uljane repice u svijetu i Hrvatskoj u 2013., 2014. i 2015. godini (FAOSTAT, 2021)

Godina	Prinosi (t/ha)	
	Svijet	Hrvatska
2013.	2,20	2,66
2014.	2,43	3,08
2015.	2,34	2,58

2.2. Štetnici ratarskih kultura

U našoj zemlji ima oko tisuću vrsta kukaca koji su potencijalno štetni za poljoprivredne kulture (Maceljki i sur., 1997). Isti izvor kao najznačajnije štetnike ratarskih kultura navodi: žičnjake i gusjenice sovica pozemljuša, koji kao polifagni štetnici oštećuju podzemne organe skoro svih kultura; lemu ili žitnog balca, lisne uši, žitnu stjenicu i crnog žitarca kod žitarica; kukuruznog moljca, kukuruznu pipu i kukuruznu zlasticu kod kukuruza; repinog buhača, repinu pipu i lisne uši na šećernoj repi; kupusnog buhača, repičinog crvenoglavog

buhača, ličinke pipe terminalnog pupa i pagusjenice repičine ose listarice (kao jesenske štetnike) te repičinog sjajnika na uljanoj repici; lisne uši na suncokretu; običnog (koprivinog) pauka na soji.

Globalno procijenjeni gubitci pšenice, kukuruza, soje i krumpira, uslijed napada štetnika i patogena iznose od 17 do 23 %, dok kod riže gubitci iznose 30 % (Savary i sur., 2019).

Ekonomski gubitci uzrokovani pojavom štetnika uključuju štete na usjevima, trošak mjera za provedbu suzbijanja, troškove liječenja osoba eventualno otrovanih pri aplikaciji insekticida, kao i štete nastale u okolišu zbog negativnog utjecaja insekticida (Oliveira i sur., 2014).

Nakon zabrane uporabe djelatnih tvari insekticida iz skupine neonikotinoida, smanjile su se količine pripravaka za tretiranje sjemena i za folijarnu primjenu. Tako danas kod nas nema registriranih pripravaka (FIS portal, 2023) za tretiranje sjemena suncokreta u zaštiti od žičnjaka, za tretiranje sjemena kukuruza u zaštiti od kukuruzne zlatice te za tretiranje sjemena suncokreta i šećerne repe radi suzbijanja lisnih uši.

Umjesto smanjenja šteta, Deutsch i sur. (2018) procjenjuju da će se uslijed povećanja prosječnih temperatura, štete od napada štetnika kod pšenice, kukuruza i riže povećavati za 10-25 % sa svakim stupnjem celzijusa povećanja prosječne temperature te da će to posebno biti izraženo u umjerenom područje u kojemu se ove kulture i najviše uzgajaju. Procijenjeno povećanje temperature u desetljeću od 2006-2015. godine u odnosu na pred industrijsko razdoblje (1850-1900) iznosi 0,87 °C, tako da prema FAO (2021) upravo klimatske promjene predstavljaju najveći izazov vezano uz zaštitu biljnog zdravlja u budućnosti.

U ovom radu obrađeni su najznačajniji štetnici ratarskih kultura, a posebna pažnja posvećena je žičnjacima, repinoj pipi i repinom buhaču, štetnicima koji su korišteni u laboratorijskim pokusima tijekom istraživanja u sklopu ove disertacije.

2.2.1. Žičnjaci, klisnjaci

Klisnjaci, odnosno žičnjaci (por: Elateridae) su imago i ličinka kukca iz reda Coleoptera (kornjaši), podreda Polyphaga, porodice Elateridae i roda *Agriotes*, koji je kod nas najzastupljeniji (88-98 % od ukupne populacije u ovoj porodici) (Maceljski, 2002). Ukupno je u Hrvatskoj, u porodici Elateridae, utvrđeno 177 vrsta, razvrstanih u 60 rodova, a DNA analizom je dokazano da je najzastupljeniji rod *Agriotes* (95 %) (Čačija, 2015). U rodu *Agriotes* nalazi se 15 vrsta klisnjaka (Čačija i sur., 2011). To su: *Agriotes brevis* Candèze, *Agriotes gallicus* Lacordaire, *Agriotes infuscatus* Desbrochers des Loges, *Agriotes lineatus* Linnaeus, *Agriotes litigiosus* Rossi, *Agriotes medvedevi* Dolin, *Agriotes modestus* Kiesenwetter, *Agriotes obscurus* Linnaeus, *Agriotes pallidulus* Illiger, *Agriotes pilosellus* Schönherr, *Agriotes proximus* Schwarz, *Agriotes rufipalpis* Brullé, *Agriotes sordidus* Illiger,

Agriotes sputator Linnaeus i *Agriotes ustulatus* Schaller. U Slavoniji su najzastupljeniji klisnjaci vrste *A. brevis*, *A. sputator* i *A. ustulatus*, a kao žičnjaci vrsta *A. ustulatus* (Čačija, 2015). U centralnoj i južnoj Europi široko su rasprostranjeni *A. brevis*, *A. sordidus* i *A. ustulatus* (Furlan i Tóth, 2007), a Ritter i Richter (2013), nakon pregleda više znanstvenih radova, zaključuju da su u Europi najzastupljenije vrste *A. lineatus*, *A. obscurus* i *A. sputator*.

Žičnjaci su, kao zemljišni štetnici, rašireni po čitavom svijetu (Tóth i Furlan, 2005), a u dijelove Kanade i SAD doneseni su početkom 19. stoljeća iz Europe (Vernon i sur., 2005). Odrasli oblici, klisnjaci, kukci su tamnije smeđe ili crne boje tijela, dugački su od 7-15 mm, na trbušnoj strani imaju izraslinu, poput šiljka, koja im omogućuje da se, ukoliko padnu na leđa, ponovno vrate na noge i pobjegnu (klisnu), odakle im i potiče naziv, a ne prave štetu na bilju (Maceljski, 2002).

Ličinke klisnjaka, žičnjaci (slika 1), polifagni su štetnici valjkastoga i hitiniziranog tijela, svijetložute do crvenkastosmeđe boje (Kozina i Bažok, 2013). Slične na komadiće mjedene žice, po čemu su i dobili ime, a narastu do duljine od 35 mm (Maceljski, 2002). Ličinke imaju višegodišnji razvoj, koji može trajati od dvije do četiri, odnosno od tri do pet kalendarskih godina (Bažok, 2007a, Bagi i Bodnar, 2012).



Slika 1. Žičnjak na biljci kukuruza

Hrane se različitim poljoprivrednim kulturama i štete čine na mnogim značajnim kulturama u Europi (Tóth i Furlan, 2005), u prvom redu na okopavinama i kulturama rijetkog sklopa, kao što su krumpir, mrkva, šećerna repa, kukuruz (Ivanek-Martinčić, 2009) te na suncokretu i strnim žitaricama (kod visoke brojnosti) (Maceljki, 2002). Žičnjaci pripadaju i u najvažnije zemljišne štetnike soje (Vratarić i Sudarić, 2009), a povremeno se, u nekim godinama, štete mogu pojaviti i na drugim kulturama, npr. na jadranskom češnjaku (Dumičić i sur., 2015). Žičnjaci se ubušuju u naklijalo sjeme, odnosno hrane se podzemnim dijelovima biljke, a najznačajniji simptom napada je prorijeđeni sklop (Ivezić, 2008). Štete su uglavnom lokalizirane unutar polja i mogu uzrokovati gubitak biljaka i do 70 % (Reddy i sur., 2014). Maceljki (2002) navodi žičnjake kao najveće štetnike ratarskih kultura. Ističe da se suzbijanje žičnjaka, primjenom zemljišnih insekticida, provodi na 40-50 % površina pod kukuruzom, odnosno oko 90 % površina pod šećernom repom. Podatci dobiveni u istraživanju provedenom u Križevcima (Ivanek-Martinčić i sur., 2008) pokazuju da su te brojke i veće, odnosno da se suzbijanje žičnjaka provodi na 88 % površina pod kukuruzom. Primjena zemljišnih insekticida, tretiranjem sjemena, u suzbijanju žičnjaka započinje krajem četrdesetih i početkom pedesetih godina prošlog stoljeća razvojem insekticida lindana, aldrina, deildrina i heptaklora iz skupine kloriranih ugljikovodika (CropLife Fundation, 2013), a šira primjena sjetve tretiranog sjemena započinje sredinom 1990.-ih pojavom insekticida iz skupine neonikotinoidea.

Prije primjene insekticida potrebno je pregledom tla utvrditi brojnost populacije žičnjaka. Ukoliko se insekticid primjenjuje tretiranjem sjemena, tada je prag odluke 2-5 ličinki po m², a ukoliko se primjenjuje u obliku granula, tada je prag odluke 8-10 žičnjaka/m², odnosno 1 žičnjak po ukopanom mamcu (Bažok i sur., 2014). Pred sjetvu kukuruza i šećerne repe prag odluke za primjenu insekticida u zapadnim predjelima naše zemlje je 3-5 žičnjaka na m², a u istočnim predjelima 1-3 žičnjaka/m², dok su pragovi odluke kod sjetve strnih žitarica dosta viši i u istočnim predjelima Hrvatske iznose 15, a u zapadnim 25 žičnjaka/m² (Ivezić, 2008). Da bi se dobio uvid u brojnost odraslih oblika (klisnjaka) i dinamiku njihovog kretanja tijekom proljeća, u novije se vrijeme koriste ferotrapovi s feromonima pojedinih vrsta (Ivanek-Martinčić, 2009), koji u praksi pokazuju dobre rezultate te se mogu koristiti u prognozi pojave vrsta *Agriotes* u integralnoj zaštiti (Jakubowska i sur., 2018).

Veliki broj studija ukazuje da je tretiranje sjemena insekticidima u suzbijanju žičnjaka nepotrebna mjera jer populacija žičnjaka rijetko prelazi kritični broj (Labrie i sur., 2020, Smith i sur., 2020), a najveće štete od napada žičnjaka ne čine gubitci prinosa ili smanjenje kvalitete prinosa, već onečišćenje okoliša uzrokovano primjenom velikih količina insekticida (Tóth i Furlan, 2005). Uz mjere suzbijanja žičnjaka koje su na raspolaganju, mogućnosti suzbijanja uvjetovane su i karakteristikama ovog kukca (Chan, 2018), kao što su polifagnoš, velika otpornost štetnika i dugački životni vijek (Ericsson i sur., 2007).

Suzbijanje žičnjaka tretiranjem sjemena provodilo se na kukuruzu (Bažok, 2007a), šećernoj repi (Bažok, 2010) i suncokretu (Bažok, 2008), a nakon zabrane uporabe insekticida iz skupine neonikotinoida na razini Europske unije (Vojvodić i Bažok, 2021), danas je za tretiranje sjemena šećerne repe, pšenice i kukuruza u Republici Hrvatskoj za suzbijanje žičnjaka dozvoljena samo djelatna tvar teflutrin iz skupine piretroida (tablica 11) (FIS portal, 2023), pa se sve više radi na alternativnim načinima suzbijanja ovog štetnika.

Tablica 11. Registrirana sredstva u Republici Hrvatskoj za suzbijanje žičnjaka tretiranjem sjemena ratarskih kultura (FIS portal, 2023)

Kultura	Naziv pripravka	Djelatna tvar	Skupina	Način primjene
šećerna repa				
pšenica	Force 20 CS	teflutrin	piretroidi	tretiranjem sjemena
kukuruz				

Pregledom dostupnih znanstvenih radova Ritter i Richter (2013) kao metode s dobrim potencijalom za suzbijanje žičnjaka ističu sjetvu lovnih biljaka i plodored, a dobar potencijal imaju i entomopatogene gljive *Beauveria bassiana* Balsamo-Crivelli i *Metarhizium anisopliae* (Metchnikoff) Sorokin. Chatańska i sur. (2017) ističu učinkovitost entomopatogene gljive *Beauveria bassiana* od oko 30 % na žičnjake vrste *Agriotes lineatus*. U ranije provedenom istraživanju, Ansari i sur. (2009) su dokazali da je učinak *Beauveria bassiana* na *Agriotes lineatus* izostao, dok je istovremeno potvrđena visoka učinkovitost entomopatogene gljive *Metarhizium anisopliae* na žičnjake ove vrste. Dobar potencijal primjene entomopatogenih gljiva iz roda *Metarhizium*, metodom „privuci i ubij“, u suzbijanju raznih vrsta štetnika ističu i Forić i sur. (2018). Posebno je značajno istaknuti da istraživanje koje su proveli Butt i sur. (1998) pokazuje da entomopatogena gljiva *Metarhizium anisopliae* nije imala negativne učinke na pčele tijekom vrlo uspješnog suzbijanja repičinog sjajnika (*Meligethes aeneus* L.).

Jedna od dobrih mjera suzbijanja žičnjaka je jesenska obrada tla, kada se oranjem na površinu izbace žičnjaci, kao i drugi štetnici, koji na površini ostaju izloženi grabežljivim pticama i niskim temperaturama (Bažok i sur., 2014). Uspješna mjera suzbijanja žičnjaka je i sjetva lovnih biljaka (Bažok i sur., 2014), kojom se mogu smanjiti štete na usjevu, a također smanjiti i uporaba insekticida (Sharma i sur., 2019). Sjetva lovnih biljaka pokazala je dobre rezultate u kukuruzu (Kozina i sur., 2014).

2.2.2. Repina pipa

Repina pipa (*Asproparthenis punctiventris* Germar) pripada redu Coleoptera (kornjaši, tvrdokrilci) podredu Polyphaga porodici Curculionidae (pipe) (Maceljski, 2002). Važan je štetnik šećerne repe (Kereši i sur., 2018), a kod nas je posebno prisutan na području istočne Hrvatske (Maceljski, 2002). Iako su napadi ovog štetnika u prošlosti bili periodički (Maceljski, 2002), na području Vukovarsko-srijemske županije od 2008. godine bilježe se masovni napadi svake godine (Drmić, 2016).

Radi se o velikom kukcu veličine oko 1,5 cm, koji se zbog svoje sivo-smeđe boje teško primjećuje na površini tla (Rešić, 2013). Ličinke repine pipe su apodne, bijele su boje sa smeđom ili žutom glavom, prekrivene gustim čekinjama kada se izlegu, ali se čekinje kod potpuno razvijenih ličinki izgube, a prolaze kroz pet razvojnih faza (Drmić, 2016).

Repina pipa prezimi kao odrasli oblik na prošlogodišnjem repištu i ima jednu generaciju godišnje (Ivezić, 2008). Odrasle pipe, ovisno o vanjskoj temperaturi, izlaze iz tla krajem ožujka i/ili početkom travnja, kopuliraju tijekom svibnja, a izlegnute se ličinke razvijaju u korijenu ili neposredno uz korijen i ne rade značajnije štete na korijenu (Drmić i Bažok, 2015).

Kod temperature od 20 °C i više počinje let pipa, a pri temperaturama iznad 23 °C let pipa postaje masovan (Drmić i Bažok, 2015). Odrasle repine pipe su dobri letači i posebno su aktivne tijekom ranog proljeća u travnju te tijekom vrućih ljetnih dana kada mogu prouzročiti ozbiljne štete na mladim biljkama šećerne repe (Sivčev i sur., 2006). Period kada je šećerena repa najosjetljivija na napad repine pipe je u vrijeme prva dva para listića (Ivezić, 2008).

Jedna pipa na m² predstavlja opasnost za usjev šećerne repe (Ivezić, 2008), a prag odluke za suzbijanje repine pipe je 0,2 pipe na m² u trenutku nicanja šećerne repe (Maceljski, 2002), dok se u kasnijim stadijima razvoja, kada repa razvije četiri lista i više, prag odluke povećava se na 0,3 pipe/m² (Drmić i Bažok, 2015). Prema Čamprag (2000) ekonomski prag štetnosti za imago šećerne pipe, u istraživanjima provedenim u Srbiji, je 0,3-1 jedinka/m² za stara repišta te 0,1-0,3 jedinice/m² za repu u stadiju kotiledona, a slični su pragovi odluke i u Bugarskoj, Rusiji i Ukrajini (0,5 jedinice/m²; 0,1-0,4 jedinice/m² u fazi kotiledona; 0,1-0,3 jedinice/m² u fazi klijanca).

Maceljski (2002) navodi da pipa tijekom jednog toplog dana može pojesti od 5 do 16 biljaka šećerne repe (u fazi kotiledona), što je više od 140 mm² lista.

Kod suzbijanja repine pipe, zbog specifične građe i njene velike proždrljivosti, tretiranje insekticidima je potrebno provesti višekratno (Bažok i sur., 2012).

Prije tretiranja, potrebno je provesti dugoročnu prognozu pregledom tla u jesen na prošlogodišnjem repištu (kopanjem rupa 50 x 50 x 50 cm) te kratkoročnu prognozu na proljeće vizualnim pregledom (unutar površine od 1 m²) (Drmić i sur., 2019) (slika 2).

U istraživanju koje navode Drmić i sur. (2019) repina pipa je smanjeno osjetljiva na djelatne tvari lambda-cihalotrin (iz skupine piretroida) i acetamiprid (iz skupine neonikotinoida), dok je na klorpirifos (skupina organofosfatnih insekticida) osjetljivo 30 % testiranih populacija, 40 % populacije je umjereno rezistentno, a 10 % populacija je rezistentno.

Dok su 2015. godine tri djelatne tvari insekticida (lambda-cihalotrin, klorpirifos u kombinaciji s cipermetrinom te acetamiprid) imale dozvolu za suzbijanje repine pipe (Bažok, 2015), danas u Republici Hrvatskoj nema registriranih pripravaka za suzbijanje ovog štetnika u šećernoj repi (FIS portal, 2023), iako je tretiranje sjemena insekticidima pružalo dobru zaštitu šećernoj repi od repine pipe (Kereši i sur., 2006). Nedostatak kemijskih sredstava za suzbijanje ovog štetnika na šećernoj repi mogao bi se nadomjestiti razvojem novih insekticida, koji bi se primjenjivali u vrlo malim količinama, ali s vrlo visokom učinkovitost na štetnika (Burkova i Vasilieva, 2018).



Slika 2. Utvrđivanje zaraze repinom pipom uz pomoć kvadratnog okvira

Jedna od metoda koja pokazuje dobre rezultate u suzbijanju repine pipe je masovni ulov feromonima agregacije na velikim područjima (Bažok i sur., 2019). Istraživanja provedena na istoku Hrvatske pokazuju da smanjenje populacije repine pipe, na starim repištima,

korištenjem masovnog ulova nije bilo potpuno zadovoljavajući, ali je ipak smanjen broj aplikacija i količina korištenih insekticida (Drmić i sur., 2017). Tóth i sur. (2007) ističu da se sintetski proizvedenim feromonima agregacije mogu postići zadovoljavajući rezultati u suzbijanju ukoliko se postave u količini od 10 do 30 mamaca/ha.

Dobar potencijal u suzbijanju ovog štetnika ima i primjena entomopatogenih nematoda (EPN) (Kadoić Balaško i sur., 2019). Istraživanja provedena u Hrvatskoj (Drmić i sur., 2020) pokazuju da entomopatogena nematoda *Heterorhabditis bacteriophora* Poinar ima visok učinak u suzbijanju ličinki repine pipe u slučajevima njihove umjerene brojnosti, ali da je prije početka primjene potrebno provesti dodatna istraživanja. Dobri rezultati postignuti su i u istraživanju provedenom u Turskoj, u kojemu je entomopatogena nematoda *H. bacteriophora* uzrokovala visok mortalitet ličinki repine pipe (od preko 80 %) pri temperaturi od 20 °C, na dubini tla od 5-15 cm (Susurluk, 2008).

2.2.3. Repin buhač

Repin buhač (*Chaetocnema tibialis* Illiger) pripada redu Coleoptera (kornjaši, tvrdokrilci), podredu Polyphaga, porodici Chrysomelidae (zlatice) i potporodici Halticinae (buhači) (Maceljki, 2002). To je kukac koji ima jednu generaciju godišnje, prezimi u odraslom obliku, dužina mu je tijela od 1,5-4 mm, a zadnje su mu noge prilagođene za skakanje (Ivezić, 2008).

Ovaj je štetnik rasprostranjen u većem dijelu Europe, a hrani se kotiledonima i mladim lišćem šećerne i stočne repe, koje se uslijed jačeg napada osuše pa je tada usjev potrebno presijati (Kereši i sur., 2018). Toplije im vrijeme odgovara za razvoj, a u sušnim uvjetima pri visokim temperaturama nanose velike štete (Maceljki, 2002, Popov i sur, 2006, Kereši i sur., 2018).

Danas je u Republici Hrvatskoj registrirano pet pripravaka za suzbijanje repinog buhača u šećernoj repi (tablica 12) (FIS portal, 2023).

Tablica 12. Registrirana sredstva u Republici Hrvatskoj za suzbijanje repinog buhača u šećernoj repi (FIS portal, 2023)

Štetnik	Naziv pripravka	Djelatna tvar	Skupina	Način primjene
repin buhač	Decis 2,5 EC	deltametrin	piretroidi	folijarna primjena tijekom vegetacije
	Decis 100 EC			
	Cyclone	lambda-cihalotrin		tretiranjem u redove tijekom sjetve
	Force Evo	telfutrin		
	Lebron 0,5 G			
Force 20 CS		tretiranjem sjemena		

2.2.4. Crveni žitni balac

Crveni žitni balac (*Oulema melanopus* L.) ili lema pripada redu Coleoptera (kornjaši, tvrdokrilci) podredu Polyphaga, porodici Chrysomelidae (zlatice) i potporodici Criocerinae (lijerkovci) (Maceljski, 2002). Ličinke ovog kukca su žute boje, pokrivene su sluzi te kasnije od izmeta poprime crnu boju. Odrasli kukci dugi su od 4-6 mm, pokrile im je plave boje, a nadvratni štit i noge narančasto crvene boje (Maceljski, 2002). To je najvažniji štetnik strnih žitarica u Hrvatskoj, a štete nanose i odrasli oblici i ličinke (Kovačević i Rastija, 2014). Imago žitnog balca izgriza list u vidu pruga, a ličinke se hrane gornjim slojem lista pa iza njih ostaju prozirne izdužene pruge (Ivezić, 2008). Jedna ličinka uništi oko 10 % zastavice na žitaricama, a uništenjem 12-25 % lisne površine pšenice, dolazi do smanjenja prinosa za 14 % (Kereši i sur., 2018).

Najintenzivniji napadi ličinki su najčešće u drugoj polovici svibnja ili prvoj dekadi lipnja, ovisno o temperaturama (Kovačević i Rastija, 2014), a sve učestalije suše ovom kukcu ne odgovaraju, odnosno intenzitet pojave i štetnosti ove vrste izraženije su u vlažnim godinama (Kereši i sur., 2018).

Za kemijsko suzbijanje ovog štetnika na strnim žitaricama, danas su u Republici Hrvatskoj registrirane dvije djelatne tvari iz skupine piretroida, i dva pripravka (tablica 13), koji se mogu primjenjivati folijarno tijekom vegetacije (FIS portal, 2023). Istraživanje koje su proveli Juran i sur. (2017) pokazalo je dobru učinkovitost djelatne tvari lambda-cihalotrin u suzbijanju žitnih balaca. Novija istraživanja provedena u sklopu projekta praćenja rezistentnosti gospodarski važnih štetnika na insekticide pokazala su da su neke populacije žitnih balaca s područja kontinentalne Hrvatske smanjeno osjetljive na insekticide (rezistentnost-szb, 2022).

Tablica 13. Registrirana sredstva u Republici Hrvatskoj za suzbijanje crvenog žitnog balca na strnim žitaricama (FIS portal, 2023)

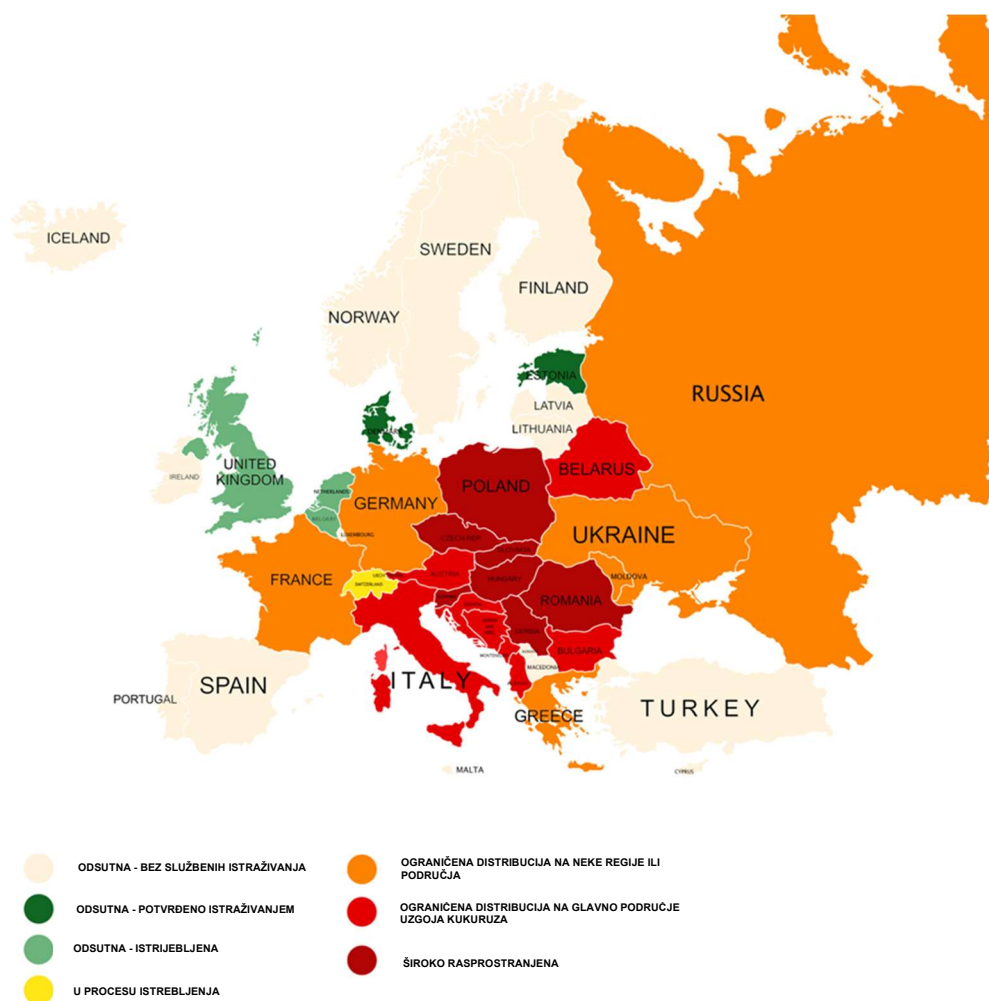
Štetnik	Naziv pripravka	Djelatna tvar	Skupina	Način primjene
crveni žitni balac	Decis 2,5 EC	deltametrin	piretroidi	folijarna primjena tijekom vegetacije
	Karate Zeon	lambda-cihalotrin		

2.2.5. Kukuruzna zlatica

Kukuruzna zlatica (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte) je kukac koji pripada redu Coleoptera (kornjaši, tvrdokrilci) podredu Polyphaga, porodici Chrysomelidae (zlatice) i potporodici Galerucinae (brijestovci) (Maceljski, 2002).

Ovaj kukac je podrijetlom iz Amerike, gdje je najznačajniji štetnik kukuruza (Igrc Barčić i Maceljski, 1997). U Europi je prvi put otkriven 1992. godine u Srbiji, dok se kod nas prvi puta pojavio u mjestu Bošnjaci (Ivezić, 2008). Glavni pravci širenja štetnika su sjeverozapad, sjever i sjeveroistok, a prosječna brzina širenja je 30-40 km (Lemić i Bažok, 2009). Trenutno stanje proširenosti i štetnosti kukuruzne zlatice u Europi (slika 3) prikazali su Bažok i sur. (2021).

Odrasli kukac je dugačak od 4,5-6 mm, a ličinke narastu do 15 m i žućkasto su bijele s tamnom glavom (Maceljski, 2002). Kukuruzna zlatica godišnje ima jednu generaciju, a u tlu prezime jaja (Sivčev i sur., 2012). Značajan je štetnik u monokulturi ili ponovljenom uzgoju kukuruza, gdje ličinke izgrizaju korijen kukuruza i uzrokuju polijeganje biljaka, dok se odrasli oblici hrane na listu i svili, što onemogućuje oplodnju zrna (Kovačević i Rastija, 2014).



Slika 3. Rasprostranjenost kukuruzne zlatice u Europi u 2021. godini (Bažok i sur., 2021)

Ličinke prolaze kroz tri razvojna stadija, a pojava odraslih oblika može se očekivati od 15. lipnja do 05. srpnja (Maceljski, 2002).

U Srbiji se od 2000. i 2003. godine, uslijed suše i rotacije kultura u plodoredu, bilježi smanjenje šteta od kukuruzne zlatice (Sivčev i sur., 2012). Negativan učinak ekstremno sušnih uvjeta na ovog štetnika u kombinaciji s niskom vlažnošću zraka i nedostatkom kvalitetne hrane, potvrđuje i istraživanje koje su u toj državi proveli Gošić-Dondo i sur. (2018).

U Republici Hrvatskoj za kemijsko suzbijanje ličinki i odraslih kukuruznih zlatica registrirano je pet djelatnih tvari iz skupine neonikotinoidea, piretroidea i diamida. Na osnovi ovih djelatnih tvari registrirano je 11 proizvoda (tablica 14), koji se mogu primjenjivati folijarno protiv odraslih zlatica tijekom vegetacije ili primjenom granula u redove tijekom sjetve da bi se postigla zaštita od ličinki (FIS portal, 2023).

Tablica 14. Registrirana sredstva u Republici Hrvatskoj za kemijsko suzbijanje kukuruzne zlatice na kukuruzu (FIS portal, 2023)

Naziv pripravka	Djelatna tvar	Skupina	Način primjene
Mospilan 20 SG	acetamiprid	neonikotinoidei	
Decis 100 EC			
Poleci Plus			folijarna primjena tijekom vegetacije
Scatto	deltametrin		
Rotor Super			
Demetrina 25 EC		piretroidei	
Force 1,5 G			
Soilguard 1,5 GR	teflutrin		tretiranjem u redove tijekom sjetve
Soilguard 0,5 GR			
Picador 1,6 MG	cipermetrin		
Ampligo	klorantraniliprol+ lambda- cihalotrin	diamidi+piretroidei	folijarna primjena tijekom vegetacije

2.2.6. Repičin sjajnik

Repičin sjajnik (*Meligethes aeneus* F.) pripada redu Coleoptera (kornjaši, tvrdokrilci) podredu Polyphaga i porodici Nitidulidae (sjajnici) te su najznačajniji štetnici uljane repice, a ukoliko se ne suzbijaju mogu smanjiti prinose i za više od 50 % (Maceljski, 2002).

Odrasli kukac veličine je od 2-2,5 mm, ovalnog je oblika s ispupčenjem na leđima te je crne boje s metalno zelenim ili plavičastim sjajem. Ličinka je dugačka oko 4 mm, žućkasto bijele je boje sa smeđom glavom (Kereši i sur., 2018).

Sjajnik prezimi kao imago u tlu, a pojavljuje se u rano proljeće kada temperature tla porastu iznad 8 °C, a temperature zraka iznad 12 °C te prave štete hraneći se na pupovima bušeći ih i izgrizajući prašnike i laticе. Štete prestaju nakon što se pupovi otvore jer se tada štetnici mogu nesmetano hraniti peludom (Maceljski, 2002).

Visina temperature između 6 i 20 °C usko je povezana s intenzitetom ishrane i ovipozicijom ovog štetnika na pupovima uljane repice (Ferguson i sur., 2014).

Pregled kemijskih sredstava koji se primjenjuju u Republici Hrvatskoj u suzbijanju repičinog sjajnika prikazan je tablicom 15 (FIS portal, 2023). Djelatne tvari dozvoljene u suzbijanju ovog štetnika pripadaju u kemijske skupine neonikotinoida, piretroida i oksidiazina.

Tablica 15. Registrirana sredstva u Republici Hrvatskoj za kemijsko suzbijanje repičinog sjajnika na uljanoj repici (FIS portal, 2023)

Naziv	Djelatna tvar	Skupina	Način primjene
Mospilan 20 SG	acetamiprid	neonikotinoidi	folijarna primjena tijekom vegetacije
Mospilan 20 SP			
Sumialfa 5 FL	esfenvalerat	piretroidi	
Karate zeon	lambda-cihalotrin		
Cyclone	lambda-cihalotrin		
Karis 10 CS	lambda-cihalotrin		
Cythrín max	cipermetrin		
Cypgold	cipermetrin		
Poleci	deltametrin		
Poleci plus	deltametrin		
Decis 2,5 EC	deltametrin		
Decis 100 EC	deltametrin		
Mavrik Flo	tau-fluvalinat		

Istraživanjem provedenim u Hrvatskoj (Gotlin Čuljak i sur., 2013) utvrđena je umjerena rezistentnost repičinog sjajnika na djelatnu tvar lambda-cihalotrin te djelomična rezistentnost na djelatnu tvar alfa-cipermetrin. Obje su djelatne tvari iz skupine piretroida. Veliki problem s rezistentnosti repičinog sjajnika na insekticide iz ove skupine postoji i u Europi, gdje se bilježi neučinkovitost ovih insekticida u suzbijanju repičinog sjajnika na 2/3 područja zasijanih uljanom repicom (Gotlin Čuljak i sur., 2017).

Osjetljivost ovog štetnika utvrđena je na djelatnu tvar klorpirifos iz skupine organofosfornih insekticida, dok je osjetljivost na lambda-cihalotrin i cipermetrin iz skupine piretroida niska, a osjetljivost na djelatne tvari acetamiprid i tiakloprid iz skupine neonikotinoida nije zabilježena (rezistentnost-szb, 2022).

2.2.7. Proljetne repičine pipe

Velika repičina pipa (*Ceutorhynchus napi* Gyllenhal) i mala repičina pipa (*C. pallidactylus* Marsham) pripadaju redu Coleoptera (kornjaši, tvrdokrilci) podredu Polyphaga i porodici Curculionidae (pipe) (Maceljski, 2002).

Imago velike repičine pipe dugačak je od 3-4 mm, crne je boje, ali izgleda tamnosivo (zbog prekrivenosti svijetlim ljuskicama i dlačicama), dok su ličinke dugačke do 8 mm, bjelkaste su boje sa smeđom glavom i apodne su. Ove pipe imaju jednu generaciju godišnje i rasprostranjenije su u zapadnoj i centralnoj Europi (Kereši i sur., 2018).

Imago male repičine pipe dug je od 2,5-3,5 mm i narančaste je boje, a ličinke narastu do 5 mm te su kao i kod velike repičine pipe bjelkaste boje sa smeđom glavom i bez nogu (Maceljski, 2002). Mala repičina pipa rasprostranjena je u Europi, sjevernoj Africi i Maloj Aziji, a unijeta je i u Sjevernu Ameriku (Kereši i sur., 2018).

Repičine proljetne pipe (velike i male) su prvi štetnici uljane repice na proljeće (Gotlin Čuljak i sur., 2020). Ukoliko izostane tretiranje usjeva, gubitci prinosa uslijed napada ovih štetnika su do 37 % sjemena uljane repice (Juran, 2015). Štete od repičinih pipa su veće kada su proljeća vlažnija, a mogu se izbjeći ranom sjetvom ranih sorti i primjenom ostalih mjera koje pogoduju bržem porastu biljaka, koje su onda otpornije na štetnika u trenutku napada (Maceljski, 2002). Znatne štete biljkama uljane repice nanose ličinke velike repičine pipe koje buše hodnike u stabljikama, što dovodi do usporavanja razvoja i deformacije biljke, a odrasli se oblici hrane grizući rubove listova, žile na naličju i peteljku lista (Alasić, 2008).

Tablicom 16 prikazana su kemijska sredstva registrirana za suzbijanje ovih štetnika u Republici Hrvatskoj (FIS portal, 2023).

Tablica 16. Registrirana sredstva u Republici Hrvatskoj za kemijsko suzbijanje proljetnih (velike i male) repičinih pipa na uljanoj repici (FIS portal, 2023)

Štetnik	Pripravak	Djelatna tvar	Skupina	Način primjene
velika repičina pipa	Decis 2,5 EC	deltametrin	piretroidi	folijarna primjena tijekom vegetacije
	Sumialfa 5 FL	esfenvalerat		
	Cythrín Max	cipermetrin		
	Cypgold			
Mospilan 20 SG	acetamiprid	neonikotinoidi		
Mospilan 20 SP				
mala repičina pipa	Mospilan 20 SG	acetamiprid	neonikotinoidi	
	Mospilan 20 SP			

2.2.8. Repičina osa listarica

Repičina osa listarica (*Athalia rosae* L.) pripada redu Hymenoptera (opnokrilci), podredu Symphyta, porodici Tenthredinidae (ose listarice) (Maceljski, 2002). Odrasli oblik kukca dugačak je od 6-8 mm, tijelo mu je zdepasto i žutonarančaste boje, a mlade ličinke (pagusjenice) su zelenkaste boje, dok u kasnijem razvoju potamne i postanu tamnosive (tamnije su na leđnoj nego na trbušnoj strani) i narastu do 20 mm duljine (Maceljski, 2002). Repičina osa listarica rasprostranjena je i radi štete na svim područjima u kojima se uzgaja uljana repica u Europi, Aziji, Africi i Sjevernoj Americi (Kereši i sur., 2018).

Ličinke repičine ose listarice, pagusjenice, hrane se lišćem, a prag odluke za suzbijanje je 0,5 pagusjenica po biljci ili oko 50 pagusjenica po četvornom metru (Ivezić, 2008).

Ukoliko je tijekom pojave ličinki toplo i suho vrijeme, mogu se očekivati najveće štete, dok kišno i hladno vrijeme ometa razvoj ovog štetnika (Maceljski, 2002).

Repičina osa listarica ima od dvije do tri generacije godišnje, a u tlu prezimi ličinka u kukuljici (Kereši i sur., 2018). Prva generacija, koja se javlja u proljeće, čini znatno manje štete od generacije koja se javlja u ljeto, pogotovo ako se izlijeganje produži do sredine rujna kada se uljana repica nalazi u fazi nicanja. Tada se može dogoditi da pagusjenice obrste usjeve u roku od dva do tri dana (Šimić, 2012). Upravo činjenice da su pagusjenice postale redovit štetnik i da mogu nanijeti totalnu štetu usjevu uljane repice upućuju na obvezu suzbijanja ovog štetnika (Alasić, 2008). Suzbijanje se provodi na 30-60 % svih površina pod uljanom repicom (Maceljski, 2002).

U Republici Hrvatskoj registrirana su tri pripravka, na temelju tri djelatne tvari (esfenvalerat, alfa-cipermetrin i acetamiprid) iz skupina piretroida i neonikotinoida (tablica 17) za suzbijanje repičine ose listarice na uljanoj repici (FIS portal, 2023).

Tablica 17. Registrirana sredstva u Republici Hrvatskoj za kemijsko suzbijanje repičine ose listarice na uljanoj repici (FIS portal, 2023)

Pripravak	Djelatna tvar	Skupina	Način primjene
Sumialfa 5 FL	esfenvalerat	piretroidi	folijarna primjena tijekom
Mospilan 20 SG	acetamiprid	neonikotinoidi	vegetacije

2.2.9. Sovice pozemljuše ili podgrizajuće sovice

Sovice pozemljuše pripadaju redu Lepidoptera (leptira) porodici Noctuidae (sovice) (Maceljski, 2002). Radi se o noćnim leptirima koji nisu izravno štetni, a njihove gusjenice, koje narastu do 5 cm dužine kod kukuruza izazivaju štete pregrizajući vrat korijena, prizemno lišće, a mogu se hraniti i stabljikom (Ivezić, 2008). Leptiri su srednje veličine, zdepastog i dlakavog tijela te sivih i mrkih boja, a ovi štetnici, od kojih su mnogi polifagni,

moгу napraviti velike štete u slučaju masovnog leta, ukoliko se ne suzbijaju (Kereši i sur., 2018).

Kod nas su najznačajnije usjevna sovica, sovica ipsilon i proljetna sovica (Maceljski, 2002). Usjevna sovica (*Agrotis /Scotia/ segetum* Schiff.) u povoljnim uvjetima može imati do tri generacije godišnje, a gusjenice najveće štete rade tijekom lipnja (Maceljski, 2002). Treća generacija nastaje uslijed povoljnih klimatskih prilika (rani početak proljeća i duga topla jesen), ali je razvoj ličinki u ovoj generaciji djelomičan te mlade ličinke pri niskim temperaturama masovno ugibaju, a potom je u slijedećoj godini pojava ovog štetnika znatno slabija (Kereši i sur., 2018). Ovaj je štetnik najrašireniji i najštetniji na oranicama u uvjetima hladne i umjerene kontinentalne klime (Kereši i sur., 2018).

Sovica ipsilon (*Agrotis ipsilon* Hfn.) je migratorna vrsta koja kod nas dolazi s juga te je najštetnija pozemljuša kod nas (Maceljski, 2002). Ima dvije do tri generacije, najveće štete radi od polovice svibnja pa do kraja lipnja, a budući da je sovica ipsilon higrofilan štetnik, najveće štete radi na navodnjavanim terenima te na područjima s visokom razinom podzemnih voda i to na usjevima kukuruza, šećerne repe, duhana, rajčice, kao i ostalih biljnih vrsta (Kereši i sur., 2018).

Proljetna sovica (*Euxoa /Agrotis/ temera* Hb.) je polifagna vrsta, koja ima jednu generaciju godišnje. Prva od svih sovica pozemljuša, već početkom travnja, počinje činiti štete, a moguće su i kombinirane štete s ostalim pozemljušama (Maceljski, 2002). Ovaj je štetnik rasprostranjen u Europi, sjevernoj Africi, Turskoj, Iranu, Iraku i centralnoj Aziji (Kereši i sur., 2018), a kod nas je njihova pojava u novije vrijeme puno rjeđa i to samo lokalno (Maceljski, 2002).

U suzbijanju ovog štetnika u Republici Hrvatskoj registrirano je pet pripravaka i tri djelatne tvari iz skupine piretroida (tablica 18). Načini primjene insekticida su tretiranjem sjemena, tretiranjem granulama u redove tijekom sjetve te kod kukuruza i inkorporacijom granula u tlo tijekom međuredne kultivacije (FIS portal, 2023).

Tablica 18. Registrirana sredstva u Republici Hrvatskoj za kemijsko suzbijanje sovice pozemljuša u ratarskim kulturama (FIS portal, 2023)

Kultura	Pripravak	Djelatna tvar	Skupina	Način primjene
kukuruz, šećerna repa	Force 20 CS			tretiranjem sjemena
kukuruz, suncokret, soja, uljana repica	Force Evo	teflutrin		tretiranjem u redove tijekom sjetve
kukuruz, suncokret, soja	Lebron 0,5 G			
kukuruz, uljana repica, suncokret, soja	Trika Expert	lambda- cihalotrin	piretroidi	tretiranjem u redove tijekom sjetve uz inkorporaciju u tlo ili tijekom međuredne kultivacije kod kukuruz
kukuruz za zrno, suncokret	Columbo 0,8 MG	cipermetrin		tretiranje u redove tijekom sjetve

2.3. Pčelarstvo

Pčelarstvo kao grana poljoprivrede, uz izravnu korist od proizvodnje meda, voska, matične mliječi, peludi, propolisa i pčelinjeg otrova, donosi i neizravnu korist oprašivanjem bilja, koja tako u voćarstvu može biti višestruko veća od koristi nastale proizvodnjom meda i ostalih pčelinjih proizvoda (Maceljki, 2002). Istraživanje provedeno u nasadu jabuka, pokazuje da tri pčelinje zajednice na 1 ha voćnjaka proizvedu 57 kg jabuka, dok jedna košnica na istoj površini proizvede 30 kg ovog voća (Somerville, 1999). Pčele oprašuju oko 80 % cvjetnica, a zajedno s ostalim oprašivačima oprašuju više od 70 % usjeva koji čine hranu za ljude (Pavliček i sur., 2021). Procjenjuje se da je godišnja globalna ekonomska korist od oprašivanja pčela oko 265 milijardi eura (Tirado i sur., 2013), dok se u SAD ekonomska korist procjenjuje na 15 milijardi dolara (Morse i Calderone, 2020).

2.3.1. Pčelinja zajednica

Smatra se da su pčele nastale u razdoblju krede (od prije 100 do 120 milijuna godina) (Danforth, 2007), kada su u prirodi pojavile prve cvjetnice (Moisset i Buchmann, 2011). Medonosnu pčelu (*Apis mellifera*) je 1758. godine opisao Carl von Linnaeus, a klasifikacija roda *Apis* prikazana je u tablici 19.

Tablica 19. Klasifikacija pčele (prema Kezić i sur., 2014)

Carstvo	Animalium (životinje)
Koljeno	Arthropoda (člankonošci)
Razred	Hexapoda (kukci)
Podrazred	Pterygota (krilaši)
Red	Hymenoptera (opnokrilci)
Podred	Apocrita (utegnutozadčani)
Porodica	Apidae (prave pčele)
Rod	<i>Apis</i> (pčele)
Vrsta	<i>mellifera</i> (Linnaeus, 1758)
	<i>florea</i> (Fabricius, 1787)
	<i>dorsata</i> (Fabricius, 1793)
	<i>nigrocincta</i> (Smith, 1861)
	<i>laboriosa</i> (Smith, 1871)
	<i>koschevnikovi</i> (Buttel Reepen, 1906)
	<i>andreniformis</i> (Smith, 1958)
	<i>nuluensis</i> (Tingek, 1996)

Uz pčele, koje pripadaju potporodici Apinae, porodici Apidae još ulaze potporodica Meliponinae, bezžalčane pčele i potporodica Bombinae, bumbari (Kezić i sur., 2014).

Zapadna medonosna pčela (*A. mellifera* L.) geografski se dijeli na europske, orijentalne i afričke pasmine, a najznačajnije su (Ruttner, 1988):

- siva ili kranjska pčela (*A. mellifera carnica* Pollman 1879),
- žuta ili talijanska pčela (*A. mellifera ligustica* Spinola, 1806),
- tamna europska pčela (*A. mellifera mellifera* Linnaeus, 1758),
- kavkaska pčela (*A. melifera caucasica* Gorbachew, 1916),
- istočnoafrička pčela (*A. mellifera scutelata* Lapeletier, 1836),

Kod nas je autohtona pasmina siva pčela (*A. mellifera carnica*) (Kezić i sur., 2014), koja se još zove i kranjska pčela, a ime je dobila po pokrajini u Sloveniji gdje je prvi puta proučavana (Kulinčević, 2016). Autohtono područje njezina rasprostranjenja je južno od Alpa u prostoru Panonske nizine i Balkanskog poluotoka. Dosta je mirna, dobro prezimljuje, ima dobar početni razvoj u proljeće, a pojačani nagon za rojenjem se nastoji smanjiti selekcijom (Kezić i sur., 2014).

Pčele su zadružni (socijalni) kukci koji žive u zajednicama od 20 000 do 40 000 jedinki, gdje svaka jedinka obavlja svoju ulogu te time predstavlja svojevrsan „superorganizam“. Prema strukturi pčelinja se zajednica sastoji od jedne matice i nekoliko desetaka tisuća radilica te

od nekoliko stotina pa do koju tisuću trutova (Seeley, 1995). U modernom pčelarenju matice se koriste jednu do dvije godine, dok pčele radilice najduže žive zimi, od četiri do šest mjeseci, a najkraće tijekom proljeća i ljeta, od četiri do pet tjedana (Kulinčević, 2016).

2.3.2. Medonosne paše

Pčelinjaci se osnivaju na lokacijama na kojima postoji pčelinja paša pa je poznavanje medonosnog bilja, kao izvora pčelinje paše, od presudnog značaja za uspješnu i isplativu pčelarsku proizvodnju. Medonosno bilje je osnova za dobivanje meda, peludi, matične mliječi, voska, propolisa i pčelinjeg otrova (Jašmak, 1980), a najznačajnija staništa medonosnog bilja su šume, livade i pašnjaci, voćnjaci i parkovi, oranice i vrtovi (Zima, 2007). Pčele iz nektara i medne rose proizvode med, koji je temelj njihove energetske prehrane, dok je pelud za pčele izvor bjelančevina, masti, vitamina i minerala. Propolis koriste za dezinfekciju saća i unutrašnjosti košnice te za zatvaranje pukotine na košnicama i balzamiranje uginulih životinja koje su pčele usmratile, ali ih zbog njihove veličine nisu mogle iznijeti iz košnice (Vojvodić i Bubalo, 2017).

