

VALUTAZIONE DEI DEPOSITI E DELLE PERDITE AL SUOLO SU FRAGOLA FUORI SUOLO DI UN'IRRORATRICE A CANNONE IMPIEGATA CON DIVERSE CONFIGURAZIONI

D. BONDESAN, C. RIZZI, T. FATTORE, P. MIORELLI
Fondazione Edmund Mach, via E. Mach 1, 38098 San Michele all'Adige (TN)
daniel.bondesan@fmach.it

RIASSUNTO

L'obiettivo di questo studio è stato quello di valutare l'impiego di tecniche di applicazione alternative all'applicazione standard con irroratrice a cannone su fragola fuori suolo in tunnel alto, ossia la riduzione del volume di applicazione, l'uso della carica elettrostatica e di ugelli ad iniezione d'aria. I depositi sono risultati simili per tutte le tecniche di applicazione sulla parte esterna della chioma. All'interno della chioma, sono state riscontrate alcune differenze significative solo per i depositi recuperati nella parte centrale del tunnel. In questo caso, l'irrorazione elettrostatica ha mostrato il valore medio di deposito più elevato, mentre gli ugelli a iniezione d'aria hanno segnato il valore più basso. Tuttavia, il deposito a terra recuperato all'esterno del tunnel per la configurazione elettrostatica non si è differenziato dalla maggior parte delle altre configurazioni testate. L'irroratrice dotata di ugelli ad iniezione d'aria ha mostrato perdite significativamente maggiori in prossimità del tunnel e significativamente inferiori a partire da 3,5 m dall'apertura del tunnel rispetto alle altre configurazioni. In generale, queste tecniche di irrorazione potrebbero essere considerate delle alternative alla pratica di riferimento per le fragole. Ulteriori studi saranno necessari per confermare le osservazioni sopra descritte.

Parole chiave: piccoli frutti, coltura protetta, ugelli anti-deriva, miscele concentrate, ugelli a turbolenza

SUMMARY

EVALUATION OF DEPOSITS AND GROUND LOSSES OBTAINED BY A CANNON SPRAYER USED WITH DIFFERENT CONFIGURATIONS IN HIGH-TUNNEL STRAWBERRY

The aim of this study was to evaluate the use of alternative application techniques to standard cannon sprayer application on strawberries grown in high tunnels, namely the reduction of application volume, the use of electrostatic charge, and air injection nozzles. The deposits were similar for all application techniques on the external part of the canopy. Inside the canopy, some significant differences were found only for the deposits retrieved in the central part of the tunnel. In this case, electrostatic spraying showed the highest average deposit value, while air injection nozzles showed the lowest value. However, the ground deposition recovered outside the tunnel for the electrostatic configuration did not differ from most of the other configurations tested. The sprayer equipped with air injection nozzles showed significantly higher losses near the tunnel and significantly lower losses starting at 3.5 m from the tunnel opening compared to the other configurations. In general, these spraying techniques could be considered alternatives to the reference practice for strawberries. Further studies will be necessary to confirm the observations described above.

Keywords: soft fruits, protected cultivation, anti-drift nozzles, concentrate spray mix, swirl nozzles

INTRODUZIONE

La distribuzione di prodotti fitosanitari su fragola e piccoli frutti è una pratica relativamente poco indagata, sia a livello nazionale che globale, verosimilmente a causa della marginalità di queste coltivazioni rispetto ad altre colture cosiddette a più alto reddito. Tuttavia, queste coltivazioni stanno suscitando sempre maggiore interesse. A fronte di una domanda globale in costante crescita, da diversi anni la coltivazione della fragola è in continuo aumento. Cina, Stati Uniti e Turchia concorrono alla produzione mondiale (9,65 Mt) per oltre il 56% (FAOSTAT, 2022).

A livello europeo la produzione è in calo in diversi paesi nell'ultimo decennio (AA.VV., 2025), ma con importanti aree di eccellenza, specialmente in Italia e in Germania, e con Spagna e Benelux quali maggiori produttori dell'Unione, mentre si osserva un'espansione della coltivazione fuori suolo e una crescente varietà di cultivar per far fronte alle diverse condizioni climatiche e alle richieste del mercato (Nieddu, 2022).

