

Validacija prognoznog modela ECAMON za prognozu kukuruznog moljca (*Ostrinia nubilalis* Hubn. Lepidoptera: Pyralidae)

Zlodi, Monika

Master's thesis / Diplomski rad

2023

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

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:204:048506>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-12**



Repository / Repozitorij:

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
AGRONOMSKI FAKULTET

**VALIDACIJA PROGNOZNOG MODELA ECAMON ZA
PROGNOZU KUKURUZN OG MOLJCA (*Ostrinia nubilalis*
Hubn. Lepidoptera: Pyralidae)**

DIPLOMSKI RAD

Monika Zlodi

Zagreb, rujan, 2023.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
AGRONOMSKI FAKULTET

Diplomski studij:

Fitomedicina

**VALIDACIJA PROGNOZNOG MODELA ECAMON ZA
PROGNOZU KUKURUZN OG MOLJCA (*Ostrinia nubilalis*
Hubn. Lepidoptera: Pyralidae)**

DIPLOMSKI RAD

Monika Zlodi

Mentor:

Prof. dr. sc. Renata Bažok

Zagreb, rujan, 2023.

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
AGRONOMSKI FAKULTET**

**IZJAVA STUDENTA
O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI**

Ja, **Monika Zlodi**, JMBAG 0160141164, rođena 11.09.1998. u Zagrebu, izjavljujem da sam samostalno izradila diplomski rad pod naslovom:

**VALIDACIJA PROGNOZNOG MODELA ECAMON ZA PROGNOZU KUKURUZNOG MOLJCA
(*Ostrinia nubilalis* Hubn. Lepidoptera: Pyralidae)**

Svojim potpisom jamčim:

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

U Zagrebu, dana _____

Potpis studentice

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
AGRONOMSKI FAKULTET

IZVJEŠĆE

O OCJENI I OBRANI DIPLOMSKOG RADA

Diplomski rad studentice **Monike Zlodi**, JMBAG 0160141164, naslova

**VALIDACIJA PROGNOZNOG MODELA ECAMON ZA PROGNOZU KUKURUZNOG MOLJCA
(*Ostrinia nubilalis* Hubn. Lepidoptera: Pyralidae)**

obranjen je i ocijenjen ocjenom _____, dana _____.

Povjerenstvo:

potpisi:

- | | | | |
|----|---------------------------------|--------|-------|
| 1. | prof. dr. sc. Renata Bažok | mentor | _____ |
| 2. | izv. prof. dr. sc. Darija Lemić | član | _____ |
| 3. | prof. dr. sc. Zlatko Svečnjak | član | _____ |

Zahvala

Zahvaljujem se svojoj mentorici, prof. dr. sc. Renati Bažok na vodstvu, pomoći i susretljivosti tijekom izrade ovog diplomskog rada.

Posebno se želim zahvaliti svojim roditeljima koji su mi bili najveća potpora tijekom cijelog školovanja.

Sadržaj

1. Uvod	1
1.1. Cilj rada ili Cilj istraživanja	2
2. Pregled literature	3
2.1. Sistematika i opis.....	3
2.2. Životni ciklus.....	6
2.3. Štete	8
2.4. Prognoza.....	13
2.5. Suzbijanje	13
3. Materijali i metode rada.....	18
3.1. Praćenje pojave leptira u entomološkim kavezima	18
3.2. Praćenje pojave leptira u polju	18
3.2.1. Područje istraživanja	18
3.2.2. Utvrđivanje dinamike pojave leptira.....	21
3.2.3. Utvrđivanje prisutnosti moljca i visine šteta.....	21
3.3. Prognoza pojave po modelu ECAMON.....	22
3.3.1 Prikupljanje meteoroloških podataka	22
3.3.2. Izračun sume efektivnih temperatura.....	22
3.4. Obrada podataka.....	23
4. Rezultati rada	25
5. Rasprava	30
6. Zaključci	33
7. Popis literature	34
Životopis	37

Sažetak

Diplomskog rada studentice **Monike Zlodi**, naslova

VALIDACIJA PROGNOZNOG MODELA ECAMON ZA PROGNOZU KUKURUZNOG MOLJCA (*Ostrinia nubilalis* Hubn. Lepidoptera: Pyralidae)

Kukuruzni moljac (*Ostrinia nubilalis* Hübner) jedan je od najvećih štetnika hrvatske poljoprivrede. Riječ je o štetniku proširenom u svim područjima Hrvatske gdje se uzgaja kukuruz. Uzrokuje smanjenje prinosa od 2 do 25 %, a u godinama povoljnim za njegov razvoj i više. Međutim, kemijsko suzbijanje kukuruznog moljca provodi se samo u sjemenskom kukuruzu i kukuruzu šećercu. Pravilno određivanje optimalnog roka i potrebe suzbijanja u odgovarajuće vrijeme izuzetno je važno. Modeli prognoze predstavljaju važne komponente integriranih strategija upravljanja štetnicima jer se mjere zaštite moraju vremenski uskladiti s ključnim fazama razvoja štetnika. Njima se utvrđuje optimalno vrijeme i opravdanost zaštite od štetnika na određenom području za što je potrebno poznavati podatke o vremenu pojave i brojnosti štetnika. Model ECAMON je višegeneracijski fenološki model koji predviđa razvoj moljca, procjenjuje rizik od zasnivanja populacije i pruža naznake čimbenika stresa povezanih s klimom. Cilj ovog diplomskog rada bio je utvrditi dinamiku izlijetanja leptira prve generacije u kavezima sa starim kukuruzincem, utvrditi dinamiku pojave leptira na feromonskim i BISEX mamcima, utvrditi dinamiku prisutnosti moljca u polju te visinu štete. Temeljem prikupljenih podataka utvrđena je pouzdanost modela prognoze ECAMON za prognoziranje kukuruznog moljca u uvjetima sjeverozapadne Hrvatske. Rezultati istraživanja pokazali su da se dinamika izlijetanja leptira prve generacije uspješno može pratiti pomoću entomoloških kaveza sa starim kukuruzincem. Uz kasno postavljanje, na ulov leptira na mamcima također je utjecala slaba privlačnost kao i vrsta korištenih mamaca. Utvrđivanje prisutnosti moljca i šteta u polju obavljalo se vizualnim pregledima. Dobiveni podaci ukazuju na oštećenja od gusjenica koja su se povećavala tijekom perioda očitavanja. Oštećenja su se povećavala usporedno s rastom sume efektivnih temperatura. Sume efektivnih temperatura kod kojih su utvrđeni početni let leptira, pojava 50 % i pojava 95 % leptira u entomološkim kavezima, uspoređene su s vrijednostima iz ECAMON modela. Utvrđeni podaci ukazuju na neznatno kasniju pojavu prve generacije moljaca u uvjetima sjeverozapadne Hrvatske, u odnosu na predviđanje prve pojave leptira zasnovano na ECAMON modelu.

Ključne riječi: ECAMON, kukuruzni moljac, prognoza, dinamika pojave, štete

Summary

Of the master's thesis – student **Monike Zlodi**, entitled

VALIDATION OF THE ECAMON FORECAST MODEL FOR THE EUROPEAN CORN BORER (*Ostrinia nubilalis* Hubn. Lepidoptera: Pyralidae)

The European Corn Borer (*Ostrinia nubilalis* Hübner) is one of the major pests in Croatian agriculture. It is a pest that has spread to all regions of Croatia where corn is grown. It causes yield reductions ranging from 2 to 25 %, and even more in years favorable for its development. However, chemical control of the European Corn Borer is only carried out in seed corn and sweet corn. Properly determining the optimal timing and necessity for control at the right time is extremely important. Forecasting models are important components of integrated pest management strategies because protective measures must be timed to coincide with the key stages of pest development. They determine the optimal timing and justification for pest control in a specific area, requiring knowledge of weather data and pest population numbers. The ECAMON model is a multi-generational phenological model that predicts the development of the corn borer, assesses the risk of population establishment, and provides indications of climate-related stress factors. The aim of this thesis was to determine the dynamics of the emergence of the first-generation moths in cages with old corn stubble, establish the dynamics of moth appearance on pheromone and BISEX traps, determine the dynamics of corn borer presence in the field, and assess the level of damage. Based on the collected data, the reliability of the ECAMON forecasting model for predicting the European Corn Borer in northwestern Croatia was determined. The research results showed that the dynamics of the emergence of the first-generation moths can be successfully monitored using entomological cages with old corn stubble. Late placement of traps also influenced moth capture on traps, as well as the attractiveness of the bait used. The presence of the corn borer and damage in the field were assessed through visual inspections. The data obtained indicated damage caused by caterpillars, which increased during the monitoring period. Damage increased in parallel with the accumulation of effective temperatures. The effective temperatures at which the initial flight of moths, the appearance of 50 % of moths, and the appearance of 95 % of moths in entomological cages were determined and compared to the values from the ECAMON model. The data showed a slightly later appearance of the first generation of moths in the northwestern Croatia compared to the prediction of the first moth appearance based on the ECAMON model.

Key words: ECAMON, European corn borer, forecast, population dynamic, damages

1. Uvod

Kukuruzni moljac (*Ostrinia nubilalis*, Hübner 1796.) značajan je polifagni štetnik iz porodice plamenaca (lat. Pyralidae). U Sjedinjene Američke Države unesen je početkom dvadesetog stoljeća iz Europe, gdje uzrokuje ozbiljnije štete nego u području otkud potječe (Caffrey i Worthley, 1927). Kukuruzni moljac jedan je od najvećih štetnika hrvatske poljoprivrede, a proširen u svim područjima Hrvatske gdje se uzgaja kukuruz (Maceljski, 2002). Isti autor navodi da vrsta uzrokuje smanjenje prinosa od 2 do 25 %, u godinama povoljnim za njegov razvoj i više. Osim što je ekonomski važan štetnik na ratarskim, velike štete čini i na povrtnim kulturama (CABI, 2021). Štetnik je na povrću u polju, ali i u zaštićenom prostoru, a najveće štete čini na paprici i rajčici, gdje može uništiti 40 do 60 % uroda ako se ne primijeni odgovarajuća zaštita (Welty, 1995).

Problem zaštite od kukuruznog moljca moguće je riješiti jedino suzbijanjem moljca na kukuruzu i to na širem području (Gotlin Čuljak, 2016). Kemijsko suzbijanje provodi se samo u sjemenskom kukuruzu te kukuruzu šećercu (Bažok i sur., 2009). Primjena kemijskih sredstava u odgovarajuće vrijeme izuzetno je važna jer se gusjenice nakon kratkog perioda hranjenja na listu i metlici ubušuju u stabljiku ili klip kukuruza (Ivezić, 2008). Upravo radi kratkog perioda izloženosti gusjenica insekticidima te potrebe da se racionalizira uporaba kemijskih pripravaka, preduvjet uspjeha je pravilno određivanje optimalnog roka i potrebe suzbijanja. Primjena nepotrebne i nepravovremene kemijske zaštite također može dovesti do pojave rezistentnosti, uništavanja korisne entomofaune, te zagađenja okoliša. Primjena insekticida najučinkovitija je u vrijeme početka izlaska gusjenica iz jaja (Maceljski, 2002). Gotlin Čuljak i Juran (2016) navode da insekticide treba primijeniti 10-14 dana nakon najveće pojave leptira, a pragom odluke se smatra 5 % zaraženih biljaka.

Pojavu leptira prve generacije kukuruznog moljca moguće je pratiti sljedećim metodama: praćenjem izlijetanja leptira u kavezima s prošlogodišnjim kukuruzincem, entomološkom lampom, te feromonskim mamcima (Bažok i sur., 2009). Pojava leptira može se prognozirati i uz pomoć meteoroloških podataka, tj. praćenjem srednjih dnevnih temperatura iznad 10 °C od početka godine, te izračunom sume efektivnih temperatura prema Trnka i sur. (2007).

Model ECAMON je višegeneracijski fenološki model koji predviđa razvoj kukuruznog moljca, procjenjuje rizik od zasnivanja populacije i pruža naznake čimbenika stresa povezanih s klimom. Modeli prognoze predstavljaju važne komponente integriranih strategija upravljanja štetnicima jer se mjere zaštite moraju vremenski uskladiti s ključnim fazama razvoja štetnika. Njima se utvrđuje optimalno vrijeme i opravdanost zaštite od štetnika na određenom području za što je potrebno poznavati podatke o vremenu pojave i brojnosti štetnika. Ovaj model nikada nije do sada testiran u Hrvatskoj te nema poznatih podataka o njegovoj pouzdanosti u našim uvjetima.

Dobiveni rezultati ovog rada mogli bi dokazati da se dinamika pojave prve generacije leptira kukuruznog moljca (pojava 50 % i 95 % populacije leptira) može pouzdano utvrditi praćenjem klimatskih podataka i korištenjem fenološkog modela ECAMON.

