

## **DIABROTICA VIRGIFERA VIRGIFERA IN CAMPI DI MAIS IN MONOSUCCESSIONE: DISPERSIONE DELLE POPOLAZIONI ED EFFETTO DEI TRATTAMENTI ADULTICIDI SULLE POPOLAZIONI DELL'ANNO SUCCESSIVO**

M. PASINI<sup>1</sup>, N. MORI<sup>2</sup>, M. VIDALI<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Agrea Centro Studi, Via Garibaldi 5/16, 37057 San Giovanni Lupatoto (VR)

<sup>2</sup>DAFNAE – sez. Entomologia, Viale dell'Università 16, 35020 Legnaro (PD)

max.pasini@agrea.it

### **RIASSUNTO**

Una ricerca su *Diabrotica virgifera virgifera* è stata condotta in provincia di Venezia in campi di mais in monosuccessione, allo scopo di verificare l'effetto dei trattamenti adulticidi eseguiti in estate, sulle popolazioni dell'anno successivo e la capacità di dispersione dal luogo di sfarfallamento. A questo scopo, in tre appezzamenti in cui il mais segue se stesso da 5-8 anni, di cui uno interrotto nel 2014 da soia, sono state installate trappole cromotropiche gialle non innescate con feromone e gabbie di sfarfallamento cubiche con una trappola gialla invischiata all'interno. Con i dati registrati da metà giugno a metà agosto 2015 è stata calcolata la dinamica delle popolazioni con entrambi i metodi di monitoraggio. I risultati ottenuti indicano l'efficacia significativa del trattamento nell'anno in corso e un significativo abbassamento degli sfarfallamenti di adulti dal terreno a seguito del trattamento dell'anno precedente (77%,  $P < 0,05$ ). Inoltre, attraverso l'analisi differenziata delle trappole esterne e interne dell'appezzamento non trattato e altre disposte nel mais limitrofo, è stata provata la elevata capacità dell'insetto di spostarsi verso campi limitrofi a causa della scarsità di fonti alimentari nel sito di sfarfallamento, in seguito ad attacchi larvali che compromettono profondamente la pianta ospite. In queste situazioni il trattamento contro gli adulti nello stesso sito di sfarfallamento potrebbe ottenere risultati parziali.

**Parole chiave:** lotta integrata, diabrotica, dispersione

### **SUMMARY**

**DIABROTICA VIRGIFERA VIRGIFERA IN CORN FIELDS WITHOUT ROTATION: POPULATION DISPERSAL AND EFFECT OF INSECTICIDES AGAINST ADULTS IN THE NEXT YEAR POPULATIONS**

A research was conducted on the pest *Diabrotica virgifera virgifera* on corn fields in the province of Venice, in an area where no rotation is present. The objective was to evaluate the effect of insecticides against adults applied in the summer on the populations of the year after and the dispersal of adults from the original site. Yellow sticky traps without pheromone and swarming cages were used on two non-rotated corn fields and on another that had soybean in 2014. Swarming cages consisted of a cubic net with a sticky trap inside. Data on population dynamics with both systems were collected from mid-June to mid-August. The results show the efficacy of the insecticide application against adults in the current year and a significant decrease of the adults emerging from the soil after the application in the previous year (77%). In addition, data proved the dispersal capacity towards neighbouring fields due to scarce feeding sources in the original site.

**Keywords:** Western Corn Borer, Integrated Pest Management

### **INTRODUZIONE**

*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte fu accidentalmente introdotta in Europa (Serbia) nel 1992 (Baca, 1993) e in Italia (Venezia) nel 1998 (Furlan *et al.*, 1998). Da allora la specie si è

diffusa progressivamente, per insediarsi stabilmente nelle aree maidicole dell'Europa centro-orientale e dell'Italia settentrionale e centrale.

