

Comprende versione
ebook



Cristiana Peano • Francesco Sottile

Principi di Arboricoltura

- C. Andreotti
- A. Continella
- A. Gallotta
- G. Giacalone
- S. La Malfa
- G. Liguori
- C. Peano
- A. Pisciotta
- F. Scandellari
- G. Sortino
- F. Sottile
- D. Zanotelli



Principi di Arboricoltura

C. Andreotti - A. Continella - A. Gallotta - G. Giacalone
S. La Malfa - G. Liguori - C. Peano - A. Pisciotta
F. Scandellari - G. Sortino - F. Sottile - D. Zanotelli

Principi di Arboricoltura

C. Andreotti - A. Continella - A. Gallotta - G. Giacalone

S. La Malfa - G. Liguori - C. Peano - A. Pisciotta - F. Scandellari

G. Sortino - F. Sottile - D. Zanotelli

Copyright © 2019, EdiSES s.r.l. – Napoli

9 8 7 6 5 4 3 2 1 0

2023 2022 2021 2020 2019

Le cifre sulla destra indicano il numero e l'anno dell'ultima ristampa effettuata

A norma di legge è vietata la riproduzione, anche parziale, del presente volume o di parte di esso con qualsiasi mezzo.

L'Editore

L'Editore ha effettuato quanto in suo potere per richiedere il permesso di riproduzione del materiale di cui non è titolare del copyright e resta comunque a disposizione di tutti gli eventuali aventi diritto.

Fotocomposizione:

ProMedia Studio di A. Leano – Napoli

Fotoincisione e stampa:

Petruzzi S.r.l. – Via Venturelli, 7/B – 06012 Città di Castello (PG)

per conto della

EdiSES s.r.l. – Piazza Dante, 89 – Napoli

Tel. 0817441706/07 Fax 0817441705

www.edises.it info@edises.it

ISBN 978 88 3319 0372

AUTORI

CARLO ANDREOTTI

Libera Università di Bolzano

ALBERTO CONTINELLA

Università degli Studi di Catania

ALESSANDRA GALLOTTA

Università degli Studi di Bari

GIOVANNA GIACALONE

Università degli Studi di Torino

STEFANO LA MALFA

Università degli Studi di Catania

GIORGIA LIGUORI

Università degli Studi di Palermo

CRISTIANA PEANO

Università degli Studi di Torino

ANTONINO PISCOTTA

Università degli Studi di Palermo

FRANCESCA SCANDELLARI

Libera Università di Bolzano

GIUSEPPE SORTINO

Università degli Studi di Palermo

FRANCESCO SOTTILE

Università degli Studi di Palermo

DAMIANO ZANOTELLI

Libera Università di Bolzano

Coordinamento a cura di:

CRISTIANA PEANO

Università degli Studi di Torino

FRANCESCO SOTTILE

Università degli Studi di Palermo

Prefazione

L'Arboricoltura è una scienza relativamente nuova, direi nata, come tale, solo nel secolo scorso ma rapidamente assurta a rango di campo di ricerca e di didattica del tutto autonomo. In effetti, fino all'immediato secondo dopoguerra la ricerca e l'insegnamento delle Coltivazioni Arboree erano riservati a pochissimi Atenei e agli Istituti Tecnici e più che di gruppi di ricerca, come li intendiamo oggi, si trattava di Cattedre, nel migliore dei casi accompagnate da un assistente ordinario. In alcuni casi le 'Coltivazioni speciali' includevano le coltivazioni arboree, ma erano tenute da professori di Agronomia. Sei professori, solo sei, in poche sedi accademiche: Firenze, dove l'Istituto di Coltivazioni Arboree fu fondato nel 1936; Bologna (1926), Milano (1935), Napoli (1935), Perugia (1936), Torino (1939). Da allora, una crescita continua nel numero di docenti e ricercatori e, quindi, di argomenti e risultati della ricerca e di insegnamenti. Una dimensione culturale profonda che racchiude e riorganizza competenze di botanica, biologia, fisiologia, agronomia, compendiandole su due direttive principali: la conoscenza dell'albero da frutto e la gestione del frutteto. L'una impensabile senza l'altra; l'albero da frutto con la sua profonda diversità da altri alberi, quelli del bosco che sono alberi da seme, quindi esemplari unici. E ancora, gli alberi ad uso ornamentale, non legati alla produzione, semmai al fiore. Gli alberi da frutto, al contrario, divengono nel novecento un esercito di cloni, il più delle volte sono due in uno, perché si afferma, amplifica e, nello stesso tempo, si specializza l'uso del portinesto e, quindi, la costituzione della pianta bimembre. Alberi allevati, alberi potati, nutriti e immaginati il più possibile come un elemento del frutteto indistinguibile dall'altro, nella esasperata ricerca di uniformità, prodromica al profitto, che, nel tempo, ne riduce la taglia, ne semplifica la forma e la conseguente gestione, fino a pensarla integralmente meccanizzata, ne organizza le epoche di maturazione e raccolta dei frutti e ne codifica la durata commerciale. Una scienza complessa, quindi, per costruire sistemi che devono essere semplici e resilienti allo stesso tempo. In effetti, l'arboricoltura da frutto e i saperi che da essa discendono sono molto più ampi e, allo stesso tempo, specializzati. In effetti, è la stessa impresa che ha assunto significati diversi, affiancando alla produzione di frutta per il consumo e/o alla sua trasformazione, anche ambiti più complessi che vanno dall'agricoltore-conservatore di varietà coltivate alla tutela dei paesaggi storici, all'arboricoltura urbana e ornamentale.

La Scuola Italiana di Arboricoltura, dai primi passi degli anni venti-trenta del XX secolo ha radici chiare, solide, storicamente definibili e ha sempre tratto e trae tuttavia continuo spunto da un rapporto profondo con il contesto culturale, tecnico e produttivo di riferimento, che nel nostro Paese assume caratteristiche strutturali diversificate per modelli produttivi e imprenditoriali, variabili da regione a regione.

I numeri danno il senso del vertiginoso, ma non certamente casuale, sviluppo della nostra comunità scientifica. Dai 6 docenti, tutti di Coltivazioni Arboree distribuiti, ciascuno su 6 sedi, si è arrivati oggi a 25 sedi con 39 professori ordinari, 46 professori associati e 36 ricercatori, ai quale occorre aggiungere un numero elevato di ricercatori a tempo definito, assegnisti di ricerca e dottorandi. Probabilmente, quella italiana, è la comunità accademica di settore più numerosa in Europa e anche, se possiamo dirlo, la più autorevole. Il suo ruolo in campo internazionale è anch'esso molto forte e riconosciuto e tutto questo è ampiamente giustificato dall'estrema diversità della produzione frutticola italiana e dal peso economico che essa ha nel contesto delle produzioni agricole del nostro Paese, per non dire del paesaggio nella sua interezza.

L'evoluzione rapida di quella che nel XIX secolo era la pomologia di Gallesio in un *corpus* scientifico e tecnico capace di interpretare ed, eventualmente, indirizzare il comportamento dell'albero e del frutteto grazie all'applicazione delle conoscenze di fisiologia sviluppate dalla ricerca, ha subito un'ancora più profonda accelerazione negli ultimi vent'anni, grazie agli studi di genomica e metabolomica, capaci di mettere in luce i meccanismi che regolano la vita dell'albero e, quindi del frutteto. Ci sono, quindi, le condizioni per cui oggi, ancora più che un tempo, il legame tra ricerca e sistema produttivo debba essere considerato essenziale. A questo si aggiunge l'innovazione tecnologica e le nuove possibilità di monitoraggio dei fattori ambientali e biologici che richiedono grande specializzazione, apprendo, nello stesso tempo, scenari impensabili nella qualità e precisione dell'assistenza tecnica.

