

CÁLCIO, MAGNÉSIO E POTÁSSIO COMO AMENIZADORES DOS EFEITOS DA SALINIDADE SOBRE A NUTRIÇÃO MINERAL E O CRESCIMENTO DE MUDAS DE AROEIRA (*Myracrodruon urundeuva*)¹

Rogério Melloni², Francisca Alcivânia de M. Silva² e Janice G. de Carvalho²

RESUMO: A aroeira (*Myracrodruon urundeuva*) é uma espécie arbórea nativa de relevante valor socioeconômico mas que, devido à exploração predatória, está ameaçada de extinção. Estudos são necessários para garantir sua sobrevivência e viabilizar seu cultivo em solos não incorporados ao sistema produtivo, como aqueles que apresentam problemas de salinidade. Com o objetivo de verificar a ação do cálcio, magnésio e potássio como amenizadores do efeito de salinidade em aroeira, instalou-se um experimento em casa de vegetação, utilizando solução nutritiva Hoagland & Arnon a 50% de concentração, com nível único de NaCl (150 mol m⁻³) e diferentes concentrações de Ca, Mg e K. Após 35 dias de tratamento, coletaram-se as plantas e avaliaram-se o diâmetro do colo, matéria seca de raiz, caule e folha e nutrientes acumulados. A adição de 150 mol m⁻³ de NaCl promoveu significativa redução no diâmetro do colo e matéria seca de raiz, caule e folha de aroeira, mostrando alta sensibilidade dessa espécie à salinidade. Houve tendência de menor redução nessas variáveis em plantas que receberam maior dose de Ca, as quais apresentaram maior acúmulo de Ca, Mg e K nos diferentes órgãos vegetais. Plantas que receberam 6 mol m⁻³ de K apresentaram relações Ca/Na, Mg/Na e K/Na na parte aérea cerca de duas vezes maiores que aquelas que receberam outros tratamentos, mas aproximadamente três vezes menores que aquelas que não receberam sal, comprovando o efeito negativo do NaCl na absorção dos nutrientes. As concentrações de Ca, K e Mg utilizadas nesse experimento não foram suficientes para impedir o efeito negativo do estresse osmótico provocado pelo NaCl no crescimento da aroeira.

PALAVRAS-CHAVE: Aroeira, estresse osmótico, NaCl.

THE USE OF CALCIUM, MAGNESIUM AND POTASSIUM FOR REDUCING SALINITY EFFECTS ON MINERAL NUTRITION AND GROWTH OF AROEIRA (*Myracrodruon urundeuva*)

ABSTRACT: *Aroeira (Myracrodruon urundeuva) is a native tree of important socio-economic value but, due to the predatory exploration, it is threatened of extinction, demanding studies that guarantee its survival and plantation in soils not incorporated to the productive system, like soils with salinity problems. To verify the calcium, magnesium and potassium action in reducing salinity effect in aroeira, a greenhouse experiment was conducted. A Hoagland & Arnon nutrient solution at 50% of concentration with NaCl (150 mol m⁻³) and different concentrations of Ca, Mg and K were used. After 35 days of treatment the plants were harvested and their stem diameter, root, stem and leaf dry matters and accumulated nutrients were evaluated. The addition of 150 mol m⁻³ of NaCl promoted significant reduction in stem diameter and dry matter of root, stem and leaf, showing aroeira's high sensibility to salinity. This reduction was less evident in plants that received larger concentration of Ca, which presented a larger accumulation of Ca, Mg and K in its compartments. Plants that received 6 mol m⁻³ of K presented Ca/Na, Mg/Na and K/Na ratio of about two times more than those that received other treatments,*

¹ Apresentado na XII Reunião Brasileira de Manejo e Conservação do Solo e da Água, em Fortaleza (CE), 1998.

