

PRIME PROVE DI TRATTAMENTO CON IRRORATRICE A RECUPERO SU VITE AD ALBERELLO

E. CERRUTO, G. MANETTO, S. BALLONI, L. CARUSO
Dipartimento GeSA—Sezione Meccanica
Università degli Studi—Via S. Sofia 100, 95123 Catania
ecerruto@unict.it

RIASSUNTO

Il lavoro riporta i primi risultati di alcune prove eseguite con una macchina irroratrice a recupero di prodotto applicata ad un telaio porta attrezzi appositamente progettato per la meccanizzazione dei vigneti ad alberello. Sono state svolte prove sia statiche, in assenza di vegetazione, sia in campo, su viti a inizio allegagione. Con le prove statiche è stata valutata la capacità di recupero della macchina al variare di alcuni parametri operativi (pressione, numero di ugelli aperti, distanza fra le paratie del tunnel), mentre con le seconde sono state acquisite le prime informazioni sull'entità del recupero in presenza di vegetazione e sulla bagnatura fogliare, valutata tramite cartine idrosensibili. I risultati delle prove statiche hanno evidenziato una percentuale di recupero variabile dal 4% all'83%, con una media complessiva di tutte le prove pari al 44%. L'aumento di pressione favorisce il recupero, mentre l'aumento della distanza fra le paratie lo sfavorisce. Le prove in campo hanno prodotto un recupero variabile dal 37% al 53%, con una media del 46%. L'analisi delle cartine idrosensibili, infine, ha evidenziato soprattutto differenze di copertura molto marcate fra le due pagine fogliari.

Parole chiave: difesa fitosanitaria, vigneto, tunnel, cartine idrosensibili

SUMMARY

FIRST SPRAYING TRIALS ON GOBLET VINEYARDS WHEN USING A TUNNEL SPRAYER

The paper reports the first results of some spraying trials carried out by using a tunnel sprayer applied to a multifunction row straddling machine for the cultivation of goblet vineyards. We conducted both laboratory tests, with no plants, and in-field tests on a vineyard at beginning of setting growth stage. Laboratory tests were aimed at assessing the recovery features of the sprayer at varying pressure, number of open nozzles and tunnel width. The in field tests provided the first indications on the amount of recovery in presence of plants and on foliar coverage and ground losses, assessed by means of water sensitive papers. Laboratory tests showed a recovery ranging from 4% up to 83%, with general mean of 44%. The increase in pressure level improved the recovery, while the increase in tunnel width made it worse. The recovery during the in field tests ranged from 37% up to 53%, with general mean of 46%. Finally, water sensitive papers showed significant differences between the foliar coverage of the two leaf surfaces.

Key words: plant protection, alberello, mechanisation, water sensitive paper

INTRODUZIONE

L'originaria forma di allevamento ad alberello della vite, a causa della bassa qualità dei vini ottenuti e della difficoltà a meccanizzare le operazioni colturali, negli ultimi 50 anni è stata progressivamente abbandonata a favore delle forme a spalliera. Recentemente, adottando nuovi criteri colturali, che hanno permesso di ottenere produzioni di elevata qualità, in Italia, e in particolare nella Toscana e nella Sicilia sud orientale, si sta assistendo ad una sua notevole ri-

presa (Schillaci *et al.*, 2009). Da qui l'esigenza di ricercare nuove soluzioni che permettano di meccanizzare la coltivazione, considerando che i nuovi impianti hanno previsto un ampliamento dell'interfilare per consentire il passaggio delle trattrici a carreggiata stretta, comunemente impiegate nei vigneti. In questo contesto si inserisce un progetto di ricerca che ha tra i partner la sezione Meccanica del Dipartimento GeSA dell'Università degli Studi di Catania e che prevede lo sviluppo di un telaio trainato porta attrezzi su cui è possibile applicare diverse operatrici al fine di incrementare il livello di meccanizzazione della coltura.

Tra le operatrici applicabili vi sono anche barre irroratrici per la difesa fitosanitaria che, in accordo ai nuovi orientamenti, deve essere eseguita coniugando le esigenze sia di salvaguardia della coltura e della produzione e di riduzione dei tempi e dei costi dell'operazione, che di maggiore rispetto dell'ambiente e di sicurezza dell'intervento. Ciò rende ragione dello sviluppo di macchine con caratteristiche adeguate alle specifiche esigenze della viticoltura moderna in termini di contenimento della deriva e miglioramento del deposito sulla vegetazione.

