

UN SISTEMA DI LETTURA DI IMMAGINE PER LA DETERMINAZIONE DEI PARAMETRI CARATTERISTICI DELLA DISTRIBUZIONE DEI PRODOTTI ANTIPARASSITARI

P. BALSARI - M. TAMAGNONE

Istituto di Meccanica Agraria - Università di Torino

Riassunto: E' stato realizzato un sistema di lettura di immagine in grado di determinare i parametri caratteristici della distribuzione (grado di copertura, numero di gocce per unità di superficie, diametro mediano volumetrico, diametro mediano numerico, distinzione in classi di diametro del volume e del numero di gocce) rilevati sia in campo con supporti rigidi (cartine idrosensibili), sia in laboratorio su supporto liquido (piastre Petri contenenti olio di silicone). Il sistema di acquisizione dell'immagine e' costituito da: obiettivo per macrofotografia, telecamera, supporto per il gruppo telecamera obiettivo, dispositivi di illuminazione diretta e per trasparenza, monitor per la visualizzazione delle immagini, software per l'analisi delle immagini e la determinazione della superficie delle gocce analizzate. L'output del programma e' costituito, oltre che dai parametri caratteristici sopra esposti, dalla rappresentazione grafica della distribuzione del volume e del numero di gocce in classi di diametro. Si riportano alcuni risultati ottenuti e i commenti relativi all'impiego di tale strumento di acquisizione e analisi dell'immagine.

Summary: An image analyser for spray analysis

Has been realized an image analyser able to determine the spray characteristics (level of covering, number of droplets, VMD, NMD) both in the field, on water sensitive papers, or in laboratory on Petri dishes added with silicon oil. The image analyser is formed by: focus lens for macro photography, telecamera, camera-focus lens bearing, devices for director and transparency lighting, video, software for image analysis and droplets sizes determination. The program output is formed by the parameters before listed and by the graphic representation in diameter class of volume and droplets number. Some results and comments on the image analyser system realized are reported.

1 - Premessa

Negli ultimi anni sono stati messi a punto diversi sistemi [Miralles (1987), Ade e Rondelli (1990), De Zanche e Friso (1992)] per la determinazione dei parametri caratteristici delle gocce (numero, dimensione, ecc.) prodotte dalle attrezzature per la distribuzione degli antiparassitari. Questi possono differenziarsi fra di loro in funzione sia del momento durante il quale viene effettuato il rilievo, sia del sistema utilizzato per tale determinazione. In particolare le dimensioni e il numero delle gocce prodotte dalla macchi-

na irroratrice possono essere determinate in fase dinamica (in prossimità dell'ugello) [Ade e Rondelli (1990)] o statica (sul bersaglio) [Miralles (1987), De Zanche e Friso (1992)], tramite la fotografia [Miralles (1987)], la cinematografia ultra veloce [Miralles (1987)], l'analisi ottica dell'immagine [De Zanche e Friso (1992)] o la diffrazione luminosa [Ade e Rondelli (1990)].

I sistemi che prevedono la determinazione delle caratteristiche delle gocce direttamente sul bersaglio consentono, sia di avere un'indicazione di come il prodotto antiparassitario raggiunge e si dispone sulla vegetazione, sia di escludere da tale valutazione quei parametri (ventosità, aggregazione delle gocce, ecc.) che possono modificare le caratteristiche dimensionali del liquido nebulizzato durante il percorso dall'ugello al bersaglio. Per contro l'applicazione di tale sistema richiede la determinazione sperimentale dell'entità dello schiacciamento delle gocce al fine di poter risalire al loro diametro iniziale. Tale parametro dipende principalmente dalla natura della superficie sulla quale la goccia si è "impattata", dalla tensione superficiale del liquido erogato e dal diametro della goccia stessa.

In particolare se si impiegano come elementi captatori delle gocce le cartine idrosensibili prodotte dalla Spraying Systems si può risalire al loro diametro reale utilizzando la seguente equazione messa a punto da P. Krishnan [Krishnan (1992)] :

$$y = a_1 + a_2 x + a_3 x^2$$

dove y = diametro reale delle gocce (nm)

x = diametro delle gocce impattate sulla cartina idrosensibile (nm)

$$a_1 = - 4,24$$

$$a_2 = 0,583$$

$$a_3 = - 0,0001317$$

Va, tuttavia, precisato che tale equazione non tiene conto sia dei possibili incrementi del diametro delle gocce presenti sulla cartina dovute ad una sovrapposizione delle stesse, sia delle modifiche geometriche della goccia legate ad una non completa perpendicolarità, fra direzione di caduta della goccia e cartina.