² Departamento de Ciência do Solo/UFLA, CP 37, Lavras/MG, 37200-000, rmelloni@mtv.com.br; alcivania@hotmail.com.br; janicegc@ufla.br.

but approximately three times less than those that did not receive salt, showing the negative effect of NaCl in the absorption of the nutrients. The concentrations of Ca, K and Mg used in this experiment were not enough to prevent the negative effect of the osmotic stress caused by NaCl in the growth of the aroeira.

KEY-WORDS: *NaCl, Myracrodruon urundeuva, osmotic stress.*

1. INTRODUÇÃO

A aroeira (*Myracrodruon urundeuva*) é uma espécie arbórea nativa, de relevante valor socioeconômico, principalmente no semi-árido brasileiro, onde vem sendo utilizada como planta medicinal, madeira de lei e também como lenha nas indústrias e propriedades rurais (Barbosa, 1994; Medeiros, 1996). Devido à exploração predatória, essa espécie está ameaçada de extinção, exigindo estudos que garantam sua sobrevivência e viabilizem sua utilização em solos não incorporados ao sistema produtivo da região.

O efeito da salinidade sobre o crescimento e o desenvolvimento das plantas é discutido por pesquisadores, principalmente dos países que apresentam regiões áridas e semiáridas, em função dos problemas socioeconômicos por ela causados. No Brasil, esse assunto tem maior importância na região nordeste, onde a evapotranspiração supera as chuvas e, por conseqüência, impossibilita a percolação da água através do perfil e a lixiviação dos sais do solo (Lima, 1997). Há diversos experimentos que comprovam o efeito negativo do NaCl sobre o crescimento de diversas plantas (Bressan *et al.*, 1990; Bennett, 1994; Sweby, Hockett e Walt, 1994; Locy *et al.*, 1996; Fernandes *et al.*, 1998a, b), inclusive aroeira (Miranda e Carvalho, 1998; Silva *et al.*, 2000).

O conteúdo de sódio na crosta terrestre é de aproximadamente 2,8%, enquanto o de potássio é de 2,65%. Em regiões temperadas, a concentração de Na⁺ na solução do solo é, em média, 0,1-1 mol m⁻³ e, quando em altas concentrações, assemelha-se à concentração de K⁺. Em regiões áridas e semiáridas, particularmente sob irrigação, concentrações de 50 a 100 mol m⁻³ de Na⁺ (predominantemente na forma de NaCl) são

típicas e têm um efeito marcante no crescimento das plantas (Marschner, 1995).

O papel do Ca⁺² na adaptação vegetal ao estresse salino é complexo e não bem definido. Efeitos positivos desse nutriente amenizando estresses salinos foram observados por Cramer, Läuchli e Polito (1985), Cachorro, Ortiz e Cerdá (1994), Ashraf e O'Leary (1997) e Davenport, Reid e Smith (1997), enquanto os efeitos de K e Mg são pouco estudados, apesar de Hu, Oertli e Schmidhalter (1997), em experimento com trigo, verificarem que a tolerância vegetal à salinidade aumenta com o incremento da concentração de íons na solução nutritiva.

Aplicado externamente, o Ca⁺² diminui o estresse salino por meio de função desconhecida que preserva a seletividade K⁺/Na⁺ e inibe sítios de absorção de K⁺, o que pode reduzir o influxo de Na⁺ mediado pelo componente de baixa afinidade de absorção de K⁺. O cálcio é usualmente mantido no citoplasma a 100-200 mol m⁻³, por transporte ativo e o NaCl promove um rápido aumento na sua concentração no citoplasma que, provavelmente, atua como um sinal de estresse geral. Embora não haja confirmação de que esse aumento seja um efeito de tolerância à salinidade, as maiores concentrações de Ca⁺² no citoplasma podem ser transitórias. Resultados sugerem que esse aumento, em função da exposição ao NaCl, pode ser reduzido pelo aumento da atividade da Ca-ATPase (Niu *et al.*, 1995).

