



[ POST RACCOLTA ] In genere l'azoto migliora la pezzatura ma tende a ritardare la maturazione

# Il calcio è l'elemento chiave per la conservazione dei frutti

[ DI MORENO TOSELLI E ADAMO D. ROMBOLÀ ]

**P**er la loro composizione chimica ricca in vitamine, sali minerali, fibra e polifenoli antiossidanti in grado di proteggere le cellule dagli stress ossidativi (Maffei *et al.*, 2007), la frutta è considerata un nutriente funzionale. Queste caratteristiche, se accompagnate da elevati standard igienico sanitari, qualità organolettiche e attitudine alla frigo-conservazione possono incrementare il valore aggiunto delle produzioni frutticole e con esso la resa economica. Un'oculata gestione della pratica agronomica costituisce la base di partenza per il conseguimento di frutti con elevate potenzialità di frigo-conservazione. Affinché un frutto possa mantenere integre le proprie caratteristiche qualitative durante la conservazione è necessario che sia raccolto al giusto grado di maturazione.

Frutti troppo acerbi o troppo maturi, infatti, sono più inclini a fisiopatie del post-raccolta come il disfacimento del cuore che si manifesta nelle pere raccolte ad un stadio di maturazione troppo avanzato o l'avvizzimento dei frutti di actinidia che può essere accentuato da una raccolta anticipata (Pratella, 1998). Apporti idrici in prossimità della raccolta promuovono, in fase di conservazione, l'insorgenza di fisiopatie nelle mele (Gorini, 1988) e di marciumi nelle pesche. Anche la concimazione risulta essere importante: è noto che gli squilibri nutrizionali sono tra le cause più diffuse di fisiopatie del post raccolto. Tra i nutrienti maggiormente implicati si annoverano il calcio (Ca), il potassio (K), l'azoto (N), il boro (B) e recentemente anche il silicio (Si).

La resistenza dei frutti alle

Resistenza  
a manipolazioni  
e trasporti  
e attitudine alla  
frigo-conservazione  
sono fondamentali  
nella definizione  
della qualità

manipolazioni e ai danni da trasporto e l'attitudine alla frigo-conservazione sono prerogative fondamentali nella definizione degli standard di qualità. Tra le varie pratiche agronomiche, la fertilizzazione è quella che riveste la maggiore importanza e il Ca (nella buccia e nel mesocarpo) risulta essere l'elemento più importante nel definire l'attitudine alla conservazione dei frutti. Considerando le difficoltà

del Ca ad accumularsi nei frutti, la tecnica agronomica deve creare le condizioni ottimali per favorirne l'assorbimento radicale e promuoverne la ripartizione verso le parti eduli. Un crescente interesse riveste l'impiego di Si, da solo o in combinazione col Ca, al fine di aumentare la tolleranza del frutto a stress biotici e abiotici e alle fisiopatie che si presentano in post-raccolta.

## [ AZOTO

L'N è l'elemento nutritivo più importante per le colture frutticole sia per le implicazioni sullo sviluppo vegeto-produttivo dell'albero, sia per gli effetti diretti e indiretti sulla qualità dei frutti e sulla loro attitudine alla frigo-conservazione. Nell'albicocco, l'elevata disponibilità di N migliora la pezzatura del frutto, ritarda la colorazione dell'epicarpo e

## [ SILICIO Più resistenza ai patogeni

Il silicio (Si) è ritenuto importante per la salute umana e la sua assunzione con gli alimenti può determinare effetti benefici sull'organismo. Le informazioni relative al contenuto di Si nelle colture arboree risultano scarse rispetto a quelle possedute per

le specie erbacee. Tuttavia, recentemente, sta destando interesse in frutticoltura l'impiego di questo elemento il quale, sulla base della nuova definizione di essenzialità proposta da Epstein and Bloom (2003), può essere considerato "essenziale" per molte piante superiori,

come riportato da diversi autori (Ma e Takahashi, 2002), dal momento che la sua carenza causa varie anomalie. Gli effetti benefici del Si includono l'aumento della resistenza delle piante ai patogeni (es. oidio della vite) e agli stress abiotici (es. stress idrico). Il Si, depositandosi a livello delle pareti cellulari, ne conferisce una maggiore consistenza ed elasticità e può anche stimolare i meccanismi di difesa della pianta (Ma e Takahashi, 2002).

