



Università degli Studi della Tuscia
Dipartimento DAFNE
Scienze e Tecnologie per l'Agricoltura, le Foreste, la Natura e l'Energia
(ex Dipartimento di Geologia, Ingegneria Meccanica, Idraulica e Naturalistica per il Territorio - GEMINI)
Via San Camillo De Lellis, s.n.c. - 01100 Viterbo
Tel. 0761/357.357 e-mail: ergolab@unitus.it
CODICE FISCALE: 80029030568 - PARTITA I.V.A.: 00575560560

Studio di Interventi per la Riduzione della Concentrazione degli Aerodispersi durante la Raccolta meccanizzata delle Nocciole

IRCARN

Finanziato da: MIPAAF - OIGA

Azienda proponente: Impresa individuale Bellachioma Raffaella
Via F.lli Cervi n. 28
01038 Soriano nel Cimino (VT)
CODICE FISCALE: BLLRFL82D43M082R - PARTITA I.V.A.: 01737220564

Relazione sull'attività svolta

Viterbo, 3 maggio 2012

Il Coordinatore di progetto

Prof. Massimo CECCHINI

Premessa

Il presente progetto di ricerca e sviluppo riguarda la tematica dell'Igiene del lavoro ed ambientale nella filiera della frutta in guscio (in particolare in quella del nocciolo *Corilus avellana*)

La durata del progetto è di 24 mesi.

La presente relazione riguarda le attività svolte sino ad oggi nell'ambito del progetto IRCARN dalle U.O. partecipanti: il soggetto proponente (la ditta individuale Bellachioma Raffaella) e l'istituzione di ricerca (il Dipartimento DAFNE dell'Università degli Studi della Tuscia, ex Dipartimento GEMINI).

Alla ricerca ha partecipato fattivamente, come previsto da progetto, la ditta FACMA S.r.l. di Vitorchiano (VT) che produce macchine agricole specializzate soprattutto nel settore della raccolta meccanizzata del nocciolo, castagne, noci ed olive.

Ha offerto una collaborazione a titolo gratuito anche il Laboratorio di Igiene Industriale della ASL di Viterbo, con sede in via Nepesina 1/A a Civita Castellana, in particolare i dott.ri Fulvio Cavariani, Loredana Bedini e Marcello De Rossi.

All'avvio del progetto il Dipartimento DAFNE ha bandito una borsa di studio (finanziata con l'importo previsto da progetto per il personale a tempo determinato) che è stata attribuita al dott. Mirko Guerrieri.

La rendicontazione economica del progetto non fa parte di questa relazione e viene trasmessa con altra documentazione.

Introduzione

Nel territorio Viterbese, la raccolta delle nocciole durante il mese di settembre provoca considerevoli polemiche legate al rilascio di polveri in atmosfera da parte delle macchine raccogliatrici. Anche nell'ultimo anno sono state numerose le ordinanze da parte dei sindaci della zona per far slittare la raccolta, almeno in prossimità dei centri abitati, all'arrivo delle prime piogge. In particolare i mesi di agosto e settembre 2011, periodo di piena raccolta, sono stati caratterizzati da livelli di siccità particolarmente accentuati (tab.1).

Mese	PRECIPITAZIONI (mm)											
	Stazioni											
	Bassano R.		Corchiano		Vetralla		Soriano C. (Stazione I)		Soriano C. (Stazione II)		Viterbo	
	anno 2011	media mensile 2004-2010	anno 2011	media mensile 2004-2010	anno 2011	media mensile 2004-2010	anno 2011	media mensile 2004-2010	anno 2011	media mensile 2004-2010	anno 2011	media mensile 2004-2010
giugno	43,20	45,01	61,40	43,50	26,60	55,34	57,20	53,09	42,40	50,00	51,10	45,80
luglio	106,60	23,66	100,80	18,46	102,00	13,54	138,60	19,51	125,20	23,03	65,30	12,85
agosto	0,40	26,17	0,80	20,14	0,20	22,93	1,70	35,84	0,80	39,03	2,40	28,25
Settembre	29,60	76,17	40,20	82,43	50,80	73,36	62,40	93,03	22,60	85,74	72,70	69,12

Tab. 1: valori delle precipitazioni mensili nell'anno 2011 in relazione ai valori delle precipitazioni medie mensili relative agli 2004-2010. Fonte: elaborazione dati ARSIAL [5].

Prendendo in considerazione i dati pluviometrici acquisiti da centraline posizionate in comuni che delimitano l'areale di coltivazione del nocciolo, si nota come l'entità delle precipitazioni sia stata enormemente più bassa rispetto al valore medio riferito agli anni precedenti. Al contrario, abbondanti piogge sono cadute nel mese di luglio, le quali hanno lasciato sul terreno dei noccioli rigagnoli facilmente sfaldabili e disgregabili durante il passaggio delle macchine, che hanno contribuito ad aumentare il rilascio di aerodispersi in atmosfera.

