

## Macchine ed impianti per l'orticoltura

**Pietro Piccarolo, Danilo Monarca**

Nelle colture ortive il concetto di filiera produttiva è applicato in modo esasperato. Tutte le fasi della filiera sono concatenate in modo molto stretto alla successiva, coinvolgendo competenze che vanno dalla genetica alla agronomia, dalla meccanizzazione dei processi in campo al controllo della qualità negli impianti di trasformazione, dalla tracciabilità dei prodotti alla logistica dei trasporti, consegna e distribuzione agli utenti finali.

Le aziende del settore programmano la produzione in base alle esigenze del mercato, oggi sempre più interessato alle produzioni di IV gamma e costantemente attento alla qualità dei prodotti ed ai suoi aspetti nutritivi e in alcuni casi nutraceutici. Sulla produzione incidono anche fattori strutturali, come il costo e la disponibilità di manodopera, l'innovazione delle tecnologie, in grado di ridurre i costi di produzione, ma anche accordi commerciali, che condizionano l'andamento dei mercati. L'OMS consiglia un consumo medio giornaliero di 400 grammi di frutta e verdura, ma in molti paesi, come il Nord Europa, i valori sono nettamente inferiori. Il nostro paese è un paese tradizionalmente orticolo, con un consumo procapite annuo di circa 210 kg (330 se si include il frutticolo). Dopo anni di tendenza al ribasso, negli ultimi anni si sta promuovendo il consumo tra i giovani, esaltando le proprietà nutrizionali della media mediterranea, con specifici programmi ministeriali.

### IL VIVAISMO

La filiera parte dalla programmazione della produzione ed inizia con la scelta varietale. In questa fase è fondamentale il ruolo del vivaismo, che permette alle aziende di avere delle piantine da mettere a dimora in grado di garantire una serie di vantaggi rispetto alla semina diretta. Il vivaismo è affidato ad aziende specializzate e accreditate in grado di produrre piantine da trapianto, caratterizzate da: (i) equilibrio tra apparato radicale e parte epigea, (ii) foglie espanse, prive di macchie, (iii) steli robusti, rigidi e non eziolati, (iv) totale assenza di insetti e danni da parassiti, (v) avanzamento della fase vegetativa.

La produzione delle piantine, per lo più su contenitori alveolari, è fortemente meccanizzata. Le caratteristiche dei contenitori sono importanti perché condizionano l'impiego delle trapiantatrici di pieno campo. La semina avviene oggi con impianti altamente automatizzati con seminatrici su vassoio (a piastra o a tamburo) che arrivano a produttività di 1500 vassoi/ora. Anche la movimentazione è automatizzata, sia nell'accatastamento dei contenitori e trasporto nelle celle di germinazione, che per il successivo collocamento nelle serre di crescita, anche per evitare possibili contaminazioni da parte degli operatori stessi.

Il ripicchettamento, che trasferisce le piantine germinate in contenitori più grandi e con distanza maggiore, permette anche la selezione delle piante più robuste e l'eliminazione delle piantine imperfette e va fatto tempestivamente poco dopo l'estensione dei cotiledoni o all'emissione della prima fogliolina. Oggi sono presenti sul mercato ripicchettatrici automatiche che combinano selezione e trapianto in un'unica operazione, con capacità da

3.000 sino a 30.000 piantine/h. Anche la pratica dell'innesto, intensificato negli ultimi anni per aumentare resistenza e la capacità produttiva di alcune ortive (pomodoro, melanzane, peperoni, ma anche melone, cetriolo e anguria), si avvale oggi di sistemi automatici o semiautomatici che arrivano ad una produzione oraria di oltre 1000 piante.

#### MECCANIZZAZIONE DELLA SEMINA E DEL TRAPIANTO

La semina non è stata ancora del tutto abbandonata in orticoltura, grazie all'impiego di semi calibrati e/o confettati che consentono l'uso delle seminatrici di precisione. La semina è certamente più rapida (4 h/ha o meno), e l'apparato radicale si approfondisce maggiormente ed è soggetto a minor stress. Di contro il ciclo colturale è più lungo e le emergenze possono essere non uniformi se le condizioni pedoclimatiche non sono ottimali. Le seminatrici di precisione oggi consentono l'applicazione anche di concimi granulari o agrofarmaci microgranulati. Le distanze di semina e trapianto sono legate alla meccanizzazione delle fasi successive, in particolare del tipo di raccoglitrice (fila singola, binata o multipla).

