Dinamika pojave i mogućnosti praćenja pojave kukuruznog moljca u Sinjskom polju

Pavić, Šimun

Master's thesis / Diplomski rad

2016

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://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:204:157880

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-28**

Repository / Repozitorij:

Repository Faculty of Agriculture University of Zagreb

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
AGRONOMSKI FAKULTET

Šimun Pavić

DINAMIKA POJAVE I MOGUĆNOSTI PRAĆENJA POJAVE KUKURUZNOG MOLJCA U SINJSKOM POLJU

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, 2016

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
AGRONOMSKI FAKULTET
Fitomedicina

ŠIMUN PAVIĆ

DINAMIKA POJAVE I MOGUĆNOSTI PRAĆENJA POJAVE KUKURUZNOG MOLJCA U SINJSKOM POLJU

DIPLOMSKI RAD

Mentor: Prof. dr. sc. Renata Bažok

Zagreb, 2016

Ovaj diplomski rad je ocijenjen i obranjen dana _____,
ocjenom _____, pred Povjerenstvom u sastavu:

1. Prof. dr. sc. Renata Bažok_____
2. Izv. prof. dr. sc. Zlatko Svečnjak_____
3. Izv. prof. dr. sc. Tanja Gotlin Čuljak_____

SAŽETAK

Kukuruzni moljac (*Ostrinia nubilalis* Hubner) je vrlo značajan polifagni štetnik. Kukuruz, naša najznačajnija ratarska kultura, smatra se najugroženijom. Kemijsko suzbijanje se provodi samo u sjemenskom kukuruzu i kukuruzu šećercu. Preduvjet uspjeha u kontroli kukuruznog moljca je predviđanje točnog vremena primjene insekticida radi čega je nužno poznavati pouzdane metode praćenja pojave kukuruznog moljca. Cilj istraživanja na području Sinjskog polja bio je utvrditi pouzdanost tri metode prognoze kukuruznog moljca: lovne entomološke lampe, suma efektivnih temperatura (SET) i vizualni pregledi. Na nasadu kukuruza šećerca veličine 0,8 ha slučajno su odabrana 4 reda kukuruza dužine 14,3 m s 80 biljaka u redu. Jednom tjedno su vizualno pregledavane označene biljke na prisutnost šteta od gusjenica kukuruznog moljca kao i ulov leptira kukuruznog moljca u entomološkoj lampi. U posljednjem očitavanju obavljena je disekcija označenih biljaka kukuruza. Klimatski podaci su prikupljeni s postaje Sinj od državnog hidrometereološkog zavoda. Entomološka lampa je uhvatila ukupno 71 leptira, od toga 26 u lipnju tj. prvoj generaciji i 45 u kolovozu tj. drugoj generaciji. Utvrđena je jaka pozitivna korelacija između kumulativnog ulova leptira na entomološkoj lampi i postotka zaraženih biljaka za obje generacije kukuruznog moljca. Prva pojava leptira kukuruznog moljca u Sinjskom polju se događa kod SET od 381 °C. Ukupni SET tijekom leta obje generacije leptira (273 dana u 2015. godini) izračunat za razvoj kukuruznog moljca na području Sinjskog polja iznosi 1143,2 °C. Usporedbom naših rezultata s drugim podacima literature ustanovljeno je da na područjima koja imaju niže srednje godišnje temperature moljac se javlja kada je SET niži u odnosu na područja s višim srednjim godišnjim temperaturama. Vizualni pregledi omogućuju praćenje štetnosti kukuruznog moljca u polju i dobra su pomoć u prognozi pojave štetnika. Rastom sume efektivnih temperatura raste ulov leptira a time i postotak zaraženih biljaka. Rezultati istraživanja pokazuju važnost poznavanja ekologije kukuruznog moljca na određenom području i omogućuju u kombinaciji s dodatnim budućim istraživanjima razvoj učinkovitog modela prognoze kukuruznog moljca na području Sinjskog polja.

Ključne riječi: kukuruzni moljac, metode prognoze, ekologija, zaštita, dinamika pojave

Population dynamic and the possibilities of the forcast methods for European corn Borer in Sinj karst field

SUMMARY

European corn borer (*Ostrinia nubilalis* Hubner) is a very significant polyphagous pest. Maize, our most important field crop, is considered to be the most threatened. Chemical control is carried out only in maize for seed production and in sweet corn. The precondition for success in controlling ECB is correctly estimating the time when the insecticide should be applied for what it is necessary to use reliable forecast methods of the ECB appearance. The aim of the research in Sinj karst field was to investigate the reliability of three ECB forecast methods: an entomological lamp, accumulated degree days (ADD) and visual inspection. On the 0,8 ha of sweet corn field, four rows with 14,3 m lenght consisting 80 plants are randomly selected. Visual inspections of tagged plants for the ECB damage apearance as well as the ECB catch in the entomological lamp are examined once a week. Tagged maize plants are dissected in the final inspection. Climate data for the Sinj area are collected from the Croatian Meteorological and Hydrological Service. Total catch of moths in entomological lamp is 71, from that 26 in June, i.e. 1st generation and 45 in August, i.e. 2nd generation. There is a high positive correlation between the moth cumulative catch in an entomological lamp and the percentage of infested plants for both ECB generations. First appearance of the ECB in Sinj karst field is when the ADD is 381 °C. Total ADD during the both generation flights (273 Julian days in year 2015.) calculated for the ECB development in Sinj karst field is 1143,2 °C. Comparing our results with other literature data it is stated that the ADD of the ECB appearance is lower in the areas with lower average daily temperatures, respectively higher in the areas with higher average daily temperatures. Visual inspection allows tracking of the ECB damage in the field and it is a good help in pest forecast. Higher ADD increases the ECB catch and therefore the percentage of infested plants. Research results are showing the importance of knowing ECB ecology in the certain area and with the future researches they will allow the development of reliable ECB forecast model in Sinj karst field.

Key words: European corn borer, forecast methods, ecology, control, population dynamic

SADRŽAJ

1. UVOD 1
2. CILJ RADA 3
3. PREGLED LITERATURE 4
3.1. Kukuruz 4
3.1.1. Gospodarska važnost 4
3.1.2. Morfološka svojstva 4
3.1.3. Agroekološki uvjeti za proizvodnju 5
3.1.4. Štetnici kukuruza 6
3.2. Kukuruzni moljac 8
3.2.1. Morfologija i životni ciklus 8
3.2.2. Ekologija kukuruznog moljca 9
3.2.3. Štetnost kukuruznog moljca 11
3.2.4. Prognoza i suzbijanje 13
4. MATERIJALI I METODA RADA 16
4.1. Područje istraživanja 16
4.2. Klimatski podaci 17
4.3. Praćenje leta leptira 17
4.4. Utvrđivanje visine šteta 19
4.5. Analiza podataka 19
5. REZULTATI RADA 21
5.1. Klimatski uvjeti u 2015. 21
5.2. Dinamika pojave leptira 22
5.3. Oštećenja na biljkama 24
7. ZAKLJUČCI 30
8. LITERATURA 32

1. UVOD

Kukuruzni moljac (*Ostrinia nubilalis* Hubner) jedan je od najznačajnijih štetnika na kukuruzu kako u svijetu tako i kod nas. Prema Maceljskom (2002) u Hrvatskoj se javlja na područjima gdje se uzgaja kukuruz, polifag je, napada konoplju, proso, sirak, papriku, krizanteme i mnoge korove. U Hrvatskoj se kukuruz uzgaja na oko 300.000 ha s prosječnim prinosom od 8,1 t/ha (DZS, 2014). Kukuruzni moljac uzrokuje sniženje prinosa od 2 do 25 %, a mjestimice i u godinama povoljnim za njegov razvoj, i više. Prema procjenama ti su gubici prosječno oko 7 %. Budući da se kukuruz uzgaja na vrlo velikim površinama, svako, pa i malo sniženje prinosa, znači veliki gubitak (Maceljski, 2002).

Kemijsko suzbijanje se provodi u sjemenskom kukuruzu te kukuruzu šećercu (Bažok i sur., 2009). Period izloženosti gusjenica insekticidima je vrlo kratak i iznosi nekoliko dana, nakon izlijeganja gusjenice se nalaze na listu, rukavcu lista ili metlici nakon čega se ubušuju u stabljiku ili začetke klipova (Ivezić, 2008). Maceljski (2002) navodi da je razdoblje izlijetanja leptira razvučeno na dvadesetak, često tridesetak i više dana, prema tome polaganje jaja i izlijeganje gusjenica varira tijekom dužeg vremenskog razdoblja. Što znači da bi kemijsku zaštitu trebalo obavljati višekratno što je ekonomski skuplje i nije u skladu s integriranom zaštitom bilja. Istraživanja pokazuju da je dovoljno jedno tretiranje insekticidom te postiže iste rezultate kao i dva tretiranja (Raspudić i sur., 2013; Bažok i sur., 2009). Upravo zbog kratkog perioda izloženosti gusjenica insekticidima te potrebe da se racionalizira uporaba kemijskih pripravaka, preduvjet uspjeha je točna signalizacija optimalnog roka suzbijanja. Optimalni rok i potrebu suzbijanja moguće je odrediti samo ako raspolažemo pouzdanim podacima o vremenu pojave i brojnosti kukuruznog moljca. Točne podatke možemo prikupiti samo ako raspolažemo pouzdanim metodama praćenja pojave kukuruznog moljca što je predmet ovog istraživanja.

Na području Sinjskog polja kukuruzni moljac je utvrđen kao vrlo važan štetnik. Površina Sinjskog polja iznosi 6,190 ha unutar kojih je izveden melioracijski sustav površine 4,045 ha, što čini 65 % od ukupne površine polja. U današnjim uvjetima koristi se tek djelomično za poljoprivredu (oko 30 %), dok je veći dio polja zapušten (oko 70 %) (Ljubenkov, 2012). Prije Domovinskog rata kukuruz je na Sinjskom polju bio zasijan na oko 4,700 ha. Danas se znatno manji dio Sinjskog polja obrađuje, no veliki dio obradivih površina i dalje se koristi se za uzgoj žitarica i kukuruza na malim posjedima. Osim kukuruzu, kukuruzni moljac prijeti i povrtlarskim kulturama. Tomašević (1996) navodi složeni utjecaj planinske i mediteranske klime u Sinjskom polju, ističe pojavu velikih količina oborina većeg intenziteta, velike oscilacije temperatura zbog položaja u kotlini

između planina, rane i kasne mrazeve te eolsku eroziju uzrokovanu vjetrom burom zbog koje je potrebno podizanje vjetrozaštitnih pojaseva. Važnost prognoze kukuruznog moljca potvrđuju prijašnja istraživanja metoda praćenja te mogućnosti biološkog suzbijanja štetnika (Jurić, 1994; Kraljević-Župić, 1993). Modeli prognoze kukuruznog moljca zasnovani na sumi efektivnih temperatura kao i novi modeli lovnih lampi koji koriste solarnu energiju razvijeni su u posljednjih 20-ak godina u svijetu nisu provjereni u Hrvatskoj.

2. CILJ RADA

Cilj ovog rada je utvrditi pouzdanost tri metode prognoze kukuruznog moljca: lovne entomološke lampe, suma efektivnih temperatura i vizualni pregledi. Utvrditi dinamiku pojave i životni ciklus leptira kukuruznog moljca u Sinjskom polju.

3. PREGLED LITERATURE

3.1. Kukuruz

3.1.1. Gospodarska važnost

Kukuruz je uz rižu i pšenicu vodeća poljoprivredna kultura u svijetu, uzgaja se na preko 150 milijuna hektara. Najveći proizvođač su SAD s proizvodnjom od preko 300 milijuna tona zrna godišnje gdje ostvaruju i najviši prosječni prinos, iznad 9 tona po hektaru. Najveći dio proizvedenog kukuruza koristi se za hranidbu stoke. Za ovu namjenu koristi se silaža cijele biljke, silaža vlažnog zrna ili klipa i suho zrno. Koristi se u prehrambenoj, farmaceutskoj i tekstilnoj industriji. Kukuruz se koristi i u proizvodnji bezalkoholnih i alkoholnih pića te bio-goriva. Svi dijelovi kukuruza su iskoristivi i iz toga proizlazi njegova velika gospodarska važnost (Pospišil, 2010).

3.1.2. Morfološka svojstva

Korijen je žiličast. S obzirom na vrijeme formiranja, karakter rasta i ulogu u životu biljke, razlikujemo pet tipova korijenja: primarni ili glavni klicin korijen, seminalno ili bočno klicino korijenje, mezokotilno korijenje, podzemno nodijalno i zračno nodijalno korijenje. Najznačajnije i po masenom udjelu najzastupljenije je nodijalno korijenje, korijenje koje se razvija iz podzemnih nodija stabljike zove se podzemno nodijalno korijenje, a ono koje se razvija iz nodija stabljike iznad površine tla nadzemno nodijalno korijenje ili "zračno" korijenje. Nadzemno nodijalno korijenje nije funkcionalno dok nagrtanjem ne dođe u tlo kada može poprimiti funkciju pravog korijena. Iako pojedini korijenovi mogu prodrijeti u tlo i preko dva metra, glavnina korijenovog sistema se nalazi u oraničnom sloju (do 30 cm) (Pospišil, 2010).

