

ESTIMATION OF WESTERN CORN ROOTWORM (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte) EGG ABUNDANCE BASED ON THE PREVIOUS YEAR ADULT CAPTURE

PROCJENA BROJNOSTI JAJA KUKURUZNE ZLATICE (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte) ZASNOVANA NA BROJNOSTIH ODRASLIH PRETHODNE GODINE

Tomislav KOS^{1*}, Renata BAŽOK¹, Boris VARGA², Jasminka IGRC BARČIĆ³ and Antonela KOZINA¹

¹ Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet, Zavod za poljoprivrednu zoologiju, Svetošimunska cesta 25, 10001 Zagreb, Hrvatska

² Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet, Zavod za specijalnu proizvodnju bilja, Svetošimunska cesta 25, 10001 Zagreb, Hrvatska

³ Chromos-Agro, Radnička cesta 173n, 10002 Zagreb, Hrvatska

* tkos@agr.hr

ABSTRACT

Abundance and mortality of Western corn rootworm eggs during the winter in the soil are the primary factor that determinates the potential damage of larvae on the maize roots in spring. The aim of investigation is to determine the relationship between the capture of western corn rootworm adults on baits and the estimated abundance of oviposited eggs in autumn and spring. Second aim was to describe the relationship between the estimated number of eggs in autumn and spring of next year to determine the ratio of mortality in the given circumstances. Data on the number of eggs in autumn and spring were analyzed by binominal estimate of the population number based on frequency of occurrence. Relationship between the estimated number of eggs in autumn and spring is described by linear regression model. There was a positive correlation between the data of captures of adult corn rootworm on baits and the estimated number of eggs in autumn and spring. Coefficient describes strong relationship. Linear model that describes winter mortality of eggs ($y = 0,6505x - 512\,586$ ($R^2 = 0,955^{*1}$)) was set.

Keywords: egg mortality, maize, risk assessment, western corn rootworm

SAŽETAK

Brojnost i smrtnost jaja kukuruzne zlatice tijekom zime u tlu su primarni čimbenici koji određuju potencijalne štete od ličinki na korijenu kukuruza u proljeće. Cilj istraživanja bio je utvrditi odnos između ulova odraslih kukuruzne zlatice na mamcima i procijenjenu brojnost odloženih jaja u jesen i proljeće. Drugi cilj je bio opisati odnos između procijenjene brojnosti jaja u jesen i proljeće iduće godine kako bi se utvrdio udio smrtnosti u danim okolnostima. Podaci o broju jaja u jesen i proljeće su analizirani binomnom procjenom broja jedinki na temelju učestalosti pojavljivanja. Odnos između procijenjenog broja jaja u jesen i proljeće je opisan linearnim regresijskim modelom. Utvrđena je pozitivna korelacija između podataka o ulovu odraslih na mamce i procijenjenog broja jaja u jesen i proljeće. Koeficijent opisuje jaku korelaciju. Linearni model koji opisuje zimsku smrtnost jaja ($y = 0,6505x - 512\ 586$ ($R^2 = 0,955^{*1}$)) je postavljen.

Ključne riječi: kukuruz, kukuruzna zlatica, procjena rizika, smrtnost jaja

DETAILED ABSTRACT

Western corn rootworm (WCR), (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte), is an important pest of maize, the most important economic crop in Croatia. Economic losses from this pest are common. Mortality of the WCR eggs during the winter in the soil is the primary factor that determines the potential damage of larvae on the maize roots next spring. Not enough is known about the estimated number of eggs in the fields of continuous maize sowing. First aim of research is to determine the relationship between the capture of WCR adults on baits and the estimated abundance of oviposited eggs in autumn and spring. Second aim was to describe the relationship between the estimated number of eggs in the autumn and the estimated number of eggs in the spring of next year to determine the rate of mortality in the given circumstances. Adult population densities were determined using Pherocon AM® (PhAM) traps over a 74-day period. Traps inspections and adult counting were conducted weekly. Eggs were separated from soil samples by Spears flotation device that is used for nematodes. Data on the estimated number of eggs in autumn and the estimated number of eggs in spring were analyzed by binominal estimation of the population number based on frequency of occurrence. There was a positive correlation between the data on captures of WCR adult on baits in selected fields and the estimated number of eggs in autumn and the estimated number of eggs in spring on the same fields. Results show that relationship between the average daily captures of adults on PhAM and egg abundance in the autumn ($r^2=0.822$ n.s.) or spring ($r^2=0.794$ n.s.) is stronger than relationship between maximal weekly capture of adults on PhAM and egg abundance in the autumn ($r^2=0.709$ n.s.) or spring ($r^2=0.644$ n.s.), respectively. After the regression analysis, the relationship that predicts winter mortality of eggs was described by linear regression ($y = 0,6505x - 512\ 586$ ($R^2 = 0,955^{*1}$)). Prosječno smanjenje procijenjene brojnosti jaja moguće je očitati iz koeficijenta regresije ($b= 0,6505$). Na svakih 100 odloženih jaja u proljeće će se ispiliti njih 65. Average reduction in the estimated number of eggs can be read from the regression coefficient ($b = 0.6505$). For every 100 eggs oviposited in the autumn in the spring will hatch them 65 percent. Because of the intercept of the line on Y axis, at the lowest estimated number of eggs in the autumn of 2.674.587

survived up to 45.88%, opposite to the highest of 9 989 838 when survived up to 59,91%, respectively. Based on the results of this study, maximum weekly and average daily captures of adults on PhAM traps are not reliable tool for estimating autumn and spring egg abundance. However, a positive relationship between autumn and spring egg abundance was determined. A risk assessment by the estimated egg abundance as a tool is not reliable due to the expensive and unreliable methodology and difficult prediction of weather conditions on the fertility of females, oviposition and aggregation of eggs in the soil, and their mortality during the winter.

