

UN'IRRORATRICE AUTONOMA PER I TRATTAMENTI IN SICUREZZA ALLE COLTURE PROTETTE

G. OGGERO¹, M. TAMAGNONE¹, C. BOZZER¹, P. BALSARI¹, R. MELLONI²

¹ Università degli Studi di Torino Dipartimento di Economia e Ingegneria Agraria, Forestale e Ambientale, Sezione di Meccanica - Via L. da Vinci, 44, 10095 Grugliasco (TO)

² Unigreen spa - Via G. Rinaldi, 105, 42124 Località Cavazzoli (RE)

gianluca.oggero@unito.it

RIASSUNTO

È stato progettato e realizzato un prototipo di macchina irroratrice autonoma e semovente in grado di effettuare una veloce, uniforme e mirata distribuzione degli agrofarmaci alle colture protette. Per il suo funzionamento essa non necessita dell'installazione di costosi sistemi fissi all'interno delle strutture di protezione delle colture e consente all'operatore di rimanere sempre al di fuori del tunnel o della serra durante la distribuzione della miscela fitoiatrica. Il prototipo realizzato è schematicamente costituito da un carrello mobile radiocomandato sul quale sono montati un gruppo pompa distributore, due barre verticali con quattro gruppi portaugello ciascuna, da un ventilatore con manica d'aria, un serbatoio della capacità di 150 litri. Gli ingombri complessivi di tale macchina sono tali da consentirne un suo agevole passaggio all'interno dei camminamenti presenti nei tunnel/serre, garantendo al contempo un suo corretto avanzamento grazie ad un apposito sistema di guida libera. Nel presente lavoro, oltre ad una descrizione dettagliata del sistema di irrorazione messo a punto, vengono riportati i risultati ottenuti da una prima serie di prove effettuate per verificarne le performances e la qualità della distribuzione.

Parole chiave: irroratrice, serra, sicurezza operatore, qualità del trattamento

SUMMARY

AUTONOMOUS SELF PROPELLED SPRAYER FOR SAFE PESTICIDE DISTRIBUTION TO PROTECTED CROPS

An autonomous self-propelled sprayer prototype able to apply precisely pesticides on protected crops has been designed and realized. To make the sprayer functioning it is not necessary to provide costly permanent infrastructure within the glasshouses or the tunnels and the operator can stand outside the treated area while the spray application is running. The sprayer prototype consists of a radio controlled trailer equipped with a pump, two vertical booms, each provided with four nozzles holders, and with a fan provided with an air sleeve. The main tank, also mounted on the trailer, has 150 L capacity. Thanks to the reduced size, the trailer is able to pass along the alleys between the crop rows present in the glasshouses/tunnels, and the radio controlled system allows to drive it conveniently. In this paper, a detailed description of the prototype is reported and first experimental results concerning the quality of its spray distribution are illustrated.

Keywords: sprayer, greenhouse, operator safety, distribution quality

INTRODUZIONE

In Italia, rispetto ad altri paesi europei, anche a causa della ridotta dimensione media delle aziende che fanno coltivazione protetta e dell'elevata varietà di colture presenti, la meccanizzazione nel settore della distribuzione dei prodotti fitosanitari è ancora molto arretrata tecnologicamente e ciò oltre a ripercuotersi negativamente sui costi di produzione (impiego di quantitativi di prodotti chimici superiori a quelli che potrebbero essere necessari,

elevati tempi operativi) si traduce in elevati rischi ambientali e per la salute dell'operatore (inalazione di molecole chimiche, imbrattamento di parti del corpo dell'operatore stesso, suo elevato affaticamento, ecc.).

Si ricorda che, l'orticoltura in serra in Italia, con le 24 specie censite dall'ISTAT, occupa una superficie di circa 33300 ha e realizza una produzione di oltre 1,5 milioni di tonnellate (ISTAT, 2006). A ciò deve essere aggiunto il settore ornamentale, con quasi 5000 ha di coltivazioni floricole e oltre 400 milioni di piante in vaso. Produzioni così elevate richiedono ingenti input energetici, soprattutto sotto forma di fertilizzanti, fitofarmaci e di riscaldamento diretto dell'ambiente. Limitando l'esame ai fitofarmaci, una recente indagine sui trattamenti fitosanitari in serra (Cerruto *et al.*, 2008) ha evidenziato come la serricoltura si caratterizza, da un lato per l'elevato numero di interventi (anche più di 20 per ciclo colturale, che nel corso dell'anno possono anche raddoppiare per la presenza di più cicli) e, dall'altro per gli elevati volumi distribuiti (anche superiori a 4000 L/ha). Sempre nell'ambito di tale indagine, è stata riscontrata una scarsa attenzione verso la corretta manutenzione delle attrezzature per la distribuzione dei fitofarmaci (regolatori di pressione assenti, manometri non funzionanti o non visibili durante le applicazioni), come pure un generalizzato scarso interesse nei confronti della sicurezza degli operatori (insufficiente utilizzo dei dispositivi di protezione individuale, specie durante la preparazione della miscela, allorché si manipolano prodotti concentrati).

