

## Migliorare le performance fisiologiche e l'efficienza produttiva

Gregory A. Lang\*

Dipartimento di Ortofrutticoltura, Michigan State University, USA

### High Efficiency Sweet Cherry Orchard Systems Research

**Abstract.** The large tree size, and delicate nature and small size of the fruit, makes production of sweet cherries among the most traditionally labor-intensive tree fruits. Great improvements in orchard efficiencies have been achieved over the past two decades, prompted by the development of precocious, vigor-controlling rootstocks such as the Gisela (Gi) series. Recent training systems research has focused on canopy architectural designs that improve various orchard efficiencies, including: 1) light interception and distribution for minimization of shade; 2) bloom, fruit development and ripening for more uniform fruit harvest; 3) balanced crop load management for achieving high fruit quality; 4) simplified strategies for fruitwood development and maintenance to reduce hand-pruning labor; 5) partial mechanization to reduce pruning and harvest labor; 6) utilization of protective orchard covers to mitigate the risk of crop damage from rain, hail, frost, and wind; and 7) better spray coverage for protection from insect pests and diseases. Across several sites in North America, the NC140 regional research project has evaluated the performance of three sweet cherry cultivars on dwarfing (Gi3), semi-dwarfing (Gi5), and semi-vigorous (Gi6) rootstocks trained to "three-dimensional" and "two-dimensional" (planar) canopy architectures over nine years to date. The planar Super Slender Axe (SSA) training system had the highest early yields on a per tree and per orchard basis, but the planar Upright Fruiting Offshoots (UFO) training system sustained higher cumulative yields upon reaching maturity. The three-dimensional Tall Spindle Axe (TSA) trees had higher early yields than those trained to the three-dimensional Kym Green Bush (KGB) training system, but the KGB trees achieved nearly comparable cumulative yields. Fruitwood renewal strategies are critical for maintenance of yields and fruit quality. Profitable yields of high quality fruit are achievable for each of the canopy architectures, but each also has specific advantages and challenges, including suitability for specific rootstocks and cultivars. These are discussed, including comparisons of the two- vs. three-dimensional canopy architectures developed as

single leader (SSA vs. TSA) and multiple leader (UFO vs. KGB) training systems. The advantages of utilizing the natural light interception efficiencies and growth habit of sweet cherry in the simplified structure of UFO-style planar canopy architectures is expanding beyond sweet cherries to many other major trees fruits around the world as well.

**Key words:** *Prunus avium*, high density, canopy architecture, fruiting wall

### Introduzione

In natura, il ciliegio dolce (*Prunus avium* L.) è un albero selvatico, con una forte dominanza apicale, che promuove la crescita verticale di un unico fusto centrale ed una limitata ramificazione laterale (Lang *et al.*, 2004). Di solito, in primavera, le nuove ramificazioni cominciano ad allungare solo un paio di gemme laterali localizzate direttamente sotto il meristema terminale. Le ramificazioni più vecchie, situate nella parte basale della chioma e che hanno iniziato la loro crescita durante le stagioni precedenti, tendono a crescere in maniera meno vigorosa nel tempo, soprattutto a causa del fatto che vengono ombreggiate dallo sviluppo della chioma soprastante.

Questo habitus di crescita si è probabilmente evoluto nella foresta, per permettere alla pianta di competere con successo per la luce, grazie alla crescita più vigorosa dei germogli, che avviene attraverso il meristema terminale che si sviluppa verticalmente per superare la crescita degli alberi circostanti di simile altezza. La sottesa spirale di nuovi rami si allunga con un vigore leggermente inferiore; le 2-3 branche laterali apicali si sviluppano con un angolo acuto orientato verticalmente, pronto per rimpiazzare la cima apicale nel caso sia danneggiata. I rami laterali più bassi si sviluppano con un vigore inferiore e con un angolo di inserzione con il fusto centrale più ampio. Questa strategia di crescita promuove la captazione della luce orizzontale e permette di ombreggiare gli alberi circostanti di altezza inferiore, con i quali l'albero è in competizione. La produzione di frutti segue il vigore nella pianta, aumentando verso la cima, dove la luce è più abbondante, mentre diminuisce in basso, dove la

\* langg@msu.edu

luce ed il vigore diventano fattori limitanti.

Questo habitus di crescita evolutiva crea una sfida maggiore per i frutticoltori, che devono adattare questo albero di bosco ad un frutteto gestito agronomicamente, con frutti di dimensioni ridotte, di natura delicata e che devono essere raccolti a mano. Di conseguenza, le ciliegie sono tra i frutti che richiedono più manodopera intensiva e tra quelli più inefficienti da produrre. Essi infatti, necessitano tradizionalmente di alte scale a pioli ed di uno sforzo significativo per ridurre il vigore della cima, al fine di aumentare la luce, il vigore e la fruttificazione della parte basale della chioma.

A partire dagli anni '90, con l'aumentare della disponibilità di portinnesti ibridi precoci in grado di controllare il vigore delle piante, in particolare la serie Gisela (Gi) (Gruppe, 1985), sono stati fatti progressi significativi verso sistemi di impianto ad alta densità, con alberi e forme di allevamento di dimensioni più ridotte (Lang, 2000, 2005). Le prove di valutazione dei portinnesti, dal lontano 1980 fino al primo decennio del XXI secolo (Kappel *et al.*, 2013), hanno fornito raccomandazioni per genotipi che portano soprattutto ad una fruttificazione precoce delle varietà commerciali, limitando notevolmente il vigore. All'interno della serie Gisela, oggi c'è la disponibilità di un'ampia gamma di genotipi precoci di tipo nanizzante (Gi3), semi-nanizzante (Gi5), semi-vigoroso (Gi6, Gi12, Gi13), e vigoroso (Gi17). Altri incroci di portinnesti o programmi di selezione hanno creato ulteriori ibridi che rientrano all'interno di questo spettro di vigoria, includendo la serie Krymsk dalla Russia, le serie Weiroot e Weigi dalla Germania e la serie MSU dagli Stati Uniti.

L'impatto fisiologico prevalente di questi portinnesti, nella gestione di un ceraseto, è stato lo spostamento anticipato della precocità (messa a frutto) e l'aumento dell'*harvest index* o "indice di produzione" (ossia una distribuzione di risorse allocate maggiormente ai frutti rispetto al legno strutturale). Laddove i ceraseti tradizionali spesso necessitavano tra i 6 e i 10 anni, prima di entrare in produzione, i frutteti innestati su portinnesti precoci entrano in produzione prima, circa al secondo anno dall'impianto e, se piantati ad alte densità, possono raggiungere la maturità di produzione nel 5° o 6° anno. Un elevato "harvest index" dipende da un maggior numero di gemme differenziate a fiore rispetto alle gemme che rimangono a legno. Di conseguenza, la gestione del frutteto non necessita più di focalizzarsi così tanto nel limitare la vigoria, ma piuttosto di favorire il vigore e lo sviluppo della superficie fogliare e, limitandosi alle aree di fruttificazione, di mantenere un equilibrio favorevole tra il

potenziale produttivo e la struttura della chioma adibita all'intercettazione luminosa ed alla produzione di carboidrati.

