

Dinka GRUBIŠIĆ¹, Marija VLADIĆ¹, Tanja GOTLIN ČULJAK¹, Teuta BENKOVIĆ LAČIĆ²

¹Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zavod za poljoprivrednu zoologiju

²Veleučilište u Slavanskom Brodu

djelinic@agr.hr

PRIMJENA ENTOMOPATOGENIH NEMATODA U SUZBIJANJU KUKURUZNE ZLATICE

SAŽETAK

Kukuruzna zlatica, *Diabrotica virgifera virgifera* Le Conte, 1868 (Coleoptera: Chrysomelidae) najvažniji je štetnik u proizvodnji kukuruza u Europi i svijetu. Kako bi se umanjile gospodarske štete, njezina populacija mora se održavati niskom. Umanjiti štete može se izbjegavanjem ponavljanja sjetve kukuruza ili primjenom insekticida. Obje mjere imaju negativne posljedice: smanjenje proizvodnje kukuruza ili povećanu primjenu zemljišnih insekticida, a njihovi ostaci opterećuju okoliš. Kao alternativa u suzbijanju ličinki kukuruzne zlatice može se primijeniti biološko suzbijanje entomopatogenim nematodama (EPN) iz roda *Steinernema* Travassos, 1927 i *Heterorhabditis* Poinar, 1976. U ovom radu dan je literaturni pregled provedenih istraživanja učinkovitosti vrsta roda *Steinernema* i *Heterorhabditis* u suzbijanju kukuruzne zlatice u svijetu te je analizirana prikladnost njihove primjene u uvjetima Republike Hrvatske.

Ključne riječi: biološko suzbijanje, *Diabrotica virgifera virgifera*, entomopatogene nematode, EPN, *Heterorhabditis bacteriophora*, *Steinernema* sp., kukuruzna zlatica

UVOD

Kukuruzna zlatica (*Diabrotica virgifera virgifera* Le Conte, 1868) važan je štetnik kukuruza (*Zea mays* L.) široko rasprostranjen u više europskih zemalja, ali i u svijetu. U Hrvatskoj je prvi put otkrivena 1995. u Bošnjacima, odakle se vrlo brzo širila prema zapadu, prosječno oko 30 do 40 km godišnje, a prve štete zabilježene su 2002. u Baranji. Kukuruzna zlatica na području Hrvatske predstavlja veliku opasnost zbog čestog uzgoja kukuruza u monokulturi. Prema istraživanjima Bažok i sur. (2008) u 2007. godini na 14 polja ponovljene sjetve i 12 polja u prvoj godini sjetve u Vukovarsko-srijemskoj, Virovitičko-podravskoj i Koprivničko-križevačkoj županiji zabilježeni su najveći ulovi, veći od 30 zlatica/ PAM mamcu/ tjedno, što pokazuje da je populacija znatno iznad ekonomskoga praga štetnosti na sve većem području. Od 12 polja ponovljene sjetve u Bjelovarsko-bilogorskoj županiji, na jednom polju su zabilježeni najveći ulovi iznad praga tolerantnosti, što pokazuje da je na području te županije brojnost zlatice na razini na kojoj se mogu očekivati ekonomske štete. Prema Dobrinčić (2001) odrasle se zlatice hrane na biljkama iz porodice Poaceae, Cucurbitaceae, Compositae i Leguminosae. Hrane se tako i

nadzemnim dijelovima kukuruza, listovima ili zrnom u mliječnoj zriobi, a poglavito peludom i svilom. Posljedica skraćivanja svile, prije nego što je nastupila oplodnja, jest smanjeni broj zrna u klipu. Ipak, najveće štete čine ličinke kukuruzne zlatice koje se hrane na korijenu kukuruza (Dobrinčić, 2001; Ivezić i sur., 2006; Ivezić i sur., 2011). Prema istraživanju Igrc Barčić i sur. (2003) u Hrvatskoj je najveći gubitak prinosa zabilježen 2002. godine u Baranji, čak 85 %, a iste godine na ostalim poljima te regije gubitak prinosa bio je od 20 do 40 %. Visina šteta ovisi o klimatskim uvjetima pojedinih godina (Bažok i Igrc Barčić, 2008). U suzbijanju ličinki toga štetnika, važne mjere jesu plodored i primjena zemljišnih insekticida. Obje mjere imaju negativne posljedice, koje se ogledaju u smanjenju proizvodnje kukuruza ili povećanju primjene zemljišnih insekticida, a njihovi ostatci opterećuju okoliš. Kao alternativa u suzbijanju ličinki kukuruzne zlatice, koje čine najviše štete pod zemljom, najjačim agensom u biološkom suzbijanju drže se entomopatogene nematode (Jackson i Brooks, 1995).

