

CRESCIMENTO, TROCAS GASOSAS E POTENCIAL OSMÓTICO DA BANANEIRA-‘PRATA’, SUBMETIDA A DIFERENTES DOSES DE SÓDIO E CÁLCIO EM SOLUÇÃO NUTRITIVA¹

LUDMILA LAFETÁ DE MELO NEVES², DALMO LOPES DE SIQUEIRA³, PAULO ROBERTO CECON⁴, CARLOS ALBERTO MARTINEZ⁵, LUIZ CARLOS CHAMHUM SALOMÃO³

RESUMO - O cálcio vem sendo utilizado com o intuito de incrementar tolerância a sais nas plantas, pois sabe-se que a salinidade restringe o crescimento e a produtividade de muitas culturas. Este estudo teve por objetivo avaliar os efeitos da aplicação de sódio e cálcio sobre o crescimento inicial, trocas gasosas e potencial osmótico da bananeira (*Musa spp.*) ‘Prata’ (AAB). Foi utilizado o delineamento experimental em blocos casualizados, com arranjo fatorial 4 x 4 [4 doses de sódio (0; 5; 10; 15 mmol L⁻¹) e 4 de cálcio (2; 4; 8; 12 mmol L⁻¹)] e 3 repetições. A emissão total de folhas e o potencial osmótico das plantas não foram influenciados pelos tratamentos. O aumento dos níveis de sódio na solução promoveu redução significativa na massa fresca da parte aérea, altura, área foliar, diâmetro do pseudocaulo e massa seca das plantas. A presença de 5 mmol L⁻¹ de Na na solução favoreceu as trocas gasosas. O aumento dos níveis de cálcio na solução promoveu a redução da massa fresca da parte aérea, altura e área foliar da bananeira-‘Prata’.

Termos para indexação: Salinidade, fotossíntese líquida, área foliar.

GROWTH, GASEOUS EXCHANGE AND OSMOTIC POTENTIAL OF BANANA ‘PRATA’ PLANTS, EXPOSED TO DIFFERENT CONCENTRATIONS OF SODIUM AND CALCIUM IN NUTRITIVE SOLUTION

ABSTRACT – The Calcium has been used to increase salt tolerance in plants since salinity restricts growth and productivity in many crops. This study was conducted with the objective of evaluating the effects of sodium and calcium application on the initial growth, gaseous exchange and osmotic potential of banana (*Musa spp.*) ‘Prata’ plants (AAB). The experimental layout was a 4 x 4 factorial with three replicates in a randomized complete block design. The factors tested were concentrations of sodium (0; 5; 10; 15 mmol L⁻¹) and calcium (2; 4; 8; 12 mmol L⁻¹). The total emission of leaves and the osmotic potential of the plants were not influenced by the treatments. However, the increase in concentrations of sodium in the nutritive solution resulted in significant reduction of the fresh weight of aerial plant parts, height and leaf area of the plants, diameter of the pseudostem, and dry weight of the plants. The presence of 5 mmol L⁻¹ of sodium in the solution favoured the gaseous exchanges. The increase in concentrations of calcium in solution promoted a reduction of fresh weight of aerial plant portion, height and leaf area for the banana ‘Prata’.

Index terms: Salinity, net photosynthesis, leaf area.

INTRODUÇÃO

Nos perímetros irrigados do Nordeste brasileiro e no Norte de Minas Gerais, onde a bananeira é uma das principais culturas exploradas, têm ocorrido problemas de salinização do solo (BERNARDO, 1989). Na maioria dos solos salinos, o sódio é o cátion adsorvido predominantemente por estar presente em quantidade muito superior à dos outros cátions (MARSCHNER, 1995). Várias pesquisas mostram que o efeito mais comum da salinidade sobre as plantas é a redução do crescimento. A salinidade limita a fotossíntese, a absorção de água e nutrientes e, desse modo, a produção de matéria seca e produção final da planta (DOWNTON et al., 1985; DREW et al., 1990).

As plantas cultivadas apresentam diferentes respostas à salinidade, variando desde sensíveis até tolerantes (MAAS e HOFFMANN, 1977). A tolerância ao estresse salino pode ser

função do controle da aquisição e da alocação de sódio na planta, do reajustamento osmótico e de outros processos fisiológicos do vegetal (CHEESEMAN, 1988).