### Progressi nella progettazione degli impianti fruttiferi

Negli ultimi 20 anni sono stati condotti numerosi studi fisiologici per comprendere meglio come lo spostamento dell'*harvest index* indotto dal portinnesto influisca sulla fotosintesi (es: Whiting e Lang, 2004), sulla ripartizione del carbonio (es: Ayala e Lang, 2017, 2018) e sulla ripartizione dei nutrienti (es: Neilsen *et al.*, 2007; 2010; 2017). In breve, i fattori che influiscono in prevalenza sulla produzione e sulla qualità dei frutti sono l'area fogliare esposta alla luce (per svolgere la fotosintesi in equilibrio con il numero di frutti allegati), la distribuzione relativamente uniforme dei frutti all'interno della chioma e la riduzione degli agglomerati di frutti. Basandosi su queste conoscenze, le ricerche più recenti si sono focalizzate sulla manipolazione della struttura (Lang e Lang, 2009; Law e Lang, 2016; Musacchi *et al.*, 2015) e dell'architettura della chioma (Lang *et al.*, 2014) per migliorare l'efficienza di intercettazione luminosa, la gestione del carico produttivo, e l'efficienza di lavoro nei frutteti. Nel 2008 è stata impostata una prova su ciliegio dolce, poi impiantata nel 2010 come parte del Progetto di Ricerca regionale NC140, che duplica e coordina prove in molteplici località nel Nord America. Ad oggi, questa prova ha raggiunto 9 anni di dati, da diverse zone in Michigan (con la cv. 'Benton'), New York (2 siti, con la cv. 'Regina'), British Columbia e Nova Scotia (entrambe con la cv. 'Skeena'). La prova esamina 3-4 (a seconda del sito) architetture distinte, sviluppate su ognuno dei tre portinnesti caratterizzati da diversi livelli di vigore: Gi3, Gi5, e Gi6.

I sistemi di allevamento sotto studio includono due, relativamente tipiche, forme tridimensionali: 1) Il *Tall Spindle Axe* (TSA), con asse centrale, albero conico a maturità, che rappresenta un'evoluzione del classico fusetto (sviluppato dagli scienziati/consulenti tedeschi Fritz Zahn e Tobias Vogel) del melo, e 2) il *Kym Green Bush* (KGB, sviluppato dal cerasicoltore Kym Green in Australia), un albero con più tronchi principali che suddivide il vigore su più fusti laterali che si innalzano da un unico tronco capitozzato (10-15). La potatura del TSA si focalizza sullo sviluppo di ramificazioni orizzontali per tutta la lunghezza del fusto centrale, mantenendo rami più lunghi nella parte basale della chioma, rami di medie dimensioni nel centro della chioma e rametti più corti nella parte apicale. L'obiettivo strutturale di questa forma di alleva-



mento è ottimizzare la distribuzione della luce, ridurre l'ombreggiamento dall'alto verso il basso e mantenere il vigore nella parte basale della chioma, minimizzando il vigore dell'albero nella cima. Questa struttura ramificata e la gestione del vigore sono l'esatto opposto della crescita naturale del ciliegio. A maturità, la fruttificazione avviene sia sui rami spur che sulle gemme basali dei nuovi germogli. Una percentuale delle zone di fruttificazione viene rinnovata annualmente con il taglio di 1-3 branche principali per promuovere la ri-crescita; la massima ampiezza della struttura fruttificante della chioma TSA su Gi5 semi-nanizzante è di circa 1,5 m (fig. 1A). La potatura della chioma allevata a KGB si concentra su molteplici cimature basse effettuate durante i primi 2-3 anni dalla messa a dimora per moltiplicare il numero dei assi verticali, che infine può produrre fino a 25-30 assi di cui 10-15 (a seconda del vigore del portinnesto-

sto) sono selezionati per uniformità, eliminando i più forti ed i più deboli e promuovendo la penetrazione e distribuzione della luce tra ogni fusto principale. Oltre ad ottenere il numero prefissato di assi di moderato vigore, la potatura annuale ha lo scopo di rimuovere qualsiasi ramificazione laterale così che i frutti si sviluppino in primis sugli spur lungo ogni asse principale. A maturità, una proporzione dei siti di fruttificazione viene rinnovata annualmente con il taglio di 1-2 assi principali per promuovere la ri-crescita; la massima ampiezza di una chioma KGB su un Gi6 semi-vigorofo è di circa 2 m (fig. 1B).

Gli altri due sistemi di allevamento oggetto di studio sono, per certi aspetti, evoluzioni "bi-dimensionali" delle strutture architettoniche più tradizionali: 3) *Super Slender Axe* (SSA, sviluppato da Giori, Musacchi e Lugli in Italia), un albero mono asse centrale, conico, stretto a maturità, che viene messo a