Sperimentazioni pregresse hanno portato alla realizzazione di differenti prototipi di irroratrici di piccole dimensioni particolarmente adatti per i trattamenti alle colture protette (Balsari *et al.*, 2008; Schillaci *et al.*, 2009) o a quelle di coltivazioni caratterizzate da interfila molto ridotte (Balsari *et al.*, 2000). Nessuno di questi prototipi è, tuttavia, in grado di garantire una completa indipendenza della macchina irroratrice dall'operatore durante la fase di distribuzione.

Con la presente sperimentazione, condotta in collaborazione con la ditta Unigreen spa e finanziata dall'ENAMA nell'ambito del "Programma di sperimentazione di macchine agricole innovative", si è voluto realizzare e, successivamente valutare dal punto di vista operativo, una macchina irroratrice per i trattamenti alle colture protette (ed in particolare al pomodoro) in grado di essere completamente autonoma durante la fase di distribuzione della miscela fitoiatrica.

MATERIALI E METODI

Il prototipo realizzato: componenti e principio di funzionamento

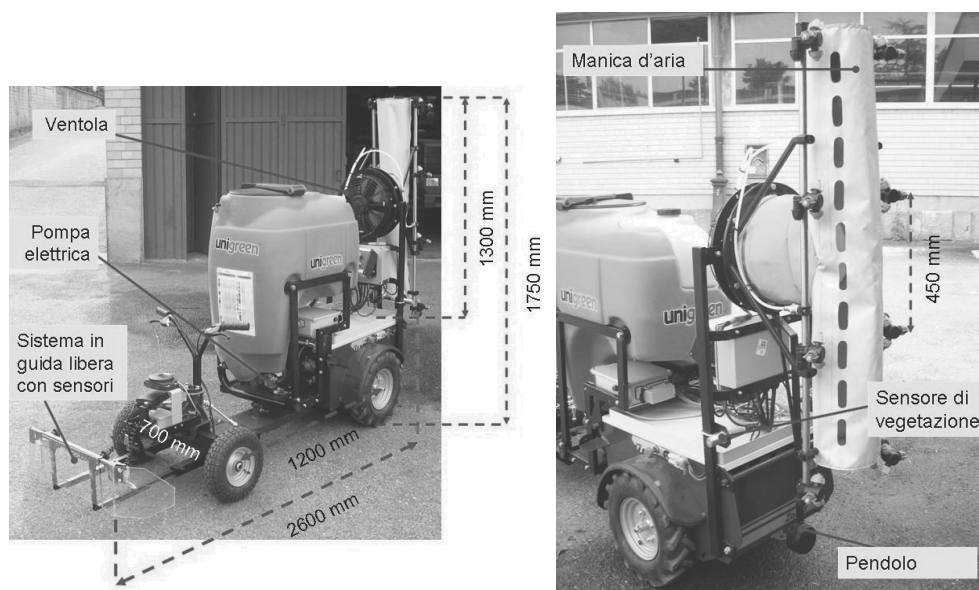
Il prototipo realizzato è costituito da un serbatoio per la miscela fitoiatrica in polietilene con capacità di 150 litri, da un ventilatore assiale con manica d'aria verticale e da un gruppo di distribuzione, costituito da due barre verticali dotate ciascuno di 4 portaugelli tripli distanziati tra loro 450 mm, alimentato da una pompa elettrica. Il sistema è completato da un sistema a pendolo che garantisce la verticalità delle semibarre anche in presenza di pendenza trasversale e da due sonar che indicano la presenza o meno di vegetazione ai due lati della macchina.

