

● PROTOTIPO IN PROVA IN PROVINCIA DI VITERBO

# Come abbattere le polveri nella raccolta di frutta in guscio

di M. Biocca, M. Cecchini,  
M. Fedrizzi, P. Gallo, M. Guerrieri,  
M. Pagano, C. Perrino

**N**ello svolgimento delle operazioni di raccolta meccanica della frutta in guscio, con particolare riferimento alla raccolta da terra di nocchie, noci e mandorle, mediante impiego di macchine raccogliatrici (che esplicano la loro azione mediante aspirazione o raccattatura meccanica), vengono generate ed emesse in atmosfera grandi quantità di polveri inalabili.

Tale realtà rappresenta un problema per gli operatori addetti alle operazioni di raccolta, che risultano fortemente esposti al rischio di gravi patologie a carico dell'apparato respiratorio.

Grazie alla collaborazione di aziende agromeccaniche e di vari enti di ricerca, si è giunti alla progettazione, allo sviluppo e alla messa a punto di un nuovo dispositivo per ridurre la quantità di particolato emesso durante le fasi di andatura e raccolta della frutta in guscio. Nel presente lavoro verranno presentati i risultati di alcune prove comparative volte a valutare l'efficacia di abbattimento del dispositivo. I test sono stati eseguiti

L'inserimento in una macchina raccogliatrice pneumatica di un dispositivo, che determina la sedimentazione del particolato solido nel condotto di espulsione delle polveri, ha consentito di ridurre le polveri inalabili del 63,8% con il campionamento sull'operatore e del 73,4% in quello ambientale rispetto alla stessa macchina senza il dispositivo

utilizzando una macchina raccattatrice e una macchina aspiratrice specificamente riprogettata e modificata in molte delle sue parti strutturali e dotata del nuovo dispositivo di abbattimento. Tale macchina, ulteriormente modificata e costruita dalla ditta Facma di Vitorchiano (Viterbo), grazie anche al finanziamento Enama (bando di selezione tecnica per la concessione di contributi allo sviluppo di linee di meccanizzazione innovative), è stata presentata all'ultima edizione di Eima International.

**Il dispositivo inserito nella nuova macchina raccogliatrice pneumatica (aspiratrice) sfrutta l'azione di microgetti d'acqua che, polverizzata all'interno del condotto di espulsione delle polveri, entra in contatto con il particolato solido e ne induce la sedimentazione.**

## Il problema «polveri»

Il particolato atmosferico è un sistema disperso di particelle solide e liquide che si trovano in sospensione in atmosfera (aerosol). Le particelle possono essere prodotte e immesse in atmosfera attraverso fenomeni naturali (erosione del suolo a opera degli agenti atmosferici, spray marino, eruzioni vulcaniche, ecc.) o determinati dall'uomo (emissioni da traffico, da impianti per la produzione di energia, da impianti di riscaldamento e industriali di vario genere). Le particelle di origine primaria o secondaria, e in particolare quelle di piccole dimensioni, svolgono un importante ruolo tra gli inquinanti atmosferici a causa dei loro effetti negativi sulla salute umana e per il forte impatto ambientale.



Foto 1 Raccogliatrice meccanica mod. Semek 900



Foto 2 Raccogliatrice pneumatica (aspiratrice) Facma Cimina mod. 300 S, esposta all'ultima edizione di Eima International



## Come sono state impostate le prove

Le prove sono state condotte in un corileto situato in provincia di Viterbo tra i comuni di Bomarzo e Graffignano, area tipicamente vocata alla coltivazione delle nocciole. Il corileto, di circa nove anni di età, condotto con metodo biologico, era caratterizzato dalla presenza di piante di nocciolo (*Corylus avellana* L.) cv. Tonda di Giffoni con sesto d'impianto di 5 x 4 m. L'impianto di subirrigazione ha favorito lo sviluppo del cotico erboso, la cui presenza limita notevolmente l'asportazione di suolo e la successiva polverizzazione dello stesso in atmosfera.