In Italia, la produzione è sempre più concentrata nel Mezzogiorno (circa 65%), con Campania e Basilicata in testa, seguite dalla Sicilia, che utilizzano in larga parte colture protette per estendere la stagionalità.

Pur non essendo un settore trainante come la melicoltura, in Trentino la fragolicoltura conta circa 140 ettari coltivati (Brunello et al., 2023), con la coltivazione che si estende negli areali di montagna come la Bassa Val di Sole, la Val dell'Adige, la Vallagarina, la Valsugana, la Valle dei Laghi e il Basso Sarca.

Come per altre colture, la coltivazione della fragola in queste vallate – in cui la commistione fra aree coltivate e zone abitate accentua le problematiche legate alla deriva da prodotti fitosanitari – comporta spesso l'individuazione di soluzioni specifiche per consentire la convivenza fra l'attività agricola e le altre attività antropiche. In coltura protetta molti studi del passato hanno indagato l'esposizione degli operatori ai trattamenti, individuando macchine irroratrici o modalità alternative rispetto all'uso della lance ad azionamento manuale per ridurre i rischi di contaminazione di chi effettua i trattamenti (Nuyttens et al., 2009). Se per le realtà colturali di piccole dimensioni, la lancia ad azionamento manuale rappresenta ancora un riferimento, per quelle di maggiori estensioni, l'attrezzatura più impiegata è rappresentata dalle irroratrici con convogliatore d'aria a cannone. Questa tipologia di irroratrice ha subito alcune restrizioni d'impiego a causa delle sue caratteristiche costruttive e funzionali che la predispongono a generare un potenziale di deriva maggiore rispetto ad altre macchine (Mermer et al., 2016; Grella et al., 2017; Langkamp-Wedde et al., 2020; Langkamp-Wedde et al., 2023). Pertanto, data l'importanza che riveste la scelta della tipologia di attrezzatura nel favorire la qualità e l'omogeneità del trattamento sulla coltura (Garnodier et al., 2023; Cieniawska et al., 2024), risulta fondamentale adottare un approccio orientato il più possibile a razionalizzarne i parametri della distribuzione anche per queste macchine.

Sulla base di tali considerazioni è stata svolta una sperimentazione con i seguenti obiettivi: valutare l'effetto della doppia concentrazione sui depositi di miscela rispetto all'utilizzo del volume normale con irroratrice a cannone; valutare l'effetto d'impiego della carica elettrostatica con miscela concentrata; verificare le prestazioni in relazione ai depositi ottenibili con ugelli ad iniezione d'aria montati su irroratrice a cannone. Un ulteriore obiettivo è stato quello di valutare preliminarmente l'effetto delle diverse combinazioni sopra elencate sui depositi di miscela ritrovati a terra a diverse distanze dai tunnel trattati.

MATERIALI E METODI

La sperimentazione è stata svolta presso l'azienda agricola Zanetti di Drena (TN). Lo scenario sperimentale era costituito da piante di fragola di varietà Murano a fine ciclo, con

ultimo stacco effettuato il giorno precedente i test, quindi con vegetazione ancora ben idratata e rigogliosa. All'interno dei tunnel, lunghi circa 17 m, le piante erano disposte su quattro file di vasi alloggiati su supporti metallici (figura 1), che consentono un'agevole raccolta manuale dei frutti e facilitano le altre operazioni colturali.

Figura 1. Disposizione delle piante di fragole all'interno del singolo tunnel



L'irroratrice aziendale utilizzata era una macchina portata con ugelli a polverizzazione meccanica (figura 2), regolata per distribuire circa 1140 L/ha di miscela a volume normale e circa 620 L/ha con miscela concentrata nella fase di massimo sviluppo vegetativo della coltura. Il dispositivo a carica elettrostatica in dotazione alla macchina era il modello E±S di Tifone, un sistema brevettato in grado di polarizzare positivamente le particelle di liquido nebulizzato. Ciò ha lo scopo di favorire l'adesione delle goccioline alla coltura per effetto del fenomeno di induzione elettrostatica, ossia la redistribuzione delle cariche elettriche della coltura indotta dalla carica presente sulle particelle di liquido. La velocità di avanzamento della macchina è stata mantenuta inalterata a 0,9 km/h ed anche la pressione di esercizio è stata regolata a 10 bar per ciascuna delle varianti testate, mentre le portate e le tipologie di ugelli a cono vuoto sono state cambiate per variare i volumi e le proprietà degli spray erogati.

