MACCHINE IRRORATRICI A TUNNEL CON RECUPERO: RELAZIONE TRA VOLUME EFFETTIVAMENTE DISTRIBUITO E PARAMETRI VEGETATIVI DELLA VITE

P. MARUCCO, P. BALSARI, M. GRELLA
Università degli di Torino – DiSAFA – L.go Braccini 2, Grugliasco (TO)
paolo.marucco@unito.it

RIASSUNTO

L'impiego di macchine irroratrici dotate di tunnel con sistemi di recupero della miscela erogata è sempre più diffuso nei vigneti italiani. Un aspetto critico per queste macchine è però rappresentato dal rischio di generare inquinamento puntiforme, poiché una quantità consistente di miscela fitoiatrica può rimanere inutilizzata nel serbatoio al termine del trattamento e rappresentare quindi un problema per il corretto smaltimento. Obiettivo del presente lavoro è stato lo studio di un sistema semplice e rapido per determinare quanto volume di miscela applicare su una certa unità di superficie del vigneto con un'irroratrice a tunnel con recupero, in maniera tale da rendere minimi i residui inutilizzati al termine dei trattamenti. Nel corso della stagione 2016, sono stati osservati 153 trattamenti effettuati con irroratrici a tunnel con recupero in vigneti del Nord-Est d'Italia, registrando i parametri operativi delle macchine ed i parametri vegetativi del vigneto al momento di ciascun trattamento. I risultati ottenuti hanno evidenziato un'importante correlazione tra altezza della chioma del filare (x) e deposito di miscela sulle foglie (y), espressa dall'equazione y=200•x. L'entità del deposito sul bersaglio è risultata dipendere anche dall'entità del recupero dell'irroratrice a tunnel, che è legata alla percentuale di buchi nella parete vegetativa e ciò ha reso necessario introdurre dei coefficienti correttivi nell'equazione sopracitata, rispettivamente in condizioni di scarsa oppure di piena vegetazione.

Parole chiave: altezza del filare, buchi, deposito di miscela

SUMMARY

ASSESSMENT OF VINEYARD PARAMETERS TO PREDICT THE VOLUME EFFECTIVELY APPLIED WHEN USING A RECYCLING TUNNEL SPRAYER

Tunnel sprayers equipped with spray recycling systems are becoming more and more widespread, nevertheless, they can increase risks of point source pollution mainly due to considerable spray mixture leftovers in the tank at the end of the spray application. The aim of this work was to provide the farmer with a simple tool to predict how much spray mixture has to be applied on a determined vine surface using a tunnel recycling sprayer in order to minimize the volume remaining in the tank at the end of the spray application. During the summer season 2016, PPP spray applications in 153 vineyards located in the north-east of Italy were monitored recording the sprayer settings of the tunnel recycling sprayers employed and the vegetative parameters of the plants. Results showed a high correlation between canopy height (x) and spray deposition on leaves (y) expressed by the equation y = 200•x. The spray deposition on leaves was affected also by the different recovery rates. The percentage of gaps in the vegetative wall was the main parameter affecting the recovery rate, therefore new correction coefficients had to be added to the above mentioned equation in case of poor or rich vegetation. The equation developed could be usefully applied in order to better define the volume in the spray tank of a recycling tunnel sprayer so as to minimize the amount of spray mixture residues at the end of the application.