1.1. Cilj rada ili Cilj istraživanja

1. Prikupiti podatke o srednjim dnevnim temperaturama te izračunati rokove pojave prema modelu ECAMON.
2. Utvrditi dinamiku izlijetanja leptira prve generacije u kavezima sa starim kukuruzincem.
3. Utvrditi dinamiku pojave leptira na feromonskim mamcima postavljenim na tri lokaliteta: Zagreb, Šašincev i Samobor.
4. Utvrditi dinamiku pojave leptira na BISEX mamcima postavljenim na tri lokaliteta: Zagreb, Šašincev i Samobor.
5. Utvrditi dinamiku pojave jaja i gusjenica na lokalitetima (poljima) na kojima su postavljeni feromoni.
6. Temeljem prikupljenih podataka utvrditi pouzdanost modela prognoze ECAMON za prognoziranje kukuruznog moljca u uvjetima sjeverozapadne Hrvatske.

2. Pregled literature

2.1. Sistematika i opis

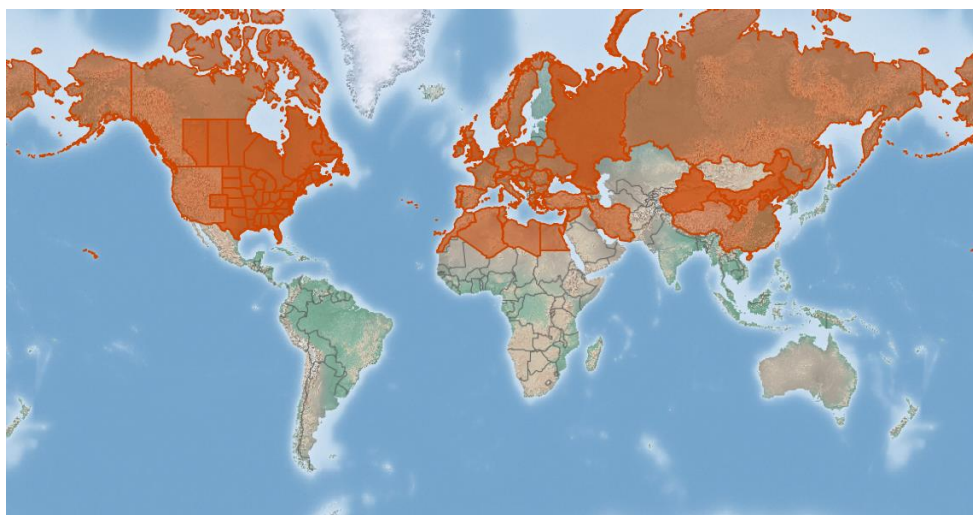
Hübner je 1796. godine prvi puta opisao kukuruznog moljca. Vrsta je kroz povijest bila nazivana različitim imenima: *Pyralis nubilalis* (Hübner, 1796), *Pyralis silacealis* (Hübner, 1796), *Botys lupulinalis* (Guenée, 1854), *Micractis nubilalis* (Warren, 1892), *Anania (Zeaphagus) nubilalis* (Agenjo, 1952) (Caffrey i Worthley, 1927).

Kukuruzni moljac pripada koljenu Arthropoda ili člankonožaca, te razredu Hexapoda (Insecta) odnosno kukaca. Zajednička morfološka odlika svih kukaca je jasno vidljiva segmentacija tijela koja se sastoji od glave (caput), prsa (thorax) i zadka (abdomena), te 3 para nogu, 2 para krila i 1 par ticala. Kukuruzni moljac pripada redu leptira (Lepidoptera), koji je brojem vrsta, drugi najveći red kukaca (Gotlin Čuljak i Juran, 2016; CABI, 2021). Prema Maceljskom (2002), red broji oko 16 000 vrsta, od kojih su mnogi važni poljoprivredni štetnici. Ovaj štetnik unutar reda leptira pripada u porodicu plamenaca (Pyralidae). Ovo je porodica vrlo sitnih leptira, koju karakterizira produžena donjousnena pipala koja stalno drže ispruženima (Gotlin Čuljak i Juran, 2016). Kukuruzni moljac se dalje klasificira unutar roda *Ostrinia*, koji broji 20 vrsta (Mutuura i Munroe, 1970; CABI, 2021). Taksonomija kukuruznog moljca prikazana je u tablici 2.1.

Tablica 2.1. Taksonomija kukuruznog moljca (prema Mutuura i Munroe, 1970)

Razred	Insecta
Red	Lepidoptera
Porodica	Pyralidae
Rod	<i>Ostrinia</i>
Vrsta	<i>Ostrinia nubilalis</i> (Hübner, 1796.)

Kukuruzni moljac štetnik je koji potječe iz Srednje Europe (Capinera, 2020.). Na Balkanu se spominje od 1835. godine kao štetnik prosa (*Panicum miliaceum* L.) na području pokrajine Kranjske (Slovenija) (Caffrey i Worthley, 1927). Prema Babcock i Vance (1929), prvi podaci o masovnim oštećenjima koje je uzrokovao ovaj štetnik na kukuruzu su iz 1879. iz centralnog dijela Europe. Leppik (2011) i Mason i sur. (1996) iznose da je početkom dvadesetog stoljeća štetnik slučajno introducirano u SAD na zaraženim biljkama stočnog sirka (*Sorghum bicolor* L.) iz Mađarske i Italije, a tek 1917. godine je prvi puta u saveznoj državi Massachusetts utvrđeno njegovo prisustvo na biljkama kukuruza. Kukuruzni moljac danas je prema CABI-ju (2021) rasprostranjen u više od 100 država svijeta, i to u većem dijelu Europe, sjevernoj Africi, Aziji, te Sjevernoj Americi (slika 2.1.).



Slika 2.1. Geografska rasprostranjenost kukuruznog moljca (na karti označeno crveno)

Izvor: CABI (2021.)

Kukuruzni moljac srednje je veliki leptir duljine od 14 do 21 mm, s izraženim spolnim dimorfizmom (Caffrey i Worthley, 1927). Kod mužjaka raspon krila varira od 20 do 26 mm, a kod ženki od 25 do 34 mm (Capinera, 2000). Mužjaci su nešto manji i imaju vitkije tijelo u odnosu na ženku (CABI, 2021). Prednji par krila ženke je žutosmeđe boje s tamnosmeđim cik-cak linijama i blijedim mrljama. Kod mužjaka prednji par krila je tamnije smeđe boje s također izraženim nepravilnim linijama preko krila i žućkastim mrljama (slika 2.2.) (Capinera, 2000). Stražnji par krila ženki i mužjaka kukuruznog moljca je svjetlije boje u odnosu na prednja krila. Oba spola imaju produžena donjousnena pipala, što je i karakteristično za ovu porodicu (Maceljski, 2002).



Slika 2.2. Ženka (lijevo) i mužjak (desno) kukuruznog moljca

Izvor: <https://ipm.missouri.edu/pestMonitoring/ecb/identification.cfm>

Novopoložena jaja kukuruznog moljca su mliječno bijele boje (slika 2.3.). Na naličju listova su položena u obliku malih grozdastih nakupina (Gotlin Čuljak, 2016). Ovalna su i spljoštena, promjera oko 1 mm. S vremenom boja jaja može varirati od bež do narančastožute (Capinera, 2000). Neposredno prije izlaženja gusjenica tzv. *blackhead* stadija kroz opnu se mogu vidjeti glave gusjenica, crne boje, koje će ubrzo izaći van (CABI, 2021).



Slika 2.3. Jaja kukuruznog moljca na naličju lista kukuruza

Nakon što izađe iz jaja, ličinka kukuruznog moljca prolazi kroz pet razvojnih stadija. Polipodne ličinke (gusjenice) uz valjkasto i člankovito tijelo, imaju 3 para prsnih i više para abdominalnih nogu, koje im pomažu pri kretanju (Gotlin Čuljak i Juran, 2016). Tek izlegla gusjenica bjeloružičaste je boje, dužine oko 1,5 mm. Gusjenice kasnijih razvojnih stadija postaju prljavo sive, katkad smeđe boje (slika 2.4). Glava im je isprva crne boje, a kako gusjenica raste i razvija se mijenja boju u smeđu (Maceljski, 1999; CABI, 2021). Odrasla gusjenica može doseći 25 mm u duljini i 3,5 mm u širini (Caffrey i Worthley, 1927). Na svakom segmentu tijela, nalaze se četiri tamne pjege iz kojih izlazi po jedna dlačica (Gotlin Čuljak, 2016).



Slika 2.4. Gusjenica kukuruznog moljca na listu kukuruza

Kukuljica je pokrivena (*pupa obtecta*), glatka te specifične svijetlo do tamno smeđe boje (slika 2.5.). Duljine je između 13 – 14 mm i 2 – 2,5 mm širine kod mužjaka, odnosno 16 – 17 mm duljine i 3,5 – 4 mm širine u ženki. Kukuljica može biti obavijena tankom čahuricom (Capinera, 2000).



Slika 2.5. Kukuljica kukuruznog moljca na starom kukuruzincu

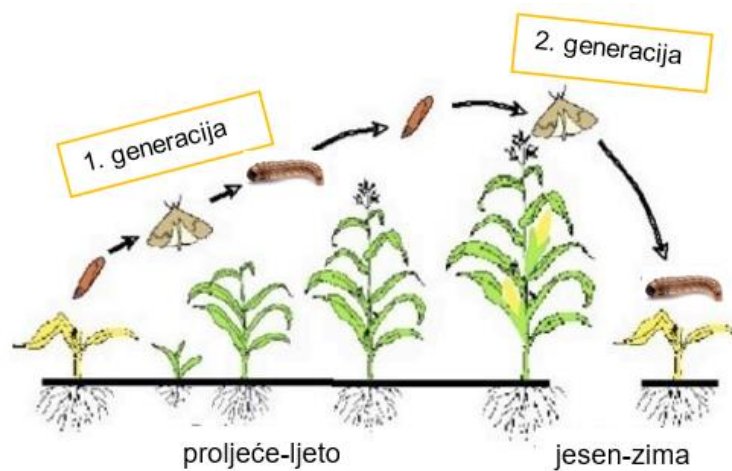
2.2. Životni ciklus

Kukuruzni moljac holometabolni je štetnik. Njegov životni ciklus čine jaja, gusjenice, kukuljice i na kraju odrasli oblik (imago) (slika 2.6.). Broj generacija kukuruznog moljca varira, u sjevernijim područjima ovaj štetnik ima samo jednu generaciju (univoltini), a u južnim i 3 do 4 generacije (multivoltini) (Maceljski, 2002). U našim uvjetima se javljaju dvije generacije kukuruznoga moljca (Raspudić i sur., 2010). Prva generacija leptira započinje s letom u svibnju, a druga sredinom srpnja. Najveća brojnost prve generacije bilježi se od sredine svibnja do sredine lipnja, odnosno od kraja srpnja do sredine kolovoza za drugu generaciju. Gusjenice prve generacije se razvijaju u lipnju, dok se druga generacija gusjenica ponovno javlja u kolovozu (Maceljski, 2002; Gotlin Čuljak i Juran, 2016).

Ženke kukuruznog moljca tijekom noći ispuštanjem spolnog feromona privlače mužjake. Spolni (seksualni) feromoni po sastavu su 11-tetradecinil acetat, ali postoje istočni i zapadni sojevi koji se razlikuju u proizvodnji Z i E izomera. Z soj je mnogo češći, dok je E soj prisutan u tek nekim dijelovima Europe i na istoku SAD-a (Glover i sur., 1987; Linn i sur., 1997). E soj je predominantan na području sjeverozapadne Hrvatske (Bažok i sur., 2009). Nakon kopulacije ženke tijekom noći odlažu jaja na biljku hraniteljicu. Semiokemikalije koje biljke otpuštaju imaju značajnu ulogu u odabiru domaćina prikladnih za ishranu ili polaganje jaja (Renwick i Chew, 1994). Polaganje jaja (ovipozicija) traje od 1 do 28 dana (Poos, 1927). Jaja

polazu pojedinačno, te ih lijepe na površinu lista pomoću sekreta iz abdominalnih žlijezda, slažući ih jedno uz drugo. Na taj način formiraju jajna legla od nekoliko desetina komada (Poos, 1927; Caffrey i Worthley, 1927). Jajna legla u prosjeku sadrže 15-30 jaja (CABI, 2021). Većinu jajne mase ženka odlaže na naličje lista uz glavnu žilu (Suverkropp i sur., 2008). Međutim, jaja se mogu naći i na drugim nadzemnim dijelovima biljke, npr. kod plodovitog povrća ovipozicija se događa izravno na plodu. Za života ženka je sposobna odložiti 500 – 600 jaja (CABI, 2021). Temperaturni prag za razvoj jaja je 15 °C i najčešće traje 4-9 dana (Capinera, 2000). Nakon što se iz jaja razviju gusjenice, one prolaze kroz pet razvojnih stadija. Mlade gusjenice se hrane unutar pazuška lista ili unutar lišća koje još nije potpuno razvijeno (zamotan list), a posebno na metlici. Kada se pojavi metlica, gusjenice se spuštaju niz biljku, te ulaze u stabljiku i klip kukuruza. Temperaturni prag za razvoj gusjenica je 11 °C (Capinera, 2008; CABI, 2021). Prema Matteson i Decker (1965) temperatura je glavni čimbenik koji utječe na brzinu razvoja gusjenice kukuruznog moljca. Izrazito suhi ili vlažni uvjeti uzrokuju veliku smrtnost jaja i mladih gusjenica (CABI, 2021). Najpovoljniji vremenski uvjeti za razvoj gusjenica su pri temperaturi zraka od 27 °C i relativnoj vlazi između 75 i 80 %. Posljednji razvojni stadij gusjenice prezimi u žetvenim ostacima (stabljici kukuruza, dršci klipa i dr.) ili unutar dijelova drugih biljaka kojima se hrane. Gusjenice zadnjeg razvojnog stadija zadnje generacije kod multivoltnih populacija ulaze u fakultativnu dijapauzu uzrokovanu nepovoljnim ekološkim čimbenicima, dok univoltne populacije ulaze u obligatnu dijapauzu koja je genetski uvjetovana (Reardon, 2006). Razvoj kukuljice traje oko 12 dana, a temperaturni prag iznosi 13 °C. Kod odraslog oblika zabilježena je pojava protandrije, odnosno mužjaci se javljaju nekoliko sati ili dana prije ženki (Maceljki, 2002; CABI, 2021). Minimalna temperatura pri kojoj odrasli moljac leti je 13-15 °C, a intenzivno lete pri temperaturama od 18 do 24 °C. Embrionalni razvoj kukuruznog moljca traje 5 do 10 dana, ovisno o temperaturi, a u prosjeku oko 7 dana. Niska vlažnost zraka smanjuje duljinu životnog ciklusa moljca za 60 %, što izravno utječe na ovipoziciju i broj legala (Poos, 1927; Leppik, 2011).