O cálcio vem sendo utilizado com o intuito de incrementar tolerância a sais nas plantas, e sua aplicação é bem comprovada, assim como a indução de deficiência de cálcio em plantas crescidas em substratos salinos (MARSCHNER, 1995). Ele é um nutriente particularmente importante em plantas expostas a estresse salino, porque tem papel fundamental na manutenção da permeabilidade seletiva das membranas, extensão da parede celular, recuperação do estresse celular e prevenção da absorção do íon sódio em níveis que causam injúria (HANSEN e MUNNS, 1988).

A bananeira é considerada moderadamente sensível à salinidade (SILVA et al., 1997), e o estudo do comportamento de determinado cultivar ao estresse salino pode servir de subsídio

1 (Trabalho 103/2001). Recebido: 14/05/2001. Aceito para publicação: 07/03/2002.

2 Eng^o Agr^o M.S. em Fitotecnia (bolsista do CNPq), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 36571-000.

3 D.S., Professor Adjunto, Depto de Fitotecnia, UFV.

4 D.S., Professor Adjunto, Depto de Informática, UFV.

5 D.S., Professor Visitante, Depto de Biologia Vegetal, UFV.

para a indicação de seu plantio em áreas onde este problema existe. Por isso, o presente estudo teve como objetivo avaliar o efeito da aplicação do sódio e do cálcio sobre o crescimento inicial, as trocas gasosas e o potencial osmótico da bananeira-‘Prata’, em solução nutritiva.

MATERIAL E MÉTODOS

Instalou-se um experimento em casa de vegetação do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa (UFV), no período de 27 de setembro a 21 de novembro de 1997, onde foi avaliado o crescimento inicial da bananeira (*Musa* spp.) ‘Prata’ (AAB).

Foi utilizado o delineamento experimental em blocos casualizados, com arranjo fatorial 4x4 [4 doses de sódio (0; 5; 10; 15 mmol L⁻¹) e 4 doses de cálcio (2; 4; 8; 12 mmol L⁻¹)], com 3 repetições. Foram selecionadas plantas com 4 folhas, diâmetro médio do pseudocaule de 0,85cm e altura de 10±2 cm para serem utilizadas no experimento, que foi conduzido em solução nutritiva. As concentrações dos micronutrientes foram estabelecidas de acordo com a solução de HOAGLAND e ARNON (1950). As concentrações de N-NO₃⁻, P-H₂PO₄⁻, K⁺, Mg²⁺ e S-SO₄²⁻ foram 15,0; 2,0; 8,0; 3,0 e 2,5 mmol L⁻¹, respectivamente. Os cátions Ca²⁺ e Na⁺ tiveram suas concentrações definidas de acordo com os tratamentos.

A parcela experimental foi composta por um vaso contendo 9 litros de solução de tratamento, com 2 plantas por vaso.

O pH da solução nutritiva foi monitorado diariamente, sendo mantido em 6,1 ± 0,1 utilizando-se de solução de KOH ou HCl a 1N. O volume da solução nutritiva foi mantido por reposição diária com água deionizada.

AVALIAÇÕES

Emissão de folhas e diâmetro do pseudocaule

A avaliação da emissão de folhas pelas plantas iniciou-se aos dez dias após a instalação do experimento e foi realizada semanalmente. Foram contadas as folhas novas completamente expandidas, que recebiam uma numeração.

O diâmetro do pseudocaule foi avaliado a cada dez dias, com a utilização de um paquímetro.

Massa fresca e seca, altura e área foliar das plantas

Ao final do experimento, as plantas foram colhidas e pesadas, determinando-se a massa fresca da parte aérea (folhas, pseudocaule e rizoma) e das raízes. Em seguida, determinou-se a altura da planta, tomando-se como base seu colo até a inserção da última folha emitida.

As folhas foram destacadas para a medição da área do limbo e pecíolo foliares, com um medidor de área foliar (modelo LI-3100, LI-COR, Lincoln, NE).

Para a determinação da massa seca, as plantas foram subdivididas em parte aérea e sistema radicular, e secas em estufa de circulação forçada de ar, a 70 ± 5°C, até atingirem massa constante.