Per evitare tali imprecisioni nel risalire alle reali dimensioni delle gocce erogate e' più idoneo utilizzare come elemento di supporto per la loro raccolta delle capsule Petri contenenti uno strato di olio di silicone con massa volumica di $0,916 \text{ kg/dm}^3$ e viscosità pari a 53 mPa.s [ISO 5682/1].

Queste ultime, tuttavia, possono essere impiegate solo in laboratorio e risultano caratterizzate da una vita utile limitata (circa un'ora dopo la distribuzione inizia l'aggregazione delle gocce con conseguente alterazione delle loro caratteristiche dimensionali).

In sintesi le cartine idrosensibili risultano particolarmente idonee per la determinazione in campo del numero degli impatti e dell'entità della copertura quando si opera

con volumi di distribuzione non superiori a 200-250 l/ha. Diversamente il numero delle gocce raccolte non risulta chiaramente definibile a causa della loro aggregazione e sovrapposizione.

La determinazione dell'entità della copertura della superficie trattata può essere effettuata avvalendosi anche di altri metodi: i più semplici, ma anche approssimativi, si basano sulla stima visiva [Barbagallo e Cartia (1988)], altri prevedono la determinazione della fluorescenza dei campioni trattati [Cross e Berrie (1993)].

Di seguito vengono descritte le modalità di funzionamento di un sistema per l'analisi ottica dell'immagine, in dotazione presso l'Istituto di Meccanica Agraria dell'Università di Torino, oltre ad alcuni risultati sperimentali ottenuti e il relativo commento.

2 - Descrizione del sistema di lettura dell'immagine

Il sistema di lettura utilizzato si basa sull'acquisizione di una serie di immagini e sulla successiva analisi dimensionale e risulta costituito dai seguenti componenti (Fig. 1):

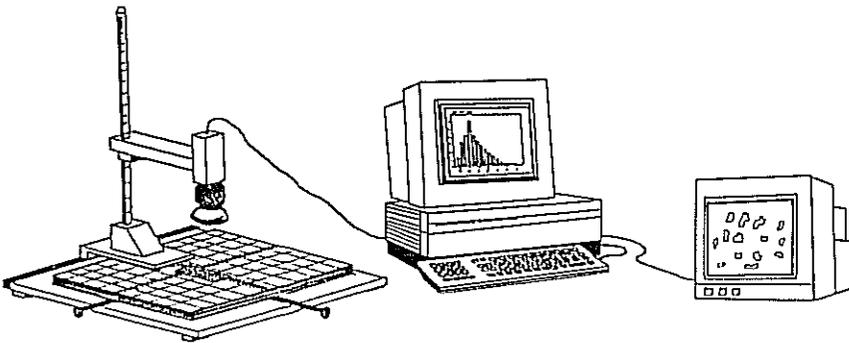


Fig. 1 - Disposizione degli strumenti utilizzati per l'analisi dimensionale delle gocce.

- obiettivo per macrofotografia (NIKON - AF MICRO NIKKOR 60 mm);
- telecamera;
- supporto del gruppo telecamera obiettivo;
- dispositivi per l'illuminazione del campione di tipo diretto e per trasparenza;
- monitor Multisync SVGA per la visualizzazione delle immagini acquisite dalla telecamera, la gestione delle calibrazioni e dei trattamenti all'immagine;
- PC (80386 con coprocessore matematico) dotato di un sottosistema di acquisizione di immagine CORECO Oculus 300 a cui sono collegati il monitor e la telecamera;
- software "MET1" (realizzato dalla ditta PERTEL di Torino) per la gestione del sistema e l'analisi delle immagini acquisite caratterizzato dai seguenti parametri operativi:

- risoluzione: 2/1000 del campo oggetto per le misure lineari ed i perimetri, 2/10000 della superficie del campo oggetto per le aree;
- visualizzazione delle immagini fino a 256 toni di grigio e/o falsi colori per ogni pixel;
- calcolo automatico in tempo reale di aree, perimetri, diametri, baricentri, asse min/max, quantita' di oggetti;
- analisi densimetrica basata sui gradienti di luminanze nell'area di interesse variabile a piacere;
- filtraggi, zoom, esaltazione contrasti;
- generazione di griglie sovrapposte alle immagini;
- calibrazione in misure reali.