Tra le diverse soluzioni tecnologiche (Heinkel *et al.*, 2000; Knewitz *et al.*, 2002; Baldoin *et al.*, 2004) individuate per ridurre il problema delle dispersioni di sostanze attive durante i trattamenti di difesa fitosanitaria, una delle più diffuse e interessanti è costituita dalle irroratrici a recupero della miscela non intercettata dalla vegetazione trattata (Planas *et al.*, 2002; Baldoin *et al.*, 2005, Pergher *et al.*, 2009). Queste macchine, note come irroratrici a tunnel o *recycling*, sono costituite da uno o due tunnel in polietilene o vetroresina di dimensioni variabili, realizzati con pannelli captanti contrapposti e sormontati da una paratia di contenimento delle goccioline che tendono ad aerodispersersi. All'interno dei pannelli sono montate le barre irroratrici, equipaggiate, generalmente, con ugelli a polverizzazione idraulica. Le macchine possono essere semi-portate o trainate, montate anche su macchine portattrezzi semoventi, e ben si adattano alla meccanizzazione della difesa fitosanitaria del vigneto, specialmente per le forme a spalliera. Con queste irroratrici, infatti, la vegetazione del filare viene parzialmente racchiusa tra i due pannelli, che hanno la funzione di intercettare le gocce, che oltrepassano la vegetazione trattata, e di recuperare così la miscela irrorata fuori bersaglio (Ade *et al.*, 2007; Celen *et al.*, 2009). Il liquido intercettato scivola sui pannelli fino a giungere in appositi pozzetti di raccolta da cui, previa filtrazione, viene rinviato al serbatoio mediante una pompa elettrica ausiliaria (Ade *et al.*, 2005) o per effetto Venturi (Baldoin *et al.*, 2005).

La vicinanza delle barre irroratrici alla vegetazione da trattare permette alle gocce di giungere sul bersaglio per effetto della sola energia cinetica, rendendo meno indispensabile l'assistenza dell'aria (Porras-Soriano *et al.*, 2005), ma solitamente i sistemi a tunnel sono allestiti con ventilatori, assiali, centrifughi o tangenziali, che agevolano la penetrazione delle gocce negli strati fogliari. Gli studi condotti a riguardo hanno evidenziato che la portata e il corretto orientamento dei flussi d'aria influiscono sia sulla copertura che sui recuperi (Cross *et al.*, 2003; Cerruto, 2007).

Sistemi di questo tipo sono presenti in commercio, ma si tratta di macchine prodotte in serie limitata, con costi elevati e senza allestimenti tecnologici supportati dai grandi costruttori, per cui le soluzioni costruttive sono qualitativamente migliorabili (Baldoin *et al.*, 2009). La quantità di liquido recuperabile è strettamente correlata ai volumi di miscela impiegati, alle caratteristiche del bersaglio (geometria, capacità di ritenzione e quantità di vegetazione) e alla fase vegetativa in cui si effettua l'applicazione, potendo variare dal 50% al 30% nei primi trattamenti, fino al 20–25% in piena vegetazione.

La soluzione del recupero del liquido in eccesso è vantaggiosa anche in funzione delle restrizioni imposte dalle normative comunitarie sull'impiego di agrofarmaci. A riguardo, la recente Direttiva europea 2009/128/CE sull'uso sostenibile degli agrofarmaci promuove, tra

l'altro, l'introduzione di soluzioni tecniche sulle macchine irroratrici in grado di abbattere la deriva e, al fine di mantenere sotto livelli accettabili il rischio di inquinamento di acque superficiali e di altre aree sensibili, introduce le fasce di rispetto (*buffer zone*), di ampiezza legata alla capacità dell'irroratrice di contenere le dispersioni. Da questo punto di vista, l'irroratrice a tunnel può rappresentare una valida soluzione. I limiti delle irroratrici a recupero, invece, sono legati alla difficoltà di determinare preventivamente la quantità di miscela fitoiatrica che verrà effettivamente distribuita sulla coltura, e a una minore copertura superficiale, specie se equipaggiate con ugelli ad induzione d'aria (Jamar *et al.*, 2010).

Nel presente lavoro si riportano i primi risultati di una prova di trattamento in un vigneto allevato ad alberello, eseguita con un telaio porta attrezzi dopo avervi montato una irroratrice a tunnel. Specificamente, le prove hanno avuto la finalità di valutare l'entità del recupero sia in condizioni statiche, in assenza di vegetazione, sia direttamente in campo.