Odrasli su najaktivniji u večernjim satima, a najčešće lete u visini vrha biljaka. Na let i ovipoziciju negativno utječu niske temperature i jake kiše praćene jakim vjetrom, dok slaba kiša stimulira aktivnost štetnika. Određene faze razvoja biljaka su poželjnije za polaganje jaja, a preferiraju one najrazvijenije biljke. Jaja, gusjenice i oštećene biljke kukuruza otpuštaju volatilne komponente koje odbijaju ženke za ponovno odlaganje jaja na biljkama gdje su već prisutna jajna legla i gusjenice (Suverkropp i sur., 2008).



Slika 2.6. Prikaz životnog ciklusa kukuruznog moljca

Izvor: Leppik (2011.)

2.3. Štete

Kukuruzni moljac izraziti je polifag koji napada preko 200 različitih vrsta iz 40 porodica. Međutim, nisu sve vrste pravi domaćini nego postoje tzv. slučajni domaćini na kojima ovaj štetnik nije u mogućnosti završiti životni ciklus (Leppik, 2011). U tablici 2.2. su prikazani preferirani domaćini kukuruznog moljca na kojima može završiti svoj razvoj.

Tablica 2.2. Domaćini kukuruznog moljca na kojima može završiti životni ciklus

Latinski naziv	Hrvatski naziv	Porodica
<i>Avena sativa</i> L.	Zob	Poaceae
<i>Echinochloa crus-galli</i> L.	Koštan	
<i>Hordeum vulgare</i> L.	Ječam	
<i>Setaria viridis</i> L.	Zeleni muhar	
<i>Sorghum bicolor</i> L.	Stočni sirak	
<i>Sorghum halepense</i> L.	Divlji sirak	
<i>Zea mays</i> L.	Kukuruz	
<i>Panicum miliaceum</i> L.	Proso	
<i>Helianthus annuus</i> L.	Suncokret	Asteraceae
<i>Artemisia vulgaris</i> L.	Divlji pelin	
<i>Picris hieracioides</i> L.	Runjikasti jagušac	
<i>Xanthium strumarium</i> L.	Obična dikica	
<i>Capsicum annuum</i> L.	Paprika	Solanaceae
<i>Datura stramonium</i> L.	Datura	

<i>Solanum lycopersicum</i> L.	Rajčica	
<i>Solanum nigrum</i> L.	Crna pomoćnica	
<i>Solanum tuberosum</i> L.	Krumpir	
<i>Amaranthus retroflexus</i> L.	Oštrodlakavi šćir	Amaranthaceae
<i>Chenopodium album</i> L.	Bijela loboda	
<i>Glycine max</i> L.	Soja	Fabaceae
<i>Phaseolus vulgaris</i> L.	Grah	
<i>Humulus lupulus</i> L.	Hmelj	Cannabaceae
<i>Cannabis sativa</i> L.	Industrijska konoplja	
<i>Cucumis melo</i> L.	Dinja	Cucurbitaceae
<i>Gossypium hirsutum</i> L.	Pamuk	Malvaceae
<i>Rumex crispus</i> L.	Kovrčava kiselica	Polygonaceae

Izvor: Caffrey i Worthley (1927); CABI (2021)

Štete uzrokuju gusjenice hraneći se svim nadzemnim dijelovima biljke. Tek izlegle gusjenice hrane se u pazušcu lista ili migriraju prema mladom još smotanom lišću. Kada se list razvije mogu se vidjeti pravilno razmještene rupice u vodoravnoj liniji (slika 2.7.). Porastom vegetacije, gusjenice trećeg razvojnog stadija ubušuju se u stabljiku i klip kukuruza, gdje se nastavljaju hraniti i raditi štete. Gusjenice u stabljikama buše uzdužne hodnike čime onemogućuju kretanje vode i hranjivih tvari u biljci (Hyde i sur., 1999). Također, svojom ishranom i ubušivanjem u stabljiku smanjuju fiziološku aktivnost biljke, te smanjuju sposobnost usvajanja hranjivih tvari. Biljke s oštećenom stabljikom se lako lome, osobito za jačeg vjetra. Ženke mogu odložiti jaja i u metlicu, pa se gusjenice druge generacije hrane njezinim dijelovima. Prelomljene metlice su očiti znak napada i prisutnosti ovog štetnika (Maceljki, 2002).



Slika 2.7. Karakteristična oštećenja na listu kukuruza od gusjenica kukuruznog moljca

Druga generacija napada stabljiku kukuruza koja se lomi i pada na tlo. Gusjenice ove generacije rade štete i na klipovima, hraneći se unutar drške klipa ili na samome zrnju kukuruza (slika 2.8.). Stabljika se lomi pod težinom klipa te dolazi do gubitka prinosa jer je berba otežana (Maceljki, 2002; Raspudić i sur., 2010; Gotlin Čuljak i Juran, 2016).



Slika 2.8. Gusjenica kukuruznog moljca na klipovima kukuruza

Izvor: https://www.researchgate.net/figure/European-corn-borer-pests-of-corn_fig3_348714298

Osim opisanih izravnih šteta, gusjenice kukuruznog moljca uzrokuju i neizravne štete. Oštećenja prouzrokovana ishranom gusjenica pogoduju prodoru različitih gljivica. Dokazana je povećana zaraza fitopatogenom gljivom *Fusarium graminearum* na vrškovima izgrizanih klipova i ostalim oštećenim dijelovima (Maceljki, 2002). Nadalje, istraživanja su dokazala da je kukuruzni moljac sposoban prenijeti bakteriju *Erwinia carotovora*, uzročnika bolesti crne noge krumpira (Anderson i sur., 1981).

Jordan (2008) je utvrdio da gubici prinosa ovise o pojedinoj fazi razvoja u kojoj se nalazi kukuruz. Procjenjuje se da zaraza od jedne gusjenice po biljci kukuruza dovodi do smanjenja prinosa od 4 % (Gaspers i Schuphan, 2010). Bode i sur. (1990) utvrdili su gubitke od 5,5 % od prve generacije gusjenica i 2,8 % od druge generacije pri zarazi od jedne gusjenice po biljci kukuruza. Nadalje, Jordan (2008) je dokazao da duljina hodnika u stabljici kukuruza od oko 8 cm po biljci smanjuje prinos za 7 do 9 %. Isti autor također navodi da su gubici u prinosu zrna u slučaju zaraze od jedne gusjenice po biljci 4,1 % kada je kukuruz u fazi kasne vegetacije, 6,8 % za vrijeme svilanja, te 1,8 % tijekom početka nalijevanja zrna.

Osim na kukuruzu, kukuruzni moljac štetu čini i na drugim kulturama, uključujući papriku i rajčicu. Osim što štetu čini na otvorenom, štete radi i u zaštićenim prostorima. Kod rajčice se ubušuje u stabljiku izazivajući venuće i propadanje biljke. Na plodovima se primjećuju gusjenice koje izgrizaju vanjski dio, a kasnije se ubušuju i u plodove (Gotlin Čuljak, 2016). Vrlo je važan štetnik i na paprici. Mlade gusjenice se kratko vrijeme hrane lišćem, nakon

čega se ubušuju u plod i stabljiku paprike (slika 2.9.). U plod ulaze ispod zaštićene čaške. Hrane se perikarpom, placentom i sjemenkama ploda u razvoju. Gusjenice ovog štetnika prelaze iz ploda u plod prenoseći patogenu bakteriju *Erwinia carotovora* (Chapman i sur., 2009). Kukuruzni moljac, osim što direktno oštećuje plod paprike, također izaziva prerano sazrijevanje ploda, a napadnuti plodovi kasnije podliježu napadu truleži (Barlow i Kuhar, 2009). U SAD-u su zabilježene štete od 40 do 60 % na plodovima paprike. Od povrtnih kultura štete su zabilježene i na grahu, špinatu, blitvi, krumpiru, rabarbari, te celeru (Caffrey i Worthley, 1927).



Slika 2.9. Gusjenica kukuruznog moljca u plodu paprike

Izvor: <https://entomologytoday.org/2018/03/16/bt-corn-adoption-benefits-crops-peppers-green-beans-sweet-corn/pepper-with-european-corn-borer-larva/>

U literaturi se navode znatne štete uzrokovane ubušivanjem gusjenica kukuruznog moljca u plodove jabuka i breskva. Gusjenice se ubušuju u plodove gdje se hrane usplođem. Moljac posebno zahvaća rubne dijelove voćaka krajem kolovoza i u rujnu (CABI, 2021).

2020. godine su prvi puta zabilježene štete od kukuruznog moljca na industrijskoj konoplji na jednom lokalitetu u Virovitičko-podravskoj županiji (slika 2.10.). Gusjenice druge generacije su ubušivanjem u stabljiku konoplje dovele do smanjenja prinosa od 40 % (Čajkulić, 2020). Pospišil i Trlaja (2023) navode da je industrijska konoplja s velikim cvatovima i u gustom sklopu pogodna napadu ovog štetnika. Karakteristične štete radi tako da se ubušuje u stabljiku, a u vrijeme cvatnje, napada cvat na kojem oštećuje listove i cvijet, plete mrežu i ostavlja izmet.



Slika 2.10. Šteta uzrokovana napadom kukuruznog moljca na industrijskoj konoplji

Izvor: Savjetodavna.hr (2020.)

Kukuruzni moljac štete nanosi i ukrasnom bilju (dalija, cinija, neven, gladiola, zvjezdan), a osobito velika oštećenja može prouzročiti na krizantemama. Štete čine gusjenice koje se intenzivno hrane izgrizanjem tkiva biljaka. Napadnuti izbojci venu, suše se, te izostaje cvatnja. Prva generacija ne pričinjava velike štete jer se biljke tada nalaze u početnim fazama rasta i razvoja. Ženke nakon kopulacije jaja odlažu na vršne dijelove izbojka. Tek izlegle gusjenice se kratko hrane na listovima nakon čega se ubušuju u vršne dijelove stabljike krizanteme (slika 2.11.) (Rotim, 2019).



Slika 2.11. Gusjenica kukuruznog moljca u stabljici krizanteme

Izvor: <https://extension.umd.edu/resource/borer-insects-flowers>

2.4. Prognoza

Maceljski (2002) navodi da je za djelotvorno suzbijanje potrebna pravovremena prognoza intenziteta napada i signalizacija optimalnog roka suzbijanja. Primjena insekticida najučinkovitija je u vrijeme početka izlaska gusjenica iz jaja. Prema Gotlin Čuljak i Juran (2016) insekticide treba primijeniti 10-14 dana nakon maksimalne pojave leptira. Prognozu i signalizaciju optimalnog roka suzbijanja kukuruznog moljca moguće je utvrditi sljedećim metodama: vizualnim pregledom biljaka i utvrđivanjem jajnih legala i broja tek izleglih gusjenica, praćenjem leta kukuruznog moljca u entomološkim kavezima s prošlogodišnjim kukuruzincem, entomološkom lampom i seksualnim feromonskim mamcima. Feromoni za kukuruznog moljca zasad još ne daju tako sigurne podatke. S obzirom da postoje dvije "feromonske rase" moljca E i Z, te hibrid obiju rasa (E/Z) koji privlači različite biotipove kukuruznog moljca, potrebno je odrediti optimalne omjere cis i trans izomera seksualnog feromona ženki koji imaju najveću privlačnost za određenu populaciju ovog štetnika (Maceljski, 2002; Bažok i sur., 2009).