In questo contesto, il laboratorio di Ergonomia e Sicurezza del Lavoro del Dipartimento DAFNE dell'Università degli Studi della Tuscia di Viterbo (ex Dipartimento GEMINI della Facoltà di Agraria) insieme all'impresa agricola Bellachioma Raffaella e avvalendosi delle competenze tecniche dell'azienda FACMA S.r.l. di Vitorchiano (VT), leader in Italia e nel mondo nella realizzazione di macchine raccogliatrici di frutta in guscio, ha proposto un progetto denominato IRCARN per affrontare il problema delle polveri apportando miglioramenti nelle macchine raccogliatrici e/o nelle tecniche di raccolta. Gli interventi realizzati seguono due linee di ricerca distinte:

1. *interventi a monte, prima del passaggio delle macchine raccogliatrici e quindi precedentemente la raccolta del prodotto. Questa linea di ricerca è stata suddivisa in due sottoprogetti:*
 - a) interventi di umidificazione del terreno mediante macchine irroratrici o atomizzatori esistenti;
 - b) interventi di umidificazione del terreno mediante dispositivi adatti ad essere installati sulle macchine per la raccolta.
2. *interventi a valle, agendo sui condotti di scarico della polvere presenti nelle macchine raccogliatrici, quando il prodotto è già stato prelevato da terra.*

In fase di messa a punto dell'idea progettuale è stata realizzata una prima prova in campo dove sono stati effettuati campionamenti, con apposita strumentazione, delle polveri aereo disperse. Questo test è stato interessante anche per valutare le prestazioni, in termini di portata e pressione, del sistema di abbattimento e per verificare la sostenibilità del progetto in riferimento al consumo di acqua. Alcuni campioni di terreno sono stati analizzati in laboratorio per determinare la granulometria del suolo.

Materiali e metodi

Gli interventi previsti dalla ricerca sono stati testati su una macchina semovente CIMINA 380 prodotta dalla ditta FACMA di Vitorchiano. La Cimina 380 è stata ideata per la raccolta delle castagne e, tra il parco macchine prodotto dall'azienda, è quella caratterizzata da una maggiore portata di aspirazione e dall'assenza di cicloni di abbattimento della polvere (fig.1).

Data l'impossibilità di percorrere l'appezzamento con dei mezzi a ruote prima della raccolta delle nocciole, il primo sottoprogetto è stato affrontato attraverso l'impiego di mezzi già presenti in azienda: una botte irroratrice azionata da una trattrice FIAT alla quale è stata collegata, tramite un tubo, una lancia irroratrice che maneggiata da un operatore ha permesso di umidificare il terreno prima del passaggio delle macchine. Un operatore conduce la trattrice lungo le capezzagne o presso una fila già raccolta, mentre l'altro a piedi irroro il terreno coperto dalle nocciole (fig.2).