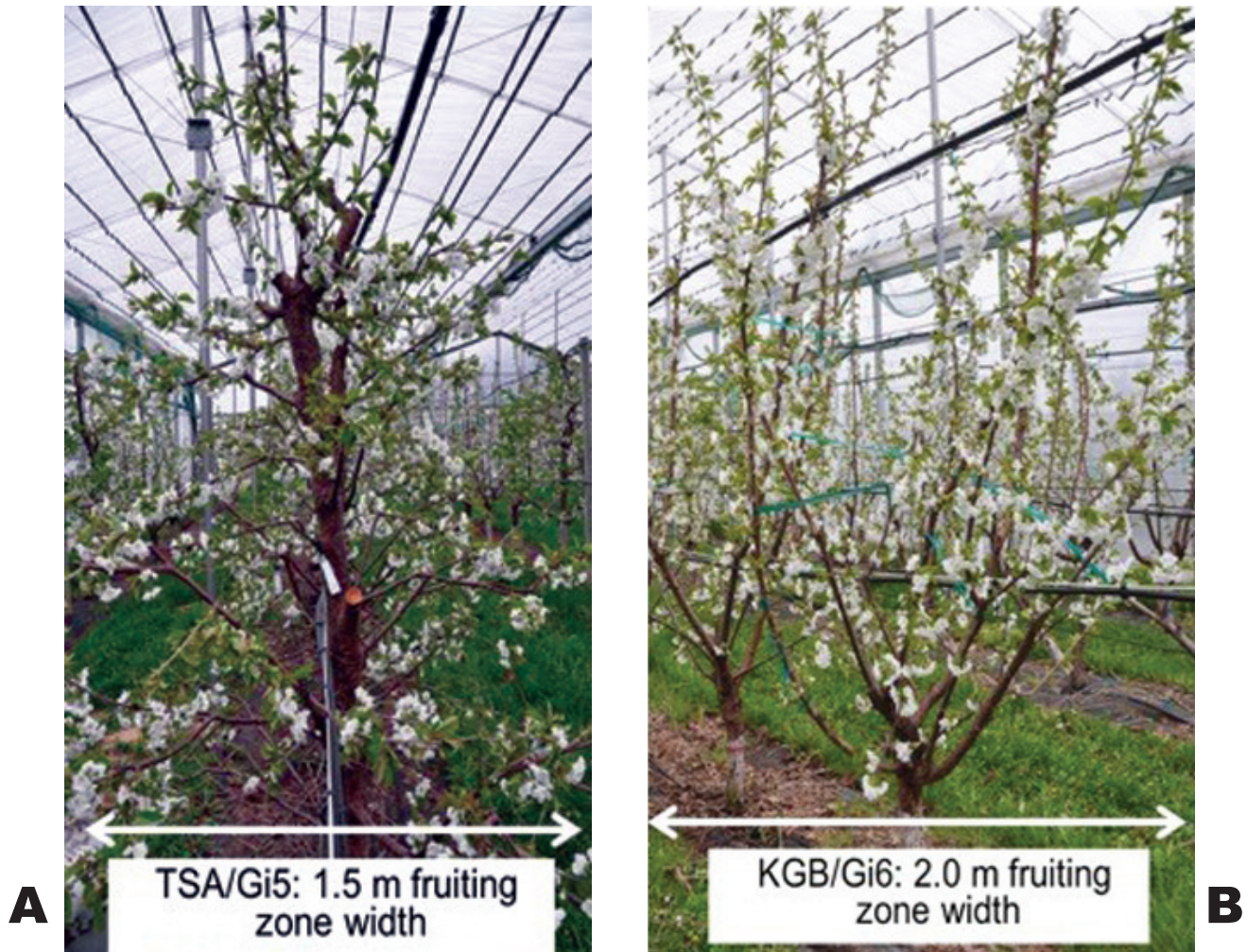


Fig. 1 - Distribuzione delle strutture fruttifere all'interno di chiome della cultivar di ciliegio dolce 'Benton' allevate a A) Tall Spindle Axe (TSA) su portinnesto Gisela 5 (Gi5) e B) Kym Green Bush (KGB) su portinnesto Gisela 6 (Gi6) nella prova NC140, relativa ad impianti di ciliegio x portinnesto, presso il Centro di Ricerca Clarksville dell'Università di Michigan State.

Fig. 1 - The spread of the fruiting canopy structure of 'Benton' sweet cherry trees trained to a A) Tall Spindle Axe (TSA) canopy on Gisela 5 (Gi5) rootstock and a B) Kym Green Bush (KGB) canopy on Gisela 6 (Gi6) rootstock in the NC140 cherry systems x rootstocks trial at Michigan State University's Clarksville Research Center.



dimora a densità di impianto molto elevate e 4) *Upright Fruiting Offshoots* (UFO, sviluppato dagli scienziati Greg Lang e Matthew Whiting negli U.S.A.), un albero con più assi centrali che disperdono la vigoria su più assi verticali (8-15) che si innalzano da un cordone orizzontale simile a quelli impiegati su vite. La formazione del SSA si focalizza sullo sviluppo di molte branche orizzontali deboli lungo la lunghezza dell'asse centrale, ognuno dei quali viene potato severamente ogni anno per trattenere solo le gemme a fiore basali più 1-3 gemme vegetative per la ricrescita. Possono tuttavia essere mantenute più gemme vegetative nella parte basale della chioma e meno all'apice dell'albero. La chiave per il successo della forma SSA è lo sviluppo di molte ramificazioni laterali durante i primi due anni di sviluppo, dato che un numero più alto riduce il vigore complessivo per

ogni germoglio individuale. A maturità, la fruttificazione avviene primariamente nelle gemme basali dei nuovi germogli, la cui area viene rinnovata annualmente, risultando in un'ampiezza massima della struttura fruttifera matura di una chioma SSA su nanizzante Gi3, di circa 65 cm (fig. 2A). Lo sviluppo della forma UFO è concentrata sulla formazione di multi-assi verticali lungo il cordone orizzontale, con un numero ottimale di assi tale da essere proporzionale al vigore del portinnesto. Gli assi sono selezionati per uniformità, eliminando le parti più forti e più deboli, e sono allevati a multi fusto verticale e spazati circa 20 cm. Come per il KGB, la potatura annuale si concentra sulla rimozione di tutte le ramificazioni laterali in modo che la fruttificazione avvenga soprattutto sugli spur, lungo ogni fusto principale. A maturità, una certa proporzione di punti fruttiferi viene rinnovata

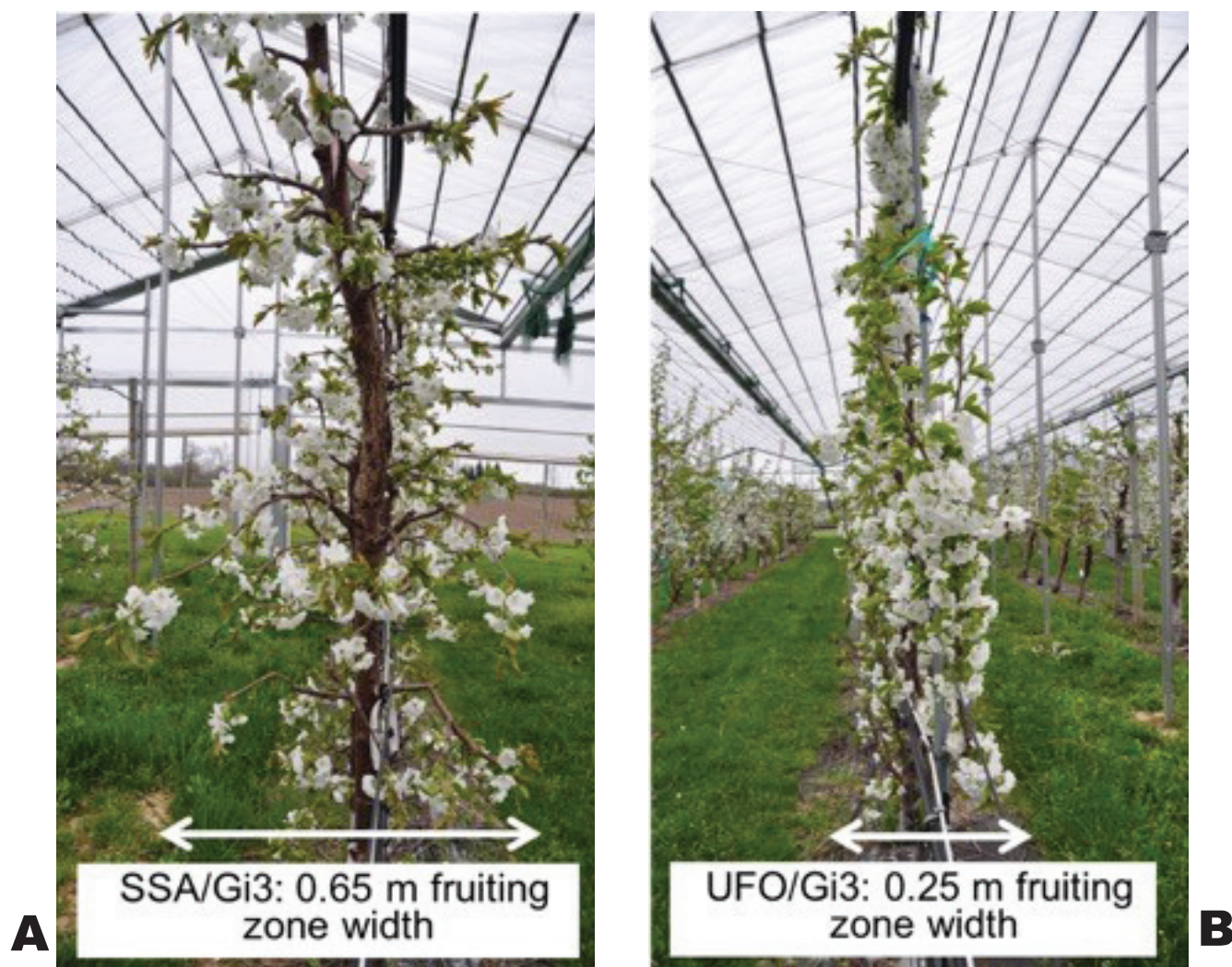


Fig. 2 - Struttura della chioma in alberi di ciliegio dolce cv. "Benton" allevati a A) Super Slender Axe (SSA) su portinnesto Gisela 5 (Gi5) ed a B) Upright Fruiting Offshoots (UFO) su portinnesto Gisela 6 (Gi6) nell'ambito della prova NC140 presso il Centro Ricerca di Clarksville, Università del Michigan.