Key words: canopy height, gaps, spray deposit

INTRODUZIONE

Le macchine irroratrici equipaggiate con tunnel e sistemi di recupero della miscela irrorata che oltrepassa il bersaglio si stanno diffondendo sempre di più soprattutto nel settore viticolo, grazie alla loro capacità di contenere notevolmente le perdite di prodotto rispetto alle macchine convenzionali (Ade et al., 2007; Pergher et al., 2013). Le irroratrici a tunnel sono impiegate soprattutto nelle aree viticole situate in pianura, dove è più agevole manovrarle e nei vigneti che si trovano in prossimità di aree sensibili all'inquinamento (es. corpi idrici, centri abitati, ecc.) poiché è riconosciuta la loro capacità di contenere la deriva (Herbst et al., 2012; TCT, 2013, www.helpdeskwater.nl; www.phytoweb.be). Nonostante gli indubbi vantaggi legati alla possibilità di distribuire bassi volumi, risparmiare agrofarmaci e incrementare la capacità operativa, le machine irroratrici a tunnel con recupero presentano tuttavia l'inconveniente, finora poco considerato, di poter rappresentare un'importante sorgente di inquinamento puntiforme. Ciò è legato alla difficoltà di conoscere "a priori" la quantità di miscela che verrà effettivamente distribuita sulla vegetazione e, pertanto, di definire con precisione il volume di miscela da introdurre nel serbatoio della macchina per una certa superficie di vigneto da trattare. Come conseguenza può accadere che elevati volumi di miscela fitoiatrica rimangano inutilizzati nel serbatoio della macchina al termine del trattamento (Tamagnone et al., 2013), generando difficoltà nell'ottenere un efficace lavaggio interno della macchina e nel successivo smaltimento in campo delle acque di lavaggio che a causa della loro ancora elevata concentrazione di fitofarmaci potrebbero rivelarsi fitotossiche.

Al fine di fornire agli operatori uno strumento di semplice ed immediato utilizzo per poter predeterminare la quantità di miscela da applicare con un'irroratrice a tunnel con recupero su una certa superficie di vigneto, è stata condotta una specifica indagine in una decina di aziende viticole italiane, misurando la quantità di miscela effettivamente depositata sulla vegetazione operando con questa tipologia di macchina in funzione dello sviluppo vegetativo del vigneto, determinato attraverso una serie di parametri quali l'altezza della chioma del filare, stadio fenologico (scala BBCH), numero di strati fogliari, percentuali di buchi nella vegetazione, densità fogliare.

MATERIALI E METODI

Tra Aprile ed Agosto 2016, sono stati analizzati 153 trattamenti effettuati con irroratrici a tunnel con recupero in una cinquantina di vigneti dell'Italia nord-orientale, situati in particolare nelle province di Reggio Emilia, Brescia, Treviso e Udine. Per ciascun trattamento sono stati registrati i parametri operativi impiegati sulle irroratrici (in tutti i trattamenti esaminati sono stati impiegati due soli modelli: Bertoni-Arcobaleno e Friuli Drift recovery 2000 L, figura 1 e tabella 1) ed i parametri vegetativi del vigneto. Complessivamente le osservazioni sono state condotte su 14 diverse varietà di vite allevate a spalliera oppure a cortina, negli stadi fenologici compresi tra BBCH 11 (prima foglia distesa) e BBCH 81 (inizio maturazione degli acini).

Figura 1. Irroratrici a tunnel con recupero Friuli Drift Recovery (A) e Bertoni Arcobaleno (B) utilizzate nei vigneti oggetto dell'indagine.

A)

B)

Tabella 1. Principali caratteristiche tecniche delle macchine irroratrici a tunnel con recupero utilizzate nei vigneti oggetto dell'indagine.

	Friuli Drift Recovery	Bertoni Arcobaleno
Capacità nominale del serbatoio	2000 L	1000 o 2000 L
Numero di pannelli	4	4
Numero di ugelli per pannello	8	9
Numero e tipologia di ventilatori	4 assiali (uno per pannello) ad azionamento idraulico	16 assiali (4 per pannello) ad azionamento elettrico
Portata massima del singolo ventilatore	3000 m^3/h	2500 m^3/h

Per ciascun trattamento sono stati registrati i seguenti parametri operativi dell'irroratrice: numero e dimensione degli ugelli attivi, pressione di esercizio, velocità di avanzamento, volume di miscela erogato (a), volume recuperato (b) e volume di miscela depositato sul bersaglio (calcolato come differenza a-b). In particolare, il volume di miscela erogato (a) è stato determinato misurando: 1) la velocità di avanzamento dell'irroratrice lungo 50 metri di vigneto; 2) la portata di ciascun ugello attivo (L/min) impiegando un cilindro graduato ed un cronometro. Conoscendo la distanza tra i filari del vigneto è stato quindi possibile calcolare l'entità del volume di miscela effettivamente distribuito. Il volume recuperato dalla macchina irroratrice (b) è stato determinato come differenza tra il volume distribuito (a) e quello effettivamente consumato nel serbatoio della macchina. Quest'ultimo è stato misurato effettuando la distribuzione su una superficie nota del vigneto (pari ad almeno 0,4 ha) e verificando la quantità di miscela presente nel serbatoio dell'irroratrice all'inizio ed al termine dell'applicazione. Ciò è stato fatto posizionando la macchina su una superficie piana e registrando il valore indicato dalla scala di lettura del serbatoio. Si è quindi assunto che la differenza tra i volumi (a) e (b) corrispondesse al volume di miscela depositato sul bersaglio, considerando trascurabili, per le irroratrici a tunnel con recupero, le perdite di prodotto a terra e per deriva.