Nella sua lunga storia di rapporti con le piante ospiti, questo fitofago ha mostrato notevoli capacità adattative a carico di diverse Poacee (Oyediran *et al.*, 2004) ma è pullulata soprattutto sul mais a causa della monosuccessione e monocoltura in America del Nord. Negli Usa sono note da tempo popolazioni adattate all'avvicendamento continuo mais-soia (Onstad *et al.*, 2003), mentre in Europa è stata dimostrata la possibilità di ovideposizione in campi vicini al mais di avena, frumento, girasole, dove gli adulti sono attirati in molti casi da fonti alternative di cibo (polline), con il conseguente sviluppo a carico del mais nell'anno successivo (Kiss *et al.*, 2005). In Croazia, danni significativi sono stati osservati su appezzamenti di mais seguente soia, ad una distanza massima di 20 m da appezzamenti che l'anno prima erano coltivati a mais (Barčić *et al.*, 2007). Coats *et al.*, (1986) hanno studiato gli spostamenti delle femmine in ovideposizione, evidenziando l'esistenza di voli "di migrazione" che possono coprire distanze anche di 24 km. In casi particolari in cui forti infestazioni sono presenti in campi di mais adiacenti a frutteti, l'insetto si trasferisce anche sui frutti di nettarine causando danni significativi (Asteggiano *et al.*, 2012).

Tutti questi studi spiegano le difficoltà di contenimento della diabrotica in Europa, che di anno in anno ha allargato il proprio areale di distribuzione nonostante le ferree misure legislative di quarantena. Tra esse vi è anche l'uso dell'avvicendamento colturale, che consente di interrompere l'unica generazione annuale, sottraendo la presenza dell'ospite alle larve che nascono l'anno successivo (Furlan *et al.*, 2006). Il ciclo vitale prevede infatti l'ovideposizione da parte delle femmine adulte neosfarfallate in estate, dopo che le larve si sono nutrite a carico della radice del mais. Dopo lo sfarfallamento, gli adulti attaccano le setole della spiga causando problemi di fecondazione e quindi di riempimento delle cariossidi. La mortalità naturale complessiva da uovo ad adulto è molto elevata, soprattutto nei primi stadi larvali, raggiungendo anche il 99% in studi effettuati in Ungheria nel 2002, dove è stato calcolato che per avere 1 adulto sono necessarie in media 365 uova deposte nell'estate precedente (Toepfer e Kuhlmann, 2006). Nonostante ciò, l'elevato numero di uova deposte per femmina assicura la perpetuazione e la diffusione della specie. La specie viene quindi controllata con rotazioni e lotta chimica, quest'ultima sia contro le larve (applicazioni granulari alla semina o in fase di sarchiatura), che contro gli adulti (applicazione spray, quando è massima la presenza di femmine adulte mature). Lo scopo dei due interventi chimici, alternativi l'uno all'altro, è molto diverso: nel primo caso l'obiettivo è primariamente la salvaguardia della produzione dell'anno in corso; nel secondo caso, si punta anche all'abbattimento degli adulti per limitare le densità di popolazione nell'anno successivo, se la coltura sarà ancora mais.

Nel presente lavoro sono stati indagati due aspetti chiave della capacità di dispersione del fitofago in situazioni di monosuccessione e controllo chimico adulticida: l'influenza del trattamento sull'entità delle popolazioni dell'anno successivo all'applicazione e la capacità di dispersione dell'insetto in condizioni di elevata densità di popolazione. Vengono anche riportate osservazioni sulla presenza e dannosità del fitofago in colture frutticole e orticole vicine a coltivazioni di mais.

## MATERIALI E METODI

La ricerca è stata condotta nel comune di Noale (VE) su terreno argilloso-limoso e non irriguo, in due appezzamenti di mais in monosuccessione, uno non trattato (sito 1) e l'altro trattato nel 2014 e nel 2015 con insetticidi contro gli adulti (sito 2) e in un terzo appezzamento (sito 3) confinante con il sito 1, coltivato a soia nel 2014 e a mais nel 2013 e 2015. I siti 1 e 2

sono separati da una strada capezzagna e filari di pioppo italico, mentre i siti 1 e 3 sono separati solo da una scolina. In primavera il terreno è stato lavorato con ripuntatura ed erpicatura e la semina è stata fatta con semente non trattata con insetticidi. Nella tabella 1 sono riportate le operazioni colturali e le caratteristiche dei 3 siti di indagine, mentre nella figura 1 è riportata la mappa e la disposizione delle trappole.