La storia dei volumi sull'arboricoltura italiana, nell'era moderna, inizia con il volume *Arboricoltura* del 1914 di L. Savastano, titolare, dal 1884 al 1910, della Cattedra di 'Coltivazioni Speciali' presso il Regio Istituto Superiore Agrario in Portici, poi nella sua qualità di Direttore della Stazione Sperimentale di Frutticoltura e di Agrumicoltura di Acireale, fondata nel 1907 e di cui fu direttore dal 1910 al 1931. Prosegue con Alessandro Morettini e le Sue *Lezioni di coltivazioni arboree: arboricoltura generale e frutticoltura* dell'anno accademico 1938-1939. Alessandro Morettini, Maestro di una straordinaria generazione di docenti, fu Professore di Coltivazioni Arboree nell'Università di Firenze dal 1936 ed è considerato il fondatore della scuola italiana che da lui trasse origine. Del suo allievo Enrico Baldini, divenuto Direttore dell'Istituto di Coltivazioni Arboree dell'Università di Bologna nel 1960, è il volume di *Arboricoltura Generale* (CLUEB), pubblicato per la prima volta nel 1965, strumento di formazione degli studenti e dei futuri docenti di tutto il Paese, in ognuna delle sue successive edizioni fino al 1986. Nel 1992 esce il primo volume 'polifonico' *Frutticoltura Generale*, della REDA, coordinato dal Prof. Filippo Lalatta, ordinario di Coltivazioni Arboree nell'Università di Milano, per giungere, infine, al trattato di *Arboricoltura Generale* pubblicato dalla Pàtron nel 2012, coordinato da 6 Editors.

In questo contesto, il volume coordinato dai Colleghi Cristiana Peano e Francesco Sottile, ancora una volta frutto di un grande lavoro di squadra, si pone il preciso compito di introdurre gli studenti allo studio di una disciplina complessa, in un modo semplice, ma mai semplicistico. Dieci capitoli, molto ben coordinati tra loro, e un glossario, che il lettore può affrontare agevolmente anche per la ricchezza e la chiarezza delle immagini di contorno. L'ordine dei capitoli riflette quello ormai classico che si compone dello studio dell'albero, della sua morfologia e organografia e del suo ciclo ontologico, annuale e poliennale da cui

deriva, e non potrebbe essere altrimenti, la gestione sostenibile del frutteto, visto come un sistema olistico, non isolato dal contesto con cui, al contrario, dialoga in termini biologici e di paesaggio. Gli Autori sono chiaramente guidati da uno scopo comune che è proprio quello indicato dall'introduzione scritta dal Prof. Giuseppe Barbera che ne traccia le linee fondamentali, nella visione del frutteto come tassello di un mosaico più ampio e diversificato che è quello della molteplicità delle condizioni ecologiche italiane e dei paesaggi che ne derivano. Così, la gestione del frutteto diviene sintesi delle potenzialità dell'albero, del genotipo e della vocazionalità ambientale. Così come la gestione del frutto non prescinde dalla qualità organolettica così come percepita dal consumatore. Una scelta di campo chiara, nel rigore della trattazione scientifica, con un linguaggio accattivante e efficace.

Paolo Inglese
Università degli Studi di Palermo

INDICE GENERALE

Capitolo 1			
Il ruolo dell'albero nel sistema agricolo			
2.1 Apparato ipogeo	1	4.1.1 Fotosintesi	52
2.1.1 Classificazione		4.1.2 Complesso ormonale	57
2.1.2 Accrescimento e fattori condizionanti	2	4.2 Ciclo vitale dell'albero	58
2.2 Apparato epigeo	7	4.3 Attività vegetativa	59
2.2.1 Fusto o tronco		4.3.1 Germogliamento e accrescimento del germoglio	60
2.2.2 Branche	7	4.3.2 Dominanza apicale	63
2.2.3 Gemme	8	4.3.3 Abscissione delle foglie	64
2.2.4 Rami	9		
2.2.5 Foglia			
2.2.6 Fiore e infiorescenze	9		
2.2.7 Frutto e seme			
Capitolo 2			
Organografia e morfologia della pianta arborea			
2.1 Apparato ipogeo	13	Capitolo 5	
2.1.1 Classificazione		Ciclo riproduttivo	67
2.1.2 Accrescimento e fattori condizionanti	14	5.1 Induzione a fiore	68
2.2 Apparato epigeo	15	5.1.1 Fattori che interagiscono con la transizione alla fase riproduttiva	
2.2.1 Fusto o tronco	16	5.1.2 Induzione e differenziazione	70
2.2.2 Branche	17	5.2 Biologia fiorale e sterilità	71
2.2.3 Gemme	19	5.2.1 Fioritura	71
2.2.4 Rami	20	5.2.2 Impollinazione	71
2.2.5 Foglia	23	5.2.3 Fecondazione	72
2.2.6 Fiore e infiorescenze		5.2.4 Partenocarpia e apomissia	75
2.2.7 Frutto e seme		5.3 Allegazione e accrescimento dei frutti	76
Capitolo 3		5.3.1 Allegazione	76
Clima e piante arboree		5.3.2 Accrescimento dei frutti	77
3.1 Clima	25	5.3.3 Maturazione dei frutti	79
3.1.1 Classificazione del clima	26		
3.1.2 Classificazione delle specie arboree da frutto in relazione al clima	26		
3.2 Elementi climatici che influenzano le colture arboree	28		
3.2.1 Temperatura		Capitolo 6	
3.2.2 Idrometeore	29	La propagazione delle piante arboree da frutto	83
3.2.3 Vento	29	6.1 La propagazione gamica	85
3.3 Inquinamento atmosferico	36	6.1.1 La formazione del seme	85
3.4 Dormienza	40	6.1.2 L'embrione e i casi di formazioni anomale	86
3.5 Fabbisogno in freddo e caldo	41	6.1.3 Dormienza del seme e germinazione	87
3.5.1 Fabbisogno in freddo	42	6.2 La propagazione agamica	90
3.5.2 Fabbisogno in caldo	44	6.2.1 Generalità	90
3.6 Vocazionalità ambientale e cambiamento climatico	44	6.2.2 La propagazione per talea o radicazione diretta	93
	46	6.2.3 La propagazione in vitro	98
	47	6.2.4 Polloni radicati, margotta aerea e propaggine	102
Capitolo 4		6.2.5 La propagazione per innesto	103
Ciclo vegetativo	51		
4.1 Elementi di fisiologia	52		

6.3	Alcuni aspetti di tecnica vivaistica e certificazione sanitaria	115
-----	---	-----

Capitolo 7

Miglioramento genetico, scelta della cultivar e del portinneto

7.1	Specificità delle piante arboree da frutto e riflessi sull'attività di miglioramento genetico	121
	7.1.1 Struttura genetica delle piante a propagazione vegetativa e ruolo delle mutazioni naturali	121
7.2	Importanza delle risorse genetiche per il miglioramento genetico e loro tutela	122
7.3	Obiettivi del miglioramento genetico per le piante arboree da frutto	125
7.4	Metodi di miglioramento genetico	127
	7.4.1 I metodi classici di miglioramento genetico	127
	7.4.2 I metodi innovativi	136
7.5	Valutazione di nuove varietà, protezione brevettuale ed iscrizione al Registro Nazionale dei fruttiferi	146
7.6	Criteri di scelta della cultivar e del portinneto	147

Capitolo 8

Realizzazione, configurazione e gestione degli impianti frutticoli

8.1	Progettazione ed impianto del frutteto	154
	8.1.1 Scelta della specie, della varietà e del portinneto	154
	8.1.2 Disegno e impianto del frutteto	159
	8.1.3 Stanchezza del suolo	167
8.2	Scelta delle forme di allevamento	169
	8.2.1 Forme di allevamento in base all'architettura dell'albero	170
	8.2.2 Forme di allevamento in base alla tecnica di potatura	172
	8.2.3 Forme di allevamento più diffuse delle principali specie	172
8.3	Potatura	180
	8.3.1 Definizione ed obiettivi della potatura	180
	8.3.2 Principali operazioni di potatura nei moderni impianti	181
	8.3.3 Potatura di allevamento e di produzione	184
	8.3.4 Potatura meccanica	185

Capitolo 9

Relazioni pianta-suolo: nutrizione minerale, apporti idrici e modelli di gestione del suolo in sistemi produttivi arborei