2.3.2.1. Skupljanje nektara i medne rose

Nektar, slatku tekućinu koja je pčelama osnovna sirovina za nastanak meda, izlučuju biljne žlijezde nektariji koji su smješteni u cvijetu, a mogu se nalaziti i izvan cvijeta na drškama i na površini lišća, kao i još nekim biljnim dijelovima. Radi se o prirodnom izvoru ugljikohidrata (Brodschneider i Crailsheim, 2010), a po sastavu nektar je otopina različitih šećera s neznatnim dodacima drugih tvari. Sadržaj šećera i vode u nektaru varira ovisno o raznim uvjetima, s time da sadržaj šećera može biti do 70 %, a sadržaj vode od 30-90 % pa i više (Jašmak, 1980). Prema podacima koje ovaj autor iznosi najviše se šećera, 69 % nalazi u nektaru divljeg kestena, zatim bagrema, 55 %, dok se najmanje šećera nalazi u nektaru trešnje, svega 21 %. Pčele nektar niže koncentracije šećera brže unose usisavanjem, dok do bržeg unosa nektara s većom koncentracijom šećera dolazi tehnikom uzvratanja jezika (lapping method) (Wei i sur., 2020; Wei i sur., 2022).

Medna rosa ili medljika se pojavljuje u povoljnim godinama na lišću ili ostalim dijelovima crnogoričnog ili bjelogoričnog drveća, a nastaje kao izlučevina kukaca, uglavnom lisnih i štitarstih uši (Kezić i sur., 2014). Kukci je izlučuju nakon što su iz biljnih sokova za svoje potrebe izdvojili bjelančevine, a po sastavu se uglavnom radi o šećerima. Od bjelogoričnih biljnih vrsta, najčešće se pojavljuje na hrastu, lipi, lijeski i kestenu, a od crnogoričnih na jeli, smreci, boru i arišu (Jašmak, 1980). Med od medne rose (medun ili medljikovac) je vrlo cijenjen u ljudskoj prehrani, ali nije pogodan za ishranu pčela tijekom zime jer uzrokuje proljev i uginuće pčela (Bučar, 2008). Nektar i mednu rosu skupljaju radilice, tj. pčele

skupljačice, nakon 21. dana života u normalno razvijenim pčelinjim zajednicama (Abou-Shaara, 2014), a u jednoj ih zajednici maksimalno može biti oko 40 %, odnosno oko 10 000 (van der Steen, 2015). Jedan dio skupljenog nektara skupljačice iskoriste za svoje potrebe, dok najveći dio u mednom mjehuru prenose u košnicu i spremaju kao zalihu u stanicama saća (Prđun, 2017).

2.3.2.2. Skupljanje peludi

Pelud je smješten u prašnicima cvijeta i biološki predstavlja muške spolne stanice biljke, a budući da se pelud uvijek nalazi u medu koristi se za kao pouzdan indikator kod analize botaničkog podrijetla meda (Kulinčević, 2016). Radi se o prirodnom izvoru bjelančevina za potrebe pčela (Brodschneider i Crailsheim, 2010), a prema Bučaru (2008) hranidbena vrijednost peludi se razlikuje kod različitih biljnih vrsta te se razvrstava u četiri skupine, s time da se kvaliteta smanjuje od prve prema četvrtoj skupini. U prvoj skupini je pelud voćnih vrsta, vrbe, djetelina, vrijeska, kestena, maka i trputca. Zatim u drugoj skupini je pelud javora, brijesta, maslačka i suncokreta, dok je u trećoj skupini pelud johe, lijeske i topole, a u četvrtoj pelud različitih vrsta crnogoričnog drveća.

Pčele pelud počinju sakupljati u rano proljeće, a iz košnica izlijeću kada su temperature iznad 9 °C (Prđun, 2017). Potreba pčelinjih zajednica za peludom je od 15-30 kg godišnje, uvjetovana je veličinom legla, a u proljeće je veća nego u jesen (van der Steen, 2015). Pčela odjednom može nositi 0,01 gram, odnosno 70 do 100 tisuća peludnih zrnaca (Momirovski i Šimić, 1953).

Dok pčela skuplja pelud na cvijetu gotovo joj je cijelo tijelo prekriveno peludnim zrnima. Ovo je posebno izraženo kada pčele posjećuju cvjetove buče, suncokreta i još nekih biljaka (Momirovski i Šimić, 1953). Pčela iznad cvijeta prednjim nogama s tijela skida peludna zrnca i prebacuje ih u košarice na stražnjim nogama (Prđun, 2017). U košaricama skupljačica prenosi pčelinju pelud, odnosno mješavinu slina, peludi i nektara, a nakon što ga u košnici predaju radilicama, one ga smještaju u stanice saća koje ispune do 2/3 njezine visine te ostatak ispune s medom. Na taj se način stvaraju anaerobni uvjeti te tako pripremljena pelud prolazi kroz mliječno-kiselu fermentaciju pod utjecajem bakterija iz roda *Lactobacillus* i *Bifidobacterium* te kvasaca iz roda *Saccharomyces*.

2.3.2.3. Glavne medonosne paše u kontinentalnoj Hrvatskoj

U kontinentalnoj Hrvatskoj mogu se razlikovati slijedeće pčelinje paše: voćno-vrbova paša, paša uljane repice, bagremova paša, paša amorfe, paša nizinskih livada, paša pitomog kestena, lipova paša, paša brdskih livada, paša zlatošipke, paša suncokreta, paša metvice

i drenka te paša medljike na hrastu (Bučar, 2008). Zima (2007) navodi 275 medonosnih biljnih vrsta u Hrvatskoj od kojih je najveći broj iz porodice usnjača, zatim lepirnjača, ruža, glavočika, krstašica, oštrolista i zijevalica.

Za početak proljetnog razvoja pčelinjih zajednica posebno je značajno da pčele što prije, čim to vremenski uvjeti dozvole, krenu s unosom peludi u košnice. Prvu peludnu pašu, ponekad već krajem veljače, pčele skupljaju na lijeski, na kojoj cvjetanje traje preko tjedan dana (Kulinčević, 2016), a zatim slijede proljetnice, visibabe, jaglac, šafran i druge biljke, a posebno mjesto u peludnoj paši imaju listopadne šume koje obiluju visokokvalitetnom peludi, kao i stabla drijenka, graba, johe, i to sve do početka travnja (Bučar, 2008).

U proljeće pčele nektar i pelud skupljaju i s vrbe, divljih voćnih vrsta, kao što su trešnja, kruška, jabuka, zatim kultiviranog voća koje započinje cvatnjom marelice, a za pčele je u tom razdoblju značajna i izdašna paša maslačka (Kulinčević, 2016), koji cvate od travnja do listopada, a cvatnja traje dva do tri tjedna (Kezić i sur., 2014).

Cvjetanje bagrema, ovisno o klimatskim uvjetima započinje početkom svibnja i traje od 10 do 12 dana (Momirovski i Šimić, 1953). Za bagrem je karakteristično da daje dosta nektara i malo peludi, a jaka pčelinja zajednica dnevno na dobroj bagremovoj paši može skupiti od 8-12 kg nektara, odnosno s jednog hektara može proizvesti do 1000 kg meda (Jašmak, 1980). Prosječan prinos po košnici je oko 20 kg, dok u dobrim godinama može iznositi i do 40 kg (Kezić i sur., 2014).

Početak lipnja započinje cvatnja amorfe i traje od 15 do 20 dana (Bučar, 2008). Amfora daje dosta kvalitetne peludi, a pčele skupljaju i nektar (Kezić i sur., 2014). Med je zbog svoje kvalitete sve traženiji na tržištu, a i vrlo je dobar za prezimljenje pčela pa pčelari sve češće sele pčele na ovu pašu (Bučar, 2008).

Od značajnijih livadnih medonosnih biljaka mogu se istaknuti crvena i bijela djetelina te inkarnatka, koje cvatu od svibnja do kolovoza te daju velike količine nektara i peludi (Kezić i sur., 2014).

Pitomi se kesten, uz bagrem, lipu i prirodne livade, svrstava u glavnu pčelinju pašu. Cvjetanje pitomog kestena traje oko 20 dana, a budući da su muški i ženski cvjetovi odvojeni, kesten prvo daje pelud, a za pet dana i nektar (Kezić i sur., 2014). S kestena pčele mogu dnevno skupiti do 5 kg meda, a unos peludi može iznositi i do 15 kg (Kezić i sur., 2014).

Rana lipa počinje cvjetati početkom lipnja, a kasna krajem srpnja (Bučar, 2008). Lipa medi kada ima dovoljno vlage u tlu i zraku (Momirovski i Šimić, 1953), a paša daje vrlo cijenjen med, s prinosom od 1 000 kg po hektaru (Jašmak, 1980).

Medna rosa ili medljika se uglavnom javlja ljeti, a ponekad i u jesen (Kulinčević, 2016). U našem području (Kezić i sur., 2014) najznačajnija je medna rosa na crnogorici od jele i smreke, dok je na bjelogorici najznačajnija na hrastu i vrbi, a još se pojavljuje na javoru,

bukvi i topoli, ali rjeđe. Prinos meduna na dobroj hrastovoj paši medne rose se kreće od 1 do 20 pa čak i više kilograma po košnici (Kulinčević, 2016). Zbog svog kemijskog sastava (povećanog sadržaja dekstrina), medljika nije povoljna kao rezerva hrane za pčele tijekom zime i to posebno u hladnijim predjelima (Momirovski i Šimić, 1953).

Od ratarskih kultura, koje su predmet proučavanja u ovom radu, samo su uljana repica i suncokret medonosne biljke koje pčele oprašuju. Budući da se broj prirodnih oprašivača znatno smanjuje (zbog uzgoja u monokulturi i primjene insekticida), povećao se interes ratara za medonosnom pčelom, a porastao je i interes za proučavanje učinka pčela na prinose ove dvije ratarske kulture (Lužaić i sur., 2008).

Uljana repica je, zbog svog značaja za razvoj pčelinjih zajednica, jedna od najznačajnijih pčelinjih paša u Hrvatskoj (Bučar, 2008). Paša na uljanoj repici može trajati do 20 dana i prethodi bagremovoj paši, a na ovoj paši pčele mogu sakupiti od 20-30 kg meda, od koje količine skoro polovicu mogu potrošiti za svoje potrebe, odnosno za ubrzani razvoj zajednice (Kulinčević, 2016).

Cvatnja na suncokretu počinje u srpnju, a cvate preko mjesec dana te predstavlja značajnu ljetnu pašu za pčele (Kulinčević, 2016). Kod nas se suncokret sije uglavnom u nizinskim krajevima Slavonije, Baranje i Zapadnog Srijema, a u tim područjima i bolje medi pa mnogi pčelari iz zapadnih područja Hrvatske dovoze svoje pčele na pašu suncokreta (Bučar, 2008). Suncokret najbolje medi tijekom jutra i večeri, a jedna pčelinja zajednica može prosječno skupiti 35 kg meda (Kezić i sur., 2014). Za postizanje dobrih rezultata u oprašivanju ove kulture, potrebno je koristiti od jedne do dvije i pol košnice po hektaru (Plavša i Nedić, 2015).

2.3.3. Prihrana pčelinjih zajednica

Pčelama je tijekom bespašnog razdoblja ili za uzimljavanje potrebno osigurati adekvatnu prihranu (Fengkui i sur., 2015, FAO, 2021). Prihrana se provodi kako bi se pčelinje zajednice spasile od gladi ili kako bi se matice stimulirale na pojačano nesenje (Banožić, 1985). Na prezimljavanje pčela veliki utjecaj ima vrsta hrane koja im se dodaje te način djelovanja te hrane na probavni sustav pčela (Mirjanić i Nedić, 2016). Prema istraživanju Puškadije i sur. (2017) prihrana pčela u kasnu zimu je opravdana tehnološka mjera kako bi se ubrzao proljetni razvoj pčelinjih zajednica i trebala bi se provoditi na svim komercijalnim pčelinjacima. Za jednu pčelinju zajednicu procjenjuje se da treba osigurati od 40 do 90 kilograma meda tijekom godine, što ovisi o više čimbenika, kao što su veličina i snaga zajednice, razvoj legla i količine skupljenog nektara, a umjesto meda pčele se mogu prihranjivati šećernim sirupima i pogačama (Kulinčević, 2016). Da bi se osigurala količina

meda potrebna za prezimljenje, pčele trebaju sakupiti minimalno 125 kg nektara, odnosno moraju posjetiti oko četiri milijuna cvjetova (van der Steen, 2015). Ukoliko se pčele prihranjuju medom ili peludi, treba biti siguran da med i pelud nemaju patogene, kao što su nozemoze, spore američke gnjiloće, vapnenasto leglo itd. (FAO, 2021). Pozitivan utjecaj na proljetni razvoj legla i povećan prinos meda ima proljetna prihrana pčela šećernim sirupom, a posebno prihrana invertnim sirupom (Mirjanić i Mladenović, 2012).

U uvjetima kada je broj radilica u slabijim zajednicama malen te kada je peludna paša slaba ili je slabe kvalitete, potrebno je pčelinjim zajednicama osigurati bjelančevinastu zamjenu dodavanjem repičinog, sirkovog ili sojinog brašna, kvasca i drugih tvari, od kojih ipak niti jedna u potpunosti ne zadovoljava potrebe pčela (Kezić i sur., 2014).

2.3.4. Bolesti i nametnici pčela

S obzirom na specifičan način života u pčelinjim zajednicama, u kojima je stalna izmjena pčela i gdje stare jedinice ugibaju, a nove dolaze, bolesti mogu dugo vremena ostati prikrivene, pa je za njihovo uspješno suzbijanje značajno da budu što prije otkrivene (Banožić, 1985). Zbog toga je presudna sposobnost pčelara da prepoznaju bolesti i nametnike, odnosno da mogu razlikovati teže od lakših oblika bolesti (Shimanuki i Knox, 2000).

Prema Keziću i sur. (2014) bolesti pčela se mogu razvrstavati na više načina. To su zarazne (uzrokovane virusima, bakterijama i plijesnima) i nezarazne bolesti, bolesti legla i bolesti odraslih pčela, kao i bolesti poklopljenog i nepoklopljenog legla.

2.3.4.1. Američka gnjiloća pčelinjeg legla

Američka gnjiloća pčelinjeg legla je najznačajnija i najzaraznija bolest pčela na svijetu, koju uzrokuje bakterija *Paenibacillus larvae* (White), a ima potencijal uništenja cijelih pčelinjih zajednica, kao i ostalih zajednica u pčelinjaku te zajednica u susjednim pčelinjacima (Kulinčević, 2016). Ova bolest uzrokuje značajne ekonomske gubitke za pčelare (Genersch i sur., 2006). Bolest je svrstana na listu Svjetske organizacije za zdravlje životinja (eng. World Organization for Animal Health) kao naročito opasna zarazna bolest životinja (O.I.E.) (Matović i sur., 2007). Ovu bolest karakteriziraju promjene na poklopljenom leglu, a odrasle pčele ne obolijevaju (Plavša i Nedić, 2015). Karakteristični simptomi zarazom legla ovom bolesti su promjena boje ličinke od biserno-bijele do žućkaste, a potom i tamnosmeđe, kao i tipičan smrdljivi i kiseli miris zaraženog saća (FAO, 2021).

2.3.4.2. Nozemoza

Nozemoza je bolest koju uzrokuje mikrosporidij *Nosema apis* (Zander) i *Nosema ceranae* (Fries), jako je rasprostranjena i kod nas te uzrokuje velike štete na odraslim pčelama (Kezić i sur., 2014). Ova se bolest teško primjećuje jer nema jedinstvenog, tipiziranog simptoma bolesti (Shimanuki i Knox, 2000), a pčele zbog iznemoglosti ugibaju van košnice (Tlak Gajger, 2017). Upravo činjenica da su pčele zaražene nozemozom izložene i zarazi virusima i drugim mikroorganizmima može dovesti do velikih šteta ili uništenja pčelinjih zajednica (Kulinčević, 2016). Pouzdano utvrđivanje ove bolesti je mikroskopskim nalazom spora *Nosema* sp. Smanjenje broja spora postiže se korištenjem dodataka hrani za pčele prilikom prihrane pčelinjih zajednica, a u Europskoj uniji nema registriranih proizvoda za suzbijanje nozemoze (Tlak Gajger, 2017). Najbolji načini prevencije nozemoze su držanje jakih pčelinjih zajednica, korištenje mladih i zdravih matica, osiguravanje dovoljne količine hrane za pčele (meda i pčelinjeg kruha), izbjegavanje prevelike upotrebe šećera, dobri higijenski uvjeti na pčelinjaku, osiguravanje dovoljne količine čiste vode na pčelinjaku, zamjena meduna iz košnice s kvalitetnim medom prije zazimljavanja (Plavša i Nedić, 2015).

2.3.4.3. Vapnenasto leglo

Vapnenasto leglo (*Ascosphaera apis* Maassen ex Claussen (Olive et Spiltoir) se kao bolest medonosnih pčela pojavljuje u većini regija svijeta, uključujući i one s toplom i suhom klimom (Jensen i sur., 2013). Ova bolest napada ličinke pčela u leglu, a veće je štete u Dalmaciji i Slavoniji počela pričinjavati osamdesetih godina prošlog stoljeća (Kulinčević, 2016). Bolest se javlja u proljeće kod intenzivnog razvoja pčelinje zajednice kada nema dovoljno odraslih pčela za čuvanje topline legla (FAO, 2021). Nakon infekcije plijesan prorasta ličinku te se ona pretvara u vapnenastu grudicu, a uginule se ličinke mogu pronaći na letu ili podnici košnice (Tlak Gajger, 2017). Budući da je bolest proširena na rubna područja legla, gdje su uvjeti hladniji i vlažniji i u kojima se uglavnom nalaze trutovske ličinke, smatralo se da je ovo bolest trutova, ali pokazalo se da u slučaju jače zaraze dolazi do masovnog propadanja i radiličkog legla (Kulinčević, 2016). Uginule ličinke pčele izbacuju iz košnice (Plavša i Nedić, 2015), a jake zajednice mogu same ozdraviti (FAO, 2021). Dobri rezultati u prevenciji bolesti postižu se utopljivanjem, prihranjivanjem i smanjivanjem vlage u košnici (Kezić i sur., 2014).

2.3.4.4. Varooza

Ovu nametničku bolest uzrokuje grinja *Varroa destructor* (Anderson i Trueman), a klinička se slika razvoja bolesti najbolje uočava u kasno ljeto (Tlak Gajger, 2017). Tijekom proljeća

i ljeta, većina grinja se uglavnom nalazi u trutovskom leglu, a u kasnu jesen i tijekom zime na odraslim pčelama (Shimanuki i Knox, 2000). Ženka grinje odlaže jaja u stanice saća pored ličinke te se njihov razvoj odvija u poklopljenom leglu. Nakon parenja mužjaci grinja uginu, a ženke se hrane hemolimfom kukuljica i mladih pčela (Plavša i Nedić, 2015). Ova bolest predstavlja veliki problem u pčelarstvu i raširena je u cijelom svijetu (Kezić i sur., 2014). Za suzbijanje ove grinje mogu se primjenjivati razne biotehničke metode, a koriste se i kemijske, primjenom akaricida (Devi i sur., 2019).

2.3.4.5. Virusne bolesti

Zarazne bolesti pčela uzrokovane virusima u kombinaciji s drugim bolestima mogu dovesti do ozbiljnih ekonomskih gubitaka (FAO, 2021). Ovdje se posebno ističe međudjelovanje virusa i ostalih nametnika, posebno grinje *V. destructor* (Tlak Gajger, 2017). Ukupno je identificirano i klasificirano petnaestak virusnih bolesti pčela (Kulinčević, 2016, FAO, 2021), a za dvije od njih, mješnasto leglo i pčelinju paralizu pčelari su znali i prije identifikacije pojedinih virusa (Umeljić, 2006).

Mješnasto ili vrećasto leglo se kod nas rijetko javlja i ne prouzrokuje veće štete na pčelinjim zajednicama (Kezić i sur., 2014). Ovaj virus napada ličinke pčela, a ponekad i odrasle pčele, a nije otporan na visoku temperaturu i izravnu sunčevu svjetlost (FAO, 2021). Simptom zaraze ovim virusom se kod ličinki javlja nakon poklapanja stanice saća, prije početka kukuljenja, kada ličinke počnu mijenjati boju iz bijele, žućkaste do smečkaste, te propadaju i pretvaraju se u tekuću i zrnatu masu, dok kožica ličinke ostaje sačuvana. Kada ovakvu ličinku izvadimo, liči na vreću ili mješinicu po čemu je ova bolest dobila ime (de Miranda i sur., 2015). Odrasle se pčele inficiraju virusom dok iz košnice izvlače uginule i oboljele ličinke te postaju latentno inficirane, gube volju za uzimanjem peludi i ugibaju (Plavša i Nedić, 2015).

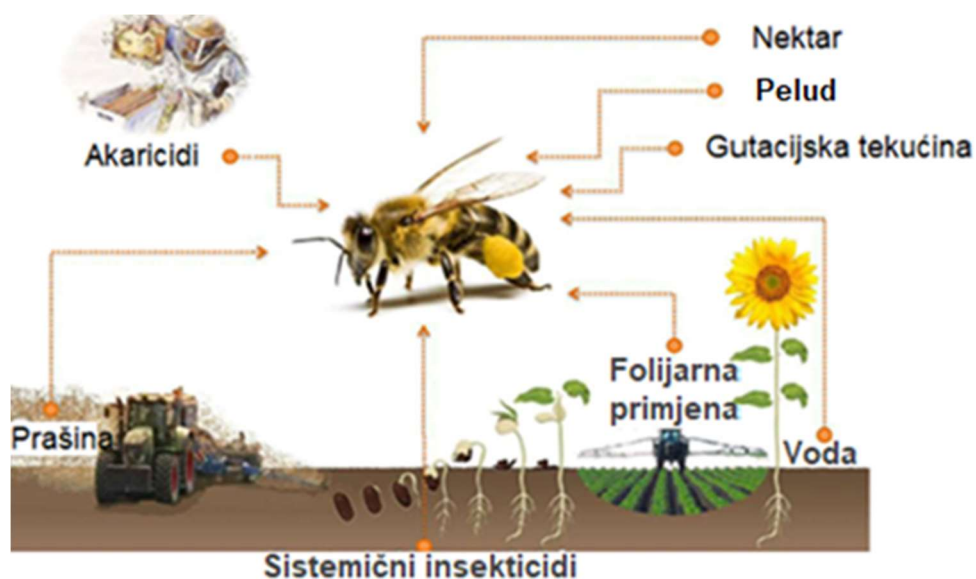
Pčelinja paraliza je zarazna bolest odraslih pčela koja se javlja tijekom proljetnog razvoja i to kada postoji nedostatak u ishrani s peludi, a može prouzročiti uginuće velikog broja pčela (Kezić i sur., 2014). Dva su virusa uzročnika paralize, virus kronične pčelinje paralize i virus akutne pčelinje paralize. Uzročnik kronične paralize je RNK virus, a bolest je prisutna u cijelom svijetu te se javlja u proljeće i ljeto, a prestaje u jesen. Kod akutne je paralize uzročnik virus iz roda Enterovirusa, a bolest je najviše raširena u Europi i Americi, dok se virus brzo širi tijekom zime i početkom proljeća (Plavša i Nedić, 2015). Kod kronične pčelinje paralize postoje dvije različite skupine simptoma, iako se radi o istom uzročniku bolesti. Za prvu skupinu je tako karakterističan abnormalni tremor tijela pčele i nemogućnost letenja, dok je za drugu skupinu simptoma karakteristična pojava crnih ogoljelih pčela, bez dlačica. Oboljele pčele, za razliku od pčela s prvom skupinom simptoma, još neko vrijeme mogu

letjeti (Kulinčević, 2016). I kod kronične i kod akutne pčelinje paralize, kada su u kombinaciji s varoom, infekcije mogu uzrokovati uginuće legla i odraslih pčela, a to je posebno izraženo kod akutne pčelinje paralize, jer se virus brzo umnaža (FAO, 2021).

2.3.5. Utjecaj pesticida na pčelinje zajednice

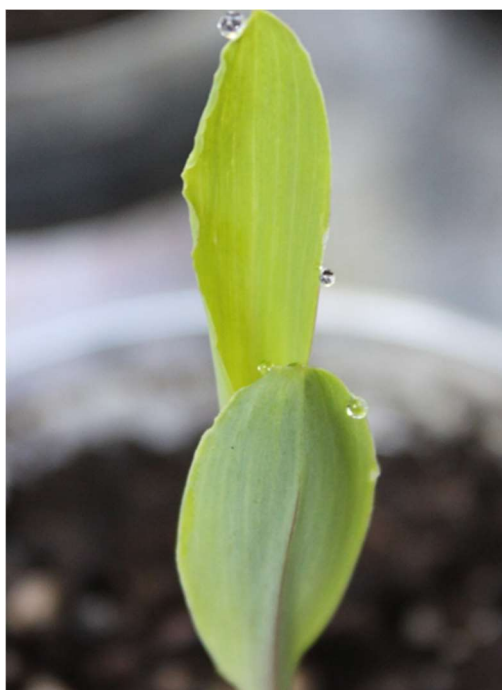
Uz ostale stresore, koji negativno utječu na pčelinje zajednice, agrokemikalije također doprinose njihovu gubitku (Maini i sur., 2010). Raširena upotreba insekticida u poljoprivredi, šumarstvu i komunalnoj higijeni bez sumnje predstavlja opasnost za pčele. Spomenuti kemijski pripravci namijenjeni su ubijanju kukaca, a uz insekticide prijetnju za pčele predstavljaju i ostali pesticidi, kao što su akaricidi (u suzbijanju varooze) te herbicidi i fungicidi (Sanchez-Bayo i Goka, 2016). To potvrđuju Migdał i sur. (2018), navodeći da su pesticidi (fungicidi, insekticidi i herbicidi) korišteni u istraživanju prisutnosti elemenata u tragovima u tijelu pčela, promijenili prirodno ponašanje i stopu smrtnosti kod pčela. Veliku prisutnost pesticida u okolišu dokazali su Mullin i sur. (2010), koji su u uzorcima pčela, voska i peludi pronašli 121 različiti pesticid (insekticide, fungicide, herbicide i akaricide) i njihove metabolite.

Pčele na cvijetu mogu biti izložene izravnom i neizravnom kontaktu s pesticidima (slika 4), što može dovesti do iznenadne smrti ili uginuće pčela nekoliko sati nakon izlaganja, ali pesticide (akaricide) u košnicu unose i pčelari u borbi protiv varooe (Kiljanek i sur., 2021). Izravnom su kontaktu pčele skupljačice izložene kod skupljanja nektara, peludi i vode, dok su neizravno izložene radilice, matice, trutovi i ličinke u košnici, pri dijeljenju hrane onečišćene pesticidima (Barascou i sur., 2021). Iako pčele nisu ciljani organizmi za pesticide, do njihovog onečišćenja, uz već navedene načine, može doći i prilikom preleta preko površina folijarno tretiranih insekticidima te preko oblaka insekticidne prašine nastale tijekom sjetve tretiranog sjemena (Kiljanek i sur., 2016).



Slika 4. Različiti putevi izloženosti pčela pesticidima
(prilagođeno prema Kiljanek i sur., 2016)

Pčele izložene negativnom utjecaju pesticida mogu biti izložene i tijekom skupljanja gutacijske tekućine, koja se redovito javlja u kukuruzu (slika 5), a rjeđe na ostalim kulturama, te može sadržavati visoku razinu pesticida (Girolami i sur., 2009).



Slika 5. Gutacijske kapi na listovima mlade biljke kukuruza

Pojavom sistemskih insekticida povećala se učinkovitost u suzbijanju kukaca koji sišu i koji se ubušuju u biljne organe, jer nakon što su ovi pesticidi uneseni u biljku (preko korijena,

debla, grana ili lista), imaju sposobnost kretati se kroz provodni sustav do svih biljnih organa, štiteći ih na taj način od napada štetnika (Mota-Sanchez i sur., 2009).

Pri kontaktu s manjom količinom sistemskih insekticida, pčele mogu biti izložene subletalnoj toksičnosti, koja ne dovodi izravno do njihovog uginuća već se narušavaju kognitivne sposobnosti radilica, kao što su sposobnost učenja i orijentacije, pa se pčele ne vraćaju u košnicu, a budući da je život izvan zajednice za njih nemoguć dolazi do njihovog ugibanja (Rortais i sur., 2005).

Najveća izloženost pčela negativnom utjecaju pesticida je tijekom skupljanja nektara, jer pčele u sezoni prosječno skupe oko 125 kg nektara, 25 kg peludi i 25 litara vode, stoga im je broj letova pri kojima skupljaju nektar pet puta veći u odnosu na broj letova za skupljanje peludi i vode (van der Steen, 2015).

Cijeli niz simptoma ukazuje na trovanje pčela pesticidima. Tako se kod pčela javlja ošamućenost, zbunjenost, paraliza, abnormalno trzanje i brzi pokreti tijela, dezorijentiranost skupljačica sa smanjenom učinkovitosti u traženju hrane, letargičnost i zadržavanje na cvijetu, neuobičajeno ponašanje matice i polaganje jaja u ne kontinuiranom rasporedu, mrtvo leglo i veći broj uginulih pčela ispred košnice (Hooven i sur., 2013, Kiljanek i sur., 2016., Kumar i sur., 2020). Akrotanakul (1990) navodi smjernice FAO za procjenu stupnja otrovanosti pčela pesticidima. Do 100 mrtvih pčela dnevno je normalna smrtnost. Od 200 do 400 mrtvih pčela ukazuje na nisku razinu trovanja, od 500 do 1000 mrtvih pčela ukazuje na srednju razinu trovanja, dok dnevna smrtnost od preko 1000 pčela ukazuje na visoku razinu trovanja pesticidima.

2.3.6. Gubitci pčelinjih zajednica

Smanjivanje broja pčelinjih zajednica u svijetu je kontinuirano pa se tako broj pčelinjih zajednica posljednjih šezdeset godina smanjio za 45 % (Atkins, 1992, cit. Mirjanić i Mitrić, 2012). Johnson (2007) navodi da se od 1990-ih godina prosječan gubitak pčelinjih zajednica u SAD-u kretao od 17 do 20 %, dok su gubitci tijekom prezimljenja 2006/2007 i 2007/2008. godine bili iznad 30 %.

Veliki gubitak pčelinjih zajednica iz 2006. godine prvo se pojavio na istočnoj obali SAD. Radilo se o gubitcima pčelinjih zajednica većim od uobičajenih u kojem su pojedini pčelari prijavili gubitke od 50-90 % zajednica (Ellis, 2007). Budući da se nije radilo o uobičajenim okolnostima gubitka pčelinjih zajednica, znanstvenici su ovaj fenomen nazvali Colony Collapse Disorder (CCD). Smith i sur. (2013) navode da se CCD manifestira gubitkom odraslih pčela u pčelinjim zajednicama, dok su u košnicama prisutne radilice, leglo i dovoljne količine hrane za pčelinju zajednicu.

Pretpostavlja se da su problemi s maticom, nedostatak kvalitetne hrane i smanjenja paše (nektara i peludi), bakterijske, gljivične i mješovite virusne infekcije, negativno djelovanje drugih štetnika na pčele, kao što su *Varroa destructor*, izloženost pesticidima i smanjenje genetske raznolikosti te loša pčelarska praksa najčešći uzroci ovog fenomena (Stanimirović i sur., 2008., Elbert i sur., 2008., cit. Tapparo i sur., 2012, Vanbergen, 2013., Fairbrother i sur., 2014). Alaux i sur. (2010) ističu da djelovanje nozemoze u kombinaciji s imidaklopridom, odnosno uzajamno djelovanje više štetnih čimbenika, slabi pčelinje zajednice. Blacquièrre i Steen (2017) navode da je povećanje gubitaka pčelinjih zajednica više vezano za štetnike i nametnike na pčelama, odnosno načine pčelarenja, nego uz korištenje neonikotinoida, a vanEngelsdorp (2015) rangira pesticide na osmo mjesto potencijalnih uzročnika gubitka pčelinjih zajednica.

Budući da su pčele ekonomski značajni kukci u proizvodnji meda, peludi, propolisa, matične mliječi i voska (Iwasa i sur., 2004), a imaju veliku ulogu i u oprašivanju kultiviranog i samoniklog bilja, problem pomora, odnosno povećanog gubitka pčelinjih zajednica posebno dobiva na značaju.

Povećan gubitak pčelinjih zajednica prisutan je u cijelom svijetu, u manjem ili većem obimu. Gubitci pčelinjih zajednica mogu nastati tijekom sezone, odnosno tijekom paše, a može se raditi i o zimskim gubitcima. Mnoge zemlje istražuju i vode evidencije o gubitcima pčelinjih zajednica. Tako istraživanja gubitaka pčela u Urugvaju u sezoni 2013/2014. godine pokazuju da je u ljetnoj sezoni uginulo 19 % pčela, dok su zimski gubitci bili 20 % zajednica (Antunez i sur., 2016). Podatci o zimskim gubitcima za Ukrajinu pokazuju da je u godini 2015/2016 bilo 9,9 % gubitaka pčelinjih zajednica, dok je u zimi 2014/2015. uginuće pčela bilo na 14,9 % (Fedorjak i sur., 2017). U SAD su zimski gubitci 2013/2014. godine iznosili 23,7 % pčelinjih zajednica, dok su ljetni gubitci iznosili 19,8 % (Lee i sur., 2015). U 2014/2015. su zimski gubitci pčelinjih zajednica iznosili 22,3 %, a gubitci tijekom ljeta su bili 25,3 %, dok su cjelogodišnji gubitci bili 40,6 % (Seitz i sur., 2016). Isti autori navode da su svi pčelari imali veće gubitke nego što su smatrali prihvatljivim te da prema njihovom mišljenju do gubitaka u malim pčelinjacima dolazi zbog gladovanja i slabih zajednica u jesen, dok kod pčelara s velikim brojem pčelinjih zajednica do gubitaka dolazi zbog nametničkih bolesti varooze i nozemoze te problema s maticama. Zimski gubitci pčelinjih zajednica 2015/2016. godine u SAD bili su 26,9 %, a u ljetnom razdoblju gubitci su iznosili 23,6 % (Kulhanek i sur., 2017).

Navedeni gubitci pčelinjih zajednica uzrokuju i značajne ekonomske štete pa je tako utvrđeno da su ekonomske štete u Austriji iznosile 32 milijun eura, u Češkoj 21 milijun eura, a u Makedoniji 3 milijuna eura (Stojanov i sur., 2021).

2.3.7. Stanje pčelarstva u Hrvatskoj

Prema podacima iz Evidencije pčelara i pašnjaka Hrvatskog pčelarskog saveza, navedenim u Nacionalnom pčelarskom programu za razdoblje od 2020. do 2022. godine (Ministarstvo poljoprivrede, 2019), u Republici Hrvatskoj je u 2018. godini bilo registrirano 7 283 pčelara, koji su ukupno imali 372 002 pčelinjih zajednica. Veliki je broj pčelara, njih 41,52 % , u 2018. imao između jedne i 30 košnica, odnosno 14 % od ukupnog broja pčelinjih zajednica u toj godini, dok je najveći broj pčelara, njih 54,81 % , imao od 30 do 150 košnica, odnosno zajedno su imali 68,62 % od ukupnog broja košnica. Najmanji broj pčelara, njih 3,67, imao je iznad 150 košnica, a zajedno su imali 17,38 % od ukupnog broja pčelinjih zajednica. Ova kategorija pčelara profesionalno se bavila pčelarenjem, dok su se svi ostali pčelarenjem bavili kao dopunskom djelatnošću i iz hobija. Karakteristika intenzivnog, profesionalnog pčelarenja je seleće pčelarenje s većim brojem pčelinjih zajednica (Jamšak, 1980). Kod nas je zastupljeniji stacionirani način pčelarenja, tako da imamo 62 % stacioniranih i 38 % selećih pčelinjaka (Svečnjak i sur., 2008).

Podatci Ministarstva poljoprivrede (2019) pokazuju smanjenje broja pčelara i pčelinjih zajednica u Republici Hrvatskoj. U 2018. godini bilo je 7 283 pčelara i 372 002 pčelinje zajednice što je značajno smanjenje u odnosu na 2013., 2014. i 2015. godinu. U 2013. godini je tako bilo 10 265 pčelara s 547 281 pčelinjih zajednica, u 2014. godini je bilo 11 505 pčelara s 560 424 zajednice, a u 2015. je bilo 12 526 pčelara i 564 736 pčelinjih zajednica. Kao razlozi smanjenja broja pčelara i pčelinjih zajednica navode se nepovoljni klimatski uvjeti (najsušnije godine, najtoplije jeseni i najkišovitija ljeta), što je pčele učinilo podložnijim bolestima, a istovremeno je i pčelare, zbog nedostatka i nesigurnosti izvora hrane za pčele, dovelo do dodatnih financijskih troškova u osiguranju dostatne hrane. Isti izvor (Ministarstvo poljoprivrede, 2019) nadalje navodi veliki uvoz jeftinijeg meda, kojemu naši pčelari cjenovno ne mogu konkurirati, te odlazak mlađe i populacije srednje životne dobi sa sela, što utječe na smanjenje broja pčelara. Europska komisija u svom izvješću iz 2021. godine navodi da je Europska unija na drugom mjestu po proizvodnji meda u svijetu, odmah iza Kine, ali da pokriva svega 60 % svojih potreba za medom.

2.4. Neonikotinoidi

Značaj neonikotinoida se ogleda u činjenici da su u uporabi u više od 120 zemalja, s tržišnom vrijednošću od dvije do šest milijardi dolara, od kojih najveći dio od 41 %, otpada na djelatnu tvar imidaklopid (Jeschke i sur., 2011). Uz imidaklopid i tiaklopid (Bayer CropScience), na tržištu su još prisutni klotianidin (Bayer CropScience i Sumitomo), tiametoksam (Syngenta), acetamiprid (Nippon Soda) i dinotefuran (Mitsui Chemicals) (Simon-Delso i sur., 2015). Sulfoksaflor je novi spoj (Dow Agro Sciences), prisutan je na

tržištu u Kini (Shao i sur., 2013, cit. Simon-Delso i sur., 2015) i SAD (USEPA, 2013, cit. Simon-Delso i sur., 2015), a od 2019. godine registriran je i u Republici Hrvatskoj (FIS portal, 2023). Prvi je, 1991. godine, registriran imidaklopid, potom su 1995. registrirani nitenpiram i acetamipirid, dok je tiametoksam registriran 1998. godine, a tiaklopid i klotianidin registrirani su 2001. te dinotefuran 2002. godine (Hladik i sur., 2018). Prema Jeschke i sur. (2011) tijekom devedesetih godina prošlog stoljeća na tržištu su insekticida najviše bili zastupljeni organofosforni insekticidi (43 %), piretroidi (18 %) i karbamati (16 %). Otkrićem i uvođenjem neonikotinoida na tržište, zastupljenost ostalih skupina insekticida se smanjuje te neonikotinoide danas predstavljaju najčešće korištene insekticide na svijetu.

2.4.1. Mehanizam djelovanja

Neonikotinoide su sistemski insekticidi koji prije svega djeluju na kukce koji sišu, a manje na kukce koji grizu (Maceljski i sur., 2004). Naneseni na površinu biljke translociraju se ksilemom u sve njene dijelove, dugoročno je štiteći od štetnih kukaca (Magalhaes i sur., 2009, cit. Mirjanić i Mitrić, 2012).

Insekticidi iz ove skupine su agonisti nikotinskim acetilkolinским receptorima koji su obično aktivirani neurotransmiterom acetilkolinom (Liu i sur., 2006). U centralnom se i perifernom živčanom sustavu integriraju s nikotin acetilkolin receptorima (nAChR), što dovodi do ekscitacije (podražaja) i paralize pa i do uginuća kukaca (Janjić, 2005). Djeluju agonistički na nikotinske acetilkolinске receptore u živčanom sustavu kukaca i sisavaca (Tan i sur., 2007). Neonikotinoide nisu podložni djelovanju acetilkolinesteraze pa je agonističko djelovanje konstantno što dovodi do neprekidne stimulacije receptora (Čačija i Bažok, 2011). Simptomi trovanja su hiperaktivnost, nekoordinirano drhtanje zatka, savijanje krila, tremor i jaka treskavica cijelog tijela, što rezultira klonulošću i smrću kukca (Laurino i sur., 2011).

Neonikotinoide imaju duže djelovanje od drugih pesticida. Stoga su u mogućnosti ostati u biljnim tkivima mjesecima ili čak više od godinu dana. Osim toga, neonikotinoide su u mogućnosti ostati u tlu tijekom dužeg vremenskog razdoblja. Vrijeme poluraspada klotianidina ili imidakloprida u tlu varira između nekoliko mjeseci i dvije ili tri godine, ovisno o vrsti tla, a netretirane biljke su u opasnosti od rezidua iz prethodnih tretmana pesticidima koji su zaostali u tlu (Hopwood sur., 2012).

Uz neonikotinoide, negativan utjecaj na pčele mogu imati i njihovi metaboliti, a oni se mogu, ovisno o načinu aplikacije insekticida, pojaviti u tlu i biljci. Nakon folijarne primjene imidakloprida glavni ostatak u biljci je imidaklopid, dok se kod primjene u obliku granula i tretiranjem sjemena, imidaklopid metabolizira u nekoliko različitih metabolita koji su u skupini 6-kloropiridina (Araky i sur., 1994, cit. Suchail i sur., 2001).

Dva metabolita imidakloprida, 5-hidroksi imidakloprid i olefin, imaju sličnu toksičnost kao i imidakloprid jer su slične kemijske strukture (Suchail i sur., 2001).

2.4.2. Primjena

Kao visoko toksični insekticidi za većinu člankonožaca, primjena neonikotinoida je široko rasprostranjena u suzbijanju štetnika u ratarstvu i hortikulturi (Goulson, 2013), a posebno značenje imaju u suzbijanju kukaca iz reda Hemiptera, podreda Heteroptera, reda Coleoptera i reda Lepidoptera (Iwasa i sur., 2004).

Neonikotinoidi se primjenjuju folijarno, tretiranjem sjemena i aplikacijom po tlu (u obliku granula). U obliku granula i za tretiranje sjemena upotrebljava se oko 60 % proizvedenih neonikotinoida (Elbert i sur., 2008, cit. Jeschke i sur., 2011). Kod folijarne primjene, insekticidi mogu prouzročiti neželjene štete uništavajući korisne kukce (oprašivače i prirodne neprijatelje štetnika) na tretiranim površinama (Croft, 1990, cit., Cresswell, 2011) te izvan tretiranih površina (John i sur., 2008, cit. Cresswell, 2011) pa se tretiranje sjemena smatralo ekološki prihvatljivom alternativom kod koje je izloženost pčela značajno manja nego u slučaju folijarne primjene (Cresswell, 2011). U SAD je prije početka primjene neonikotinoida za tretiranje sjemena samo 30 % sjemena kukuruza bilo tretirano insekticidima. Prema podacima iz 2015. godine, u SAD je sjeme tretirano neonikotinoidima bilo zasijano na površinama od oko 90 milijuna hektara, odnosno 71 do gotovo 100 % sjemena kukuruza tada je bilo tretirano insekticidima iz te skupine (Douglas i Tooker, 2015, cit. Gurian-Sherman, 2017). Uz kukuruz se i sjeme uljane repice te suncokreta također tretira neonikotinoidima, a neonikotinoidi imaju i široku primjenu u folijarnom tretiranju voćnih kultura (Valavanidis, 2018).

2.4.3. Ostaci neonikotinoida i toksičnost na pčele i ostale neciljane organizme

Uz pozitivne učinke insekticida iz skupine neonikotinoida u suzbijanju štetnika, sve se više za njihovu primjenu vežu i negativne pojave, prije svega pojačan pomor pčela. Iako su pčele općenito izložene širokom spektru pesticida (Mullin i sur., 2010), mnogi autori smatraju da zbog svoje sistemičnosti neonikotinoidi predstavljaju posebnu prijetnju oprašivačima (Fairbrother i sur., 2014).

Više je načina izloženosti pčela neonikotinoidima. Nakon folijarne primjene neonikotinoida pčele mogu doći u kontakt s insekticidom izravno na cvijetu, ili neizravno pri preletu iznad prethodno tretirane površine (Mirjanić i Mitrić, 2012). Do onečišćenja nektara i peludi, kojega pčele skupljaju i odnose u košnicu za ishranu ličinki, može doći nakon folijarne primjene neonikotinoida ili može biti posljedica distribucije neonikotinoida primijenjenih tretiranim sjemenom, pri čemu koncentracija neonikotinoida za pčele može biti subletalna

(Wood i Goulson, 2017). Pčele mogu biti izložene onečišćenju i insekticidnom prašinom, koja nastaje tijekom aplikacije granula u tlo i tijekom sjetve tretiranoga sjemena, a mogu je zajedno sa peludi odnijeti u košnicu (Greatti i sur., 2006). Neke biljke izlučuju gutacijsku tekućinu u kojoj se nalazi insekticid, a u nedostatku vlage, naročito u sušnim proljećima pčele gutacijsku tekućinu koriste kao izvor vode. Koncentracija neonikotinoida u gutacijskoj tekućini ovisi o ekološkim čimbenicima kao što su količina evaporirane vode, vrijeme skupljanja u danu i protokom vremena od nicanja biljke (Girolami i sur., 2009). Gutacijska tekućina (koja može sadržavati visoku razinu neonikotinoida) redovita je pojava u kukuruza, rjeđe u krumpiru, a vrlo rijetko u šećernoj repi. Iako ove izlučene kapi nisu zanimljive pčelama kao hrana (Thomson, 2010), ne može se odbaciti činjenica da pčelama mogu poslužiti kao izvor pitke vode. Procijenjeno je da bi pčela trebala konzumirati 0,006 μ l gutacijske tekućine da bi se dostigla akutna oralna doza (0,0037 μ g/pčeli) (EFSA, 2013). Usprkos ovim zabrinjavajućim podacima dobivenim iz laboratorijskih pokusa, u terenskim uvjetima, na polju kukuruza, štetni učinci gutacijske tekućine na vitalnost i razvoj zajednice nisu primijećeni (Pistorius i sur., 2011). Uz gutacijske kapi, pčele i pijenjem površinskih voda mogu biti izložene negativnom djelovanju neonikotinoida. Tako Van Dijk (2010) ističe da je u istraživanjima provedenim u Nizozemskoj utvrđeno da koncentracija imidakloprida u površinskim vodama intenzivnih usjeva prelazi maksimalno dozvoljenu razinu rizika od 67 ng/l. Uz korištenje vode za piće, za toplih dana pčele skupljaju vodu i da bi regulirale temperaturne uvjete za normalno funkcioniranje pčelinje zajednice u košnici, onečišćena voda i na taj način može predstavljati dodatni put izlaganja pčelinjih zajednica negativnom djelovanju neonikotinoida (Hopwood i sur., 2012).