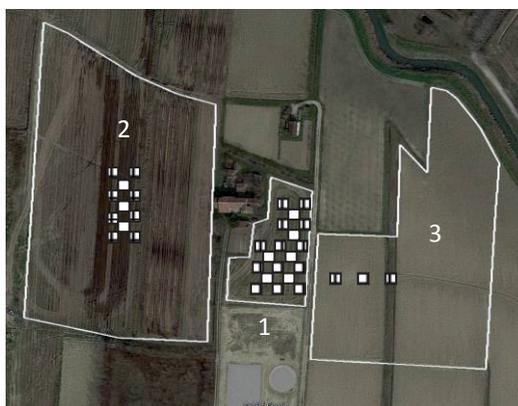
Le comparazioni effettuate in questa ricerca sono quindi due: a) tra il sito 1 e 2, per indagare sull'effetto del trattamento adulticida dell'anno precedente; b) tra il sito 1 e 3, per indagare sulla dispersione degli adulti. Nel sito 2 è stata inoltre valutata l'efficacia del trattamento del 2015.

Tabella 1. Caratteristiche generali dei campi oggetto di indagine

Denominazione	Sito 1	Sito 2	Sito 3
Dimensioni (Ha)	0,33	2,13	1,45
Cultivar	Inove (2014 e 2015)	Inove (2014 e 2015)	Pioneer P1517W
Avvicendamento	Mais da 8 anni	Mais da 5 anni	Mais (2013), soia (2014), mais (2015)
Data semina 2015	Fine aprile	Fine aprile	Metà aprile
Sarchiatura 2015	Fine maggio	Fine maggio	Metà maggio
Data adulticida 2015	-	6 luglio	5 luglio
Insetticida usato *	-	indoxacarb (150 g/L) 250 ml/ha + clorantraniliprololo (100 g/L) 100 mL/ha	indoxacarb (150 g/L) 250 ml/ha + clorantraniliprololo (100 g/L) 100 mL/ha

\* Nel sito 2 le stesse sostanze attive sono state impiegate anche nel 2014

Figura 1. Posizione dei campi osservati con collocazione delle trappole. I quadrati con trama indicano le trappole cromotropiche gialle non innescate con feromone. I quadrati bianchi indicano le trappole contenute nelle gabbie di sfarfallamento



Il monitoraggio è stato eseguito con trappole cromotropiche gialle invischiate (SuperColor® Serbios) non innescate con feromone. Per conteggiare più precisamente la densità degli adulti sfarfallati, alcune trappole sono state inserite all'interno di gabbie di sfarfallamento cubiche

(1x1x1m) coperte da rete anti insetto; pertanto in queste gabbie le trappole rilevavano il numero di insetti sfarfallati sulla superficie di terreno di 1 m<sup>2</sup>.

Le gabbie di sfarfallamento sono state poste nel sito 1 e 2, mentre nel sito 3 sono state poste solo le trappole gialle, a distanza di 20, 40 e 60 metri dal sito 1. Complessivamente sono state posizionate nei siti 1, 2 e 3 rispettivamente 13, 8 e 3 trappole cromotropiche e nei siti 1 e 2 rispettivamente 6 e 3 gabbie di sfarfallamento, secondo lo schema riportato in figura 1.

Il conteggio degli adulti invischiati è stato fatto 2 volte alla settimana ed è stato poi calcolato il numero di catture per giorno (nel caso delle trappole cromotropiche all'esterno) ed il numero per giorno e per metro quadrato (nel caso delle trappole cromotropiche poste all'interno delle gabbie di sfarfallamento).