Stabljika kukuruza je visoka oko 250 cm, a varira od 60 cm (inbred linije) do 750 cm u tropskim uvjetima (Pospišil, 2010). Tako visoka stabljika može imati promjer do 7 cm (Gagro, 1997). Promjer stabljike je oko 3 cm, a varira od 1,5 do 5 cm. Stabljika je najdeblja na visini od 20 do 60 cm iznad tla, a prema vrhu i bazi debljina opada. Sastoji se od nodija i internodija, broj nodija iznosi oko 24, a varira s obzirom na dužinu vegetacije od 8 do 40. Iz pazušca donjih listova mogu se razviti zaperci, tj. sekundarne stabljike, kukuruz šećerac ima veliku sklonost stvaranju zaperaka (Pospišil, 2010).

List kukuruza razvija se na nodiju stabljike pa je broj koljenaca isti kao i broj listova. Lisna površina kukuruza može biti veća od 1 m^2 po biljci (Gagro, 1997). List se sastoji od lisnog rukavca koji čvrsto obuhvaća veći dio internodija i dosta široke i dugačke

plojke. Na plojci je izražen središnji nerv, a njen obod je često izvijen zbog nejednolikog porasta. Na prelasku plojke u rukavac nalazi se jezičac (ligula) koji sprječava ulazak vode i drugih nepoželjnih tvari u dio između stabljike i lista. Listovi koji obavijaju klip čine komušinu (Pospišil, 2010).

Kukuruz je jednodomna stranooplodna biljka s razdvojenim muškim i ženskim cvatom. Muški cvjetovi su sakupljeni u metlicu, a ženski u klip. Metlica se nalazi na vrhu biljke kao završetak vršnog internodija stabljike. Sastoji se od centralnog vretena i postranih grana koje nisu jako razvijene. Klip se formira u pazušcu listova stabljike, sastoji se od vretena (oklaska) na kojem se u parnim redovima nalaze klasići sa ženskim cvjetovima. Plod kukuruza je zrno koje se sastoji od omotača ploda (pericarpium), omotača sjemena (perispermium), endosperma i klice (embryo) (Pospišil, 2010).

3.1.3. Agroekološki uvjeti za proizvodnju

Kukuruz se proizvodi na vrlo širokom području od 55° sjeverne širine do 40° južne širine. Uspijeva u vrlo različitim klimatskim i zemljišnim uvjetima kao i u područjima s vrlo malo dostupne vode i s jako puno vode. U Južnoj Americi kukuruz se proizvodi na nadmorskoj visini većoj od 4000 metara. Širok areal rasprostranjenosti omogućuje adaptibilnost kukuruza te samim tim postojanje različitih formi kukuruza različite duljine vegetacije (Gagro, 1997).

Minimalna temperatura tla za klijanje kukuruza je 8 do 10 °C (Pospišil, 2010). Nakon nicanja minimalna temperatura za rast kukuruza je 12 do 13 °C, a maksimalna 40 do 45 °C (Pucarić i sur., 1997). Tijekom vegetacije za rast optimalne temperature zraka su od 24 do 28 °C. Dok je biljka mlada, neposredno nakon nicanja, kukuruz može podnijeti temperature zraka od -2 do -3 °C bez oštećenja vegetativnog vrha uz oštećenje lisne površine (Pospišil, 2010; Gagro, 1997). Bolja kondicija biljaka i ishranjenost kalijem i fosforom povećava otpornost kukuruza na niske temperature (Gagro, 1997).

Za normalan rast i razvoj do zriobe hibridi kukuruza moraju tijekom vegetacije nakupiti određenu sumu toplinskih jedinica (srednje dnevne temperature zraka umanjene za 10). Hibridi FAO grupe 100 trebaju najmanju sumu toplinskih jedinica te bi za njih duljina vegetacije, odnosno razdoblje između zadnjeg proljetnog i prvog jesenskog mraza trebalo iznositi 120 dana. Kasni hibridi trebaju veću sumu toplinskih jedinica te za njih bezmrazno razdoblje treba trajati 150 i više dana (Pospišil, 2010).

Kukuruz ima nizak transpiracijski koeficijent (250 – 270 mm). Potrebe za vodom povećavaju se u vrijeme intenzivnog vegetativnog porasta, a najveće su neposredno pred metličanje i svilanje za vrijeme oplodnje i u početku nalijevanja zrna (Gagro, 1997). Za

dobar prinos potrebno je uz rezerve vode u tlu još 350 do 400 mm dobro raspoređenih oborina tijekom vegetacije. Kukuruzu najbolje odgovaraju duboka, rastresita i propusna tla koja mogu zadržati puno vode, srednje teška (ilovasta) tla bogata organskom tvari i biljnim hranivima, a koja nisu kisela. Lagana pjeskovita tla su pogodna za uzgoj kukuruza samo ako su podzemne vode visoko (0,5 m od površine) (Pospišil, 2010). Kukuruz prestaje rasti kada se vlažnost tla smanji ispod 10 % od maksimalnog vodnog kapaciteta (Gagro, 1997).

3.1.4. Štetnici kukuruza

Na kukuruzu se javlja veliki broj štetnika, a od toga 80% pripada kukcima. Najčešći štetnici pripadaju redovima Hemiptera, Coleoptera i Lepidoptera (Ivezić, 2008).

Red Hemiptera (rilčari)

Štetnici kukuruza iz ovog reda pripadaju u dva podreda, Heteroptera (stjenice) i Homoptera (jednakokrilci).

Stjenice su većinom polifagni štetnici. Od mnogobrojnih vrsta značajnija je *Eurigaster integriceps* Put. Ova stjenica ima jednu generaciju godišnje i prezimljuje kao imago ispod biljnih ostataka. Uslijed napada centralni list oštećenih biljaka brzo uvene i propada. Na kukuruzu se mogu javiti i druge vrste, kao *Dolicoris baccarum* L., *Euridema* spp., *Lygus* spp. i druge.

Od jednakokrilaca za kukuruz su važni *Tetraneura ulmi* L. (brijestova lisna uš) koja se razvija na korijenu kukuruza, primarni domaćin joj je brijest na čijem lišću tvori šiške. *Rhopalosiphum maidis* Fitsch (kukuruzna lisna uš) je vektor virusa na kukuruzu, uslijed napada dolazi do deformacije i nekroze napadnutih organa. Važne su još *Myzus persicae* Sulz (zelena breskvina uš) i *Rhopalosiphum padi* L. (sremzina lisna uš).

Red Coleoptera (kornjaši)

Iz reda Coleoptera kukuruz napadaju štetnici iz porodica Elateridae (klisnjaci, žičnjaci), Nitidulidae (sjajnici), Chrysomelidae (zlatice) i Curculionidae (pipe).

Među najčešće i najštetnije klisnjake kod nas, ubrajaju se ličinke roda *Agriotes*. Ličinka je izduženog, valjkastog ili spljoštenog tijela, dužine 20 do 30 mm, podsjeća na komad žice odakle im i naziv žičnjaci. Ličinke žive u tlu, hrane se sjemenkama i mladim biljkama te dovode do prorijeđenja sklopa biljaka. Štetne su za velik broj kultura. Odrasli kukci nisu ekonomski značajni štetnici.

Iz porodice Nitidulidae na kukuruzu je štetna vrsta *Glischrochilus quadrisignatus* Say (četverotočkasti kukuruzni sjajnik). Odrasli prezimi u tlu ili ostacima bilja. Ima jednu generaciju godišnje. Izgriza zrno kukuruza u mliječnoj zriobi. Najveće su štete na rubnim dijelovima polja kukuruza.

Iz porodice Chrysomelidae (zlatice) kao noviji štetnik kukuruza posebno je važna vrsta *Diabrotica virgifera virgifera* LeConte (kukuruzna zlatica). Kukuruzna zlatica pripada u ekonomski značajne štetnike kukuruza u Americi. U Europi je otkrivena 1992. godine u Srbiji, a u Hrvatskoj 1995. godine (Bažok, 2007). Danas je prisutna na cijelom kontinentalnom dijelu Hrvatske gdje se uzgaja kukuruz. Ima jednu generaciju godišnje, najveće štete čine ličinke koje izgrizaju korijen kukuruza dovodeći do polijeganja usjeva, smanjene proizvodnje zrna i otežane mehanizirane berbe. Štete od kukuruzne zlatice, kod jačega napada, očituju se u smanjenu prinosa od 10 do 30 %.

Vrsta *Tanymecus dilaticollis* Gyll (kukuruzna pipa) najveće štete pričinjava na kukuruzu, ali napada i druge biljke: suncokret, duhan i šećernu repu. Prezimljuje u stadiju imaga u tlu gdje je i prethodne godine bio posijan kukuruz. Aktivna postaje kada temperature tla budu oko 5 do 10 ^{o}C. Odmah nakon izlaska iz tla počinje s intenzivnim hranjenjem na lišću kukuruza. Ženka snese i do 300 jaja. Najveće štete bilježe se u slučaju ponovljene sjetve kukuruza.

Red Lepidoptera (leptiri)

Štetnici kukuruza iz reda Lepidoptera pripadaju porodicama Crambidae (plamenci) i Noctuidae (sovice).

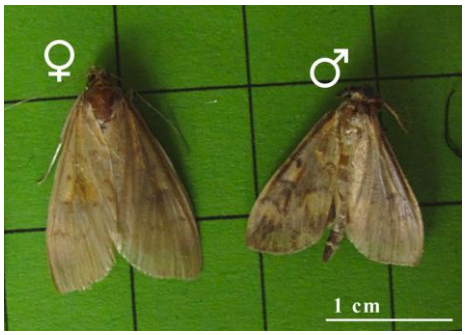
Iz porodica Crambidae (plamenci) osim kukuruznog moljca koji je predmet ovog rada štete na kukuruzu povremeno pričinjava vrsta *Loxostega sticticalis* L. (metlica). Godišnje može imati 2 do 3 generacije od kojih je najštetnija druga. Prezimljuje u tlu u stadiju odrasle gusjenice. Polifagni je štetnik, javlja se periodično. Tako se u Hrvatskoj prema Kovačević (cit. Maceljski, 2002) u jakom intenzitetu javila 1901., 1929., 1930. i 1976. godine.

Iz porodice Noctuidea kukuruz napada nekoliko vrsta od kojih se izdvajaju tri vrste koje zajednički nazivamo sovice pozemljuše (*Agrotis segetum* Schiff., *Agrotis ipsilon* Hfn., *Euxoa temera* Hb.) te štetnici klipa, žuta kukuruzna sovica (*Helicoverpa armigera* Hübner) i kukuruzna sovica (*Sesamia cretica* Lederer). *Helicoverpa armigera* Hubner (kukuruzna sovica) polifagna je vrsta koja napada više od 250 biljnih vrsta uključujući i kukuruz. Kod nas ima 2 do 3 generacije godišnje. To je periodični štetnik kojemu pogoduju visoke temperature i sušno razdoblje. Gusjenica radi najveće štete na generativnim organima biljaka.

3.2. Kukuruzni moljac

3.2.1. Morfologija i životni ciklus

U leptira je izražen spolni dimorfizam (slika 1.). Ženka ima deblje tijelo raspona krila od 25 do 30 mm, svijetložute je do svjetlosmeđe boje. Mužjak ima vitko tijelo s nešto tamnijim sivosmeđim ili smeđim krilima, raspon krila je 20 do 25 mm. Jaja su veličine 0,5 mm, spljoštena, u gomilicama od 15 do 45 jaja složenih jedno uz drugo. Gusjenica je isprva bjelkasto-ružičasta, kasnije postaje prljavo sive, katkad smeđe boje. Na hrptu svakog segmenta nalaze se četiri okruglaste pjege, a iz njih izbija po jedna dlačica, naraste do 25 mm (Maceljski, 2002). Gusjenica ima pet stadija razvoja koji se determiniraju prema širini glave, dužini pronotuma i veličini tijela (slika 2.) (Dewitt i Stockdale, 1983 cit. Reardon, 2006). Kukuljica je smeđa, kod mužjaka dužine oko 14 mm i širine oko 2,5 mm, a kod ženke kukuljica je nešto krupnija (Vukašinović, 2014).



Slika 1. Ženka i mužjak kukuruznog moljca (foto: Š. Pavić)

Slika 2. Pet stadija razvoja gusjenice kukuruznog moljca (Iowa State Univerisity, 2013)

Tijekom svog životnog ciklusa, kao pripadnik skupine Holometabola, kukuruzni moljac prolazi kroz potpunu preobrazbu odnosno četiri stadija razvoja - jaje, ličinka (gusjenica), kukuljica i imago (leptir, moljac). Navedena četiri stadija čine jednu generaciju (Vukašinović, 2014). Broj generacija kukuruznog moljca varira, u sjevernijim područjima moljac ima samo jednu generaciju (univoltni), a u južnim i 3 do 4 generacije (multivoltni) (Maceljski, 2002). Gusjenice petog stadija razvoja zadnje (zimske) generacije kod multivoltnih populacija ulaze u fakultativnu dijapauzu uzrokovanu nepovoljnim ekološkim čimbenicima, dok univoltne populacije kukuruznog moljca ulaze u obligatnu dijapauzu koja je genetski uvjetovana (Reardon, 2006). Prema Maceljskom (2002) u Hrvatskoj velika većina ljetnih gusjenica daje leptire još iste godine pa moljac ima dvije pune generacije godišnje.

