

## USO DI BERSAGLI ARTIFICIALI PER LA STIMA DEL DEPOSITO FOGLIARE

E. CERRUTO, G. EMMA

Dipartimento di Ingegneria Agraria - Sezione Meccanica  
Università degli Studi - Via S. Sofia, 100, 95123 Catania  
ecerruto@unict.it

### RIASSUNTO

Il lavoro riporta i risultati di una sperimentazione finalizzata a valutare l'impiego di bersagli artificiali in PVC coperti da un velo di silicone spray per stimare il deposito fogliare, così da poterlo ripartire fra le due pagine di ogni foglia. A tal fine si è simulato un trattamento in ordinarie condizioni di campo su una coltura di pomodoro in serra pienamente sviluppata e si sono applicati ad un campione di foglie dei bersagli artificiali (uno per pagina). Dopo il trattamento, i bersagli sono stati analizzati con un sistema di analisi di immagini e su ognuno sono stati misurati la distribuzione della dimensione delle impronte, la percentuale di superficie coperta, il numero di impronte per centimetro quadrato e il volume intercettato. Parallelamente si è misurato per via spettrofotometrica il deposito intercettato dalle stesse foglie cui erano stati applicati i bersagli. I risultati hanno evidenziato l'esistenza di una buona correlazione positiva (coefficiente di correlazione lineare compreso fra 0,68 e 0,74) fra il deposito misurato sulle foglie e i dati rilevati sui bersagli, specie per valori di deposito non superiori a  $1 \mu\text{l}/\text{cm}^2$ . La grandezza con il coefficiente di correlazione più elevato è stata la percentuale di superficie coperta, che pertanto può essere ritenuta un buon indicatore per ripartire il deposito complessivo fra le due pagine fogliari.

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

### SUMMARY

#### ARTIFICIAL TARGETS TO EVALUATE THE FOLIAR DEPOSITION

The paper reports the results of a research aimed at ascertaining the usefulness of PVC artificial targets covered with silicone spray in estimating the foliar deposition, in order to split it between the two leaf surfaces. To this end we simulated a pesticide application in ordinary field condition on full-developed tomato plants in a greenhouse, and we applied some artificial targets on a sample of leaves (one on each leaf surface). After the application, we analysed the targets by means of an image analysis system and we measured the spot size distribution, the percentage of covered surface, the number of spots per square centimetre, and the volume of mixture on each targets. In parallel, we measured the foliar deposit by means of a spectrophotometer on the same leaves where the targets were applied. The results showed a good positive correlation (coefficient of linear correlation between 0.68 and 0.74) between foliar deposition and data measured on the targets, especially when the deposit was lower than  $1 \mu\text{l}/\text{cm}^2$ . The quantity with the highest value of the coefficient of linear correlation was the percentage of covered surface, which can be therefore assumed as a good indicator to split the whole foliar deposition between the two leaf surfaces.

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

### INTRODUZIONE

Il deposito fogliare, la superficie coperta, la dimensione e il numero di impatti per unità di superficie, sono fattori determinanti per l'efficacia dei trattamenti fitosanitari (Cesari e Flori, 2000; Flori *et al.*, 2006). Fenomeni di distribuzioni poco omogenei sono molto frequenti poiché numerose sono le variabili che intervengono: tipo di coltura, forma di allevamento,

densità di impianto, volume fogliare, ecc.. Il loro numero elevato induce ad una costante verifica del trattamento, generalmente effettuata in campo impiegando cartine idrosensibili (Vieri, 2003). Esse, tuttavia, a causa della tendenza al viraggio completo in presenza di elevati volumi distribuiti, accentuata dalla caratteristica di dare luogo ad impronte di diametro circa doppio di quello delle gocce libere, non consentono di individuare correttamente le impronte che intercettano, ma si limitano a fornire indicazioni solo sulla copertura superficiale (Ade e Fabbri, 2000).

