

Luce

La carenza di luce durante lunghi periodi di conservazione (trasporto per lunghe distanze) accelera il processo d'ingiallimento fogliare in alstroemeria, crisantemo, dalia, gladiolo e altri fiori. Tale fenomeno è molto più accentuato quando la conservazione viene effettuata in locali non refrigerati. La presenza di luce negli ambienti di conservazione diminuisce l'utilizzazione dei carboidrati presenti nel fiore reciso con effetto positivo sulla longevità, ma non sembra svolgere un ruolo determinante soprattutto quando i fiori sono posti in una soluzione di conservazione contenente zucchero. Un caso particolare è costituito dai fiori recisi di *Protea nerifolia* che non subiscono l'imbrunimento fogliare se conservati in locali con alta intensità luminosa.

Etilene endogeno ed esogeno

L'etilene è una molecola molto semplice rispetto a tutti gli altri fitormoni e si distingue da questi perché si trova sotto forma gassosa. La sua produzione è stata rilevata in tutti gli organi delle piante superiori (radici, foglie, semi, frutti e fiori). La via di biosintesi a partire dal precursore iniziale (metionina) è ben conosciuta e tutti gli enzimi coinvolti sono stati caratterizzati e clonati (Yang, 1985). La produzione e l'azione dell'etilene sono state particolarmente studiate durante la maturazione dei frutti climaterici, ma anche nei fiori recisi di garofano. Nella biosintesi dell'etilene il precursore metionina viene convertito in S-adenosil-1-methionine (Ado-Met), mediante un enzima, la Ado-Met sintetasi. Successivamente la Ado-Met viene trasformata in acido 1-amminociclopropano-1-carbossilico (ACC), un amminoacido non proteico, mediante l'enzima ACC sintetasi (Fig. 6). Questo enzima è localizzato nel citoplasma, ma la sintesi dell'ACC avviene nel vacuolo delle cellule. La reazione finale della via biosintetica, cioè la conversione dell'ACC in etilene, è caratterizzata da un enzima ossidativo (ACC ossidasi). Questo enzima è localizzato principalmente sul tonoplasto e solo in parte anche sul plasmalemma. La produzione di etilene aumenta con l'attivazione genica degli enzimi ACC sintetasi e ACC ossidasi.

La sintesi di etilene è influenzata da diversi fattori: tra i più importanti la temperatura, l'anidride carbonica, l'ossigeno e la luce. Inoltre è stata trovata una certa correlazione con altri ormoni (auxine, citochinine, gibberelline ecc.) e con regolatori di crescita (acido



Fig. 6 - Scansione al microscopio elettronico di un vaso di conduzione ostruito da batteri

naftalacetico) e ritardanti di crescita (2,2-dimetilidrazide dell'acido succinico, chlorocholine chloride ecc.).

Sostanzialmente sono tre le strategie d'intervento per attenuare i danni provocati da etilene, sia questo di natura esogena o endogena. Si può infatti agire sulla via di sintesi o sull'azione dell'ormone stesso, oltre che evitare la sua presenza nell'ambiente di conservazione.

La presenza di etilene esogeno in un ambiente di conservazione può condizionare, anche se a bassissime concentrazioni (0,1-1 ppm), la longevità e la qualità dei fiori recisi (Abeles *et al.*, 1992; Reid, 1995; Dodge *et al.*, 1998). I disordini fisiologici durante la conservazione postraccolta si manifestano con accelerazione del processo di senescenza nei fiori recisi suscettibili (Tab. 3) all'avvizzimento, mancanza di apertura dei fiori, defogliazione, caduta dei petali ecc. L'origine dell'etilene esogeno può essere di natura biologica o non biologica. Nel primo caso la produzione biologica è rappresentata dalla biosintesi da parte di batteri, funghi e altro materiale vegetale (ortaggi e frutta) presenti nell'ambiente di conservazione. Nel secondo caso invece la produzione di etilene è dovuta a reazioni chimiche ossidative come coprodotto dei fumi di gas di scarico dei motori endotermici utilizzati per riscaldamento e trasporto, forche sollevatrici, veicoli di trasporto a combustione interna e fumo di sigarette.