Fig. 2 - The spread of the fruiting canopy structure of 'Benton' sweet cherry trees trained to a A) Super Slender Axe (SSA) canopy on Gisela 5 (Gi5) rootstock and a B) Upright Fruiting Offshoots (UFO) canopy on Gisela 6 (Gi6) rootstock in the NC140 cherry systems x rootstocks trial at Michigan State University's Clarksville Research Center.

annualmente attraverso il taglio degli 1 o 2 assi più larghi al fine di promuovere il rinnovo vegetativo. La massima ampiezza di una chioma UFO sul nanizzante Gi3 è di circa 25 cm (fig. 2B). La formazione ed il mantenimento di questi quattro sistemi di allevamento sono stati descritti da Long *et al.* (2015).

Sebbene sia previsto che questa prova duri 10 anni (fino al 2019), si possono già dedurre alcune analisi preliminari e conclusioni provvisorie sulla base della stagione 2018, con 9 anni di raccolta dati nell'ambito delle prove effettuate in Michigan. La produttività annuale del frutteto (basato sulla produzione attuale per albero, moltiplicata per il sesto di impianto appropriato per ogni tipo di architettura della chioma, combinato con il vigore del portinnesto) rivela diversi aspetti. La più precoce delle produzioni (4° anno) si è ottenuta dalla combinazione SSA/Gi3 (fig. 3A); questa combinazione ha anche mostrato il più alto numero di fiori nel 2° e 3° anno, dove però non sono stati raccolti i dati di produzione. Comunque, durante il 5°

anno, le produzioni annuali di TSA/Gi3, UFO/Gi5, TSA/Gi5, UFO/Gi3, e KGB/Gi3 hanno superato quelle degli alberi SSA/Gi3. Dal sesto anno, le produzioni cumulate di TSA/Gi3 e UFO/Gi3 sono state le più alte, seguiti dalle combinazioni UFO/Gi5 e KGB/Gi3, seguiti subito dagli alberi SSA/Gi3. I raccolti iniziali più bassi sono stati prodotti dagli alberi KGB/Gi6 e KGB/Gi5 mentre la produzione cumulata più bassa dopo 6 anni è stata prodotta dagli alberi SSA/Gi6, che erano troppo vigorosi per una densità d'impianto così alta.

L'analisi del triennio dal 7° al 9° anno ha messo in luce come la produttività cumulata più alta si sia ottenuta da alberi UFO/Gi3, seguita dagli alberi UFO/Gi5 e KGB/Gi3, e da quelli SSA/Gi3. La produttività cumulata più bassa per questo triennio è rimasta quella prodotta dagli alberi SSA/Gi6. Complessivamente, sul periodo di 6 anni di raccolta dati, la combinazione che ha portato al raccolto più elevato è stata quella degli alberi UFO/Gi3, seguita da UFO/Gi5,

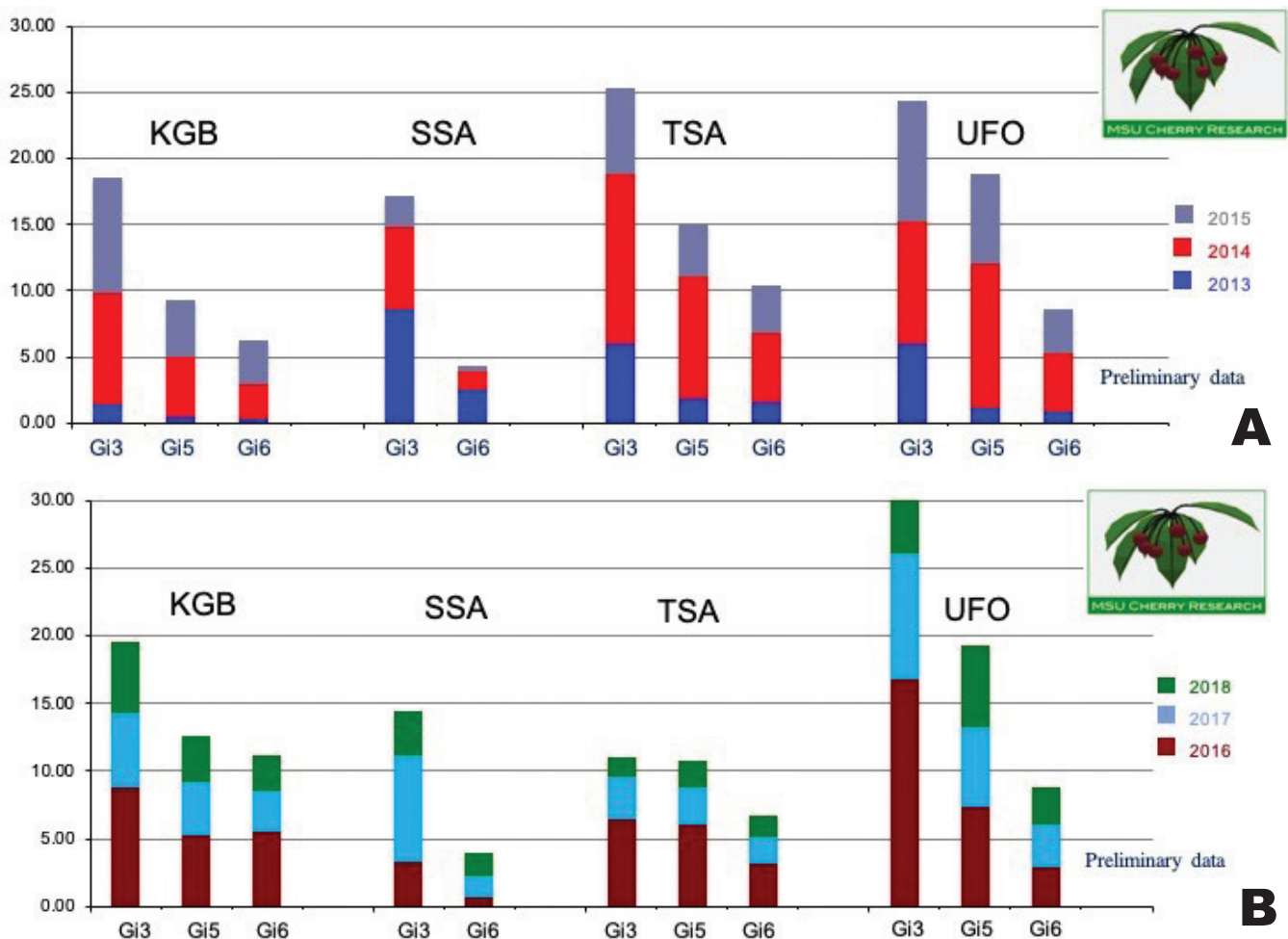


Fig. 3 - Produttività annuale e cumulata su ciliegio dolce cv. "Benton" durante A) anni dal 4° al 6° (2013-2015) e B) anni dal 7° al 9° (2016-2018) nell'ambito della prova NC140 presso il Centro Ricerca di Clarksville, Università del Michigan.  
Fig. 3 - Annual and cumulative orchard yields for 'Benton' sweet cherry during A) Years 4 to 6 (2013-2015) and B) Years 7-9 (2016-2018) in the NC140 cherry systems x rootstocks trial at Michigan State University's Clarksville Research Center.

