

DEPOSITO FOGLIARE SU POMODORO IN SERRA NEI TRATTAMENTI CON LANCIA

E. CERRUTO, G. EMMA

Dipartimento di Ingegneria Agraria - Sezione Meccanica

Università degli Studi - Via S. Sofia, 100, 95123 Catania

gemma@unict.it

RIASSUNTO

Il lavoro riporta i risultati di una sperimentazione su piante di pomodoro da mensa finalizzata alla misura del deposito fogliare a seguito della simulazione di un trattamento fitosanitario tramite una lancia in ordinarie condizioni di lavoro (20 bar e circa 1200 L/ha). I risultati hanno evidenziato disuniformità di deposito fra gli strati interni ed esterni della vegetazione, con andamento opposto in relazione ai valori del *LAI*. Inoltre, è emerso un diverso trattamento delle due pagine fogliari: appositi bersagli artificiali applicati alla pagina superiore delle foglie hanno mediamente riportato una percentuale di superficie coperta e un numero di impronte per centimetro quadrato pari rispettivamente a 1,39 e a 1,50 volte quelli misurati sui bersagli applicati alla pagina inferiore. Probabilmente il ricorso a un sistema di distribuzione assistito da una corrente d'aria potrebbe migliorare l'uniformità di trattamento sia fra le due pagine fogliari sia fra esterno ed interno della chioma.

Parole chiave: difesa, tracciante, analisi colorimetrica, bersagli artificiali

SUMMARY

FOLIAR DEPOSITION ON GREENHOUSE TOMATO PLANTS WHEN USING SPRAY LANCES

The paper reports the results of a research conducted on greenhouse tomato plants aimed at measuring the foliar deposition during a simulation of a pesticide application by means of a hand held high pressure spray lance in ordinary field conditions (working pressure of 20 bar and volume application rate of approximately 1200 L/ha). The results showed different foliar deposition on the external and internal layer of the canopy, with opposite behaviour according to the *LAI* values. Moreover, it emerged a different deposition on the two leaf surfaces: suitable artificial targets applied to the upper side of the leaves reported values of percentage of covered surface and number of spots per square centimetre equal to 1.39 and 1.50 those measured on the targets applied to the under side of the leaves. Perhaps aero assisted devices could improve the uniformity of deposition both between external and internal layer and the two leaf surfaces.

Keywords: plant protection, tracer, colorimetric analysis, artificial targets

INTRODUZIONE

La Sicilia riveste un ruolo primario in Italia per superficie dedicata alla produzione orticola in serra (8800 ha, ISTAT 2009). Oltre la metà di essa (4800 ha, il 54% del totale regionale) è concentrata nella sola provincia di Ragusa, dove le specie ortive più diffuse sono il pomodoro, il peperone e la zucchina. Si tratta di colture che richiedono frequenti interventi fitosanitari, anche 15-20 per ciclo colturale secondo indagini effettuate in loco (Cerruto e Emma, 2009), con gravi rischi di esposizione per gli operatori, i consumatori e l'ambiente.

Considerata l'importanza del comparto, si è ritenuto opportuno elaborare un progetto di ricerca biennale di rilevante interesse nazionale (*PRIN*), nell'ambito del quale l'Unità Operativa di Catania ha sviluppato come proprio tema l'*Ottimizzazione dei depositi nei*

trattamenti su colture orticole in ambiente protetto siciliano. La coltura scelta per la sperimentazione è stata il pomodoro, la cui difesa è attuata utilizzando per lo più lance manuali ad alta pressione. I volumi distribuiti sono spesso superiori ai 1000 L/ha e possono raggiungere anche i 1800 L/ha in funzione dello sviluppo vegetativo delle piante e della severità dell'intervento. Volumi così elevati sono fonte di gravi rischi innanzitutto per gli operatori, i quali subiscono una forte esposizione cutanea ed inalatoria, acuita dal fatto che non sempre indossano appropriati dispositivi di protezione individuale (Bjugstad e Torgrimsen, 1996; Aprea *et al.*, 2002; Cerruto e Emma, 2009). Sono anche fonte di rischio per l'ambiente a causa delle elevate perdite fuori bersaglio (Planas de Martì *et al.*, 2001; Balsari *et al.*, 2008) e del progressivo accumulo di principi attivi nelle strutture delle serre, e per i consumatori finali se i tempi di carenza non vengono correttamente rispettati. Essi vengono giustificati dagli operatori sia per avere un riscontro visivo della bagnatura della vegetazione trattata, sia soprattutto per cercare di colpire anche la pagina inferiore delle foglie, ove spesso si annidano i patogeni oggetto dell'intervento fitoiatrico.

