

Renata BAŽOK, Darija LEMIĆ

Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet, Zavod za poljoprivrednu zoologiju
rbazok@agr.hr

KUKURUZNA ZLATICA – OD KARANTENSKOGA DO UDOMAĆENOGA ŠTETNIKA

SAŽETAK

Kukuruzna zlatica (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte) najvažniji je štetnik kukuruza u Sjedinjenim Američkim Državama. U Europi je otkrivena 1992. godine u blizini beogradske zračne luke Surčin u Srbiji. Prema izračunima zlatica je svoju invaziju započela između 1979. i 1984. godine, a nakon otkrića u Srbiji zabilježeno je još nekoliko neovisnih unosa. Ovim će se radom prikazati povijest unosa i širenja kukuruzne zlatice u Hrvatskoj, aktivnosti kojima je praćeno širenje štetnika, istraživačke aktivnosti kojima su znanstvenici iz Hrvatske u suradnji sa znanstvenicima iz cijeloga svijeta došli do važnih spoznaja u vezi s različitim aspektima ekologije, štetnosti i mogućnosti sprječavanja šteta te će se sagledati trenutačno stanje s kukuruznom zlasticom u Hrvatskoj. Zlatica danas pričinjava veće ili manje štete, ovisno o brojnim čimbenicima među kojima se posebno ističe udio polja s ponovljenom sjetvom kukuruza. U početnim godinama unosa na tlo Europe, kukuruzna je zlatica značila veliku opasnost za proizvođače kukuruza. Intenzivne aktivnosti monitoringa koje su se provodile u gotovo svim zemljama te istraživačke aktivnosti kojima su utvrđeni različiti aspekti u vezi sa životnim ciklusom, populacijskom genetikom zlatice, štetnosti, mogućnosti prognoze i suzbijanja, rezultirale su znanstvenim spoznajama i omogućile uspješnu koegzistenciju europskog poljoprivrednog sustava s kukuruznom zlasticom.

Ključne riječi: *Diabrotica virgifera virgifera* LeConte, edukacija poljoprivrednika, istraživanja, kukuruzna zlatica, karantenske liste, monitoring.

UVOD

Rod *Diabrotica* predstavlja rod kukaca iz porodice zlatica čije je proširenje donedavno bilo ograničeno na područje Sjeverne i Južne Amerike. Ovaj rod obuhvaća nekoliko ekonomski važnih štetnika, od koji je kukuruzna zlatica (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte) sigurno najvažnija. Kukuruzna zlatica pripada najvažnijim štetnicima kukuruza u Sjevernoj Americi i Europi, a smatra se da potječe iz Meksika. Loombaert i sur. (2017.) istražili su podrijetlo kukuruzne zlatice te dokazali da ga vuče iz Meksika ili još južnijih predjela. Na području SAD-a opisana je prvi put u zapadnom Kansasu (Spencer i sur., 2009.), a kao štetnik prepoznata je 1909. godine u Coloradu (Meinke i sur., 2009.). Do

1940-ih godina bila je prisutna u državama Colorado, zapadni Kansas, New Meksiko, Arizona, Meksiko, South Dakota. Od 1940-ih godina počinje se naglo širiti na istok SAD-a. Širenje je povezano i s povećanim štetama, a do 1980-ih godina dolazi do obale Atlantskog oceana. Osnovni je čimbenik masovna širenja kukuruzne zlatice uzgoj kukuruza u monokulturi (Meinke i sur., 2009.).

Kukuruzna zlatica slučajno je unesena u Europu devedesetih godina, a prvo otkriće datira iz 1992. godine, kada su u blizini beogradske zračne luke Surčin na polju kukuruza od 0,5 ha utvrđene velike štete i visoka populacija toga štetnika (Bača, 1994.). Već 1995. godine bilježi se njezina prisutnost u Hrvatskoj, kada su prve zlatice otkrivene na hranidbenim mamcima s cucurbitacinom na polju kukuruza u okolici Bošnjaka (Igrc Barčić i Maceljki, 1997.) Usporedbom klimatskih i drugih uvjeta u Hrvatskoj s onima u SAD-u, već se i prije pojave kukuruzne zlatice u Hrvatskoj dalo prognozirati kako će se vrlo brzo prilagoditi i proširiti na cijelom području uzgoja kukuruza u Hrvatskoj (Maceljki i Igrc Barčić, 1994.) te u ostalim državama srednje Europe, što se poslije i potvrdilo.

Ovim će se radom prikazati povijest unosa i širenja kukuruzne zlatice u Hrvatskoj, aktivnosti kojima je praćeno širenje štetnika, istraživačke aktivnosti kojima su znanstvenici iz Hrvatske u suradnji sa znanstvenicima iz cijeloga svijeta došli do važnih spoznaja u vezi s različitim aspektima ekologije, štetnosti i mogućnosti sprječavanja šteta te će se sagledati trenutačno stanje s kukuruznom zlaticom u Hrvatskoj.

POVIJEST UNOSA I ŠIRENJA

Nakon prvih informacija o prisutnosti i štetama od kukuruzne zlatice u Srbiji (Bača, 1994.) hrvatski su se znanstvenici kroz međunarodnu organizaciju za biološko suzbijanje (International Organization for Biological Control, IOBC) povezali sa znanstvenicima koji djeluju u radnoj grupi za suzbijanje štetnika kukuruza (International Working Group for Ostrinia and Other Maize Pests – IWGO). Nabavljeni su prvi hranidbeni mamci na bazi cucurbitacina (Shaw i sur., 1984.) koji su tijekom 1995. godine postavljeni na polja kukuruza u istočnom dijelu Hrvatske. U nas je zlatica prvi put otkrivena 25. srpnja 1995. godine u Bošnjacima (Igrc Barčić i Maceljki, 1997.) u vrlo maloj brojnosti. Istodobno je u Mađarskoj, nakon što su proizvedeni prvi feromonski mamci koji su postavljeni u polja na granici sa Srbijom, utvrđena njezina znatno viša populacija. Zbog opasnosti od daljnjeg širenja započelo je praćenje kukuruzne zlatice u Europskim zemljama od 1996. godine. Na inicijativu IWGO-a prvi međunarodni sastanak održan je u Grazu (Austrija) 1995. godine, gdje je donesena odluka o pokretanju programa praćenja i određivanju odgovarajućih metoda zaštite za države kojima je prijetila invazija toga štetnika (Mrganić i sur., 2018.). Od 1996. godine u svim zemljama koje okružuju Srbiju počela je provedba organizirana monitoringa kukuruzne zlatice pri čemu su korišteni feromonski mamci koji su

