

# Meccanizzazione specializzata e innovativa per la gestione del frutteto

Uno straordinario panorama di attrezzature specifiche sempre più raffinate, sempre più legate ad una gestione informatizzata, sempre più orientate alla sostenibilità delle tecniche agronomiche.

Un grande “know how” frutto di una storica passione italiana per la meccanica agricola, da sempre leader a livello mondiale.

• di Giovambattista Sorrenti<sup>1</sup> - Ugo Palara<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Dipartimento di Scienze Agrarie, Università di Bologna

<sup>2</sup>Agrintesa Soc. Coop., Faenza (Ra)

La meccanizzazione e l'automazione sono ormai divenuti fattori determinanti che stanno progressivamente colonizzando gli impianti frutticoli a ogni latitudine, sebbene il grado di penetrazione sia legato alla specie arborea e a ragioni culturali tipiche di ogni areale. Seppur innovandosi a ritmi vertiginosi, i capisaldi che da sempre giustificano il ricorso alle macchine in frutticoltura permangono immutati: a) compressione e massimizzazione dell'efficienza del lavoro dell'uomo; b) riduzione dei costi di produzione; c) miglioramento delle rese e della qualità degli impianti; d) razionalizzazione nell'uso delle risorse naturali (es. energia luminosa, risorsa idrica, fertilizzanti) e e) aumento della sicurezza degli operatori nel frutteto. Inoltre, oggi più che mai, la meccanizzazione appare giustificata dallo scenario di mercato attuale caratterizzato da una spiccata concorrenza tra Paesi (sia per le similitudini produttive sia per mantenere i mercati più remunerativi) e da condizioni ambientali mutevoli. Inoltre, i prezzi della frutta non seguono linearmente l'aumento del costo della vita; con ciò, la salvaguardia del reddito delle imprese frutticole è necessariamente vincolata al contenimento dei costi di produzione, con particolare riferimento alla manodopera che, oltre ad essere sempre meno reperibile, è senz'altro la voce di costo preponderante, incidendo per almeno il 50% del totale delle spese.

Fin dalla sua introduzione, la meccanizzazione delle operazioni colturali ha contribuito, forse in maniera più incisiva rispetto a ogni altro fattore agronomico, a rivoluzionare il con-

retto di frutticoltura industriale e, sebbene debba necessariamente armonizzarsi ai sistemi colturali esistenti, a volte è vero anche il contrario. Basti pensare alla plasticità dell'olivo e della vite, i cui sistemi d'impianto sono spesso progettati e adattati intorno alle esigenze delle soluzioni tecnologie e delle macchine, talvolta anche a scapito dei principi di fisiologia vegetale (es. potatura meccanica). Ciò è valido non solo per le specie la cui produzione è destinata alla trasformazione: infatti, anche per pesco, melo e susino per il consumo fresco, la scelta della forma di conduzione del frutteto (es. architettura della chioma, densità d'impianto, potatura ecc.) è influenzata dalla scelta del grado di meccanizzazione delle operazioni (es. diradamento, potatura e raccolta).

## La trattrice specializzata sarà “high-tech”

Tra le trattrici, quelle destinate al frutteto sono definite “specialistiche” che, oltre alle dimensioni, alle carreggiate ridotte nonché all'estetica meno aggressiva, pagano da sempre un certo divario tecnologico rispetto ai più evoluti trattori destinati al “pieno campo”. Tuttavia, anche nel segmento delle specialistiche non mancano continui aggiornamenti tecnologici. Sostanzialmente, le linee tracciate dalle case costruttrici di trattrici della tipologia “frutteto” seguono due filosofie: la prima insegue la progettazione di unità motrici sofisticate e confortevoli e l'altra che invece privilegia il risparmio a spese del comfort. A giustificare questa seconda corrente vi è da un lato la limitata disponibilità di molti frutticoltori



Fig. 1 - Trattrice isodiametrica realizzata dalla Pasquali, provvista di cabina e guida reversibile.

Fig. 2 - Il modello Sky Jump della lombarda BCS adotta la soluzione con cingoli a nastro gommato sull'assale posteriore. La soluzione tecnologica garantisce elevata trazione e stabilità anche nei terreni scoscesi, a vantaggio della sicurezza dell'operatore.

Fig. 3 - Il Mach 4 di Antonio Carraro, trattrice specialistica dalle dimensioni e dalle carreggiate contenute, si caratterizza per i 4 cingoli in gomma al posto delle ruote che assicurano stabilità e trazione paragonabili al cingolato classico, senza però penalizzare agilità, rumorosità e velocità su strada.

a investire in trattori tecnologicamente più evoluti e dall'altro l'opportunità per i costruttori di affacciarsi sui mercati di Paesi emergenti nei quali è richiesto un modesto tasso di tecnologia. In Italia, il mercato delle trattori specialistiche vive un periodo di relativo fermento con, seppur contenuti, incrementi delle unità vendute. Ormai generalizzata è la preferenza dei frutticoltori per le trattori gommate, provviste di 4 ruote motrici e potenza compresa tra 60 e 80kW. Recentemente poi, si riscontra la crescente modularità dei mezzi, con la possibilità di personalizzare la multifunzionalità d'uso, soprattutto relativamente all'impianto idraulico e alla trasmissione, oltre che alla cabina (per quei modelli che la prevedono). I risultati di un sondaggio (Molari, 2010) su scala nazionale (indagine realizzata su 200 aziende frutticole, di cui il 90% con superficie <100 ha) evidenziano che nella scelta della trattore per il frutteto i coltivatori italiani attribuiscono primaria importanza al ridotto diametro di sterzata, alla doppia trazione e all'impianto di frenata integrale. Rilevante l'interesse anche per l'inversore idraulico e per il cambio con rapporti sotto carico, mentre meno importanti appaiono il cambio a variazione continua e la velocità massima nei trasferimenti su strada. È apprezzata anche l'elevata capacità di sollevamento e la presa di potenza a velocità multipla, mentre scarso si è rivelato l'interesse per il controllo elettronico dell'impianto idraulico. Tra le più apprezzate caratteristiche ergonomiche di confortevolezza che, a parere degli operatori, la trattore per il frutteto dovrebbe avere, la ridotta rumorosità, l'elevata visibilità, l'agevole accesso del posto guida nonché la disposizione radiale e razionale dei comandi.

Per quanto riguarda il sistema di trazione, si stanno affermando nel frutteto anche le cosiddette trattori "isodiametriche", dotate di 4 ruote pneumatiche dello stesso diametro. Tale soluzione consente di mantenere il baricentro della macchina basso e una distribuzione dei pesi (60% sull'asse

anteriore e 40% sul posteriore) che ne avvantaggia la stabilità anche su terreni leggermente scoscesi.

Sulle trattori isodiametriche, non è poi infrequente la possibilità di invertire l'orientamento del posto guida eseguito per mezzo di una ralla che, con una rotazione di 180° della postazione di guida e dei comandi principali, assicura una maggiore versatilità operativa (Fig. 1).