Nel presente lavoro si intende indagare proprio su questo aspetto, ovvero valutare la distribuzione del deposito fogliare su piante di pomodoro pienamente sviluppate, simulando un trattamento con una lancia manuale in ordinarie condizioni di lavoro. Inoltre, ricorrendo ad appositi bersagli artificiali, si è anche provveduto a stimare il deposito intercettato da ciascuna pagina fogliare.

MATERIALI E METODI

L'attività sperimentale è stata svolta in una serra sita in agro di Vittoria (RG) su piante di pomodoro da mensa in pieno sviluppo della varietà *Ikram*. La serra (figura 1) aveva una struttura portante in metallo e una superficie coperta di circa 6200 m². La coltura era stata trapiantata in file binate lunghe 30 m, con distanza fra i filari di una bina pari a 0,60 m, distanza fra le bine pari a 1,40 m e distanza lungo la fila pari a 0,35 m. La densità d'impianto era pertanto pari a 28600 piante/ha.

In accordo agli scopi della ricerca, in questa fase si è voluto accertare l'entità e la variabilità dei depositi fogliari nelle usuali condizioni di lavoro, oltre che la distribuzione del deposito su ambedue le pagine delle foglie. Pertanto si è simulato un trattamento fitosanitario tramite una delle lance adoperate in azienda (figura 2), manovrata dall'operaio solitamente addetto a tale compito. La lancia aveva un solo ugello dotato di piastrina in ceramica con foro di uscita del diametro di 1,5 mm.

Le prove sono state eseguite alla pressione di 20 bar, la stessa adottata in azienda per l'esecuzione dei trattamenti, il cui effettivo valore è stato verificato installando un manometro in prossimità dell'impugnatura della lancia. La pressione in uscita dalla pompa è stata opportunamente regolata così da compensare la perdita di carico di circa 1 bar dovuta al tubo di alimentazione lungo circa 80 m. La portata erogata dalla lancia a 20 bar è stata misurata raccogliendo in un recipiente graduato il volume erogato in 30 s ed è risultata pari a 5,6 L/min.

L'esperimento in campo è stato impostato secondo uno schema randomizzato con tre ripetizioni, ciascuna costituita da un tratto di bina lungo circa 15 m, opportunamente intervallato da tre bine di rispetto non irrorate per evitare sovrapposizioni dei depositi. Per eseguire le prove l'operaio è transitato negli interfilari tra una bina e l'altra, irrorando entrambi i filari di ogni bina prescelta come in un trattamento reale. Procedeva muovendosi all'indietro ad una velocità media di 0,78 m/s (minima = 0,73 m/s, massima = 0,85 m/s), avendo dimostrato con altre prove (Cerruto *et al.*, 2008) che tale modalità operativa riduce fortemente l'esposizione cutanea dell'operatore.

Figura 1. Serra sede delle prove sperimentali



Figura 2. Lancia per l'esecuzione delle prove sperimentali



La simulazione è stata effettuata distribuendo una soluzione al 2% di colorante alimentare rosso *Red Poinceau E124* utilizzato come tracciante, cui era stato aggiunto un bagnante alla concentrazione dello 0,05% per rendere il comportamento della soluzione simile a quello di una miscela fitoiatrice. Tenuto conto della velocità di avanzamento dell'operatore, della portata erogata dalla lancia, e del sesto d'impianto della coltura, il volume mediamente distribuito è risultato pari a 1200 L/ha (minimo = 1102 L/ha, massimo = 1289 L/ha).