pokazali iznimno visoku privlačnost za mužjake. Osim feromona, za praćenje su korištene i žute ljepljive ploče Pherocon® AM (PhAM) (Treece, Salinas, CA, USA) i (Sentry, Billings, MT, USA) koje su vrlo učinkovite kada populacija dosegne veću brojnost. Širenje zlatice u RH praćeno je od 1996. do 2013. godine. Veći dio aktivnosti bio je financiran od Ministarstva poljoprivrede, a aktivnosti monitoringa provodio je i organizirao Zavod za poljoprivrednu zoologiju Agronomskog fakulteta. Od 1995. IWGO je u suradnji sa Europskom organizacijom za zaštitu bilja (European Plant Protection Organization- EPPO) i Svjetskom organizacijom za poljoprivredu i hranu (FAO) organizirao godišnje sastanke na kojima su znanstvenici razmjenjivali nove informacije o rasprostranjenosti štetnika i prouzročenoj šteti. To je kukuruznu zlaticu učinilo jedinim štetnikom u svijetu koji je istom metodom praćen u više zemalja, i tako je utvrđeno njezino širenje Europom. Svaka je zemlja uspostavila stalna opažачka mjesta, što je omogućilo praćenje promjena u visini populacije tijekom razdoblja monitoringa.

Širenje zlatice u Hrvatskoj događalo se u smjeru sjeverozapada (slika 1), a svake je godine utvrđena zapadna linija proširenja (Igrc Barčić i sur., 2003.). o čemu se izvješćivalo u IOBC-u. Širenju kukuruzne zlatice u Hrvatskoj uvelike je pridonijela velika proširenost uzgoja kukuruza, od čega je značajan dio uzgajan u monokulturi (Igrc Barčić i Maceljski, 1997.). Paralelno s novim područjem koje kukuruzna zlatica osvaja, povećava se i njezina brojnost (Igrc Barčić i Dobrinčić, 2002.). Utvrđeno je da se godišnje populacija kukuruzne zlatice poveća tri puta. Na području Hrvatske prve su štete uočene 2000. godine na pokusnim površinama, a prve ekonomske štete utvrđene su 2002. godine na području



Slika 1. Širenje kukuruzne zlatice od 1995. Do 2008. godine (izradila: R. Bažok)

Figure 1 Spread of the western corn rootworm in Croatia from 1995 to 2008 (made by: R. Bažok)

Baranje (Igrc Barčić i sur., 2003.). Od onda pa do danas njezina prisutnost, a i određene štete, bilježe se redovito na manjem ili većem području, ovisno o godini (Bažok, 2007.).

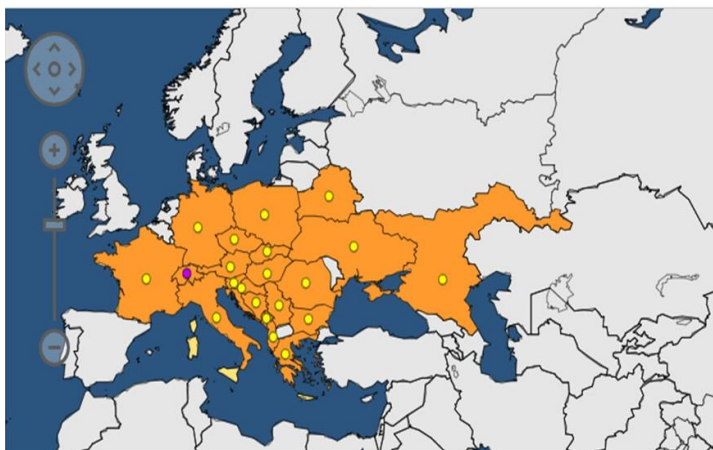
Novi unosi kukuruzne zlatice u Italiju 1998. i 2001. (Igrc Barčić i sur. 2003.) odvijali su se neovisno o njezinu širenju iz mjesta prvog unosa. Italija je bila centar iz kojega se poslije proširila u Švicarsku i u druge zemlje (Igrc Barčić i sur., 2003).

AKTIVNOSTI MONITORINGA I EDUKACIJE POLJOPRIVREDNIKA

Već 1997. godine FAO pokreće prvi međunarodni projekt "Development and Implementation of Containment and Control of the Western Corn Rootworm in Europe" a 2003. godine pokreće se novi projekt, "Integrated Pest Management for Western Corn Rootworm in Central and Eastern Europe (GTFS/RER/017/ITA)" koji se provodi u sedam najugroženijih zemalja (Mađarskoj, Hrvatskoj, Srbiji, BiH, Slovačkoj, Rumunjskoj i Bugarskoj) sve do 2008. Projekt je zasnovan na tzv. suradničkom pristupu koji je obuhvaćao istraživačke aktivnosti i edukaciju poljoprivrednih proizvođača po modelu škole u polju (Farmer Field Schools-FFS). Model škole u polju kao inovativan model edukacije primijenjen je i za edukaciju studenata. Time se povećala svijest o štetniku i štetama koje može izazvati. S obzirom na to da su u projekt bile uključene samo zemlje istočne i srednje Europe te da su u nekima od njih projekt provodili administrativni djelatnici Ministarstva, u nekim je zemljama imao ograničen uspjeh.

