

A. Virzo De Santo

A. Fioretto

A. Alfani

Resistenza alla siccità di *Cissus quadrangularis* L.,

Vitacea succulenta con CAM *

INTRODUZIONE

L'habitus succulento e il CAM, caratteristiche peculiari di molte specie di piante superiori appartenenti a gruppi tassonomici diversi, rappresentano, come è noto, meccanismi di adattamento che permettono la crescita e la sopravvivenza in condizioni di estrema aridità. Nelle regioni secche, lungo un gradiente di aridità crescente, tra le piante superiori, solo le succulente con CAM persistono e si spingono nelle stazioni più aride (MOONEY et al., 1974). Il significato adattativo del CAM si basa essenzialmente su due fatti. A) La fissazione notturna della CO₂ permette una elevata efficienza nell'uso dell'acqua. Le piante CAM infatti, in confronto alle piante C₃ e C₄, presentano i più bassi coefficienti di traspirazione (TING et al., 1972). B) Il CAM permette il riciclaggio della CO₂ endogena grazie anche ad una efficiente chiusura degli stomi e alla elevata resistenza cuticolare alla diffusione. Il riciclo della CO₂ endogena consente di mantenere un moderato livello di attività metabolica durante periodi di siccità severa e prolungata e quindi permette una pronta risposta fisiologica alle eventuali deboli precipitazioni (SZAREK et al., 1973).

In questo lavoro viene studiata nella specie CAM, *Cissus quadrangularis* L., la capacità di resistere ad un prolungato periodo

* Lavoro eseguito presso l'Istituto di Botanica dell'Università di Napoli con un contributo, per ricerche ecologiche, del C.N.R., Comitato Biologia e Medicina.

di siccità, l'attività CAM alla fine di questo periodo e le sue variazioni, nonché l'accrescimento, in seguito ad abbondanti annaffiature.

MATERIALI E METODI

Cissus quadrangularis L. è una Vitacea succulenta delle boscaglie xerofile tropicali e subtropicali dell'Africa, Asia, Madagascar e Molucche (RAUH, 1967). La pianta è rampicante e presenta rami succulenti verdi e foglie carnosette caduche.

Per gli esperimenti sono state usate piante in vaso, ottenute da talee prelevate da un lussureggiante esemplare coltivato nelle serre dell'Orto Botanico di Napoli. Le piante tenute in serra, sono state annaffiate per un periodo di 135 giorni (dall'inizio di gennaio a metà maggio) con piccole quantità di acqua ad intervalli di tempo progressivamente crescenti da 20 a 35 giorni. Le piante sono state quindi divise in due gruppi e abbondantemente annaffiate per 38 giorni dopo di che le annaffiature sono state interrotte. Uno dei due gruppi di piante è stato lasciato in serra, l'altro è stato portato in cella climatica. Nella serra la lunghezza del giorno seguiva ovviamente le variazioni stagionali; la temperatura nel periodo invernale, durante il quale la serra è riscaldata, si manteneva sui 20°C durante il giorno e scendeva a 18°C durante la notte. A primavera inoltrata e in estate la temperatura saliva durante il giorno fino a 30-35°C mentre di notte si manteneva sui 18-20°C. L'umidità relativa intorno al 70% di giorno, di notte era sempre del 100%. In cella climatica le condizioni erano invece controllate: fotoperiodo 12 h; temperatura di giorno $25,5 \pm 1^\circ\text{C}$, di notte $14,5^\circ\text{C}$; umidità relativa intorno al 90% di giorno e al 100% di notte.

Le fluttuazioni diurne della concentrazione di acido malico nei rami e nelle foglie, sono state misurate col metodo enzimatico di HOHORST (1970) su estratti in acqua (VIRZO DE SANTO et al., 1977) di campioni raccolti all'inizio e alla fine del periodo di luce.

Il contenuto in azoto totale dei rami è stato misurato con il metodo di Kjeldahal.

La crescita delle piante è stata seguita contando il numero di gemme e di internodi comparsi dal momento in cui sono state iniziate le annaffiature abbondanti.

RISULTATI

Le foglie di *C. quadrangularis*, prelevate da piante tenute in cella climatica, hanno mostrato fluttuazioni diurne del contenuto in acido malico tipiche del CAM (Fig. 1). L'ampiezza delle fluttuazioni è più bassa che nei rami ed è in relazione alla disponibilità idrica nel senso che è più accentuata in condizioni di moderata aridità; essa non sembra influenzata dalla intensità di luce tranne che per il fatto che il pool di malato è più alto a basse intensità di luce.