Prove sperimentali, condotte su impianti di ciliegio adulto,

evidenziano come il Si sia risultato efficace nella prevenzione dello spacco (cracking) delle ciliegie (Rombolà et al., 2005; Sorrenti et al., 2008). I risultati ottenuti in diversi ambienti (Cile, Usa e Italia) hanno infatti dimostrato che il Si irrorato alla chioma presenta un'efficacia simile o superiore rispetto al cloruro di Ca, strategia attualmente adottata dai cerasicoltori. L'effetto di prevenzione sullo spacco è importante perché le lesioni localizzate sull'epidermide, favorite dalle variazioni volumetriche del frutto, non solo di ciliegio ma anche di altre specie (es. nettarine, susine, uva) rappresentano una via di ingresso per numerosi patogeni (es. *Monilia* spp., *Botrytis*, *Penicillium*, *Rizophus*, ecc.), i cui sintomi possono comparire sia in campo che durante la conservazione. Dati preliminari indicano, inoltre, che l'apporto di Si alla chioma è in grado di ridurre l'incidenza della monila sulle ciliegie e di oidio sui frutti di fragola (Ma e Takahashi, 2002).

Le fonti di Si utilizzate in agricoltura sono diverse: silicato di sodio e di potassio (25% di  $\text{SiO}_2$ ), silicato di Ca (più del 15% di  $\text{SiO}_2$ ), gel di silice, paglia di riso, pula di riso (con più del 20% di  $\text{SiO}_2$ ), polvere di equisetto (*Equisetum* spp.). ■

l'epoca di maturazione (fino ad una settimana), riduce la consistenza della polpa (Rettke et al., 2006), predispone all'insorgenza di fisiopatie del post raccolta (Bussi et al., 2003) come ad esempio l'imbrunimento interno (pitburn), e aumenta la rapidità di ossidazione dei polifenoli dei frutti nel processo di essiccazione (Rettke et al., 2006). In actinidia, l'apporto di N (150 kg/ha) può determinare una sensibile diminuzione di vitamina C nei frutti alla raccolta ed in frigo-

conservazione (Vizzotto et al., 1999).

Un corretto rapporto N:Ca è alla base di una buona conservabilità dei frutti. Nelle mele e nelle pere la ripartizione dell'N nel frutto cessa circa 40 giorni prima della raccolta, per cui somministrazione azotate tardive non creano, in genere, squilibri nutrizionali pericolosi per la frigo-conservabilità.

Diverso è il comportamento dei frutti di actinidia che polarizzano N fino alla raccolta

(Tagliavini et al., 2000) per cui l'azoto distribuito un mese prima della raccolta, pur essendo prevalentemente immagazzinato nelle radici (61%), tende ad accumularsi per circa il 22-36% (a seconda della dose distribuita) nel frutto con il rischio di peggiorarne la qualità, la frigo-conservabilità e la suscettibilità alla botrite (Prasad e Spiers, 1991; Tagliavini et al., 1995; Vizzotto et al., 1999).

### [ POTASSIO

Il K è un elemento che migliora le caratteristiche delle mele quali il sovracolore, il residuo secco rifrattometrico (Nava et al., 2008) e l'acidità (Mondial Gala) sia alla raccolta (Malaguti et al., 2006) che in frigo-conservazione. Tuttavia una sua eccessiva presenza nei frutti delle pomacee può risultare negativa per la ricorrente comparsa di fisiopatie del post-raccolta. Nelle cultivar (cv) sensibili alla butteratura amara, per non aumentare eccessivamente la concentrazione di K nel frutto, è preferibile effettuare le applicazioni in prima-

vera, frazionandole in due o tre apporti. Per somministrazioni superiori ai 100 kg/ha si può distribuire parte del K in post-raccolta. A tale proposito va sottolineato che un'eccessiva disponibilità di K nel terreno può comportare fenomeni di competizione nei confronti del Ca e del Mg. In molte varietà di melo (es. Braeburn e Fuji) il K continua ad accumularsi nei frutti fino al momento della raccolta (Zavalloni et al., 2001); di conseguenza la disponibilità di elemento verso la fine del ciclo produttivo facilita l'istaurarsi di condizioni favorevoli all'insorgenza di fisiopatie del post raccolta (es. elevati rapporti K:Ca)

