*Atti Soc. Tosc. Sci. Nat., Mem.*, Serie B, **96** (1989)
*pagg. 63-76, figg. 15*

G. Serrato Valenti (*), F. Ghezzi (*), M. Pesce (*)

# MODIFICAZIONI STRUTTURALI ED ISTOCHIMICHE IN PLANTULE DI PROSOPIS JULIFLORA (SW.) DC. (LEGUMINOSAE) INDOTTE DALLA SALINITÀ DEL MEZZO

**Riassunto** — È stato condotto uno studio comparativo tra plantule di *Prosopis juliflora* (Sw.) DC. (*Leguminosae*) cresciute in ambiente privo di NaCl e plantule cresciute in mezzi con NaCl a diversa molarità, fino alla concentrazione di 600 mM. Né la germinazione né la crescita delle piantine vengono influenzate in modo significativo dall'aggiunta di NaCl fino a 400 mM. La salinità induce modificazioni anatomiche ed istochimiche nella radice, nel fusto e nelle foglioline. Le più importanti sono: maggiori dimensioni del sistema vascolare, lignificazione precoce, presenza di numerose cellule di storaggio dell'acqua ed incremento di sostanze polisaccaridiche idrofile nelle pareti delle cellule epidermiche, nelle pareti degli stomi, delle cellule di storaggio dell'acqua e delle cellule dell'esodermide.

**Abstract** — *Structural changes induced by the medium salinity in Prosopis juliflora (Sw.) DC. (Leguminosae) seedlings. Prosopis juliflora* plants were grown in cultures in the absence or presence of NaCl, at the concentrations up to 600 mM. Addition of NaCl up to 400 mM did not significantly affect germination and growth. Salinity induced anatomical and histochemical changes in roots, shoots and leaflets. Among the major changes observed are: the larger size of the vascular system, the early lignification, the presence of numerous water storage and finally a large amount of hydrophilic polysaccaridic substances occurring in the walls of epidermal cells, in the walls of the stomatal cells, of the water storage cells and the exodermis cells.

**Key words** — *Prosopis juliflora* / salinity / structural changes.

## Introduzione

Tra le specie del genere *Prosopis* introdotte in regioni aride e semiaride in diverse parti del mondo (Habit, 1985), *Prosopis juliflora*

(*) Istituto Botanico «Hanbury», Università, Corso Dogali 1/C, 16136 Genova.

(Sw.) DC. sembra dimostrare la maggior valenza ecologica ai fini della colonizzazione di dune mobili sabbiose, di sabbie costiere, di terreni salati, di praterie aride degradate e di terreni sterili, dove le precipitazioni sono scarse ed irregolari (MUTHANA, 1985).

*P. juliflora*, infatti, cresce bene in regioni con piovosità di 150-600 mm annui, ma può vivere anche in zone talmente secche (75 mm o meno) in cui poche altre specie arboree riescono a sopravvivere (HABIT, 1981); è, inoltre, una specie molto resistente a condizioni di salinità, come risulta, tra l'altro, da recenti ricerche effettuate in regioni aride brasiliane (LIMA, 1985); cresce rapidamente, tollera modeste gelate, presenta una singolare capacità di resistenza a condizioni ambientali avverse (MUTHANA, 1985).

Nel presente lavoro è stato condotto uno studio comparativo tra plantule di *P. juliflora* cresciute in ambiente privo di NaCl e plantule cresciute in mezzi modificati da NaCl a diverse molarità, allo scopo di individuare eventuali modificazioni strutturali ed istochimiche nella radice, nel fusto e nella foglia. È noto, infatti, che la salinità, specialmente quella causata da NaCl, non solo influenza la crescita delle piante e il loro raccolto (STROGONOV, 1964; MASS e HOFFMAN, 1977, citati da SOLOMON *et alii.*, 1986) ma anche la morfologia, l'anatomia, l'ultrastruttura e il metabolismo (SOLOMON *et alii*, 1986). Un contributo alla conoscenza di una specie, *P. juliflora*, così importante ai fini della bonifica di vaste regioni aride, può essere fornito dalla discussione della sua anatomia in relazione a condizioni di stress.

## MATERIALE E METODI

I semi di *Prosopis juliflora* sono stati forniti dalla Banca dei semi della FAO in Roma e conservati alla temperatura di 4°C. Le semine, previo sterilizzazione dei semi con ipoclorito di Na allo 0,5% per 5 minuti, venivano eseguite in beute su 250 ml di soluzione Hoagland (NOEGGLE e FRITZ, 1976) solidificata con 0,9% Difco bacto-agar. Il pH del mezzo veniva aggiustato a 5,8 prima dell'autoclavaggio. Furono allestite cinque serie di colture; una, il controllo, con il terreno suddetto senza alcuna modifica, le altre con lo stesso terreno modificato dall'aggiunta di NaCl alle molarità, rispettivamente, di 100, 200, 400 e 600 mM. Le colture venivano tenute in camera di crescita 25° ± 1C°, a 3000 Lux con un ciclo luce/buio di 12 ore. I controlli venivano eseguiti ogni due giorni e le plantule venivano