Trocas gasosas e potencial osmótico das folhas

A fotossíntese líquida (A), transpiração (E) e condutância estomática (g_s) foram medidas com um analisador de gases a infravermelho portátil (IRGA modelo LCA-2, da

Analytical Development Company, Hoddesdon, England) no último dia de experimentação. Todas as medições foram feitas pela manhã, com uma intensidade de luz de 1000 μmol m⁻²s⁻¹, supridas por duas lâmpadas de halogênio de 1000W, e uma concentração média de CO₂ de 360 μmol mol⁻¹. A relação entre A e E foi utilizada para determinar a eficiência fotossintética do uso da água (EFUA).

O potencial osmótico foi determinado pelo método crioscópico, com o auxílio de um crioscômetro de precisão Osmette.

Os dados obtidos foram analisados utilizando-se do Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas da UFV (SAEG-UFV), sendo submetidos às análises de variância e regressão. Vários modelos foram testados, com escolha daqueles que apresentaram os coeficientes de regressão significativos até 10% de probabilidade, pelo teste “t” de Student e baseado no coeficiente de determinação.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Emissão de folhas

Para melhor definir a influência da salinidade sobre a emissão de folhas pela bananeira, realizou-se a análise da emissão total de folhas em cada tratamento, pois, quando foi realizada a análise em cada época de amostragem, os resultados obtidos não seguiram uma tendência definida. Com a análise do número total de folhas emitidas pelas plantas, verificou-se que não houve diferenças significativas nesta característica. O valor médio encontrado foi de sete folhas emitidas para cada tratamento.

A emissão de folhas pela bananeira-‘Prata’ não foi afetada pelos níveis de sódio utilizados, provavelmente, por ser uma característica que não é influenciada pela salinidade ou porque as concentrações utilizadas não foram suficientes, além do tempo de exposição aos tratamentos, ou talvez por não ter sido suficiente para afetar tal característica. Esta última hipótese é reforçada por HOFFMAN e RAWLINS (1971), pois, para estes autores, a salinidade pode não alterar características da planta, dependendo de sua idade e do tempo de exposição ao estresse salino.

Massa fresca da planta

A massa fresca da parte aérea decresceu linearmente com as concentrações de cálcio e sódio (Figura 1A). Isso, provavelmente, ocorreu porque as plantas submetidas a tratamentos com menores níveis desses elementos conseguiram absorver mais água para seus tecidos, devido ao maior potencial hídrico da solução.

O efeito dos tratamentos não foi significativo em relação à massa do sistema radicular. Esperava-se que a massa fresca das raízes também fosse reduzida pelo aumento do sódio na solução, como foi observado por HOFFMAN e RAWLINS (1971) em beterraba, cebola, rabanete e algodão; por DOWNTON (1977) em videira, e por SINGH e PATHAK (1992) em goiabeira.

Altura de plantas e área foliar

Observou-se um decréscimo linear na altura das plantas e na área foliar, com o aumento das concentrações de Na e Ca (Figuras 1B e 1C). A salinidade inibe o crescimento das plantas devido ao efeito osmótico na disponibilidade de água, à toxicidade de íons e à interferência na absorção de nutrientes

essenciais (GREENWAY e MUNNS, 1980). A área foliar é uma característica que, normalmente, é influenciada negativamente pela salinidade (AWANG et al., 1993; ALARCON et al., 1994). Esta redução talvez seja causada pela redução do volume celular (MEIRI et al., 1970), provocada pelo menor tamanho dos vacúolos, devido à menor quantidade de água nos tecidos.

Diâmetro do pseudocaule e massa seca das plantas

O cálcio não promoveu efeito significativo sobre essas características. Plantas submetidas a maiores doses de sódio

apresentaram menor diâmetro do pseudocaule e menor massa seca (Figuras 2A e 2B). A matéria seca da parte aérea sofreu, proporcionalmente, maior redução que a matéria seca das raízes. ARAÚJO FILHO et al. (1995), trabalhando com bananeiras-‘Mysore’ e ‘Nanica’ em solo salino, não observaram diferenças significativas no diâmetro do pseudocaule. Acredita-se que as causas de tal divergência nos resultados sejam devidas à fase de crescimento estudada (trabalharam com plantas adultas), diferenças no meio de cultivo e, também, diferenças genéticas