In ciascun vigneto oggetto dei trattamenti analizzati, utilizzando la tecnica del Point Quadrat, sono stati registrati i seguenti parametri vegetativi: altezza e larghezza della chioma, stadio fenologico (scala BBCH), numero di strati fogliari, percentuali di buchi nella vegetazione, densità fogliare; sulla base delle misure acquisite sono quindi stati calcolati il LAI (Leaf Area Index), LWA (Leaf Wall Area) ed il TRV (Tree Row Volume). In particolare, i rilievi con la tecnica del Point Quadrat sono stati condotti, in ogni vigneto, su almeno quattro parcelle rappresentative, ciascuna con un numero di piante di vite compreso tra 2 e 7, in funzione del sesto d'impianto. Ciascun rilievo è stato effettuato inserendo un'asta perpendicolarmente alla chioma del filare e sono stati contati i contatti dell'asta con la vegetazione. In ciascuna parcella l'asta è stata inserita a tre diverse altezze da terra ed ogni 30 cm lungo lo sviluppo del filare fino a raggiungere un totale di almeno 40 punti di misura per parcella, ovvero 200 per ciascun vigneto ed epoca di sviluppo vegetativo.

Con i dati raccolti è stata calcolata la correlazione (R^2) tra ciascun parametro vegetativo e il deposito ottenuto sulla vegetazione e si è ricercata una semplice equazione che, noto un parametro vegetativo, fosse in grado di calcolare l'effettivo volume di miscela depositato sulla vegetazione.

RISULTATI

Considerando l'insieme dei dati acquisiti nel corso dell'indagine, è emerso che il valore dell'LWA (Leaf Wall Area) è risultato compreso tra un minimo di 900 m^2/ha ed un massimo di 14400 m^2/ha, quello del TRV tra un minimo di 45 m^3/ha ed un massimo di 7800 m^3/ha e quello del LAI tra un minimo di 0,0027 m^2/m^2 ed un massimo di 2,1 m^2/m^2

Tutte le macchine irroratrici esaminate montavano ugelli a turbolenza Albuz ATR con angolo di apertura di 80° e con portata nominale misurata a 1 MPa compresa tra 0,51 e 1,05 L/min. Il numero di ugelli attivati per trattare un singolo filare variava da 4 a 18 in funzione dello sviluppo vegetativo mentre la pressione di esercizio impiegata per effettuare i trattamenti è risultata compresa tra 0,8 e 1,6 MPa e la velocità di avanzamento adottata tra 4,5 e 10,0 km/h.

Tutti i trattamenti esaminati sono quindi stati effettuati con un livello di polverizzazione delle gocce fine o molto fine; secondo Tamagnone et al. 2010, infatti, i valori del VMD misurati per gli ugelli a turbolenza analoghi a quelli montati sulle irroratrici esaminate, misurati a 0,30 MPa di pressione, risultano compresi tra 66 e 86 µm.

I volumi di distribuzione registrati nel corso dell'indagine sono variati da un minimo di 150 ad un massimo di 600 L/ha, aumentando generalmente nel corso dello sviluppo vegetativo del vigneto. Il volume di miscela che si è calcolato come effettivamente depositato sulla vegetazione è risultato compreso tra 36 e 450 L/ha; a ciò è corrisposta pertanto una percentuale di recupero della miscela erogata, ottenuta grazie al tunnel, compresa tra il 10%, in piena vegetazione, e l'84%, nelle prime fasi vegetative del vigneto. In tutti i trattamenti esaminati non è stato osservato alcun gocciolamento della miscela irrorata dalla vegetazione irrorata.