raccolte dopo 15 e 45 giorni dall'inizio della germinazione ossia dall'emergenza della radichetta. Per l'osservazione al microscopio ottico, i campioni di radici, fusto e foglioline venivano fissati per 24 ore in FAA, disidratati nella serie degli alcoli ed inclusi in resina JB4 (Polyscience Inc.) in capsule BEEM (BRINN e PICKETT, 1979); di ogni radichetta veniva fissato il primo tratto a distanza di un cm. dal colletto, dei fusticini veniva fissato il primo internodio, della prima foglia, venivano prelevate le foglioline a metà rachide. Le sezioni di 5-7 μm venivano eseguite con un ultramicrotomo Reichert Om U2 equipaggiato di lame di vetro. Furono eseguite le seguenti reazioni istochimiche: a) Safranina-fast green come colorante generale (O'BRIEN e MCCULLY, 1981); b) Toluidina Blu O (TBO) in tampone acetato a pH 4,4 come colorante metacromatico (FEDER e O'BRIEN, 1968); Alcian Blu 8 GX (AB) in acido acetico a pH 2,5 e in HCl a pH 0,5, per i polisaccaridi acidi (LEV e SPICER, 1964). Per tutti i tests istochimici usati venivano eseguite reazioni di controllo secondo i rispettivi autori.

## RISULTATI

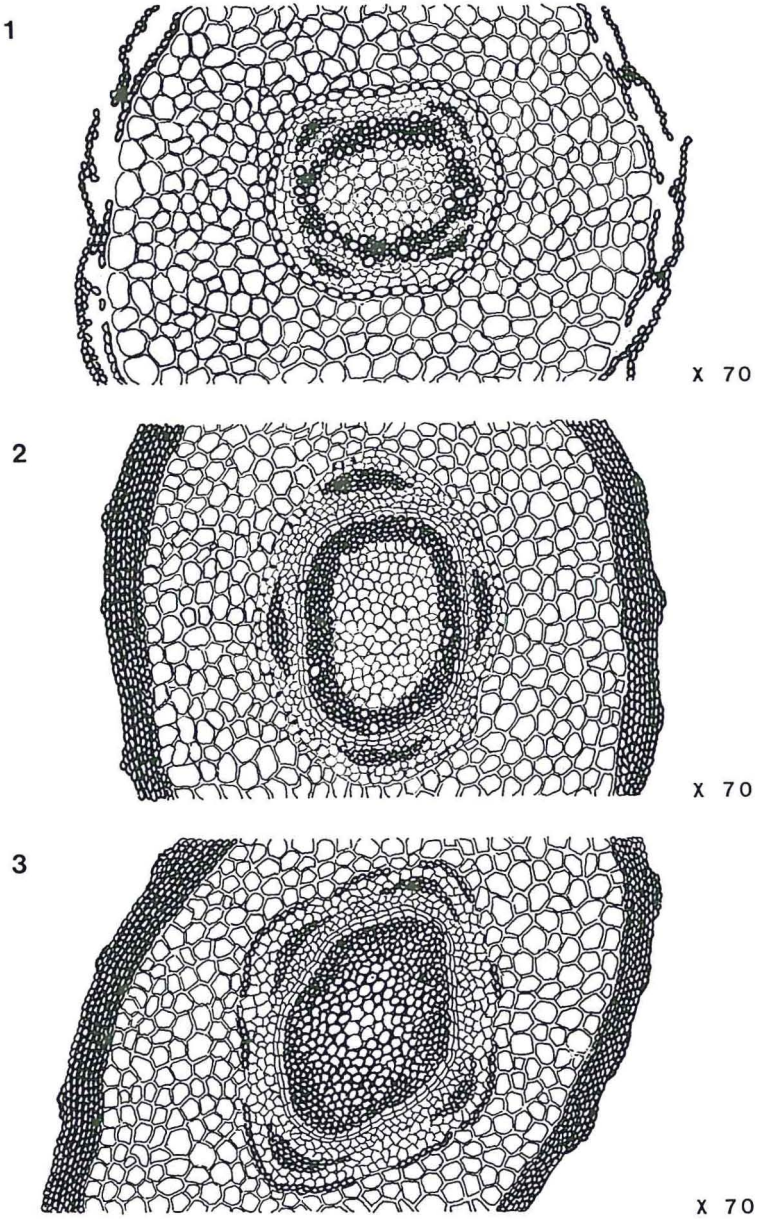
La molarità di 100 mM di NaCl non ha dimostrato alcuna incidenza sulla germinazione, sullo sviluppo delle plantule e sulle strutture anatomiche di esse; la molarità di 600 mM, al contrario, inibiva quasi totalmente la germinazione (98%) e rallentava fortemente la crescita delle poche piantine nate e resistenti. I migliori risultati si sono ottenuti con le molarità di 200 e 400 mM. A queste concentrazioni di NaCl, la totalità dei semi germinava (100%) e l'emergenza della radichetta indicava un ritardo di soli due giorni a 200 mM e di quattro giorni a 400 mM; lo sviluppo delle plantule appariva, comunque, del tutto regolare e le piantine non erano affatto sofferenti a causa dei trattamenti.