Iako neonikotinoidi imaju nisku akutnu toksičnost za sisavce, ptice i ribe, (Tomizawa i Casida, 2005), djelatne tvari imidakloprid, klotianidin, dinotefuran i tiametoksam vrlo su toksične, a tiakloprid i acetamiprid srednje su toksični za pčele, dok pčele izložene subletalnim dozama neonikotinoida mogu doživjeti probleme s letenjem i navigacijom, gubitkom osjećaja okusa te probleme kod učenja novih zadataka, što može utjecati na njihovu sposobnost hranjenja (Hopwood i sur., 2012), a smanjuje im se i mogućnost prezimljenja (Lu i sur., 2014). Izloženost pčela subletalnim dozama ne dovodi do njihova uginuća, već do narušavanja kognitivnih sposobnosti i promjene u njihovu ponašanje, što je od vitalnog značenja jer se izložene pčele radilice ne vraćaju u košnice i zato ugibaju (Rortais i sur., 2005). Ovu tezu potvrđuje i Henry i sur. (2015) koji su istraživali utjecaj niskih doza tiametoksama na ponašanje pčela pri povratku u košnicu. Za utvrđivanje procjene uspješnosti povratka skupljačica u košnicu koristili su metodu radiofrekvencijske identifikacije. Rezultati su jasno pokazali da je uspješnost povratka tretiranih skupljačica u košnicu bio statistički značajno manji u odnosu na kontrolnu skupinu. Samo se 16,9 % netretiranih skupljačica nije vratilo u košnicu, dok je taj udio kod tretiranih skupljačica bio

značajno viši i iznosio je 43,2 %. Istu su metodu koristili i Schneider i sur. (2012) te su utvrdili negativan učinak subletalnih doza klotianidina i imidakloprida na skupljačko ponašanje promatranih zajednica.

Uz navedene negativne utjecaje neonikotinoidea na pčele treba istaknuti i da eventualni gubitak reprodukcije (razvoja legla) može biti štetniji za zajednicu od gubitka starijih pčela (skupljačica). Tako Decourtye i sur. (2005) izvještavaju o kašnjenju u vremenu potrebnom da se ličinke izlegu ili razviju kao odrasle jedinke kada su bile hranjene s hranom kontaminiranom imidaklopridom. Slična razmatranja su potvrdili Abbott i sur. (2008) za solitarne pčele *Osmia lignaria* Say, također hranjene hranom kontaminiranom imidaklopridom, dok je kod bumbara zamijećeno smanjenje legla (ličinki) u mikro-zajednicama koje su oralno bile izložene šećernom sirupu kontaminiranom imidaklopridom. Zbog sistemčnosti neonikotinoidea utvrđeno je da se tretiranjem sjemena ovim insekticidom ne smanjuje izloženost pčela (Cresswell, 2011), što potvrđuje i primjer iz SAD, savezne države Indiane, gdje se ističe da je čak 94 % pčela tijekom sjetve tretiranog sjemena kukuruza izloženo različitim količinama neonikotinoidea (Krupke i sur., 2017).

Također, zbog široko rasprostranjene upotrebe neonikotinoidea u svijetu, njihovi se ostatci mogu naći u prehrambenim proizvodima, uključujući voće, povrće, meso, mliječne proizvode, žito, med i hranu za bebe, a zadržavaju se i u okolišu, što potvrđuju analize uzoraka voća i povrća koji se često konzumiraju u SAD-u, a u kojima su utvrđene niske razine neonikotinoidea (Craddock i sur., 2017). Mitchell i suradnici (2017) utvrdili su da koncentracije neonikotinoidea u pčelinjim proizvodima ispod maksimalne dopuštene razine ostataka.

Od 2015. godine provedeno je više od dvjesto, većinom laboratorijskih i manjim dijelom terenskih istraživanja vezanih uz utjecaj neonikotinoidea (prije svega imidakloprida) na oprašivače. Provedena istraživanja uglavnom su uključivale ratarske kulture uzgojene iz tretiranog sjemena (kukuruza, uljane repice i suncokreta), a manji broj njih je obuhvatio povrtne i voćne kulture atraktivne oprašivačima. Rezultati studija nedvosmisleno potvrđuju negativan učinak neonikotinoidea na pčele, ali i dalje ostaje za razjasniti kako neonikotinoidei utječu na zdravlje oprašivača i kakva je njihova interakcija s ostalim stresorima iz okoliša (Valavanidis, 2018). Neki autori smatraju da izloženost pčela neonikotinoidima slabi njihovo zdravlje, što dovodi do povećanja fiziološkog stresa i izloženosti patogenima (Alburaki i sur., 2015). Alaux i sur. (2010) utvrdili su da pčele koje su zaražene s *Nosemoma* i izložene imidaklopridu, u koncentracijama koje se nalaze u okruženju, pokazuju višu stopu smrtnosti u odnosu na pčele samo zaražene *Nosemoma* ili pčele izložene samo imidaklopridu. Iako se imidakloprid u košnici nalazi u subletalnoj dozi, infekcija s *Nosemoma* povećava energetske potrebe pčela, a time i njihov unos hrane. Također, zajedničko djelovanje neonikotinoidea i drugih pesticida može povećati štetnost za pčele (Mitchell i sur., 2017). Prema Sandroocku

i sur. (2014) značajno mjesto vezano uz osjetljivost pčela na neonikotinoide, pri kroničnoj i subletalnoj izloženosti, ima genetska osnova osjetljivosti, koja može značajno varirati ovisno o intenzitetu poljoprivredne proizvodnje u regiji iz koje pčelinje zajednice potječu.

Istraživanje koje su proveli Henry i sur. (2015) potvrđuje gubitke pčela uslijed neuspješnog povratka u košnice, a kao rezultat paše na uljanoj repici posijanoj iz sjemena tretiranog tiametoksamom u poljskim i laboratorijskim uvjetima. Utvrđeno je da su pčelinje zajednice u poljskim uvjetima sposobne nadoknaditi gubitke i sačuvati nepromijenjene performanse u pogledu veličine zajednice i proizvodnje meda. Slične podatke objavili su i Sandrock i sur. (2014). Oni su došli do zaključka da uslijed kronične izloženosti tiametoksamu i klotianidinu dolazi do kratkoročnog smanjenja učinkovitosti pčelinjih zajednica, što se ogleda u smanjenju broja radilica za 28 %, legla za 13 %, proizvodnje meda za 29 % i smanjenje količine prikupljene peludi za 19 %. Također napominju da su se pčelinje zajednice u srednjoročnom razdoblju ipak uspjele oporaviti i uspješno prezimiti.

Uz negativan utjecaj na pčele, neonikotinoidi imaju negativan utjecaj i na ostale neciljane organizme (Pisa i sur., 2015; Müller, 2018).

Budući da se povećanje poljoprivredne proizvodnje i potreba očuvanja pčelinjih zajednica smatraju proturječnim ciljevima, Walters (2016) smatra da je potrebno provesti širu raspravu da bi se postigli komplementarni ciljevi očuvanja pčela i ostalih oprašivača i održivog razvoja poljoprivredne proizvodnje.

2.4.4. Zabrana neonikotinoida

Europska je komisija 2013. godine, na preporuku Europske agencije za sigurnost hrane, a zbog opravdanih sumnji koje su upućivale da je primjena neonikotinoida jedan od najvažnijih uzroka pojave poznate kao *Colony Collapse Disorder* (CCD) (hrv. poremećaj urušavanja zajednica), donijela odluku o dvogodišnjem moratoriju (Provedbena uredba (EU) br. 483/2013) na uporabu tri djelatne tvari insekticida iz skupine neonikotinoida (imidaklopid, tiametoksam i klotianidin) za tretiranje sjemena biljaka atraktivnih pčelama (uključujući kukuruz i suncokret). Dozvola je ostala važiti za tretiranje sjemena ozimih žitarica i šećerne repe te za primjenu u zaštićenim prostorima kao i za folijarno tretiranje svih kultura na kojima su insekticidi imali dozvolu, ali samo nakon cvatnje.

Da bi se mogla donijeti konačna odluka o statusu privremeno zabranjenih djelatnih tvari iz ove skupine insekticida, Europska agencija za sigurnost hrane, EFSA (European Food Safety Authority), pozvala je sve znanstvene institucije da se uključe u daljnje istraživanje utjecaja neonikotinoida na pčele, bumbare i solitarne pčele.

Nakon provedbe dodatnih istraživanja, Europska je komisija na preporuku EFSA-e donijela odluku o potpunoj zabrani uporabe imidakloprida, tiametoksama i klotianidina, osim u

trajnim staklenicima, a usjev dobiven na taj način ostaje u trajnom stakleniku tijekom cijele vegetacije (Službeni list Europske unije, 2018., 2018.a, 2018.b). Odluka je donesena 27. travnja 2018. godine, a počela se primjenjivati od 2019. godine u većini članica EU.

Prema Bažok i Lemić (2018) temelj za donošenje odluke bile su tri studije u kojima su razmotreni svi dostupni relevantni znanstveni radovi i istraživanja vezana uz uporabu navedenih insekticida širom svijeta na do tada dozvoljenim kulturama (EFSA, 2018a., EFSA, 2018b., EFSA, 2018c). Rizici su utvrđivani za medonosnu pčelu, solitarne pčele i bumbare. Za folijarnu primjenu analizirani su: (i) rizik od rezidua u peludi i nektaru; (ii) zanošenje na netretirane biljke; (iii) ostatci u izvorima voda, dok su za primjenu tretiranjem sjemena analizirani: (i) rizik od sistemične translokacije tretiranom biljkom te mogući ostatci u nektaru i peludi (odnosi se na tretiranu biljku i biljke koje slijede u plodoredu); (ii) rizik od onečišćenja zanošenjem prašine (rizik za rubove polja i susjedne usjeve) i (iii) rizik od korištenja vode s mogućim ostacima insekticida.

Europska agencija za sigurnost hrane (EFSA) je na temelju znanstvene i stručne analize brojnih provedenih istraživanja prikupljenih u okviru otvorenog poziva na podnošenje podataka, provela ažurnu procjenu rizika za djelatne tvari imidakloprid, tiametoksam i klotianidin, te donijela zaključke o štetnosti navedenih insekticida na pčele i ostale oprašivače (tablice 20 i 21).

Tablica 20. Procjena rizika za pčele za sve načine primjene osim tretiranja sjemena i primjene granula za tri djelatne tvari neonikotinoida (EFSA, 2015a., EFSA, 2015b., EFSA, 2015c.) (prema Vojvodić i sur., 2021)

Djelatna tvar	Sve primjene osim tretiranja sjemena i granulama
imidakloprid	Za sve odobrene uporabe identificirani su visoki rizici ili se visoki rizici nisu mogli isključiti, odnosno procjena rizika se nije mogla dovršiti. Za odobrene uporabe u trajnim staklenicima zaključen je nizak rizik za pčele, bumbare i solitarne pčele, za sve načine izloženosti, osim procjene rizika za pčele od ostataka u površinskim vodama, koja se nije mogla provesti prema dostupnim informacijama. Za dvije folijarne uporabe na otvorenom (rajčica i jabuka) zaključen je nizak rizik za pčele.
Klotianidin	Za sva odobrena korištenja utvrđeni su visoki rizici ili ih nije bilo moguće isključiti, odnosno procjena rizika se nije mogla dovršiti.
Tiametoksam	Za sve odobrene uporabe identificirani su ili nisu mogli biti isključeni visoki rizici, odnosno procjena rizika se nije mogla dovršiti. Za odobrene uporabe u trajnim staklenicima, za sve izloženosti zaključen je nizak rizik za pčele, bumbare i solitarne pčele, osim procjene rizika za pčele od ostataka u površinskim vodama, koja nije mogla biti dovršena.

Tablica 21. Procjena rizika za pčele za tretiranje sjemena i primjenu granula za tri djelatne tvari neonikotinoida (EFSA, 2018a., EFSA, 2018b., EFSA, 2018c) (prema Vojvodić i suradnici, 2021)

Djelatna tvar	Primjena tretiranjem sjemena i granulama
imidakloprid	Nizak rizik utvrđen je za izloženost pčela ostacima u peludi i nektaru u nekim usjevima. Kada se uzmu u obzir sve vrste oprašivača (pčele, bumbari i solitarne pčele), zaključen je visoki rizik ili je zaključeno da nizak rizik nije pokazan za sve ocijenjene uporabe. Za izloženost ostacima insekticidne prašine utvrđen je nizak rizik kod nekih usjeva za pčele. Kada se uzmu u obzir sve skupine oprašivača (pčele, bumbari i solitarne pčele), zaključen je visoki rizik ili je zaključeno da nizak rizik od insekticidne prašine nije dokazan za sve procijenjene uporabe. Za izloženost konzumiranjem vode, za sve namjene zaključen je nizak rizik za pčele (preko ostataka u lokvama ili preko površinskih voda). Za ostatke u gutacijskoj tekućini, za uporabu u ozimim žitaricama, šećernoj repi i krumpiru zaključen je nizak rizik za pčele. Za sve druge kulture zaključen je visoki rizik.
Klotianidin	Nizak rizik zaključen je za izloženost ostacima u peludi i nektaru za neke skupine oprašivača, u raznim kombinacijama i scenarijima, dok je visoki rizik zaključen u drugim slučajevima. Za izloženost ostacima insekticidne prašine tijekom sjetve tretiranog sjemena šećerne i stočne repe zaključen je nizak rizik za pčele, dok za bumbare i solitarne pčele nizak rizik nije procjenom dokazan. Za sve ostale namjene na otvorenom, zaključen je visoki rizik za pčele i bumbare, dok za solitarne pčele nizak rizik nije dokazan. Za izlaganje konzumiranjem vode preko ostataka u lokvama, za sve namjene zaključen je nizak rizik za pčele. Za rezidue u gutacijskoj tekućini na ozimim žitaricama, šećernoj repi i krumpiru zaključen je nizak rizik za pčele. Za sve druge svrhe zaključen je visoki rizik. Procjena rizika za pčele od izlaganja površinskim vodama nije se mogla provesti. Za kukuruz i slatki kukuruz, koji se siju i uzgajaju u trajnim staklenicima, zaključen je nizak rizik za pčele, bumbare i solitarne pčele. Procjena rizika za upotrebu granula u šumarskom rasadniku ne može se provesti s dostupnim informacijama.
Tiametoksam	Za izloženost ostacima u peludi i nektaru zaključen je nizak rizik za neke skupine oprašivača, dok je visoki rizik zaključen u drugim slučajevima. Za izloženost ostacima od insekticidne prašine, zaključen je nizak rizik za one namjene koje predviđaju sadnju u trajne staklenike. Za sve ostale uporabe zaključen je ili visok rizik ili procjena nije mogla biti dovršena. Za izlaganje konzumiranjem vode, putem ostataka u lokvama, za sve namjene zaključen je nizak rizik za pčela. Za ostatke u gutacijskoj tekućini kod šećerne repe, zaključen je nizak rizik za pčele. Za sve druge svrhe zaključen je visoki rizik. Procjena rizika za pčele od izlaganja površinskim vodama nije se mogla provesti.

U 2020. Europska je unija zabranila još jednu djelatnu tvar iz skupine neonikotinoidea. Zbog bojazni od negativnog utjecaja djelatne tvari tiakloprid i njegovih metabolita na okoliš, a posebno na podzemne vode, kao i na zdravlje ljudi uslijed reproduktivne toksičnosti, na preporuku EFSA-e (2019), Europska je komisija donijela odluku o privremenom produženju licence za korištenje tiakloprida, koja je u svim državama članicama morala isteći najkasnije do 3. veljače 2021. godine (Službeni list Europske unije, 2020.b).

2.5. Alternativni insekticidi za tretiranje sjemena

2.5.1. Klorantraniliprol

Iz skupine insekticida koja prema Insecticide Resistance Action Committee (IRAC) djeluje moduliranjem receptora ryanodina (skupina 28) skupina spojeva označenih kao diamidi obuhvaća tri djelatne tvari, klorantraniliprol, ciantraniliprol i flubendiamid (Bažok, 2021). Prema Bažok (2021) radi se o insekticidima koji djeluju u mišićnom tkivu tako što potiču gubitak iona kalcija iz stanica mišićnog tkiva. Oslobođanje i iscrpljivanje unutarstaničnog kalcija pohranjenoga u sarkoplazmatskom retikulumu mišićnih stanica uzrokuje poremećenu regulaciju mišića, paralizu i konačnu smrt kukaca (Cordova i sur., 2006). Komparativne studije pokazale su da je osjetljivost receptora ryanodina u stanicama kukaca 350 puta veća od osjetljivosti istih receptora u stanicama sisavaca (Bažok, 2021).

Klorantraniliprol je kontaktno – želučani insekticid koji se odlikuje translaminarnim i sistemičnim djelovanjem, a na kukce djeluje ovoidno i larvicidno. Zbog svoje sistemčnosti i slabog potencijala za biokoncentraciju, kao i male toksičnosti, pokazuje selektivnost na korisne člankonošce pa se smatra pogodnim za primjenu u integriranoj zaštiti bilja, dok su osrednja toksičnost za ribe i visoka toksičnost za vodene beskralježnjake negativna strana ove djelatne tvari (Bažok, 2021).

U Republici Hrvatskoj dva su registrirana pripravka s djelatnom tvari klorantraniliprol (Coragen 20 SC i Voliam) koja se koriste u suzbijanju štetnika u voćarstvu, vinogradarstvu, ratarstvu i povrćarstvu, a još su registrirana dva pripravka u kombinaciji s djelatnim tvarima iz drugih skupina. Pripravak Ampligo sadrži djelatnu tvar klorantraniliprol i djelatnu tvar lambda-cihalotrin iz skupine piretroida, a namijenjen je za suzbijanje štetnika u ratarstvu i povrćarstvu, dok je pripravak Voliam Targo kombinacija djelatne tvari klorantraniliprola i djelatne tvari abamektina iz skupine naturalita (FIS portal, 2023).

2.5.2. Spinosad

Spinosad je produkt fermentacije iz zemljišne bakterije *Saccharopolyspora spinosa*, a derivati su spinosina A (85%) i spinosina D (15%) (EPA, 2018). Pripadaju skupini bioloških insekticida, naturalita, koji na štetnike djeluju kontaktno i želučano (Raspudić, 2014). Manje su toksični za korisne organizme od ostalih insekticida (Cleveland i sur., 2001, Bacci i sur., 2016), a imaju i nisku toksičnost za sisavce i okoliš (Marie, 2003). Prvi je spinosad odobren u SAD 1997. godine (Cleveland i sur., 2001).

Prema IRAC (2021) djeluju kao alosterični aktivatori nikotin acetilkolinskih receptora (nAChR) (skupina 5), što dovodi do podražaja mišića, njihove stalne kontrakcije te na kraju do paralize i smrti kukca (EPA, 2008). Razvrstani su u treću skupinu otrovnosti (Bažok,

2014). Otrovnost na pčele može biti visoka (EPA, 2009a), a ukoliko su pčele izravno izložene koncentracijama koje se preporučuju za primjenu u poljskim uvjetima, tada smrtnost može biti i 100 % (Lopes i sur., 2018). Kako bi se smanjila opasnost za pčele, preporučuje se primjena spinosada nakon leta pčela (Bažok, 2014).

Insekticidi iz skupine spinosina upotrebljavaju se u suzbijanju štetnika u poljoprivredi, ali imaju i sanitarnu primjenu te pokazuju učinkovitost u suzbijanju mnogih štetnika (Bacci i sur., 2016) koji se hrane lišćem (ličinke leptira, lisne minere i tripse) (EPA, 2008), a vrlo su učinkoviti u suzbijanju trešnjine voćne muhe *Rhagoletis indifferens* Curran folijarnom primjenom (Marie, 2003).

Kao insekticid za tretiranja sjemena, spinosad se koristi samo u tretiranju sjemena luka kod suzbijanja lukove muhe *Delia antiqua* Meigen, gdje se postižu jako dobri rezultati (Nault i sur., 2006; Moretti i sur., 2021).

U Republici Hrvatskoj registrirana su dva pripravka s djelatnom tvari spinosad (FIS portal, 2023). Laser je kontaktno-probavni insekticid za suzbijanje pepeljastog i žutog grožđanog moljca na vinovoj lozi te krumpirove zlatice na krumpiru, a dozvolu ima i za suzbijanje kalifornijskog tripsa na paprici, krastavcu i gerberu (u zaštićenom prostoru) te muhe lisnog minera na krastavcu, rajčici i gerberu, također u zaštićenom prostoru. Uporaba Lasera je proširena na još neke male kulture i/ili male namjene. Success Bait je insekticidni mamac s atraktantom za suzbijanje mediteranske voćne muhe i voćne muhe na agrumima te maslinove muhe na maslini.

2.5.3. Azadiraktin

Azadiraktin je biološki insekticid, dobiven kao produkt biljke neem *Azadirachta indica* Juss, koju ljudi tisućama godina koriste u medicini, kozmetici i u suzbijanje štetnika na otvorenom i u zatvorenom prostoru (EPA, 2001). Više od 100 bioloških aktivnih spojeva nalazi se u ulju neema, a među njima su najzastupljeniji limonoidi, od kojih je najznačajniji azadiraktin (Campos i sur., 2016).

Prema IRAC (2022) svrstan je u UN skupinu spojeva s nepoznatim mehanizmom djelovanja. Biljka neem je široko rasprostranjena u Africi i Aziji (Abd-Allah i sur., 2005), a potječe iz južne i jugoistočne Azije (Schmutterer, 1990., cit. Grdiša i Gršić, 2013).

Neem na tržište dolazi kao prah dobiven od listova ili kao ulje dobiveno iz plodova, odnosno sjemena biljke (Juran i sur., 2021). Primjenom azadiraktina smanjuje se populacija štetnika jer negativno utječe na njihovo hranjenje, razvoj i razmnožavanje (Bajwa i Ahmad, 2012). Učinkovit je u suzbijanju populacije štitastog moljca, gusjenica leptira, tripsa, odnosno na ukupno 200 vrsta kukaca, grinja i nematoda (Juran i sur., 2021). Ukoliko se azadiraktin koriste prema uputama proizvođača ne očekuju se štetne posljedice za ljude, divlje životinje

i okoliš (EPA, 2001), kao i za ostale korisne organizme (prirodne neprijatelje i oprašivače) (EFSA, 2018, Natureneem, 2022). Pripravak NeemAzal-T/S, primijenjen na uljanoj repici pokazao je određeno smanjenje aktivnosti radilica, kao i usporavanje razvoja legla pa se zbog sigurnosti preporuča tretiranje usjeva u vrijeme kada je let pčela smanjen ili kada ga uopće nema (Abd-Allah i sur., 2005).

Ograničenja koja se kod biopesticida pojavljuju, kao što su kratki vijek trajanja, fotosenzibilnost i hlapljivost, čine ih neadekvatnim za široko rasprostranjenu uporabu (Campos i sur., 2016), što je svojstveno i za azadiraktin, pa se sve više istraživanja fokusira na inkapsulaciju insekticida, koja bi ulje i ekstrakt neema pretvorile u čvrsti oblik i tako omogućila što stabilniju formulaciju i duži rok trajanja, odnosno zaštitu od nepovoljnih uvjeta okoliša (Vinceković i sur., 2021).

U Republici Hrvatskoj, na bazi djelatne tvari azadiraktin, za uporabu su registrirani pripravci NEEMAZAL-T/S, AZATIN EC i NEEMIK TEN (FIS portal, 2024). Radi se o sistemcima namijenjenom za suzbijanje štetnih kukaca i grinja u povrćarstvu, voćarstvu, vinogradarstvu, na ljekovitom i začinskom te ukrasnom bilju, kao i u šumarstvu i na uskladištenom zrnu.

3. MATERIJALI I METODE RADA

Istraživanja u sklopu disertacije provedena su u tri dijela. U prvom dijelu su, 2014., 2015. i 2016. godine, terenskim istraživanjem provedene ankete među ratarima i pčelarima u općini Tovarnik. Potom su u 2015. godini dobiveni rezultati laboratorijskog utvrđivanja rezidua insekticida u uginulim pčelama, jer je u toj godini, zbog nedozvoljene folijarne primjene insekticida tijekom vegetacije, došlo do pomora pčela. Kao zadnje istraživanje, tijekom 2016. i 2017. godine u laboratorijskim su uvjetima provedena istraživanja učinkovitosti alternativnih insekticida na žičnjake tretiranjem sjemena kukuruza, te su 2017. godine provedena istraživanja učinkovitosti alternativnih insekticida na nadzemne štetnike (repinu pipu i repina buhača) tretiranjem sjemena šećerne repe.

3.1. Ankete

Istraživanja anketama među ratarima i pčelarima, provedena su tijekom 2014., 2015., i 2016. godine u općini Tovarnik (zemljopisne koordinate 45.1649° N, 19.1522° E), a prikupljeni su podatci iz prethodnih vegetacijskih sezona. Općina Tovarnik nalazi se u Vukovarsko-srijemskoj županiji, na istoku Republike Hrvatske (na granici s Republikom Srbijom). Općinu čine dva naselja, Ilača i Tovarnik, a ankete su provedene među ratarima i pčelarima na području Tovarnika.

Ovo je područje izabrano za provedbu anketa jer se radi o području Hrvatske u kojem je prevladavajuća ratarska proizvodnja, što potvrđuju i podatci Poljoprivredne savjetodavne službe Vukovarsko-srijemske županije, prema kojima je u 2014. godini u sustavu poticaja bilo prijavljeno ukupno 4137 ha obradivih površina (oranice, vinogradi, voćnjaci, livade, pašnjaci), od čega su 4026 ha bila pod oranicama (preko 97 % od ukupnih površina). Također, na ovom su području istraživači s Agronomskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu i u ranijem razdoblju provodili istraživanja te je postojala dobra suradnja s proizvođačima što je upućivalo na otvorenost ratara i pčelara i lakšu komunikaciju te povjerljivost prilikom prikupljanja podataka anketiranjem.

U sve tri godine anketiranje je provedeno tijekom ranog proljeća, da bi se nakon prvog proljetnog pregleda pčelinjih zajednica dobili i podatci o prezimljenju pčela, odnosno eventualnim zimskim gubitcima. Ankete su provedene neposrednim razgovorom između anketara i ispitanika kako bi se osiguravala točnost dobivenih podataka. Zbog vjerodostojnosti dobivenih podataka, anketom je bilo obuhvaćeno više od 70 % od ukupnih obradivih površina i više od 80 % pčelinjih zajednica. Za popunjavanje anketnog upitnika po jednom poljoprivrednom gospodarstvu, odnosno po jednom pčelaru, bilo je potrebno oko pola sata.

Inicijalni podatci o poljoprivrednim proizvođačima i pčelarima dobiveni su od Poljoprivredne savjetodavne službe Vukovarsko-srijemske županije.

3.1.1. Anketni upitnik za ratare

Anketnim upitnikom za ratare (prilog 1) prikupljani su podatci o obradivim ratarskim površinama, zasijanim kulturama, prevladavajućim sortama i hibridima te štetnicima koji su se pojavili i mjerama zaštite bilja koje su primijenjene. Većina pitanja u anketnom upitniku bila su strukturirana pitanja, s neprikrivenim ciljevima i s višestrukim izborom odgovora. Ovakvim se pitanjima osiguravala standardiziranost postupka i pojednostavila obrada podataka. Manji dio pitanja obuhvatio je otvorena pitanja. Upitnik je bio sastavljen od tri skupine pitanja, odnosno od ukupno šest pitanja. Prva se skupina odnosila na opće podatke o vrsti poljoprivrednog gospodarstva i ukupnim obradivim površinama te o površinama pod pojedinom ratarskom kulturom. Druga se skupina pitanja odnosila na insekticide i pojavu štetnika (podatci o kulturama sijanim tretiranim sjemenom i korištenim insekticidima tijekom vegetacije), a trećom su se skupinom pitanja utvrđivali prinosi uzgajanih kultura.

Podatci o poljoprivrednim površinama, zasijanim kulturama, korištenim insekticidima i prinosima, dobiveni su iz upisnika koji su se vodili kod svakog od registriranih poljoprivrednih proizvođača.

Kao referentni podatak za određivanje ukupnih obradivih površina, odnosno zastupljenosti oranica, na prostoru mjesta Tovarnik, uzet je popis poljoprivrednih proizvođača u sustavu poticaja dobiven od Poljoprivredne savjetodavne službe Vukovarsko-srijemske županije.

3.1.2. Anketni upitnik za pčelare

U anketnom upitniku za pčelare (prilog 2) najviše pitanja pripadalo je strukturiranim pitanjima, a jedan se dio odnosio na otvorena pitanja. Upitnik je bio sastavljen od četiri skupine pitanja. Prvom su skupinom pitanja prikupljani opći podatci (način organiziranja pčelarske djelatnosti, broju pčelinjih zajednica, vrsta pčelinjaka). Drugom skupinom pitanja prikupljani su podatci o paši i prihrani pčelinjih zajednica. Trećom skupinom pitanja prikupljani su podatci o zdravstvenom stanju pčelinjih zajednica, provedenim mjerama zaštite i utvrđenim gubitcima tijekom vegetacije. Četvrtom skupinom pitanja utvrđen je broj uzimljenih pčelinjih zajednica i broj zimskih gubitaka. Ukupno je anketni upitnik imao devet pitanja, a bio je usklađen sa standardnim upitnikom o praćenju prezimljavanja pčelinjih zajednica, koji je izradio COLOSS (Prevention of honey bee Colony Losses), a u Republici Hrvatskoj ga provodi Hrvatska poljoprivredna agencija.

Podatci o pčelarima i broju pčelinjih zajednica s kojima raspolažu, dobiveni su od Poljoprivredne savjetodavne službe, za svaku godinu provede ankete.

3.2. Utvrđivanje rezidua u uginulim pčelama

U srpnju 2015. godine nadležnim službama prijavljen je masovan pomor pčela u Tovarniku. Nadležna inspekcija Ministarstva poljoprivrede obavila je nadzor nad poslovnim subjektom koji je obavio folijarnu primjenu navedenog preparata, a Hrvatski veterinarski institut Zagreb proveo je utvrđivanje rezidua insekticida u uginulim pčelama.

Utvrđivanje rezidua u uginulim pčelama obavio je ovlašteni Laboratorij za određivanje rezidua Hrvatskog veterinarskog instituta Zagreb. Uzorkovano je i u Laboratorij dostavljeno 350 grama uzoraka pčela, od čega je za svaku pojedinačnu analizu korišteno 25 grama pčela. Budući da Laboratorij nema akreditaciju za utvrđivanje rezidua u pčelama, priprema je uzoraka obavljena prema metodi koja je akreditirana za određivanje pesticida u uzorcima hrane za životinje i meda. Navedena metoda je u više navrata korištena za uzorke pčela. Budući da Uredbama Komisije (EU) br. 37/2010 i Europskog parlamenta i Vijeća (EC) 396/2005. nisu određene najviše dopuštene količine klorpirifosa i cipermetrina u uzorcima pčela, za obrazloženje rezultata analize koristile su se granice kvantifikacije određene validacijom akreditirane metode za med. Vrijednost za klorpirifos iznosi 0,001 mg/kg, a za cipermetrin 0,01 mg/kg.

3.3. Laboratorijska istraživanja učinka alternativnih insekticida na žičnjake u kukuruзу

U laboratorijskim su uvjetima tijekom 2016. i 2017. godine bila provedena istraživanja učinkovitosti alternativnih insekticida, kao eventualne zamijene zabranjenih insekticida iz skupine neonikotinoidea. Uz insekticid Actara 25 WG (Syngenta), djelatne tvari tiametoksam iz skupine neonikotinoidea, u pokusu su korišteni i slijedeći insekticidi: i) Coragen 20 SC (DuPont), djelatne tvari klorantraniliprol iz skupine antranilnih diamida, ii) Laser 240 KS (DowAgroSciences), djelatne tvari spinosad iz skupine spinosina te iii) NeemAzal (Trifolio-M GmbH), djelatne tvari azadiraktin.

Pokusi su bili provedeni na Zavodu za poljoprivrednu zoologiju, Agronomskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu. Navedenim insekticidima tretirano je sjeme kukuruza, a učinkovitost se utvrđivala na žičnjacima. U 2016. godini pokus je bio proveden u 10 varijanti, odnosno korištena su tri insekticida, u tri različite doze te netretirana kontrola, a 2017. godine pokus je bio proveden u 13 varijanti, s četiri insekticida u tri različite doze i netretiranom kontrolom. Popis insekticidnih pripravaka, doza i djelatnih tvari nalazi se u tablici 22.

Tablica 22. Pregled pripravaka, djelatnih tvari i primijenjenih doza u pokusu tretiranja sjemena kukuruza

Pripremak	Djelatna tvar	Doza	Godina	
			2016	2017
Actara 25 WG	tiametoksam	5 g d.t./1 kg sjemena	+	+
		3,5 g d.t./1 kg sjemena	+	+
		2 g d.t./1 kg sjemena	+	+
Coragen 20 SC	klorantraniliprol	5 g d.t./1 kg sjemena	+	+
		3,5 g d.t./1 kg sjemena	+	+
		2 g d.t./1 kg sjemena	+	+
Laser 240 KS	spinosad	5 g d.t./1 kg sjemena	+	+
		3,5 g d.t./1 kg sjemena	+	+
		2 g d.t./1 kg sjemena	+	+
NeemAzal	azadiraktin	19,38 mg d.t./sjemenki	-	+
		12,92 mg d.t./sjemenki	-	+
		6,46 mg d.t./sjemenki	-	+

Faze rada tijekom provedbe pokusa sastojale su se od tretiranja sjemena insekticidima, sjetve tretiranog sjemena i netretiranog sjemena u kontroli, skupljanja žičnjaka na terenu, unošenja žičnjaka u zasijane posudice te očitavanja pokusa. Sve faze pokusa, tijekom obje godine, provodile su se od početka svibnja do prve polovice lipnja.

3.3.1. Tretiranje sjemena kukuruza insekticidima

Tretiranje sjemena je bilo provedeno je u laboratoriju Zavoda za poljoprivrednu zoologiju.

Postupak tretiranja sjemena u 2016. godini

Tretiranje sjemena je bilo provedeno 13. travnja 2016. godine. Prvo je odvagano 500 g sjemena za svaku od deset varijanti pokusa. S obzirom na količinu sjemena koja je trebala biti tretirana, kroz nekoliko je proba utvrđeno da je količina od 50 ml tekućine dovoljna za ravnomjerno nanošenje insekticida na sjeme. Uz insekticid i vodu, za tretiranje sjemena korišten je i „AGROCOAT-TH“ INTENSIVROT 3855, preparat crvene boje, koji se koristi pri tretiranju sjemena, kako bi se osiguralo bolje lijepljenje insekticida na površinu sjemena.

Izračun udjela insekticida, Agrocoata i vode proveden je na slijedeći način:

- iz doze insekticida predviđene za tretiranje 1 kg sjemena, izračunata je količina insekticida (s obzirom na koncentraciju djelatne tvari u korištenom pripravku) potrebna za tretiranje 500 g sjemena,
- dobivena količina oduzeta je od količine sredstva potrebnog za ravnomjerno tretiranje sjemena (50 ml),
- ostatak škropiva dijelio se na Agrocoat i vodu u omjeru 45:55 %

Količine insekticida, Agrocoata i vode po pojedinoj dozi insekticida prikazane su u tablici 23.

Tablica 23. Količine insekticida, Agrocoata i vode za tretiranje sjemena u pokusu 2016. godine

Pripravak	Doza djelatne tvari na 1 kg sjemena	Količina insekticida na 1 kg sjemena	Količina insekticida na 500 g sjemena	Količina Agrocoata za tretiranje 500 g sjemena	Količina vode za tretiranje 500 g sjemena	Ukupna količina sredstva za tretiranje 500 g sjemena
Actara 25 WG	5 g	20,00 g	10,00 g	18,00 ml	22,00 ml	50 ml
	3,5 g	14,00 g	7,00 g	19,35 ml	23,65 ml	50 ml
	2 g	8,00 g	4,00 g	20,70 ml	25,30 ml	50 ml
Coragen 20 SC	5 g	10,00 ml	5,00 ml	20,00 ml	25,00 ml	50 ml
	3,5 g	17,50 ml	8,75 ml	18,56 ml	22,69 ml	50 ml
	2g	25,00 ml	12,5 ml	16,87 ml	20,63 ml	50 ml
Laser 240 KS	5 g	20,80 ml	10,40 ml	17,82 ml	21,78 ml	50 ml
	3,5 g	14,60 ml	7,30 ml	19,21 ml	23,49 ml	50 ml
	2 g	8,30 ml	4,15 ml	20,63 ml	25,22 ml	50 ml

Sve količine sredstava potrebnih za tretiranje sjemena (insekticid, Agrocoat i voda) ispipetirani su i zajedno izmiješani u Erlenmeyer-ovoj tikvici (slika 6). Potom je ranije pripremljeno sjeme stavljeno u plastičnu vrećicu za zamrzavanje, volumena od 3 litre i preko sjemena je dodano sredstvo za tretiranje. Vrh vrećice je bio zatvoren i sjeme je ručno, trešnjom, tretirano (slika 7), dok sve sjeme nije bilo ravnomjerno prekriveno sredstvom za tretiranje, odnosno dok nije poprimilo crvenu boju (slika 8).



Slika 6. Pripremljeno sredstvo za tretiranje sjemena



Slika 7. Postupak tretiranja sjemena



Slika 8. Tretirano sjeme

Nakon tretiranja sjeme je stavljano u kartonske kutije, koje su označene oznakama A1, A2, A3 za sjeme tretirano insekticidom Actara 25 WG u dozama od 5, 3,5 i 2 g djelatne tvari po jednom kilogramu sjemena. Na isti način označene su i ostale kutije s tretiranim sjemenom (insekticid Coragen 20 SC s oznakama C1, C2, C3, insekticid Laser 240 KS s oznakama L1, L2, L3, a netretirana kontrola s NL) te je sjeme stavljeno na sušenje.

Postupak tretiranja sjemena u 2017. godini

Tretiranje sjemena je bilo provedeno 8. svibnja 2017. godine. Uz insekticide koji su u istim dozama korišteni i u 2016. godini za tretiranje je korišten i insekticid NeemAzal, djelatne tvari azadiraktin, u dozama od 6,46; 12,92 i 19,38 mg d.t./sjemenki.

U toj godini tretirana je manja količina sjemena, odnosno za svaku varijantu pokusa (ukupno 13 varijanti s jednom netretiranom kontrolom) izbrojano je po 100 sjemenki kukuruza. Potom je utvrđena prosječna masa 100 sjemenki, koja je iznosila 41 gram. U usporedbi s pokusom provedenim 2016. godini, kada je tretirano 500 g sjemena kukuruza, za tretiranje 100 sjemenki kukuruza, prosječne mase 41 g, bilo je potrebno pripremiti 4,10 ml pripravka, u zadanim omjerima insekticida, Agrocoata i vode (tablica 24). Kod insekticida NeemAzal, zbog doza koje su se iskazivale u miligramima po sjemenju, količine insekticida, Agrocoata i vode prikazane su u tablici 25.

Tablica 24. Količine insekticida, Agrocoata i vode za tretiranje sjemena u pokusu 2017. godine

Pripravak	Doza djelatne tvari na 1/kg sjemena	Grams d.t./100 sjemenki	Doza pripravka/1 g sjemena	Količina insekticida za tretiranje 100 sjemenki (ml)	Količina Agrocoata (ml)	Količi na vode (ml)	Ukupna količina sredstva za tretiranje (ml)
Actara 25 WG	5 g	0,82	0,02 ml	0,82	1,48	1,80	4,10
	3,5 g	0,574	0,014 ml	0,57	1,59	1,94	4,10
	2 g	0,328	0,008 ml	0,33	1,70	2,07	4,10
Coragen 20 SC	5 g	1,025	0,025 ml	1,03	1,38	1,69	4,10
	3,5 g	0,7175	0,0175 ml	0,72	1,52	1,86	4,10
	2 g	0,41	0,01 ml	0,41	1,66	2,03	4,10
Laser 240 KS	5 g	0,861	0,021	0,86	1,46	1,78	4,10
	3,5 g	0,5986	0,0146	0,60	1,58	1,93	4,10
	2 g	0,3444	0,0084	0,34	1,69	2,07	4,10

Tablica 25. Količine insekticida, Agrocoata i vode za tretiranje sjemena NeemAzalom

Naziv pripravka	Doza	ml d.t./100 sjemenki	Litara insekticida na 8000 sjemenki	Količina insekticida za tretiranje 100 sjemenki (ml)	Količina Agrocoata (ml)	Količi na vode (ml)	Ukupna količina sredstva za tretiranje (ml)
NeemAzal	19,38 mg d.t./sjemenki	3,75	3	3,75	0,16	0,19	4,10
	12,92 mg d.t./sjemenki	2,5	2	2,50	0,72	0,88	4,10
	6,46 mg d.t./sjemenki	1,25	1	1,25	1,28	1,57	4,10

Kao i 2016. godine kutije s tretiranim sjemenom bile su označene i sjeme je stavljeno na sušenje. Budući da je te godine sjeme tretirano i insekticidom NeemAzal, kutije sa sjemenom tretiranim ovim insekticidom bile su označavane s oznakom N1 (doza od 19,38 mg d.t./sjemenki), N2 (12,92 mg d.t./sjemenki) i N3 (6,46 mg d.t./sjemenki).

3.3.2. Sjetva tretiranog sjemena

U obje godine provedbe pokusa sjeme je nakon procesa sušenja sijano u plastične posudice, a sterilno tlo Gardol, nabavljeno je u specijaliziranim prodavaonicama. Na posudice su stavljane naljepnice s oznakom insekticida i broja djelatne tvari (npr. A1 za Actaru 25 WG u dozi od 5 g d.t./1 kg sjemena). Također, na svaku je od naljepnica stavljen broj ponavljanja po varijanti te je upisan i datum sjetve.

Podatci o datumu sjetve, broju sjemenki kukuruza posijanih po jednoj posudici te broj ponavljanja po svakoj od varijanti pokusa dani su u tablici 26.

Tablica 26. Podatci o sjetvi tijekom 2016. i 2017. godini

Godina provedbe pokusa	Broj ponavljanja po varijanti pokusa	Broj posijanih sjemenki po posudici	Datum sjetve
2016.	5	5	27.05. 2016.
2017.	4	5	13.05. 2017.

3.3.3. Prikupljanje žičnjaka na terenu

Žičnjaci su skupljani na poljima kukuruza i šećerne repe na području grada Virovitice, mjestu Lukač. Usljed napada žičnjacima, u 2016. godini uništene su mnoge mlade biljke kukuruza pa su na tom polju skupljani žičnjaci za potrebe provedbe pokusa (slika 9).



Slika 9. Plješina u polju kukuruza na kojem su skupljani žičnjaci

Žičnjaci su tijekom skupljanja stavljani u epruvete s manjom količinom tla iz kojega su izvađeni te su tako transportirani do laboratorija i čuvani do unošenja u posudice s posijanim sjemenom kukuruza.

3.3.4. Provedba pokusa

Tijekom obje godine provedbe pokusa, u svaku posudicu s posijanim kukuruzom stavljano je po pet žičnjaka. U 2016. godini žičnjaci su u posudice dodani 11. lipnja, a u 2017. godini dodavanje žičnjaka obavljeno je 16. svibnja (slika 10).

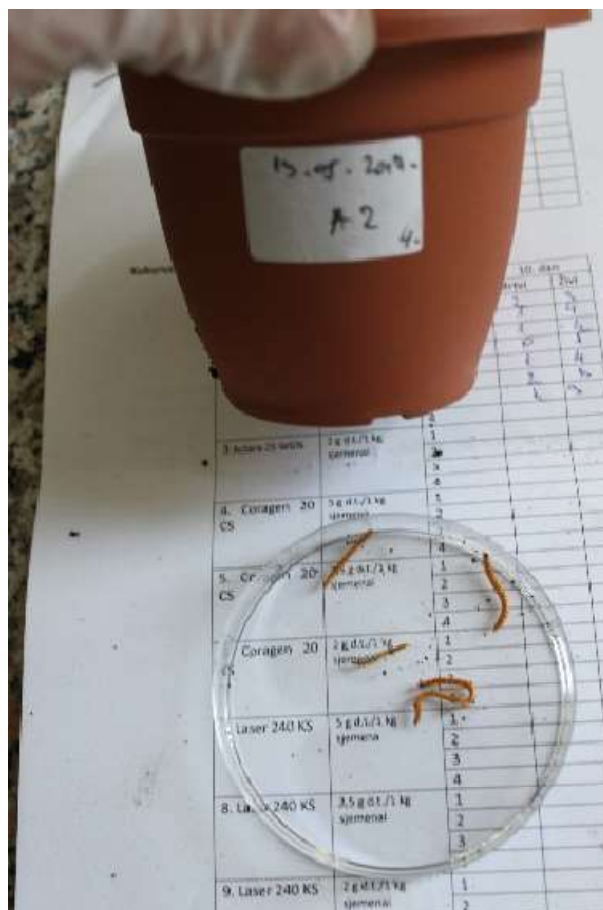


Slika 10. Dodavanje žičnjaka u posudice s posijanom kulturom

3.3.5. Očitavanje rezultata mortaliteta žičnjaka

Tijekom očitavanja pokusa u obje godine posudice sa sjemenom su ispražnjene u plastične posude te su pažljivo uklonjeni biljni ostaci kukuruza, a tlo iz posudica dobro je usitnjeno i pregledano kako bi se utvrdio broj preživjelih i uginulih žičnjaka (slika 11). Podatci o broju preživjelih žičnjaka bilježeni su po ponavljanjima unutar svake od varijanti pokusa.

Očitavanje pokusa 2016. godine provedeno je 30. lipnja, a za 2017. godini provedeno je 31. svibnja.



Slika 11. Očitanje pokusa

Učinkovitost insekticida, koja se temelji na broju preživjelih ličinki, je izračunavana po formuli Abbotta (1925) za svako ponavljanje u pokusu (1).

$$\% \text{ učinkovitosti} = \frac{\text{broj živih na kontroli} - \text{broj živih na tretmanu}}{\text{broj živih na kontroli}} \times 100 \quad (1)$$

3.4. Laboratorijska istraživanja učinka alternativnih insekticida na nadzemne štetnike šećerne repe

Za utvrđivanje učinkovitosti alternativnih insekticida na nadzemne štetnike šećerne repe, u 2017. je godini bilo provedeno laboratorijsko istraživanje sjetvom sjemena šećerne repe tretiranog s četiri insekticida, različitih mehanizama djelovanja. Sjeme šećerne repe je bilo tretirano pripravcima Actara 25 WG (Syngenta), Laser 240 KS (Dow AgroSciences), Coragen 20 SC (DuPont), NeemAzal (Trifolio-M GmbH) u tri doze, a posijana je i jedna netretirana kontrola. Pregled pripravaka i djelatnih tvari insekticida te doza navedeni su u tablici 27.

Tablica 27. Pregled djelatnih tvari, pripravaka i doza korištenih u pokusu tretiranja sjemena šećerne repe

Varijanta	Preparat	Insekticid (djelatna tvar)	Doza primjene mg d.t./sjemenki
1			0,6
2	Actara 25 WG	tiametoksam	0,4
3			0,2
4			0,6
5	Laser 240 KS	spinosad	0,4
6			0,2
7			0,6
8	Coragen 20 SC	klorantraniliprol	0,4
9			0,2
10			12,9
11	NeemAzal	azadiraktin	8,6
12			4,3
13	kontrola	netretirano	

3.4.1. Tretiranje sjemena šećerne repe

Tretiranje sjemena šećerne repe je provedeno 24. ožujka 2017. godine u laboratoriju Zavoda za poljoprivrednu zoologiju. Zbog što kvalitetnijeg prekrivanja sjemena insekticidom i boljeg lijepljenja insekticida za površinu sjemena, insekticidima su tijekom procesa tretiranja sjemena dodani voda i ljepilo za tretiranje sjemena „AGROCOAT-TH“ INTENSIVROT 3855.

Tretirano je prirodno sjeme šećerne repe sorte Pinte. Sjeme je bilo stavljeno u plastičnu vrećicu i po njemu je nanesen insekticid te voda i ljepilo u određenoj količini. Vrh vrećice je zatvoren i sjeme je ručno, trešnjom, tretirano dok sve nije bilo ravnomjerno prekriveno sredstvom za tretiranje, odnosno dok nije poprimilo crvenu boju, karakterističnu za ljepilo. Tretirano sjeme je, ovisno o apliciranom insekticidu, odvojeno odloženo i ostavljeno na sušenju.

3.4.2. Sjetva tretiranog sjemena

Sjetva tretiranog sjemena u odvojene posudice bila je provedena 28. ožujka 2017. godine. Nakon sjetve zasijane su posudice ostavljene u laboratoriju, na svijetlom mjestu, te su redovito zalijeivane.