Per effettuare la raccolta meccanica delle nocciole presenti sul terreno sono state utilizzate due diverse macchine raccoglitrice semoventi: una raccattatrice modello Semek 900 (foto 1) e una aspiratrice modello Cimina 300 S (foto 2 e 3). Nella macchina pneumatica, dotata di cicloni per l'abbattimento-polveri, è stato installato dal costruttore un particolare dispositivo per ridurre la concentrazione nell'aria delle polveri inalabili (PM<sub>x</sub>) emesse in fase di raccolta. Il sistema (figura 1) consiste nella nebulizzazione, tramite ugelli erogatori, di acqua all'interno del principale condotto di scarico dell'aria proveniente dalla camera di depressione della macchina. L'acqua contenuta all'interno di un serbatoio della capacità di circa 290 L, posto nel carrello di stoccaggio trainato dalla macchina, (foto 4a e 4b) viene prelevata da una pompa (foto 5). La pompa è dotata di manometro e val-

vola per la regolazione della pressione in mandata. L'acqua nebulizzata nel suddetto condotto di scarico (foto 6) e sopra la testata di raccolta forma un aerosol che entrando in contatto con le polveri, crea un fluido fangoso che ricade sul terreno, limitando l'innalzamento delle polveri in atmosfera (foto 7).

### PARAMETRI RILEVATI, METODOLOGIA E STRUMENTAZIONE IMPIEGATA NELLE PROVE

La sperimentazione è stata condotta effettuando i campionamenti del materiale particolato sospeso in atmosfera secondo due modalità:

- in aria ambiente, alla distanza di circa 30 metri dalla macchina operatrice (foto 9);
- direttamente sull'operatore (campionamenti personali).

Durante le prove sono state rilevati i principali parametri meteorologici (temperatura, umidità relativa, velocità e direzione di provenienza del vento). I campionatori Tecora mod. Bravo, utilizzati per il monitoraggio ambientale hanno operato alla portata di 6 L/min, mentre per il campionamento personale è stato utilizzato un campionatore SKC (indossato dall'operatore posto alla guida della macchina) dotato di ciclone Dorr-Oliver che consente il campionamento della frazione PM<sub>10</sub>, operante alla portata di 2 L/min.

Per valutare l'effettiva capacità di abbattimento delle polveri da parte del nuovo dispositivo sono state effettua-

te prove comparative, effettuando la raccolta con la macchina semovente di tipo meccanico (raccattatrice), quindi con la macchina aspiratrice (pneumatica) con dispositivo di abbattimento prima inattivo e poi attivo. Per tutti i campionamenti di PM sono state utilizzate membrane filtranti in teflon, del diametro di 47 mm per i campionatori ambientali e 37 mm per i campionatori personali.

Su tutti i campioni di particolato raccolto è stata determinata la concentrazione di massa e la composizione chimica inorganica (ioni ed elementi). La concentrazione di massa è stata determinata per via gravimetrica, condizionando le membrane per 48 ore a temperatura di 20 ± 1 °C e umidità relativa di 50 ± 5%.

L'analisi degli elementi (Al, As, Br, Ca, Cd, Cl, Cr, Fe, K, Mg, Mn, Na, Ni, P, Pb, S, Si, Sr, Ti, V, Zn) è stata condotta mediante fluorescenza di raggi X a dispersione di energia (ED-XRF) (Perrino *et al.* 2009), tecnica non distruttiva, impiegando strumentazione Spectro, mod. X-Lab 2000 tarata, utilizzando membrane filtranti in teflon e campioni di materiale particolato atmosferico. Sulle stesse membrane è stata quindi determinata la composizione ionica (cloruro, nitrato, solfato, sodio, ammonio, potassio, calcio, magnesio) mediante estrazione in acqua deionizzata ultrapura sotto erogazione omogenea di ultrasuoni e successiva analisi in cromatografia ionica utilizzando strumentazione Dionex, mod. DX - 100. ●



Foto 3 L'aspiratrice Facma Cimina mod. 300 S al lavoro

### Caratteristiche del particolato.

La nocività per la salute dipende oltre che dalla natura chimica delle particelle (PM), anche dalle loro dimensioni (variabili fra pochi nanometri e centinaia di micrometri). Le PM<sub>10</sub> (diametro aerodinamico inferiore a 10 micrometri) si insinuano nell'apparato respiratorio, raggiungendo le vie nasali e i bronchi; le PM<sub>2,5</sub> giungono agli alveoli polmonari; le polveri ultrafini (diametro inferiore a 0,1 micrometri) si immettono nel flusso ematico. La dimensione delle particelle influenza anche il loro tempo di permanenza in atmosfera. In particolare, le particelle nell'intervallo 0,1-1 µm possono rimanere in atmosfera anche per diverse settimane ed essere sog-

gette a fenomeni di trasporto anche a lunga distanza (centinaia di chilometri) dal luogo di emissione.