Per quanto riguarda l'anatomia delle giovani piantine riportiamo i risultati relativi allo studio di 45 giorni, il più significativo.

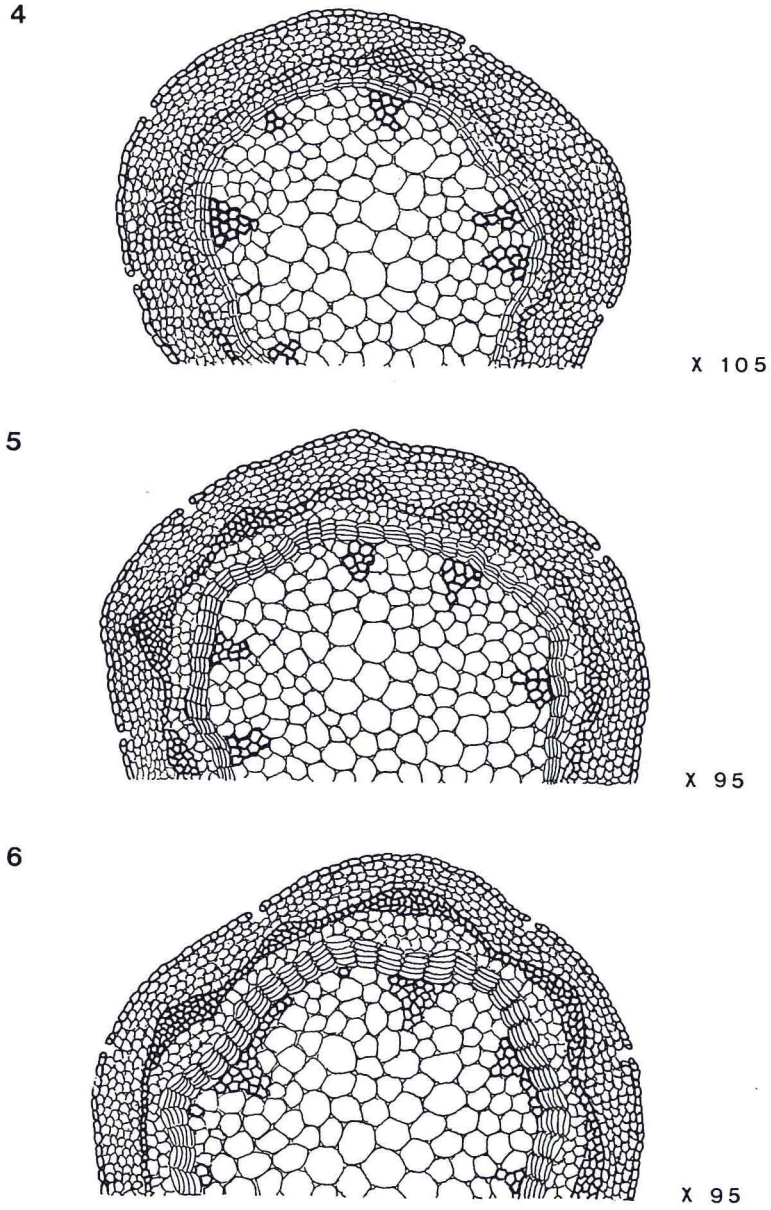
*Radice*. Nelle piantine di controllo, cresciute in ambiente privo di NaCl, il sistema radicale consiste di una sottile radice principale con scarse ramificazioni secondarie appena abbozzate. Nella stele, costituita originariamente da 8 arche legnose e liberiane, i fasci metaxilematici sono già uniti da xilema secondario; meno evidente è il deuterofloema; nella zona del periciclo sono presenti 4 masse scle-

renchimatiche disposte in modo simmetrico a croce; l'endodermide è chiaramente distinguibile; il parenchima corticale è costituito da 7-8 file di cellule grandi con parete sottile e di forma piuttosto regolare; l'epidermide è in gran parte lacerata e gli strati subepidermici corticali costituiscono un'esodermide di scarso spessore (2-3 file di cellule) che si desquama facilmente (Figg. 1 e 10). Nelle piantine cresciute in mezzo modificato da NaCl 200 mM, il sistema radicale non differisce sostanzialmente da quello del controllo. In sezione trasversale abbiamo rilevato le seguenti caratteristiche differenziali: nella zona interna, a livello di cilindro centrale la struttura secondaria è più avanzata rispetto al controllo, presentando un anello di xilema più spesso e più regolare, il cambio e il deuterofloema più evidenti; le masse sclerenchimatiche nella zona del periciclo sono più cospicue; l'endodermide è tuttora evidente; complessivamente il cilindro centrale è più sviluppato di quello del controllo; nella zona esterna l'esoderma ha raddoppiato il suo spessore (6-8 file di cellule) e si è arricchita di sostanze idrofile polianioniche come risulta dalla colorazione metacromatica (rosso-magenta) del TBO pH 4,4 e dalla colorazione azzurra dell'Alcian blue pH 2,5 e 0,5 (Fig. 2). Anche il sistema radicale in plantule cresciute in terreno addizionato di NaCl 400 mM non mostra differenze significative rispetto al controllo. In sezione trasversale si evidenziano, invece, variazioni molto cospicue rispetto al controllo stesso e alle piantine trattate con NaCl 200 mM: intensa lignificazione del parenchima midollare e dell'endodermide che appare stirata, schiacciata ed in alcuni punti strappata; maggiore dimensione del cilindro centrale; intensificazione della colorazione metacromatica nell'esodermide (Figg. 3 e 11).