Pojava leptira može se prognozirati i uz pomoć meteoroloških podataka, odnosno srednjih dnevnih temperatura iznad 10 °C od početka godine. Temperatura od 10 °C predstavlja temperaturni prag razvoja kukuruznog moljca (Trnka i sur., 2007). Maceljski (2002) citira francuske autore i opisuje prognoziranje pojave leptira zbrojem srednjih dnevnih temperatura iznad 10 °C od početka godine, a do prve masovne pojave leptira dolazi kada zbroj efektivnih dnevnih temperatura dosegne 490-515 °C. Trnka i sur. (2007) navode da se pojava 50 % populacije leptira pojavi kada suma efektivnih dnevnih temperatura bude 316 °C, a kod pojave 95 % populacije ona iznosi 404 °C.

Danas postoje različiti modeli prognoze koji predstavljaju važne komponente integriranih strategija upravljanja štetnim organizmima. Njima je moguće utvrditi optimalno vrijeme i opravdanost zaštite od štetnih organizama. Juran i sur. (2018) navode da smanjuju utrošak ljudskog rada i omogućuju znatnu uštedu vremena u tehnologiji proizvodnje poljoprivrednih kultura. Međutim, treba znati da rade na temelju informacija koje im daje čovjek. Model koji je pokazao učinkovitost za prognoziranje kukuruznog moljca je ECAMON. Model ECAMON je višegodišnji fenološki model koji predviđa razvoj ovog štetnika, procjenjuje rizik od zasnivanja populacije i pokazuje čimbenike stresa povezanih s klimom. Model koristi više klimatskih elemenata kao što su: minimalne i maksimalne temperature, vlažnost zraka, oborine, količina zračenja i brzina vjetra (Trnka i sur., 2007).

2.5. Suzbijanje

Problem zaštite kultiviranih usjeva, povrća, voća, te ukrasnog bilja od kukuruznog moljca moguće je riješiti jedino suzbijanjem moljca na kukuruzu i to na širem području (Gotlin

Čuljak, 2016). Mjere zaštite protiv kukuruznog moljca mogu se podijeliti na: agrotehničke i mehaničke mjere, uzgoj otpornih hibrida (preventivne mjere), te biološke i kemijske mjere (kurativne mjere).

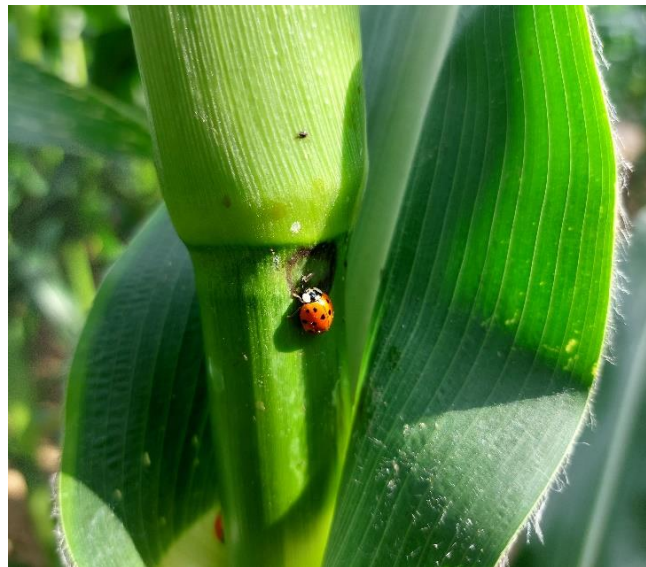
Agrotehničke mjere podrazumijevaju poštovanje plodoreda, raniju sjetvu, te uništavanje drugih potencijalnih domaćina (npr. korova, paprike i sl.). Poštovanjem plodoreda smanjuje se intenzitet napada kukuruznog moljca na parcelama na kojima su se razvijali i činili štete u prethodnoj godini. Plodoredom se također može smanjiti brojnost više vrsta štetnika ili čak odgoditi njihov napad. Nadalje, važno je održavanje higijene u i oko objekta, što uključuje kontinuirano suzbijanje korova u zaštićenom prostoru i oko njega (Maceljski, 2002). Održavanje kanala, putove i međa bez korova, također predstavlja poželjnu agrotehničku mjeru jer se leptiri tijekom dana odnosno tijekom perioda mirovanja nalaze na korovima domaćinima (Suverkropp, 2008). Kukuruz sijan u ranijim rokovima sjetve može dosegnuti napredniju razvojnu fazu u vrijeme napada kukuruznog moljca pa je manje osjetljiv na njegov napad. Navedenim mjerama može se utjecati na smanjenje štetnika, kao i na smanjenje visine šteta koje će oni izazvati (Maceljski, 2002; Bažok i sur., 2014).

Mehaničke mjere podrazumijevaju uništavanje kukuruzinca i biljnih ostataka. Uništavanje gusjenica u kukuruzincu za vrijeme prezimljenja glavna je mjera zaštite od kukuruznog moljca. Dubokom obradom tla i zaoravanjem biljnih ostataka smanjuje se brojnost populacije ovog štetnika. Kukuruzinac ostavljen na tlu ili samo malo prekriven tlom izvor je zaraze moljcem ne samo za vlasnika polja na kojem je ostao nego i za sva susjedna polja. Od velikog je značaja ostavljanje zaštitnih mreža u zaštićenim prostorima na ulaze i ventilacijske otvore (Maceljski, 2002; Gotlin Čuljak, 2016).

Uzgoj manje osjetljivih, tolerantnih ili otpornih kultivara jedna je od najekonomičnijih, najpraktičnijih i vrlo pouzdanih mjera zaštite bilja (Painter, 1951). Maceljski (1967) navodi da je otpornost biljaka na napad štetnika sposobnost neke sorte kulturne biljke da izbjegne napad, da ga tolerira ili da se oporavi od njega bolje nego druge sorte iste vrste. To je sposobnost neke sorte da pri istom intenzitetu napada nekoga štetnika donese viši i/ili kvalitetniji prinos od druge sorte. Ova sposobnost zasniva se na genetskim osobinama biljke i interakciji biljka domaćin – štetnik (Painter, 1951). Iskorištavanje gena otpornih na štetne organizme (uglavnom mikroorganizama) i njihova inkorporacija u elitnu germplazmu, još je jedna uspješna metoda koja je našla široku primjenu (Shera i Arora, 2015). Jedni od najčešće korištenih gena otpornosti iz mikroorganizama su geni za proizvodnju tzv. *Cry* proteina iz bakterije *Bacillus thuringiensis*, a toksični su za kukuruznog moljca. Ovi se geni u biljke unose metodama genetičkog inženjerstva, isto kao i geni kukaca (Bažok i sur., 2011). Od 1996. godine, ovi transgeni usjevi otporni na kukce (*Bt* usjevi), prošireni su diljem svijeta i dokazuju da su prilično učinkoviti i korisni u smanjenju uporabe kemijskih insekticida. Selekcija na otpornost na štetnike složen je proces i danas nema puno vrsta štetnika u kojih su selekcijom stvorene otporne sorte. Iako neki hibridi pokazuju manju osjetljivost na kukuruznog moljca, njihovom sjetvom ne može se postići trajno rješenje protiv tog štetnika (Bažok i sur., 2014).

Biološko suzbijanje podrazumijeva uporabu korisnog organizma u suzbijanju štetnog. Biološka zaštita traži mnogo veće znanje u odnosu na uobičajen način zaštite (Gotlin Čuljak i Jelovčan, 2008). Prvo biološko suzbijanje kukuruznog moljca u svijetu provedeno je 1929. godine u Zagrebu, korištenjem bakterije *Bacillus thuringiensis*. 1930. god., provedeno je još jedno uspješno biološko suzbijanje uz pomoć gljive *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) (Maceljki, 2002). *B. thuringiensis* je danas najčešće korišteni mikroorganizam za biološku zaštitu u cijelom svijetu (Ibrahim i sur., 2010). U Hrvatskoj trenutno postoje dva pripravka na osnovi bakterije *B. thuringiensis* subsp. *kurstaki* za suzbijanje kukuruznog moljca na kukuruzu i hmelju. Sredstva se primjenjuju kada gusjenice počinju izlaziti iz jaja, odnosno kod pojave gusjenica prvog razvojnog stadija (FIS, 2023). Ovim načinom zaštite se postiže učinkovitost u suzbijanju od >70-80 % kako pokazuju istraživanja Bažok i sur. (2009). Folijarna primjena *Bt.* subsp. *kurstaki* i *Bt.* subsp. *aizewai* također pokazuje zadovoljavajuće djelovanje u suzbijanju štetnika na grahu (CABI, 2021).

Predatori najčešće korišteni za suzbijanje kukuruznog moljca su stjenice iz roda *Orius* i *Nabis*, zatim ličinke zlatooka (Neuroptera: Chrysopidae), te božje ovčice (Coleoptera: Coccinellidae) (slika 2.12.) koje se hrane jajima i/ili gusjenicama ovog štetnika.



Slika 2.12. Božja ovčica na biljci kukuruza

Prema nekim istraživanjima predatori mogu reducirati prisutnost jaja za 10-20 % (Capinera, 2000). Gusjenice kukuruznog moljca uspješno se suzbijaju korištenjem već spomenute entomopatogene gljive *Metarhizium anisopliae* i *Beauveria bassiana*. Nadalje, postoji više vrsta parazitoida koji parazitiraju moljca, međutim valjalo bi istaknuti *Lydellu thompsoni* (Herting, 1959) (Diptera: Tachinidae), koja može smanjiti populaciju štetnika za 30 %. Pojava parazitoida *Eriborus terebrans* (Gravenhorst, 1829) (Hymenoptera: Ichneumonidae) u SAD-u se podudara s pojavom prve generacije kukuruznog moljca. Prema nekim istraživanjima ova vrsta može parazitirati čak 58,2 % jedinki moljaca, što predstavlja najviši nivo parazitizma koji je zabilježen u poljskim pokusima (Đurić, 2023). Parazitske osice roda

Trichogramma (Hymenoptera: Trichogrammatidae) koje parazitiraju jaja legla kukuruznog moljca, čine jednu od najčešćih vrsta prirodnih neprijatelja koje se koriste u biološkom suzbijanju štetnika (slika 2.13.) (Ivezić i Trudić, 2021). Najveći učinak na populaciju kukuruznog moljca imaju vrste *Trichogramma evancens* (Westwood, 1833) i *Trichogramma brassicae* (Bezdenko, 1968).



Slika 2.13. Jajašca kukuruznog moljca parazitirana parazitskom osicom *Trichogramma evancens* (lijevo) i nezaražena jaja (desno)

Izvor: CABI (2021)

Osice se postavljaju u polje na stabljike kukuruza u obliku kartica, na kojima su jaja moljaca koje su prethodno zarazile *Trichogramma* osice. Proizvodnja osica u kapsulama se pokazala kao bolje rješenje jer su kapsule otporne na vanjske uvjete. Ispuštanje osica u polje može se provoditi ručno ili mehanički. Nedavna istraživanja provedena u Poljskoj pokazala su da primjena osica *Trichogramma* spp. iz zraka na malim visinama omogućuje precizno doziranje, kao i zadovoljavajuću distribuciju s učinkovitošću do 85 % (Capinera, 2000; CABI, 2021; Đurić, 2023). Ispuštanje parazitskih osica je potrebno provesti u stadiju jaja kukuruznog moljca (Gotlin Čuljak i Juran, 2016). U Europi se parazitske osice *Trichogramma* spp. za suzbijanje kukuruznog moljca u kukuruzu koriste na 50 000 hektara. Parazitske osice roda *Trichogramma* mogu se kupiti kod zastupnika instituta ili tvrtki koji se bave uzgojem ili prodajom ovog bioagensa (Domaćinović, 2020).

Kemijsko suzbijanje kukuruznog moljca provodi se kurativno. Suzbijanje se provodi samo u sjemenskom kukuruzu i kukuruzu šećercu (Bažok i sur., 2009). Zbog sve većega napada, posljednjih godina, često i preko 90 %, potrebno je izvršiti tretiranje, kako bi se štete smanjile što je više moguće (Raspudić i sur., 2013). Prema istraživanjima Bažok i sur. (2009), u Hrvatskoj je dovoljno jedno tretiranje insekticidom (rano) zbog ekonomske isplativosti te ono postiže iste rezultate kao i dva tretiranja. Gotlin Čuljak i Juran (2016) navode da insekticide treba primijeniti 10-14 dana nakon najveće pojave leptira, dok prema Maceljskom (2002) s tretiranjem treba krenuti kada se utvrdi početak izlaska gusjenica iz velikog broja položenih jaja. U tablici 2.3. prikazani su insekticidi koji se danas koriste, tj. imaju dozvolu za suzbijanje kukuruznog moljca u RH.