Ipak, suradnja hrvatskih, mađarskih i srpskih znanstvenika omogućila je da se na temelju pokazatelja porasta populacije procijeni da je zlatica svoju invaziju u Europi započela između 1979. i 1984. godine (Szalai i sur. 2011.), što je puno prije nego što je otkrivena prvi put na polju kukuruza u blizini beogradske zračne luke Surčin (Bača, 1994.).

Bez obzira na mjere koje su se poduzimale kako bi se širenje kukuruzne zlatice zaustavilo, ona se od 1992. godine pa do danas proširila gotovo na sve zemlje europskog kontinenta. Danas je proširena u Mađarskoj, Hrvatskoj, Rumunjskoj, Bosni i Hercegovini, Bugarskoj, Italiji, Slovačkoj, Sloveniji, Švicarskoj, Ukrajini, Austriji, Francuskoj, Češkoj, Albanija, Nizozemskoj, Belgiji, Poljskoj, Njemačkoj, Bjelorusiji, Grčkoj i Rusiji (slika 2) (EPPO, 2024).



Slika 2. Rasprostranjenost kukuruzne zlatice u Europi. (Izvor: <https://gd.eppo.int>)

Figure 2 Distribution of the western corn rootworm in Europe (source: <https://gd.eppo.int>)

Osim brojnosti i novih detekcija, za razumijevanje procesa invazije trebalo je istražiti populacijsku strukturu koja je omogućila tako brzo širenje i prilagodbu kukuruzne zlatice u gotovo cijeloj Europi.

Invazija kukuruzne zlatice u Europu odvijala se u tri faze. Prva je faza slučajan unos kukuruzne zlatice u Europu od 1980. do 1992. godine. Druga faza bila je prilagodba i udomaćivanje kukuruzne zlatice u zemljama oko mjesta unosa (Hrvatska, Bosna i Hercegovina, Mađarska i Rumunjska) od 1995. do 2000. godine. Završna faza invazije dogodila se od 2001. do 2018. godine, i to je bila faza proširenja u kojoj se kukuruzna zlatica proširila u 22 europske zemlje na više desetaka tisuća hektara polja (Mrganić i sur., 2018.).

Invazivna priroda kukuruzne zlatice potaknula je brojne znanstvenike na istraživanje njezine biologije, ekologije i genetike zbog usporavanja daljeg širenja te zaustavljanja novih introdukcija u SAD-u i Europi. Kim i Sappington (2005.) objavili su set mikrosatelitnih markera s pomoću kojih su željeli utvrditi genske promjene u genetičkoj strukturi kukuruzne zlatice koja joj je omogućila tako uspješan invazivan proces. Ti markeri do danas se koriste u istraživanjima zbog mogućnosti usporedbe rezultata. Miller i sur. (2005.) dokazali su s pomoću mikrosatelitnih markera najmanje tri neovisne introdukcije, a istraživanja nakon toga dokazuju pet pojedinačnih introdukcija iz SAD-a u Europu (Ciosi i sur., 2008.). Smatra se da je vrlo važno opisati putove introdukcije invazivne vrste jer oni određuju gensku varijabilnost, a time i adaptaciju populacije na novo područje.

ISTRAŽIVAČKE AKTIVNOSTI U RH (OD UNOSA DO DANAS)

Istraživanja su ključna za razumijevanje i strategiju suzbijanja invazivnih vrsta poput kukuruzne zlatice. Istraživačke aktivnosti omogućuju identifikaciju potencijalnih prijetnji, praćenje širenja te razvijanje učinkovitih strategija za nadzor i suzbijanje štetnika. Tri glavne grane istraživanja provedenih na Sveučilištu u Zagrebu Agronomskom fakultetu uključuju monitoring i istraživanja štetnosti i mogućnosti prognoze štetnika, genetička i morfometrijska istraživanja.

Nakon prvog otkrivanja kukuruzne zlatice u Hrvatskoj 1995. godine, taj se štetnik brzo proširio prema zapadnim i sjevernim dijelovima zemlje. Danas je prisutan u cijelom uzgojnom području kukuruza u Hrvatskoj, u većoj ili manjoj brojnosti. Ključan za razumijevanje dinamike njegova širenja bio je **sustavni monitoring** populacije i širenja. U tu svrhu korištene su feromonske lovke i vizualne lovke (Lemić i sur., 2016.). Feromonske lovke pokazale su se iznimno korisnima za praćenje prisutnosti i gustoće populacije štetnika, omogućujući pravodobne i ciljane intervencije u područjima visoke aktivnosti. Vizualne lovke i pregledi polja dodatno su pridonijeli točnosti podataka, osiguravajući sveobuhvatnu sliku stanja na terenu (Lemić i sur., 2016.).

Kontinuirani monitoring nije samo pružio vrijedne podatke o trenutnačnu stanju populacije kukuruzne zlatice nego je također omogućio praćenje promjena u njezinu širenju i gustoći tijekom vremena (Lemić i sur., 2016.). Ti su podatci bili nužni za razvoj i prilagodbu strategija suzbijanja štetnika, čime se značajno smanjio rizik od ozbiljnih ekonomskih gubitaka u poljoprivredi.