Prima dell'esecuzione delle prove si è provveduto a caratterizzare le piante da un punto di vista geometrico e morfologico. A tal fine sono stati misurati l'ampiezza della fascia vegetativa da trattare, il suo spessore, l'indice di area fogliare (*LAI*) e il numero teorico di strati fogliari (*FLN*). Le misure geometriche sono state effettuate su 24 piante appartenenti ad entrambi i filari di 6 bina diverse, mentre il *LAI* è stato stimato misurando la superficie fogliare di 4 piante. Il numero teorico di strati fogliari è stato calcolato in funzione del *LAI* tramite la relazione:

$$FLN = \frac{a \cdot LAI}{\Delta h}$$

dove $a = 1$ m è la distanza media fra due filari di ogni bina e Δh l'altezza della fascia di vegetazione considerata.

Tenendo conto delle misure geometriche, la parete fogliare è stata suddivisa in tre fasce di uguale ampiezza (bassa, media e alta) e in due livelli di profondità (esterno ed interno rispetto al punto di irrorazione). Da ciascuna delle 12 zone così definite (3 altezze $\times$ 2 profondità $\times$ 2 filari di ogni bina), scelte sulle piante della zona centrale del tratto di bina irrorato così da di limitare gli effetti di bordo, sono state prelevate 4 foglie su cui misurare il deposito. La misura è stata effettuata per via spettrofotometrica utilizzando uno spettrofotometro modello *Jenway*, *Jenway Ltd*. I valori di deposito sono stati espressi in microlitri per centimetro quadrato di superficie fogliare, stimata tramite la legge di regressione massa-superficie calcolata su un campione di foglie. Per tenere conto delle variazioni di volume fra le varie repliche, tutti i valori sono stati normalizzati a 1200 L/ha, il volume mediamente distribuito.

La stima del deposito su ogni pagina fogliare è stata effettuata ricorrendo ad appositi bersagli artificiali incollati ad entrambe le pagine di un campione di 24 foglie per ripetizione, 2 per ciascuna delle 12 posizioni ove si è misurato il deposito. I bersagli, costruiti in laboratorio, erano costituiti da strisce di plastica di 2 cm $\times$ 5 cm, con attaccato sul lato esposto nastro adesivo bianco, fungente da sfondo per le gocce rosse intercettate, e sull'altro nastro biadesivo per il fissaggio alle foglie. Immediatamente prima del trattamento si è spruzzato su

di essi un velo di silicone spray atto a trattenere e mantenere distinte le impronte delle gocce.

Dopo i trattamenti, i bersagli sono stati posti in capsule *Petri* e trasportati in laboratorio per analizzare le impronte lasciate su di essi dalle gocce che li avevano colpito. A tal fine si è utilizzato un sistema di analisi di immagine costituito da uno scanner impostato con una risoluzione di 1200 dpi e dal software di pubblico dominio *ImageJ* (Abramoff *et al.*, 2004). Esso fornisce diverse statistiche riassuntive di ogni immagine analizzata, fra cui si è scelta la percentuale di superficie coperta dalle impronte rispetto a quella complessiva analizzata, avendo dimostrato con altre prove (Cerruto e Emma, 2010) che essa si può ritenere con buona approssimazione proporzionale al deposito di colorante intercettato da ciascuna pagina fogliare.

Tutti i dati acquisiti (depositi sulle foglie e parametri delle impronte sui bersagli artificiali) sono stati elaborati statisticamente tramite l'analisi di varianza (Anova), così da valutare la distribuzione del prodotto sulla vegetazione. Tutte le elaborazioni e le rappresentazioni grafiche dei risultati sono state eseguite con il software *open source R* (R Development Core Team, 2008).

RISULTATI E DISCUSSIONE

Caratteristiche delle piante

La figura 3 riporta i risultati della regressione della superficie sulla massa di un campione di foglie. Essa è ben approssimata da una relazione di tipo potenza, come testimonia il coefficiente di determinazione altamente significativo e pari 0,91, che ne consente l'impiego a scopo predittivo. Essa è stata pertanto utilizzata sia per stimare il *LAI* delle piante, sia per stimare la superficie delle foglie campionate per la misura del deposito.