MATERIALI E METODI

La macchina irroratrice

Il telaio scavallante multifunzione, oggetto della presente ricerca e tuttora in fase di sviluppo ed ottimizzazione, nasce grazie alla collaborazione fra la Sezione Meccanica del Dipartimento GeSA dell'Università degli Studi di Catania, che fornisce il necessario supporto scientifico, l'agricoltore, che lo ha concepito, e l'azienda FAMA, che lo ha costruito. Su di esso possono essere montati vari attrezzi per la gestione della chioma (barre falcianti per la cimatura), per la lavorazione del terreno e il controllo meccanico delle infestanti (erpici, scalzatori e rincalzatori, zappatrici rotative, tutti dotati di dispositivo ad azionamento idraulico per la lavorazione interceppo), per il diserbo chimico (barre orizzontali), per la difesa fitosanitaria (barre verticali).

Il telaio è realizzato in profilati di acciaio e in pianta si presenta di forma rettangolare (1,80 m × 1,55 m), con carreggiata di 2,24 m, altezza complessiva di 2,61 m e luce libera da terra di 2,40 m. Il timone di traino presenta un azionamento idraulico al fine di adeguare il complesso motrice-operatrice al filare in lavorazione e per correggere le traiettorie in caso di necessità. Le ruote sono applicate su barre incernierate al telaio, in modo da poter regolare idraulicamente l'altezza da terra del telaio e poter operare anche su terreni inclinati e cedevoli.

Ai fini della presente ricerca, il telaio è stato attrezzato per la distribuzione di prodotti fitosanitari applicandovi, nella tipica configurazione a tunnel, due schermi contrapposti recanti le barre porta ugelli (figura 1). L'unità di trattamento, completa di pompa a membrane, sistema di controllo della pressione e regolazione degli schermi, è commercializzata dalla ditta LIPCO (Germania) come "Tunnel Sprayer Conversion Set TSG-U" specificamente per la difesa della vite e di altre colture a parete. Essa viene applicata al telaio multifunzione unitamente al serbatoio di circa 300 l, che trova posto sul telaio portante. L'operazione di montaggio richiede circa 30 minuti.

La distanza fra le pareti del tunnel è regolabile da 0,20 a 1,10 m mediante l'azionamento di un pistone idraulico allo scopo di adattare la larghezza del tunnel allo spessore della vegetazione. Ogni schermo presenta inferiormente una vaschetta per la raccolta del liquido intercettato, che viene aspirato tramite un tubo di Venturi inserito in una tubazione che, alimentata dalla stessa pompa dell'irroratrice, ricircola nel serbatoio tutto il prodotto recuperato.

Ciascuna parete ha larghezza di 1,25 m e altezza di 2,20 m e reca al suo interno una semi-barra verticale equipaggiata di serie con 5 ugelli a ventaglio fan ALBUZ con un angolo di spruzzo di 80°.

Figura 1. Telaio multifunzione attrezzato per la distribuzione di prodotti fitosanitari



Il vigneto

L'azienda sede delle prove si trova nel comune di Noto (SR). Il vigneto, cv *Syrah*, era di 6 anni d'età, impiantato ad alberello con sesto d'impianto pari a $0,9 \text{ m} \times 2,0 \text{ m}$. Al momento delle prove si trovava nella fase fenologica 71 della scala BBCH (inizio allegagione) (figura 2).

Figura 2. Vigneto sede delle prove



Prima dei trattamenti in campo si è provveduto ad eseguire alcune misure geometriche sulle piante così da poter riferire la percentuale di recupero della macchina allo stato di sviluppo della vegetazione. In particolare, sono stati misurati, su otto piante, l'altezza della vegetazione e il suo spessore in corrispondenza della zona dei grappoli e della zona di legatura. Inoltre, per avere una stima dell'indice di area fogliare (*LAI*), sono stati contati il numero di tralci per vite e il numero di foglie per tralcio.

Il piano sperimentale

Con l'irroratrice sono state svolte prove sia statiche sia in pieno campo, finalizzate a valutare l'efficienza di recupero sia in assenza che in presenza di vegetazione. Con le prove in campo sono state anche acquisite le prime informazioni sulla bagnatura fogliare e sulle perdite a terra, valutate tramite cartine idrosensibili.

Al fine di poter misurare i volumi d'acqua erogati dagli ugelli e quelli intercettati dagli schermi, sono stati utilizzati due conta litri con la precisione del decimo di litro, il primo inse-

rito nella condotta di mandata agli ugelli, il secondo nella condotta di mandata al tubo di Venturi. Il liquido in uscita dal tubo di Venturi, pari a quello in mandata più quello recuperato dagli schermi, è stato raccolto in due serbatoi ausiliari della capacità di circa 25 l ciascuno.