Aktivnosti monitoringa i istraživanja štetnosti, mogućnosti suzbijanja i prognoze kukuruzne zlatice u Hrvatskoj značajno su pridonijele i znanosti i struci na nekoliko ključnih načina:

- a) Razvoj učinkovitih metoda praćenja (Bažok i sur., 2011.): korištenje feromonskih i vizualnih lovki omogućilo je prikupljanje detaljnih podataka o populaciji (Bažok i sur., 2009.) i širenju kukuruzne zlatice. Ti su podatci omogućili znanstvenicima bolje razumijevanje dinamike širenja štetnika i razvijanje strategije za njegovo suzbijanje.
- b) Prilagodba agronomskih praksi i predviđanje napada (Dobrinčić i sur., 2002., Bažok i sur., 2011., Kos i sur. 2013., 2014.): prikupljeni podatci iz monitoringa pomogli su agronomima i poljoprivrednicima da prilagode svoje prakse u skladu s prisutnošću i gustoćom populacije kukuruzne zlatice (tretirano sjeme, plodored) (Igrc Barčić i Bažok, 2004., Bažok i sur., 2005., Igrc Barčić i sur., 2007.). To je rezultiralo smanjenjem upotrebe pesticida i implementacijom integriranih metoda suzbijanja štetnika, što je ekološki prihvatljivije i ekonomičnije.
- c) Edukacija: sustavni monitoring i prikupljanje podataka omogućili su provođenje edukacijskih programa za poljoprivrednike. Poljoprivrednici su educirani o važnosti praćenja štetnika, prepoznavanju simptoma zaraze i pravodobnom reagiranju, što je pridonijelo boljoj pripremljenosti i učinkovitijoj zaštiti usjeva.
- d) Znanstveni doprinos: istraživanja provedena u Hrvatskoj dodala su vrijedne podatke globalnom razumijevanju kukuruzne zlatice. Podatci iz Hrvatske korišteni su u međunarodnim studijama o širenju i suzbijanju toga štetnika, pridonoseći razvoju globalnih strategija za njegovo suzbijanje.

Istraživačke aktivnosti u vezi s **genetikom i populacijskom genetikom** kukuruzne zlatice u Republici Hrvatskoj bile su usmjerene na razumijevanje genetičkih varijacija, te širenje populacija štetnika (Lemić i sur., 2015.).

Genetička istraživanja kukuruzne zlatice u Hrvatskoj obuhvaćala su analize genetičke raznolikosti i strukture populacija. Korištenjem molekularnih markera, poput mikrosatelita i mitohondrijske DNK, mapirane su genetičke varijacije unutar i između populacija kukuruzne zlatice (Lemić i sur., 2013.; Ivkošić i sur., 2014.). Ta su istraživanja bila ključna za razumijevanje evolucijskih mehanizama koji omogućuju adaptaciju štetnika na različite ekološke uvjete i metode suzbijanja. Populacijska genetika kukuruzne zlatice u Hrvatskoj bila je usmjerena na praćenje protoka gena i migracijskih obrazaca. Identificirani su ključni koridori migracije štetnika, što pomaže u predviđanju budućih širenja i

.....

implementaciji strategija suzbijanja. Posebna pozornost posvećena je populacijama koje pokazuju visoku razinu otpornosti na insekticide (nativne populacije kukuruzne zlatice), a genetičke analize omogućuju razumijevanje mehanizama otpornosti (Kadoić Balaško i sur., 2021.).

Primjena rezultata

Rezultati genetičkih istraživanja imaju značajan utjecaj na razvoj održivih strategija suzbijanja kukuruzne zlatice. Genetička i populacijska genetička istraživanja omogućila su preciznije predikcije o širenju štetnika, bolje razumijevanje mehanizama otpornosti te razvoj novih metoda suzbijanja koje minimiziraju rizik od daljnje razvoja rezistentnosti.

Istraživanja u vezi s **morfologijom** kukuruzne zlatice, koristeći geometrijsko-morfometrijske metode, značajno su pridonijela razumijevanju fenotipske varijabilnosti i evolucijske biologije štetnika (Benitez i sur., 2014.a, b). Geometrijska morfometrija omogućila je preciznu kvantifikaciju oblika i veličine bioloških struktura, pružajući detaljne uvide u morfološke razlike među populacijama ili unutar jedinki.

Geometrijska morfometrija krila kukuruzne zlatice kvantificirala je varijacije u obliku krila među različitim populacijama. Korištenjem analiza oblika krila uspoređene su geometrijske konfiguracije krila iz različitih geografskih područja (Lemić i sur., 2014.; Mikac i sur., 2016.). Ta je metoda pokazala postojanje značajnih morfoloških razlika koje su povezane s adaptivnim odgovorima na lokalne ekološke uvjete (tipove tla).

Značaj za znanost i praksu

Geometrijska morfometrija omogućila je precizniju kvantitativnu karakterizaciju fenotipskih varijacija u populacijama kukuruzne zlatice u RH. Te su informacije ključne za razumijevanje ekologije i evolucije kukuruzne zlatice na svjetskoj razini. Analize morfologije pomogle su u identifikaciji adaptivnih strategija koje kukuruzna zlatica koristi za preživljavanje u različitim okolišima. To uključuje adaptacije na klimatske promjene, ali i različite poljoprivredne prakse. Na primjer, morfološke značajke povezane s otpornosti na insekticide mogu pomoći u usmjeravanju upotrebe specifičnih kemijskih tretmana.

Štetnost kukuruzne zlatice i trenutno stanje

Kukuruzna zlatica ima jednu generaciju godišnje, a prezimljuju u tlu kao jaje. Ženka kukuruzne zlatice u prosjeku leže 100 - 450 jaja, ali može izleći i više od 1000 jaja (Elliott i sur., 1990.). Jaje se za vrijeme prezimljavanja nalazi u dijapauzi. Pojava prvih ličinki kukuruzne zlatice iz godine u godinu može jako varirati. U našim se klimatskim uvjetima pojava prvih ličinki zapaža od 29. svibnja, dok se izlazak 50 % ličinki događa oko 10. lipnja (Dobrinčić, 2001.). U

tom vremenskom razdoblju ličinke pričinjavaju najveće štete ishranom na korijenu kukuruza. Ličinke prolaze kroz tri razvojna stadija (Kos, 2011.), a nakon završetka razvoja kukulje se u blizini baze korijena. Prva pojava kukuljica zabilježena je 12. lipnja. Odrasli oblici kukuruzne zlatice u Hrvatskoj počinju izlaziti između 17. lipnja i 2. srpnja (Dobrinčić, 2001.). Nakon izlaska iz kukuljice mladi imago ostane još dan ili dva pod zemljom, dok mu pokrilije ne očvrsne i ne dobije tipičnu pigmentaciju.