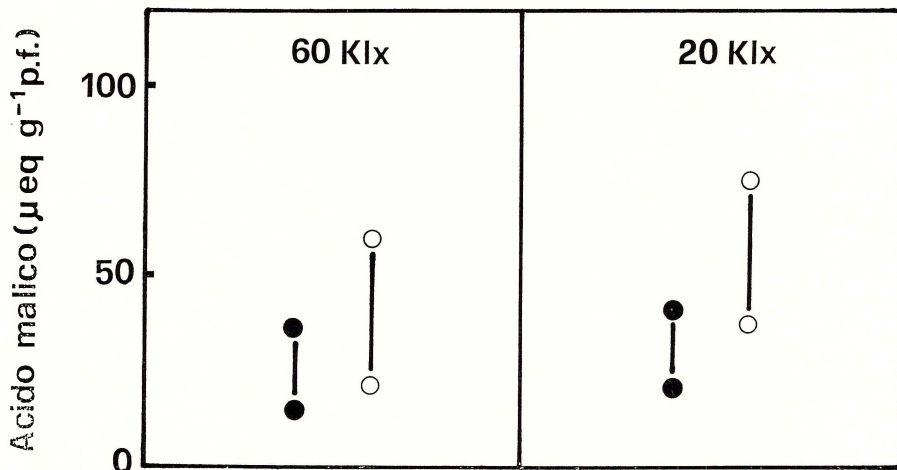


Figura 1 - Accumulo di acido malico nelle foglie di piante di *Cissus quadrangularis* con buona disponibilità idrica (●) e in condizioni di moderata aridità (○). Il contenuto di acido malico è stato misurato all'inizio (punto in basso) ed alla fine (punto in alto) del periodo di buio. Condizioni sperimentali: fotoperiodo 12 h; T = 25,5°C e U.R. = 70% di giorno; T = 14,5°C e U.R. = 100% di notte.

Gli internodi di *C. quadrangularis* presentano una grande capacità di ritenzione dell'acqua. Infatti rami staccati dalla pianta e tenuti in cella climatica perdono in 14 giorni solo il 13% del loro peso iniziale.

Le piante di *C. quadrangularis* sottoposte ad un prolungato periodo di siccità (135 giorni) non si accrescono, assumono un aspetto rugoso, la sezione trasversale degli internodi si presenta fortemente rimpicciolita ed il loro colore tende al bruno. Alla fine del periodo di siccità il tenore idrico è ancora uguale a 86% del peso fresco e sono misurabili fluttuazioni diurne dell'acido malico sia pure piuttosto basse (11 μeq per grammo di peso fresco).

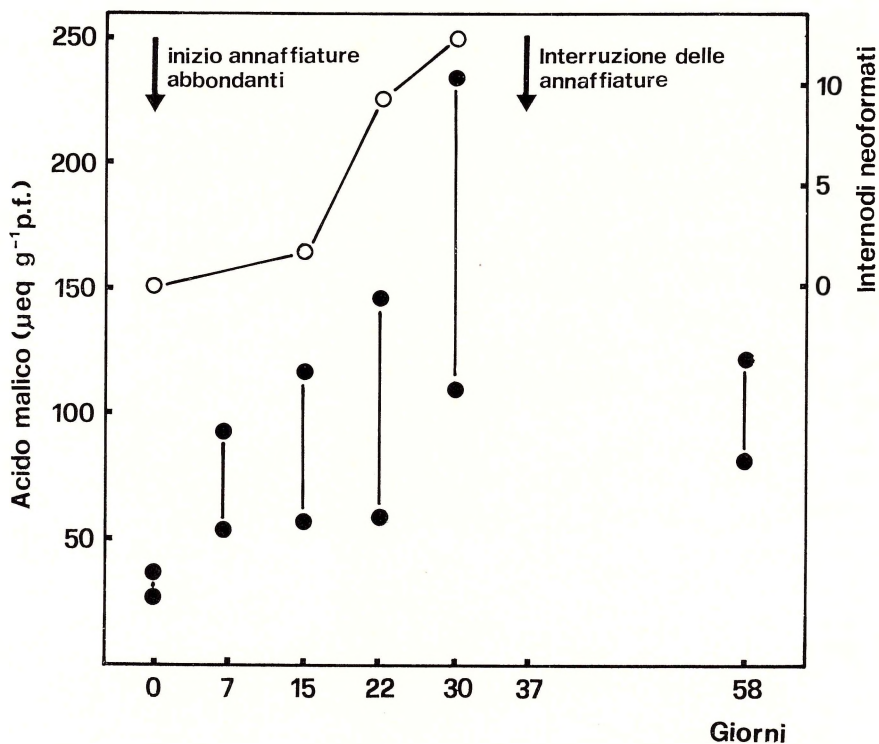


Fig. 2 - Accumulo notturno di acido malico (●) nei rami di *C. quadrangularis* e accrescimento, rilevato come numero di internodi neoformati, (○) in risposta alle annaffiature dopo un periodo di siccità prolungata. Spiegazioni e condizioni sperimentali come nella Figura 1.