Anche per le trattori progettate per operare nei frutteti si sta in parte riscoprendo la cingolatura, totale o parziale (Figg. 2-3). Tale rinascita è legata all'introduzione dei cingoli costituiti da nastri in gomma che, rispetto ai cingoli tradizionali, sono silenziosi, pratici e riducono le vibrazioni per l'operatore, garantendo al contempo l'elevata capacità di traino, la manovrabilità e la trazione, grazie ad una più ampia impronta al suolo. Inoltre, l'impiego dei cingoli in gomma limita la compattazione del suolo dell'interfilare (ove ne sia compromessa la portanza) e garantisce una buona trazione nei terreni declivi. Di contro, tale soluzione conserva ancora la scomodità durante i trasferimenti su strada, l'eccessiva usura dei costosi nastri e la scarsa adattabilità ai terreni pietrosi. Le soluzioni cingolate comunque hanno un costo superiore e richiedono una manutenzione più attenta.

## I "plus" elettronici dell'automazione

Non può certo mancare la tecnologia legata all'elettronica anche sulle trattori frutteto. Nei nuovi modelli, ad esempio, la gestione dell'iniezione del motore avviene tramite centraline controllate da opportuni computer che agiscono anche sulla trasmissione impostando il regime dei giri del motore in base al rapporto selezionato. L'elettronica può gestire anche il sollevatore e i distributori idraulici. Sistemi di controllo avanzati saranno presto adottati sulle trattori per il frutteto. Tra questi, la possibilità di sfruttare i sistemi di assistenza elettronica per cambiare i rapporti, gestire la trazione, il sollevatore o evitare sequenze di operazioni ripetitive

(es. manovra in capezzagna che impone riduzione del regime motore, disinnesto della Pto ecc.).

Sembra ormai realtà anche la completa robotizzazione delle operazioni eseguite dalla trattrice nel frutteto. Ne è un chiaro esempio l'avanzato sistema Probotiq Xpert, commercializzato dalla ARVAtec (Rescaldina, MI), che al momento equipaggia i trattori Fendt della serie 200 Vario (Fig. 4). Il sistema di guida robotizzato Probotiq, consente di "insegnare" al trattore traiettorie e azioni da compiere tramite l'intelligenza artificiale della centralina Xpert, capace di geo-referenziare la traiettoria del veicolo nonché memorizzare le informazioni provenienti sia dall'operatore sia dalla trattrice stesso (sterzate, accelerazione, azionamento della presa di forza, sollevatore ecc.) nel corso delle normali operazioni di lavoro nel frutteto. Una volta completata la registrazione delle operazioni e istruita quindi la macchina, la trattrice sarà in grado di ripetere autonomamente il percorso registrato in modo preciso, senza dunque l'ausilio dell'operatore. Tuttavia, la diffusione su larga scala di queste tecnologie è legata alla verifica in campo della loro oggettiva convenienza.

Ad aumentare il livello di tecnologia (e di sicurezza) di queste trattrici robotizzate contribuisce anche la possibile applicazione di sensori di prossimità ed impatto, in grado di arrestare la macchina in caso di rilevamento di ostacoli o persone. Infine, la dotazione di una centralina "wireless" può consentire di attivare o arrestare la macchina a distanza e di es-

sere comunque informati in caso di arresto del robot a causa di ostacoli o malfunzionamenti.

Tra le innovazioni del prossimo decennio, dopo aver ridotto al minimo le emissioni nocive, molti costruttori stanno lavorando su carburanti o sistemi di alimentazione alternativi. Le nuove tecnologie saranno probabilmente introdotte dapprima sulle trattrici da campo aperto e, successivamente, trasferite ai modelli specializzati. Si pensa quindi all'alimentazione ibrida (diesel-elettrico) o, per esempio, alle tecnologie a metano. Per quest'ultima soluzione, New Holland, Valpadana e Steyr sono già in fase di avanzato sviluppo mentre la finlandese Valtra dichiara di avere già oltre una decina di macchine alimentate a biogas a lavoro in Nord Europa. Non troppo futuristica sembra anche la messa in commercio di trattrici alimentate a celle combustibili che, sfruttando la reazione tra aria e idrogeno, produrranno energia elettrica e calore, ottenendo come scarto solo acqua.

## Gestione meccanizzata del sottofila

Le crescenti restrizioni legislative legate al reiterato impiego di erbicidi per il controllo delle malerbe, giustificate da preoccupazioni ambientali, ripropongono l'annosa questione della gestione delle infestanti. È infatti ormai accertato che la distribuzione indiscriminata delle molecole chimiche con proprietà diserbanti può indurre, nel medio-lungo periodo, un impoverimento del microbioma e più in dettaglio la biodiversità del suolo favorendo al contempo lo sviluppo di es-



Fig. 4 - La trattrice Fendt Vario 200, equipaggiata con il sistema di controllo autonomo Probotiq Xpert è in grado di eseguire le operazioni nel frutteto senza la presenza dell'operatore.

Fig. 5 - Macchina progettata per il pirodiserbo del sottofila.

Fig. 6 - Diserbo a vapore operato dalla macchina ECO GP proposta dalla modenese MM s.r.l.

Fig. 7 - Lo schiumone, prototipo recentemente realizzato dalla piacentina Tecnovitc, si propone di diserbare il sottofila sfruttando un film schiumogeno di origine vegetale, il cui calore (70 °C) determina il disseccamento a seguito della precipitazione della componente proteica delle malerbe.





Fig. 8 - Trinciaerba interfilare portata della ditta Facma (VT) provvisto di disco interfilare a coltelli e tastatore per il rientro meccanico a molla.

Fig. 9 - La forlivese Calderoni propone Bio Rorot, appendice laterale da accoppiare alle trinciaerba portate o trainate (sia posteriormente sia anteriormente) che, a detta del costruttore, grazie ad un sistema di fili allungabili e regolabili montati su rotore orizzontale azionato idraulicamente, permette all'operatore di lavorare vicino alla pianta anche su tronchi di diametro elevato, ripulendoli dalle malerbe. La macchina può essere adoperata anche nella versione doppia, per la contemporanea gestione di due filari.

senze resistenti che gradualmente possono prendere il sopravvento sulle altre. Il problema è poi più evidente nei sistemi frutticoli altamente sostenibili (es. biologico, biodinamico), nei quali l'impiego di diserbanti è vietato dalla normativa.

La problematica è più accentuata se ci si riferisce alla striscia di suolo lungo il filare (la gestione dell'interfila pone meno ostacoli) poiché la sua corretta gestione può limitare la competizione (acqua e nutrienti) con le piante allevate, agevola lo svolgimento delle operazioni colturali e può incidere positivamente sullo stato sanitario dell'impianto.

Il ricorso al pirodiserbo, sebbene le soluzioni costruttive si siano evolute negli ultimi anni (Fig. 5), ancora non sembra affermarsi come alternativa risolutiva in virtù dei costi di gestione sostenuti, dell'effetto temporaneo, delle accortezze da adottare durante l'esecuzione dell'intervento e dell'aggravio nel bilancio delle emissioni di CO<sub>2</sub>, a carico del processo produttivo (Valer, 2010).