UVOD

Kukuruz, je prema zastupljenosti na poljoprivrednim površinama gospodarski najvažnija ratarska kultura u Republici Hrvatskoj. Smatra se da je udio kukuruza na poljima veći u županijama u kojima se ne proizvode industrijske kulture, tj. u kojima su obiteljska poljoprivredna gospodarstva usmjerena na proizvodnju mlijeka i mesa. Kukuruzna zlatica (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte 1858) gospodarski je najvažniji štetnik kukuruza u SAD-u Metcalf 1986 cit. [19]. Od prvog nalaza kukuruzne zlatice u palearktiku 1992. u okolini zračne luke Surčin u Srbiji [2] i prvih nalaza izvan granica Srbije koji su utvrđeni 1995. u Hrvatskoj [32] i Mađarskoj [48] do danas je kukuruzna zlatica proširena u dvadeset i dvije europske zemlje [15], među kojima su većina iz središnje Europe.

Procjenjuje se da godišnje štete uzrokovane kukuruznom zlaticom, uključujući i troškove suzbijanja, iznose oko milijardu američkih dolara [19].

Od trenutka prvog pronalaska 1995., u Bošnjacima [31], pa do 2007. kukuruzna zlatica proširila se na najvažnije uzgojno područje kukuruza u Republici Hrvatskoj [3]. Hrvatski entomolozi prvi su upozorili na gospodarsku važnost, štetnost i potencijalnu opasnost kukuruzne zlatice za Hrvatsku [40], kao i za Europu [33, 34, 40]. Aklimatizaciju kukuruzne zlatice u Panonskoj nizini potvrđuje Dobrinčić [14]. U razdoblju od 1996. do 2000. paralelno s povećanjem zaraženog područja brojnost populacije raste 1.7 do 3.6, a u prosjeku oko tri puta [14]. Prve ekonomske štete u Hrvatskoj su zabilježene 2002. u Baranji [35].

Gospodarski značajnu štetu u agroekološkim uvjetima centralne Europe zlatica najčešće uzrokuje samo u ponovljenoj sjetvi [37]. Integrirana zaštita kukuruza od kukuruzne zlatice temelji se na izbjegavanju ponovljene sjetve na svim parcelama. Ukoliko to nije moguće, ponovljena se sjetva treba izbjegavati na onim parcelama na kojima je utvrđena populacija štetnika iznad ekonomskog praga štetnosti. Zbog malih parcela, kakve prevladavaju u mnogim zemljama Europe, uočene su štete na kukuruzu u prvoj godini sjetve [36].

Utjecaj brojnosti jaja na štete od kukuruzne zlatice u ponovljenoj sjetvi temeljem umjetne zaraze jajima istraživali su znanstvenici u SAD-u [7, 8, 9, 10, 11, 22, 51]. U Europi slična istraživanja nisu provedena. Smrtnost jaja tijekom zime u tlu prema Ellsbury et al. [17] primarni je čimbenik koji određuje potencijal za štetnost ličinki na korijenu sljedećeg proljeća. U Europi je manja zastupljenost ponovljene sjetve kukuruza, a u plodoredu su zastupljenije drugačije poljoprivredne kulture nego je to slučaju u SAD. Stoga Meinke et al. [41] smatraju da bi se ova problematika trebala dodatno istražiti. Veći dio, odnosno 60% jaja, obično je odloženo u gornjih 20 cm tla

[5, 23, 25, 26, 46, 59]. Ženka odlaže jaja u gomilice. Jaja u polju nisu ravnomjerno raspoređena [8], također postoji velika razlika u podacima o prirodnoj zarazi jajima u uvjetima SAD. Navodi se zaraza od 15 [43], 25,2 [53] pa do 100 milijuna jaja po hektaru [22, 46, 47]. Bayar et al. [6] za južnu Mađarsku procjenjuje broj jaja od 0,14 do 0,39 milijuna po hektaru.

Jaja su u tlu preko zime izložena teškim uvjetima; rezultat toga je različit, ali uvijek visoku smrtnost [21, 27, 39, 55]. Na prezimljavanje jaja od ekoloških čimbenika najvažniji je utjecaj temperature [12, 13, 17, 21, 27, 60] i vlažnosti [12, 16, 56, 59]. Zime s uobičajenim padalinama osigurat će stabilnu populaciju jaja, odnosno ličinki i podjednake štete na poljima, bez obzira je li obrada tla obavljena u jesen ili proljeće [12]. Ellsbury et al. [18] smatraju da prostorna različitost debljine snježnog pokrova u polju i utjecaj niskih temperatura zraka nisu dovoljno istraženi te da su ovi čimbenici značajni za uspjeh prezimljavanja jaja. Godfrey et al. [21] smatraju da se utjecaj svakog pojedinog čimbenika na završetak embriogeneze i izlazak ličinki iz jaja ne može promatrati izdvojeno od ostalih, te da su oni usko povezani.

Da bi se osigurala stabilna i rentabilna proizvodnje kukuruza u uvjetima velike brojnosti štetnika nužno je procijeniti rizik od šteta. Treba se sukladno procjeni (u skladu s načelima integrirane zaštite bilja) odlučiti o mjerama zaštite (primjena insekticida ili izostavljanje ponovljene sjetve). Ispravna procjena rizika podrazumijeva poznavanje kritičnih brojeva koji se obično definiraju kao broj odraslih u godini koja prethodi sjetvi kukuruza [57]. Brojnost odraslih uzrokuje broj odloženih jaja koja prezimljuju u tlu. Tijekom prezimljenja jaja su izložena utjecaju brojnih ekoloških čimbenika koji dovode do njihovog većeg ili manjeg ugibanja. Za uvjete Europe nema dovoljno podataka o kritičnim brojevima odraslih za procjenu broja odloženih jaja kao ni o uspješnosti prezimljenja jaja.

Ciljevi istraživanja bili su: (i) utvrditi korelaciju između maksimalnog tjednog i prosječnog dnevnog ulova odraslih na PhAM mamcima s procijenjenom brojnošću jaja u jesen i proljeće, te (ii) opisati odnos između procijenjene brojnosti jaja u jesen i proljeće iduće godine radi utvrđivanja smrtnosti tijekom prezimljenja.