Le prove statiche sono state condotte variando la distanza fra le pareti captanti, la pressione di lavoro e il numero di ugelli aperti, al fine di valutare come queste variabili influenzano la capacità di recupero della macchina. Precisamente, sono state considerate le seguenti condizioni di prova, ricadenti fra quelle normalmente scelte in azienda per l'esecuzione dei trattamenti:

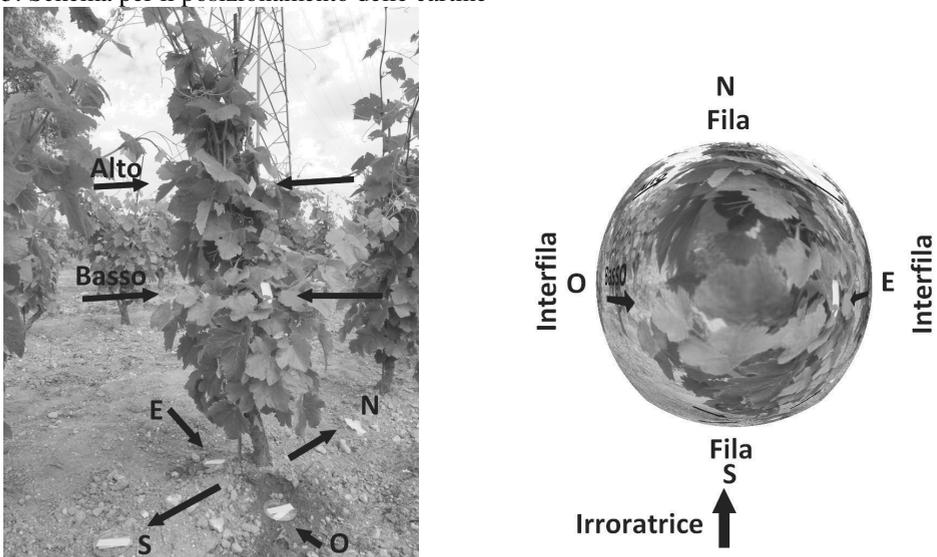
- distanza fra le pareti: 90 cm e 110 cm;
- pressione di lavoro: 5 bar e 6 bar;
- numero di ugelli aperti per lato: 2, 3 e 4.

Per ogni configurazione sono state condotte quattro ripetizioni, per un totale di 36 misure.

Le prove in campo sono state eseguite su quattro filari lunghi circa 135 m. La macchina è stata regolata scegliendo una delle configurazioni provate da fermo, ovvero quattro ugelli aperti per lato, pressione di 6 bar e distanza fra gli schermi di 110 cm. Tenendo conto della portata complessiva agli ugelli (8,16 l/min) e della velocità di avanzamento (1,28 m/s), il volume erogato è stato mediamente pari a 533 l/ha. Tutte le prove, statiche e in campo, sono state eseguite utilizzando solamente acqua.

Per avere le prime indicazioni sulla bagnatura fogliare e sulle perdite a terra, si è fatto uso di cartine idrosensibili applicate su tre piante, in numero di sedici per pianta (figura 3). Sono state applicate su due livelli di altezza (Alto: in prossimità della zona di legatura dei tralci, a circa 1 m da terra; Basso: nella zona dei grappoli, a circa 0,6 m da terra), sui quattro "lati" della pianta (Nord e Sud lungo la fila, Est e Ovest nell'interfila) e, per ogni posizione, sulle due pagine fogliari. Quattro cartine sono pure state poste a terra all'interno di capsule *Petri* in corrispondenza della fila e dell'interfila.

Figura 3. Schema per il posizionamento delle cartine



Acquisizione ed analisi dei dati

La percentuale P di liquido intercettata dagli schermi rispetto a quella erogata è stata calcolata in accordo alla relazione:

$$P\% = \frac{V_r}{V_e} 100$$

essendo V_r e V_e rispettivamente il volume recuperato dagli schermi e quello erogato dagli ugelli. Il volume V_e è stato calcolato, per ogni ripetizione, come differenza fra la lettura finale e la lettura iniziale fornita dal conta litri inserito nel circuito di mandata agli ugelli. Il volume V_r è stato invece calcolato per differenza fra il volume raccolto nei due serbatoi ausiliari e quello transitato nel circuito di mandata al tubo di Venturi, a sua volta determinato sulla base delle letture fornite dall'altro conta litri. I valori di recupero sono stati analizzati statisticamente tramite analisi di varianza per evidenziare la loro variazione rispetto ai parametri di prova.