È per tale ragione che nel tempo sono stati proposti altri bersagli artificiali, tipo quelli in PVC coperti da olio silconico ad alta viscosità (Juste *et al.*, 1990) o da silicone spray (Cerruto, 2001). Il silicone aumenta l'adesività del supporto e contribuisce a mantenere inalterate nel tempo le impronte. Data la loro natura idrorepellente, mantengono basso il grado di copertura e ben separate le impronte, anche in presenza di elevati volumi irrorati. Il loro comportamento è pertanto alquanto differente da quello delle cartine idrosensibili, anche se i parametri delle impronte rilevate sui due supporti sono altamente correlati, come riportato in (Schillaci *et al.*, 2009; Cerruto *et al.*, 2009).

Nelle serre, ove è stata condotta la presente attività sperimentale, gli operatori distribuiscono volumi anche superiori ai 1000 L/ha (Cerruto *et al.*, 2008), che, uniti alla traspirazione delle foglie e all'alta umidità relativa dell'aria che di solito caratterizza l'ambiente serra, rendono alquanto problematico l'impiego delle cartine. Tali volumi vengono giustificati dagli operatori con la necessità, oltre che di assicurare una completa bagnatura della vegetazione, di raggiungere con il getto anche la pagina inferiore delle foglie, ove spesso si annidano i patogeni oggetto dell'intervento. La conoscenza del deposito sulla singola pagina fogliare è pertanto molto importante ai fini della valutazione del trattamento e la sua misura diretta, seguendo la metodologia descritta in (Pergher e Petris, 2009), non può essere effettuata sulla stessa foglia.

Nell'ambito del presente lavoro si intende valutare l'opportunità di utilizzare i bersagli artificiali in PVC coperti da un velo di silicone spray per stimare, oltre alle caratteristiche dimensionali delle impronte, anche i volumi che raggiungono le foglie. Più precisamente, si intendono studiare le eventuali correlazioni fra il deposito fogliare misurato tramite spettrofotometria e i dati dedotti dall'analisi ottica dei bersagli, al fine di poter ripartire i depositi complessivi fra le due pagine fogliari. La ricerca è stata condotta simulando un trattamento in una serra, in ordinarie condizioni di campo, su piante di pomodoro pienamente sviluppate.

## MATERIALI E METODI

La sperimentazione è stata condotta su pomodoro da mensa, cv Shiren, impiantato in una serra in provincia di Ragusa, zona ove le colture in serra sono particolarmente diffuse. Le piante, in pieno sviluppo vegetativo, erano state trapiantate in file binate con distanza fra le bine pari a 1,40 m, distanza fra i filari di una bina pari a 0,60 m, e distanza delle piante lungo la fila pari a 0,38 m. La densità d'impianto era dunque pari a circa 26300 piante/ha.

Le piante sono state caratterizzate da un punto di vista geometrico, misurando l'ampiezza della fascia vegetativa e il suo spessore a diverse altezze. Inoltre, defogliando e misurando la superficie fogliare di quattro piante, si è pure stimato il *LAI* della vegetazione. Sulla base di tali misure, la vegetazione dei filari irrorati è stata suddivisa in tre fasce di pari ampiezza (bassa, media e alta) e in due livelli di profondità (strato esterno e strato interno), individuando così 6 zone di campionamento.

In accordo agli scopi della ricerca, si è provveduto ad applicare a due foglie di ogni zona di un filare quattro bersagli artificiali (uno per pagina), per un totale di 24 bersagli per

ripetizione. I bersagli erano stati preparati in laboratorio e consistevano di un supporto di plastica semi-rigida di 2 cm × 5 cm, con applicato nastro bianco in PVC sul lato esposto al trattamento e nastro biadesivo sull'altro lato, così da permetterne il fissaggio alle foglie. Immediatamente prima delle prove, sul lato esposto si è spruzzato un velo di silicone spray atto a trattenere e mantenere distinte le impronte delle gocce.