MATERIJALI I METODE ISTRAŽIVANJA

Istraživanje je provedeno na području općine Ferdinandovac (Koprivničko-križevačka županija, sjeverozapadna Hrvatska) u 2008. i 2009. godini. Za istraživanje je odabrano pet polja na kojima je praćen let odraslih zlatica pomoću žutih ljepljivih ploča Pherocon AM® (PhAM) (Trece Inc., Adair, OK, USA). Na svako polje postavljena su tri PhAM mamca. Mamci su postavljeni na sredini parcele, prvi na udaljenosti 20 m od uvratine, a svaki sljedeći 30 m od prethodnog. Mamci su postavljeni na drveni kolac visine 1,25 m, a kasnije su premješteni na biljke kukuruza u visini klipa. Mamci su redovito mijenjani te je očitavan tjedni ulov do 24. do 35. tjedna u godini.

Na području na kojem su provedena istraživanja na poljoprivrednim parcelama u 60% udjela prevladava semiglej aluvijalno (karbonatno i nekarbonatno), a u 40% udjela hipoglej mineralno (karbonatno i nekarbonatno) tlo prema osnovnoj pedološkoj karti Republike Hrvatske [49].

Uzorci tla uzeti su po metodi za uzimanje uzoraka cistolikih nematoda [38], nematološkom sondom koja ima metalno trokutasto tijelo visine 7 cm od vrha do drške. Metodom 100 uboda 14. studenog 2008. dijagonalno po parceli uzeti su uzorci tla u četiri ponavljanja. Prije uzimanja uzoraka štijačom je odgrnut sloj zemlje do dubine približno 10 cm, te je zatim ubodom uzeto tlo do dubine od 5 cm. Ukupna dubina uzorkovanja iznosila je 15 cm.

Tlo je transportirano na Zavod za poljoprivrednu zoologiju, nakon čega su sa svakog polja pripremljena četiri prosječna uzorka od 0,5 l. Radi lakšeg rukovanja i kasnijeg očitavanja svaki uzorak podijeljen je u dva poduzorka od 250 ml. Ispiranje je obavljeno na Spearsovom flotacionom aparatu po metodici za utvrđivanje cistolikih nematoda [38]. Postupak ispiranja traje 5 min. Talog s donjeg sita ispire se u posudu čije su stijenke obložene sintetskom trakom s vunastom površinom. U posudu se kapne nekoliko kapi deterdženta kako bi se razbila površinska napetost i osiguralo prihvaćanje jaja i nečistoća uz stijenke posude, odnosno na sintetsku traku. Pripremljena traka pregledava se pod binokularnom lupom, a pincetom se jaja izdvajaju iz uzorka. Jaja su identificirana prema Ateyo et al. [1] na osnovi boje, oblika i veličine.

U proljeće 13. ožujka 2009. na istim poljima istom metodom su uzeti uzorci tla i ponovno je utvrđen broj jaja.

Podaci o broju jaja u jesen i proljeće analizirani su procjenom binomne brojnosti populacije temeljem učestalosti pojavljivanja prema Bayar et al. [6]. Indeks agregiranosti (k) za populaciju određen je jednadžbom 1.

$$k = \frac{\overline{x^2}}{s^2 - \overline{x}} \quad (1)$$

k =koeficijent agregiranosti;
 k =coefficient of aggregation;
 s =standardna devijacija za broj jaja u svim uzorcima;
 s =standard deviation for number of eggs in all samples;
 \bar{x} =srednja vrijednost broja jaja u uzorku;
 \bar{x} =average number of eggs per sample.

Procijenjena brojnost jaja u 1l tla uzorka s jednog polja (λ) izračunata je jednadžbom 2.

$$\lambda = k * \left[\left(\frac{1}{1 - \Theta} \right)^{1/k} \right] \quad (2)$$

λ =procijenjena brojnost jaja po polju u 1 l uzorka tla;
 λ =estimated number of eggs per field in 1 l soil sample;
 Θ =frekvencija pojave uzoraka s jajima;
 Θ =frequency of samples with eggs;
 k =indeks agregiranosti;
 k =coefficient of aggregation.

Frekvencija pojave uzoraka s jajima omjer je broja uzorka u kojem su nađena jaja i ukupnog broja uzoraka s jednog polja. Nakon što je procijenjen broj jaja po 1l tla uzorka vrijednosti su pomnožene s 1.500.000, jer je to volumen tla po hektaru koji se dobije nakon što se površina od 1 ha pomnoži s dubinom uzorkovanja od 15 cm.

Utvrđena je korelacija između podataka o maksimalnom tjednom i prosječnom dnevnom ulovu odraslih na PhAM mamcima na odabranim poljima i procijenjenog broja jaja u jesen i proljeće na istim poljima. Prema vrijednosti koeficijenta korelacije jačina korelacije opisana je po Roemeru i Orphalu [58]. Regresijska analiza provedena je programom SAS ver. 9.1.2. [52].

REZULTATI

Tablicom 1. prikazani su podaci koji su korišteni za procjenu brojnosti jaja po jedinici površine na odabranim poljima općine Ferdinandovac.

Tablica 1. Broj utvrđenih jaja, uzoraka s utvrđenim jajima, agregiranost i procijenjena brojnost jaja po hektaru; Ferdinandovac, 2008/ 2009.