Štete u proizvodnji kukuruza čine ličinke i imaga kukuruzne zlatice. Najveće ekonomske štete čine ličinke koje se hrane na korijenu kukuruza, a poslije ga pregrizaju u blizini glavne stabljike. Kao negativan učinak ishrane na korijenu pojavljuje se znatno skraćivanje korijena, zbog čega biljka gubi uporište u tlu te može potpuno polegnuti i osušiti se (Bažok, 2007.). Simptomi se pojavljuju na nadzemnu dijelu gdje dolazi do povijanja stabljike u obliku tzv. „guščjeg vrata“. Manje važne štete čine odrasli oblici kukuruzne zlatice, a oštećenja se pojavljuju na listovima, u obliku crta, i na svili. Odrasle kukuruzne zlatice osobito privlači svila kukuruza (Campbell i Meinke, 2006.). Štete nastale oštećenjem svile dovode do smanjenja priroda. Ove štete mogu imati gospodarsku važnost samo na sjemenskom kukuruzu.

Da bi se smanjile štete, agrotehničkim mjerama treba spriječiti pojavu kukuruzne zlatice, a ostale mjere koje stoje na raspolaganju (mehaničke, fizikalne, biološke i kemijske) treba pažljivo primjenjivati. Plodored je agrotehnička mjera koja se najčešće koristi, a ujedno je i najvažnija mjera zaštite kukuruza. Ako se kukuruz uzgaja u plodosmjerni s drugom kulturom koja nije domaćin ličinkama, ličinke koje će izići iz jajeta neće imati domaćina za razvoj, te će uginuti. Za plodored se preporučuju suncokret, soja i strne žitarice. Uzgoj kukuruza u monokulturi pridonosi boljem razmnožavanju i širenju kukuruzne zlatice. Naglo širenje monokulture kukuruza u SAD-u četrdesetih godina prošlog stoljeća smatra se uzorkom proširenja kukuruzne zlatice (Maceljki i Igrec Barčić, 1993.). Kod nas se svi proizvođači kukuruza iz ekonomskih i organizacijskih razloga ne mogu pridržavati plodoreda, te im se preporučuje mjera prognoze napada (Bažok, 2007.). S pomoću prognoze napada utvrđuje se brojnost kukuruzne zlatice u vrijeme ovipozicije, trajanja ovipozicije i prezimljenja. Te je podatke vrlo bitno znati da bismo mogli odlučiti hoćemo li kukuruz sijati u ponovljenoj sjetvi, te da bismo mogli odabrati polja na kojima je opasnost od štete manja. Brojnost kukuruzne zlatice može se utvrditi s pomoću dviju metoda, a to su vizualni pregled usjeva i postavljenje vizualnih mamaca. Brojnost kukuruzne zlatice određuje se od sredine srpnja do kraja kolovoza u razdoblju od dva tjedna do šest tjedana (Bažok i sur., 2011.). Kritičan je broj, kod kojega se u sljedećoj godini mogu očekivati štete, ulov od 40 zlatica po Pherocon AM mamcu/tjednu (Bažok i sur., 2011.).

Osim plodoreda, agrotehničkim mjerama pripada i pomicanje rokova sjetve, berba, gnojdba, obrada tla i uništavanje korova koji mogu biti domaćini.

Pomicanjem rokova sjetve mogu se donekle smanjiti štete nastale hranjenjem kukuruzne zlatice. Optimalno je vrijeme sjetve kukuruza od 15. travnja do 5. svibnja. U SAD-u je sjetva iza 10. svibnja rezultirala smanjenim napadom ličinki kukuruzne zlatice. Ranija berba ili siliranje kukuruza smanjuju ovipoziciju ženki (Calkins i sur., 1970.). Obilna gnojidba pridonosi boljem razvoju biljke, čime se smanjuje stupanj oštećenja korijena koji populacija ličinki može prouzročiti (Kos, 2011.). Gnojenje dušikom povećava sposobnost biljke za regeneraciju korijena, pa će samim time i štete biti manje (Ivezić i sur., 2007.). Gnojdbom se smanjuju štete, ali se ne smanjuje napad kukuruzne zlatice. Obrada tla mjera je kojom se utječe na razmještaj jaja u tlu. Najznačajnija je jesenska obrada tla jer tada dolazi do promjene vertikalnog rasporeda jaja u tlu i njihovih mehaničkih oštećenja. Tom obradom tla jedan se dio jaja prebaci iz dubljih slojeva u površinski, te se izlažu zamrzavanju. Suzbijanje korova koji mogu biti domaćini ličinki jedna je od značajnih agrotehničkih mjera. U velikom broju istraživanja dokazano je da zlatica može dovršiti svoj razvoj na nekim korovima, pšenici i samoniklu kukuruзу (Kos, 2011.).