Plantas muito sensíveis à salinidade absorvem água do solo, juntamente com os sais, possibilitando a toxidez pelo excesso de sal absorvido. Tal excesso promove desbalanços no citoplasma, fazendo com que os danos apareçam principalmente nas bordas e nos ápices das folhas, regiões onde ocorre o acúmulo dos sais absorvidos (Lima, 1997).

Com o objetivo de verificar a ação do cálcio, magnésio e potássio como amenizadores do efeito de salinidade sobre o crescimento e nutrição mineral da aroeira, conduziu-se um experimento em solução salina com níveis crescentes desses nutrientes.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Em casa de vegetação do Departamento de Ciência do Solo, da Universidade Federal de Lavras (UFLA/MG), em dezembro de 1997, sementes de aroeira (*Myracrodruon urundeuva*) foram semeadas em bandejas contendo vermiculita como substrato. Após trinta dias, as plântulas foram transferidas para outras bandejas contendo solução nutritiva de Hoagland & Arnon a 20% da concentração normal, permanecendo nesse recipiente por mais trinta dias. Após esse período, uniformizaram-se as mudas pela altura e número de folhas, transferindo-as, posteriormente, para vasos plásticos de 0,9 L (uma planta por vaso) contendo solução de Hoagland & Arnon a 50% da concentração. Utilizou-se delineamento experimental inteiramente casualizado, sendo que cada planta constituiu uma parcela, num total de quatro repetições por tratamento. Os tratamentos estão descritos na Tabela 1.

O NaCl foi inicialmente adicionado em intervalos de três dias, nos tratamentos de 2 a 8, até a concentração de 150 mol m^{-3} de NaCl (Silva *et al.*, 2000) e a solução de todos os tratamentos foi mantida em pH próximo de 5,5.

A cada dez dias, as soluções dos tratamentos foram renovadas e, aos 35 dias, coletaram-se as plantas, avaliou-se o diâmetro do colo e secou-se o material de raiz, caule e folha, até peso constante, em estufa a 65°C , para determinação da produção de matéria seca e acúmulo de Ca, Mg (teores obtidos por espectrofotometria de absorção atômica), K e Na (teores obtidos por fotometria de chama de emissão), após digestão nitroperclórica (Malavolta, Vitti e Oliveira, 1997).

Tabela 1. Tratamentos aplicados em mudas de aroeira cultivadas em solução nutritiva.

Table 1. *Treatments of aroeira seedlings cultivated in nutritive solution.*

Tratamentos	Descrição
1	Solução H&A*, sem adição de NaCl
2	Solução de H&A, com adição de NaCl (150 mol m^{-3})
3	Solução de H&A com 6 mol m^{-3} de K e NaCl (150 mol m^{-3})
4	Solução de H&A com 9 mol m^{-3} de K e NaCl (150 mol m^{-3})
5	Solução de H&A com 4 mol m^{-3} de Ca e NaCl (150 mol m^{-3})
6	Solução de H&A com 6 mol m^{-3} de Ca e NaCl (150 mol m^{-3})
7	Solução de H&A com 2 mol m^{-3} de Mg e NaCl (150 mol m^{-3})
8	Solução de H&A com 3 mol m^{-3} de Mg e NaCl (150 mol m^{-3})

(*) Solução nutritiva de Hoagland & Arnon (H&A), a 50% da concentração, contém 3 mol m^{-3} de K, 2 mol m^{-3} de Ca e 1 mol m^{-3} de Mg.

Os resultados foram submetidos às análises de variância e teste de médias pelo programa estatístico SANEST (Zonta, Machado e Silveira Júnior, 1984).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A adição de 150 mol m^{-3} de NaCl (tratamentos de 2 a 8) promoveu significativa redução no diâmetro e matéria seca de raiz, caule e folha de aroeira, quando comparado ao tratamento 1 (Tabela 2). O fornecimento de Ca, Mg e K não amenizou o efeito negativo do sal.