Table 1 Number of eggs and samples with established eggs, aggregation, and estimated abundance of eggs per hectare, Ferdinandovac, 2008/ 2009

	Redni broj polja Field number	Broj jaja Egg number	Uzorci s jajima Samples with eggs	Koeficijent agregiranosti (k) Coefficient of aggregation (k)	Frekvencija uzoraka s jajima (Θ) (%) Frequency of samples with eggs (Θ) (%)	Procijenjena brojnost jaja (Λ) Estimated number of eggs (Λ)	Procijenjena brojnost jaja po ha Estimated number of eggs per ha.
JESEN / AUTUMN	1.	2	1	0,46	25	1,783	2.674.587
	2.	2	1	0,36	25	1,783	2.674.587
	3.	4	1	0,07	25	4,258	6.387.257
	4.	3	2	0,61	50	1,899	2.849.766
	5.	3	3	0,56	75	1,923	9.989.838
PROLJEĆE / SPRING	1.	1	1	0,75	25	1,783	1.395.907
	2.	1	1	0,75	25	1,583	1.395.907
	3.	3	2	0,61	50	1,899	2.849.766
	4.	1	1	0,75	25	1,583	1.395.907
	5.	4	1	0,07	25	4,258	6.387.257

Tablicom 2. prikazana je korelacija između maksimalnih tjednih i prosječnih dnevnih ulova odraslih na PhAM mamcima s procijenjenom brojnošću jaja u polju u jesen i proljeće.

Tablica 2. Korelacija maksimalnih tjednih i prosječnih dnevnih ulova odraslih na PhAM mamcu s procijenjenim brojem jaja po hektaru utvrđenih u jesen i proljeće, Ferdinandovac, 2008/2009.

Table 2 Correlations between the maximal weekly catch and average daily catch of adults on PhAM trap, with the autumn and spring egg abundance per hectare, Ferdinandovac, 2008/2009

	Jesen Autumn	Proljeće Spring
	Brojnost jaja/ ha Estimated number of eggs/ ha	Brojnost jaja/ ha Estimated number of eggs/ ha
Maksimalni tjedni ulov odraslih Adult maximum weekly catch	0.709 ¹ n.s. ²	0.644 n.s.
Prosječni dnevni ulov odraslih Adult average daily catch	0.822 n.s.	0.794 n.s.

¹ Koeficijent korelacije/ Coefficient of correlation (r).

² Najmanja značajna razlika na osnovi ANOVE označava sljedeće: n.s. nije značajan za $P>0,05$, značajan * za $0,05>P>0,01$ i visoko značajan ** za $P<0,01$.

Polja odabrana za utvrđivanje brojnosti jaja po hektaru bila su polja koja su te godine imala najvišu zabilježenu populaciju odraslih na području općine Ferdinandovac. Maksimalni tjedni ulovi odraslih na PhAM mamcima kretali su se od 16 do 50. Prosječni dnevni ulov odraslih na PhAM mamcima na istim poljima kretao se od najmanjeg 1.23 do najvećeg 4.09. Koeficijenti korelacije između maksimalnih tjednih ulova odraslih na PhAM mamcu i procijenjene gustoće jaja u jesen i proljeće upućuju na jaku pozitivnu korelaciju (tablica 2). Koeficijenti korelacije između prosječnog dnevnog ulova odraslih na PhAM mamcu i procijenjenog broja jaja u jesen i proljeće upućuju na vrlo jaku pozitivnu korelaciju. Koeficijenti korelacije za obje nezavisne varijable nešto su niži za procijenjenu brojnost jaja u proljeće. Iako je korelacija jaka, odnosno vrlo jaka ona statistički nije opravdana, jer se statistička opravdanost određuje temeljem broja polja (veliĉine uzorka), a on je u našem istraĉivanju malen ($n=5$).

Jednadĉbom 3 prikazan je pravac linearne regresije koji opisuje povezanost između procijenjene brojnosti jaja u jesen i proljeće.

$$y = 0,6505x - 512.586 (R^2 = 0,955^{*1}) (n=5) (3)$$

x =procijenjena brojnost jaja u jesen;
 x =estimated number of eggs in autumn;
 y = procijenjena brojnost jaja u proljeće;
 y = estimated number of eggs in spring.

¹ Najmanja značajna razlika na osnovi ANOVE označava sljedeće: n.s. nije značajan za $P>0,05$, značajan * za $0,05>P>0,01$ i visoko značajan ** za $P<0,01$.

Prosječno smanjenje procijenjene brojnosti jaja moguće je očitati iz koeficijenta regresije (b) koji je iznosio 0,6505. Na svakih 100 odloženih jaja u proljeće će se ispiliti njih 65. Dakle, populacija jaja u proljeće se smanjuje na 65% u odnosu na jesensku ili za 35% koliko iznosi smrtnost. Međutim, zbog odsječka pravca ($a = -512.586$) povećanjem brojnosti jaja na parceli u jesen postotak prezimjelih jaja u proljeće se povećava. Kod najniže procijenjene brojnosti jaja u jesen od 2.674.587 preživjelo bi 45,88%, a kod najviše od 9.989.838 preživjelo bi 59,91%. Dakle kod najniže procijenjene brojnosti jaja smrtnost bi iznosio 54,12%, a kod najviše 40,09%.

RASPRAVA

Utvrđena zaraza jajima u jesen na svim poljima viša je i ne podudara se s vrijednostima koje su za područje južne Mađarske procijenili Bayar et al. [6]. U njihovim istraživanjima brojnost se kretala od 6.600 do 390.000 jaja po hektaru. U našem istraživanju na jednom polju procijenjena brojnost jaja u jesen dosegla je 9.989.838 jaja, što odudara od navedenih vrijednosti. To pokazuje da vrijednosti brojnosti jaja mogu biti i veće o čemu su pisali i drugi autori [22, 28, 47] koji navode da je najveća brojnost jaja od 29 do 100 milijuna po hektaru.

Utvrđivanje jaja u tlu povezano je s brojnim poteškoćama što može rezultirati velikim varijacijama u procijenjenom broju jaja kod različitih istraživača. Brojnost jaja po hektaru procjenjuje se na temelju prosječnog broja pronađenih jaja u jednom uzorku. Više je razloga zbog kojih je otežan pronalazak jaja u uzorku tla temeljem kojih se procjenjuje njihova brojnost u jesen i proljeće: prvi je u različitom razmještaju jaja do kojeg je došlo uslijed jesenske obrade tla, drugi u grupiranosti jaja u polju i treći u utjecaju ekoloških čimbenika na plodnost ženki i ovipoziciju.