Promettenti sembrano invece le tecnologie che sfruttano il calore generato da vapore acqueo (Fig. 6), o più recentemente, da prodotti schiumogeni (Fig. 7) che, provocando uno choc termico alle specie annuali, ne determina il rapido l'ap-passimento. Altre soluzioni innovative puntano su macchine in grado di irrorare acqua ad alta pressione sulle infestanti per contenerne la diffusione lungo la fila. È quest'ultimo il principio adottato da Attila, macchina costruita da Caffini si compone da una pompa a pistoni funzionante a 1000 bar, un serbatoio d'acqua e una testa rotante sulla quale sono fissati gli ugelli in posizione verticale. Secondo il costruttore, il consumo di sola acqua a temperatura ambiente è di circa 2000 L/ha, su filari di 2,5 m di larghezza. Tuttavia, poiché l'esito dell'intervento sembra strettamente legato alle specie infestanti, al loro stadio vegetativo, alla velocità di avanzamento e alla frequenza degli interventi, la validazione di queste tecniche richiede ulteriori riscontri (Telfser et al., 2017), nonché valutazioni ambientali ed economiche.

In attesa di ulteriori conferme sperimentali dalle recenti innovazioni, il contenimento delle malerbe nel sottofila tramite la lavorazione meccanica in alternativa al diserbo chimico sembra garantire il compromesso migliore tra efficacia della tecnica e contenimento dei costi. Il ricorso alla fresatura sottofila è poi proposto in particolare dai fautori del biologico. Inoltre, sebbene dal punto di vista economico il diserbo chimico del sottofila del frutteto risulti economicamente più conveniente rispetto alle lavorazioni (20,2 vs. 79,0 €/ha all'anno; Nari e Vittone, 2016), la necessità di rispettare gli standard ambientali dettati dai disciplinari di produzione e, talvolta ancora più restrittivi imposti da molti gruppi della GDO, nonché i sempre crescenti fenomeni di resistenza giocano sempre più a favore della gestione meccanizzata del sottofila.

Contemporaneamente, la tendenza a ridurre la distanza tra gli alberi sulla fila (aumento delle densità d'impianto), ha imposto la ricerca di soluzioni tecnologico-costruttive innovative in grado di controllare la striscia di terreno occupata sulla fila tra due tronchi. È chiaro che le innovazioni ingegneristiche largamente adottate (es. sensori, tastatori, dispositivi elettroidraulici) hanno consentito ai costruttori di realizzare macchine efficienti, anche su suoli ricchi di scheletro in grado di avvicinarsi sempre di più al tronco e garantendo al contempo rese orarie soddisfacenti. Le soluzioni oggi disponibili sul mercato per il contenimento meccanico delle malerbe nel sottofila comprendono: a) trinciaerba provvisto di tagliaerba laterale; b) macchine interceppo per la lavorazione del sottofila c) Scalzatrici-rincalzatrici. La prima soluzione, spesso portata o trainata posteriormente alla trattrice, accoppia ad una trinciaerba tradizionale, che gestisce la striscia dell'interfilare, un utensile laterale (Fig. 8) provvisto di flagelli (in materiale plastico), coltelli sporgenti montati su un disco rotante o attrezzi per la lavorazione interceppo. Una variante costruttiva prevede che l'utensile laterale sia mon-

tato su un telaio autonomo, senza dunque la presenza del trinciaerba tradizionale interfilare.

In alternativa alle trinciaerba, sono disponibili diversi utensili da abbinare a macchine portate anteriormente, oppure posteriormente ma anche lateralmente in posizione ventrale (che agevola la visuale ed il controllo della macchina) alla trattrice e che provvedono alla lavorazione del suolo interceppo. Tali utensili sono provvisti di sensori e tastatori che consentono alla macchina di rientrare automaticamente al contatto con la pianta. La lavorazione del sottofila, oltre al controllo delle infestanti, limita la diffusione dei roditori nel frutteto che, spesso, sono fonte di danno agli apparati radicali delle arboree coltivate. Dal punto di vista costruttivo, gli utensili per la lavorazione del sottofila prevedono soluzioni tecnologiche a zappette (fresette), a coltelli, a martelli o dischi. Sebbene in misura limitata, anche in frutticoltura si può ricorrere alle scalzatrici-rincalzatrici (più diffuse in viticoltura) al fine adottate per arieggiare il terreno e ritardare la comparsa delle infestanti.

## Governo meccanizzato dell'albero

Il contenimento dei costi di produzione nel frutteto è ormai una prerogativa fondamentale per garantirsi la permanenza e la competitività sui mercati. Tradizionalmente, tra le voci che maggiormente incidono sul costo totale di produzione dei fruttiferi rientrano senza dubbio le operazioni ad elevato

fabbisogno di manodopera ed in particolare potatura, diradamento (per le specie che lo prevedono) e raccolta.

Benchè non tutte le specie arboree si adattino alla gestione meccanizzata integrale della chioma, l'evoluzione tecnologica applicata alla meccanizzazione del frutteto consente oggi di sostituire o almeno coadiuvare l'esecuzione manuale delle varie operazioni del frutteto, con vantaggi in termini di efficienza (ore/unità di superficie) e di conseguenza dei costi. D'altra parte, la riduzione nella disponibilità di adeguata professionalità degli operatori impone, in alcuni areali, l'adeguamento degli impianti verso soluzioni che consentano di razionalizzare l'uso della manodopera.

### Potatura della chioma

La meccanizzazione della potatura dei fruttiferi consente, oltre che l'abbattimento dei costi, l'ottimizzazione della gestione della tecnica, soprattutto in aziende di dimensioni medio-elevate. La frutticoltura specializzata fa oggi ricorso a macchine agevolatrici (forbici, sveltatoi e motoseghe elettriche o pneumatiche) che consentono, nel caso degli agrumi, una contrazione dei tempi di esecuzione del 40-50% (Mennone, 2010). Tali agevolatori sono spesso alimentati da impianti ad aria compressa trainati ed azionati dalla trattrice oppure predisposti su piattaforme idrauliche semoventi (carricanti). In alternativa, esistono soluzioni alimentate a batteria zainata agli ioni di litio. Quelle di ultima



Fig. 10 - Tra gli utensili utilizzati per la rimozione delle malerbe lungo la fila anche le spazzole in materiale flessibile ancorate ad uno o più piatti indipendenti la cui rotazione è azionata da motori idraulici.

Fig. 11 - Fresa laterale della ditta Cucchi portata frontalmente alla trattrice, provvista di tastatore per la lavorazione del sottofila del frutteto.



Fig. 12 - Macchina trainata provvista di utensili a dischi della Agrofer (BS) in lavorazione contemporanea lungo due sottofilari.

Fig. 13 - Operazioni di "topping" su piante di pesco al 2 anno (Foto: Monserrat e Iglesias, 2011).