Zimske gusjenice prezimljuju u kukuruzincu ili ostacima drugih biljaka kojima su se hranile, krajem zime, kad temperature prijeđu 15 ^{o}C, na tim se mjestima kukulje. Nakon kukuljenja u proljeće, leptiri prve generacije izlijeću ovisno o temperaturi i relativnoj vlazi zraka, to razdoblje izletavanja počinje početkom svibnja, no glavnina leptira se javlja tek u lipnju (Maceljski, 2002). Lete u večernjim i jutarnjim satima, fotofilni su, privlači ih svjetlo, Showers i sur., (2001) navode da mogu preletjeti i do pedeset kilometara u jednoj noći. Leptiri kopuliraju te ženka na naličju lista može odložiti oko 300 jaja. Razvoj jaja traje oko 3 dana pri 27 ^{o}C i 75 do 80 % relativne vlažnosti zraka (Guthrie i sur., 1985 cit. Reardon, 2006). Iz jaja izlaze ljetne gusjenice koje se hrane, ubušuju u stabljiku, razvijaju te naposljetku kukulje i izljeću leptiri druge generacije najčešće u kolovozu (Maceljski, 2002). Leptiri druge generacije kopuliraju, polažu jaja iz kojih izlaze zimske gusjenice kod kojih skraćenjem dužine dana i smanjenjem temperature, dolazi do aktivacije gena koji utječu na njihov fiziološki razvoj, te se gusjenice ne kukulje kada dostignu posljednji peti stadij razvoja, već ulaze u dijapauzu, i u ovom stadiju mirovanja ostaju do proljeća. Tijekom dijapauze gusjenice se ne hrane, a ukupna aktivnost metabolizma je svedena na minimum (hipometabolizam) (Vukašinović, 2014).

3.2.2. Ekologija kukuruznog moljca

Ekologija proučava djelovanje čimbenika okoline na žive organizme. Temperatura je jedan od najvažnijih abiotskih čimbenika koji utječe na kukce jer su oni poikilotermne životinje, temperatura tijela ovisi im o temperaturi sredine (Ivezić, 2008; Oštrec i Gotlin Čuljak, 2005). Život kukaca odvija se približno u intervalu od 10 do 48 ^{o}C, a optimum je između 25 i 32 ^{o}C, svaki organizam za svaki razvojni stadij treba određenu sumu, odnosno količinu topline koja se naziva termalna konstanta, najniža temperatura kod koje počinje razvoj zove se prag razvoja (Ivezić, 2008). Prag razvoja prema brojnim autorima za kukuruznog moljca je 10 ^{o}C (Mason i sur., 1996; Porter i sur., 1991; Got i Rodolphe, 1989; Jarvis i Brindley, 1965; Apple, 1952 cit. Trnka i sur., 2007). Opća formula koja se koristi za izračun sume efektivnih temperatura (SET) je:

$$\frac{max.temp. + min.temp.}{2} - 10\ °C$$ (Oštrec i Gotlin Čuljak, 2005)

Prema Trnka i sur., (2007) a sukladno navodima Arnold (1960) i Mason i sur., (1996) predlaže se da se suma efektivnih temperatura za kukuruznog moljca izračunava na modificirani način:

Ako je Tmax < 10 °C tada je **SET = 0** (Trnka i sur., 2007)

Ako je Tmin < 10 °C i Tmax > 10 °C tada je $\mathbf{SET} = \frac{Tmax + 10\ °C}{2} - \mathbf{10\ °C}$ (Trnka i sur., 2007)

Ako je Tmin > 10 °C tada je $\mathbf{SET} = \frac{Tmax + Tmin}{2} - \mathbf{10\ °C}$ (Trnka i sur., 2007)

Brown (1982) i Mason i sur., (1996., cit. Trnka i sur.) daju prikaz SET-a potrebnih za razvoj pojedinih razvojnih stadija kukuruznog moljca uključujući i pojavu leptira pojedinih generacija (tablica 1.). Izračunom SET-a temeljenog na podacima o temperaturama pojedinih polja i stvarne pojave leptira prve generacije populacija kukuruznog moljca iz srednje Europe i Iowe, Trnka i sur., (2007) usporedili su dane u godini (tzv. Julian days) kod kojih se očekivala (temeljem izračuna) i stvarno dogodila (temeljem ulova na lovnim lampama) pojava leptira prve generacije. Utvrđena su izvjesna odstupanja stvarne pojave u odnosu na predviđanja temeljena na izračunu SET-a, tako da se 5% populacije leptira u srednjoj Europi pojavilo između 137.-og i 210.-og dana u godini s prosjekom oko 165.-og dana u godini dok se prema procjenama očekivana pojava trebala dogoditi između 146.-og i 201.-og dana s prosjekom oko 168.-og dana. Slična su odstupanja utvrđena i za pojavu 50 % i 95 % populacije leptira kao i za ovipoziciju. Za populaciju iz Iowe utvrđena su nešto manja odstupanja stvarne pojave od predviđenih rokova pojave.

Tablica 1. Sume efektivnih temperatura (°C) kod kojih se javljaju pojedini razvojni stadiji kukuruznog moljca prema Brown (1982) i Mason i sur., (1996., cit. Trnka i sur., 2007)

Razvojni stadij	**Kukuljica**	**Imago**	**Let i kopulacija**	**Ovipozicija**	**Izlazak iz jaja/ 1. stadij**	**2. stadij**	**3. stadij**	**4. stadij**	**5. stadij**
1. generacija – SET °C									
Prva pojava	121	216	288	321	388	447	512	585	710
50 %	199	316	393	454	516	559	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

Prema Rice (1999) jaja kukuruznog moljca moraju sakupiti sumu od oko 38 ºC da bi se izlegle gusjenice. Gusjenice prvog stadija razvoja trebaju sakupiti od izlijeganja do

trećeg stadija razvoja sumu od oko 107 ^{o}C. U trećem stadiju razvoja gusjenice se ubušuju u stabljiku. S maksimalnim dnevnim temperaturama od 29 ^{o}C i minimalnim od 15 ^{o}C, kukuruzni moljac akumulira 12 ^{o}C unutar 24 sata, pri takvim stalnim uvjetima kukuruznom moljcu treba oko 9 dana od izlijeganja do ubušivanja u stabljiku.

Leptiri intenzivno lete pri temperaturama od 18 do 24 ^{o}C, minimalna temperatura pri kojoj lete je 13 ^{o}C (Stirrett, 1938 cit. Frye, 1970). Najveći broj jaja u poljskim uvjetima moljac odlaže na noćnim temperaturama od 24 do 27 ^{o}C (Bottger i Kent 1931 cit. Frye, 1970).

Gusjenice petog stadija u dijapauzi protiv smrzavanja sintetiziraju određene spojeve (krioprotektore) prilikom čega ne dolazi do formiranja kristala leda u tjelesnim tekućinama na temperaturama nižim od 0 ^{o}C, prema tome gusjenice kukuruznog moljca u dijapauzi mogu preživjeti temperature i do -20 ^{o}C (Grubor-Lajšić i sur., 1991 cit. Vukašinović, 2014).

Vlažnost je uz temperaturu drugi dominantni abiotski čimbenik u razvoju kukaca, ova dva čimbenika su međusobno ovisna i u prirodi djeluju zajednički (Oštrec i Gotlin Čuljak, 2005). U laboratorijskim uvjetima, Vance (1949 cit. Frye, 1970) navodi da je za ovipoziciju leptira optimalna temperatura 29 ^{o}C s relativnom vlagom zraka od 96 %. Leptir kukuruznog moljca pri visokoj vlazi zraka od 95 % živi 9 do 12 dana, pri 85 % vlage 6 do 9 dana, a pri 65 % živi samo 1 do 2 dana. Plodnost ženki ovisi o dovoljno visokoj vlažnosti zraka kao i ishrani. Smrtnost jaja i gusjenica, naročito gusjenica prvih stadija, vrlo je velika čak i u normalnim uvjetima. Ta smrtnost pri niskoj vlažnosti može biti viša od 95 % (Maceljski, 2002). Optimalne temperature za razvoj gusjenica su od 21 do 32 ^{o}C s relativnom vlagom zraka iznad 80 % (Tauber i Bruce, 1945 cit. Frye, 1970).

3.2.3. Štetnost kukuruznog moljca

Gusjenice kukuruznog moljca oštećuju sve nadzemne dijelove biljaka: list, metlicu, stabljiku i klipove. Štete na lišću i metlici koje prouzrokuju gusjenice kukuruznog moljca u prvim fazama razvoja nisu tako velike, prva oštećenja na lišću se vide u obliku okruglastih rupica (slika 3.). Velika oštećenja prouzrokovana su u stabljici gdje gusjenice buše uzdužne hodnike, što slabi biljku i smanjuje njenu čvrstoću (Ivezić, 2008; Igrc-Barčić, 2007; Maceljski, 2002). Gusjenice druge generacije vrlo često ulaze u klip i izgrizaju zrnje, pa se prethodno opisane štete znatno povećavaju. Pri jačem oštećenju početnog dijela vretena može izostati nalijevanje zrna, a može otpasti i čitav klip. Oštećenja stabljike ispod klipa (poglavito od gusjenica prve generacije) mogu u vrijeme zriobe kukuruza, zbog težine klipa, biti uzrok prijeloma (Maceljski, 2002). Bušeći kroz tkivo kukuruza, gusjenica kukuruznog moljca uzrokuje niz fizioloških poremećaja: redukciju fotosinteze i

transpiracije, smanjenu koncentraciju ugljikovog dioksida u međustaničnim prostorima, povećanu temperaturu lista, poremećaje u transportu vode kroz biljku (Godfrey i sur., 1991).

Slika 3. Oštećenja na lišću od gusjenica kukuruznog moljca
(Iowa State Univerisity, 2013)

Osim opisanih izravnih šteta, nastaju i neizravne štete. Gusjenice tijekom svoje ishrane stvaraju povoljne uvjete za zarazu gljivicom *Fusarium graminearum* na svim oštećenim dijelovima kukuruza (Blandino i sur., 2015). Kao polifag kukuruzni moljac oštećuje i krumpir gdje istraživanja pokazuju da je kukuruzni moljac sposoban prenijeti bakteriju *Erwinia carotvora* Smith, uzročnika bolesti crne noge krumpira (Anderson i sur., 1981). Maceljski (2002) navodi znatne štete od kukuruznog moljca na paprici i jabukama. Proizvođači paprike za konzerviranje zbog zaraze moljcem nisu mogli prodati cijele plodove nego su morali papriku razrezati, sortirati i prodati za filete.

Uslijed napada ovog štetnika prinosi kukuruza mogu biti znatno smanjeni. Ovo smanjenje ovisi o broju napadnutih biljaka te broju rupa (ubušenja na biljci od gusjenica) i gusjenica na biljci (Ivezić, 2008). Jedna gusjenica po biljci smanjuje prinos od 4 do 8 % (Igrc-Barčić, 2007). Kukuruzni moljac napada kukuruz ovisno o godini i području uzgoja u manjem ili većem intenzitetu. U vremenskom razdoblju od 1991. do 2001. godine rezultati istraživanja u Hrvatskoj pokazuju prosječan napad kukuruznog moljca od 51.5 % (Ivezić i Raspudić, 2001). U istočnoj Hrvatskoj 2008. i 2009. godine zabilježeni su napadi i više od 90 % (Raspudić i sur., 2010).

3.2.4. Prognoza i suzbijanje

Prognozu i utvrđivanje roka primjene insekticida za suzbijanje kukuruznog moljca moguće je utvrditi sljedećim metodama: vizualnim pregledom biljaka i utvrđivanjem jajnih legala i broja tek izleglih gusjenica (Hađistević, 1969 cit. Igrc-Barčić, 2007), praćenjem leta kukuruznog moljca u kavezu s prošlogodišnjim kukuruzincem (Đulizbarić, 1966 cit. Igrc-Barčić, 2007), entomološkom svjetiljkom (Danon, 1988 cit. Igrc-Barčić, 2007) i seksualnim feromonskim mamcima (Bača, 1976; Maceljski, 1984; Bartels i sur., 1997., cit. Igrc-Barčić, 2007). Feromoni za kukuruznog moljca zasad još ne daju tako sigurne podatke kao za niz drugih štetnika, utvrđeno je da postoje dvije "feromonske rase" moljca E i Z, te hibrid obih rasa (E/Z) . Ove se rase razlikuju različitim omjerom cis i trans izomera seksualnog feromona ženki (Maceljski, 2002). Prema istraživanjima Bažok i sur., (2009) u sjeverozapadnoj Hrvatskoj dominantna rasa je E dok je u sjevernoj Hrvatskoj prisutna populacija s E i Z rasama. Na području Dalmacije (Sinjsko polje) tip feromona E je pokazao slabu atraktivnost za razliku od feromona tipa Z (Kraljević-Župić, 1993). Očito je da treba provesti još istraživanja s ciljem određivanja djelotvornijih omjera cis i trans izomera seksualnih feromona kao i mapiranja populacija "feromonskih rasa" kukuruznog moljca.