Učinkovitost EPN u suzbijanju kukuruzne zlatice ovisi o mnogim biotskim i abiotskim čimbenicima, što uključuje specifičnost domaćina, sposobnost nematoda za pronalaženje domaćina, vrijeme napada štetnih organizama, klimatske uvjete, vrstu tla i metode primjene. Cilj ovog rada jest pregledom literaturnih podataka analizirati učinkovitost u suzbijanju kukuruzne zlatice primjenom entomopatogenih nematoda, rodova *Steinernema* Travassos, 1927 i *Heterorhabditis* Poinar, 1976, koje se danas na tržištu mogu naći kao gotovi pripravci. S obzirom na različitu učinkovitost EPN u suzbijanju kukuruzne zlatice, važno je dobro proučiti utjecaj tipa tla, vlažnosti, temperature i načina aplikacije. Cilj je tako nadalje analizirati načine primjene te uvjete u kojima su se EPN primjenjivale u svijetu pa ih usporediti s uvjetima njihove eventualne primjene u Hrvatskoj. U Hrvatskoj EPN u tu svrhu do sada nisu nikada primjenjivane te je potrebno analizirati prikladnost uvjeta za njihovu primjenu.

UTJECAJ VREMENA I NAČINA PRIMJENE NA UČINKOVITOST ENTOMOPATOGENIH NEMATODA

U poljskim pokusima u Mađarskoj istraživana je učinkovitost vrste *Heterorhabditis bacteriophora* Poinar, 1976 u četiri tehnike primjene (Toepfer i sur., 2009) (tablica 1). Kukuruz je bio posijan krajem travnja te početkom svibnja. Sve aplikacije provedene su jednom; tijekom sjetve u drugoj polovici travnja, početkom svibnja ili krajem svibnja do sredine lipnja u fazi od tri do osam listova kukuruza, kada se očekuje ishrana ličinki kukuruzne zlatice na korijenu kukuruza. Metode i vrijeme primjene te učinkovitosti EPN u suzbijanju ličinki kukuruzne zlatice prikazani su u tablici 1. U navedenoj tablici prikazana je i učinkovitost triju vrsta entomopatogenih nematoda u suzbijanju kukuruzne zlatice, nakon primjene prskanjem jednoličnim mlazom u tlo za vrijeme sjetve u travnju ili na tlo uzduž redova kukuruza u lipnju (Toepfer i sur., 2008). Vrsta *Steinernema carpocapsae* Weiser 1955 utvrđena je kao prirodni neprijatelj više vrsta kukaca iz redova Coleoptera, Hymenoptera i Lepidoptera (Grubišić i sur.,

2010). U nizu poljskih istraživanja u Minnesoti (SAD) na muljevito glinasto pjeskovitom tlu istraživana je učinkovitost EPN, *S. carpocapsae* soja All u suzbijanju kukuruzne zlatice. Učinkovitost različitih doza nematoda i vremena primjene prikazana je u tablici 1. U jugoistočnom dijelu Austrije, u poljskim uvjetima, istraživana je učinkovitost vrste *H. bacteriophora* u dvije različite formulacije u smanjenju brojnosti odraslih stadija kukuruzne zlatice (Pilz, 2011) (tablica 1).