KGB/Gi3, e TSA/Gi3. Tuttavia, le prime tre combinazioni hanno avuto un raccolto stabile o in aumento mano a mano che la chioma invecchiava, che è stato mantenuto nel tempo, mentre gli alberi TSA/Gi3 hanno diminuito la produzione con l'avanzare degli anni. Gli alberi SSA/Gi3 si sono posizionati al quinto posto nella produzione cumulata complessiva ed hanno mostrato un leggero declino con l'invecchiamento dell'albero. Gli alberi TSA/Gi5 si sono posizionati sesti nella produzione cumulata complessiva, anche in questo caso con una diminuzione della produzione con l'avanzare degli anni. Tutte le architetture hanno ottenuto in generale produzioni più alte quando innestate su portinnesti nanizzanti e semi-nanizzanti, rispetto a portinnesti semi-vigorosi.

Il dato relativo all'efficienza di raccolta è stato determinato nel 2015, grazie a numerosi raccoglitori, assegnati ad un numero uguale di alberi per ogni forma di allevamento e per tutte le combinazioni di portinnesti. Il tempo medio richiesto per raccogliere un chilo di frutti (2.0 min) è stato inferiore sugli alberi UFO, aumentando del 5% sugli alberi KGB, più 10% in quelli allevati a SSA e più 39% per i TSA. La chioma stretta degli alberi UFO facilita la raccolta dell'intero albero da un solo lato della parete fruttifera. La forma a KGB facilita la raccolta dato che si esegue completamente senza scale, grazie al fatto che gli assi centrali possono essere abbassati dai raccoglitori da terra, muovendosi attorno alla chioma. Gli alberi SSA non erano stretti abbastanza per essere raccolti da un lato e l'orientamento delle varie ramificazioni laterali era abbastanza irregolare da rallentare lievemente i raccoglitori. La grande irregolarità e la forma tridimensionale degli alberi TSA ha reso difficile il posizionamento delle scale a pioli e persino il movimento dentro e fuori la chioma durante la raccolta da terra.

Di conseguenza, sebbene la prova durerà ancora un anno, dopo il quale tutti i dati raccolti dai vari centri di ricerca saranno analizzati ed interpretati nel loro insieme, si possono anticipare alcune conclusioni preliminari, relative alla prova portata avanti nella località Clarksville, Michigan, su ciliegio dolce cv "Benton":

I risultati relativi alla forma di allevamento TSA hanno mostrato:

- il secondo raccolto più alto grazie alle gemme basali dei germogli strutturali che si sono formati nel 1° e 2° anno;
- una qualità dei frutti molto buona, con un equilibrio tra frutti provenienti dalle gemme basali e dagli spur;
- un buon potenziale produttivo per pianta, anche se questo è diminuito con l'invecchiamento della chioma, suggerendo come il rinnovo del legno a

frutto in questa prova necessiti di essere migliorato;

- una potatura relativamente complessa, con molte variabili nelle decisioni, non semplice da spiegare ai potatori (forma di allevamento meno efficiente in termini di lavoro richiesto);
- i secondi costi più alti di potatura, dovuti alla irregolarità e complessità della chioma;
- i costi di raccolta più alti dovuti all'irregolarità e complessità della chioma;
- interazioni minime con il genotipo del nesto, sebbene le cultivar formate direttamente dai germogli laterali siano più facili da allevare;
- interazioni con il genotipo del portinnesto, essendo molto adatto per portinnesti nanizzanti e semi-vigorosi, anche se a mano a mano che il vigore aumenta, diventa più difficile prevenire l'eccessivo vigore all'apice della chioma.

I risultati relativi alla forma di allevamento KGB hanno mostrato:

- un'entrata in produzione ritardata (sistema di allevamento meno precoce di tutti);
- una qualità dei frutti molto buona, sebbene alcuni grappoli su spur, nei rami centrali, potrebbero necessitare di diradamento;
- un buon potenziale produttivo per albero che è stato mantenuto anche al raggiungimento della maturità, richiedendo il numero più basso di alberi per ettaro;
- una potatura molto semplice, insegnata facilmente ai lavoratori;
- costi di potatura e allevamento più bassi dovuti alla potatura semplificata ed agli alberi che si auto-sostengono;
- bassi costi di raccolta grazie alla regolarità dei multi-assi e alla possibilità di raccogliere da terra;
- interazioni con il genotipo del nesto, con una migliore prestazione da parte delle cultivar aventi un habitus di crescita apicale e la propensione a conservare gli spur invece che formare rami laterali;
- interazioni con il genotipo dei portinnesti, con una migliore prestazione da parte dei portinnesti che promuovono la crescita verticale (Gi3, Gi5, e Gi6 tendono a promuovere più la crescita orizzontale, che porta alla formazione di assi verticali e la perdita di alcuni dei vantaggi degli alberi indipendenti dai sostegni).

I risultati relativi alla forma di allevamento SSA hanno mostrato:

- la più precoce e più alta entrata in produzione grazie alla fruttificazione sulle gemme basali dei numerosi germogli formati durante il 1° e 2°



anno (forma di allevamento più precoce);

- una elevata qualità della frutta, con alto grado di uniformità e carico di frutti equilibrato;
- il più basso potenziale produttivo per albero, che richiede quindi il più alto numero di alberi per ettaro;
- una potatura molto semplice, facile da insegnare ai potatori, sebbene identificare la differenza tra le gemme produttive e quelle a legno può essere difficile prima che la gemma germogli in primavera;
- i più alti costi di potatura dovuti all'estensiva potatura annuale, per ogni germoglio di ogni albero;
- un basso costo di raccolta grazie alla sua regolarità ed alla compattezza dei germogli laterali a frutto intorno al fusto centrale;
- interazioni minime con il genotipo del nesto, con le migliori prestazioni per le cultivar che formano prontamente i germogli laterali, invece che conservare gli spur ed una modesta propensione per la formazione di gemme a fiore basali;
- interazioni con il genotipo del portinnesto, essendo molto adatto per i portinnesti nanizzanti e semi-nanizzanti ed inadatto per i portinnesti semi-vigorosi e vigorosi.

I risultati relativi alla forma di allevamento *UFO* hanno mostrato:

- la seconda più alta produzione iniziale, similmente alla forma *TSA*, grazie alla fruttificazione sulle gemme basali dei germogli verticali formati nel primo e secondo anno;
- una qualità della frutta molto buona, sebbene alcuni mazzetti su spur nei fusti centrali potrebbero essere diradati;
- un buon potenziale produttivo per area di frutteto che è stato mantenuto anche al raggiungimento della maturità della chioma;
- una potatura molto semplice e facile da insegnare ai lavoratori;
- il più alto costo iniziale per la formazione della chioma, in quanto il posizionamento degli assi verticali sulla struttura di sostegno richiede tempo, ma ha avuto anche il costo più basso per la potatura di mantenimento grazie alla potatura semplificata ed alla possibilità di cimatura estiva;
- i più bassi costi di raccolta dovuti alla regolarità e compattezza degli assi verticali e all'abilità di raccogliere tutti i frutti da un lato dell'albero;
- interazioni con il genotipo del nesto, con migliori prestazioni in cultivar con propensione alla conservazione degli spur, invece che la formazione di ramificazioni laterali;
- interazioni minime con il genotipo del portinne-

sto, dato che il numero di fusti verticali può essere aumentato proporzionalmente al vigore e l'orientamento del fusto centrale è assicurato dalla struttura di sostegno.

