

## PRIMI RISULTATI DI PROVE DI TRATTAMENTO SU POMODORO IN SERRA

E. CERRUTO, G. EMMA, G. MANETTO

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

### RIASSUNTO

In considerazione dell'importanza produttiva ed economica del comparto orticolo in ambiente protetto, e del conseguente ruolo svolto dalla difesa fitosanitaria, operando nell'ambito di un progetto di ricerca di rilevante interesse nazionale sono state effettuate alcune prove di trattamento su pomodoro della cultivar Ikram al fine di misurare il deposito fogliare. Le prove sono state eseguite in due stadi fenologici (pre-produzione e pieno sviluppo) mantenendo le modalità operative e le attrezzature di norma impiegate in azienda: nella fattispecie, una lancia manuale con due ugelli alla pressione di 20 bar. Notevole è stata la differenza di volume distribuito nei due stadi (750 e 1800 l/ha), ma i depositi ottenuti sono stati confrontabili (1,278  $\mu\text{l}/\text{cm}^2$  in pre-produzione e 1,430  $\mu\text{l}/\text{cm}^2$  in pieno sviluppo). Differenze di deposito, invece, sono emerse fra le diverse posizioni di campionamento sulle piante: in pre-produzione il minor deposito è stato registrato nella parte bassa della vegetazione, mentre nelle prove effettuate in pieno sviluppo le maggiori differenze si sono avute tra le foglie esterne e le interne.

**Parole chiave:** difesa, lancia, deposito fogliare, analisi colorimetrica

### SUMMARY

#### FIRST RESULTS OF SPRAYING TRIALS ON GREENHOUSE TOMATO PLANTS

Given the great importance, both economical and productive, of greenhouse crops, and the consequent role played by plant protection, some trials on pesticide application to tomato plants (cv Ikram) were carried out working within a national research project (PRIN) funded by the MUR. The trials were carried out in two phenological stages (pre-production and full development), measuring the foliar deposition and maintaining the equipment and the operating conditions usually adopted by farmers: a handheld spray lance with two nozzles and a working pressure of 20 bar. Despite the big difference in the volume application rates (750 and 1800 l/ha), foliar deposits were on average comparable: 1.278  $\mu\text{l}/\text{cm}^2$  in pre-production and 1.430  $\mu\text{l}/\text{cm}^2$  at full development. On the other hand, in both stages, differences emerged among the sampling positions on the plants: in pre-production the lowest deposition was found on the leaves of the lower part of the canopy, while at full development the biggest difference was found between external and internal leaves.

**Keywords:** plant protection, spray lance, foliar deposition, colorimetric analysis

### INTRODUZIONE

Al pari di molti Paesi, anche in Italia, e in Sicilia in particolare, si è registrata nel comparto orticolo un'incidenza sempre più elevata delle produzioni ottenute in ambiente protetto rispetto a quelle di pieno campo. Ciò trova conferma nei dati della statistica ufficiale (Istat 2006) secondo la quale, su una superficie pari a 24131 ha gestita dalle 29604 aziende orticole presenti nell'isola, 8695 ha, pari a circa il 25% della superficie protetta nazionale, sono ricoperti con serre o tunnel. Gli stessi dati statistici mettono in evidenza un'elevata concentrazione di serre nel sud-est della Sicilia (province di Ragusa e Siracusa, da cui proviene oltre l'80% della produzione orticola in serra dell'isola) e l'orientamento verso alcune specie predominanti (pomodoro, peperone, zucchina, melanzana, cetriolo). Il

pomodoro, in particolare, è la coltura più diffusa e ad essa è riservata il 41% dell'intera superficie serricola siciliana.

Data l'importanza del settore, si è elaborato un progetto di ricerca biennale di rilevante interesse nazionale (PRIN), cui l'Unità Operativa di Catania ha contribuito con un proprio tema: "*Ottimizzazione dei depositi nei trattamenti su colture orticole in ambiente protetto siciliano*". La coltura scelta per l'esecuzione delle prove è stata, appunto, il pomodoro, la cui difesa, secondo indagini effettuate nell'area ragusana, è mediamente attuata tramite 15-20 trattamenti per ciclo colturale, distribuendo, per lo più tramite lance manuali (Bellissima *et al.*, 1999; Cerruto *et al.*, 2007), volumi generalmente superiori ai 1000 l/ha, variabili in funzione dello sviluppo vegetativo delle piante. Le principali avversità sono oidio, peronospera, cladosporiosi, botrite, acari, mosca bianca, nottue.