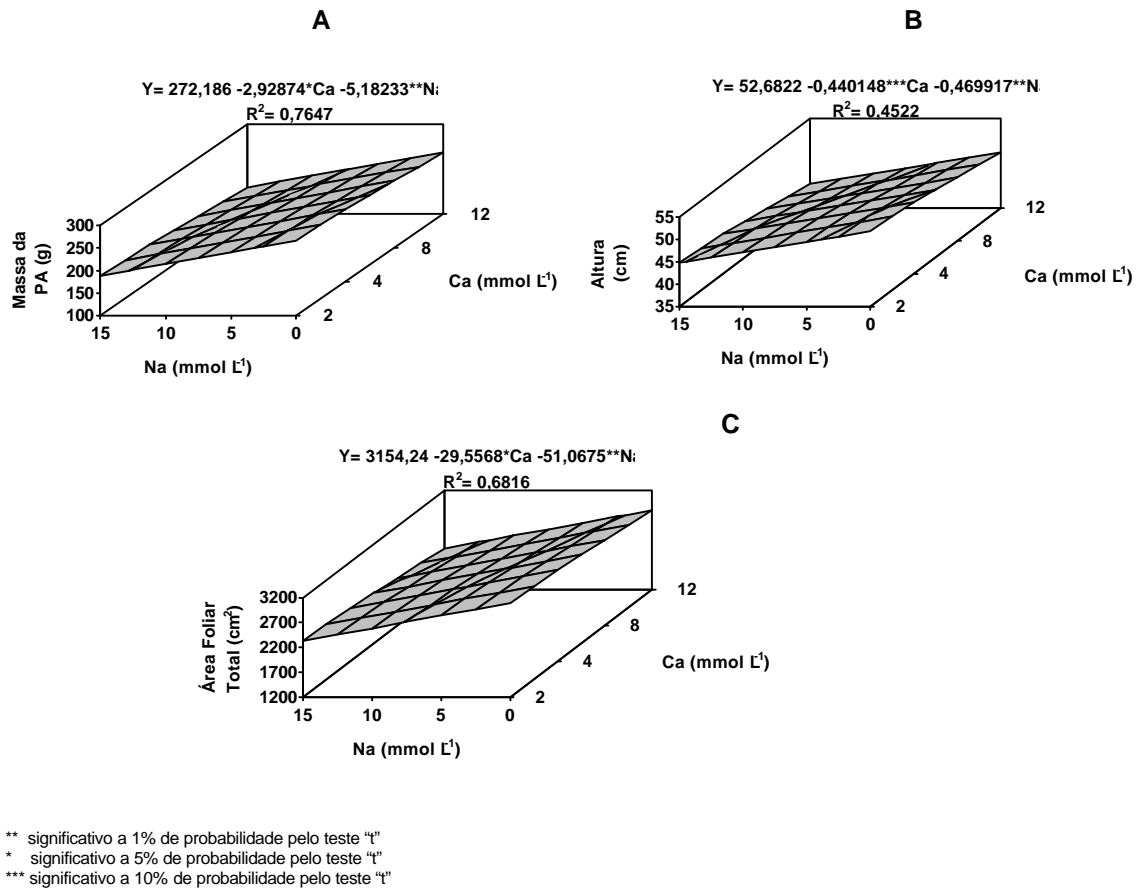


FIGURA 1- Estimativa da massa da matéria fresca da parte aérea (PA) (A), da altura (B) e da área foliar (C) da bananeira-‘Prata’, em função dos níveis de cálcio (Ca) e sódio (Na) na solução nutritiva.