*Fusto*. Nelle piantine di controllo, cresciute in terreno privo di NaCl, il fusto, allo stadio di 45 giorni dall'inizio della germinazione, presenta 3 internodi con una coppia di foglie per nodo, a disposizione alterna. In sezione trasversale il fusticino mostra un parenchima midollare con cellule molto grandi e che occupa più della metà della sezione; la stele è di 7-9 fasci collaterali di grandezza variabile; il metaxilema di ognuno di essi è chiaramente distinto e separato l'uno dall'altro dalle cellule parenchimatiche del raggio; l'anello cambiale è già intero e costituito da 3-4 strati di cellule nella zona intrafasciale e da 2-3 nella porzione interfasciale; è iniziata la differenziazione del deuterofloema che si evidenzia soprattutto nelle zone interfasciali; nel periciclo vi sono cellule a parete ispessita, talvolta riunite in gruppetti, talvolta disposte su un'unica fila; lo strato cor-



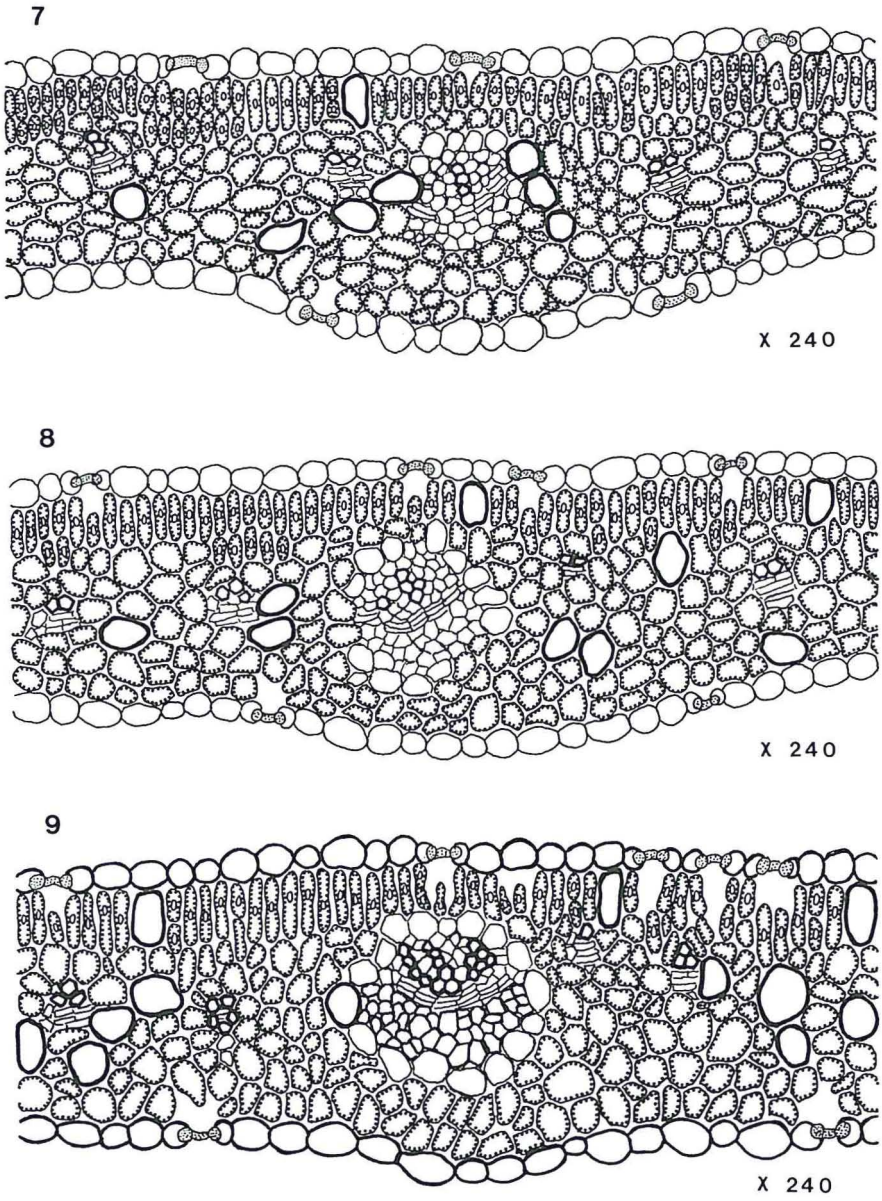

Figg. 1-3 - Sezioni trasversali di radici di *Prosopis juliflora* allo stadio di 45 giorni dall'inizio della germinazione. 1: Radice di plantula cresciuta in assenza di NaCl; 2: Radice di plantula cresciuta in presenza di NaCl 200 mM; 3: Radice di plantula cresciuta in presenza di NaCl 400 mM.