Dalle misure geometriche delle piante è emerso che l'ampiezza della fascia vegetativa da trattare si estendeva mediamente da 0,83 m a 2,45 m. Essa è stata pertanto suddivisa in tre fasce di 0,54 m il cui *LAI* e spessore sono riportati nella figura 4. Entrambe le quantità erano crescenti dal basso verso l'alto: la fascia più densa di foglie era quella alta (da 1,9 a 2,5 m), il cui *LAI* ammontava a $1,88 \text{ m}^2/\text{m}^2$, pari al 65% del totale. Nella stessa figura sono anche riportati lo spessore della vegetazione misurato a tre diverse altezze e il numero di strati fogliari di ciascuna fascia, entrambi crescenti dal basso verso l'alto.

Depositi fogliari

Al fine di soddisfare i requisiti necessari per l'applicazione dell'analisi di varianza (residui distribuiti normalmente e con varianza omogenea), i valori di deposito normalizzato sono stati trasformati secondo la radice quarta. Nei grafici, tuttavia, sono stati riportati i valori medi dei dati non trasformati.

L'Anova ha evidenziato differenze statisticamente significative solo fra le tre fasce d'altezza ($p = 0,014$), influenzate però dalla profondità (interazione altezza $\times$ profondità significativa per $p = 0,002$). Non sono invece emerse differenze fra i due filari costituenti le bine, essendo stati irrorati secondo le stesse modalità, né fra i due livelli di profondità. I valori medi di deposito sono riassunti nel diagramma di figura 5.

Figura 3. Regressione massa superficie delle foglie campionate

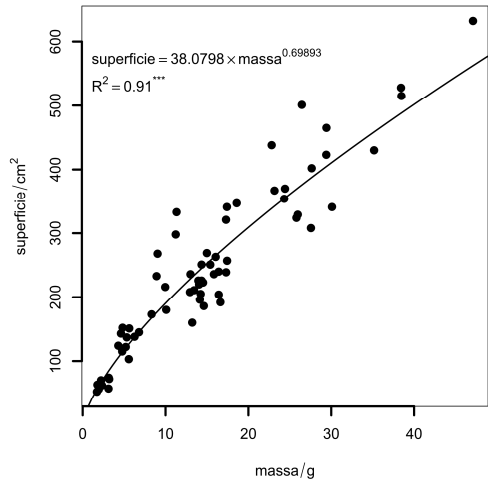
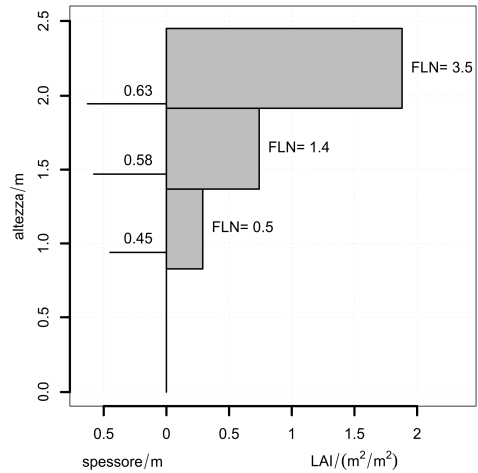


Figura 4. Dati geometrici e morfologici delle piante



Il deposito medio complessivo è risultato pari a $1,34 \mu\text{L}/\text{cm}^2$ e il valore più basso ($0,98 \mu\text{L}/\text{cm}^2$) si è avuto nella fascia alta della vegetazione, specie nella parte interna della chioma (figura 6). Poiché la fascia alta era quella con il più elevato valore del *LAI*, tale risultato conferma le difficoltà a trattare uniformemente le zone della vegetazione ad elevata densità fogliare.

Figura 5. Valori medi dei depositi fogliari

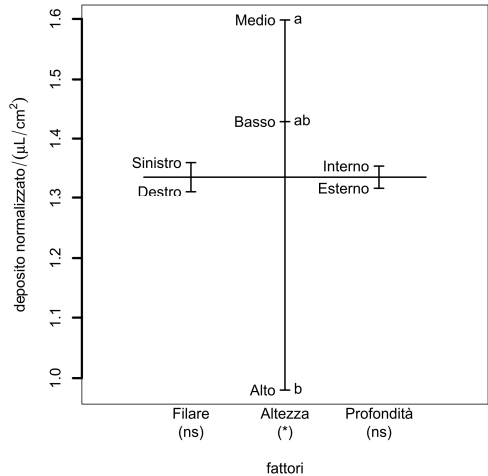
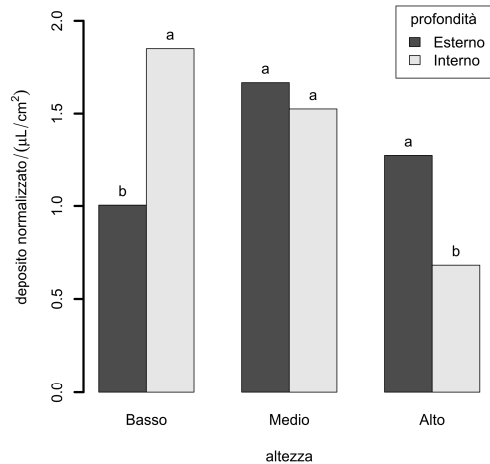