Let leptira se može prognozirati i uz pomoć metereoloških podataka, tj. temperature. Maceljski (2002) prema francuskim autorima navodi progonoziranje pojave leptira zbrojem srednjih dnevnih temperatura iznad 10 ^{o}C od početka godine, do prve masovne pojave leptira dolazi kada zbroj tih aktivnih temperatura dosegne 490-515 ^{o}C. Manninger (1949 cit. Kraljević-Župić, 1993) iznosi, da kad se od prvog travnja pa dalje zbroje dnevne maksimalne temperature, i kad dostignu sumu od 1500 ^{o}C, počinje let leptira. Složeniji model za prognoziranje kukuruznog moljca je ECAMON, koji koristi više dnevnih klimatskih elemenata kao što su: minimalne i maksimalne temperature, oborine, količina globalnog zračenja, vlažnost zraka i brzina vjetra. Model je učinkovit te objašnjava naglo povećanje šteta od kukuruznog moljca na području Češke tijekom klimatski neobično toplog razdoblja od 1991. do 2001. godine (Trnka i sur., 2007).

Kod suzbijanja kukuruznog moljca Igrc-Barčić (2007) navodi dvije grupe mjera. Agrotehničke i mehaničke metode te uzgoj otpornih hibrida ubrajaju se u grupu preventivnih mjera, a biološke, biotehničke i kemijske metode u grupu kurativnih mjera.

Agrotehničke metode sastoje se u pravilnom izboru plodoreda, temelj su svake zaštite jer monokultura kukuruza neće dovesti do nagomilavanja problema samo u svezi kukuruznog moljca već i svih drugih štetnika. Izmjena kultura na određenoj površini smanjit će broj štetnih i istovremeno povećati broj korisnih organizama. Kao agrotehničke

mjere Maceljski (2002) još navodi smanjenje šteta ranijom sjetvom te uništavanje drugih potencijalnih domaćina, npr. korova.

Mehaničke metode se odnose na uništavanje kukuruzinca u kojem prezimljuju gusjenice. Nakon berbe kukuruza preostali kukuruzinac nužno je sasjeći ili rasčihati, te duboko zaorati. Kukuruzinac ostavljen na tlu ili samo malo prekriven tlom izvor je zaraze moljcem ne samo za vlasnika polja na kojem je ostao već i za sva susjedna polja. Spaljivanje kukuruzinca je lošija mjera od zaoravanja zbog gubitka organske tvari, ali i to je bolje od ostavljanja kukuruzinca u polju. Izvor zaraze je i kukuruzinac ili cijele stabljike kukuruza koje neki uzgajivači iznose iz polja i slažu u hrpe ili stogove. Nekoć su zakonski propisi bili vrlo strogi i propisivali su uništenje kukuruzinca do 1. odnosno 15. svibnja kako bi se spriječilo izlijetanje leptira.

Uzgoj otpornih hibrida se može podijeliti u dvije grupe: izbjegavanje ili onemogućavanje napada i tolerantnost hibrida na napad moljca. U prvu grupu ubrajamo sve pojave od kojih neke nisu prava otpornost, a smanjuju napad i štete od moljca. Neke biljke zbog dlakavijeg lišća nisu pogodne ženkama za odlaganje jaja, neke su biljke kukuruza za vrijeme odlaganja jaja još malene pa manje privlače ženke, kemijski sastav nekih biljaka uvjetuje veću smrtnost gusjenica od drugih, na biljkama s manje bjelančevina smrtnost mladih gusjenica je veća. U drugu grupu ubrajamo tolerantnost pojedinih hibrida kukuruza. Ona se očituje u tome da određeni hibridi podnose veći broj gusjenica po biljci bez značajnog sniženja prinosa, a stabljika im je čvrsta i teže se lomi. Takvi se hibridi dobivaju klasičnom selekcijom i svaka tvrtka koja proizvodi sjeme kukuruza navodi otpornost na kukuruznog moljca. Najnovija tehnologija genetičkim preinačavanjem u hibride kukuruza ucjepljuje gen za proizvodnju endotoksina bakterije *Bacillus thuringiensis* Berliner. Takve biljke nose naziv "insekticidne biljke". Gusjenice se na ovakvim intoksiciranim biljkama brzo prestaju hraniti i ugibaju. Genetički preinačeni hibridi sve više prodiru na tržište poglavito u SAD-u, Kanadi i Kini dok na Europske površine prodire znatno slabije, uglavnom u istraživačke svrhe. Takvi hibridi kukuruza su uključeni prvi put u Hrvatskoj 1998. godine u poljskim pokusima (Raspudić i sur., 1999).

Maceljski (2002) iznosi da bi se postojeće štete od kukuruznog moljca mogle prepoloviti pridržavanjem navedenih triju preventivnih mjera, znači plodosmjenom, rigoroznim mehaničkim mjerama suzbijanja i forsiranjem sjetve otpornih hibrida.

Biološke metode se odnose na primjenu prirodnih neprijatelja (životinjskog ili biljnog podrijetla) ili bioinsekticida. Prvo biološko suzbijanje kukuruznog moljca uzročnicima bolesti proveo je u Zagrebu Hergula 1929. godine korištenjem bakterije *Bacillus thuringiensis*, a 1930. godine i pomoću gljivice *Metarrhizium anisopliae*

(Metsch.) Sorokin. Usprks dobrim rezultatima Hergulin rad nije dugi niz godina primjenjivan u praksi. Posljednjih godina u svijetu se sve više koriste bioinsekticidi na osnovi bakterije *Bacillus thuringiensis* soj *kurstaki* (B.t.k) sa zadovoljavajućim uspjehom (70-90 %). Primjena je moguća iz zrakoplova ili traktorima visokog klirensa (Maceljski, 2002). Primjenjuju se i parazitske osice iz roda *Trichogramma* poglavito vrste *Trichogramma maidis* Pint, et Voeg. Parazitacija jaja može doseći i 90 %. No za takav uspjeh potrebno je vrlo veliko znanje onog koji primjenjuje osice jer je nužno da u trenutku ispuštanja osica u polje, na biljkama bude odložen maksimalan broj jaja. Na jedan hektar kukuruza potrebno je ispustiti 100.000 jedinki (Igrc Barčić i Maceljski, 2001).

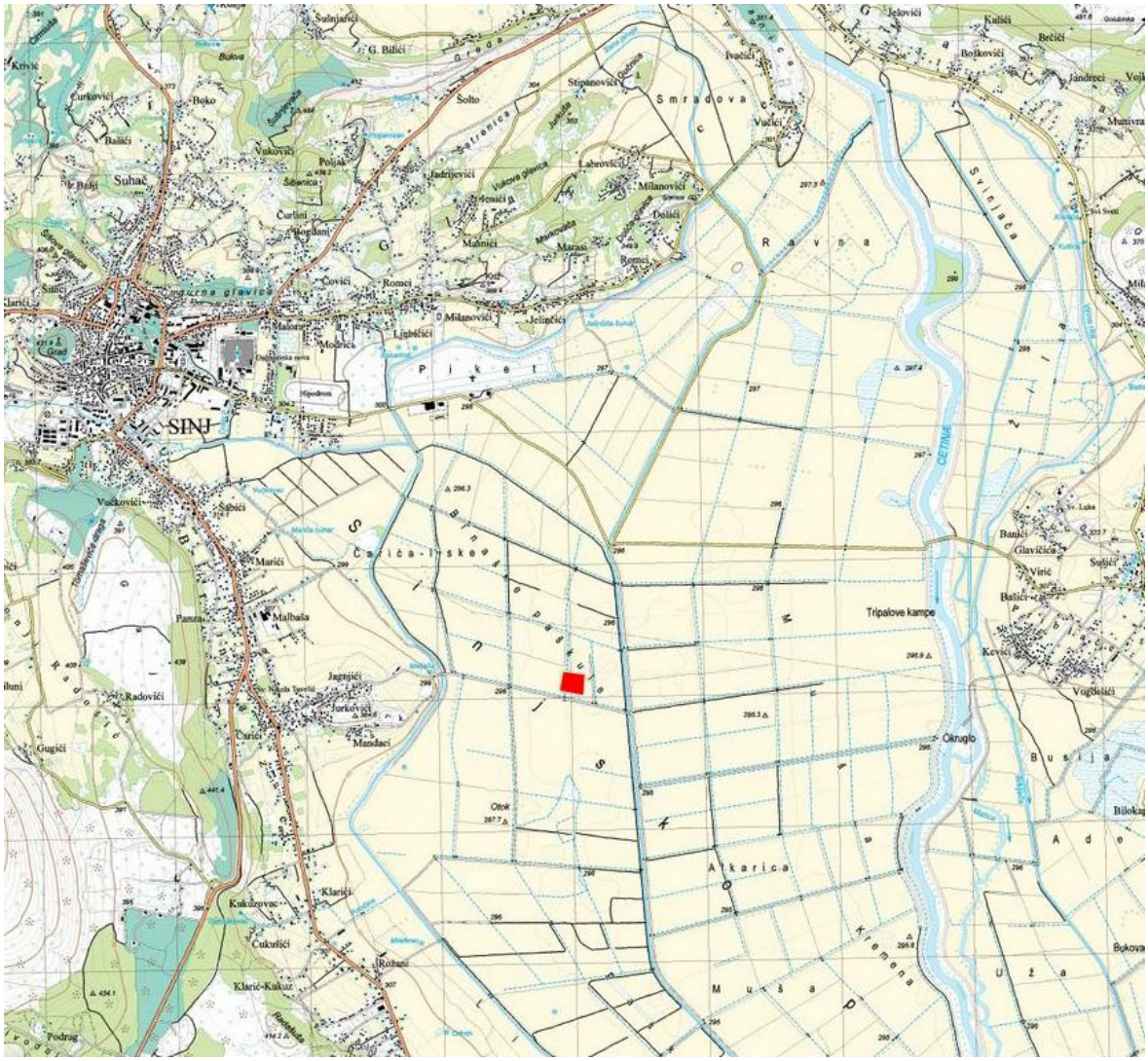
Od biotehničkih metoda prema podacima Bažok (2015) u nas za suzbijanje kukuruznog moljca dozvolu ima samo jedan regulator razvoja i to lufenuron, ali ne na kukuruzu već u paprici. Istraživanja Bažok i sur., (2009) pokazala su da je ovaj insekticid isto kao i teflubenzuron djelotvoran na moljca u kukuruzu šećercu. Insekticid iz skupine naturalita, spinosad u istim je istraživanjima pokazao vrlo visoku djelotvornost.

Kemijske metode suzbijanja kukuruznog moljca se temelje na kurativi (primjena u vegetaciji). Maceljski (2002) spominje mogućnost korištenja sistemičnih insekticida koji se koriste za tretiranje sjemena ili se primjenjuju kao granule uz sjeme za smanjenje napada prve generacije moljca, no Igrc-Barčić (2007) tvrdi da njihovi rezultati ne potvrđuju da ti pripravci imaju zadovoljavajuće djelovanje. Kurativna primjena insekticida odnosi se na primjenu u vremenu dok se gusjenice nisu ubušile u stabljiku biljke. Prema podacima Bažok (2015) u Hrvatskoj dozvolu za primjenu na kukuruzu imaju pripravci s piretroidima pojedinačno (deltametrin, alfa-cipermetrin) i u kombinaciji s organofosfornim insekticidima (cipermetrin i klorpirifos), zatim pripravci na bazi metaflumizona i klorantaniliprola.

4. MATERIJALI I METODA RADA

4.1. Područje istraživanja

Pokus je postavljen u Sinjskom polju na nasadu kukuruza šećerca veličine 0,8 ha (ARKOD ID: 389973) (slika 4.). Zasijan je hibrid kukuruza šećerca Sundance F1 datuma 01.05.2015. godine. Hibrid Sundance F1 ima dužinu klipa od 17 do 19 cm, visina biljke je oko 170 cm, dužina vegetacije iznosi 68 do 70 dana. Predkultura je bio luk (*Allium cepa* L.).



Slika 4. Lokacija pokusnog nasada kukuruza šećerca u Sinjskom polju označena crvenim kvadratom (Arkod preglednik, 2016)

Sinjsko polje se nalazi u srednjem dijelu rijeke Cetine u Dalmatinskoj zagori, 30 km od Splita, smjera pružanja sjeveroistok-jugozapad. Površina mu iznosi 6,190 ha, nalazi se na nadomorskoj visini od 291 do 296 m (Vajdić, 1983). Okruženo je planinama: Dinara sa sjeverne strane (V.Troglav 1912 m), Kamešnica sa istočne (Konj 1855 m), Svilaja sa

zapadne (Svilaja 1508 m) te nižih brda triljskog kraja s južne strane polja. Rijeka Cetina dijeli polje na desno (4,310 ha) i lijevo zaobalje (1,880 ha) (Ljubenkov, 2012).

Tlo u Sinjskom polju nastalo je dugotrajnim plavljenjem rijeke Cetine. Najveći dio polja predstavljaju zamočvarena tla, više od 50 %. Matičnu podlogu čini nepropusni lapor lokalnog naziva "mulika". Dubina tla se kreće u rasponu od 60 do 300 cm. Po teksturnom sastavu zastupljene su: lake gline, teške gline, teške ilovače i lake ilovače. Zemljišta u Sinjskom polju odlikuju se povoljnim infiltracijskim osobinama. U pravilu su to umjereno do jako humozna glinasta tla, čiji se pH kreće od 7 do 8.5 (Tomašević, 1996).