Štete na kukuruзу uzrokuju ličinke i odrasli oblici, što je već prije spomenuto, i zbog toga je važno znati razlikovati suzbijanje odraslih od suzbijanja ličinki. Kemijske su mjere najpopularniji način suzbijanja i u SAD-u se provode od kraja četrdesetih godina prošlog stoljeća (Levine i Oloumi-Sadeghi, 1991.). Mjere suzbijanja uglavnom su usmjerene na ličinke kukuruzne zlatice jer one čine najveće štete na kukuruзу. Sukladno stanju s trenutačno dopuštenim insekticidima, suzbijanje ličinki može se provesti primjenom granuliranih insekticida u trake zajedno sa sjetvom i/ili tretiranjem sjemena. Iako je ekonomski i ekološki najprihvatljivija metoda suzbijanja ličinki kukuruzne zlatice tretiranje sjemena koje se provodi pri doradi sjemena, malo je insekticida koji imaju dozvolu za ovu namjenu (samo teflutrin). Insekticidi koji danas imaju dozvolu za suzbijanje ličinki kukuruzne zlatice načinjeni su na bazi teflutrina, cipermetrina, i lambda-cihalotrina (FIS, 2024.). Suzbijanje odraslih kukuruznih zlatica rijetko se provodi s obzirom na to da su biljke kukuruza u vrijeme napada visoke. Suzbijanje se provodi kada se žele spriječiti štete na svili sjemenskog kukuruza nastale od odraslih zlatica ili kada se želi spriječiti napad ličinki u sljedećoj godini. Također, provodi se samo kada su prekoračeni pragovi odluke. Na merkantilnom kukuruзу to je više od 10 zlatica/klipu ako je svilanje nastupilo na manje od 50 % biljaka, odnosno više od 20 zlatica/klipu ako je svilanje nastupilo na više od 50 % biljaka, a u sjemenskom kukuruзу ako je prisutno više od 3 – 5 zlatica/klipu (Bažok, 2007.). Suzbijanje odraslih zlatica moguće je obaviti jedino prskalicama sa zračnom potporom, traktorima visokog klirensa ili primjenom iz zraka, što danas nije dopušteno (Bažok, 2007.).

Važne mjere u suzbijanju ličinki kukuruzne zlatice svakako su plodored i primjena zemljišnih insekticida, ali imaju negativne posljedice koje utječu na smanjenje proizvodnje kukuruza ili povećanu primjenu zemljišnih insekticida

čiji ostatci negativno djeluju na okoliš. Kao alternativa u suzbijanju ličinki kukuruzne zlatice primjenjuje se biološko suzbijanje entomopatogenim nematodama (EPN) iz rodova *Steinema* i *Heterorhabditis* (Grubišić i sur., 2013.). Učinkovitost EPN-a u suzbijanju kukuruzne zlatice ovisi o mnogobrojnim biotskim i abiotskim čimbenicima, kao što su: specifičnost domaćina, sposobnost nematoda u pronalaženju domaćina, vrijeme napada štetnika, klimatski uvjeti, vrsta tla i metoda primjene (Grubišić i sur., 2013.).

Kukuruzna zlatica danas

I prije nego što je kukuruzna zlatica otkrivena u Europi, bila je na karantenskoj listi većine zemalja EU-a. Nakon što se proširila po većini zemalja, zlatica je 2014. godine uklonjena s popisa karantenskih štetnika za EU (EPPO, 2024). No ostala je na A1 i A2 karantenskim listama zemalja koje nisu članice EU-a, poput Azerbajdžana (na listi A1 od 2007.), Gruzije (na listi A1 od 2018), Moldavije (na listi A1 od 2006.), Rusije (na listi A1 od 2014.), Turske (na listi A1 od 2016.) i Ukrajine (na listi A2 od 2019.).

Scenarij u Europi predvidio je ekonomske koristi od suzbijanja zlatice u rasponu od 143 do 1739 milijuna eura. U istraživanju Bažok i sur. (2021.) analizirana je situacija s kukuruznom zlaticom u 18 zemalja, te je utvrđeno da se kukuruzna zlatica proširila u svim zemljama srednje Europe i danas pričinjava veće ili manje štete, ovisno o brojnim čimbenicima (vrijeme, način uzgoja i sl.). Frekvencija kontinuirana uzgoja kukuruza u tim zemljama kreće se od 20 % u Hrvatskoj do 35 % u Mađarskoj i Rumunjskoj. Među analiziranim zemljama, posljednjih desetak godina nema izvještaja o značajnim ekonomskim štetama. Sve zemlje na zakonodavnoj razini zahtijevaju rotaciju usjeva kao glavnu mjeru za suzbijanje kukuruzne zlatice. S obzirom na to da su gospodarstva koja se bave stočarskom proizvodnjom značajno više ovisna o kukuruzu i rijetko primjenjuju plodored na svim poljima kao zadovoljavajuću mjeru sprječavanja šteta od kukuruzne zlatice, predlaže se prekid kontinuirana uzgoja kukuruza od jedne do tri godine jer za sprječavanje šteta nije nužno primjenjivati plodored na poljima gdje je populacija kukuruzne zlatice ispod ekonomske granice štetnosti (Bažok i sur., 2021.).

ZAKLJUČAK

U početnim je godinama unosa na tlo Europe kukuruzna zlatica bila velika opasnost za proizvođače kukuruza. U zemljama u koje se proširila i u onima ugroženima od invazije provedene su intenzivne aktivnosti monitoringa te istraživačke aktivnosti kojima su utvrđeni različiti aspekti u vezi sa životnim ciklusom, populacijskom genetikom zlatice, štetnosti, mogućnosti prognoze i suzbijanja, a rezultirale su znanstvenim spoznajama i omogućile uspješnu koegzistenciju europskog poljoprivrednog sustava s kukuruznom zlaticom. Iako

je taj štetnik potencijalna prijetnja za proizvodnju kukuruza u Europskoj uniji, može se učinkovito suzbiti u svim zemljama EU-a. Zahvaljujući intenzivnim istraživanjima i stručnim aktivnostima u sklopu Zajedničke poljoprivredne politike EU-a, rješenja temeljena na plodoredu pokazala su se učinkovitima u suzbijanju štetnika uz minimalan utjecaj na proizvodnju kukuruza i okoliš. U mnogim se zemljama ova rješenja redovito primjenjuju od strane donositelja politika, savjetodavnih službi ili samih poljoprivrednika.

