

## Modelli d'impianto in frutticoltura: le sfide di ieri e i traguardi futuri

Per capire come sta cambiando l'impiantistica in frutticoltura e dove porta l'introduzione dei moderni mezzi strumentali di rilevamento e di supporto tecnologico occorre tornare prima a una breve retrospettiva della rivoluzione industriale frutticola iniziata cinquanta-sessanta anni fa, ma non ancora conclusa. Questa, in contrapposizione ai benefici apportati alle aziende modernizzate, ha accentuato le difficoltà delle aziende che non si sono tempestivamente rinnovate, fino a rendere ormai irriconoscibile il volto degli impianti di ieri se messi a confronto con quelli di oggi. Tanto che l'attuale crisi (economico-organizzativa e di mercato) ha colpito soprattutto le aziende che, in ritardo, si sono accorte di essere strutturalmente inadeguate.

È ben noto che nelle condizioni economico-sociali del dopoguerra i frutteti erano estensivi, poco specializzati, con alberi spazati, alti, voluminosi, capaci di raggiungere alte produzioni e qualità, ma il cui governo era molto oneroso.

La rivoluzione degli impianti ebbe alcune leve potentissime (oltre all'introduzione di nuove varietà, fattore questo che esula però dalla presente nota):

1. l'introduzione di portinnesti nanizzanti (almeno per melo, ciliegio, pero e solo in piccola parte per pesco e altre drupacee e agrumi);
2. la conseguente possibilità di intensificare le piantagioni attraverso minori distanze, e riducendo la statura degli alberi (nel melo, ad esempio, si è assistito alla triplicazione delle densità, da 700-1.000 a circa 3.000 alberi/ha);
3. la conversione delle forme di allevamento, per renderle adattabili alle alte densità, e la contestuale modifica delle tecniche di potatura, queste ultime miranti a una riduzione e stilizzazione dello scheletro degli alberi e a una semplificazione delle operazioni di taglio e piegatura-curvatura dei rami,

\* *Dipartimento di Scienze Agrarie, Università di Bologna*

da cui il termine di “potatura minima” e a “tutta cima” in fase di allevamento;

4. l'approdo di questa rivoluzione avrebbe generato – come infatti è avvenuto per gradi – un forte vantaggio per i produttori in termini di minore onerosità nell'impegno lavorativo e quindi di contenimento dei costi complessivi di coltivazione-produzione per poter rendere competitiva la coltura.

Queste tre leve, dunque, erano rivolte anzitutto a un aumento della redditività delle colture attraverso l'aumento delle rese produttive e il contenimento dei costi.

A questo obiettivo ha contribuito non poco la ricerca di metodi di estensione temporale e di stagionalizzazione delle produzioni – per allungare il calendario di raccolta e di mercato – ottenuti principalmente con mezzi protettivi (tecnologia dei tunnel costituiti da film e reti in poliresine, per anticipare, o per ritardare il ciclo produttivo stagionale).

#### I PRESUPPOSTI TECNICI PER RENDERE COMPETITIVI I FRUTTETI

Un altro grande passo della rivoluzione frutticola, negli ultimi venti/trenta anni, è stato provocato dal concorso di altri fattori:

1. l'introduzione di tecniche produttive volte al miglioramento della qualità del prodotto e alla regolarità delle produzioni (sottraendole all'aleatorietà dell'alternanza o biennialismo);
2. il grande impulso dato dalla meccanizzazione di tutte le operazioni colturali – soprattutto della difesa sanitaria – per sottrarle alle dipendenze del lavoro fisso. Nelle aziende si è passati da 1 persona fissa ogni 5 ha circa a 1 ogni 30-40 ha, demandando i lavori periodici manuali (potatura – diradamento – raccolta), nelle aziende in economia, a specialisti temporanei o a prestatori d'opera, spesso immigrati, comunque esterni all'azienda;
3. la dotazione in tutti i nuovi frutteti di impianti irrigui localizzati, di micro-erogazione (inizialmente denominati “a goccia”) seguiti recentemente, dall'applicazione congiunta della concimazione, dosata a varie scadenze, da cui il termine di “fertirrigazione”.

Infine, l'ultima fase, capace di generare una forte evoluzione della frutticoltura, riflette obiettivi divenuti prioritari sia in chiave politica – per la tutela dell'agroecosistema – sia per quella di mercato – e cioè la “salubrità del prodotto, l'eccellenza qualitativa, a tutela della salute e sicurezza dei consumatori, oltre che degli operatori di filiera (“dal campo alla tavola”).

Tutto questo, visto nell'insieme del rapporto con l'ambiente e l'ecosistema, viene definito "eco-sostenibilità", per cui l'impianto frutticolo deve essere progettato e valutato anche per il suo basso e sempre più contenuto impatto ambientale (dovendo evitare di inquinare falde acquifere o corsi d'acqua, di impoverire la fertilità naturale del suolo, di caricarlo di scorie o residui tossici da smaltire) e per i suoi risparmi energetici secondo le evidenze imposte da raccomandazioni politiche, specialmente europee (es. ottimizzazione del *carbon footprint*, cioè del bilancio dell'emissione di CO<sub>2</sub>, ecc.).

L'impianto deve poi corrispondere anche alle necessità imposte dai disciplinari di produzione e quindi a tutti i limiti di applicazione di prodotti chimici per la difesa, la concimazione, l'apporto di acqua per il fabbisogno idrico e l'utilizzo di tecniche comunque compatibili con le certificazioni sanitarie e qualitative, persino socio-gestionali, imposte dalle grandi catene distributive, specialmente estere.

Per corrispondere a questi due ultimi punti si cerca sempre più di controllare l'intero ciclo stagionale della produzione con sistemi di monitoraggio fenologici, a partire dalla disponibilità idrica, dalla conoscenza dello stato nutrizionale delle piante e della fertilità del suolo, dei cicli biologici degli agenti patogeni e di quelli vegeto-produttivi della pianta, della crescita del frutto fino allo stato di maturazione. Dal monitoraggio dei vari fenomeni fisici e biologici ne discenderà la *ratio* delle applicazioni tecniche di precisione, al fine di ottimizzarne gli interventi (epoche, modalità, ecc.) e portare all'eccellenza, prioritariamente, la fruttificazione.

A questo fine, gli impianti arborei sono considerati alla stregua di impianti industriali, automatizzati in molti processi (vedi ad esempio le modalità irrigue), per controllare la produzione. Si deve poter intervenire in tempo, al momento giusto, con mezzi leciti e autorizzati, per razionalizzare la difesa (e quindi il ventaglio dei trattamenti), il governo dell'albero, del suolo e dell'acqua, la sua produzione, lo sviluppo del frutto e il mantenimento della qualità durante la conservazione. Dell'albero interessa molto il contenimento vegetativo (via portinnesto), ma anche la regolarità produttiva; meno l'esaltazione della quantità, cioè delle rese unitarie (come è stato fino a un recente passato), perché queste, solo raramente, coincidono con la contestuale esaltazione della qualità del prodotto. L'efficienza produttiva si misura oggi con vari parametri fisiologici, energetici e gestionali (cfr. tabb. 1 e 2), oltre ai parametri qualitativi del frutto maturato a epoca appropriata. Importante, quindi, è lo standard merceologico in funzione della destinazione del prodotto raccolto. Un grande ruolo, per questo obiettivo, deriva da uno stretto collegamento con la gestione post-raccolta del frutto.

A) IMPIANTI	
1.	Percentuale intercettazione luminosa (possibili recuperi e innalzamento)
2.	Totale produzione (x n. alberi) / superficie suolo (= resa produttiva)
3.	Totale produzione 1a qualità / volume chioma (mc) oppure superficie suolo (mq)
4.	Tempo impiegato per unità di prodotto, relazionato a costo totale manodopera o a costo della raccolta
5.	Efficienza d'uso d'acqua, dei nutrienti, delle macchine e del personale impiegato
B) ALBERI	
1.	LAI (Leaf Area Index) - Indice di sviluppo unitario dell'area fogliare (totale superficie foglie / totale area suolo sottesa dalla chioma o a disposizione per albero)
2.	Rapporto fra $\Sigma$ produzione e parametro vegetativo (TSA = sezione area tronco o volume chioma o peso legno potatura ecc.) oppure Rapporto fra produzione e LAI (es. lamburde vs germogli)
3.	Sostanza secca prodotta (o $\Sigma$ carboidrati) / CO <sub>2</sub> utilizzata (es. bilancio carbonio)
4.	Impronta carbonio ed emissione CO <sub>2</sub> (carbon footprint) e Impronta idrica (water footprint)
5.	Bilancio energetico (risorse rinnovabili e input esterni)

Tab. 1 *Parametri di efficienza produttiva degli impianti*

OUTPUT (ASPORTAZIONI)	PARAMETRI ENERGETICI
Produzione: 30 – 80 t/ha	Energia solare espressa da PAR o da <i>Photone Flux Density</i> PPFD, corrisponde a:
Qualità: >80% frutta 1a categoria	$\Sigma$ 8.000/GJ/ha/anno (<5% per fotosintesi)
Frutti: >50 - 60% sostanza secca totale (rapporto ottimale)	CO <sub>2</sub> fissata = 1,5 – 3 moli/alb./die = 130 g/alb./die = 8.400 moli/ha/die (x 2.800 meli)
Potatura: peso legno asportato: 5 – 10 t/ha	= 10 – 20 t C/ha/anno (Pesco 8/10 t/anno)
Residui organici (foglie, ecc.): 0,1 – 0,5 t/ha	Sostanza secca: 35 t mele (15% SS) = 50 q/ha anno (per 70 t = 100 q SS)
Nutrienti: 150/250 kg/ha unità nutritive (N, P, K <sub>2</sub> O, Ca, Mg)	Fitofarmaci in totale: 70 – 100 kg/ha
Consumo acqua: 3.000/6.000 mc/ha/anno	Fertilizzanti: 40-150 N, 30-100 K, 20-30 P
H <sub>2</sub> O traspirata (90 – 95% totale) e utilizzata (<5 – 10% = 20 – 30 l/giorno/albero)	Acqua per irrigazione: 1-2 mm/giorno = 10-20 mc/ha/die = 500 - 1.500 mc/anno/ha (3 mesi)
Restit. H <sub>2</sub> O con irrig.: 500-300 mc/anno/ha	Lavoro manuale: 120 – 150 giornate/ha

Tab. 2 *Parametri fisiologici ed energetici degli impianti frutticoli*

La scelta delle caratteristiche dell'impianto è dunque decisiva, oggi più di ieri, per il successo della coltura. Il forte investimento finanziario richiesto (oltre 30.000 €/ha), che sale nei frutteti accessoriati e completi di strutture protettive a oltre 50.000 €/ha richiede valutazioni accurate, perché, se si sbaglia, non potranno poi essere fatti aggiustamenti negli anni a venire.

*Quali conoscenze tecniche e acquisizioni scientifiche hanno accompagnato l'evoluzione degli impianti frutticoli negli ultimi 40-50 anni?*

Anzitutto occorre precisare che le poliedriche tipologie della frutticoltura italiana, con forti diversità territoriali e di tradizione, storicamente radicate, sono sempre state alimentate da un corpo professionale molto capace (coltivatori, tecnici, studiosi-ricercatori); la rapida diffusione di innovazioni è

anche stata assecondata dalla grande frequenza di importanti convegni e da una stampa specializzata di ottima levatura tecnico-divulgativa, riconosciuta efficiente e bene informata nel contesto internazionale.