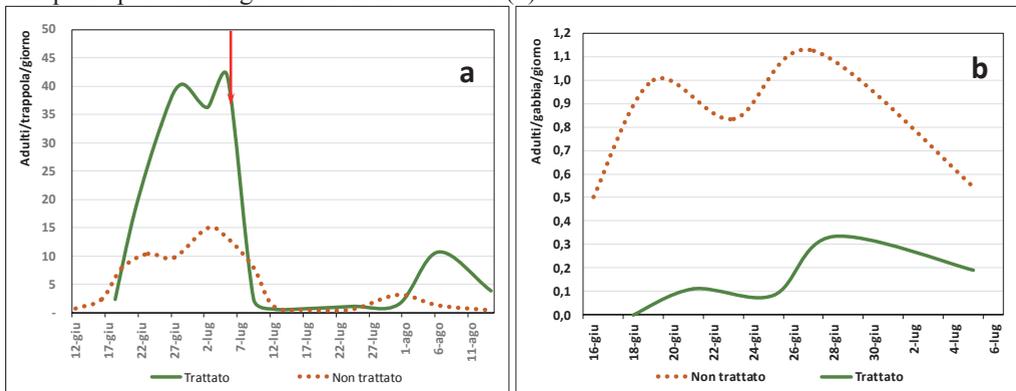
L'efficacia del trattamento 2015 è stata valutata confrontando le medie giornaliere delle catture nelle trappole cromotropiche nella settimana precedente l'applicazione e a 1, 3, 6, 11, 18, giorni di distanza. Sono state inoltre confrontate le medie giornaliere di cattura delle trappole cromotropiche interne ed esterne del sito 1 e quelle del sito 3. In quest'ultimo (ex soia), sono stati fatti rilievi di dannosità alla spiga del mais su campioni di 10 piante scelte alla distanza di 0, 20, 40, 60 metri dal bordo del sito 1, stimando la percentuale di cariossidi non formate.

L'efficacia è stata calcolata secondo la formula di Henderson e Tilton (1955). In base all'applicabilità dei metodi, i dati sono stati analizzati con test t di Student o analisi della varianza.

## RISULTATI

Il decorso della stagione 2015 è stato caratterizzato da clima molto caldo e secco, ma alcune piogge intense hanno influenzato le catture delle trappole cromotropiche, abbattendo leggermente il picco di sfarfallamento, che si è collocato tra il 28 giugno e il 4 luglio, come si evince dalla figura 2a.

Figura 2. Dinamica di popolazione degli adulti di *D. virgifera* (adulti per trappola al giorno) nell'appezzamento non trattato e trattato, rilevata con le trappole cromotropiche libere (a) e con quelle poste nelle gabbie di sfarfallamento (b)



Valutando l'efficacia del trattamento effettuato nell'anno in corso durante la ricerca (2015, grafico a), nonostante il trattamento adulticida sia stato posizionato dall'agricoltore piuttosto tardivamente, i dati raccolti (tabella 2) evidenziano una buona diminuzione delle popolazioni nel trattato anche nel periodo di discesa naturale della popolazione nel testimone, con

differenze statisticamente significative presenti fino al sesto giorno dopo il trattamento. Mediamente l'efficacia complessiva entro la prima settimana dopo il trattamento è stata dell'85%. Per lo stesso tipo di trattamento, su altri appezzamenti sono state registrati valori di efficacia simili fino al 14° giorno dopo l'applicazione (dati non pubblicati).

Tabella 2. Efficacia del trattamento adulticida contro *D. virgifera* nel 2015. Numero di adulti per trappola per giorno (test t di Student). I valori seguiti da lettere diverse indicano differenze significative al test statistico.

	Giorni dopo l'applicazione (6 luglio)				
	0	3	6	11	18
Testimone	15,8 b	6,5 a	1,5 a	0,5 a	0,7 a
Trattato	41,8 a	2,3 b	0,6 b	0,7 a	1,1 a
Efficacia % (Henderson e Tilton, 1955)	-	86,6%	84,8%	45,3%	39,6%

Nell'appezzamento non trattato in monosuccessione (Sito 1) sono stati osservati danni molto pesanti all'apparato radicale di tutte le piante. Il danno si è verificato in una fase precoce dello sviluppo ed ha seriamente compromesso il passaggio alle fasi fenologiche successive, tanto da determinare l'assenza della spigatura e il blocco dell'accrescimento sostanzialmente nella fase di prefioritura maschile, con successiva invasione di malerbe dovuta alla scarsa copertura del suolo da parte del mais.