Nel presente lavoro si riferiscono alcuni dei risultati ottenuti durante il primo anno di attività, essenzialmente finalizzato ad accertare lo "stato dell'arte" nel settore delle macchine per i trattamenti alle colture protette. In particolare, lavorando con una lancia manuale, si riportano le indicazioni emerse da misure di deposito fogliare in relazione a due diversi stadi di crescita.

## MATERIALI E METODI

Le prove sono state condotte sulla cultivar Ikram, coltivata in due diverse serre di una stessa azienda ubicata in agro di Vittoria (RG), zona ove la serricoltura è molto intensa. Una serra era di tipo "tradizionale" (figura 1), con struttura realizzata mediante pali di cemento e traverse di legno, copertura di plastica e aperture laterali richiudibili. Si componeva di 11 campate, con altezza alla gronda di 2,4 m e al colmo di 3,1 m. Ciascuna campata aveva una lunghezza di 29,75 m e una larghezza di 7,6 m ed era dotata di una corsia di camminamento laterale larga 1,30 m. La superficie complessiva era di circa 2500 m<sup>2</sup>.

La seconda serra aveva una superficie complessiva di circa 6200 m<sup>2</sup>, struttura portante in metallo con pali di sostegno disposti secondo un layout di 2,4x2,4 m, e copertura di plastica (figura 2). Si componeva di 13 campate, lunghe circa 60 m e larghe 8 m, divise approssimativamente a metà da una corsia di accesso larga 3,80 m. L'altezza minima di ciascuna campata era di 3,8 m, la massima di 5,6 m.

In entrambe le serre la coltura era stata trapiantata su file binate, con distanza fra i filari di una bina pari a 0,55 m nella prima e a 0,50 m nella seconda, distanza fra le bine pari a 1,25 m nella prima e a 1,45 m nella seconda, e distanza lungo la fila pari a 0,35 m in entrambe. La densità d'impianto era pertanto pari a 31750 piante/ha nella prima serra e a 29300 nella seconda. Nella prima serra le piante erano a fine ciclo colturale (post-produzione), e perciò con vegetazione pienamente sviluppata, e nella seconda in pre-produzione.

Cronologicamente sono state svolte prima (26/04/06) le prove sulle piante in post-produzione e poi (12/07/06) quelle sulle piante in pre-produzione. In entrambi i casi si è provveduto a caratterizzare la coltura misurando l'altezza massima e minima della vegetazione da trattare, lo spessore delle piante a diverse altezze, l'indice di area fogliare (LAI), il numero di strati fogliari.

In accordo agli scopi della ricerca, in questa fase si è solamente voluto accertare l'entità e la variabilità dei depositi fogliari nelle usuali condizioni di lavoro. A tal proposito, per l'esecuzione dei trattamenti, in azienda si adoperava una lancia Yamaha C-6 (figura 3) dotata di due ugelli, ciascuno con due orifizi (figura 4), alimentata tramite un tubo flessibile lungo circa 90 m avvolto su un tamburo. Il serbatoio, la motopompa e il tamburo venivano posti su un mezzo di trasporto (piccolo rimorchio trainato da una trattoria o autocarro), parcheggiato all'esterno delle serre con struttura in legno e cemento, solitamente più piccole, o all'interno,

nella corsia di accesso centrale, in quelle con struttura metallica, solitamente di maggiore estensione. Il cantiere di lavoro prevedeva la presenza di due operai: uno eseguiva materialmente l'irrorazione muovendosi fra i filari, l'altro provvedeva a svolgere e a ritirare il tubo flessibile collegato alla lancia, così da agevolare gli spostamenti del primo operaio.

Figura 1. Esterno della prima serra



Figura 2. Interno della seconda serra



Figura 3. Lancia utilizzata per le prove



Figura 4. Particolare di un ugello



Tutte le prove sono state eseguite alla pressione di 20 bar, la stessa adottata in azienda per l'esecuzione dei trattamenti. La portata fornita a 20 bar da ciascun ugello è stata calcolata misurando il volume erogato, raccolto in due recipienti graduati, e il tempo di erogazione.