Tablica 2.3. Pregled dozvoljenih djelatnih tvari za zaštitu od kukuruznog moljca u RH

Djelatna tvar	Naziv pripravka	Skupina insekticida	Namjena
Deltametrin	DECIS 2,5 EC	Piretroidi i piretrin	kukuruz, kukuruz šećerac, sirak, rajčica, paprika, patlidžan (na otvorenom i u ZP), grah, grah mahunar, bob, grašak
	DECIS 100 EC		kukuruz, kukuruz šećerac
	POLECI PLUS		mrkva, celer, krumpir, kukuruz, artičoka, luk, krastavac, patlidžan, rajčica (na otvorenom i u ZP)
	SCATO		kukuruz
	ROTOR SUPER		
	DEMETRINA 25 EC		
	DELTAGRI		
	Cipermetrin		CYTHRIN MAX
CYPGOLD			
Metaflumizon	ALVERDE	Semikarbazoni	paprika (ZP), patlidžan (na otvorenom i u ZP)
Klorantraniliprol	CORAGEN 20 SC	Diamidi	kukuruz, kukuruz šećerac
	VOLIAM		
Abamektin + klorantraniliprol	VOLIAM TARGO	Avermektini i milbemektini + diamidi	paprika, rajčica, patlidžan, paprika, dinja, lubenica, tikvica, tikva, krastavac, jagoda (ZP), jabuka, kruška, breskva, nektarina
<i>Bacillus thuringiensis</i> subsp. <i>kurstaki</i>	LEPINOX PLUS	<i>Bacillus thuringiensis</i> i insekticidni proteini koje proizvodi	hmelj
	DIPEL DF		kukuruz

Izvor: FIS (2023.)

3. Materijali i metode rada

3.1. Praćenje pojave leptira u entomološkim kavezima

U svrhu praćenja izlijetanja kukuruznog moljca iz kukuruzinca dana 09.05.2023. na području grada Vrbovca (45°52' N, 16°25' E) na istoku Zagrebačke županije, prikupljene su stabljike kukuruza s polja na kojem nije obavljeno zaoravanje. Na polju su dodatno prikupljeni i klipovi koji su otpali prije ili pri berbi.

Izlijetanje leptira prve generacije kukuruznog moljca praćeno je s pomoću entomoloških kaveza. U kaveze dimenzija cca. 50 cm x 50 cm postavljene su stabljike starog kukuruzinca, podjednako iste dužine. Pored stabljika, u kaveze su postavljeni i klipovi sa istog prikupljenog kukuruza. Pokus je postavljen u pet entomoloških kaveza, s ravnomjernom količinom kukuruzinca i klipova u svakom kavezu (slika 3.1.). Kavezi (repeticije) su označeni brojevima. Pokus je postavljen 09.05.2023., a kavezi su bili smješteni na Fakultetu na otvorenom cijelo vrijeme trajanja pokusa. Kavezi su pregledavani dva puta tjedno počevši od dana postavljanja pokusa. Dinamika izlijetanja leptira praćena je sve dok u kavezima tijekom 20 dana nije uhvaćen niti jedan leptir, odnosno do 11.07.2023.



Slika 3.1. Entomološki kavezi s kukuruzincem (a i b), uhvaćena ženka kukuruznog moljca (c)

3.2. Praćenje pojave leptira u polju

3.2.1. Područje istraživanja

Lokaliteti na kojima je provedeno istraživanje u polju su: pokusno polje Maksimir, Šašिनovec i Samobor (slika 3.2.).



Slika 3.2. Geografski prikaz lokacija na kojima su provedena istraživanja

Izradila: Zlodi (2023.)

Pokusno polje na kojem je obavljeno praćenje kukuruznog moljca dio je pokušališta Maksimir, a nalazi se neposredno uz Agronomski fakultet u Zagrebu (slika 3.2.). Sjetva kukuruza obavljena je 10.05.2023., a zasijan je hibrid Bc 323. U vrijeme sjetve primijenjen je zemljišni insekticid Force 1,5 G. Predusjev je bio kukuruz. U listopadu prethodne godine napravljena je osnovna obrada tla na dubinu od 25 cm. Dopunska i predsjetvena obrada tla bila je jedan dan prije same sjetve.

Zagreb (45°48' N, 15°58' E) se nalazi u kontinentalnoj središnjoj Hrvatskoj, na južnim obroncima Medvednice te na obalama rijeke Save. Nalazi se na nadmorskoj visini od 122 metra. Meteorološka postaja nalazi se na Maksimiru. Klima na području grada Zagreba pripada umjereno toploj vlažnoj klimi s toplim ljetima, čija je srednja, srpanjska temperatura zraka < 22,0 °C. Na meteorološkoj postaji Maksimir srednja temperatura zraka u vegetacijskom razdoblju od travnja do rujna iznosi 17,5 °C, dok srednja vegetacijska količina oborine iznosi 494,7 mm. U vegetacijskom razdoblju relativna vlažnost zraka kreće se od 60 do 71 %.



Slika 3.3. Polje uključeno u istraživanje na pokušalištu Maksimir

Izvor: Google Maps (2023.)

Drugi odabrani lokalitet je bilo Pokušalište Šašinovec (45°51' N, 16°10' E) (slika 3.4.). Praćenje moljca obavljeno je u usjevu kukuruza, hibridu FAO grupe 400. Sjetva je obavljena 10.05.2023., a predusjev je bila ozima pšenica. Insekticidi nisu primijenjeni.

Pokušalište Šašinovec nalazi se u sastavu grada Zagreba. Klimatski uvjeti gotovo su identični kao na meteorološkoj postaji Maksimir.



Slika 3.4. Polje uključeno u istraživanje na pokušalištu Šašinovec

Izvor: Google Maps (2023.)

Treći odabrani lokalitet bilo je polje kukuruza u Samoboru (slika 3.5.). Na ovom je polju kukuruz sijan u ponovljenoj sjetvi, a zbog izrazito nepovoljnih vremenskih uvjeta sjetva je obavljena 23.05.2023. Zasijan je hibrid Bc 418, a insekticidi nisu korišteni.

Samobor (45° 48' N, 15° 42' E) je smješten u sjeverozapadnom dijelu Hrvatske, na istočnim padinama Samoborskog gorja. Klima je umjereno kontinentalna, s umjereno hladnim zimama i toplim ljetima. Posebnost je klime da su temperature 1 do 2 °C niže od temperatura u Zagrebu. Tijekom godine bilježe se dva približno jednaka kišovita razdoblja, jedno je u rano ljeto, a drugo u jesen.



Slika 3.5. Karta lokacije istraživanja u Samoboru

Izvor: Google Maps (2023.)

3.2.2. Utvrđivanje dinamike pojave leptira

Za praćenje populacije kukuruznog moljca korištena su dva tipa mamaca: mamac sa seksualnim atraktantom, feromonom E nizozemske tvrtke Pherobank i BISEX mamac s hranidbenim atraktantom mađarske tvrtke Csalomon (slika 3.6.). Na svakom pokusnom polju 12.06.2023. postavljen je po jedan mamac od svakog tipa. Mamci su postavljeni na minimalni razmak od 20 m, te u visini vrha biljke kukuruza. Pregledi ljepljivih podložaka obavljeni su jednom tjedno, a promjena kapsula obavljena je svaka 4 tjedna. Praćenje dinamike pojave štetnika trajalo je do 02.08.2023.



Slika 3.6. Feromonski mamac (lijevo) i BISEX mamac (desno) na pokusnom polju Šašinovec

3.2.3. Utvrđivanje prisutnosti moljca i visine šteta

Na svakom polju slučajnim odabirom odabrana su 4 kojima je pregledavano je po 10 biljaka u nizu (4x10). Prva biljka u nizu prethodno je bila označena, te je svako sljedeće očitavanje počinjalo od iste biljke. Vizualni pregledi obavljeni su jednom tjedno počevši od 12.06.2023. Svaka biljka temeljito je pregledana te su bilježeni sljedeći podaci: broj jajnih legala, broj gusjenica i broj oštećenja. Oštećenja (rupice) na listu koje su u vodoravnoj liniji bilježene su kao jedno oštećenje (slika 3.7.). Jednim oštećenjem je smatrano i jedno mjesto ubušivanja gusjenice u stabljiku.



Slika 3.7. Oštećenja na listu u vodoravnoj liniji

3.3. Prognoza pojave po modelu ECAMON

3.3.1 Prikupljanje meteoroloških podataka

Od državnog hidrometeorološkog zavoda (DHMZ) prikupljeni su meteorološki podaci s postaja Zagreb-Maksimir, Samobor i Sveti Ivan Zelina za razdoblje od 01.01.2023. do 30.06.2023. Podaci za izradu istraživanja sadržavali su minimalne i maksimalne dnevne temperature zraka, dnevnu relativnu vlažnost zraka, brzinu vjetra, smjer kretanja vjetra, tlak zraka, te Sunčevo zračenje.

3.3.2. Izračun sume efektivnih temperatura

Suma efektivnih temperatura (SET) za razvoj kukuruznog moljca, izračunata je korištenjem minimalne i maksimalne dnevne temperature zraka. Za temperaturni prag korištena je vrijednost od 10 °C što je termalni prag razvoja kukuruznog moljca. Prema metodologiji Trnka i sur. (2007.) kod koje je $T_{base} = 10$ °C kalkulacijom je utvrđena suma efektivnih temperatura za svaki datum u kojem je obavljeno očitavanje ulova leptira.

Ako je $T_{max} < T_{base}$ tada je $SET = 0$

Ako je $T_{min} < T_{base}$ i $T_{max} > T_{base}$ tada je

$$SET = \frac{(T_{max} + T_{base})}{2} - T_{base}$$

Ako je $T_{min} > T_{base}$ tada je $SET = \frac{(T_{max} + T_{min})}{2} - T_{base}$

Nakon što su dobiveni datumi kada se prema svakoj metodi javljaju prvi leptiri, kada je uhvaćeno 50 % i 95 % ukupne populacije leptira izračunata je suma efektivnih temperatura za te datume i uspoređena sa sumama koje predviđa Trnka i sur. (2007.) koji su prikazani u tablici 3.1.

Tablica 3.1. Prikaz vrijednosti SET-a kod kojih se javljaju pojedini razvojni stadiji kukuruznog moljca prema Trnka i sur. (2007)

3.4. Obrada podataka

Razvojni stadij	Kukuljica	Odrasli oblik	Let i kopulacija	Ovipozicija	Izlazak gusjenica iz jaja/l. stadij	II. stadij	III. stadij	IV. stadij	V. stadij
1. generacija (SET, °C)									
Prva pojava	121	216	288	321	388	447	512	585	710
50%	199	316	393	454	516	599	677	754	827
95%	293	404	482	532	588	654	732	810	882
2. generacija (SET, °C)									
Prva pojava	782	882	904	949	1050	1109	1174	1247	1372
50%	882	971	1066	1154	1232	1299	1371	1443	1610
95%	943	1060	1199	1293	1366	1421	1493	1560	1927

Ulov leptira u entomološkim kavezima prikazan je pojedinačno i kumulativno u odnosu na dane u godini (tzv. *Julian days*). Za dane kada je utvrđena prva pojava, pojava 50 % i pojava 95 % leptira utvrđena je suma efektivnih temperature i uspoređena s podacima koji se koriste u ECAMON modelu (Trnka i sur., 2007).

Temeljem rezultata vizualnog očitavanja utvrđen je % udio biljaka napadnutih od moljca (1), ukupan broj oštećenja na 10 pregledanih biljaka, prosječan broj oštećenja po napadnutoj biljci (2) te intenzitet zaraze prema Hadžisteviću (1983) (3).

$$\% \text{ udio napadnutih biljaka} = \frac{\text{broj biljaka s oštećenjima od moljca}}{\text{broj pregledanih biljaka}} \times 100 \quad (1)$$

$$\text{prosječan broj oštećenja po napadnutoj biljci} = \frac{\text{ukupan broj oštećenja na svim pregledanim biljkama}}{\text{broj napadnutih biljaka}} \quad (2)$$

$$\text{intenzitet zaraze} = \frac{y \cdot z}{n} / 100 \quad (3)$$

gdje je y - % udio napadnutih biljaka

z - ukupan broj oštećenja

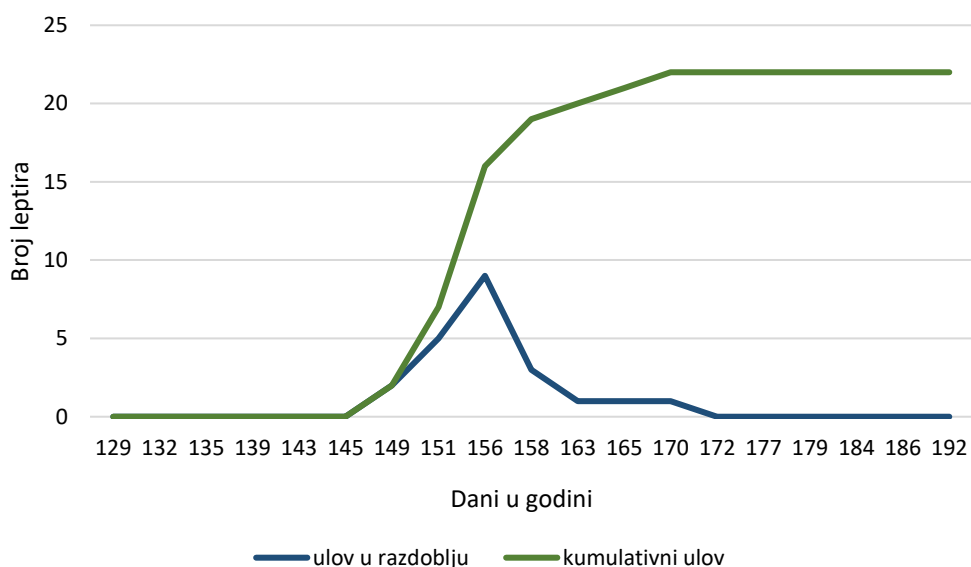
n - broj pregledanih biljaka

Podaci o postotnom udjelu napadnutih biljaka, ukupnom broju oštećenja, prosječnom broju oštećenja po napadnutoj biljci te intenzitetu zaraze obrađeni su statistički uz pomoć