187

9.1	Cenni di fisiologia della nutrizione delle piante arboree	188
	9.1.1 Assorbimento degli elementi nutritivi	188
9.2	9.1.2 La mobilità degli elementi nutritivi all'interno dell'albero: traslocazione, accumulo e rimobilizzazione	189
9.2	Macro e microelementi: funzione, assorbimento e effetti di squilibri nutrizionali	190
	9.2.1 Azoto	190
	9.2.2 Fosforo	191
	9.2.3 Potassio	192
	9.2.4 Calcio	192
	9.2.5 Magnesio	193
	9.2.6 Microelementi	193
9.3	Tecniche di fertilizzazione delle piante arboree	194
	9.3.1 Modalità per calibrare l'apporto nutrizionale alle piante	194
	9.3.2 Metodi di monitoraggio dello stato nutrizionale dell'albero	197
	9.3.3 Modalità per la distribuzione dei fertilizzanti	198
	9.3.4 La concimazione in aziende biologiche	203
9.4	L'acqua nel sistema suolo-pianta-atmosfera	205
	9.4.1 Rapporto suolo-acqua	206
	9.4.2 Assorbimento e trasporto dell'acqua nella pianta	208
9.5	Importanza dell'acqua per le colture arboree	211
9.6	Gestione idrica nelle colture arboree	214
	9.6.1 Sistemi avanzati di gestione idrica del frutteto	216
9.7	Gestione del suolo negli impianti frutticoli	221
	9.7.1 Lavorazione del terreno	221
	9.7.2 Inerbimento	223
	9.7.3 Gestione del terreno sotto il filare	229
	9.7.4 Scelta delle essenze per l'inerbimento	231

Capitolo 10

Elementi di gestione dei prodotti frutticoli in post-raccolta

10.1	Caratteristiche qualitative dei frutti	233
10.1.1	Tecniche di conservazione	234
10.2	Principali attività metaboliche dei frutti nella fase post-raccolta	235
10.2.1	Respirazione dei prodotti frutticoli	236
10.2.2	Scambi gassosi nei tessuti vegetali	236
10.2.3	Tassi di respirazione e gestione post-raccolta	236
10.2.4	Metabolismo etilenico	238

10.2.5	Controllo dei fattori che regolano l'attività metabolica dei frutti	241
10.3	La conservazione dei prodotti frutticoli	243
10.3.1	Gestione della temperatura e dell'umidità relativa	244
10.3.2	Atmosfere controllate e modificate	245
10.4	Le perdite del prodotto e il packaging	250
Glossario		257
Indice analitico		267

BOX

5.1	Indici di maturazione	80
9.1	Sistemi sperimentali per la misura diretta dell'evapotraspirazione colturale	216
9.2	Sonde per il monitoraggio dello stato idrico del suolo	218
9.3	Strumenti per la misura dello stato idrico della pianta	219
10.1	Traspirazione e perdita di peso	255



Capitolo

4

Giorgia Liguori

CICLO VEGETATIVO

- ▲ 4.1 Elementi di fisiologia
- ▲ 4.2 Ciclo vitale dell'albero
- ▲ 4.3 Attività vegetativa



4.1 Elementi di fisiologia

4.1.1 Fotosintesi

Le piante sono organismi autotrofi, il che significa che possono convertire molecole semplici come la CO₂ atmosferica e i minerali del suolo in carboidrati, proteine e grassi. La **fotosintesi** è il meccanismo biochimico vegetale più complesso, mediante il quale le piante, utilizzando l'energia legata alla radiazione solare, l'acqua e l'anidride carbonica, producono composti organici e liberano ossigeno. Gli alberi da frutto sono caratterizzati da un processo fotosintetico di tipo C₃.

Il processo fotosintetico avviene all'interno dei cloroplasti e comprende due fasi: una fase luminosa, dove i pigmenti, in particolare la clorofilla, hanno un ruolo attivo, e una fase oscura, ad opera di diversi enzimi. Nella prima fase la radiazione solare viene assorbita dalla clorofilla e convertita in energia chimica (ATP e NADPH), nella seconda fase, chiamata **ciclo di Calvin**, la CO₂ viene organicata grazie all'attività di un enzima chiamato RuBisCO (ribulosio-1,5-disfossfato carbossilasi ossigenasi), la proteina più abbondante nei vegetali e il principale consumatore di azoto.

I prodotti finali della fotosintesi sono l'ossigeno, proveniente dalla fotolisi dell'acqua (fase luminosa) e i carboidrati, sintetizzati a partire dall'acido 3-fosfoglicerico, che possono essere utilizzati per la respirazione, accumulati nelle foglie o trasferiti attraverso il floema ad altri organi della pianta per essere utilizzati per la crescita o stoccati come composti di riserva.

La maggior parte dei carboidrati prodotti nelle foglie giovani sono impiegati localmente; le foglie mature invece contribuiscono alla composizione della linfa floematica trasferendo i carboidrati, sotto forma di saccarosio, alle varie parti della pianta, secondo il meccanismo *sink-source*: gli **organi sink** richiamano saccarosio dagli **organi source**. Negli organi e nei tessuti *sink* il saccarosio è usato come fonte di energia, come zucchero di riserva e per l'accrescimento della pianta.

La fotosintesi netta corrisponde all'assimilazione di CO₂ al netto delle perdite dovute alla respirazione mitocondriale e alla fotorespira-

zione. La respirazione mitocondriale è sempre attiva nelle cellule vegetali; la **fotorespirazione** è un processo assai complesso che avviene nei cloroplasti, perossisomi e mitocondri e comporta una perdita di CO₂; la fotorespirazione aumenta con l'aumentare della temperatura.

La misurazione e quantificazione della fotosintesi e della respirazione di un albero da frutto fornisce dati molto utili per calcolare la quantità di carbonio fissata e quindi la produttività primaria netta. La **Produttività Primaria Netta** (PPN) di un frutteto è strettamente correlata all'efficienza fotosintetica delle piante, in quanto non è altro che la quantità di carbonio sottratto all'ambiente, al netto della respirazione, e fissato sotto forma di biomassa utilizzabile sia per l'accrescimento della pianta sia come riserva.

Negli anni '80 sono stati messi in commercio degli strumenti portatili per la misura in campo dei tassi di fotosintesi di singole foglie attraverso analizzatori IRGA (*Infrared Gas Analyzer*) (FIGURA 4.1); tali strumenti, se da un lato costituivano un'innovazione nella misura degli scambi gassosi della pianta, dall'altro avevano un grosso limite nel fatto che le misure puntuali, per essere ritenute attendibili, richiedevano un campionamento molto elevato. Negli anni '90 questa problematica è stata superata con la realizzazione di un sistema aperto in grado di misurare gli scambi gassosi dell'intera pianta. Alcuni ricercatori hanno misurato l'efficienza fotosintetica massima delle principali specie da frutto: valori compresi tra 10 e 20 µmol CO₂ m⁻² s⁻¹ sono comuni nelle specie dei climi temperati, anche se tali valori sono estremamente variabili a seconda delle condizioni colturali e delle tecniche di misurazione.

4.1.1.1 Fattori che influenzano la fotosintesi

La fotosintesi clorofilliana è influenzata da diversi fattori.

Intensità della luce. La disponibilità di energia radiante è il principale fattore che regola la fotosintesi. Non tutta la radiazione può essere utilizzata per la fotosintesi: solo il 45% circa della radiazione luminosa cade entro l'intervallo di lunghezze d'onda utile per la fotosintesi (*Photosynthetic Active Radiation, PAR*), ossia

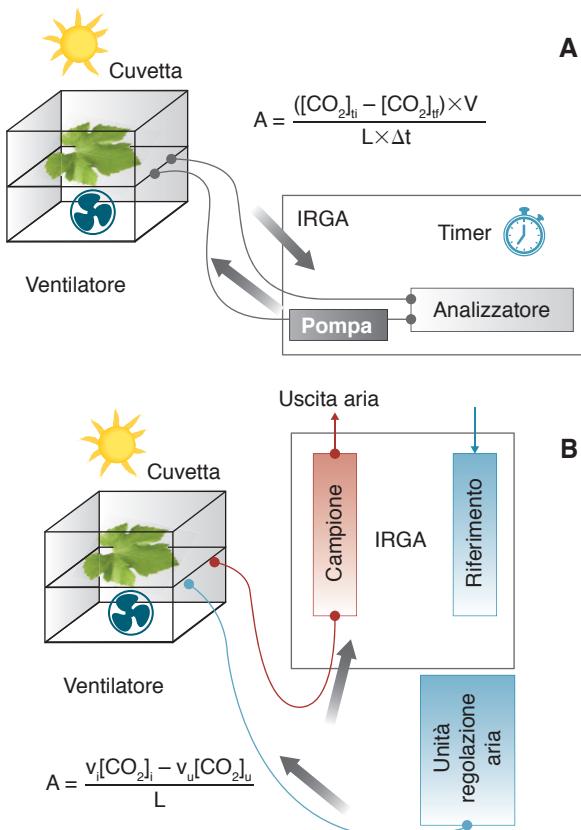


FIGURA 4.1 Rappresentazione schematica di un sistema chiuso (A) e un sistema aperto (B) per la misura degli scambi gassosi. Nelle formule riportate: A = assimilazione netta ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$); $[CO_2]_{ti}$, $[CO_2]_{tf}$ = concentrazione di CO_2 ($\mu\text{mol mol}^{-1}$) rispettivamente all'inizio e alla fine del periodo di misura; V = volume di aria nella cuvetta (μmol); L = area fogliare (m^2); Δt = durata dell'intervallo (s); $[CO_2]_i$, $[CO_2]_u$ = concentrazione di CO_2 ($\mu\text{mol mol}^{-1}$) rispettivamente in ingresso e in uscita; v_i , v_u = velocità del flusso di aria in ingresso e in uscita ($\mu\text{mol s}^{-1}$).

nell'intervallo 380-710 nm. Anche l'angolo d'irraggiamento, cioè l'inclinazione dei raggi quando colpiscono la superficie fogliare, influenza in modo rilevante la resa fotosintetica.