Tablica 1. Učinkovitost EPN u suzbijanju kukuruzne zlatice, pregled literature

Vrijeme primjene	Način primjene	Doza EPN	Vrsta EPN/ Učinkovitost	Izvor
Travanj, sjetva kukuruza	Primjena suspenzije EPN u vodi u 10 cm dubok utor neposredno pored svakog reda	$2,1 \times 10^5$ i.l./m ² u 0,2 l vode	<i>H. bacteriophora</i> 63-81 % <i>H. megidis</i> 18-49 % <i>S. feltiae</i> 26-37 %	Hitpold i sur., 2010.
Lipanj	Primjena suspenzije EPN u vodi u 10 cm dubok utor neposredno pored svakog reda	$2,6 \times 10^5$ i.l./m ² u 0,2 l vode	<i>H. bacteriophora</i> 67-75 % <i>H. megidis</i> 0-70 % <i>S. feltiae</i> 3-32 %	Hitpold i sur., 2010.
Lipanj	Primjena suspenzije EPN u 0,15 %-tnoj otopini agara	10^4 i.l./30,5 cm reda	<i>S. carpocapsae</i> Smanjena pojava odraslih oblika za 26,3 %	Journey i Ostlie, 2000.
Lipanj	Primjena suspenzije EPN u 0,15 %-tnoj otopini agara	10^5 i.l./30,5cm reda	<i>S. carpocapsae</i> Smanjena pojava odraslih oblika za 39,1 %	Journey i Ostlie, 2000.
Lipanj	Primjena suspenzije EPN u 0,15 %-tnoj otopini agara	10^6 i.l./30,5 cm reda	<i>S. carpocapsae</i> Smanjena pojava odraslih oblika za 53 %	Journey i Ostlie, 2000.
Lipanj	Primjena suspenzije EPN u 0,15 %-tnoj otopini agara	10^7 i.l./30,5 cm reda	<i>S. carpocapsae</i> Smanjena pojava odraslih oblika za 86,2%	Journey i Ostlie, 2000.
Sjetva kukuruza	Primjena suspenzije EPN u vodi	$2,7 \times 10^9$ i.l./ha	<i>H. bacteriophora</i> Smanjena pojava odraslih oblika 67 %	Pilz, 2011.
Sjetva kukuruza	Primjena EPN u granulama	$2,7 \times 10^9$ i.l./ha	<i>H. bacteriophora</i> Smanjena pojava odraslih oblika 52 %	Pilz, 2011..
Travanj, sjetva kukuruza	Primjena jednoličnim mlazom u tlo	$2,8 \times 10^9$ i.l./2600 l vode	<i>H. bacteriophora</i> 81 % <i>H. megidis</i> 49 % <i>S. feltiae</i> 36 %	Toepfer i sur., 2008.
Lipanj	Primjena jednoličnim mlazom u tlo uzduž redova kukuruza	$3,4 \times 10^9$ i.l./5200 l vode	<i>H. bacteriophora</i> i <i>H. megidis</i> oko 70 % <i>S. feltiae</i> 32 %	Toepfer i sur., 2008.

Krajem svibnja, početkom lipnja	Primjena jednoličnim mlazom u tlo uzduž redova kukuruza	$3,9 \times 10^9$ i.l./ha	<i>H. bacteriophora</i> Smanjeno oštećenje korijena 14-54 %	Toepfer i sur., 2009.
Krajem svibnja, početkom lipnja	Primjena uskim plosnatim mlazom izravno preko biljaka kukuruza	1×10^9 i.l./ha	<i>H. bacteriophora</i> Smanjeno oštećenje korijena 18-41 %	Toepfer i sur., 2009.
Krajem svibnja, početkom lipnja	Uporaba sustava za navodnjavanje	1×10^9 i.l./ha	<i>H. bacteriophora</i> Smanjeno oštećenje korijena 15-38 %	Toepfer i sur., 2009.
Krajem svibnja, početkom lipnja	Prskanje uskim plosnatim mlazom uz redove kukuruza	1×10^9 i.l./ha	<i>H. bacteriophora</i> Smanjeno oštećenje korijena 49 %	Toepfer i sur., 2009.
Sjetva kukuruza	Laboratorijski pokus	$1,3 \times 10^9$ i.l./ha	<i>H. bacteriophora</i> 58 % <i>H. megidis</i> 33 % <i>S. feltiae</i> 20 %	Toepfer i sur., 2010a
Sjetva kukuruza	Laboratorijski pokus	$1,3 \times 10^9$ i.l./ha	<i>H. bacteriophora</i> 38 % <i>H. megidis</i> 16 % <i>S. feltiae</i> 13 %	Toepfer i sur., 2010a
Sjetva kukuruza	Laboratorijski pokus	$1,3 \times 10^9$ i.l./ha	<i>H. bacteriophora</i> 33 % <i>H. megidis</i> 19 % <i>S. feltiae</i> –	Toepfer i sur., 2010a

