

RICERCA APPLICATA

Obiettivo: PRECISION SPRAYING

Nell'ottica dello sviluppo di strumenti innovativi per una difesa sostenibile, mondo della ricerca e della filiera dei fornitori collaborano per realizzare irroratrici sempre più "smart", capaci di migliorare la qualità e l'efficienza della distribuzione dei prodotti fitosanitari. Sintesi dei risultati ottenuti con i prototipi realizzati all'interno dei progetti Novagri e Agritech condotti da DiSAFA dell'Università di Torino

Negli ultimi anni, il mondo della ricerca ha dedicato notevoli sforzi e risorse allo sviluppo di strumenti innovativi per la distribuzione sostenibile dei prodotti fitosanitari. In questo quadro, l'attenzione si è progressivamente spostata verso tecnologie in grado di mettere in pratica il concetto di agricoltura di precisione, ovvero concepite per migliorare l'efficienza dei trattamenti adattandoli all'eterogeneità delle colture. Tale variabilità risulta particolarmente marcata nelle colture arboree, caratterizzate dall'evoluzione stagionale della chioma, da differenti sedi di impianto, dalla presenza di fallanze e da differenti varietà e forme di allevamento. In questi scenari operativi, l'impiego dei metodi tradizionali di distribuzione, che prevedono l'applicazione della miscela a volume

costante sull'intera superficie trattata, genera due conseguenze critiche: da un lato si verificano sovra- o sotto dosaggi poiché non viene considerata la reale superficie vegetativa esposta e, dall'altro, si registrano perdite ambientali significative, che nei primi stadi vegetativi possono superare il 70% della miscela distribuita, con ricadute negative sia di tipo economico, sia di tipo ambientale. Un ulteriore fattore che influisce sulla qualità della distribuzione è rappresentato dal corretto impiego dell'aria generata dalle macchine aerassistite: volumi e velocità non adeguati, sia in eccesso sia in difetto, possono causare deriva aerea e perdite a terra, insufficiente penetrazione della miscela fitoiatrica in chioma, o rimozione del prodotto dalle foglie per effetto dell'eccessiva velocità dell'aria. Il concetto di distribuzione mirata si fonda, quindi, sulla capacità delle moderne macchine

irroratrici di adattare in tempo reale il volume di miscela erogata in funzione delle caratteristiche del bersaglio (Variable Rate Application = VRA) e, in alcuni casi, anche di orientare e regolare il flusso d'aria in termini di volume e direzione, così da massimizzare l'efficacia del trattamento e ridurre le perdite nell'ambiente.

Negli ultimi anni, l'Unità di Meccanica Agraria del DiSAFA dell'Università di Torino ha partecipato a diversi progetti, sia a livello nazionale sia internazionale, con l'obiettivo di sviluppare prototipi di irroratrici "smart" capaci di migliorare la qualità e l'efficienza della distribuzione dei prodotti fitosanitari. Queste attività di ricerca sono state condotte in stretta collaborazione con aziende italiane del settore, così da unire le competenze tecniche di queste ultime con quelle scientifiche del mondo accademico.

di FABRIZIO GIOELLI,
CORINNA ASTENGO,
ELISABETTA
BIANCANIELLO,
CLAUDIO BOZZER,
PAOLO MARUCCO,
ERIC MOZZANINI,
GIANLUCA OGGERO,
MARCO RESECCO,
ANTONIO J. SOZZI,
MARCO GRELLA

Dipartimento di Scienze
Agrarie,
Forestali e Alimentari,
Università di Torino

IL PROGETTO NOVIAGRI

Un primo esempio concreto è costituito dal progetto Novagri (finanziato dalla Regione Piemonte nell'ambito della Misura 16 del PSR 2014-2020) nel corso del quale è stato realizzato un prototipo di irroratrice da vigneto sulla base di un atomizzatore portato, prodotto dalla ditta Dragone Srl. Quest'ultimo è dotato di un convogliatore dell'aria a torretta, sette ugelli per lato, serbatoio in polietilene da 400 litri e ventilatore assiale da 700 mm di diametro. Il prototipo (Fig. 1), sviluppato in collaborazione con la ditta Spezia Srl e Appleby Italiana Srl, presenta diverse soluzioni tecniche che consentono non solo di attivare/disattivare la distribuzione in funzione della presenza o assenza del bersaglio, ma anche di modulare il volume di miscela distribuita in funzione della densità della coltura bersaglio.