3.4.3. Prikupljanje štetnika na terenu

Nadzemni štetnici, jedinke repine pipe (*Asproparthenis punctiventris*) i jedinke buhača (*Chaetocnema tibialis*), skupljane su na parcelama šećerne repe na području mjesta Tovarnik te su potom dopremljeni na Zavod za poljoprivrednu zoologiju u Zagrebu.

Skupljanje repine pipe bilo je provedeno 1. svibnja 2017. Ukupno je za pokus prikupljeno 520 pipa koje su uhvaćene u agregacijske feromone postavljene na stara repišta.

Jedinke repinog buhača bile su skupljene ručnim aspiratorom 11. svibnja 2017. Repini buhači usisavani su kroz cijev u bočicu te transportirani do laboratorija.

3.4.4. Provedba pokusa

Pokus s repinom pipom je postavljen 4. svibnja 2017. godine u četiri ponavljanja po varijanti. S pokusom se započelo kada su biljke formirale dva para pravih listova. Svako ponavljanje uključivalo je jednu biljku šećerne repe izniklu iz tretiranog sjemena i 10 pipa po biljci.

Pokus je bio proveden na način da su za svako ponavljanje korištene dvije plastične čašice. U donjoj se čašici nalazila iznikla biljka šećerne repe, a druga, prozirna čašica, postavljala se iznad kako bi se spriječio bijeg pipa (slika 12). Gornja je čašica zbog prozračivanja bila probušena. Svaka posudica je bila flomasterom označena s podacima o broju varijante i ponavljanja.



Slika 12. Pokus postavljen u laboratoriju (foto Deak, L.)

Pokus s repinim buhačem je postavljen 15. svibnja 2017. Svaka varijanta u pokusu postavljena je u 4 ponavljanja. Za svako ponavljanje pripremljena je jedna petrijeva zdjelica

na kojoj se flomasterom označio redni broj varijante i broj ponavljanja (I-IV). Na dno petrijeve zdjelice izrezan je i postavljen filter papir, koji se prije postavljanja u zdjelicu poprskao destiliranom vodom. Na filter papir postavljen je list šećerne repe otrgnut s biljke iz odgovarajuće teglice (s istim brojem tretmana kao što je pisalo i na petrijevki). Na list šećerne repe postavljeno je po 10 buhača i petrijevka se poklopila. S obzirom na živahnost buhača prije postavljanja u pokus bilo je preporučeno držati ih u frižideru na + 4 °C da bi se umirili.

3.4.5. Očitavanje rezultata mortaliteta pipa i buhača

Očitavanje pokusa s repinom pipom, odnosno utvrđivanje broja živih i mrtvih pipa provedeno je jednom dnevno, tijekom pet dana (120 sati).

Očitavanje pokusa s buhačem trajalo je 4 dana (96 sati) za sve varijante od 21. do 25. svibnja 2017., počevši 24 sata nakon tretiranja. Za vrijeme očitavanja utvrđivan je broj živih i mrtvih buhača u petrijevoj zdjelici te su se ti podatci upisivali u tablice. Ako je list bio uništen ili je imao puno grizotina zamijenjen je s novim iz posudica sa zasijanim biljkama.

3.5. Statistička analiza podataka

Podatci o postignutoj učinkovitosti insekticida na žičnjake u obje godine analizirani su analizom varijance (ANOVA), a srednje vrijednosti su razvrstane u rangove uz pomoć testa multiplih rangova po Duncanu. Varijanca je testirana Levene's testom, a da bi se normalizirala distribucija, podatci o učinkovitosti u 2017. godini su transformirani primjenom $\log x+1$ transformacije koja se preporučuje u slučaju kada je srednja vrijednost u pozitivnoj korelaciji s varijancom (Vasilj, 1973). Uz pomoć faktorijelne metode uz korištenje dva faktora: insekticid i doza, utvrđeno koji od navedenih faktora i/ili njihova interakcija najviše utječe na učinkovitost. Ove analize obavljene su uz pomoć programskog paketa ARM 9 (Gyling Data Management, 2023).

S obzirom da je mortalitet pipa i repina buhača u pokusima očitavan u vremenskim intervalima od 24 sata, podaci o broju živih jedinki izloženih djelovanju korištenih insekticida obrađeni su primjenom metoda analize preživljavanja. Analiza preživljavanja štetnika tretiranih različitim insekticidima provedena je Kaplan Majerovom metodom u R programskom okruženju (R Core Team, 2020.) korištenjem nekoliko specijaliziranih paketa za deskriptivnu i inferencijalnu statističku analizu. Paket „survival“ (Therneau, 2024) je korišten pri procjeni preživljavanja različito tretiranih skupina i globalnog testiranja nulte hipoteze log-rank testom. Ovo je najčešće korišten način usporedbe razlika između dvije ili više krivulja preživljavanja, a riječ je o neparametarskom testu, odnosno testu koji ne koristi pretpostavke o očekivanim distribucijama preživljavanja. Ovaj test uspoređuje promatrani

broj događaja u svakoj skupini s onim što bi se očekivalo da je nulta hipoteza istinita, tj. da su krivulje preživljavanja identične (da nema razlike u preživljavanju između dvije različito tretirane skupine). Paket „ggsurvfit“ (Sjoberg i sur., 2024.) je korišten za vizualizaciju dobivenih rezultata analize preživljavanja pomoću paketa „ggplot2“ (Wickham, 2016.). „Post-hoc“ testiranje preživljavanja različito tretiranih skupina je provedeno korištenjem paketa „survminer“ (Kassambara i sur., 2021.) na osnovi većeg broja pojedinačnih log-rank testova (uparene usporedbe) uvažavajući Holm-Bonferroni korekciju zbog višestrukog testiranja hipoteza i mogućnosti pogrešnog (slučajnog) odbacivanja nulte hipoteze (greška tipa I).

Temeljem dobivenih podataka o preživljavanju kukaca nakon izloženosti različitim dozama insekticida i utvrđenih razlika između insekticida i doza, izdvojeni su insekticidi najučinkovitiji za testiranje štetnike, a koji bi se mogli koristiti kao eventualna alternativa neonikotinoidima.

4. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

4.1. Ratarska proizvodnja

Od ratarskih kultura, među anketiranim proizvođačima, najčešće su sijane strne žitarice (pšenica i ječam) i to u rasponu od 32,55 % u 2013. godini, više od 38,54 % u 2014., do 39,24 % obradivih površina u 2015. godini. Najslabije zastupljena kultura bila je uljana repica. U vegetaciji 2013. godine ova kultura nije uopće bila obuhvaćena anketom, u 2014. godini pojavila se na svega 2,66 %, a u 2015. godini na 5,80 % površina.

4.1.1. Podatci o poljoprivrednim gospodarstvima i obradivim površinama

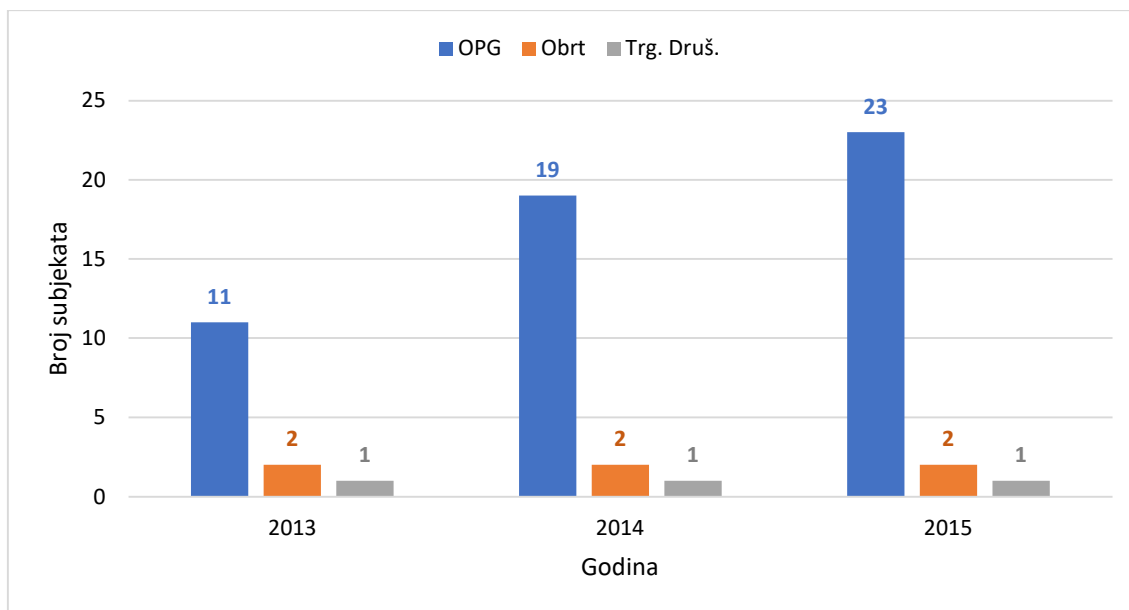
Prema podacima o broju poljoprivrednih gospodarstava u sustavu poticaja (dobivenim od Poljoprivredne savjetodavne službe Vukovarsko-srijemske županije), koja su se bavila ratarskom proizvodnjom (na oranicama), na području Tovarnika bilo je ukupno 117 poljoprivrednih subjekata, od kojih su 111 obiteljska poljoprivredna gospodarstva, četiri poljoprivredna obrta, jedna zadruga i jedno trgovačko društvo.

U vegetacijskoj sezoni 2013. godine (tablica 28) anketom je bilo obuhvaćeno 2 894 ha, odnosno 71,87 % od ukupnih površina pod oranicama (4 026 ha), u sezoni 2014. anketom je bilo obuhvaćeno 2 932 ha oranica, odnosno 72,83 %, dok je u sezoni 2015. anketom bilo obuhvaćeno 3638 ha, tj. 90,36 % obradivih površina.

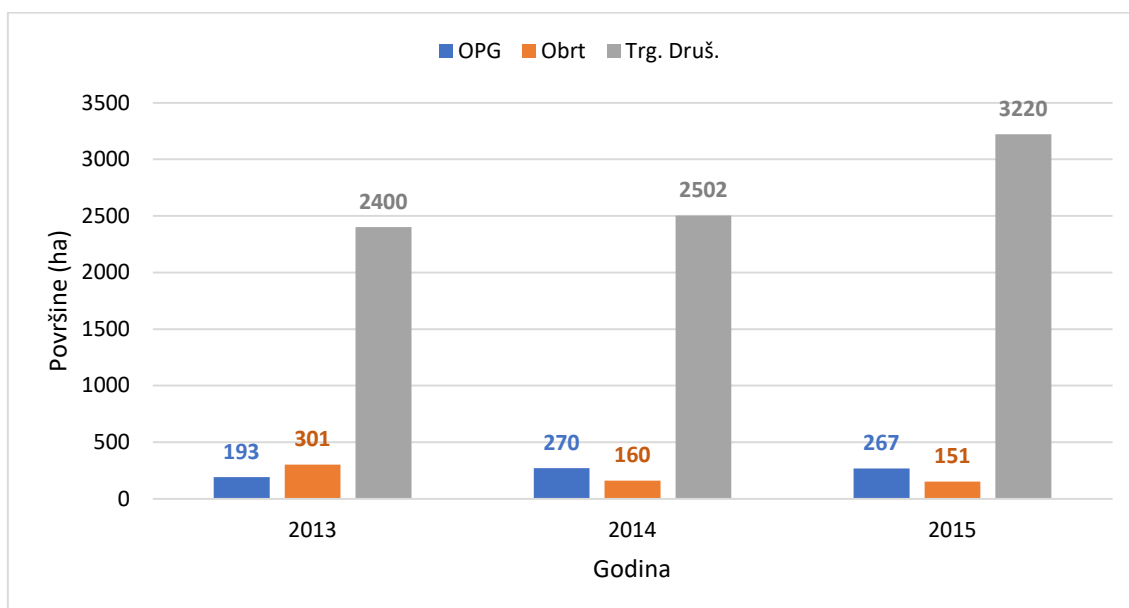
Tablica 28. Obradive površine i udio oranica obuhvaćenih anketom među ratarima na području Tovarnika

Godina	2013.	2014.	2015.
Površine obuhvaćene anketom (ha)	2 894	2 932	3 638
Udio (%)	71,87	72,38	90,36

Grafikonom 1 prikazani su podatci o broju anketiranih OPG-a, obrta i trgovačkih društava, a grafikonom 2 podatci o površinama pod ratarskim kulturama tijekom 2013. , 2014. i 2015. godine.



Grafikon 1. Broj poljoprivrednih gospodarstava obuhvaćenih anketom na području Tovarnika u 2013., 2014. i 2015. godini



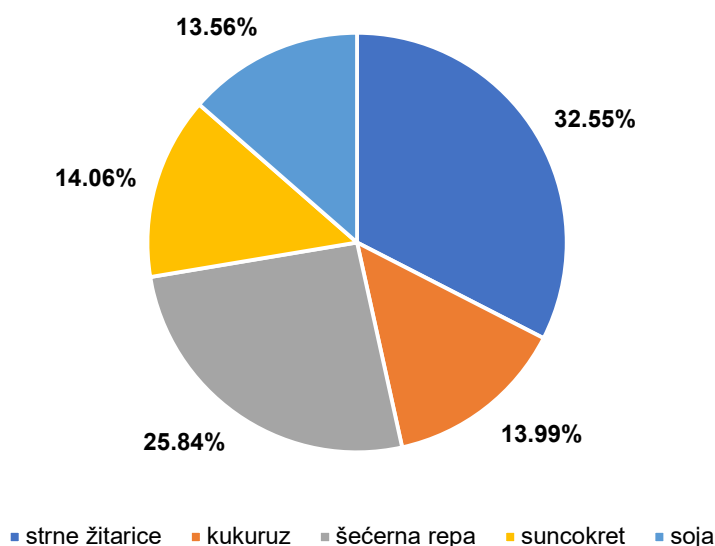
Grafikon 2. Površine obuhvaćene anketom na području Tovarnika u 2013., 2014. i 2015. godini

Naime, u 2013. godini anketom je bilo obuhvaćeno 11 od 111 obiteljskih poljoprivrednih gospodarstava u Tovarniku, koji su ukupno obrađivali 193 ha. U istoj godini anketom su bila obuhvaćena dva, od ukupno četiri poljoprivredna obrta, koji su obrađivali 301 ha te jedno trgovačko društvo registrirano za poljoprivrednu proizvodnju. Trgovačko je društvo pod ratarskim kulturama imalo 2 400 ha obradivih površina. U 2014. godini, anketom je bila obuhvaćena 19 OPG-a s 270 ha pod ratarskim kulturama, dva poljoprivredna obrta sa 160 ha oranica i jednim trgovačkim društvom s 2 502 ha obradivih površina.

Tijekom provedbe ankete u 2015. godini, anketirana su 23 OPG-a, dva obrta i jedno trgovačko društvo. Obiteljska poljoprivredna gospodarstva pod ratarskim kulturama imala su 267 ha, poljoprivredni obrti 151 ha, a trgovačko društvo 3 220 ha.

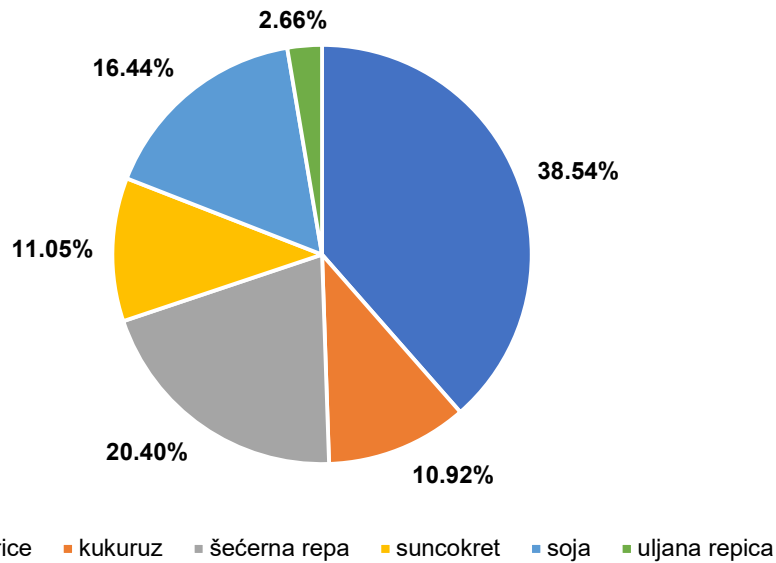
4.1.2. Struktura sjetve

Struktura sjetve u 2013. godini prikazana je u grafikonu 3. Prema rezultatima ankete, u vegetaciji 2013. godine najviše su sijane strne žitarice (pšenica i ječam). Udio u ukupnoj sjetvi pod površinama obuhvaćenim anketom bio je 32,55 %, odnosno pod strnim žitaricama je u toj godini bilo 941,45 ha oranica u mjestu Tovarnik. Druga kultura po zastupljenosti bila je šećerna repa, sijana na 747,8 ha, s udjelom od 25,84 %. Iza nje, s udjelom od 14,06 %, na 406,8 ha sijan je suncokret. Kukuruz je u toj godini zauzimao 404,95 ha, s udjelom od 13,99 % od ukupnih površina pod ratarskim kulturama, dok je soja bila zasijana na 392,5 ha, što je iznosilo 13,56 % od ukupnih površina obuhvaćenih anketom.



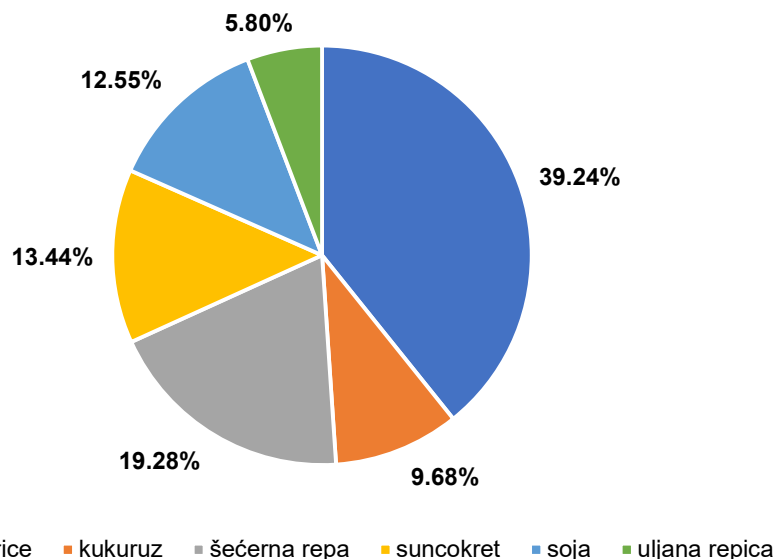
Grafikon 3. Struktura sjetve na oranicama obuhvaćenim anketom u 2013. godini

U vegetaciji u 2014. godini (grafikon 4), među anketiranim poljoprivrednim gospodarstvima, najzastupljenije ratarske kulture bile su strne žitarice koje su u toj godini bile zasijane na 112,9 ha, odnosno na 38,54 % od ukupnih površina. Kao i 2013. godine, druga kultura u strukturi sjetve bila je šećerna repa. Sijana je na površinama od 598 ha, zauzevši 20,40 % u ukupnoj strukturi sjetve. Iza šećerne repe slijede soja s 482 ha, odnosno 16,44 % u ukupnom udjelu i suncokret s 323,9 ha, s udjelom od 11,05 % u ukupnoj sjetvi. Kukuruz je u toj godini bio zasijan na 320,1 ha, što je 10,92 % od ukupne sjetve. Najmanje zasijanih površina u 2014. godini bile su pod uljanom repicom. Uljana je repica bila zasijana na 78 ha, odnosno u ukupnoj sjetvi bila je zastupljena s 2,66 %.



Grafikon 4. Struktura sjetve na oranicama obuhvaćenim anketom u 2014. godini

Struktura sjetve u vegetacijskoj sezoni 2015. godine (grafikon 5), bila je slična strukturi sjetve u vegetacijskoj sezoni 2014. godine. Naime, u ukupnoj sjetvi najzastupljenije su bile strne žitarice posijane na površinama od 1 427,51 ha (39,24 % od ukupnih površina), šećerna repa na 701,5 ha (19,28 %), suncokret na 489,09 ha (13,44 %), soja na 456,65 ha (12,55 %), kukuruz na 352,3 ha (9,68 %) i uljana repica, koja je bila zasijana na 211 ha, što je predstavljalo 5,80 % u ukupnoj sjetvi ratarskih kultura na oranicama u ovoj vegetacijskoj sezoni, koja je ujedno bila i posljednja godina provedbe ankete.



Grafikon 5. Struktura sjetve na oranicama obuhvaćenim anketom u 2015. godini

Sorte pšenice sijane tijekom svih vegetacijskih sezona provedbe ankete bile su Srpanjka, Lucija, Anica, Mira, Renata, Kraljica, a sjetvene norme iznosile su od 450 do 650 zrna po m². Kod ječma sijane su sorte Scarlet, Barun i Quench sa sjetvenom normom od 350-420 zrna po m². Hibridi kukuruza sijani tijekom promatranog razdoblja bili su Helico, NK Pako, PR34N43, Pajdaš, BC 244 i Dugi klip, a sijani su na konačni sklop od 68 000 do 75 000 biljaka/ha.

I hibridi šećerne repe, Gazeta, Protekta, Antek, Colonia, Torda, Serenada, Santino, Asketa, Severina, Jadranka, Europa, Terranova, Bruna, Jasmina, Sandor, Boomerang, Natura, Marijana, Tesla, sijani su na konačni sklop u rasponu od 110 000 do 120 000 biljaka/ha.

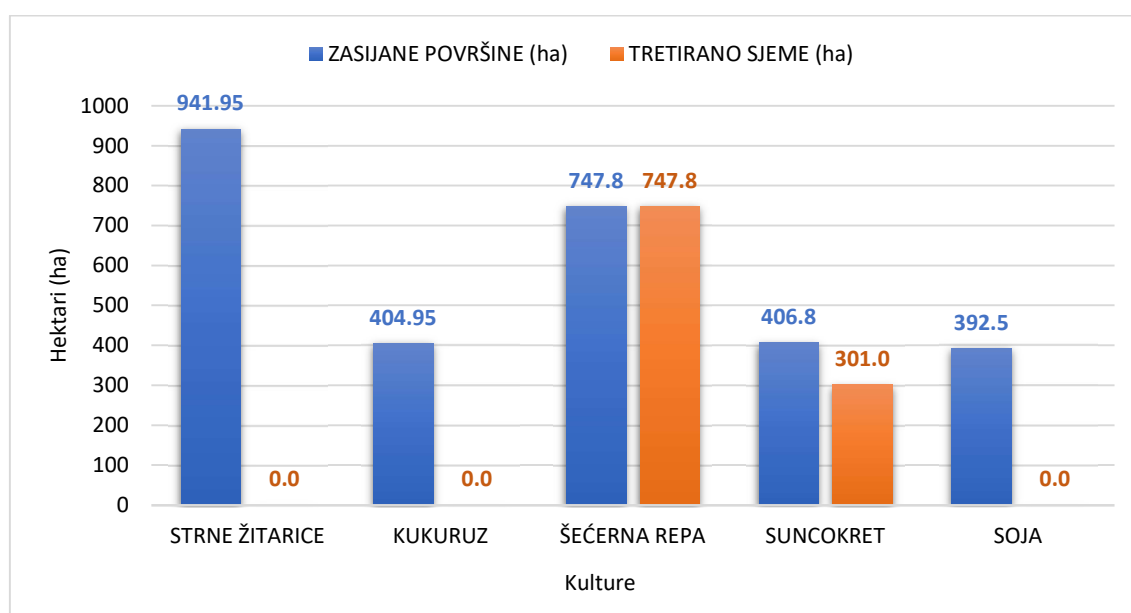
Sjetvena norma za suncokret bila je od 65 000 do 75 000 biljaka/ha, a sijani su slijedeći hibridi: NK Brio, NK Neoma, E82, PR63A90, Luka, Apolon i Barolo RM.

Sorte soje korištene u ovom razdoblju bile su Ika, Zora, Tena, Slavonka i Hrvatica, a sijane su na konačni sklop u rasponu od 500 000 do 650 000 biljaka/ha.

Tijekom vegetacije u 2014. i 2015. godini sijani su hibridi uljane repice Triangle, Traviata i Gordon KWS u konačnom sklopu u rasponu od 450 000 do 500 000 biljaka/ha.

4.1.3. Sjetva sjemena tretiranog insekticidima

Tijekom vegetacije u 2013. godini, anketom je bilo obuhvaćeno pet ratarskih kultura. Samo kod dvije kulture, šećerne repe i suncokreta, sijano je sjeme tretirano insekticidima (grafikon 6). Kod šećerne repe, koja je u toj godini sijana na 747,80 ha, 100 % sjemena bilo je tretirano insekticidima. Sjeme suncokreta tretirano insekticidima bilo je posijano na 301 ha, odnosno na 73,99 % od ukupno 406,8 ha pod tom kulturom.



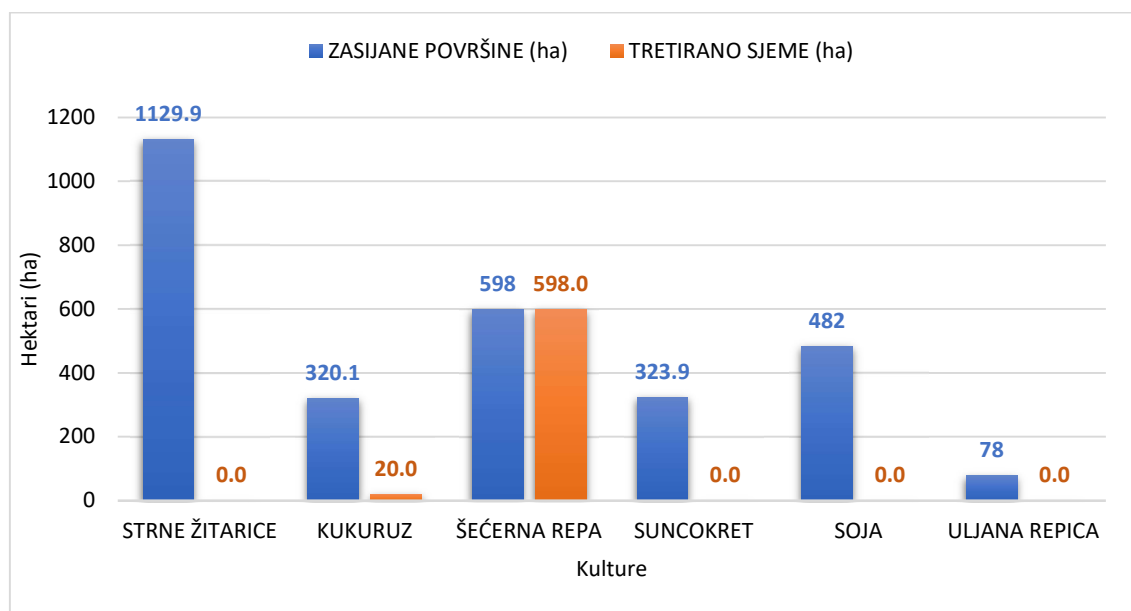
Grafikon 6. Ukupno zasijane površine i površine zasijane sjemenom tretiranim insekticidima na području Tovarnika u 2013. godini

Sjeme šećerne repe tretirano je pripravkom Gaucho 70 WS, koje sadrži djelatnu tvar imidakloprid iz skupine neonikotinoidea. Tretirano sjeme sijalo se zbog zaštite šećerne repe od žičnjaka, crne repine uši, repinog buhača i repine pipe, koji su u godinama provedbe ankete bili najznačajniji štetnici na šećernoj repi u Istočnoj Hrvatskoj (Drmić, 2016).

Sjeme suncokreta tretirano je pripravkom Cruiser FS 350, djelatne tvari tiametoksam iz skupine neonikotinoidea, da bi se suzbio napad žičnjaka, sovica pozemljuša i lisnih uši.

U ovoj je godini još uvijek bila dozvoljena sjetva sjemena tretiranog djelatnim tvarima iz skupine neonikotinoidea prije nego je Europske komisija u 2013. godini privremeno zabranila uporabu tri djelatne tvari insekticida iz skupine neonikotinoidea (imidakloprid, tiametoksam i klotianidin) (Uredba EK 485/2013). Ova zabrana odnosila se na sjeme kultura atraktivnih za pčele i za sjeme žitarica, osim ozimih žitarica i sjemena koje se koristi u staklenicima. Budući da šećerna repa nije atraktivna za pčele, privremena zabrana nije se odnosila na tretiranje sjemena ove kulture.

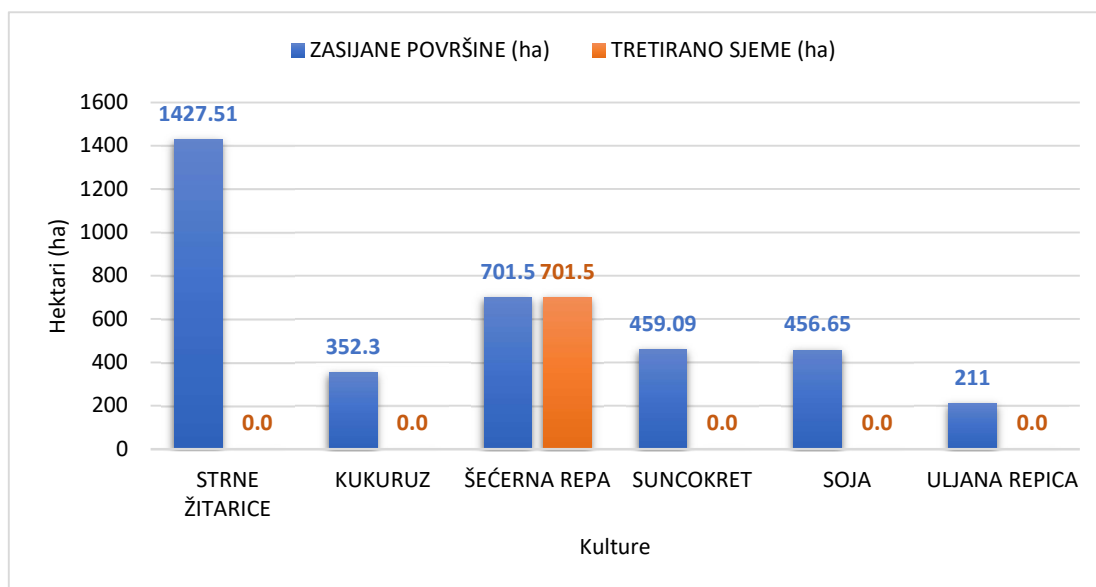
Tijekom 2014. godine (grafikon 7), sve posijano sjeme šećerne repe, na 598 ha, bilo je tretirano insekticidima. Uz šećernu repu i sjeme kukuruza posijanog u toj godini je djelomice bilo tretirano insekticidima. Tako je od 320,1 ha oranica pod kukuruzom, na 20 ha, odnosno na 6,25 % od ukupno zasijanih površina, sijano tretirano sjeme.



Grafikon 7. Ukupno zasijane površine i površine zasijane sjemenom tretiranim insekticidima na području Tovarnika u 2014. godini

Sjeme šećerne repe tretirano je insekticidima iz skupine neonikotinoidea (djelatne tvari imidakloprid i tiametoksam), iz skupine piretroida (teflutrin) te njihovom kombinacijom (djelatne tvari tiametoksam + teflutrin), a sjeme kukuruza tretirano je insekticidom Force 20 SC, djelatne tvari teflutrin iz skupine piretroida.

U 2015. godini, od svih kultura obuhvaćenih anketom, samo je sjeme šećerne repe tretirano insekticidima (grafikon 8). Anketom je bilo obuhvaćeno 701,5 ha oranica pod šećernom repom i sve zasijane količine sjemena bile su iz tretiranog sjemena.



Grafikon 8. Ukupno zasijane površine i površine zasijane sjemenom tretiranim insekticidima na području Tovarnika u 2015. godini

U ovoj vegetacijskoj sezoni sjeme šećerne repe tretirano je insekticidima Gaucho FS 600, djelatna tvar imidaklopid iz skupine neonikotinoidea, potom insekticidom Cruiser FS 350, djelatne tvari tiametoksam iz skupine neonikotinoidea te mješavinom insekticida Cruiser FS 350 (djelatna tvar tiametoksam) i Force 20 SC, djelatne tvari teflutrin iz skupine piretroida.

4.1.4. Vrste sijačica korištenih u sjetvi tretiranog sjemena

Tijekom svih vegetacijskih sezona u kojima je provedena anketa među ratarima, za sjetvu sjemena tretiranog insekticidima iz skupine neonikotinoidea uglavnom su korištene adekvatne sijačice. Tako su u sjetvi tretiranog sjemena šećerne repe i suncokreta u 2013. godini, na svim površinama (650 ha pod šećernom repom i 301 ha pod suncokretom) korištene pneumatske podtlačne sijačice s nadogradnjom.

U sjetvi tretiranog sjemena kukuruza i šećerne repe tijekom 2014. godine, sav je kukuruz posijan s pneumatskim podtlačnim sijačicama s nadogradnjom (na 20 ha), dok su kod sjetve tretiranog sjemena šećerne repe, na većini površina (594 ha) korištene pneumatske podtlačne sijačice s nadogradnjom, a na 4 ha površine sjetva je obavljena s mehaničkom sijačicom.

U 2015. godini, sijano je samo sjeme šećerne repe tretirano insekticidima, a prilikom sjetve na svim površinama (701,5 ha) korištene su podtlačne pneumatske sijačice s ugrađenom nadogradnjom.

4.1.5. Pojava i suzbijanje štetnika tijekom vegetacije

Provedbom ankete željelo se dobiti podatke o kulturama, insekticidnim pripravcima, djelatnim tvarima, pojavi i suzbijanju štetnika i vremenu folijarnog tretiranja te primijenjenim koncentracijama/dozama po pojedinim vegetacijskim sezonama.

Od ratarskih kultura obuhvaćenih anketom folijarna primjena insekticida u suzbijanju štetnika bila je neizostavna mjera u zaštiti šećerne repe, uglavnom se provodila i u zaštiti strnih žitarica te u zaštiti uljane repice. Jedne sezone, u manjem obimu, koristila se i kao mjera zaštite soje.

U vegetacijskoj sezoni 2012/2013. godine folijarno je provedeno suzbijanje štetnika na strnim žitaricama i na šećernoj repi. Tako je tretiranje provedeno na 95,43 % površina pod strnim žitaricama (na 898 od ukupno 941,95 ha) i na 97,99 % površina pod šećernom repom (na 732,8 od ukupno 747,8 ha pod ovom kulturom).

U vegetacijskoj sezoni 2013/2014. godine folijarno tretiranje insekticidima bilo je primijenjeno na strnim žitaricama, šećernoj repi, soji i uljanoj repici. Na strnim žitaricama bilo je provedeno na svega 11 ha (0,97 %) od 1 129,9 zasijanih površina. Kod šećerne repe folijarna aplikacija insekticida provedena je na 100% od svih 598 ha pod ovom kulturom. Folijarno tretiranje insekticidima provedeno je i na manjim površinama soje, tako da je od 482 ha pod ovom kulturom, na svega 3 ha, 0,62 % od ukupnih površina provedeno folijarno suzbijanje štetnika. Od 78 ha obuhvaćenih anketom, na 64,54 %, odnosno 48 ha uljane repice provedeno je suzbijanje štetnika primjenom insekticida folijarno. U ovoj sezoni, tretiranje sjemena insekticidima iz skupine neonikotinoida bilo je zabranjeno za sve promatrane kulture, osim za šećernu repu.

U vegetacijskoj sezoni 2014/2015. godine folijarno tretiranje insekticidima provedeno je na skoro svim površinama pod strnim žitaricama, na šećernoj repi i uljanoj repici. Od 1 427,51 ha pod strnim žitaricama na 1 414,51 ha, odnosno 99,09 % provedeno je folijarno suzbijanje štetnika. Kod šećerne repe, kao i prethodnih vegetacijskih sezona, folijarno tretiranje insekticidima bilo je provedeno na svim površinama, odnosno na 701,5 ha pod ovom kulturom. U ovoj sezoni folijarno suzbijanje štetnika provedeno je i na svim površinama, 211 ha, pod uljanom repicom.

Za folijarno suzbijanje repine pipe na šećernoj repi u 2013. godini korišteni su insekticidi Karate Zeon, djelatne tvari lambda cihalotrin iz skupine piretroida te Chromorel-D, djelatne tvari klorpirifos + cipermetrin iz skupine organofosfornih insekticida (tablica 29). Tretiranja su provedena tijekom travnja i svibnja, u dozama od 0,15 do 0,3 l/ha za insekticid Karate Zeon te u dozama od 0,6 do 1,7 l/ha za pripravak Chromorel-D.

U istoj godini folijarna primjena insekticida bila je primijenjena i na strnim žitaricama. Suzbijana je lema krajem travnja, istim insekticidima koji su korišteni i za suzbijanje repine pipe na šećernoj repi. Insekticid Karate Zeon primjenjivan je u dozi od 0,3 l/ha, a Chromorel-D u dozi od 0,8 l/ha.

Tablica 29. Folijarno suzbijanje štetnika na području Tovarnika tijekom vegetacije u 2013. godini

Kultura	Pripravak	Djelatna tvar	Suzbijan i štetnik	Vrijeme tretiranja	Koncentracija /doza
Šećerna repa	Karate Zeon	lambda cihalotrin	repina pipa	travanj-svibanj	0,15 l/ha; 0,3 l/ha
	Chromorel-D	klorpirifos + cipermetrin	repina pipa	travanj-svibanj	1,7 l/ha; 0,6 l/ha
strne žitarice	Karate Zeon	lambda cihalotrin	lema	kraj travnja	0,3 l/ha
	Chromorel-D	klorpirifos + cipermetrin	lema	kraj travnja	0,8 l/ha

U 2014. godini folijarnom primjenom insekticida (tablica 30) suzbijani su štetnici na šećernoj repi, strnim žitaricama, soji i uljanoj repici.

Za suzbijanje repine pipe na šećernoj repi korišteni su insekticidi Karate Zeon i Chromorel-D. Karate Zeon primjenjivan je od 10. do 28. travnja, u dozi od 0,15 l/ha, dok je Chromorel-D apliciran od 15. travnja do 05. svibnja, u dozi od 1,7 l/ha.

Kod strnih žitarica suzbijana je lema folijarnom aplikacijom insekticida Karate Zeon u dozi od 0,15 l/ha. Zaštita je bila provedena od 15. ožujka do 10. travnja.

Zbog napada stričkovog šarenjaka suzbijanje ovog štetnika provodilo se u usjevima soje. Folijarno je, u dozi od 1,7 l/ha primjenjivan insekticid Chromorel-D, a tretiranje je provedeno 10. lipnja.

I uljana repica, koja se u ovoj vegetacijskoj sezoni prvi puta pojavila na oranicama obuhvaćenim anketom, zbog napada je repičinog sjajnika folijarno tretirana insekticidom Chromorel-D. Tretiranje je bilo provedeno 10. travnja u dozi od 1 l/ha.

Tablica 30. Folijarno suzbijanje štetnika na području Tovarnika tijekom vegetacije u 2014. godini

Kultura	Pripravak	Djelatna tvar	Suzbijani štetnik	Vrijeme tretiranja	Koncentracija/doza
šećerna repa	Karate Zeon	lambda cihalotrin	repina pipa	10-28.04.2014.	0,15 l/ha
	Chromorel-D	klorpirifos + cipermetrin	repina pipa	15.04-05.05.2014.	1,7 l/ha
strne žitarice	Karate zeon	lambda cihalotrin	lema	15.03-10.04.2014.	0,15 l/ha
soja	Chromorel-D	klorpirifos + cipermetrin	stričkov šarenjak	10.06.2014.	1,7 l/ha
uljana repica	Chromorel-D	klorpirifos + cipermetrin	repičin sjajnik	10.04.2014.	1 l/ha

Tijekom vegetacijske sezone 2014/2015. godine, folijarna zaštita od štetnika provedena je na oranicama pod šećernom repom, strnim žitaricama i uljanoj repici (tablica 31).

Kao i u dvije prethodne vegetacije u usjevima šećerne repe suzbijana je repina pipa folijarnom primjenom insekticida Karate Zeon i Chromorel-D. Tretiranje insekticidom Karate Zeon provedeno je od 07. do 21. ožujka, u dozi od 0,15 l/ha, dok je folijarna aplikacija insekticida Chromorel-D, u dozi od 1,7 l/ha, bila od 14. do 28. ožujka.

Zaštita strnih žitarica od napada leme izvršena je folijarnom aplikacijom insekticida Karate Zeon i Skud EC, u dva navrata tijekom vegetacijske sezone 2014/2015. godine. Prva folijarna primjena insekticida Karate Zeon provedena je od 22. do 25. studenoga 2014. godine, a druga od 19. ožujka do 05. travnja 2015. godine. Obje su primjene insekticida bile u dozi od 0,15 l/ha. Drugi insekticid korišten u zaštiti strnih žitarica bio je preparat Skud EC iz skupine piretroida (djelatna tvar deltametrin). I ovaj insekticid korišten je u dva navrata. Prva primjena bila je od 25. do 30. studenoga 2014. godine, u dozi od 0,3 l/ha, a druga od 02. ožujka do 25. travnja 2015. godine.

U uljanoj repici folijarnom primjenom tri insekticida (Karate Zeon, Skud EC, Chromorel-D), suzbijani su repičina pipa i repičin sjajnik. S pripravkom Karate Zeon, repičina pipa suzbijana je u dva navrata. Prvo folijarno tretiranje provedeno je 30. studenoga 2014. godine, a drugo 20. ožujka 2015. godine. U oba tretiranja doza je bila 0,15 l/ha. S insekticidom Skud EC, u dozi od 0,3 l/ha, repičina pipa bila suzbijana je 10. ožujka. Treći korišteni insekticid u suzbijanju repičine pipe bio je Chromorel-D. On je apliciran 21. veljače u dozi od 1 l/ha. Radi suzbijanja repičinog sjajnika u uljanoj repici, korišteni su pripravci Skud EC i Chromorel-D. Skud EC je apliciran od 14. veljače do 28. ožujka, u dozi od 0,3 l/ha, dok je Chromorel-D apliciran 2. ožujka u dozi od 1 l/ha.

Tablica 31. Folijarno suzbijanje štetnika na području Tovarnika tijekom vegetacije u 2015. godini

Kultura	Pripravak	Djelatna tvar	Suzbijani štetnik	Vrijeme tretiranja	Koncentracija/doza
šećerna repa	Karate Zeon	lambda cihalotrin	repina pipa	07.03-21.03.2015.	0,15 l/ha
	Chromorel-D	klorpirifos + cipermetrin	repina pipa	14.03-28.03.2015.	1,7 l/ha
strne žitarice	Karate Zeon	lambda cihalotrin	lema	22.11-25.11.2014. 19.03-05.04.2015.	0,15 l/ha
	Skud EC	deltametrin	lema	25.11-30.11.2014. 02.03-25.04.2015.	0,3 l/ha
uljana repica	Karate Zeon	lambda cihalotrin	repičina pipa	30.11.2014. 20.03.2015.	0,15 l/ha
	Skud EC	deltametrin	repičin sjajnik repičina pipa	14.02-28.03.2015. 10.03.2015.	0,3 l/ha
	Chromorel-D	klorpirifos + cipermetrin	repičin sjajnik, repičina pipa	02.03.2015. 21.02.2015.	1 l/ha

4.1.6. Indeks tretiranosti insekticidima

U tablici 32 prikazani su podatci o ukupno zasijanim, kao i površinama tretiranim insekticidima, te indeks tretiranosti insekticidima za pojedinu kulturu tijekom vegetacijske sezone 2012/2013. godine. Indeks tretiranosti insekticidima kod šećerne je repe bio 2,9, kod strnih žitarica 0,97, a kod suncokreta 0,7. Kod ostalih je kultura indeks tretiranosti insekticidima bio 0.

Tablica 32. Ukupno zasijane površine, površine tretirane insekticidima te indeks tretiranosti insekticidima za pojedine kulture na području Tovarnika u vegetacijskoj sezoni 2012/2013.

Površine (ha)	Kultura				
	Strne žitarice	Kukuruz	Šećerna repa	Suncokret	Soja
Ukupno zasijano	941,95	404,95	747,80	406,80	392,50
Tretirano insekticidima	913	0	2135,10	301	0
Indeks tretiranosti	0,97	0	2,9	0,7	0

Podatci o ukupno zasijanim površinama pod određenom kulturom, o površinama tretiranim insekticidima te indeksu tretiranosti insekticidima tijekom vegetacijske sezone 2013/2014. prikazani su u tablici 33. Tijekom ove sezone indeks tretiranosti insekticidima kod šećerne repe bio je 2,9, a kod uljane repice 0,6, dok je kod ostalih kultura indeks bio 0.

Tablica 33. Ukupno zasijane površine, površine tretirane insekticidima te indeks tretiranosti insekticidima za pojedine kulture na području Tovarnika u vegetacijskoj sezoni 2013/2014.

Površine (ha)	Kultura					
	Strne žitarice	Kukuruz	Šećerna repa	Suncokret	Soja	Uljana repica
Ukupno zasijano	1 129,90	320,10	598	323,90	482	78
Tretirano insekticidima	11	0	1740	0	3	48
Indeks tretiranosti	0,01	0	2,9	0	0	0,6

U vegetacijskoj sezoni 2014/2015. godine indeks tretiranosti insekticidima kod strnih je žitarica bio 0,99, kod šećerne repe 2 te kod uljane repice 2. Kod kukuruza, suncokreta i soje, indeks tretiranosti insekticidima u ovoj vegetacijskoj sezoni bio je nula (tablica 34) .

Tablica 34. Ukupno zasijane površine, površine tretirane insekticidima te indeks tretiranosti insekticidima za pojedine kulture na području Tovarnika u vegetacijskoj sezoni 2014/2015.

Površine (ha)	Kultura					
	Strne žitarice	Kukuruz	Šećerna repa	Suncokret	Soja	Uljana repica
Ukupno zasijano	1 427,51	352,30	701,50	459,09	456,65	211
Tretirano insekticidima	1 414,51	0	1403	0	0	422
Indeks tretiranosti	0,99	0	2	0	0	2

4.1.7. Prinosi

Obrađeni su prinosi u 2013. i 2015. godini, dok prinosi iz vegetacijske sezone 2014/2015. nisu uzeti u razmatranje jer nisu dobiveni od svih ratara obuhvaćenih anketom. Podatci o visini prinosa po pojedinoj kulturi grupirani su prema provedenim mjerama zaštite bilja (bez tretiranja insekticidima, tretiranjem sjemena i/ili folijarnom primjenom insekticida te njihovom kombinacijom).

Prosječni prinosi u 2013. godini prikazani su u tablici 35, a u 2015. godini u tablici 36.

Tablica 35. Prosječni prinosi na području Tovarnika u 2013. godini u tonama (t) po hektaru (ha)

Pšenica		Kukuruz		Šećerna repa		Suncokret		Soja
bt	ft	bt	ts	ts+ft	bt	ts	bt	
6,43	7,02	7,90	59,00	58,11	2,56	4,20	2,17	

*bt – bez tretiranja
ft – folijarno tretiranje
ts – tretiranje sjemena*

Tablica 36. Prosječni prinosi na području Tovarnika u 2015. godini u tonama (t) po hektaru (ha)

Pšenica		Ječam		Kukuruz	Šeć. Repa	Suncokret	Soja	Uljana repica
bt	ft	bt	ft	bt	ts+ft	bt	bt	ft
5,75	6,38	4,2	4,6	10,40	40,80	2,26	1,82	1,83

*bt – bez tretiranja
ft – folijarno tretiranje
ts – tretiranje sjemena*

4.2. Pčelarska proizvodnja

Anketom među pčelarima utvrđeno je da se većina pčelara, kroz sve godine provedbe ankete, pčelarenjem bavila iz hobija, njih 57 %, pčelarenjem kao dopunskom djelatnosti bavilo se 29 %, a kao osnovnom djelatnošću bavilo se 14 % pčelara.