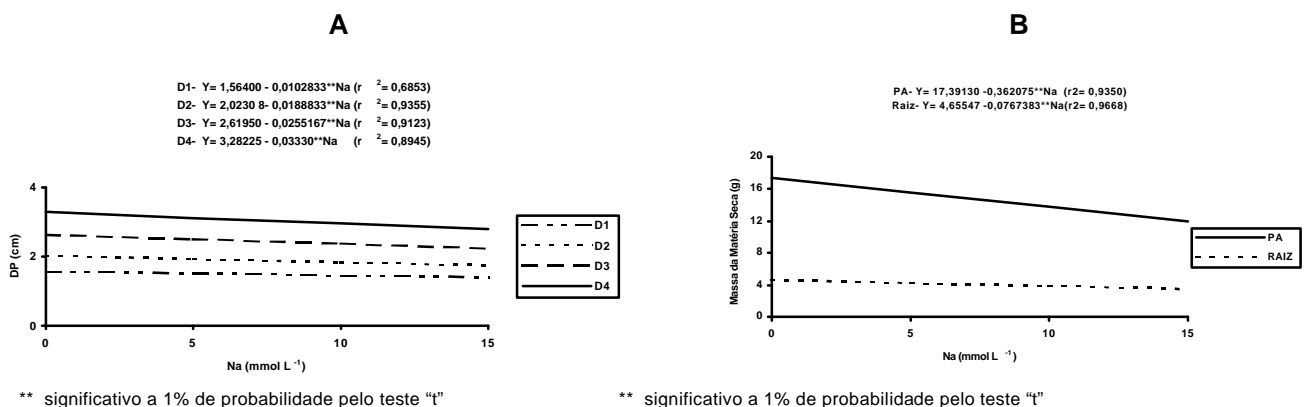
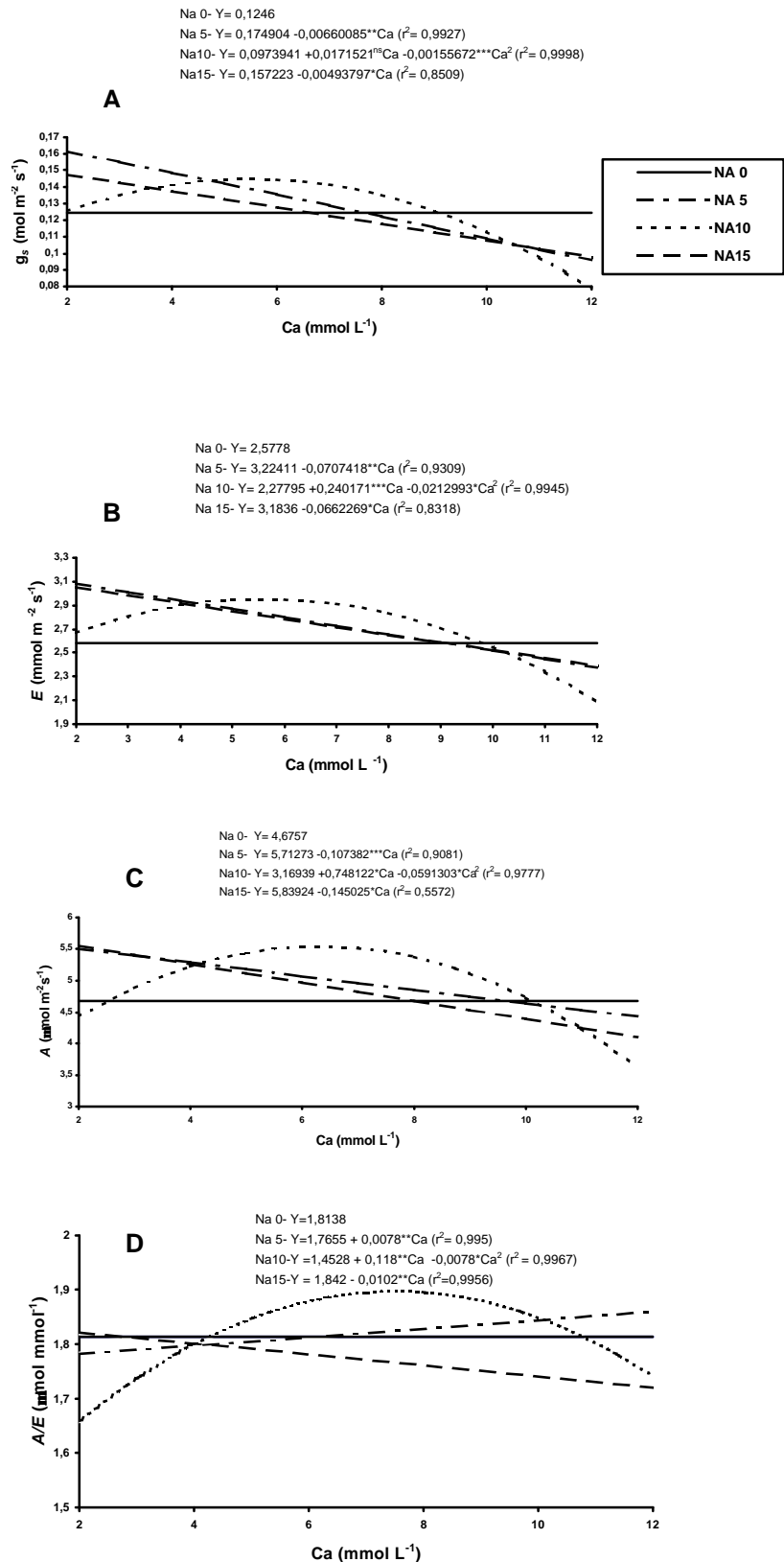