Fig. 14 - Esecuzione della potatura invernale del pescheto alveolato a parete tramite barre falciatrici.

Fig. 15 - Macchina semovente provvista di braccio telescopico accoppiato alla barra potatrice provvista di 7 elementi circolari, in opera in un uliveto adulto.

generazione impiegano polimeri di litio che consentono una riduzione del peso e aumento dell'autonomia. Inoltre, oggi, esistono appositi pannelli fotovoltaici che consentono di ricaricare le batterie in campo.

Sempre nel caso degli agrumi, poi, l'uso di barre falcianti e/o lame rotanti per i tagli su branche rientra nella gestione integralmente meccanizzata della potatura, con riduzione dei tempi di potatura fino al 70%. Gli elementi di taglio procedono lateralmente sui lati del filare ("hedging") oppure raccorciando la loro porzione apicale (topping); ovviamente le due modalità possono essere eseguite assieme. È chiaro che il ricorso alla potatura meccanica dei fruttiferi presuppone l'applicabilità su forme di allevamento a geometria rigida (es. parete, siepe) e che non permette il rispetto e il controllo dell'habitus di fruttificazione che invece richiederebbe interventi differenziati. Pertanto, le forme volumetriche (es. vaso) poco si prestano alla potatura meccanizzata che, in ogni caso, indipendentemente dalla forma, necessiterebbero sempre di una rifinitura manuale.

Tra le forme di allevamento proposte per il pesco, con l'obiettivo di realizzare la gestione dell'albero da terra attraverso la messa in opera di interventi di potatura rapidi e in parte meccanizzabili, si va affermando in diversi ambienti pedoclimatici, il vaso catalano, sviluppato in Spagna dal 1993 e introdotto in Italia in alcuni areali del Sud.

La forma riprende quella di un vasetto ritardato, il cui angolo di inserzione delle branche è però più stretto (30-35° rispetto a 40-45°). Dopo i primi interventi di potatura manuale eseguiti nella prima stagione (Montserrat e Iglesias, 2010), già dal secondo anno la chioma viene gestita integrando rapidi interventi cesori manuali con tagli meccanici di topping tramite barre falcianti (2-3 ore/ha), volti a mantenere l'altezza totale della pianta da terra a 2,5 m e a provocare dicotomie vegetazionali necessarie per creare le impalcature. Prove condotte anche in areali peschicoli italiani, evidenziano che nel vaso catalano le ore di manodopera per tonnellata di prodotto sono inferiori rispetto quelle richieste dalle forme in volume tradizionali (Foschi *et al.*, 2012). È chiaro

però che tali concetti devono considerare la fertilità e la vigoria della cultivar. Inoltre, la forma si adatta bene negli areali caratterizzati da una lunga stagione vegetativa e con temperature alte che permettono lo sviluppo e il rafforzamento dei germogli, coadiuvati dal controllo dell'apporto idrico ("go and stop").

Anche su melo, grazie alle macchine e alla tecnica di potatura proposte dall'Università di Bologna (Sansavini, 74) già 40 anni orsono (i principi sono rimasti immutati), si assiste ad una ripresa d'interesse per la potatura meccanizzata degli impianti sulla spinta dei frutticoltori alla ricerca di soluzioni tecniche innovative, semplici e soprattutto poco onerose. Recentemente, altre prove effettuate in Valle d'Aosta hanno previsto la creazione di un frutteto a parete compatta, con ramificazioni più corte per mantenere la zona produttiva entro 25-30 cm di spessore (Diemoz *et al.*, 2016). I risultati di un triennio di prove indicano che, per la cv Golden Delicious, la potatura meccanizzata del meleto non ha indotto scompensi produttivi, aumentando altresì il numero di frutti delle calssi di pezzatura commercialmente più remunerative. Sulla base dei risultati finora ottenuti anche in Piemonte e Trentino, emerge che l'adozione della parete fruttifera favorisce, nel meleto, gli aspetti gestionali (migliore accessibilità), agronomici (migliore qualità dei frutti) e ambientali (riduzione dei volumi e della deriva dei trattamenti). Dal punto di vista tecnologico la soluzione costruttiva per la potatura prevede una serie di barre falcianti regolabili ad elementi indipendenti e governati idraulicamente che consentono di conferire alle piante una forma piramidale (Fig. 14). In alternativa, nel caso di noce da frutto, olivo e agrumi, le macchine per la potatura sono costituite da 3 a 10 (ed anche oltre) lame a dischi circolari verticali, orizzontali e varimente inclinati, montati in serie su un telaio in acciaio ed azionati idraulicamente. L'elemento viene poi accoppiato al braccio idraulico di macchine semoventi (movimentatori, escavatori) (Fig. 15).

Tra le specie che meglio si adattano alla potatura meccanica c'è il nocciolo il cui intervento richiede da 8-12 ore/ha rispetto alle anche oltre 200 richieste da quella manuale. Per

questa specie, il ricorso alla potatura meccanica consente di modificare la geometria della chioma e di regolare piuttosto facilmente lo spazio tra i filari al fine di facilitare le operazioni colturali e di migliorare l'illuminazione della chioma e l'efficacia degli interventi fitosanitari (Roversi, 2017). Inoltre, l'impiego della potatura meccanica, indipendentemente dalle epoche di esecuzione, ha comportato sul nocciolo rese produttive e qualitative del prodotto sempre superiori rispetto alle piante di Tonda Gentile delle Langhe non potate. Prove sperimentali condotte in Piemonte confermano poi l'assenza di differenze significative in termini di rese e qualità tra le piante potate manualmente e meccanicamente (Roversi, 2017).

### Diradamento meccanico

Il diradamento meccanico dei fiori sui fruttiferi che lo prevedono (es. melo, albicocco, pesco, susino e cv molto fertili di pero) è ad ogni effetto uscito dalla fase sperimentale, con risultati soddisfacenti dal punto di vista tecnico, economico ed ambientale (Dorigoni *et al.*, 2010; Pavarino *et al.*, 2014). La tecnica consiste nella rimozione meccanica di una parte dei fiori tramite l'azione fisica di macchine che "spazzolano" le piante. Dal punto di vista costruttivo, la macchina è portata anteriormente alla trattrice, ed è costituita da un telaio leg-



Fig. 16 - Diradamento meccanico dei fiori sulla cultivar di pesco Honey Blaze allevata ad asse colonnare.

gero, montato in verticale, alto fino a 3 m ed in grado di inclinarsi idraulicamente per adattarsi alla parete produttiva dell'impianto. Alle estremità del telaio è fissato un asse rotante (mandrino) sul quale sono installate le barre portafili (fruste o stringhe) in materiale plastico stampato a iniezione, per un totale di circa 300 fruste lunghe fino a 70 cm/cad. Durante l'avanzamento, le fruste spazzolano la chioma della pianta asportando singoli fiori (drupacee) (Fig. 16) o interi mazzetti fiorali (pomacee). Il numero di giri del mandrino può essere variato dalla postazione di guida dell'operatore e può essere mantenuto costante indipendentemente dal numero di giri della trattrice.