Figura 2. Irroratrice aziendale con convogliatore a cannone impiegata nei test



Il numero di ugelli aperti è stato modificato unicamente per l'impiego degli ugelli anti-deriva per il blocco di uno dei dispositivi antigoccia presenti al momento della realizzazione del test specifico. In questo caso la portata totale è stata compensata mediante la scelta del codice colore dell'ugello idoneo, mentre l'omogeneità del flusso di liquido in uscita dalla raggiera è stata valutata visivamente. L'avanzamento dell'irroratrice avveniva in senso orizzontale alle testate dei tunnel in modo tale da investire con un flusso omogeneo di gocce le file di piante con i getti. Le ulteriori caratteristiche delle tesi a confronto sono riassunte in tabella 1.

Tabella 1. Dotazione della macchina irroratrice (ugelli) per le diverse configurazioni testate

Tesi	Modello	Tipologia	Numero e colore
Volume normale	Albuz ATR 80	Turbolenza	15 rossi + 2 gialli
Volume concentrato	Albuz ATR 80	Turbolenza	15 gialli + 2 lilla
Elettrostatico concentrato	Albuz ATR 80	Turbolenza	15 gialli + 2 lilla
Anti-deriva concentrato	Albuz TVI 80	Iniezione d'aria	14 verdi + 2 rosa

Sulle due file centrali di ciascun tunnel sono state disposte tre serie di captatori di carta assorbente a circa 1 m, 4 m ed 8 m dalla testata del tunnel, sia sulla corona esterna della vegetazione, che nella parte interna delle piante e su entrambi i lembi fogliari, per un totale di 144 campionamenti per ciascuna delle tesi a confronto (figura 3). I captatori sono stati fissati direttamente sulle foglie mediante punti metallici universali per cucitrice. Le due file laterali, invece, sono state escluse per evitare interferenze legate all'”effetto bordo”.

Figura 3. Aspetto dei captatori adesi alla vegetazione



All'esterno di ciascun tunnel 4 repliche di capsule Petri sono state disposte a terra a 0,5 m, 3,5 m, 5 m, 10 m e 15 m dall'uscita dei tunnel per valutare i depositi di miscela ritrovati all'esterno delle strutture di protezione.

Il trattamento è stato simulato utilizzando una soluzione a concentrazione nota di colorante alimentare (tartrazina, E102) distribuendo la miscela da entrambe le aperture di testa dei tunnel, ed i diversi campionatori sono stati raccolti per essere analizzati in laboratorio allo spettrofotometro. L'estrazione del colorante è avvenuta aggiungendo un volume noto di acqua

deionizzata all'interno dei contenitori, lasciando trascorrere circa 24 ore prima della lettura di un campione di 2 mL allo spettrofotometro. I dati ottenuti sono stati normalizzati e confrontati fra loro, sottoponendoli al test non parametrico Anova di Kruskal-Wallis.

RISULTATI E DISCUSSIONE

Depositi di miscela sui captatosi posti sulla chioma

Analizzando e confrontando i depositi medi di miscela ritrovati sui captatori posti sulla parte esterna della chioma alle diverse distanze di campionamento rispetto all'apertura di testa del tunnel ed espressi in $\mu\text{L}/\text{cm}^2$ (tabelle 2 e 3), si è potuto osservare come in generale i valori più elevati siano quelli ritrovati in prossimità del fronte di spruzzo dell'irroratrice, mentre nella parte centrale dei tunnel i valori sono stati mediamente più bassi. Ciò risulta in linea con quanto osservato in altre esperienze condotte sul medesimo sistema di coltivazione e distribuzione (Bondesan et al., 2024).

