

Alma Mater Studiorum – Università di Bologna

DOTTORATO DI RICERCA IN
Entomologia Agraria

Ciclo XXV

Settore Concorsuale di afferenza: 07/D1

Settore Scientifico disciplinare: AGR/11

Biologia di *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae), interazioni con l'ambiente e valutazione di tecniche di contenimento ecocompatibili

Presentata da: Sandro Frati

Coordinatore Dottorato
Prof.ssa
Maria Luisa Dindo

Relatore
Prof.ssa
Luciana Tavella

Esame finale anno 2013

Ringraziamenti

Desidero innanzitutto ringraziare la mia famiglia. Senza il suo insostituibile sostegno e buonumore tutto questo non sarebbe stato possibile.

Un sentito grazie va alla Professoressa Luciana Tavella (Università degli Studi di Torino) per aver supervisionato e controllato con occhio critico e attento ogni parte di questo percorso.

Grazie al Professor Fabio Molinari (Università Cattolica del Sacro Cuore, Sede di Piacenza) per aver permesso che tutto questo avesse inizio.

Grazie al CReSO per avermi fornito un prezioso supporto logistico per le prove sperimentali e la stesura della tesi.

Grazie alla Dott.ssa Barbara Ingegno (Università degli Studi di Torino) per aver lavorato con me.

Grazie ai ragazzi di DIVAPRA – Entomologia e Zoologia applicate all'Ambiente “Carlo Vidano” dell'Università degli Studi Torino per il loro aiuto e le loro delucidazioni.

Grazie a tutti gli amici, vicini e lontani, per la loro simpatia e per aver rischiarato i momenti di difficoltà con la loro spensieratezza.

Ringrazio infine tutti coloro che non hanno creduto in me, per avermi permesso di dimostrare loro la portata del loro errore.

Riassunto

Tuta absoluta (Meyrick) è un lepidottero originario dell'America meridionale, infestato a pomodoro e ad altre solanacee coltivate e spontanee. Con l'attività trofica le larve causano mine fogliari e gallerie nei frutti, con conseguenti ingenti danni alle colture. *T. absoluta* è stato segnalato per la prima volta in Italia nel 2008 e in Piemonte nel 2009. Pertanto le ricerche sono state condotte per rilevarne la distribuzione in Piemonte, studiarne l'andamento di popolazione in condizioni naturali e controllate, e valutare l'efficacia di differenti mezzi di lotta al fine di definire le strategie di difesa. Il monitoraggio, condotto nel 2010, ha evidenziato come *T. absoluta* sia ormai largamente diffuso sul territorio regionale già pochi mesi dopo la segnalazione. L'insetto ha mostrato di prediligere condizioni climatiche più miti; infatti è stato ritrovato con maggiore frequenza nelle aree più calde. Il fitofago ha raggiunto densità di popolazione elevate a partire dalla seconda metà dell'estate, a ulteriore dimostrazione che, in una regione a clima temperato come il Piemonte, *T. absoluta* dà origine a infestazioni economicamente rilevanti solo dopo il culmine della stagione estiva. Per definire le strategie di lotta, sono state condotte prove in laboratorio, semi-campo e campo volte a valutare la tossicità nei confronti del lepidottero di preparati a base di emamectina benzoato, rynaxypyr, spinosad e *Bacillus thuringiensis* Berliner. In campo è stata verificata anche l'efficacia del miride dicifino *Macrolophus pygmaeus* (Rambur), reperibile in commercio. In tutte le prove, è stata riscontrata una maggiore efficacia di rynaxypyr ed emamectina benzoato. In campo *M. pygmaeus* ha mostrato difficoltà d'insediamento ed è stato in grado di contenere efficacemente il fitofago soltanto con bassi livelli d'infestazione. Per contro è stata costantemente osservata la presenza naturale di un altro miride dicifino *Dicyphus errans* (Wolff), che in laboratorio ha mostrato di non essere particolarmente disturbato dalle sostanze saggiate.

Abstract

Biology of Tuta absoluta (Lepidoptera: Gelechiidae), interactions with the environment and evaluation of ecofriendly control strategies.

The tomato borer *Tuta absoluta* (Meyrick) is a native pest from South America, infesting tomato and other cultivated and wild Solanaceae species. With their trophic activity larvae produce large foliar mines and galleries on fruits, causing severe damage on the crops. *T. absoluta* was reported for the first time in Italy in 2008 and in Piedmont (NW Italy) in 2009. Therefore, the research activities were aimed at assessing the distribution in Piedmont and the population dynamics with natural and artificial infestation, and evaluating different control measures to implement effective control strategies. In the sampling in 2010, *T. absoluta* proved to be widespread in the regional area already a few months after its first report. The tomato borer showed to prefer mild climatic conditions; it was found more frequently in warmer areas. *T. absoluta* reached high population densities after the second half of summer, further confirming that, in a cold area as Piedmont, it can cause severe economic damage only after the peak of summer. Laboratory, semi-field and field trials were carried out to evaluate the toxicity of emamectin benzoate, rynaxypyr, spinosad and *Bacillus thuringiensis* Berliner. In the field, the effectiveness of *Macrolophus pygmaeus* (Rambur) (Hemiptera: Myridae) was also assessed. In all the trials, rynaxypyr and emamectin benzoate showed the highest efficacy. *M. pygmaeus* exhibited some difficulties to establish, and was able to control effectively the pest only with low infestation levels. On the other hand, the natural presence of another predatory bug, *Dicyphus errans* (Wolff) (Hemiptera: Myridae), was observed. Moreover, *D. errans* was not heavily affected by the side effects of the active ingredients tested against *T. absoluta* in laboratory conditions.

Sommario

INTRODUZIONE.....	3
ORIGINI E CLASSIFICAZIONE TASSONOMICA	3
BIOLOGIA	3
SPECIE OSPITI E DANNI	6
CRITERI DI PREVENZIONE E DI LOTTA.....	8
LOTTA CHIMICA	9
LOTTA BIOLOGICA	10
I MIRIDI DICIFINI PREDATORI SU POMODORO	12
DISTRIBUZIONE.....	13
L' AMBIENTE COLTURALE PIEMONTESE	15
IL POMODORO IN PIEMONTE.....	16
SCOPO DEL LAVORO	18
DISTRIBUZIONE E PIANTE OSPITI DI <i>TUTA ABSOLUTA</i>	19
INTRODUZIONE	19
MATERIALI E METODI	20
<i>Monitoraggio della popolazione di T. absoluta in Piemonte</i>	<i>20</i>
<i>Valutazione del comportamento riproduttivo su ospiti diversi.....</i>	<i>23</i>
RISULTATI	24
<i>Monitoraggio della popolazione di T. absoluta in Piemonte</i>	<i>24</i>
<i>Valutazione del comportamento riproduttivo su ospiti diversi.....</i>	<i>28</i>
DISCUSSIONE	29
STUDIO DELL' ANDAMENTO DI POPOLAZIONE	32
INTRODUZIONE	32
MATERIALI E METODI	32
<i>Andamento della popolazione in condizioni naturali.....</i>	<i>32</i>
<i>Confronto di diverse trappole con erogatore feromonale.....</i>	<i>35</i>
<i>Andamento della popolazione con infestazione artificiale in tunnel.....</i>	<i>36</i>
RISULTATI	39
<i>Andamento della popolazione in condizioni naturali.....</i>	<i>39</i>

<i>Confronto di diverse trappole con erogatore feromonale</i>	42
<i>Andamento della popolazione con infestazione artificiale in tunnel</i>	44
DISCUSSIONE	48
VALUTAZIONE DI STRATEGIE DI LOTTA A <i>T. ABSOLUTA</i>	51
INTRODUZIONE	51
MATERIALI E METODI	52
<i>Prove in laboratorio</i>	52
<i>Prove in semi-campo</i>	53
<i>Prove in campo</i>	54
<i>Valutazione degli effetti collaterali dei trattamenti su D. errans</i>	57
RISULTATI	58
<i>Prove in laboratorio</i>	58
<i>Prove in semi-campo</i>	61
<i>Prove in campo</i>	62
<i>Valutazione degli effetti collaterali dei trattamenti su D. errans</i>	63
DISCUSSIONE	64
CONCLUSIONI	73
LAVORI CITATI	75

Introduzione

Origini e classificazione tassonomica

Tuta absoluta (Meyrick) è un lepidottero di piccole dimensioni originario dell'America meridionale. Il suo inquadramento tassonomico ha subito nel tempo alcune modifiche. Questo insetto è stato descritto per la prima volta da Meyrick (1917) come *Phthorimaea absoluta* in seguito all'osservazione di un maschio adulto nella località peruviana di Huancayo, all'altitudine di 3246 m s.l.m. Clarke (1965) osservò la specie presso le isole Juan Fernandez al largo della costa cilena; segnalò inoltre che si nutriva su patata e pomodoro anche in località vicine. Povolny (1964) descrisse l'insetto come *Scrobipalpula*, e trasferì la specie *absoluta* a questo genere. Becker (1984) incluse *absoluta* in *Scrobipalpula* in Heppner's Atlas of Neotropical Lepidoptera (Checklist, parte I). Successivamente Povolny (1994) trasferì *absoluta* dal genere *Scrobipalpula* al genere *Tuta* come nuova combinazione.

Il genere *Tuta* e la sua specie tipo *atriplicella* furono descritti da Kieffer e Jörgesen nel 1910. Meyrick (1925) mise il genere *Tuta* in sinonimia con *Gnorimoschema*. Hodges e Becker classificarono nel 1990 *T. atriplicella* come congenere della specie tipo del genere *Phthorimaea*, *P. operculella* (Zeller), e conseguentemente questi due generi furono messi in sinonimia. Nel 1993 Povolny reinstallò *Tuta* come genere indipendente a tutti gli effetti, anche se i due generi furono nuovamente messi in sinonimia da Lee *et al.* (2009) sulla base della similarità della morfologia dell'apparato genitale maschile di *T. atriplicella* e *P. operculella*. Un recente studio sui Gnorimoschemini europei (Huemer e Karsholt, 2010) ha tuttavia adottato l'approccio di considerare *Tuta* come genere valido e indipendente.

Attualmente la specie è quindi classificata come segue:

Regno: Animalia; Phylum: Arthropoda; Classe: Insecta; Ordine: Lepidoptera; Superfamiglia: Gelechioidea; Famiglia: Gelechiidae; Genere: *Tuta*; Specie: *absoluta*.

Biologia

Tuta absoluta è un insetto multivoltino, e in un recente studio è stato suggerito che si tratti di una specie con strategia riproduttiva *r* (Pereyra e Sánchez, 2006). Il numero di generazioni è molto alto, fino a una dozzina all'anno nei Paesi di origine, e queste tendono rapidamente a sovrapporsi (Miranda *et al.*, 1998). In Italia il numero delle generazioni

aumenta passando dalle regioni settentrionali a quelle meridionali. In serra *T. absoluta* è troficamente attivo per gran parte dell'anno (Sannino e Espinosa, 2010a).

Come altre specie della famiglia, anche *T. absoluta* ha un ciclo privo di diapausa, con lunghezza degli stadi variabile in dipendenza delle condizioni ambientali e in particolare della temperatura. La durata del ciclo vitale dipende fortemente dalle condizioni ambientali, con tempi medi di 76,3 giorni con temperatura prossima ai 14,0°C, di 39,8 giorni con 19,7°C e di 23,8 giorni a 27,1°C (Barrientos *et al.*, 1998). Le soglie termiche dei diversi stadi sono state stimate pari a $6,9 \pm 0,5^\circ\text{C}$, $7,6 \pm 0,1^\circ\text{C}$ e $9,2 \pm 1^\circ\text{C}$ rispettivamente per uovo, larva e pupa; la soglia termica complessiva è stata determinata pari a $8,1 \pm 0,2^\circ\text{C}$ (Barrientos *et al.*, 1998).

In uno studio effettuato su una popolazione raccolta in campo in Venezuela, la sex-ratio era pari a 1 maschio ogni 1,33 femmine. I maschi risultavano maggiormente longevi delle femmine. In condizioni di laboratorio, la longevità media era di $26,47 \pm 7,89$ giorni per i maschi accoppiati e di $36,17 \pm 6,55$ giorni per quelli vergini, mentre era di $23,24 \pm 5,89$ giorni per le femmine accoppiate e di $27,81 \pm 10,78$ giorni per quelle vergini (Fernandez e Montagne, 1990). Altri studi evidenziano tuttavia una longevità minore per entrambi i sessi, stimata intorno ai 6-7 giorni per i maschi e ai 10-15 giorni per le femmine (Estay, 2000).

Entrambi i sessi sono in grado di accoppiarsi più volte durante il loro ciclo vitale. Il primo accoppiamento avviene normalmente subito dopo lo sfarfallamento, spesso all'alba (Vargas, 1970). Infatti in studi condotti in Cile il maggior numero di maschi veniva catturato con le trappole a feromone fra le 7 e le 11 del mattino, suggerendo che si tratti proprio del momento in cui i maschi volano alla ricerca delle femmine fertili (Desneux *et al.*, 2010).

Il periodo che intercorre fra lo sfarfallamento delle femmine e l'inizio dell'ovideposizione è di $2,40 \pm 0,61$ giorni (Fernandez e Montagne, 1990). Ogni femmina depone in media da 60 a 120 uova nel corso della vita (Torres *et al.*, 2001), anche se in una ricerca svolta in Brasile è stata riportata una prolificità massima di 260 uova per femmina (Uchôa-Fernandes *et al.*, 1995).

Gli studi sull'ovideposizione effettuati in condizioni di laboratorio evidenziano che le uova vengono deposte per più di 20 giorni dalla stessa femmina; tuttavia il 72,3% e il 90% dell'ovideposizione avviene rispettivamente durante i primi 5 e 10 giorni di vita della femmina (Fernandez e Montagne, 1990). Le uova sono deposte isolate o più raramente in piccoli gruppi su tutta la parte epigea della pianta. Gli organi preferiti per l'ovideposizione sono le foglie ed il fusto; più raramente *T. absoluta* ovidepone sui frutti (Desneux *et al.*, 2010).

Gli stadi giovanili sono composti da quattro larvali ed uno pupale. Le quattro età larvali sono ben definite e presentano dimensioni e colorazione differenti (Figura 1) (Estay,

2000). Dopo la schiusura delle uova, le larve penetrano prontamente nei tessuti vegetali ed iniziano a nutrirsi di questi, producendo nelle foglie le caratteristiche mine (Figura 2). Le larve sono in grado di spostarsi sulla pianta; la loro dispersione è stata posta in relazione con la temperatura nella mina, l'esaurimento di cibo e l'accumulo di materiale fecale (Torres *et al.*, 2001). Al termine della quarta età, le larve si lasciano cadere, per mezzo di un filo di seta, al suolo dove s'impupano. Nonostante *T. absoluta* s'impupi più frequentemente al suolo, sono state spesso osservate pupe sulla pianta ospite, specialmente su fusto e foglie (Desneux *et al.*, 2010). Le pupe presentano una lunghezza media di 5-6 mm e sono cilindriche, di colore inizialmente verde, poi sempre più scuro sino alla fuoriuscita dell'adulto.

Gli adulti sono lunghi 6-7 mm, con le femmine solitamente più grandi dei maschi, essi hanno antenne filiformi e sono ricoperti di scaglie che vanno dall'argentato al grigio (Figura 3) (Coelho e França, 1987). Sulle ali anteriori sono presenti caratteristici puntini neri.



Figura 1 - Larva di *Tuta absoluta* su pomodoro.



Figura 2 - Mine fogliari causate da *Tuta absoluta* su pomodoro.



Figura 3 - Adulto di *Tuta absoluta* su pomodoro infestato.



Figura 4 - Coltivazione di pomodoro gravemente danneggiata da *Tuta absoluta*.

Specie ospiti e danni

Tuta absoluta è una specie fitofaga il cui ospite primario è rappresentato dal pomodoro (*Lycopersicon esculentum* Miller) (Desneux *et al.*, 2010). Il lepidottero è comunque in grado di sopravvivere e riprodursi su altre solanacee coltivate, quali melanzana (*Solanum melongena* L.), patata (*S. tuberosum* L.), caciuma (*S. muricatum* L.), e tabacco (*Nicotiana tabacum* L.) (Vargas, 1970; Campos, 1976). Alcune solanacee spontanee (*S. nigrum* L., *S. eleagnifolium* L., *S. bonariense* L., *S. sisymbriifolium* Lam., *S. saponaceum* Ph., *Lycopersicum puberulum* Ph., *N. glauca* Graham, *Datura ferox* L., *D. stramonium* L.) possono inoltre rappresentare ospiti alternativi (Garcia e Espul, 1982; Larraín, 1986). Successivamente alla comparsa di *T. absoluta* in Europa la lista delle specie ospiti, effettive o potenziali, è stata ulteriormente allungata. Il fitofago è stato infatti segnalato su uciuva (*Physalis peruviana* L.) (Tropea Garzia, 2009), fagiolo (*Phaseolus vulgaris* L.) (EPPO, 2009), *Lycium* sp. e *Malva* sp. (Caponero, 2009).

Con l'attività trofica *T. absoluta* è in grado di causare ingenti danni specialmente su pomodoro, nell'area di origine possono raggiungere 80-100% (Apablaza, 1992; López, 1991). In molti Paesi dell'America meridionale (Argentina, Bolivia, Brasile, Cile, Colombia, Ecuador, Paraguay, Perù, Uruguay e Venezuela) è infatti considerato una delle principali avversità per questa coltura (Barrientos *et al.*, 1998; Estay, 2000). Su patata *T. absoluta* attacca solamente la parte epigea e non danneggia direttamente il tubero; tuttavia l'attività trofica delle larve a spese del fogliame può incidere indirettamente sulla resa della coltura e con

condizioni ambientali predisponenti questo fitofago può causare danni ingenti (Pereyra e Sánchez, 2006).

Sul fogliame della pianta ospite, i danni sono causati dalla formazione di mine nel mesofillo da parte delle larve. La larva si nutre del solo parenchima, scavando una mina che risulta inizialmente poco visibile perché sottilissima (circa 0,2 mm di larghezza) e lineare, dopo 5-10 mm comincia ad allargarsi rapidamente divenendo molto tortuosa e finendo di solito per formare nell'ultimo tratto un'unica grande camera vescicolosa (ampia 2,0-2,5 cm²), da cui spesso si diramano alcune brevi mine digitiformi (Sannino e Espinosa, 2010a) (Figure 2 e 3). Ciò influisce sulla capacità fotosintetica della pianta che può essere fortemente debilitata e andare anche incontro a morte. In caso di alta densità di popolazione mine diverse possono fondersi fra loro, e coinvolgere anche piccioli e steli. Le gallerie nei fusti alterano lo sviluppo generale della pianta causando estese necrosi (Figura 4).

Sui frutti l'attività trofica delle larve si esplica in modi differenti. Le larve emerse da uova deposte sul calice, data la ridotta dimensione di quest'organo, sono costrette dopo pochissimi giorni ad abbandonare le mine ivi prodotte per trasferirsi sul frutto, ciò comporta la prevalenza di fori di ingresso sotto i sepali del calice o nelle immediate vicinanze (Sannino e Espinosa, 2010a). I fori prodotti a distanza dal calice (localizzabili in qualsiasi punto della bacca, anche nelle zone più scoperte) sono invece generalmente dovuti a larve erranti, che non hanno potuto completare lo sviluppo su foglie e steli.

I frutti possono essere attaccati in qualsiasi stadio di sviluppo. Se colpiti subito dopo l'allegagione si bloccano nello sviluppo o crescono stentatamente evidenziando malformazioni. Se l'attacco avviene su frutti verdi, dopo pochi giorni l'area interessata dalla mina invaia precocemente e intorno ai fori d'ingresso si forma spesso un accumulo di escrementi delle larve. In seguito all'attacco, le bacche sono spesso invase da microrganismi patogeni che, a partire dalle mine, portano a marcescenza l'intero frutto, costringendo le larve a trasferirsi su frutti sani. La presenza di gallerie nei frutti rappresenta infine un danno estetico che li rende spesso non commercializzabili. I danni causati dal lepidottero possono inoltre interessare anche il pomodoro trasformato, con frequente rinvenimento di larve nelle conserve. I frutti attaccati a maturazione e subito avviati alla lavorazione industriale non sempre presentano alterazioni evidenti (i fori d'ingresso delle gallerie sono piccoli e spesso nascosti dal calice) e possono sfuggire alle cernite, specialmente in partite con basso livello di attacco. Ritrovamenti di larve in pomodori pelati lavorati nel Sarnese (Salerno) sono stati segnalati già in partite inscatolate nel 2008 (Sannino e Espinosa, 2010a).

Infine, non trascurabili sono ancora i danni a carico dei giovani germogli (Desneux *et al.*, 2010).

Criteri di prevenzione e di lotta

La lotta a questo lepidottero è resa particolarmente difficile da diversi fattori. *T. absoluta* è particolarmente prolifico ed in grado di vivere a spese di diverse specie vegetali. L'attività trofica delle larve si esplica poi soprattutto all'interno degli organi vegetali attaccati, rendendo maggiormente difficile l'applicazione di trattamenti. Non per ultimo, la crescente diffusione di colture protette a discapito della tradizionale coltivazione in pieno campo favorisce la presenza di ripari in cui il lepidottero può annidarsi per cercare riparo ed eventualmente svernare (Sannino e Espinosa, 2010a).

Una guida edita da USDA (2011) relativamente agli Stati Uniti (Paese in cui, ad oggi, *T. absoluta* non è ancora stato segnalato) elenca alcune azioni preventive volte ad evitare la diffusione del fitofago. Il lepidottero può essere diffuso con la movimentazione di piante infestate. È di conseguenza molto importante proteggere tutte le strutture destinate ad ospitare giovani piante in fase di spostamento, quali quelle dei vivai. La collocazione di reti a maglia fine (diametro non superiore a 1,6 mm) su porte e finestre, unita al posizionamento di porte doppie a chiusura automatica può fornire un'adeguata protezione ostacolando l'ingresso degli adulti dall'esterno. Tuttavia, per ottenere la massima efficacia sarebbe necessario mantenere le serre perfettamente chiuse soprattutto di notte, quando i voli degli adulti sono più frequenti. Particolare attenzione va riservata anche all'impianto di illuminazione, tenendo presente che le lampade costituiscono un elemento di richiamo per i lepidotteri.

All'interno dell'impianto particolare rilievo assumono le pratiche colturali, come la distruzione dei residui della coltivazione per ridurre in potenziale di infestazione. Anche gli avvicendamenti colturali con piante diverse dalle solanacee, che interrompono il ciclo dell'insetto, e le lavorazioni superficiali del terreno, che distruggono le crisalidi svernanti al suolo tra i detriti, concorrono a contrastare la tignola. Al riguardo è stato osservato che dai residui della coltura precedente possono sfarfallare adulti di *T. absoluta* per circa un mese (Sannino e Espinosa, 2010a).

Altre misure legate alla gestione del pomodoro che non devono essere trascurate sono l'eliminazione accurata dei residui della sfogliatura, la distruzione di tutte le parti della pianta infestate e la disinfezione del terreno fra un ciclo colturale e l'altro. È infine raccomandabile tenere sotto controllo gli orti familiari, spesso pericolosi serbatoi di *T. absoluta*. Nello stesso

modo anche le solanacee spontanee che si trovano all'interno o all'esterno delle serre, in particolar modo *S. nigrum*, dovrebbero essere eliminate poiché possono costituire sorgenti di infestazione.

Come per altri insetti del pomodoro caratterizzati da elevata prolificità, anche per *T. absoluta* è opportuno contrastarne lo sviluppo sin dall'inizio, evitando che raggiunga densità di popolazione troppo elevate (Sannino e Espinosa, 2010a). Il sistema di monitoraggio più efficace per individuare i picchi dei voli è basato sull'uso delle trappole con attrattivi sessuali (Benvenega *et al.*, 2007). Le trappole permettono di accertare presenza e fluttuazioni del volo dei maschi. Rappresentano quindi uno strumento indispensabile per il monitoraggio delle popolazioni, ma possono divenire utili anche per abbassare i livelli di infestazione attraverso il metodo della cattura massale, soprattutto se impiegate sistematicamente su vasta scala (Sannino e Espinosa, 2010b).

Esistono ad oggi in commercio diverse tipologie di trappole per la cattura massale, adatte al controllo di diverse specie di lepidotteri. Queste trappole vanno poste sin dal trapianto della coltura, in numero di 15-20 ha⁻¹ (in funzione dell'intensità dell'attacco) ai lati e all'interno della coltivazione, a una distanza di 20-30 m una dall'altra (Sannino e Espinosa, 2010a). Sono costituite da un contenitore di varia foggia in cui è presente un liquido oleoso, con un erogatore di feromone collocato circa 5 cm sopra il liquido. Gli insetti, attratti dal feromone, cadranno nel liquido e non riusciranno ad uscire. È molto importante utilizzare solamente liquidi inodori per evitare interferenze con il feromone.

Altre trappole utilizzabili contro *T. absoluta* sono quelle luminose, che catturano gli adulti di entrambi i sessi (Sannino e Espinosa, 2010a). Queste sono costituite da una fonte luminosa in grado di attrarre gli insetti; gli esemplari catturati vengono poi uccisi grazie a una resistenza elettrica o alla presenza di un liquido oleoso analogo a quello delle trappole per cattura massale descritte precedentemente. Le trappole luminose presentano lo svantaggio di non essere selettive, infatti possono catturare anche insetti utili, quali entomofagi e impollinatori.

Lotta chimica

La lotta chimica ha rappresentato storicamente il principale metodo di contenimento di questo fitofago nell'area di origine (Lietti *et al.*, 2005). I fosfororganici furono utilizzati inizialmente, per poi essere soppiantati dai piretroidi nei primi anni settanta. All'inizio degli anni ottanta la nuova molecola cartap fu impiegata in alternanza con piretroidi e tiociclam,

manifestando un'elevata efficacia (Lietti *et al.*, 2005). Fra le nuove molecole insetticide sintetizzate a partire dagli anni novanta, abamectina, acilurea, spinosad, tebufenozide e clorfenapyr furono utilizzati con successo contro *T. absoluta*. In alcuni casi la percentuale di mortalità delle larve sottoposte al trattamento raggiunse il 100% (Silvério *et al.*, 2009). In Italia contro questa avversità è stato autorizzato l'uso di diverse molecole insetticide (Tabella 1).

Allo stato attuale l'applicazione della lotta chimica è in gran parte basata sulla valutazione di soglie d'intervento, che possono essere determinate in diversi modi. Uno dei più diffusi è il conteggio degli esemplari catturati nelle trappole per il monitoraggio (Benvenga *et al.*, 2007); il numero di adulti presenti nelle trappole può poi essere correlato con quello di larve sulla pianta o con la percentuale di prodotto danneggiato, come è già stato effettuato per altri lepidotteri di interesse economico (Faccioli, 1993).

Tabella 1 – Molecole autorizzate in Italia contro *Tuta absoluta* (SIAN, 2012).

Molecola	gruppo chimico	meccanismo d'azione
emamectina benzoato	avermectine	attivatori del canale cloro
metaflumizone	semicarbazone	inibitori del canale sodio
lambda cialotrina	piretroidi	regolatori del canale sodio
rynaxypyr	antranilamidi	attivatore dei recettori della rianodina
spinosad	spinosine	regolatori dei recettori dell'acetilcolina
metomil	carbammati	inibitori dell'acetilcolinesterasi
indoxacarb	diazine	inibitori del canale sodio

Lotta biologica

Nell'area di origine sono stati osservati diversi nemici naturali in grado di controllare le popolazioni di *T. absoluta* (Luna *et al.*, 2010). Studi effettuati nel bacino del Mediterraneo successivamente all'introduzione del lepidottero in Europa hanno accertato la presenza di svariati limitatori anche nel continente europeo (Riciputi, 2011; Mollá *et al.*, 2010; Urbaneja *et al.*, 2009). Alcuni di questi predatori e/o parassitoidi vengono oggi utilizzati con successo come mezzo di lotta sulle colture (Desneux *et al.*, 2010; Urbaneja *et al.*, 2012).