Per analizzare l'effetto del trattamento adulticida del 2014, dobbiamo considerare il periodo di monitoraggio che va dal 16 giugno al 5 luglio (figura 2), prima dell'effettuazione del trattamento 2015. Nelle gabbie di sfarfallamento del campo non trattato, il numero di adulti sfarfallati per giorno è risultato sempre superiore a quello del trattato. Questo dato indica quello che può essere l'effetto indiretto dell'adulticida applicato l'anno precedente, cioè la diminuzione delle ovideposizioni come conseguenza del minor numero di adulti rimasti vivi dopo l'applicazione. Il fenomeno più interessante è costituito però dalla controtendenza che invece si è registrata nell'andamento delle catture delle trappole cromotropiche, dove in tutte le date è stata registrata invece una notevole superiorità delle popolazioni nel campo trattato rispetto a quello non trattato, raggiungendo un massimo di 41,8 individui per trappola al giorno contro i 14,9 del non trattato. Calcolando poi, per entrambi i sistemi di cattura, la somma totale di quanto sfarfallato nello stesso periodo (cioè 19 giorni), riferito ad 1 m<sup>2</sup> di superficie e confrontando i dati tra di loro, otteniamo i dati riportati in tabella 3.

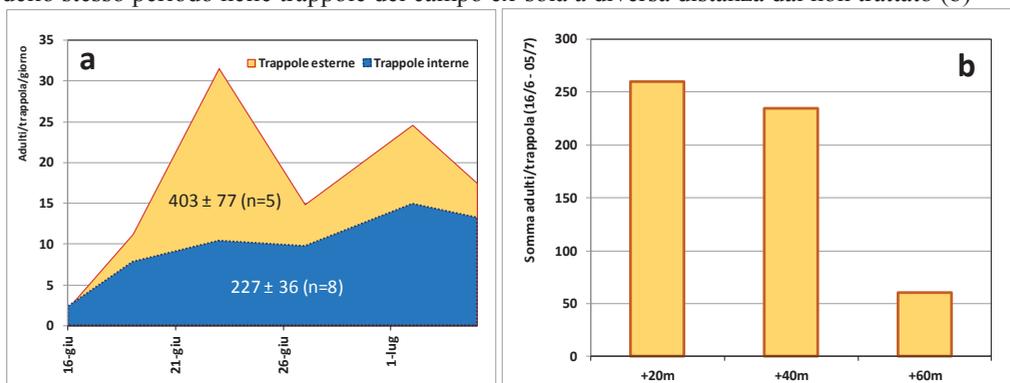
Tabella 3. Numero totale di adulti catturati dalle trappole nel periodo 16/6 - 5/7 (19 gg) riferito a 1 m<sup>2</sup> di superficie. Nel caso del non trattato sono state considerate solo le 8 trappole cromotropiche interne, escludendo quelle confinanti con il campo ex-soia.

Trappole cromotropiche			
Tesi	Media ± Errore Standard	n	Test t
Non trattato	0,6 ± 0,1	6	*
Trattato	1,4 ± 0,10	8	
Gabbie di sfarfallamento			
Non trattato	17,7 ± 4,4	6	*
Trattato	4,0 ± 1,5	3	
% catture delle cromotropiche sulle gabbie di sfarfallamento			
Non trattato	5,8 ± 2,8	6	*
Trattato	36,3 ± 10,7	3	

Il test statistico dimostra che il numero totale di adulti per m<sup>2</sup> emerso effettivamente dal terreno del campo non trattato (17,7) è significativamente maggiore di quello rilevato nel trattato (4,0), mentre il numero complessivo di adulti, sempre riferito ad 1 m<sup>2</sup>, catturati dalle trappole cromotropiche del non trattato (0,6) è significativamente inferiore a quello del trattato (1,4). Rapportando le catture nelle trappole cromotropiche con il numero di adulti effettivamente sfarfallati dal terreno, si evince (tabella 3) che le trappole cromotropiche hanno catturato una maggiore quota nel trattato (36%) rispetto al non trattato (6%)

Nel sito non trattato, confrontando i dati delle 8 trappole interne con quelle esterne più vicine al campo di mais ex-soia, si può osservare che le catture giornaliere e complessive di adulti risultano sempre maggiori ai bordi, dove si arriva ad un totale di 403 adulti in 19 giorni contro 227 nella parte interna (figura 3, grafico a), con differenze significative all'analisi statistica con il test t di Student ( $P < 0,05$ ). Inoltre, appare evidente il diminuire dell'entità delle catture all'aumentare della distanza dal campo infestato (figura 3, grafico b) nel periodo che va dal 16 giugno al 6 luglio 2015, data in cui è stato anche qui effettuato il trattamento adulticida. Questo dato, associato a quanto citato sopra, indica la tendenza allo spostamento degli adulti dal campo non trattato a quelli limitrofi a causa di deficit alimentare.