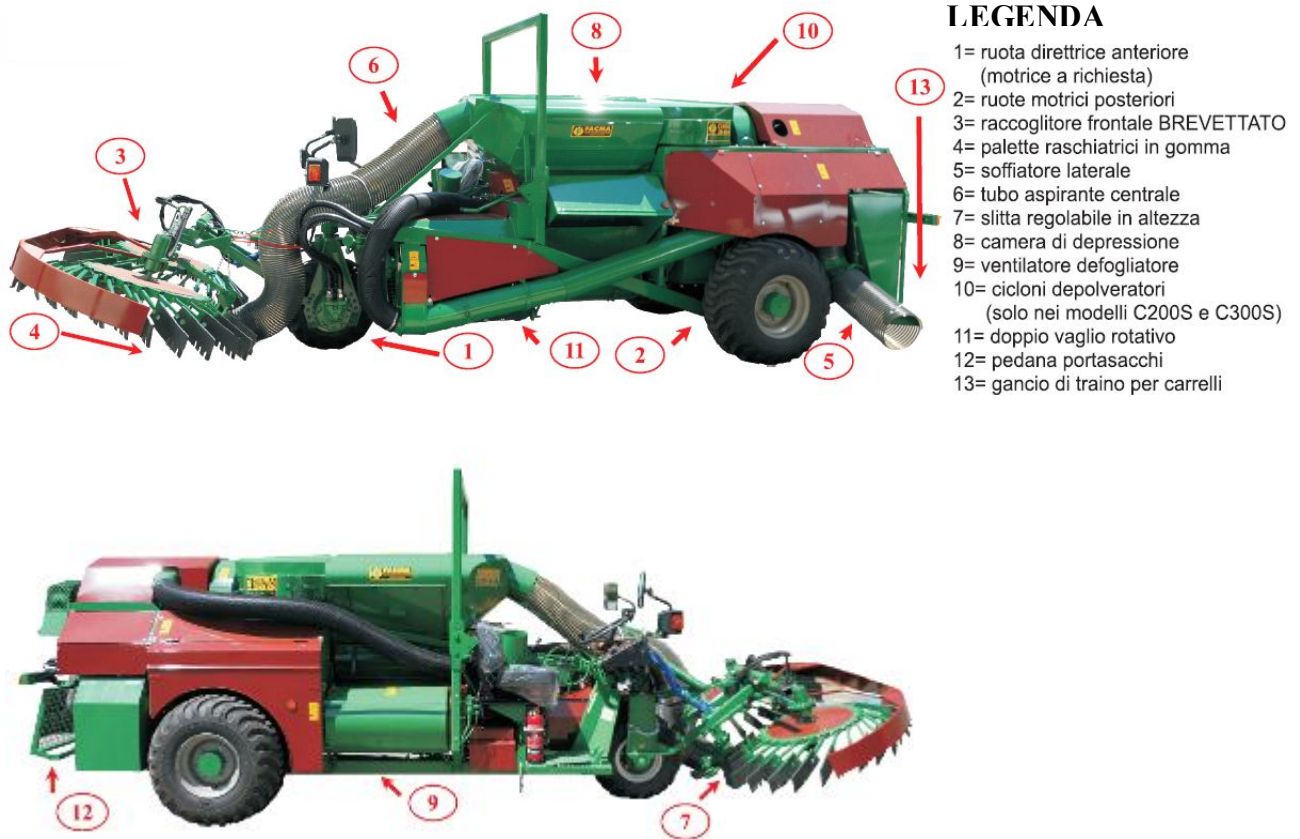


Fig.1: caratteristiche della Cimina semovente prodotta dalla FACMA S.r.l. [7]



Fig 2: irrorazione del terreno con lancia alimentata da una botte trainata da una trattore FIAT

Per realizzare le altre attività previste dal progetto è stato messo a punto un dispositivo composto dai seguenti elementi: un serbatoio, una pompa a diaframma, ugelli e portaugelli, una barra irroratrice, rubinetti e tubazioni per il trasporto dell'acqua. Il serbatoio è stato posizionato all'interno del carrello per lo stoccaggio del prodotto. Realizzato in lamiera ha una capacità di circa 290 litri ed è dotato di un punto di scarico ubicato a circa 10 cm dal fondo, per evitare che l'eventuale materiale sedimentato possa passare nella tubazione di presa collegata alla pompa (fig.3).



Fig.3: posizionamento del serbatoio

L'alloggiamento di quest'ultima è avvenuto nella parte posteriore della Cimina 380, tenendo conto dello spazio disponibile e cercando di ridurre al minimo l'altezza geodetica di mandata, quindi limitando il lavoro di sollevamento e la potenza assorbita. La pompa è munita di una piastra metallica dotata di 4 supporti antivibranti che permettono di fissarla, con dei bulloni, al telaio della macchina (fig.4).



Fig.4: posizionamento della pompa a diaframma

Si tratta di una pompa a diaframma, autoadescante fino a 3,7 m, alimentata dal circuito elettrico della macchina (tab.2).

Tipologia	Modello	Pressione max (bar)	Portata max (l/min)	I max (A)	Alimentazione (V)	Valvola/membrane
Pompa a membrana	SHURflo 2088-313-544	3.1	15.1	13	12 V cc	Viton/Santoprene

Tab.2: scheda tecnica della pompa

L'avviamento e l'arresto vengono realizzati agendo su un interruttore posto vicino all'operatore (fig.5).



Fig.5: centralina di azionamento della pompa

La pompa preleva acqua dal serbatoio e la distribuisce tramite uno snodo agli ugelli. La circolazione del fluido avviene tramite un tubo flessibile ad anima liscia, il quale è applicato alla macchina evitando la formazione di pieghe e strozzature (fig.6).



Fig.6: snodo di distribuzione collegato, tramite tubazione, alla pompa ed agli ugelli

L'utilizzo di una pompa ad azionamento elettrico è sembrata la scelta migliore, sia per la semplicità di installazione che per la possibilità di applicazione alle altre macchine commercializzate dall'azienda. L'impiego di una pompa azionata dalla trasmissione oleodinamica della semovente è stato sconsigliato dal costruttore per motivi legati al bilanciamento idraulico dell'impianto. Gli ugelli utilizzati sono del tipo a ventaglio, con una testina che presenta un foro di uscita del liquido a forma ellittica, adatti per pressioni di lavoro dell'ordine di 1÷4 bar, quindi ideali per il tipo di pompa adottata nella presente sperimentazione. In particolare si tratta di due modelli differenti: Lurmark 02 F110 colore giallo e Lurmark 04 M110 colore rosso⁽¹⁾ [8].