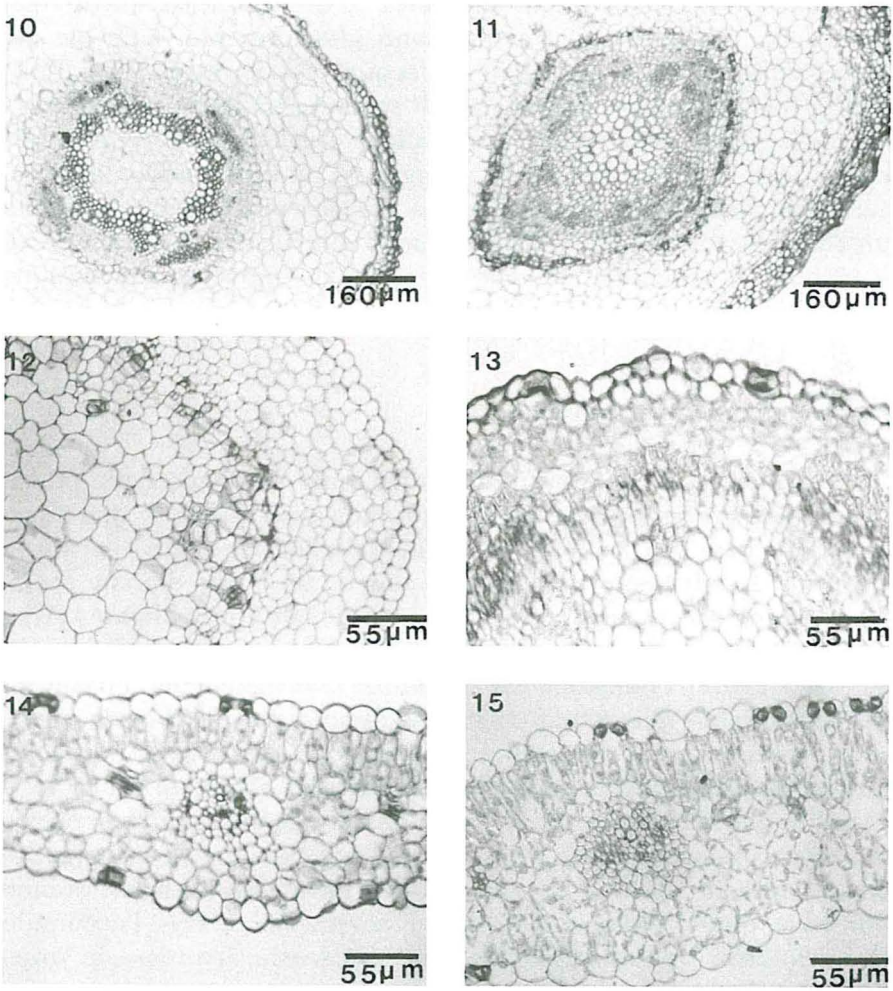

Figg. 4-6 - Sezioni trasversali di fusti di *Prosopis juliflora* allo stadio di 45 giorni dall'inizio della germinazione. 4: Fusto di plantula cresciuta in assenza di NaCl; 5: Fusto di plantula cresciuta in presenza di NaCl 200 mM; 6: Fusto di plantula cresciuta in presenza di NaCl 400 mM.

ticale è di 5-7 file di cellule parenchimatiche; l'epidermide è chiaramente distinguibile e presenta alcuni stomi (Figg. 4 e 12). Il fusto di piantine cresciute in mezzo modificato con NaCl 200 mM appare appena un po' più tozzo, ossia gli internodi (sempre 3) sono un po' raccorciati e di diametro leggermente maggiore. In sezione trasversale sono evidenti le seguenti caratteristiche differenziali rispetto al controllo: nel periciclo si è attuato un intenso processo di lignificazione con la formazione di un anello sclerenchimatico continuo anche se irregolare di spessore (da 1 a 5 file di cellule); l'anello floematico è quasi continuo, l'anello cambiale è costituito da 4 strati di cellule dappertutto, non c'è ancora deuteroxilema (Fig. 5). Nel fusto di piantine cresciute in terreno arricchito di NaCl 400 mM, gli internodi non si sono raccorciati in modo significativo rispetto alle piantine del precedente trattamento. In sezione trasversale si nota un'ulteriore intensificarsi del processo di lignificazione nella zona del periciclo, fatto denunciato da una più viva colorazione verde con TBO pH 4,4; si nota, inoltre, un incremento del meristema cambiale (4-5 file di cellule) ed un'intensa colorazione metacromatica (rosso magenta) sia nell'epidermide, soprattutto negli stomi, sia nel floema; inizia a formarsi il deuteroxilema, distinguibile specialmente tra un fascio e l'altro, in corrispondenza del cambio interfasciale (Figg. 6 e 13).