La sequenza delle operazioni da effettuare per ottenere il risultato numerico puo' essere cosi' schematizzata:

- posizionamento del campione di gocce da analizzare rispetto alla telecamera e individuazione del tipo di illuminazione piu' adeguato;
- scelta dell'ingrandimento ottimale;
- acquisizione dell'immagine;
- inseguimento dei contorni e calcolo dei parametri desiderati.

2.1 - Posizionamento e illuminazione

Il posizionamento del campione rispetto alla telecamera viene eseguito manualmente agendo su due viti che regolano la traslazione di un piano orizzontale secondo 2 assi ortogonali fra loro. Cio' consente di evitare di effettuare piu' di una volta la lettura della medesima superficie irrorata. Il sistema prevede, tuttavia, anche la possibilita' di effettuare via software lo spostamento del campione cosi' come la sua messa a fuoco.

L'illuminazione del campione e' necessaria per ottenere un buon contrasto fra le gocce e lo sfondo su cui sono raccolte. Per le cartine idrosensibili viene utilizzata una illuminazione diretta ottenuta mediante un tubo al neon di forma circolare disposto intorno all'obiettivo, mentre per le capsule Petri e' necessaria un'illuminazione per trasparenza ottenuta mediante un diafanoscopio al fine di evitare riflessi di luce sulla parte superiore delle gocce.

2.2 - Ingrandimento

L'entita' dell'ingrandimento e' in funzione delle dimensioni degli oggetti che si vogliono analizzare e ad esso sono correlate la precisione delle misure ottenute e il tempo necessario per eseguirle. In particolare, impiegando ingrandimenti elevati si incrementa la precisione nella definizione dei contorni degli oggetti ma, nel contempo, aumenta sia il tempo necessario per la determinazione (bisogna spostare piu' volte il campione) sia il numero di gocce che non rientrano in modo completo all'interno della finestra da analiz-

zare. Per ottenere una soluzione di compromesso fra i problemi elencati e' stato scelto un obiettivo per macrofotografia con una lunghezza focale di 60 mm che consente di ottenere un campo di osservazione pari a 5x4 mm.

2.3 - Acquisizione dell'immagine

I segnali analogici provenienti dalla telecamera vengono discretizzati e organizzati in una matrice numerica, quindi l'immagine presente sulla telecamera risulta trasferita nella memoria del sottosistema di acquisizione e, inoltre, viene visualizzata sul monitor. E' possibile salvare le immagini ed eseguire le determinazioni in tempi successivi.

L'unita' minima di riferimento per il sistema e' il pixel; esso e' caratterizzato da due tipi di informazioni: la posizione nello spazio e l'intensita' luminosa rappresentata mediante una scala di grigi. Durante l'acquisizione e' possibile intervenire per accentuare il contrasto dell'immagine e per eliminare interferenze dovute a cause esterne.

2.4 - Elaborazione

Le determinazioni vengono eseguite su di una finestra con dimensioni scelte dall'operatore. Per ottenere i risultati espressi in unita' ingegneristiche (e non in pixel) e' necessario effettuare una calibrazione del sistema. Essa richiede l'impiego di un campione di dimensioni note da posizionare sul campo oggetto.

Sulle gocce raccolte si possono effettuare due tipi di elaborazione: determinazione della copertura o determinazione delle caratteristiche dimensionali.

Il primo tipo di elaborazione crea un istogramma delle luminanze sulla finestra in uso, raggruppando i pixel in classi di luminanza. Sommando il numero di pixel caratterizzati da una luminanza pari a quella degli oggetti da analizzare (preventivamente determinata mediante una apposita funzione) e rapportandoli alla superficie totale della finestra si ottiene la copertura della zona analizzata. Questo tipo di determinazione e' molto veloce e consente di operare con campioni caratterizzati anche da valori di copertura prossimi al 100 %.