Područje Sinjskog polja je granica između planinske i mediteranske klime s dominantnim utjecajem mediteranske klime u srpnju i kolovozu, što se očituje sa visokim temperaturama i sušama. U ostalim mjesecima izrazit je utjecaj planinske klime što uzrokuje ne samo niske temperature nego i velike temperaturne oscilacije tijekom dana, tjedna i mjeseca. Prema količini oborina (godišnji prosjek je 1235 mm) klima bi pripadala humidnoj, ali je njihov raspored po mjesecima i godišnjim dobima nepravilan i za proizvodnju nepovoljan. U vegetacijskom periodu količina oborina iznosi oko 500 mm, izrazito sušni mjeseci su srpanj i kolovoz. Ako tome dodamo i negativan utjecaj vjetra bure koja smanjuje relativnu vlagu zraka i isušuje tlo, zaključujemo da su to vrlo nepovoljni uvjeti za razvoj biljaka. U ovim proizvodnim uvjetima najbolje rezultate pokazuju hibridi kukuruza iz FAO grupe 400 i 500 koji se siju kad se temperature zemljišta stabiliziraju na 10 do 12 ^{o}C, na dubini od 5 do 10 cm (Kraljević-Župić, 1993).

4.2. Klimatski podaci

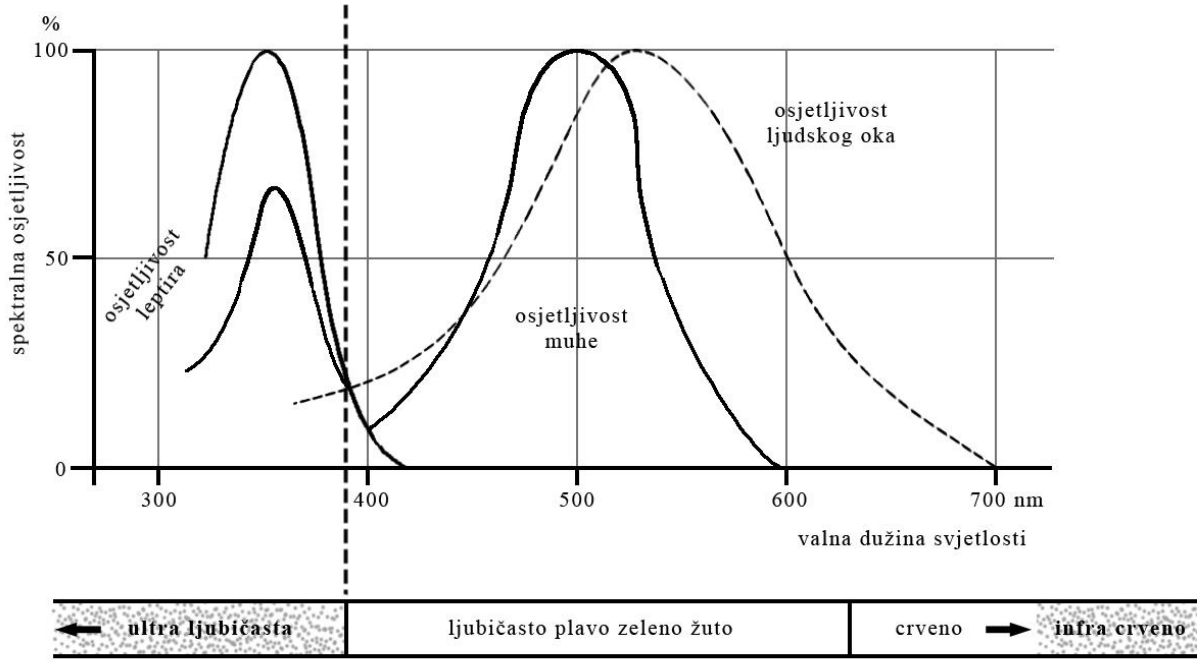
Od državnog hidrometereološkog zavoda (DHMZ) prikupljeni su klimatski podaci s postaje Sinj za vremensko razdoblje od 1. siječnja do 30. rujna 2015. godine. Prikupljene su dnevne minimalne, maksimalne i srednje temperature (^{o}C), dnevne količine oborina (mm) te srednja dnevna relativna vlaga zraka (%). Prikupljene su srednje mjesečne temperature i oborine iz višegodišnjeg razdoblja od 1960. do 2000. godine.

4.3. Praćenje leta leptira

Let kukuruznog moljca je praćen entomološkom lampom (slika 5.). Lampa se sastoji od fluorescentne cijevi oznake F18WT8. Dužina cijevi je 59 cm, snaga 18 W, emitira dugovalno ultraljubičasto zračenje (UVA) valne duljine od 315 do 368 nm. Oko kralježnjaka reagira na valne duljine između 400 i 700 nm, u kukaca od 300 do 600 nm (slika 6.) (Oštrec i Gotlin Čuljak, 2005). Leptir kukuruznog moljca ima vid osjetljiv na valne duljine od 300 nm (UV spektar) do 540 nm (zeleni dio spektra) (Šporar, 2015).

Fluorescentna cijev je smještena u središtu između četiri aluminijske pregrade, ispod je lijevak kroz kojeg kukci upadaju u lovnu posudu. Na dno lovne posude postavlja se spužva natopljena insekticidom Chromorel D. Entomološka lampa dobiva energiju iz vlastitog solarnog napajanja. Lampa je postavljena 1. svibnja 2015. godine neposredno uz polje kukuruza, uključivala se u sumrak a isključivala u jutarnjim satima. Jednom tjedno pregledavan je ulov i prebrojavane jedinke kukuruznog moljca izdvajajući ih po spolu. Točni datumi pregleda su 10., 17., 24. svibnja, 1., 7., 14., 21., 28. lipnja, 5., 12., 19., 26. srpnja, 2., 9., 16., 23., 30. kolovoza 2015. godine.

Slika 5. Entomološka lampa (foto: Š. Pavić)



Slika 6. Osjetljivost sastavljenog oka kukaca na spektar sunčeve svjetlosti (prema M. Gogala, 1992 cit. Oštrec i Gotlin Čuljak, 2005)

4.4. Utvrđivanje visine šteta

Na pokusnom polju su slučajno odabrana 4 reda kukuruza, u svakom redu dužine 14,3 m je označena prva i zadnja biljka, broj biljaka u redu je 80. Označene biljke kukuruza su vizualno pregledavane jednom tjedno na prisutnost šteta od gusjenica kukuruznog moljca. Točni datumi vizualnih pregleda tijekom vegetacije su 28. lipnja, 5., 12., 19., 26. srpnja, 9., 16., 23. kolovoza 2015. godine. Disekcija označenih biljaka je obavljena 23. kolovoza. Disekcijom je utvrđena zaraza stabljike i klipa brojanjem oštećenja (hodnika) u stabljici te mjerenjem njihove dužine i brojanjem gusjenica u stabljici i klipu.

4.5. Analiza podataka

Prikupljeni podaci o srednjim mjesečnim temperaturama i ukupnoj mjesečnoj količini oborina za 2015. uspoređeni su s višegodišnjim prosjekom (1960.- 2000.) za Sinj.

Suma efektivnih temperatura (SET) za razvoj kukuruznog moljca izračunata je na temelju prikupljenih podataka o minimalnim i maksimalnim temperaturama zraka. Kao temperaturni prag korištena je temperatura od 10 °C koju je prvi predložio Apple (1952) a kasnije je korištena i od brojnih drugih autora uključujući i Trnka i sur., (2007). Suma

efektivnih temperatura izračunata je temeljem navedenih vrijednosti prema metodi koju su predložili Arnold (1960) i Mason i sur., (1996.) modificiranoj prema Trnka i sur., (2007) kako slijedi:

Ako je Tmax < 10 °C tada je **SET = 0** (Trnka i sur., 2007)

Ako je Tmin < 10 °C i Tmax > 10 °C tada je $\mathbf{SET} = \frac{Tmax + 10\ °C}{2} - \mathbf{10\ °C}$ (Trnka i sur., 2007)

Ako je Tmin > 10 °C tada je $\mathbf{SET} = \frac{Tmax + Tmin}{2} - \mathbf{10\ °C}$ (Trnka i sur., 2007)

Dinamika leta leptira prikazana je grafički, a temeljem dinamike leta utvrđeni su ukupni ulovi svake pojedine generacije. Kumulativni ulovi prikazani su za svaku generaciju zasebno pri čemu su umjesto datuma korišteni dani u godini (Julian days). Sume efektivnih temperatura izračunate za vrijeme prve pojave, pojave 50 % i pojave 95 % ukupne populacije leptira obaju generacija uspoređene su sa sumama efektivnih temperatura koje navodi literatura. Za svaki datum pregleda izračunat je postotni udio biljaka koje su oštećene od moljca. Izračunat je Pearsonov korelacijski koeficijent između kumulativnog ulova leptira i postotka zaraženih biljaka (Vasilj, 2000).

Temeljem disekcije biljaka provedene 23. kolovoza utvrđen je prosječni postotni udio oštećenih biljaka, prosječni postotni udio biljaka s gusjenicama te prosječan broj gusjenica i hodnika od kukuruznog moljca i temeljem tih vrijednosti za svaki uzorak (ponavljanje) izračunat je intenzitet zaraze gusjenicama prema formuli Hađistevića (1983).

$$\mathbf{intenzitet\ zaraze} = \frac{(y \times z)}{n} : \mathbf{100}$$ (Hađistević, 1983)

gdje je:

y- % biljaka s gusjenicama

z- ukupan broj gusjenica u uzorku

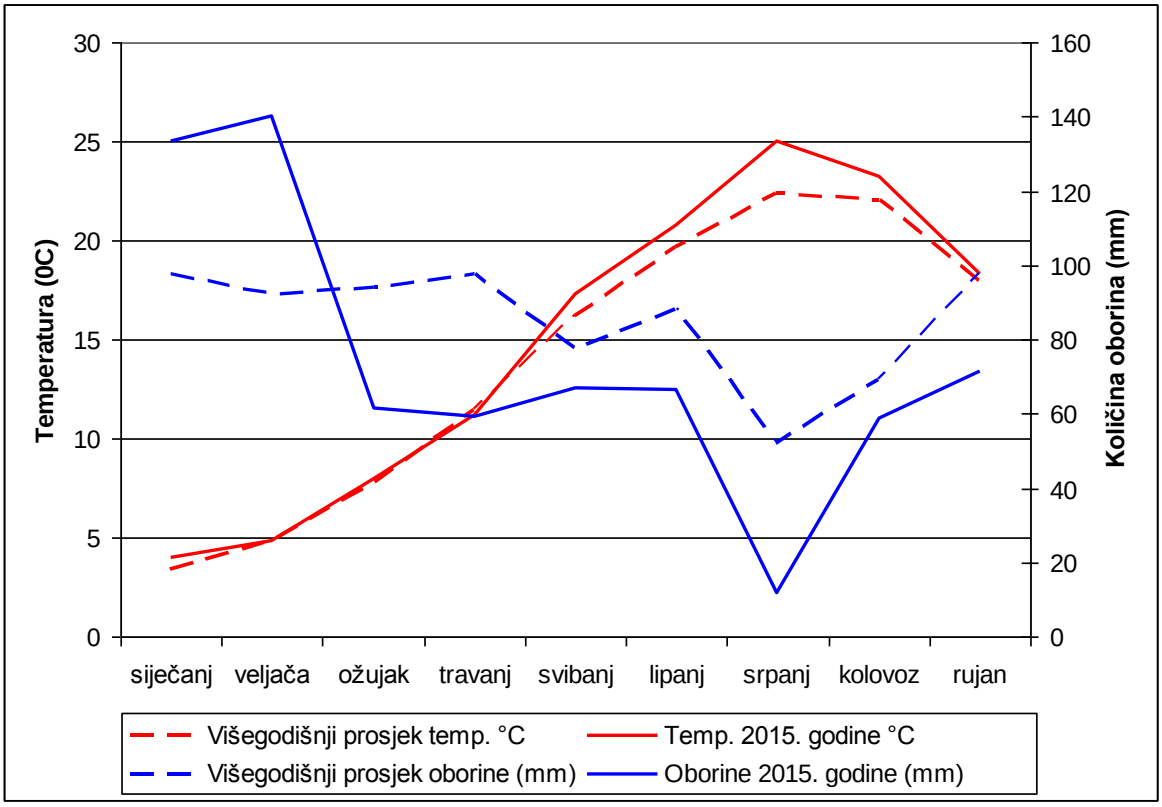
n- broj pregledanih biljaka

Analize srednje vrijednosti uzorka i izračuni povezanosti provedeni su uz pomoć ARM 9® statističkog programa (Gylling Data Management Software, 2014.).