*i.l.- infektivne ličinke

Sve istražene vrste EPN mogu znatno smanjiti štete na korijenu, neovisno o tome jesu li primijenjene u travnju ili lipnju. Prema rezultatima prikazanim u tablici 1., primjena nematoda vrste *H. bacteriophora* tijekom sjetve u travnju, jednoličnim mlazom u tlo, pri dozi od $2,8 \times 10^9$ infektivnih nematoda u 2600 l vode pokazala se najuspješnijom u smanjenju populacije kukuruzne zlatice s 81 %-tnom učinkovitošću (Toepfer i sur., 2008), a primjenom vrsta *H. bacteriophora* i *Heterorhabditis megidis* Poinar, Jackson, Klein 1987 u lipnju jednoličnim mlazom u tlo uzduž redova kukuruza, populacija kukuruzne zlatice smanjena je 70 % (Toepfer i sur., 2008) (tablica 1). Također, primjenom vrste *H. bacteriophora*, krajem svibnja - početkom lipnja, jednoličnim mlazom u tlo uzduž redova kukuruza, pri dozi od $3,9 \times 10^9$ i.l./ha, utvrđeno je smanjenje oštećenja korijena 14 do 54 % (Toepfer i sur., 2009). Najveće smanjenje polijeganja stabljika uočeno je nakon primjena vrste *H. bacteriophora*, krajem svibnja - početkom lipnja, prskanjem plosnatim mlazom izravno preko biljaka kukuruza. U istraživanju učinkovitosti vrste *H. bacteriophora* u smanjenju pojave odraslih stadija kukuruzne zlatice u polju, u dvije različite formulacije, primjena suspenzije EPN u vodi rezultirala je znatno manjom pojavom odraslih oblika i postignuta je učinkovitost od 67 %, a primjena EPN u formulaciji granula postigla je učinkovitost od 52 % (Pilz, 2011). Prethodno navedeni rezultati pokazuju visoki potencijal EPN u suzbijanju kukuruzne zlatice u poljskim uvjetima.

UTJECAJ SASTAVA TLA NA UČINKOVITOST ENTOMOPATOGENIH NEMATODA U SUZBIJANJU KUKURUZNE ZLATICE

Prema Toepfer i sur. (2010a) učinkovitost entomopatogenih nematoda u suzbijanju kukuruzne zlatice istražena je na tri tipa tla. Rezultati su pokazali da je vrsta *H. bacteriophora* bila najučinkovitija u tlima s niskim sadržajem pijeska i visokim sadržajem praha i gline. Vrsta *Steinernema feltiae* (Filipjev, 1934) bila je najučinkovitija u tlima s niskim ili osrednjim sadržajem pijeska, a u tlu s visokim sadržajem pijeska nije bilo učinka, te je visoka količina gline važan čimbenik koji djeluje na učinkovitost *S. feltiae* (tablica 2). Prema rezultatima prikazanim u tablici 2. vrsta *H. bacteriophora* najučinkovitija je u suzbijanju ličinki kukuruzne zlatice s prosječnom učinkovitošću od 43 %, potom vrsta *H. megidis* s 23 % i *S. feltiae* s 11 %-tnom učinkovitošću (Toepfer i sur., 2010a). Prema spomenutom istraživanju, sve vrste EPN učinkovito su suzbijale ličinke kukuruzne zlatice, poglavito vrsta *H. bacteriophora*, i to unatoč visokom sadržaju gline u tlu, što nije karakteristično glede zahtjeva EPN s obzirom na tip tla, a kojima uobičajeno više odgovaraju lakša i pjeskovita tla.