Također, anketom je utvrđeno da je su pčelinjaci bili većinom stacionirani (55,5 % u 2013. godini, 65,38 % u 2014. godini i 100 % u 2015. godini) (slika 13). U 2015. godini postoji odstupanje jer je došlo do pomora pčela tijekom lipnja te godine na suncokretu tretiranom insekticidima, a većinom su uginule pčelinje zajednice iz selećih pčelinjaka.



Slika 13. Pčelinjak u Tovarniku

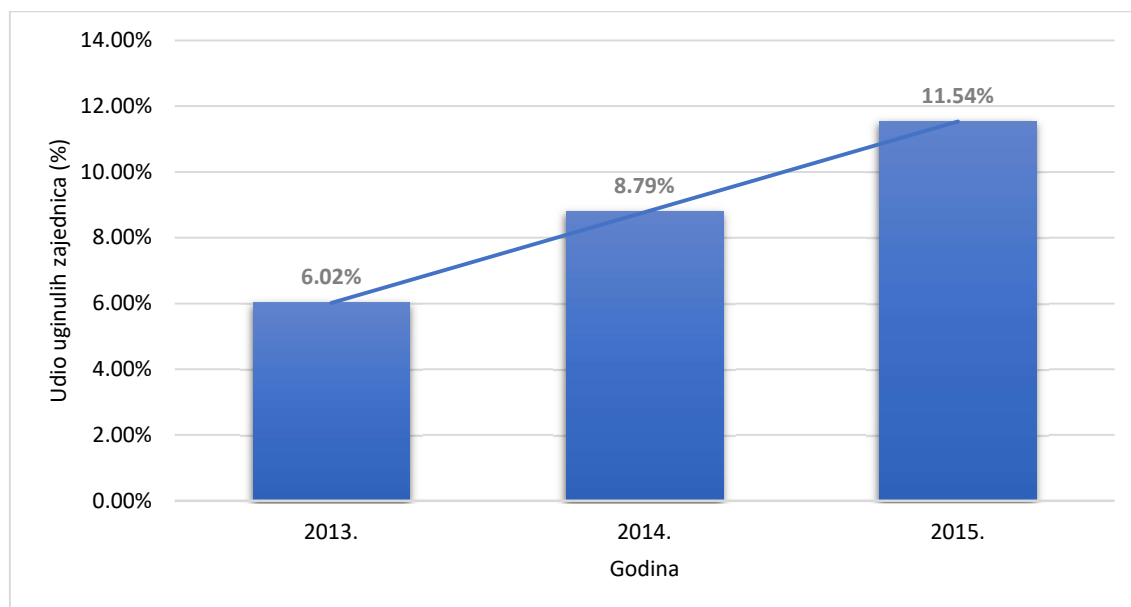
Kroz sve godine provedbe ankete na području Tovarnika bilo je 10 prijavljenih pčelara, od kojih je njih sedam bili uključeni u anketu.

U svim je godinama anketom bilo obuhvaćeno više od 80 % pčelinjih zajednica u Tovarniku. U 2013. godini taj je udio iznosio 83,52 % (anketom obuhvaćeno 299 od 358 pčelinjih zajednica), u 2014. godini je bio 90,32 % (anketom obuhvaćeno 364 od 403 pčelinje zajednice, a u 2015. godini udio anketiranih pčelara iznosio je 86,67 % (anketom je bilo obuhvaćeno 234 od 270 pčelinjih zajednica).

Pčele su početkom proljeća prvo išle na pašu maslačka, a zatim na voće (šljive, jabuke, višnje). Potom je slijedila paša na uljanoj repici, bagremu, lipi, amorfi, suncokretu i na kraju je sezona završila na medljici. Prihranu su provodili svi pčelari i to dodavanjem šećernog sirupa i šećernih pogača pčelinjim zajednicama. Kroz sve godine anketiranja pčelari su obavljali tretiranje protiv varooze u jesen.

Gubitke pčelinjih zajednica tijekom sezone prijavljeni su u 2013. godini, kada je jedna pčelinja zajednica stradala zbog noozemoze, a dvije su zajednice uginule zbog problema u zajednici. U 2015. godini došlo je do pomora pčela uzrokovanog otrovanjem pčela na suncokretu folijarno tretiranim insekticidom. Tada je izgubljeno 33 % pčelinjih zajednica.

Zimski gubitci prikazani su u grafikonu 9. U sezoni 2013/2014. bili su 6,02 % pčelinjih zajednica (18 od 299 pčelinjih zajednica obuhvaćenih anketom). U sezoni 2014/2015. godinu izgubljeno je 8,79 % zajednica (32 od 364 uzimljene zajednice), a 2015/2016. izgubljeno je 11,54 % zajednica (27 od 234 zajednice).



Grafikon 9. Udio zimskih gubitaka pčelinjih zajednica na području Tovarnika u razdoblju od 2013. do 2015. godine

Početak lipnja 2015. godine na području Tovarnika obavljeno je tretiranje suncokreta sa sredstvom za zaštitu bilja Chromorel-D na površini od 400 ha. Koristio se pripravak s dvije djelatne tvari, klorpirifos iz skupine organsko-fosfornih insekticida i cipermetrin iz skupine piretroida (Bažok, 2014). Međutim, ovaj pripravak, nije imao dozvolu za uporabu u suncokretu.

Primjena nedozvoljenog sredstva, kao i neobavješćavanje pčelara o folijarnoj aplikaciji insekticida, dovela je do pomora skoro 33 % pčelinjih zajednica. Ove je činjenice utvrdila nadležna inspeksijska služba pri Ministarstvu poljoprivrede.

U Izvješću o rezultatima provedenih analiza (prilog 3) navodi se da je u uzorku pčela utvrđena koncentracija klorpirifosa od 0,003 mg/kg te 0,005 mg/kg cipermetrina (tablica 37).

Tablica 37. Kvantificirane vrijednosti utvrđenih djelatnih tvari u analiziranim pčelama

Djelatna tvar	Granica kvantifikacije za med (mg/kg)	Rezultati laboratorijske
		analize (mg/kg)
klorpirifos	0,001	0,003
cipermetrin	0,01	0,005

Rezultati provedene analize na uginulim pčelama pokazuju povećanu količinu rezidua klorpirifosa, dok je količina rezidua cipermetrina ispod granice kvantifikacije za med.

4.3. Učinkovitost alternativnih insekticida na žičnjake u kukuruzu

U laboratorijskim pokusima utvrđivanja učinkovitosti alternativnih insekticida utvrđena su prosječno 4,4 žičnjaka preživjela u netretiranoj kontroli u 2016. godini i 4,5 žičnjaka u 2017. godini. Sve jedinice pipe preživjele su tijekom cijelog trajanja pokusa kada su bile izložene insekticidu azadiraktin pa je utvrđena učinkovitost ovih tretmana bila 0. Iz tog razloga podatci za azadiraktin su isključeni iz statističke obrade. Nakon provedene analize varijance i faktorijelne analize podataka utvrđeno je da učinkovitost insekticida na žičnjake ovisi o djelatnoj tvari ($p=0,0001$, HSD=6,45) i dozi ($p=0,0001$, HSD=5,07) kao i o njihovoj interakciji ($p=0,0001$, HSD=14,52) (tablica 38., tablica 39).

Tablica 38. Faktorijelna analiza podataka o učinkovitosti varijanti na žičnjake u pokusima u 2016. i 2017. godini

Izvor varijabilnosti	2016.			2017.		
	p	LS means ± SEM	HSD ¹	p	LS means ± SEM	HSD ¹
Ukupno						
Ponavljjanja	0,2930			00755		
Djelatna tvar (A)	<0,01**	43,47±2,15	6,45	<0,01**	24,01±1,54	1,31
Doza (B)	<0,01**	39,22±1,75	5,07	0,8575	22,96±1,35	2,51
AxB	<0,01**	38,63±1,12	14,52	<0,01**	22,94±1,75	6,02

**-statistički opravdano na razini 99%; 1HSD između varijanti utvrđen testom po Tukey-u

Tablica 39. Učinkovitost alternativnih insekticida na žičnjake u pokusu 2016. i 2017. godine i rezultati statističke analize

Djelatna tvar	Doza (g d.t./kg sjemena)	2016.	2017.
		% Učinkovitosti ± SD	
tiametoksam	5	54,55 ± 10,46 b*	13,25 ± 0,14 c
	3,5	36,37 ± 4,22 c	17,49 ± 0,22 c
	2	40,91 ± 8,78 c	13,25 ± 0,14 ce
klorantraniliprol	5	1,82 ± 1,66 e	2,18 ± 0,34 d
	3,5	15,97 ± 4,15 d	2,18 ± 0,34 d
	2	5,46 ± 0,74 e	2,18 ± 0,34 d
spinosad	5	72,73 ± 7,55 a	71,92 ± 0,05 a
	3,5	72,72 ± 7,55 a	49,56 ± 0,07 ab
	2	36,37 ± 7,55 c	28,69 ± 0,17 bc

* vrijednosti označene različitim malim slovom statistički se značajno razlikuju unutar stupca temeljem Duncanovog testa multiplih rangova

Standardni insekticid tiametoksam, primijenjen u sve tri doze u 2016. godini rezultirao je prosječnom učinkovitošću od 43 %, dok je prosječna učinkovitost spinosada bila 60%.

U 2017. godini utvrđeno je da učinkovitost insekticida ovisi o djelatnoj tvari (p=0,0001, HSD=1,31), ali ne ovisi o dozi (p=0,8575). Također, interakcija doze i djelatne tvari signifikantno utječe na učinkovitost (p=0,0001, HSD=6,02) (tablica 38, tablica 39).

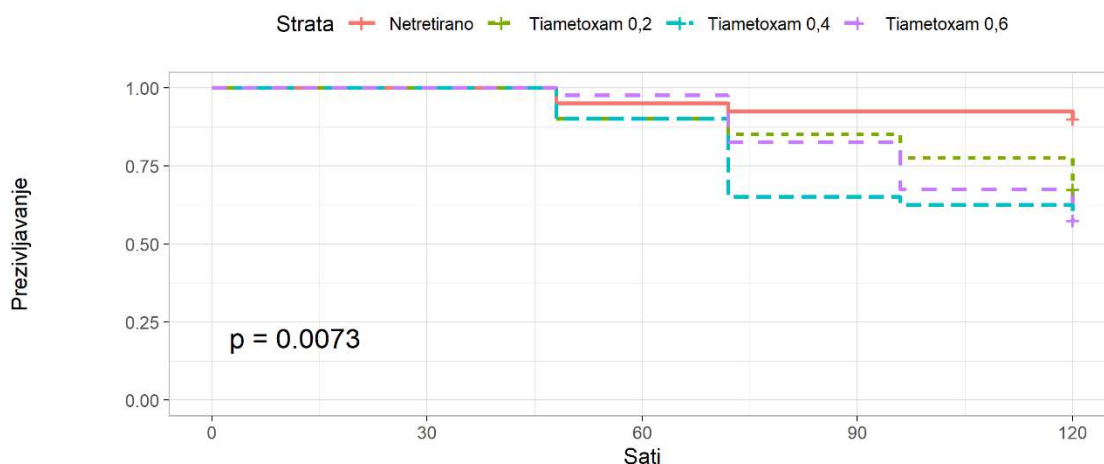
Postignuta učinkovitost svih insekticida je u 2017. godini bila niža, a to se posebno odnosi na standardni insekticid tiametoksam i alternativni insekticid klorantraniliprol. Standardni insekticid tiametoksam postigao je u 2017. godini nižu učinkovitost u odnosu na 2016. godinu te je prosječna učinkovitost bila 16 % što je značajno niže od 43 % koliko je postignuto u 2016. godini. Učinkovitost spinosada bila je neznatno niža od one utvrđene u 2016. godini. Utvrđena je iznimno niska učinkovitost klorantraniliprola što je slično rezultatima iz 2016. godine, dok je azadiraktin, koji u 2016. godini nije bio uključen u pokuse, nije polučio nikakvu učinkovitost, odnosno bio je na razini netretirane kontrole. Iako se radi o laboratorijskim pokusima, utjecaj vanjskih čimbenika među kojima je najvažniji razvojni

stadij ličinki koje su sakupljene za potrebe pokusa u dvije godine istraživanja nije očigledno bilo moguće izbjeći.

4.4. Učinkovitost alternativnih insekticida na nadzemne štetnike šećerne repe

4.4.1. Učinkovitost insekticida na repinu pipu

Stope preživljavanja repine pipe hranjene šećernom repom uzgojenom iz različito tretiranog sjemena djelatnom tvari tiametoksam, a prikazane Kaplan Meierovim krivuljama na grafikonu 10, ukazuju na prve mortalitete svih promatranih skupina pipe unutar 24 sata. Grafikon također ukazuje na veću smrtnost svih tretiranih skupina pipe (izloženih djelatnoj tvari tiametoksam) naspram netretirane skupine tijekom cijelog promatranog razdoblja. Testiranjem razlika u dinamici smrtnosti „globalnim“ log-rank testom utvrđeno je da postoje statistički značajne razlike između stope smrtnosti različito tretiranih skupina pipe ($p=0,0073$). Naknadnim višestrukim pojedinačnim log-rank testovima su utvrđene statistički značajne razlike u smrtnosti između netretirane i svih tretiranih skupina (tablica 40) 120 sati nakon izlaganja. Unatoč činjenici da utvrđene razlike u stopi smrtnosti između različitih insekticidnih tretmana nakon 120 sati od izlaganja nisu bile statistički značajne ($P>0.05$). Iz grafikona je vidljivo da je insekticidni tretman tiametoksam 0,4 imao daleko najpovoljniji učinak na smrtnost pipe u ovom pokusu.



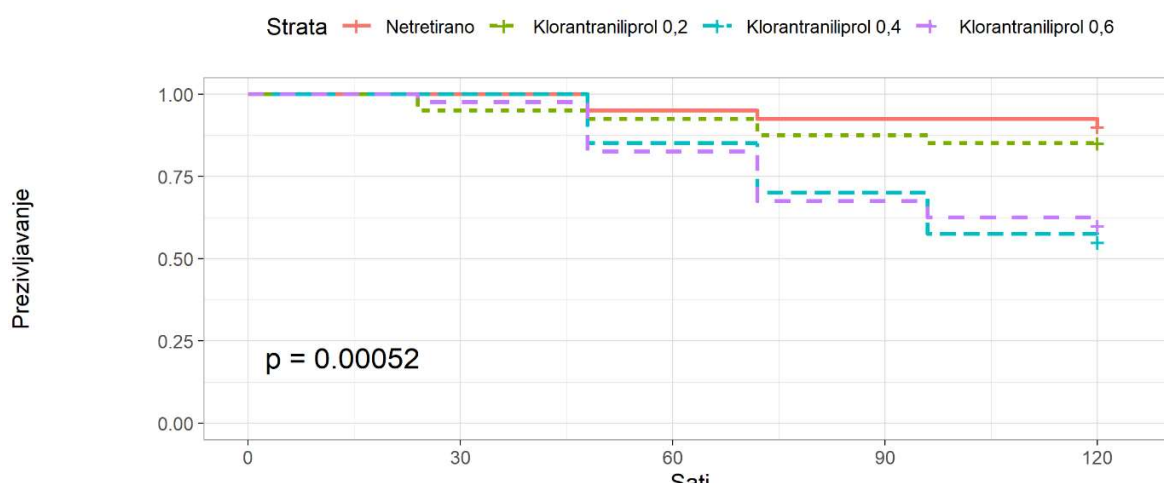
Grafikon 10. Kaplan-Meier-ova krivulja preživljavanja repine pipe na varijantama tretiranim tiametoksamom (vjerojatnost preživljavanja 1= preživljavanje 100%)

Tablica 40. Rezultati „pair-wise“ testa i usporedba vjerojatnosti za uspjeh preživljavanja (p) repine pipe 120 sati nakon izlaganja na varijantama tretiranim tiametoksamom

	p		
	Netretirano	Tiametoksam 0,2	Tiametoksam 0,4
Tiametoksam 0,2	<0,05*	-	-
Tiametoksam 0,4	<0,05	0,4727	-
Tiametoksam 0,6	<0,05	0,4796	0,7524

*statistički opravdano na razini 95%

U slučaju djelatne tvari klorantraniliprol, stope preživljavanja repine pipe, a prikazane Kaplan Meierovim krivuljama na grafikonu 11, također ukazuju na prve mortalitete svih promatranih skupina pipe unutar 24 sata. Grafikon također ukazuje na veću smrtnost svih tretiranih skupina pipe (izloženih djelatnoj tvari klorantraniliprol) naspram netretirane skupine tijekom cijelog promatranog razdoblja. Testiranjem razlika u dinamici smrtnosti „globalnim“ log-rank testom utvrđeno je da postoje statistički značajne razlike između stope smrtnosti različito tretiranih skupina pipe ($p=0,00052$). Naknadnim višestrukim pojedinačnim log-rank testovima su utvrđene statistički značajne razlike u smrtnosti između netretirane kontrole i pipa tretiranih sa srednjom i višom dozom klorantraniliprola (tablica 41) 120 sati nakon izlaganja. Također su utvrđene razlike u stopi smrtnosti između više i srednje u odnosu na nižu dozu klorantraniliprola ($p=0,011$ za srednju i $p=0,0235$ za višu dozu), dok nisu utvrđene razlike između srednje i više doze klorantraniliprola ($p=0,7647$).



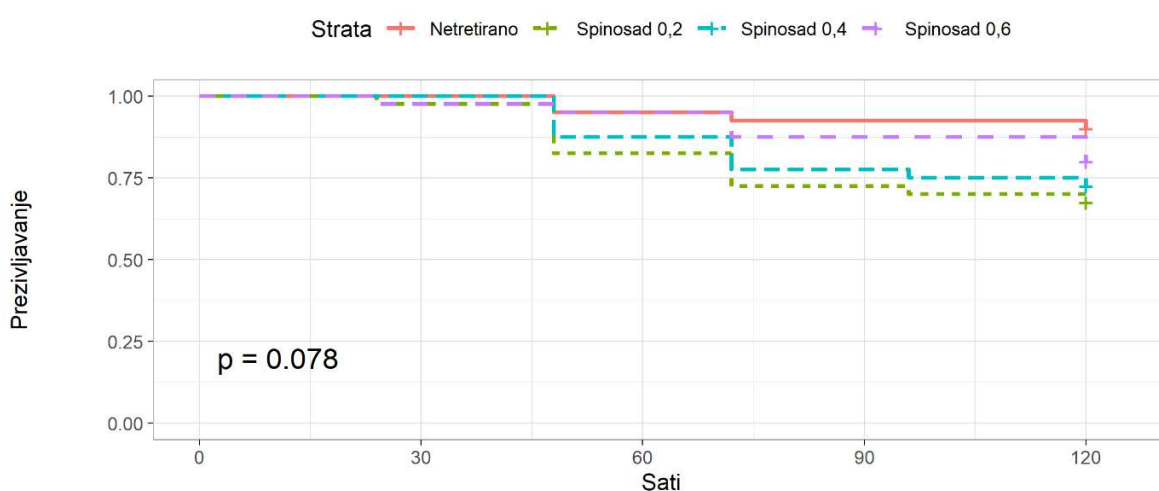
Grafikon 11. Kaplan-Meier-ova krivulja preživljavanja repine pipe na varijantama tretiranim klorantraniliprolom (vjerojatnost preživljavanja 1= preživljavanje 100%)

Tablica 41. Rezultati „pair-wise“ testa i usporedba vjerojatnosti za uspjeh preživljavanja (p) repine pipe 120 sati nakon izlaganja na varijantama tretiranim klorantraniliprolom

	p		
	Netretirano	Klorantraniliprol 0,2	Klorantraniliprol 0,4
Klorantraniliprol 0,2	0.5821	-	-
Klorantraniliprol 0,4	<0.01*	<0.05**	-
Klorantraniliprol 0,6	<0.01	<0.01	0,7647

*statistički opravdano na razini 95%; **statistički opravdano na razini 99%

U skupinama repine pipe hranjenim repom uzgojenom iz sjemena tretiranog djelatnom tvari spinosad stope preživljavanja repine pipe, a prikazane Kaplan Meierovim krivuljama na grafikonu 12, također ukazuju na prve mortalitete svih promatranih skupina pipe unutar 24 sata. Grafikon ukazuje da smrtnost svih tretiranih skupina pipe (izložene djelatnoj tvari spinosad) naspram netretirane skupine tijekom cijelog promatranog razdoblja nije bila različita. Testiranjem razlika u dinamici smrtnosti „globalnim“ log-rank testom utvrđeno je da ne postoje statistički značajne razlike između stope smrtnosti različito tretiranih skupina pipe ($p=0,078$). Naknadnim višestrukim pojedinačnim log-rank testovima nisu utvrđene statistički značajne razlike u smrtnosti utvrđenoj 120 sati nakon izlaganja. između netretirane kontrole i pipa tretiranih spinosadom (tablica 42). Također nisu utvrđene razlike u stopi smrtnosti između različitih doza spinosada.

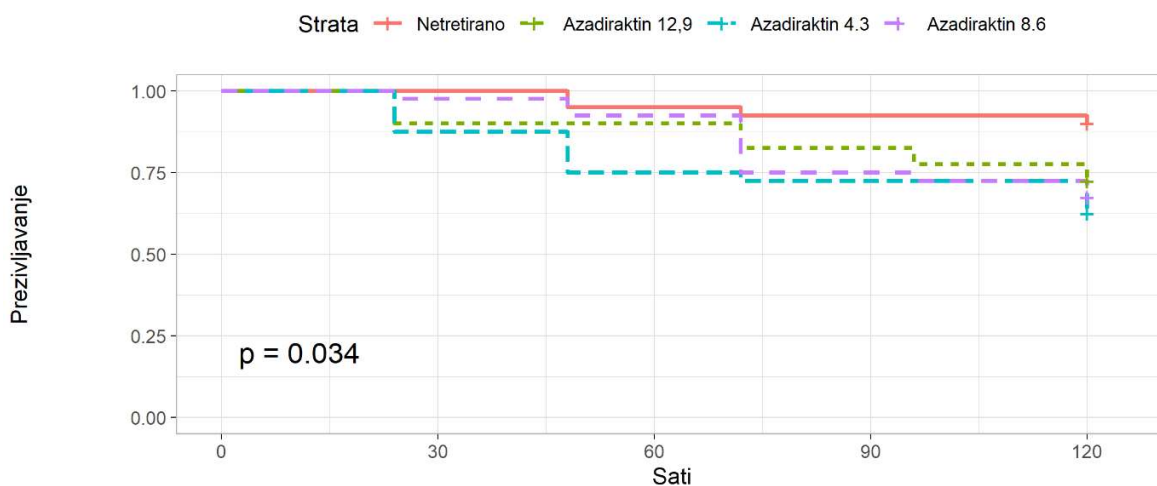


Grafikon 12. Kaplan-Meier-ova krivulja preživljavanja repine pipe na varijantama tretiranim spinosadom (vjerojatnost preživljavanja 1= preživljavanje 100%)

Tablica 42. Rezultati „pair-wise“ testa i usporedba vjerojatnosti za uspjeh preživljavanja (p) repine pipe 120 sati nakon izlaganja na varijantama tretiranim spinosadom

	p		
	Netretirano	Spinosad 0,2	Spinosad 0,4
Spinosad 0,2	0.081	-	-
Spinosad 0,4	0,138	0,590	-
Spinosad 0,6	0,334	0,334	0,475

U slučaju djelatne tvari azadiraktin, stope preživljavanja repine pipe, a prikazane Kaplan Meierovim krivuljama na grafikonu 13, također ukazuju na prve mortalitete svih promatranih skupina pipe unutar 24 sata. Grafikon također ukazuje na veću smrtnost svih tretiranih skupina pipe (izloženih djelatnoj tvari azadiraktin) naspram netretirane skupine tijekom cijelog promatranog razdoblja. Testiranjem razlika u smrtnosti „globalnim“ log-rank testom 120 sati od tretiranja utvrđeno je da postoje statistički značajne razlike između stope smrtnosti različito tretiranih skupina pipe ($p=0,034$). Naknadnim višestrukim pojedinačnim log-rank testovima utvrđene su statistički značajne razlike u smrtnosti između netretirane kontrole i pipa tretiranih sa nižom i srednjom dozom azadiraktina (tablica 43) 120 sati nakon izlaganja. Statistički opravdane razlike u stopi smrtnosti između različitih doza azadiraktina nisu utvrđene.



Grafikon 13. Kaplan-Meier-ova krivulja preživljavanja repine pipe na varijantama tretiranim azadiraktinom (vjerojatnost preživljavanja 1= preživljavanje 100%)

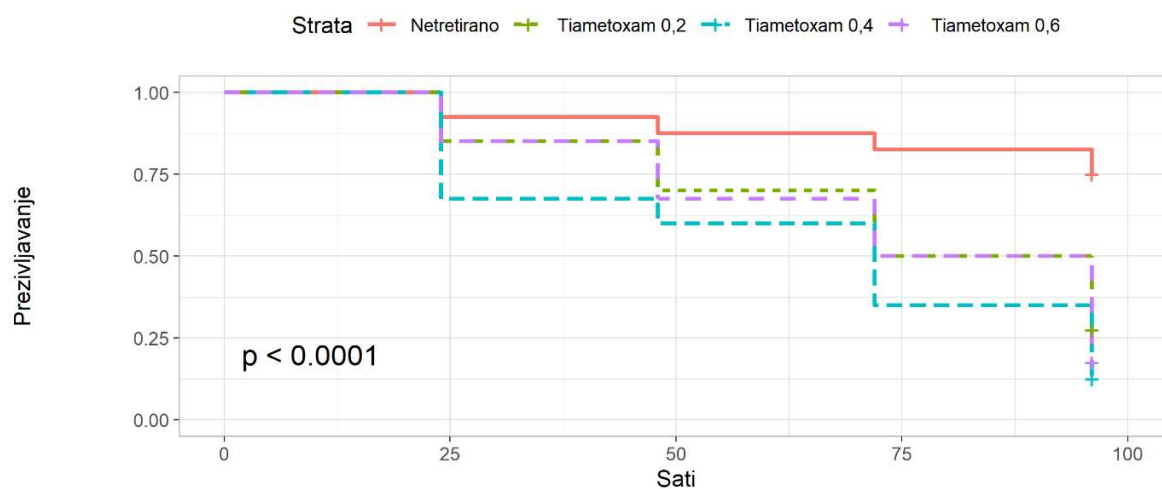
Tablica 43. Rezultati „pair-wise“ testa i usporedba vjerojatnosti za uspjeh preživljavanja (p) repine pipe 120 sati nakon izlaganja na varijantama tretiranim azadiraktinom

	p		
	Netretirano	Azadiraktin 4,3	Azadiraktin 8,6
Azadiraktin 4,3	<0,05*	-	-
Azadiraktin 8,6	<0,05	0.627	-
Azadiraktin 12,9	0.092	0.497	0.662

*statistički opravdano na razini 95%;

4.4.2. Učinkovitost insekticida na repina buhača

Stope preživljavanja repina buhača hranjena šećernom repom uzgojenom iz sjemena tretiranog djelatnom tvari tiametoksam u različitim dozama, a prikazane Kaplan Meierovim krivuljama na grafikonu 14, ukazuju na prve mortalitete svih promatranih skupina buhača unutar 24 sata. Grafikon također ukazuje na veću smrtnost svih tretiranih skupina buhača (izloženih djelatnoj tvari tiametoksam) naspram netretirane skupine tijekom cijelog promatranog razdoblja. Testiranjem razlika u dinamici smrtnosti „globalnim“ log-rank testom je utvrđeno da postoje statistički značajne razlike između stope smrtnosti različito tretiranih skupina buhača ($p < 0,0001$). Naknadnim višestrukim pojedinačnim log-rank testovima su utvrđene statistički značajne razlike u smrtnosti 96 sati nakon izlaganja između netretirane i svih tretiranih skupina (tablica 44). Unatoč činjenici da utvrđene razlike u stopi smrtnosti između različitih insekticidnih tretmana nisu bile statistički značajne ($P > 0,05$), iz grafikona je vidljivo da je insekticidni tretman tiametoksam 0,4 imao daleko najpovoljniji učinak na smrtnost buhača u ovom pokusu.



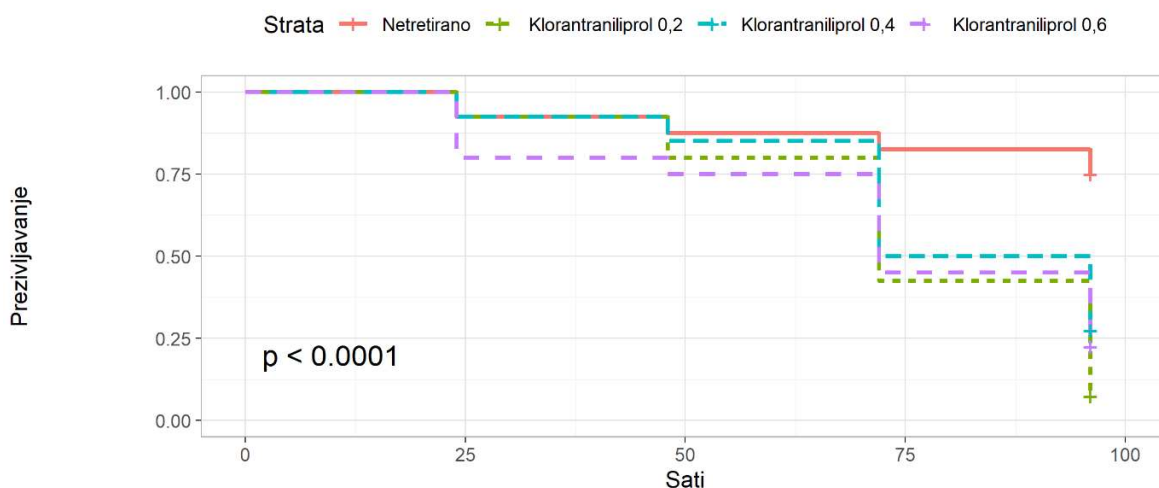
Grafikon 14. Kaplan-Meier-ova krivulja preživljavanja repina buhača na varijantama tretiranim tiametoksamom (vjerojatnost preživljavanja 1= preživljavanje 100%)

Tablica 44. Rezultati „pair-wise“ testa i usporedba vjerojatnosti za uspjeh preživljavanja (p) repine pipe 96 sati nakon izlaganja na varijantama tretiranim tiametoksamom tretiranim tiametoksamom

	p		
	Netretirano	Tiametoksam 0,2	Tiametoksam 0,4
Tiametoksam 0,2	<0,01*	-	-
Tiametoksam 0,4	<0,01	0,11	-
Tiametoksam 0,6	<0,01	0,51	0,26

*statistički opravdano na razini 99%;

Sličan obrazac prisutan je kod djelatne tvari klorantraniliprol. Kaplan Meier-ova krivulja preživljavanja prikazana grafikonom 15 ukazuje na prve mortalitete svih promatranih skupina buhača unutar 24 sata. Grafikon također ukazuje na veću smrtnost svih tretiranih skupina buhača (izloženih djelatnoj tvari klorantraniliprol) naspram netretirane skupine tijekom cijelog promatranog razdoblja. Testiranjem razlika u dinamici smrtnosti „globalnim“ log-rank testom 96 sati nakon izlaganja utvrđeno je da postoje statistički značajne razlike između stope smrtnosti različito tretiranih skupina pipe ($p < 0,0001$). Naknadnim višestrukim pojedinačnim log-rank testovima su utvrđene statistički značajne razlike u smrtnosti između netretirane i svih tretiranih skupina ($p < 0,0001$) 96 sati nakon izlaganja (tablica 45). Utvrđene razlike u stopi smrtnosti između različitih insekticidnih tretmana nisu bile statistički značajne ($P > 0,05$), a iz grafikona 15 je vidljivo da su svi insekticidni tretmani polučili sličan učinak.



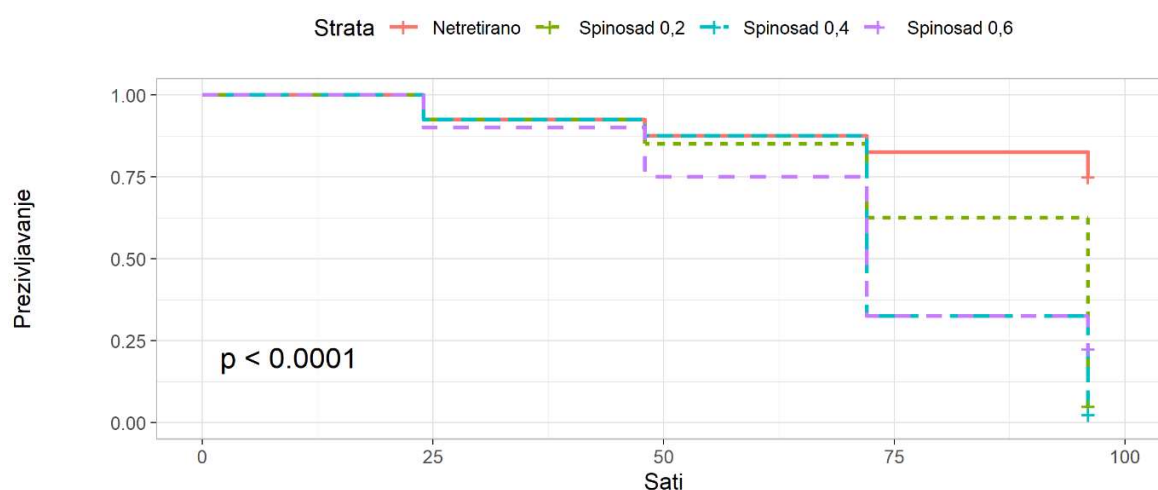
Grafikon 15. Kaplan-Meier-ova krivulja preživljavanja repina buhača na varijantama tretiranim klorantraniliprolom (vjerojatnost preživljavanja 1= preživljavanje 100%)

Tablica 45. Rezultati „pair-wise“ testa i usporedba vjerojatnosti za uspjeh preživljavanja (p) repine pipe 96 sati nakon izlaganja na varijantama tretiranim klorantraniliprolom

	p		
	Netretirano	Klorantraniliprol 0,2	Klorantraniliprol 0,4
Klorantraniliprol 0,2	<0,01*	-	-
Klorantraniliprol 0,4	<0,01	0,12343	-
Klorantraniliprol 0,6	<0,01	0,43301	0,43301

*statistički opravdano na razini 99%;

U slučaju djelatne tvari spinosad, stope preživljavanja repina buhača, a prikazane Kaplan Meierovim krivuljama na grafikonu 16, također ukazuju na prve mortalitete svih promatranih skupina pipe unutar 24 sata. Grafikon također ukazuje na veću smrtnost svih tretiranih skupina buhača (izloženih djelatnoj tvari spinosad) naspram netretirane skupine tijekom cijelog promatranog razdoblja. Testiranjem razlika u dinamici smrtnosti „globalnim“ log-rank testom je utvrđeno da postoje statistički značajne razlike između stope smrtnosti različito tretiranih skupina pipe ($p < 0,0001$). Naknadnim višestrukim pojedinačnim log-rank testovima su utvrđene statistički značajne razlike u smrtnosti između netretirane kontrole i buhača tretiranih sa sve tri doze spinosada 96 sati nakon izlaganja (tablica 46). Statistički opravdane razlike u stopi smrtnosti između različitih doza spinosada nisu utvrđene, a iz grafikona je vidljivo da su insekticidni tretmani spinosada 0,2 i 0,4 imali najpovoljniji učinak na smrtnost buhača u ovom pokusu.



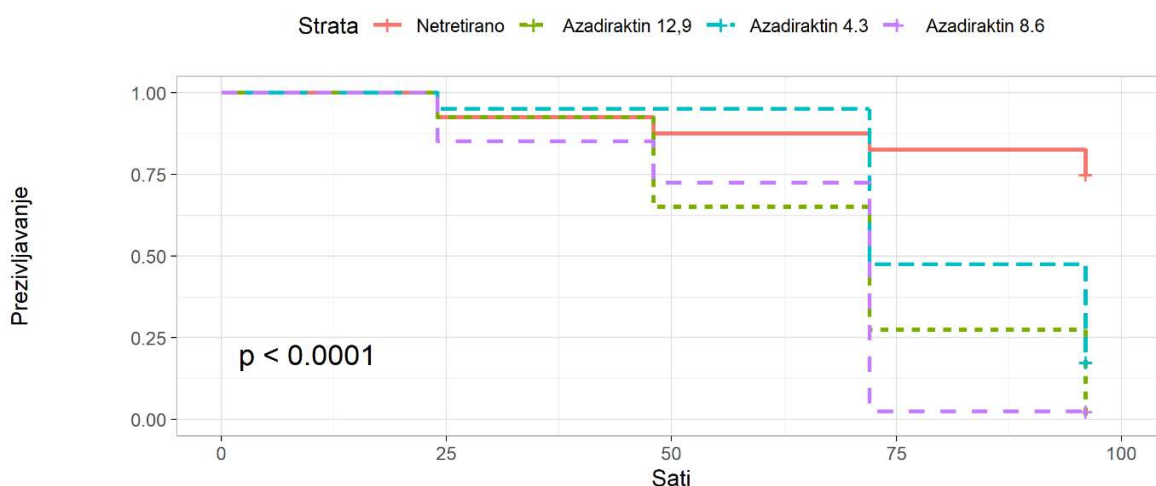
Grafikon 16. Kaplan-Meier-ova krivulja preživljavanja repina buhača na varijantama tretiranim spinosadom (vjerojatnost preživljavanja 1= preživljavanje 100%)

Tablica 46. Rezultati „pair-wise“ testa usporedbe vjerojatnosti preživljavanja (p) repina buhača na varijantama tretiranim spinosadom

	p		
	Netretirano	Spinosad 0,2	Spinosad 0,4
Spinosad 0,2	<0,01*	-	-
Spinosad 0,4	<0,01	0,052	-
Spinosad 0,6	<0,01	0,592	0,497

*statistički opravdano na razini 99%;

U skupinama repina buhača hranjenih repom uzgojenom iz sjemena tretiranog djelatnom tvari azadiraktin stope preživljavanja buhača, a prikazane Kaplan Meierovim krivuljama na grafikonu 17, također ukazuju na prve mortalitete svih promatranih skupina buhača unutar 24 sata. Grafikon ukazuje da je smrtnost svih tretiranih skupina buhača (izložene djelatnoj tvari azadiraktin) naspram netretirane skupine tijekom cijelog promatranog razdoblja varirala. Testiranjem razlika u dinamici smrtnosti „globalnim“ log-rank testom je utvrđeno da postoje statistički značajne razlike između stope smrtnosti različito tretiranih skupina buhače ($p < 0,0001$). Naknadnim višestrukim pojedinačnim log-rank testovima utvrđene su statistički značajne razlike u smrtnosti između netretirane kontrole i buhača tretiranih azadiraktinom 96 sati nakon izlaganja (tablica 42). Također su utvrđene razlike u stopi smrtnosti između više i srednje u odnosu na nižu dozu azadiraktina ($p < 0,0001$ za srednju i $p = 0,0011$ za višu dozu), a nisu utvrđene razlike između srednje i više doze azadiraktina ($p = 0,2392$).



Grafikon 17. Kaplan-Meier-ova krivulja preživljavanja repina buhača na varijantama tretiranim azadiraktinom (vjerojatnost preživljavanja 1= preživljavanje 100%)

Tablica 47. Rezultati „pair-wise“ testa usporedbe vjerojatnosti preživljavanja (p) repina buhača na varijantama tretiranim azadiraktinom

	p		
	Netretirano	Azadiraktin 4,3	Azadiraktin 8,6
Azadiraktin 4,3	<0,01**	-	-
Azadiraktin 8,6	<0,01	<0,01	-
Azadiraktin 12,9	<0,01	<0,01	0,2392

5. RASPRAVA

5.1. Učinci zabrane neonikotinoida na ratarsku proizvodnju

Anketa provedena među ratarima u Tovarniku pokazala je da je uzgoj ratarskih kultura najzastupljeniji, odnosno da se ratarske kulture siju na čak 97 % obradivih poljoprivrednih površina. Najzastupljenije ratarske kulture su strne žitarice (pšenica i ječam), šećerna repa, suncokret, kukuruz, soja i uljana repica.

Na razini Hrvatske ratarska proizvodnja obuhvaća oko 55 % obradivih površina (tablica 1), a najzastupljenije kulture (tablica 2) su kukuruz, strne žitarice (pšenica i ječam), soja, suncokret, šećerna repa i uljana repica (Statistički ljetopis RH, 2018). Općenito, na svjetskoj razini (tablica 3), od ratarskih kultura koje su sijane u Tovarniku, najveće površine su pod pšenicom, zatim kukuruzom, sojom, ječmom, šećernom repom, uljanom repicom i suncokretom (FAOSTAT, 2021).

Tijekom provedbe ankete, u vegetacijskoj sezoni 2012/2013., sjeme šećerne repe i sjeme suncokreta bilo je tretirano insekticidima (grafikon 6), dok ostale kulture nisu bile tretirane. Za tretiranje sjemena bile su korištene djelatne tvari imidaklopid i tiametoksam. U sezoni 2013/2014., kada je zabrana tri djelatne tvari insekticida iz skupine neonikotinoida (imidaklopid, tiametoksam i klotianidin) već bila na snazi, samo je sjeme šećerne repe tretirano insekticidima iz te skupine. To je bilo moguće jer se privremena zabrana iz 2013. godine nije odnosila na šećernu repu (grafikon 7). Od djelatnih tvari korišteni su imidaklopid i tiametoksam iz skupine neonikotinoida, a od ostalih insekticida teflutrin iz skupine piretroida, kao i kombinacija tiamtoksama i teflutrina. U ovoj sezoni, na manjim površinama, posijano je i tretirano sjeme kukuruza. Za tretiranje je korištena djelatna tvar teflutrin. U vegetacijskoj sezoni 2014/2015. samo je sjeme šećerne repe tretirano insekticidima (grafikon 8). Za tu su namjenu bile korištene djelatne tvari imidaklopid i tiametoksam te kombinacija tiamtoksama i teflutrina. Sjetvom sjemena tretiranog insekticidima, kroz sve tri vegetacijske sezone, na šećernoj repi suzbijani su žičnjaci, crna repina uš, repin buhač i repina pipa, koja je upravo u vrijeme provedbe ankete bila najznačajniji štetnik šećerne repe u istočnoj Slavoniji (Drmić, 2016). Na suncokretu su suzbijani žičnjaci, sovice pozemljuše i lisne uši, dok su na kukuruzu suzbijani žičnjaci, grčice hrušta, sovice pozemljuše i rovac. Uz navedene kulture, žičnjaci se sjetvom tretiranog sjemena suzbijaju i na uljanoj repici (Valavanidis, 2018), no istraživanjem nismo utvrdili tu praksu.

Iskustva iz drugih država vezana uz primjenu insekticida iz skupine neonikotinoida za tretiranje sjemena ratarskih kultura pokazuju da se u SAD između 71 i 100 % sjemena tretira insekticidima iz ove skupine (Gurian-Sherman, 2017), dok su se u većini zemalja Europske

unije, kao i kod nas (Bažok i Lemić, 2018) neonikotinoidi upotrebljavali na gotovo 30 % proizvodnih površina.

Ratari obuhvaćeni anketom za sjetvu su tretiranog sjemena šećerne repe, suncokreta i kukuruza koristili pneumatske podtlačne sijačice. Samo u 2014. godini sjetva tretiranog sjemena šećerne repe na manjoj površini (0,67 % od ukupnih površina pod šećernom repom) obavljena je mehaničkom sijačicom. Vrlo je značajno pri korištenju podtlačnih pneumatskih sijačica struju zraka usmjeriti prema tlu ili na ispušne cijevi postaviti filtere, da bi se spriječio rizik zanošenja otpadnih čestica u okoliš, dok se pri uporabi mehaničkih sijačica ne stvaraju zračne struje (Vojvodić i Bažok, 2021). Upravo se zanošenje insekticidne prašine u okoliš tijekom sjetve, korištenjem pneumatskih sijačica, smatra jednim od vodećih uzroka gubitaka pčelinjih zajednica (Elbert i sur., 2008, cit. Tapparo i sur., 2012). Da bi se smanjile količine insekticidne prašine koje nastaju tijekom sjetve, u procesu se dorade sjemena, korištenjem testa po Heubachu, utvrđuje količina otpadnih čestica insekticidne prašine, koja mora biti manja od 1,5 % od ukupno primijenjene količine sredstva za tretiranje sjemena (Hajneman i Sreš, 2010).

Folijarna primjena neonikotinoida, za suzbijanje štetnika nadzemnih organa ratarskih kultura, u cijelom razdoblju provedbe ankete nije provedena. Tijekom vegetacijske sezone 2013. godine, u travnju i svibnju, folijarno su primijenjeni insekticidi za suzbijanje repine pipe kod šećerne repe, a krajem travnja za suzbijanja leme kod strnih žitarica. Za tu namjenu kod obje kulture korištene su djelatne tvari lambda cihalotrin (piretroidi) i klorpirifos+cipermetrin (organofosforni insekticidi+piretroidi). U vegetacijskoj sezoni 2014. folijarnom primjenom insekticida tijekom travnja suzbijana je repina pipa na šećernoj repi, a od polovice ožujka do polovice travnja lema na strnim žitaricama. Također, sredinom lipnja je suzbijan stričkov šarenjak na soji, a sredinom travnja repičin sjajnik na uljanoj repici. Za folijarno suzbijanje štetnika na šećernoj repi korištene su djelatne tvari lambda cihalotrin te kombinacija klorpirifosa i cipermetrina. U suzbijanju štetnika strnih žitarica korištena je djelatna tvar lambda cihalotrin, a kod soje i uljane repice kombinacija djelatnih tvari klorpirifosa i cipermetrina. Tijekom vegetacije 2015. godine, u ožujku su folijarno tretirani usjevi šećerne repe kako bi se suzbila repina pipa, a za tu namjenu korišteni su djelatne tvari kao i u sezonama 2013. i 2014. godine (lambda cihalotrin i klorpirifos+cipermetrin). U toj sezoni je u dva navrata, krajem studenoga 2014. godine te od druge polovice ožujka do početka travnja 2015. godine, suzbijana lema na strnim žitaricama korištenjem djelatnih tvari lambda cihalotrin i deltametrin (obje iz skupine piretroida). Osim suzbijanja štetnika na šećernoj repi i strnim žitaricama, u ovoj su vegetacijskoj sezoni suzbijani repičina pipa krajem studenoga 2014. i u drugoj polovici ožujka 2015. godine te repičin sjajnik i repičina pipa tijekom veljače i ožujka 2015. godine. U suzbijanju obaju štetnika korišteni su

insekticidi djelatnih tvari lambda cihalotrin, deltametrin i klorpirifos u kombinaciji s cipermetrinom.

Prema Bažok i sur. (2013) na ratarskim se kulturama folijarnom primjenom sprječavaju štete od žitnog balca (*Oulema melanopus*) na strnim žitaricama, repičine ose listarice (*Athalia rosae*), repičinog sjajnika (*Meligethes aeneus*) i repičinih proljetnih pipa (*Ceutorhynchus napi* i *Ceutorhynchus pallidactylus*) na uljanoj repici te repine pipe (*Bothynoderes punctiventris*) na šećernoj repi, dok se ostali štetnici uglavnom vrlo rijetko pojavljuju, tako da ne postoji potreba za suzbijanjem.