FIGURA 2- Estimativa do diâmetro do pseudocaule (D1=20; D2=30; D3=40; D4=50 dias após a instalação do experimento)(A) e da massa da matéria seca da parte aérea (PA) e das raízes(RAIZ)(B) da bananeira-‘Prata’, em função dos níveis de sódio (Na) na solução nutritiva.



** significativo a 1% de probabilidade pelo teste "t"

* significativo a 5% de probabilidade pelo teste "t"

*** significativo a 10% de probabilidade pelo teste "t"

ns não significativo a 10% de probabilidade pelo teste "t"

FIGURA 3 - Estimativa da condutância estomática (g_s)(A), da transpiração (E)(B), da fotossíntese líquida (A)(C) e da eficiência fotossintética do uso da água (A/E)(D) das folhas da bananeira-‘Prata’, em função dos níveis de cálcio (Ca) para os respectivos níveis de sódio(Na) na solução nutritiva.

entre as cultivares consideradas.

Trocas gasosas e potencial osmótico das folhas

Não ocorreram diferenças significativas na A , g_s , E e $EFUA$, fixando-se o Ca e variando as concentrações de Na . Esses resultados sugerem que o aumento da salinidade, provocado pelo incremento de Na na solução, não interferiu nas trocas gasosas realizadas pelas plantas, mas, como as medições foram realizadas apenas durante um período (ao final do experimento), os danos causados pelo estresse salino a essas características podem não ter sido representados. Como foi mostrado nos resultados anteriores, o aumento da salinidade promoveu redução na massa seca, altura e área foliar das plantas. Estas reduções demonstram que a atividade fotossintética das plantas pode ter sido afetada. A menor área foliar faz com que ocorra redução na área de captação de energia luminosa, bem como na fixação de CO_2 por unidade de área (MARSCHNER, 1995).

Quando o Na foi fixado e as concentrações de Ca foram modificadas, ocorreram diferenças entre os tratamentos. Na ausência de Na na solução, o aumento dos níveis de Ca não afetou as trocas gasosas. Os maiores valores de A , g_s , e E foram encontrados na presença de 5 mmol L^{-1} de Na e de 2 mmol L^{-1} de Ca na solução, sugerindo que baixos níveis de Na no meio favorecem as trocas gasosas realizadas pela bananeira. Na concentração de 5 mmol L^{-1} de Na , apesar de A , g_s e E terem reduzido com o incremento de Ca no meio, a $EFUA$ aumentou, isto ocorreu porque a redução da A foi menor que a de E . Na concentração de 15 mmol L^{-1} de Na , as características analisadas decresceram linearmente com o aumento da concentração de Ca na solução, enquanto, na presença de 10 mmol L^{-1} de Na , tiveram comportamento quadrático (Figuras 3A, 3B, 3C e 3D). Verificou-se que, na solução contendo 10 mmol L^{-1} de Na , a presença de até 6 mmol L^{-1} de Ca amenizou os efeitos negativos do Na sobre a A , g_s , E e $EFUA$. Na concentração de 15 mmol L^{-1} de Na , por ser muito alta, o Ca , ao invés de beneficiar as trocas gasosas, provavelmente agravou os efeitos do Na devido ao aumento da salinização da solução.

O potencial osmótico das folhas não foi influenciado pelas concentrações de cálcio e sódio no ambiente radicular. O valor médio encontrado para esta característica foi de $-0,907$ MPa. Os níveis salinos utilizados nos tratamentos, ou o tempo de exposição ao estresse, podem ter sido insuficientes para causar efeito na concentração de solutos nos tecidos da bananeira-‘Prata’, com isso o potencial osmótico não foi afetado.