Tablica 2. Učinkovitost EPN u suzbijanju ličinki kukuruzne zlatice s obzirom na sastav tla (Toepfer i sur., 2010a).

Sastav tla	Doza EPN	Vrsta EPN i učinkovitost (%)
14 % pijeska	1,3 x 10 ⁹ i.l. */ ha	<i>H. bacteriophora</i> 58 %
44 % praha		<i>H. megidis</i> 33 %
42 % gline		<i>S. feltiae</i> 20 %
47 % pijeska	1,3 x 10 ⁹ i.l./ha	<i>H. bacteriophora</i> 38 %
17 % praha		<i>H. megidis</i> 16 %
36 % gline		<i>S. feltiae</i> 13 %
63 % pijeska	1,3 x 10 ⁹ i.l./ha	<i>H. bacteriophora</i> 33 %
16 % praha		<i>H. megidis</i> 19 %
21 % gline		<i>S. feltiae</i> 0 %

*i.l. - infektivne ličinke

PODUDARNOST PEDOKLIMATSKIH UVJETA POTREBNIH ZA RAZVOJ LIČINKI KUKURUZNE ZLATICE I UČINKOVITOST EPN NA PODRUČJIMA REPUBLIKE HRVATSKE

Prema Kozina (2012) utvrđena je visoka brojnost kukuruzne zlatice u tri županije Republike Hrvatske. Tijekom 2007., 2008. i 2009. godine u Virovitičko-križevačkoj županiji ukupno je ulovljeno 14.977 jedinki kukuruzne zlatice, u Vukovarsko-srijemskoj 9.733 jedinice kukuruzne zlatice i u Koprivničko-križevačkoj 22.144 jedinice kukuruzne zlatice. Brojnost zlatice u 2007. godini u Koprivničko-križevačkoj županiji bila je znatno veća od brojnosti te vrste u ostale dvije županije. Gledajući klimatske uvjete u ljetnim mjesecima 2006. godine, u srpnju je evidentirano 19,3 mm, a u kolovozu 123,4 mm oborina u Đurđevcu. Tako povoljni uvjeti, bez izrazito visokih temperatura (> 30 °C) ženka su bili idealni za odlaganje većeg broja jaja, a to je

rezultiralo visokim ulovom u 2007. godini. U nastavku će se analizirati prikladnost primjene EPN za suzbijanje kukuruzne zlatice, s obzirom na navedene tri županije.

Ličinkama kukuruzne zlatice pogoduju vlažna tla, ali pri zasićenosti tla vodom povećava se njihova smrtnost (Spike i Tollefson, 1988. cit. Kozina, 2012). Entomopatogene nematode također zahtijevaju vlažnost tla za preživljavanje i kretanje, ali previše vlage može izazvati gubitak kisika te onemogućiti njihovo kretanje i preživljavanje. Najpovoljnija razina vlage ovisi o vrsti nematoda i tipu tla. U svakom slučaju, izostanak vlage i prekomjerni sadržaj vlage u tlu imaju negativan utjecaj i na EPN i na ličinke kukuruzne zlatice.

Što se tiče temperature tla, prvi izlazak ličinki kukuruzne zlatice u svijetu i u nas zabilježen je pri 12,7 °C, a 50 % ličinki izišlo je iz jaja pri 11,2 °C. Maceljki i Igrc Barčić (1994) prognozirali su moguću pojavu ličinki u razdoblju između 15. svibnja i 15. lipnja, u razdoblju od 1980. do 1992. na području Zagreba i Osijeka. Te su prognoze potvrđene istraživanjima Dobrinčić (2001). Najpovoljnije temperature za infekciju i razmnožavanje nematoda ovisе o vrsti EPN ili soju. Pogodne vrste nematoda za suzbijanje kukuruzne zlatice u našim uvjetima jesu vrsta *S. carpocapsae*, koja parazitira na domaćinu pri temperaturi od 22 do 28 °C, te vrsta *H. bacteriophora*, koja je učinkovita pri temperaturama višim od 20 °C. Ličinke kukuruzne zlatice u tlu u hrvatskim uvjetima nalaze se 50 dana (Dobrinčić, 2001), a pojavljuju se u razdoblju između 15. svibnja i 15. lipnja, ali i dulje (ovisno o vremenskim uvjetima). Temperature tla u tom razdoblju više su od 20 °C (Dobrinčić, 2001), što je najpovoljnije i za preživljavanje i aktivnost navedenih vrsta EPN. Također, uzevši u obzir istraživanja Journey i Ostlie (2000) upravo u tome razdoblju u tlu se nalaze razvojni stadiji ličinki kukuruzne zlatice (L2 i L3), pa njihovo suzbijanje rezultira najvišom učinkovitošću.