Važan pokazatelj učestalosti primjene insekticida tijekom vegetacije je indeks tretiranosti insekticidima. U Danskoj se ovaj indeks koristi kao najvažniji pokazatelj intenziteta primjene insekticida i opterećenja okoliša, a primjenjuje se i u drugim europskim državama (Nielsen, 2005). Budući da se u dostupnoj literaturi podatci o indeksima tretiranosti u ostalim europskim zemljama prikazuju objedinjeno za sve primijenjene pesticide, utvrđene indekse tretiranosti insekticidima na ratarskim kulturama u Tovarniku smo stoga usporedili s procjenom indeksa tretiranosti insekticidima za pojedine kulture koju su na razini cijele Hrvatske iznijeli Barić i sur. (2019). Tako je indeks tretiranosti strnih žitarica insekticidima na području Tovarnika iznosio 0,97 u 2013. godini i 0,99 u 2015. godini, što je iznad indeksa tretiranosti koji navode Barić i sur. (2019) koji za strne žitarice iznosi 0,2. Tijekom promatranih vegetacijskih sezona kukuruz nije tretiran insekticidima, s iznimkom 6,25 % površina u 2014. godini. Indeks tretiranosti prema Barić i sur. (2019) za ovu kulturu iznosi 0,2. Indeks tretiranosti insekticidima kod šećerne je repe u Tovarniku iznosio 2,9 tijekom vegetacijskih sezona 2012/2013. i 2013/2014., dok je u vegetacijskoj sezoni 2014/2015. iznosio 2 te je na razini ekspertne procjene za ovu kulturu na razini cijele Hrvatske. Usjevi suncokreta tretirani su insekticidima samo u 2013. godini, a indeks tretiranosti bio je 0,7, odnosno bio je viši od ekspertne procjene indeksa tretiranosti, koji iznosi 0,5. Soja je u Tovarniku u godinama provedbe ankete samo u 2014. godini tretirana insekticidima i to na zanemarivo maloj površini (na 3 ha od ukupno zasijanih 482 ha) pa je indeks tretiranosti 0, kao i kod ekspertne procjene. Usjevi uljane repice su tretirani 2014. i 2015. godine. Indeks tretiranosti insekticidima je bio 0,6 u 2014. i 2,0 u 2015. godini, dok je ekspertna procjena za uljanu repicu 1.

Podatci o prinosima pokazuju da su u 2013. godini prinosi pšenice bili veći u usjevima kod kojih je tijekom vegetacije folijarno suzbijana lema (tablica 35). U netretiranim usjevima prosječni prinosi su bili 6,43 t/ha, dok su na tretiranim površinama iznosili 7,02 t/ha. Slični su prinosi ove kulture bili i 2015. godine (tablica 36) kada su na netretiranim usjevima iznosili 5,75 t/ha, a na tretiranim 6,38 t/ha. Bitno je naglasiti da sjeme pšenice u navedenim godinama nije tretirano insekticidima. U 2013. i 2015. godini prosječni su prinosi pšenice (tablica 5) u Hrvatskoj bili niži nego na području Tovarnika i iznosili su 4,88, odnosno 5,38

t/ha (Statistički ljetopis RH, 2018), dok su prosječni prinosi na razini svijeta također bili niži i iznosili su 3,24 u 2013. godini, odnosno 3,36 t/ha u 2015. godini (FAOSTAT, 2021). Niže prinose imale su i nama susjedne zemlje Mađarska (4,64 t/ha u 2013. i 5,18 t/ha u 2015. godini) i Srbija (4,26 t/ha u 2013. i 4,12 t/ha u 2015. godini), dok su prinosi u Francuskoj (7,27 t/ha u 2013. i 7,8 t/ha u 2015. godini) i Njemačkoj (8 t/ha u 2013. i 8,09 t/ha u 2015. godini) bili znatno veći od prinosa u Tovarniku i u našoj zemlji (FAOSTAT, 2023).

Sjeme kukuruza nije tretirano insekticidima iz skupine neonikotinoidea, niti su insekticidi folijarno korišteni tijekom vegetacije, a prinosi su u 2013. godini bili 7,90 t/ha, dok su prinosi 2015. godine iznosili 10,40 t/ha (tablice 35 i 36). U ove dvije godine prosječni su prinosi kukuruza (tablica 4) u Hrvatskoj bili niži nego na području Tovarnika i iznosili su 6,50, odnosno 6,47 t/ha (Statistički ljetopis RH, 2018), a bili su niži i na svjetskoj razini (4,75 t/ha u 2013. godine i 4,65 t/ha u 2015. godini) (FAOSTAT, 2021). Niže prinose imali su u Mađarskoj (5,44 t/ha u 2013. i 5,79 t/ha u 2015. godini) i u Srbiji (5,98 t/ha u 2013. godini i 5,4 t/ha u 2015. godini) (FAOSTAT, 2023). Veće prinose od prinosa u Tovarniku su u obje godine imale Francuska (8,16 t/ha u 2013. i 8,38 t/ha u 2015. godini) i Njemačka (8,83 t/ha u 2013. i 8,72 t/ha u 2015. godini) (FAOSTAT, 2023).

Prinosi šećerne repe bili su veći u 2013. godini nego u 2015. godini (tablice 35 i 36). U obje vegetacijske sezone sijano je sjeme tretirano insekticidima, a tijekom vegetacije je bila provedena i folijarna zaštita da bi se spriječio napad repine pipe na gotovo svim zasijanim površinama. U 2013. godini prinosi šećerne repe (tablica 35) na poljima na kojima nije bila provedena folijarna zaštita iznosili su 59,00 t/ha, a neznatno niži, odnosno 58,11 t/ha bili su prinosi na poljima na kojima je u bila provedena i folijarna zaštita. S obzirom da nema podataka o visini populacije repine pipe teško možemo zaključiti je li primjena folijarnih insekticida bila opravdana. Ako su postojale razlike u visini populacije između polja na kojima je provedena zaštita i onih na kojima nije provedena zaštita tada bi se moglo potvrditi da je primjena insekticida očuvala prinos. No isto je tako moguće da je napad pipe bio dosta ujednačen, a u tom slučaju primjena insekticida nije postigla zadovoljavajući učinak. U 2015. godini prinosi su bili značajno niži u odnosu na 2013. godinu te su iznosili 40,80 t/ha. Na svim je površinama posijano sjeme tretirano insekticidima, a svi su usjevi tretirani i folijarno. Na razini su Hrvatske (Statistički ljetopis RH, 2018) prosječni prinosi u 2013. godini bili nešto niži (51,90 t/ha) u odnosu na prinose u Tovarniku, dok su u 2015. godini bili viši (54,49 t/ha). Prosječni prinosi na svjetskoj razini u 2013. godini su također bili niži (45,76 t/ha), a u 2015. godini veći (47,73 t/ha) (tablica 9) u odnosu na prinose u Tovarniku (FAOSTAT, 2021). Prema podacima FAOSTATA (2023) od zemalja Europske unije i susjedstva, Mađarska je u 2013. godini imala niže prosječne prinose (52,67 t/ha) od prinosa na području Tovarnika, dok su u 2015. godini prinosi iznosili 58,72 t/ha i bili su veći od prinosa u Tovarniku. Značajno veće prinose kroz obje promatrane godine imala je

Francuska (85,44 t/ha i 87,01 t/ha), a prinosi šećerne repe bili su veći i u Njemačkoj (63,87 t/ha u 2013. i 72,16 t/ha u 2015. godini). Susjedna Srbija je u 2013. godini imala niže prosječne prinose od prinosa u Tovarniku (47,8 t/ha), dok su prinosi u Srbiji u 2015. godini bili veći (51,83 t/ha).

Prinosi suncokreta (tablica 35) 2013. godine, posijanog iz sjemena tretiranog insekticidima, bili su znatno veći od suncokreta kod kojega sjeme nije tretirano insekticidima i prosječno su iznosili 4,20 t/ha, dok su prosječni prinosi kod netretiranog sjemena bili 2,56 t/ha. Prinosi suncokreta 2015. godine (tablica 36), u vegetaciji u kojoj sjeme nije bilo tretirano insekticidima, prosječno su bili 2,26 t/ha i bili su na razini prinosa iz 2013. godine u usjevima kod kojih sjeme nije tretirano insekticidima. U promatranim godinama (tablica 8), u Republici Hrvatskoj prinosi suncokreta bili su 3,20 t/ha u 2013. godini i 2,72 t/ha u 2015. godini (Statistički ljetopis RH, 2018), a na svjetskoj razini prosječni prinosi su bili niži u obje godine (1,64 t/ha u 2013. godini i 1,71 t/ha u 2015. godini) (FAOSTAT, 2021). Niže prinose suncokreta u 2013. godini od prinosa u Tovarniku kod sjemena tretiranog insekticidima imale su Mađarska (2,49 t/ha), Srbija (2,73 t/ha), Francuska (2,05 t/ha) i Njemačka (2,11 t/ha). U 2015. godini niže su prinose imale Francuska i Njemačka (u obje prinose od 1,92 t/ha), dok su prinosi u Mađarskoj (2,55 t/ha) i u Srbiji (2,63 t/ha) bili veći od prinosa u Tovarniku (FAOSTAT, 2023).

Prinosi soje (tablica 35), kod koje nije tretirano sjeme, niti je folijarno tretirano insekticidima, 2013. su godine bili 2,17 t/ha, a 2015. su iznosili 1,82 t/ha. U obje godine prinosi (tablica 7) su u Tovarniku bili niži nego prosječni prinosi u Hrvatskoj (2,36 t/ha i 2,21 t/ha) (Statistički ljetopis RH, 2018), dok su prosječni prinosi u Tovarniku tijekom 2013. i 2015. godine bili veći od prosječnih prinosa soje na svijetu (1,67 t/ha, odnosno 1,65 t/ha) (FAOSTAT, 2021). U usporedbi sa zemljama Europske unije, prinosi soje u Tovarniku su u 2013. godini bili veći od prinosa u Mađarskoj (1,86 t/ha) i Njemačkoj (2 t/ha) te niži od prinosa u Francuskoj (2,56 t/ha) i od prinosa u susjednoj Srbiji (2,41 t/ha), koja nije članica EU (FAOSTAT, 2023). Prinosi u svim ovim zemljama su u 2015. godini bili veći od prinosa u Tovarniku i kretali su se od 2,03 t/ha u Mađarskoj, 2,25 t/ha u Njemačkoj, 2,46 t/ha u Srbiji te 2,75 t/ha u Francuskoj (FAOSTAT, 2023).

U vegetacijskoj sezoni 2014/2015. uljana repica je posijana iz sjemena koje nije bilo tretirano insekticidima, ali su svi usjevi tijekom vegetacije bili folijarno tretirani insekticidima. Suzbijani su repičin sjajnik i repičina pipa. Prosječni su prinosi u 2015. godini bili 1,83 t/ha (tablica 35), što je znatno niže (tablica 10) u odnosu na prosječne prinose u toj godini u Hrvatskoj (2,58 t/ha) (Statistički ljetopis RH, 2018) i svijetu (2,34 t/ha) (FAOSTAT, 2021). Prinosi iz Tovarnika su u toj godini niži i od prinosa u Njemačkoj (3,9 t/ha), Francuskoj (3,54 t/ha), Srbiji (2,73 t/ha) i Mađarskoj (2,68 t/ha).

Na temelju dobivenih podataka vidljivo je da je primjena neonikotinoida za tretiranje sjemena u vegetacijskoj sezoni 2012/2013., na području Tovarnika, bila ograničena na dvije kulture, šećernu repu i suncokret, dok je u naredne dvije vegetacijske sezone samo šećerna repa sijana iz sjemena tretiranog neonikotinoidima.

S obzirom da je u vegetacijskoj 2012/2013. tretirano sjeme šećerne repe (na 747,80 ha) i suncokreta (na 301 ha), ukupna količina upotrijebljenih neonikotinoida procjenjuje se na 68 kg djelatne tvari imidakloprida i 6 kg djelatne tvari tiametoksama. Za vegetacijsku 2013/2014, u kojoj je na 598 ha bilo posijano sjeme šećerne repe tretirano neonikotinoidima, ova je procjena niža i iznosi 29 kg imidakloprida i 12 kg tiametoksama. U 2014/2015, također je bilo sijano sjeme šećerne repe tretirano insekticidima iz skupine neonikotinoida i to na površini od 701,50 ha pa se upotrijebljene količine insekticida procjenjuju na 31 kg imidakloprida i 11 kg tiametoksama. Za sve promatrane vegetacijske sezone, procjene su rađene na temelju srednjih doza za korištene insekticide.

Privremena zabrana neonikotinoida, koja je stupila na snagu od 2014. godine (Provedbena uredba (EU) br. 483/2013), nije znatno utjecala na smanjenje primjene neonikotinoida tretiranjem sjemena u Tovarniku, osim u slučaju suncokreta.

Rezultati provedenih anketa pokazuju da tijekom svih promatranih vegetacijskih sezona na području Tovarnika nije bilo folijarne primjene insekticida iz skupine neonikotinoida. Folijarno su zbog pojave štetnika primjenjivani insekticidi iz ostalih skupina (organofosforni insekticidi i piretroidi), a povećanu primjenu potvrđuju podatci o indeksima tretiranosti kod strnih žitarica, šećerne repe i uljane repice.

Oko opravdanosti primjene insekticida iz skupine neonikotinoida, prije svega preventivnom sjetvom tretiranog sjemena, postoje oprečna mišljenja znanstvene zajednice. Tako neki autori ističu da se porastom uporabe neonikotinoida za tretiranje sjemena uočava značajna pojava neonikotinoida u okolišu, dok s druge strane nema jasnih dokaza o smanjenju pojave štetnika i povećanju prinosa, odnosno ekonomskoj koristi kod kultura čije je sjeme preventivno tretirano neonikotinoidima (Bredeson i Lundgren, 2015; Hladik i sur., 2018). Pojedina dugogodišnja istraživanja spore o opravdanosti tretiranja sjemena jer štetnici ranog porasta ne predstavljaju veći problem u proizvodnji (Gurian-Sherman, 2017; Krupke i sur., 2017). To potvrđuje veliki broj istraživanja koja ukazuju da je tretiranje sjemena insekticidima u suzbijanju žičnjaka nepotrebna mjera jer populacija žičnjaka rijetko prelazi kritični broj (Labrie i sur., 2020., Smith i sur., 2020), te da najveće štete od napada žičnjaka ne čine gubitci prinosa ili smanjenje kvalitete, već onečišćenje okoliša uzrokovano primjenom velikih količina insekticida (Furlan, 2005).

S druge strane, istraživanja provedena nakon privremene zabrane neonikotinoida iz 2013. godine potvrđuju da je zabrana ratarima donijela dosta problema u provedbi učinkovitih mjera zaštite pojedinih kultura. Kod uljane je repice došlo do povećanja brojnosti štetnih

kukaca i do povećanja folijarne primjene insekticida iz skupine piretroida te do gubitka prinosa od 15 % (Kathage i sur., 2017). Prema Dewar (2017) u Velikoj su Britaniji, u vegetacijskoj sezoni 2014/2015., zbog zabrane tretiranja sjemena, gubitci prinosa uljane repice iznosili od 2,7 % do 14 %. Isti autor navodi da je zabrana neonikotinoida u Europskoj uniji dovela do povećanja folijarne primjene insekticida iz skupine piretroida u zaštiti uljane repice te da je posljedično došlo do pojave rezistentnosti štetnika na ovu skupinu insekticida. Istraživanja provedena kod nas (Drmić, 2016) pokazuju da repina pipa, kao štetnik ranog porasta, bilježi masovne napade u istočnoj Slavoniji svake godine.

Problem se pojavio i kod zaštite usjeva šećerne repe u Francuskoj. Prema Reutersu (2021) u ovoj je zemlji, na usjevima šećerne repe, a uslijed velikog pritiska lisnih uši i pojave virusa, došlo do smanjenja prinosa i to na nekim poljima i do 50 % pa je francuska vlada derogirala postojeću zabranu i na tri godine odobrila uporabu neonikotinoida za tretiranje sjemena šećerne repe. I kod nas je, zbog nemogućnosti adekvatnog suzbijanja štetnika u šećernoj repi (*Agriotes sp.*, *Atomaria linearis*, *Bothynoderes punctiventris*, *Chaetocnema sp.*), od Europske komisije u 2020. godini zatražena privremena derogacija zabrane uporabe insekticida iz skupine neonikotinoida, a odobrenje smo dobili nakon procjene koju je provela Europska agencija za sigurnost hrane (EFSA) te nam je dozvoljena privremena uporaba tiametoksama (EFSA, 2021).

S obzirom na visinu prinosa najzastupljenijih ratarskih kulturama u našoj zemlji (pšenica, kukuruz, šećerna repa, soja, uljana repica) nije zabilježen značajniji pad prinosa po hektaru u 2014., 2015., 2016., i 2017. godini u odnosu na 2013. godinu, u kojoj nije bilo ograničenja vezano uz uporabu insekticida iz skupine neonikotinoida (Statistički ljetopis RH, 2018). Iz istog izvora (Statistički ljetopis RH, 2018) vidljivo je da je određeni pad prinosa u promatranim godinama zabilježen jedino kod suncokreta (od 3 do 16 %). U istom razdoblju došlo je do porasta uporabe insekticida. Tako su Barić i sur. (2019), objavili podatke o potrošnji pesticida u hrvatskoj poljoprivredi iz kojih je vidljivo da je u 2013. godini utrošeno 138 406 kg djelatnih tvari zoocida, dok se u 2014. i 2015. godini bilježi porast uporabe ove vrste pesticida (149 399 kg u 2014. godini i 146 624 kg u 2015. godini), a povećane su i površine na kojima su zoocidi aplicirani.

Uz zabranu imadakloprida, tiametoksama i klotianidina iz 2018. godine, od 2020. godine zabranjena je uporaba i četvrtog insekticida iz skupine neonikotinoida (tiakloprida) (Službeni list Europske unije, 2020a). Budući se sve više utvrđuju negativne posljedice insekticida na ljude i ostale žive organizme te na okoliš, u novije su vrijeme učestale zabrane insekticida u Europskoj uniji. Tako je zabranjen i insekticid klorpirifos iz skupine organofosfornih insekticida, i to zbog negativnih posljedica na ljudsko zdravlje (Bažok i sur., 2020). Iz ove iste skupine insekticida zabranjena je i djelatna tvar klorpirifos-metil, koja ima sličnu strukturu i slična toksikokinetička svojstva kao i klorpirifos (Službeni list Europske unije,

2020). Od ostalih insekticida, koji su od 2020. godine zabranjeni ili im nisu produžena odobrenja za korištenje, mogu se istaknuti djelatne tvari zeta-cipermetrin (Službeni list Europske unije, 2020.b) i alfa-cipermetrin (Službeni list Europske unije, 2021), obje iz skupine sintetskih piretroida, zatim djelatna tvar indoksakarb iz skupine oksidiazina (Službeni list Europske unije, 2021.a), dok je početkom 2022. godine donesena odluka o neprodujenu odobrenja za korištenje djelatne tvari fosmet, iz skupine organofosfornih insekticida (Službeni list Europske unije, 2022).

Nakon zabrane djelatnih tvari insekticida iz skupine neonikotinoida, kao i zabrane ostalih vrsta insekticida, poljoprivredni proizvođači u Republici Hrvatskoj i drugim zemljama Europske unije prisiljeni su koristiti dozvoljene insekticide koji uglavnom pripadaju u skupinu piretroida, što dovodi do brže pojave rezistentnosti te su se preorijentali na korištenje alternativnih insekticida. U oba je slučaja učinkovitost u suzbijanju štetnika često upitna, bilo zbog razvoja rezistentnosti ili zbog slabijeg djelovanja novih insekticida. Budući da je opseg dozvoljenih sredstava za zaštitu bilja jako sužen, Europska bi unija trebala razmotriti mogućnost privremene derogacije zabranjenih neonikotinoida na kulturama koje trpe velike gubitke uslijed nedostatka alternativnih insekticida u suzbijanju štetnika i to barem za vrijeme dok se na tržištu ne pojave učinkoviti alternativni insekticidi (kao što je napravljeno za zaštitu šećerne repe od štetnika u većini zemalja Europske unije).

5.2. Učinci zabrane neonikotinoida na stanje pčelinjih zajednica

U Tovarniku je u 2013. godini bilo ukupno 358, u 2014. godini 403, a u 2015. godini 270 pčelinjih zajednica, a kroz sve godine provedbe ankete bilo je registrirano 10 pčelara. U Republici Hrvatskoj je u istom razdoblju, u 2013. godini bilo ukupno 547 281 pčelinja zajednica i 10 265 pčelara, u 2014. godini 560 424 pčelinjih zajednica i 11 505 pčelara, a u 2015. godini 546 736 pčelinjih zajednica i 12 526 pčelara (Ministarstvo poljoprivrede, 2019). Najveći dio pčelinjaka u Tovarniku bio je stacioniranog tipa (55,5 % u 2013. godini, 65,38 % u 2014. godini i 100 % u 2015. godini), što je u skladu s podacima za Hrvatsku (Svečnjak i sur., 2008), u kojoj je 62 % pčelinjaka stacionirano. U Tovarniku se najveći broj pčelara, njih 57 % pčelarenjem bavilo iz hobija. Kao dopunskom djelatnošću se bavilo njih 29 %, a kao osnovnom djelatnošću, odnosno profesionalno, pčelarstvom se bavilo njih 14 %. Dostupni podatci pokazuju da se na razini Hrvatske, 41,25 % pčelara pčelarenjem bavi iz hobija, a njih 17,38 % profesionalno (Ministarstvo poljoprivrede, 2019).

U godinama provedbe ankete među pčelarima u Tovarniku, zimski gubitci pčelinjih zajednica kretali su se od 6,02 % u 2013/2014. godini, preko 8,79 % u 2014/2015. godini do 11,54 % u 2015/2016. godini (grafikon 9), što je u skladu s tehnološki prihvatljivom razinom gubitka pčelinjih zajednica, koja kod nas uobičajeno iznosi oko 10 % tijekom

prezimljenja (Svečnjak i sur., 2008). To potvrđuju i podatci o zimskim gubitcima pčelinjih zajednica tijekom 2008/2009. godine, koji su u Hrvatskoj iznosili 13,16 % (Tlak Gajger i sur., 2010). U 2012/2013. godine u Hrvatskoj su zimski gubici pčelinjih zajednica bili 11,1 % kod pčelara koji su imali od 1 do 50 pčelinjih zajednica, 10,2 % kod pčelara s 51 do 150 zajednica i 3,6 % kod pčelara s više od 150 pčelinjih zajednica (van der Zee i sur., 2014), odnosno prosječni gubici bili su 9,5 %. Tijekom 2015/2016. zimski godine gubici pčelinjih zajednica u Hrvatskoj iznosili su 16,4 % (Brodschneider i sur., 2016), što je više od gubitaka pčela u Tovarniku u istom razdoblju, a koje je tada iznosilo 11,54 %.

Podatci o zimskim gubitcima pčelinjih zajednica različiti su po državama. Tako su zimski gubici pčelinjih zajednica tijekom 2006/2007. godine u SAD iznosili ukupno 31,8 % (van Engelsdorp i sur., 2007), a tijekom 2007/2008. gubici su bili 35,8 % (vanEngelsdorp i sur., 2008), dok su zimski gubici 2008/2009. iznosili 28,6 % (vanEngelsdorp i sur., 2010). Ovi autori navode da pčelari gubitke pčelinjih zajednica od 17,6 % smatraju uobičajenim i prihvatljivim (vanEngelsdorp i sur., 2010). Negativan trend velikog uginuća pčelinjih zajednica tijekom zime u ovoj se zemlji nastavlja. Procjena je da je u SAD u zimi 2020/2021. izgubljeno 32,2 % uzimljenih pčelinjih zajednica, što je za 9,6 % više nego u 2019/2020. godini, a također je 3,9 % više od prosjeka u zadnjih 14 godina (Steinhauer i sur., 2021).

U Kini, kao zemlji s najvećom pčelarskom proizvodnjom u svijetu, u razdoblju od 2013. do 2017. godine gubitak pčelinjih zajednica procijenjen je na 8,7 %, što je ispod prosjeka na svjetskoj razini (Tang i sur., 2020). Na Novom Zelandu gubici su pčelinjih zajednica tijekom zime 2016. godine bili manji od 10 % (Brown i sur., 2018). Prema Čápek i Chlebo (2016) u Slovačkoj je smrtnost pčelinjih zajednica tijekom zime od 2009. do 2015. godine bila ispod 10 %, odnosno niža nego u sjevernoj Americi i ostatku Europe.

Istraživanje koje je u 29 zemalja članica proveo COLOSS, udruženje za istraživanje pčela (Brodschneider i sur., 2016), utvrđeno je da su zimski gubici pčelinjih zajednica u sezoni 2015/2016. bili 12 %. Pojedinačno najveća uginuća pčelinjih zajednica, iznad 20 %, bila su u Irskoj (29,5 %), Sjevernoj Irskoj (28,2 %), Walesu (22,4 %) i Španjolskoj (22,1 %), dok su najniža uginuća, ispod 10 %, imale Češka Republika (6,4 %), Turska (7,7 %), Makedonija (8,0 %), Austrija (8,1 %), Slovačka (8,2 %), Švicarska i Ukrajina (9,9 %).

Tijekom promatranih vegetacijskih sezona i provedbe ankete među ratarima i pčelarima u Tovarniku, uz sjeme suncokreta u sezoni 2012/2013., samo je sjeme šećerne repe na svim površinama pod ovom kulturom bilo tretirano insekticidima iz skupine neonikotinoida. S obzirom da šećerna repa nije atraktivna za pčele, za ovu je kulturu procjenom rizika pri tretiranju sjemena i primjenom u granuliranom obliku djelatnih tvari imidakloprid, klotianidin i tiametoksam, utvrđen nizak rizik za pčele vezano uz izloženost reziduama insekticida u gutacijskoj tekućini, kao i za izloženost ostatcima insekticidne prašine tijekom sjetve tretiranog sjemena (EFSA, 2018a.; EFSA, 2018b.; EFSA, 2018c). Folijarna primjena

insekticida tijekom vegetacije bila je intenzivna tijekom svih godina provedbe ankete, a insekticidi su korišteni u zaštiti od štetnika na strnim žitaricama, šećernoj repi, soji i uljanoj repici. Kroz sve promatrane godine insekticidi iz skupine neonikotinoidea nisu korišteni za folijarno suzbijanje štetnika.

Neonikotinoidi su u Tovarniku korišteni kroz sve tri godine provedbe ankete samo za tretiranje sjemena šećerne repe (privremena se zabrana nije odnosila na ovu kulturu) i za tretiranje sjemena suncokreta u 2013. godini, te nisu korišteni za folijarnu primjenu, pa nije niti bilo za očekivati da će doći do porasta gubitaka pčelinjih zajednica tijekom prezimljenja. Iako su indeksi tretiranosti insekticidima visoki, kod nekih i značajno viši od ekspertne procjene (kod strnih žitarica, suncokreta, uljane repice), gubici pčelinjih zajednica su u skladu s očekivanim gubitcima, ili čak i niži od uobičajenih gubitaka u Hrvatskoj.

Premda su zimski gubici pčelinjih zajednica u Tovarniku bili u granicama prihvatljivim za pčelarsku proizvodnju, nedozvoljena primjena insekticida u 2015. godini, dovela je do velikog pomora pčela, u kojem je izgubljena trećina pčelinjih zajednica. Korišten je insekticid na osnovi klorpirifosa i cipermetrina koji nije imao dozvolu za primjenu na suncokretu. Ovaj insekticidni pripravak ima dvije djelatne tvari, klorpirifos i cipermetrin. Klorpirifos se kao kontaktni, želučani i inhalacijski insekticid upotrebljavao za suzbijanje štetnika voćaka (lisne i krvave uši, lisne buhe, savijači, cvjetari i drugi), šećerne repe, uljane repice, duhana, kukuruza, pšenice, (sovice, metlice, lisne uši, stjenice, buhači), a bio je učinkovit i na gubara, kao i na štetnike u tlu (Agro klub, 2022). Visoko je otrovan za pčele pri izravnom kontaktu pčela s insekticidom na tretiranim površinama, ali se pčele mogu otrovati na cvijetu i nakon tretiranja, skupljanjem onečišćene peludi i nektara (Cutler i sur., 2014). Zbog sve više činjenica koje su upućivale da klorpirifos ima ozbiljne posljedice na zdravlje, ova je djelatna tvar zabranjena u Europskoj uniji (Bažok i sur., 2020).

Cipermetrin se ubraja u opasna sredstva i pripada u treću skupinu otrovnosti (Bažok, 2014), a upotrebljava se u suzbijanju lisnih ušiju, lisnih i sovice pozemljuša, repičinog sjajnika i ostalih štetnika (Trkulja i sur., 2013). Primjena cipermetrina je široka, prema FIS portalu (2023) na tržištu ima nekoliko pripravaka s ovom djelatnom tvari koji se koriste kao skladišni insekticidi te insekticida za suzbijanje štetnika u ratarstvu, vinogradarstvu, povrćarstvu, industrijskom i krmnom bilju, maslinama, cvijeću i ukrasnom bilju, te u šumarskim rasadnicima, travnjacima i livadama, i proizvodnji krumpira. Otrovnost cipermetrina za pčele je visoka, ali zbog njegovih repelentnih osobina izloženost pčela ovom insekticidu manja je prvog dana nakon primjene u odnosu na drugi dan od folijarne aplikacije kada se repelentnost smanjuje (Andrescu i sur., 2008).

Budući da je folijarna aplikacija insekticida u usjevima suncokreta u Tovarniku obavljena početkom lipnja, do pomora pčela moglo je doći uslijed preleta pčela preko tretiranih površina i zanošenja insekticida na bilje na susjednim parcelama, koje su pčele posjećivale.

Također, do trovanja pčela moglo je doći i pašom na tretiranom suncokretu, koja u kontinentalnim krajevima Hrvatske započinje početkom srpnja (Šimić, 1980), što se podudara s prijavom pčelara nadležnim službama, upućenom sredinom srpnja.

Nažalost problem pomora pčela tijekom vegetacijskih sezona, zbog sumnje na neadekvatnu i nedozvoljenu primjenu insekticida, prisutan je i u drugim dijelovima Hrvatske. Tako je do pomora pčelinjih zajednica u Međimurju došlo u proljeće 2020. godine, kada je uginulo oko 1 300 pčelinjih zajednica i u proljeće 2022. godine, kada je uginulo oko 720 zajednica (Gospodarski list, 2022). Prema medijskim napisima (Večernji list, 2022), u nekima od uzorkovanih pčela utvrđena je prisutnost insekticida klorpirifos, fipronil i fipronilsulfon, čija je uporaba zabranjena u Republici Hrvatskoj. Osim u Međimurju, mediji su početkom lipnja 2022. godine izvijestili i o pomoru pčela na području Bilogore (Tportal.hr, 2022).

Istraživanje koje je u sklopu disertacije provedeno u Tovarniku, kao i navedeni primjeri iz drugih dijelova Hrvatske, pokazuju da iako su zbog primjene insekticida pčele, kao i ostali oprašivači i korisni kukci izloženi riziku, to se posebno pojačava kod nestručne i nesavjesne primjene insekticida, kada dolazi do masovnijih pomora pčela. Uz daljnji razvoj insekticida manje otrovnosti na korisne organizme, jedna od mjera u sprječavanju daljnjih gubitaka pčelinjih zajednica svakako treba biti trajna edukacija ratara i pčelara o načinima primjene insekticida i zaštite pčelinjih zajednica, kao i poboljšavanje njihove međusobne komunikacije i koordinacije tijekom sezone poljoprivrednih radova, a posebno kod primjene insekticida na poljima.

5.3. Kandidati za zamjenu neonikotinoida

Broj registriranih djelatnih tvari insekticida u Republici Hrvatskoj stalno se smanjuje. U razdoblju od 1987. do 2018. godine broj djelatnih tvari insekticida smanjen je za 40 %, a broj pripravaka za 50 % (Virić Gašparić i Bažok, 2018). Bažok (2013) navodi da je u 2013. godini za tretiranje sjemena bilo odobreno sedam djelatnih tvari, na osnovi kojih je na tržištu bilo 13 pripravaka, dok su 2021. godini kod nas dozvolu imale tri djelatne tvari, odnosno šest pripravaka (FIS portal, 2023). Zbog nedostatka adekvatnih insekticida za zaštitu kultura od napada štetnika, a zbog sve češće zabrane do sada korištenih djelatnih tvari, na tržište se uvode insekticidi drugačijih mehanizama djelovanja. Njihova je primjena često specifična i ograničena na pojedine kulture, a budući da su uglavnom i cjenovno manje prihvatljivi, i dalje je raširena folijarna uporaba insekticida, prije svega iz skupine piretroida, što Dewar (2017) smatra uzrokom povećanog razvoja rezistentnosti većeg broja štetnika. Sjetvom sjemena tretiranog insekticidima smanjuje se potreba za aplikacijom folijarnih insekticida, a to posljedično dovodi do manjih troškova i smanjenja utjecaja na neciljane vrste i na okoliš.

Budući da teflutrin, kao jedini insekticid koji u Republici Hrvatskoj ima dozvolu za tretiranje sjemena (FIS portal, 2024), nema sistemično djelovanje (Bažok, 2024), ne može se smatrati adekvatnom zamjenom zabranjenim neonikotinoidima pa je potrebno tražiti alternativne insekticide koji bi se mogli smatrati potencijalno dobrim kandidatima za zamjenu zabranjenim neonikotinoidima.

U istraživanjima u sklopu disertacije, uz alternativne insekticide (d.t. klorantraniliprol, spinosad i azadiraktin), korišten je standardni insekticid tiametoksam iz skupine neonikotinoida koji je u to vrijeme imao dozvolu za suzbijanje istraživanih štetnika.

Rezultati istraživanja učinkovitosti tiametoksama na žičnjake, tretiranjem sjemena kukuruza (tablice 38), pokazuju da primijenjen u dozama od 2; 3,5 i 5 g djelatne tvari na 1 kg sjemena, kroz obje godine provedbe pokusa (2016. i 2017. godine) ima nisku učinkovitost na ovog štetnika, i to u rasponu od 13,25 % do 54,55 %. Prosječna mu je učinkovitost u 2016. godini bila 44 %, a u 2017. godini učinkovitost mu je bila svega 15 %. Iz dobivenih rezultata vidljivo je da učinkovitost ne raste s povećanjem doze. Iako je učinkovitost tiametoksama signifikantna u odnosu na kontrolu, stopa smrtnosti je relativno niska i ne može se smatrati zadovoljavajućom za potrebe u praksi.

Djelovanje tiametoksama na repinu pipu (grafikon 10, tablica 40) signifikantno se razlikuje od netretirane kontrole, no nisu utvrđene razlike između različitih doza. Iako je tiametoksam primijenjen u srednjoj dozi imao najveći učinak na pipu, smrtnost pipa bila je ispod 50% što se nikako ne može smatrati zadovoljavajućim u praksi. Iz pokusa s repinim buhačem vidljivo je da je utjecaj sve tri doze tiametoksama na buhače signifikantan u odnosu na kontrolu (grafikon 14, tablica 44). Stopa smrtnosti je bila najveća kod doza od 0,4 mg d.t./sjemenki i 0,6 mg d.t./sjemenki i dosegla je 80% što potvrđuje iskustva iz prakse prema kojima je repa uzgojena iz sjemena tretiranim tiametoksamom bila učinkovito zaštićena od napada buhača (Bažok, usmeno priopćenje).

Primjenu neonikotinoida u tretiranju sjemena, odnosno učinkovitost ove skupine insekticida, kao i ekonomska isplativost, analizirali su mnogi autori (Valavanidis, 2018.; Bredeson i Lundgren, 2015.; Sgolastra i sur., 2017.; Hladik i sur., 2018.; Labrie i sur., 2020., Smith i sur., 2020). Oni ističu da se sjetvom sjemena tretiranog neonikotinoidima ne može očekivati smanjenje pojave štetnika, a time i povećanje isplativosti biljne proizvodnje. Neka istraživanja pokazuju da je jako mala korist (manje od 5 %) od sjetve sjemena tretiranog neonikotinoidima u zaštiti ratarskih kultura od napada štetnika (Labrie i sur., 2020). To potvrđuje i istraživanje (Smith i sur., 2020) u usjevima kukuruza i soje, u kojima je samo na 8 % polja kukuruza i 6 % polja soje, u uvjetima jače zaraze žičnjacima, zabilježen veći prinos na varijantama na kojima je sjeme tretirano kombinacijom fungicida i insekticidima.

U sklopu disertacije, u laboratorijskim istraživanjima, utvrđena je učinkovitost alternativnih insekticida (d.t. klorantraniliprol, spinosad i azadiraktin) na žičnjake tretiranjem sjemena kukuruza te na repinu pipu i repinog buhača tretiranjem sjemena šećerne repe.

5.3.1. Klorantraniliprol

Klorantraniliprol, insekticid iz skupine antranilnih dimida, primijenjen u dozama od 2; 3,5 i 5 g/1 kg sjemena, nije pokazao zadovoljavajuće rezultate u suzbijanju žičnjaka. Prosječna mu je učinkovitost u svim varijantama, kroz obje godine provedbe pokusa bila niža od 16 %. Istraživanje koje su proveli van Herk i sur. (2015) primjenom klorantraniliprola u tretiranju sjemena pšenice također pokazuju nezadovoljavajuću učinkovitost ovog insekticida na žičnjake (*Agriotes* spp.).

U pokusu s repinom pipom, u svim primijenjenim dozama (0,2; 0,4 i 0,6 mg djelatne tvari po sjemenki) zabilježen je signifikantan utjecaj sve srednje i više doze na smrtnost pipa u odnosu na netretiranu kontrolu i u odnosu na nižu dozu. No i u ovom slučaju postignuta smrtnost ne može se smatrati zadovoljavajućom za praktične potrebe.

Sve primijenjene doze signifikantno su utjecale na smrtnost repina buhača u odnosu na netretiranu kontrolu, a razlike između različitih doza nisu bile značajne pri čemu su svi tretmani klorantraniliprolom polučili sličan učinak (oko 80%) što je na razini standardnog insekticida, tiametoksama.

Dostupna slična istraživanja pokazuju različitu učinkovitost ovog insekticida primijenjenog tretiranjem sjemena ratarskih kultura na različite štetnike. Istraživanje učinkovitosti klorantraniliprola, kao i cijantraniliprola (iz iste skupine antranilnih diamida) na sovicu ypsilon (*Agrotis ypsilon* L.) u kukuruzu, koje su proveli Zhang i sur. (2019) pokazuje značajno smanjenje zaraze primjenom cijantraniliprola u odnosu na primjenu klorantraniliprola. Dobre rezultate (bolja zaštita mladih, viših listova u usporedbi s folijarnim insekticidom) kod primjene ova dva insekticida pokazuju Pes i sur. (2020) na kukuruzu u suzbijanju jesenske sovice (*Spodoptera frugiperda* J.E. Smith). Neka istraživanja pokazuju dobru učinkovitost klorantraniliprola primijenjenog u manjim dozama tretiranjem sjemena riže u suzbijanju *Lissorhoptrus oryzophilus* Kuschel, *Spodoptera frugiperda* i *Diatraea saccharalis* F. (Villegas i sur. 2019), kao i smanjenju ovipozicije kod *Lissorhoptrus oryzophilus* (Lanka i sur. 2013) te učinkovitog suzbijanja *Scirpophaga incertulas* Walker i *Cnaphalocrocis medinalis* Guenee pri dozi od 90 g d.t./ha do 70 dana nakon sjetve riže u uvjetima izravne sjetve (Rani i sur., 2020). Dobre rezultate su klorantraniliprol, kao i cijantraniliprol pokazali u suzbijanju *Spodoptera frugiperda* u soji gdje su insekticidi doveli do brze smrtnosti gusjenica, smanjivši površinu lišća koju su gusjenice pojele te su na taj način povećani prinos soje (Triboni i sur., 2019).

Iako je u sklopu disertacije samo u pokusu s repinim buhačem pokazao dobre rezultate, citirana istraživanja pokazuju da bi se klorantraniliprol, kao i cijanataniliprol (oba insekticida iz skupine antranilnih diamida), zbog svoje sistemčnosti, male toksičnosti i niskog potencijala za biokoncentraciju te selektivnosti na korisne člankonošce, mogli smatrati pogodnim za primjenu u integriranoj zaštiti bilja i da bi mogli biti dobra zamjena za neonikotinoide.

Kao insekticid sa sistemčnim djelovanjem, klorantraniliprol bi mogao onečistiti pelud i nektar, što može predstavljati potencijalni rizik za korisne vrste pa bi bilo potrebno provesti dugoročnu procjenu utjecaja pesticida na korisne člankonošce (Oliveira i sur., 2019). Klorantraniliprol ima odobrenje za folijarnu primjenu u Europskoj uniji (EU Pesticides Database, 2024), kao i za tretiranje sjemena na nekim tržištima izvan EU (Smith i sur., 2020). Za tretiranje sjemena kukuruza klorantraniliprol je dozvoljen i u nekim američkim savezima (Corteva Agriscience, 2021), kao i u Ontariju te Quebecu u Kanadi (TopCrop Manager, 2016). Trgovački naziv pripravka je Lumivia. Kod nas su registrirana četiri pripravka na temelju klorantraniliprola, od kojih niti jedan, kao i u ostalim zemljama članicama Europske unije, nema dozvolu za tretiranje sjemena. Tri pripravka (Ampligo, Coragen 20 SC i Voliam) imaju dozvolu za folijarno suzbijanje štetnika na kukuruзу.

5.3.2. Spinosad

U laboratorijskom pokusu provedenom 2016. godine utvrđeno je da je spinosad (insekticid iz skupine naturalita) primijenjen na sjeme kukuruza u dozi od 3,5 i 5 mg/kg sjemena vrlo učinkovit u suzbijanju žičnjaka, s prosječnom učinkovitošću od skoro 73 %. U pokusu iz 2017. godine spinosad se u dozi od 5 mg/kg sjemena također pokazao vrlo učinkovitim u suzbijanju žičnjaka, s učinkovitošću od skoro 72 %.

Dobre rezultate u laboratorijskim uvjetima dobili su Ericsson i sur. (2007), miješanjem spinosada u subletalnoj dozi od 15,3 i 6 ppm po gramu pijeska s entomopatogenom gljivom *Metharhizium anisopliae* u suzbijanju žičnjaka vrsti *Agriotes lineatus* i *Agriotes obscurus*, dok su istraživanje koje su proveli Van Herk i sur. (2008) u laboratorijskim uvjetima pokazala slabu učinkovitost spinosada na žičnjake vrste *Agriotes obscurus*. Van Herk i sur. (2015) navode da je tretiranje sjemena pšenice spinosadom, u laboratorijskim uvjetima, dovelo do privremenog morbiditeta ličinki žičnjaka, koje su se kasnije oporavile od tretmana.

Tretmani sjemena spinosadom nisu značajno utjecali na smrtnost repine pipe bez obzira na primijenjenu dozu. Neki autori (Bažok i sur., 2016; Deak, 2019) potvrđuju zadovoljavajuću učinkovitost spinosada nakon folijarne primjene u laboratoriju. S obzirom da se u njihovim istraživanjima radi o folijarnoj, a u našim o tretiranju sjemena, razlike su očekivane.

Suprotno od repine pipe, tretmani sjemena spinosadom signifikantno su utjecali na smrtnost repina buhača u odnosu na netretiranu kontrolu. Iako nisu utvrđene statistički opravdane razlike u smrtnosti na različitim dozama, vidljivo je da su tretmani spinosada u dozi od 0,2 i 0,4 mg d.t./sjemenki imali najveći utjecaj, a postignuta smrtnost buhača bila je iznad 95% što je znatno više od standardnog insekticida.

U recentnoj literaturi nema istraživanja koja su se bavila učinkom spinosada na repina buhača. Tretiranje sjemena spinosadom se uglavnom provodi na luku, a dobri se rezultati postižu u suzbijanju lukove muhe (*Delia antiqua* Meigen) (Nault i sur., 2006). Budući da je spinosad insekticid iz skupine naturalita, pri izloženosti uobičajenim koncentracijama ovog insekticida, koje bi se mogli očekivati u okolišu, Cleveland i sur. (2001) smatraju da su negativni učinci na zajednice pčela minimalni, kao i na bumbare (Morandin i sur., 2005). Ovaj insekticid ima odobrenje za korištenje u Europskoj uniji (EU Pesticides Database, 2021), kao i u Republici Hrvatskoj (FIS portal, 2023). Kod nas su registrirana dva pripravka, Laser (kontaktno-probavni insekticid za suzbijanje štetnika na krumpiru i vinovoj lozi) i Success Bait (insekticidni mamac s atraktantom za suzbijanje štetnika u maslinama i agrumima), a niti jedan od navedenih pripravaka nema dozvolu za tretiranje sjemena.

5.3.3. Azadiraktin

U sklopu laboratorijskih istraživanja 2017. godine, utvrđivana je i učinkovitost azadiraktina, insekticida iz skupine botaničkih insekticida, na žičnjake tretiranjem sjemena kukuruza. U provedenim pokusima, pri dozama od 19,38; 12,92 i 6,46 mg d.t./sjemenki kukuruza nije utvrđena zadovoljavajuća učinkovitost na žičnjake, odnosno ista je u svim dozama bila vrlo niska.

Iako tretmani sjemena azadiraktinom imaju signifikantan utjecaj na smrtnost repine pipe u odnosu na netretiranu kontrolu, učinak primijenjenih doza iznimno je nizak (oko 40%) i ne može se smatrati zadovoljavajućim.

Suprotno utvrđenom slabom djelovanju azadiraktina na repinu pipu, njegovo djelovanje na repina buhača je bilo zadovoljavajuće. Sve tri primijenjene doze signifikantno su utjecale na dinamiku smrtnosti u odnosu na netretiranu kontrolu. Viša i srednja doza azadiraktina postigla je veću smrtnost u odnosu na nižu dozu koja je također postigla smrtnost na razini standardnog insekticida.

U dostupnoj literaturi nisu pronađeni znanstveni radovi o učinkovitosti azadiraktina primijenjenog tretiranjem sjemena na žičnjake, repinu pipu i repinog buhača, ali je dobra učinkovitost ovog insekticida, korištenog tretiranjem sjemena, utvrđena u suzbijanju tripsa i gusjenica na pamuku (Razinataj i sur., 2021). Neki znanstveni radovi pokazuju učinkovitost folijarno primijenjenog azadiraktina u zaštiti voća, odnosno odlične rezultate u suzbijanju

kruškine buhe (*Cacopsylla pyri* L.) i crvenog voćnog pauka (*Panonychus ulmi* Koch) (Marčić i sur., 2009). Također, azadiraktin pokazuje i dobre rezultate u zaštiti uskladištenih kultura (Manjula i sur., 2021). Danas u Republici Hrvatskoj tri pripravka s ovom djelatnom tvari (za suzbijanje štetnih kukaca i grinja u povrćarstvu, voćarstvu, vinogradarstvu, na ljekovitom, začinskom i ukrasnom bilju, šumarstvu i uskladištenom zrnju) NEEMAZAL-T/S, AZATIN EC i NEEMIK TEN imaju dozvolu za korištenje (FIS portal, 2024). Postignuti rezultati pokazuju da primjena azadiraktina tretiranjem sjemena ima izvjestan potencijal za suzbijanje repina buhača, no za donošenje ispravnih zaključaka trebalo bi provesti dodatna istraživanja kako u laboratoriju, tako i na polju.

Laboratorijska istraživanja alternativnih insekticida provedena u sklopu disertacije pokazuju određena odstupanja u učinkovitosti pojedinih djelatnih tvari vezano uz primijenjene doze, što može biti uzrokovano primjenom jednostavnog načina tretiranja sjemena.

Tehnologija dorade sjemena šećerne repe je vrlo sofisticirana i u praksi ona uključuje piliranje i dodavanje drugih proizvoda, ne samo insekticida, na sjeme šećerne repe. S druge strane, u našim istraživanjima su insekticidi na sjeme šećerne repe nanoseni vrlo jednostavnim postupkom tretiranja sjemena u bocama. Smatramo da bi u svim budućim istraživanjima bilo preporučljivo tretiranje sjemena obavljati na isti način kao i u tvornicama za doradu sjemena. Time bi se bolje imitiralo stvarne proizvodne uvjete pa bi se i rezultati mogli bolje implementirati u praksu.

Da bi se dobili pouzdaniji podatci o učinkovitosti alternativnih insekticida, potrebno je provesti dodatna istraživanja, koja uz utvrđivanje učinkovitosti na podzemne i nadzemne štetnike trebaju uključiti i ponašanje insekticida u okolišu i njihovo potencijalno negativno djelovanje na korisne organizme. Za suzbijanje žičnjaka koji se rjeđe javljaju i na koje insekticidi slabije djeluju, trebale bi se tražiti alternativne strategije kako to navode Veres i sur. (2020).