Molte specie di predatori, quali *Macrolophus pygmaeus* (Rambur) e *Nesidiocoris tenuis* (Reuter) (Hemiptera: Miridae) e *Nabis pseudoferus* (Remane) (Hemiptera: Nabidae), sono stati osservati in attività su uova e larve di *T. absoluta* nell'area mediterranea (Cabello *et*

al., 2009; Urbaneja *et al.*, 2009; Desneux *et al.*, 2010; Urbaneja *et al.*, 2012), In particolare i due miridi *M. pygmaeus* e *N. tenuis* sono attualmente fra i predatori maggiormente utilizzati contro il lepidottero esotico, e verranno di seguito descritti più ampiamente.

Gran parte dei parassitoidi indigeni adattatisi su *T. absoluta* nel bacino del Mediterraneo parassitizza uova o larve; non sono ad oggi infatti stati segnalati parassitoidi di adulti e pupe, anche se la mancanza di informazioni potrebbe essere dovuta alla scarsità di campionamenti su questi due stadi (Urbaneja *et al.*, 2012). Il parassitoide di uova *Trichogramma achaeae* Nagaraja & Nagarkatti (Hymenoptera: Trichogrammatidae) è stato segnalato su *T. absoluta* (Desneux *et al.*, 2010), ed è commercializzato da tempo dalle biofabbriche. La sua introduzione negli impianti italiani non è tuttavia così conveniente in quanto si tratta di una specie esotica ancora non presente in natura nel nostro Paese. L'immissione deliberata di un organismo esotico in un ambiente estraneo può infatti causare ripercussioni anche gravi sulla fauna e sulla flora autoctone (Nafus, 1993; Urbaneja *et al.*, 2012). Fra i parassitoidi indigeni del nostro Paese in grado di vivere a spese di *T. absoluta* vi sono alcune specie appartenenti al genere *Necremnus* (Hymenoptera: Eulophidae); *N. prope artynes* (Walker) e *N. prope tidius* (Walker) hanno parassitizzato con successo il lepidottero in condizioni di laboratorio (Ferracini *et al.*, 2012b). In una recente ricerca condotta in Toscana *Agathis fuscipennis* (Zetterstedt) (Hymenoptera: Braconidae) è stato ritrovato per la prima volta su larve di *T. absoluta*, a ulteriore dimostrazione di come una specie indigena si possa adattare alla comparsa di un fitofago esotico (Loni *et al.*, 2011).

Un altro agente, che trova un grande utilizzo nella lotta contro gli insetti dannosi e nello specifico contro questo lepidottero, è il batterio *Bacillus thuringiensis* Berliner (Firmicutes: Bacillaceae), che viene da tempo utilizzato a livello mondiale per il controllo di diverse specie di lepidotteri, ditteri e coleotteri. Recenti studi condotti sul microrganismo ne hanno evidenziato l'efficacia anche contro *T. absoluta* (Urbaneja *et al.*, 2010). Molto importante fra i microrganismi entomopatogeni è anche il fungo ascomicete *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin, che è stato in grado di incrementare l'efficacia di *B. thuringiensis* nella lotta contro il fitofago (Torres *et al.*, 2009).

Anche alcuni nematodi entomopatogeni appartenenti ai generi *Steinernema* (Nematoda: Steinernematidae) e *Heterorhabditis* (Nematoda: Heterorhabditidae) sono stati saggiati con successo contro il lepidottero in condizioni di laboratorio (Urbaneja *et al.*, 2012).

I miridi dicifini predatori su pomodoro

Numerosi artropodi sono in grado di infestare il pomodoro, responsabili anche di pesanti danni economici. Tra questi si annoverano acari, tripidi, aleirodidi, afidi, ditteri e lepidotteri. Nonostante la grande eterogeneità di fitofagi e fitomizi, tra i principali nemici naturali che spontaneamente colonizzano il pomodoro svolgono un importante ruolo alcune specie di miridi dicifini, caratterizzate da un regime alimentare zoofitofago. Oltre ai già citati *M. pygmaeus* e *N. tenuis*, alcune fra le specie maggiormente riscontrate sono *Dicyphus tamaninii* Wagner e *D. errans* (Wolff) (Perdikis *et al.*, 2011).

Gli adulti di queste specie si sono rivelati voraci predatori di uova di *T. absoluta*, e di larve, specialmente quelle delle prima età (Urbaneja *et al.*, 2012). In condizioni di laboratorio è stata valutata la capacità di predazione di *M. pygmaeus* e *N. tenuis* nei confronti del lepidottero esotico; entrambe le specie sono risultate efficienti predatori di uova e di larve, con una preferenza per i primi stadi larvali (Urbaneja *et al.*, 2009). Le dimensioni ridotte e la grande voracità di questi insetti permette loro di esplorare la parte aerea delle piante infestate alla ricerca di uova e primi stadi larvali, che vengono attaccati se sorpresi fuori dalle mine. *M. pygmaeus* viene allevato dalle biofabbriche ed è disponibile in commercio e largamente utilizzato negli impianti di pomodoro da prima della comparsa in Europa di *T. absoluta* in quanto è uno dei principali nemici naturali di aleirodidi (Arnó *et al.*, 2009). Un altro miride dificino, prodotto dalle biofabbriche e posto in commercio, che può essere utilizzato per il controllo del lepidottero, è *N. tenuis*. La densità di rilascio, che si raccomanda per entrambe le specie nelle serre di pomodoro, è di 1-2 individui m⁻² (Urbaneja *et al.*, 2012).

Il particolare regime alimentare permette a queste specie di sopravvivere a spese delle piante ospiti anche con scarsità o assenza di prede (Eubanks e Denno, 1999). Sono infatti attratte dalle piante, che emettono composti volatili con caratteristiche qualitative e quantitative differenti a seconda della specie vegetale e del fitofago che le sta attaccando (Paré e Tumlinson, 1999). È proprio l'interazione tritrofica predatore-preda-pianta che regola la comparsa e l'insediamento dei dificini sulla coltura (Ingegno *et al.*, 2011). In primavera questi, specialmente le femmine fertili, migrano dai rifugi in cui hanno svernato sul pomodoro dove, se non disturbati dai trattamenti insetticidi, possono contribuire efficacemente a contenere l'infestazione di molti fitofagi (Tavella *et al.*, 1997).

Successivamente all'introduzione di *T. absoluta* in Europa e nell'area mediterranea, diversi autori hanno segnalato la predazione del lepidottero da parte dei miridi dificini già insediati nelle coltivazioni di pomodoro nel bacino del Mediterraneo. In uno studio condotto in Algeria per indagare l'adattabilità di *N. tenuis*, endemico nel Maghreb, quale predatore di

T. absoluta, mediante l'osservazione dei rispettivi cicli è stata dimostrata la compatibilità fra il miride indigeno e il lepidottero esotico (Boualem *et al.*, 2012).

Distribuzione

L'introduzione di individui in aree geograficamente distanti può in determinate circostanze portare all'invasione, cioè al loro insediamento, moltiplicazione e diffusione in una nuova area geografica. Le ragioni del successo o del fallimento di queste introduzioni rimangono poco chiare e costituiscono un'importante area di ricerca nel campo della biologia dell'invasione (Kolar e Lodge, 2001). La storia recente di *T. absoluta* evidenzia come questo insetto sia rimasto confinato in Sud America sino a pochi anni fa, quando è diventato improvvisamente invasivo in varie parti del mondo, comprese la parte settentrionale del suo areale di distribuzione originario (Centro America) e aree geograficamente distanti come Africa ed Europa.

Fra le possibili cause possono essere annoverati l'aumento degli scambi tra i continenti, cambiamenti nell'ambiente che portano ad una maggiore adattabilità degli individui introdotti, oppure cambiamenti nell'evoluzione delle caratteristiche biologiche dell'insetto (Facon *et al.*, 2006). Inoltre, dopo l'insediamento della specie nel continente europeo, la colonizzazione dei Paesi del Mediterraneo è stata eccezionalmente rapida, con una diffusione geografica di circa 4000 km in 5 anni (Desneux *et al.*, 2011). Tale velocità può essere influenzata dalla maggiore facilità di dispersione dovuta all'aumento degli spostamenti delle persone e delle merci, ma potrebbe anche essere determinata da fenomeni ecologici o evolutivi (Desneux *et al.*, 2011).

In primo luogo, l'ambiente del Mediterraneo potrebbe risultare particolarmente adatto per l'insediamento di una specie con le caratteristiche di *T. absoluta* a causa di vari fattori, quali le condizioni climatiche, l'ampia gamma di varietà di pomodoro e l'elevato numero di cicli colturali. L'assenza iniziale di nemici naturali potrebbe inoltre spiegare il motivo per il quale le dinamiche di dispersione siano state così improvvise rispetto all'areale di distribuzione originario, nel quale invece erano frequenti i nemici naturali di questa specie (Luna *et al.*, 2007). Il sistema colturale del pomodoro è inoltre maggiormente intensivo nel bacino del Mediterraneo rispetto all'area di origine (Desneux *et al.*, 2011).

Sono attualmente in corso studi volti alla comprensione delle strategie di invasione di *T. absoluta*. L'utilizzo di marcatori molecolari per descrivere la variabilità genetica delle popolazioni di questo fitofago in tutto l'areale di distribuzione non ha tuttavia mostrato

disomogeneità evidenti fra le popolazioni nelle diverse aree geografiche (Cifluentes *et al.*, 2011; Hohenlohe *et al.*, 2010). Ad oggi l'origine esatta e il percorso dell'invasione di *T. absoluta* rimangono sconosciuti. Tuttavia, non ci sono dubbi che gli studi in corso e quelli futuri, anche con l'utilizzo dei marcatori molecolari più appropriati, potranno fornire ulteriori informazioni sulla storia e sull'invasività di *T. absoluta*.

La prima segnalazione del lepidottero in Europa risale al 2007, quando fu rinvenuto in Spagna in alcune serre, dove causò seri danni alle coltivazioni di pomodoro. Durante la stagione successiva l'insetto fu segnalato su pomodoro in tutte le principali aree costiere della Spagna, in molte delle quali raggiunse la soglia di danno. Nel 2008 e nel 2009 fu rilevato nelle coltivazioni di pomodoro in Algeria, Francia meridionale, Grecia, Italia, Marocco, Portogallo e Tunisia (Potting, 2009). In Italia, nel 2008, *T. absoluta* è stato inizialmente segnalato nelle regioni di maggior produzione del pomodoro (Liguria, Sicilia, Sardegna, Calabria e Campania), per poi diffondersi, nel 2009, anche nelle altre regioni del centro-nord Italia (Sannino e Espinosa, 2010a). La specie è stata successivamente segnalata in alcuni Paesi europei con clima più freddo, quali Svizzera, Regno Unito e Paesi Bassi, dove tuttavia sembra essere confinata alle colture protette (Potting, 2009). Infine, la presenza è stata riportata in Germania meridionale, Cipro, Romania, Bulgaria (EPPO, 2012), Turchia (Kiliç, 2010), Lituania e Medio Oriente (Bahrain, Kuwait) (Desneux *et al.*, 2011).

Uno strumento utile per valutare in quali aree del nostro continente potrebbero insediarsi le specie 'aliene', come questo lepidottero, è il confronto climatico fra la zona di origine e quella di nuova colonizzazione (Mack *et al.*, 2000). Il bacino del Mediterraneo presenta condizioni climatiche simili a quelle del Sud America, area di origine di *T. absoluta*. Il lepidottero presenta esigenze ambientali compatibili con le condizioni climatiche mediterranee; il fattore limitante per la sua sopravvivenza è infatti costituito dalle basse temperature (Notz, 1992). L'insediamento della specie a latitudini più elevate è considerato quindi poco probabile in Europa, perlomeno in assenza di ripari in cui trovare riparo nei mesi invernali (Potting, 2009).

È ormai comprovato che l'ospite di elezione di *T. absoluta* è il pomodoro, gli insediamenti attuali del lepidottero sottolineano infatti l'importanza che riveste la coltura per la sua diffusione (Desneux *et al.*, 2010). Sono nove i Paesi del Mediterraneo (Algeria, Egitto, Grecia, Italia, Marocco, Portogallo, Spagna, Tunisia e Turchia) considerati i maggiori produttori di pomodoro, che costituiscono una potenziale risorsa di cibo per *T. absoluta* (Fidan e Tanrivermiş, 2006). La presenza di coltivazioni in coltura protetta può prolungare significativamente la disponibilità dell'ospite d'elezione in regioni con clima temperato (come

in Nord Europa). Se il fitofago continuasse ad espandere la sua gamma di piante ospiti, la sua diffusione attraverso l'Europa non sarebbe più limitata alle aree di produzione del pomodoro. Dati riguardanti l'incremento e la diffusione di *T. absoluta* in piante ospiti alternative sono però ancora carenti (Desneux *et al.*, 2011).

Come già ribadito, il commercio tra gli stati europei sembra essere la causa maggiore della diffusione a largo raggio di questo insetto. Tuttavia, come altre specie di lepidotteri che hanno una considerevole capacità di dispersione attiva (Chen *et al.*, 1989; Fitt, 1989; Feng *et al.*, 2005), anche *T. absoluta* probabilmente colonizza nuove aree anche attraverso il volo (colonizzazione attiva) o affidandosi alle correnti dei venti (colonizzazione passiva) (Desneux *et al.*, 2011).

Attualmente *T. absoluta* è stato segnalato nei Paesi, di seguito elencati (EPPO, 2012):

- Africa: Algeria, Egitto, Libia, Marocco, Sudan e Tunisia;
- America: Argentina, Bolivia, Brasile, Cile, Colombia, Ecuador, Panama, Paraguay, Perù, Uruguay e Venezuela;
- Asia: Arabia Saudita, Bahrein, Giordania, Iraq, Israele, Kuwait, Libano, Qatar e Siria;
- Europa: Albania, Austria, Bulgaria, Cipro, Croazia, Francia, Germania, Grecia, Italia, Lituania, Malta, Paesi Bassi, Portogallo, Regno Unito, Russia, Serbia, Slovenia, Spagna, Svizzera, Turchia (parte europea) e Ungheria.

In Piemonte la prima segnalazione di *T. absoluta* risale al 2009, quando alcuni orticoltori ne hanno evidenziato la presenza inizialmente in provincia di Torino (Pecetto e Beinasco), in seguito in provincia di Cuneo (Fossano e Ceresole d'Alba), di Alessandria (Pozzolo Formigaro) e di Asti (Sannino e Espinosa, 2010a).

L'ambiente culturale piemontese

L'orticoltura accompagna da secoli la storia rurale del Piemonte. Da attività familiare diffusa capillarmente sull'intero territorio regionale è andata via via specializzandosi nelle zone a più spiccata vocazionalità, divenendo a tutti gli effetti attività imprenditoriale. Sono soprattutto le aree del centro-sud Piemonte, grazie alla favorevole combinazione di fattori pedologici e climatici, a ospitare i grandi numeri dell'orticoltura, ma non mancano zone di rilievo nella fascia settentrionale.

Le prime esperienze di coltivazione professionale in Piemonte risalgono agli inizi del '900. Fino a quegli anni le produzioni orticole erano di pieno campo, senza protezione e

pertanto soggette alle avversità climatiche. A partire dalla metà degli anni '60 sono andate diffondendosi le coltivazioni in ambiente protetto, in particolare nel braidese, nell'astigiano e nella cintura torinese. Grazie al passaggio delle colture dal pieno campo ai tunnel in materiale plastico, il settore orticolo ha conosciuto una significativa evoluzione: furono introdotte tecniche colturali innovative, i calendari di maturazione e commercializzazione si ampliarono sensibilmente e si diffusero, accanto agli ecotipi locali, nuove cultivar (destinate in molti casi a soppiantare del tutto le varietà autoctone).

Oggi l'orticoltura piemontese si è conquistata un ruolo da protagonista. Buona parte degli orticoltori – in particolare laddove si sono sviluppati impianti serra – vi si dedica a tempo pieno (si parla in questo caso di aziende orticole a indirizzo primario), ma non di rado l'orticoltura integra altre attività agricole come la zootecnia e la cerealicoltura.

La provincia di Alessandria è la zona tipica di produzione di ortaggi in pieno campo. Qui l'orticoltura offre un paniere molto ricco: patata, pomodoro da industria, melone, cipolla, ortaggi a foglia sono coltivati su appezzamenti estesi e i grandi volumi destano l'interesse dell'industria di trasformazione. Nell'astigiano l'orticoltura si esprime con piccole superfici e prodotti di nicchia (cardo, sedano, peperone, pomodoro, cetriolo e ortaggi a foglia), concentrandosi perlopiù lungo il bacino del Tanaro. Le province di Cuneo e Torino affiancano colture di pieno campo (fagiolo rampicante, asparago, zucchini, cavolo e cavolfiore) ad altre in ambiente protetto (pomodoro, peperone, melanzana, zucchini, cetriolo e ortaggi a foglia), con attenzione sia al mantenimento del materiale genetico autoctono sia all'introduzione di varietà più recenti. La provincia di Vercelli è nota per le coltivazioni di fagiolo nano, asparago e zucchini (Baudino *et al.*, 2011).

Il pomodoro in Piemonte

In Piemonte trovano collocazione importanti impianti di pomodoro, da cui si ottengono produzioni di elevata qualità. Sono presenti coltivazioni di pomodoro destinato all'industria o al consumo fresco. Secondo le stime ISTAT del 2012, il pomodoro da industria è coltivato su una superficie di 1328 ha, con una produzione di 66237 t, mentre il pomodoro da consumo fresco occupa una superficie di 405 ha, con una produzione di 13876 t.

Il pomodoro da industria è coltivato nella provincia di Alessandria, e nelle aree pianeggianti delle province di Cuneo e Torino. La coltura viene posta a dimora in pieno campo mediante trapianto meccanico alla fine di febbraio, e raccolta nel mese di agosto. La maturazione dei frutti avviene contemporaneamente grazie al trattamento con maturanti,

diffuso nella pratica. La produzione viene destinata soprattutto ad industrie conserviere che operano nell'Italia settentrionale.

Gran parte del pomodoro da consumo fresco coltivato in Piemonte appartiene alla tipologia cuor di bue. Le aree geografiche in cui si concentra la produzione sono soprattutto quella di Bra (provincia di Cuneo) e quella di Torino; interessanti produzioni di pomodoro da consumo fresco vengono inoltre ottenute in provincia di Asti. La tecnica colturale comunemente adottata per questa tipologia consiste nella collocazione di tunnel, che nelle aree maggiormente soggette a nevicate invernali vengono smantellati in autunno. La coltura viene trapiantata, spesso manualmente, a partire dalla fine di gennaio nella cintura torinese (con utilizzo di tunnel riscaldati) sino a giugno per i trapianti tardivi nell'astigiano. Le raccolte iniziano nel mese di aprile per i trapianti più precoci per concludersi a ottobre negli impianti tardivi.

Scopo del lavoro

La segnalazione di *T. absoluta* negli impianti di pomodoro piemontesi, avvenuta nel 2009, ha destato notevole preoccupazione fra gli operatori del settore. Pertanto le attività di ricerca si proponevano come principali obiettivi l'approfondimento delle conoscenze sulla bioetologia del fitofago, con particolare riguardo alle condizioni agroambientali del Piemonte, e la valutazione di strategie di lotta efficaci ed ecocompatibili. Le attività sono state articolate secondo le tematiche di seguito riportate.

Distribuzione e piante ospiti: a seguito della recente introduzione del lepidottero in Piemonte è stato condotto un monitoraggio nelle principali aree di produzione di pomodoro con l'obiettivo di valutarne la presenza e l'entità dell'infestazione. Sono inoltre state svolte prove in condizioni controllate volte a valutare il comportamento di *T. absoluta* nei riguardi di ospiti diversi, prendendo in considerazione il tasso di ovideposizione e la sopravvivenza delle larve.

Andamento della popolazione: nelle aree piemontesi risultate maggiormente infestate sono stati effettuati campionamenti periodici del lepidottero, mediante trappole e rilievi visivi, in coltivazioni di pomodoro con lo scopo di accertare l'andamento della popolazione.

Valutazione di strategie di contenimento: in seguito alle attività relative al monitoraggio di *T. absoluta* negli ambienti colturali piemontesi, sono state allestite prove volte a valutare le strategie di lotta biologica e integrata. È stato dato ampio risalto ai mezzi di lotta impieghiabili in agricoltura biologica sia per una gestione colturale più sostenibile dal punto di vista ambientale sia in considerazione della progressiva revisione e diminuzione delle sostanze attive di sintesi ammesse dalle normative vigenti.

Distribuzione e piante ospiti di *Tuta absoluta*

Introduzione

La storia dell'agricoltura è strettamente legata a quella delle specie esotiche che possono invadere nuovi agrosistemi anche molto distanti geograficamente. Possono infatti essere citati innumerevoli esempi nei campi dell'entomologia, della patologia vegetale, della malerbologia. Basti pensare all'introduzione della dorifora, *Leptinotarsa decemlineata* (Say), in Europa e ai suoi effetti devastanti sulla pataticoltura del nostro continente (Boiteau e Heikkilä, 2013).

Successivamente alla comparsa di un organismo 'alieno', la raccolta di informazioni sulla sua biologia e sulle sue caratteristiche è di fondamentale importanza per pianificare una strategia di contenimento. L'invasione da parte di una nuova specie dannosa avviene secondo alcuni passaggi fondamentali che, nonostante la grande eterogeneità degli organismi invasori, sono più o meno comuni a tutti i casi. Essi comprendono l'importazione accidentale in una nuova area geografica, la diffusione nell'ambiente e l'insediamento di una popolazione in grado di sopravvivere e riprodursi. In un secondo tempo la nuova specie può essere in grado di causare danni, anche di natura economica, alle colture divenendo un'avversità da combattere (Williamson, 2006). Questo è il caso di *T. absoluta*, di cui si hanno da tempo numerose informazioni sulla sua pericolosità nell'area di origine (Desneux *et al.*, 2010).

La segnalazione di *T. absoluta* in Piemonte è avvenuta nel settembre 2009. La stagione produttiva era già al suo termine, nonostante ciò la comparsa del lepidottero esotico destò una certa preoccupazione, anche in considerazione dei gravi danni riscontrati l'anno precedente nella vicina Liguria. Il Piemonte è caratterizzato da una grande diversificazione di agroecosistemi, passando da ambienti montani con climi tendenzialmente freddi ad ambienti di pianura con caratteristiche climatiche più temperate. È di conseguenza fondamentale comprendere quali siano le situazioni agroambientali in cui il pomodoro e le altre specie ospiti siano potenzialmente a rischio per quanto riguarda gli attacchi del lepidottero.

Molte delle specie orticole segnalate come ospiti di *T. absoluta* a livello mondiale (Pereyra e Sánchez, 2006; Guenaoui *et al.*, 2010) sono estensivamente coltivate in Piemonte. Questa regione annovera elevate produzioni di pomodoro, peperone, melanzana e fagiolo, su

cui il fitofago è stato anche segnalato in Sicilia nel 2009 (EPPO, 2009), appartenenti sia a varietà ibride commercializzate dalle ditte sementiere che ad ecotipi locali.

Materiali e metodi

Monitoraggio della popolazione di *T. absoluta* in Piemonte

Nel corso del 2010, durante la prima stagione produttiva successiva alla segnalazione di *T. absoluta* in Piemonte, è stato condotto un monitoraggio della presenza del fitofago nella regione mediante trappole a feromone. Le trappole sono state collocate in 36 postazioni nelle province di Alessandria, Asti, Cuneo e Torino, cercando di rappresentare gran parte delle situazioni agroambientali piemontesi. La maggior quantità di trappole è stata posta nel contesto produttivo più comune per il pomodoro piemontese, che è il cuor di bue destinato al consumo fresco coltivato all'interno di tunnel non riscaldati; è stata inoltre monitorata la presenza del lepidottero in appezzamenti di pieno campo coltivati a pomodoro da industria. Sono state poi collocate trappole in tre magazzini ortofrutticoli, nell'area di ricevimento della merce proveniente dalle aziende agricole, e in un vivaio specializzato nella produzione di specie orticole. Considerando le altre specie vegetali potenzialmente ospiti sono state ancora poste: due trappole su peperone ibrido mezzo lungo, che rappresenta la tipologia di questa specie maggiormente diffusa in Piemonte; tre trappole su melanzana; due trappole su fagiolo in pieno campo, in aree fortemente specializzate per la produzione di tale coltura, con assenza di coltivazioni professionali di pomodoro. Caratteristiche delle postazioni, ove sono state collocate le trappole, e durata del monitoraggio sono riportate in Tabella 2.

Le trappole appartenevano alla tipologia a delta (Delta Trap[®], Intrachem) e sono state posizionate a circa 1,20 m dal suolo. All'interno di ciascuna trappola è stato inserito un erogatore con miscela feromonica specifica per *T. absoluta* (Erogatore standard FP[®], Intrachem) (Figura 5). I fondi adesivi sono stati ispezionati settimanalmente per un periodo variabile da 5 a 26 settimane in funzione delle esigenze gestionali aziendali; ogni settimana il fondo veniva rimosso e sostituito, i maschi catturati venivano tempestivamente controllati e conteggiati.

Tabella 2 – Caratteristiche delle postazioni in cui sono state collocate le trappole per il monitoraggio di *Tuta absoluta* in Piemonte nel 2010.

Trappola	Località	Coordinate GPS	Coltura/sito	Tecnica culturale	Data inizio	Settimane
1	Boves (CN)	44°20'48"N 7°32'05" E	pomodoro	Tunnel	03-apr	26
2	Santena (TO)	44°56'39" N 7°45'25" E	pomodoro	Tunnel	04-giu	5
3	Beinasco (TO)	45°00'52" N 7°34'48" E	pomodoro	Tunnel	26-apr	10
4	Carignano (TO)	44°51'50" N 7°38'45" E	vivaio	Serra vetro	28-mag	19
5	Verrua Savoia (TO)	45°09'52" N 7°07'56" E	pomodoro	Pieno campo	03-mag	17
6	Sciolze (TO)	45°06'10" N 7°53'36" E	pomodoro	Tunnel	03-mag	20
7	Settimo T.se (TO)	45°07'57" N 7°46'40" E	pomodoro	Tunnel	03-mag	20
8	Ceresole (CN)	44°48'31" N 7°47'53" E	pomodoro	Tunnel	23-apr	21
9	Fossano (CN)	44°31'31" N 7°42'10" E	pomodoro	Tunnel	14-giu	20
10	Bra (CN)	44°41'47" N 7°51'48" E	pomodoro	Tunnel	19-mag	15
11	Villafalletto (CN)	44°32'23" N 7°31'31" E	pomodoro	Tunnel	02-apr	22
12	Revello (CN)	44°48'24" N 7°15'35" E	pomodoro	Tunnel	02-apr	22
13	Racconigi (CN)	44°46'20" N 7°41'27" E	pomodoro	Tunnel	02-apr	22
14	Montanera (CN)	44°27'44" N 7°40'83" E	pomodoro	Tunnel	26-apr	21
15	Peveragno (CN)	44°20'16" N 7°37'28" E	ricevimento merce		10-mag	23
16	Baldissero (CN)	44°45'42" N 7°54'80" E	pomodoro	Tunnel	15-mag	19
17	Castellazzo B.da (AL)	44°49'60" N 8°33'59" E	pomodoro	Pieno campo	03-mag	11
18	Canale (CN)	44°47'10" N 8°00'01" E	ricevimento merce		03-apr	26
19	Carmagnola (TO)	44°50'22" N 7°41'46" E	pomodoro	Tunnel	17-mag	15
20	Caraglio (CN)	44°31'26" N 7°28'27" E	pomodoro	Tunnel	15-mag	21
21	Busca (CN)	44°31'23" N 7°28'12"E	pomodoro	Tunnel	16-mag	21
22	Asti	44°53'04"N 8°12'15"E	pomodoro	Tunnel	20-apr	22
23	Asti	44°56'6"N 8°12'53"E	peperone	Tunnel	20-apr	22

Tabella 2 – (continua)

Trappola	Località	Coordinate GPS	Coltura/sito	Tecnica colturale	Data inizio	Settimane
24	Cuneo - S.P. Gallo	44°27'23" N 7°29'24" E	melanzana	Pieno campo	07-mag	21
25	Caraglio (CN)	44°24'38" N 7°25'56" E	fagiolo	Pieno campo	22-mag	18
26	Bra (CN)	44°41'24" N 7°52'11" E	peperone	Tunnel	08-mag	22
26 bis	Bra (CN)	44°41'25" N 7°52'09" E	peperone	Tunnel	08-mag	22
27	Cavallermaggiore (CN)	44°42'23" N 7°41'59" E	pomodoro	Pieno campo	09-mag	13
28	Cuneo - Angeli	44°22'11" N 7°32'22" E	pomodoro	Tunnel	30-mag	19
29	Revello (CN)	44°39'09" N 7°22'57" E	pomodoro	Tunnel	21-giu	13
30	Bagnasco (CN)	44°18'51" N 8°02'41" E	pomodoro	Tunnel	15-mag	11
31	Pianfei (CN)	44°22'34" N 7°42'33" E	pomodoro	Tunnel	15-mag	11
32	Boves (CN)	44°20'48" N 7°33'32" E	melanzana	Pieno campo	12-giu	17
33	Fossano (CN)	44°32'20" N 7°42'24" E	fagiolo	Pieno campo	30-lug	8
34	Grugliasco (TO)	45°02'50" N 7°34'54" E	ricevimento merce		30-mag	15
35	Pecetto T.se (TO)	45°01'12" N 7°44'31" E	pomodoro	Tunnel	30-mag	15
36	Pecetto T.se (TO)	45°01'12" N 7°44'31" E	melanzana	Pieno campo	30-mag	15



Figura 5 - Trappola a delta utilizzata per il monitoraggio di *Tuta absoluta* nel 2010.