Il sottoprogetto 1 b) ha previsto l'utilizzo di una barra irroratrice fabbricata artigianalmente, applicata nella parte frontale della macchina in prossimità della testata di raccolta. La barra, provvista di 4 ugelli, è stata fissata sul telaio delle spazzole convogliatrici mediante delle staffe sagomate, che la tengono sollevata di circa 20 cm rispetto al piano formato dalla testata di raccolta (fig.7).



Fig. 7: posizionamento della barra frontale

Questa posizione fa sì che l'acqua nebulizzata effettui una doppia azione: quella di intercettare la polvere diretta verso l'operatore e quella di bagnare la strato superficiale del terreno prima del passaggio della semovente. Per raggiungere questo risultato gli ugelli sono stati montati con un angolo di circa 35° rispetto

¹ Il colore e i codici 02 e 04 indicano le portate secondo la norma ISO 10625, mentre il valore 110 indica l'angolo di apertura. La lettera F specifica, secondo la classificazione ASABE, che il singolo ugello produce gocce fini, mentre la M la produzione di gocce medie.

al piano verticale passante per l'asse della barra. Inoltre sono stati distanziati di 50 cm l'uno dall'altro affinché, dato l'angolo del getto pari a 110° , e la distanza dal suolo di 35 cm, si abbia una buona sovrapposizione degli spruzzi che permetta una distribuzione uniforme dell'acqua durante l'avanzamento della macchina. Tale accorgimento si è ritenuto necessario per la forma lenticolare della distribuzione prodotta dal getto, caratterizzata da livelli di portata maggiori al centro piuttosto che ai lati [1] [2] [6].

Il rilievo dimensionale e strutturale della semovente ha agevolato la realizzazione della seconda linea di ricerca, dove si è intervenuti, mediante opportuni dispositivi, lungo il percorso di scarico della polvere. Durante il normale funzionamento della macchina l'aria satura di polvere, grazie all'azione esercitata dal ventilatore di aspirazione, viene prelevata dalla camera di sedimentazione e convogliata verso l'esterno dopo aver attraversato il carter che ospita la ventola (nella maggior parte dei modelli commercializzati dalla FACMA il flusso di aria appena descritto passa anche attraverso dei cicloni di abbattimento delle polveri) [3] [4]. L'applicazione è avvenuta a valle della camera di sedimentazione, in due differenti punti. Il primo intervento, che ha previsto l'inserimento di due ugelli, è stato realizzato sul telaio che ospita il ventilatore di aspirazione. Attraverso un taglio al plasma sono stati creati due fori e in corrispondenza delle aperture sono stati saldati dei cilindri cavi in acciaio che servono per alloggiare il porta ugelli, il quale viene tenuto ben saldo a seguito dell'avvitamento di un bullone (fig.8).



Fig. 8: realizzazione dei fori per il fissaggio degli ugelli

Il porta ugelli è anche esso un cilindro cavo che presenta filettature alle due estremità: in una viene serrato l'ugello, mentre nell'altra viene inserita una vite forata per inserto ad occhio. Quest'ultimo, collegato al tubo proveniente dalla pompa, permette l'arrivo dell'acqua agli ugelli (fig.9).



Fig. 9: portaugelli

I due ugelli sono stati inseriti nella porzione periferica del carter, uno all'altezza dell'asse di rotazione della ventola, rivolto verso il basso, mentre l'altro, in posizione orizzontale, nel lato opposto in basso a sinistra (fig.10). In questo modo il flusso di polvere in uscita dalla camera di sedimentazione, perpendicolare alla ventola assiale che ruota in senso antiorario, viene diretto verso il getto di acqua generato dagli ugelli, quindi umidificato ed espulso dalla parte opposta lungo la condotta di scarico. Si è evitato di inserire gli ugelli nella parte sommitale del carter per impedire che l'acqua colpisca direttamente la ventola, accelerando su di essa la formazione di fango.



Fig.10: ugelli inseriti nel sul telaio del ventilatore di aspirazione

L'ultimo ugello è stato inserito più a valle rispetto ai precedenti, dopo il ventilatore, in prossimità dell'uscita della polvere, utilizzando gli stessi componenti visti in precedenza: si inietta ulteriore acqua prima che il flusso esca verso l'esterno (fig.11). Da questo punto in poi la miscela acqua/polvere/aria deve percorrere circa un metro e mezzo prima di essere espulsa nell'ambiente.