### [ CALCIO

Il Ca svolge un importante ruolo nelle funzioni cellulari, preserva l'integrità e la stabilità della membrana citoplasmatica e conferisce resistenza alla parete cellulare (Conway et al., 2002), attraverso legami con le pectine della lamella mediana. Un'adeguata concentrazione di Ca nel frutto è



[ Frutti di Fuji con sintomi di butteratura amara la cui comparsa è associata all'elevato rapporto K:Ca = 54

quindi necessaria, non solo per garantire un buono standard qualitativo, ma anche per prevenire alcune fisiopatie che compaiono nella fase di post-raccolta come la butteratura amara, il disfacimento interno, il riscaldamento (*Sharpless e Johnson, 1977*), la plara e la tuberosi delle mele. Recentemente è stata osservata una relazione positiva tra livelli fogliari di Ca residuo (differenza tra Ca totale e frazioni estraibili) e tolleranza alla maculatura bruna del pero (*Fig. 1; Toselli et al., 2004*). Sebbene la maggior parte del Ca presente nei frutti provenga dall'assorbimento radicale, i trattamenti alla chioma sono spesso efficaci nell'aumentarne la concentrazione (*Rease e Drake, 1993*), determinando però a volte un leggero aumento della rugginosità dell'epidermide. Durante la prima fase del ciclo vegeto-produttivo, il frutticino è un polo di accumulo del Ca per cui, sebbene la cuticola del frutto sia molto permeabile ai sali di Ca (*Schlegel e Schoenherr, 2002*), nella pratica si preferisce eseguire i trattamenti fogliari nella seconda fase di sviluppo del frutto, quando la frazione di Ca proveniente da assorbimento radicale è limitata (*Ca-*



[ Frutti di **Dalago** con sintomi di senescent breakdown associata all'elevato rapporto K:Ca = 52

*sero et al., 2002*).

Un parametro importante al fine di determinare la sensibilità della mela alle fisiopatie è dato dal rapporto K:Ca (*Tab. 1, foto in alto e alla pagina precedente*); in Alto Adige, ad esempio, al fine di prevenire l'incidenza della butteratura amara, è stato stabilito che a metà luglio, nei frutticini di 50-70 grammi, il rapporto ottimale deve essere inferiore a 30 (*Drahorad e Aichner, 2001*). Tuttavia, la concentrazione di Ca e il rapporto K:Ca variano da frutto a frutto e, l'insorgenza di fisiopatie risulta particolarmente probabile in annate di scarica nei frutti interni della chioma e quando a causa dell'impollinazione scarsa o in-

completa, il numero di semi (nella mela) risulta limitato (*Bramlage et al., 1990*). Trattamenti si rendono indispensabili sulle varietà sensibili alla butteratura come Jonagold, Braeburn e Fuji per le quali, in Pianura Padana, è stato osservato che il calcio cessa di accumularsi nel frutto qualche settimana prima della raccolta rendendo queste cultivar potenzialmente più suscettibili alle carenze di Ca rispetto a Golden Delicious in cui l'accumulo di Ca nel frutto continua fino alla raccolta (*Zavalloni et al., 2001*). Nelle condizioni favorevoli all'insorgenza della butteratura amara, si consigliano 2-3 trattamenti per le cv poco sensibili (Gala e Rome

Beauty), fino a 6-8 trattamenti (a cadenza di circa dieci giorni) per le cv sensibili con formulati quali il  $\text{CaCl}_2$  che ha dato spesso ottimi risultati alla dose di 0,1 - 0,6 g/l di Ca (500-1000 l acqua/ha) preferibilmente in miscela con un bagnante. Risultati incoraggianti nell'abbassare il rapporto K:Ca sono stati ottenuti trattando Golden Delicious con Ca complessato con peptidati derivati dalla lavorazione della lana (*Marcolini et al., 2004*).