La determinazione delle caratteristiche dimensionali degli oggetti rilevati richiede un'elaborazione piu' complessa. Essa si puo' dividere in 2 fasi: individuazione degli oggetti e calcolo dei parametri dimensionali. L'individuazione degli oggetti viene eseguita da un algoritmo che non applica nessun criterio selettivo sulla forma dell'oggetto, ma si limita ad estrarre tutti i contorni che, nella finestra selezionata, soddisfino le condizioni imposte dal valore di soglia di gradiente impostato (differenza minima di intensita' luminosa fra due pixel contigui). Mediante la variazione di questa soglia si puo' intervenire sulla qualita' degli oggetti che vengono individuati. Individuata una coppia di pixel che soddisfa il valore di soglia l'inseguitore di contorni continua la ricerca estendendo l'analisi ai pixel contigui in modo da definire completamente il contorno dell'oggetto. Tramite

altre soglie di sistema e' possibile definire il numero di pixel minimi che deve avere un oggetto per essere considerato tale (variando questo valore si possono eliminare piccoli oggetti quali impurezze presenti sul campione) e il passo di scansione della finestra di ispezione. Al termine della definizione degli oggetti, prima della fase di calcolo, e' possibile intervenire sul numero e sulla qualita' degli oggetti rilevati tramite una funzione di editing; cio' permette di eliminare dal calcolo gli oggetti la cui superficie non risulta completamente definita (gocce comprese solo per una parte all'interno della finestra di ispezione). Durante l'esecuzione della funzione di calcolo dei parametri dimensionali vengono determinati, per ogni oggetto rilevato: perimetro, diametro massimo, diametro minimo e diametro equivalente (diametro di un cerchio avente area equivalente a quella dell'oggetto considerato). I risultati di queste determinazioni sono successivamente riportati ai valori di calibrazione e vengono memorizzati in un file ASCII per le successive elaborazioni. Queste ultime, eseguite mediante un software opportunamente realizzato, consistono nella classificazione delle gocce in base al loro diametro e successivamente nella determinazione dei parametri caratteristici della distribuzione [Miralles (1987)]: diametro minimo e massimo, diametro mediano numerico (NMD) e diametro mediano volumetrico (VMD).

3 - Esempio di output del sistema

Di seguito, a titolo di esempio, si riportano i risultati ottenuti da prove effettuate per la determinazione sia del livello di copertura delle cartine idrosensibili, sia delle caratteristiche dimensionali delle gocce raccolte su capsule Petri. In particolare tali determinazioni sono state effettuate utilizzando l'ugello a fessura Teejet XR 80015VS a differenti pressioni, con una velocita' di avanzamento di 1,4 m/s, disponendo le cartine e le capsule in successione lungo l'asse di avanzamento dell'ugello ad una distanza di 0,7 m da quest'ultimo. Cio' ha consentito di verificare la correlazione esistente fra la pressione di esercizio dell'ugello ed i valori di copertura del bersaglio e delle dimensioni delle gocce prodotte.

3.1 - Copertura del bersaglio

Nelle condizioni di prova in cui si e' operato la copertura delle cartine idrosensibili e' risultata mediamente pari al 20 %. In particolare, i valori inferiori (19 %) sono stati rilevati in prossimita' di pressioni di 0,1 MPa, quelli piu' elevati (23 %) in corrispondenza di una pressione di 0,5 MPa (Fig. 2).

3.2 - Dimensione delle gocce

Le dimensioni delle gocce determinate nel corso delle prove sono risultate variabili in funzione della pressione di esercizio utilizzata. In particolare, dall'analisi della figura

3, in cui le dimensioni delle gocce sono espresse come diametro medio volumetrico (VMD), risulta come incrementando la pressione di esercizio si riducono le dimensioni medie delle gocce. Tali variazioni sono risultate piu' accentuate in corrispondenza delle pressioni di esercizio inferiori (0,1 - 0,2 MPa).

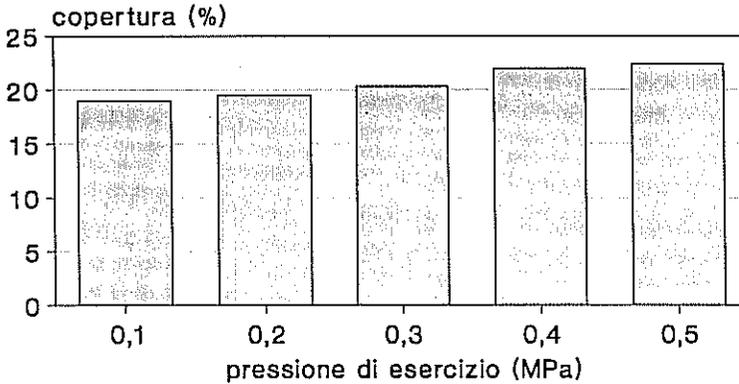


Fig. 2 - Variazione della copertura in funzione della pressione di esercizio.