Al fine di garantire un avanzamento corretto dell'irroratrice all'interno della fila senza l'intervento dell'operatore e del radiocomando, nella parte frontale della macchina, prima delle ruote sterzanti, è stato posizionato un sistema automatico in guida libera (ovvero non vincolata a binari) governato da sensori di posizione. Esso è costituito da una coppia di tastatori meccanici (destro e sinistro) che, quando vengono a contatto con un ostacolo, inviano un segnale elettrico alla centralina di controllo. Maggiore è la durata del segnale e maggiore sarà l'angolo di sterzata delle ruote. In caso di assenza di segnali provenienti dai 2 tastatori, le ruote vengono riportate automaticamente in posizione di marcia rettilinea. La velocità di

avanzamento (da 0,2 a 5,0 km/h) può essere regolata prima di iniziare la distribuzione agendo su un apposito potenziometro, ma non può essere modificata quando il ciclo è avviato (figura 1).

Tutto quanto sopra descritto è montato su un carrello elettrico a batteria (24 V), munito di differenziale, sterzo meccanico, quattro ruote di cui due motrici e due sterzanti, in grado di portare una massa superiore a 300 kg, e con un'autonomia sufficiente per oltre 30 km di avanzamento. Sul carrello è montato un quadro di comando con un selettore manuale/automatico. Quando il selettore è in modo automatico un apposito radiocomando permette all'operatore (che resta fuori dalla serra) di comandare in remoto le operazioni di traslazione/sterzata e avvio/termine ciclo. I comandi avanti/indietro originali presenti sul carrello sono scollegati quando la macchina è allestita per funzionare con il radiocomando. Tramite il radiocomando è possibile guidare il mezzo sino all'imboccatura della serra e, solo in quel momento, dopo aver messo in funzione la pompa elettrica agendo su un apposito selettore, avviare il ciclo di distribuzione. Durante tale fase, l'apertura/chiusura delle elettrovalvole che regolano l'erogazione degli ugelli e l'attivazione del ventilatore, è gestita in automatico in funzione dei segnali ricevuti da due sonar. Questi sono montati in prossimità della parte inferiore di ciascuna barra. Con lo stesso principio, al termine del filare, non rilevando più vegetazione i sensori interrompono l'erogazione e anche l'avanzamento dell'irroratrice. Con pompa attivata ed erogazione chiusa, il liquido viene ricircolato all'interno del serbatoio.

Figura 1. Il prototipo realizzato: ingombri e principali componenti



Le prove effettuate

Al fine di verificare le prestazioni del prototipo realizzato sono state effettuate alcune prove sperimentali. In particolare, esse hanno riguardato:

1. determinazione del diagramma di distribuzione del liquido;
2. misura della velocità e della portata dell'aria;
3. verifica della velocità di avanzamento in differenti condizioni operative;
4. qualità della distribuzione su piante di pomodoro.

Il diagramma di distribuzione è stato rilevato impiegando una parete verticale a vassoi rettangolari, operando ad una pressione di 0,3 MPa e utilizzando tre differenti tipologie di ugelli: turbolenza TXA 8001 (0,4 L/min alla pressione di prova), fessura XR 11002 (0,8 L/min), doppia fessura TJ 60 11002 (0,8 L/min). Tutte le prove sono state effettuate con ventilatore attivo e posizionando il banco prova a 0,60 m dagli ugelli. Sui diagrammi ottenuti è stato calcolato l'indice di simmetria (che esprime la differenza tra la quantità pervenuta sul bersaglio alle diverse quote sul lato sinistro e destro) attraverso la seguente formula:

$$\sum_{i=1}^n \frac{|sx_i - dx_i|}{(sx_i + dx_i) / 2}$$

dove sx e dx rappresentano i quantitativi di acqua pervenuti alle differenti quote considerando il lato destro e sinistro della macchina irroratrice

Tanto più il valore dell'indice di simmetria si avvicina a "0", tanto più la distribuzione del liquido è uniforme sui due lati della macchina a tutte le altezze considerate

Per misurare la velocità dell'aria è stata impiegata una sonda anemometrica che è stata posizionata, di volta in volta, in corrispondenza del centro delle sezioni di uscita dell'aria presenti sulla manica d'aria (10 per lato). Anche per questo parametro è stato calcolato l'indice di simmetria. La portata dell'aria totale (m³/h) è stata calcolata moltiplicando i valori della velocità rilevati su ogni sezione di uscita per la superficie della sezione stessa.

La verifica dell'entità della variazione della velocità di avanzamento è stata effettuata operando con serbatoio della macchina vuoto e pieno, con pompa e ventilatore spenti e accesi e su tre differenti superfici: pista in cemento, erba, terreno nudo. La velocità rilevata su pista in cemento è stata considerata quella di riferimento e, fatta pari a 100 quest'ultima, tutte le altre sono state riferite a tale valore.