Tra i vantaggi del diradamento meccanico l'indipendenza dalle condizioni climatiche, potendo operare con temperature basse, vento e anche pioggia. Inoltre le macchine oggi a disposizione consentono di modulare progressivamente l'intensità di diradamento, agendo direttamente sulla velocità di rotazione delle spazzole. Aumenti nell'ordine di 10-20 rpm del rotore diradante (di solito compresa tra 150 e 300 rpm), o la variazione della velocità d'avanzamento della trattrice (di solito compresa tra 4 e 10 km/ora, si ripercuotono chiaramente sull'intensità di diradamento il cui risultato è immediatamente percepibile dall'operatore, che può, eventualmente intervenire per correggere l'intervento. Le prove eseguite da Vittone *et al.* (2010) su diverse cultivar di pesco e nettarine riportano che la velocità di avanzamento ottimale è risultata di 6 km/ora, con una rotazione del mandrino tra 150 e 160 rpm. Tali parametri, tuttavia, devono essere determinati di volta in volta, a seconda della varietà, della forma di allevamento e del carico produttivo. Altro punto a favore del diradamento meccanico dei fiori è la velocità d'esecuzione dell'operazione, pari a circa 0,5-1,5 ore/ha. Le esperienze maturate su pesco riportano una diminuzione dei tempi di diradamento manuale di circa il 50% (si ricorda che l'intervento meccanico sui fiori necessita sempre della rifinitura manuale), con sensibile riduzione dei costi di produzione (Foschi *et al.*, 2010).

Di contro, il diradamento meccanico

Fig. 17 - Confronto tra i tempi per il diradamento manuale\*

\* (controllo) e meccanico su diverse cultivar di nettarine allevate in Piemonte. Per ogni cultivar, viene indicata la velocità rotazione del mandrino (rpm) e la velocità di avanzamento della trattrice (km/h) (fonte: modificata da Asteggiano e Vittone 2014).

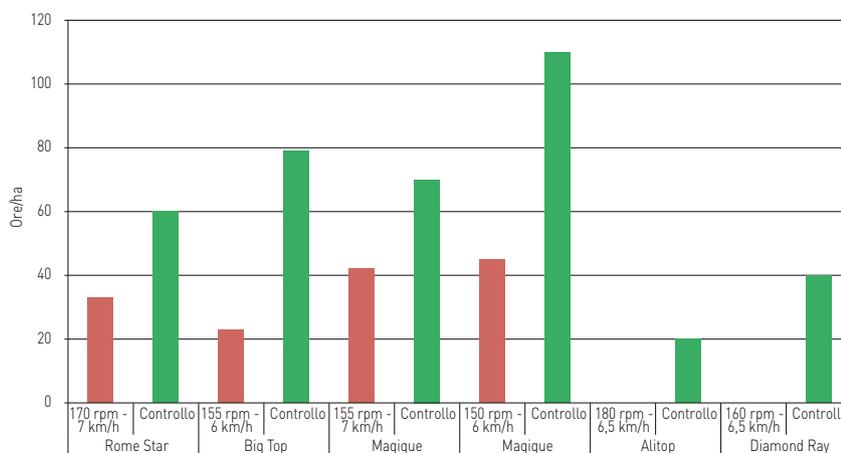




Fig. 18 - La diradatrice francese Eclairvale 2500 (sinistra) ed il "drum shaker" (destra) sviluppato dalla statunitense USDA. Due soluzioni tecnologiche per il diradamento dei frutticini sulle drupacee.

non si presta in zone dell'impianto non transitabili o in zone di collina. Inoltre, l'intervento sui fiori può risultare pericoloso nel caso di gelate tardive o di altri fattori avversi che possono compromettere l'allegagione. Per ovviare a tale problematica, tuttavia, l'intervento meccanico eseguito tardivamente su pesco (frutti in fase di scamicatura) sembra essere una strada percorribile, poiché non ha indotto danni sui frutti a maturazione (Vittone *et al.*, 2010).

Anche la forma e la dimensione delle piante rappresenta un limite legato alla lunghezza delle fruste. Filari spessi oltre i 2 metri e/o forme di allevamento caratterizzate da potatura lunga (es. solaxe) sono difficilmente spazzolabili, oppure vengono privati solo dei fiori all'esterno della chioma, con ripercussioni negative sulla qualità commerciale delle produzioni (Asteggiano e Vittone, 2014).

Al momento i risultati migliori si ottengono su cv di melo quali Fuji e Golden Delicious, caratterizzate da rami flessibili purché in posizione orizzontale, mentre poco idonee risultano le piante con rami lunghi e cadenti, poiché vengono eliminati i fiori sul dorso del ramo e quelli sui rami assurgenti e più rigidi.

Alla soluzione tecnologica tradizionale si è recentemente affiancata una nuova macchina, la Eclairvale 2500 (Fig. 18), progettata in Francia ed in grado di operare sia sui fiori sia sui frutti. La macchina, ancorata al sistema di aggancio a tre punti della trattrice, è costituita da un telaio portante sul quale è infulcrato verticalmente un rotore (alto 2,5 m), montato folle. Sul rotore si innestano, in posizione radiale, oltre 2.800 stecche, lunghe circa 1,30 m, realizzate in materiale plastico (brevettato) che abbinando doti di resistenza longitudinale ed elasticità, permettono di penetrare all'interno della chioma dell'albero determinando una parziale caduta dei fiori o dei frutti, senza danneggiare le parti non colpite. L'estremità di ogni stecca è provvista di un puntale più morbido per limitare i danni accidentali ai frutti rimasti durante la fase d'ingresso e uscita dalla pianta. Le prime prove eseguite su pesco in Romagna (Cacchi *et al.*, 2016) utilizzando questa macchina, evidenziano che l'intervento meccanico

effettuato in fioritura ha ridotto di circa il 40% il fabbisogno di lavoro per il diradamento manuale dei frutti.