6. ZAKLJUČCI

Provedena su istraživanja za cilj imala utvrditi stanje pčelinjih zajednica nakon zabrane primjene neonikotinoida u Republici Hrvatskoj, te utvrditi učinkovitost spinosada, klorantraniliprola i azadiraktina kao alternativnih insekticida na važnije štetnike ratarskih kultura, primijenjenih tretiranjem sjemena kukuruza i šećerne repe.

H1: Zabrana neonikotinoida u RH u područjima u kojima prevladava ratarska proizvodnja neće rezultirati pozitivnim učincima na pčelinje zajednice jer su gubitci pčelinjih zajednica u istim područjima u granicama uobičajenih i prihvatljivih sa stajališta pčelarske proizvodnje (od oko 10% godišnje).

Rezultati provedenih istraživanja pokazuju da je na području Tovarnika dominantna ratarska proizvodnja (na 97,32 % poljoprivrednih površina) te da su neonikotinoidi korišteni za tretiranje sjemena šećerne repe i suncokreta prije zabrane (sezona 2012/2013), kao i za tretiranje sjemena šećerne repe nakon zabrane (na ovu se kulturu zabrana nije odnosila) u sezonama 2013/2014 i 2014/2015. Također je uočena tendencija smanjenja površina koje su tretirane ovom metodom (32 % u 2013., 21 % u 2014. i na 19 % u 2015. godini). Neonikotinoidi nisu korišteni za folijarnu primjenu, a indeksi tretiranosti insekticidima pokazuju pojačanu folijarnu primjenu insekticida iz ostalih skupina kao rezultat pojačane pojave štetnika. Analiza pčelarske proizvodnje na području općine Tovarnik pokazala je da pčelari primjenjuju standardne mjere brige o pčelinjim zajednicama te da uz standardnu pčelinju pašu, pčelinje zajednice tijekom prezimljenja prihranjuju, a redovito se obavlja zaštita pčela od varooze. Uz takve mjere zimski gubitci pčelinjih zajednica, prije i nakon zabrane neonikotinoida, kretali su se od 6,02 % u 2013/2014., 8,79 % u 2014/2015., i 11,54 % u 2015/2016. Gubitci 33 % pčelinjih zajednica u vegetaciji 2015. godine nisu bili vezani uz primjenu neonikotinoida, već su nastali zbog nedozvoljene folijarne primjene insekticida na osnovu klorpirifosa i cipermetrina, koji nije imao dozvolu za primjenu na suncokretu.

- Provedena istraživanja potvrđuju prvu hipotezu jer su gubitci pčelinjih zajednica bili u granicama uobičajenih gubitaka od oko 10 % godišnje.

H2: Insekticidi na osnovi spinosada, klorantraniliprola i azadiraktina, primijenjeni tretiranjem sjemena, zbog dobrog su učinka na štetnike prihvatljivi kao zamjena za neonikotinoide.

Rezultati utvrđivanja učinkovitosti alternativnih insekticida spinosada, klorantraniliprola i azadiraktina primijenjenih tretiranjem sjemena na zemljišne štetnike kukuruza i na zemljišne i folijarne štetnike šećerne repe (repina pipa i repin buhač) razlikuje se ovisno o vrsti insekticida i štetniku. Tako je spinosad pokazao učinkovitost (oko 70 %) na žičnjake nakon

primjene tretiranjem sjemena kukuruz, dok klorantraniliprol i azadiraktin nisu pokazali učinkovitost na ovog štetnika. Učinkovitost na smrtnost repine pipe je niska u svim dozama, dok su svi primijenjeni insekticidi pokazali zadovoljavajuću učinkovitost na smrtnost repina buhača.

- Druga hipoteza je djelomično potvrđena jer su alternativni insekticidi klorantraniliprol, spinosad i azadiraktin, primijenjeni tretiranjem sjemena, pokazali selektivnu učinkovitost u suzbijanju značajnijih štetnika ratarskih kultura. Potrebna su daljnja istraživanja učinkovitosti ovih, ali i ostalih insekticida iz novijih, ekotoksikološki povoljnijih skupina na podzemne i nadzemne štetnike.

7. POPIS LITERATURE

1. Abbott W.S. (1925). A method of computing the effectiveness of an insecticide. *J. Econ. Entomol.* 18: 265-267.
2. Abbott V.A., Nadeau J.I., Winston M.L. (2008). Lethal and sublethal effects of imidacloprid on *Osmia lignaria* and clothianidin on *Megachile rotundata* (Hymenoptera: Megachilidae). *J. Econ. Entomol.* 101:784–796.
3. Abd-Allah S.M., Taborsky V., Kamler F., Kazda J. (2005). Effect of Two NeemAzal™ Formulations on Honeybees under Semi-Field Conditions. *Plant Protect. Sci.* 41 (2): 63–72.
4. Abou-Shaara H.F. (2014). The foraging behaviour of honey bees, *Apis mellifera*: a review. *Veterinarni Medicina* 59 (1): 1–10.
5. Adhikari K., Bhandari S., Niraula D., Shrestha J. (2020). Use of neem (*Azadirachta indica* A. Juss) as a biopesticide in agriculture: A review. *Journal of Agriculture and Applied Biology* 1 (2): 100 – 117.
6. Agro klub (2022). Klorpirifos-etil. Available at: <https://www.agroklub.com/zastitna-sredstva/aktivne-tvari/klorpirifos-etil-180/> (Pristupljeno: 17.01.2022.).
7. AgroNews (2015). Spinosad insecticide available for use on onions as a seed treatment. Available at: <http://news.agropages.com/News/NewsDetail---4455.htm> (Pristupljeno: 30.09.2015.).
8. Akratanakul P. (1990). Pesticides and beekeeping. In *Beekeeping in Asia*. Rome: FAO Agricultural Services Bulletin 68/4. Available at: <https://www.fao.org/3/X0083E/X0083E00.htm#Contents>, (Pristupljeno: 14.01.2023.).
9. Alasić V. (2008). Integrirano praćenje štetnika uljane repice u cilju proizvodnje biodizela. *Glasnik zaštite bilja* 4: 49-59.
10. Alaux C., Brunet J-L., Dussaubat C., Mondet F., Tchamitchan S., Cousin M., Brillard J., Baldy A., Belzunces L.P., Le Conte Y. (2010). Interactions between *Nosema microspores* and a neonicotinoid weaken honeybees (*Apis mellifera*). *Environmental Microbiology* 12 (3): 774–782.
11. Alboukadel, K., Kosinski, M., Biecek, P. (2021). survminer: Drawing Survival Curves using 'ggplot2'. R package version 0.4.9. <https://CRAN.R-project.org/package=survminer>
12. Alburaki M., Boutin S., Mercier P.L., Loubliey Y., Chagnon M., Derome N. (2015). Neonicotinoid-Coated *Zea mays* Seeds Indirectly Affect Honeybee Performance and Pathogen Susceptibility in Field Trials. *PLoS ONE* 10 (5).

13. Andrescu M.E., Crivineanu V., Goran G.V., Codreanu M.D. (2008). Studies on cupermethrin poisoning in bees. *Lucrări Științifice Medicină Veterinară* 16: 494-503.
14. Ansari M.A., Evans M., Butt T.M. (2009). Identification of pathogenic strains of entomopathogenic nematodes and fungi for wireworm control. *Crop Protection* 28: 269–272.
15. Antunez K., Invernizzi C., Mendoza Y., vanEngelsdorp D., Zunino P. (2016). Honeybee colony losses in Uruguay during 2013–2014. *Apidologie* 48: 364–370.
16. Bacci L., Lupi D., Savoldelli Rossaro, B. (2016). A review of Spinosyns, a derivative of biological acting substances as a class of insecticides with a broad range of action against many insect pests. *Journal of Entomological and Acarological Research* 48: 5653.
17. Bagi F., Bodnar K. (2012). *Fitomedicina*. Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet, Novi Sad. (preuzeto s: <http://polj.uns.ac.rs/sites/default/files/udzbenici/Bagi%20i%20Bodnar%20-%20Fitomedicina.pdf>; (Pristupljeno: 09.02.2022.))
18. Bajwa A.A., Ahmad A. (2012). Potential applications of Neem based products as biopesticides. *theHealth* 3 (4): 116-120.
19. Banožić S. (1985). *Pčelarstvo*. U: *Poljoprivredni savjetnik* (ur. Jakolić V.), Nakladni zavod znanje, Zagreb, Hrvatska, str. 673-683.
20. Barascou L., Sene D., Barraud A., Michez D., Lefebvre V., Medrzycki P., Di Prisco G., Strobl V., Yañez O., Neumann P., Le Conte Y., Alaux C. (2021). Pollen nutrition fosters honeybee tolerance to pesticides. *R. Soc. Open Sci.* 8: 210818., doi.org/10.1098/rsos.210818
21. Barić K., Bažok R., Pintar A. (2019). Potrošnja pesticida u Hrvatskoj poljoprivredi u razdoblju od 2012. do 2017. godine. *Glasilo biljne zaštite* 19 (5): 537-548.
22. Bažok R. (2007a). Žičnjaci. *Glasilo biljne zaštite* 5: 339-344.
23. Bažok R. (2007b). Kukuruzna zlatica. *Glasilo biljne zaštite* 7 (5): 316-321.
24. Bažok, R. (2008). Štetnici suncokreta. *Glasilo biljne zaštite*. 5: 335-341.
25. Bažok R. (2010). Suzbijanje štetnika u proizvodnji šećerne repe. *Glasilo biljne zaštite* 10 (3): 153-165.
26. Bažok R. (2014). Zoocidi. U: *Pregled sredstava za zaštitu bilja u Hrvatskoj za 2014. godinu* (ur. Cvjetković B.). *Glasilo biljne zaštite* 14 (1-2):13-72.
27. Bažok R. (2015). Zoocidi. U: *Pregled sredstava za zaštitu bilja u Hrvatskoj za 2015. godinu* (ur. Cvjetković B.). *Glasilo biljne zaštite* 15 (1-2): 13-64.
28. Bažok R. (2021). Zoocidi. U: *Pregled sredstava za zaštitu bilja u Hrvatskoj za 2021. godinu* (ur. Bažok R.). *Glasilo biljne zaštite* 21 (1-2): 13-116.

29. Bažok R. (2023). Zoocidi. U: Pregled sredstava za zaštitu bilja u Hrvatskoj za 2023. godinu (ur. Bažok R.). Glasilo biljne zaštite 24 (1-2).
30. Bažok R. (2023). Zoocidi. U: Pregled sredstava za zaštitu bilja u Hrvatskoj za 2024. godinu (ur. Bažok R.). Glasilo biljne zaštite 23 (1-2): 58-62.
31. Bažok R., Buketa M., Lopatko D., Likar K. (2012). Past and present sugar beet pest management practice. Glasilo biljne zaštite 12 (5): 414-428.
32. Bažok R., Cvjetković B., Ostojić Z., Barić K. (2020). Revolucija i evolucija kemijskih metoda zaštite bilja. Glasilo biljne zaštite 20 (3): 346-377.
33. Bažok R., Čačija M., Gajger A., Kos T. (2013). Arthropod Fauna Associated to Soybean in Croatia. U: Soybean - Pest Resistance (ur. El-Shemy H.). InTech.
34. Bažok, R., Čačija, M., Virić Gašparić, H., Lemić, D., Drmić, Z. (2016). Insekticidi iz skupine neonikotinoida u zaštiti šećerne repe od štetnika. Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet, 53 str.
35. Bažok R., Drmić Z., Virić Gašparić H., Mrganić M., Lemić D., Čačija M. (2019). Suzbijanje štetnika na velikim površinama. Glasilo biljne zaštite 19 (5): 549-558.
36. Bažok R., Gotlin Čuljak T., Grubišić D. (2014). Integrirana zaštita bilja od štetnika na primjerima dobre prakse. Glasilo biljne zaštite 14 (5): 357-390.
37. Bažok R., Lemić D. (2018). Posljedice zabrane neonikotinoida na poljoprivrednu proizvodnju Republike Hrvatske. Glasilo biljne zaštite 18 (4): 407-412.
38. Bažok R., Lemić D., Chiarinni F., Furlan L. (2021). Western Corn Rootworm (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte) in Europe: Current Status and Sustainable Pest Management. Insects 12, 195.
39. Bažok R., Šatvar M., Radoš I., Drmić Z., Lemić D., Čačija M., Virić Gašparić H. (2016). Comparative efficacy of classical and biorational insecticides on sugar beet weevil (*Bothynoderes punctiventris* Germar, Coleoptera: Curculionidae). Plant protection science 52 (2):134-141.
40. Blacquière T., Van der Steen J. (2017). Three years of banning neonicotinoid insecticides based on sub-lethal effects: can we expect to see effects on bees? Pest Management Science 73: 1299–1304.
41. Bredeson M., Lundgren J. (2015). Thiamethoxam Seed Treatments Have No Impact on Pest Numbers or Yield in Cultivated Sunflowers. Journal of Economic Entomology 108 (6): 2665–2671.
42. Brodschneider R., Crailsheim, K. (2010). Nutrition and health in honey bees. Apidologie 41: 278–294. doi: 10.1051/apido/2010012
43. Brodschneider R., Gray A., van der Zee R., Adjlane N., Brusbardis V., Charrière J-D., Chlebo R., Coffey M.F., Crailsheim K., Dahle B., Danihlik J., Danneels E., de Graaf D.C., Dražić M.M., Fedoriak M., Forsythe I., Golubovski M., Gregorc A., Grzęda U.,

- Hubbuck I., Ivgin Tunca R., Kauko L., Kilpinen O., Kretavicius J., Kristiansen P., Martikkala M., Martin-Hernández R., Mutinelli F., Peterson M., Otten C., Ozkirim A., Raudmets A., Simon-Delso N., Soroker V., Topolska G., Vallone J., Vejsnæs F., Woehl S. (2016). Preliminary analysis of loss rates of honey bee colonies during winter 2015/16 from the COLOSS survey. *Journal of Apicultural Research* 55 (5): 375–378.
44. Brown P., Newstrom-Lloyd L.E., Foster B.J., Badger P.H., McLean J.A. (2018). Winter 2016 honey bee colony losses in New Zealand. *Journal of Apicultural Research* 57 (2): 278–291.
45. Bučar M. (2008). *Medonosno bilje kontinentalne Hrvatske*. Matica hrvatska-Petrinja, Petrinja.
46. Burkova L.A., Vasilieva T.I. (2018). Improvement of insecticide range for sugar beet pest control. *Plant Protection News* 3 (97): 73–75.
47. Butt T.M., Carreck N.L., Ibrahim L., Williams I.H. (1998). Honey-bee-mediated Infection of Pollen Beetle (*Meligethes aeneus* Fab.) by the Insect-pathogenic Fungus, *Meterhizium anisopliae*. *Biocontrol Science and Technology* 8: 533-538.
48. Campos E.V.R., de Oliveira J.L., Pascoli M., de Lima R., Fraceto L.F. (2016). Neem Oil and Crop Protection: From Now to the Future. *Front. Plant Sci.* 7:1494.
49. Chałańska A., Bogumił A., Danelski W. (2017). Evaluation of the effectiveness of entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana* (Bals.-Criv.) Vuill. 1912 for the management of *Melolontha melolontha* (L.) (Coleoptera: Scarabaedae) and *Agriotes lineatus* (L.) (Coleoptera: Elateridae). *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering* 62 (3): 68-71.
50. Chan H. (2018). *Wireworm Control in Scallions: Attract-and-Kill Tactic Using Metarhizium brunneum Granules and Rolled Oats*. Kwantlen Polytechnic University, Department of Sustainable Agriculture and Food Systems, Surrey, Canada.
51. Cleveland C.B., Mayes M.A., Cryer S.A. (2001). An ecological risk assessment for spinosad use on cotton. *Pest Manag Sci.* 58: 70-84.
52. Cordova D., Benner E.A., Sacher M.D., Rauh J.J., Sopa J.S., Lahm G.P., Selby T.P., Stevenson T.M., Flexner L., Gutteridge S., Rhoades D.F., Wu, L., Smith R.M., Tao Y. (2006). Anthranilic diamides: A new class of insecticides with a novel mode of action, ryanodine receptor activation. *Pesticide Biochemistry and Physiology* 84: 196–214.
53. Corteva Agrosience (2021). Lumivia® Insecticide. Available at: <https://www.corteva.us/products-and-solutions/seed-treatments/lumivia.html> (Pristupljeno: 14.04.2021.).

54. Craddock A. H., Huang D., Turner C. P., Quirós-Alcalá L., Payne-Sturges C. D. (2017). Trends in neonicotinoid pesticide residues in food and water in the United States, 1999–2015. *Environmental Health* 18 (7).
55. Cresswell J. E. (2011). A meta-analysis of experiments testing the effects of a neonicotinoid insecticide (imidacloprid) on honey bees. *Ecotoxicology* 20 (1): 149-157.
56. CropLife Foundation (2013). The role of seed treatment in modern U.S. crop production. A review of benefits. Available at: http://www.croplifeamerica.org/sites/default/files/Seed%20Treatment%20Report_Final%20PDF_11%2019%2013.pdf (Pristupljeno: 21.01.2021.).
57. Cutler G.C., Purdy J., Giesy P., Solomon K.R. (2014). Risk to Pollinators from the Use of Chlorpyrifos in the United States. *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology* 231: 219-265.
58. Čačija M. (2015). Distribucija i dominantnost imaga i ličinki vrsta roda *Agriotes* (Coleoptera: Elateridae) u kontinentalnoj Hrvatskoj. Doktorska disertacija, Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet, Zagreb.
59. Čačija M., Bažok R. (2011). Neonikotinoidi. *Glasilo biljne zaštite* 11 (4): 277-288.
60. Čačija M., Kozina A., Bažok R., Lemić D. (2011). Catalogue of the family Elateridae Leach, 1815. Book of Abstracts, 22nd SIEEC - Symposium Internationale Entomofaunisticum Europae Centralis XXII, Varaždin, Croatia.
61. Čamprag D. (2000). Integralna zaštita ratarskih kultura od štetočina. Design studio Stanišić, B. Palanka.
62. Čápek J., Chlebo R. (2016). Summary of winter honey bee colony losses in Slovakia between the years 2009 and 2015. *Acta fytotechn zootechn* 19 (1): 22-24.
63. Danforth B. (2007). Bees. *Current Biology* 17 (5): 156-161.
64. Deak L. (2019). Učinak ekološki prihvatljivih insekticida na repinu pipu. Diplomski rad, Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet, Zagreb.
65. Decourtye A., Devillers J., Genecque E., Le Menack K., Budzinski H., Cluzeau S., Pham-Delègue MH. (2005). Comparative sublethal toxicity of nine pesticides on olfactory learning performances of the honeybee *Apis mellifera*. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology* 48 (2): 242-250.
66. De Miranda J.R., Bailey L., Ball B.V., Blanchard P., Budge G.E., Chejanovsky N., Chen Y-P., Gauthier L., Genersch E., de Graaf D.C., Ribière M., Ryabov E., De Smet L., van der Steen J.J.M. (2015). Standard methods for virus research in *Apis mellifera*. *Journal of Apicultural Research* 52(4). doi 10.3896/IBRA.1.52.4.22

67. Deutsch C.A., Tewksbury J.J., Tigchelaar M., Battisti D.S., Merrill S.C., Huey R.B., Naylor R.L. (2018). Increase in crop losses to insect pests in a warming climate. *Science* 361 (6405): 916-919.
68. Dewar M. A. (2017). The adverse impact of the neonicotinoid seed treatment ban on crop protection in oilseed rape in the United Kingdom. *Pest Management Science* 73: 1305–1309.
69. Devi S., Devi M., Chitralekha (2019). Different methods for the management of Varroa mite (*Varroa destructor*) in honey bee colony. *Journal of Entomology and Zoology Studies* 7 (4): 178-182.
70. Dobrinčić R. (2002). Prednosti i nedostaci tretiranja sjemena ratarskih kultura insekticidima. *Glasilo biljne zaštite* 2 (1): 37-41.
71. Drmić Z. (2016). The sugar-beet weevil (*Bothynoderes punctiventris* Germar 1824., Col.: Curculionidae): life cycle, ecology and area wide control by mass trapping. Doktorski rad, Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet, Zagreb.
72. Drmić Z., Bažok R. (2015). Pipe na šećernoj repi. U: Šećerna repa - zaštita od štetnih organizama u sustavu integrirane biljne zaštite (ur. Bažok R.), Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet, Zagreb, str. 37-42.
73. Drmić Z., Bažok R., Gotlin Čuljak T. (2019). Rezistentnost štetnika šećerne repe na insekticide. *Repa.hr* 6 (14), 23-27. Available at : <http://docplayer.rs/181277902-Repa-hr-godina-vi-br-14-o%C5%BEujak-issn.html> (Pristupljeno: 19.02.2022.).
74. Drmić Z., Bažok R., Šatvar M., Virić Gašparić H., Lemić D., Grubišić D., Čačija M. (2020). Efficacy of the EPNs (*Heterorhabditis bacteriophora* Poinar, 1976) on sugar beet larvae (*Bothynoderes punctiventris* Germar 1824; Coleoptera: Curculionidae) in field conditions. *Journal of Central European Agriculture* 21 (3): 649-656.
75. Drmić Z., Tóth M., Lemić D., Grubišić D., Pospišil M., Bažok R. (2017). Area-wide mass trapping by pheromone-based attractants for the control of sugar beet weevil (*Bothynoderes punctiventris* Germar, Coleoptera: Curculionidae). *Pest. Manag. Sci.* 73: 2174–2183.
76. Dumičić G., Miloš B., Žanić K., Urlić., Jukić Špika, M., Čagalj M. (2015). Jadranski češnjak. Institut za jadranske kulture i melioraciju krša, Split.
77. EFSA (2013). Conclusion on the peer review of the pesticide risk assessment for bees for the active substance imidacloprid, *EFSA Journal* 11 (1): 3067. Available at : <http://www.efsa.europa.eu/en/efsajournal/doc/3067.pdf> , (Pristupljeno: 31.01.2013.).
78. EFSA (2013a). Conclusion on the peer review of the pesticide risk assessment for bees for the active substance tiamethoxan, *EFSA Journal* 11 (1): 3068. Available at <http://www.efsa.europa.eu/en/efsajournal/doc/3068.pdf>, (Pristupljeno: 01.12.2014.).

79. EFSA (2013b). Conclusion on the peer review of the pesticide risk assessment for bees for the active substance clothianidin, EFSA Journal 11 (1): 3066. Available at: <http://www.efsa.europa.eu/en/efsajournal/doc/3066.pdf> (Pristupljeno: 01.12.2014.).
80. EFSA (2018). Peer review of the pesticide risk assessment of the active substance azadirachtin (Margosa extract). EFSA Journal 16 (9): 5234.
81. EFSA (2018a). Conclusion on the peer review of the pesticide risk assessment for bees for the active substance clothianidin considering the uses as seed treatments and granules. EFSA Journal 16 (2): 5177.
82. EFSA (2018b). Conclusion on the peer review of the pesticide risk assessment for bees for the active substance imidacloprid considering the uses as seed treatments and granules. EFSA Journal 16 (2): 5178.
83. EFSA (2018c). Conclusion on the peer review of the pesticide risk assessment for bees for the active substance thiamethoxam. EFSA Journal, 16 (2): 5179.
84. EFSA (2021). Evaluation of the emergency authorisations granted by Member State Croatia for plant protection products containing thiamethoxam. EFSA supporting publication.
85. EFSA, Abdourahime H., Anastassiadou M., Arena M., Auteri D., Barmaz S., Brancato A., Brocca D., Bura L., Carrasco Cabrera L., Chiusolo A., Civitella C., Court Marques D., Crivellente F., Ctverackova L., De Lentdecker C., Egsmose M., Fait G., Ferreira L., Gatto V., Greco L., Ippolito A., Istace F., Jarrah S., Kardassi D., Leuschner R., Lostia A., Lythgo C., Magrans J. O., Medina P., Messinetti S., Mineo D., Miron I., Nave S., Molnar T., Padovani L., Parra Morte J. M., Pedersen R., Raczky M., Reich H., Ruocco S., Saari K. E., Sacchi A., Santos M., Serafimova R., Sharp R., Stanek A., Streissl F., Sturma J., Szentes C., Tarazona J., Terron A., Theobald A., Vagenende B., Vainovska P., Van Dijk J., Verani A., Villamar-Bouza L. (2019). Conclusion on the peer review of the pesticide risk assessment of the active substance thiacloprid. EFSA Journal 17 (2): 5595.
86. Ellis J. (2007). Colony Collapse Disorder (CCD) in Honey Bees. , Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida, USA. Available at: <http://edis.ifas.ufl.edu/> (Pristupljeno: 22.01.2024.).
87. EPA (2001). Azadirachtin (121701) Clarified Hydrophobic Extract of Neem Oil (025007) Fact Sheet. Available at: https://www3.epa.gov/pesticides/chem_search/reg_actions/registration/fs_G-127_01-Oct-01.pdf (Pristupljeno: 16.01.2022.).
88. EPA (2009a). Pesticide Fact Sheet: Spinosad, Environmental Protection Agency, Available at:

- (https://www3.epa.gov/pesticides/chem_search/cleared_reviews/csr_PC-110003_4-May-09_a.pdf) (Pristupljeno: 27.11.2018.).
89. Ericsson J.D., Kabulek J.T., Goettel M.S., Myers J.H. (2007). Spinosad Interacts Synergistically with the Insect Pathogen *Metarhizium anisopliae* Against the Exotic Wireworms *Agriotes lineatus* and *Agriotes obscurus* (Coleoptera: Elateridae). *J. Econ. Entomol.* 100 (1): 31-38.
 90. Ester, A de Putter H., van Bilsen J.G.P.M (2003). Filmcoating the seed of cabbage (*Brassica oleracea* L. convar. Capitata L.) and cauliflower (*Brassica oleracea* L. var. Botrytis L.) with imidacloprid and spinosad to control insect pests. *Crop Protection* 22 (5): 761-768.
 91. EU Pesticides Database (2015). Available at: http://ec.europa.eu/sanco_pesticides/public/?event=activesubstance.selection (Pristupljeno: 31.03.2015.).
 92. EU Pesticides Database (2021). Active substances. Available at: https://ec.europa.eu/food/plant/pesticides/eu-pesticides-db_en (Pristupljeno: 06.04.2021.).
 93. EU Pesticides Database (2024). Active substances. Available at: <https://ec.europa.eu/food/plant/pesticides/eu-pesticides-database/start/screen/active-substances/details/526> (Pristupljeno: 12.04.2024.).
 94. Fairbrother A., Purd, J., Anderson A., Fellk R. (2014). Risks of Neonicotinoid Insecticides to Honeybees. *Environmental Toxicology and Chemistry* 33 (4): 719-731.
 95. FAO (2021). Scientific review of the impact of climate change on plant pests. A global challenge to prevent and mitigate plant pest risks in agriculture, forestry and ecosystems, Rome.
 96. FAO (Dobra pčekarska praksa) (2021). Glavne bolesti medonosne pčele, kako ih prepoznati spriječiti i liječiti. Geromar, Sveta Nedjelja.
 97. FAOSTAT (2021). Crops and livestock products. Available at: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL> (Pristupljeno: 14.07.2021.).
 98. FAOSTAT (2023). Crops and livestock products. Available at: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL> (Pristupljeno: 09.09.2023.).
 99. Fedoriak M.M., Tymochko L.I., Kulmanov O.M., Volkov R.A., Rudenko S.S. (2017): Winter losses of honey bee (*Apis mellifera* L.) colonies in Ukraine (monitoring results of 2015-2016). *Ukrainian Journal of Ecology* 7 (4): 604–613.
 100. Fengkui Z., Baohua X., Ge Z., Hongfang W. (2015). The Appropriate Supplementary Level of Tryptophan in the Diet of *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae) Worker Bees. *J. Insect Sci.* 15(1). doi: 10.1093/jisesa/iev142

101. Ferguson A.W., Nevard L.M., Clark S.J., Cook S.M. (2014). Temperature-activity relationships in *Meligethes aeneus*: implications for pest management. *Pest Manag Sci.* 71: 459–466.
102. FIS portal (2023). Popis registriranih sredstava za zaštitu bilja. Available at: <https://fis.mps.hr/trazilicaszb/> (Pristupljeno: 08.09.2023.).
103. FIS portal (2024). Popis registriranih sredstava za zaštitu bilja. Available at: <https://fis.mps.hr/fis/javna-trazilica-szb/> (Pristupljeno: 12.04.2024.).
104. Forić N., Sarajlić A., Vrandečić K., Majić I. (2018). Potencijal entomopategenih gljiva *Metarhizium spp.* u suzbijanju štetnih kukaca. *Glasnik zaštite bilja* 4
105. Furlan L., Tóth M. (2007). Occurrence of click beetle pest spp. (Coleoptera, Elateridae) in Europe as detected by pheromone traps: Survey results of 1998-2006. *Integrated Control of Soil Insect Pest IOBC/wprs Bulletin* 30 (7): 19-25.
106. Gadžo D., Đikić M., Mijić A. (2011). *Industrijsko bilje*. Univerzitet u Sarajevu, Poljoprivredno-prehrambeni fakultet, Sarajevo.
107. Genersch E., Forsgren E., Pentikäinen J., Ashiralieva A., Rauch S., Kilwinski J., Fries I. (2006). Reclassification of *Paenibacillus* larvae subsp. *pulvifaciens* and *Paenibacillus* larvae subsp. *Larvae* as *Paenibacillus* larvae without subspecies differentiation. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology* 56: 501–511.
108. Girolami V., Mazzon L., Squartini A., Mori N., Marzaro M., Di Bernardo A., Greatti M., Giorio C., Tapparo A. (2009). Translocation of neonicotinoid insecticides from coated seeds to seedling guttation drops: a novel way of intoxication for bees, *Journal of economic entomology* 102: 1808-1815.
109. *Gospodarski list* (2022). Pomor pčela u Međimurju. Available at: <https://gospodarski.hr/rubrike/pcelarstvo-rubrike/pomor-pcela-u-medimurju/> (Pristupljeno: 30.07.2022.).
110. Gošić-Dondo S., Srdić J., Popović Ž., Tanick J. (2018). The population of western corn rootmorm adults in the period 2005-2009. *Selekcija i semenarstvo* 24 (2): 39-48.
111. Gotlin Čuljak T., Jelovčan S., Grubišić D., Juran I., Ilić Buljan M. (2013). Pojava rezistentnosti repičinog sjajnika (*Meligethes spp.*) na piretroide u usjevima uljane repice (*Brassica napus* L.) u Hrvatskoj. *Glasilo biljne zaštite* 13 (5): 379 – 383.
112. Gotlin Čuljak T., Juran I., Grubišić D., Uglješić I., Šinjur H. (2017). Razvoj rezistentnosti repičina sjajnika na piretroide u europskim zemljama. *Glasilo biljne zaštite* 17 (5): 446-454.
113. Gotlin Čuljak T., Klaić T., Okrugić V., Juran I. (2020). Dinamika populacija i seksualni indeks proljetnih repičinih pipa. *Glasilo biljne zaštite* 20 (4): 449-461.

114. Goulson D. (2013). An overview of the environmental risks posed by neonicotinoid insecticides. *Journal of Applied Ecology* 50: 977–987.
115. Grdiša M., Gršić K. (2013). Botanical Insecticides in Plant Protection. *Agriculturae Conspectus Scientificus* 78 (2): 85-93.
116. Greatti M., Barbattini R., Stravis A., Sabatini A. G., Rossi S. (2006). Presence of the a.i. imidacloprid on vegetation near corn fields sown with Gaucho® dressed seeds. *Bulletin of Insectology* 59 (2): 99-103.
117. Gurian-Sherman D. (2017). Alternatives to neonicotinoid insecticide-coated corn seed: agroecological methods are better for farmers and the environment. Center for Food Safety. Available at: www.centerforfoodsafety.org/reports (Pristupljeno: 20.04.2020.).
118. Gylling Data Management Inc. (2023) (ARM ® GDM Software, Revision 2023.3, September 5, 2023 (B =29825); Gylling Data Management Inc.: Brookings, SD, USA, 2023.
119. Hajneman I., Sreš A. (2010). Bayerovo znanje – kvalitetna dorada sjemena. *Sjemenarstvo* 27 (3-4): 165-171.
120. Henry M., Cerrutti N., Aupinel P., Decourtye A., Gayrard M., Odoux J. F., Pissard A., Ruger C., Bretagnolle V. (2015). Reconciling laboratory and field assessments of neonicotinoid toxicity to honeybees. *Proc. R. Soc. B.* 282, 20152110.
121. Hladik L. M., Main R. A., Goulson D. (2018). Environmental Risks and Challenges Associated with Neonicotinoid Insecticides. *Environmental Science & Technology* 52 (6): 3329-3335.
122. Hooven L., Sagli R., Johansen E. (2013). How to Reduce Bee Poisoning from pesticides. A PACIFIC NORTHWEST EXTENSION PUBLICATION, PNW 591, Washington. Available at: <https://catalog.extension.oregonstate.edu/pnw591> PDF, (Pristupljeno: 08.01.2023.).
123. Hopwood J., Vaughan M., Shepherd M., Biddinger D., Mader E., Hoffman Black S., Mazzacano C. (2012). Are neonicotinoids killing bees? A Review of Research into the Effects of Neonicotinoid Insecticides on Bees, with Recommendations for Action. The Xerces Society for Invertebrate Conservation, Portland. Available at: http://cues.cfans.umn.edu/old/pollinators/pdf-pesticides/Are-Neonicotinoids-Killing-Bees_Xerces-Society.pdf (Pristupljeno: 14.03.2020.).
124. Igrc Barčić J. (2007). Kukuruzni moljac. *Glasilo biljne zaštite* 7 (5): 328-335.
125. Igrc Barčić J., Maceljski M. (1997). Kukuruzna zlatica (*Diabrotica virgifera virgifera* Leconte – col: Chrydomelidae) – novi štetnik u Hrvatskom podunavlju. *Agronomski glasnik* 5-6: 429-443.
126. Igrc Barčić J., Maceljski M. (2001). Ekološka zaštita bilja od štetnika. Zrinski, Čakovec.

127. IRAC (2022). The IRAC mode of action classification online. Available at: <https://irac-online.org/modes-of-action/> (Pristupljeno: 16.01.2022.).
128. Iwasa T., Motoyama N., Ambrose T. J., Roe, M. R. (2004). Mechanism for the differential toxicity of neonicotinoid insecticides in the honey bee, *Apis mellifera*. *Crop Protection* 23 (5): 371-378.
129. Ivanek-Martinčić M. (2009). Žičnjaci (Elateridae)-važni štetnici kukuruza. *Glasilo zaštite bilja* 5: 36-42.
130. Ivanek-Martinčić M., Andreato-Koren M., Samobor V., Kramarić S. (2008). Suzbijanje žičnjaka u kukuruzu na području Križevaca. *Fragmenta phytomedica et herbologica* 30 (1-2): 79-91.
131. Ivezić M. (2008). Štetnici ratarskih kultura. U: Najznačajniji štetnici, bolesti i korovi u ratarskoj proizvodnji (ur. Ćosić J.), Poljoprivredni fakultet Osijek, Osijek, str. 3-17.
132. Jakubowska M., Bocianowski J., Nowosad K. (2018). Seasonal Fluctuation of *Agriotes lineatus*, *A. obscurus* and *A. sputator* Click Beetles Caught using Pheromone Traps in Poland. *Plant Protect. Sci.* 54 (2): 118–127.
133. Janjić V. (2005). Fitofarmacija. Društvo za zaštitu bilja Srbije, Beograd.
134. Jašmak K. (1980). Medonosno bilje. Nolit, Beograd.
135. Jensen A.B., Aronstein K., Flores J.M., Vojvodic S., Palacio M.A., Spivak M. (2013). Standard methods for fungal brood disease research. Author manuscript; available in PMC 2013
136. Jeschke P., Nauen R., Schindler M., Elbert A. (2011). Overview of the status and global strategy for neonicotinoids, *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 59: 2897-2908.
137. Johnson R. (2007). Honey Bee Colony Collapse Disorder. Congressional Research Service, 7-5700
138. Juran I. (2015). Velika (*Ceutorhynchus napi* Gyllenhal, 1837) i mala (*Ceutorhynchus pallidactylus* Marsham, 1802) repičina pipa – biologija, ekologija i suzbijanje. Doktorska disertacija, Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet, Zagreb.
139. Juran I., Gotlin Čuljak T., Uglješić I., Đopar K., Grubišić D. (2017). Učinkovitost piretroida u suzbijanju žitnih balaca (*Oulema spp.*). *Glasilo biljne zaštite* 17 (5), 455-459.
140. Juran I., Šumić K., Čačija M. (2021). Mogućnost suzbijanja cvjetnog štitastog moljca prirodnim neprijateljima i boteničkim insekticidima. *Glasilo Future* 4 (4): 01-21.
141. Kadoić Balaško M., Čačija M., Drmić Z., Kolenc M., Lemić D., Virić Gašparić H., Skendžić S., Bažok R. (2019). Entomopatogene nematode u suzbijanju štetnika u ratarstvu. *Glasilo biljne zaštite* 19 (5): 572-582.

142. Kathage J., Castañera P., Alonso-Prados J. L., Gómez-Barberoa M., Rodríguez-Cerezo M. (2017). The impact of restrictions on neonicotinoid and fipronil insecticides on pest management in maize, oilseed rape and sunflower in eight European Union regions. *Pest Management Science* 74 (1): 88–99.
143. Kereši T.B., Sekulić R.R., Čačić N.J., Forgić G.Đ., Marić V.R. (2006). Control of sugar beet pests at early season by seed treatment with insecticides. *Proc. Nat. Sci, Matica Srpska Novi Sad* 110: 195-204.
144. Kereši T., Sekulić R., Konjević A. (2018). Posebna entomologija 1 (Deo – insekti u ratarstvu). Poljoprivredni fakultet Univerziteta u Novom Sadu, Novi Sad.
145. Kezić N., Bubalo D., Grgić Z., Dražić M., Barišić D., Filipi J., Jakopović, I., Ševar M., Krakar D., Tretinjak V. (2014). Priručnik konvencionalne i ekološke poljoprivrede. Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, (priručnik).
146. Kiljanek T., Niewiadowska A., Malysiak M., Posyniak A. (2016). Pesticide poisoning of honeybees: a review of symptoms, incident classification, and causes of poisoning. *J. APIC. SCI.* 60 (2): 5-24. doi 10.1515/JAS-2016-0024
147. Kiljanek T., Niewiadowska A., Malysiak M., Posyniak A. (2021). Miniaturized multiresidue method for determination of 267 pesticides, their metabolites and polychlorinated biphenyls in low mass beebread samples by liquid and gas chromatography coupled with tandem mass spectrometry. *Talanta* 235, 122721, doi.org/10.1016/j.talanta.2021.122721
148. Kovačević V., Rastija M. (2014). Žitarice. Sveučilište J.J. Strossmayera u Osijeku, Poljoprivredni fakultet, Osijek (preuzeto s: <http://www.fazos.unios.hr/upload/documents/ZITARICE%20ud%C5%BEbenik.pdf>; Pristupljeno 17.02.2022.)
149. Kozina A., Bažok R. (2013). Žičnjaci i sovce pozemljuše u krumiru. *Glasilo biljne zaštite* 13 (4): 289-296.
150. Kozina A., Pintar A., Kos T., Lemić D. (2014). Utjecaj lovnih biljaka na sklop i prinos kukuruza u visokoj populaciji žičnjaka. *Glasilo biljne zaštite* 14 (6): 450-457.
151. Krička T., Grbeša D., Varga B., Svečnjak Z. (2010). Proizvodnja biogoriva i njen utjecaj na poljoprivredu. Zbornik radova 43. hrvatskog i 3. međunarodnog simpozij agronoma, Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet, 18.-21.02.2008., Opatija, Hrvatska, str. 17-23.
152. Kulhanek K., Steinhauer N., Rennich K., Caron D.M., Sagili R.R., Pettis J.S., Ellis J.D., Wilson M.E., Wilkes J.T., Tarpu D.R., Rose R., Lee K., Rangel J., vanEngelsdorp D. (2017). A national survey of managed honey bee 2015–2016 annual colony losses in the USA. *Journal of Apicultural Research* 56 (4): 328–340.
153. Kulinčević J. (2016). Pčelarstvo. Partenon, Beograd.

154. Kumar G., Singh S., Nagarajaiah R.P.K. (2020). Detailed Review on Pesticidal Toxicity to Honey Bees and Its Management. IntechOpen. doi: <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.91196>
155. Krupke C. H., Holland J. D., Long E. Y., Eitzer B. D. (2017). Planting of neonicotinoid-treated maize poses risks for honey bees and other non-target organisms over a wide area without consistent crop yield benefit. *Journal of Applied Ecology* 54: 1449–1458.
156. Krupke C.H., Hunt G.J., Eitzer B.D., Andino G., Given K. (2012). Multiple Routes of Pesticide Exposure for Honey Bees Living Near Agricultural Fields. *PLoS ONE* 7.
157. Labrie G., ve Gagnon A., Vanasse A., Latraverse A., Tremblay G. (2020). Impacts of neonicotinoid seed treatments on soil-dwelling pest populations and agronomic parameters in corn and soybean in Quebec (Canada). *PLoS ONE* 15 (2).
158. Lanka S.K., Ottea J.A., Beuzelin J.M., Stout M.J. (2013). Effects of Chlorantraniliprole and Thiamethoxam Rice Seed Treatments on Egg Numbers and First Instar Survival of *Lissorhoptrus oryzophilus* (Coleoptera: Curculionidae). *Journal of Economic Entomology* 106 (1): 181-188. doi: <http://dx.doi.org/10.1603/EC12282>
159. Lanka S. K., Stout M. J., Beuzelin J. M., Oottea J. A. (2014). Activity of chlorantraniliprole and thiamethoxam seed treatments on life stages of the rice water weevil as affected by distribution of insecticides in rice plants. *Pest Management Science* 70 (2): 338-344.
160. Laurino D., Porporato M., Patetta A., Manino A. (2011). Toxicity of neonicotinoid insecticides to honey bees: laboratory test. *Bulletion of Insectology* 64 (1): 107-113.
161. Lee K.V., Steinhauer N., Rennich K., Wilson M.E., Tarpay D.R., Caron D.M., Ros, R., Delaplane K.S., Baylis K., Lengerich E.J., Pettis J., Skinner J.A., Wilkes J.T., Sagili R., vanEngelsdorp D. (2015). A national survey of managed honey bee 2013–2014 annual colony losses in the USA. *Apidologie* 46: 292–305.
162. Lemić D., Bažok R. (2009). Procjena rizika od kukuruzne zlatice *Diabrotica virgifera virgifera* LeConte na području Moslavine. *Agronomski glasnik* 5-6: 337-346.
163. Lopes M.P., Fernandes K.M, Tome H.V.V, Goncalves W.G., Miranda F.R., Serrao J.E., Martins G.F. (2018). Spinosad-mediated effects on the walking ability, midgut, and Malpighian tubules of Africanized honey bee workers. *Pest Manag. Sci.* 74: 1311–1318.
164. Lu C., Warchol M. K., Callahan A. R. (2014). Sub-lethal exposure to neonicotinoids impaired honey bees winterization before proceeding to colony collapse disorder. *Bulletin of Insectology* 67 (1): 125-130.
165. Lužajić R., Puškadija Z., Florijančić T., Opačak A., Bošković I., Jelkić D. (2008). Posjećenost suncokreta (*Helianthus annuus* L.) medonosnom pčelom (*Apis mellifera* L.) u agro-eko sustavu Baranje. *Krmiva* 50 (3): 123-128.

166. Maceljski M. (1995). Štete od štetočinja u Hrvatskoj. Glasnik zaštite bilja 18 (6): 261-265.
167. Maceljski M. (2002). Poljoprivredna entomologija. Zrinski, Čakovec.
168. Maceljski M., Cvjetković B., Igrc Barčić J., Ostojić Z. (1997). Priručnik iz zaštite bilja (za zaposlene u poljoprivrednim ljekarnama). Zavod za zaštitu bilja u poljoprivredi i šumarstvu Republike Hrvatske, Zagreb.
169. Maceljski M., Cvjetković B., Ostojić Z., Igrc Barčić J., Pagliarini N., Oštrec Lj., Barić K., Čizmić, I. (2004). Štetočinje povrća. Zrinski, Čakovec.
170. Maini S., Medrzycki P., Porrini C. (2010). The puzzle of honey bee losses: a brief review. Bulletin of Insectology 63 (1): 153-160.
171. Manjula H.B., Parashivamurthy., Siddaraju R., Harish M.S. (2021). Study the influence of new azadiractin products on seed storability of cowpea [*Vigna unguiculata* (L.) Walp]. The Pharma Innovation Journal 10 (10): 1261-1263.
172. Marčić D., Ogurlić I., Prijović M., Perić P. (2009). Effectiveness of Azadirachtin (NeemAzal-T/S) in Controlling Pear Psylla (*Cacopsylla pyri*) and European Red Mite (*Panonychus ulmi*). Pestic. Phytomed. 24: 123-131.
173. Marie P.F.S. (2003). Efficacy of spinosad against cherry fruit flies in Washinfnton State. Zbornik predavanj in referatov 6. slovenskega posvetovanja o varstvu rastlin, Zreče, str. 211-2018.
174. Matović K., Žarković A., Debeljak Z. (2007). Američka kuga pčelinjeg legla. Veterinarski specijalistički institut „Kraljevo“, Kraljevo.
175. Migdał P., Roman A., Popiela-Pleban E., Kowalska-Góralaska M., Opaliński S. (2018). The Impact of Selected Pesticides on Honey Bees. Pol. J. Environ. Stud. 27 (2): 787-792. doi: 10.15244/pjoes/74154
176. Ministarstvo poljoprivrede (2019). Nacionalni pčelarski program za razdoblje od 2020. do 2022. godine. Available at: <https://poljoprivreda.gov.hr/UserDocsImages/dokumenti/poljoprivreda/pcelarstvo/Nacionalni%20p%C4%8Derlarski%20program%202020.-2022.pdf> (Pristupljeno: 12.01.2022.).
177. Mirjanić G., Mitrić S. (2012). Uticaj pesticida na medonosnu pčelu. Proceedings of 47th Croatian and 7th International Symposium on Agriculture, 13.-17.02.2012., Opatija, Hrvatska, str. 605–609.
178. Mirjanić G., Mladenović M. (2012). Različita ishrana pčela i njen utjecaj na prinos meda. 47th Croatian and 7th International Symposium on Agriculture, 13.-17.02.2012., Opatija, Hrvatska, str. 610–613.

179. Mirjanić G., Nedić N. (2016). Utjecaj godine i vrste hrane na konzumaciju hrane zimskih pčela. XXI SAVETOVANJE O BIOTEHNOLOGIJI, Zbornik radova 21(24): 587-591.
180. Mitchell E., Mulhauser B., Mulot M., Mutabazi A., Glauser G., Aebi A. (2017). A worldwide survey of neonicotinoids in honey. *Science* 358 (6359): 109-111.
181. Moisset B., Buchmann S. (2011). *Bee Basics: An Introduction on Our Native Bees*. A USDA Forest Service and Pollinator Partnership Publication, U: Stritch L., Washington, D.C.
182. Momirovski J., Šimić F. (1953). *Pčelinja paša*. Poljoprivredni nakladni zavod, Zagreb.
183. Morandin L.A., Winston M.L., Franklin M.T., Abbot V.A. (2005). Lethal and sub-lethal effects of spinosad on bumble bees (*Bombus impatiens* Cresson). *Pest Manag. Sci.* 61: 619–626.
184. Moretti E.A., Taylor A.G., Wickings K., Nault B.A. (2021). Insights into How Spinosad Seed Treatment Protects Onion From Onion Maggot (Diptera: Anthomyiidae). *Journal of Economic Entomology* 114 (2): 694–701.
185. Morse R.A., Calderone N.W. (2020). The Value of Honey Bees as Pollinators of U.S. Crops in 2000. Available at: <https://www.beyondpesticides.org/assets/media/documents/pollinators/documents/ValueofHoneyBeesasPollinators-2000Report.pdf> (Pristupljeno: 06.02.2022.).
186. Mota-Sanchez D., Cregg B.M., McCullough D.G., Poland T.M., Hollingworth R.M. (2009). Distribution of trunk-injected ¹⁴C-imidacloprid in ash trees and effects on emerald ash borer (Coleoptera: Buprestidae) adults. *Crop Protection* 28: 655–661.
187. Müller C. (2018). Impacts of sublethal insecticide exposure on insects—Facts and knowledge gaps. *Basic Appl. Ecol.* 30, 1–10.
188. Mullin C.A., Frazier M., Frazier J.L., Ashcraft S., Simonds R., vanEngelsdorp D., Pettis J.S. (2010). High Levels of Miticides and Agrochemicals in North American Apiaries: Implications for Honey Bee Health. *PLoS ONE* 5 (3). doi: 10.1371/journal.pone.0009754
189. Natureneem (2022). Application of Neem in Agriculture. Available at: <https://natureneem.com/en/solutions/agriculture> (Pristupljeno: 16.01.2022.).
190. Nault B.A., Straubb R.W., Taylor A.G. (2006). Performance of novel insecticide seed treatments for managing onion maggot (Diptera: Anthomyiidae) in onion fields. *Crop Protection* 25: 58–65.
191. Nielsen H. (2005). *Danish Pesticide Use Reduction Programme - to Benefit the Environment and the Health*. PAN-Europe, London
192. Oerke E. C. (2006). Crop losses to pests. *The Journal of Agricultural Science* 144 (01): 31-43.