Tab. 3 - Fiori recisi sensibili all'etilene

Achillea	Aconitum	Agapanthus	Allium
Alstroemeria	Anemone	Antirrhinum	Aquilegia
Asclepias	Astilbe	Bouvardia	Campanula
Celosia	Centaurea	Chelone	Consolida
Delphinium	Dianthus	Dicentra	Digitalis
Eremurus	Eustoma	Freesia	Godetia
Gypsophila	Iris	Kniphofia	Lathyrus
Lavatera	Lilium	Limonium	Lupinus
Lysimachia	Matthiola	Phlox	Penstemon
Physostegia	Ranunculus	Rosa	Rudbeckia
Salvia	Saponaria	Scabiosa	Sedum
Silene	Solidago	Thalictrum	Trachelium
Veronica	Veronicastrum		

Occorre quindi prestare attenzione alle possibili fonti di etilene esogeno siano queste di natura biologica e non, che potrebbero ulteriormente accelerare il processo di senescenza nei fiori recisi.

Prevenire i danni da etilene

Per evitare l'azione dell'etilene bisogna conoscere bene la modalità d'azione di quest'ormone e la sua interazione con i prodotti che si vogliono conservare. Le strategie per difendersi dall'etilene consistono essenzialmente nell'evitare la presenza dell'ormone nell'ambiente di conservazione, bloccarne la biosintesi oppure l'azione.

Evitare la presenza dell'ormone

Per evitare la presenza dell'ormone nell'ambiente di conservazione occorre intervenire nel seguente modo:

- evitare la conservazione contemporanea dei prodotti sensibili con altri ad alta produzione endogena dell'ormone;
- rimuovere il gas dall'ambiente di conservazione con un'adeguata ventilazione nei locali di conservazione, assicurandosi che l'aria di ricambio sia priva di etilene;
- evitare il transito di motori a combustione interna e la presenza di fumatori nei locali di stoccaggio e conservazione;

- utilizzare prodotti in grado di eliminare l'etilene mediante ossidazione con permanganato di potassio. Questo è un sistema molto efficiente, ma richiede che tutta l'aria del locale di conservazione venga a contatto con il materiale. Un nuovo sistema prevede l'uso di lampade ad UV che però non sono ancora disponibili in commercio.

Inibire la biosintesi dell'etilene

L'inibizione della biosintesi può essere effettuata mediante l'uso di inibitore come amminoetossivinilglicina (AVG) e acido amminossiacetico (AOA) che inibiscono l'ACC sintasi. Quest'ultimo enzima porta alla formazione dell'ACC che è direttamente convertito in etilene in presenza di ossigeno ad opera di un altro enzima chiamato ACC ossidasi. Questo enzima, a sua volta, può essere bloccato mediante altri inibitori come il cobalto. L'ingegneria genetica in questi ultimi anni ha utilizzato l'*antisense technology* per inibire l'espressione dei geni che codificano per l'ACC sintasi o ossidasi. Piante transgeniche di garofano, con un gene che codifica per l'antisense ACC sintasi, manifestano una bassissima produzione dell'ormone. Questo però non le rende immuni dall'azione dell'etilene esogeno il quale provoca ugualmente effetti deleteri sulla qualità del prodotto. Un'altra possibile strategia d'intervento per inibire la biosintesi di etilene riguarda la modificazione delle condizioni ambientali in camera ad atmosfera controllata. Infatti, riducendo la concentrazione dell'ossigeno al di sotto del 2% oppure aumentando la concentrazione della CO₂ al di sopra del 8%, non si ha produzione dell'etilene.

Inibire l'azione dell'etilene

Il meccanismo d'azione degli inibitori dell'etilene si basa sulla loro capacità di competere con il sito di legame del recettore specifico per l'ormone, rendendo così inefficace la presenza dell'etilene. Tra i prodotti in commercio il principio attivo più comune è il 1-metilciclopropene (MCP) e il tiosolfato d'argento (STS). Quest'ultimo pur essendo attualmente in uso, è soggetto a notevoli restrizioni governative a causa del suo contenuto d'argento che lo rende un potenziale inquinante ambientale. La capacità dell'argento di raddoppiare la durata postraccolta dei fiori è nota fin dagli anni settanta. Il primo sale d'argento impiegato è stato il nitrato d'argento, ma il suo uso fu abbandonato a causa della sua incapacità di traslocare all'interno dei fiori.

La possibilità che l'argento possa essere un inquinante delle risorse idriche ha spinto la ricerca scientifica verso prodotti alterna-

tivi che abbiano la stessa efficacia dell'EtS e contemporaneamente non siano dannosi per l'ambiente. Fu il dott. Ed Sisler dell'Università dello stato della California a scoprire negli anni ottanta la molecola dell'1-metilcilopropene (1-MCP) avente, una struttura chimica simile a quella dell'etilene e capace d'inibirne gli effetti. Sebbene la modalità d'azione di questo composto sia ancora oggetto di studio, si crede che l'1-MCP possa competere con l'etilene a livello dei recettori delle membrane cellulari reprimendo così gli effetti biologici dell'ormone.