Il rilievo della qualità della distribuzione è stato effettuato seguendo la metodologia colorimetrica. Questa prevede che, per la determinazione della quantità di prodotto sul bersaglio, occorre distribuire una miscela di acqua e tracciante colorato (in questo caso E102 Tartrazina) e, successivamente, raccogliere un campione rappresentativo di foglie, a differenti altezze e profondità. La sperimentazione è stata condotta operando ad una velocità di 3,6 km/h in un tunnel coltivato a pomodori lungo 120 metri e largo 6 e caratterizzato da una densità di circa 26000 piante/ha. Il campionamento delle foglie, è stato effettuato sulle due pareti (esterna e interna) di una delle due file binate di pomodori in quattro differenti fasce di altezza: fino a 50 cm, 50÷100 cm, 100÷150 cm e >150 cm. Operando alla pressione di 0,3 MPa, sono state confrontate 3 tesi (con tre ripetizioni ciascuna): 1) ugello TXA 8001, 2) ugello XR 11002, 3) ugello TJ 60 11002. Tutte le prove sono state eseguite con il ventilatore in funzione. Il volume distribuito nel caso dell'ugello a turbolenza è così risultato essere di 500 L/ha, mentre per quelli a fessura è risultato pari a 1000 L/ha. Tutti i valori dei depositi sono stati normalizzati ad un volume unico di riferimento pari a 1000 L/ha. I risultati sono stati sottoposti ad Anova univariata e al test di Tukey di discriminazione delle medie (P=0,05)

RISULTATI

Con riferimento al diagramma di distribuzione, è emerso che gli ugelli a fessura (figure 2 e 3) sono in grado di originare un diagramma più uniforme di quello ottenuto in seguito all'impiego degli ugelli a turbolenza (figura 4). Ciò è spiegabile con il fatto che nella conformazione attuale del prototipo la distanza tra gli ugelli sulle semibarre verticali (450 mm) è troppo elevata per consentire una sufficiente sovrapposizione tra i getti degli ugelli a

turbolenza. Tale considerazione è confermata dall'analisi dell' uniformità di distribuzione nella fascia interessata dalla vegetazione (0,5÷1,8 m): il migliore risultato è stato, infatti, ottenuto con l'ugello a fessura tradizionale (CV = 8%); seguono l'ugello a doppia fessura (CV = 15%) e quello a turbolenza (CV 32%). In termini di simmetria destro sinistro, invece, tutte e tre le configurazioni hanno fornito risultati estremamente buoni, con indice di simmetria compreso tra 0,9 e 1,3.

Figura 2. Diagramma di distribuzione ottenuto impiegando l'ugello XR 11002

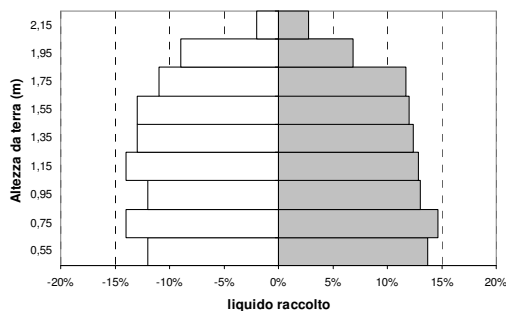


Figura 3. Diagramma di distribuzione ottenuto impiegando l'ugello TJ60 11002

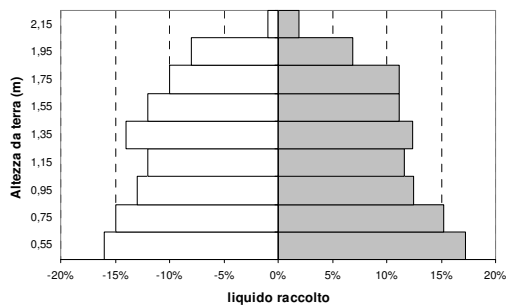
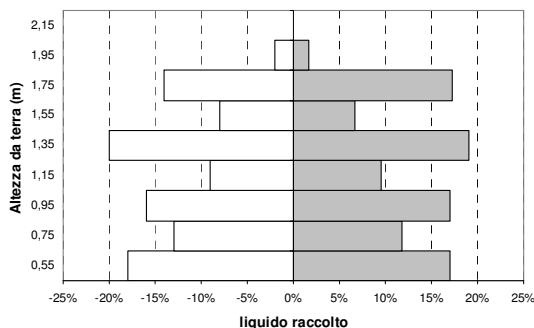