L'Italia, dunque, ha potuto primeggiare in Europa, per molti anni, nell'innovazione tecnologica, grazie a ricerche di base, metodologiche, con innovazioni pratiche derivate, anche con frequente apporto estero, soprattutto dagli Stati Uniti, Olanda, Francia, Gran Bretagna, Nuova Zelanda e altri paesi d'avanguardia. Molto merito spetta anche ad appassionati coltivatori.

Nel caso specifico degli impianti frutticoli, la tecnologia italiana è ancora oggi molto apprezzata nel mondo, tanto da essere considerata un punto di riferimento per la modernizzazione della frutticoltura intensiva, eco-compatibile, rivolta al mercato. Al tempo stesso però è contestata politicamente da una parte dei cultori di un ritorno a forme di coltivazione del passato, più naturali e sostenibili sul piano ambientale, ma poco redditizie e difficilmente compatibili con le regole competitive dei mercati, imposte dai desideri dei consumatori e non da ideali socio-politici.

È ovvio che anche gli impianti adatti a un tipo di frutticoltura “naturalistica”, poco specializzata, si discosterebbero alquanto da quelli intensivi su cui la ricerca tende, invece, a concentrare gli sforzi di innovazione, per poter escogitare il modo di sopravvivere nello scenario internazionale, che non si può reggere su presupposti soltanto ideologici o etici.

Per un esame generale sull'evoluzione degli impianti e le modifiche via via subite negli anni, si rimanda a un'ampia trattazione apparsa su volumi dedicati (Sansavini-Errani, 1988; Sansavini e Neri, 2005 e 2012; Sansavini et al., 2012).

#### DENSITÀ D'IMPIANTO E PARAMETRI DI EFFICIENZA FOGLIARE

Gli studi di fisiologia sugli impianti arborei hanno alimentato, già da alcuni decenni, un ricco *background* conoscitivo: il melo ha fatto spesso da pianta modello grazie all'affermazione dei portinnesti nanizzanti (M9). Questi presero avvio in Inghilterra nell'anteguerra dopo che i frutticoltori – che avevano piantato alberi nanizzati da p.i. deboli alternati ad alberi molto più grandi (innestati su p.i. vigorosi), destinati a essere estirpati, i primi, e a rimanere permanentemente (i secondi) –, si rifiutarono di togliere gli alberi piccoli (messi per entrare subito in produzione). Preferirono cioè abbattere gli alberi grandi destinati a mantenere in essere il frutteto, poi rimpiazzati da alberi piccoli.

La scoperta dei vantaggi derivanti dall'infittimento degli alberi sulle file e tra le file sollevò però vari problemi: come fare ad accrescere le rese produttive e come ricercare l'optimum delle distanze, senza peggiorare quali-quantitativamente le produzioni, per non incorrere nelle conseguenze negative dell'ombreggiamento.

La chiave del successo stava nella luce, cioè nel ruolo dell'energia radiante. Per decenni questo è stato il fattore primario delle ricerche fisiologiche sugli impianti, nella convinzione che più luce intercettata sarebbe equivalsa a una maggiore produzione. Ma per stabilire e accertare l'intercettazione della luce si doveva definire prima l'architettura della chioma e questa a sua volta sarebbe dipesa dall'indice LAI (*Leaf Area Index*) e dalla stessa demografia fogliare (tema di ricerca sviluppato successivamente) (Sansavini et al., 1999c).

Per l'architettura della chioma si continua ancora oggi a confrontare varie forme di allevamento, condizionate dalle densità d'impianto, col risultato che non esiste una forma migliore di altre, se non nelle circostanze in cui sono state condotte le prove.

Il graduale, seppur forte, aumento della densità di piantagione fu ancorato a limiti fisiologici solo dopo lo svolgimento di complesse ricerche in vari continenti (anche per la necessità di integrazione dei parametri climatico-ambientali). Fu messa in evidenza l'influenza esercitata dalla eccessiva vicinanza degli alberi, dalla riduzione del volume di suolo a disposizione delle radici e dalla riduzione della superficie fogliare atta all'intercettazione luminosa. Le ricerche fisiologiche sugli effetti della luce e del relativo spettro luminoso (luce diretta e luce diffusa), fecero però via via conoscere anche le migliori condizioni per lo sviluppo e la fruttificazione degli alberi (Wunsche e Ferguson, 2005).

Circa le distanze, queste vennero empiricamente commisurate all'altezza degli alberi, parametrando con una semplice formula:  $h = l - 1$ , facendo in modo cioè che l'altezza degli alberi fosse sempre inferiore alla larghezza degli interfilari (accresciuta di almeno 1 m al Nord, un po' meno al Sud); in tal modo sarebbe stata comunque disponibile, per il transito dei mezzi meccanici, una corsia (*free alley*) di almeno 2,5 m di larghezza, tenendo anche conto dell'architettura della chioma (Jackson et al., 1971). Poi ci si accorse che la competizione radicale degli alberi vicini dava, all'opposto delle distanze, un contributo positivo alla nanizzazione delle piante, perché ne limitava la crescita, tanto che non sono stati rari i casi sperimentali di alberi più fitti sulla fila che hanno iniziato a fruttificare prima di quelli più radi! (differenze però riscontrate solo nei primi due anni, perché successivamente gli alberi fruttificano tanto più quanto possono disporre di maggior spazio).

Si tenga conto che le distanze sulla fila, a seconda della specie, si sono ridotte nell'arco di un ventennio in maniera drastica: nel caso del melo, da 3-4 m a 1,5-

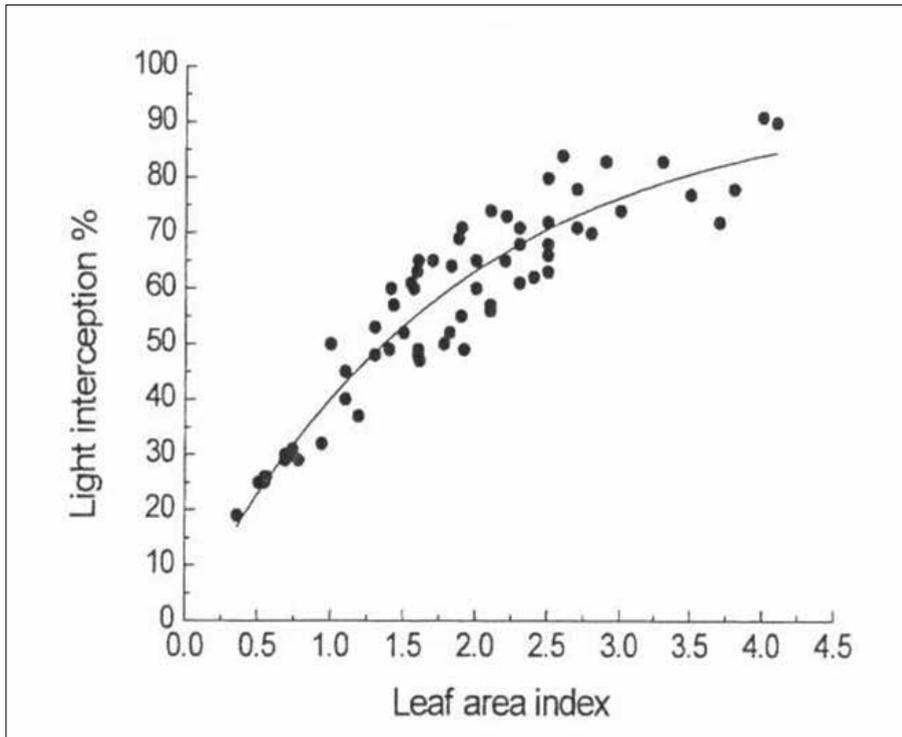


Fig. 1 *Perfetta correlazione fra indice di area fogliare e intercettazione della luce, in prove inglesi su melo (Jackson et al., 1971)*

2,0 m, scese poi ulteriormente fino a meno di 1 m sulla fila; così è stato anche per il pero, poi per il pesco (sceso da 5-6 a 2-3 m) e tutte le altre drupacee minori. Tutto ciò si è reso possibile grazie alla modifica delle forme di allevamento: c'è stata una cospicua riduzione del complesso scheletrico e del numero di branche, anche nel pesco, nonostante la mancanza di p.i. nanizzanti, per disporre di una *canopy* meno voluminosa e più efficiente: gli alberi che erano policauli o polibranche (sempre disposte queste su più palchi) sono divenuti monocauli, senza più palchi strutturati e talora anche senza branche.

#### FISIOLOGIA DELLA LUCE

Le ricerche sull'intercettazione della luce hanno guidato e, come dicono gli anglosassoni, "illuminato" i principi teorici che giustificano il funzionamento e l'efficienza del processo di trasformazione fogliare dell'energia.

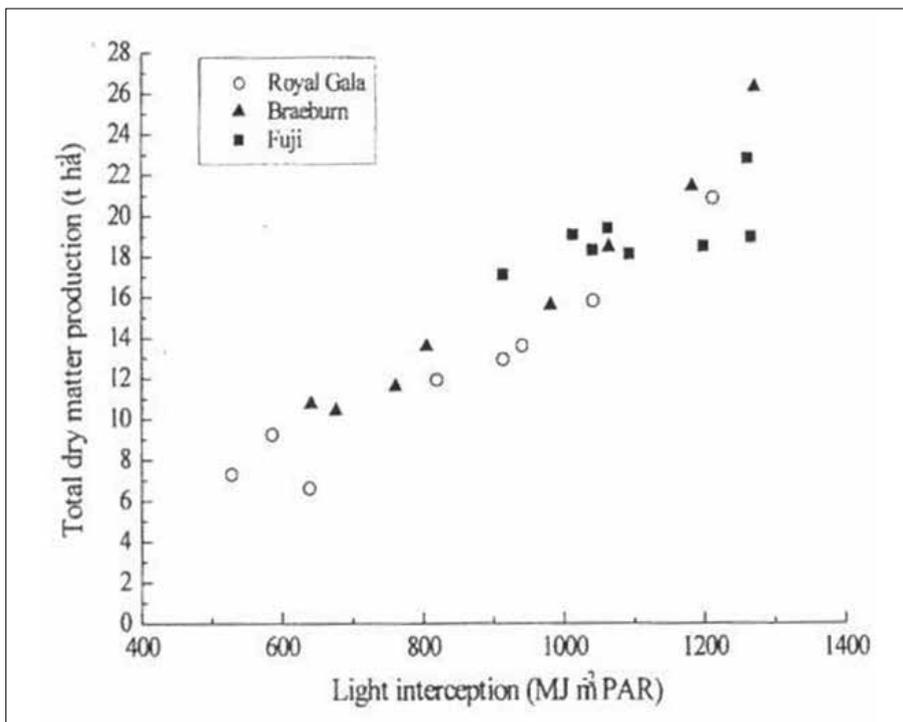


Fig. 2 *Alta correlazione fra intercettazione luminosa e sostanza secca prodotta da meli cv Gala, Braeburn e Fuji in Nuova Zelanda (Palmer, 2002 e Palmer et al., 2010)*

Merita dunque qualche citazione l'evoluzione di queste conoscenze. Le prime acquisizioni sperimentali misero in evidenza lo stretto rapporto fra superficie fogliare (complessiva e unitaria) espressa dall'indice LAI e la percentuale di luce intercettata (fig. 1) cui seguirono due deduzioni altrettanto importanti (Jackson e Palmer, 1986) e cioè:

a) l'indice di area fogliare ha solo un valore indicativo: infatti deve essere accompagnato da buoni indici demografici: numero di foglie e distribuzione della superficie fogliare all'interno della chioma, in quanto il LAI di per sé, oltre un certo limite (circa 4), crea ombreggiamento (cioè quando la superficie fogliare risulta essere troppo densa, a partire da 3,5-4 volte superiore alla superficie di suolo a disposizione dell'albero);

b) al di sotto di valori del LAI di 3,5-4,0, fu trovata una diretta proporzionalità della luce intercettata con l'aumento di sostanza secca (fig. 2) e quindi nel caso del melo fu trovata una netta correlazione fra percentuale di luce intercettata e produzione unitaria di mele (fig. 3), fino al limite di saturazione della PPF (Lakso, 1994).