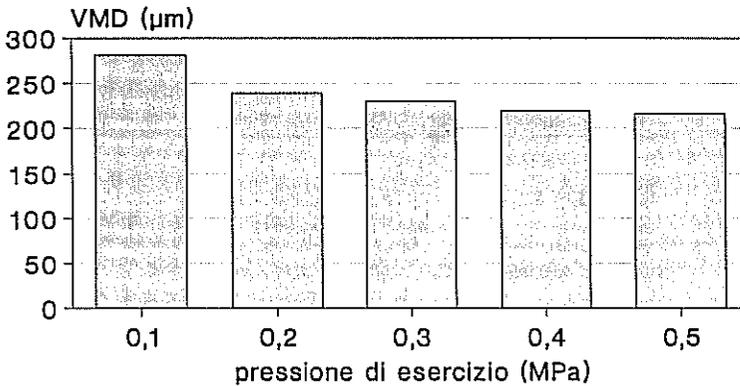


Fig. 3 - Variazione del VMD in funzione della pressione di esercizio.

4 - Conclusioni

Il sistema di analisi ottica dell'immagine realizzato si e' rivelato molto versatile in quanto permette di determinare sia le dimensioni delle gocce, sia il grado di copertura di differenti bersagli. Inoltre, intervenendo sull'obiettivo e' possibile variare i rapporti di ingrandimento e quindi utilizzare tale attrezzatura anche per altri scopi quali ad esempio la determinazione della superficie fogliare. Tuttavia, tali determinazioni, per essere precise ed attendibili, richiedono l'individuazione dei piu' idonei parametri operativi (valori delle soglie, luminositá, ecc.) che possono essere raggiunti solo dopo una serie di tentativi. I-

noltre, quando si impiegano le capsule Petri contenenti olio di silicone, risulta necessario porre particolare attenzione durante la fase di trasporto di tali elementi fra il luogo in cui avviene l'irrorazione e quello in cui verranno analizzati per non creare un indesiderata aggregazione delle gocce.

In sintesi tale sistema di lettura delle caratteristiche della distribuzione, se da un lato risulta estremamente utile all'operatore in quanto consente di effettuare in tempo breve le operazioni di misura, calcolo e rappresentazione dei risultati, dall'altro richiede, così come gli altri sistemi di lettura citati nelle premesse, una serie di tarature che risultano soggettive, e quindi tali da rendere il risultato ottenuto non assoluto.

Per garantire all'operatore una maggiore sicurezza sulla "veridicità" del risultato sarebbe auspicabile che nel breve tempo si giungesse sia ad uniformare, quando possibile, i parametri operativi e quelli di taratura dei differenti sistemi utilizzati per la determinazione delle caratteristiche della distribuzione, sia ad effettuare una loro verifica, ad esempio, sottoponendo il medesimo ugello e/o campione di gocce all'analisi da parte dei differenti Istituti di Ricerca che dispongono di tali specifiche attrezzature.

Lavori citati

- ADE G., RONDELLI V. (1990) - Apparecchiatura per l'analisi degli spruzzi: applicazioni e primi risultati - Giornate fitopatologiche 3, 437-446
- BARBAGALLO S., CARTIA G. (1988) - Indagini preliminari sulla deriva di antiparassitari irrorati con due diverse attrezzature - Giornate Fitopatologiche 2, 381-390
- CROSS J.V., BERRIE A.M. (1993) - Spray deposit and efficacy of a tunnel sprayer at three volumerates (50, 100, 200 l/ha) in comparison with an axial fan sprayer (50 l/ha) on apple - Second International Symposium on Pesticide Application Techniques, Strasbourg - 1, 273-280
- DE ZANCHE C., FRISO D. (1992) - Trattamenti su melo a basso volume con irroratrice pneumatica a distribuzione mirata e con carica elettrostatica - Giornate fitopatologiche 3, 287-296
- HUIJSMANS J.F.M., PORSKAMP H.A.J., HEIJNE B. (1993) - Orchard tunnel sprayers with reduced emission to the environment: Results of deposition and emission of new type of orchard sprayers - Second International Symposium on Pesticide Application Techniques, Strasbourg - 1, 297-304
- ISO 5682-1 Equipment for crop protection - Spraying equipment - Part 1: Test methods of sprayer nozzles - Revision by ISO/TC23/SC6 N189 E (1991)
- KRISHNAN P. (1992) - Comunicazione personale - Newark University (USA)
- MIRALLES A. (1987) - L'analyse d'image en pulvérisation agricole - Rapport de synthèse CEMA-GREF