Valutazione del comportamento riproduttivo su ospiti diversi

Per rilevare la preferenza delle femmine ovideponenti e la sopravvivenza delle larve su ospiti diversi, è stata allestita una prova presso DIVAPRA Entomologia e Zoologia applicate all'Ambiente "Carlo Vidano", Università degli Studi di Torino. Le specie saggiate erano pomodoro (*L. esculentum*, cv Arawak), peperone (*Capsicum annuum* L., cv Fiume, Solanaceae), melanzana (*S. melongena*, cv Purpura), *S. nigrum*, fagiolo (*P. vulgaris*, cv Billò) e zucca (*Cucurbita moschata* Duchesne ex Poir., cv trombetta d'Albenga, Cucurbitaceae). Il pomodoro costituiva il testimone positivo in quanto ospite d'elezione del lepidottero, mentre la zucca era il testimone negativo poiché non sono noti, ad oggi, attacchi di *T. absoluta* su questa specie. Le piantine di pomodoro, peperone, melanzana e zucca sono state reperite in alveolo presso Ferrero Vivai di Fossano e sono state poi rinvasate singolarmente in vaso (Ø 15 cm). Le piante di *S. nigrum* sono state ottenute seminando in alveoli contenenti una miscela di torba e perlite i semi dell'infestante reperiti in campo presso il Centro Sperimentale per l'Orticoltura del CReSO sito a Boves (CN). Gli alveoli seminati sono stati mantenuti alla temperatura costante di $25 \pm 1^\circ\text{C}$. Al raggiungimento delle dimensioni opportune (circa 15 cm di altezza) le piante di *S. nigrum* sono state rinvasate singolarmente in vaso (Ø 15 cm). Le piante di fagiolo sono state ottenute seminando direttamente il seme in vaso (Ø 15 cm).

Le piante di tutte le specie sono state utilizzate al raggiungimento di un'altezza approssimativa di 30-35 cm. Sono state collocate in ordine sparso in gabbie (1,5 × 1,5 × 1,1 m) poste in serra alla temperatura costante di $25 \pm 1^\circ\text{C}$. Sono state allestite tre gabbie, in ciascuna delle quali sono state collocate tre piante per specie. Successivamente, in ciascuna gabbia, sono stati introdotti 50 adulti del lepidottero che sono stati lasciati a contatto con le piante per 48 ore. Dopo 48 ore, le piante sono state prelevate dalle gabbie e interamente ispezionate (foglie e fusto) con l'aiuto di una lente d'ingrandimento per il conteggio delle uova. Le piante sono poi state collocate in cella climatica per sei giorni, dopodiché sono state nuovamente ispezionate con la medesima modalità per il conteggio delle larve vive.

I dati ottenuti sono stati sottoposti a test di Levene per valutarne l'omogeneità, poi sono stati analizzati con i test non parametrici di Kruskal Wallis e di U-Mann Whitney. Le analisi sono state effettuate utilizzando SPSS Statistics 17.0 (SPSS, Chicago, IL, USA).

Risultati

Monitoraggio della popolazione di T. absoluta in Piemonte

Il numero di catture settimanali per ciascuna trappola è riportato in Tabella 3, mentre il numero medio di catture settimana⁻¹ sul territorio piemontese è rappresentato graficamente in Figura 6, ponendo gli indicatori di posizione delle trappole in colore diverso in funzione del livello di catture. Il monitoraggio condotto ha evidenziato una maggiore infestazione nelle postazioni delle trappole 17 [Castellazzo Bormida (AL), pomodoro da industria] e 26 [Bra (CN), pomodoro da mensa], dove il numero medio di catture settimanali superava i 100 individui trappola⁻¹. In generale la maggiore infestazione del lepidottero è stata riscontrata negli ambienti colturali più pianeggianti e con un clima più caldo. In alcune postazioni situate in ambiente pedemontano sono stati catturati pochi individui, ma non sono mai stati riscontrati mine o altri segni della presenza dell'insetto sulla coltura. Nelle tre trappole posizionate su melanzana (due nell'area circostante Cuneo, una a Pecetto T.se) le catture sono state paragonabili a quelle su effettuate su pomodoro nella medesima area. Nello stesso modo nelle due trappole collocate su peperone (Asti e a Bra), le catture sono state paragonabili a quelle riscontrate su pomodoro nella medesima area. Tuttavia a Bra, località dove il pomodoro era altamente infestato, non sono state osservate mine fogliari su peperone, anche in presenza di elevate catture nella trappola a feromone. Nelle due trappole su fagiolo (Caraglio e Fossano), collocate in aree in cui non vi sono coltivazioni professionali di pomodoro, non sono state rilevate catture. Nelle trappole collocate nei tre magazzini per la movimentazione dei prodotti ortofrutticoli (Canale, Peveragno e Grugliasco), il lepidottero non è stato mai ritrovato a Canale e Peveragno, mentre è stata rilevata un'infestazione di circa 16 individui settimana⁻¹ a Grugliasco.

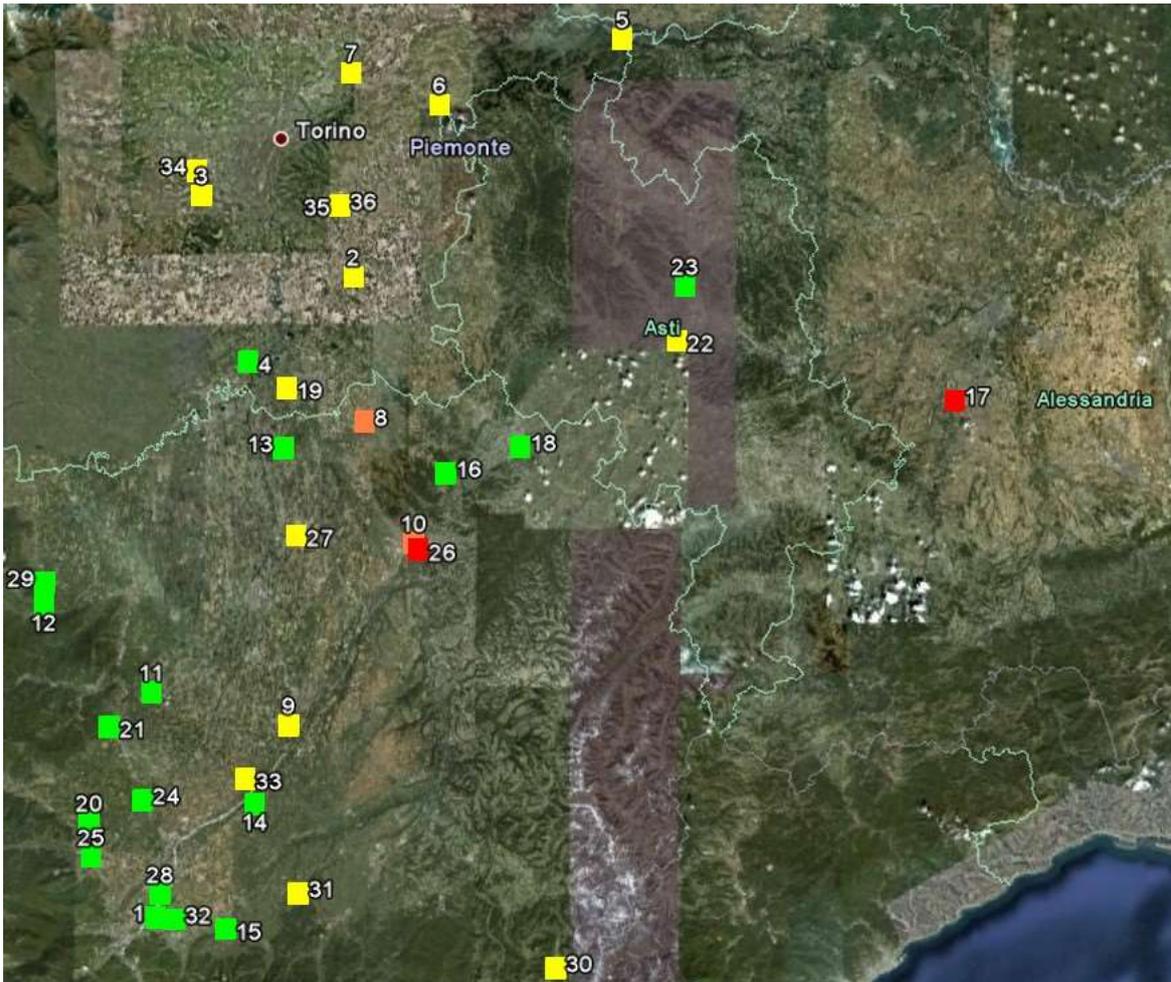


Figura 6 – Mappa del monitoraggio di *Tuta absoluta* condotto in Piemonte nella stagione produttiva 2010.

Legenda: ■ meno di 10 esemplari settimana⁻¹, ■ 10-50 esemplari, ■ 50-100 esemplari, ■ più di 100 esemplari.

Tabella 3 – Catture settimanali osservate nelle diverse postazioni, monitoraggio 2010.

Trappola	specie/sito	settimana anno solare ⁻¹																								n. medio±ES individui settimana ⁻¹
		aprile				maggio				giugno				luglio				agosto				settembre				
		14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	
25	fagiolo					0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
33	fagiolo																	5	7	4	16	18	24	14	2	11,25 ±2,79
15	magazzino					0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	15	11	6	2	4	0	0	0	0	1,87 ±0,83
18	magazzino	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
34	magazzino									1	1	1	1	3	4	6	2	6	7	72	74	32	21	12	16,20 ±6,36	
24	melanzana					0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	6	8	7	11	4	0	0	2	2,05 ±0,73
32	melanzana											0	6	11	10	7	12	12	8	9	11	12	13	11	10	8,35 ±1,01
36	melanzana									0	3	3	3	3	4	5	4	5	5	77	72	96	68	32	25,33 ±8,86	
23	peperone			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
26	peperone					16	21	25	84	132	108	53	52	134	162	145	98	110	146	135	102	142	111	102	99	99,82 ±8,99
26 bis	peperone													89	162	115	122	132	111	93	124	101	113	102	127	114,31 ±5,49
1	pomodoro	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	3	2	3	3	2	1	4	2	2	1	2	0	1,19 ±0,25
2	pomodoro									12	15	16	15	26												16,80 ±2,39
3	pomodoro					4	4	5	4	3	4	12	55	10	23											12,40 ±5,12
5	pomodoro					0	0	0	0	0	0	0	4	11	11	49	22	78	60	58	55	40				22,82 ±6,63
6	pomodoro					0	0	1	1	2	12	14	4	49	50	28	35	50	49	48	51	52	49	47	227	38,45 ±11,04
7	pomodoro					0	0	2	1	5	28	5	18	24	22	94	52	61	62	59	58	62	61	57	313	49,20 ±15,26
8	pomodoro					1	2	0	0	0	0	0	2	8	35	33	84	135	120	220	45	20	36	68	121	54,76 ±15,34
9	pomodoro					0	0	0	0	0	0	0	7	12	4	12	52	11	4	12	6	16	98	86	72	19,60 ±6,91
10	pomodoro									2	0	9	6	32	48	51	92	218	164	110	88	96	82	59	70,47 ±16,00	
11	pomodoro	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	9	0	5	7	6	3	9	11			2,36 ±0,78
12	pomodoro	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3	4	1	2	0,59 ±0,26	
13	pomodoro	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	15	12	4	5	6	6	7	8			3,09 ±0,94
14	pomodoro	0	0	0	0	0	0	0	2	5	5	0	6	8	12	5	2	4	11	9	0	1	9	16	18	4,91 ±1,13
16	pomodoro					0	0	0	0	0	5	8	10	12	15	11	10	8	n	n	5	2	2	8	5,65 ±1,21	
17	pomodoro					48	388	904	616	844	460	894	595	480	550	150										539,00 ±84,55

Tabella 3 – (continua)

Trappola	specie/sito	settimana anno solare ⁻¹																																n.medio±ES individui settimana ⁻¹		
		aprile				maggio				giugno				luglio				agosto				settembre														
		14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39									
19	pomodoro											13	23	28	25	12	11	19	13	17	9	9	5												15,33 ±2,05	
20	pomodoro					0	0	0	0	0	0	0	3	2	1	2	6	4	2	3	1	2	6	5	3	4									2,10 ±0,44	
21	pomodoro					0	0	2	0	1	0	6	2	3	4	2	2	4	3	2	1	2	3	4	2	2									2,14 ±0,34	
22	pomodoro			1	0	9	13	22	14	16	34	42	56	65	72	70	68	84	69	41	32	29	15	11	5										34,91 ±5,72	
27	pomodoro					0	0	0	0	0	0	30	60	50	27	11	11																			14,54 ±5,79
28	pomodoro								0	1	3	1	5	2	1	3	4	1	0	1	2	3	1	3	2	4	0								1,95 ±0,34	
29	pomodoro											1	2	1	1	2	1	2	1	5	0	0	0	0											1,23 ±0,38	
30	pomodoro					0	0	0	1	6	17	13	7	12	66	70																				17,45 ±7,74
31	pomodoro					0	7	11	0	7	12	21	106	45	55	222																				44,18 ±20,20
35	pomodoro								6	5	5	5	5	8	7	8	9	8	63	88	92	46	26													25,40 ±8,09
4	vivaio				2	2	1	2	2	4	4	10	4	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0											1,79 ±0,56	

Valutazione del comportamento riproduttivo su ospiti diversi

Nella prova multiscelta i dati relativi a uova e larve osservate su ciascuna specie sono stati confrontati mediante i test non parametrici di Kruskal Wallis e di U-Mann Whitney a seguito dei risultati del test di Levene (uova: $P=0,001$; larve: $P=0,000$). Differenze significative fra le piante sono state rilevate nel numero sia di uova deposte (Test di Kruskal Wallis: $gl=5$, $\chi^2=41,587$, $P=0,000$) sia di larve vive (Test di Kruskal Wallis: $gl=5$, $\chi^2=48,152$, $P=0,000$).

Il maggiore tasso di ovideposizione è stato riscontrato su pomodoro. Anche su *S. nigrum*, su zucca e su melanzana sono stati rinvenuti numeri elevati di uova. Al contrario il minor tasso di ovideposizione è stato rilevato su fagiolo e su peperone (Tabella 4). I valori percentuali rappresentano la quantità di uova deposte su ciascuna specie sul totale di uova conteggiate nelle prove multiscelta. Quantità di larve vive significativamente maggiori sono state riscontrate su pomodoro, *S. nigrum* e melanzana. Sulle altre specie (fagiolo, peperone e zucca) non sono state rinvenute larve (Tabella 5). I numeri totali di uova e larve osservate sulle nove piante (tre piante ripetizione¹) di ciascuna specie sono riportati nella Figura 7.

Tabella 4 - Preferenze di ovideposizione su specie diverse. I valori seguiti dalla stessa lettera non sono statisticamente differenti (Kruskal Wallis, $P>0,05$).

Specie	n. totale di uova	n. medio uova pianta ⁻¹	% sul totale
<i>C. annuum</i>	42	4,67±1,13 c	1,50%
<i>C. moschata</i>	456	50,67±5,09 b	16,25%
<i>L. esculentum</i>	1220	135,56±25,84 a	43,48%
<i>P. vulgaris</i>	25	2,78±0,60 c	0,89%
<i>S. melongena</i>	415	46,11±13,27 b	14,79%
<i>S. nigrum</i>	648	72,00±15,26 ab	23,09%

Tabella 5 - Presenza di larve di *T. absoluta* vive su ospiti diversi. I valori seguiti dalla stessa lettera non sono statisticamente differenti (Kruskal Wallis, $P>0,05$).

Specie	n. totale di larve	n medio larve pianta ⁻¹	% sul totale
<i>C. annuum</i>	0	0,00±0,00 c	0,00%
<i>C. moschata</i>	0	0,00±0,00 c	0,00%
<i>L. esculentum</i>	1076	119,56±39,09 a	52,85%
<i>P. vulgaris</i>	0	0,00±0,00 c	0,00%
<i>S. melongena</i>	381	42,33±12,81 b	18,71%
<i>S. nigrum</i>	717	64,33±14,65 a	28,44%

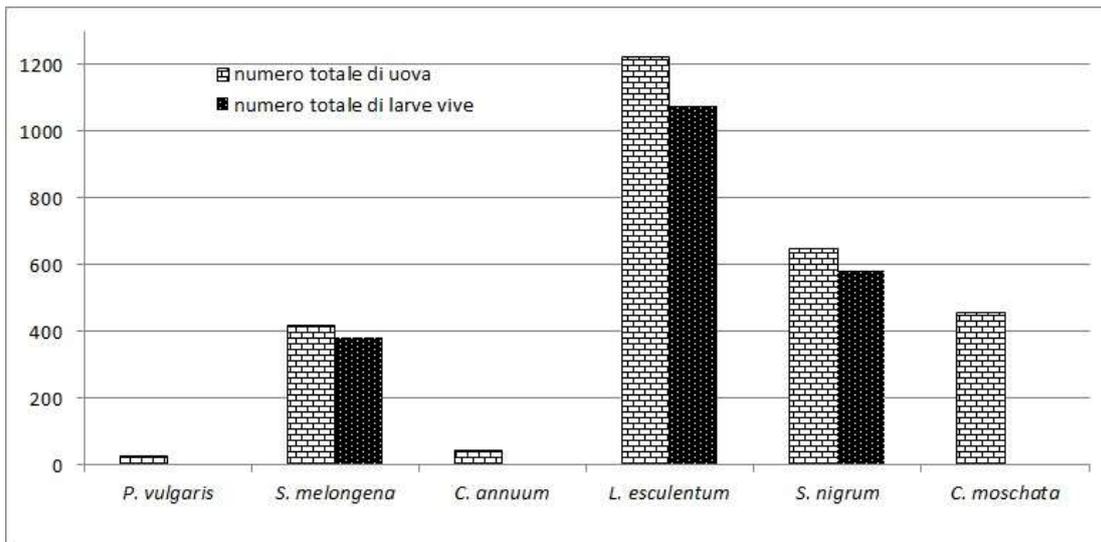


Figura 7 - Numero totale di uova e di larve osservate sulle nove piante (tre piante ripetizione⁻¹) di ciascuna specie vegetale.

Discussione

Il monitoraggio condotto nel 2010 ha evidenziato come, solamente pochi mesi dopo la prima segnalazione in Piemonte, *T. absoluta* fosse già diffuso su gran parte del territorio regionale. Nelle aree pianeggianti con un clima più caldo l'infestazione è risultata maggiore rispetto agli ambienti montani. Ad esempio nell'area circostante a Cuneo, che risente di un clima più rigido rispetto ad altri ambienti colturali piemontesi, in diverse postazioni è stato catturato un numero di individui prossimo allo zero. Su pomodoro da mensa il maggiore bacino di infestazione del lepidottero era a Bra in un'area interessata da un'agricoltura intensiva, dove i cicli colturali delle diverse specie si susseguono per tutto l'anno, senza una vera e propria interruzione della coltivazione; diversamente da altre aree piemontesi i tunnel di coltivazione non vengono smantellati nel periodo invernale. La costante disponibilità di ripari potrebbe essere una delle cause dell'elevata presenza del fitofago. A tale proposito, in un monitoraggio condotto in diverse regioni italiane è stato rilevato che *T. absoluta* causa i danni maggiori (in alcune aree meridionali prossimi al 100%) in ambiente protetto, contro soltanto il 10% di danno in pieno campo (Speranza e Sannino, 2012).

Il monitoraggio condotto in Piemonte ha anche interessato colture diverse dal pomodoro. Su melanzana, che è ampiamente segnalata in letteratura come ospite alternativo (Desneux *et al.*, 2010; Galarza, 1984), le catture sono state paragonabili a quelle su pomodoro nello stesso ambiente colturale. Su fagiolo, segnalato come ospite

alternativo nel 2009 in Sicilia (EPPO, 2009), la trappola collocata non ha effettuato catture. La segnalazione su fagiolo in Sicilia potrebbe essere spiegata con il passaggio del fitofago fra il pomodoro e quest'ultimo, che vengono coltivati in successione (Speranza e Sannino, 2012). A ulteriore conferma di questa ipotesi, le trappole collocate in Piemonte erano appunto in un ambiente privo di coltivazioni professionali di pomodoro

Secondo Desneux *et al.* (2011) il mezzo di diffusione più probabile per *T. absoluta* in nuove aree geografiche è attraverso il trasporto di partite di pomodoro infestate. Il lepidottero esotico è stato segnalato in diversi Paesi con clima freddo (Lituania, Paesi Bassi, Regno Unito, Russia), dove monitoraggi condotti a livello nazionale hanno confermato questa ipotesi. Il Piemonte presenta condizioni climatiche che, seppure eterogenee, sono mediamente più fredde di molte altre regioni italiane. L'arrivo del fitofago potrebbe anche essere avvenuto qui grazie a pomodori importati da aree infestate. Nel monitoraggio condotto nel 2010 sono state collocate trappole in tre piattaforme di raccolta, stoccaggio e distribuzione di pomodori, a Canale, Peveragno e Grugliasco. Il fitofago è stato rilevato soltanto presso il magazzino a Grugliasco, che commercializza partite di pomodoro di diverse provenienze italiane e estere, mentre gli altri due magazzini raccolgono unicamente il prodotto locale. L'esiguità dei dati a disposizione (il monitoraggio è stato condotto in una sola stagione produttiva) e la mancanza di confronto con altri centri di stoccaggio che movimentino partite di diverse provenienze non consentono tuttavia di valutare l'eventuale ruolo del magazzino nella diffusione del fitofago in Piemonte.

La prova multiscelta ha evidenziato una forte preferenza delle femmine ovideponenti per il pomodoro, seguita da un'elevata percentuale di sopravvivenza delle larve, in accordo con le informazioni reperibili in letteratura (Desneux *et al.*, 2010; Cifluentes *et al.*, 2011; Pereyra e Sánchez, 2006). Lo stesso comportamento è stato osservato su melanzana e *S. nigrum*. Su fagiolo e peperone l'ovideposizione è invece stata piuttosto scarsa e successivamente non è stata ritrovata alcuna larva viva. Il dato conferma quanto osservato nel corso del monitoraggio: le trappole su fagiolo e peperone hanno catturato adulti del lepidottero soltanto se le colture erano situate in vicinanza di coltivazioni di pomodoro. La zucca, inserita come testimone negativo in quanto non vi sono, a nostra conoscenza, segnalazioni di *T. absoluta* su questa specie, è risultata attrattiva per le femmine ovideponenti. Tuttavia, nonostante l'elevato numero di uova deposte, al controllo successivo non sono state osservate larve vive.

Le sostanze volatili emesse dalle foglie di pomodoro svolgono un ruolo importante per la localizzazione e individuazione della pianta da parte delle femmine ovideponenti di *T. absoluta* (Proffit *et al.*, 2011). Secondo Bogorni *et al.* (2003) e Oliveira *et al.* (2009) cultivar diverse di pomodoro risultano diversamente attrattive per l'insetto. I risultati ottenuti nella prova multiscelta rivelano un'elevata attrattività della zucca dovuta probabilmente alle sostanze volatili emesse da questa specie. La pianta stessa evidentemente non presenta poi un ambiente di sviluppo idoneo, in quanto non vengono ritrovate larve vive. Sarebbe utile effettuare ulteriori studi per comprendere i meccanismi legati alla preferenza di ovideposizione su questa pianta, su cui poi il lepidottero non ha la possibilità di sopravvivere. Sulla base di maggiori informazioni su questi meccanismi, la zucca ed altre cucurbitacee potrebbero essere utilizzate come piante trappola in impianti fortemente infestati. Lo studio delle sostanze coinvolte e dei meccanismi che regolano la localizzazione della pianta ospite da parte dei fitofagi è infatti essenziale per la nostra conoscenza delle interazioni pianta-insetto, e per l'attuazione di strategie di controllo innovative (Proffit *et al.*, 2011).

Studio dell'andamento di popolazione

Introduzione

Le specie esotiche rappresentano, in misura differente a seconda dei casi, una minaccia per le specie autoctone di un determinato ecosistema. In particolare l'improvvisa comparsa di un insetto esotico crea inequivocabilmente qualche ripercussione su insetti e piante autoctoni (Rand e Louda, 2006). Lo studio dell'andamento della popolazione di una specie esotica è quindi basilare per comprenderne e prevenirne l'impatto, anche di natura economica, sulle specie indigene. Dalle ricerche volte a indagare l'andamento di popolazione di un insetto esotico possono scaturire dati che, se raffrontati con le condizioni ambientali di una determinata area geografica, possono andare a costituire modelli previsionali utili per prevedere il futuro attacco di quella specie (Grüebler *et al.*, 2008).

Il monitoraggio sulla popolazione di *T. absoluta* condotto in Piemonte nel 2010 ha permesso di individuare le aree maggiormente infestate. I maggiori livelli di infestazione sono stati rilevati a Castellazzo Bormida (AL) e a Bra (CN), rispettivamente su pomodoro da industria e pomodoro da mensa. Nel corso del triennio 2010-2012, in queste ed altre località di particolare interesse per la produzione del pomodoro da mensa sono stati condotti rilevamenti periodici dell'infestazione volti alla determinazione dell'andamento della popolazione del fitofago nelle condizioni agroambientali piemontesi. Il monitoraggio è stato effettuato collocando le trappole a delta (anche di diversa tipologia) e osservando contestualmente la presenza di larve sulla vegetazione del pomodoro. Oltre che in coltivazioni commerciali l'andamento di popolazione è stato accertato in tunnel sperimentali di pomodoro da mensa, in cui sono stati effettuati a inizio stagione rilasci di *T. absoluta* per ottenere un'infestazione artificiale.