Per quanto attiene alla composizione chimica, è nota la nocività di alcune specifiche componenti del PM: fra queste, ad esempio, le fibre contenenti silice libera cristallina (SLC), spesso causa di gravi patologie, tra cui fibrosi e neoplasie. La concentrazione atmosferica degli inquinanti è regolamentata dalle direttive europee e dai relativi decreti di recepimento (Cecchini *et al.* 2005).

Per il materiale particolato i valori limite sono pari a 40 µg/m<sup>3</sup> per la media annuale del PM<sub>10</sub> e a 50 µg/m<sup>3</sup> per la sua media giornaliera, da non superare più di 35 volte/anno.





Foto 4a e 4b Inserimento del serbatoio supplementare nel carrello di stoccaggio



Foto 5 Pompa a membrana-pistone collegata all'impianto idraulico della macchina. Fonte Annovi e Reverberi.



Foto 6 Acqua nebulizzata nel condotto di efflusso

FIGURA 1 - Schema del sistema di abbattimento polveri su Facma 300 S



Le norme inoltre impongono per la media annuale della concentrazione del PM<sub>2,5</sub> il limite di 28 µg/m<sup>3</sup> (relativo all'anno 2011 e che verrà ridotto gradualmente fino a raggiungere 25 µg/m<sup>3</sup> nel 2015).

Tali parametri di soglia, volti a tutelare la salute di operatori e cittadini, si applicano agli ambienti esterni e pertanto resta irrisolto il problema di quelle attività lavorative che si svolgono all'aperto, per le quali non esistono precisi riferimenti normativi (valori di esposizione).

Fra queste attività rientrano le comuni attività agricole, che vedono esposti gli operatori a vari inquinanti atmosferici e a specifiche classi di composti tossici, tra cui i fitofarmaci impiegati in agricoltura. A tale scopo durante le operazioni di raccolta meccanica della frutta in guscio è stata valutata l'efficacia di un sistema di abbattimento polveri applicato su macchine raccogliatrici semoventi di tipo pneumatico.

## I risultati delle prove

Impostando la regolazione della pressione a 2 bar e aprendo i 3 ugelli inseriti nel condotto di efflusso (foto 7) è stata ottenuta una portata di 1,74 L/min. Il consumo di acqua stimato in 30 minuti è stato di 42,2 L, corrispondente a 58,3 L/ha. Quando viene posto in opera il sistema

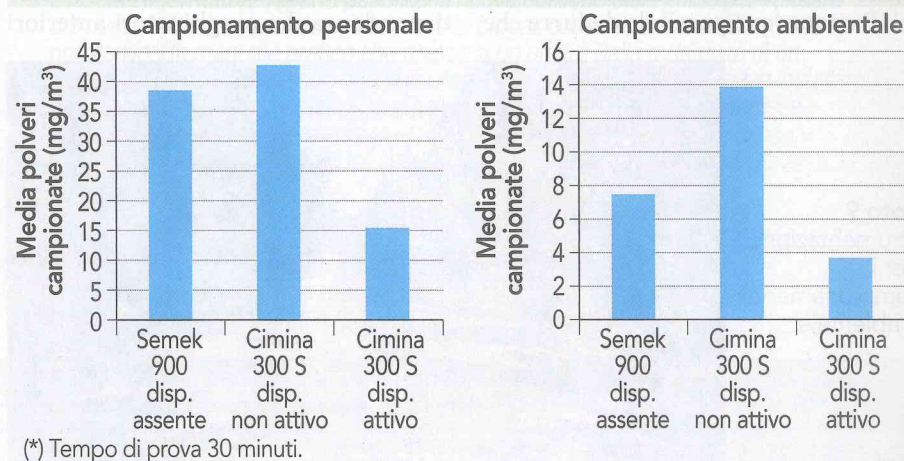
di abbattimento, sia i dati rilevati in aria ambiente sia quelli riferiti al campionamento personale mostrano una sensibile diminuzione della concentrazione di massa del materiale particellare sospeso in aria. La concentrazione di polvere a cui l'operatore è esposto passa, in media, da 42,8 a 15,5 mg/m<sup>3</sup>; nel campionamento ambientale la concentrazione passa da 13,9 a 3,7 mg/m<sup>3</sup> (grafico 1).

Tali dati sono relativi al confronto tra l'impiego di macchina aspiratrice senza il dispositivo e la medesima macchina con il dispositivo descritto. Le concentrazioni rilevate con l'altra macchina



Foto 7 Fluido fangoso in uscita dal condotto di efflusso

GRAFICO 1 - Concentrazione di polvere rilevata durante la raccolta meccanica in aria ambiente e sull'operatore (\*)





raccogliatrice, di tipo meccanico, sono state pari a 38,6 e 7,5 mg/m<sup>3</sup> rispettivamente per il campionamento personale e per quello ambientale.