Dopo 6 giorni di annaffiature abbondanti, sia le piante tenute in serra che quelle tenute in cella climatica, presentano già le prime gemme. Nelle piante della cella climatica, l'accumulo notturno di acido malico si triplica dopo 7 giorni di annaffiature, raggiunge valori 6 volte maggiori di quello iniziale dopo 15 giorni e 12 volte maggiori di quello iniziale dopo 30 giorni di annaffiature (Fig. 2).

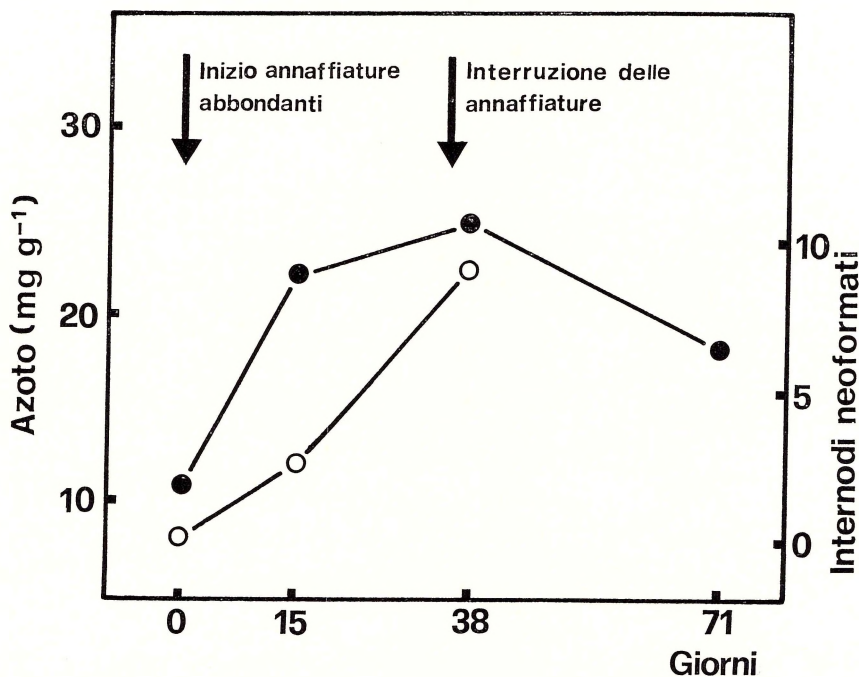


Figura 3 - Contenuto in azoto totale (●) e accrescimento, rilevato come numero di internodi nuovi, (○) in risposta alle annaffiature dopo un periodo di siccità prolungata in piante tenute in serra. Condizioni di temperatura e umidità riportate nel testo.

Il contenuto in azoto, nelle piante della serra, raddoppia dopo 15 giorni di annaffiature e cresce ancora, ma più lentamente, nei successivi 23 giorni (Fig. 3).

Il numero degli internodi neoformati, sia in cella che in serra (Fig. 2 e 3) cresce lentamente nei primi 15 giorni di annaffiature e molto più rapidamente dopo, quando l'attività CAM è molto intensa ed il contenuto di azoto è già raddoppiato.

L'attività metabolica rallenta quando si interrompono le annaffiature tanto che dopo 21 giorni l'ampiezza delle oscillazioni diurne di acido malico si riduce a 1/3 e scende anche il contenuto in azoto (Fig. 2 e 3).

Oltre alle variazioni dell'ampiezza delle oscillazioni diurne dell'acido malico, i dati dimostrano variazioni del pool di malato (Fig. 2) che sono probabilmente in relazione alle variazioni del volume delle cellule clorenchimatiche in conseguenza delle condizioni idriche della pianta. Infatti il pool di acido malico aumenta quando la pianta è abbondantemente annaffiata e diminuisce di nuovo con l'interruzione delle annaffiature.

DISCUSSIONE

I dati presentati indicano che l'attività metabolica di *C. quadrangularis* persiste, sebbene molto ridotta, dopo un prolungato periodo di siccità come si deduce dall'accumulo notturno di acido malico derivante molto probabilmente dal riciclo di CO₂ endogena. Infatti in piante di *C. quadrangularis* sottoposte ad aridità molto più moderata che in questo caso, è stata osservata una forte riduzione della traspirazione (VIRZO DE SANTO et al., dati in corso di pubblicazione) che fa supporre la completa cessazione degli scambi gassosi in condizioni di aridità molto spinta, come osservato da SZAREK et al. (1973) in *Opuntia basilaris*. Il mantenimento di una sia pur ridotta attività metabolica consente, col ritorno di condizioni idriche favorevoli, una ripresa rapida ed efficiente come dimostrano i dati relativi all'incremento della quantità di acido malico accumulato durante la notte (Fig. 2). Infatti dopo una sola settimana di annaffiature abbondanti l'accumulo notturno di acido malico appare triplicato. In *Opuntia basilaris*, SZAREK e TING (1975) hanno osservato un significativo incremento della sintesi notturna di acido malico, 24 ore dopo una pioggia.