L'analisi statistica dei dati ottenuti ha indicato un'elevata e positiva correlazione tra il volume depositato sul bersaglio ed i parametri vegetativi presi in considerazione, fatta eccezione per la percentuale di buchi (tabella 2). Sebbene la correlazione migliore sia stata ottenuta tra il volume depositato sulla vegetazione ed il LAI ($R^2 = 0,775$), anche per l'altezza della vegetazione del filare è stata riscontrata una buona correlazione ($R^2 = 0,759$). Poiché l'altezza del filare è un parametro vegetativo molto semplice da misurare, si è preferito sviluppare un modello di equazione basato su quest'ultimo parametro.

Tabella 2. Correlazioni tra il volume depositato sul bersaglio impiegando le irroratrici a tunnel con recupero ed i parametri vegetativi del vigneto ottenute sulla base dei dati raccolti in 153 trattamenti.

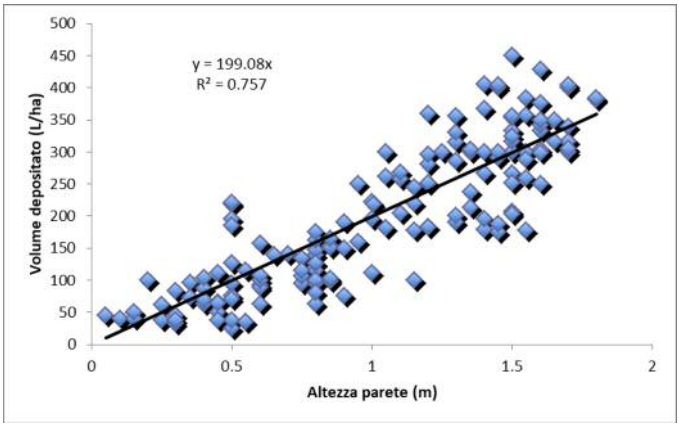
Parametri vegetativi	R^2	Tipo di correlazione
Stadio fenologico (BBCH)	0,671	+
Altezza della chioma del filare (m)	0,757	+
Larghezza della chioma del filare (m)	0,546	+
Numero di strati fogliari	0,621	+
Buchi nella vegetazione (%)	0,723	-
LWA (m^2/ha)	0,703	+
TRV (m^3/ha)	0,722	+
Densità fogliare (m^2/m^3)	0,296	+
LAI (m^2/m^2)	0,775	+

In Figura 2 è riportata la distribuzione dei valori del volume depositato sul bersaglio (L/ha, in ordinata) rispetto all'altezza della vegetazione nel filare (m, in ascissa) e la linea di tendenza risultante la cui equazione può essere approssimata in:

$y = 200\ x$ [1]

Tale linea di tendenza descrive la situazione media registrata nel corso dei trattamenti esaminati nel corso dell'indagine.

Figura 2. Relazione tra volume depositato sul bersaglio impiegando irroratrici a tunnel con recupero e altezza della chioma del filare. Nel grafico è riportata l'equazione della linea di tendenza ed il relativo valore di R^2.



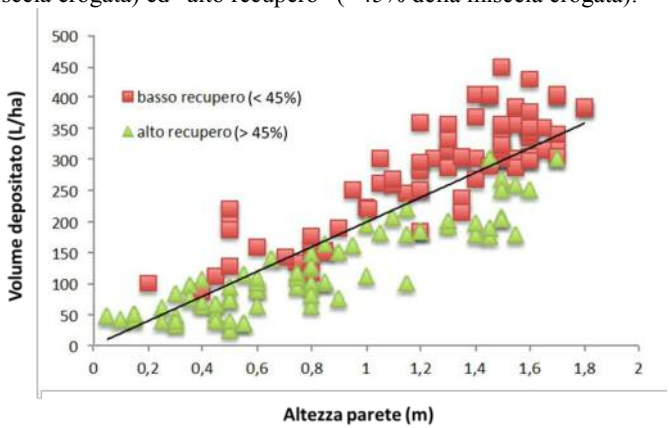
DISCUSSIONE E CONCLUSIONI

I vigneti esaminati, allevati a spalliera o a cortina, e caratterizzati da larghezza dell'interfila compresa tra 1,8 e 3,4 m e densità d'impianto tra 670 e 5700 piante per ettaro, possono essere considerati rappresentativi della maggior parte dei vigneti coltivati in Italia.