Per quanto riguarda le cartine idrosensibili, è stata preventivamente acquisita la loro immagine con una risoluzione di 1200 dpi tramite scanner piano e poi la si è analizzata tramite il software *open source ImageJ* (Abramoff *et al.*, 2004) per valutare la percentuale di superficie coperta dalle impronte rispetto a quella complessiva.

Tutte le elaborazioni e le rappresentazioni grafiche dei risultati sono state eseguite con il software *open source R* (R Development Core Team, 2009).

RISULTATI E DISCUSSIONE

Caratteristiche delle piante

L'altezza media delle piante era pari a 1,4 m, lo spessore della vegetazione nella zona dei grappoli pari a 0,5 m, quello nella zona di legatura pari a 0,3 m. Ogni pianta portava mediamente 7 tralci e ogni tralcio, lungo 1,2 m, portava 23 foglie. Facendo sempre uso dello scanner e del software *ImageJ*, è stata stimata la superficie fogliare di ogni pianta sulla base di un campionamento di 115 foglie ed è stato calcolato un indice di area fogliare pari a 0,73 m²/m².

Prove statiche

Il recupero medio, considerando tutte le condizioni di prova e tutte le ripetizioni, è risultato pari al 44,5%, con un minimo del 4,0% e un massimo dell'82,7% (figura 4). L'istogramma mostra che i valori sono maggiormente concentrati fra il 40% e il 60%. D'altra parte, il primo quartile è risultato pari al 34,5%, il terzo quartile pari al 55,5%, per cui fra questi due valori ricade la metà dei dati raccolti. Inoltre, soltanto i primi due valori più bassi e quello più alto in assoluto si differenziano sensibilmente dalla media. Si ritiene che, soprattutto per il valore minimo, registrato con le paratie alla massima distanza e con la pressione di lavoro di 5 bar, abbiano influito alcune folate di vento che si sono verificate durante la prova e che, pertanto, abbiano deviato la traiettoria delle goccioline al di fuori del tunnel.

Per quanto riguarda la pressione (figura 5), il suo incremento da 5 a 6 bar ha favorito il recupero, che è passato dal 42,2% al 45,6%. La variazione non è stata tuttavia statisticamente significativa ($p = 0,545$). Il valore di recupero leggermente più elevato misurato con la pressione più alta è da attribuire alla maggiore energia posseduta dal getto in uscita dagli ugelli, che così raggiunge più facilmente la parete opposta. I valori misurati a 5 bar hanno inoltre presentato un più ampio range di variazione, forse anche a seguito della diversa interferenza fra i getti erogati dalle due semibarre.

L'effetto della distanza fra le paratie (figura 5) è invece risultato statisticamente significativo per $p = 0,022$. Il recupero è stato pari al 53,3% con le paratie distanti 90 cm e pari al 40,1%

con le paratie distanti 110 cm. Aumentare la distanza fra le paratie, dunque, influenza negativamente l'azione di recupero, per cui in campo, sebbene la presenza delle piante interferisca con i getti, la macchina dovrebbe essere adoperata con la minima distanza possibile fra gli schermi, compatibilmente con le dimensioni della vegetazione. All'aumentare della distanza fra gli schermi, inoltre, aumenta il range di variazione dei valori misurati.

Figura 4. Distribuzione dei valori di recupero

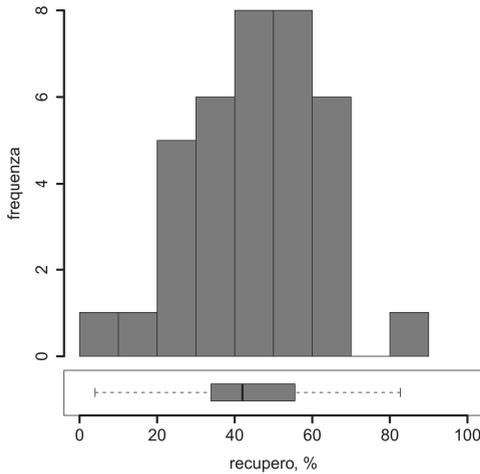


Figura 5. Box-plot dei valori di recupero in funzione della pressione e della distanza fra gli schermi

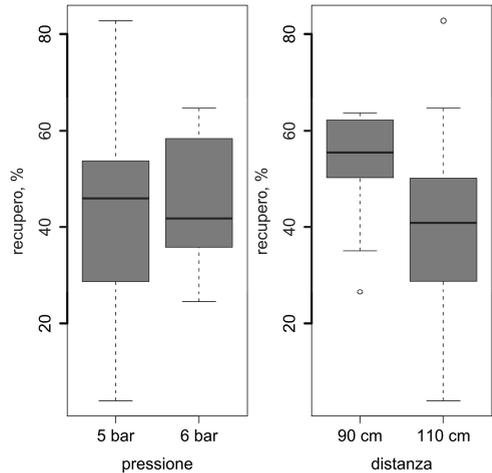


Figura 6. Box-plot dei valori di recupero in funzione del numero di ugelli aperti.