Fig.11: ugello inserito in prossimità del tubo di scarico

Riassumendo sono stati applicati 3 ugelli, due a monte della ventola (lato sinistro della macchina osservata frontalmente) ed uno a valle in prossimità dell'uscita (lato destro), i quali sono stati accessoriati con dei

rubinetti che ne permettono l'apertura e la chiusura (fig.12). Questo accorgimento ha permesso di verificare, durante le prove, il consumo di acqua da attribuire agli ugelli frontali e a quelli posteriori.



Fig. 12: rubinetti in prossimità degli ugelli

Risultati e discussioni

Nel mese di settembre 2011 sono stati effettuati, presso i terreni dell'Azienda Agricola Bellachioma Raffaella, test preliminari per verificare il funzionamento del dispositivo messo a punto nella macchina semovente CIMINA 380.

I campionamenti delle polveri aerodisperse sollevate durante la raccolta, finalizzati alla determinazione della frazione respirabile, sono avvenuti in condizioni diverse di umidificazione del terreno ed hanno riguardato quattro tesi distinte (tab.3): la prima tesi, relativa alla prova numero uno, è stata realizzata senza umidificare il terreno ovvero nelle normali condizioni di raccolta. La seconda tesi è avvenuta azionando solamente i 3 ugelli posteriori: sono stati utilizzati gli ugelli Lurmark 02 F110 nella prova numero due e Lurmark 04 F110 nella prova numero tre. Gli stessi ugelli sono stati impiegati nella terza tesi, caratterizzata dall'azionamento dei quattro ugelli portati dalla barra: prova numero quattro Lurmark 02 F110 e Lurmark 04 F110 nella prova numero sei. Infine nell'ultima tesi, relativa alle prove cinque e sette, il terreno è stato umidificato con una lancia irroratrice alimentata da una botte trainata e la raccolta è avvenuta con la macchina semovente rispettivamente dopo 15 e dopo 30 minuti.

La strumentazione adottata per valutare le prestazioni del dispositivo di abbattimento è composta da un flussimetro elettronico per la misura della portata degli ugelli, un manometro elettronico per la pressione e un voltmetro per la misura della tensione di lavoro nel circuito elettrico della macchina.

Periodo	N° prova	Descrizione prova	Campionamenti ambientali con DustTrak Aerosol Monitor			Campionamenti personali con SidePak Aerosol Monitor			Prestazioni del dispositivo di abbattimento delle polveri	
			min	max	avg	min	max	avg	Portata	Volume ad ettaro
			(mg/m ³)	(mg/m ³)	(mg/m ³)	(mg/m ³)	(mg/m ³)	(mg/m ³)	(l/min)	(l/ha)
mattina	1	Raccolta delle nocciole in condizioni standard di terreno asciutto	0,215	7,41	0,695	0,026	2,852	0,308	-	-
	2	Raccolta delle nocciole azionando i 3 ugelli posteriori Lurmark 02 F110	0,063	5,071	0,167	0,028	6,328	0,370	3,00	143
	3	Raccolta delle nocciole azionando i 3 ugelli posteriori Lurmark 04 F110	0,164	0,219	0,201	0,035	2,573	0,185	5,70	243
	4	Raccolta delle nocciole azionando i 4 ugelli anteriori Lurmark 02 F110 montati sulla barra frontale	0,082	0,159	0,151	0,033	1,955	0,128	4,00	190
	5	Raccolta delle nocciole dopo 30 min. dalla umidificazione del terreno	0,798	0,940	0,878	0,030	5,273	0,316	5,45	588
pomeriggio	6	Raccolta delle nocciole azionando i 4 ugelli anteriori Lurmark 04 F110 montati sulla barra frontale	0,358	0,438	0,400	0,029	18,724	1,814	7,50	386
	7	Raccolta delle nocciole dopo 15 min. dalla umidificazione del terreno	0,201	4,09	0,773	0,025	4,312	0,256	5,45	588

Tab.3: Campionamenti ambientali con DustTrak Aerosol Monitor e con SidePak Aerosol Monitor e valori del consumo di acqua

Alcuni parametri microclimatici come temperatura, umidità relativa e velocità dell'aria sono stati misurati con uno strumento multifunzione per il condizionamento e la ventilazione dell'aria/ambiente (sonde TESTO mod. 435-3) sia all'inizio della prima prova, quindi in mattinata, sia nel pomeriggio, riscontrando una variabilità ambientale che sicuramente ha inciso sui risultati di tutte le prove (tab.4).