Materiali e metodi

Andamento della popolazione in condizioni naturali

Il rilievo dell'andamento di popolazione è stato effettuato su pomodoro da industria a Castellazzo Bormida (AL) (44°49'60" N 8°33'59" E) (Figura 8) nel 2010 e

su pomodoro da mensa a Asti (44°53'04"N 8°12'15"E) (Figura 9), Bra (CN) (44°41'25"N 7°52'09"E) (Figure 10 e 11) e Santena (TO) (44°56'34"N 7°46'56"E) (Figure 12 e 13).

A Castellazzo Bormida, ove nel corso del monitoraggio sul territorio piemontese è stata riscontrata una forte infestazione, il rilevamento è stato condotto in un appezzamento, coltivato con la varietà UG892J, con sesto d'impianto di 150 cm fra le file e 27 cm sulla fila, situato in prossimità del fiume Bormida, diviso in due da una strada di accesso ai campi. In ciascuna delle due metà sono state individuate cinque parcelle costituite da 10 metri lineari di coltura, equidistanti (50 m), secondo lo schema riportato in Figura 8. In ciascuna delle 10 parcelle settimanalmente sono state osservate tutte le piante e conteggiate le mine sul fogliame; il campionamento è stato eseguito dal 28 giugno al 5 agosto 2010, quando la coltura è stata raccolta.



Figura 8 - Appezzamento di pomodoro da industria a Castellazzo Bormida (AL), ove è stato eseguito il campionamento di *Tuta absoluta* nel 2010. Le aree rosse rappresentano le parcelle in cui sono state conteggiate le mine. Immagine elaborata da Google Earth®.

Nelle tre località, ove nel corso delle stagioni produttive 2011 e 2012 è stato rilevato l'andamento della popolazione del lepidottero su pomodoro da mensa, il pomodoro era coltivato all'interno di tunnel in film plastico, di dimensione variabile (Santena: 13 x 72 m, Bra 9 x 75 m, Asti 9,5 x 76 m). Le varietà coltivate erano Tomawak® (Santena) e Arawak®, Syngenta (Bra e Asti). Le piante erano coltivate in doppia fila binata. La gestione della difesa era in tutte le località di tipo integrato. Il

campionamento è stato eseguito su cinque foglie composte scelte in modo casuale in 10 punti nell'intero tunnel, su ciascuna foglia sono state conteggiate le mine attive e vuote. Il campionamento è stato effettuato con cadenza settimanale nei seguenti periodi: a Santena, da inizio agosto sino all'espianto della coltura (4 sopralluoghi) nel 2011, dal trapianto a fine febbraio sino a fine luglio, quando la coltura è stata espantata a causa di gravi danni legati a patogeni tellurici (21 sopralluoghi) nel 2012; a Bra, dal trapianto (metà febbraio) all'espianto della coltura (metà ottobre) (36 sopralluoghi) nel 2011, dal trapianto (inizio marzo) all'espianto (fine settembre) (29 sopralluoghi) nel 2012; ad Asti per l'intero ciclo colturale (da metà febbraio a metà ottobre) (19 sopralluoghi) nel 2011.



Figura 9 – Tunnel di pomodoro da mensa (evidenziato con le frecce blu) a Asti ove è stato eseguito il campionamento di *Tuta absoluta* nel 2011. Immagine elaborata da Google Earth®.



Figura 10 - Tunnel di pomodoro da mensa (evidenziato con le frecce blu) a Bra (CN) ove è stato eseguito il campionamento di *Tuta absoluta* nel 2011-2012. Immagine elaborata da Google Earth®.



Figura 11 - Impianto di pomodoro da mensa a Bra (CN).



Figura 12 - Tunnel di pomodoro da mensa (evidenziato con le frecce blu) a Santena (TO), ove è stato eseguito il campionamento di *Tuta absoluta* nel 2011-2012. Immagine elaborata da Google Earth®.



Figura 13 - Impianto di pomodoro da mensa a Santena (TO).

Confronto di diverse trappole con erogatore feromonale

Nel corso del 2012 nei due impianti di pomodoro da mensa a Bra e Santena è stato condotto un confronto fra due trappole a delta equipaggiate di erogatore di feromone artificiale. Le trappole erano la Delta Trap® equipaggiata con erogatore standard (FP) e commercializzata da Intrachem [Grassobbio,(BG), Italia] (di seguito denominata trappola A) e la IsoLure Ta® di CBC Europe [Nova Milanese,(MB), Italia] (di seguito denominata trappola B).

Le trappole sono state collocate al momento del trapianto della coltura e sono rimaste per l'intero ciclo colturale. Nella prima fase del ciclo, le trappole sono state posizionate al livello della vegetazione, poi con la crescita delle piante sono state poste

ad un'altezza di circa 1,1 m dal suolo. La lettura e la sostituzione dei fondi adesivi sono avvenute settimanalmente (vedi Figura 14), l'erogatore è stato sostituito secondo le indicazioni delle ditte produttrici, ogni tre settimane per la trappola A e ogni tre mesi per quella B. La lettura è stata effettuata conteggiando tutti i maschi adulti di *T. absoluta* catturati nell'intero fondo. Nella postazione di Bra le trappole sono state esposte per 27 settimane, mentre in quella di Santena per 19 settimane.

I dati ottenuti sono stati analizzati con il software SPSS Statistics 17.0 (SPSS, Chicago, IL, USA). Dopo averne analizzato la normalità è stata determinata la relazione intercorrente fra le catture delle diverse trappole mediante la correlazione bivariata di Spearman.

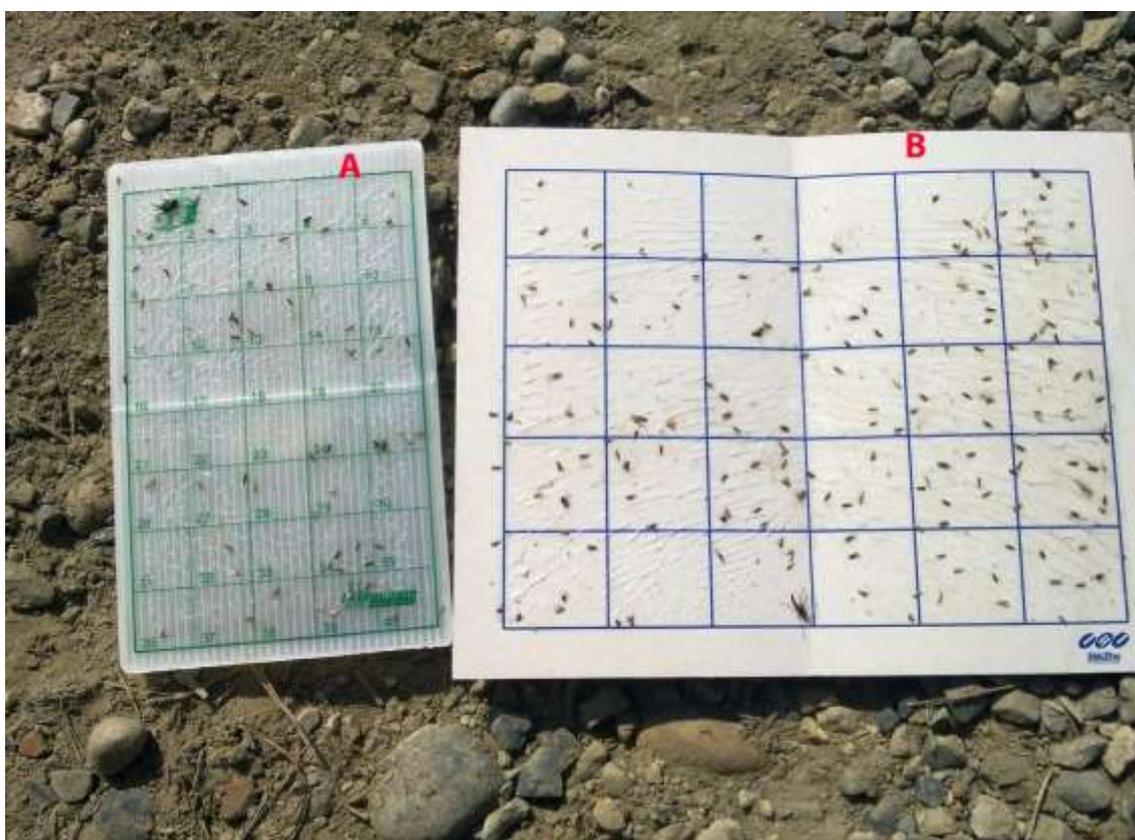


Figura 14 - Fondi adesivi delle trappole con erogatore feromonale poste a confronto.

Andamento della popolazione con infestazione artificiale in tunnel

Lo studio volto alla valutazione dell'andamento della popolazione di *T. absoluta* con infestazione artificiale in tunnel di pomodoro è stato condotto presso il Centro Sperimentale per l'Orticoltura del CReSO a Boves (CN). Nel triennio 2010-2012 sono stati allestiti sei tunnel sperimentali (25 × 5,40 m) coperti da reti a maglia fine (Ø 0,16 mm) per limitare il passaggio di insetti tra l'esterno e l'interno. In tali

tunnel sono state coltivate le piante di pomodoro (tipologia cuor di bue, cv Tomawak[®], Syngenta) con il sesto d'impianto comunemente adottato nella zona (due file binate, 3,3 piante m⁻¹). Le piante, allevate in verticale con l'ausilio di tutori, sono state trapiantate nella prima decade di maggio nel 2010 e nel 2011 e a metà maggio nel 2012.

Nel 2010 *T. absoluta* è stato introdotto all'interno di tre tunnel. I tre tunnel, identificati con i numeri 1, 2 e 3, sono stati gestiti secondo diverse strategie di difesa dai fitofagi (Figura 15). Nel tunnel 1 è stato introdotto il miride predatore *Macrolophus pygmaeus* Rambur commercializzato da Bioplanet (Cesena, Italia) alla quantità raccomandata pari a 2 individui m⁻¹; nel tunnel 2 (testimone non trattato) non sono stati eseguiti trattamenti; nel tunnel 3 sono stati effettuati due trattamenti a distanza di un mese con spinosad (Laser[®], DowAgro) alla concentrazione di 200 µl litro⁻¹.

Il 18 agosto, 30 larve di III e IV età e 10 crisalidi del lepidottero sono state introdotte in posizione centrale in ciascun tunnel. Larve e crisalidi sono state reperite presso i campi sperimentali del Centro Regionale di Sperimentazione e Assistenza Agricola della Camera di Commercio di Savona (CeRSAA) ad Albenga (SV). Nei tunnel sperimentali le foglie contenenti larve e crisalidi sono state delicatamente collocate sulle piante oggetto della prova (Figura 16).

A partire dal 26 agosto sino al 7 ottobre è stato condotto un campionamento settimanale volto a valutare l'insediamento e la diffusione del lepidottero. I tunnel sono stati suddivisi in cinque settori dalla lunghezza di 5 m ciascuno. In ogni settore il campionamento è stato effettuato su quattro piante, conteggiando tutte le mine presenti sul fogliame in corrispondenza del secondo, del quarto, del settimo e del nono palco. I dati ottenuti sono stati analizzati con il software SPSS Statistics 17.0 (SPSS, Chicago, IL, USA) per l'analisi della varianza tra le mine conteggiate confrontando i diversi tunnel.

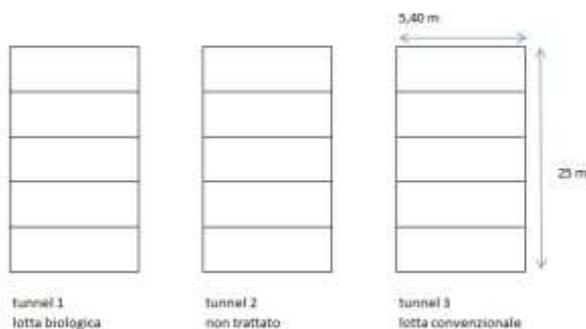


Figura 15 - Schema di campo.



Figura 16 - Infestazione artificiale con *Tuta absoluta*. È ancora visibile la foglia ormai secca con cui sono stati introdotti gli stadi preimmaginali del lepidottero.

Nel 2011 *T. absoluta* è stato introdotto come uovo. Le uova sono state ottenute introducendo circa 600 adulti su piante di pomodoro in vaso all'interno di gabbie entomologiche presso DIVAPRA Entomologia e Zoologia applicate all'Ambiente "Carlo Vidano" dell'Università degli Studi di Torino. Dopo 48 ore, tempo ritenuto idoneo a permettere l'ovideposizione, le piante sono state trasportate a Boves. Qui, le foglie sono state osservate con l'aiuto di uno stereomicroscopio e, quando presenti le uova, minuziosamente tagliate in modo da ottenere frammenti con un numero noto di uova sino a formare gruppi di 25 uova. L'introduzione è avvenuta l'8 giugno, collocando delicatamente i frammenti di foglia sul fogliame delle piante all'interno dei tunnel. Sono state collocate 500 uova per tunnel (circa 4 uova pianta⁻¹). Il 12 luglio è stata effettuata una seconda introduzione del lepidottero con le medesime modalità sopra descritte. Per rilevare l'infestazione dall'inizio di luglio a metà settembre è stato condotto un campionamento settimanale conteggiando tutte le mine presenti su tre piante parcella⁻¹ in quattro parcelle tunnel⁻¹.

Nel 2012 *T. absoluta* è stato introdotto come adulto in due date. Il 28 giugno circa 200 adulti provenienti dal Bioplanet (Cesena, Italia) sono stati rilasciati direttamente nel tunnel in cui è stata condotta la prova. Il 26 luglio è stata effettuata una seconda introduzione di 100 adulti. Il rilievo dell'infestazione è stato effettuato settimanalmente conteggiando le larve vive presenti sull'intera pianta, sulla metà superiore e sul terzo superiore in relazione all'altezza della pianta rispettivamente

inferiore a 50-70 cm, compresa tra 70 e 150 cm, e maggiore di 150 cm. Il campionamento è stato effettuato su quattro piante parcella⁻¹ in 5 parcelle tunnel⁻¹.

Risultati

Andamento della popolazione in condizioni naturali

Nel corso del 2010 sono stati eseguiti quattro campionamenti su pomodoro da industria a Castellazzo Bormida (Tabella 6). Il picco di popolazione è stato riscontrato alla fine di luglio. Nel corso dell'ultimo campionamento, effettuato pochi giorni prima che la coltura fosse raccolta, sono ancora state osservate diverse nuove mine sul fogliame.

Tabella 6 - Mine di *Tuta absoluta* rilevate nelle dieci parcelle su pomodoro da industria a Castellazzo Bormida.

Data	numero medio \pm ES mine parcella ⁻¹	totale
28/06/2010	0,4 \pm 0,16	4
09/07/2010	1,6 \pm 0,45	16
23/07/2010	14,4 \pm 1,02	144
05/08/2010	8,3 \pm 1,61	83

Nel corso del 2011 sono stati effettuati quattro campionamenti su pomodoro da mensa a Santena (Figura 17) L'infestazione è stata elevata, in particolar modo è stato rilevato un picco della popolazione a partire dalla fine di agosto sino all'espianto della coltura, avvenuto a metà settembre. Nel corso del 2012, durante i 21 campionamenti effettuati, le prime mine sono state osservate a partire dall'inizio di maggio, l'infestazione è poi aumentata progressivamente in modo costante sino all'espianto della coltura, come è evidenziato in Figura 18.

I risultati del campionamento condotto nel biennio 2011-2012 su pomodoro da mensa a Bra sono rappresentati nelle Figure 19 e 20. In entrambi gli anni le prime mine sono state rinvenute a partire dalla seconda metà di giugno. Nel 2011 l'infestazione è proseguita sino al termine del ciclo produttivo, avvenuto a metà ottobre. Il numero medio di mine attive per foglia composta non è mai stato superiore a 1. Nel 2012 la coltura è stata mantenuta sino alla fine di settembre; nel corso degli ultimi campionamenti settimanali è stato riscontrato un elevato incremento delle mine attive presenti sul fogliame. Nel mese di settembre infatti il numero medio per foglia

composta ha raggiunto valori decisamente più elevati dell'anno precedente, sino a 7 mine attive foglia composta⁻¹.

I risultati relativi al campionamento condotto nel 2011 su pomodoro da mensa ad Asti sono rappresentati in Figura 21 . La presenza di mine sul fogliame è stata rilevata a partire dal mese di agosto sino alla fine del ciclo colturale, avvenuta alla fine di ottobre. I valori medi di mine attive per foglia composta sono sempre stati al di sotto di 1.

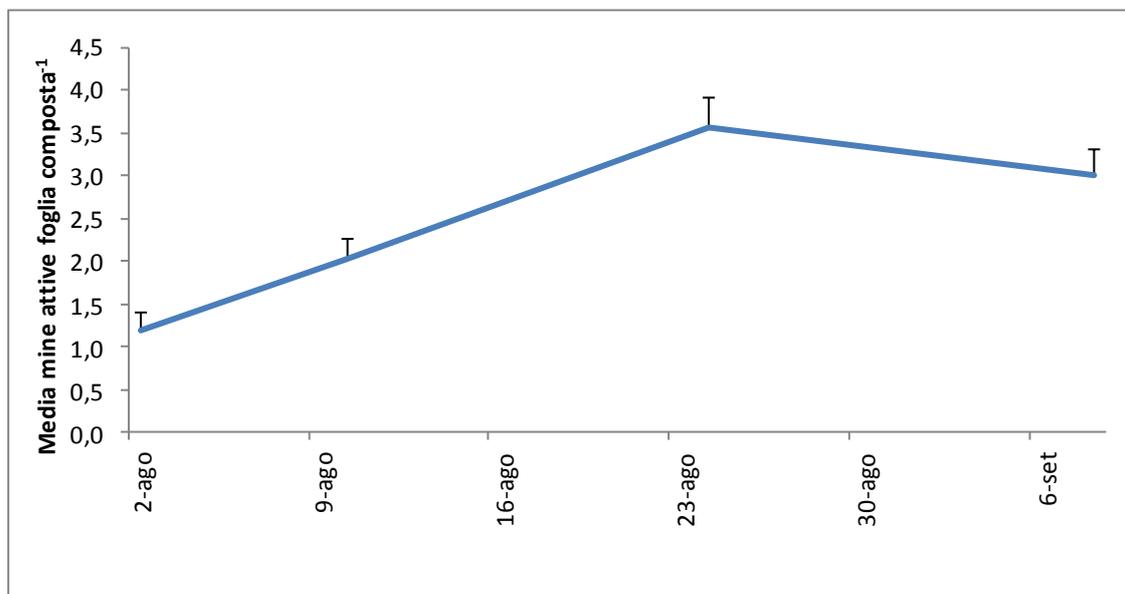


Figura 17 - Andamento della popolazione di *Tuta absoluta* su pomodoro da mensa a Santena nel 2011.

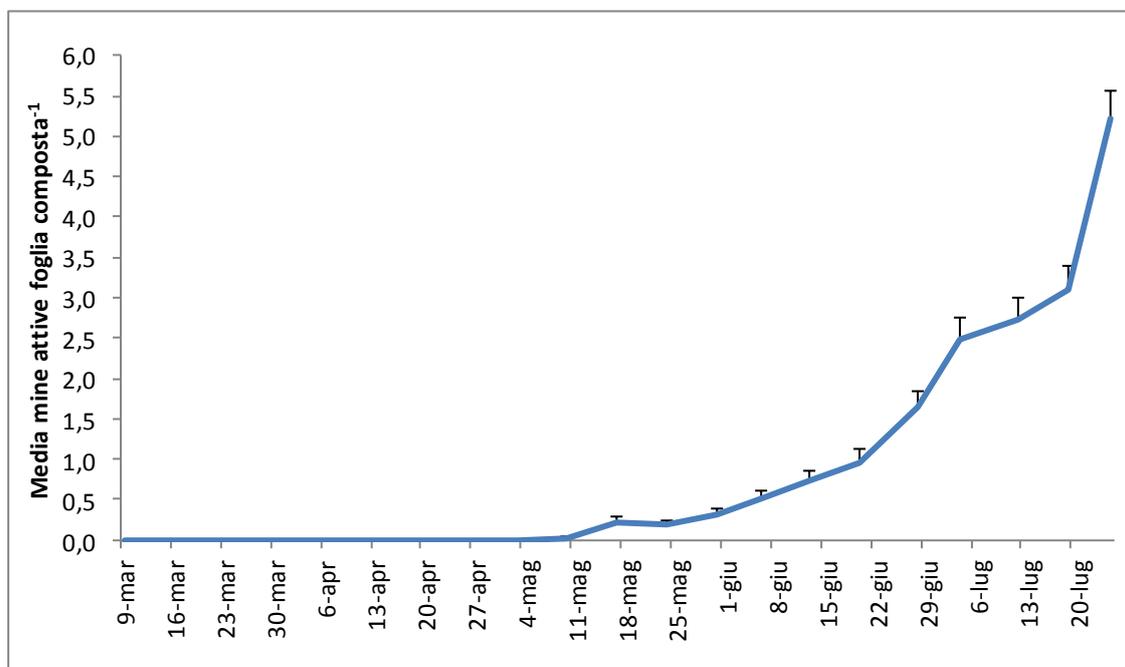


Figura 18 - Andamento della popolazione di *Tuta absoluta* su pomodoro da mensa a Santena nel 2012.

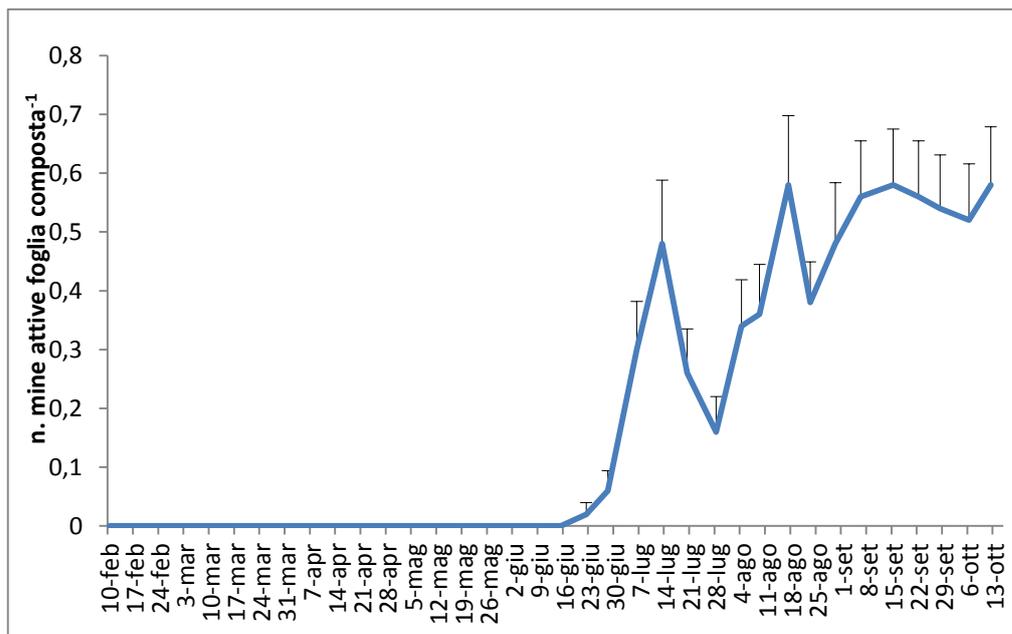


Figura 19 - Andamento della popolazione di *Tuta absoluta* su pomodoro da mensa a Bra nel 2011.

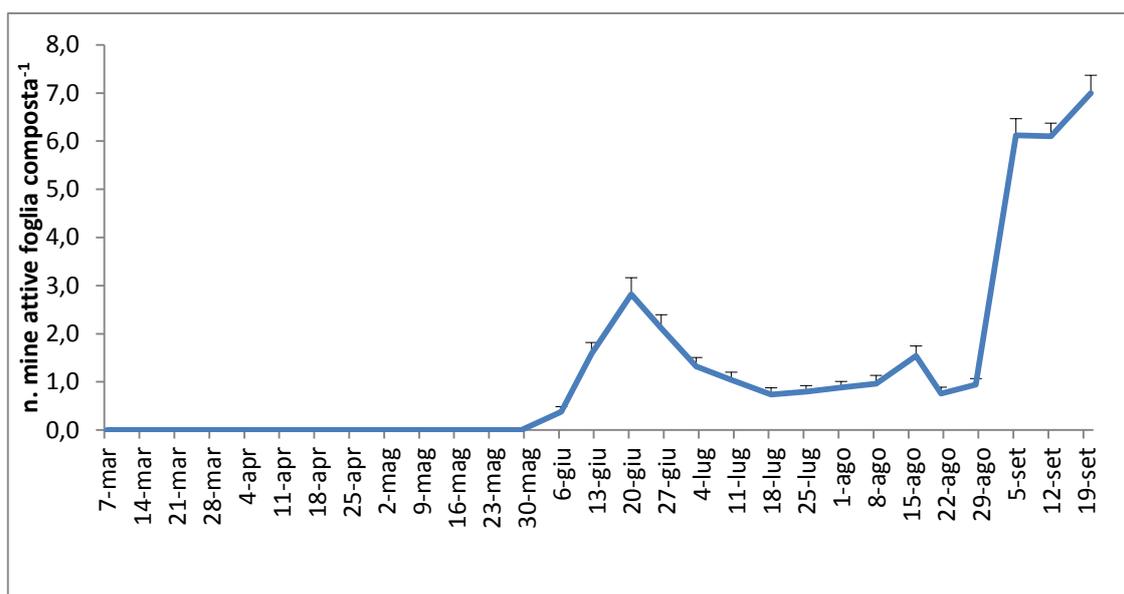


Figura 20 - Andamento della popolazione di *Tuta absoluta* su pomodoro da mensa a Bra nel 2012.

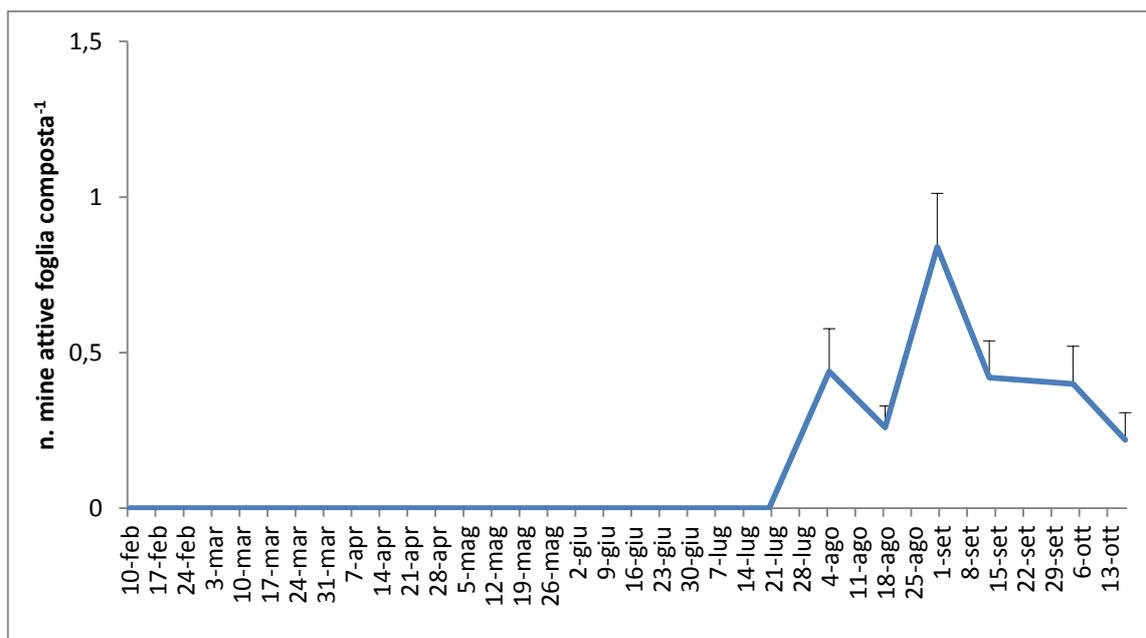


Figura 21 - Andamento della popolazione di *Tuta absoluta* su pomodoro da mensa ad Asti nel 2011.