5. REZULTATI RADA

5.1. Klimatski uvjeti u 2015.

Klimatske uvjete od siječnja do rujna 2015. godine na području Sinjskog polja obilježile su temperature koje nisu značajno odstupale od višegodišnjeg prosjeka, jedino je srpanj (mjesečni srednjak 25 °C) bio za oko 2,5 °C topliji od višegodišnjeg prosjeka. Oborine su bile više od višegodišnjeg prosjeka u siječnju i veljači, u ostalim mjesecima su bile niže, naročito u najtoplijem mjesecu srpnju kada je količina oborina iznosila 11,6 mm što je 40 mm manje od višegodišnjeg prosjeka (slika 7.). Ukupno gledano 2015. godina je na području Sinjskog polja kroz prvih devet mjeseci u prosjeku za 0,8 °C toplija, a oborine su 10,7 mm niže od višegodišnjeg prosjeka. Velike su oscilacije između dnevnih minimalnih i maksimalnih temperatura, u svakom mjesecu je zabilježen dan s maksimalnom oscilacijom: 14. siječanj 19,5 °C, 20. veljača 22,6 °C, 21. ožujak 19,1 °C, 22. travanj 21,2 °C, 29. svibanj 21,5 °C, 2. lipanj 20,4 °C, 12. srpanj 23,7 °C, 29. kolovoz 22,8 °C i 18. rujan 23,5 °C.



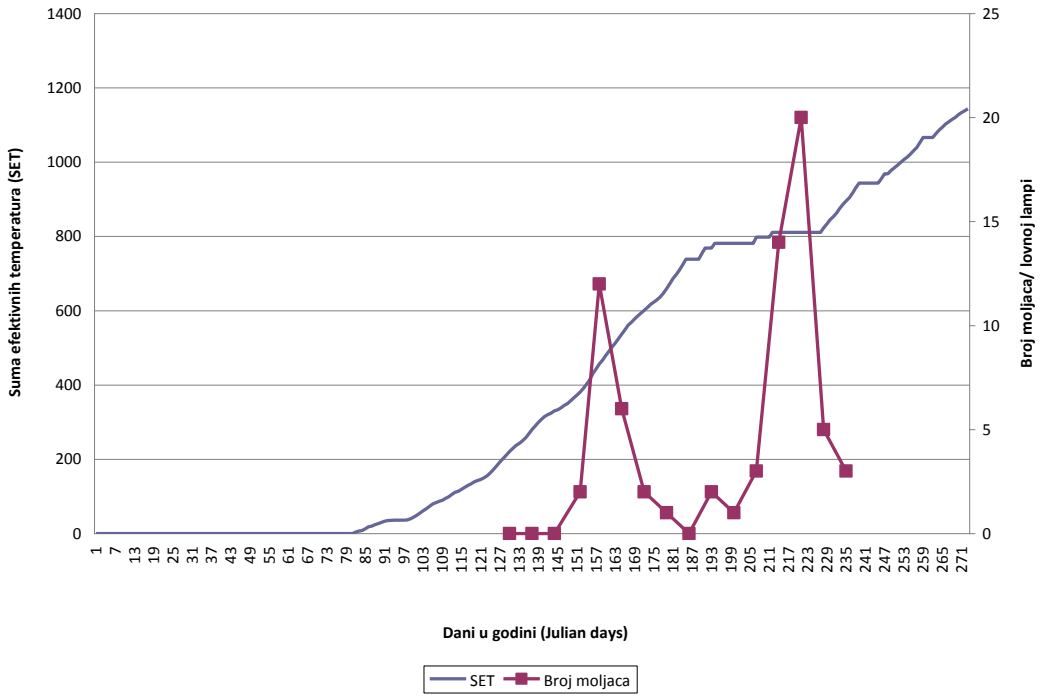
Slika 7. Usporedba klimatskih uvjeta na području Sinjskog polja 2015. godine s višegodišnjim prosjekom (1960.- 2000. godine).

Ukupna suma efektivnih temperatura izračunata za razvoj kukuruznog moljca od 1. siječnja do 30. rujna 2015. godine (273 dana u godini, Julian days) iznosi 1143,2 °C. Suma

efektivnih temperatura se ne računa: kada su maksimalne dnevne temperature iznad 32 °C što je gornja granica razvoja kukuruznog moljca, takve temperature su ukupno bile prisutne 45 dana i kada su maksimalne dnevne temperature ispod 10 °C kakve su ukupno bile prisutne 34 dana. U slučaju da minimalne dnevne temperature padnu kroz tri uzastopna dana ispod 0,2 °C (Trnka i sur., 2007) što se i najkasnije dogodilo 20.,21. i 22 ožujka računanje sume efektivnih temperatura kreće od nule.

5.2. Dinamika pojave leptira

Prvi leptiri kukuruznog moljca uhvaćeni su 1. lipnja ili 152. dan u godini. Dinamika pojave leptira prikazana je slikom 8. na kojoj je istovremeno prikazana i suma efektivnih temperatura. Uhvaćen je ukupno 71 leptir kukuruznog moljca od toga 26 u prvoj generaciji i 45 u drugoj generaciji. Za vrijeme leta prve generacije najviše leptira je uhvaćeno u lipnju između 152. i 158. dana, ukupno 12 leptira. Kod leta druge generacije najviše leptira je uhvaćeno u kolovozu između 214. i 221. dana, ukupno 20 leptira.



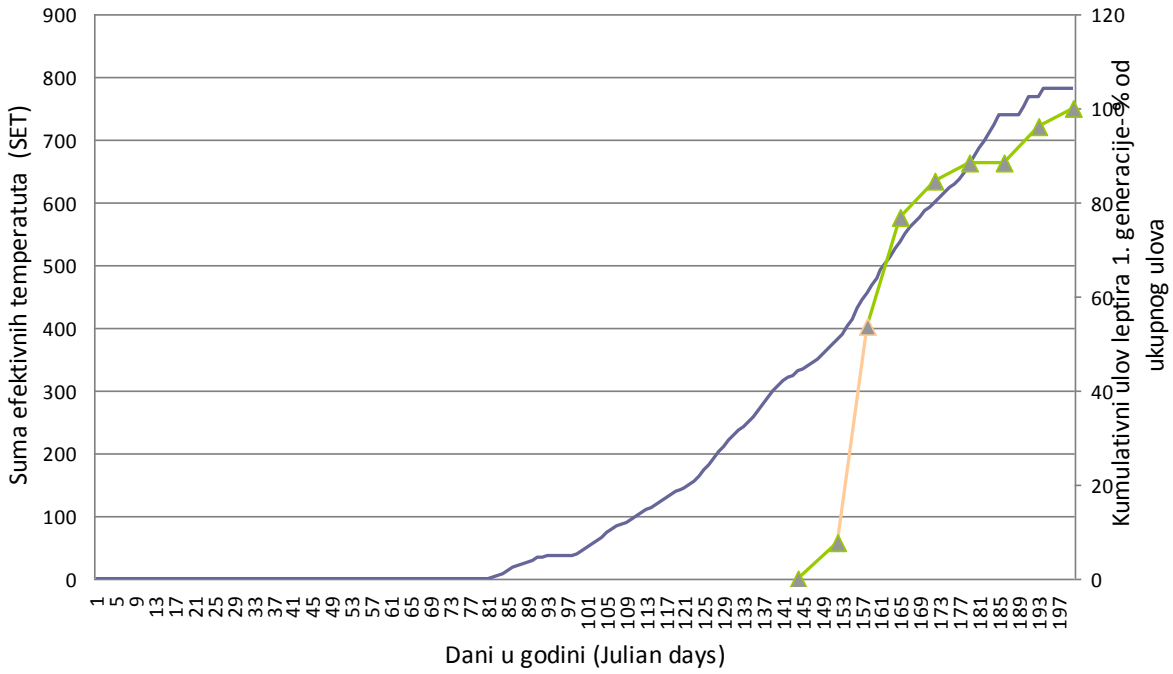
Slika 8. Dinamika leta kukuruznog moljca u Sinjskom polju tijekom 2015.

Kumulativni ulovi leptira prve generacije u odnosu na sumu efektivnih temperatura prikazani su slikom 9., a druge generacije slikom 10. Tablica 2. prikazuje prvu pojavu, 50 i

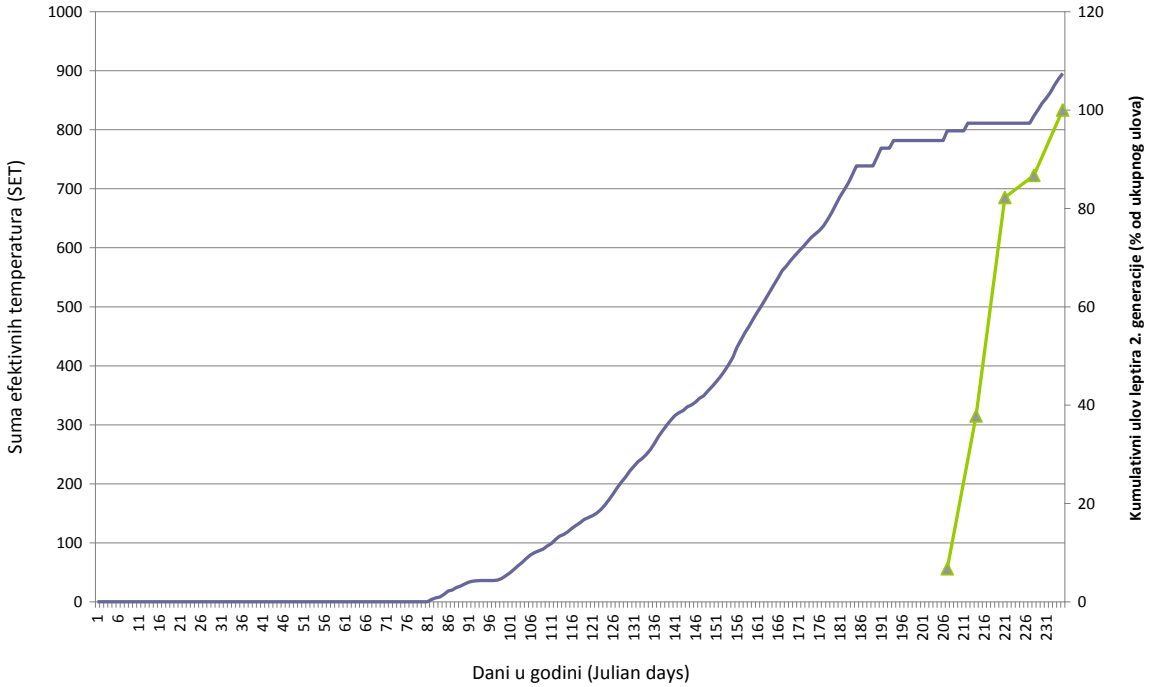
95 % uhvaćenih leptira skupa sa sumom efektivnih temperatura, danom u godini i datumom kada su uhvaćeni.

Tablica 2. Sume efektivnih temperatura i dan u godini pri kojima se javljaju prva pojava, 50 i 95 % leptira kukuruznog moljca, Sinjsko polje, 2015.

	SET °C	**Dan u godini (Julian day)**	**Datum**
1. generacija			
Prva pojava	381	152	01.06.
50 %	456	158	07.06.
95 %	781	200	19.07.
2. generacija			
Prva pojava	798	207	26.07.
50 %	810	214	02.08.
95 %	895	235	23.08.



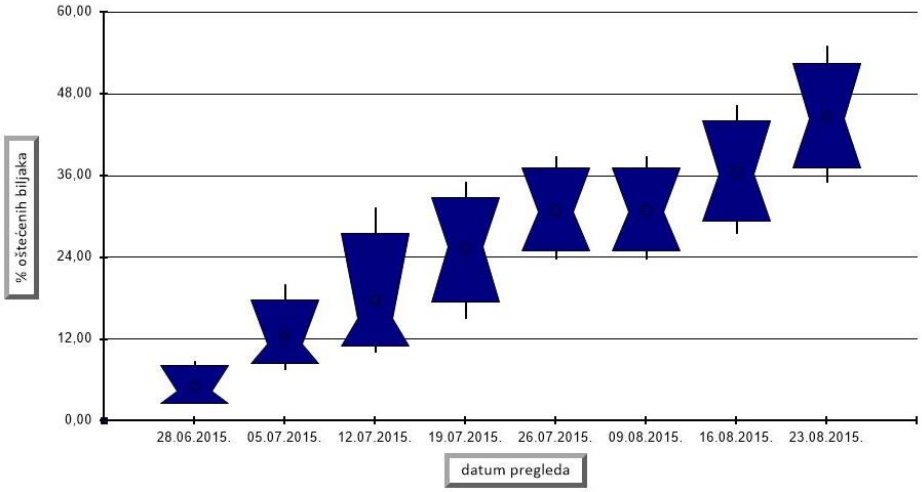
Slika 9. Kumulativni ulov leptira prve generacije kukuruznog moljca u odnosu na sumu efektivnih temperatura, Sinjsko polje, 2015.