Il trattamento è stato eseguito tramite una irroratrice semovente (figura 1) equipaggiata con un serbatoio da 100 L e dotata di barra verticale, attualmente in fase di studio e ottimizzazione, utilizzata con quattro ugelli in funzione del tipo *Albuz ATR* marrone (diametro dell'orifizio pari a 1,0 mm). La pressione di lavoro prescelta è stata di 15 bar, cui è corrisposto una portata alla barra pari a 3,25 L/min e, tenendo conto del sesto d'impianto, un volume distribuito pari a 575 L/ha. La simulazione del trattamento è avvenuta transitando nell'interbina e irrorando le piante dal solo lato destro.

La miscela spruzzata è stata una soluzione acquosa all'1,2% di colorante alimentare rosso *E124 Red Poinceau*, con aggiunto bagnante allo 0,05% per renderne il comportamento simile a quello di un'effettiva miscela fitoiatrica. La scelta del PVC bianco dei bersagli è stata finalizzata ad aumentare il contrasto rispetto al rosso del colorante distribuito (figura 2), così da agevolare la successiva analisi delle impronte delle gocce. Dopo il trattamento, i bersagli sono stati raccolti singolarmente e posti in contenitori *Petri*, opportunamente siglati per individuare la ripetizione e la posizione sulla pianta, e quindi trasportati in laboratorio per analizzare le impronte captate. Contemporaneamente, alcuni lobi delle stesse foglie cui erano stati applicati i bersagli sono stati prelevati e posti in sacchetti di plastica anch'essi opportunamente siglati e trasportati in laboratorio per la misura del deposito da essi intercettato. Sono state eseguite due ripetizioni, consistenti in due tratti di filare lunghi circa 15 m.

Per l'analisi dei bersagli 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, 2004). Tramite esso si è calcolato l'area di ogni impronta, la percentuale di superficie coperta dalle impronte rispetto a quella esaminata su ogni bersaglio e il numero di impronte captate. Il deposito per unità di superficie, invece, è stato misurato per via spettrofotometrica, desumendolo dal valore dell'assorbanza della soluzione ottenuta lavando ciascuna foglia con acqua distillata, in accordo alla relazione:

$$d = 1000 \frac{ABS}{ABS_m} \frac{V_L}{S}, \quad \frac{\mu l}{cm^2},$$

ove si è indicato con  $V_L$  (mL) il volume di acqua utilizzata per lavare le foglie,  $ABS$  l'assorbanza dell'acqua ottenuta dal lavaggio,  $ABS_m$  l'assorbanza della soluzione distribuita in campo e  $S$  (cm<sup>2</sup>) la superficie della foglia. La superficie è stata stimata tramite la legge di regressione massa-superficie ottenuta analizzando le foglie e i lobi prelevati per la misura del *LAI*.

Ai fini della ricerca di una correlazione fra i valori di deposito fogliare, relativi all'intera foglia, e i dati letti sui bersagli, relativi a ciascuna pagina fogliare, questi ultimi sono stati preventivamente mediati fra le due pagine fogliari. Inoltre, ritenendo in prima approssimazione che ciascuna impronta sui bersagli fosse stata rilasciata da una goccia di pari diametro, si è altresì stimato il volume di miscela intercettato dall'unità di superficie di ciascun bersaglio. Tutti i dati così ottenuti sono stati elaborati statisticamente tramite il software *open source R* (R Development Core Team, 2008).

Figura 1. Veicolo semovente per le prove in campo



Figura 2. Particolare di un bersaglio spruzzato



## RISULTATI E DISCUSSIONE

### Caratteristiche delle piante

Dalle misure effettuate sulle piante, è emersa un'altezza massima della vegetazione pari a  $(2,20 \pm 0,17)$  m (media  $\pm$  deviazione standard), mentre lo spessore delle piante di ogni filare, misurato a 0,5, 1,0 e 1,5 m d'altezza, è risultato pari rispettivamente a  $(0,33 \pm 0,08)$  m,  $(0,34 \pm 0,11)$  m e  $(0,42 \pm 0,13)$  m. Il *LAI* è risultato pari a  $2,55 \text{ m}^2/\text{m}^2$ . Sulla base di tali misure, la fascia bassa si estendeva fino a circa 0,7 m, la media da 0,7 a 1,4 m, la alta oltre 1,4 m. I due livelli di profondità (esterno e interno) sono stati scelti rispetto a un ipotetico piano verticale di simmetria delle piante.