Na razvoj ličinki kukuruzne zlatice utječe i tip tla. U teškim i zbijenim tlima povećana je njihova smrtnost (Kozina, 2012). Ličinke kukuruzne zlatice prvog razvojnoga stadija osjetljive su u pjeskovitim tlima, poglavito u sušnim uvjetima. Preživljavanje ličinki raste s povećanjem udjela čestica gline u tlu. Prema Kozina (2012) Virovitičko-podravska županija ima prosječno najveći sadržaj čestica krupnoga pijeska u tlu. Vukovarsko-srijemska županija najsiromašnija je sadržajem čestica sitnoga pijeska i sitnoga praha u tlu, a najbogatija je sadržajem čestica gline u tlu. U Koprivničko-križevačkoj županiji većina tala na kojima su provedena istraživanja klasificirana su kao praškasta ilovača, manji broj kao pjeskovita ilovača, a na dva mjesta klasificirana su kao praškasto glinasta ilovača. Tla Koprivničko-križevačke županije najbogatija su sadržajem humusa u tlu, a sadrže najmanje čestica krupnoga praha. Prema istraživanjima utjecaja tla na učinkovitost nematoda u Mađarskoj, u Virovitičko-podravskoj županiji pogodna za primjenu bila bi vrsta *H. bacteriophora*, koja je u tlima s većim postotkom pijeska bila učinkovita u smanjenju pojave odraslih oblika kukuruzne zlatice (Toepfer i sur., 2010a). U Vukovarsko-srijemskoj županiji pogodna za primjenu bila bi nematoda *H. bacteriophora* koja je u tlima s niskim sadržajem pijeska i visokim sadržajem gline bila učinkovita u

smanjenju pojave odraslih oblika kukuruzne zlatice (Toepfer i sur., 2010a), te vrsta *S. feltiae*, koja je bila najučinkovitija u tlima s niskim ili osrednjim sadržajem pijeska, a u tlu s visokim sadržajem pijeska nije bila učinkovita jer je viši postotak gline važan čimbenik koji djeluje na njezinu učinkovitost. U Koprivničko-križevačkoj županiji, uzimajući rezultate istraživanja (Toepfer i sur., 2010a), pogodne za primjenu bile bi vrste *H. bacteriophora* i *H. megidis*.