Periodo	Velocità dell'aria (m/s)	Temperatura (°C)	Umidità relativa (%)
Mattina	0,32	26,9	40,3
Pomeriggio	0,70	31,6	27,4

Tab.4: Condizioni ambientali durante le prove

Sono stati eseguiti n.6 campionamenti personali sul conducente della macchina operatrice e n.6 campionamenti ambientali utilizzando analizzatori portatili a lettura diretta (DustTrak Aerosol Monitor mod. 8520 della TSI per l'ambientale e SidePak Aerosol Monitor mod.AM 510 sempre della TSI per il personale) dotati di preselettore per le polveri respirabili di tipo Door-Oliver.

Gli analizzatori rilevano e registrano i dati in continuo sulle concentrazioni delle polveri respirabili, mediante la dispersione di raggi luminosi. Il principio del metodo ottico si basa sulla proprietà delle particelle di provocare il fenomeno dello "scattering" nel momento in cui vengono investite da un raggio luminoso generato da apposita sorgente.

I dati ottenuti sulla polverosità ambientale denotano differenze tra campionamenti effettuati nello stesso giorno e sul medesimo appezzamento di terreno . Questo è un problema del campionamento legato, oltre alla procedura di raccolta, anche alla variabilità delle condizioni ambientali esterne (umidità, temperatura, velocità e direzione del vento, pendenza del terreno, ecc.) che influisce sicuramente sui risultati.

Osservando la tabella riassuntiva, gli elevati valori massimi riscontrati nella prova due, considerato che si trattava del primo tentativo, sono sicuramente da attribuire alla mancanza di umidità lungo le tubature della macchina. Gli altri test realizzati durante la mattina hanno sicuramente beneficiato dell'umidificazione effettuata nei tentativi precedenti. Fatta eccezione per la prova numero cinque, dove l'irrorazione preventiva del terreno è risultata poco efficace, anche causa dalle elevate temperature, nelle prove tre e quattro sono stati infatti riscontrati valori più bassi. In particolare, la prova quattro risulta essere quella in cui c'è meno dispersione di polvere nell'ambiente circostante (media=0,151 mg/m³) e verso l'operatore (media=0,128 mg/m³). Ciò è da attribuire all'utilizzo degli ugelli Lurmark 02 F110, sicuramente migliori rispetto al modello Lurmark 04 M110 che hanno un potere di nebulizzazione dell'acqua inferiore. La prova sette, dopo 15 minuti dall'irroramento del terreno, dovrebbe risultare migliore della prova cinque, dopo 30 minuti dall'irroramento del terreno, ma il valore massimo non avallerebbe questa affermazione. Tale valore anomalo può essere imputabile alle condizioni microclimatiche che erano notevolmente cambiate, temperatura più alta e umidità relativa quasi dimezzata, ma soprattutto alla direzione del vento che riportava verso la macchina semovente la polvere che la stessa aveva emesso dal tubo di uscita. Nella prova sette l'operatore sembrerebbe più protetto rispetto alla prova cinque anche se i livelli di polverosità risultano comunque alti (max = 4,312 mg/m³ e 5,273 mg/m³). La prova sei è stata influenzata dal percorso finale in pendio dove le spazzole della macchina "raschiavano" il terreno creando una condizione decisamente anomala rispetto ai tentativi precedenti.

Per quanto riguarda il consumo di acqua, gli ugelli Lurmark 02 F110, che alla pressione di esercizio misurata alla barra irroratrice (tab.5) producono un getto caratterizzato da una bassa portata e da gocce fini, sono risultati i più adatti alla presente tipologia di lavoro.

pressione media alla barra irroratrice a motore in moto (bar)	
ugelli posteriori Lurmark 02 F110 aperti	ugelli posteriori Lurmark 02 F110 chiusi
2,935	3,055

Tab. 5: valori di pressione media alla barra irroratrice con macchina a motore in moto a 1600 giri/min

Il fabbisogno di 143 l/ha relativo all'azionamento dei tre ugelli posteriori e quello di 190 l/ha richiesto dai quattro ugelli portati dalla barra, non rappresentano quantità irrisorie, ma comunque accettabili per la tipologia di cantiere che caratterizza la raccolta delle nocciole. Infatti, poiché ogni ettaro di nocciolo produce mediamente 2 t ed ogni carrello ne contiene al massimo 1,5 t, l'operatore deve comunque interrompere la raccolta per svuotare il carrello nell'essiccatoio o in un rimorchio di maggiori dimensioni: in quel momento potrà effettuare il rifornimento di acqua necessario all'alimentazione del dispositivo.