Confronto di diverse trappole con erogatore feromonale

Le catture effettuate settimanalmente dalle due tipologie di trappole collocate negli impianti di Bra e Santena sono riportate in Tabella 7. Per ciascuna delle due località è stato effettuato il test del Chi-Quadro (χ^2) sulle catture delle trappole A e B. In entrambe le località è stata riscontrata una differenza statisticamente significativa nelle catture (Bra: $gl=1$, $\chi^2=31,536$, $P=0,000$; Santena: $gl=1$, $\chi^2=22,577$, $P=0,000$), la trappola B è risultata maggiormente attrattiva. Per determinare la proporzionalità per le due trappole è stata effettuata una correlazione fra le catture. I dati sono stati sottoposti a test di Kolmogorov-Smirnov, la distribuzione dei dati non è risultata normale. Per analizzare le relazioni intercorrenti tra le catture per le due tipologie di trappole impiegate è stata utilizzata la correlazione bivariata di Spearman (Bra: $\rho=0,921$, $P=0,000$, $n=27$; Santena: $\rho=0,990$, $P=0,000$, $n=19$) (vedi Figure 22 e 23). Oltre a essere caratterizzate da differente attrattività, le trappole A e B hanno presentato vantaggi e svantaggi. La trappola A, anche se meno attrattiva, è risultata di più facile montaggio e manipolazione. Al contrario, la trappola B, di dimensioni molto piccole, è stata difficile da manipolare e da ritrovare nel caso fosse caduta a terra. Tuttavia è stata fornita equipaggiata di un erogatore con una durata di tre mesi, che ha costituito un indubbio vantaggio per la gestione aziendale.

Tabella 7 - Catture settimanali effettuate dalle due trappole con erogatore feromonale poste a confronto negli impianti di Bra e Santena nel 2012.

Mese	settimana	maschi di <i>T. absoluta</i> catturati settimana ⁻¹			
		Bra		Santena	
		trappola A	trappola B	trappola A	trappola B
mar-12	12	0	1	0	0
	13	2	3	0	0
apr-12	14	1	2	0	1
	15	2	3	0	0
	16	3	4	2	7
mag-12	17	2	5	5	19
	18	6	9	7	35
	19	17	18	9	62
	20	18	19	13	53
	21	16	42	26	71
	22	18	44	39	63
giu-12	23	22	48	36	88
	24	111	292	57	181
	25	113	318	58	195
	26	118	202	82	222
lug-12	27	116	216	85	235
	28	160	268	87	247
	29	141	277	84	232
	30	92	225	89	247
ago-12	31	89	197	-	-
	32	74	179	-	-
	33	124	213	-	-
	34	130	260	-	-
	35	106	222	-	-
set-12	36	111	237	-	-
	37	182	287	-	-
	38	224	305	-	-
Totale individui		1998	3896	679	1958

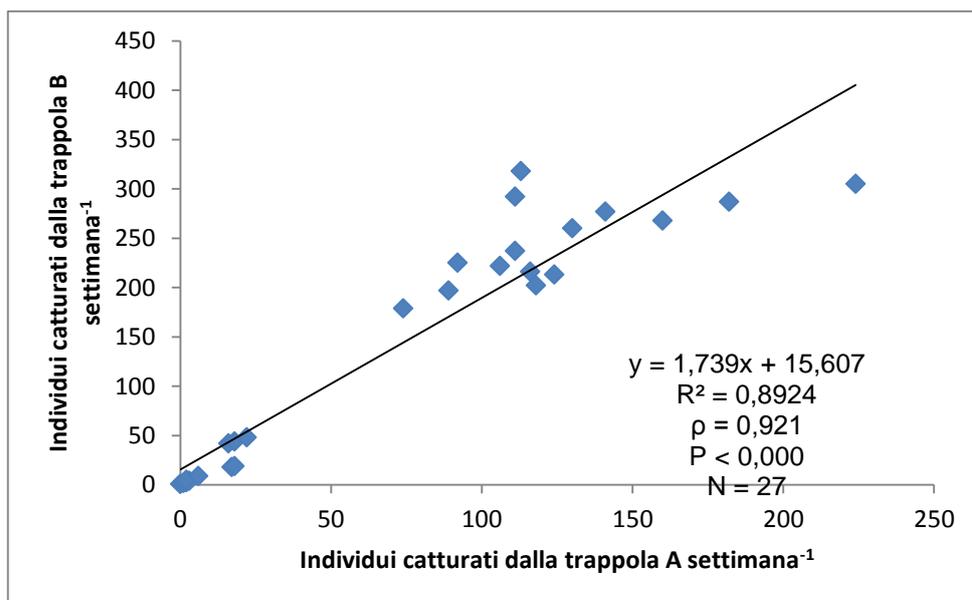


Figura 22 - Correlazione di Spearman fra le catture effettuate con le due trappole a confronto (A e B) nell'impianto di Bra nel 2012.

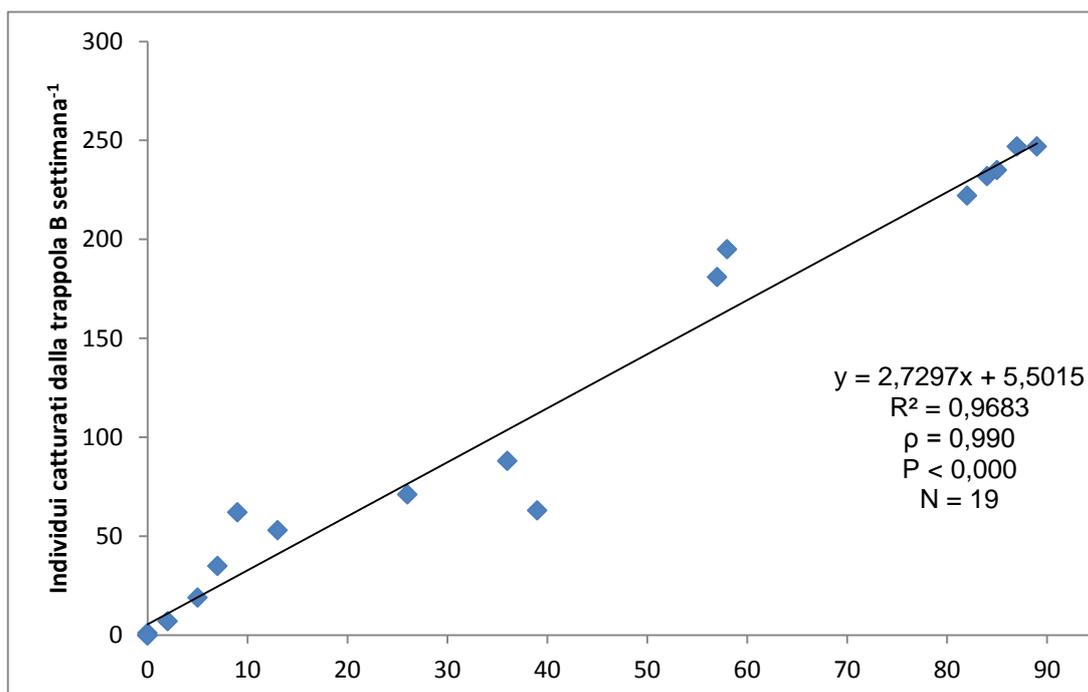


Figura 23 - Correlazione di Spearman fra le catture effettuate con le due trappole a confronto (A e B) nell'impianto di Santena nel 2012.

Andamento della popolazione con infestazione artificiale in tunnel

Nel 2010 nel corso dei sei campionamenti condotti, l'infestazione è sempre rimasta bassa (Tabella 8). Non sono inoltre stati evidenziati danni sui frutti. I dati sono stati sottoposti al test di Levene e non sono risultati omogenei. Dall'analisi statistica

non sono emerse differenze significative nel numero di mine vuote e mine attive per data fra le tesi (Test di Kruskal Wallis, $P > 0,005$) (Tabella 8).

Nel 2011 nel corso dei 14 rilievi settimanali, condotti dal 27 giugno al 30 settembre, l'infestazione ha raggiunto livelli superiori alle 10 mine pianta⁻¹ solamente nel mese di agosto e dopo la seconda introduzione (Tabella 9). Negli ultimi rilievi effettuati dalla metà di settembre sino all'espianto della coltura, avvenuta alla fine di settembre, la popolazione del lepidottero si è stabilizzata sopra alle 30 mine pianta⁻¹. Nel mese di settembre la popolazione di *T. absoluta* non è più stata in grado di aumentare. L'area cuneese, in cui è stata condotta la prova, è caratterizzata da un arrivo repentino dell'autunno con un brusco calo delle temperature, sovente già alla fine di agosto.

Nel 2012, nel corso degli 11 rilievi settimanali condotti dal 5 luglio al 12 settembre, è stato evidenziato un andamento simile a quello rilevato nel 2011 (Tabella 10). Anche in questo caso l'infestazione è aumentata considerevolmente dopo la seconda introduzione del fitofago. Tra la fine di agosto e l'inizio di settembre è tuttavia stato registrato un brusco calo nella popolazione del fitofago, probabilmente dovuto alla presenza di seccumi sulle piante. L'estate 2012 è infatti stata caratterizzata da un clima molto caldo anche nell'area cuneese, con temperature superiori alla media stagionale. Il tunnel in cui è stata condotta la prova era coperto da rete a maglia fine per limitare il passaggio di insetti fra l'interno e l'esterno; con le condizioni ambientali del 2012 la rete ha provocato un ulteriore aumento di temperatura all'interno del tunnel, causa di stress nelle piante, che verso la fine della stagione si presentavano debilitate. La prova è infatti stata interrotta a metà settembre.

Tabella 8 - Andamento della popolazione di *Tuta absoluta* in seguito all'infestazione artificiale in tunnel a Boves (CN), 2010. In ciascuna data non sono state riscontrate differenze statisticamente significative tra le tesi (Kruskal Wallis, $P > 0,05$).

Data	strategia di lotta	mine < 0,5 mm		mine 0,5-1,5 mm		mine > 1,5 mm		media mine vuote pianta ⁻¹	media mine attive pianta ⁻¹
		vuote (n. ± ES)	attive (n. ± ES)	vuote (n. ± ES)	attive (n. ± ES)	vuote (n. ± ES)	attive (n. ± ES)		
26/08/2010	biologica	0,00±0,00	0,01±0,01	0,02±0,02	0,02±0,01	0,00±0,00	0,00±0,00	0,4	0,8
	non trattato	0,00±0,00	0,01±0,01	0,00±0,00	0,02±0,01	0,00±0,00	0,00±0,00	0,0	0,7
	convenzionale	0,00±0,00	0,00±0,00	0,01±0,01	0,01±0,01	0,00±0,00	0,02±0,01	0,3	0,7
02/09/2010	biologica	0,00±0,00	0,02±0,01	0,01±0,01	0,01±0,01	0,00±0,00	0,00±0,00	0,3	0,8
	non trattato	0,00±0,00	0,01±0,01	0,00±0,00	0,01±0,01	0,00±0,00	0,00±0,00	0,2	0,6
	convenzionale	0,01±0,01	0,02±0,01	0,01±0,01	0,03±0,02	0,02±0,02	0,00±0,00	1,2	1,3
10/09/2010	biologica	0,00±0,00	0,00±0,00	0,01±0,01	0,00±0,00	0,02±0,01	0,00±0,00	0,9	0,2
	non trattato	0,00±0,00	0,00±0,00	0,01±0,01	0,01±0,01	0,02±0,01	0,00±0,00	0,7	0,4
	convenzionale	0,00±0,00	0,01±0,01	0,07±0,05	0,00±0,00	0,03±0,02	0,00±0,00	2,6	0,2
17/09/2010	biologica	0,00±0,00	0,00±0,00	0,05±0,02	0,00±0,00	0,07±0,03	0,00±0,00	2,8	0,2
	non trattato	0,00±0,00	0,00±0,00	0,01±0,01	0,00±0,00	0,02±0,01	0,00±0,00	0,7	0,0
	convenzionale	0,00±0,00	0,00±0,00	0,02±0,01	0,00±0,00	0,07±0,03	0,00±0,00	2,3	0,0
27/09/2010	biologica	0,01±0,00	0,00±0,00	0,01±0,00	0,00±0,00	0,03±0,02	0,00±0,00	1,2	0,0
	non trattato	0,01±0,01	0,00±0,00	0,01±0,01	0,0a±0,00	0,00±0,00	0,01±0,00	0,6	0,4
	convenzionale	0,00±0,00	0,02±0,01	0,03±0,02	0,00±0,00	0,08±0,04	0,00±0,00	2,7	0,5
07/10/2010	biologica	0,00±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00	0,02±0,01	0,00±0,00	0,6	0,0
	non trattato	0,00±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00	0,1	0,0
	convenzionale	0,00±0,00	0,00±0,00	0,00 ±0,00	0,00±0,00	0,07±0,03	0,00±0,00	1,6	0,0

Tabella 9 – Numero medio (\pm ES) mine pianta⁻¹ a seguito dell'introduzione di *Tuta absoluta* nel tunnel sperimentale a Boves nel 2011.

Data	totale mine	n. medio \pm ES di mine pianta ⁻¹
27-giu	10	0,83 \pm 0,87
04-lug	17	1,42 \pm 1,03
11-lug	8	0,67 \pm 0,41
18-lug	17	1,42 \pm 0,63
25-lug	35	2,92 \pm 1,49
03-ago	93	7,75 \pm 5,81
08-ago	129	10,75 \pm 6,54
16-ago	163	13,58 \pm 6,59
22-ago	194	16,17 \pm 5,56
30-ago	218	18,17 \pm 2,96
07-set	270	22,50 \pm 9,08
15-set	389	32,42 \pm 7,65
21-set	412	34,33 \pm 9,71
30-set	424	35,33 \pm 9,37

Tabella 10 - Numero medio (\pm ES) larve e mine pianta⁻¹ a seguito dell'introduzione di *Tuta absoluta* nel tunnel sperimentale a Boves nel 2012.

Data	totale larve	totale mine	n. medio \pm ES di larve pianta ⁻¹	n. medio \pm ES di mine pianta ⁻¹
5-lug	0	0	0,00 \pm 0,00	0,00 \pm 0,00
12-lug	1	2	0,05 \pm 0,05	0,10 \pm 0,10
19-lug	2	2	0,10 \pm 0,10	0,10 \pm 0,10
26-lug	0	0	0,00 \pm 0,00	0,00 \pm 0,00
1-ago	39	50	1,95 \pm 0,29	2,50 \pm 0,39
10-ago	116	180	5,80 \pm 0,85	9,00 \pm 1,31
16-ago	244	453	12,20 \pm 1,29	22,65 \pm 2,52
23-ago	180	407	9,00 \pm 0,49	20,35 \pm 1,20
30-ago	191	447	9,55 \pm 0,48	22,35 \pm 1,27
5-set	56	214	2,80 \pm 0,26	10,70 \pm 0,62
12-set	67	412	3,35 \pm 0,34	20,60 \pm 1,21

Discussione

La conoscenza dell'andamento delle popolazioni delle specie dannose esotiche può fornire informazioni sul potenziale di insediamento e sulla pericolosità nell'area di introduzione utili alla definizione di efficaci strategie di difesa. La fenologia dell'insetto è inoltre molto sensibile alle condizioni climatiche, che regolano direttamente lo sviluppo di una popolazione influenzandone diapausa e crescita (Bale *et al.* 2002).

Il campionamento effettuato su pomodoro da industria ha evidenziato il picco della popolazione di *T. absoluta* alla fine di luglio. Il ciclo di questa coltura si conclude normalmente entro la prima decade di agosto, tuttavia in questo mese gran parte delle specie infestanti possibili ospiti del lepidottero (come il già citato *S. nigrum*) è ancora in vegetazione. Per il controllo di *T. absoluta* su pomodoro da industria sarebbe quindi molto importante monitorare l'infestazione sulle malerbe soprattutto dopo la fine del ciclo colturale del pomodoro, come raccomandato anche da Sannino ed Espinosa (2010a). Il campionamento condotto su pomodoro da mensa nel torinese ha evidenziato un maggiore attacco nel 2011 rispetto al 2012, quando però il ciclo colturale è stato interrotto molto precocemente, già alla fine di luglio. Considerando tuttavia l'andamento delle settimane precedenti è probabile che l'infestazione sarebbe aumentata considerevolmente nel corso dell'estate, soprattutto in funzione della temperatura media del sito, che era maggiore rispetto al 2011. Purtroppo l'impossibilità di monitorare l'intero ciclo colturale 2012 non rende possibile confrontare correttamente i due andamenti. Nel braidese è stata invece osservata una maggiore infestazione nel 2012 rispetto al 2011. Come già accennato, a Bra, diversamente da altre aree piemontesi, i tunnel non vengono smantellati durante l'inverno. Essi possono fornire rifugi idonei allo svernamento di *T. absoluta* che, come altre specie della sua famiglia, non presenta diapausa; i cicli vitali variano semplicemente in durata in funzione della temperatura (Sannino e Espinosa, 2010a). La costante presenza di tunnel (talvolta riscaldati durante l'inverno) probabilmente permette il mantenimento e il costante aumento della popolazione, a spiegazione del sensibile aumento di catture rilevate a Bra nel 2012.

In tutte le aree prese in considerazione (Torino, Bra e Asti), l'infestazione è aumentata tra la fine dell'estate e l'inizio dell'autunno suggerendo che, per raggiungere densità elevate, la popolazione del fitofago necessita di un periodo considerevolmente lungo di clima caldo. Il Piemonte presenta condizioni climatiche più rigide di gran parte delle altre regioni italiane, di conseguenza *T. absoluta* è qui in grado di aumentare la sua popolazione con ritmi rapidi solo dopo il culmine della stagione estiva. È dimostrato che, oltre ad avere un determinato

intervallo termico di sviluppo, gran parte degli insetti termofili manifestano un aumento del loro sviluppo quando la temperatura ambientale aumenta all'interno del loro intervallo (Bale *et al.*, 2002); nel caso di *T. absoluta* questa situazione si verifica in gran parte del Piemonte solo a partire dal mese di agosto. Come già osservato in studi nell'area d'origine e in altre regioni italiane (Desneux *et al.*, 2010; Sannino e Espinosa, 2010b), nelle aree oggetto di studio sono stati ritrovati tutti gli stadi di sviluppo contemporaneamente, suggerendo che anche nelle condizioni climatiche piemontesi non esiste una vera e propria distinzione nelle generazioni, che si sovrappongono per l'intera durata del ciclo colturale del pomodoro.

L'infestazione artificiale è stata effettuata con tre modalità differenti, introducendo larve e crisalidi nel 2010, uova nel 2011 e adulti nel 2012. Le tre modalità presentano vantaggi e svantaggi. L'introduzione di larve è la meno conveniente, in quanto è più difficile introdurre individui della stessa età soprattutto se raccolti da campi infestati e le larve rischiano di essere danneggiate se devono essere trasportate. Inoltre è macchinosa in quanto le larve necessitano comunque di essere collocate sulle piante e di essere distribuite uniformemente all'interno delle parcelle. L'introduzione di uova presenta il vantaggio di partire da individui coetanei, specialmente se le uova sono state ottenute da gruppi di adulti posti artificialmente a contatto con piante. Le uova sono abbastanza resistenti alla manipolazione da poter essere conteggiate e divise in gruppi ma le piccole dimensioni rendono il loro conteggio e la successiva collocazione sulle piante molto lenti. I risultati ottenuti relativamente all'introduzione di uova o di larve di *T. absoluta* confermano quelli rilevati in uno studio su *Lobesia botrana* Denis & Schiffermüller, in cui è risultata più efficiente l'introduzione di uova piuttosto che quella di larve per l'infestazione artificiale su piante (Fermauld *et al.*, 1996). L'introduzione di adulti è molto semplice e la percentuale di sopravvivenza durante il trasporto è elevata. Inoltre, anche se non si conoscono la *sex ratio* degli individui introdotti e il tasso di ovideposizione, l'introduzione di adulti è vantaggiosa in quanto si distribuiscono in modo relativamente uniforme nell'ambiente, simulando ciò che accadrebbe in natura più efficacemente.

Oltre alle differenti modalità di introduzione, il triennio di sperimentazione sull'andamento della popolazione di *T. absoluta* a seguito di infestazione artificiale ha permesso di trarre alcune considerazioni. Nel 2010 la stagione era troppo avanzata per permettere al lepidottero di insediarsi efficacemente, mentre nei due anni successivi la popolazione ha raggiunto livelli che nella pratica richiederebbero l'adozione di strategie di difesa solo a partire dal mese di agosto. Ciò dimostra che *T. absoluta* necessita di un lungo periodo di clima caldo perché possa raggiungere livelli di infestazioni preoccupanti per la

coltura, in grado cioè di causare perdite economiche per l'azienda agraria, come già osservato e in accordo con le informazioni reperibili in letteratura (Desneux *et al.*, 2010).

Il confronto fra le diverse trappole a feromone ha infine evidenziato una maggiore attrattività della trappola B, prodotta da CBS Europe rispetto alla trappola A, prodotta da Intrachem. L'impiego di erogatori artificiali di miscele feromoniche è da tempo un importantissimo mezzo per il monitoraggio delle principali specie di lepidotteri di interesse agrario (Du *et al.*, 2013, Miluch *et al.*, 2013, Zhang *et al.*, 2013). I feromoni artificiali vengono inoltre utilizzati, su moltissime specie, come strategia di difesa attraverso la tecnica della confusione sessuale (Trematerra e Savoldelli, 2013; Stelinski *et al.*, 2013, Kutinkova *et al.*, 2012). Tale tecnica è stata recentemente applicata anche a *T. absoluta*, su cui ha fornito risultati promettenti (Cocco *et al.*, 2013). Sarà pertanto importante in futuro approfondire la valutazione di trappole a feromoni per il monitoraggio e per la cattura massale su *T. absoluta*, su cui già oggi la ricerca di nuove tipologie è molto attiva da parte delle ditte fornitrici di mezzi tecnici.

Valutazione di strategie di lotta a *T. absoluta*

Introduzione

La difesa delle colture rappresenta uno degli aspetti più importanti dell'agricoltura. Grazie all'attenzione verso l'ottenimento di produzioni agricole maggiormente sostenibili anche dal punto di vista ambientale, la tendenza attuale nella difesa è volta all'applicazione di un criterio di lotta integrata, sulla base di alcune considerazioni. In primo luogo vi è la consapevolezza che la totale estinzione di un determinato fitofago è virtualmente impossibile, esiste invece una soglia del livello di popolazione per ogni insetto al di sotto del quale il potenziale danno alle coltivazioni che questo può causare non giustifica economicamente il ricorso a misure di controllo. In secondo luogo la lotta chimica, sebbene sia un importante mezzo di contenimento dell'insetto, non è l'unico. Infatti, fattori preventivi e prioritari come la rotazione delle colture, l'abbassamento dei fattori di stress alle piante e l'adozione di misure agronomiche, possono talvolta rendere superfluo l'uso di agrofarmaci.

Nel caso di *T. absoluta* la lotta è stata storicamente impostata nell'area d'origine con il quasi esclusivo utilizzo di sostanze attive di sintesi. Diversi studi documentano infatti l'elevato numero di applicazioni di insetticidi per ciascun ciclo colturale del pomodoro, addirittura sino a 30 trattamenti per ciclo (Picanço *et al.*, 1995; Guedes e Picanço, 2012; Zlof e Suffert, 2012). Recentemente, sia in America Meridionale che nel bacino del Mediterraneo, dove il lepidottero si è insediato e diffuso a partire dal 2008, in molti casi sono stati ottenuti buoni risultati con l'ausilio di agenti di lotta biologica, quali insetti utili e sostanze di origine naturale (Desneux *et al.*, 2010).

A livello italiano ed europeo l'adozione di criteri di lotta integrata riveste una particolare importanza, in quanto a partire dal 2014 entrerà in vigore la Direttiva Europea 128/2009 che impone agli Stati membri di privilegiare misure di contenimento delle avversità diverse dalla lotta chimica. Pertanto sono state condotte prove volte ad accertare l'efficacia di diverse strategie di lotta contro *T. absoluta* in condizioni di laboratorio, semi-campo e campo. Sono inoltre stati valutati gli effetti collaterali di alcune sostanze attive contro il miride dicifino *D. errans*, naturalmente presente in diverse aree piemontesi in cui si produce pomodoro, e ripetutamente segnalato come efficace predatore di diversi insetti dannosi all'agricoltura (Ingegno *et al.*, 2008; Voigt *et al.*, 2007).

Materiali e metodi

Prove in laboratorio

Le prove sono state condotte per saggiare l'efficacia di diverse sostanze attive sugli stadi larvali di *T. absoluta*, in particolare su larve di I e II età, e su larve di III e IV età. Gli esemplari utilizzati per le prove sono stati ottenuti da un allevamento massale precedentemente allestito presso DIVAPRA Entomologia e Zoologia applicate all'Ambiente "Carlo Vidano" dell'Università degli Studi di Torino. Tale allevamento è stato allestito collocando un centinaio di adulti di *T. absoluta* all'interno di gabbie entomologiche (1,5 × 1,5 × 1,1 m) con piante di pomodoro in vaso non trattate alla temperatura costante di 23±1°C. Gli stadi larvali utilizzati nel corso delle prove sono stati prelevati direttamente dalle foglie delle piante in vaso.

Le sostanze attive (s.a.) saggiate sono elencate in Tabella 11. Per ciascuna di esse, oltre alla dose di etichetta, sono state effettuate cinque diluizioni seriali per verificarne l'efficacia anche a concentrazioni più diluite e calcolarne la DL₅₀.

Tabella 11 - Sostanze attive e concentrazioni saggiate sulle larve di *Tuta absoluta* nelle prove di lotta in laboratorio.

Sostanza attiva (s.a.)	Prodotto commerciale e casa produttrice	Concentrazione (ppm) in relazione alla dose di etichetta					
		100%	50%	25%	12,50%	6,25%	3,13%
<i>Bacillus thuringiensis</i>	Costar [®] , Certis	360	180	90	45	22,5	11,25
emamectina benzoato	Affirm [®] , Syngenta	14,25	7,12	3,56	1,78	0,89	0,44
rynaxypyr	Altacor [®] , DuPont	42	21	10,5	5,25	2,62	1,31
spinosad	Laser [®] , Dow Agrosiences	88,4	44,2	22,1	11,05	5,52	2,76

Per ogni concentrazione saggiata sono stati utilizzati cinque apici vegetativi di pomodoro non precedentemente trattati. Ciascun apice è stato collocato in una provetta (2 ml) riempita d'acqua e sigillata con Parafilm[®] con lo scopo di mantenerne la freschezza. Ogni apice così preparato è stato trattato e poi posto in una capsula Petri in vetro (Ø 135 mm). In ogni capsula sono state poi delicatamente collocate cinque larve del lepidottero. La mortalità è stata rilevata 24, 48 e 72 ore dopo il trattamento, stimolando le larve con un pennello e

osservandole allo stereomicroscopio. Per l'intera durata dell'esperimento il materiale è stato mantenuto in cella climatizzata con T 22±1°C, UR 65±5% e intervallo luce:buio 16:8.

La DL₅₀, i limiti di confidenza superiore e inferiore, i valori del chi-quadro (χ^2) sono stati determinati con analisi probit utilizzando il software SPSS Statistics 17.0 (SPSS, Chicago, IL, USA).