A inibição do crescimento vegetal pode ser explicada pela redução no potencial osmótico da solução, provocado pelo excesso de sais e/ou à sua toxicidade. Os efeitos imediatos da salinidade sobre as plantas podem ser resumidos em: seca fisiológica provocada pela redução do potencial osmótico, desbalanço nutricional devido à elevada concentração iônica, inibição da absorção de outros cátions pelo sódio e efeito tóxico dos íons sódio e cloreto (Jeffrey e Izquierdo, 1989).

Tabela 2. Efeito dos tratamentos nos parâmetros vegetativos de mudas de aroeira (média de 4 repetições).

Table 2. *Effect of treatments on vegetative parameters of aroeira seedlings (average of 4 repetitions)*

Tratamentos	Diâmetro do colo (mm)	Matéria seca (g planta ⁻¹)		
		raiz	caule	folha
1	5,40 a	1,84 a	3,74 a	6,37 a
2	2,84 c	0,51 b	0,54 b	1,49 c
3	2,73 c	0,60 b	0,58 b	1,82 bc
4	3,03 bc	0,69 b	0,92 b	2,33 bc
5	3,80 b	0,71 b	0,93 b	2,15 bc
6	3,47 bc	0,84 b	0,91 b	2,66 b
7	3,17 bc	0,66 b	0,82 b	1,81 bc
8	3,03 bc	0,52 b	0,64 b	1,89 bc

Médias seguidas por letras iguais no sentido das colunas, dentro de cada variável, não diferem entre si (Duncan, 5%).

Segundo Bergmann (1992), altos níveis de Na promovem redução do crescimento vegetativo por inibir principalmente a absorção de Ca, embora não se descarte a inibição de absorção de Mg e K em espécies madeiríferas, como observado no presente experimento (Tabelas 3 e 4). Por outro lado, Niu *et al.* (1995) comentam que o NaCl promove um rápido aumento de Ca no citoplasma, atuando como um sinal de estresse geral, mas esse aumento não poderia ser confirmado como efeito de tolerância à salinidade, já que é transitório. O Na compete com o Ca na absorção e/ou mudança nos níveis internos de Ca, além de aumentar a permeabilidade da membrana e reduzir a seletividade de absorção (Ashraf e O'Leary, 1997).

No presente trabalho, o NaCl (na concentração de 150 mol m⁻³) inibiu fortemente a absorção de Ca, K e Mg, concordando com resultados obtidos em estudos de salinidade com aroeira (Miranda e Carvalho, 1998) e moringa (Fernandes *et al.*, 1998b), entre outras espécies. Os dados relativos ao acúmulo de Ca, Mg e K nos diferentes órgãos da planta (Tabelas 3 e 4) indicaram, de forma geral, maiores valores nos tratamentos 4, 5 e 6 (maiores concentrações de Ca e K em solução), em relação aos demais que receberam NaCl, estando diretamente relacionados aos maiores valores de diâmetro do colo, matéria seca de raiz, caule e folha (Tabela 2).

Tabela 3. Cálcio e magnésio (mg planta⁻¹) acumulados nas raízes, caule e folhas de aroeira em função dos tratamentos (média de 4 repetições).Table 3. *Ca and Mg (mg/plant) accumulated on roots, stems and leaves of aroeira for several treatments (average of 4 repetitions)*

Tratamentos	Ca acumulado			Mg acumulado		
	raiz	caule	folha	raiz	caule	folha
1	19,55a	36,16a	134,57a	6,23a	4,15a	27,56a
2	5,41c	4,70b	34,49c	0,39b	0,59b	5,50b
3	6,05bc	4,65b	41,40bc	0,37b	0,47b	7,28b
4	5,23c	9,87b	54,57bc	0,74b	1,06b	7,24b
5	8,09b	5,61b	52,63bc	0,68b	0,84b	6,79b
6	8,53b	7,43b	62,94bc	0,92b	1,23b	7,70b
7	6,41bc	8,25b	44,60bc	1,15b	0,67b	6,57b
8	8,25b	2,65b	38,15bc	0,87b	0,61b	5,54b

Médias seguidas por letras iguais no sentido das colunas, dentro de cada variável, não diferem entre si (Duncan, 5%).