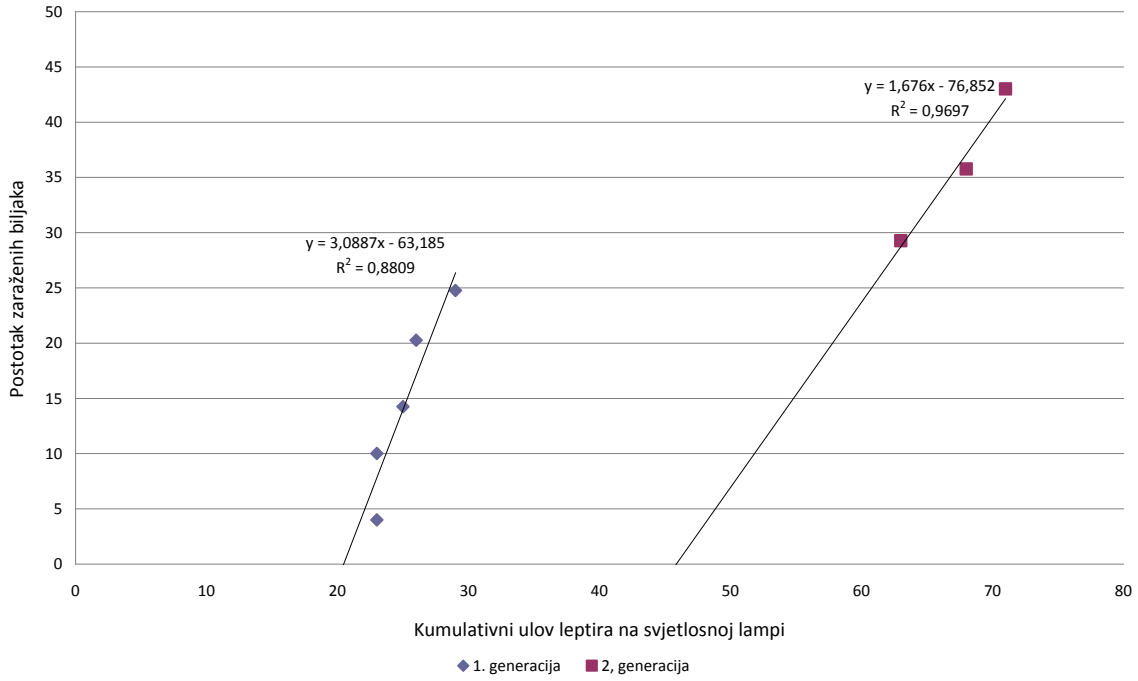
Slika 10. Kumulativni ulov leptira druge generacije kukuruznog moljca u odnosu na sumu efektivnih temperatura, Sinjsko polje, 2015.

5.3. Oštećenja na biljkama

Dinamika porasta oštećenja biljaka tijekom vegetacije je prikazana slikom 11. Ukupni postotak zaraženih biljaka po datumima pregleda je: 28.06. (5 %), 05.07. (12,5 %), 12.07. (17,8 %), 19.07. (25,3 %), 26.07. (30,9 %), 09.08. (36,5 %), 16.08. (44,6 %), 23.08. (53,7 %). Regresijska analiza sume kumulativnog ulova leptira 1. i 2. generacije i postotka zaraženih biljaka utvrdila je jaku pozitivnu korelaciju za obje generacije leptira (r=0.93, r=0.98) (slika 12.). To znači da porastom ulova leptira raste % zaraženih biljaka.

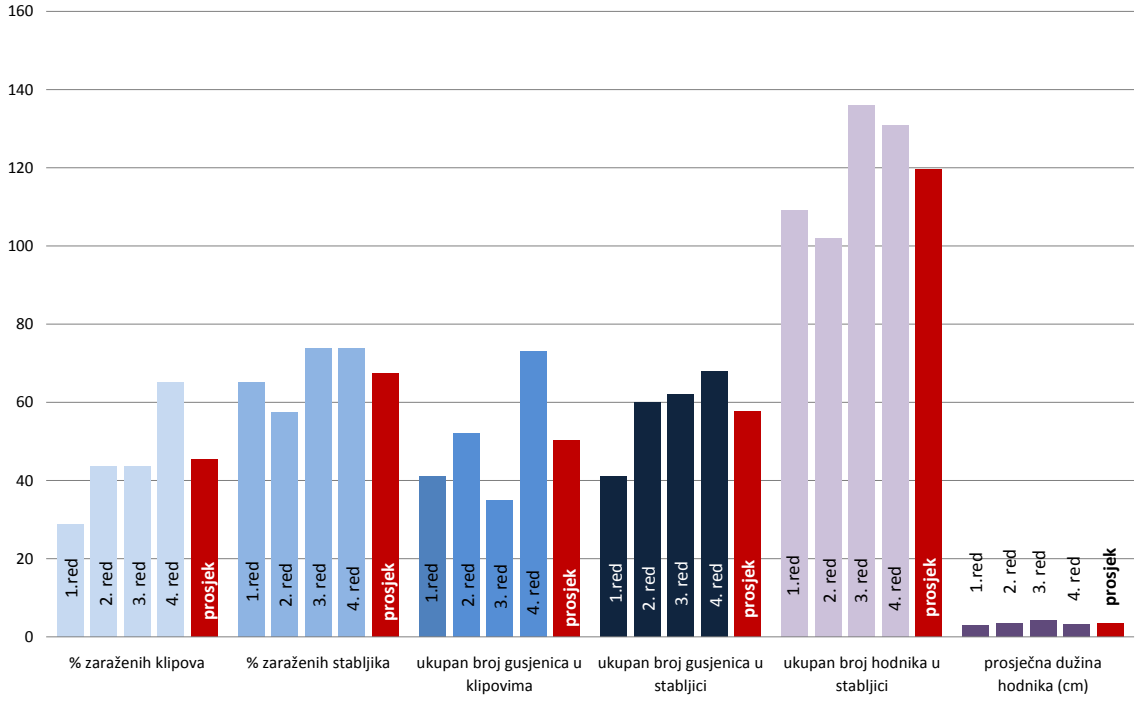


Slika 11. Dinamika porasta oštećenja biljaka tijekom vegetacije.



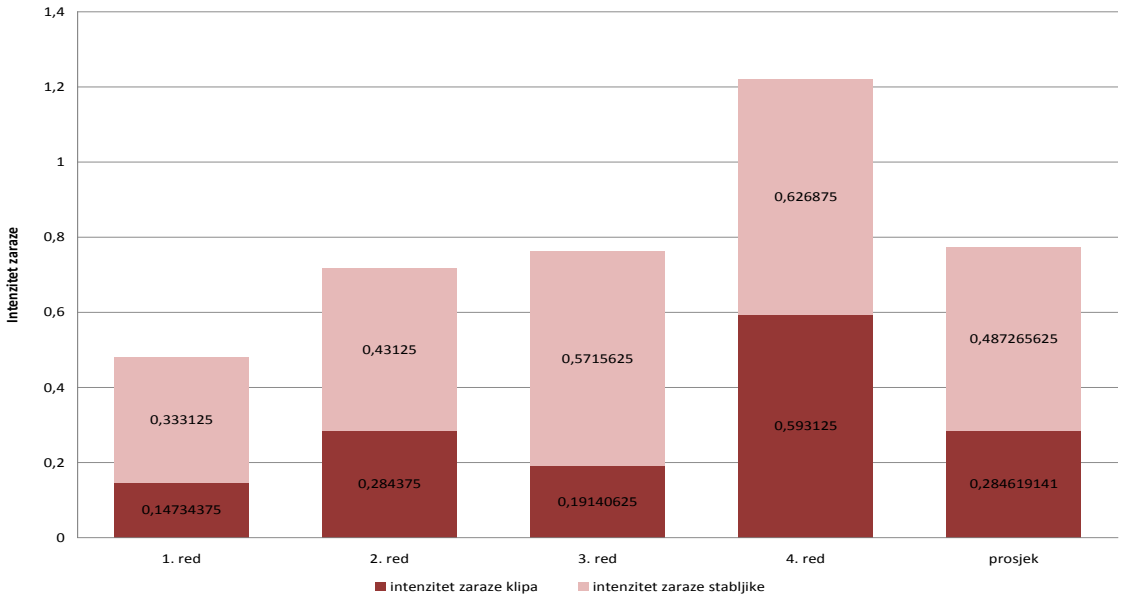
Slika 12. Regresijska analiza sume kumulativnog ulova kukuruznog moljca 1. i 2. generacije i postotka zaraženih biljaka, Sinjsko polje, 2015.

U posljednjem očitavanju postotni prosjek zaraženosti je 45 % klipova i 67,5 % stabljika. Prosjek ukupnog broja gusjenica u klipu je 50,25 a stabljici 57,75. Prosjek ukupnog broja hodnika u stabljici iznosi 119,5 prosječne dužine 3,44 cm (slika 13.)



Slika 13. Zaraza gusjenicama kukuruznog moljca utvrđena u posljednjem očitavanju 23. kolovoza 2015., Sinjsko polje.

Utvrđen je veći intenzitet zaraze stabljike (0,48) u odnosu na klip (0,28), taj odnos je naročito izražen kod trećeg reda, a najmanje kod četvrtog reda kukuruza (slika 14.).



Slika 14. Intenzitet zaraze gusjenicama utvrđen u zadnjem očitavanju, 23. kolovoz 2015., Sinjsko polje.

6. RASPRAVA

Klimatski uvjeti na području Sinjskog polja u 2015. godini pokazuju da je srpanj najtopliji (mjesečni srednjak 25 ^{o}C) i najsušniji mjesec (oborine 11,6 mm). Srpanj 2015. je za oko 2,5 ^{o}C topliji i za 40 mm oborina sušniji u odnosu na višegodišnji prosjek. Ukupno gledano 2015. godina je na području Sinjskog polja kroz prvih devet mjeseci u prosjeku za 0,8 ^{o}C toplija, a oborine su 10,7 mm niže od višegodišnjeg prosjeka. Prisutne su velike oscilacije između dnevnih maksimalnih i minimalnih temperatura (najviša oscilacija 23,7 ^{o}C 12. srpnja) što potvrđuju Tomašević (1996) i Kraljević-Župić (1993).

Ukupna suma efektivnih temperatura tijekom devet mjeseci (273 dana u godni, julian days) iznosi 1143,2 ^{o}C. Tijekom tri uzastopna dana (20. do 22. ožujka) minimalne dnevne temperature su bile niže od 0,2 ^{o}C kada se SET vraća na nulu, stoga je računanje SET počelo od 23. ožujka.

Entomološka lampa s fluorescentnom cijevi uspješno lovi leptire kukuruznog moljca. Uhvaćen je ukupno 71 leptir, od toga 26 u prvoj generaciji i 45 u drugoj generaciji. Ukupni ulov leptira u 2015. godini (71 leptir tijekom sezone) neznatno je niži od ulova koje je Kraljević Župić (1993) utvrdila u godinama 1988., 1989. i 1990. (oko 80 leptira tijekom sezone).

Životni ciklus kukuruznog moljca u Sinjskom polju podudara se s navodima za područje cijele Hrvatske koje iznosi Maceljski (2002), prva generacija se javlja u lipnju a druga u kolovozu. Uspoređujući rezultate s rezultatima istraživanja koje je Kraljević Župić (1993) provela u razdoblju od 1988. do 1990. vidimo da je prva pojava leptira na entomološkim lampama utvrđena 152. dana u godini. Kraljević Župić (1993) utvrdila je u kavezima s kukuruzincem u periodu od 1988. do 1990. nešto raniju pojavu, od 137. do 147. dana u godini. Odstupanje se jednostavno može objasniti činjenicom da se u kavezima mogu utvrditi leptiri odmah nakon što izađu iz kukuljice, a da bi isti bili uhvaćeni u entomološku svjetiljku mora proći nekoliko dana. Maksimalni ulovi 1. generacije na entomološkim svjetiljkama zabilježeni su u trećoj dekadi lipnja, dok su u našim istraživanjima maksimalni ulovi prve generacije zabilježeni u prvoj i drugoj dekadi lipnja. Maksimalni ulov leptira druge generacije utvrđen je u prvoj polovici kolovoza, kao što je to bio slučaj i u 1988.-1990 (Kraljević Župić, 1993). Rezultati pokazuju da u posljednjih 25 godina nisu zabilježene značajne promjene u brojnosti i životnom ciklusu kukuruznog moljca na području Sinjskog polja.

Uspoređujući podatke o SET kod kojeg se javljaju leptiri 1. i 2. generacije iz tablice 1. (dobiveni iz laboratorijskih istraživanja) s podacima dobivenim za područje Sinjskog polja (tablica 2.) uočavamo da se prva pojava leptira kukuruznog moljca u Sinjskom polju

događa kod SET od 381 °C što znatno odstupa od podataka koje navode Brown (1982) i Mason i sur. (1996., cit Trnka i sur., 2007). Let leptira prve generacije u Sinjskom polju zabilježen je pri SET višim od onih koje navode Brown i Mason, SET kod prve pojave leptira je za 93 ^{o}C viši, kod pojave 50 % leptira za 63 ^{o}C i kod pojave 95 % leta leptira za 299 ^{o}C više. Suprotno prvoj generaciji, let leptira druge generacije u Sinjskom polju je zabilježen pri SET nižim od onih koje navode citirani autori. SET kod prve pojave leptira druge generacije je za 106 ^{o}C niža, a kod pojave 50 % leptira za 256 ^{o}C te kod pojave 95 % leptira za 304 ^{o}C niže. Dobiveni podatci ukazuju zapravo da se prva generacija prema sumama temperatura javlja kasnije u odnosu na izračune. Istovremeno, druga generacija leptira javlja se (prema SET) ranije i traje znatno kraće. Za pretpostaviti je da sume efektivnih temperatura primjenjive u srednoj Europi nisu primjenjive na području Sinjskog polja. Vjerojatan uzrok tomu je specifičnost klime samog područja, naročito velike temperaturne oscilacije. Razlog velikih odstupanja mogao bi se tražiti i u činjenici da su temperature tijekom proljetnih mjeseci (vrijeme razvoja prve generacije) u središnjoj Europi znatno niže nego u Sinjskom polju. Primjerice prosječna srednja mjesečna temperatura za travanj, svibanj i lipanj na području Češke Republike je 7,5 °C u travnju, 12,3 °C u svibnju i 15,4 °C u lipnju (Climate Change Knowledge Portal, 2016). pa je sukladno tome SET za određene dane u godini znatno niži. Na području Sinjskog polja višegodišnji prosjek srednje temperature mjeseca travnja, svibnja i lipnja je 11,4 ^{o}C, 16,2 ^{o}C, 19,7 ^{o}C (Slika 7.). Slične su srednje mjesečne temperature travnja, svibnja i lipnja zabilježene i u 2015. godini: 11,2 °C u travnju, 17,3 °C u svibnju i 20,8 °C u lipnju. Ovi rezultati navode na činjenicu da se u hladnijim područjima razvoj kukuruznog moljca odvija pri nižim SET u odnosu na toplija područja. Slične rezultate na primjeru maslinine muhe i maslininog moljca navodi Dminić (2013). Ove navode potvrđuje činjenica da se let prve generacije leptira kukuruznog moljca izražen u danima u godini (tzv. Julian days), a koji je trajao od 152. do 200. dana u godini, podudara s podacima koje za srednju Europu navode Trnka i sur. (2007), a prema kojima se prva generacija javlja od 165 do 212 dana u godini. U području Iowe prva generacija javlja se od 155. do 207. dana.