Sebbene ogni architettura della chioma abbia mostrato vantaggi e svantaggi, sembra chiaro che i futuri sistemi di allevamento del ciliegio dolce continueranno ad evolversi verso pareti fruttifere strette e piane, come la *UFO*. Queste chiome ottimizzano l'uniformità di intercettazione della luce dall'alto al basso, mentre minimizzano l'ombreggiamento dentro la chioma (fig. 4). Questo, di conseguenza ottimizza l'uniformità di sviluppo delle gemme a fiore, la fioritura, la ripartizione dei fotosintati per lo sviluppo dei frutti, la qualità della frutta e l'andamento della maturazione, aumentando non solo l'efficienza di raccolta, ma anche quella di confezionamento. La semplificazione della chioma in una parete "*UFO*" con lo sviluppo di mini-assi spazati in modo uniforme è un approccio drastico per adattare l'*habitus* naturale del ciliegio dolce a sistemi di gestione ad alta precisione, permettendo la sua naturale crescita verticale ed una minima ramificazione laterale e suddividendo la sua naturale vigoria tra molteplici fusti per facilitare il mantenimento di alberi di taglia ridotta.

La fillotassi (gestione dello sviluppo) delle foglie sui germogli con crescita verticale è rappresentata da uno schema di Fibonacci che come la crescita di ogni foglia successiva che si innalza dal nodo, è spostata di  $137.5^\circ$  intorno all'asse del fusto rispetto al nodo precedente (fig. 5). Si pensa che questo sia lo schema della disposizione evolutiva delle foglie (che infine si ramificano man mano che il loro diametro si espande) che più efficientemente intercetta la luce, limitando al minimo l'ombreggiamento delle foglie sottostanti più vecchie, da parte delle foglie in via di sviluppo. Quindi, l'architettura della forma d'allevamento ad *UFO* organizza la chioma di un ciliegio in unità multiple, relativamente uniformi e semplificate, permettendo la disposizione delle foglie più efficiente per l'intercettazione luminosa, una distribuzione equilibrata dei siti di fruttificazione ed il rispetto del suo *habitus* naturale di crescita. Ciò è in netto contrasto con il più tradizionale fusetto a fusto centrale che si origina come un efficiente albero da vivaio, ma successivamente necessita di continue manipolazioni per poter essere gestito in un frutteto. Tali interventi sono spesso contrari al suo *habitus* naturale di crescita ed inducono una crescita della chioma non uniforme, un certo livello di auto-ombreggiamento ed una popolazione di frutti eterogenea.

Allo stesso modo, l'architettura della chioma di ciliegio in parete verticale ed inclinata è stata svilup-



Fig. 4 - Intercettazione uniforme della luce, maturazione dei frutti, e minimizzazione dell'ombreggiamento della chioma in una parete verticale UFO di ciliegio dolce in un frutteto a Washington state, USA.

Fig. 4 - Uniform light interception, fruit ripening, and minimization of canopy shade in a vertical UFO fruiting wall sweet cherry orchard in Washington state, USA.

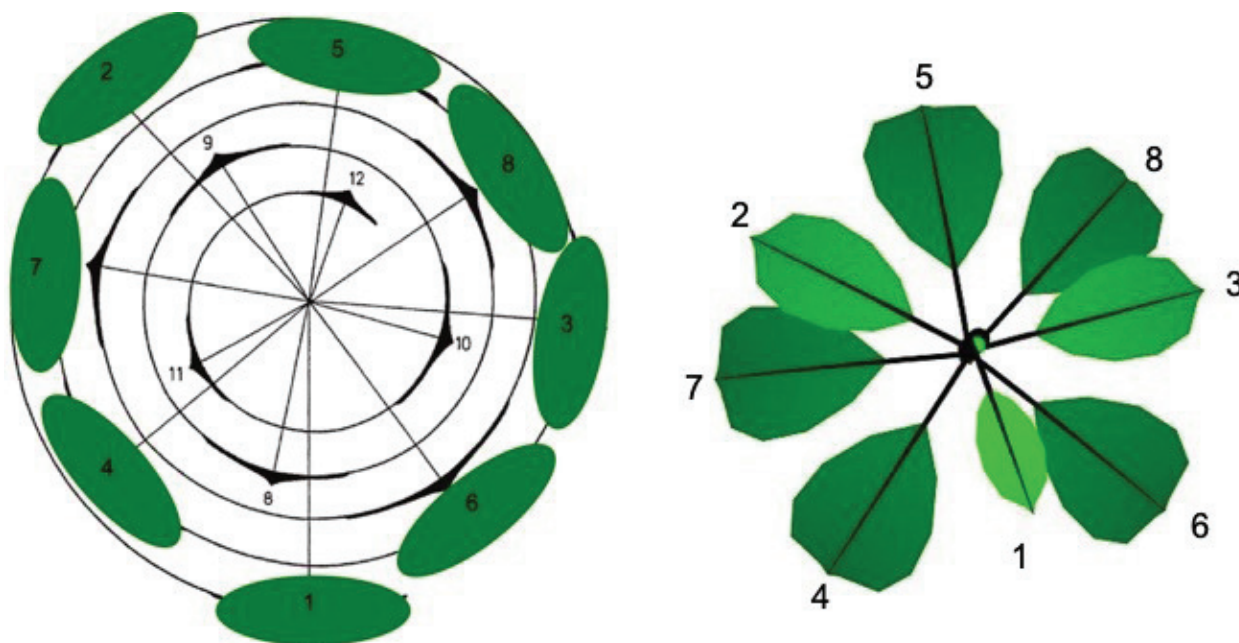


Fig. 5 - Disposizione di Fibonacci delle foglie di ciliegio dolce; ogni nodo successivo si sviluppa con  $137.5^\circ$  di rotazione sull'asse del fusto rispetto al precedente, come mostrato dalla spirale di Fibonacci (sin.) e dallo schema di Whorl delle foglie di ciliegio dolce (destra).

Fig. 5 - Fibonacci arrangement of sweet cherry leaves; each successive node develops  $137.5^\circ$  around the leader axis from the previous node, as illustrated by a fibonacci spiral on the left and sweet cherry leaf pattern whorl on the right.



pata in modo da riempire la parete fruttifera con molte ramificazioni orizzontali nate da un singolo asse centrale, di solito guidato lungo fili di sostegno. Queste forme d'allevamento mantengono la fondamentale struttura piana della chioma, con i vantaggi dell'uniformità nell'intercettazione della luce e della minimizzazione dell'ombreggiamento, ma possono rappresentare una continua sfida a causa delle necessità di moderare il vigore dei rami superiori e mantenere un

adeguato vigore nei rami basali, come pure di eliminare continuamente i germogli con crescita verticale che si innalzano dai rami orizzontali; tutte caratteristiche derivanti dall'habitus di crescita naturale tipico del ciliegio dolce. Questi sistemi sono gestiti meglio dove gli inibitori della sintesi delle gibberelline, come il paclobutrazolo (Cultar®) o prooxidione-Ca (Apogee®, Regalis®) (e.g., Elfving *et al.*, 2003), possono essere usati per ridurre l'allungamento dei germogli.