## Le nuove irroratrici

L'irrorazione alla chioma della miscela contenente gli agrofarmaci o i concimi fogliari nel frutteto viene di norma effettuata dal basso, veicolata dalla corrente d'aria generata da appositi ventilatori assiali, centrifughi o tangenziali (macchine ad aereoconvezione) e direzionati in modo da coprire uniformemente la parte epigea degli alberi, evitando l'indesiderato effetto deriva (proiezione delle gocce di miscela fuori bersaglio in caso di non corretto dimensionamento e orientamento dei flussi d'aria). Una macchina efficiente deve dunque distribuire la miscela liquida uniformemente sulla pianta, contenendo le perdite per deriva (Baldoïn, 2016). Circa quest'ultimo aspetto, la maggiorparte degli atomizzatori ancora in circolazione nel parco macchine agricole italiano presenta un'efficienza che raramente supera il 50%, con casi limite di oltre l'80%. Tali inefficienze si ripercuotono negativamente dal punto di vista agronomico, economico e, soprattutto ambientale. Dunque, gli attuali indirizzi costruttivi del settore mirano a mettere a punto soluzioni tecnologiche in grado di aumentare la quantità di agrofarmaco che raggiunge il bersaglio, limitando al contempo le perdite per deriva. Tale obiettivo si raggiunge ottimizzando la distribuzione dei due elementi principalmente coinvolti nella genesi della deriva che sono l'acqua (quantità distribuita per unità di superficie, con forte variabilità nelle dimensioni delle gocce) e l'aria (volume prodotto e direzione dei flussi). Nel dettaglio, la regolazione comporta la scelta del più adeguato volume da distribuire per unità di superficie abbinato al grado di nebulizzazione delle goccioline per evitare la formazione di una frazione eccessiva di gocce fini (< 100 micron) che, permanendo in aria per un tempo eccessivamente lungo, possono essere trasportate dal vento oltre il bersaglio. A ciò si aggiunge la necessità di intervenire sulla quantità di aria prodotta e sulla direzione dei flussi. Infine, la tendenza costruttiva attuale è quella di posizionare gli erogato-

ri terminali in prossimità della vegetazione al fine di frazionare il più possibile il getto in rapporto alla chioma per minimizzare la quota di nebulizzato oltre i limiti della parete vegetale, con effetti positivi sul contenimento della deriva e sull'uniformità di distribuzione.

Tra gli aspetti maggiormente oggetto di evoluzione per questa categoria di macchine vi è la diffusione dell'aria dalla ventola, la cui regolazione della portata consente di dirigere i flussi adeguandone la distribuzione al profilo della chioma. Sempre a riguardo della ventola, numero-

si sono gli aggiornamenti per limitare le impurità (foglie e terriccio) che le potenti ventole possono aspirare dal suolo e rilanciare poi sulla vegetazione. Ad esempio, la Projet propone la geometria inclinata della ventola o il suo posizionamento su una struttura a colonna ad oltre due metri di altezza (Fig. 19) che impone alla stessa di aspirare aria principalmente dall'alto.

La bolognese Gamberini invece passa all'aspirazione inversa, avendo ideato un sistema per il quale l'aria aspirata anteriormente viene immessa nel gruppo ventola che, una volta accelerata, è indirizzata in prossimità dei getti. Altra soluzione prevede poi l'inversione nell'ordine tra cisterna e ventola, spostando quest'ultima davanti al serbatoio, subito a ridosso dell'unità motrice (Fig. 20).

Interessante anche la soluzione di Carraro Spray che adotta un gruppo ventola con doppia uscita dell'aria. Quella che uscirebbe nella parte bassa del cilindro è poi raccolta da un secondo deflettore, posto dietro al primo, e indirizzata verso la vegetazione.

Tra le più importanti innovazioni in questo settore anche la messa punto degli ugelli antideriva a inclusione d'aria che



Fig. 19 - Nebulizzatore a torre (sinistra) e a ventola inclinata (destra) sono le proposte della Projet per ridurre l'aspirazione di suolo e detriti durante i trattamenti fitosanitari.

prevedono l'emissione di gocce contenenti bolle d'aria che esplodono a contatto con la superficie fogliare, aumentando la superficie coperta.

Le irroratrici a carica elettrostatica poi, sfruttano l'opposta carica elettrica delle goccioline rispetto al bersaglio per favorire il deposito sulla vegetazione e quindi minor deriva. Tale tecnica ha il vantaggio di favorire sia l'uniformità nella distribuzione spaziale delle gocce per la reciproca repulsione fra le cariche sia la maggiore adesione sulla vegetazione colpita.

Inoltre, è sempre più frequente il concetto di atomizzatore a «getto mirato», che prevede la possibilità di agire sui parametri responsabili della deposizione delle gocce sulla vegetazione, ossia portata, velocità e direzione della corrente d'aria. I nuovi dispositivi di produzione dell'aria si caratterizzano quindi dalla presenza di convogliatori variamente conformati che offrono la possibilità di orientare il getto d'aria in prossimità della vegetazione. In particolare, nei frutteti allevati a parete verticale sono sempre più frequenti le testate erogatrici munite di strutture (torri antideriva) in grado di orientare i flussi d'aria a fasci orizzontali, diretti verso la parete vegetativa del filare.



Fig. 20 - Il nebulizzatore Easy Vario realizzato dalla Tifone con inversione tra ventola e serbatoio, oltre a raccogliere meno detriti, sfrutta l'aria prodotta dall'avanzamento della macchina stessa ed elimina il cardano sotto il serbatoio, con vantaggi in termini di manovrabilità. Infine, l'elica a passo variabile permette di adeguare quantità e orientamento dell'aria prodotta a seconda della vegetazione da trattare.

Fig. 21 - Il modello Perfection della padovana Ideal è un atomizzatore a torretta con ventilatore assiale a doppia elica controrotante, per migliorare la distribuzione dell'aria su entrambi i lati.

Fig. 22 - Controllo funzionale e taratura della portata degli ugelli dell'atomizzatore.

Tuttavia, l'innovazione più incisiva registrata nel settore degli atomizzatori negli ultimi anni è rappresentata dalle irroratrici a recupero o a tunnel, caratterizzati da due pareti contrapposte che richiudono integralmente la parete vegetale ed in grado di intercettare, riciclandola, la frazione di miscela nebulizzata ma non depositata sulla vegetazione. I pannelli contrapposti, infatti, recuperano il liquido in eccesso (fino ad oltre il 50% di quello irrorato) in un pozzetto di raccolta che dopo opportuno filtraggio, viene rimandato al serbatoio principale e nuovamente nebulizzato, consentendo dunque di ridurre i volumi impiegati (e di fitofarmaci) per unità di superficie. Tale soluzione tecnologica, benché efficiente, trova però impiego quasi esclusivamente nei vigneti allevati a spalliera mentre, in virtù della specificità degli impianti (forme in volume, spazi di manovra, ingombri della macchina, ostacoli nel frutteto) è ancora poco diffusa tra i frutteti.

Anche l'elettronica e la sensoristica sta trovando sempre più spazio in questa tipologia di macchine. Esistono infatti irroratrici «intelligenti», caratterizzate dalla gestione elettronica della regolazione dei flussi che provvede autonomamente a chiudere o parzializzare l'erogazione in della miscela in funzione della presenza e della densità della vegetazione rilevata a mezzo di appositi sensori a ultrasuoni. Grazie ai sistemi GPS poi, è anche possibile istruire la macchina ad aprire e chiudere gli ugelli in funzione della sua posizione sul campo (es. l'erogazione viene chiusa nelle aree di rispetto), senza l'intervento dell'operatore. Altre novità interessanti per gli atomizzatori sono rappresentate, ad esempio, dai sistemi adottati sulle macchine per rilevare, in tempo reale, direzione e velocità del vento, mentre ai lati possono trovarsi sensori (fotocellule, ultrasuoni o laser) in grado di determinare la densità fogliare di fronte agli ugelli e di attivarne o disattivarne opportunamente l'erogazione durante l'avanzamento dell'irroratrice, nonché di regolare la quantità di miscela erogata in funzione della densità vegetativa, dell'altezza delle piante, ecc. Tutti i dati registrati dai sensori sono poi immagazzinati e trasferiti per la realizzazione delle mappe di trattamento.