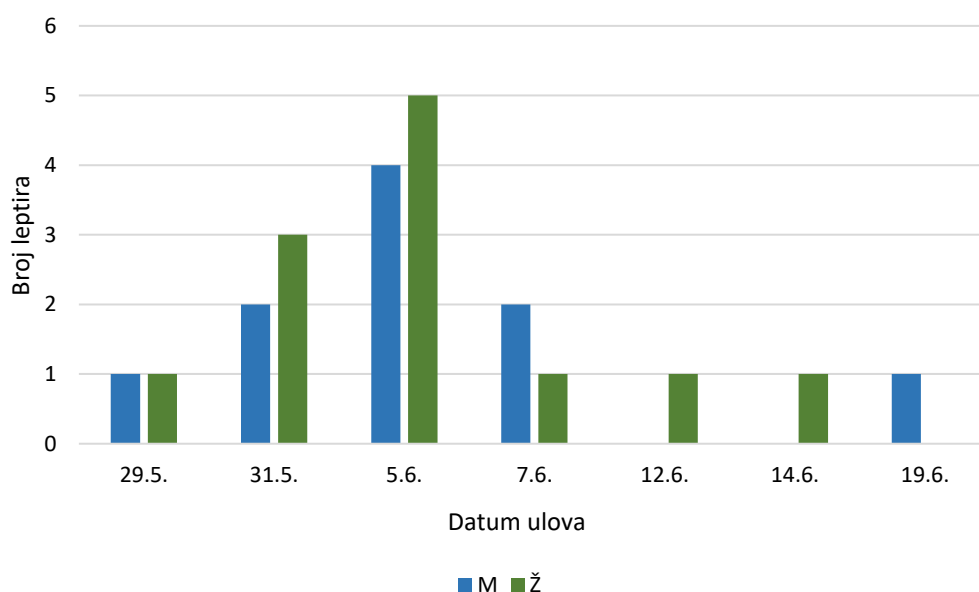
analize varijance (ANOVA) te su utvrđene razlike između srednjih vrijednosti na pojedinim lokalitetima koje su rangirane testom rangova po Duncanu. Za statističku obradu korišten je programski paket ARM9® (Gylling Data Management, 2023). U slučaju neravnomjerne distribucije podataka isti su prije provedbe ANOVE transformirani uz pomoć $\log x+1$, $\sqrt{x+0,5}$ ili $\arcsin \sqrt{x}$ transformacije.

4. Rezultati rada

Rezultati istraživanja dinamike izlijetanja leptira u kavezima s kukuruzincem kao pojedinačni i kao kumulativni ulov, prikazani su grafikonom 4.1. Leptiri su izletjeli u razdoblju od 21 dan, prvi ulov zabilježen je 29.05.2023. (149. dan u godini) a zadnji leptiri su u kavezima utvrđeni 19.06.2023. (170. dan u godini). Ukupno su uhvaćene 22 jedinice, od čega 10 mužjaka i 12 ženki leptira kukuruznog moljca. Odnos mužjaka i ženki prikazan je grafikonom 4.2.

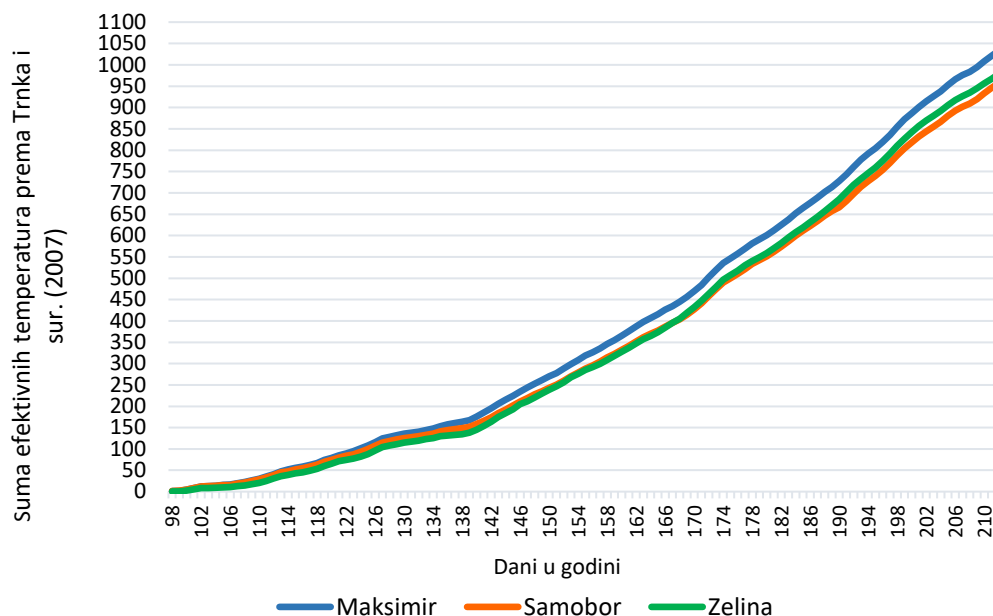


Grafikon 4.1. Pojedinačni i kumulativni ulov leptira u entomološkim kavezima na lokalitetu Maksimir, 2003.



Grafikon 4.2. Odnos mužjaka (M) i ženki (Ž) kukuruznog moljca ulovljenih u entomološkim kavezima, Maksimir, 2023.

Nadalje, sume efektivnih temperatura na svakom od tri promatrana lokaliteta izračunate prema modelu ECAMON (Trnka i sur., 2007) prikazane su grafikonom 4.3. Veća podudarnost u temperaturama uočava se između lokaliteta Šašinovec i Samobor dok je lokalitet Maksimir nešto topliji. Sumiranje efektivnih temperatura započelo je 8. travnja na sva tri lokaliteta s obzirom da je u prethodnom razdoblju zabilježen period niskih temperatura zbog kojih je postupak izračuna morao biti prekinut.



Grafikon 4.3. Suma efektivnih temperatura za razvoj kukuruznog moljca (*Ostrinia nubilalis* Hbn.) izračunata prema Trnka i sur. (2007.) na tri lokaliteta sjeverozapadne Hrvatske

Tablicom 4.1. prikazane su sume efektivnih temperatura kod koji su utvrđeni početni let leptira, pojava 50 % i pojava 95 % leptira u entomološkim kavezima te su iste uspoređene sa sumama efektivnih temperatura kojima se predviđa ECAMON modelom. Uočava se da je pojava leptira u entomološkim kavezima na Maksimiru utvrđena pri nešto nižim sumama efektivnih temperature u odnosu na predviđanje zasnovano na ECAMON modelu. Odstupanja od ECAMON modela kreću se od $-28,2^{\circ}\text{C}$ za prvu pojavu do $-68,1^{\circ}\text{C}$ za pojavu 50 % leptira.

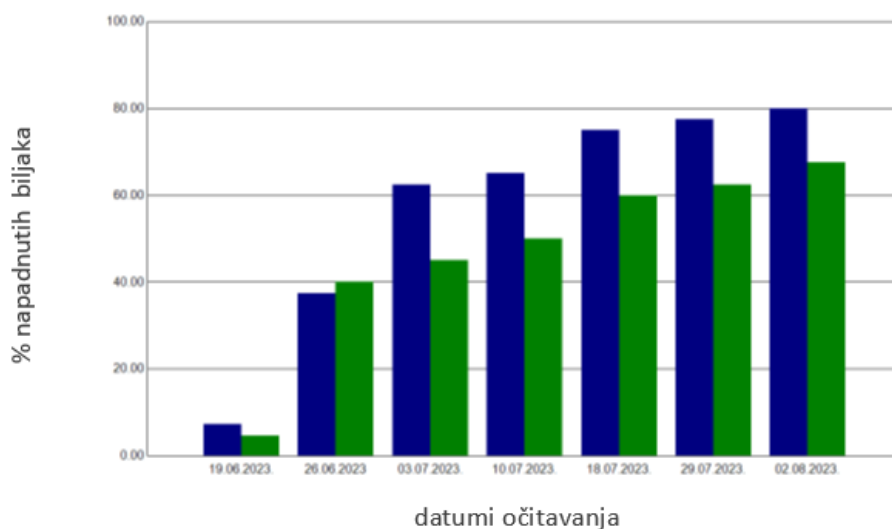
Tablica 4.1. Prikaz suma efektivnih temperatura kod kojih je utvrđen let leptira moljca i usporedba s vrijednostima iz ECAMON modela (Trnka i sur., 2007.)

Faza	Utvrđeni podaci, Maksimir 2023.		SET prema modelu ECAMON ($^{\circ}\text{C}$)		Razlika Maksimir-ECAMON ($^{\circ}\text{C}$)	
	Datum (dan u godini)	SET ($^{\circ}\text{C}$) (a)	Pojava (b)	Let leptira i kopulacija (c)	a-b	a-c
Početni let leptira	29.05.2023. (149)	259,8	216	288	43,8	-28.2

Pojava 50 % leptira	05.06.2023. (156)	324,9	316	393	8,9	-68,1
Pojava 95 % leptira	14.06.2023. (165)	414,1	404	482	10,1	-67,9
Pojava jajnih legala	12.06.2023. (163)	357,00		321-532		
Prve štete od gusjenica	19.06.2023. (170)	427,15 (Samobor) 432,5 (Šašinovec)		388-588 (za pojavu prvog razvojnog stadija)		

Nadalje, feromonski mamci su dostavljeni vrlo kasno te su postavljeni u polje 12. lipnja kada je let prve generacije očigledno bio pri kraju. Ulov leptira na mamcima nije zabilježen sve do 2. kolovoza kada je zabilježen ulov od dva leptira na feromonskom mamcu postavljenom na lokalitetu Samobor.

Na pokusnom polju Maksimir tijekom očitavanja nije zabilježen napad gusjenica kukuruznog moljca. S druge strane na pokusnim poljima u Šašinovcu i Samoboru utvrđen je vrlo visoki napad. Postotni udio napadnutih biljaka na pojedinom lokalitetu prikazan je grafikonom 4.3. Rezultati statističke analize nisu pokazali statistički opravdane razlike u udjelu napadnutih biljaka između lokaliteta niti u jednom očitavanju.



Grafikon 4.3. Prosječan udio biljaka napadnutih od kukuruznog moljca tijekom perioda očitavanja na lokalitetima Šašinovec (plavi stupci) i Samobor (zeleni stupci)

Tablicom 4.2. prikazani su rezultati statističke analize ukupnog broja oštećenja utvrđenog na 10 pregledanih biljaka te prosječnog broja oštećenja po napadnutoj biljci.