Il sistema di distribuzione a rateo variabile è basato sulla tecnologia Pulse Width Modulation (PWM) che, grazie a quattordici valvole solenoidi (una per ugello), consente di modulare in tempo reale il volume di distribuzione della miscela fitoiatrica grazie alla variazione del rapporto tra il tempo di

apertura e quello di chiusura dell'ugello (definito duty cycle - DC). Per meglio chiarire il concetto, un DC pari al 100% corrisponderà alla massima portata (ugello sempre aperto), mentre riduzioni del DC comporteranno una riduzione (sebbene non perfettamente proporzionale) del volume di liquido erogato dall'ugello nell'unità di tempo. Il vantaggio delle valvole PWM consiste nella possibilità di variare il volume di distribuzione in tempo reale senza dover intervenire sulla pressione del circuito idraulico (e di mantenere quindi costante la dimensione delle gocce prodotte dai singoli ugelli). Il prototipo è integrato da due sensori a ultrasuoni, installati a bordo trattore, che rilevano la presenza e la densità della chioma. Questa informazione viene tradotta dall'unità centrale di controllo della macchina in un valore di ciclo di lavoro del sistema PWM. In questo modo, il volume distribuito viene continuamente adattato (con aggiornamenti ogni 100 millisecondi) in base alla velocità di avanzamento dell'irroratrice, alla pressione del circuito idraulico preimpostata e alla quantità di vegetazione. La distribuzione si

interrompe automaticamente in corrispondenza di fallanze o durante le svolte alle estremità dei filari.

Il prototipo integra, inoltre, due ulteriori sensori ad ultrasuoni, installati sui due deflettori presenti alla sommità della torretta, la cui funzione è quella di individuare il margine superiore della parete vegetativa. In funzione dell'altezza di quest'ultima, infatti, appositi attuatori elettrici modificano opportunamente l'inclinazione delle sei alette defletttrici presenti su ciascun lato della parte sommitale del convogliatore a torretta, così da orientare correttamente il flusso d'aria - e di conseguenza lo spray erogato - verso la vegetazione. Infine, il volume d'aria prodotto dal ventilatore è a sua volta regolabile tramite diaframmi di diverso diametro da applicare manualmente prima dell'inizio del trattamento sulla sezione di aspirazione del ventilatore. Questi diaframmi vengono selezionati attraverso l'App Novagri, sviluppata anch'essa nell'ambito del progetto, grazie alla collaborazione tra il DiSAFA e CSP Innovazione nelle ICT (per approfondimenti vedi box a pagina 21).



FIGURA 1 - Il prototipo di macchina irroratrice smart sviluppato nell'ambito del progetto Novagri

Prove sperimentali in campo

Il prototipo, a seguito della sua messa a punto, è stato sottoposto a una serie di prove per valutarne le prestazioni presso un vigneto rappresentativo della viticoltura piemontese e ubicato a San Marzano Oliveto (At). Le prove si sono svolte in due epoche, caratterizzate da differenti livelli di sviluppo della chioma: la prima a giugno (post-floritura, BBCH 69) e la seconda ad agosto (pieno sviluppo vegetativo, BBCH 83).

In particolare, la macchina è stata impiegata in tre configurazioni operative:

- **STANDARD:** distribuzione tradizionale a volume costante, sistema di riconoscimento della vegetazione e di regolazione dell'aria disattivati;
- **SMART:** distribuzione a volume costante, ma

con riduzione della portata dell'aria e sistema per l'orientamento automatico dei deflettori attivo.

● **FULL-SMART:** tutta l'elettronica di bordo attivata. Di conseguenza la macchina, oltre ad operare con un volume d'aria ridotto e a orientare automaticamente il profilo dell'aria verso il bersaglio, era in grado di rilevarne la presenza e il livello di sviluppo della chioma e di adattare, di conseguenza, il volume di distribuzione fino ad azzerarlo in corrispondenza di fallanze e delle svolte in capezzagna.

Nel corso delle prove, eseguite distribuendo una miscela di acqua e tracciante (E-102 giallo di tartrazina), sono stati misurati: il deposito in chioma, la deriva aerea e le perdite a terra.