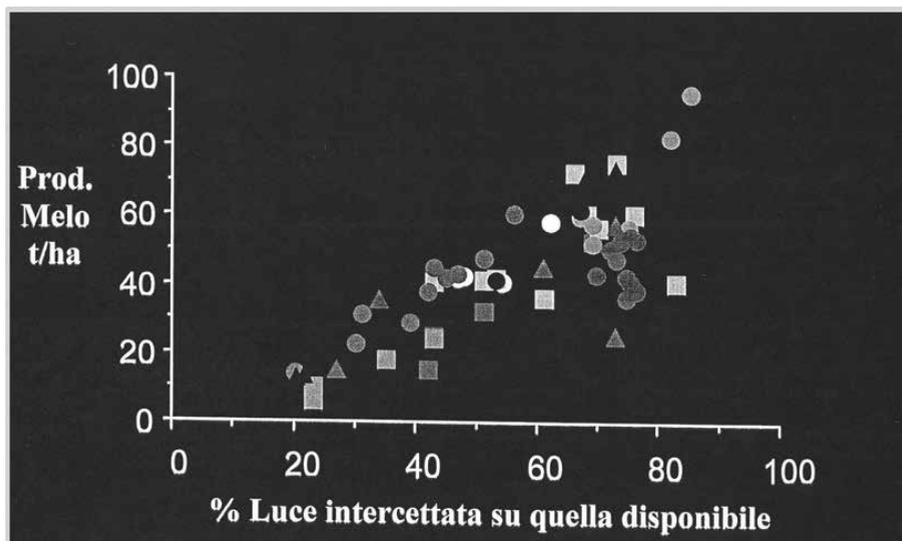


Fig. 3 Correlazione fra percentuale di luce intercettata e produttività di meli, alla Cornell University, Geneva N.Y. (Lakso, 1994)

In pochi anni, con la diffusione di strumenti portatili per la misurazione in campo della fotosintesi, non solo delle singole foglie ma della popolazione fogliare dell'intero albero (vedi sistema dei "palloni" messo a punto da Corelli Grappadelli e Magnanini a Bologna) sono emerse molte altre particolarità sul rapporto fra luce e riparto della sostanza secca accumulata (Corelli Grappadelli e Magnanini, 1993 e 1997; Sansavini et al., 1999b, c, d).

È evidente anzitutto che, ai fini della valutazione dell'efficienza del sistema di impianto, occorre massimizzare questo riparto a favore dei frutti, anziché a favore dello sviluppo vegetativo, che altrimenti si trasformerebbe in un dispendio energetico confermato dall'aumento dei tagli e cioè dal maggior peso del legno asportato ogni anno con la potatura, quando il riparto volge a loro favore.

Il rapporto più favorevole, che emerge da un'ampia letteratura al riguardo, si raggiunge quando i frutti corrispondono ad almeno il 50% della sostanza secca (meglio se si arriva al 60-70%) prodotta dall'albero, minimizzando la sostanza secca introitata da radici e legno, ma con un carico di non oltre 5-15 frutti per metro quadro di area fogliare. Un numero superiore non farebbe comunque incrementare il rapporto: si avrebbe solo un peggioramento della pezzatura e della qualità (fig. 4).

Ma la più sorprendente acquisizione sul rapporto luce/pianta è venuta dalle conoscenze del bilancio energetico dell'albero. Corelli Grappadelli e Lakso, 2007, hanno dimostrato che l'efficienza della luce dipende solo in parte dalla

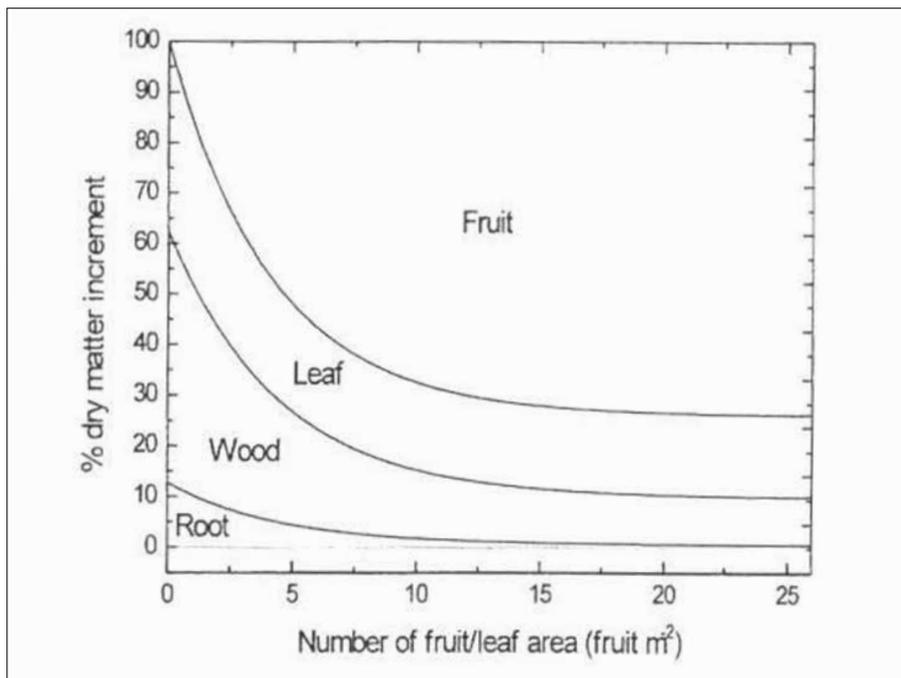


Fig. 4 Variabilità della relazione fra carico di frutti per unità di superficie fogliare e incremento percentuale di sostanza secca su melo (Palmer, 1981)

struttura della *canopy*, perché, qualunque sia la forma di allevamento, la fotosintesi netta non può superare, al massimo, il 3,5% (nel melo) della luce intercettata: normalmente l'efficienza fotosintetica non supera il 2%. Il massimo dell'energia (circa il 75%) viene infatti dissipato in calore (attraverso l'infrarosso) e appena il 15% viene riflesso dalla superficie fogliare (fig. 5).

*Perché il rendimento del "motore" pianta è così basso?* Il processo di fotoinibizione della luce, che si accresce con l'aumento della "pressione fotonica" e delle temperature, accompagna infatti negativamente quello della fotosintesi.

Losciale et al. (2010 a, b) hanno rilevato che le piante, in condizione di eccesso di radiazione luminosa, mettono in atto vari meccanismi di fotoprotezione basati su trasporti elettronici e vie biochimiche alternative, per liberarsi del surplus energetico. Il ciclo di Mahler, la dissipazione termica (NPQ, *Non Photochemical Quencing*), la fotorespirazione sono alcuni dei cicli metabolici che tendono a prevenire i danni causati dalle "specie reattive dell'ossigeno" (ROS), che si formano in conseguenza dell'abbondanza relativa di elettroni "liberi", che si registra in condizioni di elevata luminosità. La conseguenza inevitabile è che, oltre alla fotoinibizione (fotosintesi inibita da eccesso di

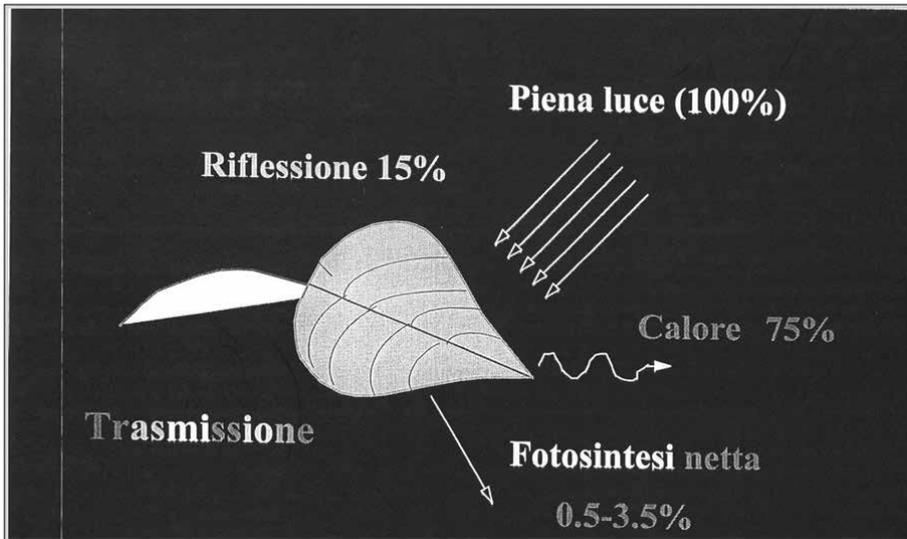


Fig. 5 Riparto dell'energia radiante intercettata dalle foglie. La maggior parte è riemessa e dispersa come calore (75%) attraverso l'infrarosso (Corelli Grappadelli, *com. pers.*)

luce), si arriva alla fotoossidazione (danno ai fotosistemi causato da eccessi di luce). Le piante hanno evoluto una strategia naturale di repentina riparazione del fotosistema danneggiato. Ma a un costo: la perdita giornaliera di sostanza secca (circa il 10%) derivata dalla fotosintesi. *Perché dunque abbandonare la pianta nel fronteggiare i due processi di fotoinibizione e fotoossidazione?*

C'è ancora un altro aspetto da considerare, legato all'energia trasmessa dalla luce alla foglia: l'aumento della traspirazione (per raffreddarsi) e il conseguente abbassarsi del suo potenziale idrico. Tutto ciò va messo in relazione con la crescita del frutto, per favorire la quale occorre continuità del flusso idrico non solo xilematico, ma anche floematico, quale veicolo di fotosintetati destinati al frutto (accertato almeno nella specie melo).

Per ridurre gli effetti negativi della luce durante le ore più calde del giorno e nei periodi estivi con più alte temperature, occorrerebbe non solo modulare l'intensità della luce, ma anche il flusso idrico, affinché questo non venga meno nelle ore più critiche del giorno (colmando così il potenziale idrico negativo). Una positiva influenza a questo riguardo può essere esercitata dall'architettura della chioma, come si è visto nel caso delle "asimmetrie" degli alberi di pesco, sperimentate a Bologna (Losciale et al., 2010) (fig. 5bis).