Prove in semi-campo

Le prove sono state allestite presso DIVAPRA Entomologia e Zoologia applicate all'Ambiente "Carlo Vidano" allo scopo di valutare gli effetti del trattamento di piante di pomodoro su ovideposizione, schiusura delle uova e sviluppo delle larve di *T. absoluta* in condizioni controllate. Le sostanze attive saggiate erano le stesse utilizzate nelle prove di laboratorio (emamectina benzoato, rynaxypyr, spinosad e *B. thuringiensis*), impiegate unicamente alla dose di etichetta raccomandata dalla casa produttrice (Tabella 11).

Le piante di pomodoro, esenti da trattamenti insetticidi, sono state coltivate in vasi singoli (Ø 15 cm) in ambiente isolato con rete escludi-insetti. Per ogni trattamento sono state utilizzate tre piante (alte circa 35 cm), che dopo il trattamento sono state inserite in una gabbia entomologica (1,1 × 0,9 × 0,9 m) collocata in serra sperimentale. Dopo un lasso di tempo adeguato per l'asciugatura delle piante, nella gabbia sono stati introdotti e mantenuti per 72 ore 200 adulti di *T. absoluta*. Al termine le piante sono state trasferite in cella climatica, ponendo particolare attenzione a evitare la presenza di adulti. La prova è stata condotta con tre replicazioni, in condizioni controllate di T 23±1°C, UR 65±5% e intervallo luce:buio 16:8.

La presenza di uova e di larve è stata controllata 3, 7 e 11 giorni dopo l'inizio della prova. Il primo rilievo è stato effettuato conteggiando tutte le uova deposte sulle piante, mediante l'ausilio di una lente di ingrandimento e di una fonte luminosa che permettesse l'osservazione delle foglie in controluce. Nel secondo e nel terzo rilievo sono state conteggiate le larve di I e II età e le larve di III e IV età rispettivamente.

I dati ottenuti sono stati sottoposti prima al test di Levene per verificare l'omogeneità della varianza, poi ai test non parametrici di Kruskal Wallis e U Mann Whitney; tutte le analisi sono state condotte con il software SPSS Statistics 17.0 (SPSS, Chicago, USA).

Prove in campo

Nel biennio 2011-2012 sono state effettuate prove in campo volte alla valutazione dell'efficacia delle sostanze attive saggiate precedentemente in laboratorio. Le sostanze attive (emamectina benzoato, rynaxypyr, spinosad e *B. thuringiensis*) sono state saggiate alle dosi di etichetta elencate in Tabella 11. È stato inoltre valutato il miride predatore *M. pygmaeus* (Miripak[®], Bioplanet, Cesena, Italia), utilizzato alla quantità di 2 individui m⁻², come da indicazioni della casa produttrice. Le prove sono state condotte presso il Centro Sperimentale per l'Orticoltura del CReSO, a Boves (CN).

Nel 2011 sono stati allestiti tre tunnel in film plastico delle dimensioni di 25,0 × 5,4 m. I tunnel sono stati dotati di opportuna rete a maglia fine (Ø 0,6 mm) per limitare il passaggio di insetti fra esterno e interno. Nella prima decade di maggio sono state trapiantate le piante di pomodoro secondo la tempistica normalmente diffusa nell'area. Le piante appartenevano alla tipologia cuor di bue, varietà Tomawak[®] (Syngenta), e sono state innestate su portainnesto Beaufort[®] (De Ruiter) con lo scopo di aumentarne la resistenza ai patogeni tellurici. In ciascun tunnel sono state allestite 10 parcelle costituite da due file di 8-12 piante. Per ciascun trattamento sono state utilizzate due parcelle per tunnel nei primi due tunnel (4 parcelle trattamento⁻¹), mentre gli ausiliari sono stati rilasciati nel terzo tunnel (Figura 24).

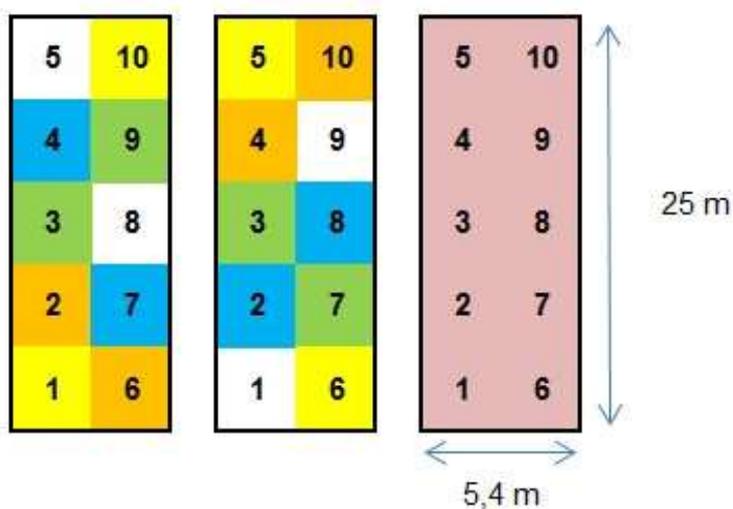


Figura 24 - Prova di lotta in campo 2011, schema di campo.
Legenda: ■ emamectina benzoato, ■ rynaxypyr, ■ spinosad, ■ *B. thuringiensis*, ■ testimone non trattato, ■ *M. pygmaeus*.

Per ottenere un'infestazione uniforme di *T. absoluta*, un mese dopo il trapianto, l'8 giugno, è stata effettuata l'introduzione del fitofago nei tre tunnel. A tale fine il 6 giugno 600 adulti del lepidottero sono stati posti in tre gabbie entomologiche (1,5 × 1,5 × 1,1 m), con piante di pomodoro non trattate in vaso, allestite presso DIVAPRA

Entomologia e Zoologia applicate all'Ambiente "Carlo Vidano" per consentirne l'ovideposizione. Le piante in vaso sono quindi state trasferite a Boves dove si è proceduto a prelevare delicatamente e collocare le uova sulle piante all'interno dei tunnel sperimentali. Per ogni tunnel sono state distribuite uniformemente 500 uova (circa 4 uova pianta⁻¹). Il 22 giugno è stato poi introdotto il miride predatore *M. pygmaeus*.

Immediatamente dopo l'introduzione dell'ausiliario sono iniziati con cadenza settimanale i campionamenti, durante i quali venivano conteggiate tutte le mine presenti su tre piante collocate in posizione centrale in ciascuna parcella. Contestualmente al conteggio delle mine del fitofago venivano rilevati anche i miridi predatori mediante scuotimento delle piante su supporto rigido (450 × 320 mm) (tre scuotimenti parcella⁻¹). L'attenzione è stata soprattutto posta su *M. pygmaeus* e *D. errans*, presente allo stato naturale in grande quantità nell'area sede delle prove. I campionamenti di *T. absoluta* e miridi sono stati eseguiti sino alla fine del mese di settembre.

A causa delle particolari condizioni climatiche dell'estate 2011, caratterizzata da temperature fortemente inferiori alla media stagionale, nonostante l'introduzione il livello di infestazione del lepidottero all'interno dei tunnel era basso. Il 12 luglio è stata così effettuata una seconda introduzione, con le stesse modalità e quantità sopra descritte. I trattamenti effettuati con le sostanze attive oggetto delle prove erano due, eseguiti il primo 10 giorni dopo la seconda introduzione del lepidottero (22 luglio), il secondo 34 giorni dopo il primo (26 agosto).

Nel 2012 la prova di lotta in campo, con le stesse tesi a confronto, presentava alcune variazioni rispetto alla prova effettuata nel 2011. È stata infatti condotta in sei tunnel (25,0 × 5,4 m) in film plastico dotati di rete a maglia fine in cui è stato coltivato pomodoro cuor di bue innestato e allevato a due branche. È stato scelto di utilizzare un intero tunnel (circa 120 piante) per tesi per evitare gli effetti di deriva dovuti all'eventuale sovrapposizione dei diversi trattamenti (Figura 25). Dopo che le piante avevano raggiunto un'altezza di circa 40 cm è stata effettuata l'introduzione di *T. absoluta*. Nel 2012 il fitofago è stato introdotto allo stadio di adulto (200 esemplari tunnel⁻¹ alla fine di giugno e 100 esemplari tunnel⁻¹ alla fine di luglio). Contestualmente a ciascuna introduzione del lepidottero nel relativo tunnel è stato introdotto il miride predatore *M. pygmaeus* (Miripak[®], Bioplanet) alla quantità consigliata dalla casa produttrice (2 individui m⁻²).

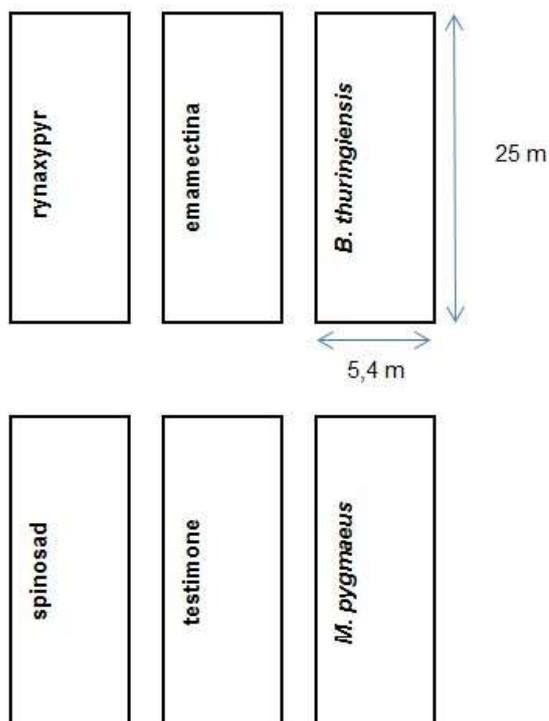


Figura 25 - Prova di lotta in campo 2012.
Schema di campo.

Successivamente all'introduzione, la popolazione del fitofago è stata rilevata con cadenza settimanale sino alla metà del mese di settembre, conteggiando le mine e le larve vive presenti sull'intera pianta, sulla metà superiore o sul terzo superiore in relazione all'altezza della pianta, rispettivamente inferiore a 50-70 cm, compresa tra 70 e 150 cm e maggiore di 150 cm. Il campionamento è stato effettuato su due piante (quattro branche) in cinque punti per tunnel (10 piante tesi⁻¹). Contestualmente al campionamento del lepidottero sono stati rilevati i miridi predatori, con particolare riferimento a *M. pygmaeus* e *D. errans*. Il campionamento, condotto con le stesse modalità dell'anno precedente, è stato eseguito con 3 scuotimenti punto⁻¹, 60 scuotimenti tesi⁻¹.

Il trattamento con le sostanze attive a confronto è stato effettuato il 7 agosto, quando il numero medio di larve vive conteggiate settimanalmente aveva raggiunto 2 esemplari branca⁻¹.

I dati ottenuti sono stati sottoposti prima al test di Levene per verificare l'omogeneità della varianza, poi ai test non parametrici di Kruskal Wallis e U-Mann Whitney; tutte le analisi sono state condotte con il software SPSS Statistics 17.0 (SPSS, Chicago, USA).

Valutazione degli effetti collaterali dei trattamenti su *D. errans*

Contestualmente alla prova in laboratorio per valutare l'efficacia di emamectina benzoato, rynaxypyr, spinosad e *B. thuringiensis* contro *T. absoluta*, sono stati saggiati gli effetti collaterali delle medesime sostanze attive su adulti di *D. errans* in condizioni di laboratorio. Le sostanze attive sono state utilizzate alla dose di etichetta e a concentrazioni superiori, come riportato in Tabella 12. Le prove sono state allestite presso DIVAPRA Entomologia e Zoologia applicate all'Ambiente "Carlo Vidano". Gli esemplari di *D. errans* sono stati catturati in tunnel di pomodoro a Boves al termine della stagione produttiva mediante scuotimento delle piante su supporto (450 × 320 mm), successivo prelievo con aspiratore e trasferimento in laboratorio in provette di vetro (120 × 25 mm, 45 ml).

Per ogni concentrazione saggiata sono state trattate cinque capsule Petri in vetro (Ø 135 mm); in ciascuna di esse sono stati successivamente collocati un apice di pomodoro trattato e uova di *Ephestia kuehniella* Zeller precedentemente trattate. In ciascuna capsula sono poi stati introdotti cinque adulti di *D. errans*. La mortalità dei miridi è stata rilevata dopo 24, 48 e 72 ore. La prova è stata condotta in cella climatica con T 24±1°C, UR 65±5%, intervallo luce:buio 16:8.

La DL₅₀, i limiti di confidenza superiore e inferiore, i valori del chi-quadro (χ^2) sono stati calcolati con analisi probit utilizzando il software SPSS Statistics 17.0 (SPSS, Chicago, IL, USA).

Tabella 12 - Sostanze attive e concentrazioni saggiate su adulti di *Dicyphus errans* per valutarne la tossicità in laboratorio.

Sostanza attiva	Prodotto commerciale e casa produttrice	Concentrazione (ppm) in relazione alla dose di etichetta		
		etichetta (1×)	2,5×	5×
<i>Bacillus thuringiensis</i>	Costar [®] , Certis	360	900	1800
emamectina benzoato	Affirm [®] , Syngenta	14,25	35,6	71,25
rynaxypyr	Altacor [®] , DuPont	42	105	210
spinosad	Laser [®] , Dow Agrosiences	88,4	221	442

Risultati

Prove in laboratorio

La DL₅₀, i limiti di confidenza superiore e inferiore, i valori del chi-quadro (χ^2) delle sostanze attive saggiate in laboratorio nei confronti di larve di I e II età e di larve di III e IV età di *T. absoluta* sono riportati rispettivamente nelle Tabelle 13 e 14. La mortalità cumulata 24, 48 e 72 ore dopo il trattamento causata dalle sostanze a confronto alla dose raccomandata su larve di I e II età e su larve di III e IV età è rappresentata rispettivamente nelle Figure 26 e 27. In generale è stata osservata una maggiore efficacia di tutte le sostanze attive sulle larve di I e II età, rispetto a quelle di III e IV età.

Nella prova condotta con le larve di I e II età, emamectina benzoato, con le minori DL₅₀, è risultata la molecola più tossica. Al contrario, *B. thuringiensis*, con valori di DL₅₀ e DL₉₀ talmente elevati da non consentire la determinazione dei limiti di confidenza, si è rivelato scarsamente efficace (Tabella 13). Rapportando le DL₅₀ con le dosi di etichetta delle sostanze attive saggiate, solamente per emamectina benzoato e rynaxypyr le DL₅₀ erano inferiori alle dosi di etichetta. Queste due sostanze attive hanno infatti causato un'elevata mortalità delle larve di I e II età, in entrambi i casi pari al 100%, già 24 ore dopo il trattamento. L'efficacia di spinosad è stata inferiore, la mortalità delle larve trattate ha infatti raggiunto l'80% solo 72 ore dopo il trattamento. *B. thuringiensis* ha infine manifestato l'efficacia minore (Figura 26).

Nella prova condotta con larve di III e IV età, sono stati ottenuti risultati simili a quelli della prova con le larve di I e II età. Anche in questo caso, emamectina benzoato e rynaxypyr sono state le molecole più tossiche. Tuttavia, mentre con larve di I e II età la maggiore tossicità è stata evidenziata da emamectina benzoato, con larve di III e IV età è stato maggiormente efficace rynaxypyr, con una DL₅₀ 10 volte inferiore a quella di emamectina benzoato (Tabella 14). Le DL₅₀ di rynaxypyr e spinosad rilevate nelle presenti prove (3,43 e 26,1 mg l⁻¹) sono state inferiori alle dosi di etichetta (42 e 88,4 mg l⁻¹, rispettivamente); per le altre sostanze attive saggiate la DL₅₀ determinata sperimentalmente è stata superiore alle dosi di etichetta. La mortalità rilevata in seguito all'applicazione di rynaxypyr e emamectina benzoato sulle larve di III e IV età è stata del 100% e del 64% rispettivamente 24 ore dopo il trattamento (Figura 27). Anche con le larve di III e IV età, infine, spinosad e *B. thuringiensis* hanno presentato una bassa tossicità, con DL₅₀ molto più elevate rispetto a quelle di emamectina benzoato e rynaxypyr (Tabella 14). Le mortalità rilevate con spinosad e *B. thuringiensis* sono risultate inferiori dopo 24 ore; nel caso di spinosad la mortalità ha

raggiunto il 92% solo dopo 72 ore. La mortalità con *B. thuringiensis* è infine rimasta scarsa anche dopo tale periodo (Figura 27).

Tabella 13 - DL₅₀ e DL₉₀ di *Bacillus thuringiensis*, emamectina benzoato, rynaxypyr e spinosad su larve di I e II età di *Tuta absoluta*. Le concentrazioni sono espresse in µl o mg l⁻¹.

sostanza attiva	stima±ES	DL ₅₀ (mg-µl l ⁻¹) (95% LF)	DL ₉₀ (mg-µl l ⁻¹) (95% LF)	χ ²	gl
<i>Bacillus thuringiensis</i>	0,11±0,27	3,59·10 ¹³	1,94·10 ²⁵	20,991	28
emamectina benzoato	4,09±0,70	0,87 (0,71-1,06)	1,78 (1,40-2,73)	16,471	28
rynaxypyr	3,76±0,77	1,82 (1,39-2,24)	3,99 (3,11-6,51)	6,351	28
spinosad	0,53±0,22	234,57 (60,18-2,43·10 ⁷)	6,05·10 ⁴ (1,48·10 ³ -2,54·10 ²⁰)	3,109	28

Tabella 14 - DL₅₀ e DL₉₀ di *Bacillus thuringiensis*, emamectina benzoato, rynaxypyr e spinosad su larve di III e IV età di *Tuta absoluta*. Le concentrazioni sono espresse in µl o mg l⁻¹.

sostanza attiva	stima±ES	DL ₅₀ (mg-µl l ⁻¹) (95% LF)	DL ₉₀ (mg-µl l ⁻¹) (95% LF)	χ ²	gl
<i>Bacillus thuringiensis</i>	0,85±0,42	2,18·10 ³ (2,40·10 ² -2,81·10 ⁵¹)	6,87·10 ⁴ (1,47·10 ³ -8,55·10 ⁹¹)	27,94	28
emamectina benzoato	2,04±0,30	32,9 (24,85-46,14)	139,32 (87,23-308,16)	29,06	28
rynaxypyr	1,88±0,30	3,43 (2,40-4,62)	16,48 (11,07-31,94)	18,28	28
spinosad	1,18±0,23	26,1 (17,1-45,11)	3,18·10 ² (133,13-2,00·10 ³)	16,53	28

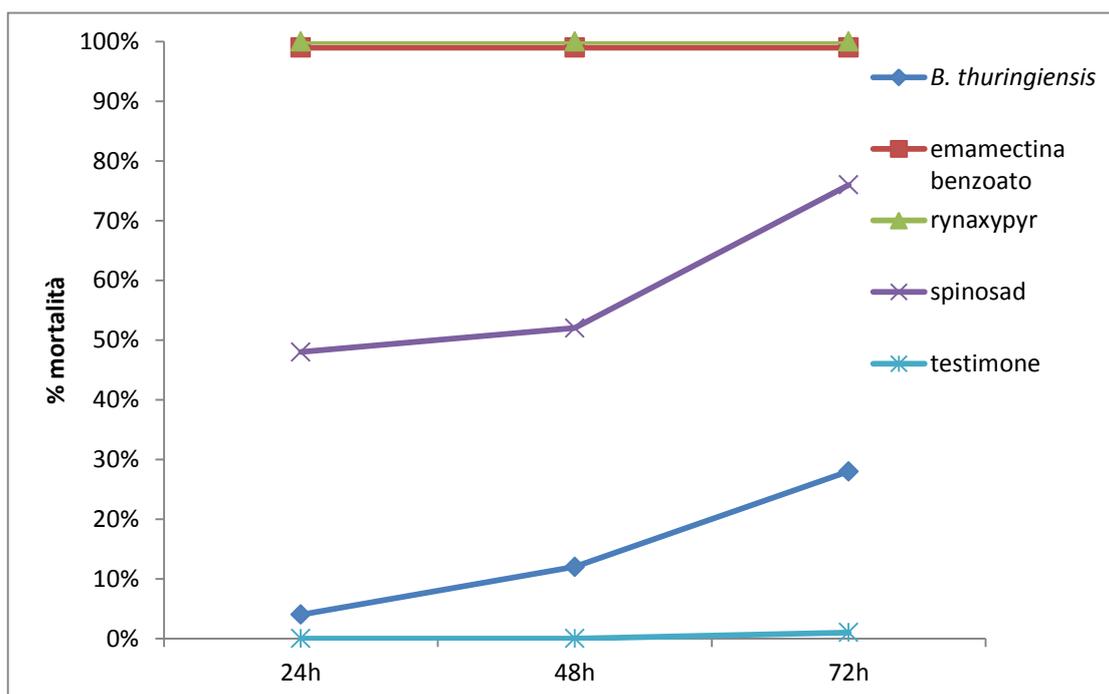


Figura 26 – Mortalità percentuale cumulata di larve di I e II età di *Tuta absoluta* rilevata 24, 48 e 72 ore dopo il trattamento nelle prove di laboratorio.

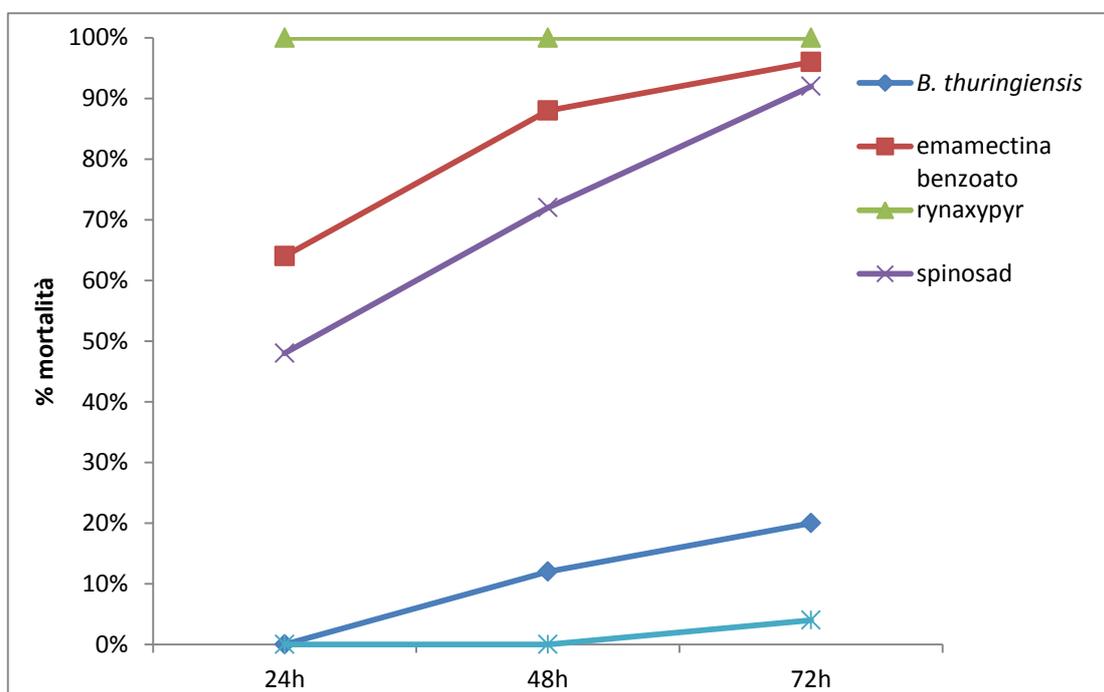


Figura 27 – Mortalità percentuale cumulata di larve di III e IV età di *Tuta absoluta* rilevata 24, 48 e 72 ore dopo il trattamento nelle prove di laboratorio.

Prove in semi-campo

I risultati della prova condotta per valutare gli effetti dei trattamenti su ovideposizione, schiusura delle uova e sviluppo delle larve di *T. absoluta* in condizioni controllate sono riportati in Tabella 15. Il numero medio di uova deposte sulle piante trattate con le sostanze a confronto non è stato significativamente diverso (Test di Kruskal Wallis: $gl=4$, $\chi^2=3,813$, $P=0,432$). Al contrario, il numero medio di larve di I e II età è risultato significativamente differente trattamenti fra le tesi saggiate (Kruskal Wallis: $gl=4$, $\chi^2=23,016$, $P=0,000$).

La maggiore efficacia è stata evidenziata da rynaxypyr, a ulteriore conferma dei dati rilevati nelle prove in laboratorio. Infatti, il numero di larve è stato significativamente inferiore sulle piante trattate con rynaxypyr, dove però, anche se l'analisi statistica non ha evidenziato differenze significative, è stata osservata una maggiore ovideposizione. Inoltre il numero di larve è stato significativamente inferiore rispetto a quello del testimone non trattato anche sulle piante trattate con spinosad, che ha mostrato una maggiore efficacia rispetto alle prove in laboratorio. Non sono state invece rilevate differenze significative tra il testimone non trattato e le piante trattate con emamectina benzoato e *B. thuringiensis*.

Nel terzo rilievo sulle larve di III e IV età, non è stato possibile effettuare alcuna osservazione a causa dell'elevata mobilità delle larve in grado di spostarsi da una pianta all'altra anche distanti fra di loro.

Tabella 15 - Prova in semi-campo: numero di uova e di larve rilevate sulle piante trattate con le sostanze a confronto. In colonna valori seguiti dalla stessa lettera non sono significativamente differenti (Kruskal Wallis, $P>0,05$).

Tesi	n. medio (\pm ES) uova pianta ⁻¹	n. medio (\pm ES) larve I e II età pianta ⁻¹
<i>Bacillus thuringiensis</i>	90,33 (\pm 20,73) a	72,89 (\pm 17,75) a
emamectina benzoato	83,00 (\pm 19,87) a	40,89 (\pm 5,78) b
rynaxypyr	112,11 (\pm 28,31) a	4,89 (\pm 2,21) d
spinosad	87,44 (\pm 19,75) a	25,44 (\pm 7,25) c
testimone non trattato	66,56 (\pm 13,11) a	70,89 (\pm 9,43) ab

Prove in campo

I risultati dei campionamenti di *T. absoluta* e dei miridi dicifini *M. pygmaeus* e *D. errans* effettuati nel corso delle prove in campo sono riportati rispettivamente nelle Tabelle 17, 18 e 19 per il 2011 e nelle Tabelle 20, 21 e 22 per il 2012.

Nel 2011 non sono state rilevate differenze significative nel livello di infestazione di *T. absoluta*, espresso come numero medio di mine pianta⁻¹, nelle tesi a confronto né prima né dopo il primo trattamento, eseguito il 22 luglio. Tale numero è rimasto basso, al disotto delle 5 mine pianta⁻¹ per tutto questo periodo (Test di Kruskal Wallis, Tabella 17). Differenze significative fra le tesi sono state invece evidenziate dopo il secondo trattamento, eseguito il 26 agosto, quando comunque il numero medio di mine pianta⁻¹ era più elevato, variabile da 8,4 a 16,2 mine pianta⁻¹ rispettivamente nelle tesi rynaxypr e testimone. Nei primi due campionamenti dopo il secondo trattamento (30 agosto e 7 settembre), i livelli di infestazione sono stati significativamente inferiori a quelli nel testimone nelle parcelle trattate con rynaxypr, emamectina benzoato e *B. thuringiensis* (Test di Kruskal Wallis, Tabella 17). Nel campionamento successivo (15 settembre) il livello di infestazione è stato significativamente più elevato nella tesi testimone e nella tesi ove è stato introdotto *M. pygmaeus*, mentre non sono state osservate differenze fra le altre tesi (Test di Kruskal Wallis). Negli ultimi due campionamenti di fine settembre sono state infine evidenziate significative maggiori e minori infestazioni rispettivamente nella tesi testimone e nelle tesi trattate con emamectina benzoato, rynaxypr e spinosad (Test di Kruskal Wallis).