Considerando il volume effettivamente depositato sulla vegetazione come differenza tra quello erogato complessivamente dalla macchina e quello recuperato dalla stessa, si può dedurre che i punti del grafico, rappresentato in figura 3, che si trovano al di sotto della linea di tendenza, corrispondano ad un elevato recupero di miscela della macchina (e quindi ad un deposito sulla vegetazione modesto), mentre quelli che si trovano al di sopra della linea di tendenza corrispondano ad un ridotto recupero di miscela della macchina e, di conseguenza, ad un elevato deposito sul bersaglio.

Infatti, dividendo i punti riportati nel grafico in figura 3 in due gruppi, rispettivamente con valori della percentuale di recupero della miscela superiori oppure inferiori al valore medio del campione esaminato, pari al 45% del volume erogato dalla macchina, si può osservare che la linea di tendenza discrimina bene i punti sul grafico e descrive la situazione media riscontrata nei trattamenti al vigneto esaminati nel corso dell'indagine.

Figura 3. Relazione tra il volume depositato sul bersaglio impiegando le irroratrici a tunnel con recupero e l'altezza della parete vegetativa del filare, dividendo i dati tra "basso recupero" (<45% della miscela erogata) ed "alto recupero" (>45% della miscela erogata).



Effettuando ulteriori elaborazioni dei dati ottenuti si è ricercato un coefficiente di correzione K da introdurre nell'equazione [1], basato sui parametri vegetativi del vigneto in grado di influenzare la percentuale di miscela recuperata con un'irroratrice a tunnel (tabella 3). In questo caso, i valori dei coefficienti di correlazione (R2) sono risultati minori rispetto a quelli riportati in tabella 2, indicando che verosimilmente la quantità di miscela recuperata dall'irroratrice è influenzata da un insieme di diversi parametri vegetativi del vigneto. Il solo parametro vegetativo del vigneto che ha evidenziato una correlazione positiva è stata la percentuale di buchi nella vegetazione del filare.

Tabella 3. Correlazioni tra il volume di miscela fitoiatrica recuperato impiegando le irroratrici a tunnel ed i parametri vegetativi del vigneto ottenute sulla base dei dati raccolti in 153 trattamenti.

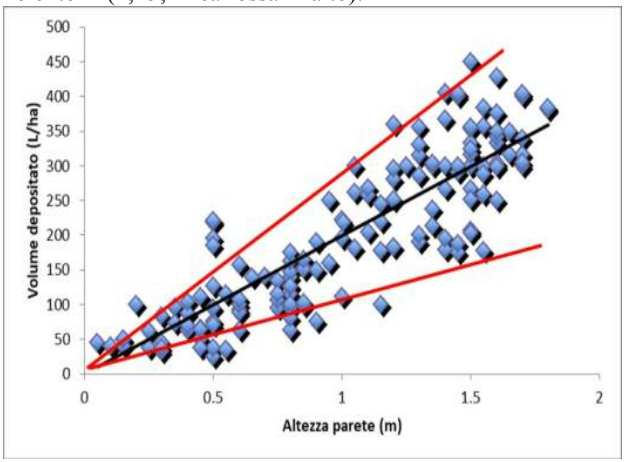
Parametri vegetativi	R^2	Tipo di correlazione
Stadio fenologico (BBCH)	0,334	-
Altezza della chioma del filare (m)	0,301	-
Larghezza della chioma del filare (m)	0,307	-
Numero di strati fogliari	0,369	-
Buchi nella vegetazione (%)	0,474	+
LWA (m^2/ha)	0,312	-
TRV (m^3/ha)	0,319	-
Densità fogliare (m^2/m^3)	0,240	-
LAI (m^2/m^2)	0,382	-

Sulla base di queste considerazioni l'equazione [1] è stata modificata introducendo il coefficiente K che tiene conto della percentuale di buchi nella vegetazione:

$y = 200 \cdot x \cdot K$ [2] dove K = (1 + (45 - % buchi) / 100) e 45 è il valore medio della percentuale di recupero della miscela erogata ottenuto con le irroratrici a tunnel.