In linea generale, possiamo affermare che maggiore è l'intensità luminosa, migliore sarà lo sviluppo dei germogli. Tuttavia, al superamento di una certa soglia di radiazione, i germogli subiscono un calo nella crescita, con chiari segni di senescenza e ingiallimento delle foglie. Tale soglia limite dipende dalla tipologia di specie frutticola e dallo stadio vegetativo della pianta.

La superficie fogliare di una pianta viene normalmente espressa sotto forma di **LAI** (Leaf Area

Index), cioè area di superficie fogliare (espressa in m^2) per unità di superficie di terreno (espressa in m^2). A parità di radiazione luminosa disponibile, maggiore è il LAI di una coltura, maggiore è la quantità di radiazione che è in grado di intercettare.

In una pianta o in un impianto frutticolo la disponibilità di luce può portare a modificazioni morfogenetiche irreversibili a carico della foglia. La pianta, infatti, è in grado di creare le cosiddette **foglie da ombra**, caratterizzate da un mesofillo (vedi Capitolo 9, Figura 9.18) più sottile e da un'elevata concentrazione di clorofilla. L'andamento della fotosintesi misurata al variare della quantità di luce è non lineare e tende a un limite (saturazione, o punto di compensazione luminosa) in cui assorbimento di CO_2 ed emissione di CO_2 tramite la respirazione si equivalgono. Le foglie in ombra in genere raggiungono il punto di compensazione a livelli di luce inferiori rispetto alle foglie in piena luce; questo può essere dovuto a una maggior efficienza nella fissazione dell'anidride carbonica, o ad una minore respirazione delle foglie (FIGURA 4.2).

Temperatura. La temperatura è uno dei fattori limitanti della fotosintesi poiché la maggior parte delle reazioni fotosintetiche sono catalizzate enzimaticamente e possono essere limitate dalla temperatura. L'andamento della fotosintesi in funzione della temperatura è descritto da un ramo di parabola con un punto massimo di efficienza fotosintetica che si rileva intorno ai 22-28 °C, in funzione della specie frutticola (FIGURA 4.3). Le basse temperature e le temperature eccessivamente alte (superiori ai 45° C) portano a una forte riduzione dell'attività fotosintetica, a causa di una riduzione dell'attività enzimatica (basse temperature) e ad un aumento dei tassi di respirazione (alte temperature).

Stress idrico. L'effetto più evidente dello stress idrico è un aumento della resistenza stomatica che porta alla chiusura degli stomi (vedi Capitolo 9), determinando una restrizione del flusso di CO_2 e di acqua. Questo fenomeno è particolarmente rilevante per le piante con **stomi sensibili**, come molti alberi da frutto. Da ciò risulta evidente l'importanza dell'irrigazione nelle specie arboree da frutto: la riduzione del-

54 4.1 Elementi di fisiologia

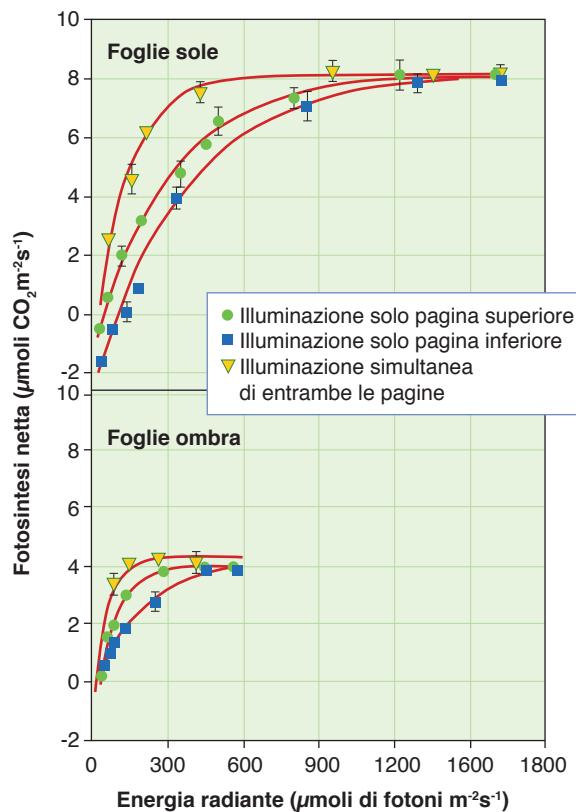


FIGURA 4.2 Curve di risposta fotosintetica alla luce in foglie di vite sviluppate in piena luce solare e in condizioni di ombreggiamento. Le curve sono state ottenute illuminando la pagina fogliare superiore, quella inferiore o entrambe simultaneamente.

la disponibilità idrica porta ad una riduzione dell'attività fotosintetica ed è proporzionale al livello di stress idrico.

Concentrazione di CO_2 . Il livello di assimilazione di C nella fotosintesi è determinato dal bilancio fra l'apporto di CO_2 nella camera sottostomatica e la quantità di CO_2 richiesta dal processo fotosintetico. A basse concentrazioni di CO_2 , l'efficienza di assimilazione fotosintetica dipende dalla quantità di RuBisCO attiva; viceversa, ad alte concentrazioni di CO_2 , dipende sia dall'efficienza del ciclo di Calvin nel rigenerare l'accettore primario di CO_2 (RuBP) che dalla quantità di trasporto elettronico.

Nutrienti. La fissazione del carbonio è strettamente correlata alla disponibilità dei nu-

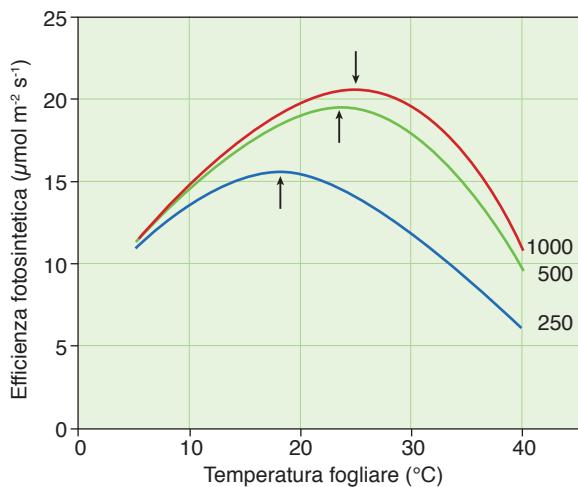


FIGURA 4.3 Curve di risposta fotosintetica in relazione alla temperatura fogliare, misurata a tre livelli di irraggiamento (250, 500 e 1000 $\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$). Le frecce indicano la temperatura ottimale affinché l'efficienza fotosintetica sia massima.

trienti. La quantità di azoto proteico nella foglia, infatti, è spesso correlata alla quantità di RuBisCO e al contenuto di clorofilla e quindi può essere considerata una misura dell'efficienza fotosintetica della foglia. Esiste inoltre una stretta correlazione tra la presenza di una serie di nutrienti nella pianta da frutto (fosforo, potassio, ferro) e l'efficienza fotosintetica; una loro carenza, infatti, può portare a fenomeni di clorosi e a una riduzione significativa della fotosintesi.

4.1.1.2 Distribuzione e allocazione dei fotosintetati

I carboidrati provenienti dalla fotosintesi costituiscono oltre il 65% della sostanza secca nell'albero; i carboidrati solubili sono costituiti da monosaccaridi (normalmente glucosio e fruttosio), oligosaccaridi (principalmente saccarosio), mentre i carboidrati insolubili sono costituiti da amido ed emicellulose.