193. Oerke E.C., Dehne H.W., Schonbeck F., Weber A. (1994). Crop production and crop protection estimated losses in major food and cash crops. Amsterdam: Elsevier Science.
194. Oliveira C.M., Auad A.M., Mendes S.M., Frizzas M.R. (2014). Crop losses and the economic impact of insect pests on Brazilian agriculture. *Crop Protection* 56: 50-54.
195. Oliveira R.L., Gontijo P.C., Samia R.R., Carvalho G.A. (2019). Long-term effects of chlorantraniliprole reduced risk insecticide applied as seed treatment on lady beetle *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae). *Chemosphere* 219.
196. Parvez, M., Bashir, A., Farukh H., Javid A., Sher, M., Sudhair, A., Said, H., Israr A. (2014). Phytotoxicity Study of *Euphorbia granulata* Forssk against *Lemna minor* and Radish Seeds. *Life Science Journal* 11(6s)
197. Pavliček D., Bilandžić N., Tlak Gajger I., Denžić Lugomer M. (2021). Uporaba neonikotinoida i praćenje njihovih rezidua u medonosnim pčelama i pčelinjim proizvodima. *Vererinarska stanica* 52 (5): 565-577.
198. Pes P.M., Melo A.A., Stacke R.S., Zanella R., Perini C.R., Silva F.M.A., Guedes J.C.V. (2020). Translocation of chlorantraniliprole and cyantraniliprole applied to corn as seed treatment and foliar spraying to control *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). *PLoS ONE* 15(4). doi.org/10.1371/journal.pone.0229151
199. Pisa L.W., Amaral-Rogers V., Belzunces L.P., Bonmatin, J.M., Downs C.A., Goulson D., Kreutzweiser D.P.; Krupke C., Liess M., McField M., Morrissey C.A., Noome D.A., Settele J., Simon-Delso N., Stark J.D., Van der Sluijs J.P., Van Dyck H., Wiemers M. (2015). Effects of neonicotinoids and fipronil on non-target invertebrates. *Environ Sci Pollut Res* 22:68–102.
200. DOI 10.1007/s11356-014-3471-x
201. Pistorius J., Brobyn T., Campbell P., Forster R., Lortsch J., Marolleau F., Maus C., Lückmann J., Suzuki H., Wallner K., Beckee R. (2011). Assessment of risks to honey bees posed by guttation. 11th International Symposium of the ICP-BR Bee Protection Group, November 2-4, Wageningen, The Netherlands.
202. Plavša N., Nedić N. (2015). *Praktikum iz pčelarstva*. Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet, Novi Sad.
203. Popov C., Trotuș E., Vasilescu S., Bărbulescu A., Râșnoveanu L. (2006). Drought effect on pest attack in field crops. *Romanian agricultural research* 23: 43-52.
204. Pospišil A. (2010). *Ratarstvo*, I. dio. Zrinski. Čakovec.
205. Prđun S. (2017). Skupljačka aktivnost pčelinje zajednice na paši i sastav nektara i meda unšijske mandarine (*Citrus unshiru* Marc). Doktorska disertacija, Sveučilište u Zagrebu Agronomski Fakultet, Zagreb.

206. Puškadija Z., Spiljak L., Kovačić M. (2017). Late winter feeding stimulates rapid spring development of carniolan honey bee colonies (*Apis mellifera carnica*). *Poljoprivreda* 23 (2): 73-77.
207. Rani D.S., Rao P.M., Krishnamma K. (2020). Efficacy of chlorantraniliprole 625g/L FS (Lumivia) for the management of stem borer and leaf folder in direct seeded rice. *International Journal of Chemical Studies* 8 (4): 1673-1680. doi.org/10.22271/chemi.2020.v8.i4q.9851
208. Raspudić E. (2014). Insekticidi u zaštiti bilja. Poljoprivredni fakultet u Osijeku Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Osijek. Available at: http://www.agroekologija.com/agri-conto-cleen/wp-content/uploads/2015/03/Insekticidi_u_zastiti_bilja.pdf; (Pristupljeno: 17.01.2022.).
209. Razinataj M., Faez R., Gharanjiki A. (2021). Iranian Journal of Cotton Researches 8 (2): 181-192.
210. R Core Team. (2020). R: A Language and Environment for Statistical Computing; R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria. <https://www.R-project.org>
211. Reddy G.V.P., Tangtrakulwanich K., Wu S., Miller J. H., Ophus V.L., Prewett J., Jaronski S. T. (2014). Evaluation of the effectiveness of entomopathogens for the management of wireworms (Coleoptera: Elateridae) on spring wheat. *Journal of Invertebrate Pathology* 120: 43-49.
212. Rešić I. (2013). Štetnici šećerne repe. *Glasilo zaštite bilja* 4: 69-75.
213. Reuters (2021) France to ease pesticide ban for sugar beet to curb crop losses. Available at: <https://www.reuters.com/article/us-france-sugar-pesticides-idUSKCN2521OF>, (Pristupljeno: 11.02.2021.).
214. Rezistentnost-szb: Monitoring rezistentnosti štetnih organizama na sredstva za zaštitu bilja za razdoblje od 2018. do 2020. godine. Available at: <https://rezistentnost-szb.hr/>. (Pristupljeno: 14.11.2022.).
215. Ritter C., Richter E. (2013). Control methods and monitoring of *Agriotes* wireworms (Coleoptera: Elateridae). *Journal of Plant Diseases and Protection* 120 (1): 4-15.
216. Rortais A., Arnold G., Halm M-P., Touffet-Briens F. (2005). Modes of honeybees exposure to systemic insecticides: estimated amounts of contaminated pollen and nectar consumed by different categories of bees. *Apidologie* 36 (1): 71-83.
217. Ruttner, F. (1988). Biogeography and taxonomy of honeybees. Springer Verlag, Heidelberg, Berlin, New York.
218. Sanchez-Bayo F., Goka K. (2016). Impacts of Pesticides on Honey Bees. *Beekeeping and Bee Conservation - Advances in Research*. doi: 10.5772/62487

219. Sandrock C., Tanadini M., Tanadini L. G., Fauser-Misslin A., Potts S. G., Neumann P. (2014). Impact of Chronic Neonicotinoid Exposure on Honeybee Colony, Performance and Queen Supersedure. *PLoS ONE* 9 (8): 1-13.
220. Savary S., Willocquet L., Pethybridge S.J., Esker P., McRoberts N., Nelson A. (2019). The global burden of pathogens and pests on major food crops. *Nature Ecology & Evolution* 3: 430–439.
221. Schneider C.W., Tautz J., Grünewald B., Fuchs S. (2012). RFID Tracking of Sublethal Effects of Two Neonicotinoid Insecticides on the Foraging Behavior of *Apis mellifera*. *PLoS ONE* 7(1)
222. Seeley T. D. (1995). *The wisdom of the hive: the social physiology of honey bee colonies*. Harvard University Press, Cambridge, MA
223. Seitz N., Traynor K.S., Steinhauer N., Rennich K., Wilson M.E., Ellis J.D., Rose R., Tarpy D.R., Sagili R.R., Caron D.M., Delaplane K.S., Rangel J., Lee K., Baylis K., Wilkes J.T., Skinner J.A., Pettis J.S., vanEngelsdorp D. (2016). A national survey of managed honey bee 2014–2015 annual colony losses in the USA. *Journal of Apicultural Research*.
224. Sgolastra F., Porrini C., Maini S., Bortolotti L., Medrzycki P., Mutinelli F, Lodesani M. (2017). Healthy honey bees and sustainable maize production: why not? *Bulletin of Insectology* 70 (1): 156-160.
225. Sharma A., Shrestha G., Reddy G.V.P. (2019). Trap Crops: How Far We Are From Using Them in Cereal Crops? *Annals of the Entomological Society of America* 112 (4): 330–339.
226. Shimanuki H., Knox D.A. (2000). *Diagnosis of Honey Bee Diseases*. U.S. Department of Agriculture, Agriculture Handbook No. AH–690, 61 pp.
227. Simon-Delso N., Amaral-Rogers V., Belzunces L. P., Bonmatin J. M., Chagnon M., Downs C., Furlan L., Gibbons D. V., Giorio C., Girolami V., Goulson D., Kreutzweiser D. P., Krupke C.H., Liess M., Long E., McField M. Mineau P., Mitchell E. A. D., Morrissey C. A., Noome D. A., Pisa L., Settele J., Stark J. D., Tapparo A., Van Dyck H., Van Praagh J., Van der Sluijs J. P., Whitehorn P. R., Wiemers M. (2015). Systemic insecticides (neonicotinoids and fipronil): trends, uses, mode of action and metabolites. *Environmental Science Pollution Research* 22: 5–34.
228. Sivčev I., Kljajić P., Kostić M., Sivčev L., Stanković S. (2012). Management of Western Corn Rootworm (*Diabrotica virgifera virgifera*). *Pestic. Phytomed* 27 (3): 189–201.
229. Sivčev I.L., Tóth M., Tomašev I., Ujváry I. (2006). Effectiveness of different trap design in mass trapping of *Bothynoderes punctiventris* Germar. *Zbornik Matice srpske za prirodne nauke / Proc. Nat. Sci.* 110: 205-212.

230. Sjoberg D., Baillie M., Fruechtenicht C., Haesendonckx S., Treis T. (2024). ggsurvfit: Flexible Time-to-Event Figures. R package version 1.0.0, <https://www.danielsjoberg.com/ggsurvfit/>, <https://github.com/pharmaverse/ggsurvfit>.
231. Službeni list Europske unije (2018a). Provedbena uredba Komisije (EU) 2018/784 od 29. svibnja 2018. Available at: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HR/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018R0784&qid=1613760743727&from=HR> (Pristupljeno: 19.02.2021.).
232. Službeni list Europske unije (2018b). Provedbena uredba Komisije (EU) 2018/785 od 29. svibnja 2018. Available at: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HR/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018R0785&qid=1613760877413&from=HR> (Pristupljeno: 19.02.2021.).
233. Službeni list Europske unije (2020). Provedbena uredba Komisije (EU) 2020/17 od 10. siječnja 2020. Available at: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HR/TXT/PDF/?uri=CELEX:32020R0017&from=HR> (Pristupljeno: 19.02.2022.).
234. Službeni list Europske unije (2020a). Provedbena uredba Komisije (EU) 2020/23 od 13. siječnja 2020. Available at: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HR/TXT/PDF/?uri=CELEX:32020R0023&qid=1613761027091&from=HR> (Pristupljeno: 19.02.2021.).
235. Službeni list Europske unije (2020b). Provedbena uredba Komisije (EU) 2020/1643 od 05. studenoga 2020. Available at: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HR/TXT/PDF/?uri=CELEX:32020R1643&from=HR> (Pristupljeno: 19. 02. 2022.).
236. Službeni list Europske unije (2021). Provedbena uredba Komisije (EU) 2021/795 od 17. svibnja 2021. Available at: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HR/TXT/PDF/?uri=CELEX:32021R0795&from=HR> (Pristupljeno: 07.07.2022.).
237. Službeni list Europske unije (2021a). Provedbena uredba Komisije (EU) 2021/2081 od 26. studenoga 2021. Available at: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HR/TXT/PDF/?uri=CELEX:32021R2081&from=HR> (Pristupljeno: 07.07.2022.).
238. Službeni list Europske unije (2022). Provedbena uredba Komisije (EU) 2022/94 od 24. siječnja 2022. Available at: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HR/TXT/PDF/?uri=CELEX:32022R0094&from=HR> (Pristupljeno: 29.07.2022.).

239. Smith J.L., Baute T.S., Schaafsma A.W. (2020). Quantifying Early-Season Pest Injury and Yield Protection of Insecticide Seed Treatments in Corn and Soybean Production in Ontario, Canada, *Journal of Economic Entomology* 113 (5): 2197–2212.
240. Smith K.M., Loh E.H., Rostal M.K., Zambrana-Torrel C.M., Mendiola L., Daszak P. (2014). Pathogens, Pests, and Economics: Drivers of Honey Bee Colony Declines and Losses. *EcoHealth* volume 10, 434–445. DOI: 10.1007/s10393-013-0870-2
241. Somerville D. (1999). Pollination of apples by honey bees. NSW Agriculture.
242. Stanimirović Z., Stevanović J., Ćirković D. (2008). Mogući uzroci kolapsa pčelinjih zajednica (CCD). U: *Pčelarski žurnal* (ur. Umeljčić I.), Izdavačka kuća Umeljčić, Kragujevac, Srbija, br. 1, str. 2-7.
243. Statistički ljetopis Republike Hrvatske (2018). Available at: https://web.dzs.hr/Hrv_Eng/ljetopis/2018/sljh2018.pdf (Pristupljeno: 03.02.2022.).
244. Steinhauer N., Aurell D., Bruckner S., Wilson M., Rennich K., vanEngelsdorp D., Williams, G. (2021). United States Honey Bee Colony Losses 2020-2021: Preliminary Results Embargoed until Wednesday, June 23th, 2021, 12.00 PM Noon CST. Available at: https://beeinformed.org/wp-content/uploads/2021/06/BIP_2020_21_Losses_Abstract_2021.06.14_FINAL_R1.pdf, (Pristupljeno: 03.02.2022.).
245. Stojanov Popova D., Dimitrov L., Danihlik J., Uzunov A., Golubovski M., Andonov S., Brodschneider R. (2021). Direct Economic Impact Assessment of Winter Honeybee Colony Losses in Three European Countries. *Agriculture* 11 (398) 1-11.
246. Suchail, S; Guez, David; Belzunces, P. L. (2001). Discrepancy between acute and chronic toxicity induced by imidacloprid and its metabolites in *Apis mellifera*, *Environmental Toxicology and Chemistry* 20 (11): 2482-2486.
247. Susurluk A. (2008). Potential of the entomopathogenic nematodes *Steinernema feltiae*, *S. weiseri* and *Heterorhabditis bacteriophora* for the biological control of the sugar beet weevil *Bothynoderes punctiventris* (Coleoptera: Curculionidae). *J Pest Sci.* 81: 221–225.
248. Svečnjak L., Hegić G., Kezić J., Turšić M., Dražić M., Bubalo D., Kezić N. (2008). Stanje pčelarstva u Republici Hrvatskoj. *J. Cent. Eur. Agric.* 9: 475-482.
249. Šimić D. (2012). Zaštita uljane repice (*Brassica napus* L. subsp. *Oleifera* (Metzg.) od korova i štetnika. *Glasnik zaštite bilja* 4: 30-32.
250. Šimić F. (1980). Naše medonosno bilje. Znanje, Zagreb.
251. Tan J., Galligan J.J., Hollingworth R.M. (2007). Agonist actions of neonicotinoids on nicotinic acetylcholine receptors expressed by cockroach neurons. *NeuroToxicology* 28: 829-842.

252. Tang J., Ma C., Shi X., Chen X., Liu Z., Wang H., Chen C. (2020). A National Survey of Managed Honey Bee Colony Winter Losses (*Apis mellifera*) in China (2013–2017). *Diversity* 12 (318): 1-14.
253. Tapparo A., Marton D., Giorio C., Zanella A., Soldà L., Marzaro M., Vivan L., Girolami V. (2012). Assessment of the environmental exposure of honeybees to particulate matter containing neonicotinoid insecticides coming from corn coated seeds, *Environmental Science & Technology* 46 (5): 2592-2599.
254. Therneau T. (2024). A Package for Survival Analysis in R. R package version 3.5-8, <https://CRAN.R-project.org/package=survival>.
255. Thomson H.M. (2010). Risk assessment for honey bees and pesticides: recent developments and 'new issues'. *Pest Manag Sci* 66: 1157–1162.
256. Tirado R., Simon G., Johnston P. (2013). Bees in Decline. A review of factors that put pollinators and agriculture in Europe at risk, Greenpeace Research Laboratories, University of Exeter, UK.
257. Tlak Gajger I. (2017) Prepoznavanje bolesti medonosne pčele. Hrvatski pčelarski savez. Available at: http://www.veterinarstvo.hr/UserDocsImages/Zdravlje_zivotinja/p%C4%8Dele%20i%20bumbari/BRO%C5%A0URA%20O%20P%C4%8CELINJIM%20BOLESTIMA.PDF, (Pristupljeno: 15.01.2022.).
258. Tlak Gajger I., Tomljenović Z., Petrinc Z. (2010). Monitoring health status of Croatian honey bee colonies and possible reasons for winter losses. *Journal of Apicultural Research and Bee World* 49 (1): 107-108.
259. Tomizawa M., Casida J.E. (2003). Selective toxicity of neonicotinoids attributable to specificity of insect and mammalian nicotinic receptors. *Annu. Rev. Entomol.* 48: 339-364.
260. Tomizawa M., Casida J. E. (2005). Neonicotinoid insecticide toxicology: Mechanisms of Selective Action. *Annual Review of Pharmacology and Toxicology* 45: 247–268.
261. TopCrop Manager (2016). PMRA approves Lumivia seed treatment. Available at: <https://www.topcropmanager.com/pmra-approves-lumivia-seed-treatment-19460/> (Pristupljeno: 14.04. 2021.).
262. Tóth M., Furlan L. (2005). Pheromone composition of European click beetle pests (Coleoptera: Elateridae): common components – selective lures. *U: Insect Pathogens and Insect Parasitic Nematodes: Melolontha. IOBC/wprs Bulletin* 28 (2): 133-142.
263. Tóth M., Furlan L., Campagn, G., Imrei Z., Sivcev I., Tomasev I., Ujváry I. (2007). Aggregation attractants for the sugar-beet weevils *Bothynoderes punctiventris* and *Conorrhynchus mendicus* (Coleoptera, Curculionidae, Cleoninae): application

- opportunities. Integrated Control of Soil Insect Pests IOBC/wprs Bulletin 30 (7): 125-131.
264. Triboni J.B., Del Bem L. Junior, Raetano C.G., Negrisoli M.M. (2019). Effect of seed treatment with insecticides on the control of *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) in soybean. Arq. Inst. Biol., 86 (1-6). doi: 10.1590/18081657000332018
 265. Tportal.hr (2022). Novi pomor: Na Bilogori uginuli milijuni pčela, sve inspekcije na terenu. Available at: <https://www.tportal.hr/vijesti/clanak/novi-pomor-na-bilogori-uginuli-milijuni-pcela-sve-inspekcije-na-terenu-20220601> (Pristupljeno: 30.07.2022.).
 266. Trkulja V., Ivandija T., Marić Ivandija B. (2013). Sredstva ta zaštitu bilja. U: Glasnik zaštite bilja (ur. Lučić K.) 36 (2-3): 1-324.
 267. Umeljić V. (2006). Pčelarstvo. Verokjub Umeljić, Kragujevac.
 268. Walters, K.F.A. (2016). Neonicotinoids, bees and opportunity costs for conservation. Insect Conservation and Diversity 9: 375–383.
 269. Wei J., Brau F., Damman P., Draux A., Hua H-A.B., Wu Z., Wu J. (2022). Trade-off mechanism of honey bee sucking and lapping. Soft Matter. doi: 10.1039/d2sm00361a
 270. Wei J., Huo Z., Gorb S.N., Rico-Guevara A., Wu Z., Wu J. (2020). Sucking or lapping: facultative feeding mechanisms in honeybees (*Apis mellifera*). Published by the Royal Society. doi.org/10.1098/rsbl.2020.0449
 271. Wickham H. (2016). ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis. Springer-Verlag New York, 2016.
 272. Wollweber D., Tietjen K. (1999). Chloronicotinyl Insecticides: A Success of the New Chemistry. U: Nicotinoid Insecticides and the Nicotinic Acetylcholine Receptor (ur. Yamamoto I., Casida J.E.), Springer – Verlag Tokyo, str. 109-125.
 273. Wood T.J., Goulson D. (2017). The environmental risks of neonicotinoid pesticides: a review of the evidence post 2013. Environmental Science Pollution Research 24: 17285–17325.
 274. Valavanidis A. (2018). Neonicotinoid insecticides. Banned by the European Union in 2018 after scientific studies concluded that harm honey bees. Available at: https://www.researchgate.net/publication/325988661_Neonicotinoid_Insecticides_Banned_by_the_European_Union_in_2018_after_Scientific_Studies_Concluded_their_Use_Harm_Honey_Bees (Pristupljeno: 23.03.2020.).
 275. Vanbergen A.J. (2013). Threats to an ecosystem service: pressures on pollinators. Front Ecol Environ. The Ecological Society of America.
 276. Van Dijk T.C. (2010). Effects of neonicotinoid pesticide pollution of Dutch surface water on non-target species abundance. MSc thesis, Utrecht University, Utrecht.

277. van der Steen J.J.M. (2015). The Foraging Honey Bees. BBKA News incorporating The British Bee Journal.
278. van der Zee R., Brodschneider R., Brusbardis V., Charrière J-D., Chlebo R., Coffey M.F., Dahle B., Drazic M.M., Kauko L., Kretavicius J., Kristiansen P., Mutinelli F., Otten C., Peterson M., Raudmets A., Santrac V., Seppälä A., Soroker V., Topolska G., Vejsnæs F., Gray A. (2014). Results of international standardised beekeeper surveys of colony losses for winter 2012-2013: analysis of winter loss rates and mixed effects modelling of risk factors for winter loss. *Journal of Apicultural Research* 53 (1): 19-34.
279. vanEngelsdorp D., Hayes J., Underwood R.M., Pettis J. (2010). A survey of honey bee colony losses in the United States, fall 2008 to spring 2009. *Journal of Apicultural Research* 49 (1): 7-14.
280. vanEngelsdorp D., Hayes J.Jr., Underwood R.M., Pettis J. (2008). A Survey of Honey Bee Colony Losses in the U.S., Fall 2007 to Spring 2008. *PLoS ONE* 3 (12): 1-6.
281. vanEngelsdorp D., Underwood R., Caron D., Hayes J.Jr. (2007.). An Estimate of Managed Colony Losses in the Winter of 2006 – 2007: A Report Commissioned by the Apiary Inspectors of America. *American Bee Journal*.
282. van Herk W.G., Vernon R.S., Bobbi V., Snow S., Fortier J., Fortin C. (2015). Contact behaviour and mortality of wireworms exposed to six classes of insecticide applied to wheat seed. *Journal of Pest Science* 4: 717-739 .
283. van Herk W.G., Vernon R.S., Tolmanm J.H., Ortiz Saavedra, H. (2008). Mortality of a Wireworm, *Agriotes obscurus* (Coleoptera: Elateridae), after Topical Application of Various Insecticide. *J. Econ. Entomol.* 101 (2): 375-383.
284. Vasilj Đ. (1973). Uloga transformacija u analizi varijance. *Agronomski glasnik*, 35 (1-2), 85-92. Available at: <https://hrcak.srce.hr/172921> (Pristupljeno: 12.04.2024.).
285. Večernji list (2022). Provedena istraga o uginulim pčelama u Međimurju: Pronađene tvari koje su zabranjene u Hrvatskoj. Available at: <https://www.vecernji.hr/vijesti/provedena-istraga-o-uginulim-pcelama-u-medimurju-pronadene-tvari-koje-su-zabranjene-u-hrvatskoj-1582661/galerija-508910?page=1> (Pristupljeno: 30.07.2022.).
286. Veres A., Wyckhuys K.A.G., Kiss J., Toth F., Burgio G., Pons X., Avilla C., Vidal S., Razinger J., Bažok R., Matyjaszczyk E., Milosavljević I., Vi Le J., Zhou W., Zhu Z.R., Tarno H., Hadi B., Lundgren J., Bonmatin J.M., van Lexmond M.B., Aebi A., Rauf A., Furlan L. (2020). An update of the Worldwide Integrated Assessment (WIA) on systemic pesticides. Part 4: Alternatives in major cropping systems. *Environmental Science and Pollution Research*.

287. Vernon R.S., Van Herk W., Tomnan J. (2005). European wireworms (*Agriotes spp.*) in North America: Distribution, damage, monitoring, and alternative integrated pest management strategies. *Insect Pathogens and Insect Parasitic Nematodes: Melolontha*, IOBC/wprs Bulletin 28 (2): 73-79.
288. Villegas J.M., Wilson B.E., Stouta M.J. (2019). Efficacy of reduced rates of chlorantraniliprole seed treatment on insect pests of irrigated drill-seeded rice. *Pest Manag Sci.* doi 10.1002/ps.5437
289. Vinceković M., Jurić S., Ivanovski D., Virić Gašparić H., Vlahovićek-Kahlona K., Lemić D. (2021). Potencijal primjene inkapsuliranog ulja neem-a u zaštiti bilja. *Glasilo biljne zaštite* 21 (5): 511-522.
290. Virić Gašparić H., Bažok R. (2018.). Tržište zoocida nekad i danas: što se promijenilo u posljednjih 30 godina? *Glasilo biljne zaštite*, 18 (6): 550-557.
291. Virić Gašparić, H., Lemić, D., Drmić, Z., Čačija, M., Bažok, R. (2021). The Efficacy of Seed Treatments on Major Sugar Beet Pests: Possible Consequences of the Recent Neonicotinoid Ban. *Agronomy* 11: 1277.
292. Vojvodić M., Bažok R. (2021). Future of Insecticide Seed Treatment. *Sustainability* 13 (16), 8792.
293. Vojvodić M., Bubalo, D. (2017). Rad na siguran način u pčelarskoj proizvodnji. *Sigurnost* 59 (4): 381-390.
294. Vojvodić M, Virić Gašparić H., Čačija M., Lemić D., Bažok R. (2021). Zabrana neonikotinoidea u ratarskim kulturama, uzroci i posljedice. *Glasilo biljne zaštite* 21 (5): 456-475.
295. Vratarić M., Sudarić A. (2009). Važnije bolesti i štetnici na soji u Republici Hrvatskoj. *Glasnik zaštite bilja* 6: 6-23.
296. Zhang Z., Xu C., Ding J., Zhao Y., Lin J., Liu F., Mu W. (2019). Cyantraniliprole seed treatment efficiency against *Agrotis ipsilon* (Lepidoptera: Noctuidae) and residue concentrations in corn plants and soil. *Pest Manag Sci.* 75: 1464–1472.
297. Zima D. (2007). Prilog poznavanju medonosnog bilja Hrvatske. *Agronomski glasnik* 2: 147-160.

ŽIVOTOPIS

Milorad Vojvodić rođen je 7. lipnja 1969. godine u Zadru gdje završava osnovnu i srednju školu (Centar za odgoj i usmjereno obrazovanje „Juraj Baraković“ Zadar, smjer: Agrotehničar). Na Visokom gospodarskom učilištu u Križevcima (sada Veleučilište u Križevcima) završava stručni studij poljoprivrede, ratarski smjer (2004. godine) te na Sveučilištu J. J. Strossmayera, Poljoprivrednom fakultetu u Osijeku (sada Fakultet agrobiotehničkih znanosti), završava diplomski studij, smjer Biljna proizvodnja (2011. godine). Uz studij poljoprivrede završava i dodiplomski stručni studij sigurnosti, smjer zaštite na radu (2006. godine), na Visokoj školi za sigurnost, s pravom javnosti, u Zagrebu (sada Veleučilište studija sigurnosti) te Sveučilišni interdisciplinarni specijalistički studij Ekoinženjerstvo na Sveučilištu u Zagrebu, Centru za poslijediplomske studije (2010. godine).

Prva radna iskustva stječe u prodaji osiguranja i u poslovima posredovanja u prometu nekretninama. Radno mjesto u struci, na poslovima stručnog suradnika za zaštitu na radu i zaštitu okoliša u Republici Hrvatskoj te HSE Advisora u inozemstvu (Egipat, Libija, Sirija) dobiva 2006. godine u društvu Geofizika iz Zagreba. Nakon tri godine terenskog rada, 2009. godine se zapošljava u tvrtki INOVINE d.d. Zagreb, na poslovima samostalnog stručnjaka za zaštitu na radu, za zaštitu okoliša i zaštitu od požara te poslovima osiguranja. Jedno vrijeme radio je i na poslovima HSE inženjera u društvu Monting (održavanje i izgradnja energetske postrojenja u Republici Hrvatskoj).

Član je Hrvatskog društva biljne zaštite te Europskog udruženja inženjera sigurnosti. Znanstveni interes usmjeren je na područje entomologije, odnosno uz metode suzbijanja štetnika na poljoprivrednim kulturama. Zbog specifičnosti obrazovanja, znanstveni i stručni interes vezan je i uz zaštitu osoba, kao i zaštitu okoliša prilikom primjene kemijskih sredstava u zaštiti bilja.

Popis radova

1. Vojvodić M., Bažok R. (2021). Future of Insecticide Seed Treatment. Sustainability, 13 (16), 8792
2. Vojvodić M., Skendžić S., Lemić D. (2023). Mogućnost uporabe multispektralnih kamera u poljoprivredi. Glasilo biljne zaštite 23 (3): 391-404.

3. Vojvodić M, Virić Gašparić H., Čačija M., Lemić D., Bažok R. (2021). Zabrana neonikotinoida u ratarskim kulturama, uzroci i posljedice. Glasilo biljne zaštite 21 (5): 456-475.
4. Vojvodić M., Bažok R., Drmić Z., Bubalo D., Žutinić Đ. (2015). Primjena insekticida u ratarskoj proizvodnji na području općine Tovarnik u 2013. godini i zabilježeni gubitci pčelinjih zajednica (The use of insecticides in field crop production in 2013 and observed decline of honey bee colonies in the region of Tovarnik). 50. hrvatski i 10. međunarodni simpozij agronoma. Milan Pospišil (ur.). Zagreb: Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet, Zagreb, Hrvatska, 2015. 210-211.
5. Bažok R., Vojvodić M., Figurić I., Virić Gašparić H., Lemić D., Drmić Z., Čačija M. (2018). Kandidati za zamjenu neonikotinoida za tretiranje sjemena. Glasilo biljne zaštite, 18 (1-dodatak), 70-71.
6. Vojvodić M., Čačija M. (2018). Sigurnost pri provedbi entomoloških istraživanja u agronomiji. 7. Međunarodni stručno-znanstveni skup "Zaštita na radu i zaštita zdravlja" ZBORNIK RADOVA, Snježana Kirin (ur.). Karlovac: Veleučilište u Karlovcu, str. 562-568.
7. Vojvodić M., Bubalo, D. (2017). Rad na siguran način u pčelarskoj proizvodnji. Sigurnost 59 (4): 381-390.
8. Vojvodić M., Bažok R. (2014). Opasnost pri primjeni i rukovanju insekticidima u ratarskoj proizvodnji. 5. Međunarodni stručno-znanstveni skup Zaštita na radu i zaštita zdravlja. Kirin, Snježana (ur.). Karlovac: Veleučilište u Karlovcu, 93-102.
9. Vojvodić M., Kisić I. (2012). Mogućnost korištenja saniranog prostora odlagališta otpada u poljoprivredi - "Šagulje Ivik" Nova Gradiška. Zbornik radova 4. međunarodnog stručno-znanstvenog skupa Zaštita na radu i zaštita zdravlja. Vučinić, Jovan; Kirin, Snježana (ur.). Karlovac: Veleučilište u Karlovcu, 633-642.

PRILOZI

Prilog 1. Anketni upitnik za ratare



ANKETNI UPUTNIK O KORIŠTENJU INSEKTICIDA IZ
SKUPINE NEONIKOTINOIDA U RATARSKOJ
PROIZVODNJI NA PODRUČJU OPĆINE TOVARNIK

I. POLJOPRIVREDNO GOSPODARSTVO	<input type="checkbox"/> OBITELJSKO POLJOPRIVREDNO GOSPODARSTVO				
	<input type="checkbox"/> OBRT				
	<input type="checkbox"/> TRGOVAČKO DRUŠTVO ILI ZADRUGA				
	<input type="checkbox"/> DRUGA PRAVNA OSOBA				
II. OBRADIVE POVRŠINE	UKUPNO		HEKTARA		
	RATARSKE KULTURE				
	stne žitarice				
	kukuruz				
	šećerna repa				
	suncokret				
	soja				
	uljana repica				
III. SIJEME KORIŠTENJO ZA SIJETVU	RNB	KULTURA	SORTA/HIBRID	INSEKTICID I DOZA ZA TRETIRANJE SIJEMENA	SJETVENA NORMA
	1.				
	2.				
	3.				
	4.				
	5.				
	6.				
	7.				
IV. KORIŠTENJE INSEKTICIDI TLJEBOM VEGETACIJE	RNB	KULTURA	INSEKTICID (PRIPRAVAK, FORMULACIJA, AKTIVNA TVAR, KONCENTRACIJA- DOZA)	SUZIJANI ŠTETNIK	VRJEME PRIMJENE
	1.				
	2.				
	3.				
	4.				
	5.				
	6.				
	7.				
V. KORIŠTENJA SIJALICA	RNB	KULTURA	MEHANIČKA ILI PNEUMATSKA (NADTLAČNA, PODTLAČNA)	NADOGRADNJA (da/ne)	
	1.				
	2.				
	3.				
	4.				
	5.				
	6.				
	7.				
VI. PRINOSI	RNB	KULTURA	PRINOSI (t/ha)		
	1.				
	2.				
	3.				
	4.				
	5.				
	6.				
	7.				


Prilog 2. Anketni upitnik za pčelare



ANKETNI UPUTNIK - PČELARSTVO

I. PČELARENJE	<input type="checkbox"/>	OSNOVNA DJELATNOST		
	<input type="checkbox"/>	DOPUNSKA DJELATNOST		
	<input type="checkbox"/>	HOBI		
II. BROJ PČELINJAKA KOŠNICA				
III. VRSTA PČELINJAKA	a	STACIONIRANI		
	b	SELEĆI		
IV. ISPAŠA	RNB	KULTURA	VRIJEME ISPAŠE	KONVENCIONALNA/EKOL OŠLIKA PROIZVODNJA
	1.			
	2.			
	3.			
	4.			
	5.			
	6.			
	7.			
V. PRIHRANA	a	ŠEĆERNI SIRUP		
	b	ŠEĆERNO TIJESTO/POGAČA		
	c	BEZ PRIHRANE		
VI. GUBICI PČELINJAH ZAJEDNICA - SEZONA 2013.	RNB	UZROK	BROJ UGNULIH ZAJEDNICA	MJESEC NASTANKA GUBITKA
	1.	BOLESTI		
	2.	NAMETNICI		
	3.	GLAD		
	4.	KLIMATSKI UVJETI		
	5.	TROVANJE		
	6.	PROBLEMI U ZAJEDNICI		
	7.	NEPOZNATO/OSTALO		
VII. TRETIRANJE PČELINJAH ZAJEDNICA PROTIV BOLESTI NAMETNIKA	RNB	VRSTA TRETIRANJA		VRIJEME TRETIRANJA
	1.			
	2.			
	3.			
	4.			
	5.			
	6.			
	7.			
VIII. BROJ UZMLJENIH ZAJEDNICA, JESEN 2013.				
IX. BROJ ZIMSKIH GUBITAKA ZAJEDNICA				

Prilog 3. Izvješće o rezultatima pretraživanja uzoraka uginulih pčela



HRVATSKI VETERINARSKI INSTITUT ZAGREB
10000 Zagreb Savska cesta 143
Telefon: (01) 6123 600 Telefax: (01) 6190 841
ured@veinst.hr

Zagreb, 28.07.2015
Evidencijska oznaka: 88879

Jedinstveni broj uzorka: Z-37343/2015

Kupac: VETERINARSKA AMBULANTA TOVARNIK, VRLJEVAC 26, 32249 Tovarnik
Središnjica: VETERINARSKA STANICA VUKOVAR D.O.O., BANA JOSIPA JELAČIĆA 97, 32000 Vukovar
Vlasnik: BRANITELJSKA ZADRUGA BUMBAR, SAJMIŠTE 1, 32249 Tovarnik
Proizvođač: nije navedeno
Posjednik: nije navedeno
Veza i podaci iz popratne dokumentacije: 085134

Datum i vrijeme prijema uzorka: 20.07.2015 08:43 Temperatura uzorka na prijemu: nije mjereno
Podaci o uzorkovanju: Datum i vrijeme uzorkovanja: 16.07.2015 Temperatura uzorka na uzorkovanju: nije nave.
Metoda: nije navedeno Mjesto: nije navedeno
Organizacija: nije navedeno Osoba: Milica Aljinović dr.vet.med.

Izvješće o rezultatima pretraživanja: Z-37343/2015

Laboratorijski broj uzorka: Z-I-2-3046/2015
Datum i sat početka pretraživanja: 21.07.2015 08:11 Datum i sat završetka pretraživanja: 28.07.2015 10:15

**Odjel za veterinarsko javno zdravstvo
LABORATORIJ ZA ODREĐIVANJE REZIDUA
REZULTATI PRETRAŽIVANJA**

Uzorak: MED **Količina: 1**

Vrsta pretraživanja: Piretroidi-DPMR

Parametar pretraživanja	Oznaka metode	MJ	MDK	Rezultat
Tetrametrin	SOP Z-I-2-AM 64 Revizija:00	mg/kg	<0,001°	<0,001°
Resmetrin	SOP Z-I-2-AM 64 Revizija:00	mg/kg	<0,005°	<0,005°
Permetrin	SOP Z-I-2-AM 64 Revizija:00	mg/kg	<0,002°	0,003
Fenvalerat	SOP Z-I-2-AM 64 Revizija:00	mg/kg	<0,002°	<0,002°
Fenpropartrin	SOP Z-I-2-AM 64 Revizija:00	mg/kg	<0,002°	<0,002°
Deltametrin	SOP Z-I-2-AM 64 Revizija:00	mg/kg	<0,03	<0,03
Cipermetrin	SOP Z-I-2-AM 64 Revizija:00	mg/kg	<0,05	<0,05
Ciflutrin	SOP Z-I-2-AM 64 Revizija:00	mg/kg	<0,005°	<0,005°
Bifentrin	SOP Z-I-2-AM 64 Revizija:00	mg/kg	<0,01	<0,01
Aletrin	SOP Z-I-2-AM 64 Revizija:00	mg/kg	<0,005°	<0,005°

Vrsta pretraživanja: Organofosforni spojevi-DPMR

Parametar pretraživanja	Oznaka metode	MJ	MDK	Rezultat
Tetraklorvinfos	SOP Z-I-2-AM 64 Revizija:00	mg/kg	<0,001°	<0,001°
Pirazofos	SOP Z-I-2-AM 64 Revizija:00	mg/kg	<0,001°	<0,001°
Propetamfos	SOP Z-I-2-AM 64 Revizija:00	mg/kg	<0,001°	<0,001°
Profenfos	SOP Z-I-2-AM 64 Revizija:00	mg/kg	<0,01	<0,01
Pirimifos-metil	SOP Z-I-2-AM 64 Revizija:00	mg/kg	<0,001°	<0,001°
Paration-metil	SOP Z-I-2-AM 64 Revizija:00	mg/kg	<0,01	<0,01
Paration	SOP Z-I-2-AM 64 Revizija:00	mg/kg	<0,001°	<0,001°
Mevinfos	SOP Z-I-2-AM 64 Revizija:00	mg/kg	<0,002°	<0,002°
Metidation	SOP Z-I-2-AM 64 Revizija:00	mg/kg	<0,02	<0,02
Malation	SOP Z-I-2-AM 64 Revizija:00	mg/kg	<0,02	<0,02
Malaokson	SOP Z-I-2-AM 64 Revizija:00	mg/kg	<0,02	<0,02

GP 19 obrazac 01 – Revizija 07 - Datum: 13.11.2014. Izvješće o rezultatima pretraživanja: Z-37343/2015 Stranica 1 od 4

Vrsta pretraživanja: Organofosforni spojevii-DPMR

Parametar pretraživanja	Oznaka metode	MJ	MDK	Rezultat
Fention	SOP Z-1-2-AM 64 Revizija:00	mg/kg	<0,01	<0,01
Fenitroton	SOP Z-1-2-AM 64 Revizija:00	mg/kg	<0,01	<0,01
Fenklorfos	SOP Z-1-2-AM 64 Revizija:00	mg/kg	<0,001°	<0,001°
Etion	SOP Z-1-2-AM 64 Revizija:00	mg/kg	<0,01	<0,01
Diklorvos	SOP Z-1-2-AM 64 Revizija:00	mg/kg	<0,001°	<0,001°
Diazinon	SOP Z-1-2-AM 64 Revizija:00	mg/kg	<0,01	<0,01
Klorpirifos-metil	SOP Z-1-2-AM 64 Revizija:00	mg/kg	<0,001°	<0,001°
Klorpirifos	SOP Z-1-2-AM 64 Revizija:00	mg/kg	<0,001°	<0,001°
Klorfenvinfos	SOP Z-1-2-AM 64 Revizija:00	mg/kg	<0,01	<0,01
Karbofention	SOP Z-1-2-AM 64 Revizija:00	mg/kg	<0,005°	<0,005°
Bromofos-etil	SOP Z-1-2-AM 64 Revizija:00	mg/kg	<0,001°	<0,001°
Azinfos-etil	SOP Z-1-2-AM 64 Revizija:00	mg/kg	<0,005°	<0,005°
Triazofos	SOP Z-1-2-AM 64 Revizija:00	mg/kg	<0,01	<0,01

Vrsta pretraživanja: Amitraz i kumafos-DPMR

Parametar pretraživanja	Oznaka metode	MJ	MDK	Rezultat
Kumafos	SOP Z-1-2-AM 64 Revizija:00	mg/kg	<0,1	0,139
Amitraz	SOP Z-1-2-AM 64 Revizija:00	mg/kg	<0,2	<0,2

* označava metodu koja je akreditirana

(F) označava metodu koja je u fleksibilnom području akreditacije

Svi podaci o korištenim metodama pretraživanja mogu se dobiti u laboratoriju

Izjava o sukladnosti:

Uzorak **ODGOVARA** prema *Uredbi Europskog parlamenta i Vijeća (EC) 396/2005* o maksimalnim razinama ostataka pesticida u i na hrani i hrani za životinje biljnog i životinjskog podrijetla koja nadopunjuje Direktivu Vijeća 91/414/EEC.

Voditelj laboratorija:
dr.sc. Nina Bilandžić, u zamjenu



Predstojnik:
dr.sc. Mario Mitak, u zamjenu



Izvešće o rezultatima pretraživanja: Z-37343/2015

Laboratorijski broj uzorka: **Z-I-2-3047/2015**

Datum i sat početka pretraživanja: 21.07.2015 08:12

Datum i sat završetka pretraživanja: 28.07.2015 10:23

**Odjel za veterinarsko javno zdravstvo
LABORATORIJ ZA ODREĐIVANJE REZIDUA**

REZULTATI PRETRAŽIVANJA

Uzorak: PČELE

Količina: 1

Vrsta pretraživanja: Organofosforni spojevi-DPMR

Parametar pretraživanja	Oznaka metode	MJ	MDK	Rezultat
Tetraklorvinfos	SOP Z-1-2-AM 64 Revizija:00	mg/kg	<0,001°	<0,001°
Pirazofos	SOP Z-1-2-AM 64 Revizija:00	mg/kg	<0,001°	<0,001°
Propetamfos	SOP Z-1-2-AM 64 Revizija:00	mg/kg	<0,001°	<0,001°
Profenfos	SOP Z-1-2-AM 64 Revizija:00	mg/kg	<0,01	<0,01
Pirimifos-metil	SOP Z-1-2-AM 64 Revizija:00	mg/kg	<0,001°	<0,001°
Paration-metil	SOP Z-1-2-AM 64 Revizija:00	mg/kg	<0,01	<0,01
Paration	SOP Z-1-2-AM 64 Revizija:00	mg/kg	<0,001°	<0,001°
Mevinfos	SOP Z-1-2-AM 64 Revizija:00	mg/kg	<0,002°	<0,002°
Metidation	SOP Z-1-2-AM 64 Revizija:00	mg/kg	<0,02	<0,02
Malation	SOP Z-1-2-AM 64 Revizija:00	mg/kg	<0,02	<0,02
Malaokson	SOP Z-1-2-AM 64 Revizija:00	mg/kg	<0,02	<0,02
Fention	SOP Z-1-2-AM 64 Revizija:00	mg/kg	<0,01	<0,01
Fentrotion	SOP Z-1-2-AM 64 Revizija:00	mg/kg	<0,01	<0,01
Fenklorfos	SOP Z-1-2-AM 64 Revizija:00	mg/kg	<0,001°	<0,001°
Etion	SOP Z-1-2-AM 64 Revizija:00	mg/kg	<0,01	<0,01
Diklorvos	SOP Z-1-2-AM 64 Revizija:00	mg/kg	<0,001°	<0,001°
Diazinon	SOP Z-1-2-AM 64 Revizija:00	mg/kg	<0,01	<0,01
Klorpirifos-metil	SOP Z-1-2-AM 64 Revizija:00	mg/kg	<0,001°	<0,001°
Klorpirifos	SOP Z-1-2-AM 64 Revizija:00	mg/kg	<0,001°	0,003
Klorfenvinfos	SOP Z-1-2-AM 64 Revizija:00	mg/kg	<0,01	<0,01
Karbofention	SOP Z-1-2-AM 64 Revizija:00	mg/kg	<0,005°	<0,005°
Bromofos-etil	SOP Z-1-2-AM 64 Revizija:00	mg/kg	<0,001°	<0,001°
Azinfos-etil	SOP Z-1-2-AM 64 Revizija:00	mg/kg	<0,005°	<0,005°
Triazofos	SOP Z-1-2-AM 64 Revizija:00	mg/kg	<0,01	<0,01

Vrsta pretraživanja: Piretroidi-DPMR

Parametar pretraživanja	Oznaka metode	MJ	MDK	Rezultat
Tetrametrin	SOP Z-1-2-AM 64 Revizija:00	mg/kg	<0,001°	<0,001°
Resmetrin	SOP Z-1-2-AM 64 Revizija:00	mg/kg	<0,005°	<0,005°
Permetrin	SOP Z-1-2-AM 64 Revizija:00	mg/kg	<0,002°	<0,002°
Fenvalerat	SOP Z-1-2-AM 64 Revizija:00	mg/kg	<0,002°	<0,002°
Fenpropartrin	SOP Z-1-2-AM 64 Revizija:00	mg/kg	<0,002°	<0,002°
Deltametrin	SOP Z-1-2-AM 64 Revizija:00	mg/kg	<0,03	<0,03
Opmetrin	SOP Z-1-2-AM 64 Revizija:00	mg/kg	<0,05	<0,05
Ciflutrin	SOP Z-1-2-AM 64 Revizija:00	mg/kg	<0,005°	<0,005°
Bifentrin	SOP Z-1-2-AM 64 Revizija:00	mg/kg	<0,01	<0,01
Alettrin	SOP Z-1-2-AM 64 Revizija:00	mg/kg	<0,005°	<0,005°

Vrsta pretraživanja: Amitraz i kumafos-DPMR

Parametar pretraživanja	Oznaka metode	MJ	MDK	Rezultat
Kumafos	SOP Z-1-2-AM 64 Revizija:00	mg/kg	<0,1	0,015
Amitraz	SOP Z-1-2-AM 64 Revizija:00	mg/kg	<0,2	<0,2