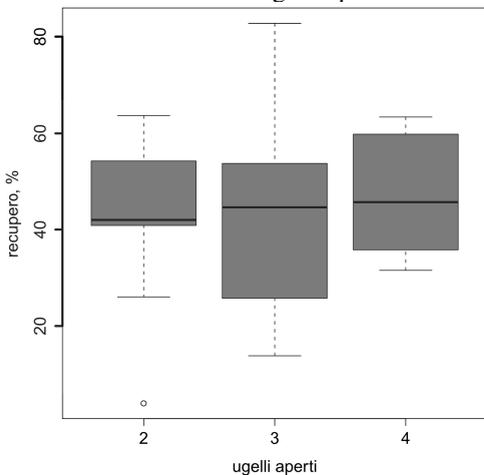
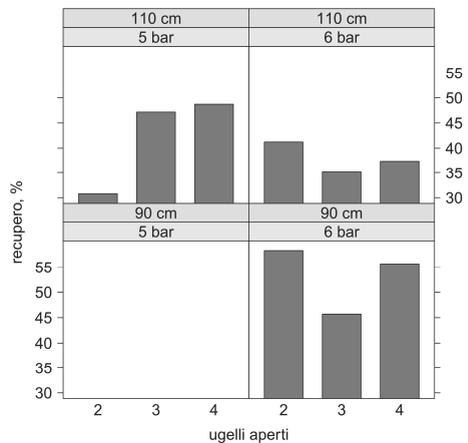


Figura 7. Valori di recupero in funzione di tutti i parametri analizzati.



L'influenza del numero di ugelli aperti (figura 6), infine, non è stata statisticamente significativa ($p = 0,741$). Il valore più elevato (47,3%) è stato misurato con quattro ugelli aperti, il più basso (42,7%) con tre.

Esaminando le singole condizioni di prova, sono stati ottenuti i valori di recupero riportati nel diagramma di figura 7. Da essa emerge che, a parità di pressione (6 bar), il recupero è sempre maggiore quando la distanza fra gli schermi è minore, qualunque sia il numero di ugelli aperti, mentre a parità di distanza (110 cm) non si ha una tendenza univoca al variare della pressione e del numero di ugelli aperti.

Prove in campo

L'entità del recupero misurato nelle quattro ripetizioni è variata dal 36,9% al 52,5%, con una media del 45,5%. Questi primi risultati, seppur parziali e bisognosi di integrazioni, indicano che, nelle condizioni vegetative in cui si trovava il vigneto al momento delle prove, quasi la metà del prodotto erogato dagli ugelli è stato intercettato dagli schermi, prodotto che, altrimenti, sarebbe andato perduto per deriva.

Dall'analisi delle cartine idrosensibili, inoltre, è emersa una copertura superficiale media pari al 36,9%, con un minimo pari allo 0,4% e un massimo pari al 96,7% (figura 8). Le differenze legate alla quota, come pure quelle relative alla posizione sui quattro lati, non sono risultate statisticamente significative. È invece risultata altamente significativa la differenza di copertura fra le due pagine fogliari: 17,6% sulla pagina inferiore e 56,2% sulla pagina superiore. Probabilmente la presenza di un ventilatore, grazie alla corrente d'aria che agita le foglie, potrebbe attenuarla.

Le differenze in merito alla pagina sono risultate a loro volta influenzate dalla posizione per $p = 0,009$ (figura 9). In particolare, mentre nelle posizioni Est e Ovest le differenze fra le due pagine fogliari sono state statisticamente significative, non lo sono state nelle altre due posizioni Nord e Sud. Questo risultato è da interpretare alla luce della direzione del getto uscente dagli ugelli, che è parallelo alla retta congiungente le posizioni Est e Ovest (figura 3) e perpendicolare alla congiungente le posizioni Nord e Sud. Ne segue che nelle posizioni Nord e Sud le gocce possono insinuarsi all'interno della chioma e colpire le foglie anche nella pagina inferiore più facilmente di quanto non possa avvenire nelle posizioni Est e Ovest.