Le pratiche colturali non possono prescindere da alcune conoscenze di base, riscontrabili nelle aree frutticole italiane, a cominciare dal fatto che la curva di saturazione della fotosintesi si raggiunge in genere con appena il

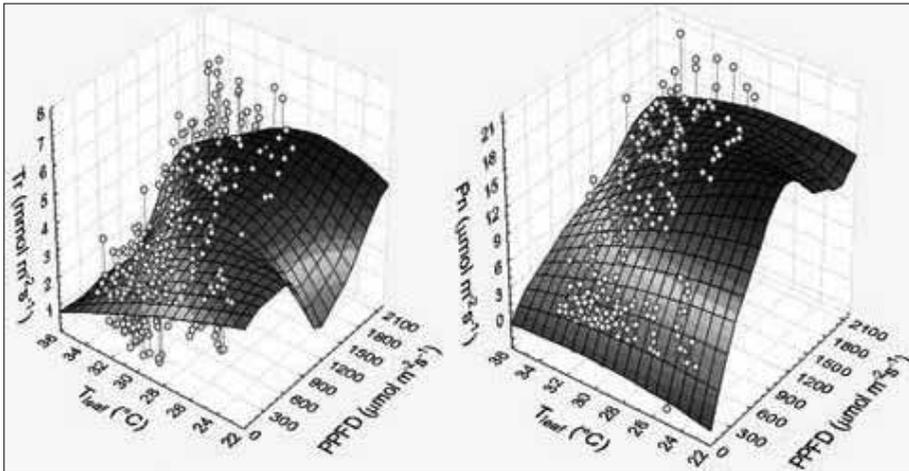


Fig. 5bis *Andamento di fotosintesi netta (Pn) e traspirazione (Tr) in funzione dell'intensità luminosa (PPFD) e della temperatura fogliare ( $T_{\text{leaf}}$ ) ottenuto attraverso misure di scambio gassoso e intercettazione luminosa di una popolazione di circa 400 foglie di pesco cv Alice Col (Losciale et al., 2010)*

50% dell'intensità luminosa (con una perdita di C che va dal 7 all'11%). Se il PAR (*Photosynthetic Active Radiation*) o la PPFD (densità di flusso fotosintetico) sono limitati, la pianta ha un minor fabbisogno idrico, le foglie sono più efficienti (con riduzione anche del 30-40% di acqua), mentre con troppa luce la pressione fotonica produce danni ai centri di reazione fogliare, con effetti sicuramente negativi. Le ricerche sul pesco indicano che troppa luce – e alte temperature – provocano fotoinibizione, con riflessi negativi sulla fotosintesi.

Si pone perciò un problema di gestione della luce, attraverso possibili e convenienti pratiche agronomiche per massimizzarne l'intercettazione, ma entro i limiti che non generano negative conseguenze.

La letteratura sull'argomento ci dice che esistono due opposte argomentazioni, basate sulla valutazione degli effetti dell'ombreggiamento, visto che di luce, o meglio, di energia radiante, nei frutteti posti alle latitudini dell'Italia (fra  $40^{\circ}$  e  $46^{\circ}$  Nord) ce n'è sempre troppa. Per innalzare la soglia di intercettazione luminosa sono state fatte ipotesi scientifiche: per esempio, l'idea un po' utopistica di costruire geneticamente piante da frutto col meccanismo  $C_4$  invece di  $C_3$ . Un'altra possibile via da esplorare sarebbe quella, per trasformazione genetica, di rendere il processo fotosintetico continuo, cioè per l'intero giorno, togliendo alla pianta l'effetto del buio. Sebbene nel pomodoro sia stato scoperto il gene che rende possibile questo traguardo (in serra) è improbabile che sia ripetibile nelle piante da frutto.

SVANTAGGI	VANTAGGI
Diminuzione di fotosintesi	Riduzione allegagione (indotto effetto diradante)
Diminuzione di spessore fogliare	Può aumentare l'efficienza produttiva
Diminuzione di massa unitaria foglie	Positive modifiche di microclima con reti foto-selettive
Comparsa di Leaf cupping (foglie addocciate)	Modulazione energia luminosa per la foglia
Calo peso dei frutti	Può favorire la crescita del frutto
Meno colorazione della buccia	Può migliorare o peggiorare la qualità dei frutti
Minore concentrazione di solidi solubili	Riduzione bitter pit (%)
Minore differenziazione gemme a fiore	Riduzione rugginosità dei frutti
Possibile calo allegagione e fruttificazione	Riduzione scottature e colpi di sole
	Riduzione effetti HT (alte temperature)
	Riduzione stress idrico e conseguente risparmio idrico
<i>Da Palmer, 2014</i>	<i>Da Corelli Grappadelli et al., 2015</i>

Tab. 3 *Gestione dell'ombreggiamento e influenze contrapposte entro certi limiti*

I tentativi di accrescere l'intercettazione si sono tradotti in pratiche colturali, per es. lasciare “finestre” nella chioma, se questa è voluminosa come nelle forme a vaso, con una potatura atta a favorire la penetrazione della luce. Oppure senza alzare troppo il LAI (cioè la densità fogliare), utilizzare reti protettive di colore chiaro, con basso assorbimento luminoso o anche utilizzare al suolo film plastici bianchi riflettenti la luce sulle foglie delle parti basse della chioma (pratica diffusa in altri paesi e già ripetutamente sperimentata anche in Italia).

La tabella 3 dimostra quanto incida l'influenza dell'ombreggiamento che, a seconda della sua entità, può esser portatore di molti svantaggi (Palmer, 2014) o all'opposto di vantaggi (Corelli Grappadelli, 2015), qualora sia ben gestito.

Le più recenti ricerche del Gruppo di ecofisiologia dell'Università di Bologna, condotte attraverso temporanee e brevi sottrazioni di luce, realizzate con reti schermanti, hanno evidenziato la loro surrettizia possibilità di controllare l'eccesso di allegagione dei frutti di melo (con effetto paragonabile a quello del diradamento dei frutti). Gli effetti benefici di vari tipi di copertura antipioggia e antigrandine con vari colori di reti fotosellettive, applicate per un certo periodo ad alberi di ciliegio, hanno pure avuto altri effetti benefici (Costa et al., 2015). Si consegue una modificazione del microclima sottorete favorevole alla crescita del frutto, al miglioramento della sua qualità, e all'efficienza produttiva dell'albero. Altri vantaggi variamente riscontrati in altre ricerche (vedi Kelderer e Telfser, 2015; Dorigoni e Micheli, 2015) sono una



Fig. 6 Doppia copertura con reti protettive antipioggia e antigrandine su ciliegio (Università di Bologna)

riduzione dei colpi di sole, degli effetti delle alte temperature e quindi del possibile stress idrico, una minore incidenza sulle mele di bitterpit e di rugginosità (fig. 6).

Dobbiamo, dunque, concludere che attraverso una buona gestione del binomio luce/ombra si può migliorare il processo di fruttificazione cercando di assecondare, in tempi diversi, i possibili vantaggi dell'uno e dell'altro. Così del resto, nella vite, è stata messa a punto una tecnica innovativa attraverso la pratica della defogliazione basale dei germogli "all'epoca della fioritura" e della "defogliazione apicale" degli stessi a quella dell'invasatura (Intrieri, 2015).

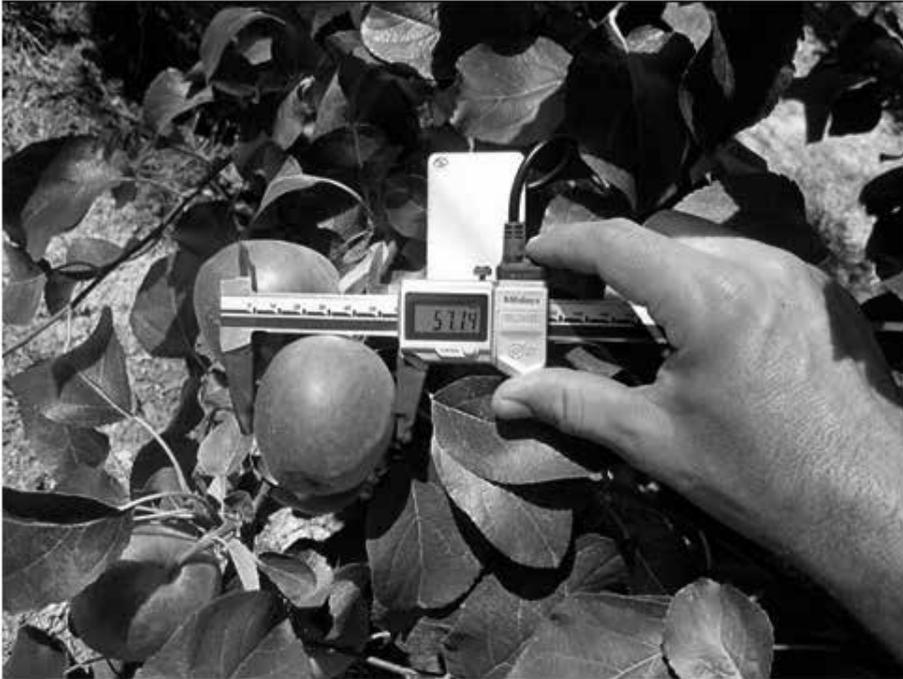


Fig. 7 Sistema di supporto decisionale del pesco correlato al monitoraggio della crescita del frutto. Con sole tre misurazioni diametriche nella prima fase di crescita si ottiene la predizione della pezzatura finale e conseguente definizione degli interventi (es. entità diradamento). Ove necessario si può così riportare la crescita del frutto alla normalità (Servizio Spin Off “Hortic. Knowledge”, Università di Bologna). Nella foto “fruttometro” con “data logger” incorporato (Manfrini et al., 2012 e 2015)

Da quanto esposto finora riteniamo che i fattori fisiologici che, stanti le attuali tendenze dell'*orchard design*, maggiormente concorrono a interagire nel conseguimento di una produzione di alta qualità siano i seguenti:

- una buona distribuzione della luce all'interno della chioma;
- una elevata efficienza fogliare in modo che il flusso dei carboidrati, attivati in equilibrio fra *sink* vegetativi e produttivi e correlati agli stimoli e flussi ormonali dell'albero, conducano all'individuazione del rapporto ideale da stabilire caso per caso, fra frutti allegati e frutti asportati o caduti col diradamento.

Il monitoraggio della crescita del frutto negli stadi iniziali e delle disponibilità idriche (pianta/suolo) sono indispensabili per razionalizzare le pratiche colturali o per attivarle in casi di emergenza (sanitaria, stress, ecc.); di queste occorre conoscere tempestività, modalità e intensità degli interventi; che

sono, di volta in volta, potatura estiva, fertirrigazione, gestione reti, protezione sanitaria, utilizzo di integratori chimici od organici, ecc. La disponibilità o l'accesso a un sistema di registrazione dei dati dei monitoraggi correlati ai vari processi interagenti (cfr. fig. 7), integrato con software e algoritmi che sanno dare risposte e indicazioni tecniche in tempo reale, può essere di grande aiuto in tali scelte.

#### PROGETTAZIONE DELL'IMPIANTO

È la scelta più difficile da compiere, perché va fatta in anticipo, sulla base di un'analisi molto dettagliata di obiettivi e strumenti a disposizione (Inglese et al., 2012). Nell'attuale incertezza dei mercati si tende in generale ad abbreviare il periodo di ammortamento, in passato molto lungo; in pratica, ciò significa che si tende a ridurre la durata economica del frutteto; nel caso del pesco e del melo si vogliono ammortizzare le spese d'impianto fin dal 5°-6° anno e in altre specie come ciliegio e pero verso il 7°-8° anno, nell'ipotesi che la durata economica del frutteto sia compresa fra quindici e venti anni, nel caso del pesco solo dieci-dodici. In genere, nelle aree di pianura, ove occorre predisporre anche un buon governo delle acque di scolo superficiale, l'impianto viene dotato anche di reti drenanti a profondità di 60-80 cm e di strutture automatizzate di pompaggio, miscelazione e flusso idrico regolato per l'impianto di fertirrigazione, nonché di protezione soprachioma (reti e film). L'Università di Ferrara ha messo a punto e realizzato un sistema di movimentazione automatica per l'apertura e chiusura delle reti e film di copertura, sistema già collaudato dai tecnici della Fondazione Navarra con buoni risultati. Il costo di installazione però è piuttosto alto, per ora inabborabile.