Sono molteplici le ragioni che negli ultimi anni spingono verso sempre un maggiore impiego delle macchine trapiantatrici. La riduzione delle fallanze, la possibilità di anticipo del ciclo colturale (piena aria e serra), la maggiore competitività con le infestanti sin dalle prime fasi del ciclo, bilanciano il maggior costo delle piantine, la necessità di manodopera e la minor capacità di lavoro delle macchine. Le trapiantatrici possono operare sia su modulo (la radice con torba intorno) che su radice nuda, la scelta dipende dalle caratteristiche dell'impianto e del sistema radicale. Alcuni modelli trapiantano piantine in cubetto pressato. La tecnologia più avanzata si basa su trapiantatrici meccaniche che operano su moduli. I modelli più diffusi sono trainati, e operano su fila semplice o doppia. Gli operatori, uno a fila, estracono i moduli dai vassoi e li depongono negli 8 o 10 bicchieri del distributore rotante collegato con il sistema di deposizione nel solco. Ruote di pressione, opportunamente regolate, premono il terreno intorno alle piantine. La produttività oggi raggiunge 4.000-4.500 piante/h per ciascuna fila (si riduce per le trapianta-pacciamatrici). Recentemente sono state introdotte macchine completamente automatiche, in cui l'unico operatore a bordo si limita ad alimentare i vassoi all'interno delle guide di caricamento del singolo elemento piantante. La macchina successivamente provvede ad estrarre automaticamente gli alveoli mediante un sistema basato su degli espulsori a forma cilindrica il cui diametro può variare in funzione della dimensione dei fori esistenti sulla parte inferiore del pannello che si desidera utilizzare. La orticoltura oggi si va orientando molto verso le produzioni biologiche e per la lotta alle infestanti vengono impiegate delle macchine pacciamatrici stenditelo, anche combinate con trapiantatrici a fila singola o doppia. I film sono in plastica biodegradabile, che si decompone in tre mesi circa. In alternativa si usano delle sarchiatrici su fila composte da un numero di elementi pari al numero di file da sarchiare (da 2 a 8). Ciascun elemento è dotato di una barra ottica a infrarossi in grado di identificare, durante l'avanzamento, la presenza o meno delle piante messe a coltivazione. Ogni elemento è munito inoltre di una coppia di braccetti (azionati idraulicamente) alle cui estremità sono installate lame interagenti che operano a profondità regolabile e che sono in grado di eliminare erbe infestanti sino ad un cm di distanza dalla piantina coltivata, riducendo drasticamente l'impiego di mano d'opera e l'uso di prodotti chimici. Per le operazioni colturali, con l'obiettivo di razionalizzare e ridurre gli

input produttivi e le irrigazioni, sia in pieno campo che in coltura protetta, trovano applicazione le tecnologie 4.0 applicate all'agricoltura di precisione: guida assistita, GIS aziendale, sistemi di supporto alle decisioni, mappe di prescrizione, operazioni a rateo variabile, gestione irrigazione ed interventi fitosanitari.

#### MECCANIZZAZIONE DELLA RACCOLTA

La fase di raccolta dei prodotti ortivi è quella maggiormente onerosa, per l'elevato impiego di manodopera necessaria. E' possibile meccanizzare integralmente questa fase per le produzioni destinate all'industria, come il pomodoro, il fagiolino ed altri ortaggi destinati alla trasformazione, più difficile le colture destinate al mercato fresco. Per alcune colture, come ad esempio l'asparago ed il carciofo, le macchine permettono solo di agevolare la raccolta, migliorando la postura degli addetti.

Per il pomodoro da industria si è giunti ad un livello di innovazione ed affidabilità molto elevato, che permette di abbattere i costi della raccolta e mantenere competitiva la coltivazione nonostante la crescente concorrenza dei paesi del Nord Africa e della Cina. Le macchine permettono ad esempio una regolazione fine della scuotitura, per non danneggiare le bacche, ed anche i selezionatori hanno raggiunto livelli di sensibilità e prestazioni notevolissimi. I più recenti sono autolivellanti ed alimentati da nastri in PVC con larghezza utile interna di 125 cm, e con velocità di 65 metri/minuto, selezionano quantità incredibili di pomodoro. Nelle raccogliatrici oggi la guida satellitare ed il computer di bordo sono integrati per permettere la completa tracciabilità delle produzioni e tutte le informazioni, comprese percentuali qualitative, velocità di avanzamento e superficie raccolta sono visibili nella consolle al posto di guida.