In entrambi gli stadi fenologici sono state effettuate tre ripetizioni, ciascuna delle quali è consistita nell'irrorazione di un tratto di bina lungo circa 15 m, opportunamente intervallato da bine non irrorate per evitare sovrapposizioni dei depositi dovuti alle singole ripetizioni. L'operaio transitava negli interfilari tra una bina e l'altra, come in un trattamento reale, distribuendo una soluzione al 2% di colorante alimentare rosso E124 utilizzato come tracciante, con aggiunta di un bagnante alla concentrazione dello 0,05%. Durante i trattamenti sono stati misurati temperatura e umidità relativa dell'aria e si è provveduto a cronometrare il tempo di trattamento di ciascun filare, da cui si è ricavato la velocità di avanzamento dell'operatore. Tenuto conto di tale velocità, dei risultati delle misure di portata, e del sesto d'impianto della coltura, il prospetto delle prove poste in atto è quello riportato nella tabella 1. I valori di velocità per ogni stadio fenologico, e pertanto anche quelli dei volumi, sono quelli

medi risultanti da 6 misure (le tre ripetizioni, ciascuna comprendente i due filari di ogni bina). Poiché era impossibile assicurare la costanza della velocità di avanzamento dell'operatore, i volumi effettivamente distribuiti in pre-produzione sono variati da 574 a 918 l/ha, mentre in post-produzione da 1663 a 1933 l/ha. Di tale variabilità si è comunque tenuto conto in sede di elaborazione dei dati, normalizzando i valori di deposito ai volumi medi di ogni stadio. Da notare, inoltre, come il volume distribuito in post-produzione sia stato pari a 2,4 volte quello distribuito in pre-produzione: ciò per tenere conto della grande differenza di sviluppo vegetativo delle piante nei due stadi.

Tabella 1. Prospetto delle prove sperimentali

Stadio fenologico	Pressione, bar	Portata, l/min	Velocità, m/s	Volume, l/ha
Pre-produzione	20	5	1,3	750
Post-produzione	20	5	0,5	1800

Dopo i trattamenti si è proceduto al campionamento fogliare per misurare il deposito. Esso è stato effettuato su entrambi i filari delle bine irrorate, evitando le piante d'estremità per limitare gli effetti di bordo. Sulla base delle misure geometriche effettuate sulle piante, 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). Inoltre, si è mantenuta la distinzione dei due filari costituenti la bina (lato sinistro e lato destro rispetto a una visione frontale). In ciascuna delle 12 zone così definite (3 altezze × 2 profondità × 2 lati) sono state prelevate 4 foglie, per un totale di 48 foglie/ripetizione e quindi 144 foglie/stadio. Ciascuna foglia è stata posta all'interno di un sacchetto appositamente siglato che la identificava in maniera univoca e poi trasportata in laboratorio per determinare, per via spettrofotometrica, il deposito da essa intercettato. A tale scopo è stato utilizzato uno spettrofotometro modello Jenway, Jenway Ltd. Infine, per tenere conto della diversa estensione delle foglie campionate, i depositi sono stati espressi in microlitri per ogni centimetro quadrato di superficie fogliare. Per velocizzare le misure, la superficie delle foglie è stata stimata in entrambi gli stadi sulla base di una regressione massa-superficie su un campione di foglie.

I depositi unitari così calcolati sono stati infine elaborati statisticamente tramite l'analisi di varianza (Anova), finalizzata allo studio della distribuzione del prodotto sulla vegetazione, separatamente per ciascuno stadio. Tutte le elaborazioni e le rappresentazioni grafiche dei risultati sono state eseguite con il software open source R.

## RISULTATI E DISCUSSIONE

### Dati morfologici della coltura

La tabella 2 riporta i risultati delle misure geometriche effettuate sulle piante. Da essa emerge come l'ampiezza della fascia vegetativa da trattare fosse pari a circa 1 m in pre-produzione e a 1,5 m in post-produzione. Le piante, inoltre, erano abbastanza omogenee in entrambi gli stadi, come dimostrano i valori assai contenuti degli intervalli di confidenza delle rispettive medie.

Sulla base di tali dati, l'ampiezza delle fasce di campionamento è stata pari a circa 0,35 m in pre-produzione e a circa 0,5 m in post-produzione. I valori di LAI e di numero di strati fogliari di ciascuna fascia e complessivi delle piante sono riportati nella tabella 3.