Tablica 4.2. Rezultati vizualnih pregleda na oštećenja od kukuruznog moljca na lokalitetima Šašinovec i Samobor

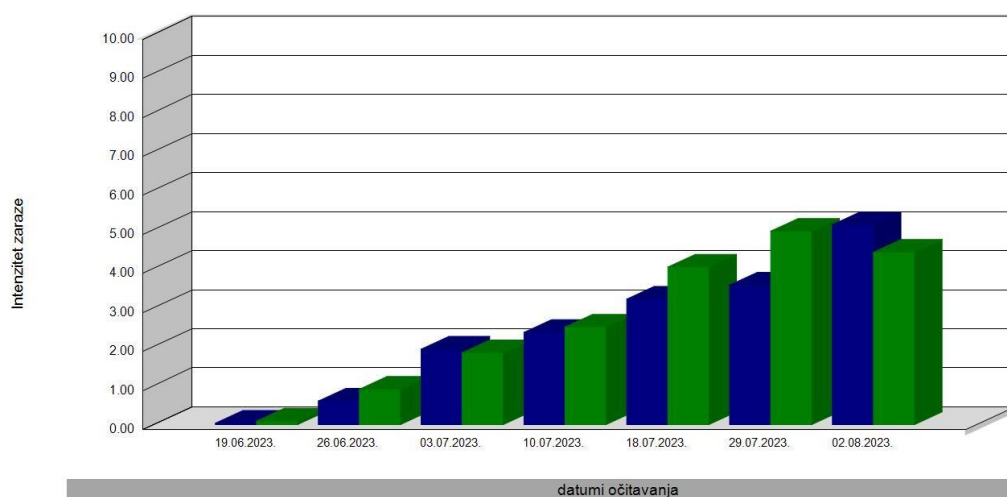
Datum pregleda	Prosječan broj oštećenja na 10 pregledanih biljaka (\pm SD)		*LSD P=5%	Prosječan broj oštećenja po napadnutoj biljci		LSD P=5%
	Šašinovec	Samobor		Šašinovec	Samobor	
19.06.2023.	1,41 \pm 5,16	1,51 \pm 8,22	ns	1,13 \pm 0,85	1,00 \pm 1,19	ns
26.06.2023.	14,00 \pm 8,12	18,00 \pm 14,72	ns	4,01 \pm 2,27	3,94 \pm 1,99	ns
03.07.2023.	29,00 \pm 12,11	30,75 \pm 26,74	ns	4,52 \pm 1,17	5,91 \pm 2,61	ns
10.07.2023.	34,81 \pm 0,77	38,39 \pm 1,86	ns	5,41 \pm 0,84	8,41 \pm 2,41	ns
18.07.2023.	43,04 \pm 0,10	66,77 \pm 0,29	ns	5,92 \pm 0,67 b**	12,50 \pm 3,31 a	4,281
29.07.2023.	46,47 \pm 0,11	79,77 \pm 0,28	ns	6,22 \pm 0,54	14,00 \pm 5,70	ns
02.08.2023.	55,00 \pm 9,63	101,75 \pm 61,39	ns	6,99 \pm 1,00	13,75 \pm 5,43	ns

*LSD unutar stupaca utvrđen temeljem Duncanovog testa multiplih rangova ($p=0,05$); Da bi se postigla ravnomjerna distribucija podataka, prije provedene analize varijance podaci su transformirani uz pomoć $\sqrt{x+0,5}$, $\log x+1$ ili $\text{arc.syn.}\sqrt{x}$ transformacije; ** vrijednosti označene različitim malim slovom statistički se značajno razlikuju između lokaliteta;

Iz dobivenih rezultata razvidno je da su se oštećenja od gusjenica povećavala tijekom perioda očitavanja. Iako je vidljivo da su oštećenja na lokalitetu Samobor bila veća nego na lokalitetu Šašinovec, statistički opravdana razlika u broju oštećenja po napadnutoj biljci utvrđena je samo u jednom očitavanju, 18. srpnja.

Do početka kolovoza prosječan broj oštećenja po zaraženoj biljci iznosio je 6,99 oštećenja u Šašinovcu i 13,75 oštećenja u Samoboru.

Nakon izračuna intenziteta zaraze prikazanog grafikonom 4.4. Utvrđeno je također da se intenzitet zaraze između istraživanih lokaliteta signifikantno ne razlikuje. Bilježi se kontinuirani porast intenziteta zaraze u svakom slijedećem očitavanju što ukazuje na nova oštećenja nastala od gusjenica.



Grafikon 4.4. Intenzitet zaraze kukuruznim moljcem utvrđen tijekom perioda očitavanja na lokalitetima Šašinovec (plavi stupci) i Samobor (zeleni stupci)

5. Rasprava

Izlijetanje leptira kukuruznog moljca praćeno je s pomoću entomoloških kaveza. Dinamika izlijetanja praćena je sve dok u kavezima tijekom 20 dana nije uhvaćen niti jedan leptir. Leptiri su izlijetali iz kukuruzinca u periodu od 29. svibnja do 19. lipnja. Broj leptira koji su izletjeli iz kukuruzinca potvrđuje da je stari kukuruzinac znaćajan izvor zaraze kukuruznim moljcem. Na feromonskim mamcima i na mamcima tipa BISEX koji su u polje postavljeni 12. lipnja tijekom lipnja i srpnja nije uhvaćen niti jedan leptir. Jedan od važnijih razloga moglo bi biti relativno kasno postavljanje mamaca u polje. U istraživanju Bažok i sur. (2009) ulov leptira na feromonskim mamcima je završio do sredine lipnja. Drugi razlog mogla bi biti slaba privlačnost feromonskih i BISEX mamaca što bi trebalo istražiti u budućnosti.

Ukupno su u entomološkim kavezima uhvaćene 22 jedinke leptira s omjerom spolova 10 mužjaka: 12 ženki, što je u skladu s istraživanjem Lemić i sur. (2019) koji također bilježe manji broj mužjaka u odnosu na ženke. Međutim, pojava mužjaka i ženki utvrđena je istovremeno što nije u skladu s navodima Maceljskog (2002) i nekih drugih (Caffrey i Worthley, 1927; Capinera, 2000) koji navode da je kod kukuruznog moljca tipično da se mužjaci javljaju prvi, a tek nakon njih iz kukuljica izlijeću ženke leptira. Ova pojava naziva se protandrija no u našim je istraživanjima nismo utvrdili.

Prvi moljci u entomološkim kavezima uhvaćeni su 29. svibnja 2023. (149. dan u godini) pri SET-u od 259,8 °C. U našem su istraživanju prvi leptiri utvrđeni 13 dana ranije u odnosu na rezultate istraživanja Kekez (2021), koja je prve leptire u entomološkim kavezima utvrdila sredinom lipnja (161. dan u godini), odnosno pri SET-u od 331 °C, što je velika razlika u odnosu na rezultate našeg istraživanja. Maceljski (2002) navodi da je prva pojava leptira moguća već u svibnju, a glavnina se javlja tijekom lipnja, što potvrđuju i rezultati ovog istraživanja. Trnka i sur. (2007) navode da se prva pojava leptira očekuje pri SET-u od 216 °C.

Sume efektivnih temperatura na svakom od promatranih lokaliteta (Maksimir, Šašinovec i Samobor) izračunate su prema modelu ECAMON (Trnka i sur., 2007). Raćunanje SET-a započelo je 8. travnja na sva tri lokaliteta s obzirom da je u prethodnom razdoblju zabilježen period niskih temperatura (ispod 0,2 °C) zbog kojih je postupak izračuna prema ECAMON modelu morao biti prekinut. Lokalitet Maksimir nešto je topliji u odnosu na lokalitete Šašinovec i Samobor.

Usporedbom dobivenih podataka SET-a na lokalitetu Maksimir s podacima SET-a prema modelu ECAMON dobivena su odstupanja u temperaturama. Prva pojava leptira u entomološkim kavezima zabilježena je pri SET-u od 259,8 °C. Trnka i sur. (2007) navode da se pojava leptira događa pri SET-u od 216 °C dok se prva pojava leptira u polju uočava pri SET-u od 288 °C. Pojava leptira u entomološkim kavezima u našem istraživanju dogodila se za 43,8 °C kasnije od prognoze po modelu ECAMON za prvu pojavu, te 28,2 °C ranije od prognoze za prvu pojavu leptira u polju (Trnka i sur., 2007). Slične, iako nešto malo manje razlike uočavaju se i odstupanja u SET-u pri pojavi 50 % populacije koja iznosi 8,9 °C kasnije za prvu pojavu i 68,1 °C, za prvu pojavu u polju, kao i razlike u SET-u za pojavu 95 % populacije leptira koja je

10,1 °C kasnija u odnosu na prvu pojavu i 67,9 °C ranije u odnosu na prvu pojavu u polju. S obzirom na činjenicu da pojava leptira u entomološkom kavezu ne znači da će se on isti dan javiti u polju, smatramo da je puno točnija usporedba s podacima Trnke i sur. (2007) za prvu pojavu u odnosu na podatke za prvu pojavu u polju. U tom smislu utvrđena su manja odstupanja. Izražen u danima u godini, početni let leptira prve generacije kukuruznog moljca bio je 149. dan u godini, dok je pojava 50 % leptira bila 156. dan, a pojava 95 % leptira 165. dan u godini. Podacima za srednju Europu koju navode Trnka i sur. (2007), prva generacija se javlja u polju od 165. do 212. dana u godini. Dan u godini kada je dosegnuta određena suma efektivnih temperatura ovisi isključivo o klimatskim uvjetima koji prevladavaju u toj godini. Suma efektivnih temperatura potrebna za pojavu prvih leptira u polju tako je u istraživanjima Trnke i sur. (2007) dosegnula 288 °C 165. dan u godini dok je u našim istraživanjima SET od 288 °C na lokalitetu Maksimir dosegnut 152. dan u godini a na lokalitetima Šašincev i Samobor 156. dan u godini. Ovaj podatak ukazuje na toplije klimatske uvjete u našem istraživanju u odnosu na godine kada je svoje istraživanje provodio Trnka i sur. (2007).

Utvrđeni podaci ukazuju na kalendarski raniju pojavu prve generacije moljaca u uvjetima sjeverozapadne Hrvatske, no u odnosu na SET pojava je neznatno kasnija ako se promatraju podaci o prvoj pojavi leptira u odnosu na predviđanje zasnovano na ECAMON modelu. Prema istraživanju Pavić (2016) na području Sinskog polja koji je pratio let moljca u polju uz pomoć lovne lampe, početni let prve generacije praćen pomoću entomološke lampe bio je pri sumi efektivnih temperatura od 381 °C (152. dan u godini). U istom istraživanju, SET kod pojave 50 % populacije leptira iznosila je 456 °C (158. dan u godini), a kod pojave 95 % populacije leptira 781 °C (200. dan u godini), što znatno odstupa od podataka koji su dobiveni ovim istraživanjem. Odstupanja između ovih istraživanja mogu se objasniti činjenicom da su leptiri u kavezima uočeni odmah nakon izlaska iz kukuljice, dok za ulov u entomološku lampu je potrebno nekoliko dana. Dobivene razlike u temperaturama, također se mogu obrazložiti time što pojava i razvoj kukuruznog moljca izravno ovisi o specifičnosti elemenata vremena na nekom području, a to su temperatura, svjetlost i relativna vlažnost zraka (Magai i sur., 1997).

Nadalje, istraživanja na lokalitetima (Maksimir, Šašincev i Samobor) u polju su obuhvaćala praćenje dinamike pojave leptira na dva tipa mamaca. Korišten je mamac sa seksualnim atraktantom feromonom E te BISEX mamac s hranidbenim atraktantom. Na svakom pokusnom polju postavljen je po jedan mamac od svakog tipa. Važno je napomenuti da su mamci dostavljeni vrlo kasno te su u polje postavljeni 12. lipnja kada je let prve generacije kukuruznog moljca bio očigledno pri kraju te ulov leptira na mamcima nije zabilježen sve do 2. kolovoza kada je zabilježen ulov od 2 leptira na feromonskom mamcu postavljenom na lokalitetu Samobor. U tom je trenutku SET za postaju Maksimir iznosio 1033 °C, za postaju Zelina (lokalitet Šašincev) bio je 957,2 °C, a za postaju Samobor 978,5 °C što je znatno više od temperature kod koje se prema ECAMON modelu javlja druga generacija leptira a koja iznosi 904 °C. Uz kasno postavljanje, na ulov leptira na mamcima također su utjecali faktori slabe privlačnosti kao i vrsta korištenih mamaca.

Na pokusnom polju Maksimir tijekom očitavanja nije zabilježen napad gusjenica kukuruznog moljca. S druge strane na pokusnim poljima u Šašincevu i Samoboru utvrđen je

vrlo visoki napad. Nakon statističke obrade podataka dobiveni su podaci koji ukazuju na oštećenja gusjenica koja su se povećavala tijekom perioda očitavanja. Oštećenja su se povećavala usporedno s rastom sume efektivnih temperatura (SET-a). Oštećenja na lokalitetu Samobor bila su nešto veća nego na lokalitetu Šašinovec, no statistički opravdana razlika utvrđena je samo u jednom očitavanju, 18. srpnja. Do početka kolovoza prosječan broj oštećenja po zaraženoj biljci iznosio je 6,99 oštećenja u Šašinovcu, a u Samoboru 13,75 oštećenja. Također, prosječan broj oštećenja na 10 napadnutih biljaka do zadnjeg dana očitavanja iznosio je 55,00 na lokalitetu Šašinovec i 101,75 na lokalitetu Samobor. Usprkos činjenici da su oštećenja na lokalitetu Samobor bila vidljivo veća statističkom obradom podataka nisu utvrđene signifikantne razlike osim u jednom očitavanju. Razlike u intenzitetu zaraze također pokazuju više intenzitete zaraze u Samoboru nego u Šašinovcu, no razlike nisu signifikantne. Razlog tome je velika varijabilnost podataka koje smo prikupili. Gotovo dvostruko veći broj oštećenja može se objasniti činjenicom što je unazad nekoliko godina kukuruz na lokalitetu Samobor sijan u ponovljenoj sjetvi, što potvrđuje važnost plodoreda koju navode i brojni drugi autori (Berry i Ghidui, 1989; Maceljki, 2002; Raspudić i sur., 2010). Kvalitetna obrada tla, smanjene površine pod kukuruzom u zadnjih nekoliko godina te velika udaljenost između pokusnog i ostalih polja kukuruza, rezultirala je odsustvom zaraze na pokusnom polju Maksimir.