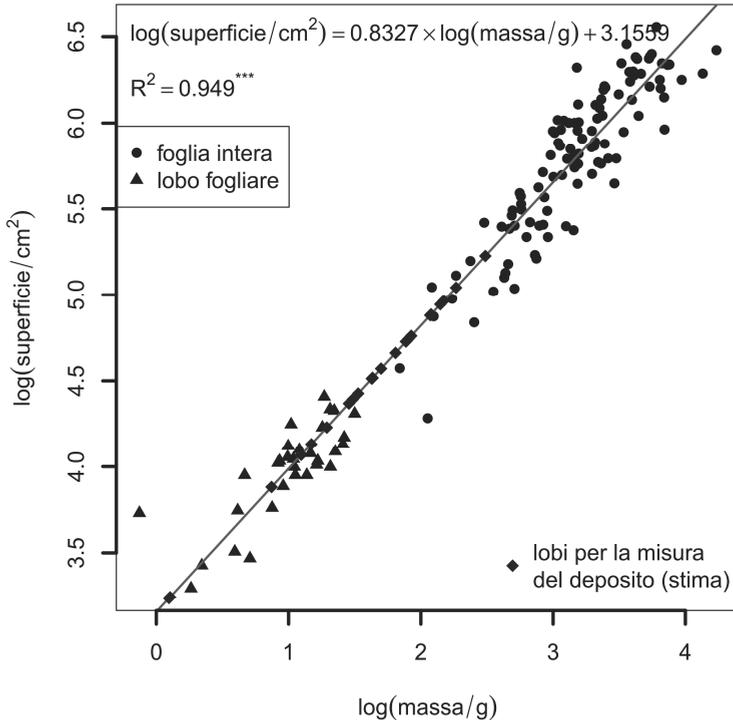
Lo studio della regressione della superficie sulla massa delle foglie (sia intere, sia lobi singoli) ha prodotto i risultati riportati nella figura 3. Applicando una trasformazione logaritmica sia alla massa che alla superficie, è stata ottenuta una retta che spiega quasi il 95% della variazione dei dati. Accertata la sua elevata significatività statistica ( $p < 0,001$ ), essa è stata utilizzata per stimare la superficie delle foglie campionate per la misura del deposito, le stesse cui erano stati applicati i bersagli artificiali.

### Caratteristiche dimensionali delle impronte

La figura 4 riporta la distribuzione del diametro equivalente delle impronte, definito come il diametro del cerchio di pari superficie. In questo ambito non si è operato alcun intervento per cercare di individuare le eventuali impronte dovute a sovrapposizioni di più gocce.

A causa della discretizzazione introdotta dal processo di digitalizzazione dell'immagine dei bersagli e tenuto conto della risoluzione dello scanner impostata a 1200 dpi, il diametro delle impronte rilevate partiva dal valore minimo di  $24 \mu\text{m}$ . Il diametro medio è risultato pari a  $102 \mu\text{m}$ , con deviazione standard pari a  $90 \mu\text{m}$ , mentre quello dell'impronta media è risultato pari a  $136 \mu\text{m}$ . La classe di impronte più rappresentata (26,7%) è stata quella con diametro equivalente compreso fra 50 e  $75 \mu\text{m}$ , mentre quasi il 90% di esse (89,7%) aveva diametro inferiore ai  $200 \mu\text{m}$ .