Inserendo in questa formula, un coefficiente K compreso tra un valore minimo di 0,55 (che si ottiene con una percentuale di buchi nella vegetazione del 90%, quindi nelle prime fasi vegetative) ed un valore massimo di 1,45 (che si ottiene con una percentuale di buchi nella vegetazione pari a 0, quindi in piena vegetazione) è stato possibile includere oltre il 90% dei dati registrati nel corso dell'indagine (figura 4).

Figura 4. Relazione tra il volume depositato sul bersaglio e l'altezza della parete del filare ottenuta sulla base dei dati raccolti nell'indagine, con rappresentazione grafica dell'equazione *y=200x* (linea nera) e della distribuzione dei punti tra le linee ottenute applicando nell'equazione [2] il valore minimo del coefficiente K (0,55; linea rossa in basso) e il valore massimo del coefficiente K (1,45; linea rossa in alto).



Ad esempio, se si considera di trattare un vigneto caratterizzato da un'altezza della fascia vegetative del filare pari a 0.8 m e da una percentuale di buchi nella vegetazione del 25%, il volume di miscela da introdurre nel serbatoio della macchina per ogni ettaro di vigneto risulta:

$y = 200 \cdot x \cdot K = 200 \cdot 0.8 \cdot (1+(45-25)/100) = 192$ L

L'equazione [2] può essere pertanto utilizzata dall'agricoltore per stabilire il volume di miscela fitoiatrica da inserire nel serbatoio di un'irroratrice a tunnel con recupero al fine di completare il trattamento senza avanzare consistenti residui di miscela nel serbatoio, se non la frazione di liquido che la pompa non è tecnicamente in grado di aspirare.

Ciò comporta dei benefici sia economici (evitando sprechi di agrofarmaco), che di tipo ambientali, poichè le operazioni di pulizia dell'irroratrice si possono effettuare in maniera efficace anche direttamente in campo con la ridotta quantità di acqua pulita disponibile nel serbatoio lava impianto e si riducono i rischi di generare inquinamento puntiforme.

Ulteriori studi sono in corso per consolidare l'equazione [2] sia analizzando anche i trattamenti effettuati impiegando ugelli antideriva ad iniezione d'aria che generano gocce più grosse, ed operando in ulteriori areali viticoli, sia attraverso il confronto sperimentale fra il volume stimato e quello reale.

RINGRAZIAMENTI

Gli Autori desiderano ringraziare Bayer CropScience per aver finanziato l'indagine sui trattamenti in vigneto effettuati con macchine irroratrici a tunnel con recupero condotta nel corso del 2016.

LAVORI CITATI

AA.VV. Evaluation of new drift-reducing equipments: classification criteria and procedure in Belgium. Website: www.phytoweb.be

Ade G, Molari G, Rondelli V, 2007. Recycling Tunnel Sprayer for Pesticide Dose Adjustment to the Crop Environment. *Transactions of the ASABE*, 48(6): 2105 – 2112.

Pergher G, Gubiani R, Cividino S R S, Dell'Antonia D, Lagazio C, 2013. Assessment of spray deposition and recycling rate in the vineyard from a new type of air-assisted tunnel sprayer. *Crop Protection*, 45, 6-14.

Tamagnone M, Bozzer C, Ghigo D, Balsari P. 2010. Prime verifiche funzionali di una macchina irroratrice dotata di sistemi di recupero - Test methods for tunnel sprayers evaluation. *Atti giornate fitopatologiche*, 2010, 2, 43-48.

Tamagnone M, Balsari P, Bozzer C, 2013. Performance evaluation of recycling sprayer in vineyard. *Acta Horticulturae, 2*013, 978, 199-204.

TCT, 2013. List with drift reducing technologies and nozzles. Website: www.helpdeskwater.nl

Balsari P., Tamagnone M., Oggero G., Marucco P., 2012[b]. Assessmente of droplets size and flow rate of nozzle used on knapsack sprayer. *Aspects of Applied Biology* n° 114, pag 1-7.