Figura 6. Deposito fogliare alle tre quote (confronti fra le due profondità per ogni quota)



La distribuzione del deposito alle due profondità è stata disomogenea. Anche se il deposito medio nella zona interna è risultato statisticamente pari a quello nella zona esterna (figura 5), tuttavia si sono riscontrate differenze significative in relazione all'altezza (figura 6). In particolare, si è osservato un comportamento opposto tra le fasce alta e bassa, quelle con i

valori di *LAI* estremi. Precisamente, nella fascia alta si è avuto all'esterno un deposito pari a 1,86 volte quello misurato all'interno (1,27 vs. 0,69 $\mu\text{l}/\text{cm}^2$), viceversa nella fascia bassa il deposito maggiore si è avuto all'interno (1,85 vs. 1,00 $\mu\text{l}/\text{cm}^2$). Nella fascia media invece il deposito è risultato statisticamente uguale alle due profondità.

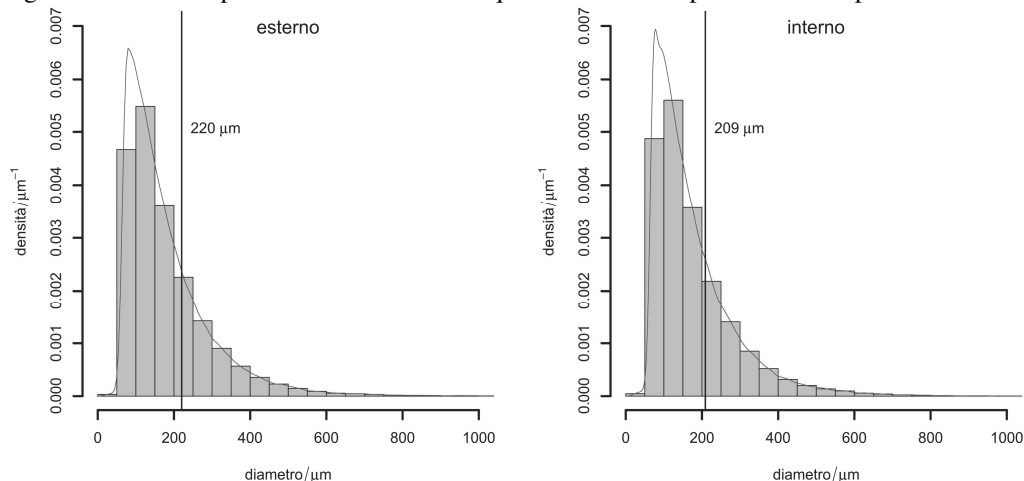
Tale risultato è da porsi in relazione sia alle caratteristiche morfologiche della vegetazione (distribuzione in altezza del *LAI* e del numero di strati fogliari) sia a quelle della lancia e relativa modalità d'impiego (un solo ugello e alta pressione). Infatti, a causa dell'alta pressione di lavoro, le gocce fuoriuscivano dall'unico ugello della lancia con energia talmente elevata da non consentire loro di aderire alle foglie su cui impattavano. Invece, vi scivolavano sopra con effetto dilavante e, soprattutto nelle zone con minor *LAI*, si spostavano verso l'interno della chioma, favorite in ciò dalla presenza di vuoti nella vegetazione. Nella fascia media probabilmente si è realizzato un giusto equilibrio fra caratteristiche della vegetazione (spessore, *LAI* e *FLN*) ed energia del getto, tale da dare luogo allo stesso deposito alle due profondità.