I **fotosintetati**, cioè i carboidrati ottenuti mediante il processo fotosintetico, servono a soddisfare i fabbisogni metabolici della pianta (attività vegetativa, riproduttiva etc.).

Il floema trasporta i carboidrati (saccarosio e alcuni oligosaccaridi), amminoacidi e alcuni ioni (K e P) dalle foglie (*organi source*) verso i centri di richiamo (meristemi, frutti, radici, organi

sink). L'elevata concentrazione di zuccheri nei tubi cribrosi del floema richiama acqua, che funge da vettore per il trasporto floematico.

La ripartizione dei fotosintetati tra organi *sink* e *source* dipende dalla forza di richiamo degli organi *sink*, che a sua volta è regolata dalla velocità con cui i carboidrati sono convertiti in amido o metabolizzati, dalla distanza dagli organi *source* di carbonio e dal complesso ormonale. La forza di attrazione di un *sink* è funzione, in definitiva, della sua massa e della sua velocità di accrescimento (*Relative Growth Rate, RGR*).

Il saccarosio è il principale zucchero proveniente dalla fotosintesi trasportato per via floematica; in alcune specie, oltre al saccarosio, nel floema si possono trovare anche sorbitolo e mannitolo (polioli) e gli oligosaccaridi della serie del raffinosio.

Molte ricerche hanno confermato che le foglie mature possono esportare circa l'80% del carbonio fissato attraverso la fotosintesi. La quantità di saccarosio delle foglie disponibile per il trasporto dipende da diversi fattori: dall'attività fotosintetica (fissazione del carbonio); dalla sintesi dell'amido nei cloroplasti; dai trioso fosfati traslocati dal cloroplasto al citosol per la sintesi del saccarosio e dallo stoccaggio provvisorio del saccarosio nel vacuolo.

La teoria più accreditata che spiega la traslocazione degli zuccheri prodotti durante la fotosintesi dalle foglie a tutti gli organi che li utilizzano è quella che si basa sul **principio del flusso di massa** (vedi Capitolo 9, Paragrafo 9.1).

Il saccarosio si accumula nelle cellule del mesofillo e richiama acqua nel **simplasto** costituito dal sistema chiuso del citoplasma di tutte le cellule connesse tra loro dai plasmodesmi (vedi Figura 9.17). La maggiore concentrazione di saccarosio richiama acqua per osmosi e crea un flusso di acqua e saccarosio che si sposta verso le cellule del sistema in cui la concentrazione è minore.

Il trioso fosfato che si forma durante la fotosintesi è trasportato dal cloroplasto al citosol e convertito in saccarosio. Durante la notte, il carbonio accumulato nell'amido di riserva esce dal cloroplasto principalmente sotto forma di maltosio ed è convertito in saccarosio. Il saccarosio quindi viene spostato dalle cellule del mesofillo

alle prossimità degli elementi del cribro, nelle venature più piccole della foglia. Questa via richiede una distanza molto piccola e viene definita via di **trasporto a breve distanza**. Nell'ultima fase, detta **caricamento** del floema, gli zuccheri sono trasportati dentro gli elementi del cribro e nelle cellule compagne, dove raggiungono concentrazioni superiori a quelle del mesofillo. Una volta dentro gli elementi del cribro, il saccarosio e gli altri soluti sono traslocati lontano dall'organo *source*, in un processo conosciuto come **esportazione**. La traslocazione dei fotoassimilati fino all'organo *sink* tramite il sistema vascolare è detta **trasporto a lunga distanza**.

Il caricamento del floema può seguire due strade: una prevede una tappa apoplastica prima dell'ingresso nel complesso tubi cribrosi-cellule compagne e l'altra prevede un movimento totalmente simplastico (tramite i plasmodesmi). Nella **via apoplastica** gli zuccheri entrano vicino al complesso "elemento del cribro-cellula compagna" e vengono caricati attivamente dall'apoplasto negli elementi del cribro e nelle cellule compagne mediante trasportatori selettivi che richiedono energia, come il simportatore saccarosio- H^+ (trasporto attivo). La **via simplastica**, invece, è tipica di quelle specie che, oltre al saccarosio, trasportano nel floema raffinosio e stachiosio e posseggono delle venature minori delle cellule intermedie. Per la via simplastica (attraverso i plasmodesmi) è stato definito il **modello trappola per polimeri**. In questo modello, il saccarosio, sintetizzato nel mesofillo, si diffonde nelle cellule attraverso numerosi plasmodesmi. Il raffinosio e lo stachiosio sono sintetizzati a partire dal saccarosio trasportato e dal galattosio. Il saccarosio lascia quindi i tubi cribrosi (**scaricamento** del floema) per essere trasportato alle cellule degli organi *sink*, dove gli zuccheri possono essere utilizzati rapidamente o accumulati (FIGURA 4.4).

La traslocazione dei fotoassimilati nella pianta è regolata dalla temperatura. Secondo alcuni studi, nella maggior parte delle specie la temperatura ottimale è tra i 20 °C e i 30 °C, e la traslocazione dei carboidrati diminuisce a temperature decrescenti, a causa della viscosità della soluzione nel floema. Tuttavia, in specie non sensibili alle basse temperature, gli elementi del

56 4.1 Elementi di fisiologia

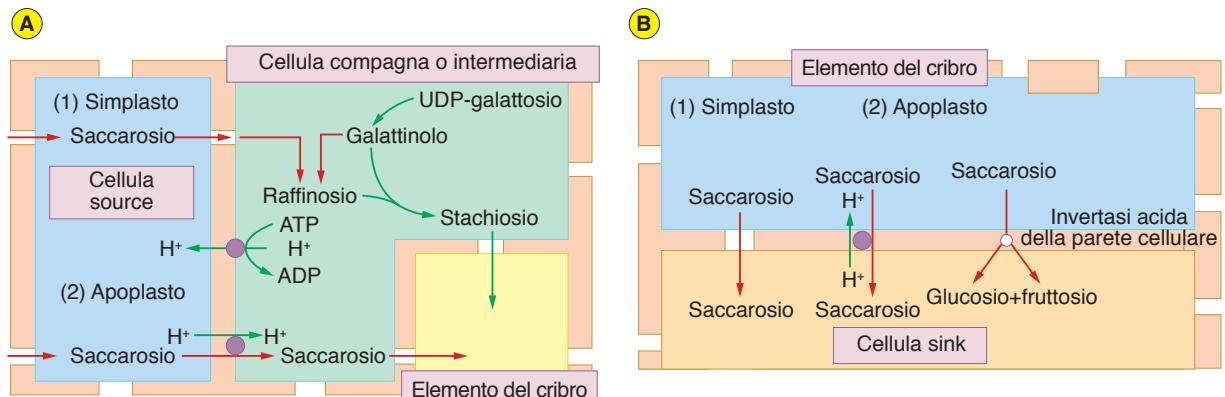


FIGURA 4.4 Caricamento (A) e scaricamento (B) del floema.

cribro funzionano anche a temperature prossime al punto di congelamento o ancora più basse.

Poiché la traslocazione dei carboidrati avviene durante la notte, la temperatura notturna è di grande importanza per tale processo; studi condotti riportano che nelle *Rosaceae* l'accrescimento avviene prevalentemente di notte.

Anche l'acqua svolge un ruolo importante: difatti le piante sottoposte a stress idrico rallentano la traslocazione dei carboidrati a causa di un aumento della viscosità della soluzione da trasferire. Inoltre, prolungati deficit idrici provocano l'accumulo di acido abscissico, un ormone che inibisce il caricamento del floema nelle foglie.

La traslocazione dei fotoassimilati può essere influenzata anche da una carenza o da uno squilibrio dei nutrienti minerali; studi condotti riportano che il potassio è essenziale nel processo di caricamento e scaricamento del floema (elevate concentrazioni di K sono presenti nelle cellule compagne degli elementi del cribro).

4.1.1.3 Organi sink, organi source e fattori che regolano la traslocazione dei fotosintetati

La crescita della pianta dipende dalla disponibilità dei fotosintetati nei vari organi vegetali e dalle sostanze nutritive; per tale motivo è importante conoscere quali sono gli organi *sink* e *source* della pianta e studiare i fattori che regolano ed influenzano i flussi dei carboidrati nella pianta.