Anche per il pero i trattamenti a base di calcio alla chioma si sono dimostrati utili nella prevenzione dell'imbrunimento interno dei frutti di Passacrassana e del riscaldamento da senescenza su Abate Fetel e

## [ BORO Da impiegare con cautela

I ricorso alle irrorazioni di B, al fine di incrementare la vitalità del budello pollinico, può aumentare la concentrazione di Ca nel frutto alla raccolta, determinando una riduzione dell'incidenza della suberosità interna e della spaccatura delle mele, un aumento della consistenza della polpa e dell'acidità titolabile e una minore incidenza dell'imbrunimento interno delle pere Conference (*Wojcik e Wojcik, 2003*).

I numerosi prodotti commerciali sono generalmente a base di acido bórico o di poliborato di Na (*Peryea, 2002*); è necessario però prestare attenzione all'utilizzo di questo elemento, perché le soglie di carenza e tossicità sono molto vicine tra loro. Un eccesso di B può, ad esempio, accelerare la maturazione e lo sviluppo del colore rosso delle mele e determinare un aumento

dell'incidenza del disfacimento interno durante la conservazione (*Merlo et al., 1987*), ridurre quantità (numero e pezzatura dei frutti) e consistenza della polpa dei frutti di actinidia anche solo dopo un breve periodo di conservazione (*Smith e Clark, 1989*). Nell'area mediterranea, gravi fenomeni di tossicità da B (170 ppm di B nelle foglie) sono stati riscontrati nella Grecia Settentrionale (Regione di Meliki) in aree frutticole in cui viene fatto uso di acque irrigue provenienti da falde artesiane ricche in B (fino a 3.2 ppm) (*Sotiroupolus et al., 1997*).

Fenomeni di tossicità possono verificarsi anche in zone termali nelle quali l'acqua calda, particolarmente efficiente nel solubilizzare il B presente nei minerali del suolo (es. tormalina), rappresenta spesso l'unica fonte idrica (*Sale e Clark, 2002*). La concentrazione del B nell'acqua di irrigazione non dovrebbe oltrepassare i 0,5 ppm (*Smith et al., 1987*). ■



[ TAB. 1 - CONCENTRAZIONE DI CA, K E MG

(mg/kg di sostanza secca)				
FRUTTI	Ca	K	Mg	K/Ca
<b>FUJI</b>				
- sani	233	7751	289	34
- butterati	157	8231	254	54
Significatività	**	ns	*	**
<b>DALLAGO</b>				
- sani	206	3767	211	18
- alterati	118	6332	238	52
Significatività	*	ns	ns	*

Kaiser (Gorini 1988; Raese e Drake, 1993). Va sottolineata la difficoltà del Ca di penetrare all'interno del frutto e la sua predisposizione ad accumularsi nell'epicarpo (Toselli et al., 1998).

Le irrorazioni fogliari a base di Ca nel corso della stagione vegetativa possono trovare applicazione anche su pesco e altre drupacee al fine di migliorare il contenuto di solidi solubili totali (Robson et al., 1989), la consistenza della polpa (Hopfinger et al., 1990) e ridurre la rugginosità dell'epicarpo (Scudellari et al., 1995), come osservato sulle nettarine Caldesi 2000, Maria Aurelia, Stark Red Gold e Venus (Quartieri et al., 1998; Scudellari et al., 1995). La presenza di Ca nel frutto influenza notevolmente anche la qualità delle susine; la cv Stanley, ad esempio, ha tratto beneficio da 5 trattamenti fogliari con  $\text{CaCl}_2$ , alla dose di 1,8 kg di Ca/ha, ad intervalli di 10 giorni a partire da caduta petali, determinando un aumento della pezzatura e della consistenza della polpa (Plich e Wójcik, 2002). L'effetto sulla durezza è però risultato evidente solo in condizioni subottimali di Ca nel frutto o con un basso rapporto Ca:N (0,08 invece di 0,1). Studi effettuati su ciliegio in Canada hanno dimostrato che quattro appli-

cazioni settimanali di soluzioni di cloruro di Ca (0,35%) prima della raccolta, non solo riducono la comparsa delle spaccature nel frutto (cracking), ma determinano anche un aumento dei solidi solubili (Meheriuk et al., 1991).