Tabela 4. Potássio e sódio (mg planta⁻¹) acumulados nas raízes, caule e folhas de aroeira em função dos tratamentos (média de 4 repetições).Table 4. *K and Na (mg/plant) accumulated on roots, stems and leaves of aroeira for several treatments (average of 4 repetitions)*

Tratamentos	K acumulado			Na acumulado		
	raiz	caule	folha	raiz	caule	folha
1	22,64 ^a	38,22a	142,26a	4,36d	3,82b	22,90bc
2	0,87b	4,42b	44,20cd	12,20bc	4,93b	21,45c
3	0,78b	4,88b	55,20bcd	10,70bc	3,86b	19,15c
4	4,00b	10,77b	67,21bc	20,96a	16,23a	44,00ab
5	1,64b	4,62b	64,81bcd	12,76bc	12,78a	39,39abc
6	1,74b	5,85b	77,97b	7,17cd	7,20b	56,08a
7	1,71b	5,26b	56,10bcd	13,81b	13,52a	26,59bc
8	2,52b	1,30b	35,61d	15,45ab	3,40b	23,08bc

Médias seguidas por letras iguais no sentido das colunas, dentro de cada variável, não diferem entre si (Duncan, 5%).

Com relação ao Na acumulado (Tabela 4), os tratamentos 4, 5 e 6 proporcionaram os maiores valores na raiz, caule e folha. Praticamente não houve inibição do fluxo ascendente de Na, comprovado pela maior quantidade desse elemento nas folhas. O maior acúmulo de Na nas folhas, obtido com as maiores concentrações de Ca e K (tratamentos 4, 5 e 6), parece indicar que o elemento não estaria disperso no citoplasma, mas contido no vacúolo das células foliares, já que essas plantas, em relação às que receberam os demais tratamentos, apresentaram maior matéria seca de raiz, caule e,

principalmente, folha e demonstraram menor estresse salino. Plantas que receberam 6 mol m^{-3} de K (tratamento 3) apresentaram relações Ca/Na, Mg/Na e K/Na na parte aérea cerca de duas vezes maiores do que aquelas que receberam outros tratamentos, embora apresentassem relações aproximadamente três vezes menores do que aquelas plantas que não receberam sal (Tabela 5), comprovando novamente o efeito negativo do NaCl na absorção dos nutrientes. Segundo Watab *et al.* (1991), o Na atua como um competidor na absorção de K, pelo fato de os mecanismos de absorção de ambos os cátions serem semelhantes.

Tabela 5. Relações entre nutrientes acumulados na parte aérea em função dos tratamentos (médias de 4 repetições).

Table 5. Relation between accumulated nutrients on aerial part for several treatments (average of 4 repetitions)

Tratamentos	Relações		
	Ca/Na	Mg/Na	K/Na
1	6,39	1,19	6,75
2	1,47	0,23	1,83
3	3,70	0,34	2,61
4	2,48	0,14	1,29
5	1,12	0,15	1,33
6	1,11	0,14	1,32
7	3,07	0,18	1,53
8	1,54	0,23	1,39

Os sintomas de toxidez devido ao NaCl observados no presente trabalho foram semelhantes aos descritos por Silva *et al.* (2000), estudando o efeito de doses crescentes de NaCl sobre a nutrição e crescimento da aroeira, e por Miranda e Carvalho (1998) em estudos de amenização dos efeitos do estresse osmótico pela adição de silício à solução de cultivo. Esses sintomas podem ser resumidos em manchas avermelhadas com posterior amarelecimento das folhas mais velhas, queima das bordas e ápice do limbo e queda das folhas em estágios mais avançados.