CONCLUSÕES

1. O aumento dos níveis de sódio na solução promoveu redução significativa no crescimento da bananeira-‘Prata’.
2. A presença de 5 mmol L^{-1} de Na na solução favoreceu as trocas gasosas realizadas pelas folhas da bananeira enquanto, na presença de 10 mmol L^{-1} de Na na solução, o aumento das concentrações de Ca amenizou os efeitos negativos do Na sobre as trocas gasosas.
3. O aumento das concentrações de cálcio reduziu a massa da matéria fresca da parte aérea, a altura e a área foliar da bananeira-‘Prata’.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALARCÓN, J.J.; BOLARÍN, M.C.; SANCHEZ-BLANCO, M.J., TORRECILLAS, A. Growth, yield and water relations of normal fruited and cherry tomato cultivars irrigated with saline water. **Journal of Horticultural Science**, Ashford, v.69, n.2, p.283-288, 1994.
- ARAÚJO FILHO, J.B.; GHEYI, H.R.; AZEVEDO, N.C.; SANTOS, J.G.R. Efeitos da salinidade no crescimento e no teor de nutrientes em cultivares de bananeira. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.19, n.3, p.417-422, 1995.
- AWANG, Y.B.; ATHERTON, J.G.; TAYLOR, A.J. Salinity effects on strawberry plants grown in rockwool. I. Growth and leaf water relations. **Journal of Horticultural Science**, Ashford, v.68, n.5, p.783-790, 1993.
- BERNARDO, S. **Manual de irrigação**. 5 ed. Viçosa, MG: UFV, 1989. 596p.
- CHEESEMAN, J.M. Mechanisms of salinity tolerance in plants. **Plant Physiology**, Bethesda, v.87, n.3, p.547-550, 1988.
- DOWNTON, W.J.S. Photosynthesis in salt-stressed grapevines. **Australian Journal Plant Physiology**, v.4, n.2, p.183-192, 1977.
- DOWNTON, W.J.S.; GRANT, W.J.; ROBINSON, S.P. Photosynthesis and stomatal responses of spinach leaves to salt stress. **Plant Physiology**, Bethesda, v.78, n.1, p.85-88, 1985.
- DREW, M.C.; HOLE, P.S.; PICCHIONI, G.A. Inhibition by $NaCl$ of net CO_2 fixation and yield of cucumber. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v.115, n.3, p.472-477, 1990.
- GREENWAY, H.; MUNNS, R. Mechanisms of salt tolerance in nonhalophytes. **Annual Review of Plant Physiology**, Palo Alto, v.31, n.1, p.149-190, 1980.
- HANSEN, E.H.; MUNNS, D.N. Effect of $CaSO_4$ and $NaCl$ on mineral content of *Leucaena leucocephala*. **Plant and Soil**, Dordrecht, v.107, n.1, p.101-105, 1988.
- HOAGLAND, D.R.; ARNON, D.I. The water culture method for growing plants without soil. **Cal. Agric. Exp. Sta.**, 1950. 347p.
- HOFFMAN, G.J.; RAWLINS, S.L. Growth and water potential of root crops as influenced by salinity and relative humidity. **Agronomy Journal**, Madison, v.63, n.6, p.877-880, 1971.
- MAAS, E.V.; HOFFMAN, G.J. Crop salt tolerance- current assessment. **ASCE J. Irrig. Drain. Div.**, n.103, p.115-134, 1977.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. London: Academic Press, 1995. 889p.
- MEIRI, A.; MOR, E.; POLJAKOFF-MAYBER, A. Effect of exposure to salinity on growth, water status and salt accumulation

in bean plants. **Annals of Botany**, London, v.34, n.136, p.383-391, 1970.

SILVA, C.U. C.; ROCHA, P.S.; BURITY, M.P.; CÂMARA, T.R.; WILLADINO, L. Efeito de diferentes níveis de NaCl sobre o desenvolvimento *in vitro* de bananeira (*Musa* sp. Cv. 'Nanicão'). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FISILOGIA VEGETAL, 6.,

1997, Belém, **Anais...** Belém: Sociedade Brasileira de Fisiologia Vegetal-PA, 1997.p.152.

SINGH, A.K.; PATHAK, R.K. Sodidity and salinity effect on guava (*Psidium guajava*). **Indian Journal of Agricultural Science**, New Delhi, v.62, n.3, p.220-223, 1992.