Figura 3. Regressione massa superficie delle foglie e dei lobi campionati



Esaminando invece la copertura superficiale dei bersagli in relazione alla dimensione delle impronte, è stato ottenuto il diagramma di figura 5. Esso riporta, per ogni valore dell'area delle impronte (o del rispettivo diametro equivalente), la frazione di superficie coperta da impronte di dimensione minore a quella considerata. Ad esempio, è risultato che, complessivamente, il 50% della superficie coperta era dovuto ad impronte di area inferiore a  $0,0456 \text{ mm}^2$  ( $241 \text{ }\mu\text{m}$ ) e il 90% ad impronte di area inferiore a  $0,3099 \text{ mm}^2$  ( $628 \text{ }\mu\text{m}$ ).

### Correlazioni fra deposito fogliare e dati sui bersagli

La figura 6 riassume graficamente le correlazioni fra il deposito misurato sulle foglie e i dati rilevati sui bersagli artificiali. In generale, nell'ambito dei valori esaminati, il deposito fogliare è risultato correlato positivamente con la percentuale di superficie coperta, il deposito unitario stimato sui bersagli e la densità di impronte, soprattutto per valori di deposito (misurato e stimato) inferiori a circa  $1 \text{ }\mu\text{l}/\text{cm}^2$ . Probabilmente nei casi di foglie più esposte al getto, tenuto conto del ridotto numero di ripetizioni (2) e della piccola superficie esaminata dei bersagli ( $8,5 \text{ cm}^2$ ) rispetto a quella delle foglie cui erano applicati (compresa fra 11 e  $186 \text{ cm}^2$ , con valore medio di  $95 \text{ cm}^2$ ), si è prodotta una esaltazione delle differenze puntuali nella distribuzione, che ha associato bassi valori medi del deposito fogliare ad alti valori di copertura superficiale e di deposito stimato sui bersagli, e viceversa. Tenuto conto del LAI della coltura ( $2,55 \text{ m}^2/\text{m}^2$ ), la soglia di  $1 \text{ }\mu\text{l}/\text{cm}^2$  porterebbe a un volume intercettato dalla vegetazione pari a circa  $510 \text{ L}/\text{ha}$ , corrispondente all'89% del volume distribuito.

Figura 4. Caratteristiche dimensionali delle impronte

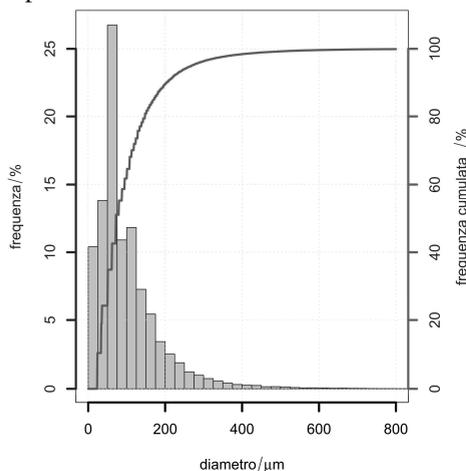
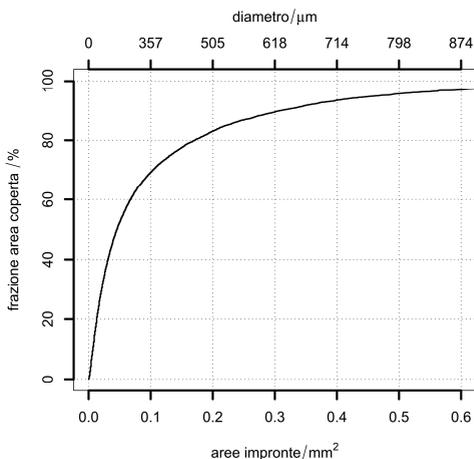


Figura 5. Copertura superficiale dei bersagli in funzione della dimensione delle impronte



Considerando solo i casi in cui il deposito, misurato sulle foglie o stimato sui bersagli, era inferiore a  $1 \mu\text{l}/\text{cm}^2$ , si sono ottenuti valori dei coefficienti di correlazione lineare fra le quattro grandezze pari a quelli riportati in tabella 1.