Tabella 2. Depositi medi ottenuti sui captatori posti sulla parte esterna della chioma per le diverse zone di campionamento

Posizione di campionamento	Volume normale		Volume concentrato		Elettrostatico concentrato		Anti-deriva concentrato	
	Dep.to medio ($\mu\text{L}/\text{cm}^2$)	Errore standard	Dep.to medio ($\mu\text{L}/\text{cm}^2$)	Errore standard	Dep.to medio ($\mu\text{L}/\text{cm}^2$)	Errore standard	Dep.to medio ($\mu\text{L}/\text{cm}^2$)	Errore standard
Testa	5,54	0,53	4,53	0,40	5,86	0,57	4,76	0,45
Intermedia	2,60	0,43	3,21	0,52	2,54	0,29	2,57	0,35
Centrale	1,68	0,40	1,41	0,21	2,18	0,48	1,49	0,23

Tabella 3. Depositi medi ottenuti sui captatori posti sulla parte interna della chioma per le diverse zone di campionamento

Posizione di campionamento	Volume normale		Volume concentrato		Elettrostatico concentrato		Anti-deriva concentrato	
	Dep.to medio ($\mu\text{L}/\text{cm}^2$)	Errore standard	Dep.to medio ($\mu\text{L}/\text{cm}^2$)	Errore standard	Dep.to medio ($\mu\text{L}/\text{cm}^2$)	Errore standard	Dep.to medio ($\mu\text{L}/\text{cm}^2$)	Errore standard
Testa	0,95	0,25	1,06	0,24	1,27	0,24	1,20	0,23
Intermedia	0,41	0,12	0,60	0,26	0,60	0,15	0,37	0,06
Centrale	0,22	0,09	0,38	0,08	0,60	0,24	0,23	0,02

In generale l'impiego del solo volume concentrato rispetto a quello normale non ha portato a differenze significativamente apprezzabili. Inoltre, l'impiego della carica elettrostatica ha permesso di ottenere i depositi medi più elevati in assoluto, sia sulla parte esterna della chioma che in quella interna. Tuttavia, sempre per quest'ultima configurazione, è stato possibile apprezzare alcune differenze statistiche solo nella parte centrale del tunnel ($\chi^2 [3]=8,536765$;

p=0,0361). Come per altre indagini, condotte sia su fragola che su colture differenti, l'impiego della carica elettrostatica sembra aver favorito una maggior efficienza di distribuzione (Bondesan et al., 2015; Zhang et al., 2023; Dario et al., 2025). Nelle condizioni di prova, la tendenza ad aumentare l'efficienza di deposizione con l'impiego della carica elettrostatica si è tradotta in un incremento di poco inferiore al 15% rispetto alla configurazione di riferimento.

Dispersioni a terra all'esterno dei tunnel

In tabella 4 sono riassunti i valori dei depositi medi ($\mu\text{L}/\text{cm}^2$) ritrovati a terra come dispersioni esterne ai tunnel trattati. Nel complesso, l'analisi statistica effettuata tra i depositi totali rinvenuti nell'intervallo di campionamento per ciascuna delle tesi a confronto, ha mostrato differenze significative tra i valori (Kruskal-Wallis test: $\chi^2 [3]=8,536765$; p=0,0361). Rispetto alla tesi di riferimento l'impiego del volume concentrato ha determinato una diminuzione dei ritrovamenti medi in prossimità del tunnel del 30%, mentre con questa configurazione e l'impiego della carica elettrostatica la riduzione media dei ritrovamenti è stata di poco inferiore al 18%. Confrontando i quantitativi medi di miscela rinvenuti a mezzo metro dall'uscita della struttura di protezione nel caso dell'attrezzatura dotata di ugelli anti-deriva ad inclusione d'aria, risulta possibile evidenziare come l'incremento del deposito in prossimità del tunnel sia risultato maggiore di circa il 70% rispetto alla tesi di riferimento con ugelli a turbolenza per l'alto volume. Anche in questo caso il test statistico conferma la sussistenza di differenze significative tra i valori delle diverse configurazioni testate ($\chi^2 [3]=9,772059$; p=0,0206). Tra i fattori che hanno determinato una così elevata presenza di dispersioni a terra in prossimità delle aperture di testa dei tunnel si è potuto osservare visivamente la tendenza delle gocce prodotte dagli ugelli posti al fuori della corona porta-getti, a ricadere al suolo in mancanza di una non sufficiente o del tutto assente assistenza d'aria in uscita dal convogliatore a cannone. Ciò era particolarmente evidente durante il test condotto impiegando gli ugelli ad iniezione d'aria, in grado di produrre uno spray più grossolano rispetto agli ugelli a turbolenza e quindi anche meno proni ad essere parzialmente risucchiato dal flusso d'aria diretto verso l'interno del tunnel. Per ovviare a tale inconveniente sembrerebbe utile prevedere la chiusura di quei getti che non intercettano direttamente la vegetazione in prossimità delle aperture di testa del tunnel, oppure in alternativa avvicinare maggiormente le sezioni di spruzzo alle aperture stesse del tunnel, allo scopo di aumentare l'efficienza del trattamento.