Da parecchi anni le imprese riunite in consorzi e cooperative possono utilizzare i *benefit* messi a disposizione dall'OCM (cioè il contributo dell'UE) per i nuovi impianti, ma i contributi concessi, in genere, non coprono l'insieme delle spese (costo effettivo degli alberi, della piantagione e delle strutture di sostegno e protezione), perché non vanno oltre 10-15.000 €/ha.

Tutto questo spiega perché il desiderio di accorciare l'ammortamento porti a scegliere impianti a medie-alte densità, talora molto alte (pur generando un incremento spese per acquisto alberi). La sperimentazione condotta negli ultimi venti-trent'anni, in presenza di densità che hanno raggiunto anche 4-5.000 alberi/ha ha dimostrato che non conviene andare oltre 3-4.000 alberi/ha, per le pomacee (salvo alcune aree montane), quali siano le variabili

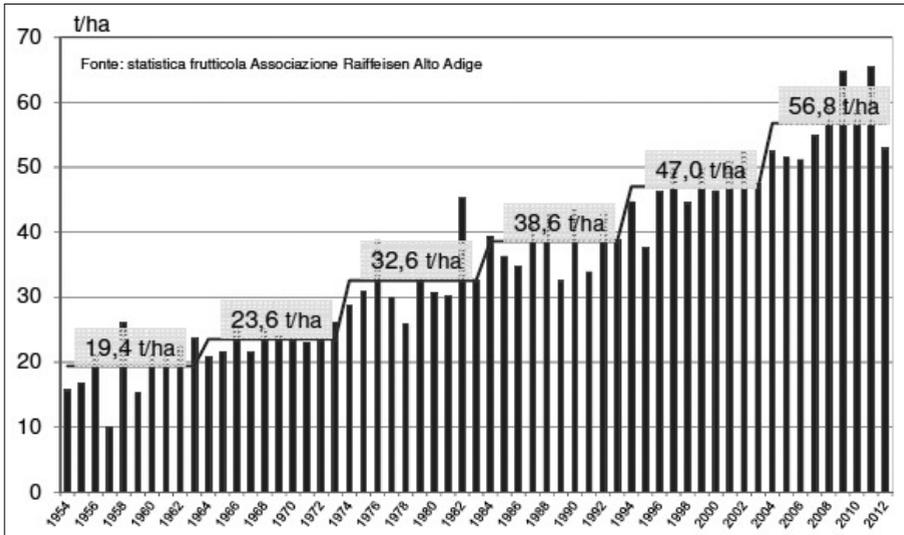


Fig. 8 Il tasso di incremento della resa produttiva dei meleti altoatesini è stato quasi costante e lineare negli ultimi cinquant'anni (salito da 19 a 57 t/ha/anno). I fattori della crescita agronomici, genetici, gestionali, consentiranno ancora nei prossimi anni altro margine di crescita?

tecniche, pur attuate in maniera appropriata, se non si vuole pregiudicare la qualità del prodotto e con questo rischiare l'equilibrio costi/ricavi.

È pur vero che le rese ettariali sono aumentate a un ritmo quasi lineare negli ultimi sessant'anni (molto esplicita è la figura 8, riferita ai meleti altoatesini), ma oggi la morsa cui devono piegarsi i coltivatori è, da un lato, di essere competitivi sui mercati (per qualità e prezzi) e dall'altro di seguire e attuare i principi, soprattutto ecologici, della sostenibilità gestionale e della resilienza del frutteto; occorre cioè tenere basso l'impatto ambientale di una frutticoltura comunque intensiva; produrre secondo il rispetto di regole molto severe e restrittive; non inquinare il suolo e le falde idriche; non dissipare le risorse naturali (fertilità del suolo ecc.); rispettare la biodiversità e con questa l'ecosistema, più o meno con equilibrio a rischio. Queste misure nell'insieme vogliono essere l'equivalente di un'assicurazione sul futuro, per chi coltiverà dopo di noi.

Non ci addentriamo nell'analisi dei fattori di progettazione, ci limitiamo a riassumere quali sono gli *output* medi del frutteto (tab. 2) (dal cui esame si risale ai fabbisogni di nutrienti e di acqua) e quali parametri energetici considerare per la scelta delle tecniche colturali, mentre nella tabella successiva diamo in sintesi l'elencazione dei parametri fisiologici, pratici, di efficienza sia dei singoli alberi sia dell'impianto nel suo insieme (tab. 3).

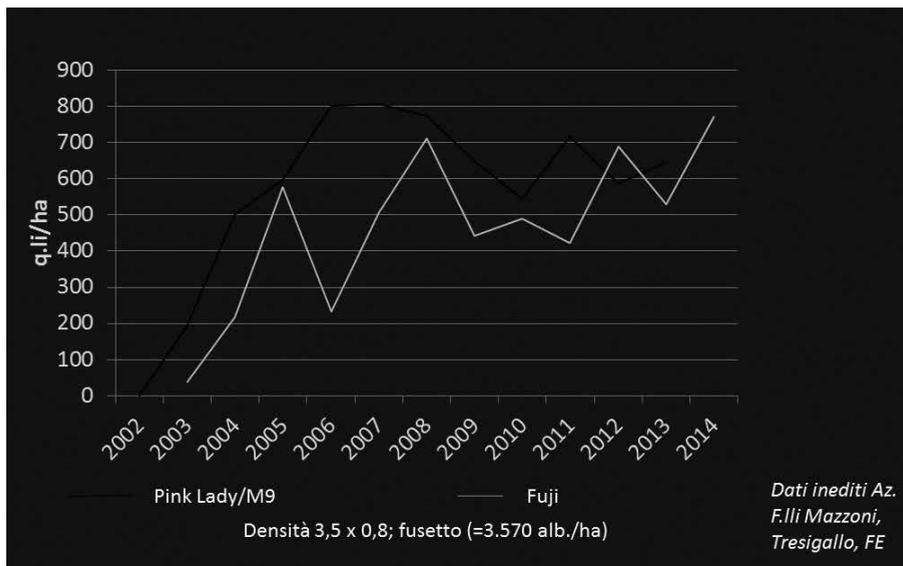


Fig. 9 Alta fruttificazione di meli “Pink Lady” e “Fuji”, fino al 12° anno (2014) allevati a fusetto/M9 – T337 nel Ferrarese (Migliaro)

#### ALBERI INTERI PREFORMATI ALL’IMPIANTO

Un cambio fondamentale negli impianti è stato dato, già da vari anni, dall’utilizzo di astoni ben allevati in vivaio, provvisti di rami anticipati (ottenuti naturalmente o favoriti da interventi chimici, es. BA + GAs, in vivaio) per poter conseguire una più rapida formazione scheletrica dell’albero dopo trapianto e quindi senza più una netta distinzione fra fase di allevamento e fase di produzione. Gli alberi, cioè, devono fruttificare a partire, se possibile, dal 2° anno di piantagione, raggiungendo la piena produzione già al 3° anno. Traguardo conseguibile con melo e pesco (figg. 9 e 10). Talvolta gli alberi ben formati fruttificano in qualche modo fin dall’anno d’impianto o comunque iniziano a produrre molto prima anche per le specie a fruttificazione ritardata (es. pero, ciliegio e noce).

La tecnica di potatura dell’albero trapiantato entra pure in gioco, nel senso che, per raggiungere gli obiettivi sopra esposti, gli astoni, cioè gli alberi ottenuti in vivaio a un anno dall’innesto – talvolta allungato a due anni – non subiscono alcun pesante taglio di raccorciamento o sono lasciati interi, a “tutta cima”. Nemmeno i rami anticipati salvo diradamento per asportazione, soprattutto in alto, sono raccorciati. Solo l’astone può essere raccorciato, al di sopra delle impalcature già abbozzate (es. a 1,30 m da terra), grazie alla presenza e al mantenimento dei rami anticipati.

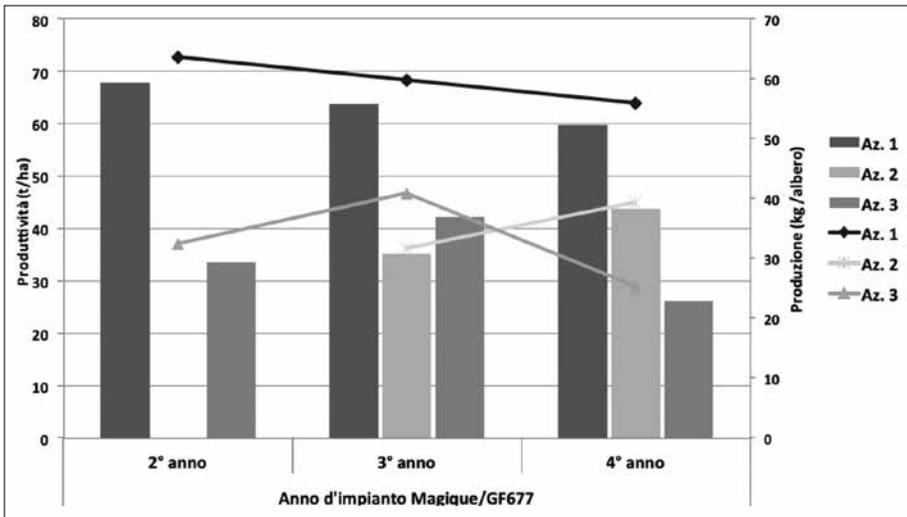


Fig. 10 Il pesco allevato a fusetto ad alta densità (1.100 alb./ha), con una potatura “minima” può raggiungere una elevata e precoce fruttificazione. Nel grafico le spettacolari rese produttive della nettarina cv “Magique/677” in alcune aziende ravennati (Sansavini et al., 2013)

#### MODELLO MELO

Gli impianti di melo a densità alte o medio-alte (3-4.000 alb./ha) sono allevati, in montagna come in pianura, unicamente a fusetto, con diverse possibili varianti; più frequentemente è lo *slender spindle* a prevalere (derivato dall'originaria piccola piramide compatta dello *spindle-bush*), basato su un albero monocaule, con corte branchette liberamente allevate solo nelle parti medio-basse della chioma. C'è quindi ormai una generalizzata scelta della forma di allevamento (anche perché il portinnesto è in larghissima parte M9, rappresentato da vari cloni, più frequente, in Italia, il T337, più o meno nanizzanti); le varianti sono legate alla vigoria intrinseca delle singole combinazioni d'innesto (interazione nesto/portinnesto) e all'influenza indotta da suolo/clima (Corelli Grappadelli e Sansavini, 1989; Sansavini e Corelli Grappadelli, 1991 e 1997; Sansavini et al., 1999a). Tutte le forme mirano a costituire una parete continua o uniforme e relativamente stretta (almeno in alto), anche per favorire interventi meccanici (es. diradamento florale) (fig. 11).

Prendo ad esempio, in zona tipica della pianura ferrarese, un moderno impianto giunto al dodicesimo anno d'impianto (2014), di cui sono riportati i dati produttivi anno per anno, di due varietà, “Pink Lady” e “Fuji” (3,5 x 0,8 m = 3.570 alb./ha). Ciò che può stupire è l'obiettivo raggiunto dalla precoce messa a frutto degli alberi, avendo conseguito rese di 50 t/ha al 2° anno e di 80 t al 4° anno. In pratica, il periodo di allevamento è stato quasi annulla-



Fig. 11 *Diradamento dei fiori in filari a siepe stretta e alta di meleti con barra flagellatrice Darwin*

to, in quanto accompagnato da altissima produzione di grande qualità (oltre 90% di frutti di prima categoria Premium) (fig. 9).