Utvrđivanje broja jaja kukuruzne zlatice na poljima obavlja se uzimanjem različitog volumena tla sondom ili štihlačom unutar reda kukuruza i na dubini do 20 cm [28], a ako je tlo manje zbijeno ili suho onda i na većoj dubini [22]. Pierce i Gray [46, 47] uzimaju uzorke na dubini od 20 cm sondom u redu kukuruza i uz bazu biljke na slučajno odabranim mjestima u polju. Preporučena metoda odnosi se na polja na kojima nisu zaorani ostaci kukuruzinca iz prethodne godine. Na nekim poljima koja su uključena u naša istraživanja obavljena je jesenska obrada tla, tako da redovi kukuruza nisu bili dobro vidljivi. Stoga je u našim istraživanjima korištena metoda koja se koristi za utvrđivanje cistolikih nematoda [38].

Prvi razlog zbog kojeg je otežan pronalazak jaja u uzorku je različiti razmještaj jaja do kojeg je došlo nakon premještanja tla nakon jesenske obrade (oranja). Naime, većina jaja smještena je na dubini 10 do 30 cm [5, 23, 25, 26, 28, 46, 59]. Nakon jesenske obrade koja je obavljena na nekim poljima došlo je do premještanja jaja, tako da se moglo dogoditi da na dubini od 15 cm s koje smo uzimali uzorke nije bila većina jaja, kao što bi to bilo u tlu koje nije obrađeno. Iako se smatra da obrada u jesen može smanjiti preživljavanje jaja [24], ne može se pouzdano tvrditi da je to u našim istraživanjima imalo utjecaja. Nepouzdanost zaključivanja proizlazi iz toga što se ne zna kakva je bila pokrivenost površine reziduama i snježnim pokrivačem, jer prema Ellsbury et. al. [18] i Godfrey [21] uz dubinu obrade na preživljavanje mogu utjecati i ovi čimbenici.

Drugi razlog pronalaska različitog broja jaja u uzorku je taj što su uzorci uzeti dijagonalno po parceli, a poznato je da su jaja u polju grupirana [28], pa se linearnim

pristupom lako mogu zaobići mjesta na koja ženke odlažu više jaja. Obično tri jajeta, a može ih biti i do 24, u polju su grupirana u gomilice i zbog toga ih je teško naći. Suša i nejednolika vlažnost tla, kakva je prevladavala u kolovozu 2008., uzrokuje to da je došlo do veće grupiranosti pri ovipoziciji. Jaja su odložena samo na onim mjestima u polju gdje je tlo bilo vlažnije [42, 44, 45]. Takva mjesta ravnomjernim uzorkovanjem često budu zaobiđena.

Treći razlog neutvrđivanja većeg broja jaja u polju može se tražiti i u smanjenoj plodnosti ženki, odnosno utjecaju ekoloških čimbenika na ovipoziciju. Broj jaja koja ženke mogu odložiti jako varira, a pod utjecajem je velikog broja čimbenika u okolini. Sherwood i Levine [54] utvrđuju prosječno 447 jaja po ženki, Dobrinčić [14] i Igrc Barčić i Bažok [30] između 27 i 115.5, a Branson i Johnson [8] između 335.5, odnosno maksimalno 1023, sve u kontroliranim uvjetima. U poljskim uvjetima jedna ženka može prema Ball [5] odložiti 372 do 418 jaja, a prema Hill [29] maksimalno 1087 jaja. Različit intenzitet ovipozicije uzrokuje veliku varijabilnost u brojnosti jaja na nekoj površini.

Prema Bažok et al. [4] tjedni ulov od 40 odraslih odgovara jednoj zlatici utvrđenoj vizualno po biljci. Pod pretpostavkom da je norma sjetve 70.000 biljaka po hektaru tjedni ulov od 40 odraslih s pedesetpostotnim udjelom ženki na mamcu odgovara 35.000 ženki po polju. Broj odloženih jaja po ženki jako varira [50]. pod pretpostavkom da jedna ženka prosječno odloži 150 jaja u polju, na poljima s maksimalnim tjednim ulovom od 40 odraslih na mamcu bilo bi odloženo 5.250.000 jaja. Ova procijenjena brojnost jaja uklapa se u procijenjene vrijednosti nakon utvrđene prosječne brojnosti jaja u uzorcima tla u našim istraživanjima. Korelacija kod maksimalnog tjednog ulova odraslih na PhAM mamcima slabija je (Tablica 2.) jer je kod većeg ulova odraslih na mamcima brojnost ženki obično manja, osobito ako je maksimalni tjedni ulov zabilježen ranije u godini. Razlog tome je protandrija. Prosječni dnevni ulovi odraslih na PhAM mamcima koji se odnosi na cijelo razdoblje letenja odraslih daje bolju sliku populacije ženki, pa je onda i korelacija s procijenjenom brojnošću jaja u jesen i proljeće jača.

Prema regresijskoj analizi iz jednadžbe 3 s velikom se vjerojatnošću ($R^2=0,955^*$) može opisati povezanost između brojnosti jaja u jesen i brojnosti jaja u proljeće. Smanjenje populacije nije proporcionalno već se postotak uspješnog prezimljavanja povećava kako jesenska brojnost jaja na polju raste. Poznato je da su jaja u tlu preko zime izložena teškim uvjetima, zbog čega dolazi do različite, ali uvijek visoke smrtnosti. Gustin [27] bilježi smrtnost od 94.5% tijekom prezimljavanja jaja u polju. Prema Godfrey et al. [21] najniže preživljavanje iznosilo je 17.8% na dubini od 7.5 cm, a najviše 42.3% na dubini 30 cm. Rezultati našeg istraživanja pokazuju da smrtnost može iznositi od 45 do 60% (na dubini uzorkovanja od oko 20 cm), što je manje od istraživanja Godfrey et al. [21]. Razlike u dobivenim rezultatima istraživanja treba tražiti osim u različitim agroekološkim, osobito edafskim čimbenicima između istraživanja i u činjenici da je u različitim godinama pokrivenost površine različita. Utjecaj pokrivenosti tla reziduama i snježnim pokrivačem je značajan, preživljavanje ispod golog tla iznosilo je 22.6%, a u tlu prekrivenim reziduama 37.4% [21]. Toepfer i Kuhlmann [55] bilježe smrtnost jaja od 46.3% u polju, odnosno 43.6% u laboratoriju. U polju se mogu očekivati i znatno veći postotci smrtnosti jaja, pa možemo smatrati da naši rezultati ne odstupaju značajno od drugih istraživanja.