Per quanto riguarda la variabilità dei depositi, infine, la deviazione standard fra le foglie è risultata pari a 0,71 $\mu\text{l}/\text{cm}^2$ (CV = 54%), quella fra le posizioni di campionamento pari a 0,34 $\mu\text{l}/\text{cm}^2$ (CV = 26%), e quella fra le ripetizioni pari a 0,12 $\mu\text{l}/\text{cm}^2$ (CV = 9%). La maggiore disuniformità è stata quindi quella puntuale, legata al confronto foglia-foglia.

Analisi dei bersagli

Preliminarmente si è effettuata un'analisi per studiare le caratteristiche delle impronte delle gocce intercettate dai bersagli dislocati sulle piante. La figura 7 riporta la distribuzione della dimensione delle impronte, separatamente per i due livelli di profondità di campionamento. La dimensione di un'impronta, senza distinguere eventuali sovrapposizioni derivanti da più gocce, è stata individuata attraverso il suo diametro equivalente, inteso come il diametro del cerchio di pari superficie.

Figura 7. Densità di probabilità dei diametri equivalenti delle impronte alle due profondità



La figura 7 evidenzia come le caratteristiche delle impronte alle due profondità siano risultate sostanzialmente simili. Si è solo avuto una leggera prevalenza di impronte più piccole

(sotto i 150 μm) all'interno (+1,76% rispetto all'esterno) e di quelle più grandi (fra 150 e 400 μm) all'esterno (+1,15% rispetto all'interno). Come conseguenza, il diametro dell'impronta media è risultato pari a 220 μm sulle foglie esterne e a 209 μm su quelle interne.

L'analisi di varianza sui dati di copertura superficiale, espressa come percentuale di superficie coperta rispetto a quella esaminata, e di densità di impronte, espressa come numero di impronte per centimetro quadrato, ha evidenziato come il fattore pagina fogliare sia risultato statisticamente significativo. In particolare, la pagina superiore delle foglie è risultata mediamente con il 39% in più di copertura superficiale e con il 50% in più di impatti per centimetro quadrato. Tale risultato è stato riscontrato in quasi tutte le zone della chioma (figure 8 e 9), per cui è da ritenere che il deposito fogliare sia stato non uniformemente ripartito fra le due pagine delle foglie. Ciò rappresenta un problema allorché i patogeni da combattere sono annidati sulla pagina inferiore delle foglie, in quanto induce gli operatori ad incrementare i volumi distribuiti.

Figura 8. Copertura superficiale nelle varie zone della chioma

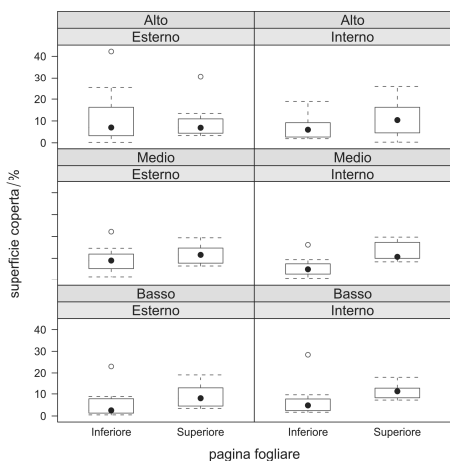
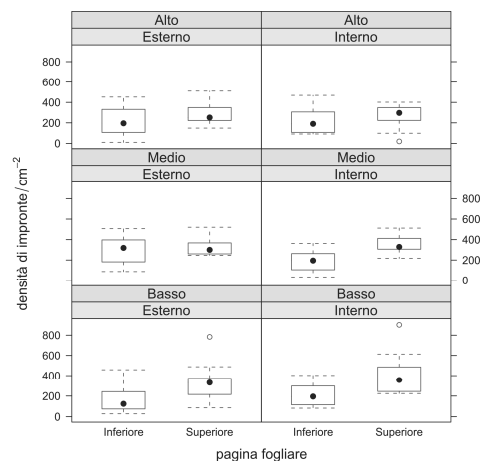


Figura 9. Densità di impronte nelle varie zone della chioma



CONCLUSIONI

La sperimentazione effettuata suggerisce le seguenti considerazioni:

1. Se si considerano solo i valori medi complessivi del deposito fogliare, la qualità della distribuzione potrebbe essere ritenuta soddisfacente. Mediamente, infatti, si è avuto un deposito statisticamente uguale sui due filari di ogni bina trattata e sui due strati di profondità presi in esame. Le uniche differenze significative sono state riscontrate lungo l'altezza delle piante: nelle zone della chioma ad elevata densità fogliare (fascia alta) sono stati registrati i valori di deposito più bassi.
2. Se però si analizza l'interazione altezza $\times$ profondità, se ne deduce che in merito alla capacità del getto di raggiungere gli strati più interni della vegetazione, l'attrezzatura utilizzata ha dimostrato delle carenze. Infatti, considerato che il getto veniva erogato ad alta pressione e da un solo ugello, ne è scaturita un'azione dilavante sulle foglie, con il risultato di avere un deposito maggiore negli strati interni della zona di vegetazione con basso LAI. Viceversa, è rimasta immutata la difficoltà a raggiungere gli strati interni nelle zone ove il LAI era più elevato. Probabilmente ricorrendo a sistemi di distribuzione assistiti da una corrente d'aria

opportunamente diretta in modo da scalzare i diversi strati fogliari, potrebbe realizzarsi un'uniformità di trattamento migliore.

3. L'analisi dei bersagli artificiali ha evidenziato un'ulteriore fonte di disuniformità di trattamento fra le due pagine fogliari. Mediamente i bersagli applicati alla pagina superiore delle foglie hanno riportato una copertura superficiale e una densità d'impronte pari rispettivamente a 1,39 e a 1,50 volte quelle misurate sui bersagli applicati alla pagina inferiore. Ancora una volta, il ricorso a sistemi di distribuzione aeroassistiti che pongano in agitazione le foglie potrebbe migliorare l'uniformità di trattamento delle due pagine fogliari.

LAVORI CITATI

- Abramoff M.D., Magelhaes P.J., Ram S.J., 2004. Image Processing with ImageJ. *Bio-photronics International*, 11 (7), 36-42.
- Aprèa C., Centi L., Lunghini L., Banchi B., Forti M.A., Sciarra G., 2002. Evaluation of respiratory and cutaneous doses of Chlorothalonil during re-entry in greenhouses. *Journal of Chromatography B*, 778, 131-145.
- Balsari P., Oggero G., Cerruto E., Friso D., Guarella P., Raffaelli M., 2008. Comparison among different pesticide application methods in greenhouses in Italy: first results. *ISHS Acta Horticulturae*, 801, November 25, 2008, 1, 661-667.
- Bjugstad N., Torggrimsen T., 1996. Operator Safety and Plant Deposits when using Pesticides in Greenhouses. *J. Agric. Engng Res.*, 65, 205-212.
- Cerruto E., Emma G., 2009. Indagine sulla sicurezza ambientale e degli operatori nei trattamenti fitosanitari in serra. *Atti AIIA 2009 "Ricerca e innovazione nell'ingegneria dei biosistemi agro-territoriali"*, Ischia (NA), 12-16 settembre 2009.
- Cerruto E., Emma G., 2010. Uso di bersagli artificiali per la stima del deposito fogliare. *Atti Giornate Fitopatologiche*, 2, 49-56.
- Cerruto E., Emma G., Mallia I., Manetto G., 2008. Evaluation of Dermal Exposure to Pesticides in Greenhouse Workers, *Atti dell'International Conference on "Innovation Technology to Empower Safety, Health and Welfare in Agriculture and Agro-food Systems"*, Ragusa, 15-17 settembre 2008.
- Planas de Martí S., Fillat Morata A., Escolà Agustí A., 2001. Advances on Pesticide Application in Covered Crops. *Atti AIIA 2001 "Ingegneria Agraria per lo sviluppo dei Paesi del Mediterraneo"*, Vieste (FG), 11-14 settembre 2001.
- R Development Core Team, 2008. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org>.

Il contributo degli autori al lavoro è da intendersi paritetico sotto ogni aspetto.

Ricerca svolta nell'ambito del progetto di rilevante interesse nazionale del MIUR "Macchine e loro regolazioni per una difesa sostenibile delle colture protette", anno 2005, coordinato dal Prof. Paolo Balsari (DEIAFA, TO)