Le foglie sono l'organo più importante per la fotosintesi e per tale ragione sono considerate il principale organo *source* della pianta. Tuttavia, il metabolismo dei carboidrati cambia durante

le varie fasi di crescita della foglia. Infatti, durante lo sviluppo le foglie giovani hanno bisogno di importare carboidrati da altri organi vegetali adiacenti, in quanto non sono ancora efficienti in termini fotosintetici, e fungono quindi da organi *sink*; le foglie mature, invece, sono in grado di accumulare e traslocare i fotosintetati verso altri organi della pianta, fungendo quindi da organo *source*. La necessità di importare fotosintetati in una foglia giovane di solito termina quando ha raggiunto il 30-60% del suo accrescimento massimo. Va però considerato che le foglie nella fase finale di accrescimento si trovano in uno stadio intermedio, in cui importano fotosintetati ma contemporaneamente esportano fotosintetati, prodotti dalla loro attività fotosintetica, verso altri organi che li necessitano.

Gli organi della pianta sono in competizione tra loro per ottenere i fotoassimilati prodotti principalmente dalle foglie. Durante il loro sviluppo, i frutti accumulano carboidrati, generalmente sotto forma di amido, saccarosio o zuccheri esosi; il contenuto zuccherino di un frutto dipende dal grado di maturazione, dalla cultivar, dal rapporto foglie-frutti e dalle gestioni colturali. Le foglie che si trovano in prossimità dei frutti in fase di sviluppo hanno un'efficienza fotosintetica maggiore rispetto alle foglie localizzate in altre zone della chioma, a causa del forte richiamo di fotoassimilati da parte dei frutticini in fase di accrescimento. Infatti, in questo stadio i frutti sono dei forti organi *sink*. In alcune specie frutticole, il calice ha una capacità fotosintetica significativa, per cui il calice verde che copre

completamente il frutto durante il suo sviluppo svolge un ruolo importante nella produzione e nella traslocazione di fotoassimilati (principalmente saccarosio) durante i primi 10-20 giorni dello sviluppo del frutto.

In caso di scarsa produzione di frutti, nelle foglie della pianta si verifica un accumulo di fotosintetati e una riduzione dell'efficienza fotosintetica. Diversamente, un elevato carico di frutti sulla pianta provoca una riduzione della traslocazione dei carboidrati verso altri organi *sink*, quali radici e altri organi permanenti della pianta e può creare degli scompensi nella pianta ed influenzarne negativamente la produttività negli anni seguenti. Secondo alcuni studi, il tasso di traslocazione dei fotosintetati dagli organi *source* (prevalentemente foglie) agli organi *sink* (prevalentemente frutti) influenza il processo fotosintetico; la distribuzione dei carboidrati nella pianta non è un processo programmato, bensì il risultato della competizione tra gli organi della pianta. Il grado di competizione tra i vari organi *sink* dipende dal metabolismo dei singoli organi e dalla distanza dagli organi *source*. Ad esempio, nella fase iniziale di sviluppo della vite, la traslocazione dei fotosintetati è acropeta (verso l'alto); quando le foglie raggiungono la maturità, i carboidrati vengono traslocati ai grappoli e nella fase finale della stagione produttiva, la traslocazione diventa basipeta (verso il basso).

Poiché i frutti richiedono grandi quantità di fotosintetati, la crescita dei rami e dell'apparato radicale diminuisce con l'aumentare del carico di frutti sulla chioma; infatti, le piante in produzione accumulano maggiore sostanza secca per unità di superficie fogliare rispetto alle piante non in produzione. I rami e le radici di piante giovani ricevono elevati quantitativi di fotosintetati, ma questa traslocazione si riduce man mano che la pianta cresce e quando inizia la sua fase produttiva (fruttificazione). La posizione dei frutti nella chioma influenza la capacità di richiamo dei fotosintetati: i frutti in prossimità del fusto hanno un accrescimento maggiore (maggiore capacità di richiamo dei fotosintetati) rispetto ai frutti che si trovano nella parte distale, fatta eccezione per i frutti che si trovano nella parte esterna della chioma che sfruttano l'eleva-

ta efficienza fotosintetica delle foglie adiacenti che si trovano in pieno sole durante il giorno.

La produttività di una pianta da frutto è regolata dal rapporto tra foglie (*source*) e frutti (*sink*), che varia in base alla specie, alla varietà e alla localizzazione del frutteto. Una diminuzione del rapporto foglie-frutti provoca una riduzione dei fotosintetati disponibili che porta ad una scarsa pezzatura e ad un basso contenuto zuccherino dei frutti. Al contrario, un elevato rapporto foglie-frutti garantisce un adeguato accumulo di fotosintetati - principalmente sotto forma di amido - per la coltura successiva. Nella maggior parte delle specie frutticole, la superficie fogliare che garantisce un accrescimento ottimale del frutto varia da 150 a 300 cm² ogni 100 g di peso fresco dei frutti; questo valore aumenta nettamente nella vite, ed è, ad esempio, minore nelle parti della chioma più esposte alla luce, che in quelle in ombra. Un'appropriata gestione della pianta permette di ottenere adeguati rapporti foglie-frutti.

4.1.2 Complesso ormonale

Gli ormoni vegetali sono molecole organiche a basso peso molecolare che regolano in maniera coordinata e a basse concentrazioni tutti i processi fisiologici delle piante (FIGURA 4.5).

4.1.2.1 Auxine

Le auxine possono essere considerate gli ormoni vegetali più importanti: le piante che non riescono a sintetizzarle muoiono. Esse contengono un gruppo indolico che è responsabile della loro attività. La prima auxina a essere stata isolata è stata l'acido indol-3 acetico (IAA). L'IAA è l'auxina naturale più importante e più rappresentata nel mondo vegetale. Le auxine controllano la divisione e la distensione cellulare, la dominanza apicale, i tropismi, l'allungamento del fusto, l'attività del cambio e la rizogenesi.

4.1.2.2 Gibberelline

Le gibberelline (GGAA) sono ormoni vegetali di natura diterpenica coinvolti in varie fasi dello sviluppo della pianta, soprattutto nella germinazione dei semi. Il seme ha attività metaboliche ridotte durante la dormienza, e tale stato è dovuto

58 4.2 Ciclo vitale dell'albero

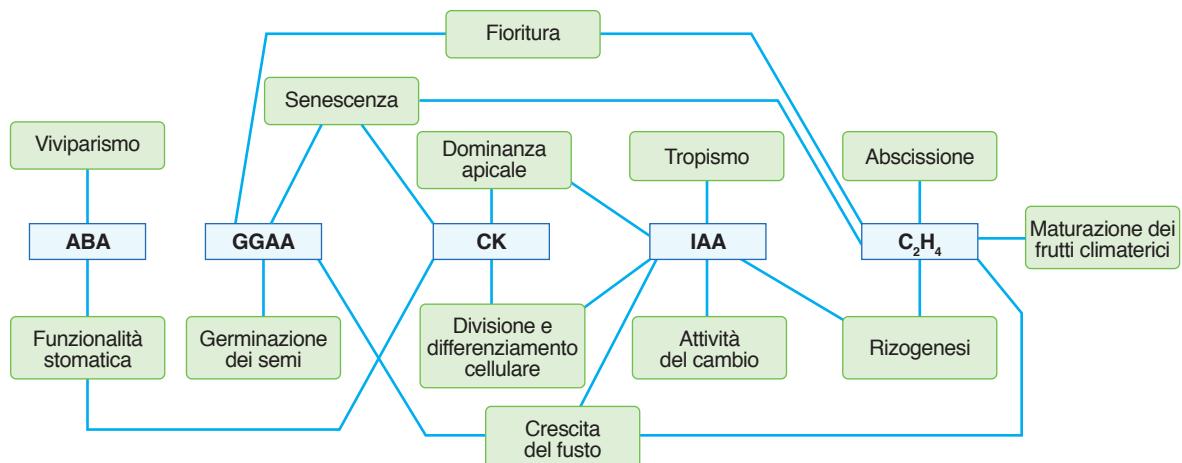


FIGURA 4.5 Principali processi fisiologici regolati dagli ormoni vegetali.

all'acido abscissico (ABA). Quando il livello di acido abscissico diminuisce e i livelli di gibberelline sono elevati, il seme esce dallo stadio di dormienza e la pianta inizia a crescere. La crescita è sempre promossa dalle gibberelline. Inoltre, le gibberelline hanno effetti positivi sull'allungamento del fusto, sono coinvolte nel passaggio dalla fase vegetativa alla fase riproduttiva e promuovono la crescita dei frutti.