Pri usporedbi podataka o preživljavanju jaja između različitih istraživanja važno je poznavati i usporediti prevladavajući tip tla kod svakog. Podatci o smrtnosti jaja od 46.3% [55] dobiveni su u Mađarskoj na černozeu na lesu. Prevladavajući tipovi tla u području na kojem su smještene parcele uključene u naša istraživanja su semiglej aluvijalno tlo i hipoglej mineralno tlo u odnosu 60:40. Oba tipa tla imaju lošije regulirane vodo-zračne odnose nego černozeu na lesu, pa je u našim istraživanjima realno očekivati i veću smrtnost (45 do 60%).

Značaj utvrđivanja korelacije između brojnosti odraslih na PhAM mamcima i odloženih jaja u jesen odnosno prezimjelih do proljeća je temelj za postavljanje modela procjene rizika i prognoze šteta u slučaju ponovljene sjetve kukuruza. Procjena rizika za ponovljenu sjetvu na temelju poznavanja stvarnog broja jaja imala bi veliku točnost [57], no ova metoda ima nedostatke, prije svega u cijeni [28, 57]. Zbog velikih odstupanja u točnosti i utroška vremena pri uzimanju uzoraka, prognoza šteta kao i procjena rizika utvrđivanjem brojnosti prirodne populacije jaja u jesen i proljeće za praksu nije ekonomski opravdana i ima malu vrijednost za tehnološke upute integrirane ratarske proizvodnje kukuruza.

ZAKLJUČAK

Utvrđena je jaka odnosno vrlo jaka korelacija između ulova odraslih na PhAM mamcima i procijenjene brojnosti jaja u tlu na jesen i proljeće iduće godine. Postavljen je linearni model kojim se opisuje odnos između procijenjene brojnosti jaja u jesen i proljeće. Prema koeficijentu regresije smrtnost jaja preko zime iznosi 35%. Međutim, povećanjem brojnosti jaja na parceli u jesen postotak smrtnosti jaja u proljeće se smanjuje. Procjena rizika za ponovljenu sjetvu i prognoza šteta na kukuruza u ponovljenoj sjetvi nije moguća zbog skupe i nepouzdanosti metodike utvrđivanja brojnosti jaja u tlu.

ZAHVALA

Istraživanje je provedeno u sklopu dva projekta: 1. Sustav procjene rizika - temelj integrirane zaštite kukuruza od štetnika (Ministarstvo znanosti, obrazovanja i športa, broj: 178-1782066-2064), (voditelj projekta prof. dr. sc. Renata Bažok), 2. Developing IPM in maize through WCR risk management- FAO Project GTFS/RER/017/ITA, (voditelj projekta: prof. dr. sc. Jasminka Igrc Barčić). Zahvala proizvođačima kukuruza iz općine Ferdinandovac koji su ustupili svoja polja radi uzimanja podataka i uzoraka za analizu, te Damir Bertiću na tehničkoj pomoći.

LITERATURA

- [1] Ateyo, W.T., Weekman, G.T., Lawson D.E., (1964) The identification of *Diabrotica* species by chorion sculpturing. J. Kansas Entomol. Soc., 37, 9-11.
- [2] Bača, F. (1994) Novi član štetne entomofaune u Jugoslaviji *Diabrotica virgifera virgifera* LeConte (Coleoptera, Chrysomelidae). Zaštita bilja, 45 (2), 125-131.
- [3] Bažok, R., (2007) Kukuruzna zlatica. Glasilo biljne zaštite, 5, 316-321.
- [4] 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. Res. Commun.*, 39 (2), 298-305.
- [5] Ball, H.J., (1957) On the biology and egg-laying habits of the western corn rootworm. *J. Econ. Entomol.*, 50, 126-128.
 - [6] Bayar, K., Komáromi, J., Kiss, J., Edwards, C.R., Hatala-Zsellér, I., Széll, E., (2003) Az amerikai kukoricabogár (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte) populációjának jellemzői kukorica monokultúrában (Characteristics of a population of western corn rootworm (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte) in continuous maize), *Növénytermelés*, 52, 185–202.
 - [7] Bergman, M.K., Tollefson, J.J., Hinz, P.N. (1983) Spatial dispersion of corn rootworm larvae (Coleoptera: Chrysomelidae) in Iowa cornfields. *Environ. Entomol.*, 12, 1443–1446.
 - [8] Branson, T.F., Johnson, R.D., (1973) Adult western corn rootworms: oviposition, fecundity, and longevity in the laboratory. *J. Econ. Entomol.*, 66, 417–418.
 - [9] Branson, T.F., Sutter, G.R., Fisher, J.R., (1980) Plant response to stress induced by artificial infestations of western corn rootworm. *Environ. Entomol.*, 9, 253-257.
 - [10] Branson, T.F., Sutter, G.R., Fisher, J.R., (1982) Comparison of a tolerant and a susceptible maize inbred under artificial infestations of *Diabrotica virgifera virgifera*: yield and adult emergence. *Environ. Entomol.*, 11, 371-372.
 - [11] Branson, T.F., Welch, V.A., Sutter, G.R., Fisher, J.R., (1983) Resistance to larvae of *Diabrotica virgifera virgifera* LeConte in Three Experimental Maize Hybrids. *Environ. Entomol.*, 12, 1509-1512.
 - [12] Calkins, C.O., Kirk, V.M., (1969) Effect of winter precipitation and temperature on overwintering eggs of northern and western corn rootworms. *J. Econ. Entomol.*, 62 (3), 541-543.
 - [13] Chiang, H.C., (1974) Temperature effects on hatching of eggs of the western corn rootworm, *Diabrotica virgifera virgifera*: factual and theoretical interpretations. *Entomol. Exp. Appl.*, 17, 149–156.
 - [14] Dobrinčić, R., (2001) Istraživanje biologije i ekologije *Diabrotica virgifera virgifera* LeConte, novog člana entomofaune Hrvatske, Doktorska disertacija, Agronomski fakultet Zagreb, 222 str.
 - [15] Edwards, C.R., Kiss, J., (2010) Distribution Map of Western Corn Rootworm Europe 2009. [Online] Available at: [http:// www. iwgo.org](http://www.iwgo.org) [Accessed 11 October 2010].
 - [16] Elliott, N.C., Sutter, G.R., Branson, T.F., Fisher, J.R., (1989) Effect of population density of immature on survival and development of the western corn rootworm (Coleoptera: Chrysomelidae). *J. Entomol. Sci.*, 24, 209–213.
 - [17] Ellsbury, M.M., Lee, R.E., Jr., (2004) Supercooling and cold-hardiness in eggs of western and northern corn rootworms. *Entomol. Exp. Appl.*, 111, 159–163.
 - [18] Ellsbury, M.M., Pikul, J.L., Jr, Woodson, W.D., (1998) A review of insect survival in frozen soils with particular reference to soil dwelling stages of corn rootworms. *Cold Regions Science and Technology*, 27, 49–56.
 - [19] Gerber, C.K., Edwards, C.R., Bledsoe, L.W., Obermeyer, J.L., Barna, G., Foster, R.E., (2005) Sampling devices and decision rule development for western corn rootworm (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte) adults in