## Macchine per la raccolta agevolata e integrale

Le soluzioni tecnologiche per agevolare o assolvere integralmente la raccolta della frutta sono sempre più all'avanguardia e specializzate. I sistemi più avanzati includono robot in grado di operare autonomamente sulle piante, individuando, selezionando e raccogliendo i singoli frutti sulla chioma (Figg. 24-25). Al momento, benché alcuni prototipi abbiano raggiunto un adeguato livello di efficienza e selettività (scelta del frutto da raccogliere per le specie e maturazione non contemporanea), i costi del sistema stesso rap-



Fig. 23 - Nebulizzatore carrellato della Martignani in opera su meleto allevato a fusetto. La macchina sfrutta i campi elettrostatici per migliorare l'uniformità di bagnatura delle chioma degli alberi.



Fig. 24 - Braccio robotico autonomo al lavoro nella raccolta selettiva degli agrumi (Fonte: <http://abe.ufl.edu/tburks/ARMg/research%20webpage.html>).



Fig. 25 - ARCO, robot sviluppato in Belgio per la raccolta autonoma delle mele. Il braccio sfrutta l'immagine acquisita da una telecamera per identificare la posizione dei frutti sull'albero (Blanke, 2010).

presentano ancora l'ostacolo principale alla loro diffusione. Negli Stati Uniti, in particolare, sono diversi i robot messi a punto per la raccolta della frutta, nessuno che finora sia però prodotto su scala commerciale.

Al gruppo dei robots, appartiene anche il prototipo (in avanzata fase di valutazione) messo a punto dalla spagnola



Fig. 26 - Sistema robotizzato per la raccolta delle fragole. La raccolta avviene in impianti realizzati su apposite Prode per facilitare l'esposizione dei frutti per l'analisi d'immagine che azionerà i bracci robotici i quali afferreranno i frutti idonei alla raccolta.

Fig. 27 - Negli impianti pedonabili, l'uso di movimentatori elettrici dei singoli bins lungo il filare, evita l'impiego di trattori e migliora l'efficienza di raccolta.

AGROBOT, in grado di raccogliere le fragole in modo autonomo (Fig. 26).

Escludendo i sistemi totalmente robotizzati, le macchine per la raccolta della frutta oggi disponibili si possono classificare in: a) agevolatrici per la frutta fresca; b) raccogliatrici della frutta destinata all'industria di trasformazione e c) raccogliatrici della frutta in guscio.

## L'efficienza di raccolta

Tra le prime, e negli impianti allevati a parete appiattita, il carro raccolta rappresenta la soluzione tecnologica più diffusa, impiegato anche per agevolare l'apertura e la chiusura delle reti antigrandine, per le operazioni di potatura e, se previsto, per il diradamento. La maggior parte dei carri raccolta sono infatti dotati di impianto pneumatico per l'azionamento delle forbici da utilizzare per la potatura o di utensili di varia natura.

L'uso dei carri raccolta agevola l'operazione consentendo l'avvicinamento dell'operatore ai frutti oppure, grazie a nastri trasportatori, convogliando nei contenitori di stoccaggio (bins) la frutta raccolta dall'operatore, lasciando a quest'ultimo il solo compito di staccare i frutti dalla pianta.

A fianco dei modelli trainati, costruttivamente più semplici e quindi più economici, sono sempre più diffusi i carri semoventi (3 o 4 ruote motrici) poiché, nonostante il maggiore costo di acquisto, garantiscono maggiore manovrabilità ed affidabilità. L'alimentazione è fondamentalmente a gasolio, sebbene sono sempre di più i costruttori che offrono la trazione elettrica, contenendo così le emissioni inquinanti e proponendosi per gli impianti in frutticoltura biologica. Spesso le 4 ruote sono anche direttrici e consentono un raggio di svolta ridotto per agevolare le manovre al termine dei filari e nelle capezzagne. Fondamentalmente, la macchina consta di un telaio, dotato di organi di propulsione, al quale è abbi-



Fig. 28 - Due modelli di carro raccolta semovente in opera nel frutteto.

Fig. 29 - Fruttolo Compact, carro raccolta autolivellante e dalle dimensioni compatte progettato dalla Rosso Macchine Agricole.

nata una piattaforma mobile, a comando idraulico e cinematismi a pantografo, capaci di spostamenti sia verticali sia orizzontali per agevolare l'avvicinamento dell'operatore alla parete fruttificante, anche grazie a estensioni laterali estraibili della piattaforma stessa. Solitamente, la carreggiata dei carri raccolta è di circa 1,5 m, con un ingombro massimo laterale fino a 6 m di lunghezza ed un'altezza di circa 3,5 m. I carri raccolta sono dotati anche di sistemi di carico nella parte anteriore, scorrimento e scarico dei bins che avviene nella parte posteriore del carro grazie a bracci metallici (con rulliere) mossi idraulicamente. Le soluzioni costruttive moderne prevedono che i carri raccolta siano dotati di dispositivi autolivellanti per mantenere il piano di lavoro in posizione orizzontale anche su terreni declivi, agevolando le operazioni di lavoro anche con pendenze longitudinali e trasversali accentuate.

In alcuni modelli il livellamento della piattaforma avviene autonomamente con il controllo di rilevatori di posizione e sensori di pressione. Il loro costo risulta molto variabile ma piuttosto elevato, superando anche 50.000 €/unità. Risulta pertanto conveniente solo quando opera con più addetti (es. 4). L'impiego di piattaforme per un solo operatore si giustifica solo per frutta di elevato valore (es. ciliegie)

Nelle versioni più evolute la piattaforma idraulica prevede una serie di nastri trasportatori che permettono il convogliamento nel bin della frutta raccolta dall'operatore. In genere, i nastri sono due o tre per ogni lato che confluiscono in un nastro centrale che, a sua volta, procede al trasporto della frutta verso i contenitori. In alcuni modelli, il cassone ruota mentre il riempitore automatico rimane fermo. In tal modo è garantito un riempimento uniforme senza la necessità di interventi manuali per sistemare la frutta all'interno del bin. In alternativa, la frutta raccolta dagli operatori sulla piattaforma viene depositata direttamente in cassette o nei bins.

In virtù dell'entrata in vigore della norma europea (EN 16952), attesa per la fine di quest'anno, sono diverse le novità che i costruttori dovranno apportare ai carri raccolta. Ad esempio, i nuovi modelli saranno dotati sia del limitatore di carico sia di quello di pendenza che, tramite sistemi di controllo automatico, arresteranno il movimento del carro al superamento di soglie prefissate. Per aumentare le condizioni di sicurezza sul lavoro poi, i carri raccolta monteranno il sistema di frenaggio in negativo automatico quando il cambio sarà in folle. L'avanzamento della macchina senza ope-



Fig. 30 - Carro semovente a 3 ruote motrici dotato di nastri per la raccolta della frutta nei bins. La velocità di raccolta è garantita dal fatto che l'operatore lavora appoggiando semplicemente la frutta sui nastri in corrispondenza della posizione di raccolta. I nastri provvederanno successivamente a riempire i bins posizionati posteriormente al carro.