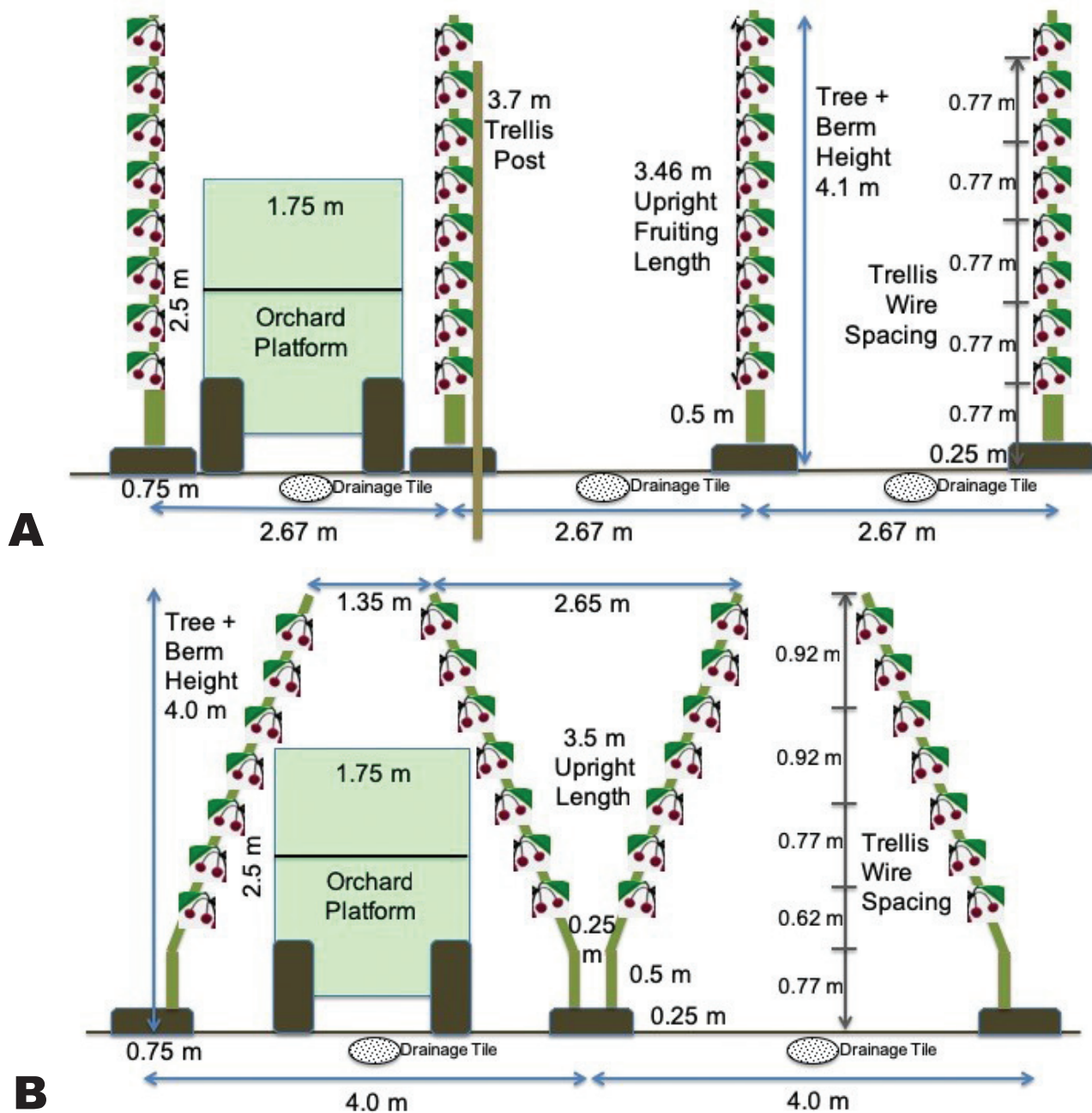


Fig. 6 - Progettazione dell'architettura della chioma in piano "UFO" su ciliegio dolce: A) sostegni verticali per UFO con 7.580 fusti verticali per ha o B) sostegno a V per UFO con 10.120 fusti inclinati per ha, in teoria con il 33% in più di potenziale produttivo, ma leggermente meno per quanto riguarda efficienza di allevamento, raccolta e potatura.

Fig. 6 - Planar UFO sweet cherry canopy architectural orchard designs: A) vertical-trellis UFO with 7580 upright leaders per ha or B) V-trellis UFO with 10,120 inclined leaders per ha, in theory with 33% higher yield potential, but slightly less training, harvest and pruning efficiency.

La continua evoluzione del modello *UFO* (assi fruttiferi multipli e verticali) e delle chiome fruttifere in parete dovrà andare incontro a dei compromessi con le priorità individuali dei coltivatori, per aumentare il raccolto o l'efficienza lavorativa. Ad esempio l'introduzione della meccanizzazione delle operazioni del frutteto come la cimatura o l'uso di piattaforme mobili per i lavori di potatura, potatura di allevamento e raccolta. Le chiome in parete possono essere inclinate, ad esempio usando sostegni a V o Y per aumentare la superficie fogliare per ettaro e quindi catturare la luce delle interfile ed inoltre per aumentare il potenziale produttivo fino al 33%. Questo tuttavia ridurrà leggermente l'efficienza del lavoro manuale per la potatura di allevamento e la raccolta, come pure la facilità di cimatura meccanica (fig. 6). Ad oggi, le architetture *UFO* delle chiome sono state adottate da un numeroso gruppo di frutticoltori commerciali di ciliegie dolci negli Stati Uniti ed in Nuova Zelanda, e sono state inoltre adottate per prove su albicocco, susino, pesco e nettarine all'università del Michigan, negli ultimi 8 anni. La chioma a stile *UFO* è studiata su melo e pero, come pure su albicocco, in Nuova Zelanda, dove è conosciuta con il nome di *FOPS - Future Orchard Production Systems*.

## Conclusioni

L'evoluzione di architetture della chioma ad alta densità su ciliegio dolce, rende prontamente disponibili uno spettro di portinnesti precoci che limitano il vigore, aumentando l'efficienza del frutteto sotto diversi punti di vista tra cui: 1) l'intercettazione, la distribuzione della luce e la minimizzazione dell'ombreggiamento all'interno della chioma; 2) la fioritura, lo sviluppo del frutto e l'uniformità di maturazione per migliorare le rese alla raccolta; 3) la gestione equilibrata del carico produttivo per l'ottenimento di frutti di alta qualità; 4) strategie semplificate per lo sviluppo ed il mantenimento dei punti di fruttificazione e per la riduzione del lavoro di potatura manuale; 5) la meccanizzazione parziale per la riduzione del carico di lavoro necessario per la potatura e la raccolta; 6) l'utilizzo di coperture protettive per mitigare il rischio di danni alla coltura da pioggia, grandine, gelo e vento; 7) una migliore gestione della difesa per la protezione da insetti e malattie. Per il ciliegio dolce, la maggior parte di questi vantaggi sono ottimizzati da chiome in parete strette e piane, come la forma di allevamento "*UFO*" e le sue varianti. Anche se queste forme hanno perso qualsiasi somiglianza con l'architettura naturale degli alberi di ciliegio dolce selvatici, esse comunque mantengono e sfruttano l'*habitus*

naturale di crescita della specie e la sua efficienza di intercettazione luminosa, evoluta in millenni di competizione con altre specie, nella foresta, con relative minori ri-strutturazioni per l'adattamento ai frutteti moderni, alle disponibilità di manodopera e alla domanda di qualità d parte del mercato.