- soybean to predict subsequent damage to maize in Indiana. In: S., Vidal, U., Kuhlmann, C.R., Edwards, ed. (2003) Western corn rootworm: ecology and management. Wallingford, IL: CABI Publishing, p.p. 169–187.
- [20] Gerber, C.K., Edwards, C.R., Bledsoe, L.W., Gray, M.E., Steffey, K.L., Chandler, L.D., (2005) Application of the Areawide concept using semiochemical based insecticide baits for managing the western corn rootworm (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte) variant in the Eastern Midwest. In: S., Vidal, U., Kuhlmann, C.R., Edwards, ed. (2003) Western corn rootworm: ecology and management. Wallingford, IL: CABI Publishing, p.p. 221–238.
- [21] Godfrey L.D., Meinke, L.J., Wright, R.J., Hein, G.L., (1995) Environmental and edaphic effect on western corn rootworm (Coleoptera: Chrysomelidae) overwintering egg survival. J. Econ. Entomol., 88, 1445–1454.
- [22] Gray, M.E. Tollefson, J.J., (1987) Influence of tillage and western and northern corn rootworm (Coleoptera: Chrysomelidae) egg populations on larval populations and root damage. J. Econ. Entomol., 80, 911–915.
- [23] Gray, M.E., Tollefson, J.J., (1988a) Emergence of the western and northern corn rootworms (Coleoptera: Chrysomelidae) from four tillage systems. J. Econ. Entomol., 81, 1398–1403.
- [24] Gray, M.E., Tollefson, J.J., (1988b) Influence of tillage systems on egg populations of western and northern corn rootworms (Coleoptera: Chrysomelidae). J. Kansas Entomol. Soc., 61, 186–194.
- [25] Gray, M.E., Hein, G.L., Boetel, M.A., Walgenbach, D.D., (1992) Western and northern corn rootworm (Coleoptera: Chrysomelidae) egg densities at three soil depths: implications for future ecological studies. J. Kansas Entomol. Soc., 65, 354–356.
- [26] Gustin, R.D., (1979) Effect of two moisture and population levels on oviposition of the western corn rootworm. Environ. Entomol., 8, 406–407.
- [27] Gustin, R.D., (1981) Soil temperature environment of overwintering western corn rootworm eggs. Environ. Entomol., 10, 483–487.
- [28] Hein, G.L., Tollefson, J.J., (1985) Design and cost consideration in the sampling of northern and western corn rootworm (Coleoptera: Chrysomelidae) eggs., J. Econ. Entomol., 78, 1495–1499.
- [29] Hill, R.E., (1975) Mating, oviposition patterns, fecundity and longevity of the western corn rootworm. J. Econ. Entomol., 68 (3), 311–315.
- [30] Igrc Barčič, J., Bažok, R., (2004) The influence of different food sources on the life parameters of the western corn rootworm (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte, Coleoptera: Chrysomelidae). Slovenian academy for science and culture, Rasprave IV. razreda za naravoslovne vede, 45 (1), 75–85.
- [31] Igrc Barčič, J., Maceljiski, M., (1995) Kukuruzna zlatica (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte) u Hrvatskoj. Glasnik zaštite bilja 18/5, 217–220.
- [32] Igrc Barčič, J., Maceljiski, M., (1996) Monitoring of *Diabrotica virgifera virgifera* LeConte in Croatia in 1995. IWGO Newsletter, 16(1), 11–13.
- [33] Igrc Barčič, J., Maceljiski, M., (1997) The western corn rootworm (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte) a new problem in Europe. Proceedings of Slovenian Plant Protection Conference, Portorož, Slovenia, 139–143.
- [34] Igrc Barčič, J., Maceljiski, M., (1998) Forecast possibilities for domestication and development of some newcomer fauna of Central Europe. Croatian Academy for Science and Art, Book of Abstracts: Adaptation of Agriculture and Forestry to Climate Change, 303–311.