Figura 3. Numero di adulti catturati dalle trappole interne ed esterne del campo non trattato con somma totale del periodo 16/6 – 5/7 (media delle trappole ed errore standard) (a) e somma dello stesso periodo nelle trappole del campo ex-soia a diversa distanza dal non trattato (b)



Dalle osservazioni fatte sul danno nell'appezzamento di mais ex-soia, è stato riscontrato un danno decrescente con l'aumentare della distanza dall'appezzamento non trattato. Stimando la percentuale di cariossidi non formate o anomale della spiga, è stato riscontrato un danno dell'1,3% a 60 m di distanza, del 5% a 40 m, del 9% a 20 m, del 70% nelle piante direttamente confinanti (figura 4).

Osservazioni effettuate nel Veneto nel 2014 e 2015 in campi di mais dove la coltura, all'inizio dello sfarfallamento non era ancora in fioritura e dove adiacenti erano presenti frutteti o colture orticole, confermano l'attrattività esercitata da colture orticole come zuccchino e cetriolo, e frutticole come il pesco (figura 5).

Figura 4. Danno rilevato sulle spighe di mais nel sito 3 (ex-soia) a progressiva distanza dal sito non trattato

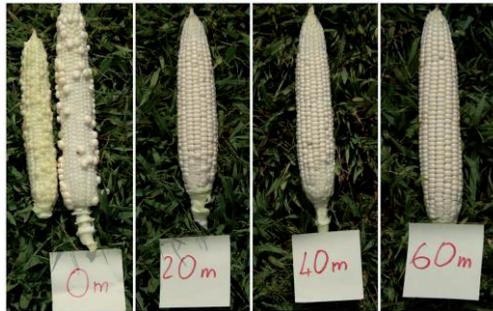


Figura 5. Danni da diabrotica su coltivazioni di cetriolo e pesco vicine a campi di mais rispettivamente nel 2014 e 2015.



## DISCUSSIONE

La prima considerazione importante riguardo ai dati ottenuti dall'appezzamento non trattato va fatta circa la fenologia del mais in rapporto allo stadio di sviluppo del fitofago e alla mortalità associata. Indubbiamente si tratta di un caso di dannosità molto spinta, probabilmente a seguito di popolazioni larvali consistenti, derivate da ovideposizioni in gran numero nel 2014 e presumibilmente da un minore tasso di mortalità uovo-adulto rispetto a valori attorno al 99% che si trovano normalmente in Ungheria (Toepfer e Kuhlmann, 2005; Toepfer e Kuhlmann, 2006). Se applicassimo infatti questo tasso di mortalità alla popolazione di 17,7 adulti emersi per  $m^2$  di terreno in 19 giorni nel campo non trattato, risulterebbe una densità di uova deposte nella stagione precedente di 1770 per  $m^2$ , valore enormemente più alto delle 14-39 uova/ $m^2$  trovate in altri campi infestati dell'Ungheria (Bayar *et al.*, 2003). D'altronde però, 1500 uova/ $m^2$  e 70 adulti/ $m^2$  sono popolazioni considerate come capacità portante nel sistema di coltivazione americano (Onstad *et al.*, 2001), che però sappiamo essere molto diverso da quello del Centro Europa. Possiamo comunque ritenere che, alle condizioni osservate, per lo stadio di adulto la capacità portante dell'appezzamento non trattato non sia stata sufficiente a mantenere le popolazioni riscontrate sul luogo di sfarfallamento. I dati delle catture con le trappole cromotropiche dimostrano infatti la tendenza alla migrazione verso