ZAKLJUČAK

Kao alternativa, uz sve ostale mjere suzbijanja kukuruzne zlatice, u svijetu se primjenjuje i biološko suzbijanje entomopatogenim nematodama (EPN). U uzgojnom području kukuruza u Hrvatskoj, s obzirom na pedoklimatske uvjete i ekološke zahtjeve EPN, mogu se primjenjivati vrste *H. bacteriophora*, *H. megidis*, *S. carpocapsae* i *S. feltiae*. Sve istražene vrste EPN mogu smanjiti štete od kukuruzne zlatice, neovisno o tome jesu li primijenjene u travnju ili lipnju. Ličinke kukuruzne zlatice, u tlu se u hrvatskim uvjetima nalaze 50 dana, a pojavljuju se u razdoblju između 15. svibnja i 15. lipnja (ili dulje ovisno o vremenskim uvjetima). Temperature tla u tom razdoblju više su od 20°C, što je najpovoljnije i za preživljavanje i aktivnost navedenih vrsta EPN. Također, upravo u tome razdoblju u tlu se nalaze razvojni stadiji ličinki kukuruzne zlatice (L2 i L3), a njihovo suzbijanje rezultira najvišom učinkovitošću. Temeljem pregleda literature, u istraživanjima je u svrhu smanjenja populacije kukuruzne zlatice najintenzivnije proučavana vrsta *H. bacteriophora*, koja ujedno prema tipovima tla odgovara za primjenu i u prethodno navedenim hrvatskim županijama u kojima su zabilježene štete od kukuruzne zlatice. Znatne štete od kukuruzne zlatice u Hrvatskoj evidentirane su na području Vukovarsko-srijemske, Virovitičko-podravske i Koprivničko-križevačke županije. S obzirom na tip tla, a prema rezultatima iz literature, u Vukovarsko-srijemskoj županiji za primjenu za suzbijanje kukuruzne zlatice mogu se preporučiti vrste *H. bacteriophora*, *H. megidis* te vrsta *S. feltiae*. U Virovitičko-podravskoj županiji može se preporučiti primjena vrste *H. bacteriophora*, a u Koprivničko-križevačkoj županiji pogodne za primjenu bile bi vrste *H. bacteriophora* i *H. megidis*. Iako pojedine vrste daju bolje rezultate u pojedinim tipovima tla, proizvođači ne daju specifične naputke o prikladnosti njihove primjene, niti prema tome ograničavaju njihovu primjenu. S obzirom na ujednačene rezultate učinkovitosti utvrđene pregledom dostupne literature, najekonomičnija primjena EPN bila bi u vrijeme sjetve kukuruza jer ne zahtijeva dodatne radne sate i ostale troškove koji nastaju prilikom njihove naknadne primjene. Cijena biološkoga suzbijanja kukuruzne zlatice s pomoću EPN u odnosu na cijenu kemijskoga suzbijanja viša je i povećava trošak. Cijena pripravaka EPN iznosi oko 1110 kn/ha, a cijena kemijskoga pripravka, u kojemu je djelatna tvar npr. teflutrin, iznosi oko 58kn/kg, odnosno 870 kn/ha, ovisno o proizvođaču. Iako biološko suzbijanje ima mnogo prednosti - selektivnost s obzirom na neciljane organizme (uključujući čovjeka), izostanak akumulacije kemijskih tvari u tlu, vodi i zraku, izostanak rezidua u biljnim ili životinjskim proizvodima - financijski troškovi biološkoga suzbijanja zahtijevaju veće ulaganje

proizvođača. Biološko suzbijanje unatoč većim izdancima uglavnom valja primjenjivati ako se pojavi rezistentnost štetnika na kemijske pripravke.

THE USE OF ENTOMOPATHOGENIC NEMATODES IN CONTROL OF WESTERN CORN ROOTWORM

SUMMARY

The western corn rootworm, *Diabrotica virgifera virgifera* Le Conte, 1868 (Coleoptera: Chrysomelidae) is the most significant pest in corn production in Europe and in the world. In order to avoid economic losses, the population of this pest has to be kept low. Decrease of damage is possible by avoiding consecutive corn sowing or by application of insecticides. Both measures have negative consequences: decrease of corn production or increased insecticides application whose residues have negative effect on environment. As alternative for control of corn rootworm larva, biological control using entomopathogenic nematodes (EPN) of *Steinernema* Travassos, 1927 and *Heterorhabditis* Poinar, 1976 strains can be applied. In this work the literature data about *Steinernema* and *Heterorhabditis* species efficacy in western corn rootworm control is presented so as the analysis of their suitability for use in Croatia.

Key words: biological control, *Diabrotica virgifera virgifera*, entomopathogenic nematodes, EPN, *Heterorhabditis bacteriophora*, *Steinernema* sp., western corn rootworm

LITERATURA

Bažok, R., Igrc Barčić J., Kos, T., Kozina, A. (2008). Procjena rizika od kukuruzne zlatice – učinkovit način sprječavanja šteta. Glasilo biljne zaštite, 1: 8-9.

Bažok, R., Igrc Barčić, J. (2008). Kukuruzna zlatica - stvarnost i status u Republici Hrvatskoj (Western corn rootworm - the reality and the current status in Croatia). V Simpozijum o zaštiti bilja u Bosni i Hercegovini - Sarajevo, 16-18. Decembar. Zbornik rezimea, 6.