4.1.2.3 Citochinine

Le citochinine (CK) sono sintetizzate principalmente nei meristemi apicali delle radici, sono derivati dell'adenina e possiedono un'attività biologica pari a quella della trans-zeatina.

Le citochinine, insieme alle auxine, attivano la proliferazione cellulare, ritardano la senescenza e stimolano la mobilitazione dei nutrienti, promuovono la maturazione dei cloroplasti e sono coinvolte nel controllo della dominanza apicale.

4.1.2.4 Acido abscissico

L'acido abscissico (ABA) è sintetizzato a partire dalla zeoxantina. Le sue funzioni principali sono legate alla dormienza e alla tolleranza dello stress idrico in quanto controlla la chiusura stomatica.

4.1.2.5 Etilene

L'etilene è un ormone vegetale sintetizzato dalla pianta a partire dalla metionina (vedi anche Capitolo 10) grazie all'azione degli enzimi ACC sintasi (ACS) e ACC ossidasi (ACO). L'etilene regola diversi processi nella pianta, quali l'accrescimento del fu-

sto, la maturazione del frutto, l'abscissione di diversi organi vegetali e la senescenza delle foglie.

L'etilene è il principale ormone responsabile della maturazione dei frutti. In particolare, nei frutti climaterici, caratterizzati da una produzione autocatalitica di etilene, l'ormone provoca l'aumento della respirazione e la conseguente attivazione di una serie di processi metabolici responsabili della maturazione del frutto, quali la degradazione della clorofilla, la sintesi dei carotenoidi e degli antociani, la degradazione delle protopectine delle pareti cellulari, la conversione degli zuccheri complessi in semplici e la sintesi dei composti volatili ed aromatici.

L'etilene è il regolatore primario dell'abscissione di foglie, frutti, fiori e di altri organi vegetali. Tale processo dipende da enzimi che degradano la parete cellulare, come la cellulasi e le poligalatturasi; le auxine agiscono da soppressori dell'effetto dell'etilene. L'etilene controlla la senescenza delle foglie, promuovendo la degradazione della clorofilla e l'abscissione delle foglie morte. L'etilene è inoltre responsabile della curvatura delle foglie verso il basso (**epinastia**), che avviene quando la parte superiore del picciolo cresce più velocemente rispetto a quella inferiore.

4.2 Ciclo vitale dell'albero

Il ciclo vitale di un albero è composto da tre diverse fasi di sviluppo: la fase giovanile, la maturità e la senescenza.

La fase giovanile di un albero inizia con la germinazione del seme. Per poter germinare, i semi devono trovare appropriate condizioni ambientali, rappresentate principalmente da una sufficiente disponibilità d'acqua, temperatura ottimale, sufficiente ossigeno e luce.

La fase giovanile è caratterizzata da un intenso sviluppo vegetativo verso l'alto e da una totale incapacità della pianta di differenziare gemme a fiore; questa fase inizia quando il meristema caulinarie differenzia i singoli elementi del germoglio, i **fitomeri**, e termina con il raggiungimento della maturità fisiologica.

Durante la fase giovanile il portamento della chioma dell'albero è più contenuto rispetto alla forma adulta, i germogli sono più vigorosi, le foglie più piccole e strette, alcuni organi - quali dardi e lamburde - vengono trasformati in spine (agrumi, albicocco e susino) e l'apparato radicale presenta una biomassa più elevata rispetto alla chioma e una maggiore presenza di radici profonde.

I **marcatori anatomici** della fase giovanile consistono in un minore sviluppo dei tessuti corticali, una minore presenza di fibre sclerenchimatiche nel floema e una maggiore discontinuità dell'anello fibroso. Il periodo necessario per il passaggio dalla fase giovanile a quella adulta è principalmente legato al genotipo, alle condizioni ambientali e alla gestione della pianta, e varia dai pochi mesi nella vite ai 6-8 anni nel melo e nel pero.

Al termine della fase vegetativa, la pianta si trova in uno stadio transitorio durante il quale compaiono i caratteri tipici della **fase adulta**. Gli ormoni vegetali hanno parte attiva nel passaggio di fase, controllano l'accrescimento, regolando la mobilitazione dei fotoassimilati verso i meristemi. In particolare, le auxine, le citochinine e le gibberelline controllano l'accrescimento cellulare e la dominanza apicale. L'induzione dei cambiamenti di fase è regolata dai rapporti reciproci tra acido abscissico, auxine e citochinine. Durante questa fase di transizione, le foglie cambiano forma e dimensione, scompare la spinescenza, diminuisce l'accrescimento dei germogli ed avviene un evento fondamentale per la pianta da frutto: i meristemi acquisiscono competenza florigena, anche se ciò potrebbe non esprimersi immediatamente. La transizione dalla fase giovanile alla fase adulta prende inizio nella parte più

alta della chioma e si diffonde in senso basipeto, coinvolgendo gradualmente tutti i meristemi che hanno differenziato un certo numero di fitomeri.

Terminata la fase di transizione, la pianta raggiunge la piena maturità fisiologica e inizia a mostrare le sue potenzialità riproduttive; da questo momento e per tutto il ciclo biologico della pianta, l'equilibrio tra accrescimento vegetativo e differenziazione delle gemme a fiore dipenderà dalla gestione culturale e dalle condizioni pedoclimatiche del frutteto.

La **fase di senescenza** è caratterizzata da uno scarso accrescimento vegetativo e da una riduzione della produttività.

4.3 Attività vegetativa

L'attività vegetativa delle piante da frutto comprende diversi processi di sviluppo a carico della parte epigea e ipogea della pianta. In questo paragrafo ci occuperemo dell'accrescimento della parte epigea, parleremo quindi dei processi di sviluppo delle gemme (a legno o miste), del germogliamento e dell'accrescimento del fusto e delle branche.

La crescita di una pianta è regolata dall'attività coordinata della parte epigea ed ipogea: per un accrescimento ottimale, la chioma deve essere in grado di intercettare la radiazione luminosa necessaria ad alimentare i processi metabolici e l'apparato radicale deve essere in grado di supportare l'attività della chioma. L'accrescimento vegetativo delle piante arboree avviene seguendo due strade diverse: l'accrescimento primario e l'accrescimento secondario. L'**accrescimento primario** determina l'allungamento delle radici e dei germogli e avviene grazie a particolari tessuti, chiamati **meristemi**, che sono costituiti da cellule indifferenziate in divisione attiva. I meristemi apicali, che si trovano nelle gemme apicali ed ascellari, crescono in lunghezza producendo nuove cellule.

L'**accrescimento secondario** è responsabile dell'aumento del diametro di fusto, rami e branche e deriva dalla divisione delle cellule di un meristema cilindrico chiamato **cambio vascolare**.

Il cambio vascolare ispessisce il fusto aggiungendo strati di xilema secondario (o legno) all'interno della sua superficie e nuovo floema verso l'esterno (o libro). Lo **xilema** trasporta acqua e

60 4.3 Attività vegetativa

nutrienti dalle radici verso l'alto, mentre il **floema**, come abbiamo già visto, serve al trasporto dei fotoassimilati dalle foglie agli organi *sink*.

Nei climi temperati e nelle specie caducifoglie, il cambio arresta la sua attività in inverno per riprenderla nel periodo primaverile-estivo. Nel periodo della ripresa dell'attività vegetativa il cambio produce tracheidi nelle quali è prevalente la funzione di conduzione, mentre nella seconda parte della stagione viene privilegiata la funzione meccanica. Il contrasto fra il "legno estivo" (o legno tardivo) di una cerchia e il "legno primaverile" (o legno precoce) della successiva è molto netto. Durante l'attività del cambio la corteccia si separa facilmente dal legno sottostante. In questo stadio il ramo o la branca vengono definite "**in succchio**", condizione fondamentale per l'esecuzione di alcuni tipi di innesto e per la decorticazione anulare (vedi più avanti in questo capitolo, "Dominanza apicale").