campi limitrofi. Inoltre in caso di semine tardive, ma non tanto da far sfuggire gli apparati radicali all'azione del fitofago, oltre ad un grande danno alla coltura, si determina una elevata mortalità dei primi stadi larvali (Bergman e Turpin, 1984; Boetel *et al.*, 2003); in questa situazione sicuramente la capacità portante dell'appezzamento nei confronti dello stadio larvale è risultata piuttosto bassa. La differenza tra le catture delle trappole interne ed esterne del non trattato, combinata con le catture decrescenti al crescere della distanza dal testimone nell'appezzamento ex-soia, dimostrano il precoce abbandono di questo luogo, inospitale sia dal punto di vista nutritivo che come possibilità di trovare nel mais un luogo di riparo dalle elevate temperature dell'estate. Non possiamo però escludere che migrazioni di adulti siano avvenute nel 2014 dal testimone al sito di studio coltivato a soia, alla luce di quanto pubblicato da vari autori sulla mobilità verso altre colture in situazioni di carenza di fonti alimentari adatte (Coats *et al.*, 1986; Hein e Tollefson, 1987; Kiss *et al.*, 2005) e sulla accertata capacità dell'insetto di ovideporre su soia e sfarfallare sul mais coltivato nell'anno successivo (Barčić *et al.*, 2007). Movimenti di adulti dai campi di mais verso l'esterno sono stati osservati dai ricercatori prima e dopo la fioritura (Lance *et al.*, 1989; Naranjo, 1991), come pure in caso di fenologia del mais non adatta alla loro nutrizione (Campbell e Meinke, 2006) o comunque quando il polline o le setole delle spighe non sono presenti in quantità sufficiente (Elliot *et al.* 1990).

La maggiore capacità di cattura delle trappole cromotropiche nel sito trattato rispetto a quello non trattato (rispettivamente 36% degli adulti sfarfallati contro il 6%), è dovuta alla maggiore permanenza nel primo per effetto della maggiore disponibilità di fonti alimentari e ripari. L'efficacia del trattamento adalticida nel ridurre le ovideposizioni e quindi anche l'intensità degli sfarfallamenti nell'anno successivo, è dimostrata dalla differenza significativa tra il numero di adulti per m<sup>2</sup> riscontrata nel testimone (quasi 18) e il trattato (4). Con una minore popolazione di larve nell'appezzamento trattato l'apparato radicale ha superato meglio l'attacco del fitofago e la pianta ha raggiunto la fioritura nello stesso periodo di presenza degli adulti, che si sono trattenuti maggiormente nel campo per nutrirsi anziché migrare altrove.

## CONCLUSIONI

Questa ricerca conferma che, in presenza di mais in monosuccessione per più anni, l'azione abbattente del trattamento adalticida è efficace e si traduce di fatto in una riduzione della popolazione larvale l'anno successivo (nel caso specifico pari a circa il 77%). Se però il danno perpetrato alla coltura dalle larve è tale da compromettere troppo profondamente lo sviluppo della pianta ospite, l'intervento adalticida dovrebbe quantomeno essere valutato attentamente in base ai sistemi di monitoraggio disponibili, perché la specie tende naturalmente alla migrazione per i diversi motivi già discussi e confermati dalla bibliografia. In queste condizioni di elevata infestazione, un eventuale trattamento rischierebbe di non andare completamente a segno, soprattutto se la coltura viene seminata tardivamente e la pianta, alla data del picco di popolazione di adulti, è ancora poco sviluppata.

L'uso delle trappole cromotropiche può prestarsi facilmente ad interpretazioni non corrette proprio per la elevata mobilità degli adulti. Infatti, la dinamica e la densità delle catture da esse rilevate in questo studio, ad una prima superficiale analisi e senza il dato complementare delle gabbie di sfarfallamento, potrebbero essere state di difficile spiegazione, in quanto i risultati indicavano una significativa superiorità nel campo precedentemente trattato contro gli adulti e quindi apparentemente un effetto contrario a quello atteso. In presenza di mais molto attaccato e piante di taglia ridotta, l'assenza di feromone e la sola presenza del colore giallo come segnale fisico, costituisce un'attrazione secondaria rispetto alla primaria necessità di ricerca di fonti alimentari migliori o rispetto all'attrazione di segnali biochimici.

Gli adulti provenienti da campi limitrofi fortemente infestati possono portarsi facilmente sul mais trattato l'anno precedente, attratti da fonti alimentari più consistenti. In areali quale quello oggetto di studio, l'efficacia del trattamento può essere in parte vanificata se la lotta a questo insetto non viene gestita su scala territoriale più ampia.