Figura 4. Diagramma di distribuzione ottenuto impiegando l'ugello TXA 8001



La velocità dell'aria in uscita dai fori della manica d'aria è risultata in media pari a 9,1 m/sec (9,8 sul lato sinistro e 8,4 sul lato destro), sufficientemente omogenea in altezza (CV

22% sul lato destro e 19% sul sinistro) e sufficientemente uniforme sui due lati (indice di simmetria = 2,2, figura 5). La portata dell’aria in uscita è risultata pari a circa 1000 m³/h.

Fatta pari a 100 la velocità di avanzamento misurata su pista in cemento con serbatoio vuoto e pompa e ventilatore disinnestati, la riduzione massima della velocità di avanzamento (-9%) è stata rilevata con macchina irroratrice in movimento su terreno nudo, serbatoio pieno e pompa e ventilatore in funzione (figura 6).

Figura 5.Velocità dell’aria in uscita in corrispondenza dei fori della manica d’aria

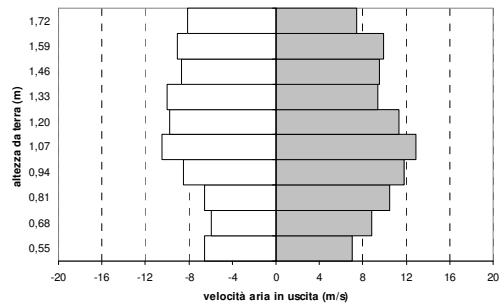
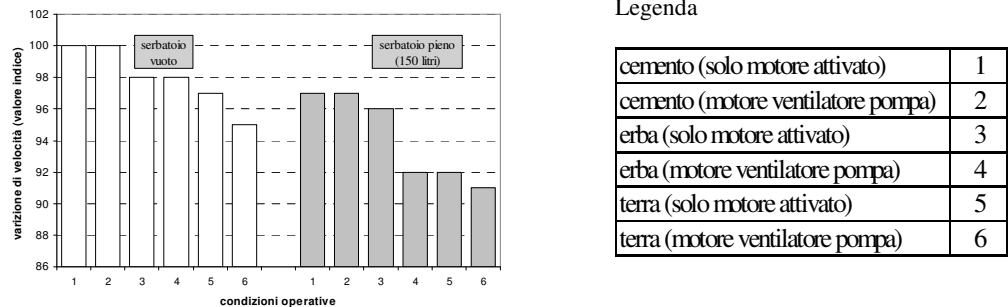


Figura 6. Velocità di avanzamento del prototipo in differenti condizioni operative



In termini di copertura del bersaglio sul lato esterno della bina (quello più prossimo al passaggio della macchina), le tre tesi messe a confronto hanno fornito risultati statisticamente non differenti, con una quantità di prodotto pervenuta sulle foglie in media pari a 4,1 µl/cm². Al contrario, sul lato interno della bina, è emersa una significativa influenza dell’ugello. Infatti, la copertura delle foglie è risultata significativamente inferiore quando sono stati impiegati gli ugelli a fessura (figura 7). Tale dato è confermato anche se si analizza la diminuzione di copertura tra i due lati della bina: con l’ugello a turbolenza, infatti, è stata ottenuta la riduzione di minore entità (-8%, figura 8). Tuttavia, esso è anche quello che ha determinato la minore omogeneità di distribuzione tra le diverse fasce di altezza della vegetazione (CV = 34÷37%, figura 9).

Sarà, quindi, opportuno intervenire in futuro sul prototipo montando dei portaugelli la cui distanza sia facilmente modificabile in modo da permettere anche l’impiego ottimale degli ugelli a turbolenza che, in base ai risultati ottenuti sono risultati quelli che hanno determinato

il maggiore deposito complessivo di miscela sul bersaglio, pur distribuendo un volume dimezzato rispetto a quello erogato con gli ugelli a fessura.