WESTERN CORN ROOTWORM - FROM QUARANTINE TO ESTABLISHED PEST

SUMMARY

Western corn rootworm (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte) (WCR) is the most important corn pest in the United States. The pest was discovered in 1992 near Belgrade's Surčin Airport in Serbia. It is estimated that the pest began its invasion in Europe between 1979 and 1984, and several other independent introductions were recorded after the discovery in Serbia. The aim of this paper is to present the history of the introduction and spread of WCR in Croatia, the activities that followed the spread of the pest, the research activities through which scientists from Croatia in cooperation with scientists from all over the world came to important findings regarding various aspects of ecology, harmfulness and the possibility of damage prevention, as well as the current situation with WCR in Croatia. Today, WCR causes more or less damage, depending on a number of factors, among which the share of fields with repeated maize sowing stands out. In the first years after its introduction to Europe, WCR posed a major threat to maize producers. Intensive monitoring activities carried out in almost all countries, as well as research activities identifying various aspects related to the life cycle, population genetics of the WCR, harmfulness, prediction and control, led to vast scientific knowledge and enabled the successful coexistence of the European agricultural system with the WCR.

Keywords: *Diabrotica virgifera virgifera* LeConte, farmer education, monitoring, research, quarantine lists, western corn rootworm.

LITERATURA

Bača, F. (1994.). New member of the harmful entomofauna of Yugoslavia-*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte (Coleoptera, Chrysomelidae). *Zaštita bilja*, 45(208), 125 -131.

Bažok, R. (2007.). Kukuruzna zlatica. *Glasilo biljne zaštite*, 5, 316-321.

Bažok, R. Sivčev, I., Kos, T., Igrc Barčić, J., Kiss, J., Janković, S. (2011.). "Pherocon AM Trapping and the "Whole Plant Count" Method; A Comparison of Two Sampling Techniques to Estimate the WCR Adult Densities in Central Europe". *Cereal research*

communications, 39(2): 299-306.

Bažok, R., Igrc Barčić, J., Edwards, C.R. (2005.). Effects of proteinase inhibitors on western corn rootworm life parameters. *Journal of Applied Entomology*, 129 (4): 185-190.

Bažok, R., Lemić, D., Chiarinni, F., Furlan, L. (2021.). Western Corn Rootworm (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte) in Europe: Current Status and Sustainable Pest Management. *Insects*, 12, 195.

Bažok, R., Koprivnjak, M., Igrc Barčić, J., Kos, T. (2009.). The sex ratio of the Western corn rootworm on Pherocon AM traps. *Glasilo biljne zaštite*. IX (3): 174-181

Benitez, A.H., Lemić, D., Bažok, R., Gallardo-Araya, M.C., Mikac, M.K. (2014a.). Evolutionary Directional Asymmetry and Shape Variation in *Diabrotica v. virgifera* (Coleoptera: Chrysomelidae): an example using hind wings. *Biological journal of the Linnean society*, 111, 110-118.

Benítez, H.A., Lemić, D., Bažok, R., Bravi, R., Buketa, M., Püschel, T. (2014b.). Morphological Integration and Modularity in *Diabrotica virgifera virgifera* LeConte (Coleoptera: Chrysomelidae) hind wings. *Zoologischer anzeiger*, 253 (6), 461-468.

Calkins, C.D., Kirk, V.M., Matteson, J.W., Howe, W.L. (1970.). Early cutting of corn as a method of reducing populations of corn rootworm. *Journal of Economical Entomology*, 63, 976-978.

Campbell, L.A., Meinke, L J. (2006.). Seasonality and adult habitat use by four *Diabrotica* species at prairie-corn interfaces. *Environmental Entomology*, 35, 922-936.

Ciosi, M., Miller, N.J., Kim, K.S., Giordano, R., Estoup, A., Guillemaud, T. (2008.). Invasion of Europe by western corn rootworm, *Diabrotica virgifera virgifera*: multiple transatlantic introductions with various reductions of genetic diversity. *Molecular Ecology*, 17, 3614-3627.

Dobrinčić, R. (2001.). Istraživanje biologije i ekologije *Diabrotica virgifera virgifera* LeConte, novog člana entomofaune Hrvatske. Doktorska disertacija. Agronomski fakultet Zagreb. 150-222.

Dobrinčić, R., Igrc Barčić, J., Edwards, R.C. (2002.). Determining of the injuriousness of the larvae of Western Corn Rootworm (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte) in Croatian conditions. *Agr. Consp. Sc.* Vol 67, No 1: 1-9

Elliott, N.C., Gustin, R.D., Hanson, S.L. (1990.). Influence of adult diet on the reproductive biology and survival of the western corn rootworm, *Diabrotica virgifera virgifera*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 56, 15-21.

EPPO (2024.). EPPO Global Database. EPPO-European and Mediteranean Plant Protection Organization. Dostupno na: <https://gd.eppo.int/taxon/DIABVI/distribution> (pristupljeno: 25. svibnja 2024.)

FIS (2024.). Fitosanitarni informacijski sustav. Popis registriranih sredstava za zaštitu bilja na dan 29.05.2024. Dostupno na: <https://fis.mps.hr/fis/javna-trazilica-szb/>. Pristupljeno 29. svibanj, 2024.

Grubišić, D., Vladić, M., Gotlin Čuljak, T., Benković Lačić, T. (2013.). Primjena entomopatogenih nematoda u suzbijanju kukuruzne zlatice. *Glasilo biljne zaštite*, 3, 223-231.

Igrc Barčić, J., Bažok, R. (2004.). The influence of different food sources on the life parameters of western corn rootworm (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte, Coleoptera: Chrysomelidae). *Razprave IV. Razreda SAZU*, XLV-1: 75-85

Igrc Barčić, J., Dobrinčić, R. (2002.). 1998 Results of Monitoring *Diabrotica virgifera virgifera* LeConte in Croatia. Acta Phytopat. Et Entomol. Hungarica, Vol 37 (1-3): 137-144

Igrc Barčić, J., Maceljksi, M. (1997.). Kukuruzna zlatica (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte – Col.: Chrysomelidae) – novi štetnik u hrvatskom podunavlju. Agronomski glasnik, 59(5-6), 429-443.

Igrc Barčić, J., Bažok, R., Maceljksi, M. (2003.). Research on the western corn rootworm (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte, Coleoptera: Chrysomelidae) in Croatia (1994-2003). Entomol. Croat. 7(1-2), 63-83.