Ovviamente, non tutta la nuova melicoltura italiana si colloca su questo livello. Le aziende di tutto l'arco alpino sono pure dei modelli da seguire con rese altrettanto alte e qualità eccelsa, più ancora della pianura. Questi dati dimostrano quanto la tecnologia giochi un ruolo di primo piano nel rendere efficienti gli impianti. Purtroppo la media statistica delle aziende italiane è ben lontana da questi risultati, essendo innumerevoli i fattori che contribuiscono ad abbassare le rese e quindi la redditività della coltura.

#### MODELLO PERO

I pereti specializzati su cotogno, nati negli anni '30, sono stati, in Italia, il primo esempio di alta densità, con 4.000 alb./ha, come illustrato nel volumetto

di Del Lungo e Zanini del 1939 (fig. 12). Allora, in tutta Europa, esistevano solo frutteti estensivi, in gran parte su portinnesto franco. Grazie poi alla forma di allevamento a palmetta (altro attributo italiano), nel dopoguerra la nostra pericoltura si è diffusa con densità medie piuttosto alte (oltre 2.000 alb./ha), poi quasi raddoppiate nell'arco di un ventennio, prima di fine secolo. I modelli attuali più frequenti sono basati solo sul fusetto-appiattito (più adatto della palmetta alle distanze ridotte, in genere inferiori al metro) (Musacchi, 2011; Sansavini e Musacchi, 1994 e 2000). Il filare, invece, è rimasto continuo, modello siepe stretta (*hedgerow*), meno alto che in passato ( $h = 3$  m o meno, invece di 4 m e oltre). Varianti sono rappresentate da "Solaxe", asse centrale, ecc. Ciò che è profondamente cambiato nel tempo, rispetto al passato, è il metodo di potatura durante l'allevamento: in passato, basato su molti tagli, non solo di raccorcimento dei rami, ma anche di diradamento delle formazioni fruttifere portate da robuste branche formate con simmetria geometrica, permanenti. Oggi le forme sono libere, convertibili e sfruttate per una rapida iniziale messa a frutto, per cui i tagli sono numericamente inferiori e mirati alla semplificazione dello scheletro (ridotto al minimo) e al mantenimento dei soli rami a frutto (brindilli o lamburde). Le branche sono dei supporti, piuttosto corti, delle formazioni fruttifere; sono semipermanenti o temporanee, fino all'esaurimento delle formazioni; rimangono, in tal modo, fino al 4°-5° anno, poi eliminate.

Il pero, grazie alla plasticità adattativa della specie può persino "rimediare" a certi errori del potatore. Per questo, esistono numerose forme d'allevamento derivate da palmetta e fusetto: citiamo il "bibaum" (biasse colonnare o Y longitudinale), il *superspindel* (monocaula senza branche, con sole formazioni fruttifere), l'Y trasversale, il sistema a V, certi tipi di cordoni bassi, adatti ai frutteti pedonali. I dati di un confronto multiplo, a Bologna, fra cultivar, portinnesti e distanze, riferiti fino al 7° anno, sono riportati in un lavoro di Ancarani et al., 2004.

Queste varianti servono per alzare ulteriormente le densità ben oltre i 4.000 alb./ha. Si trovano, nella pianura padana, frutteti VHD (*Very High Density*) con distanze di  $3 \times 0,4$  m pari a circa 8.000 alb./ha difficili da governare e persino pereti a 10-12.000 alb./ha, allevati a cordone verticale (sembrano dei "vivai a frutto"), con alte produzioni iniziali. Le tecniche d'impianto e coltivazione di questi pereti sono adattate e si discostano dallo standard. Per es. gli alberi non sono piantati in un solco normale di 30 cm di profondità, ma appoggiati in solchetti o in incavi di appena 10-15 cm (quindi occorrono fili e paletti di sostegno), in modo che gli apparati radicali siano situati in parte sotto e in parte sopra il livello del suolo (ricoperti perciò da terra di riporto fino a 20-30 cm di altezza formando



Fig. 12 *Primi impianti di pero cv Passacrassana ad alta densità in Emilia (4.000 alb./ha). Allevamento a cordone verticale (Del Lungo e Zanini, 1939)*

delle specie di aiuole in rilievo). In tal modo, “soffrendo”, si mettono a frutto subito e le radici andranno nelle profondità sottostanti, solo in un secondo tempo. Si tratta di un meccanismo da sfruttare attraverso crisi di trapianto pilotate per indurre l'immediata induzione a fiore di germogli e lamburde.

Nella tabella 4 sono riportati in sintesi i principali fattori tecnici che concorrono alla progettazione e al governo dell'impianto di pero.

Il pero, però, a differenza del melo, è più lento nella messa a frutto, e anche con le più alte densità difficilmente si superano le 50 t/ha (la produzione può essere superiore in “Conference” e “Abate Fétel”). Alle più alte rese c'è però il rischio alternanza. Altre varietà come “William” e “Decana del Comizio” sono assai meno produttive. In genere una resa si considera soddisfacente quando supera 30-40 t/ha. Nel pero c'è, sempre permanentemente, il rischio di scarsa allegagione, per cui è raro che nei pereti si facciano pratiche di diradamento frutti; si usano invece, anche in eccesso, prodotti integratori auxinici durante e dopo la fioritura; si fanno, sulle varietà suscettibili di partenocarpia, trattamenti gibberellici  $GA_3$  oppure  $GA_{4+7}$  per favorire l'allegagione.

- Filari continui siepiformi (hedgerow) a distanze molto ridotte sulla fila, con radici superficiali
- Forme variabili cambiando distanze sulla fila; quella interfila tende a rimanere costante. Convertibilità della forma dopo il 4°-5° anno, lungo il ciclo economico del pereto
- Portinnesti: solo cotogni (Sydo, Adam, MH, MC, Ba29 e ibridi peri franchi in suoli subcalcarei)
- Importanza della potatura d'allevamento: alberi preformati in vivaio
- Allevamento/Potatura minima e leggera. Forte riduzione dello scheletro (es. alberi monocauli)
- Potatura di produzione/Tagli secondo i 5 modelli varietali di habitus di fruttificazione del pero (Sansavini e Musacchi, 1994)
- Supporto della meccanizzazione (piattaforme e carri semoventi o trainati). Potatura pneumatica o idraulica. Irroratrici non scavallatrici
- Differenziazione a fiore e allegagione promosse e sostenute con ormoni e integratori (es. Ga<sub>3</sub> e BA, Ethrel + Auxine, Proexadione Ca)
- Fertirrigazione dosata, interattiva (con bilancio idrico o sensori al suolo), automatizzata
- Protezione alberi con reti antigrandine e/o antinsetti

Tab. 4 *Pero: attuali indirizzi per i nuovi impianti frutticoli*

#### MODELLO PESCO

In un'indagine condotta in Romagna qualche anno fa e basata sulle modifiche di densità d'impianto dei peschi avvenuta negli ultimi venti anni (fra il 1990 e il 2010) all'interno di alcuni grandi complessi cooperativi (Neri et al., 2010), è emerso che nel 1990 prevalevano pescheti con 400-700 alb./ha mentre nel 2010 la media era di 1.000-1.400 alb./ha (fig. 14). Ciò ha provocato anche il cambio della forma di allevamento. La palmetta, prevalente nel 1990, si era ridotta a meno del 20%, soppiantata dal fusetto (>60%) mentre il vaso basso o ritardato incideva per il rimanente 20%.

L'interazione esistente fra densità e forme di allevamento è dimostrata dal confronto fra forme: quelle in parete (fusetto, candelabro, Y) raggiungono rese produttive di 40 t/ha (e con il sistema a V anche, raramente, 60 t/ha) mentre le varie forme in volume, a vaso, si attestano intorno alle 30 t/ha o poco più (Sansavini et al., 1999).

In impianti modello del Ravennate, fusetti liberi governati da peschicoltori molto esperti, ricorrendo a varietà molto produttive come ad es. la nettarina bianca "Magique"/GF 677, si sono raggiunte e superate le 60 t/ha al 4°-5° anno (fig. 10) (Sansavini et al., 2013).

Nel pesco, in generale, le forme sono cambiate per sfruttare meglio il minore spazio a disposizione dell'albero, ma non il portinnesto che, per grande parte, è rimasto lo stesso (ibrido franco pesco x mandorlo GF677), con qualche esempio di ibridi plurispecie come "Ishtara", o di susini, tipo *P. insititia*, quale lo spagnolo Adesoto, o *P. domestica* quale ad es. Tetra.

Nel pesco, dunque, la densità è aumentata assai meno che nel melo e nel pero, fondamentalmente perché i tentativi di introdurre portinnesti nanizzanti sono quasi sempre falliti (vedi Sirio). La pianta produce bene e

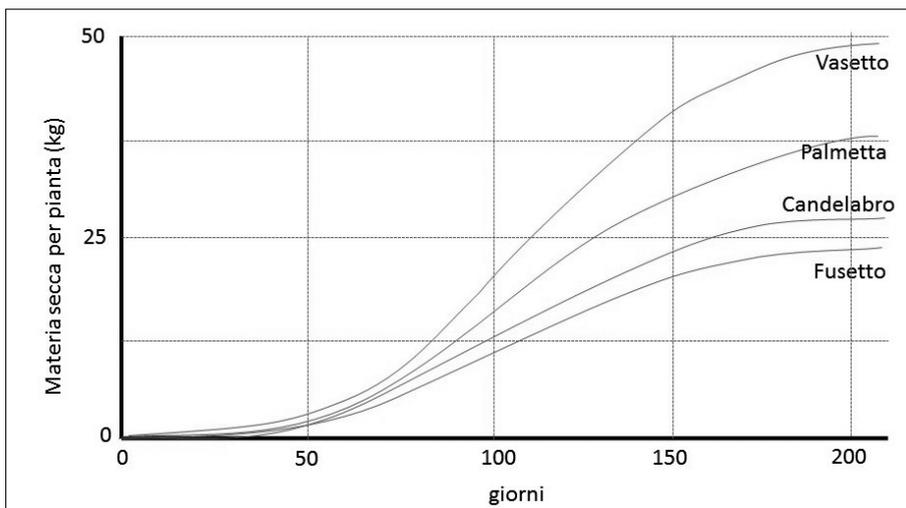


Fig. 13 Biomassa cumulata in grammi per pianta di pesco (confronto fra 4 forme di allevamento: candelabro, fusetto, palmetta, vasetto (da Neri et al., 2015)

pesche di qualità solo se vigorosa e i rami misti devono essere ben formati, senza rami anticipati, ma non esili come i brindilli. È stata dimostrata una correlazione diretta fra biomassa legnosa e biomassa frutti (Neri et al., 2015).

Circa la capacità di conversione della luce in prodotto fotosintetico, in un confronto fra quattro forme di allevamento è emerso che il fusetto, nell'intero arco della stagione, riesce a correlare una quantità di biomassa (20 t/ha) nettamente superiore alle forme a confronto, che erano vasetto, palmetta e candelabro, mentre se il confronto è riferito alle singole piante, allora prevale il vasetto sul fusetto (Neri et al., 2015) (fig. 13). Ma sul piano economico, ciò che conta maggiormente, per valutare la convenienza dei vari sistemi d'impianto, è la percentuale di frutti di prima qualità (solo questi frutti, infatti, sono pagati a prezzo pieno, gli altri a prezzi simbolici). Nel pesco, a parte i danni sanitari, è facile raccogliere frutti di ridotta pezzatura o poveri di colore, a causa della posizione del frutto in ombra o perché posti in basso nella *canopy* (Marini e Corelli Grappadelli, 2006). Questi frutti in genere sono poco apprezzati, o di scarto. Occorre evitare che ci siano. Questo fenomeno ha contribuito, come fattore principale, a mandare "in rosso" la gestione economica di molti pescheti.