Anche se nella prova numero tre l'utilizzo del modello Lurmark 04 M110 ha fatto registrare un discreto abbattimento del livello della polvere, questa tipologia di ugelli, che erogano una maggior portata e producono gocce di dimensioni medie, è da scartare per l'elevato consumo di acqua.

L'irrorazione del terreno secondo le modalità che hanno caratterizzato le prove cinque e sette, non sembra al momento perseguibile, sia per l'eccessiva quantità di acqua necessaria, sia per gli scarsi risultati di abbattimento. Purtroppo in questa prima fase non si sono potuti azionare contemporaneamente gli ugelli portati dalla barra e quelli posizionati nella parte posteriore per problemi legati, durante le prove, al rifornimento idrico. Altra misura effettuata durante le prove è quella relativa ai valori di tensione del circuito elettrico (tab. 6).

tensione del circuito elettrico (V)	
motore spento	motore in moto
12,3	14,3

Tab. 6: valori di tensione nel circuito elettrico

I valori registrati indicano il buono stato della batteria (la tensione nominale deve essere 12 volt). L'aumento di tensione misurato quando la macchina viene messa in moto denota che l'alternatore riesce ad alimentare tutti gli utilizzatori, compresa la pompa, e a ricaricare la batteria.

Oltre al consumo di acqua, un importante aspetto da affrontare è quello della formazione di fango nelle zone di applicazione degli ugelli e lungo le tubature della macchina. Le immagini riportate nella figura 13 mettono in evidenza la problematica riscontrata nel carter del ventilatore, nel tubo di scarico e in quello di aspirazione collegato alla testata di raccolta. Gli scatti sono comunque riferiti al termine della giornata lavorativa, dopo che la macchina era stata impiegata nelle prove appena descritte, quindi soggetta a condizioni estreme di irrorazione.



Fig. 13: accumulo di fango nella macchina Cimina 380

Anche se l'effetto dell'irrorazione risulta, dai dati acquisiti tramite la strumentazione, appena evidente, l'aspetto visivo dell'abbattimento osservato in campo e messo in evidenza nelle foto di seguito riportate è sembrato molto più incoraggiante.



Fig. 14: polvere emessa durante la prova numero 1



Fig. 15: riduzione delle emissioni di polvere durante la prova 4

Prodotti del primo anno di sperimentazione

Gli obiettivi previsti per il primo anno di ricerca riguardavano lo sviluppo di nuove tecniche di raccolta e prototipi per l'irrorazione da applicare alle macchine raccogliatrici, testandoli in campo sia attraverso prove simulate che durante la reale raccolta delle nocciole, monitorando l'efficacia dei sistemi adottati anche in relazione alla concentrazione di polvere che investe l'operatore e persiste nell'ambiente di lavoro.

Alla luce dei risultati sopra illustrati si può affermare che tali obiettivi possono essere considerati raggiunti.

I primi risultati della ricerca sono stati oggetto delle seguenti pubblicazioni:

- Cecchini M., Guerrieri M., Colantoni A., Monarca D., Bedini L., Cavariani F., De Rossi M., Fedrizzi M., Pagano M. A device for dust reduction during mechanized harvesting of hazelnuts. International Conference RAGUSA SHWA 2012 September 3-5, 2012 Ragusa - Italy
- Fedrizzi M., Pagano M., Perrino C., Cecchini M., Guerrieri M., Gallo P., Biocca M. Inhalable dust emission in hazelnuts mechanical harvesting (*Corylus avellana L.*): test of a low impact suction-type pneumatic collector. International Conference RAGUSA SHWA 2012 September 3-5, 2012 Ragusa - Italy

Monitoraggio del progetto

Il Responsabile Scientifico ha svolto, nelle diverse fasi evolutive del progetto, una attività di monitoraggio e supervisione generale sulle attività del gruppo di lavoro, dei contenuti della progettazione e della validazione degli strumenti operativi e metodologici utilizzati e prodotti.

In particolare il Responsabile Scientifico ha svolto, come da progetto, i seguenti compiti:

- impostazione dell'attività scientifica di studio e ricerca;

- suggerimenti, controlli e verifiche delle metodologie operative utilizzate;
- revisione di tutti gli standard e di altri output;
- revisione della progettazione esecutiva, dei dati raccolti in campo e dei risultati della loro analisi.

Nell'ambito del progetto, sono state realizzate attività finalizzate all'assicurazione e controllo qualità interno della progettazione, dei prodotti e processi operativi, attuato attraverso verifiche ispettive interne (V.I.), revisioni documentali e degli standard operativi.

Il monitoraggio interno del progetto e la verifica dei risultati sono stati condotti anche attraverso riunioni tra i partecipanti tenute a cadenza mensile.