*Foglia.* È composta paripennata, con 7-9 paia di foglioline. La fogliolina, nel controllo, presenta stomi leggermente infossati, su entrambe le superfici; le epidermidi sia adassiale che abassiale hanno cellule irregolari nella forma e nelle dimensioni ma spesso più o meno globulari; il palizzata è costituito da una o due file di cellule sub-cilindriche abbastanza regolari, ricche di cloroplasti; il lacunoso è piuttosto compatto per la mancanza di grossi spazi intercellulari; le nervature sono di modeste proporzioni costituite da pochi elementi cribro-xilematici scarsamente lignificati; sparse nel mesofillo fogliare si trovano «cellule di storaggio» dell'acqua: sono cellule più grandi delle circostanti cellule mesofillari, prive di cloroplasti, apparentemente vuote di contenuto, ma in realtà piene di mucillagini (Sudzuki, 1985); le pareti delle cellule epidermiche e le pareti degli stomi presentano la tipica colorazione rosso-magenta (Figg. 7 e 14). Le foglie di plantule cresciute in mezzo addizionato di NaCl 200 mM non presentano, nella morfologia esterna, differenze rispetto al controllo: stesse dimensioni e stesso numero di pinne. In sezione la fogliolina presenta le seguenti differenze significative: maggior nume-




Figg. 7-9 - Sezioni trasversali di foglioline di *Prosopis juliflora* allo stadio di 45 giorni dall'inizio della germinazione. 7: Fogliolina di plantula cresciuta in assenza di NaCl; 8: Fogliolina di plantula cresciuta in presenza di NaCl 200 mM; 9: Fogliolina di plantula cresciuta in presenza di NaCl 400 mM.




Figg. 10-15 - Sezioni trasversali in plantule di *Prosopis juliflora* allo stadio di 45 giorni dall'inizio della germinazione. 10: Radice di plantula cresciuta in assenza di NaCl; 11: Radice di plantula cresciuta in presenza di NaCl 400 mM; 12: Fusto di plantula cresciuta in assenza di NaCl; 13: Fusto di plantula cresciuta in presenza di NaCl 400 mM; 14: Fogliolina di plantula cresciuta in assenza di NaCl; 15: Fogliolina di plantula cresciuta in presenza di NaCl 400 mM.

ro delle cellule di storaggio che aumentano anche di dimensioni, notevole intensificarsi della colorazione metacromatica nelle cellule epidermiche e nelle cellule di guardia dell'apparato stomatico (Fig. 8). Anche le foglie di plantule trattate con NaCl 400 mM non presentano, nella morfologia esterna, differenze degne di nota rispetto al controllo e alle foglie cresciute a 200 mM di NaCl. In sezione, però, alla concentrazione di 400 mM di NaCl, le differenze riscontrate nel precedente trattamento si evidenziano ulteriormente: notevole aumento delle cellule di storaggio dell'acqua, distribuite in tutto il mesofillo fogliare, nuovo incremento di sostanze polisaccaridiche idrofile nelle pareti delle cellule epidermiche e nelle pareti delle cellule stomatiche. A queste differenze si aggiunge un fatto nuovo: la nervatura principale è più sviluppata che nei casi precedenti e presenta un rimarchevole aumento degli elementi xilematici e liberiani e delle cellule sclerenchimatiche che formano un cappuccio a mezzaluna sul floema (Figg. 9 e 15).

## Discussione e conclusioni

L'influenza della salinità del mezzo sulla fisiologia delle piante superiori è da tempo oggetto di studi, non solo ai fini di una conoscenza di base ma anche allo scopo di elaborare efficaci strategie colturali. È comunemente accettato che, da un punto di vista ecologico, alcune specie possono essere definite «alofite obbligate» (Waisel, 1972), mentre è tuttora in discussione l'esistenza di alofite «fisiologicamente» obbligate. Tra gli autori che sostengono questa dipendenza fisiologica, Eshel (1985), nel dimostrare che *Suaeda aegyptiaca* richiede, per il suo sviluppo ottimale, NaCl a livelli di macronutriente, indica questa specie come un'alofita obbligata sia ecologicamente che fisiologicamente. È comunque, generalmente preferito dai diversi autori parlare di «salt tolerance» indicando o ipotizzando, di volta in volta, il meccanismo o i meccanismi che ne stanno alla base, quali l'esclusione di sale, l'incremento di $K+$, l'accumulo di carboidrati solubili come glucosio, saccarosio, fruttosio, la sintesi di soluti organici quali prolina, omobetaina, glicina betaina che permettono che alti livelli di sale non disturbino il metabolismo (Waisel, 1972; Rozema *et alii*, 1981; Lerner, 1985; Clipson *et alii*, 1985; Matoh *et alii*, 1988). Anche per il genere *Prosopis* gli autori (Dafni e Negbi, 1978; Felker *et alii*, 1981; Habit, 1985) parlano di stress-tolleranza e non di esigenza di sale, pur trattandosi di piante che