Tabella 1. Coefficienti di correlazione lineare per valori di deposito inferiori a  $1 \mu\text{l}/\text{cm}^2$

	Deposito misurato	Deposito stimato	Copertura superficiale	Densità d'impatti
Deposito misurato	1,000	0,725**	0,742***	0,678**
Deposito stimato	0,725**	1,000	0,982***	0,754***
Copertura superficiale	0,742***	0,982***	1,000	0,859***
Densità d'impatti	0,678**	0,754***	0,859***	1,000

\*\* : significativo per  $p=0,01$ ; \*\*\* : significativo per  $p=0,001$

Dall'esame della tabella emerge come fra il deposito misurato sulle foglie e i dati dedotti analizzando i bersagli artificiali vi sia stata una correlazione statisticamente significativa. Le corrispondenti leggi di regressione lineare, valide per valori di deposito inferiori a  $1 \mu\text{l}/\text{cm}^2$ , sono state le seguenti:

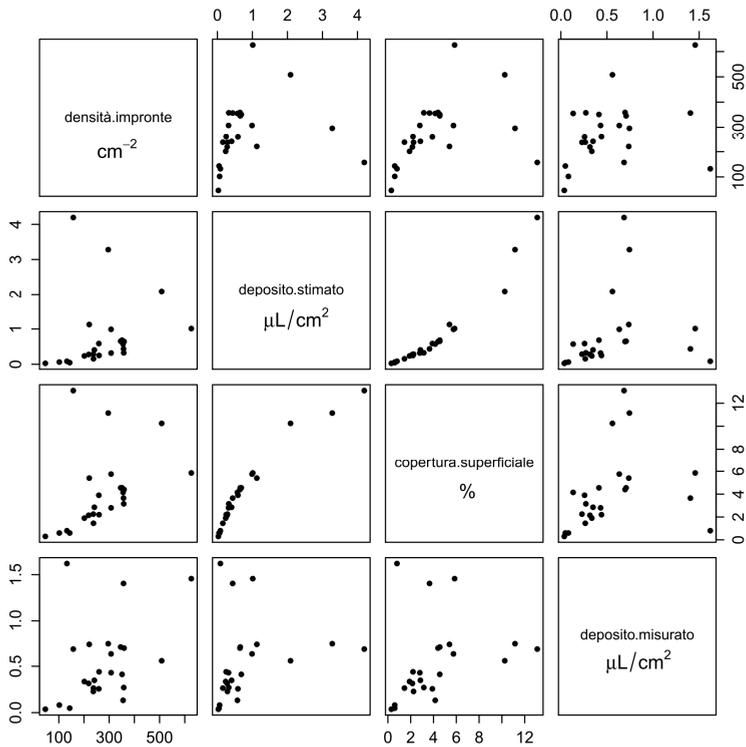
$$\text{deposito fogliare} = 0,563 \times (\text{deposito sui bersagli}) + 0,112$$

$$\text{deposito fogliare} = 0,097 \times (\text{copertura superficiale}) + 0,060$$

$$\text{deposito fogliare} = 1,509 \cdot 10^{-3} \times (\text{densità impatti}) - 0,053$$

ove il deposito fogliare è espresso in  $\mu\text{l}/\text{cm}^2$ , la copertura superficiale in percento e la densità di impronte in  $\text{cm}^{-2}$ .

Figura 6. Correlazioni fra deposito fogliare e dati medi sui bersagli



Il deposito stimato sui bersagli artificiali è risultato mediamente il 78% in più di quello misurato sulle foglie. Ciò probabilmente deriva dall'aver considerato ciascuna impronta come rilasciata da una goccia di pari diametro, mentre dovrebbe essere applicato un coefficiente di espansione (*spread factor*), anche se inferiore rispetto alle cartine idrosensibili.

La correlazione più stretta si è avuta con la percentuale di superficie coperta, la grandezza di più immediata lettura. Essa può essere pertanto adoperata come un buon indicatore per ripartire il deposito complessivo fra le due pagine fogliari.