I risultati dell'analisi chimica delle polveri non mostrano sensibili differenze nella composizione nei campioni prelevati durante le diverse prove effettuate, essendo in ogni caso particolato generato dalla risospensione del terreno e dei materiali vegetali frammentati dalle macchine durante le operazioni di raccolta. L'analisi chimica per fluorescenza di raggi X dei campioni di polvere raccolti mostra una composizione elementare tipica dei terreni.

Gli elementi presenti in percentuale più consistente sono, in media, il silicio (32%), il calcio (28%), il ferro (13%), l'alluminio (10%), il potassio (6%) e il sodio (5%). Altri elementi (zolfo, cloro, potassio, titanio, manganese, stronzio e cadmio) sono presenti in percentuali dell'ordine dell'1% (range 0,6-1,2%), mentre gli elementi derivanti dall'attività dell'uomo sono presenti fra 0,2-0,3% (vanadio, cromo, nichel, piombo) o sono al di sotto del limite di rilevabilità della tecnica (arsenico e zinco).

Nel loro insieme gli elementi costituiscono circa il 10% della massa della polvere campionata. Poiché queste specie sono generalmente presenti sotto forma di ossidi, possiamo stimare che il loro contributo alla massa del PM sia dell'ordine del 15%. Le specie ioniche costituiscono nel loro insieme, in media, il 2,4% della massa totale di PM, e fra esse prevale il calcio (85% del totale delle specie ioniche), specie di derivazione terrigena. Il prelievo del PM su membrane in teflon, che assicura condizioni ottimali per l'analisi chimica degli elementi e delle specie ioniche, non consente l'analisi del carbonio organico ed elementare, che viene usualmente eseguita con metodi termooptici. È comunque possibile dedurre che



8a



8b

Foto 8a e 8b Immagini relative a sviluppi successivi del prototipo: applicazione di una barra irroratrice posta sopra i ranghinatori rotanti della testata di raccolta

le specie organiche costituiscono la rimanente massa del materiale particolato risospeso durante le operazioni di raccolta (oltre 80%). Dal punto di vista della nocività, indagini più approfondite dovranno valutare l'eventuale presenza di silice libera cristallina (SLC), di microinquinanti organici derivanti da fitofarmaci e di altre specie chimiche utilizzate nelle pratiche agricole.

## Condizioni di lavoro migliori per gli operatori

I test effettuati hanno dimostrato che utilizzando la macchina aspiratrice opportunamente realizzata per ospitare il nuovo sistema di abbattimento polveri è possibile poter ridurre una considerevole percentuale di PM, con ricadute positive sulle condizioni di lavoro degli addetti alla raccolta. L'analisi dei campioni di polvere prodotta durante le operazioni di raccolta mostra una composizione chimica riconducibile alla composizione chimica del terreno e del materiale vegetale presente.

Sviluppi successivi alle prove di cui si riferisce hanno condotto all'introduzione di ulteriori dispositivi idraulici per l'erogazione dell'acqua anche nella posizione frontale della macchina, in corrispondenza dei ranghinatori anteriori

e a una pompa meccanica di portata superiore (foto 8a, 8b e 5).

Inoltre si ricercheranno specifici composti tossici nella polvere risolleata, con particolare riferimento alla SLC per una più accurata valutazione dei rischi connessi a questa attività e dei possibili miglioramenti della qualità dell'aria.

**Marcello Biocca**  
**Marco Fedrizzi**  
**Pietro Gallo**  
**Mauro Pagano**

*Consiglio per la ricerca e la sperimentazione in agricoltura*

*Unità di ricerca per l'ingegneria agraria  
Monterotondo (Roma)*

**Massimo Cecchini**  
**Mirko Guerrieri**

*Università degli studi della Tuscia  
Dipartimento di scienze e tecnologie per l'agricoltura, le foreste, la natura e l'energia  
Viterbo*

**Cinzia Perrino**

*Consiglio nazionale delle ricerche  
Istituto sull'inquinamento atmosferico  
Monterotondo (Roma)*

*Gli autori hanno contribuito in uguale misura alla realizzazione del lavoro.*

Foto 9  
Strumentazione per il campionamento ambientale



Per commenti all'articolo, chiarimenti o suggerimenti scrivi a:  
**redazione@informatoreagrario.it**

Per consultare gli approfondimenti e/o la bibliografia:  
**www.informatoreagrario.it/rdLia/12ia43\_6681\_web**