Figura 8. Plot-design dei valori di percentuali di superficie coperta

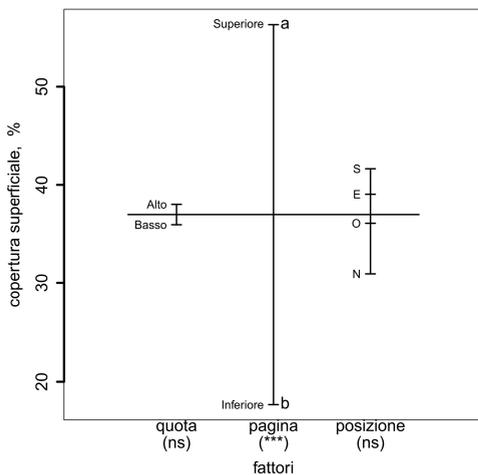
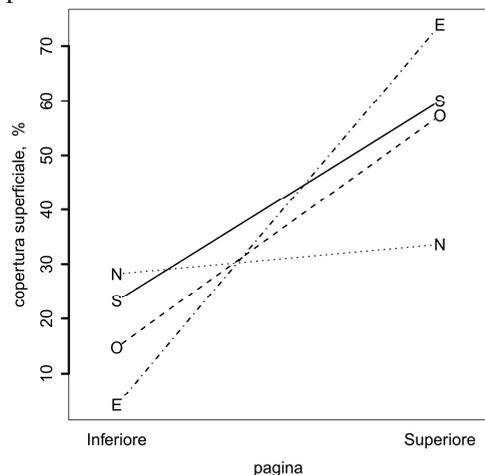


Figura 9. Interazione dei valori di superficie coperta tra pagina fogliare e posizione sulla pianta



Perdite a terra

La bagnatura delle cartine poste a terra è risultata alquanto elevata: mediamente 65,6%, con un minimo di 62,9% e un massimo di 68,8%. Questi valori sono maggiori di quelli misurati sulla pagina superiore delle foglie, segno di considerevoli perdite in corrispondenza del filare trattato. Per cercare di ridurle probabilmente sarà necessario riconsiderare l'orientamento degli ugelli e ridurre la distanza fra le paratie del tunnel.

CONCLUSIONI E PROSPETTIVE

Questi primi risultati, emersi dalla presente sperimentazione, inducono a ritenere la macchina provata una soluzione migliorativa per l'applicazione dei fitofarmaci su colture arboree quali la vite nella forma di allevamento a spalliera bassa ed alberello, sia in relazione al contenimento della deriva che alla capacità di recupero di prodotto.

I risultati ottenuti in condizioni statiche hanno confermato la validità delle scelte tecniche che hanno portato alla realizzazione del prototipo. In particolare, hanno evidenziato che la percentuale di recupero, scartando i valori estremi, raggiunge mediamente valori compresi tra il 25 e il 65% del totale erogato. Dalle prove in campo è invece emerso che, in presenza di vegetazione, il recupero di prodotto è variato dal 37 al 53%, con una media del 45%. Naturalmente sono da attendersi valori diversi in relazione a diversi stadi di sviluppo delle piante, ma comunque sempre tali da garantire un significativo abbattimento dei costi per l'acquisto dei prodotti chimici e un notevole beneficio ambientale derivante da una drastica riduzione della deriva durante i trattamenti.

Al fine di esprimere un giudizio più completo sono necessarie ulteriori sperimentazioni, che vanno dal rilievo della capacità di lavoro in campo rispetto a un'irroratrice convenzionale, alla misura diretta del deposito fogliare e alla sua distribuzione sulla chioma, all'individuazione dei parametri di lavoro ottimali in termini di velocità di avanzamento, pressione di lavoro, tipologia di ugelli, distanza fra gli schermi.

Ulteriori sviluppi del prototipo dovranno riguardare un ridimensionamento del telaio, e quindi delle paratie, per renderlo più congruo alle dimensioni delle viti allevate ad alberello, e l'inserimento di un ventilatore, la cui azione potrà migliorare l'uniformità di distribuzione del deposito sulla chioma. La presenza del ventilatore, oltretutto, potrebbe contribuire a rendere l'irroratrice meno sensibile alle folate di vento, incrementando la capacità di recupero anche nelle condizioni di massima distanza fra le paratie. Ciò dovrebbe comportare, considerando i minori recuperi registrati nelle prove a posto fisso con le paratie alla distanza maggiore, anche una riduzione delle perdite a terra, in quanto le gocce, specie nei tratti in assenza di vegetazione, sarebbero certamente trasportate fino a raggiungere la paratia contrapposta alla barra da cui sono rilasciate. Così facendo sarà possibile contribuire a porre le basi per una difesa fitosanitaria razionale ed oculata, che permetta l'ottenimento di produzioni di elevato valore qualitativo con un ridotto impatto ambientale.