Anche dal dettaglio delle dispersioni ritrovate nella zona di campionamento successiva sono apprezzabili alcune differenze, più o meno marcate. In particolare, la tesi di riferimento e quella a doppia concentrazione con ugelli a turbolenza, pur con valori sensibilmente differenti, hanno mostrato un picco di dispersione a 5 m dal tunnel per poi decrescere ed assumere pure valori simili dai 10 m in poi. Andamenti simili e via via decrescenti sono stati riscontrati invece per le tesi in cui si sono utilizzati la carica elettrostatica e gli ugelli ad iniezione d'aria, ma con valori di dispersione sempre molto più bassi con l'adozione dei getti anti-deriva. La tecnica elettrostatica ha fatto registrare i valori medi dei ritrovamenti più elevati alla distanza di campionamento massima. Ciò potrebbe dipendere dalla difficoltà di regolare adeguatamente i parametri della macchina e del dispositivo elettrostatico in relazione alle caratteristiche della coltura. Infatti, il sistema a carica elettrostatica può funzionare efficacemente con l'ottimizzazione di parametri quali tensione di corrente, pressione di esercizio, portata, velocità di avanzamento, altezza di erogazione ed orientamento dello spruzzo (Appah et al., 2019). Inoltre, sarebbe necessario studiare la proprietà di carica delle colture prima dell'applicazione per trasferire la giusta polarità di carica sulle goccioline (*ibidem*). Lo spray grossolano prodotto dagli ugelli anti-deriva può spiegare, anche in questo caso, le minori

dispersioni lungo la traiettoria di campionamento (Li et al., 2023). Confrontando ancora una volta le sommatorie dei valori rinvenuti tra 3,5 e 15 m dall'uscita dei tunnel per ciascuna delle configurazioni testate, è stato possibile riscontrare differenze significative marcate statisticamente ($\chi^2 [3]=13,27688$; $p=0,0041$). In particolare gli ugelli anti-deriva ad iniezione d'aria hanno prodotto minore deriva a partire da 3,5 m dal tunnel, localizzando le perdite maggiori nei primi metri al di fuori del tunnel.

Tabella 4. Depositi medi rilevati sui captatori posti all'esterno delle strutture di protezione

Posizione di campionamento dal fronte del tunnel	Volume normale		Volume concentrato		Elettrostatico concentrato		Anti-deriva concentrato	
	Dep.to medio ($\mu\text{L}/\text{cm}^2$)	Errore standard	Dep.to medio ($\mu\text{L}/\text{cm}^2$)	Errore standard	Dep.to medio ($\mu\text{L}/\text{cm}^2$)	Errore standard	Dep.to medio ($\mu\text{L}/\text{cm}^2$)	Errore standard
0,5 m	8,37	0,65	5,86	0,46	6,89	2,03	14,26	1,85
3,5 m	0,97	0,09	0,84	0,09	1,67	0,05	0,60	0,04
5,0 m	1,55	0,06	1,02	0,13	1,14	0,06	0,57	0,05
10,0 m	0,40	0,03	0,41	0,07	0,39	0,02	0,17	0,01
15,0 m	0,12	0,01	0,10	0,01	0,29	0,04	0,00	0,00
Σ 3,5÷15,0	3,04	0,11	2,37	0,20	3,49	0,17	1,34	0,07
Σ 0,5÷15,0	11,41	0,54	8,23	0,59	10,38	2,05	15,60	1,83