Tabella 2. Misure geometriche sulle piante nei due stadi fenologici

		Pre-produzione		Post-produzione	
		media, m	CI(95%) <sup>(a)</sup> , m	media, m	CI(95%) <sup>(a)</sup> , m
Altezza minima		0,19	0,17	0,49	0,17
Altezza massima		1,23	0,13	1,98	0,07
Pre-prod. <sup>(b)</sup>	Post-prod. <sup>(b)</sup>				
W(0,4)	W(0,6)	0,70	0,18	0,46	0,17
W(0,8)	W(1,0)	0,61	0,15	0,48	0,09
W(1,2)	W(1,4)	0,28	0,13	0,45	0,11
	W(1,8)			0,36	0,15

(a): CI(95%): intervallo di confidenza della media con probabilità del 95%

(b): W(x): spessore della vegetazione a x metri d'altezza

Tabella 3. Valori del LAI e del numero di strati fogliari nei due stadi fenologici

Fascia	Pre-produzione			Post-produzione		
	Quota, m	LAI, m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup>	Strati fogliari	Quota, m	LAI, m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup>	Strati fogliari
Alta	0,88-1,23	0,31	0,9	1,48-1,98	1,89	3,4
Media	0,53-0,88	0,90	2,5	0,98-1,48	2,25	4,0
Bassa	0,19-0,53	0,88	2,5	0,49-0,98	1,66	3,0
Totale	0,19-1,23	2,09	1,9	0,49-1,98	5,80	3,5

### Depositi fogliari

La temperatura e l'umidità relativa al momento delle prove erano rispettivamente pari a 26 °C e al 64% in pre-produzione, a 18°C e al 72% in post-produzione. Le equazioni utilizzate per la stima della superficie delle foglie in funzione della loro massa nei due stadi fenologici sono state:

Pre-produzione: Superficie = 21,584 × massa + 41,154

Post-produzione: Superficie = 18,255 × massa + 55,612

con la massa espressa in grammi e la superficie in centimetri quadrati. Entrambe sono risultate altamente significative, con coefficiente di determinazione pari rispettivamente al 97,1% e al 93,1%, tale da giustificare l'uso per fini predittivi.

Al fine di rendere omogenee le varianze e normale la distribuzione dei residui, condizioni necessarie per l'applicabilità dell'Anova, i valori di deposito normalizzato in entrambi gli stadi fenologici sono stati trasformati secondo la radice quadrata. Nei grafici, tuttavia, sono stati rappresentati valori riferiti ai dati non trasformati.

La tabella 4 riporta i risultati dell'Anova per i due stadi. Analizzando lo stadio di pre-produzione, emerge come le piante abbiano subito significative differenze di trattamento in relazione alla quota e alla profondità. In dettaglio, il deposito fogliare medio sulle tre fasce d'altezza (figura 5) ha assunto valori significativamente diversi: 0,325 µl/cm<sup>2</sup> sulla fascia bassa, 2,018 µl/cm<sup>2</sup> sulla media, e 1,490 µl/cm<sup>2</sup> sull'alta. La fascia bassa è stata dunque la meno trattata: in termini percentuali, essa ha ricevuto solo l'8,5% del totale, contro il 52,6% della media e il 38,9% dell'alta. Tale risultato è imputabile al modo di trattare: l'operaio teneva infatti ferma la lancia (figura 6), orientando il getto dall'alto verso il basso, che così raggiungeva solo marginalmente la parte bassa della vegetazione. La fascia media, invece,

trovandosi nella zona di sovrapposizione dei getti erogati dai due ugelli, è risultata la più irrorata.

Esaminando tali dati medi in relazione alla profondità, si sono ottenuti i risultati riportati in figura 7. Da essa emerge che il deposito fogliare è stato lo stesso alle due profondità di campionamento nella fascia bassa e nella fascia media; nella fascia alta, invece, è stato significativamente più ridotto nella zona interna rispetto alla zona esterna. Anche tale risultato è conseguente alla posizione della lancia: quando l'operaio irrorava un filare di una bina, parte del prodotto, per com'era diretto il getto e per gli ampi spazi vuoti presenti nella fascia alta della vegetazione, andava a depositarsi sulle foglie interne dell'altro filare della stessa bina, interessando maggiormente la fascia intermedia.