L'associazione di idrossido di rame (1,5 gr/l) con idrossido di Ca (30 gr/l) tre e sei settimane dopo l'antesi ha determinato una reazione di stress con conseguente riduzione dei fenomeni di cracking (Brown et al., 1996) e aumento dello spessore dell'epidermide del frutto grazie, in particolare, all'azione del Cu, la cui fitotossicità è diminuita in presenza di sali di Ca.

Anche nell'actinidia si ri-

corre sovente a concimazioni fogliari con l'intento di aumentare la serbevolezza dei frutti e di renderli meno suscettibili al rammollimento e ai marciumi da botrite. L'esito dei trattamenti fogliari con Ca appare discutibile. Essi non sono risultati efficaci nelle sperimentazioni effettuate in Nuova Zelanda sia su *A. deliciosa* (Prasad e Spiers, 1991) che su *A. chinensis*, cv Hort16A dove accanto ad un aumento della concentrazione di Ca, non si sono osservate variazioni dell'incidenza del maculatura fisiologica (physiological pitting) e della consistenza della polpa dopo vari mesi di frigoconservazione (Boyd et al., 2006). In Pianura Padana (Scudellari et al., 1996), un elevato numero (11) di irrorazioni fogliari (con polipeptidato di Ca), non ha migliorato la concentrazione di Ca nei frutti e nelle foglie, la consistenza della polpa e il residuo secco rifrattometrico.

Tuttavia, in esperimenti condotti in Giappone (Xie et al., 2003), in suoli acidi scarsamente dotati di Ca, l'apporto fogliare di Ca (sotto forma di chelato), effettuato 45-50 giorni dopo la fioritura, ha aumentato del 40-80% la concentrazione del Ca nei frutti delle cv

Hayward e Koryoku, ritardandone il rammollimento nella fase di post-raccolta. Effetti analoghi sono stati ottenuti irrorando la cv Hayward con cloruro di Ca (Gerasopoulos et al., 1996). L'apporto fogliare di Ca non deve costituire un intervento consuetudinario, ma piuttosto un'utile opzione agronomica da mettere in pratica negli impianti di actinidia soggetti a carenza. I cambiamenti strutturali che si verificano negli strati esterni dell'epidermide del frutto in accrescimento, con formazione di uno strato protettivo particolarmente evidente dopo 17 settimane dall'allegazione (Xiloyannis et al., 2003), potrebbero rallentare la penetrazione del Ca nella polpa. Nel frutto il 50% del Ca totale è concentrato nei rafidi, cristalli aghiformi di ossalato di Ca (insolubile) che possono talvolta conferire ai derivati industriali (ad esempio ai nettari) una fastidiosa sensazione gustativa. La bassa solubilità del Ca ostacola il suo trasporto all'interno della pianta e rende la determinazione della frazione "fisiologicamente attiva" più difficile da accertare analiticamente (Sale e Clark, 2002). La concentrazione del Ca nel frutto varia notevolmente a seconda della sua posizione all'interno della chioma; i frutti esposti alla luce, ad esempio, possono presentare una concentrazione di Ca anche doppia rispetto a quelli ombreggiati (Xiloyannis et al., 2003). Per questo motivo sarebbe opportuno effettuare le analisi su singoli frutti piuttosto che su campioni rappresentativi della pianta o della parcella (Sale and Clark, 2002). ■

Gli autori sono del Dipartimento Colture Arboree, Bologna  
La bibliografia è disponibile presso gli Autori

## [ RELAZIONE TRA CALCIO E FOGLIE INFETTE

Relazione tra la concentrazione di Ca "residuo" nelle foglie e la percentuale di foglie con sintomi di maculatura bruna, ottenuta su peri (cv Abate Fetel), allevati in vaso e inoculati sperimentalmente.