6. Zaključci

Pregledom literature i rezultatima dobivenim istraživanjem može se zaključiti slijedeće:

1. Kukuruzni moljac stalno je prisutan štetnik u područjima središnje Hrvatske gdje se uzgaja kukuruz.
2. Dinamika izlijetanja leptira prve generacije uspješno se može pratiti pomoću entomoloških kaveza sa starim kukuruzincem. Let prve generacije trajao je od 29. svibnja do 19. lipnja. Ukupno su uhvaćena 22 leptira od čega 10 mužjaka i 12 ženki.
3. Za praćenje dinamike pojave leptira korištena su dva tipa mamaca: mamac sa seksualnim atraktantom feromonom E te BISEX mamac s hranidbenim atraktantom. Na svakom pokusnom polju (Maksimir, Šašincev i Samobor) postavljen je po jedan mamac od svakog tipa. Mamci su dostavljeni vrlo kasno te ulov leptira na mamcima nije zabilježen sve do posljednjeg dana očitavanja kada je zabilježen ulov od 2 leptira na feromonskom mamcu postavljenom na lokalitetu Samobor. U daljnjim istraživanjima nužno je utvrditi optimalno vrijeme postavljanja mamaca te je potrebno prikupiti dodatne podatke o njihovoj privlačnosti.
4. Utvrđivanje prisutnosti moljca i šteta u polju obavljalo se vizualnim pregledima. Dobiveni podaci ukazuju na oštećenja gusjenica koja su se povećavala tijekom perioda očitavanja. Oštećenja su se povećavala usporedno s rastom sume efektivnih temperatura. Najveća zaraza utvrđena je na lokalitetu Samobor, dok na lokalitetu Maksimir zaraze nije bilo.
5. Sume efektivnih temperatura na svakom promatranom lokalitetu izračunate su prema modelu ECAMON. Veća podudarnost u temperaturama uočava se između lokaliteta Šašincev i Samobor dok je lokalitet Maksimir nešto topliji.
6. Utvrđeni podaci ukazuju na neznatno kasniju pojavu prve generacije moljaca u uvjetima sjeverozapadne Hrvatske, u odnosu na predviđanje prve pojave leptira zasnovano na ECAMON modelu. Odstupanja od ECAMON modela kreću se od 43,8 °C za prvu pojavu, do 8,9 °C za pojavu 50 % leptira i 10,1 °C za pojavu 95 % leptira. Istovremeno utvrđena je ranija pojava u entomološkim kavezima u odnosu na prognoziranu pojavu leptira u polju i to za 28,2 °C za prvu pojavu, 68,1 °C za pojavu 50 % leptira i 67,9 °C za pojavu 95 % leptira.
7. Predviđanje pojave štetnika ima važnu ulogu u određivanju roka, ali i potrebe tretiranja. Ovim istraživanjem prikupljeni su vrijedni dodatni podaci, no za potrebe validacije modela bilo bi nužno imati više podataka sakupljenih u dužem vremenskom razdoblju i na više lokacija.

7. Popis literature

1. Anderson T. E., Echandi E., Kennedy G. G. (1981). Transmission of the potato blackleg pathogen by European corn borer larvae. *Journal of Economic Entomology*. 74: 630-633.
2. Babcock K. W., Vance A. M. (1929). The European corn borer in central Europe, a review of investigations from 1924-1927. *Technical Bulletin of the U. S. Department of Agriculture*, 135.
3. Barlow V. M., Kuhar T. (2009). European Corn Borer in Sweet (Bell) Pepper. Virginia Cooperative Extension. College of Agriculture and Life Sciences, Virginia Polytechnic Institute and State University. 444-006.
4. Bažok R., Gotlin Čuljak T., Grubišić D. (2014). Integrirana zaštita bilja od štetnika na primjerima dobre prakse. *Glasilo biljne zaštite*. 14(5): 357-390.
5. Bažok R., Igrc Barčić J., Kos T., Gotlin Čuljak T., Šilović, M., Jelovčan S., Kozina, A. (2009). Monitoring and efficacy of selected insecticides for European corn borer (*Ostrinia nubilalis* Hubn., Lepidoptera: *Crambidae*) control. *Journal of Pest Science*. 82(4): 311-319.
6. Bažok R., Stipetić S., Gotlin Čuljak T., Barić M. (2011). Sorte i hibridi otporni na štetnike kao važan segment integrirane zaštite bilja. *Fragmenta phytomedica et herbologica*. 31(1/2): 63-80.
7. Berry E. C., Ghidui G. M. (1989). Effect of Conservation Tillage on European Corn Borer (Lepidoptera: *Pyralidae*) Populations. *Environmental Entomology*. 18(6): 917–920.
8. Bode W., Calvin D., Mason C. E. (1990.). Yield-loss relationships and economic injury levels for European corn borer (Lepidoptera: *Pyralidae*) populations infesting Pennsylvania field corn. *Journal of Economic Entomology*. 83: 1595-1603.
9. CABI. (2021). Invasive Species Compendium. *Ostrinia nubilalis* (European maize borer). Dostupno na: <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/10.1079/cabicompendium.46129#sec-1>
10. Caffrey D. J., Worthley L. H. (1927). A progress report on the investigations of the European corn borer. *Technical Bulletin of the U. S. Department of Agriculture*. 1476: 1-155.
11. Capinera J. L. (2000). Featured creatures. European corn borer. University of Florida. Dostupno na: http://entnemdept.ufl.edu/creatures/field/e_corn_borer.htm.
12. Chapman A. V., Kuhar T. P., Schultz P. B., Leslie T. W., Fleischer S. J., Dively G. P., Whalen J. (2009). Integrating Chemical and Biological Control of European Corn Borer in Bell Pepper. *Journal of Economic Entomology*. 102(1): 287-295.
13. Domaćinović M. (2020). Osice iz roda *Trichogramma* kao prirodni paraziti kukuruznog moljca (*Ostrinia nubilalis* Hbn.) na kukuruzu na području Bošnjaka u 2020. godini. Završni rad. Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku. Fakultet agrobiotehničkih znanosti, Osijek.
14. Đurić A. (2023). Osice iz roda *Trichogramma* kao prirodni neprijatelji kukuruznog plamenca (*Ostrinia nubilalis*). *Biljni lekar*. 51(3): 468-477.

15. Gaspers C., Schuphan I. (2010). The European corn borer (*Ostrinia nubilalis*, Hbn.), its susceptibility to the Bt-toxin Cry1F, its pheromone races and its gene flow in Europe in view of an insect resistance management.
16. Glover T. J., Tang X. H., Roelofs W. L. (1987). Sex pheromone blend discrimination by male moths from E and Z strains of European corn borer. *Journal of Chemical Ecology*. 13(1): 143-151.
17. Gotlin Čuljak T. (2016). Gusjenice štetne na rajčici. *Glasilo biljne zaštite*. 16(5): 447-455.
18. Gotlin Čuljak T., Jelovčan S. (2008). Najvažniji štetnici plodovitog povrća. *Glasilo biljne zaštite*. 6: 405-412.
19. Gotlin Čuljak T., Juran I. (2016). *Poljoprivredna entomologija*. Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet, Zagreb.
20. Gylling Data Management Inc. (2023). ARM 9® GDM Software, Revision 2023.3. September 5, B=29825), Brookings, South Dakota.
21. Hadžistević D. (1983). *Ostrinia nubilalis*. In: Priručnik izvještajne i prognozne službe zaštite poljoprivrednih kultura. (ed: Čamprag, D. et al.). Savez društava za zaštitu bilja Jugoslavije, Beograd. 222-228.
22. Hyde J., Martin M. A., Preckel P. V., Edwards C. R. (1999). The economics of *Bt* corn: valuing protection from the European Corn Borer. *Applied Economic Perspectives and Policy*. 21: 442-454.
23. Ivezić A., Trudić B. (2021). Parazitoidi roda *Trichogramma* (Hymenoptera: Trichogrammatidae), prirodni neprijatelji kukuruznog plamenca *Ostrinia nubilalis* (Hübner, 1796) (Lepidoptera: Crambidae). *Journal of Central European Agriculture*. 22(4): 787-797.
24. Ivezić M. (2008). *Entomologija: kukci i ostali štetnici u ratarstvu*. Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera, Osijek.
25. Jordan A. T. (2008). *Pest management studies of early season and stalk-boring insects on corn in Virginia*. Master thesis. Virginia Polytechnic Institute and State University.
26. Juran I., Gotlin Čuljak T., Vilenica A. i Grubišić D. (2018). Računalni programi kao potpora određivanju optimalnog roka suzbijanja štetnika. *Glasilo biljne zaštite*. 18(5): 463-471.
27. Lemić D., Mandić J., Čačija M., Drmić Z., Mrganić M., Čavlovićak, S., Bažok R., Virić Gašparić H. (2019). Pojava kukuruznog moljca i njegovih parazita nakon prezimljenja i štete na hibridima različitih FAO grupa. *Journal of Central European Agriculture*. 20(1): 447-460.
28. Leppik E. S. (2011). Reproductive isolation and host plant specialization in European corn borer pheromone strains. *Animal biology*. Université Paris Sud. Paris.
29. Linn C. E Jr, Young M. S., Gendle M., Glover T. J., Roelofs W. L. (1997). Sex pheromone blend discrimination in two races and hybrids of the European corn borer moth, *Ostrinia nubilalis*. *Physiological Entomology*. 22(3): 212-223.
30. Maceljki M. (1967). *Fitofarmacija – opći dio*. Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, 177 str.
31. Maceljki M. (2002). *Poljoprivredna entomologija*. Zrinski, Čakovec.
32. Magai R. N., Decker W. L., Keaster A. J. Simulation models for European corn borer post diapause morphogenesis and early infestation of maize in Missouri, USA. *Int. J. Biometeorol.* 1997. 40: 128-134.

33. Matteson J. W., Decker G. C. (1965). Development of the European corn borer at controlled constant and variable temperatures. *Journal of Economic Entomology*. 58: 344-349.
34. Ministarstvo poljoprivrede (2023). Popis registriranih sredstava za zaštitu bilja. Dostupno na: <https://fis.mps.hr/trazilicaszb/> (pristupljeno: 22. svibnja 2023.)
35. Mutuura A., Munroe E. (1970). Taxonomy and distribution of the European corn borer and allied species: genus *Ostrinia* (Lepidoptera: Pyralidae). *Memoirs of the Entomological Society of Canada*. 102(S71): 1–112.
36. Painter R. H. (1951). *Insect resistance in crop plants*. University of Kansas Press, Lawrence.
37. Poos F. W. (1927). Biology of the European corn borer (*Pyrausta nubilalis* Hübn.) and two closely related species in Northern Ohio. *The Ohio Journal of Science*. 27(2): 47- 94.
38. Pospišil M. i Trlaja J. (2023). Ekološki uzgoj industrijske konoplje za proizvodnju CBD ulja. *Glasnik Zaštite Bilja*. 46(3): 44-53.
39. Raspudić E., Sarajlić A., Ivezić M., Majić I., Brmež M., Gumze, A. (2013). Učinkovitost kemijskog suzbijanja kukuruznog moljca u sjemenskom kukuruzu. *Poljoprivreda*. 19(1): 11-15.
40. Reardon B. J. (2006). Ecological studies of the European corn borer (Lepidoptera: Crambidae): nosema dose-response, pheromone trapping and adult dispersal. *Retrospective Theses and Dissertations*. Paper 1293.
41. Renwick J. A. A., Chew F.S. (1994). Oviposition Behavior in Lepidoptera. *Annual Review of Entomology*. 39(1): 377–400.
42. Rotim N. (2019). Štetnici u nasadima krizantema na području Hercegovine. *Glasnik Zaštite Bilja*. 42(5): 78-85.
43. Suverkropp B. P., Dutton A., Bigler F., Van Lentereno J. C. (2008). Oviposition behaviour and egg distribution of the European corn borer, *Ostrinia nubilalis*, on maize, and its effect on host finding by *Trichogramma* egg parasitoids. *Bulletin of Insectology*. 61(2): 303-312.
44. Trnka M., Muška M., Semerádová D., Dubrovský M., Kocmánková E., Žalud Z. (2007). European Corn Borer life stage model: Regional estimates of pest development and spatial distribution under present and future climate. *Ecological Modelling*. 207(2-4): 61–84.
45. Welty C. (1995). Monitoring and control of european corn borer, *Ostrinia nubilalis* (Lepidoptera: Pyralidae), on bell peppers in Ohio. *Journal of Agriculture Entomology*. 12(2-3): 145-161.

Životopis

Monika Zlodi rođena je 11. rujna 1998. godine u Zagrebu. Nakon završenog osnovnoškolskog obrazovanja, 2013. godine upisuje Prirodoslovnu školu Vladimira Preloga, smjer „Ekološki tehničar“. Preddiplomski studij smjer „Zaštita bilja“ upisuje 2018. godine na Agronomskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu. Godine 2021. stječe zvanje prvostupnica inženjerka zaštite bilja. Iste godine upisuje diplomski studij „Fitomedicina“. Sudjeluje u izradi znanstvenog rada naslova „Mogućnost aklimatizacije jesenske sovice na području Zadarske županije“ objavljenog u časopisu Entomologia Croatia (vol.20(1): 6-12). Aktivno se služi engleskim jezikom.