Come l'etilene, anche l'1-MCP è un gas che agisce a bassissime concentrazioni: 200 ppb per 6 ore sono infatti sufficienti per preservare i prodotti dall'azione dell'etilene. Purtroppo l'impiego di questo prodotto richiede la presenza di camere a tenuta di gas, spesso molto costose, dove porre i prodotti da trattare. Al fine di velocizzare il processo di trasferimento del prodotto si può abbinare il preraffreddamento al trattamento con 1-MCP. Il prodotto commerciale è in polvere e la liberazione dell'1-MCP gassoso avviene mediante l'aggiunta di acqua o solvente specifico nel recipiente in cui è posto il prodotto commerciale. Il prodotto in polvere può essere posto in un bicchiere o in un recipiente simile e lasciato nella camera di conservazione dove si trovano i fiori. L'applicazione dell'1-MCP a fiori sensibili all'etilene garantisce un forte miglioramento della loro qualità. La durata dell'effetto del trattamento a temperatura ambiente varia da 4-7 giorni ma può essere prolungata se i fiori sono conservati al freddo. Per aumentare la protezione dei fiori si possono effettuare più trattamenti consecutivi senza per questo danneggiare il prodotto.

Qualità dell'acqua

Come già ricordato, la composizione dell'acqua di conservazione può influenzare la longevità dei fiori recisi. L'acqua utilizzata per la reidratazione e per la conservazione deve essere idonea dal punto di vista sanitario con assenza di floruri, sodio e altri elementi tossici.

La presenza di 1 ppm di floruri nell'acqua è sufficiente per indurre effetti tossici su fiori recisi di gaillardia (Rajitha *et al.*, 1999), gerbera, gladiolo, rosa e fresia. Il pH deve essere acido (3,0-5,5) in modo da ostacolare la crescita dei microrganismi. Studi comparativi sull'utilizzo di acqua di rubinetto o acqua distillata in fiori di crisantemo hanno messo in evidenza che la presenza di ioni calcio, magnesio e rame migliora la qualità del fiore (van Meeteren, 1999).

Variazione dei componenti cellulari e ingiallimento

Durante la conservazione e la vita postraccolta i fiori recisi subiscono profonde trasformazioni a livello cellulare. Le foglie virano di colore a causa di un processo degenerativo dei pigmenti clorofilliani e ciò rende visibili altri pigmenti come i carotenoidi e gli antociani. Le proteine totali diminuiscono e aumenta la concentrazione di amminoacidi che possono essere responsabili della comparsa di odori sgradevoli. L'ingiallimento fogliare in alcuni fiori recisi come l'alstroemeria può compromettere la qualità e quindi la commercializzazione dei fiori stessi. Nel processo d'invecchiamento naturale l'ingiallimento è geneticamente programmato e si accompagna alla mobilitazione delle riserve dalle foglie ad altri organi di riserva della piante. Questo fenomeno viene meno nel caso in cui i fiori o le fronde vengano raccolte. Ciò che avviene è l'attivazione di un processo degenerativo che può essere definito come "senescenza indotta dalla raccolta", per cui si parla di "senescenza postraccolta", per distinguerla da quella naturale. L'ingiallimento fogliare, dopo la raccolta, è direttamente legato all'alterazione dell'equilibrio ormonale. Nel momento in cui i fiori sono raccolti, viene meno l'apporto ormonale da parte delle radici che sono il sito di biosintesi delle citochinine. La carenza ormonale può essere però superata con l'apporto esogeno di queste sostanze. Infatti, trattamenti con gibberelline e citochinine sono in grado di dilazionare la comparsa dei sintomi d'ingiallimento nei fiori recisi di alstroemeria. L'applicazione delle citochinine come trattamento di conservazione è stata utilizzata per prevenire l'ingiallimento fogliare delle piante di *Dieffenbachia*, durante il trasporto oltreoceano. Particolarmente efficace nel ritardare il processo d'ingiallimento fogliare nei fiori recisi si è dimostrato il thidiazuron, un sostituto della fenilurea con una potente azione citochinina-simile. Pretrattamenti con 10 μ M di thidiazuron sono risultati sufficienti per ritardare l'ingiallimento fogliare dell'*Alstroemeria* di ben 3-4 mesi a 20°C con il 60% di umidità relativa e un fotoperiodo artificiale di 10 ore (Ferrante *et al.*, 2001). È comunemente impiegato come fitoregolatore esogeno nelle culture *in vitro*. Dal punto di vista commerciale è registrato come defogliante del cotone e come erbicida.