LAVORI CITATI

- Abramoff M.D., Magelhaes P.J., Ram S.J. 2004. Image Processing with ImageJ. *Biophotonics International*, 2004, volume 11, issue 7, 36–42.
- Ade G., Molari G., Rondelli V. 2005. Vineyard Evaluation of a Recycling Tunnel Sprayer. *Trans. ASAE* 48(6): 2105–2112.
- Ade G., Molari G., Rondelli V. 2007. Recycling Tunnel Sprayer for Pesticide Dose Adjustment to the Crop Environment. *American Society of Agriculture and Biological Engineers* vol. 50 (2), 409–413.

- Baldoin C., Beria S., De Zanche C., Sorgato F., Dalla Pace A. 2004. Efficacy of Treatments against Downy Mildew of Grapevine with Contact Fungicides using Air Inclusion Nozzles on Different Sprayers. *Aspects of Applied Biology* 71, International Advances in Pesticide Application, (1) 247–254.
- Baldoin C., De Zanche C., Sorgato F., Zanardi W. 2005. Performances of a New Shielded Sprayer on Vineyard. *Annual Review of Agricultural Engineering* 2005, (1) 257–265.
- Baldoin C., Dalla Pace A., De Zanche C., Bondesan D., Bietresato M. 2009. Effetto del volume e della polverizzazione sull'efficienza del recupero e sull'efficacia fitoiatrica di un'irroratrice a tunnel nei vigneti. Atti IX Convegno Nazionale dell'Associazione Italiana di Ingegneria Agraria, Ischia Porto, 12–16 settembre 2009.
- Celen I.H., Durgut R.M., Avci G.G., Kilic E. 2009. Effect of Air Assistance on Deposition Distribution on Spraying by Tunnel-Type Electrostatic Sprayer. *African Journal of Agricultural Research* vol. 4(12), 1392–1397, December 2009, online at <http://www.academicjournals.org/AJAR>.
- Cerruto E. 2007. Influence of Airflow Rate and Forward Speed on the Spray Deposit in Vineyard. *Journal of Agricultural Engineering – Riv. di Ing. Agr.*, 1, 7–14.
- Cross J.V., Walklate P.J., Murray R.A., Ricardson G.M. 2003. Spray Deposits and Losses in Different Sized Apple Trees from an Axial Fan Orchard Sprayer: 3. Effects of Air Volumetric Flow Rate. *Crop Protection* 22, 381–394.
- Heinkel R., Fried A., Lange E. 2000. The Effect of Air Injector Nozzles on Crop Penetration and Biological Performance of Fruit Sprayers. *Aspects of Applied Biology*, Pesticide Application, 57, 301–307.
- Jamar L., Mostade O., Huyghebaert B., Pigeon O., Lateur M. 2010. Comparative Performance of Recycling Tunnel and Conventional Sprayers using Standard and Drift-Mitigating Nozzles in Dwarf Apple Orchards. *Crop Protection* 29, 561–566.
- Knewitz H., Weisser P., Koch H. 2002. Drift-Reducing Spray Application in Orchards and Biological Efficacy of Pesticides. *Aspects of Applied Biology*, International Advances in Pesticide Application, 66, 231–236.
- Pergher G., Petris R. 2009. A Novel, Air-Assisted Tunnel Sprayer for Vineyards: Optimization of Operational Parameters and First Assessment in the Field. *Journal of Agricultural Engineering – Riv. di Ing. Agr.*, 2009, 4, 31–38.
- Planas S., Solanelles F., Fillat A. 2002. Assessment of Recycling Tunnel Sprayers in Mediterranean Vineyards and Apple Orchards. *Biosystem Engineering*, 82 (1), 45–52.
- Porras-Soriano A., Porras Soriano M.L., Porras-Piedra A., Soriano Martin M.L. 2005. Comparison of the Pesticide Coverage Achieved in a Trellised Vineyard by a Prototype Tunnel Sprayer, a Hydraulic Sprayer, an Air-Assisted Sprayer and a Pneumatic Sprayer. *Spanish Journal of Agricultural Research* 3(2), 175–181.
- R Development Core Team. 2009. 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., Balloni S., Bonsignore R., Caruso L. 2009. Innovative Mechanisation for Goblet Vineyards Able to Improve Wine and Landscape Quality. Atti della XXXIII CIOSTA – CIGR V Conference su “Technology and management to ensure sustainable agriculture, agro-systems, forestry and safety”, Reggio Calabria, 17–19 giugno 2009, 1379–1383.

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