vivono spontanee in ambienti salini (ad esempio il Salton Sea in California e il deserto Atacama in Cile). *Prosopis juliflora* germina e cresce indifferentemente in ambiente privo di sale come a 100 mM di NaCl; germina e cresce bene anche a 200 mM e a 400 mM: a queste concentrazioni manifesta, però, significative variazioni strutturali e istochimiche. Nelle radici di plantule cresciute in presenza di sale, si verifica un progressivo aumento in spessore dell'esodermide, accompagnato da un progressivo incremento della componente polianionica idrofila nella parete cellulare; si verifica, inoltre, un anticipo nel passaggio alla struttura secondaria con la formazione di un più cospicuo anello continuo di deuteroxilema e di deuterofloema e con un precoce processo di lignificazione del parenchima midollare. Anche nel fusto cresciuto in presenza di sale è chiaro l'avvio anticipato della struttura secondaria con uno spiccato aumento dell'anello cambiale, del floema e l'inizio del deuteroxilema; intenso è il processo di lignificazione a livello del periciclo e l'incremento delle sostanze polianioniche. Nella foglia, infine, la presenza di NaCl nel mezzo induce un aumento nel numero delle cellule di storaggio dell'acqua, distribuite in tutto il mesofillo, un incremento della componente polianionica delle pareti cellulari epidermiche e stomatiche, ed, alla concentrazione di 400 mM, il differenziarsi di una nervatura centrale più grande, più ricca di elementi conduttori e meccanici.

La precoce lignificazione è un fenomeno già osservato in alofite come *Silene maritima* (Millner, 1934 citato da Saadeddin e Doddema, 1986), *Salicornia virginica* (Anderson, 1974 citato da Saadeddin e Doddema, 1986) *Arthrocnemum fruticosum* (Saadeddin e Doddema, 1986) o in piante cresciute sperimentalmente in mezzo addizionato di NaCl come *Pisum sativum* (Solomon *et alii*, 1986), ma non è stata mai segnalata in specie del genere *Prosopis*. Inoltre, mentre in *Salicornia virginica* il fenomeno è stato riscontrato più avanzato nel fusto, in *Silene maritima*, in *Arthrocnemum fruticosum* e in *Prosopis juliflora* è più marcato nella radice che apparirebbe, quindi, più sensibile alla salinità. Questo dato è in accordo con i risultati di Solomon *et alii* (1986) su *Pisum sativum*: gli autori dimostrarono che la salinità induceva cambiamenti anatomici e morfologici, nella radice, dopo soltanto 24 h di coltura.

Non ci risulta, dalla bibliografia, che siano state avanzate interpretazioni di questo avvio precoce della struttura secondaria. Da un punto di vista funzionale resta facile ipotizzare che la piantina, in condizioni di stress idrico legate al basso potenziale dell'acqua, prov-

veda a creare strutture più efficienti ai fini del suo bilancio idrico: in tutti e tre gli organi, radice, fusto e foglia, la parte vascolare si potenzia prima ed in modo più cospicuo. In quest'ottica andrebbero visti, secondo la nostra opinione, il grande spessore dell'esodermide e l'incremento di sostanze polianioniche idrofile, evidenziate dalle reazioni istochimiche impiegate. Tali sostanze (polifosfati, acidi policarbossilici e polisolfati) portano cariche negative che reagiscono metacromaticamente (colorazione rosso-magenta) con TBO a pH 4,4 (BULLOCK *et alii*, 1980), risultati confermati dall'Alcian Blue a pH 2,5 e 0,5: questo colorante basico, infatti, a bassi valori di pH, mostra affinità rispettivamente con polisaccaridi debolmente acidi (con gruppi -COOH) e con polisaccaridi fortemente acidi (con gruppi -SO4--); tali polisaccaridi acidi o pectine polianioniche o polianioni (HESLOP-HARRISON *et alii*, 1984) sono capaci di legare le molecole d'acqua in quantità direttamente proporzionali alle cariche negative presenti (MODENESI e VANZO, 1986). La presenza di sostanze capaci di legare molecole d'acqua acquista un particolare significato nella foglia: qui, infatti, sta ad indicare un meccanismo di cattura dell'umidità atmosferica, come è stato precedentemente dimostrato per *Prosopis tamarugo* (SERRATO VALENTI e MELONE, 1988), meccanismo più accentuato nelle foglioline cresciute in presenza di sale, nelle quali l'incremento della componente polianionica delle pareti delle cellule epidermiche e delle pareti degli stomi è messa in evidenza dall'intensificarsi della metacromasia. Nelle stesse foglioline, inoltre, l'arricchimento in cellule di storaggio dell'acqua del mesofillo rappresenterebbero una riserva idrica essenziale in un ambiente arido salino.

Molto resta da indagare sui meccanismi che sono alla base delle variazioni strutturali ed istochimiche indotte dalla salinità, ma il fatto che *Prosopis juliflora* sia una specie capace di realizzare, in tempi molto brevi, strategie adattative che le permettano di vivere in ambienti difficili, ci sembra una ragione in più ai fini di una scelta in un ampio progetto di bonifica ambientale.

*Ringraziamenti*

Gli autori sono molto grati al Dr. Fernando Riveros, Senior Officer Grassland and Pasture Crops Group, AGPC, FAO, Roma, per la sua preziosa collaborazione e vogliono ringraziare Silvana Carli e Sandra Placereani per l'assistenza tecnica e Maria Luisa Bentivoglio per i disegni.

## BIBLIOGRAFIA


BRINN N.T., PICKETT J.P. (1979) - Glycol methacrylate for routine, special stains, histochemistry, enzyme histochemistry and immunohistochemistry. *J. Histoch.*, **2**, 125-130.