## Riassunto

La grande dimensione degli alberi, combinata alla natura delicata e alla piccola taglia dei frutti, rende il ciliegio dolce tra le colture che tradizionalmente richiedono maggior intensità di lavoro. Nelle ultime due decadi, sono stati ottenuti grandi miglioramenti nell'efficienza dei frutteti, grazie allo sviluppo di portinnesti precoci capaci di controllare il vigore, come la serie *Gisela (Gi)*. Le recenti ricerche sui sistemi di allevamento si sono focalizzate sulla progettazione architettonica della chioma, al fine di migliorarne l'efficienza sotto vari aspetti, tra cui: 1) l'intercettazione e la distribuzione della luce per minimizzare l'ombreggiamento; 2) la fioritura, lo sviluppo e la maturazione del frutto per un raccolto più uniforme; 3) la gestione equilibrata del carico di frutti per ottenere un'elevata qualità degli stessi; 4) strategie semplificate per lo sviluppo ed il mantenimento dei rami a frutto, al fine di ridurre il lavoro di potatura manuale; 5) meccanizzazione parziale per ridurre il lavoro di raccolta e potatura manuale; 6) l'utilizzo di coperture protettive per mitigare il rischio di danni da pioggia, grandine, gelo e vento; e 7) una migliore copertura della chioma tramite nebulizzazione, per la protezione da insetti e malattie. In numerose località del Nord America, il progetto di ricerca regionale *NC140* ha valutato le prestazioni di tre cultivar di ciliegio dolce su portinnesti nanizzanti (*Gi3*), semi-nanizzanti (*Gi5*) e semi-vigorosi (*Gi6*) con chioma allevata in tre ed in due dimensioni (forma in parete), rispettivamente, per una durata di nove anni, ad oggi. La forma di allevamento in parete *Super Slender Axe (SSA)* ha mostrato le produzioni precoci più elevate, sia per albero che per frutteto, ma la forma di allevamento in parete *Upright Fruiting Offshoots (UFO)* la produzione cumulata più alta prima di raggiungere la maturità. Gli alberi allevati tridimensionalmente a *Tall Spindle Axe (TSA)* hanno mostrato una produzione precoce più elevata di quelli allevati in tre dimensioni con la forma a *Kym Green Bush (KGB)*, raggiungendo però una produttività cumulata simile. Le strategie di rinnovo del legno a frutto sono critiche per il mantenimento della produttività e della qualità dei frutti. Per ognuna di queste forme di allevamento è possibile raggiungere raccolti economicamente convenienti e di



alta qualità, ma a seconda della forma di allevamento essi presentano vantaggi e possibili limiti, tra cui la compatibilità specifica tra diversi portinnesti e cultivar. Questi aspetti sono discussi in questo lavoro, che include i confronti tra le architetture delle chiome bi- e tridimensionali sviluppate come astone centrale (SSA vs. TSA) e come astoni multipli (UFO vs. KGB). Il vantaggio di utilizzare la naturale efficienza di intercettazione della luce e l'habitus di crescita del ciliegio dolce in strutture semplificate di stile UFO con forme di allevamento in parete si sta espandendo, oltre al ciliegio, anche ad altre colture frutticole in tutto il mondo.

**Parole chiave:** *Prunus avium*, alta densità, architettura della chioma, allevamento in parete

## Bibliografia

- AYALA, M., G. LANG. 2018. *Current season photoassimilate distribution in sweet cherry*. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 143:110-117.
- AYALA, M. G. LANG. 2017. *Chapter 12: Morphology, cropping physiology, and canopy training*. pp. 269-304 in: Quero-Garcia, J., A. Iezzoni, J. Pulawka, and G. Lang. 2017. *Cherries: botany, production and uses*. CABI Publishing, Wallingford, U.K.
- ELFVING, D.C., G.A. LANG, D.B. VISSER, 2003. *Prohexadione-Ca and ethephon reduce shoot growth and increase flowering in young, vigorous sweet cherry trees*. HortScience 38:293-298.
- GRUPPE W. 1985. *An overview of the cherry rootstock breeding program at Giessen 1965-1984*. Acta Horticulturae 169:189-198.
- KAPPEL, F., G. LANG, A. AZARENKO, T. FACTEAU, A. GAUS, R. GODIN, T. LINDSTROM, R. NUÑEZ-ELISEA, R. POKHAREL, M. WHITING AND C. HAMPSON. 2013. *Performance of sweet cherry rootstocks in the 1998 NC-140 regional trial in western North America*. J. Amer. Pomol. Soc. 67:186-195.
- LANG, G.A. 2000. *Precocious, dwarfing, and productive - how will new cherry rootstocks impact the sweet cherry industry?* HortTechnology 10:719-725.
- LANG, G.A. 2005. *Underlying principles of high density sweet cherry production*. Acta Horticulturae 667:325-335.
- LANG, G.A., S. BLATT, C. EMBREE, J. GRANT, S. HOYING, C. INGELS, D. NEILSEN, G. NEILSEN, AND T. ROBINSON. 2014. *Developing and evaluating intensive sweet cherry orchard systems: the NC140 regional research trial*. Acta Hort. 1058:113-120.
- LANG, G.A. R.J. LANG, 2009. *VCHERRY – an interactive growth, training, and fruiting model to simulate sweet cherry tree development, yield and fruit size*. Acta Hort. 803:235-242.
- LANG, G.A., J.W. OLMSTEAD, M.D. WHITING, 2004. *Sweet cherry fruit distribution and leaf populations: modeling canopy dynamics and management strategies*. Acta Hort. 636:591-599.
- LAW, T.L. G.A. LANG, 2016. *Planting angle and meristem management influence sweet cherry canopy development in the "Upright Fruiting Offshoots" training system*. HortScience 51:1010-1015. <http://hortsci.ashspublications.org/content/51/8/1010.full>
- LONG, L., G. LANG, S. MUSACCHI, M. WHITING, 2015. *Cherry training systems*. Pacific Northwest Ext. Publ. 667, 63 pp.
- MUSACCHI, S., G. GAGLIARDI, S. SERRA, 2015. *New training systems for high density planting of sweet cherry*. HortScience, 50(1), 59-67.
- NEILSEN, G., F. KAPPEL, D. NEILSEN, 2007. *Fertigation and crop load affect yield, nutrition, and fruit quality of 'Lapins' sweet cherry on Gisela 5 rootstock*. HortScience 42:1456-1462.
- NEILSEN, G.H., D. NEILSEN, T. FORGE, 2017. *Environmental limiting factors for cherry production*. pp. 189-222 in: Quero-Garcia, J., A. Iezzoni, J. Pulawka, and G. Lang. 2017. *Cherries: botany, production and uses*. CABI Publishing, Wallingford, U.K.
- NEILSEN, G.H., D. NEILSEN, F. KAPPEL, P. TOIVONEN, L. HERBERT, 2010. *Factors affecting establishment of sweet cherry on Gisela 6 rootstock*. HortScience 45:939-945.
- WHITING, M.D. G.A. LANG, 2004. *'Bing' sweet cherry on the dwarfing rootstock Gisela 5: I. Crop load effects on fruit quality, vegetative growth, and carbon assimilation*. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 129:407-415.