Dobrinčić, R. (2001). Istraživanje biologije i ekologije *Diabrotica virgifera virgifera* Le Conte - novog člana entomofaune Hrvatske. Doktorska disertacija, Zagreb.

Grubišić, D., Gotlin Čuljak, T., Juran, I. (2010). Biološko suzbijanje jabukovog savijača, *Cydia pomonella* Linnaeus 1785 (Lepidoptera: Tortricidae) entomopatogenom nematodom *Steinernema carpocapsae* Weiser 1955 (Rhabditida: Steinernematidae). Entomologia Croatica, 14, 3-4: 63-74.

Hiltbold, I., Topfer, S., Kuhlmann, U., Turlings, T. C. J. (2010). How maize root volatiles affect of entomopathogenic nematodes in controlling the western corn rootworm? Chemoecology, 20, 2: 155-162.

Igrc Barčić, J., Dobrinčić, R., Maceljki, M. (2003). Dosadašnji rezultati monitoringa i prve velike štete od kukuruzne zlatice u Hrvatskoj. Glasilo biljne zaštite, 1: 3-10.

Ivezić, M., Majić, I., Raspudić, E., Brmež, M., Prakatur, B. (2006). The importance of Western corn rootworm in continuous maize. Poljoprivreda, 12, 1: 35-40.

- Ivezić, M., Raspudić, E., Majić, I., Tollefson, J., Brmež, M., Sarajlić, A., Brkić, A.** (2011). Root compensation of seven maize hybrids due to western corn rootworm (*Diabrotica virgifera virgifera* Le Conte) larval injury. Bulgarian journal of agricultural science, 17, 1: 107-115.
- Jackson, J. J., Brooks, M. A.** (1995). Parasitism of Western Corn Rootworm Larvae and Pupae by *Steinernema carpocapsae*. Journal of Nematology, 27, 1: 15-20.
- Journey, A. M., Ostlie, K. R.** (2000). Biological control of the Western Corn Rootworm (Coleoptera: Chrysomelidae) Using the Entomopathogenic Nematode, *Steinernema carpocapsae*. Environmental Entomology, 29, 4: 822-831.
- Kozina, A.** (2012). Čimbenici vremenske i prostorne distribucije ekonomski važnih štetnika kukuruza. Doktorski rad, Zagreb.
- Maceljki, M., Igrc Barčić, J.** (1994). Procjena značenja kukuruzne zlatice *Diabrotica virgifera virgifera* Le Conte (Coleoptera: Chrysomelidae) za Hrvatsku, Poljoprivredna znanstvena smotra, 59 (4): 413-423.
- Pilz, C., Heimbach, U., Grabenweger, G.** (2011). Insect pathogens and entomopathogenic nematodes. Entomoparasitic nematodes for control of Western corn rootworm, *Diabrotica virgifera virgifera*. IOBC/wprs Bulletin, 66: 275-279.
- Toepfer, S., Peters, A., Ehlers, R.-U., Kuhlmann, U.** (2008). Comparative assessment of the efficacy of entomopathogenic nematode species at reducing western corn rootworm larvae and root damage in maize. Journal of Applied Entomology, 132: 337-348.
- Toepfer, S., Burger, R., Ehlers, R.-U., Peters, A., Kuhlmann, U.** (2009). Controlling western corn rootworm larvae with entomopathogenic nematodes: effect of application techniques on plant-scale efficacy. Journal of Applied Entomology, 134: 467-480.
- Toepfer, S., Hatala-Zseller, I., Ehlerst, R. U., Peters, A., Kuhlmann, U.** (2010). The effect of application techniques on field-scale efficacy: can the use of entomopathogenic nematodes reduce damage by western corn rootworm larvae. Agricultural and Forest Entomology, 12: 389-402.
- Toepfer, S., Kurtz, B., Kuhlmann, U.** (2010a). Influence of soil on the efficacy of entomopathogenic nematodes in reducing *Diabrotica virgifera virgifera* in maize. Journal of Pest Science, 83: 257-264.