Per quanto riguarda la variabilità dei depositi, infine, il coefficiente di variazione di tutti i dati è risultato pari al 74,5%. Tendenzialmente (figura 8), i valori più elevati si sono avuti nelle zone con minor deposito medio (fascia bassa) e viceversa (fascia media).

Tabella 4. Risultati dell'analisi di varianza sui dati di deposito normalizzato

Sorgenti di variazione	Gradi di libertà	Pre-produzione		Post-produzione	
		F	p-level	F	p-level
Lato (L)	1	0,0132	0,9097 <sup>ns</sup>	1,6393	0,2138 <sup>ns</sup>
Quota (Q)	2	141,0103	0,0000 <sup>***</sup>	1,1828	0,3252 <sup>ns</sup>
Profondità (P)	1	9,6124	0,0052 <sup>**</sup>	38,7907	0,0000 <sup>***</sup>
L × Q	2	0,9090	0,4175 <sup>ns</sup>	0,6965	0,5090 <sup>ns</sup>
L × P	1	0,0381	0,8471 <sup>ns</sup>	0,0029	0,9576 <sup>ns</sup>
Q × P	2	13,1885	0,0002 <sup>***</sup>	1,8220	0,1853 <sup>ns</sup>
L × Q × P	2	0,2994	0,7442 <sup>ns</sup>	1,4895	0,2473 <sup>ns</sup>
Errore	22				

Figura 5. Deposito medio sulle tre fasce d'altezza in pre-produzione (medie con la stessa lettera non differiscono per p=0,05)

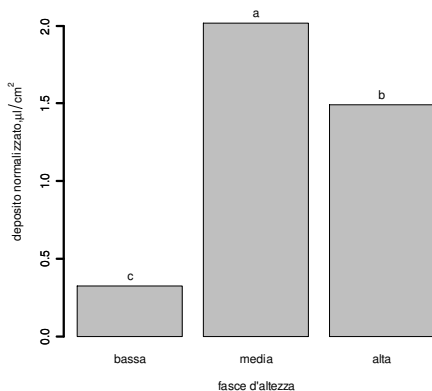


Figura 6. Modalità di esecuzione dei trattamenti in pre-produzione



Figura 7. Deposito medio in funzione dell'altezza e della profondità in pre-produzione (confronti ad ogni altezza: medie con la stessa lettera non differiscono per  $p=0,05$ )

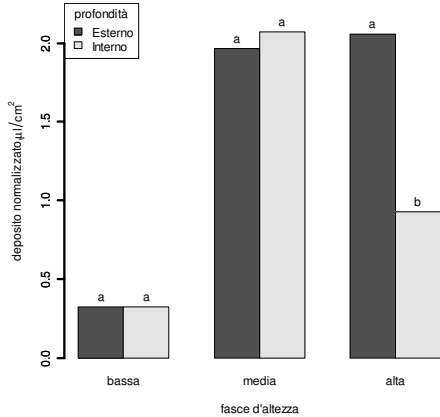
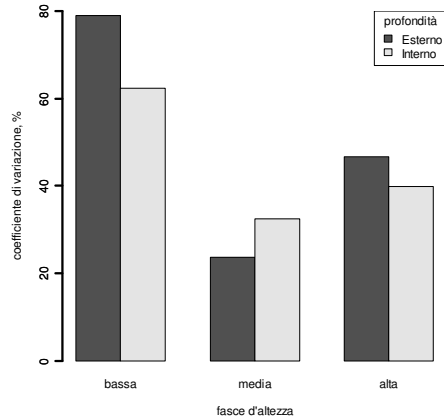


Figura 8. Coefficienti di variazione in funzione dell'altezza e della profondità in pre-produzione



Analizzando i dati in post-produzione (tabella 4), è emerso come le uniche differenze statisticamente significative abbiano riguardato la profondità di campionamento. Quando le piante erano completamente sviluppate, l'operaio avanzava fra le bine facendo oscillare la lancia dall'alto in basso e viceversa, così da trattare più o meno uniformemente l'intera parete vegetativa. Gli elevati valori del LAI e degli strati fogliari, però, rendevano difficile la penetrazione del getto negli strati interni della vegetazione, che così sono stati i meno irrorati. Il prospetto dei risultati ottenuti è riportato nella tabella 5.