In generale le tecniche di applicazione alternative a quella tradizionale potrebbero rappresentare un'alternativa promettente per le numerose potenzialità offerte. Ad esempio, l'impiego di volumi ridotti applicati con una raggiera dotata di ugelli ad iniezione d'aria abbinati ad ugelli supplementari a turbolenza (nella parte bassa, sotto al convogliatore), ma supportati dalla carica elettrostatica, potrebbero consentire una maggior capacità di lavoro, una efficienza di applicazione più elevata ed una riduzione delle dispersioni per deriva esterna al tunnel.

CONCLUSIONI

L'entità dei depositi di miscela distribuita con irroratrice a cannone su fragola in coltura protetta può dipendere da diversi fattori, tra cui la lunghezza del tunnel, la distanza relativa delle piante dal fronte di spruzzo, la profondità della chioma e le caratteristiche della macchina impiegata. Nelle condizioni di prova, il confronto fra trattamento a volume normale e a doppia concentrazione ha prodotto depositi simili nelle diverse parti della coltura. Considerata la fase fenologica in cui si è svolta la prova, con piante in pieno sviluppo vegetativo, il risultato ottenuto farebbe propendere per l'impiego di volumi ridotti rispetto a quelli normalmente impiegati, poiché potrebbero consentire una maggior efficienza complessiva nella realizzazione dei trattamenti, sia dal punto di vista della capacità di lavoro che da quello della riduzione delle perdite di miscela. In prospettiva sarà utile valutare quali benefici e limiti si potrebbero ottenere riducendo ulteriormente i volumi distribuiti, ma valutando anche aspetti di

omogeneità di copertura, prima di procedere a verifiche sull'efficacia biologica dei trattamenti.

Nella parte centrale del tunnel, per la parte interna della chioma, sono stati rilevati depositi maggiori per la configurazione con carica elettrostatica, oltre ad un tendenziale incremento dei depositi rispetto alle altre tecniche in valutazione, ma senza riscontrare perdite per deriva a terra complessivamente minori al di fuori del tunnel. Ulteriori approfondimenti su questa modalità sembrano necessari per validare gli incrementi di depositi generalmente prodotti rispetto alla tecnica di riferimento, verificando se sia possibile ovviare al limite delle perdite fuori dalla struttura di protezione attraverso la scelta di volumi di applicazione più contenuti. Inoltre, una valutazione delle perdite che comprendesse sia quelle a terra all'interno del tunnel che quelle aeree al suo esterno, potrebbe meglio chiarire le potenzialità di riduzione delle dispersioni della tecnologia a carica elettrostatica in prova.

In generale per tutte le soluzioni testate, ma particolarmente per la configurazione con ugelli anti-deriva ad iniezione d'aria, un beneficio potrebbe derivare dalla regolazione del numero di ugelli aperti, soprattutto quelli esterni alla corona porta-getti. Ciò potrebbe contenere le elevate perdite riscontrate in prossimità delle testate del tunnel e consentire anche una maggiore deposizione nella parte interna della chioma nella zona più centrale del tunnel, risultata comunque in linea con quella della configurazione di riferimento nell'esperienza ivi descritta. In tal senso potrebbero essere orientati gli approfondimenti futuri con l'impiego di ugelli ad iniezione d'aria.

Tali tecniche, prese in combinazione o singolarmente, potrebbero rappresentare delle alternative alla normale pratica di applicazione attualmente diffusa nell'areale di coltivazione considerato nella sperimentazione. Tuttavia, come riferito, saranno necessari studi aggiuntivi ed approfondimenti per validare ulteriormente le osservazioni sopra descritte e verificare soprattutto l'efficacia biologica delle alternative proposte.

Ringraziamenti

La sperimentazione sopra descritta è stata finanziata dall'Accordo di programma Ricerca della Provincia Autonoma di Trento. Gli autori desiderano ringraziare Sebastiano Miori della ditta Piccoli di Bosco per il concreto e costruttivo supporto nella realizzazione dei test.