In definitiva, nel pesco, la scelta della forma di allevamento rispecchia spesso l'abilità tecnica del peschicoltore, ma più delle quantità raccolte ormai conta la qualità del prodotto.

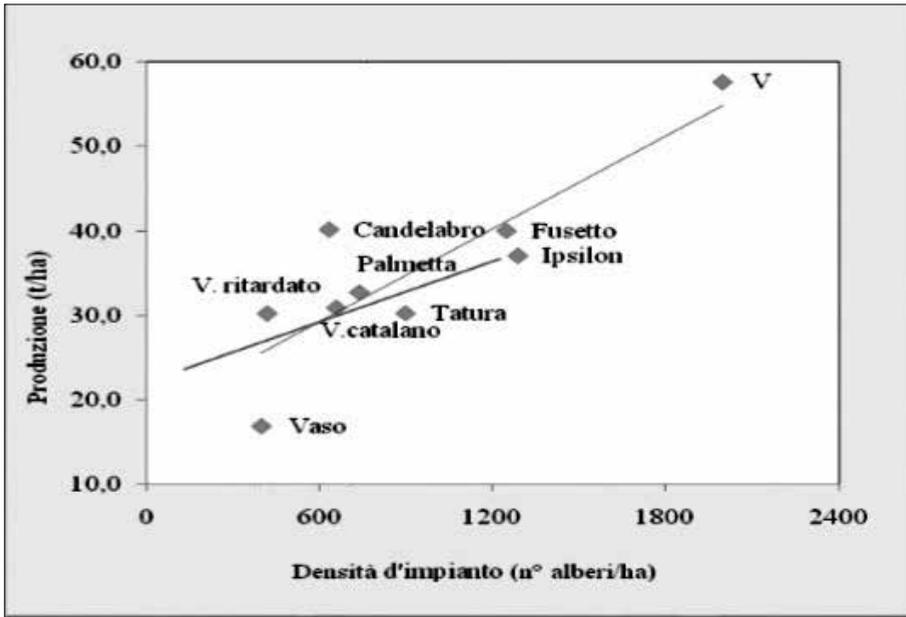


Fig. 14 Indagine sugli impianti peschicoli in Romagna. Relazione tra densità d'impianto con relativa forma di allevamento e produzione unitaria (t/ha) (da Neri et al., 2010). Risultano più alte le rese produttive dei pescheti a fusetto e con sistema a V (da 1.200 a 1.800 alb./ha)

#### SISTEMI ARBOREI DEL FUTURO

Abbiamo visto quanto grande sia stata l'evoluzione degli impianti arborei da frutto negli ultimi vent'anni. Cambiamenti, dovuti non solo all'avvento di nuove varietà (non tanto di portinnesti), ma soprattutto dettati da necessità economiche, al fine di rendere gli impianti e quindi le imprese competitive sui mercati. Si sono però fortemente ristretti i margini di guadagno, a causa degli alti costi, per cui solo le innovazioni tecniche applicate al governo ottimale del frutteto possono fare la differenza e rendere redditizia la coltura.

L'alta densità è ormai un traguardo acquisito e generalizzato: i frutteti stanno diventando "pedonali" laddove esistano portinnesti adatti (vedi melo, ciliegio, pero), ma ci sono ancora margini per la modellizzazione architettonica degli alberi alle varie altezze (Cortes et al., 2006), perché questi, se monocolti, saranno provvisti di branche semipermanenti o di corti supporti scheletrici, ma devono comunque essere sufficientemente rivestiti di foglie efficienti. La meccanizzazione e l'automazione non hanno ancora espresso il massimo delle loro potenzialità. Ci sono ancora grossi margini evolutivi dipendenti dai mezzi informatici e digitali applicati, che, se ben sfruttati,

sono una prospettiva dell'“agricoltura di precisione”: i parametri da considerare sono dunque altri, a cominciare da quelli fisiologici legati a una efficiente superficie fogliare, ben distribuita nella chioma, presupposto per avere un alto rapporto fra biomassa prodotta e frutti raccolti (Manfrini e Corelli Grappadelli, 2008; Manfrini et al., 2011; Neri e Sansavini, 2012). Il mercato richiede sempre pezzature medio-grosse, uniformi, ben colorite, requisiti che si raggiungono però solo nelle aree vocate alle singole colture.

I principi di sostenibilità ecologica, economica e sociale inducono poi la ricerca e la scienza ad adattare le nuove tecniche escogitate a una frutticoltura intensiva che non può tornare indietro. Altri presupposti concorrono ai risultati, per esempio l'innalzamento del livello di sostanza organica del suolo e quindi di carbonio in molte aree del Sud e del Nord, per preservare la fertilità e ridurre in generale gli input energetici esterni (acqua, prodotti chimici, altri mezzi tecnici) (fig. 15). Nel suolo bisogna cercare di sequestrare il massimo della CO<sub>2</sub>, non solo con l'uso dei compost in particolare, e di ammendanti organici, ma con altri accorgimenti aumentando la popolazione microbica (per via biologica) e con pratiche di inerbimento e pacciamatura; utili sono persino gli antichi sovesci di leguminose da interrare.

Grazie alle provvidenziali innovazioni che provengono dall'automazione, dalla meccanizzazione e dalla creazione di reti informatiche per la raccolta e gestione dei monitoraggi biologici e fisici, si possono compiere scelte decisionali motivate anche se difficili, in tempi reali. Esistono le condizioni per migliorare molti processi e pratiche agronomiche (vedi es. fertirrigazione e difesa) in modo da perseguire finalità più virtuose nella gestione del frutteto, con più ridotto impatto ambientale, meno rischi per la salute, maggiore rispetto della biodiversità e produzione di frutta con più sicurezza per il consumatore (fig. 15).

I disciplinari di produzione integrata andranno sempre più recuperando, non appena accertata la loro validità, principi di produzione organica, ad esempio gli impianti costituiti da varietà rustiche e/o resistenti a patogeni, si tradurranno automaticamente in un minor uso di pesticidi e perciò in una produzione più salubre e sicura.

Ci si sta orientando verso pratiche e interventi semplificati, ma più precisi e sicuri che in passato, tempestivi, risparmiati sul piano energetico. Gli interventi su base fisiologica, l'architettura dell'albero e le reti fotoselettive applicati assieme, concorreranno a gestire bene luce e ombra al di sopra e all'interno della chioma; sono “optional” già alla portata delle aziende più moderne. Proteggere i frutteti con reti multifunzionali, apportare meno nutrienti e meno acqua (attraverso il “deficit idrico controllato”, dove applica-

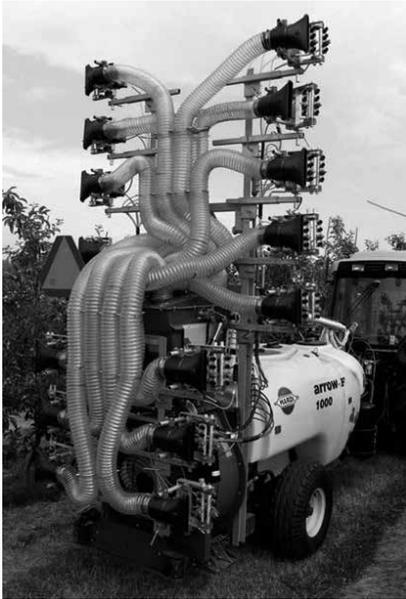


Fig. 15 *Prototipo di irroratrice automatizzata (Progetto europeo ISAFRUIT, 2011) per la sostenibilità ecologica, il risparmio energetico e l'efficienza del trattamento*

bile) con modalità atte a ridurre gli sprechi (costi e impatto sull'ecosistema), sono gli obiettivi dei prossimi anni.

Conseguentemente cambierà anche il ruolo dell'assistenza tecnica, sempre meno legata alla visita di consulenza aziendale, e sempre più alla diffusione e partecipazione a reti interattive, utilizzando, singolarmente, supporti decisionali gestiti da Servizi specializzati (gruppi privati, coop, start-up, spin-off) o, meno frequentemente, pubblici. Non si può sperare che siano lo Stato o le Regioni a fare più di quello che spetta loro, e cioè apprestare reti aggiornate di servizi tecnici di consulenza, organizzare servizi di coordinamento delle reti e gruppi operativi privati, nelle singole regioni. In ogni caso il ruolo degli enti pubblici e delle istituzioni di ricerca rimarrà fondamentale per realizzare il “sistema Paese” in un rapporto di attiva partecipazione all'intera filiera interprofessionale.

#### RIASSUNTO

La generale, irreversibile tendenza della frutticoltura all'aumento della densità degli impianti e quindi all'abbassamento e alla riduzione volumetriche della chioma, ha imposto una revisione globale delle tecniche di allevamento, coltivazione, protezione e gestione organizzativa dei frutteti. Un grande aiuto è venuto dalle innovazioni genetiche, meccaniche, informatiche e dall'automazione di numerose pratiche (es. fertirrigazione).

L'inserimento a vari livelli di tecnologie di monitoraggio (suolo, albero, frutti) consente ormai di raggiungere rese produttive elevate, senza abbassamento della qualità del prodotto, seguendo i principi della sostenibilità ecologica ed economica imposta dal mercato, dai regolamenti europei e quindi dai disciplinari di produzione.

L'applicazione crescente ai nuovi sistemi d'impianto dei principi della "frutticoltura di precisione" consentirà una riduzione dei costi e una maggiore competitività mercantile.

#### ABSTRACT

The general settled trend of fruit industry to increase plant density reducing canopy size and tree height carried out the growers to revise deeply the principles of tree training/pruning and protection, soil and orchard managing. This trend will continue and characterize the future cultivation guidelines.

Till now a big help is coming from genetic, mechanical, informatics innovations and their integrated technologies. Some practices are already automatized (i.e. fertigation). New monitoring systems (biological, physical and physiological knowledges) help to achieve high yield without penalization of fruit quality. Just applying revised technical addresses of eco-sustainability imposed by market, European rules and pest defense with imposed limits, the new fruit planting systems are going towards a "precision technologies" with the aim to improve the production process, to reduce production costs, to get safer human and environmental health and to be more commercial competitive.

#### LETTERATURA CITATA

- ANCARANI V., MUSACCHI S., SANSAVINI S., GAMBERINI A., GADDONI M., GRANDI M. (2004): *Individuazione dei limiti dell'alta densità nel pero: confronto fra sistemi di impianto e portinnesti*, «Rivista di Frutticoltura», 9, pp. 18-30.
- CORELLI GRAPPADELLI L., SANSAVINI S. (1989): *Light interception and photosynthesis related to planting density and canopy management in apple*, in «Acta Horticulturae», ISHS, Leuven (Belgio), 243, pp. 159-174.
- CORELLI GRAPPADELLI L., MAGNANINI E. (1993): *A whole - tree system for gas exchange studies*, «Hort. Science», 28, pp. 41-49.
- CORELLI GRAPPADELLI L., MAGNANINI E. (1997): *Whole - tree gas exchanges: can we do it cheaper?*, in «Acta Horticulturae», ISHS, Leuven (Belgio), 451, pp. 279-285.
- CORELLI GRAPPADELLI L., LAKSO A.N. (2007): *Is maximizing orchard light interception always the best choice?*, in «Acta Horticulturae», ISHS, Leuven (Belgio), 732, pp. 507-518.
- CORELLI GRAPPADELLI L., LAKSO A.N., FLORE J.A. (1994): *Early season patterns of carbohydrate partitioning in exposed and shaded apple branches*, «J. Amer. Soc. Hort. Sci.», 119, pp. 596-603.
- CORELLI GRAPPADELLI L., MORANDI B., ZIBORDI M., MANFRINI L., PIERPAOLI E., ANCONELLI S., GALLI F., LOSCIALE P. (2013): *Nuove conoscenze fisiologiche per un'irrigazione più precisa*, «Rivista di Frutticoltura», 10, pp. 36-44.