I prodotti di IV gamma, pronti all'uso, sono in continua espansione, non solo nei paesi occidentali, ma anche in Russia e nelle grandi metropoli di molti paesi emergenti. La coltivazione avviene per lo più in serra e per le insalate, soprattutto le baby-leaf, oggi la raccolta viene eseguita con macchine raccogliatrici specifiche, composte da un apparato di taglio frontale e da nastri per il sollevamento, la prima pulizia ed il deposito delle foglie raccolte. Sono macchine in cui l'elettronica e la sensoristica trovano largo impiego ed utilizzano materiali di prima scelta (come l'acciaio inox). L'obiettivo è quello di garantire la qualità del prodotto ed agevolare la successiva lavorazione. Le testate sono dotate di sensori ad infrarossi che precedono la testata di taglio per una regolazione fine della lunghezza della foglia tagliata. Altri sensori rilevano corpi estranei, come animali e parti metalliche. Le foglie da scartare sono eliminate regolando la distanza e la differenza tra le velocità di avanzamento tra il nastro frontale e quello posteriore. Una prima vagliatura a bordo elimina le foglie troppo piccole o fuori dal range definito (in genere da 16 a 24 mm di lunghezza).

Per le produzioni di IV gamma l'agricoltura di precisione trova forse la sua massima applicazione: guida satellitare, software di valutazione dell'accrescimento, automazione della raccolta, degli interventi fitosanitari e della distribuzione di acqua e fertilizzanti, controllo dei corpi estranei (senza clorofilla), mappatura e tracciabilità del raccolto, sistemi di supporto decisionali. La coltivazione in serra spinge inoltre verso una crescente utilizzazione di motori elettrici in sostituzione di quelli endotermici. Una ulteriore innovazione riguarda la biodegradabilità, le prestazioni e la durata dei film plastici di

copertura, che oggi raggiunge anche i 48 mesi. Per la applicazione di sistemi completamente robotizzati sono necessarie ulteriori ricerche per renderli più veloci, semplici e sicuri da usare nella pratica. Le performance nella maggior parte dei sistemi sviluppati sono ancora troppo basse per consentirne una attuazione economicamente valida. Dal lato della pianta, l'allevamento delle colture con nuovi fenotipi e architetture vegetali, con frutti facili da vedere e raggiungere, semplificherà e accelererà l'applicazione della robotica nel settore orticolo.

#### LAVORAZIONE POST-RACCOLTA

Le prime lavorazioni post raccolta per i prodotti destinati al consumo fresco sono eseguite per lo più presso la stessa azienda. Gli obiettivi principali delle recenti innovazioni in questa fase riguardano: (i) riduzione del costo delle operazioni; (ii) aumento dell'automazione e della capacità di lavoro; (iii) riduzione dell'impatto ambientale; (iv) miglioramento della sicurezza e del benessere dei lavoratori; (v) riduzione del loro impatto sulla qualità.

La gestione post-raccolta di questi prodotti è finalizzata al condizionamento per il mercato finale: pulizia, prerrefrigerazione e refrigerazione del prodotto alla temperatura adeguata, eliminazione dei corpi estranei e degli scarti, selezione e calibrazione del prodotto, eventuale impacchettamento o incassettamento.

Le principali innovazioni nelle lavorazioni post-raccolta riguardano il controllo della qualità, la conservazione ed il packaging, il contenimento dei consumi e dell'impatto sull'ambiente. Per il controllo della qualità l'uso di metodi non distruttivi è oggi largamente applicato per il rilievo precoce dei difetti. Si parte da selettori ottici basati sulla elaborazione ed analisi di immagini digitali, ai sensori on line e in line che utilizzano la spettroscopia NIR ed iperspettrale e sostituiscono i prelievi off-line a campione. Macchine selezionatrici dotate sia di tecnologia NIR che di analisi della clorofilla RGB sono disponibili in commercio per la rilevazione molto accurata di corpi estranei in prodotti che hanno naturalmente alto contenuto di clorofilla, riuscendo a scartare corpi estranei che hanno persino lo stesso colore del prodotto buono. L'imaging iperspettrale è una combinazione o integrazione di analisi di immagine e tecniche spettroscopiche per la previsione quantitativa delle caratteristiche fisiche e chimiche dei campioni alimentari. Il suo uso può fornire maggiori informazioni sulla storia pre-raccolta dei prodotti freschi.

Per la conservazione, in cui si stanno sempre più diffondendo le applicazioni della atmosfera controllata e dell'ozono, si bada oggi sempre più agli aspetti energetici (riduzione dei consumi) e di sostenibilità, con impiego di materiali biodegradabili o ecocompatibili, provenienti da fonti rinnovabili o riciclabili (i costi sono ancora alti), con imballaggi in atmosfera modificata, con sistemi di controllo attivo e/o intelligente.

Un'altra recente tendenza del mercato riguarda il consumo di prodotti disidratati e semidisidratati, che riducono volumi e masse in gioco, e che allungano i tempi di conservazione e la shelf-life. Questi prodotti vengono utilizzati come alternativa al fresco, come snack. Sono da approfondire gli aspetti energetici, legati a temperature e tempi di processo, anche per ridurre i consumi.