Nel 2012 il livello di infestazione è stato basso (inferiore a 2 mine attive pianta⁻¹ nel testimone) sino all'inizio di agosto; in tutti i campionamenti condotti nel mese di luglio non sono state riscontrate differenze fra le tesi (Test di Kruskal Wallis, Tabella 20). Successivamente al trattamento, effettuato il 7 agosto, è stata rilevata una buona efficacia e persistenza di rynaxypr; nel tunnel trattato con questa sostanza attiva sono stati riscontrati livelli di infestazione significativamente più bassi nelle tre successive date di campionamento (Test di Kruskal Wallis, Tabella 20). Anche emamectina benzoato ha mostrato una discreta efficacia, anche se non immediatamente dopo il trattamento. Infatti il 10 agosto, primo campionamento post-trattamento, il livello di infestazione, pur significativamente inferiore a quello nella tesi testimone e nella tesi ove è stato introdotto *M. pygmaeus*, è stato simile a quello nelle tesi spinosad e *B. thuringiensis* (Test di Kruskal Wallis). Nelle due date successive (23 e 30 agosto), il livello di infestazione è progressivamente diminuito sino a

divenire il 30 agosto significativamente inferiore a quello della tesi rynaxypyr (Test di Kruskal Wallis, Tabella 20).

A differenza di quanto osservato nel 2011, nel 2012 nel campionamento del 1 agosto, 34 giorni dopo la sua introduzione nel tunnel, è stato evidenziato un livello di infestazione significativamente inferiore nella tesi con *M. pygmaeus* (0,15 mine attive pianta⁻¹ contro 1,95 mine attive pianta⁻¹ nella tesi testimone), dimostrando l'efficacia del miride predatore con basse densità di popolazione di *T. absoluta* (Tabella 20). Nei campionamenti successivi, in presenza di popolazioni del fitofago più alte, il livello di infestazione è aumentato divenendo simile a quello del testimone non trattato. Il miride non è stato probabilmente in grado di contrastare efficacemente densità di popolazione di *T. absoluta*, superiori a 6 mine attive pianta⁻¹.

Nel biennio 2011-2012 il rilevamento dei miridi dificini ha mostrato una presenza per entrambe le specie inferiore a 1 esemplare scuotimento⁻¹ (Tabelle 18, 19, 21 e 22). I numeri sono stati sempre contenuti, e l'analisi statistica condotta nelle diverse date non ha quasi mai evidenziato differenze fra le tesi, quindi le sostanze attive saggiate non paiono svolgere un ruolo negativo nei confronti dei miridi. *D. errans* è infine stato ritrovato con maggiore frequenza di *M. pygmaeus*, anche nelle tesi in cui *M. pygmaeus* è stato introdotto, dimostrando che questa specie è maggiormente idonea all'ambiente in cui sono state condotte le prove.

Valutazione degli effetti collaterali dei trattamenti su *D. errans*

I risultati sulla valutazione degli effetti collaterali delle sostanze attive saggiate in condizioni di laboratorio nei riguardi di *D. errans* sono riportati in Tabella 16, mentre la mortalità cumulata causata dalle sostanze a confronto 24, 48 e 72 ore dopo il trattamento è rappresentata in Figura 28. Per tutte le sostanze la DL₅₀ per *D. errans* è stata elevata, dimostrando una scarsa tossicità delle s.a. utilizzate contro *T. absoluta* sul miride dificino. La DL₅₀ rilevata è superiore a quella di etichetta per tutte le sostanze attive saggiate. La tossicità maggiore è stata rilevata con spinosad, che ha presentato la DL₅₀ più bassa. I dati ottenuti con rynaxypyr non hanno permesso la determinazione dei limiti di confidenza. Le minori tossicità, infine, sono state rilevate con emamectina benzoato e *B. thuringiensis*. Le mortalità degli adulti di *D. errans* rilevate alle dosi di etichetta (Figura 28) sono state complessivamente basse; la mortalità più elevata è stata rilevata con spinosad, che ha causato la morte del 44% degli esemplari trattati dopo 72 ore.

Tabella 16 - DL₅₀ e DL₉₀ di *Bacillus thuringiensis*, emamectina benzoato, rynaxypyr e spinosad su adulti di *Dicyphus errans*. Le concentrazioni sono espresse in µl o mg l⁻¹.

sostanza attiva	stima±ES	DL ₅₀ (mg-µl l ⁻¹) (95% FL)	DL ₉₀ (mg-µl l ⁻¹) (95% FL)	χ ²	gl
<i>Bacillus thuringiensis</i>	0,00±0,00	4,96·10 ⁵ (3,02·10 ⁵ -4,27·10 ⁶)	8,53·10 ⁵	26,03	18
emamectina benzoato	0,00±0,00	4970 (4,29·10 ³ -5,76·10 ³)	7110	17,39	18
rynaxypyr	0,01±0,02	854,1	1040,18	4,16	18
spinosad	0,00±0,00	- 564,09 (435,04-730,24)	- 1,15·10 ³ (933,25-1,60·10 ³)	20,88	18

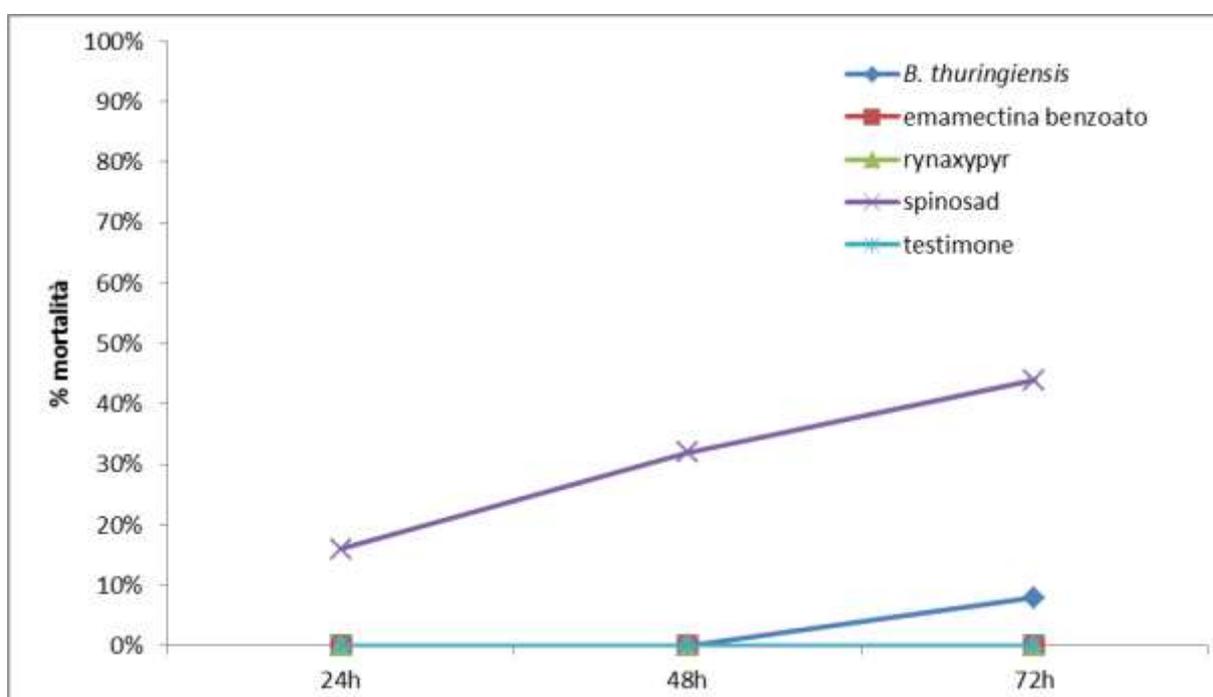


Figura 28 - Mortalità percentuale cumulata di adulti di *Dicyphus errans* rilevata 24, 48 e 72 ore dopo il trattamento.

Discussione

Successivamente alla comparsa di *T. absoluta* nel bacino del Mediterraneo sono stati condotti diversi studi volti a valutare l'efficacia e la sostenibilità di diverse strategie di lotta, con l'intento di individuare la migliore per contrastare il lepidottero esotico nei vari ambienti (Desneux *et al.*, 2010).

Le prove condotte nelle condizioni di laboratorio, semi-campo e campo hanno evidenziato una buona efficacia di rynaxypyr, anche in campo nell'agroecosistema orticolo

piemontese con una discreta pressione della popolazione di *T. absoluta*. In Italia questa sostanza attiva, già utilizzata da qualche anno su fruttiferi per il controllo dei lepidotteri, è stata recentemente registrata su pomodoro. Una buona efficacia è stata poi osservata in tutte le condizioni per emamectina benzoato. Nella prospettiva di un futuro controllo del fitofago non occorrerà tuttavia considerare queste sostanze attive, che attualmente sono fra i più efficaci insetticidi presenti sul mercato italiano, come unici mezzi di difesa. L'applicazione esclusiva della lotta chimica, con reiterato uso di poche molecole, induce sovente la comparsa di popolazioni di fitofagi resistenti, oltre ad avere potenzialmente effetti collaterali indesiderati su altri organismi non bersaglio, sull'uomo e sull'ambiente (Balzan e Moonen, 2012). Inoltre, la comparsa di popolazioni di *T. absoluta* resistenti a diverse sostanze attive è ben documentata sia nel bacino del Mediterraneo che nell'area di origine (Bielza, 2010; Desneux *et al.*, 2010; Lietti *et al.*, 2005).

D'altro canto, come è stato possibile evincere nelle prove di lotta, l'esclusivo impiego di un organismo, anche di un predatore come *M. pygmaeus*, la cui efficacia è stata comprovata da numerosi studi (Ingegno *et al.*, 2011; Urbaneja *et al.*, 2009; Put *et al.*, 2012), non è sufficiente a contrastare i gravi danni causati da questo lepidottero. L'introduzione di *M. pygmaeus* è stata comunque vantaggiosa, in quanto il miride è in grado di predare numerosi insetti dannosi, anche molto distanti fra loro dal punto di vista sistematico (Urbaneja *et al.*, 2009). Il predatore potrebbe essere utilizzato in una strategia di lotta integrata assieme all'applicazione di trattamenti chimici selettivi nei suoi riguardi oltre che per altri organismi utili all'uomo. Inoltre, sulla base delle osservazioni condotte, l'introduzione molto precoce del miride, quando *T. absoluta* non ha ancora raggiunto livelli di popolazione elevati, parrebbe la migliore soluzione per garantirne l'efficacia, almeno all'inizio dell'infestazione.

Fra i risultati emersi dalle prove di lotta, degna di nota è l'elevata presenza spontanea di *D. errans*. Sebbene durante il campionamento non sia mai stato raccolto più di 1 individuo scuotimento⁻¹, il miride è stato catturato con maggiore frequenza di *M. pygmaeus*, anche dove questo era stato introdotto. *D. errans* è presente con una cospicua popolazione nelle aree incolte che circondano le coltivazioni di pomodoro in pieno campo e in tunnel in diverse aree del Piemonte (Ingegno *et al.*, 2008); è stato inoltre segnalato come predatore di *T. absoluta* in Algeria (Boualem *et al.*, 2012). Assumono quindi grande importanza la corretta gestione dell'agroecosistema e la conservazione di aree rifugio che permettano la sopravvivenza e la riproduzione del miride. In particolare, nel sud della Francia è stata evidenziata l'importanza del mantenimento di aree inerbite fra un tunnel di pomodoro e l'altro (Lambion, 2011), mentre in Piemonte sono state individuate alcune specie appartenenti ai generi *Geranium* e

Silene quali principali ospiti spontanei su cui il miride trova rifugio (Ingegno *et al.*, 2008). Pertanto, sarebbe molto utile prestare attenzione al mantenimento di queste specie vegetali nelle vicinanze delle serre coltivate a pomodoro per favorire l'insediamento di *D. errans*.

Sulla base delle risultati ottenuti appare evidente come la lotta solo chimica o solo biologica non sia sufficiente per contrastare efficacemente le infestazioni di *T. absoluta*; la strategia più efficace è ancora una volta quella in grado di integrare trattamenti chimici e agenti di lotta biologica. La valutazione degli effetti secondari delle sostanze attive più efficaci contro *T. absoluta* ha evidenziato in generale una scarsa tossicità nei confronti di *D. errans*. La tossicità maggiore è stata rilevata con spinosad, che viene largamente usato su diverse specie coltivate; al fine di preservare un habitat idoneo all'insediamento del dificino occorrerà quindi prestare attenzione all'applicazione di questa molecola.

Tabella 17 – Prova in campo: numero di mine di *Tuta absoluta* pianta⁻¹ nelle tesi a confronto nel 2011. Per ciascuna data valori seguiti da lettere diverse sono significativamente differenti (Kruskal Wallis, P<0,05).

Sostanza attiva/organismo	27/06	04/07	11/07	18/07	25/07	03/08	08/08	16/08	22/08	30/08	07/09	15/09	21/09/	30/09
<i>B. thuringiensis</i>	0,17 (± 0,11)	1,08 (± 0,23)	0,58 (± 0,23)	0,83 (± 0,21)	4,67 (± 1,05)	8,33 (± 1,45)	8,17 (± 0,98)	9,75 (± 1,35)	11,75 (± 1,29)	12,75 bc (± 1,07)	13,67 bc (± 1,45)	16,67 b (± 1,31)	18,42 b (± 1,55)	19,33 bc (± 1,49)
emamectina benzoato	0,17 (± 0,11)	1,42 (± 0,40)	1,08 (± 0,34)	1,08 (± 0,23)	3,67 (± 0,80)	12,42 (± 1,28)	6,92 (± 0,87)	8,92 (± 0,91)	10,17 (± 0,89)	10,83 bc (± 0,72)	12,67 bc (± 0,99)	16,17 b (± 0,89)	17,67 b (± 1,13)	18,17 c (± 1,05)
<i>M. pygmaeus</i>	0,37 (± 0,11)	0,53 (± 0,16)	0,50 (± 0,12)	1,57 (± 0,14)	4,13 (± 0,48)	9,37 (± 0,45)	9,57 (± 0,27)	10,67 (± 0,29)	12,10 (± 0,34)	14,60 ab (± 0,47)	18,93 ab (± 0,66)	25,37 a (± 0,95)	27,77 ab (± 1,03)	29,57 ab (± 1,15)
rynaxypyr	0,25 (± 0,13)	1,00 (± 0,12)	0,83 (± 0,27)	1,17 (± 0,27)	3,25 (± 1,02)	7,00 (± 1,50)	6,67 (± 0,81)	6,92 (± 0,74)	8,42 (± 0,78)	9,17 c (± 0,84)	11,00 c (± 1,15)	15,83 b (± 1,28)	18,17 b (± 1,97)	18,58 c (± 2,00)
spinosad	0,50 (± 0,19)	0,50 (± 0,23)	0,67 (± 0,22)	1,42 (± 0,31)	2,33 (± 0,81)	7,42 (± 1,24)	7,00 (± 0,60)	8,58 (± 0,66)	10,42 (± 0,85)	14,42 ab (± 0,56)	14,92 abc (± 0,63)	17,17 b (± 0,80)	18,00 b (± 0,94)	17,83 c (± 0,88)
testimone non trattato	0,83 (± 0,24)	1,42 (± 0,45)	0,67 (± 0,14)	1,42 (± 0,23)	2,92 (± 0,67)	7,75 (± 1,43)	10,75 (± 1,17)	13,58 (± 1,18)	16,17 (± 1,03)	18,17 a (± 0,95)	22,50 a (± 1,69)	32,42 a (± 1,52)	34,33 a (± 1,88)	35,33 a (± 1,84)
gl	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
χ^2	4,058	9,436	2,414	6,970	4,441	7,821	6,285	8,516	9,858	17,835	17,375	20,939	18,875	19,013
P	0,541	0,093	0,789	0,223	0,488	0,166	0,279	0,130	0,079	0,003	0,004	0,001	0,002	0,002

Tabella 18 – Prova in campo: n. di esemplari di *Macrolophus pygmaeus* scuotimento⁻¹ nelle tesi a confronto nel 2011. Per ciascuna data valori seguiti da lettere diverse sono significativamente differenti (Kruskal Wallis, P<0,05).

Sostanza attiva/organismo	12/07	18/07	25/07	03/08	08/08	16/08	22/08	30/08	07/09	15/09	21/09	30/09
<i>B. thuringiensis</i>	0,00 (± 0)	0,00 (± 0)	0,08 (± 0,08)	0,25 (± 0,13)	0,00 (± 0)	0,00 (± 0)	0,00 (± 0)	0,00 (± 0)	0,00 (± 0)	0,00 (± 0)	0,58 (± 0,29)	0,33 (± 0,14)
emamectina benzoato	0,00 (± 0)	0,00 (± 0)	0,25 (± 0,13)	0,42 (± 0,23)	0,00 (± 0)	0,08 (± 0,08)	0,00 (± 0)	0,00 (± 0)	0,08 (± 0,08)	0,00 (± 0)	0,75 (± 0,28)	0,58 (± 0,23)
<i>M. pygmaeus</i>	0,00 (± 0)	0,00 (± 0)	0,17 (± 0,07)	0,00 (± 0)	0,03 (0,03)	0,05 (± 0,05)	0,00 (± 0)	0,03 (± 0,03)	0,40 (± 0,12)	0,10 (± 0,06)	0,33 (± 0,11)	0,23 (± 0,08)
rynaxypyr	0,00 (± 0)	0,00 (± 0)	0,42 (± 0,15)	0,50 (± 0,26)	0,00 (± 0)	0,00 (± 0)	0,00 (± 0)	0,00 (± 0)	0,25 (± 0,18)	0,00 (± 0)	0,83 (± 0,30)	0,17 (± 0,11)
spinosad	0,00 (± 0)	0,00 (± 0)	0,42 (± 0,26)	0,33 (± 0,19)	0,00 (± 0)	0,00 (± 0)	0,00 (± 0)	0,00 (± 0)	0,33 (± 0,19)	0,00 (± 0)	0,50 (± 0,26)	0,17 (± 0,11)
testimone non trattato	0,00 (± 0)	0,08 (± 0,08)	0,50 (± 0,34)	0,17 (± 0,11)	0,00 (± 0)	0,00 (± 0)	0,00 (± 0)	0,00 (± 0)	0,42 (± 0,19)	0,00 (± 0)	0,58 (± 0,19)	0,17 (± 0,11)
gl		5	5	5	5	5		5	5	5	5	5
χ^2		6,500	4,553	10,185	2,000	3,580		2,000	7,001	6,138	3,801	4,386
P		0,261	0,473	0,70	0,849	0,611		0,849	0,221	0,293	0,578	0,495

Tabella 19 – Prova in campo: n. di esemplari di *Dicyphus errans* scuotimento⁻¹ nelle tesi a confronto nel 2011. Per ciascuna data valori seguiti da lettere diverse sono significativamente differenti (Kruskal Wallis, P<0,05).

sostanza attiva/organismo	12/07	18/07	25/07	03/08	08/08	16/08	22/08	30/08	07/09	15/09	21/09	30/09
<i>B. thuringiensis</i>	0,42 (± 0,23)	0,58 (± 0,23)	0,08 (± 0,08)	0,42 b (± 0,23)	0,50 (± 0,19)	0,17 (± 0,11)	0,33 (± 0,14)	0,25 (± 0,13)	0,00 (± 0)	0,67 (± 0,31)	0,58 a (± 0,19)	0,67 (± 0,28)
emamectina benzoato	0,83 (± 0,39)	0,17 (± 0,11)	0,25 (± 0,13)	1,33 (± 0,31)	0,67 (± 0,19)	0,25 (± 0,18)	0,17 (± 0,11)	0,00 (± 0)	0,00 (± 0)	0,42 (± 0,23)	0,58 a (± 0,26)	0,25 (± 0,18)
<i>M. pygmaeus</i>	0,33 (± 0,10)	0,57 (± 0,17)	0,23 (± 0,14)	0,33 b (± 0,09)	0,50 (± 0,12)	0,10 (± 0,06)	0,13 (± 0,06)	0,07 (± 0,05)	0,00 (± 0)	0,40 (± 0,11)	0,00 b (± 0)	0,23 (± 0,09)
rynaxypyr	0,50 (± 0,19)	0,42 (± 0,15)	0,25 (± 0,18)	0,58 b (± 0,29)	0,33 (± 0,14)	0,42 (± 0,23)	0,08 (± 0,08)	0,08 (± 0,08)	0,00 (± 0)	0,33 (± 0,19)	0,50 a (± 0,26)	0,33 (± 0,19)
spinosad	0,58 (± 0,34)	0,33 (± 0,19)	0,00 (± 0)	0,58 b (± 0,19)	0,17 (± 0,11)	0,25 (± 0,13)	0,08 (± 0,08)	0,08 (± 0,08)	0,00 (± 0)	0,67 (± 0,28)	0,50 a (± 0,23)	0,42 (± 0,33)
testimone non trattato	0,83 (± 0,49)	1,00 (± 0,52)	0,25 (± 0,13)	0,58 b (± 0,15)	0,67 (± 0,19)	0,25 (± 0,13)	0,25 (± 0,13)	0,00 (± 0)	0,00 (± 0)	0,58 (± 0,29)	0,33 a (± 0,19)	0,42 (± 0,26)
gl	5	5	5	5	5	5	5	5		5	5	5
χ^2	1,618	3,361	4,394	11,620	6,211	2,715	4,391	6,970		1,215	15,058	2,886
P	0,899	0,645	0,494	0,40	0,286	0,744	0,495	0,223		0,943	0,010	0,718

Tabella 20 - Prova in campo: numero di mine attive di *Tuta absoluta* pianta⁻¹ nelle tesi a confronto nel 2012. Per ciascuna data valori seguiti da lettere diverse sono significativamente differenti (Kruskal Wallis, P<0,05).

sostanza attiva/organismo	05/07	12/07	19/07	26/07	01/08	10/08	16/08	23/08	30/08	05/09	12/09
<i>B.thuringiensis</i>	0,00 (± 0)	0,2 (± 0,12)	0,1 (± 0,07)	0,00 (± 0)	2,4 a (± 0,24)	1,45 b (± 0,47)	1,7 c (± 0,29)	3,85 bc (± 0,56)	9,00 b (± 0,45)	2,5 (± 0,25)	3,6 a (± 0,43)
emamectina benzoato	0,00 (± 0)	0,25 (± 0,12)	0,1 (± 0,07)	0,00 (± 0)	1,8 ab (± 0,19)	1,45 b (± 0,30)	0,75 d (± 0,18)	1,5 d (± 0,43)	3,65 d (± 0,46)	2,4 (± 0,28)	2,2 b (± 0,26)
<i>M. pygmaeus</i>	0,00 (± 0)	0,45 (± 0,33)	0,00 (± 0)	0,00 (± 0)	0,15 c (± 0,08)	6,4 a (± 0,77)	4,05 b (± 0,62)	5,2 b (± 0,70)	9,65 ab (± 0,46)	2,6 (± 0,24)	4,35 a (± 0,38)
rynaxypyr	0,00 (± 0)	0,05 (± 0,05)	0,1 (± 0,07)	0,00 (± 0)	1,75 b (± 0,40)	0,00 c (± 0)	0,00 e (± 0)	0,2 e (± 0,12)	5,9 c (± 0,48)	2,05 (± 0,26)	3,35 a (± 0,40)
spinosad	0,00 (± 0)	0,05 (± 0,05)	0,2 (± 0,12)	0,00 (± 0)	1,65 b (± 0,23)	1,3 b (± 0,25)	2,00 c (± 0,38)	2,6 c (± 0,39)	10,7 a (± 0,57)	2,6 (± 0,22)	3,8 a (± 0,32)
testimone non trattato	0,00 (± 0)	0,05 (± 0,05)	0,1 (± 0,10)	0,00 (± 0)	1,95 ab (± 0,29)	5,8 a (± 0,85)	12,2 a (± 1,29)	9,00 a (± 0,49)	9,55 ab (± 0,48)	2,8 (± 0,26)	3,35 a (± 0,34)
gl		5	5		5	5	5	5	5	5	5
χ^2		4,396	3,420		42,204	60,149	82,850	78,378	66,419	5,223	19,522
P		0,494	0,635		0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,389	0,002

Tabella 21 - Prova in campo: n. di esemplari di *Macrolophus pygmaeus* scuotimento⁻¹ nelle tesi a confronto nel 2012. Per ciascuna data valori seguiti da lettere diverse sono significativamente differenti (Kruskal Wallis, P<0,05).

sostanza attiva/organismo	05/07	12/07	19/07	26/07	01/08	10/08	16/08	23/08	30/08	05/09	12/09
<i>B. thuringiensis</i>	0,30 bc (± 0,15)	0,35 ab (± 0,18)	0,20 (± 0,09)	0,15 (± 0,08)	0,00 (± 0)	0,05 a (± 0,05)	0,00 (± 0)	0,10 a (± 0,07)	0,20 a (± 0,12)	0,00 (± 0)	0,00 a (± 0)
emamectina benzoato	0,00 c (± 0)	0,00 b (± 0)	0,50 (± 0,15)	0,05 (± 0,05)	0,00 (± 0)	0,00 a (± 0)	0,00 (± 0)	0,05 b (± 0,05)	0,00 a (± 0)	0,00 (± 0)	0,00 a (± 0)
<i>M. pygmaeus</i>	1,15 a (± 0,24)	0,6 a (± 0,13)	0,70 (± 0,18)	0,40 (± 0,13)	0,20 (± 0,12)	0,20 a (± 0,12)	0,10 (± 0,07)	0,30 a (± 0,11)	0,20 a (± 0,12)	0,05 (± 0,05)	0,95 b (± 0,20)
rynaxypyr	0,00 c (± 0)	0,05 b (± 0,05)	0,15 (± 0,08)	0,05 (± 0,05)	0,00 (± 0)	0,00 a (± 0)	0,00 (± 0)	0,00 b (± 0)	0,00 a (± 0)	0,00 (± 0)	0,00 a (± 0)
spinosad	0,00 c (± 0)	0,00 b (± 0)	0,40 (± 0,13)	0,10 (± 0,07)	0,00 (± 0)	0,00 a (± 0)	0,00 (± 0)	0,00 b (± 0)	0,00 a (± 0)	0,00 (± 0)	0,00 a (± 0)
testimone non trattato	0,20 c (± 0,12)	0,45 ab (± 0,25)	0,90 (± 0,28)	0,15 (± 0,08)	0,10 (± 0,07)	0,00 a (± 0)	0,00 (± 0)	0,00 b (± 0)	0,00 a (± 0)	0,00 (± 0)	0,00 a (± 0)
gl	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
χ^2	50,563	29,555	0,000	10,429	11,008	11,334	10,085	19,655	12,519	5,000	69,429
P	0,000	0,000	1	0,064	0,051	0,045	0,073	0,001	0,028	0,416	0,000

Tabella 22 - Prova in campo: n. di esemplari di *Dicyphus errans* scuotimento⁻¹ nelle tesi a confronto nel 2012. Per ciascuna data valori seguiti da lettere diverse sono significativamente differenti (Kruskal Wallis, P<0,05).

sostanza attiva/organismo	05/07	12/07	19/07	26/07	01/08	10/08	16/08	23/08	30/08	05/09	12/09
<i>B. thuringiensis</i>	0,00 a (± 0)	0,00 (± 0)	0,05 (± 0,05)	0,00 (± 0)	0,50 (± 0,14)	0,30 (± 0,11)	0,40 a (± 0,11)	0,25 (± 0,10)	0,45 (± 0,15)	0,05 (± 0,05)	0,30 (± 0,16)
emamectina benzoato	0,15 a (± 0,08)	0,05 (± 0,05)	0,05 (± 0,05)	0,00 (± 0)	0,35 (± 0,11)	0,50 (± 0,20)	0,35 a (± 0,11)	0,45 (± 0,15)	0,60 (± 0,15)	0,05 (± 0,05)	0,20 (± 0,09)
<i>M. pygmaeus</i>	0,00 a (± 0)	0,00 (± 0)	0,00 (± 0)	0,00 (± 0)	0,30 (± 0,11)	0,40 (± 0,12)	0,00 b (± 0)	0,25 (± 0,14)	0,45 (± 0,14)	0,15 (± 0,08)	0,35 (± 0,15)
rynaxypyr	0,15 a (± 0,08)	0,00 (± 0)	0,05 (± 0,05)	0,00 (± 0)	0,45 (± 0,15)	0,30 (± 0,11)	0,20 a (± 0,09)	0,35 (± 0,11)	0,50 (± 0,15)	0,10 (± 0,07)	0,35 (± 0,13)
spinosad	0,00 a (± 0)	0,05 (± 0,05)	0,15 (± 0,08)	0,00 (± 0)	0,55 (± 0,14)	0,00 (± 0)	0,00 b (± 0)	0,30 (± 0,11)	0,45 (± 0,14)	0,10 (± 0,07)	0,25 (± 0,12)
testimone non trattato	0,00 a (± 0)	0,00 (± 0)	0,00 (± 0)	0,05 (± 0,05)	0,40 (± 0,13)	0,40 (± 0,13)	0,30 a (± 0,11)	0,25 (± 0,10)	0,50 (± 0,17)	0,05 (± 0,05)	0,35 (± 0,13)
gl	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
χ^2	12,526	4,034	6,263	5,000	2,470	8,450	18,288	2,481	0,923	2,164	1,380
P	0,028	0,545	0,281	0,416	0,781	0,133	0,003	0,779	0,969	0,826	0,927

Conclusioni

Sulla base delle attività condotte nel triennio, è possibile trarre alcune conclusioni sull'importanza e sulla pericolosità di *T. absoluta* per la coltivazione del pomodoro in Piemonte. Dal monitoraggio è emerso come il lepidottero sia rilevante soltanto in alcune aree di caratterizzate da un clima più caldo, mentre in gran parte della regione non sia in grado di causare danni sulla coltura pur in presenza di catture, peraltro modeste, nelle trappole. Il livello di infestazione di *T. absoluta* è stato elevato su pomodoro da industria, su cui però il danno non è stato grave, a causa sia della scarsità di gallerie sui frutti, sia del minore valore del prodotto. La presenza di poche gallerie sui pomodori destinati alla trasformazione non è sufficiente a deprezzare sensibilmente la partita.