### CONCLUSIONI E PROSPETTIVE

La sperimentazione effettuata suggerisce le seguenti considerazioni:

1. I bersagli artificiali in PVC con un velo di silicone spray possono essere efficacemente adoperati per studiare le caratteristiche del getto spray che raggiunge la vegetazione, in particolare la dimensione delle impronte e la copertura superficiale.
2. Seppur con un ridotto numero di ripetizioni (solo 2) e per depositi inferiori a 1 μL/cm<sup>2</sup>, è stata riscontrata una buona correlazione positiva (coefficienti di correlazione lineare compresi fra 0,678 e 0,725) fra deposito fogliare e grandezze lette sui bersagli. Su tali valori incidono la ridotta superficie dei bersagli rispetto a quella delle foglie su cui è stato misurato il deposito, che può comportare esaltazioni delle disuniformità locali, come pure l'aver stimato la superficie fogliare tramite una legge di regressione. Probabilmente aumentando il numero di ripetizioni si potrebbe giungere a correlazioni ancora più

significative.

3. Nel complesso i dati letti sui bersagli, in particolare la percentuale di superficie coperta, si possono considerare buoni indicatori del deposito fogliare, e pertanto possono essere adoperati per ripartire il deposito fogliare complessivo fra le due pagine fogliari, permettendo così una valutazione più completa della qualità di un intervento fitosanitario.

### **Ringraziamenti**

Gli autori ringraziano i Dottori Silvio Balloni, Andrea Conti e Luciano Caruso per il valido aiuto prestato durante le prove in campo.

### **LAVORI CITATI**

- Abramoff M.D., Magelhaes P.J., Ram S.J., 2004. Image Processing with ImageJ. *Bio-photronics International*, 11 (7), 36-42.
- Ade G., Fabbri A., 2000. Indagine teorica sul legame tra grado di copertura, numerosità e distribuzione della popolazione delle impronte sulle carte idrosensibili. *Rivista di Ingegneria Agraria*, 2, 104-108.
- Cerruto E., 2001. Caratterizzazione mediante analisi di immagine di bersagli in PVC per prove di irrorazione. *Rivista di Ingegneria Agraria*, 2, 101-107.
- Cerruto E., Balsari P., Oggero G., Friso D., Guarella A., Raffaelli M., 2008. Operator Safety during Pesticide Application in Greenhouses: a Survey on Italian Situation. *ISHS Acta Horticulturae*, 801, 2, 1507-1514.
- Cerruto E., Balloni S., Conti A., Caruso L., 2009. Caratteristiche di bersagli artificiali per lo studio delle gocce in prove di irrorazione. *Atti IX Convegno Nazionale AIIA 2009*.
- Cesari A., Flori P., 2000. Experimental Method for Application of a Pesticide-Effective Dose. *Aspects of Applied Biology*, 57, University of Surrey, Guilford, 343-350.
- Flori P., Banorri M., Cesari A. 2006. Effetto della micronizzazione del deposito e dei coformulanti sull'attività di fungicidi antioidici. *Atti Giornate Fitopatologiche*, 1, 535-542.
- Juste F., Sanchez S., Ibanez R., Val L., Garcia C. 1990. Measurement of Spray Deposition and Efficiency of Pesticide Application in Citrus Orchard. *JAER*, 1990, 46, 187-196.
- Pergher G., Petris R. 2009. Effetto della portata d'aria sulla deposizione di un'irroratrice ad aeroconvezione in vigneto allevato a guyot. *Atti IX Convegno Nazionale AIIA 2009*.
- 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>.
- Schillaci G., Cerruto E., Balloni S., Conti A., Caruso L., 2009. Artificial Target Comparison to detect Spray Droplet Features. *Atti XXXIII CIOSTA-CIGR V Conference 2009*, 1, 785-789.
- Vieri M., 2003. La distribuzione dei fitofarmaci: i criteri. *In: Forme di allevamento della vite e modalità di distribuzione dei fitofarmaci*. Edizioni l'Informatore Agrario, 159-193.

---

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