Segundo Biggar (1984), citado por Lima (1997), plantas sal-sensíveis apresentam

sintomas de toxidez quando o teor de sódio na sua matéria seca ultrapassa 0,25%. Esse valor não poderia ser utilizado para aroeira, pelo fato de essa espécie apresentar teores de sódio de 0,36% em solução nutritiva sem adição de NaCl e não apresentar sintomas de toxidez. No entanto, Fageria (1985) discutiu que uma espécie vegetal pode ser considerada tolerante ao NaCl quando a redução da produção de matéria seca da parte aérea fosse inferior a 20% e sensível, quando essa redução fosse maior. Pelos resultados obtidos e diferentemente daquele verificado por Silva *et al.* (2000) em concentração de 50 mol m^{-3} de NaCl, a aroeira poderia ser classificada como uma espécie sensível à concentração de NaCl utilizada (150 mol m^{-3}) devido à redução de aproximadamente 60% de sua matéria seca da parte aérea. Tal sensibilidade não foi amenizada com a utilização das concentrações de K, Ca e Mg, sendo necessários outros estudos com esse objetivo.

4. CONCLUSÕES

A aroeira mostrou-se uma espécie sensível à concentração de 150 mol m^{-3} de NaCl.

As concentrações de K, Ca e Mg utilizadas não foram suficientes para reduzir o estresse provocado pelo NaCl sobre os parâmetros vegetativos da aroeira.

Os sintomas de toxidez facilmente visíveis nas folhas sugerem que a aroeira seja uma espécie que apresenta grande translocação de Na, independentemente das concentrações de K, Ca e Mg presentes no meio de cultivo.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASHRAF, M.; O'LEARY, J.W. Responses of a salt-tolerant and a salt-sensitive line of sunflower to varying sodium/calcium ratios in saline sand culture. *Journal of Plant Nutrition*, New York, v.20, n.2-3, p.361-377, Feb./Mar., 1997.