I risultati

I risultati hanno evidenziato come la modalità full-smart garantisca i maggiori benefici in termini di sostenibilità ambientale ed efficienza della distribuzione. Nello specifico, le perdite per deriva aerea, sia sopra la chioma sia attraverso le fallanze, diminuiscono fino a circa il 90% grazie alla regolazione automatica delle alette defletttrici dell'aria e all'interruzione dell'erogazione della miscela in assenza di vegetazione, o in corrispondenza delle svolte in capezzagna. Quando la macchina opera in modalità completamente automatica, anche le perdite a terra si riducono sensibilmente (fino al -50%), mentre in configurazione smart (che non prevede la chiusura degli ugelli in corrispondenza delle fallanze, ma controlla solo l'orientamento delle alette defletttrici dell'aria verso il bersaglio), le perdite a terra possono risultare più consistenti.

L'APP NOVIAGRI

UNA GUIDA PRATICA E INTUITIVA PER LA REGOLAZIONE PIÙ APPROPRIATA DELL'ATOMIZZATORE

L'App Noviagri è stata realizzata da CSP Innovazione nelle ICT, in collaborazione con il DISAFA, con l'obiettivo di fornire all'agricoltore e/o al tecnico di campo una guida pratica ed intuitiva per la regolazione più appropriata dell'atomizzatore in funzione delle caratteristiche dimensionali della chioma del vigneto, quindi dello stadio vegetativo, del sesto d'impianto e della forma di allevamento. Il volume di miscela fitoiatrica suggerito, che corrisponde a quello che si applicherebbe a rateo fisso (ossia in assenza di sensori e valvole PWM), determina l'indicazione della pressione di esercizio, della velocità di avanzamento, del numero e della dimensione degli ugelli da attivare su ciascun lato della macchina; parallelamente viene indicata la dimensione del diaframma da applicare sulla sezione di aspirazione del ventilatore, in modo tale da generare la portata d'aria più adeguata. L'App permette anche, in base alle dosi prescritte, di calcolare la quantità di prodotto fitosanitario da immettere nel serbatoio per ciascun riempimento dello stesso al fine di completare il trattamento sull'intero vigneto. Grazie alla mappatura GPS, per ciascun appezzamento, è possibile identificare e registrare le condizioni meteorologiche ed i parametri operativi utilizzati in ciascun trattamento nel corso della stagione.



Verifica dell'efficacia dei trattamenti e dei consumi reali

A seguito delle prove in campo, il prototipo è stato impiegato da un'azienda viticola per effettuare i trattamenti fitosanitari lungo un'intera stagione agraria con il duplice obiettivo di verificare sia l'efficacia biologica dei trattamenti, sia i reali consumi di miscela fitosanitaria.

A questo scopo, la macchina è stata impiegata in ciascuna delle tre configurazioni in altrettanti appezzamenti della medesima dimensione (circa 900-950 m²), mentre in un quarto appezzamento - utiliz-

zato come testimone - non è stato effettuato alcun trattamento.

Dal punto di vista del consumo di miscela fitosanitaria, nei cinque trattamenti effettuati dall'agricoltore, l'uso del prototipo in modalità full-smart ha permesso un risparmio medio del 53% rispetto alle configurazioni standard e smart, con valori che variano dal 42% nei trattamenti in piena vegetazione fino al 69% all'inizio della stagione vegetativa. Il dato non sorprende poiché i benefici dell'impiego di volumi

di distribuzione variabili aumentano all'aumentare della variabilità della parete vegetativa (condizione che si verifica, appunto, nei primi stadi di sviluppo delle piante).

L'efficacia biologica dei trattamenti è stata valutata con rilievi condotti secondo la metodologia EPPO e monitorando incidenza e severità delle principali malattie fungine (oidio e peronospora) su dieci viti per filare. Al termine della stagione, le viti delle parcelle trattate (indipendentemente dalla configurazione della macchina)

non hanno mostrato sintomi significativi di malattia né sulle foglie né sui grappoli. Solo nel testimone non trattato è stata rilevata una leggera presenza di infezione (circa 2% di incidenza), manifestata esclusivamente come "macchie d'olio" sulle foglie, senza sporulazione.

Tuttavia, è necessario sottolineare che la stagione nel corso della quale sono state condotte le prove è stata caratterizzata da forte siccità, condizione poco favorevole allo sviluppo delle malattie fungine.