Il danno economico più rilevante è stato osservato su pomodoro da mensa, nelle aree come quella di Bra, in cui la costante presenza di ripari può favorire il continuo incremento di popolazione, e quella della pianura torinese, dove i trapianti precoci e la diffusione di tunnel riscaldati possono creare un habitat ideale per lo sviluppo del lepidottero. Nel torinese, appunto i trapianti precoci sono a maggior rischio verso la fine del ciclo colturale, quando il fogliame è ormai in gran parte coriaceo ed è quindi facile che le larve di *T. absoluta* si spostino sui frutti. In generale in Piemonte l'infestazione assume particolare gravità su pomodoro da mensa verso la fine dell'estate, quando l'insetto ha avuto un tempo abbastanza lungo di clima caldo per riprodursi, svilupparsi e di conseguenza aumentare la popolazione. Ad esempio nell'area di Cuneo, che presenta un clima più continentale, in alcune annate particolarmente calde si possono trovare mine fogliari sino all'inizio di ottobre.

Le prove di lotta condotte hanno evidenziato una buona efficacia delle sostanze attive rynaxypyr e emamectina benzoato in tutte le condizioni (laboratorio, semi-campo e campo); tuttavia sarà molto importante in futuro non basare la difesa sull'impiego reiterato di una o poche sostanze attive efficaci per contrastare la comparsa di popolazioni resistenti. La strategia di difesa di maggiore successo appare quella di tipo integrato, mediante associazione della lotta chimica, avendo cura di scegliere insetticidi selettivi, e della lotta biologica, mediante impiego di insetti entomofagi, organismi entomopatogeni e sostanze di origine naturale, che non favoriscano la comparsa di resistenze. In questo contesto assume particolare importanza il monitoraggio con le trappole, che permette un'applicazione precoce delle strategie di difesa, quando la popolazione di *T. absoluta* è ancora bassa. Ad esempio nelle

prove condotte l'introduzione di predatori, come il miride *M. pygmaeus*, risulta maggiormente efficace con bassi livelli di popolazione del lepidottero.

L'applicazione di insetticidi selettivi consente inoltre l'insediamento nelle coltivazioni di antagonisti naturali, presenti nell'agroecosistema, in grado di svolgere un'efficace ruolo di contenimento dei fitofagi. Il campionamento condotto a Boves ha evidenziato la presenza di una popolazione del miride *D. errans*, segnalato come predatore di *T. absoluta* (Boualem *et al.*, 2011; Ferracini *et al.*, 2012a). Il ricorso a misure volte alla sua conservazione nelle aree di coltivazione del pomodoro può contribuire al controllo del fitofago, sia sulla coltura che sulle piante spontanee nelle zone adiacenti. Nelle prove condotte in laboratorio sugli effetti collaterali di alcuni insetticidi registrati contro *T. absoluta*, le sostanze saggiate non hanno manifestato una spiccata tossicità verso *D. errans*, e potrebbero quindi essere utilizzate senza un eccessivo disturbo per il miride.

Lavori citati

- Apablaza J. (1992) – La polilla del tomate y su manejo. *Revista Tattersall*, 79: 12-13.
- Arnó J., Gabarra R., Estopá M., Gorman K, Peterschmitt M., Bonato O. (2009) – Implementation of IPM Programs on European Greenhouse Tomato Production Areas: Tools and Constraints. Edicions de la Universitat de Lleida, Spagna: 44 pp.
- Bale J.S., Masters G.J., Hodkinson I.D., Awmack C., Bezemer T.M., Brown W.K., Butterfield J., Buse A., Coulson J.C., Farrar J., Good J.E.G., Harrington R., Hartley S., Hefin Jones T., Lindroth R.L., Press M.C., Symrnioudis I., Watt A.D., Whittaker J.B.(2002) – Herbivory in global climate change research: direct effects of rising temperature on insect herbivore. *Global Change Biology*, 8: 1-16.
- Balzan M.V., Moonen A.C. (2012) – Management strategies for the control of *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) damage in open-field cultivations of processing tomato in Tuscany (Italy). *EPPO Bulletin*, 42: 217-225
- Barrientos Z.R., Apablaza H.J., Norero S.A., Estay P.P. (1998) – Temperatura base y constante térmica de desarrollo de la polilla del tomate, *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae). *Ciência y Investigación Agraria*, 25(3): 133-137
- Baudino M., Costamagna F., Frati S. (2011) – Antichi ortaggi del Piemonte. Salvaguardia, recupero dall'erosione genetica e valorizzazione. Primalpe Editore, Cuneo: 77 pp.
- Becker, V.O. (1984) – Gelechiidae. In: *Atlas of Neotropical Lepidoptera. Checklist: Part 1 Micropterigoidea-Immoidea*. W. Junk: 112 pp.
- Benvenga, S. R., Fernandes O., Gravena S. (2007) – Tomada de decisão de controle da traça-do-tomateiro através de armadilhas com feromônio sexual. *Horticultura Brasileira*, 25(2): 164-169
- Bielza P. (2010) – La resistencia a insecticidas en *Tuta absoluta*. *Phytoma España*, 217: 103-106
- Bogorni P.C., Silva R.A., Carvalho G.S. (2003) – Leaf mesophyll consumption by *Tuta absoluta* (Meyrick, 1971) in three cultivars of *Lycopersicon esculentum* Mill. *Ciência Rural*, 33:7-11.
- Boiteau G., Heikkilä J. (2013) –Successional and invasive colonization of the potato crop by the Colorado Potato Beetle: Managing Spread. In: *Insect pests of potato, a cura di Giordanengo P., Vincent C., Alyokhin A. Elsevier Inc. Capitolo*, 12: 339-371

- Boualem, M., Hamadi, R., Allaoui, H.A., (2011) – Study of parasitic complex of *Tuta absoluta* in Mostaganem area (Algeria). EPPO/IOBC/NEPPO Joint International Symposium on Management of *Tuta absoluta* (Tomato Borer), Agadir, Marocco, 16-18 Novembre 2011, 58.
- Boualem M., Allaoui H., Hamadi R., Medjahed N. (2012) – Biologie et complexe des ennemis de *Tuta absoluta* à Mostaganem (Algérie). EPPO Bulletin 42(2): 268-274.
- Cabello T., Gallego J.R., Vila E., Soler A., del Pino M., Carnero A., Hernandez Suarez E., Polaszek A. (2009) – Biological control of the South American tomato pinworm *Tuta absoluta* (Lep.: Gelechiidae), with release of *Trichogramma acheae* (Hym.: Trichogrammatidae) in tomato greenhouses of Spain. IOBC/WPRS Bulletin, 49: 225-230.
- Campos R.G. (1976) – Control químico del “minador de hojas y tallos de la papa” (*Scrobipalpula absoluta* Meyrick) en el valle del Cañete. Revista Peruana de Entomología, 19: 102-106.
- Caponero A. (2009) – Solanacee, rischio in serre. Resta alta l’attenzione alla tignola del pomodoro nelle colture protette. Colture Protette, 10: 96-97.
- Chen R.L., Bao X.Z., Drake V.A., Farrow R.A., Wang S.Y., Sun Y.J., Zhai B.P. (1989) – Radar observations of the spring migration into Northeastern China of the oriental armyworm moth, *Mythimna separata*, and other insects. Ecological Entomology, 14: 149-162.
- Cifuentes D., Chynoweth R., Bielza P. (2011) – Genetic study of Mediterranean and South American populations of tomato leafminer *Tuta absoluta* (Povolny, 1994) (Lepidoptera: Gelechiidae) using ribosomal and mitochondrial markers. Pest Management Science, 67: 1155-1162.
- Clarke, J.F.G. (1965) – Microlepidoptera of Juan Fernandez Islands. Proceedings of the United States Natural Museum. Smithsonian Institution Libraries, 117 (3508): 1-106..
- Cocco A., Deliperi S., Delrio G. (2013) – Control of *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) in greenhouse tomato using the mating disruption technique. Journal of Applied Entomology, 137: 16-28
- Coelho M.C.F., França F.H. (1987) – Biologia, quetotaxia de larva e descrição da pupa e adulto da traça do tomateiro. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 22(2): 129-135.
- Desneux N., Wajnberg E., Wyckhuys K.A.G., Burgio G., Arpaia S., Narváez-Vasquez C.A., Gonzáles-Cabrera J., Catalán Ruescas D., Tabone E., Frandon J., Pizzol J., Poncet C., Cabello T. (2010) – Biological invasion of European tomato crops by *Tuta absoluta*:

- ecology, geographic expansion and prospects for biological control. *Journal of Pest Science* 83: 197-215.
- Desneux N., Luna M.G., Guillemaud T., Urbaneja A. (2011) – The invasive South American tomato pinworm, *Tuta absoluta*, continues to spread in Afro-Eurasia and beyond: the new threat to tomato world production. *Journal of Pest Science*, 84: 403-408.
- Du Y., Li P., Chen Z., Lin Y., Wang Y., Qin Y. (2013) – Field trapping of male *Phyllonorycter ringoniella* using variable ratios of pheromone components. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 146(3): 357-363.
- EPPO (2009) – EPPO Reporting Service – Pest and Diseases. N. 8, Parigi, 01-08-2009
- EPPO (2012) – PQR – EPPO database on quarantine pests (disponibile online). www.eppo.int
- Estay P. (2000) – Polilla del tomate *Tuta absoluta* (Meyrick). Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional de Investigacion La Platina, Ministerio de Agricultura Santiago Chile. [http:// www.inia.cl/medios/biblioteca/informativos/NR25648.pdf](http://www.inia.cl/medios/biblioteca/informativos/NR25648.pdf)
- Eubanks M.D., Denno R.F. (1999) – The ecological consequences of variation in plants and prey for an omnivorous insect. *Ecology*, 80: 1253-1266.
- Faccioli G. (1993) Relationship between males caught with lowpheromone doses and larval infestation of *Argyrotaenia pulchellana*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 68:165-170.
- Facon B., Genton B.J., Shykoff J., Jarne P., Estoup A., David P. (2006) – A general ecoevolutionary framework for understanding bioinvasions. *Trends in Ecology & Evolution*, 21:130-135.
- Feng H.Q., Wu K.M., Ni Y.X., Cheng D.F., Guo Y.Y. (2005) –High-altitude windborne transport of *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) in mid-summer in Northern China. *Journal of Insect Behaviour*, 18:335-349.
- Fermauld M., Pracros P., Roehrich R., Stockel J. (1996) - Evaluation of an artificial infestation technique of grape with *Lobesia botrana* (Lepidoptera: Tortricidae). *Journal of Economic Entomology*, 89(6): 1658-1662
- Fernandez S., Montagne A. (1990) – Biología del minador del tomate, *Scrobipalpula absoluta* (Meyick). *Boletín de Entomología Venezolana*, 5(12):89-99.
- Ferracini C., Ingegno B.L., Mosti M., Navone P., Tavella L., Alma A. (2012a) – Promising native candidates for biological control of *Tuta absoluta* in Italy. *IOBC-WPRS Bulletin*, 80:51-55.

- Ferracini C., Ingegno B.L., Navone P., Ferrari E., Mosti M., Tavella L., Alma A. (2012b) – Adaptation of indigenous larval parasitoids to *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) in Italy. *Horticultural Entomology*, 105(4): 1311-1319.
- Fidan H., Tanrivermiş H. (2006) – The changes in production and Foreign trade of primary and processed tomato: a comparison of European Union and Turkey. *Pakistan Journal of Biological Science*, 9(5): 995-1003.
- Fitt G.P. (1989) – The ecology of *Heliothis* species in relation to agroecosystems. *Annual Review of Entomology*, 34: 17-52.
- Galarza J. (1984) – Laboratory assessment of some solanaceous plants as possible food plants of the tomato moth *Scrobipalpula absoluta*. *IDIA*, 421 (424): 30-32.
- García M.F., Espul J.C. (1982) – Bioecología de la polilla del tomate (*Scrobipalpula absoluta*) en Mendoza, República Argentina. *Revista de Investigaciones Agropecuarias INTA (Argentina)*, 18: 135-146.
- Grüebler M.U., Morand M., Naef-Daenzel B. (2008) – A predictive model of the density of airborne insects in agricultural environments. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 123: 75-80.
- Guedes R.N.C., Picanço M.C. (2012) – *Tuta absoluta* in South America: pest status, management and insecticide resistance. *Bulletin OEPP/EPPO Bulletin*, 42: 211-216.
- Guenauoui Y., Bensaad F., Ouezzani K (2010) – Primeras experiencias en el control de la polilla del tomate, *Tuta absoluta* Meyrick (Lep: Gelechiidae), en el área noroeste del país. *Estudios preliminares sobre el control biológico mediante el uso de enemigos naturales nativos. Phytoma España*, 217: 112-113.
- Hodges, R.W., Becker V.O. (1990) – Nomenclature of some Neotropical Gelechiidae (Lepidoptera). *Proceedings of the Entomological Society of Washington. Smithsonian Institution Libraries*, 92(1): 76-85.
- Hohenlohe P.A., Bassham S., Etter P.D., Stiffler N., Johnson E.A., Cresko W.A. (2010) – Population Genomics of Parallel Adaptation in Threespine Stickleback using Sequenced RAD Tags. *PLoS Genetics*, 6(2): e1000862. doi:10.1371/journal.pgen.1000862.
- Huemer P., Karsholt O. (2010) – Gelechiidae II (Gelechiinae: Gnorimoschemini), Volume II. *Apollo Books, Verster Skerninge, Danimarca*. 586 pp.
- Ingegno B.L., Goula M., Navone P., Tavella L. (2008) – Distribution and host plants of the genus *Dicyphus* in the Alpine valleys of NW Italy. *Bulletin of Insectology*, 61(1): 139-140.

- Ingegno B.L., Pansa M.G., Tavella L. (2011) – Plant preference in the zoophytophagous generalist predator *Macrolophus pygmaeus* (Heteroptera: Miridae). *Biological Control*, 58: 174-181.
- ISTAT (2012) – Istituto Nazionale di Statistica. Superficie e Produzione. www.istat.it (Ultima visita: 15/12/12)
- Kieffer J.J., Jörgensen P. (1910) – Gallen und Gallentiere aus Argentinien *Centralblatt für Bakteriologie, Parisitenkunde. Infektionskrankheiten*, 27:362-444.
- Kiliç T. (2010) – First record of *Tuta absoluta* in Turkey. *Phytoparasitica* 38:243-244.
- Kolar C.S., Lodge D.M. (2001) – Progress in invasion biology: predicting invaders. *Trends in Ecology & Evolution*, 16: 199-204.
- Kutinkova H., Dzhuvinov V., Samietz V. (2012) – Control of peach twig borer and oriental fruit moth by mating disruption in an apricot orchard. *Acta Horticulturae*, 966: 169-174.
- Lambion J. (2011) – Functional biodiversity in Southern France: a method to enhance the predatory mirid bug populations. *Acta Horticulturae*, 915: 165-170.
- Larraín P.S. (1986) – Plagas del tomate. *IPA, La Platina*, 39: 30-35.
- Lee S., Hodges W.R., Brown R.L. (2009) – Checklist of Gelechiidae (Lepidoptera) in America North of Mexico. *Zootaxa*, 2231:1-39.
- Lietti M.M.M., Botto E., Alzogaray R.A. (2005) – Insecticide resistance in Argentine populations of *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae). *Neotropical Entomology*, 34:113-119.
- Loni A., Rossi E., Van Achterberg K. (2011) – First report of *Agathis fuscipennis* in Europe as parasitoid of the tomato leaf miner *Tuta absoluta*. *Bulletin of Insectology*, 64: 115-117.
- López E. (1991) – Polilla del tomate: Problema crítico para la rentabilidad del cultivo de verano. *Empresa y Avance Agrícola*, 1: 6-7.
- Luna M., Sánchez N.E., Pereyra P.C. (2007) – Parasitism of *Tuta absoluta* (Lepidoptera, Gelechiidae) by *Pseudapanteles dignus* (Hymenoptera, Braconidae) under laboratory conditions. *Environmental Entomology*, 36: 887-893.
- Luna M.G., Wada V.I. Sánchez N.E. (2010) – Biology of *Dineulophusphthorimaeae* (Hymenoptera: Eulophidae) and field interaction with *Pseudapanteles dignus* (Hymenoptera: Braconidae), larval parasitoids of *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) in tomato. *Annals of the Entomological Society of America*, 103:936-942.

- Mack R.N., Simberloff D., Lonsdale W.M., Evans H., Clout M., Bazzaz F.A. (2000) – Biotic invasions: causes, epidemiology, global consequences, and control. *Ecological Applications*, 10:689-710.
- Meyrick, E. (1917) – Descriptions of South American Micro-Lepidoptera. *Transaction of the Royal Entomological Society of London*, 65(1): 1-52.
- Meyrick, E. (1925) – Family Gelechiidae. *Lepidoptera Heterocera*. In: Wytsman P. (ed), *Genera Insectorum*, Nabu Press, Bruxelles, Belgio. P.184
- Miluch C.E., Dossdall L.M., Evenden M.L. (2013) – The potential for pheromone-based monitoring to predict larval populations of diamondback moth, *Plutella xylostella* (L.), in canola (*Brassica napus* L.). *Crop Protection*, 45: 89-97.
- Miranda M.M.M., Picanço M.C., Zanuncio J.C., Guedes R.N.C. (1998) – Ecological life table of *Tuta absoluta* (Meyrick)(Lepidoptera: Gelechiidae). *Biocontrol Science and Technology*, 8: 597-606.
- Mollá O., Alonso M., Montón H., Beitia F., Verdú M.J., González-Cabrera J. (2010) – Control biológico de *Tuta absoluta*. *Catalogación de enemigos naturales y potencial de los míridos depredadores como agentes de control*. *Phytoma España*, 217: 42-46.
- Nafus D.M. (1993) – Movement of introduced biological control agents onto nontarget butterflies, *Hypolimnas* spp. (Lepidoptera: Nymphalidae). *Environmental Entomology*, 22: 265-272.
- Notz A.P. (1992) – Distribution of eggs and larvae of *Scrobipalpula absolutain* potato plants. *Revista Facultad de Agronomía de Maracay*, 18:425-432.
- Oliveira F.A., Da Silva D.J.H., Leite G.L.D., Jham G.N., Picanço M. (2009) – Resistance of 57 greenhouse-grown accessions of *Lycopersicon esculentum* and three cultivars to *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae). *Scientia Horticulturae*, 119: 182-187.
- Paré P.W., Tumlinson J.H. (1999) – Plant volatiles as a defense against insect herbivores. *Plant Physiology*, 121: 325-331.
- Perdikis D., Fantinou A., Lykouressis D. (2011) – Enhancing pest control by conservation of predatory Heteroptera. *Biological Control*, 59: 13-21.
- Pereyra P.C., Sánchez N.E. (2006) – Effect of two solanaceous plants on developmental and population parameters of the tomato leaf miner, *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae). *Neotropical Entomology*, 35(5): 671-676.
- Picanço M.C., Guedes R.N.C., Leite G.L.D., Fontes P.C.R., Silva E.A. (1995) – Incidência de *Scrobipalpuloides absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) em tomateiro sobre

- diferentes sistemas de tutoramento e controle químico de pragas. *Horticultura Brasileira*, 13: 180-183.
- Potting R. (2009) – Pest risk analysis, *Tuta absoluta*, tomato leaf miner moth. Plant protection service of the Netherlands, Ministry of Agriculture, Nature and Food Quality, The Netherlands 24 pp. Disponibile online, www.minlnv.nl. Ultima visita dicembre 2012
- Povolny D. (1964) – Gnorimoschemini Trib. nov.-Eine neue Tribus der Familie Gelechiidae nebst Bermerkungen zu ihrer Taxonomie (Lepidoptera). *Acta Societatis Entomologicae Bohemiae*, 61:330-359.
- Povolny, D. (1993) – Zur Taxonomie und Nomenklatur der amerikanischen gnorimoschemoiden Gattungen *Tuta* Strand, *Tecia* Strand, *Scrobipalopsis* Povolny and *Keiferia* Busck (Insecta: Lepidoptera: Gelechiidae). *Reichenbachia*, 30:85-59.
- Povolny D. (1994) – Gnorimoschemini of South America VI: identification keys checklist of Neotropical taxa and general considerations (Insecta, Lepidoptera, Gelechiidae). *Steenstrupia*, 20(1):1-42.
- Proffit M., Birgersson G., Bengtsson M., Reis Jr. R., Witzgall P., Lima E. (2011) – Attraction and oviposition of *Tuta absoluta* females in response to tomato leaf volatiles. *Journal of Chemical Ecology*, 37: 565-574.
- Put K., Bollens T., Wackers F.L., Pekas A. (2012) – Type and spatial distribution of food supplements impact population development and dispersal of the omnivore predator *Macrolophus pygmaeus* (Rambur) (Hemiptera:Myridae). *Biological Control*, 63: 172-180.
- Rand T.A., Louda S.M. (2006) – Invasive insect abundance varies across the biogeographic distribution of a native host plant. *Ecological Applications*, 16(3): 877-890.
- Riciputi C. (2011) – Pomodoro, contro la *Tuta* tre nuovi predatori naturali. *Colture Protette*, 40(3):32-34.
- Sannino L., Espinosa B. (2010a) – *Tuta absoluta*. Guida alla conoscenza e recenti acquisizioni per una corretta difesa. Edizioni L'Informatore Agrario, Verona. 113 pp.
- Sannino L., Espinosa B. (2010b) – Incidenza di *Tuta absoluta* sulla produzione di pomodoro. *L'Informatore Agrario*, 66 (10): 37-40.
- SIAN (2012) – Servizio Informativo Agricolo Nazionale, Banca Dati Agrofarmaci. <http://www.sian.it/fitovis/> (ultima visita 19/11/2012).
- Silvério F.O., De Alvarenga E.S., Moreno S.C., Picanço M.C. (2009) – Synthesis and insecticidal activity of new pyrethroids. *Pest Management Science*, 65: 900-905.

- Speranza S., Sannino L. (2012) – The current status of *Tuta absoluta* in Italy. Bulletin OEPP/EPPO, 42 (2): 328-332
- Stelinski L.L., Gut L.J., Miller J.R. (2013) – An attempt to increase efficacy of moth mating disruption by co-releasing pheromones with kairomones and to understand possible underlying mechanisms of this technique. Environmental Entomology, 42(1): 158-166
- Tavella L., Alma A., Sargiotto C. (1997) – Samplings of Miridae Dicyphinae in tomato crops of northwestern Italy. IOBC/WPRS Bulletin, 20 (4): 249-256.
- Torres G.J., Argente J., Díaz M.A., Yuste A. (2009) – Aplicación de *Beauveria bassiana* en la lucha biológica contra *Tuta absoluta*. Agrícola Vergel, 326: 129-132.
- Torres J.B., Faria C.A., Evangelista W.S., Pratisoli D. (2001) – Within plant distribution of leaf miner *Tuta absoluta* (Meyrick) immatures in processing tomatoes, with notes on plant phenology. International Journal of Pest Management, 47(3):173-178.
- Trematerra P., Savoldelli S. (2013) – The use of water traps and presence of spermatophores to evaluate mating disruption in the almond moth, *Ephestia cautella*, during exposure to syntetic sex pheromone. Journal of Pest Science 1-7, in stampa
- Tropea Garzia G. (2009) – *Physalis peruviana* L. (Solanaceae), a host plant of *Tuta absoluta* in Italy. IOBC/WPRS Bulletin, 49:231–232.
- Uchôa-Fernandes M.A., Della Lucia T.M.C., Vilela E.F. (1995) – Mating, oviposition and pupation of *Scrobipalpula absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae). Anais da Sociedade Entomologica do Brasil, 24:159-164.
- Urbaneja A., Montón H., Mollá O. (2009) – Suitability of the tomato borer *Tuta absoluta* as prey for *Macrolophus caliginosus* and *Nesidiocoris tenuis*. Journal of Applied Entomology, 133:292-296.
- Urbaneja A. (2010) – Biological invasion of European tomato crops by *Tuta absoluta*: ecology, geographic expansion and prospects for biological control. Journal of Pest Science, 83: 197-215.
- Urbaneja A., González-Cabrera J., Arnó J., Gabarra R. (2012) – Prospects for the biological control of *Tuta absoluta* in tomatoes of the Mediterranean basin. Pest Management Science, 68: 1215-1222.
- USDA (2011) – New pest response guidelines, Tomato Leafminer (*Tuta absoluta*). United States Department of Agriculture. Animal and Plant Health Inspection Service. Cooperating State Departments of Agriculture. 176 pp.

- Vargas H. (1970) – Observaciones sobre la biología, enemigos naturales de las polilla del tomate, *Gnorimoschema absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae). *Idesia*, 1: 75-110.
- Voigt D., Gorb E., Gorb S. (2007) – Plant surface-bug interaction: *Dicyphus errans* stalking along trichomes. *Artropod-Plant Interaction*, 1(4): 221-243.
- Williamson M. (2006) - Explaining and predicting the success of invading species at different stages of invasion. *Biological Invasions*, 8: 1561-1568.
- Zhang A., Leskey T.C., Bergh J.C., Walgenbach J.F. (2013) – Sex pheromone dispenser type and trap design affect capture of dogwood borer. *Journal of Chemical Ecology*, 1-8, in stampa.
- Zlof V., Suffert M. (2012) – Report of the EPPO/FAO/IOBC/NEPPO Joint International Symposium on management of *Tuta absoluta* (tomato borer). *EPPO Bulletin*, 42(2), 203-204.