- CORELLI GRAPPADELLI L., MANFRINI L., ZIBORDI M., BASTIAS R., MORANDI B. (2015): *Conditioning the orchard light environment for greater efficiency and sustainability*, in «Acta Horticulturae», ISHS, Leuven (Belgio), in press.
- COSTES E., LAURI P.E., REGNARD J.L. (2006): *Analyzing fruit tree architecture: implications for tree management and fruit production*, «Hortic. Review», 32, pp. 1-61.
- COSTA G., CECCARELLI A., TAIOLI M., VIDONI S., ROCCHI L., GRANDI M., BIZZARRI M., LUGLI S. (2015): *Fare e difendere la qualità: i sistemi antipioggia*, Convegno del Ciliegio 2.0, Vignola (MO), in litteris.
- DORIGONI A., MICHELI F. (2015): *Reti multifunzionali in frutteti: dirado, antigrandine e difesa*, «L'Informatore Agrario», 4, pp. 51-55.
- INGLESE P., CORELLI GRAPPADELLI L., SEBASTIANI L. (2012): *Progettazione e impianto del frutteto*, in *Arboricoltura Generale*, Pàtron Editore, Bologna, pp. 307-331.
- INTRIERI C. (2015): *Tecniche innovative per la gestione di chiome di vite*, «Rivista di Frutticoltura», 5, pp. 32-33.
- JACKSON J.E., SHARPLES R.O., PALMER J.W. (1971): *The influence of shade and within-tree position on apple fruit size, colour and storage quality*, «J. Hort. Science», 40, pp. 277-287.
- KELDERER M., TELFSEER J. (2015): *Utilizzo in frutticoltura delle reti polivalenti*, «Rivista di Frutticoltura», 4, pp. 54-55.
- LAKSO A.N. (1994): *Apple* in *Environmental physiology of fruit crops*, vol. I, *Temperate Crops*, Schaffer B and Andersen P.C. eds., Boca Raton, FL, pp. 3-42.
- LOSCIALE P. (2010): *Il pescheto asimmetrico: uno strumento di studio delle relazioni pianta-luce*, «Rivista di Frutticoltura», 7/8, pp. 56-63.
- LOSCIALE P., CHOW W.S., CORELLI GRAPPADELLI L. (2010): *Modulating the light environment with the peach "asymmetric orchard": effects on gas exchange performances, photoprotection, and photoinhibition*, «Journal of Experimental Botany», 61 (4), pp. 1177-1192. (doi 10.1093/jxb/erp387).
- LOSCIALE P., MANFRINI L., MORANDI B., PIERPAOLI E., ZIBORDI M., STELLACCI A.M., SALVATI L., CORELLI GRAPPADELLI L. (2015): *A multivariate approach for assessing leaf photoassimilation performance using the  $J_{pl}$  index*, «Physiologia Plantarum», 154, pp. 609-620.
- MANFRINI L., CORELLI GRAPPADELLI L. (2008): *Frutticoltura di precisione: applicazione dell'analisi spaziale nella gestione delle pratiche colturali*, «Rivista di Frutticoltura», 12, pp. 24-28.
- MANFRINI L., MORANDI M., ZIBORDI M., LOSCIALE P., PIERPAOLI E., BASTIAS R., TAYLOR J.A., CORELLI GRAPPADELLI L. (2011): *Melicoltura di precisione: analisi spaziale del carico produttivo in relazione al diradamento dei frutti*, «Rivista di Frutticoltura», 11, pp. 38-42.
- MANFRINI L., PIERPAOLI E., TAYLOR J.A., MORANDI B., LOSCIALE P., ZIBORDI M., CORELLI GRAPPADELLI L., BASTÍAS R.M. (2012): *Precision fruit growing: How to collect and interpret data on seasonal variation in apple orchards*, in «Acta Horticulturae», ISHS, Leuven (Belgio), 932, pp. 461-470.
- MANFRINI L., PIERPAOLI E., ZIBORDI M., MORANDI B., MUZZI E., LOSCIALE P. AND CORELLI GRAPPADELLI L. (2015): *Monitoring strategies for precise production of high quality fruit and yield in apple in Emilia-Romagna*, in *Chemical Engineering Transactions*, Vol 44, pp. 301-307 DOI: 10.3303/CET1544051.
- MARINI R.P., CORELLI GRAPPADELLI L. (2006): *Peach orchard systems*, «Hortic. Review», 32, pp. 63-109.
- MUSACCHI S. (2011): *Training system and management for a high density orchard of Abbé Fétel*, in «Acta Horticulturae», ISHS, Leuven (Belgio), 909, pp. 225-240.

- NERI D., GIOVANNINI D., MASSAI R., DI VAIO C., SANSAVINI S., DEL VECCHIO G.L., GUARINO F., MENNONE C., ABETI D., COLOMBO E. (2010): *Efficienza produttiva e gestionale dell'albero e degli impianti di pesco: confronto fra aree geografiche*, «Italus Hortus», 5, pp. 71-78 e «Rivista di Frutticoltura», 7/8, pp. 16-26.
- NERI D., MURRI G., MASSETANI F., ENDESHAW S.T., FOSCHI S., BATTELLI T., CASELLARI L., SGARBI P. (2015): *Valutazione agronomica e sostenibilità di impianti di pesco*, in «Notiziario Tecnico CRPV», 87, pp. 7-14.
- NERI D., SANSAVINI S. (2012): *Principi teorici dell'allevamento e risposte fisiologiche della potatura*, in *Arboricoltura Generale*, Patron Editore, Bologna, pp. 333-365.
- PALMER J.W. (1981): *Computed effects of spacing on light interception and distribution within hedgerow trees in relation to productivity*, in «Acta Horticulturae», ISHS, Leuven (Belgio), 114, pp. 80-88.
- PALMER J.W. (1986): *Seasonal variation of light saturated photosynthetic rate of "Golden Delicious" apple leaves as influenced by leaf type and crop load*, in *The regulation of photosynthesis in fruit trees*, Lakson A.N. and Lenz F. eds, Geneva, NY, USA, pp. 30-33.
- PALMER J.W. (2002): *Effect of spacing and rootstock on the performance of Comice pear in New Zealand*, in «Acta Horticulturae», ISHS, Leuven (Belgio), 596, pp. 609-614.
- PALMER J.W. (2014): *Physiology to enhancing productivity and fruit quality at Cornell 2014*, in *Depth Fruit School on Physiological principles and their application to fruit production*, Cornell Univ., Geneva, pp. 14-53.
- PALMER J.W., HARKER F.R., TUSTIN D.S., JOHNSTON J. (2010): *Fruit dry matter concentration: a new quality metric for apples*, «J. Sci. Food Agric.», 90, pp. 2586-2594.
- SANSAVINI S. (1996): *Fattori di controllo della qualità dei frutti*, Seminari di studio "Ricerca RAISA e gestione sistemi di qualità in frutticoltura". CIA, Bologna 19/11/1996.
- SANSAVINI S., ERRANI A. (1988): *Frutticoltura ad alta densità: impianti, forte di allevamento e tecniche di potatura*, EdAgricole, Bologna, pp. 593.
- SANSAVINI S., CORELLI GRAPPADELLI L. (1991): *Canopy efficiency of apples as affected by microclimatic factors and tree structure*, in «Acta Horticulturae», ISHS, Leuven (Belgio), 322, pp. 69-78.
- SANSAVINI S., MUSACCHI S. (1994): *Canopy architecture, training and pruning in the modern european pear orchards: an overview*, Sixth International Symposium on Pear Growing. Medford, Oregon, USA, July 12-14, 1993, in «Acta Horticulturae», ISHS, Leuven (Belgio), 367, pp. 152-172.
- SANSAVINI S., CORELLI GRAPPADELLI L. (1997): *Yield and light efficiency for high quality fruit in apple and peach high density plantings*, in «Acta Horticulturae», ISHS, Leuven (Belgio), 451, pp. 559-568.
- SANSAVINI S., MUSACCHI S. (2000): *Nuovi impianti di pero: densità, portinnesti e forme d'allevamento*, «Rivista di Frutticoltura», 9, pp. 84-94.
- SANSAVINI S., NERI D. (2005): *Forme di allevamento e potatura del pesco*, in *Il Pesco*, a cura di C. Fideghelli e S. Sansavini, Ed. Agricole Il Sole 24 Ore, Bologna, pp. 115-144.
- SANSAVINI S., NERI D. (2012): *Potatura e forme di allevamento*, in *Manuale di Ortofrutticoltura*, a cura di S. Sansavini e P. Ranalli, MIPAAF - Ed. Agricole Il Sole 24 Ore, Bologna, pp. 112-141 e pp. 281-286.
- SANSAVINI S., DEL VECCHIO G., SORRENTI G. (2013): *"Potatura minima" nel fusetto libero del pesco senza periodo improduttivo*, «Rivista di Frutticoltura», 7/8, pp. 56-62.
- SANSAVINI S., CORELLI-GRAPPADELLI L., COSTA G., LUGLI S., MARANGONI B., TAGLIAVINI M., VENTURA, M. (1999a): *Ricostituzione degli impianti e revisione degli indirizzi produttivi della peschicoltura romagnola*, «Rivista di Frutticoltura», 3, pp. 8-20.

- SANSAVINI S., CORELLI-GRAPPADELLI L., MOTISI A. (1999b): *Modelli morfogenetici e fenoclimatici del ciclo di fruttificazione*, «Rivista di Frutticoltura», 3, pp. 81-85.
- SANSAVINI S., CORELLI-GRAPPADELLI L., COSTA G., TATTINI M., TOMBESI A. (1999c): *Energia radiante, scambi gassosi e ripro della sostanza secca*, «Rivista di Frutticoltura», 5, pp. 81-85.
- SANSAVINI S., CORELLI-GRAPPADELLI L., COSTA G., CARUSO T., DI MARCO L., INGLESE P., TOMBESI A. (1999d): *Rapporto fra centri di mobilitazione e allocazione del carbonio nei frutti*, «Rivista di Frutticoltura», 7-8, pp. 85-89.
- SANSAVINI S., CORELLI-GRAPPADELLI L., COSTA G., LUGLI S., MARANGONI B., TAGLIAVINI M., VENTURA, M. (2000): *Ricostituzione degli impianti e revisione degli indirizzi produttivi della peschicoltura romagnola*, in Atti XXIII Convegno peschicolo, Ravenna, 12-13 settembre 1997, pp. 62-74.
- SANSAVINI S., NERI D., INTRIERI C., TOMBESI A., CONTINELLA G., COSTA G., RAMINA A. (2012): *Impianti e forme di allevamento, potatura, controllo della fruttificazione e raccolta*, in *Arboricoltura Generale*, Patron Editore, Bologna, pp. 332-398.
- WUNSCHÉ J.N., FERGUSON I.B. (2005): *Crop load interaction in apple*, «Hortic. Reviews», 31, pp. 231-290.