Igrc Barčić, J., Bažok, R., Edwards, C.R., Kos, T. (2007.): Western corn rootworm adult movement and possible egg laying in fields bordering maize. Journal of Applied Entomology, 131 (6): 400-405.

Ivezić, M., Raspudić, E., Brmež, M., Brkić, I., Majić, I. (2007.). Višegodišnji rezultati istraživanja tolerantnosti kukuruza na kukuruznu zlaticu (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte). Glasilo biljne zaštite, 5, 322-326.

Ivkosic, S.A., Gorman, J., Lemić, D., Mikac, K.M. (2014.). Genetic monitoring of western corn rootworm populations on a microgeographic scale. Environmental entomology, 43 (3), 804-818.

Kadoić Balaško, M., Mikac, K.M., Benitez, H.A., Bažok, R., Lemić, D. (2021.). Genetic and Morphological Approach for Western Corn Rootworm Resistance Management. Agriculture, 11, 585.

Kim, K.S., Sappington, T.W. (2005.). Genetic structuring of western corn rootworm (Coleoptera: Chrysomelidae) populations in the U.S. based on microsatellite loci analysis. Environmental Entomology, 34, 494-503.

Kos, T. (2011.). Prognoza šteta i procjena rizika od kukuruzne zlatice (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte). Doktorska disertacija. Agronomski fakultet Zagreb. 179.

Kos, T., Bažok, R., Varga, B., Igrc Barčić, J., Kozina, A. (2013.). Estimation of the Western Corn rootworm (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte) egg abundance based on the previous year adult capture. Journal of Central European Agriculture, 14 (4):1488-1501.

Kos, T., Bažok, R., Gunjača, J., Igrc Barčić, J. (2014.). Western corn rootworm adult captures as a tool for the larval damage prediction in continuous maize. Journal of Applied Entomology, 138:173-182, doi: DOI: 10.1111/jen.12010.

Lemić, D., Mikac, K.M., Bažok, R. (2013.). Historical and Contemporary Population Genetics of the Invasive Western Corn Rootworm (Coleoptera: Chrysomelidae) in Croatia. Environmental entomology, 42 (4), 811-819.

Lemić, D., Benitez, A.H., Bažok, R. (2014.). Intercontinental effect on sexual shape dimorphism and allometric relationships in the beetle pest *Diabrotica virgifera virgifera* LeConte (Coleoptera: Chrysomelidae). Zoologischer anzeiger, 253 (3), 203-206.

Lemić, D., Mikac, K.M., Kozina, A., Benitez, H.A., McLean, C.M., Bažok, R. (2016.). Monitoring techniques of the western corn rootworm are the precursor to effective IPM strategies. Pest Management Science, 72(2), 405-417.

Lemić, D., Mikac, K.M., Ivkosić, S.A., Bažok, R. (2015.). The Temporal and Spatial Invasion Genetics of the Western Corn Rootworm (Coleoptera: Chrysomelidae) in Southern Europe. PLoS ONE 10 (9), e0138796

Levine, E., Oloumi-Sadeghi, H. (1991.). Management of *Diabrotica* rootworms in corn. Annual Review of Entomology, 36, 229–255.

Lombaert, E., Ciosi, M., Miller, N.J., Sappington, T.W., Blin, A., Guillemaud, T. (2017.). Colonization history of the western corn rootworm (*Diabrotica virgifera virgifera*) in North America: insights from random forest ABC using microsatellite data. *Biological Invasions*, 20(3), 665-677.

Maceljčki, M., Igrc Barčić, J. (1993.). *Diabrotica virgifera virgifera* LeConte (Coleoptera: Chrysomelidae) - kukuruzna zlatica. *Fragmenta phytomedica et herbologica*, 21 (2), 173-185.

Maceljčki, M., Igrc Barčić, J. (1994.). Procjena značenja kukuruzne zlatice *Diabrotica virgifera virgifera* LeConte (Coleoptera: Chrysomelidae) za Hrvatsku, Polj. znanst. smotra 59/4.: 413-423.

Mrganić, M., Bažok, R., Mikac, K.M., Benitez, H.A., Lemić, D. (2018.). Two Decades of Invasive Western Corn Rootworm Population Monitoring in Croatia. *Insects*, 9, 160.

Meinke, L.J., Sappington, T.W., Onstad, D.W., Guillemaud, T., Miller, N.J., Komáromi, J., Levay, N., Furlan, L., Kiss, J., Toth, F. (2009.). Western corn rootworm (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte) population dynamics. *Agricultural and Forest Entomology*, 11(1), 35-37.

Mikac, K.M., Lemić, D., Bažok, R., Benitez, H.A. (2016.). Wing shape changes: a morphological view of the *Diabrotica virgifera virgifera* European invasion. *Biological Invasions*, doi:10.1007/s10530-016-1252-9.

Miller, N., Reynaud, P., Bourguet, D., Estoup, A., Toepfer, S., Lapchin, L., Guillemaud, T., Kim, K. S., Furlan, L. (2005.). Multiple transatlantic introductions of the Western corn rootworm. *Science*, 310, 992-992.

Shaw, J.T., Ruesink, W.G., Briggs, S.P., Luckmann, W.H. (1984.). Monitoring populations of corn rootworm beetle (Coleoptera: Chrysomelidae) with trap bait with cucurbitacins. *J. Econ. Entomol.*, 77, 1495-1499.

Spencer, J.L., Hibbard, B.E., Moeser, J., Onstad, D.W. (2009.). Behaviour and ecology of the western corn rootworm (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte). *Agricultural and Forest Entomology*, 11, 9-27.

Szalai, M., Komáromi, J.P., Bažok, R., Igrc-Barčić, J., Kiss, J., Toepfer, S. (2011.). The growth rate of *Diabrotica virgifera virgifera* populations in Europe. *J. Pest Sci.*, 84, 133-142.

pregledni rad