BULLOCK S., ASHFORD A.E., WILLETTS H.J. (1980) - The structure and histochemistry of sclerotia of *Sclerotinia minor* Jagger. II. Histochemistry of extracellular substances and cytoplasmic reserves. *Protoplasma,* **104**, 333-351.

CLIPSON N.J.W., TOMOS A.D., FLOWERS T.J., WYN JONES R.G. (1985) - Salt tolerance in the halophyte *Suaeda maritima* L. Dum. *Planta,* **165**, 392-396.

DAFNI A., NEGBI M. (1978) - Variability in *Prosopis farcta* in Israel: seed germination as affected by temperature and salinity. *Israel Jour. Bot.*, **25**, 147-159.

ESHEL A. (1985) - Response of *Suaeda aegyptiaca* to KCl, NaCl and $Na_2SO_4$ treatments. *Physiol. Plant,* **64**, 308-315.

FEDER N., O'BRIEN T.P. (1968) - Plant microtechnique: some principles and new methods. *Amer. J. Bot.*, **55**, 123-142.

FELKER P., CLARK P.R., LAAG A.E., PRATT P.F. (1981) - Salinity tolerance of three legumes: Mesquite (*Prosopis glaundulosa* var. *torreyana, P. velutina* and *P. articulata*), Algarrobo (*P. chilensis*), Kiawe (*P. pallida*) and Tamarugo (*P. tamarugo*) grown in sand culture on nitrogen-free media. *Plant and Soil,* **61**, 311-317.

HABIT M.A. (1981) - *Prosopis tamarugo*: fodder tree for arid zones. FAO Plant Production and Protection Paper, **25**, 1-110. FAO, Rome.

HABIT M.A. (1985) - Estado Actual del Conocimiento Sobre *Prosopis tamarugo*, 1-483, FAO Universidad de Tarapacà Corporacion Nacional Forestal. Chile.

HESLOP-HARRISON Y., REGER B.J., HESLOP-HARRISON J. (1984) - The pollen-stigma interaction in the grasses. 5. Tissue organisation and cytochemistry of the stigma («silk») of *Zea mays* L. *Acta Bot. Neerl.*, **33** (1), 81-99.

LERNER H.R. (1985) - Adaptation to salinity at the plant cell level. *Plant and Soil,* **89**, 3-14.

LEV R., SPICER S.S. (1964) - Specific staining of sulphate group with Alcian Blue at low pH. *J. Histochem. Cytochem.*, **12**, 309-329.

LIMA P.C.F. (1985) - Trabajos de investigacion con especies del genero *Prosopis* de la region semiarida del Brasil, 125-133. In HABIT M.A. (1985), Estado actual del conocimiento sobre *Prosopis tamarugo*, 1-483. FAO Universidad de Tarapacà Corporacion Nacional Forestal. Chile.

MATOH T., MATSUSHITA N., TAKAHASHI E. (1988) - Salt tolerance of reed plant *Phragmites communis. Physiol. Plant,* **72**, 8-14.

MODENESI P., VANZO C. (1986) - The cortical surfaces in *Parmelia saxatilis* and *P. caperata*: a histochemical approach. *Lichenologist,* **18**, 329-338.

MUTHANA K.D. (1985) - Programas de desarrollo de especies de *Prosopis* en India, 191-201. In HABIT M.A. (1985), Estado actual del conocimiento sobre *Prosopis tamarugo*, 1-483. FAO Universidad de Tarapacà Corporacion Nacional Forestal. Chile.

NOEGGLE G.R., FRITZ G.J. (1976) - Introductory plant physiology. Prentice-Hall, New Jersey.

O'Brien T.L., McCully M.E. (1981) - The study of plant structure. Principles and selected methods. Termacarphi Pty, Melbourne.

Rozema J., Gude H., Bijl F., Wesselman H. (1981) - Sodium concentration in xylem sap in relation to ion exclusion, accumulation and secretion in halophytes. *Acta Bot. Neerl.*, **30**, 309-311.

Saadeddin R.A., Doddema H. (1986) - Anatomy of the «extreme» halophyte *Arthrocnemum fruticosum* (L.) Moq. in relation to its physiology. *Ann. Bot.*, **57**, 531-544.

Serrato Valenti G., Melone L. (1988) - Struttura fogliare in *Prosopis tamarugo* Phil. ed assorbimento dell'umidità atmosferica. *Giorn. Bot. Ital.*, **122** (Suppl. 1), 127.

Solomon M., Gedalovich E., Mayer A.M., Poljakoff-Mayber A. (1986) - Changes induced by salinity to the anatomy and morphology of excised pea roots in culture. *Ann. Bot.*, **57**, 811-818.

Sudzuki F. (1985) - Environmental influence on foliar anatomy of *Prosopis tamarugo* Phil. 295-303. In Habit M.A. (1985), Estado actual del conocimiento sobre *Prosopis tamarugo*, 1-483. FAO Universidad de Tarapacà Corporacion Nacional Forestal. Chile.

Waisel Y. (1972) - *Biology of halophytes*, 43-44. Academic Press, New York and London.

*(ms. pres. il 20 febbraio 1989; ult. bozze il 12 settembre 1989)*