Druga generacija u Sinjskom polju javlja se od 207. do 235. dana u 2015. godini. Za vrijeme razvoja druge generacije prevladavale su iznimno visoke temperature pa je maksimalna temperatura iznad 32 °C koja se uzima kao granica pri kojoj se ne računa SET, utvrđena u 22 dana mjeseca srpnja i 19 dana mjeseca kolovoza. S druge strane SET za pojavu druge generacije je niži u uvjetima Hrvatske od laboratorijskih uvjeta. Nema podataka u kojim danima u godini se javlja druga generacija moljca no vjeruje se da su to slični periodi kao i oni koje smo dobili u našem istraživanju.

Ulov leptira kukuruznog moljca obje generacije je rastao usporedno s rastom sume efektivnih temperatura. Regresijska analiza pokazuje da postotak zaraženih biljaka raste ulovom leptira, u posljednjem očitavanju zaraženo je 53,7 % biljaka što se okvirno slaže s prosječnim napadom kukuruznog moljca u Hrvatskoj od 51,5 % u vremenskom razdoblju od 1991. do 2001. (Ivezić i Raspudić, 2001). Postotni prosjek zaraženih klipova je 45 %, a intenzitet zaraze klipova je 0,28. Prosječna zaraza stabljike je 67,5 %, a intenzitet zaraze stabljike je 0,48. Ukupni broj gusjenica u klipovima 80 pregledanih biljaka je 50,25 (prosječno 0,63 gusjenice/klipu) a u stabljikama je 57,75 (prosječno 0,72 gusjenice/stabljici). Ukupno je zaraza iznosila 1,35 gusjenice po biljci. Rezultati zaraze neznatno su niži u pogledu postotka zaraženih biljaka i broja gusjenica po biljci od rezultata koje je u 1988. na području Sinjskog polja utvrdila Kraljević Župić (1993), 82-98 % zaraženih biljaka i 0,72-2 gusjenice/biljci. U 1989. i 1990. Kraljević Župić (1993) utvrdila je znatno niži napad, u 1989. utvrdila je 10 do 28 % zaraženih biljaka s prosječno 0-0,16 gusjenica/biljci, a u 1990. utvrđeno je 28 do 41 % zaraženih biljaka s 0,12 do 0,3 gusjenice/ biljci. Prosječni broj hodnika po biljci je 1,49 a prosječna dužina hodnika je 3,44 cm.

7. ZAKLJUČCI

- Sinjsko polje zbog svog specifičnog geografskog položaja ima vrlo složene klimatske karakteristike. Uzrok je javljanje promjenjivih zračnih strujanja uvjetovanih kako zračnim masama sa mora tako i zračnim masama s okolnih planina. Posljedice su velike temperaturne oscilacije i snažni vjetrovi, osobito bura. Srpanj je najtopliji i najsušniji mjesec.
- Ukupna suma efektivnih temperatura tijekom 273 dana u 2015. godini izračunata za razvoj kukuruznog moljca na području Sinjskog polja iznosi 1143,2 ^{o}C. Sume efektivnih temperatura potrebne za pojavu pojedinih razvojnih stadija kukuruznog moljca dobivene u laboratorijskim istraživanjima ne mogu se koristiti za prognozu pojave na području Sinjskog polja. Na područjima koja imaju niže srednje godišnje temperature moljac se javlja kada je SET niži u odnosu na područja s višim srednjim godišnjim temperaturama. Sumiranje efektivnih temperatura za prognozu kukuruznog moljca ne može se preporučiti prije nego se provedu dodatna istraživanja na području Dalmatinske zagore u kojima bi se odredile SET potrebne za razvoj pojedinih razvojnih stadija kukuruznog moljca uključujući i pojavu leptira.
- Entomološka lampa sa fluorescentnom cijevi i vlastitim solarnim napajanjem uspješno hvata leptire kukuruznog moljca. Kukuruzni moljac u Sinjskom polju ima dvije generacije. Uhvaćen je ukupno 71 leptir, od toga 26 u lipnju tj.prvoj generaciji i 45 u kolovozu tj. drugoj generaciji. Let prve generacije leptira kukuruznog moljca je trajao od 152. do 200., a druge generacije od 207. do 235. dana u 2015. godini.
- Vizualni pregledi omogućuju praćenje štetnosti kukuruznog moljca u polju i dobra su pomoć u prognozi pojave štetnika. Rastom sume efektivnih temperatura raste ulov leptira a time i postotak zaraženih biljaka.
- Utvrđena je jaka pozitivna korelacija između kumulativnog ulova leptira na entomološkoj lampi i postotka zaraženih biljaka za obje generacije moljca. Kod kumulativnog ulova od 24 leptira utvrđeno je 10 % zaraženih biljaka. Kumulativni ulov leptira na entomološku lampu mogao bi se koristiti u prognozi šteta od moljca no za dobivanje pouzdanih podataka bi bilo potrebno provesti dodatna istraživanja.
- Rezultati istraživanja pokazuju važnost poznavanja ekologije ekonomski važnih štetnika na mikrolokalitetima sa specifičnim klimatskim uvjetima. Odstupanja

između laboratorijskih istraživanja i istraživanja provedenih u specifičnim klimatskim uvjetima mogu biti vrlo velika.

- Uspješnu integriranu zaštitu od štetnika možemo provesti samo ako prilagodimo mjere prognoze i suzbijanja lokalnim specifičnostima.

8. LITERATURA

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. ARKOD (2016), <http://www.arkod.hr/>. pristupljeno: 15.01.2016.
3. Bažok, R. (2007): Kukuruzna zlatica. Glasilo biljne zaštite 5: 316-321
4. Bažok, R. (2015): Pregled sredstava za zaštitu bilja u Hrvatskoj za 2015. godinu-zoocidi. Glasilo biljne zaštite. XV (1-2)
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* Hbn., Lepidoptera: Crambidae) control. Journal of Pest Science 82: 311-319
6. Blandino, M., Scarpino, V., Vanara, F., Sulyok, M., Krska, R., Reyneri, A. (2015): Role of the European corn borer (Ostrinia nubilalis) on contamination of maize with 13 Fusarium mycotoxins. Food Additives & Contaminants: Part A, 32(4): 533-543
7. 7.Climate Change Knowledge Portal (2016): Average monthly Temperature and Rainfall for Czech Republic from 1960-1990. dostupno na: http://sdwebx.worldbank.org/climateportal/index.cfm?page=country_historical_climate&ThisRegion=Europe&ThisCCode=CZE pristupljeno: 27. siječanj 2016.
8. Cvjetković, B., Bažok, R., Igrc Barčić, J., Masten Milek, T., Barić, K., Ostojić, Z., Miličević, T., Glavaš, M. (2015): Insekticidi. Glasilo biljne zaštite 1-2/2015: 19-39
9. Dminić, R, I. (2013): Biologija i ekologija maslinine muhe (*Bactrocera oleae* Gmelin) i maslininog moljca (*Prays oleae* Bern.) u Istarskoj županiji, Doktorska disertacija, Zagreb
10. DZS: Državni zavod za statistiku-Republika Hrvatska, (2014): <http://www.dzs.hr>. Pristupljeno 15.prosinca 2015.
11. Frye, R. D. (1970): Biology of the European corn borer in North Dakota. Retrospective Theses and Dissertations. Paper 4226
12. Gagro, M. (1997): Ratarstvo obiteljskoga gospodarstva; žitarice i zrnate mahunarke, Hrvatsko agronomsko društvo, Zagreb
13. Godfrey L.D., Holtzer T.O., Norman J.M. (1991): Effects of European corn borer (Lepidoptera: Pyralidae) tunneling and drought stress on field corn gas exchange parameters. Journal of Economic Entomology 84(4): 1370-1380

14. Hađistević, D. (1983): Ostrinia nubialis. In: Priručnik izvještajne i prognozne službe zaštite poljoprivrednih kultura. (ed: Čamprag, D. et al.) Savez društava za zaštitu bilja Jugoslavije, Beograd: 222-228
15. Igrc-Barčić, J. (2007): Kukuruzni moljac. Glasilo biljne zaštite 7: 328-335
16. Igrc Barčić J., Maceljski M. (2001): Ekološki prihvatljiva zaštita bilja od štetnika. Zrinski, Čakovec
17. Iowa State Univerisity (2013),<http://www.iastate.edu>. pristupljeno: 20.12.2015.
18. Ivezić, M. (2008): Entomologija: kukci i ostali štetnici u ratarstvu. Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera, Osijek
19. Ivezić, M., Raspudić, E. (2001): The European Corn Borer (*Ostrinia nubilalis* Hübner) review of results from Croatia, Poljoprivreda 7(1): 15-17
20. Jurić, S. (1994): Bioekologija i praćenje dinamike leta kukuruznog moljca u Sinju, Diplomski rad, Zagreb
21. Kraljević-Župić, I. (1993): Biologija kukuruznog moljca u Sinjskom polju, uz mogućnost biološkog suzbijanja osicom *Trichogramma evanescens* West. (Hym. Trichogrammatidae), Magistarski rad, Zagreb
22. Ljubenkov, I. (2012): Eolska erozija na Sinjskom polju. Hrvatske vode 82: 211-222
23. Maceljski, M. (2002): Poljoprivredna entomologija. Zrinski d.d., Čakovec
24. Oštrec, Lj., Gotlin-Čuljak, T. (2005): Opća entomologija. Zrinski d.d., Čakovec
25. Pospišil, A. (2010): Ratarstvo: 1.dio. Zrinski d.d., Čakovec
26. Pucarić, A., Ostojić, Z., Čuljat, M. (1997): Proizvodnja kukuruza, Poljoprivredni savjetnik Zagreb
27. Raspudić, E., Ivezić, M., Brmež, M., Majić, I., Sarajlić, A., (2010): Intenzitet napada kukuruznog moljca (*Ostrinia nubilalis* Hübner) u plodoredu i monokulturi kukuruza, 45. hrvatski i 5. međunarodni simpozij agronoma, Opatija 15.-19. veljače 2010., Zbornik radova 901-905
28. Raspudić, E., Ivezić, M., Mlinarević, M. (1999): Utjecaj transgenih Bt hibrida kukuruza na kukuruznog moljca (*Ostrinia nubilalis* Hübner). Sažeci priopćenja 43. seminara iz Zaštite bilja Opatija 09. – 11. 02. 1999. Glasnik zaštite bilja, 1: 6-7
29. Raspudić, E., Sarajlić, A., Ivezić, M., Majić, Brmež, M., I., Gumze, A. (2013): Učinkovitost kemijskog suzbijanja kukuruznog moljca u sjemenskom kukuruzu, Poljoprivreda 19 (1): 11-15
30. 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

31. Rice, M. E. (1999): European corn borer growth: time and temperature. Integrated Crop Management News. Paper 2184
32. Showers, W. B., Hellmich, R. L., Derrick-Robinson, M. E., Hendrix W. H. (2001): Aggregation and dispersal behavior of marked and released European corn borer (Lepidoptera: Crambidae) adults. Environmental Entomology 30(4): 700-710
33. Šporar, K. (2015): Barvni vid koruzne vešče (Ostrinia nubilalis), Magistrsko delo, Ljubljana
34. Tomašević, A. (1996): Vjetrozaštita Sinjskog polja. Šumarski list 1-2: 19-34
35. Trnka, M., Muška, F., 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: 61-84
36. Vasilj, Đ. (2000): Biometrika i eksperimentiranje u bilinogojstvu. Hrvatsko agronomsko društvo
37. Vajdić, T. (1983): Karakteristike zemljišta Sinjskog polja sa gledišta melioracija. Poljoprivreda i šumarstvo 29: 93-103
38. Vukašinović, E. (2014): Analiza lipida i masnih kiselina nedijapauzirajućih i dijapauzirajućih gusenica kukuruznog plamenca (*Ostrinia nubilalis*, Hbn.) (Insecta: Lepidoptera), Doktorska disertacija, Novi Sad