Figura 7. Quantità di prodotto sulle foglie in funzione dell'ugello impiegato

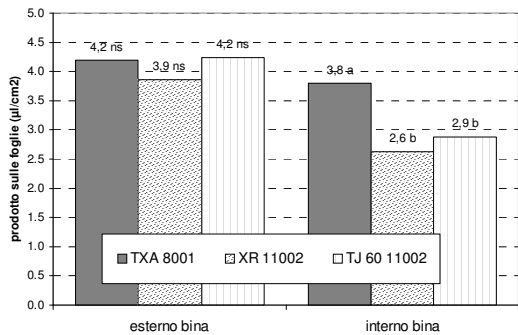


Figura 8. Riduzione di copertura delle foglie tra i due lati della bina in funzione dell'ugello impiegato

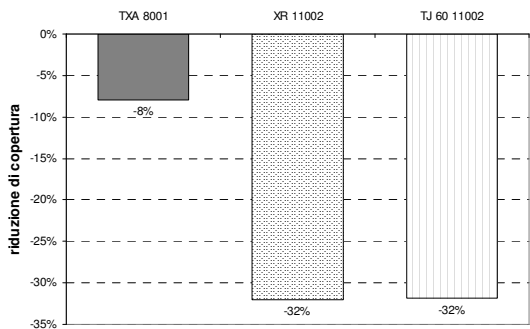
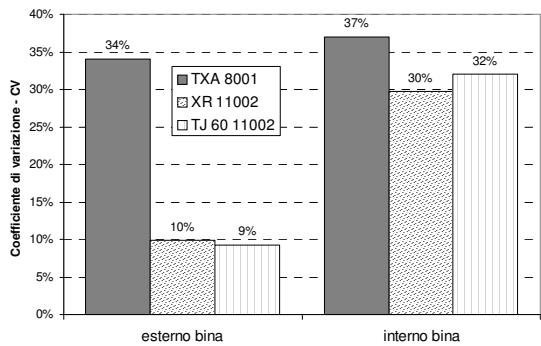


Figura 9. Uniformità di distribuzione sulla pianta di pomodoro in funzione dell'ugello impiegato



CONCLUSIONI

Sulla base dei risultati ottenuti, si ritiene che il sistema proposto possa consentire un considerevole miglioramento della fase di distribuzione dei prodotti fitoiatrici alle colture protette, sotto l'aspetto della qualità della distribuzione (maggiore possibilità di regolazione rispetto ai sistemi "manuali" tipo la lancia e maggiore uniformità di distribuzione rispetto ai sistemi con irroratrice a "cannone" con passaggio esterno al tunnel) e, soprattutto, della sicurezza dell'operatore. L'operatore, infatti, sarà in grado di effettuare la distribuzione fuori dal tunnel limitandosi ad attivare l'erogazione e la movimentazione del carrello tra una fila e l'altra. Considerando che solo in Italia la superficie coltivata con colture protette ammonta a oltre 22000 ha, notevole risulta la potenzialità di mercato del sistema proposto. Esso, infatti, potrà garantire una maggiore economicità del trattamento oltre che una elevata sicurezza per l'operatore ed ambientale. Il sistema proposto è idoneo per tutte le colture orticole coltivate a file ed a sviluppo verticale medio (es. peperoni, melanzane, ecc.) o elevato (es. pomodori, cetrioli, ecc), ma può essere adattato, con poche modifiche (la sostituzione delle due barre verticali con due orizzontali) anche all'impiego sulle colture basse (ad esempio lattuga) o su quelle floricole e smontando il kit di distribuzione anche essere utilizzato per agevolare le operazioni di raccolta.

LAVORI CITATI

- Balsari P., Oggero G., Bozzer C., 2008. Messa a punto di un prototipo di irroratrice per l'esecuzione in sicurezza dei trattamenti fitoiatrici alle colture protette in tunnel. *In: Macchine e loro regolazioni per una difesa sostenibile delle colture protette* (Balsari P. coord.) Cap. 3.2, DEIAFA Editore Grugliasco, 21-31.
- Balsari P., Oggero G., Tamagnone M., 2000. Progettazione realizzazione e prime verifiche funzionali di una irroratrice per i trattamenti al fagiolo rampicante. *Atti Giornate Fitopatologiche*, 1, 271-276.
- Cerruto E., Balsari P., Oggero G., Friso D., Guarella P., Raffaelli M., 2008. Operator safety during pesticide application in greenhouse: a survey on Italian situation. *Acta Horticulture*, 801, 1507-1514.
- Schillaci G., Cerruto E., Balloni S., Conti A., Caruso L., 2009. Prove di ottimizzazione di una barra verticale installata su un veicolo semovente per la distribuzione di agrofarmaci in serra. *IX Convegno Nazionale AIIA. Ricerca e innovazione nell'ingegneria dei biosistemi agro-territoriali*. Memoria 7.19.