- BARBOSA, Z. **Efeito do P e do Zn na nutrição e crescimento de *M. urundeuva* (aroeira do sertão)**. Lavras: ESAL, 1994. 105p. (Dissertação – Mestrado).
- BENNET, W.F. **Nutrient deficiencies & toxicities in crop plants**. St. Paul: APS, 1994. 202p.
- BERGMANN, W. (ed.). **Nutritional disorders of plants**. New York: G. Fischer, 1992. 741p.
- BRESSAN, R.A.; NELSON, D.E.; IRAKI, N.M.; LAROSA, P.C. Reduced cell expansion and changes in cell walls of plant cells adapted to NaCl. In: KATTERMAN, F. **Environmental injury to plants**. Academic Press: San Diego, 1990. Cap.7, p.137-171.
- CACHORRO, P.; ORTIZ, A.; CERDÁ, A. Implications of calcium nutrition on the response of *Phaseolus vulgaris* L. to salinity. **Plant and Soil**, The Hague, v.159, n.2, p.205-212, Feb. 1994.
- CRAMER, G.R.; LÄUCHLI, A.; POLITO, V.S. Displacement of Ca²⁺ by Na⁺ from the Plasmalemma of root cells. **Plant Physiology**, Rockville, v.79, n.1, p.207-211, Sept. 1985.
- DAVENPORT, R.J.; REID, R.J.; SMITH, F.A. Sodium-calcium interactions in two wheat species differing in salinity tolerance. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v.99, n.2, p.323-327, Feb. 1997.
- FAGERIA, N.K. Salt tolerance of rice cultivars. **Plant and Soil**, The Hague, v.88, n.2, p.237-243, 1985.
- FERNANDES, A.R.; CARVALHO, J.G.; MELO, P.C.; MIRANDA, J.R.P. Efeito de diferentes fontes de sais sódicos sobre a eficiência de utilização, translocação e absorção de K, Ca, Mg e Na em mudas de moringa (*Moringa oleifera*). In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA: AGRICULTURA E SUSTENTABILIDADE NO SEMI-ÁRIDO, 12., 1998, Fortaleza. **Resumos expandidos...** Fortaleza: UFC/DCS, 1998a. p.10.
- FERNANDES, A.R.; CARVALHO, J.G.; MELO, P.C.; MIRANDA, J.R.P. Efeito de diferentes fontes de sais sódicos sobre o acúmulo de matéria seca e os teores de K, Ca, Mg e Na em mudas de moringa (*Moringa oleifera*). In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA: AGRICULTURA E SUSTENTABILIDADE NO SEMI-ÁRIDO, 12., 1998, Fortaleza. **Resumos expandidos...** Fortaleza: UFC/DCS, 1998b. p.103.
- HU, Y.; OERTLI, J.J.; SCHMIDHALTER, U. Interactive effects of salinity and macronutrient level on wheat. I. Growth. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v.20, n.9, p.1155-1167, Sept. 1997.
- JEFFREY, W.D.; IZQUIERDO, J. **Frijol: fisiologia del potencial del rendimiento y la tolerancia al estrés**. Santiago: FAO, 1989. 91p.
- LIMA, L.A. Efeitos de sais no solo e na planta. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 26. 1977, Campina Grande. **Manejo e Controle da Salinidade na agricultura irrigada**. Campina Grande: UFPB/SBEA, 1997. Cap.4, p.113-136.
- LOCY, R. D.; CHANG, C.; NIELSEN, B. L.; SINGH, N. K. Photosynthesis in salt-adapted heterotrophic tobacco cells and regenerated plants. **Plant Physiology**, Rockville, v.10, n.1, p.321-328, Jan. 1996.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. de. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2.ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319p.
- MARSCHNER, H.M. **Mineral Nutrition of Higher Plants**. 2.ed. London: Academic Press, 1995. 889p.
- MEDEIROS, A.C.S. **Comportamento fisiológico, conservação de germoplasma a longo prazo e previsão de longevidade de sementes de aroeira (*Astronium urundeuva*)**. Jaboticabal: FCAVJ/UNESP, 1996. 127p. (Tese - Doutorado).
- MIRANDA, J.R.P.; CARVALHO, J.G. Efeito do NaCl e do SiO₂ sobre o crescimento e a nutrição mineral de plantas de aroeira (*Myracrodruon urundeuva*). In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA: AGRICULTURA E SUSTENTABILIDADE NO SEMI-ÁRIDO, 12., 1998, Fortaleza. **Resumos expandidos...** Fortaleza: UFC/DCS, 1998. p.132.
- NIU, X.; BRESSAN, R.A.; HASEGAWA, P.M.; PARDO, J.M. Ion Homeostasis in NaCl stress environments. **Plant Physiology**, Rockville, v.109, n.3, p.735-742, Nov.1995.
- SILVA, F.A.M.; MELLONI, R.; MIRANDA, J.R.P.; CARVALHO, J.G. **Efeito de NaCl no crescimento da aroeira (*Myracrodruon urundeuva*)**. Lavras: Cerne, 2000 (no prelo)
- SWEBY, D.L.; HUCKETT, B.I.; WALT, M.P. Effects of nitrogen nutrition on salt-stressed *Nicotiana tabacum* v. Samsun *in vitro* plantlets. **Journal Experimental Botany**, Oxford, v.45, n.276, p.995-1008, July 1994.
- WATAB, A.A.; REUVENI, M.; BRESSAN, R.A.; HASEGAWA, P.M. Enhanced net K⁺ uptake capacity of NaCl-adapted cells. **Plant Physiology**, Rockville, v.95, n.4, p.1265-1269, Apr. 1991.
- ZONTA, E.P.; MACHADO, A.A.; SILVEIRA JÚNIOR, P. **Sistemas de análise estatística para microcomputadores (SANEST)**. Pelotas: UFPel, 1984. 151p.