L'aumento del contenuto in azoto (Fig. 3) è indicativo dell'incremento della sintesi delle proteine e quindi della formazione

di nuovo protoplasma come dimostrano anche i dati relativi all'accrescimento valutato in base alla formazione di nuovi internodi (Fig. 2 e 3). Infine sotto il regime di abbondanti annaffiature la crescita è così attiva che le piante raddoppiano il numero degli internodi in un mese.

Dai dati presentati si deduce che *C. quadrangularis* in natura è capace di sopravvivere a lunghi periodi asciutti e di crescere velocemente appena le condizioni sono favorevoli.

L'idoneità biologica di *C. quadrangularis* all'ambiente arido è dovuta sia alle caratteristiche xeromorfe che a meccanismi di tipo fisiologico. La spessa cuticola e il rivestimento ceroso sono molto importanti nella capacità di ritenzione dell'acqua.

La fotosintesi di tipo CAM, esplicita prevalentemente dal fusto, consente la fissazione del carbonio con bassissime perdite di acqua. Infatti il coefficiente di traspirazione è uguale a 28 e si riduce ulteriormente a 8 in condizioni di aridità moderata quando la traspirazione viene efficacemente ridotta (VIRZO DE SANTO et al., dati in corso di pubblicazione). Quest'ultimo valore è tra i più bassi finora riscontrati nelle piante CAM (NOBEL, 1976, TING et al. 1972).

Infine la persistenza di una ridotta attività CAM, probabilmente legata al riciclo della CO₂ endogena, consente, durante periodi prolungati di siccità, di evitare un bilancio negativo del carbonio.

RIASSUNTO

Cissus quadrangularis, Vitacea succulenta, con rami verdi e foglie carnosette caduche con attività CAM, mostra una elevata resistenza a condizioni di siccità prolungata. L'attività CAM persiste sebbene molto ridotta dopo 4 mesi di siccità. In seguito a copiose annaffiature, l'accumulo notturno di acido malico e il contenuto in azoto aumentano rapidamente e la massa della pianta raddoppia in un mese.

SUMMARY

Cissus quadrangularis L., a tendril-climbing shrub of the Vitaceae, bears deciduous fleshy leaves which show CAM activity as the green stems. The stems exhibit extraordinary capacity for water retention. The metabolic activity of *C. quadrangularis*, as estimated by nocturnal acidification, persists after 135 days of drought. After remoistening nocturnal synthesis of malic acid is highly enhanced, nitrogen content increases significantly and a fast growth is promoted.

BIBLIOGRAFIA

- HÖRST, H. J., 1970. *L*(-) *Malat* Bestimmung mit *Malatdehydrogenase* und *NAD*. In: BERGMAYER, H. U. *Methoden der enzymatischen Analyse*. Verlag chemie, Weinheim: 1544-1548.
- MOONEY, H., TROUGHTON, J. H. and BERRY, J. A., 1974. *Arid climates and photosynthetic systems*. Carnegie Inst. Washington Yearb. 73: 793-805.
- NOBEL, P. S., 1976. *Water relations and photosynthesis of a desert CAM plant, Agave deserti*. Plant Physiol. 58: 576-582.
- RAUH VON, W., 1967. *Die Grossartige Welt der Sukkulente*. Verlag Paul Parey, Hamburg-Berlin: 115.
- SZAREK, S. R., JOHNSON, H. B. and TING, I. P., 1973. *Drought adaptation in Opuntia basilaris. Significance of recycling carbon dioxide through Crassulacean Acid Metabolism*. Plant Physiol. 52: 539-541.
- SZAREK, S. R. and TING, I. P., 1975. *Physiological responses to rainfall in Opuntia basilaris (Cactaceae)*. Amer. J. Bot. 62: 602-609.
- TING, I. P., JOHNSON, H. B. and SZAREK, S. R., 1972. *Net CO₂ fixation in crassulacean acid metabolism plants*. In: BLACK, C. C. *Net carbon dioxide assimilation in higher plants*. Mobile South. Sect. Am. Soc. Plant. Physiol./Cotton: 26-53.
- VIRZO DE SANTO, A., DE LUCA, P. e ALFANI, A., 1977. *Adattamenti fisiologici alla vita « aerea » nel genere Tillandsia*. Giorn. Bot. Ital. 11: 195-210.