LAVORI CITATI

- Appah S., Wang P., Ou m., Gong C., Jia W. 2019. Review of electrostatic system parameters, charged droplets characteristics and substrate impact behaviour from pesticides spraying. *Int. J. Agric. & Biol. Eng.*, 2019; 12 (2): 1–9.
- AA.VV. Redazione ItaliaFruit, 2025. Fragole europee: tra contrazione produttiva e nuove opportunità, <https://www.italiafruit.net/fragole-europee-tra-contrazione-produttiva-e-nuove-opportunita> (ultimo accesso 19/09/2025).
- Bondesan, D., Miorelli, P., Rizzi, C., Angeli, G. 2024. Further investigations on spray drift mitigation by means of artificial barriers in high tunnel strawberries. *Aspects of Applied Biology* 148, International Advances in Pesticide Application: 278-285.
- Bondesan, D., Rizzi, C., Ganarin, G., Marchel, L., Bertoldi, S., 2015. Foliar deposition of electrostatic charged spray applied by a cannon sprayer on high tunnel strawberry. Integrated protection of fruit crops – Subgroup “Soft Fruits”. IOBC-WPRS Bulletin Vol. 109, 37-40.
- Brunello B., Bosi T., Macchi E. 2023. Fragolicoltura italiana sempre più meridionale: prime Campania e Basilicata. *Rivista di Frutticoltura, Edagricole*. <https://rivistafrutticoltura.edagricole.it/> (ultimo accesso 10/09/2025).

- Cieniawska, B.; Pentoś, K.; Komarnicki, P.; Mbah, J.T.; Samelski, M.; Barć, M. 2024. Optimisation of the Spraying Process of Strawberries under Varying Operational Conditions. *Agriculture*, 14, 799.
- Dario, G.; Del Bem Junior, L.; da Silva, F.N.; Negrisoni, M.M.; Prado, E.P.; da Silva e Oliveira, F.A.; Sartori, M.M.P.; Sierra, J.F.V.; Raetano, C.G. 2025. Effect of Application Techniques on Spray Quality Optimization in Sweet Pepper Cultivation in Protected Environments. *AgriEngineering*, 7, 157.
- FAOSTAT. 2022. Crops and livestock products. <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL> (ultimo accesso 10/09/2025).
- Garnodier J, Verpont F, Allemann C, Carmagnat H, Hudebine Y. 2023. Influence of application material on spray deposition on strawberry in tabletop growing system. In: *Book of abstracts of the 16th Workshop on Spray Application and Precision Technology in Fruit Growing*, Agropolis International, Montpellier (F) 19 – 21 September 2023.
- Langkamp-Wedde T, Rautmann D, von Hörsten D, Niemann J-U, Wegener JK. 2023. Possibilities to reduce drift by 75 percent in biocidal applications of insecticides with cannon sprayers. *Environmental Sciences Europe*, 35:23.
- Langkamp-Wedde T, Rautmann D, von Hörsten D, Wegener JK. 2020. Comparison of the drift potential of two application methods for the control of oak processionary moths with biocidal products in an oak avenue. *Science of the Total Environment* 704,135313.
- Li S., Li J., Yu S., Wang P., Liu H., Yang X. 2023. Anti-drift technology progress of plant protection applied to orchards: a review. *Agronomy* 2023, 13 (11), 2679, 1-18.
- Mermer S, Hoheisel GA, Walton V, Bahlol H, Khot L. 2016. Application efficiency of three different types of sprayers in western Pacific Northwest blueberries. Oregon State University (OH, USA). Section IX: Ext. Consult. Updates Notes Field (2016), pp. 80-81.
- Nieddu G.B., 2022. Pianeta fragola: una su tre nel mondo è cinese. MyFruit. <https://www.myfruit.it/news/> (ultimo accesso 10/09/2025).
- Nuyttens D., Braekman P., Windey S., Sonck B. 2009. Potential dermal pesticide exposure affected by greenhouse spray application technique. *Pest. Manag. Sci.* 65 (7), 781-790.