Fig. 31 - Macchina semovente (65 HP) a 4 ruote motrici provvista di testata vibrante montata su braccio telescopico laterale in opera su noceto adulto. La posizione laterale della testata rispetto al senso di marcia consente di ottimizzare i tempi di lavoro, eliminando le manovre dell'operatore.

ratore, per consentire allo stesso di partecipare alle operazioni sul frutteto, sarà concessa solo nel caso la velocità di avanzamento sarà particolarmente ridotta e sia garantita al contempo la presenza dell'operatore nei pressi della postazione di guida, ad esempio tramite un sensore che, in caso di allontanamento, arresterà automaticamente la macchina.

Di sicuro interesse è anche l'evoluzione in atto sulle macchine per la raccolta delle olive e della frutta in guscio (noci, nocciole, mandorle, castagne, pistacchi). In ogni caso si tratta di macchine che inducono il distacco dei frutti per mezzo di una testata vibrante che, agganciata al tronco o alle branche principali, genera vibrazioni ad alta frequenza e bassa intensità grazie alla contro-rotazione di masse eccentriche.

I principi costruttivi delle testate vibranti moderne sono diversi dal passato. Si è passati, quindi, dalla "scuotitura" del tronco con testate ingombranti, pesanti, azionate spesso da cinematismi a cinghia alla vibrazione multidirezionale del tronco tramite testate vibranti più leggere, compatte, azionate idraulicamente ed auto-frenanti che, spesso, necessitano di trasmettere le vibrazioni all'albero per un tempo inferiore ai 5 secondi per determinare la caduta della quasi totalità dei frutti. Queste innovazioni, abbinate all'uso di cuscinetti (rulli che afferrano e stringono il tronco durante la vibrazione) in materiale gommoso più morbido e resistente contribuiscono ad attenuare gli effetti sgraditi dello scortecciamento del tronco, vero e proprio deterrente alla diffusione di queste macchine. Inoltre, il reiterato uso della testate vibranti negli impianti non sembra indurre, nemmeno nel lungo periodo, scompensi fisiologici all'albero tali da pregiu-

32a



Fig. 32 - IL TR-80 della Sicma srl è una macchina trainata posteriormente ed è provvista di braccio telescopico al quale si ancorano l'ombrello rovescio e la testata vibrante multidirezionale (sinistra). La macchina ha una capacità di 30 piante/ora e viene controllata tramite un radiocomando (destra) azionato dall'operatore a terra. Si impiega principalmente per la raccolta di olive, mandorle, noci e pistacchi.

32b



33



Fig. 33 - Raccattrice semovente della Monchiero (CN) in opera nel noceto. La macchina provvede ad andanare, sollevare e trasferire nell'apposita tramoggia le noci cadute terra naturalmente o a seguito del precedente passaggio del vibratore di tronco.

dicarne la sanità e/o la produttività. Le testate vibranti possono essere montate a su macchine semoventi (Fig. 31), trainate o portate da trattori.

Quando le condizioni e l'architettura della specie lo consentono, le testate vibranti sono accoppiate ad un telaio intercettatore ad ombrello rovescio (Fig. 32). In quest'ultimo caso, la raccolta del prodotto (es. olive, mandorle) è integral-

## Bibliografia

- Asteggiano L. e Vittone G. 2014. Diradamento del pesco – l'esperienza italiana. VI Simpósio Internacional de Fruticultura Temperada em Região Sub-Tropical Avaré/SP – 11-13 de setembro de 2014
- Baldoin C. 2016. Migliorare l'irrigazione dei fitofarmaci riducendo volumi e deriva. *Rivista Frutticoltura*, (3):12-15.
- Blanke M.M. 2010. Managing open field production of perennial horticultural crops with technological innovations. In XXVIII International Horticultural Congress on Science and Horticulture for People (IHC2010): Colloquia and Overview 916 (pp. 121-128).
- Cacchi M., Sirri S., Caracciolo G., Giovannini D., Assirelli A. 2016. Pesco: diradamento meccanico, l'effetto sui fiori. *L'informatore Agrario* (27), 36-39.
- Diemoz M., Barrel I., Bertignono L., Petitjacques U. 2016. Potatura meccanica del melo: risultati incoraggianti. *L'informatore Agrario* (33): 44-46.
- Dorigoni A., Lezzer P., Micheli F., Dallabetta N., Pasqualini J. 2010. Diradare il melo a macchina: cosa sapere per farlo bene. *L'informatore Agrario* (22), 63-67.
- Foschi S., Neri D., Massetani F. 2012. Meccanizzare il pescheto per salvaguardare il reddito. *L'informatore Agrario* (24), 43-46.
- Mennone C. 2012. Meccanizzare l'agrumeto riduce i costi, migliora la qualità. *L'informatore Agrario* (33) 59-62.
- Molari G. 2010. Il modello preferito dagli utilizzatori. *Terra e Vita* (18): 51-55
- Montserrat R., Iglesias I. 2011. I sistemi di allevamento adottati in Spagna: l'esempio del vaso catalano. *Rivista Frutticoltura*, 7-8.
- Nari L. e Vittone G. 2016. Soluzioni per il diserbo meccanico in frutticoltura. *L'informatore Agrario* 19: 44-47
- Pavarino A., Giordani L., Vittone G., Rocchi L., Costa G. 2014. Diradamento meccanico e architettura del meleo. *Rivista di frutticoltura* (11): 64-71
- Roversi A. 2017. Potare il nocciolo conviene, per migliorare qualità e rese. *L'informatore Agrario* 2: 55-60
- Sansavini S., 1974. Primi risultati di una ricerca triennale sulla potatura meccanica del melo, del pero e del pesco. *L'Italia Agricola*, 111(11): 62-85.
- Telfser J., Casera C., Lardschneider E., Kelderer M. 2017. Le ricerche del Centro di Laimburg per migliorare la difesa nel biologico. *Rivista di frutticoltura* (3): 28-30
- Valer M. 2010. Lotta meccanica alle infestanti, le alternative disponibili. *L'informatore Agrario* 27: 53-57
- Vittone G., Asteggiano L., De Maria D. 2010. Buona pezzatura e costi minori diradando a macchina il pesco. *L'informatore Agrario* 26: 50-52

mente meccanizzata, a vantaggio dell'efficienza di lavoro. Nel caso in cui invece si utilizzi solo il vibratore di tronco, le operazioni di raccolta potranno essere completate da altre macchine (cantieri di raccolta). È il caso della raccolta delle noci; successivamente al passaggio del vibratore di tronco fa seguito la macchina che solleva il prodotto caduto a terra (Fig. 33).