CONCLUSIONI

In sintesi, il prototipo Noviagri (ora commercializzato come "atomizzatore DOVA.R.T (Dose Variabile Real Time)" dalla ditta Spezia s.r.l. e vincitore del premio Segnalazione EIMA 2024) ha dimostrato come l'integrazione di sensori, sistemi PWM e regolazione in tempo reale della direzione dell'aria consenta di ridurre drasticamente sprechi e dispersioni di prodotto nell'ambiente, sebbene il dato di efficacia biologica vada ancora validato nel corso di ulteriori stagioni agrarie. Un ulteriore vantaggio consiste nel fatto che il kit sensori ultrasuoni + valvole PWM + diaframmi per il ventilatore può essere installato anche su atomizzatori già in uso (kit retrofitting), con costi contenuti rispetto all'acquisto dell'intera macchina.

IL PROGETTO AGRITECH

L'esperienza maturata con il prototipo Noviagri ha dimostrato l'affidabilità dei sensori a ultrasuoni che, tuttavia, presentano un limite: sono in grado di rilevare solo porzioni circoscritte della chioma, come la fascia grappoli. Di conseguenza, il volume di distribuzione viene calcolato sulla base della densità misurata in quella sezione e applicato in maniera uniforme lungo l'intero profilo verticale della pianta.

Per ovviare a questo limite e ottenere un controllo più preciso della distribuzione, nell'ambito del progetto PNRR-Agritech è stato sviluppato un secondo prototipo (Fig. 2) che riprende l'architettura di quello Noviagri in termini di gestione della direzione e del volume dell'aria, nonché di regolazione dei volumi distribuiti tramite sistema PWM. Il prototipo è stato realizzato grazie alla collaborazione tra il DISAFA, le ditte Spezia Srl, Appleby Italiana e altre aziende private che hanno fornito i componenti meccanici ed elettronici del prototipo.

La base di partenza per la realizzazione del prototipo è stata un'irroratrice portata di tipo convenzionale, prodotta dall'azienda Carrarospray OCLL (Villanova, Pd), con serbatoio in polietilene da 400 litri e ventilatore assiale da 720 mm, accoppiato a un convogliatore d'aria a torretta con 18 deflettori per lato. Come nel caso della macchina Noviagri, le sei alette defletttrici poste alla sommità del convogliatore su ciascun lato sono azionate elettricamente e seguono il profilo della chioma grazie ai segnali di due sensori a ultrasuoni montati sulla parte superiore della torretta.

La novità principale della macchina Agritech consiste nell'impiego di una stereocamera (fornita da Appleby Italiana che ha anche realizzato l'algoritmo di controllo della macchina), capace di "leggere" in tempo reale su entrambi i filari adiacenti al passaggio della macchina l'intero profilo verticale della chioma - dalla fascia grappoli fino alla sommità - e di restituire un valo-

re indice di volume di vegetazione per ciascuna delle quattro fasce di altezza da terra in cui viene suddivisa la chioma (0-50 cm; 50-100 cm; 100-150 cm; 150-200 cm).

I dati raccolti vengono elaborati dall'unità centrale di controllo, che regola in maniera indipendente il volume di miscela distribuito nelle diverse fasce della parete vegetativa. A questo scopo, i sette ugelli per lato della macchina sono stati suddivisi in tre sezioni di barra: parte bassa (3 ugelli), parte centrale (2 ugelli) e parte alta (2 ugelli). Questi ultimi, comandati singolarmente tramite valvole PWM, permettono di adattare il volume di distribuzione alla reale densità della vegetazione nelle diverse porzioni della chioma. In questo modo il trattamento risulta estremamente mirato, riducendo al minimo le perdite e garantendo il massimo deposito sul bersaglio.

Dalle prime verifiche sperimentali, eseguite sul prototipo su un vigneto in piena vegetazione, è emerso che la distribuzione a rateo variabile consente un risparmio di miscela fitosanitaria nell'ordine del 35% rispetto alla distribuzione a volume costante.

FIGURA 2

a) la macchina irroratrice sviluppata nell'ambito del progetto PNRR-Agritech.
b) particolare della stereocamera installata frontalmente al trattore



Lo studio del prototipo di irroratrice Agritech è stato svolto nell'ambito del Centro Nazionale Agritech, finanziato dall'Unione Europea - NextGenerationEU (Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza) (PNRR) - MISSIONE 4 COMPONENTE 2, INVESTIMENTO 1.4 - D.D. 1032/17/06/2022, CN00000022).

I punti di vista e le opinioni espresse sono quelli degli autori e non riflettono necessariamente quelli dell'Unione europea o della Commissione europea. Né l'Unione Europea né la Commissione Europea possono essere ritenute responsabili per essi."