Quando si esamina una branca o un tronco tagliato, è evidente la suddivisione del legno secondario in tante cerchie concentriche, detti **anelli di crescita** (FIGURA 4.6). Le cerchie di norma corrispondono alla produzione annuale di legno (ciclo vegetativo) e quindi il loro conteggio può fornire informazioni sull'età della pianta. La produzione di legno annuale risulta distinguibile solo quando il cambio alterna un periodo di attività ad uno di inattività durante l'anno: ad esempio, nel legno delle specie tropicali e

subtropicali, nelle quali l'attività del cambio prosegue costantemente durante tutto l'anno, non è distinguibile l'accrescimento annuale in cerchie.

Nelle specie arboree il ciclo poliennale e quello annuale si sovrappongono, nel senso che esiste sia una reazione alle condizioni di crescita immanenti, sia una risposta conseguente alla condizione strutturale e fisiologica dell'albero determinata nelle annate antecedenti.

L'attività del cambio è influenzata dal rapporto tra auxine e gibberelline: un elevato contenuto di auxine porta alla produzione di nuovo xilema (legno), mentre un elevato contenuto di gibberelline stimola la produzione di floema (libro).

La maggior parte delle piante arboree sono specie perenni con un periodo di giovanilità relativamente lungo, caratterizzato da diversi cicli annuali di crescita e dormienza. Invece, le specie annuali (come la vite) hanno un ciclo ontogenetico che dura pochi mesi e una fase giovanile molto breve. Le specie arboree acquisiscono la maturità fisiologica gradualmente e la mantengono per diversi cicli stagionali (annuali), durante i quali alcuni meristemi apicali transitano di fase ed altri si dedicano all'accrescimento vegetativo.

4.3.1 Germogliamento e accrescimento del germoglio

In primavera, una volta soddisfatto il fabbisogno di freddo e il fabbisogno in caldo (vedi Capitolo

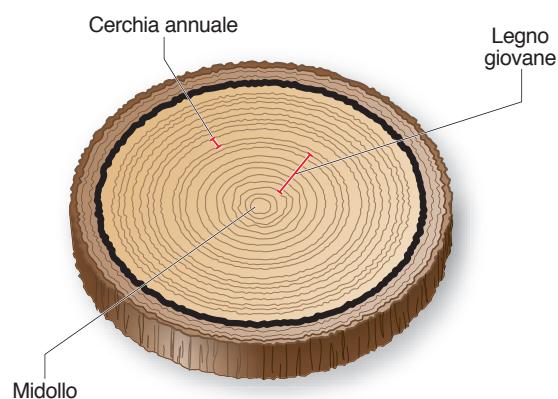
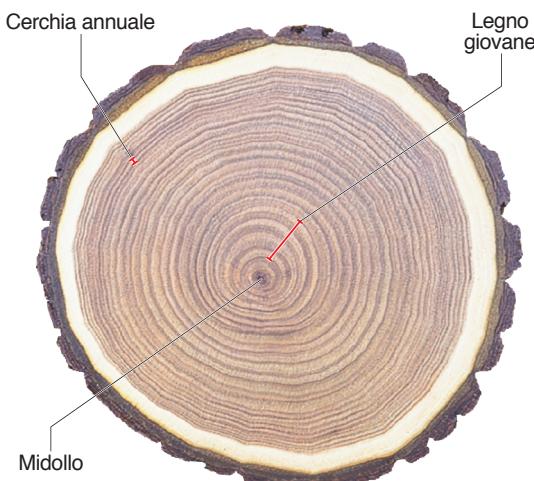


FIGURA 4.6 Sezione del tronco.

3), le gemme a legno dormienti (**gemme vegetative**) che si trovano lungo il ramo si schiudono, dando origine ai germogli. Le gemme a legno sono generalmente più piccole, strette e appuntite rispetto a quelle riproduttive, e pertanto riconoscibili, anche se in alcune specie (ad esempio ciliegio) sono simili e di difficile individuazione. Durante il germogliamento, gli organi contenuti nelle gemme iniziano a distendersi premendo contro lo strato protettivo costituito dalle **perule**, permettendo così la fuoriuscita e l'accrescimento del germoglio che negli anni diventerà prima ramo e poi branca.

Le gemme presenti sui rami non si schiudono contemporaneamente: le gemme apicali sono le prime, seguite da quelle mediane e da ultimo dalle basali, seguendo quindi un gradiente vegetativo basipeto. Inizialmente i germogli emessi dalle gemme apicali hanno un accrescimento maggiore rispetto a quelli delle gemme mediane e basali, che a volte possono restare latenti. Questo comportamento è dovuto alla traslocazione basipeta delle auxine prodotte dalle stesse gemme; secondo alcuni studi, le gemme hanno un fabbisogno di auxine decrescente in senso basipeto, per cui lo sviluppo delle gemme mediane e basali viene rallentato o inibito del tutto da concentrazioni di auxine pari a quella presente nelle gemme apicali, che tendono a svilupparsi per prime.

Un altro fenomeno regolato dalle auxine è il geotropismo, il fenomeno attraverso il quale il germoglio di una pianta cresce verso l'alto e la sua radice verso il basso.

Il gradiente vegetativo appena descritto si riferisce alla sequenza del germogliamento e alle prime fasi di sviluppo del germoglio; i processi di allungamento del germoglio che avverranno in una seconda fase di sviluppo dipenderanno dall'habitus vegetativo specifico delle singole specie e dalla posizione dei rami in cui sono inseriti i germogli.

Nelle prime fasi di sviluppo del germoglio, gli internodi cominciano a svilupparsi per via di un meccanismo di divisione e distensione cellulare; l'apice, all'inizio della sua attività vegetativa, produce nuovi internodi e nuove foglie alle cui ascelle si differenzieranno nuovi abbozzi gemmari (FIGURA 4.7).

L'accrescimento del germoglio è regolato dal complesso ormonale, ma anche la disponibilità idrica e nutrizionale hanno un ruolo importante nel suo sviluppo: nelle prime fasi di crescita, infatti, le foglioline appena formate non svolgono attività fotosintetica, e l'allungamento del germoglio dipende unicamente dalla disponibilità dei fotoassimilati. L'accrescimento dei germogli sul ramo è legato alla traslocazione della linfa elaborata, proveniente dalle foglie e trasportata verso il basso, e della linfa grezza, proveniente dalle radici e trasportata verso l'alto, che determinano la quantità di risorse a disposizione di ciascuna gemma per potersi sviluppare. Man mano che si sviluppano, le foglie acquisiscono capacità fotosintetica e contribuiscono allo sviluppo dei germogli.

Nella regolazione ormonale dello sviluppo dei germogli sono coinvolte le auxine, che svolgono un'azione inibitoria sullo sviluppo delle gemme ascellari, e le citochinine, che sono gli ormoni promotori della crescita di queste gemme. Le auxine prodotte nella gemma apicale del germoglio, traslocate polarmente verso il basso, inibiscono la crescita delle gemme ascellari, determinando quel fenomeno che è definito dominanza apicale (vedi paragrafo successivo).

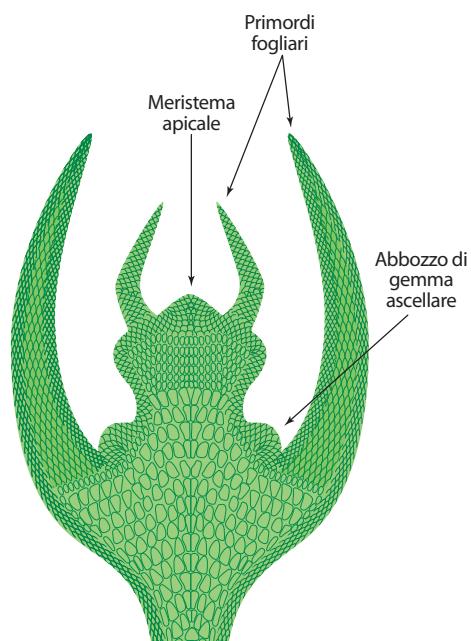


FIGURA 4.7 Schema dell'apice del germoglio all'inizio dell'attività vegetativa (sezione longitudinale).



Cristiana Peano • Francesco Sottile

Principi di Arboricoltura

Accedi all'**ebook** e ai **contenuti digitali** > **Espandi** le tue risorse > con un libro che **non pesa** e si **adatta** alle dimensioni del tuo **lettore**



All'interno del volume il **codice personale** e le istruzioni per accedere alla versione **ebook** del testo e agli ulteriori servizi. L'accesso alle risorse digitali è **gratuito** ma limitato a **18 mesi dalla attivazione del servizio**.



€ 29,00