Conclusioni

Dai risultati del primo anno di ricerca, l'utilizzo dell'acqua per la riduzione della polvere sollevata durante la raccolta delle nocciole sembra un obiettivo raggiungibile. L'azionamento della pompa che porta acqua agli ugelli ha permesso di registrare progressi nei livelli di abbattimento della polvere, che potranno essere migliorati a seguito della messa a punto del sistema nel corso dello sviluppo del progetto.

Si dovrà intervenire riducendo il consumo di acqua attraverso l'utilizzo di una pompa che generi una maggiore pressione e di ugelli che erogino una portata minore, ma con dimensioni di gocce tali da rispondere alla necessità dell'abbattimento.

Per quanto riguarda la parte frontale della macchina si dovranno equipaggiare le estremità della barra con ugelli a getto asimmetrico, affinché si possa irrorare la parte di terreno laterale alla testata di raccolta, che generalmente risulta priva di nocciole perché andanate al centro della fila tramite una precedente operazione colturale. In questa zona infatti viene sollevata una buona percentuale di polvere a causa dello sfregamento operato dalle spazzole rotanti.

Altro aspetto da prendere in considerazione sarà la capacità di lavoro della macchina qualora la formazione di fango determini frequenti interruzioni dell'attività lavorativa. Per attenuare il problema verrà rivisto l'attuale posizionamento degli spruzzatori inseriti nel telaio del ventilatore, i quali verranno tolti e sostituiti con un solo ugello inserito più a valle, vicino a quello posizionato in prossimità del tubo di scarico. Questo accorgimento porterà dei benefici legati al risparmio di acqua e limiterà le eventuali manutenzioni (dovute al fango) a questa parte della macchina, la cui pulizia risulta più immediata rispetto a quella del carter. Se questo aspetto si dimostrerà insormontabile, si potrà anche ipotizzare un impiego del dispositivo ad intermittenza, alternando momenti di raccolta effettuati con il metodo tradizionale con altri caratterizzati dall'utilizzo dell'acqua.

Resta appurato che il rifornimento idrico è sicuramente un'altra variabile da considerare, visto che non tutti gli appezzamenti presentano punti idrici nelle immediate vicinanze. A tal proposito si potrebbe pensare ad una stazione mobile di rifornimento costituita dalla botte irroratrice, generalmente presente in tutte le aziende agricole. Comunque in questa prima fase, nonostante siano state provate condizioni diverse di umidificazione del terreno, permane per i lavoratori l'esistenza di un rischio di esposizione alle polveri sollevate durante la raccolta delle nocciole che provoca anche un evidente inquinamento ambientale per il depositarsi delle stesse sulle zone limitrofe comprese quelle abitate. Seppure le lavorazioni hanno una durata solo stagionale, sono da adottare e prescrivere misure di prevenzione adeguate, come i dispositivi di

protezione individuale per gli addetti, quali occhiali e facciali filtranti antipolvere che attualmente non sono affatto di uso comune.

Vista la notevole importanza degli obiettivi della ricerca nel secondo anno sarà affrontato anche il problema della diffusione dei risultati a tutte le aziende agricole interessate ed ai costruttori di macchine per la raccolta di frutta in guscio.

A tal fine, le azioni divulgative previste sono:

- seminari sul territorio
- formazione dei tecnici, anche attraverso i corsi universitari di Ergonomia e Sicurezza in Agricoltura
- incontri informativi con i rappresentanti delle associazioni di categoria agricole
- materiale illustrativo (brochure) distribuito agli agricoltori, anche tramite le organizzazioni di categoria e le ASL
- pubblicazioni scientifiche e divulgative
- giornate dimostrative
- convegno finale

Bibliografia

[1] AA.VV. (2008) - L'attività di controllo e verifica funzionale delle macchine irroratrici in Friuli venezia giulia - Notiziario ERSA 4/2008

[2] BONDESAN, DANIEL (2009) - Tecnologia delle macchine per una distribuzione ottimizzata dei fitofarmaci nel rispetto dell'uomo e dell'ambiente. Tesi di dottorato

[3] MONARCA D., CECCHINI M., ANTONELLI D. (2005). Innovations in harvesting machines. ACTA HORTICULTURAE, vol. 686; p. 343-350, ISSN: 0567-7572.

[4] MONARCA D., CECCHINI M., GUERRIERI M., SANTI M., COLOPARDI F. (2009) - The evolution of the hazelnut harvesting technique. ACTA HORTICULTURAE, vol. 845 vol. 1; p. 353-358; ISSN: 0567-7572

Sitografia

[5] www.arsial.it

[6] www.asjnozzle.it

[7] www.facma.it

[8] www.hypro-eu.com