La media complessiva di tutti i dati (grande media) in post-produzione è risultata pari a 1,430 µl/cm<sup>2</sup>; l'analogo valore in pre-produzione è stato pari a 1,278 µl/cm<sup>2</sup>. I due valori sono abbastanza vicini, nonostante la grande differenza dei volumi distribuiti. Ciò è da ricondurre all'altrettanto grande differenza nella morfologia delle piante nei due stadi fenologici considerati, che certamente dovrà essere presa in considerazione nel definire la dose per ettaro da distribuire durante i trattamenti.

Tabella 5. Depositi medi e coefficienti di variazione in post-produzione

Fascia Profondità	Bassa		Media		Alta	
	Esterno	Interno	Esterno	Interno	Esterno	Interno
Deposito, µl/cm <sup>2</sup>	2,279	0,760	1,608	0,868	2,034	1,031
CV, %	45,7	91,0	50,5	64,2	45,7	39,9

## CONCLUSIONI

Le sperimentazioni effettuate, seppur preliminari, suggeriscono le seguenti considerazioni:

1. nel trattamento del pomodoro nello stadio di pre-produzione, maggiore attenzione deve essere dedicata alla parte bassa della vegetazione, che risulta scarsamente raggiunta dal prodotto fitosanitario;
2. nello stadio di post-produzione e, conseguentemente, nei trattamenti eseguiti sulle piante pienamente sviluppate, le tre fasce di altezza risultano irrorate in maniera abbastanza

- uniforme, senza differenze statisticamente significative, a riprova di come la tecnica di oscillare la lancia durante la distribuzione dia luogo a risultati migliori;
3. riguardo al trattamento degli strati più interni della vegetazione, l'attrezzatura utilizzata risulta sicuramente idonea nella fase di pre-produzione, mentre mostra difficoltà a far penetrare il getto all'interno della vegetazione quando la densità fogliare aumenta; si ritiene, pertanto, sia necessario continuare la sperimentazione, valutando la distribuzione ottenibile con altre attrezzature che, magari utilizzando una corrente d'aria che muova le foglie, facilitino il trattamento delle parti interne della pianta e, seppure non investigato nel presente studio, di entrambe le pagine delle foglie;
  4. i differenti volumi distribuiti in corrispondenza delle due epoche vegetative in cui sono state effettuate le prove hanno fatto registrare depositi medi nel complesso confrontabili, per cui si conferma la necessità di legare la dose da distribuire per ettaro alla densità fogliare e alla morfologia delle piante;
  5. l'elevata variabilità puntuale dei volumi ad ettaro, conseguente all'incostanza della velocità di avanzamento dell'operatore, può dare luogo a notevoli disuniformità di deposito anche sui frutti e pertanto accrescere i rischi di presenza su di essi di residui superiori ai limiti legalmente ammessi. Anche su questo aspetto occorre continuare la sperimentazione, pensando a soluzioni meccanizzate (Belforte *et al.*, 2006; Planas de Martí *et al.*, 2001) che assicurino la reale costanza dei volumi distribuiti, salvaguardando nel contempo la sicurezza dell'operatore.

#### LAVORI CITATI

- Belforte G., Deboli R., Gay P., Piccarolo P., Ricauda Aimonino D., 2006. Robot design and testing for greenhouse applications. *Biosystems Engineering*, 95 (3), 309-321.
- Bellissima C., Cerruto E., Failla S., Schillaci G., 1999. Valutazione di attrezzature per la distribuzione di fitofarmaci in serra. *Atti del Seminario sul tema "Colture protette: aspetti agronomici, territoriali e tecnico-costruttivi"*, 351-362.
- Cerruto E., Balsari P., Oggero G., Friso D., Guarella A., Raffaelli M., 2007. Operator Safety during Pesticide Application in Greenhouses: a Survey on Italian Situation. *Atti del GreenSys 2007*, 4-6 ottobre 2007, Napoli (in fase di stampa).
- ISTAT, 2006. Dati annuali sulle coltivazioni, URL <http://www.istat.it/>.
- Planas de Martí S., Fillat Morata A., Escolà Agustí A., 2001. Advances on pesticide application in covered crops. *Atti su CD-ROM di "AIIA 2001: Ingegneria Agraria per lo sviluppo dei Paesi del Mediterraneo"*, Vieste (FG), 11-14 settembre 2001.
- R Development Core Team, 2007. 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).