#### LAVORI CITATI

- Asteggiano L., Pansa M.G., Boero M., Vittone G., 2012. Segnalato danno da diabrotica su nettarine in Piemonte. *L'Informatore Agrario*, 31, 68-69.
- Baca F., 1993. New member of the harmful entomofauna of Yugoslavia *Diabrotica virgifera virgifera* LeConte (Coleoptera: Chrysomelidae). *IWGO Newsletter* 13, 1-2, 21-22.
- Barčić J.I., 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.
- Bayar K., Komáromi J., Kiss, J., Edwards, C.R., Hatala-Zsellér I., Széll, E., 2003. Characteristics of a population of western corn rootworm (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte) in continuous maize. *Növénytermelés*, 52, 185 – 202.
- Bergman, M.K., Turpin, F.T., 1984. Impact of corn planting date on the population dynamics of corn rootworms (Coleoptera: Chrysomelidae). *Environmental Entomology*, 13, 898-901.
- Boetel, M.A., Fuller B.W., Evenson, P.D., 2003. Emergence of adult northern and western corn rootworms (Coleoptera: Chrysomelidae) following reduced soil insecticide applications. *Journal of Economic Entomology*, 96, 714-729.
- Campbell L.A., Meinke L.J., 2006. Seasonality and adult habitat use by four *Diabrotica* species at prairie-corn interfaces. *Environmental Entomology*, 35, 922- 36.
- Coats S.A., Tollefson J.J., Mutchmor J.A., 1986. Study of migratory flight in the western corn rootworm (Coleoptera: Chrysomelidae). *Environmental Entomology*, 15, 1-6.
- 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.
- Furlan L., Bariselli M., Canzi S., Vettorazzo M., Michelatti G., Frausin G., Governatori G., Tessari L., Sottovia A., Baldi I., Travaglini G., Bianco M., Emanuelli A., Faraglia B., 2006. Diffusione di *Diabrotica virgifera virgifera* in Italia e strumenti per un controllo integrato. *Atti Giornate Fitopatologiche*, 2006, I, 159-166.
- Hein G.L., Tollefson J.J., 1987. Model of the biotic potential of western corn rootworm (Coleoptera: Chrysomelidae) adult populations, and its use in studying population dynamics. *Environmental Entomology*, 16, 446-452.
- Henderson C.F., Tilton E. W., 1955. Tests with acaricides against the brown wheat mite. *Journal of Economic Entomology*, 48, 157-161.
- Kiss J., Komáromi 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 *Western Corn Rootworm Ecology and Management* (Vidal S. *et al.* eds), cap. 10, CABI Publishing.
- Lance D.R., Elliott N.C., Hein G.L., 1989. Flight activity of *Diabrotica* spp. at the borders of corn fields and its relations to ovarian stage in *D. barberi*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 50, 61-67.
- Meinke L., Sappington T.W., Onstad D.W., Guillemaud T., Miller N., Komáromi J., Levay N., Furlan L., Kiss J., Toth F., 2009. Western corn rootworm (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte) population dynamics. *Faculty Publications: Department of Entomology*, paper

244. <http://digitalcommons.unl.edu/entomologyfacpub/244>.
- Naranjo S.E., 1991. Movement of corn rootworm beetles, *Diabrotica* spp. (Coleoptera: Chrysomelidae), at cornfields boundaries in relation to sex, reproductive status and crop phenology. *Environmental Entomology*, 20, 230-240.
- Onstad D.W., Crowder D.W., Mitchell P.D., Guse C.A., Spencer J. L., Levine E., Gray M.E., 2003. Economics versus alleles: balancing IPM and IRM for rotation-resistant western corn rootworm (Coleoptera: Chrysomelidae). *Journal of Economic Entomology*, 96, 1872–1885.
- Oyediran I.O., Hibbard B.E., Clark T.L., French B.W., 2004. Selected grassy weeds as alternate hosts of the northern corn rootworm (Coleoptera: Chrysomelidae). *Environmental Entomology*, 33, 1497–1504.
- Toepfer S., Kuhlmann U., 2005. Natural mortality factors acting on western corn rootworm populations: a comparison between the united states and Central Europe. In *Western Corn Rootworm Ecology and Management* (Vidal S. *et al.* eds), cap. 5, CABI Publishing.
- Toepfer S., Kuhlmann U., 2006. Constructing life-tables for the invasive maize pest *Diabrotica virgifera virgifera* (Coleoptera: Chrysomelidae) in Europe. *Journal of Applied Entomology*, 130, 4, 193–205.