- [35]Igrc Barčić, J., Bažok, R., Maceljiski, M., (2003) Dosadašnji rezultati monitoringa i prve velike štete od kukuruzne zlatice u Hrvatskoj. Glasilo biljne zaštite, 1, 3-10.
- [36]Igrc Barčić, J., Bažok, R., Edwards, C.R., Kos, T., (2007) Western corn rootworm adult movement and possible egg lying in fields bordering maize. J. Appl. Entomol., 131 (6), 400-405.
- [37]Kiss, J., Komaromi, J., Bayar, K., Edwards, C.R., Hatala-Zsellér, I., (2005) Western corn rootworm (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte) and the crop rotation system in Europe. In: S., Vidal, U., Kuhlmann, C.R., Edwards, (2005) Western corn rootworm: ecology and management. Wallingford, IL: CABI Publishing, 285-302.
- [38]Krnjaić, Đ., Krnjaić, S., (1987) Fitonematologija. NOLIT, Beograd.
- [39]Levine, E., Oloumi-Sadeghi, H., Ellis, C.R., (1992) Thermal requirements, hatching patterns and prolonged diapause in Western Corn Rootworm (Coleoptera: Chrysomelidae) eggs. J. Econ. Entomol., 85 (6), 2425-2432.
- [40]Maceljiski, M., Igrc Barčić, J., (1994) Procjena značenja kukuruzne zlatice *Diabrotica virgifera virgifera* LeConte (Coleoptera: Chrysomelidae) za Hrvatsku, Poljoprivredna znanstvena smotra, 59 (4), 413-423.
- [41]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. Agric. Forest Entomol., 11, 29–46.
- [42]Midgarden, D.G., Youngman, R.R., Fleischer, S.J., (1993) Spatial analysis of counts of western corn rootworm (Coleoptera: Chrysomelidae) adults on yellow sticky traps in corn: geostatistics and dispersion indices. Environ. Entomol., 22, 1124-1133.
- [43]Onstad, D.W., Guse, C.A., Spencer, J.L., Levine, E. Gray, M.E., (2001) Modelling the dynamics of adaptation to transgenic corn by western corn rootworm (Coleoptera: Chrysomelidae). J. Econ. Entomol., 94, 529–540.
- [44]Park, Y., Tollefson, J.J., (2006a) Spatio-temporal dynamics of corn rootworm, *Diabrotica* spp., adults and their spatial association with environment. Entomol. Exp. Appl., 120, 105–112.
- [45]Park, Y., Tollefson, J.J., (2006b) Spatial distributions of corn rootworm (Coleoptera: Chrysomelidae) eggs and larvae: implications for sampling. J. Kansas Entomol. Soc., 79, 129–135.
- [46]Pierce, C.M.F., Gray, M.E., (2006a) Western corn rootworm, *Diabrotica virgifera virgifera* LeConte (Coleoptera: Chrysomelidae), oviposition: a variant's response to maize phenology. Environ. Entomol., 35, 423–434.
- [47]Pierce, C.M.F., Gray, M.E., (2006b) Seasonal oviposition of a western corn rootworm, *Diabrotica virgifera virgifera* LeConte (Coleoptera: Chrysomelidae), variant in East Central Illinois commercial maize and soybean fields. Environ. Entomol., 35, 676–683.
- [48]Priczinger, G., (1996) Monitoring *Diabrotica virgifera virgifera* LeConte in Hungary 1995. IWGO Newsletter, 16(1), 7-11.
- [49]Projektni savjet za izradu Osnovne pedološke karte (1969-1976) Osnovna pedološka karta Republike Hrvatske u mjerilu 1:50 000 – odgovarajući listovi trase, Đurđevac 4, Arhiva Zavoda za pedologiju Agronomskog fakulteta, Zagreb.

- [50]Pruess, K.P., Witkowski, J.F., Raun, E.S., (1974) Population suppression of western corn rootworm by adult control with ULV malathion. J. Econ. Entomol., 67, 651–655.
- [51]Riedell, W.E., Schumacher, T.E., (1994) Root sampling technology to investigate the corn rootworm larval feeding damage-grain yield loss relationship, Entomology, 2, 15-19.
- [52]SAS Institute., (2004) SAS/STAT Software: Changes and enhancements through Rel. 6.12. SAS Inst., SAS Campus Drive, Cary, North Carolina 27513.
- [53]Shaw, J.T., Paullus, J.H., Luckmann, W.H., (1978) Corn rootworm oviposition in soybeans. J. Econ. Entomol., 71, 189–191.
- [54]Sherwood, D., Levine, E., (1993) Copulation and its duration affects female weight, oviposition, hatching patterns, and ovarian development in the western corn rootworm (Coleoptera: Chrysomelidae). J. Econ. Entomol. 86(6), 1664-1671.
- [55]Toepfer, S., Kuhlmann, U., (2006) Constructing life tables for the invasive maize pest *Diabrotica virgifera virgifera* (Col.; Chrysomelidae) in Europe. J. Appl. Entomol. 130 (4), 193-205.
- [56]Toepfer, S., Ellsbury, M.M., Eschen, R., Kuhlmann, U., (2007) Spatial clustering of *Diabrotica virgifera virgifera* and *Agriotes ustulatus* in small-scale maize fields without topographic relief drift. Entomol. Exp. Appl., 124, 61–75.
- [57]Tollefson, J.J., (1990) Comparison of adult and egg sampling for predicting subsequent populations of western and northern corn rootworms (Coleoptera: Chrysomelidae). J. Econ. Entomol., 83 (2), 574-579.
- [58]Vasilj, Đ., (2000) Biometrika i eksperimentiranje u bilinogojstvu. Hrvatsko Agronomsko Društvo, Zagreb.
- [59]Weiss, M.J., Mayo, Z.B., Newton, J.P., (1983) Influence of irrigation practices on the spatial distribution of corn rootworm (Coleoptera: Chrysomelidae) eggs in the soil. Environ. Entomol., 12, 1293–1295.
- [60]Woodson, W.D., Gustin, R.D., (1993) Low temperature effects on hatch of western corn rootworm eggs (Coleoptera: Chrysomelidae). J. Kansas Entomol. Soc., 66, 104–107.