

# RELAÇÃO DO SÓDIO COM O CÁLCIO EM PLANTAS DE MILHO SOB ESTRESSE SALINO

**Ivo Zution Gonçalves<sup>1</sup>, João Carlos Madalão<sup>2</sup>, Aline de Azevedo Nazário<sup>3</sup>, Hanne Nippes Bragança<sup>4</sup>, Willian Bucker Moraes<sup>5</sup>, Giovanni de Oliveira Garcia<sup>6</sup>**

Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo / Departamento de engenharia rural, Alto Universitário s/n - Caixa Postal 16 - CEP 29500-000 - Alegre - ES, Ivo\_ufes@yahoo.com.br.

Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo / Departamento de engenharia rural, Alto Universitário s/n - Caixa Postal 16 - CEP 29500-000 - Alegre - ES, agrojoaocarlos@yahoo.com.br.

Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo / Departamento de engenharia rural, Alto Universitário s/n - Caixa Postal 16 - CEP 29500-000 - Alegre - ES, aline\_nazario@yahoo.com.br.

Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo / Departamento de engenharia rural, Alto Universitário s/n - Caixa Postal 16 - CEP 29500-000 - Alegre - ES, hanne\_nb@hotmail.com.

Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo / Departamento de engenharia rural, Alto Universitário s/n - Caixa Postal 16 - CEP 29500-000 - Alegre - ES, moreswb@hotmail.com.

Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo / Departamento de engenharia rural, Alto Universitário s/n - Caixa Postal 16 - CEP 29500-000 - Alegre - ES, garciagdg@yahoo.com.br.

**Resumo** - Com objetivo avaliar os efeitos da salinidade do solo sobre os teores nutricionais de cálcio e suas relações com o sódio em uma variedade de milho, foi conduzindo em lisímetros de drenagem sob condições de casa de vegetação, montado em delineamento inteiramente casualizado com sete tratamentos, sendo um irrigado com água doce e sem lixiviação e seis irrigados com água salina de  $1,2 \text{ dS m}^{-1}$ , com frações de lixiviação de 40, 30, 20, 15, 10 e 5% da lâmina de irrigação aplicada, e três repetições. Os efeitos da salinidade do solo sobre a nutrição mineral da cultura do milho foram avaliados determinando o teor foliar de cálcio e sua relação com o sódio aos 30, 60, 90 e 120 dias após o plantio. No cultivar avaliado, o aumento da salinidade do solo decorrente da irrigação com água salina elevou os teores de sódio, as relações  $\text{Na}^+/\text{Ca}^{2+}$ , e reduziu os teores de cálcio, mas apesar da tendência de diminuição dos teores de cálcio nas folhas aos 120 DAP os resultados obtidos, nesta fase de avaliação da cultura são considerados adequados.

**Palavras-chave:** Salinidade do solo, Zea mays L, nutrição mineral, cálcio.

**Área do Conhecimento:** Ciências agrárias.

## Introdução

A maioria das culturas evoluíram sob condições de baixa salinidade do solo. Os mecanismos desenvolvidos para absorver, transportar e utilizar os nutrientes minerais presentes em substratos não salinos podem não ser eficazes em condições salinas. Nessas condições a concentração dos íons de  $\text{Na}^+$  e/ou de  $\text{Cl}^-$ , freqüentemente, excedem as concentrações de macro e micronutrientes (Grattan & Grieve, 1999). Quando o conteúdo de NaCl no solo é alto, a absorção de nutrientes minerais, especialmente o  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{K}^+$  e  $\text{Ca}^{2+}$  é reduzida (Larcher, 2000).

Segundo Bernardo (1995), atualmente, a principal causa do aumento da salinização dos solos agrícolas tem sido as irrigações mau feitas. Em ambiente protegido, Blanco & Folegatti (1999) reportam que mesmo quando se utiliza água de irrigação de boa qualidade e concentrações adequadas de fertilizantes, pode ocorrer o acúmulo de sais na região radicular se não forem adotadas medidas de controle.

Vários trabalhos reportam os efeitos deletérios do estresse salino sobre o crescimento do milho, independentemente da variável utilizada para esta avaliação (Totawat & Mehta, 1985; Izzo et al., 1991; Hasaneen et al., 1994 e Saneoka et al., 1995). Há de se ressaltar, entretanto, que as cultivares de milho produzem diferentemente quando sujeitas à salinidade (Hajibagheri et al., 1987; Alberico & Cramer, 1993; Azevedo Neto, 1997).

O presente trabalho teve como objetivo estudar o efeito da relação do sódio com o cálcio ( $\text{Na}^+/\text{Ca}^{2+}$ ), em plantas de milho sob estresse salino

## Materiais e Métodos

O trabalho foi conduzido em 21 lisímetros de drenagem de 1,0 m de largura, 1,40 m de comprimento e 0,80 m de profundidade, construídos dentro de uma casa de vegetação no campus da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa – MG, com coordenadas geográficas de  $20^\circ 45'$  de latitude Sul,  $42^\circ 45'$  de longitude Oeste

e altitude de 651 m. A área total ocupada pelos lisímetros era de 124,6 m<sup>2</sup> (7,0 m de largura por 17,80 m de comprimento) e cada lisímetro era provido de drenagem de fundo de caixa ligada a um dispositivo para a coleta do efluente. A espessura do perfil do solo, dentro da caixa era de 0,70 m.

O solo utilizado no preenchimento dos lisímetros foi coletado no perfil natural de um Argissolo Vermelho Escuro Eutrófico Tb existente na base da Serra de São Geraldo, no município de São Geraldo, MG, distante de, aproximadamente, 21 km de Viçosa. Antes do plantio, devido ao excesso de sais do solo nos lisímetros que receberiam as irrigações com água salina, foi feita uma intensa lixiviação nos mesmos até atingir, aproximadamente, 1,00 dS m<sup>-1</sup> no extrato de saturação, empregando água doce.

O experimento foi montado no delineamento inteiramente casualizado com sete tratamentos e três repetições, perfazendo um total de 21 unidades experimentais. Os sete tratamentos constituíram-se de uma irrigação com água doce (sem lixiviação) e seis irrigados com água salina de 1,2 dS m<sup>-1</sup>, com frações de lixiviação de 40, 30, 20, 15, 10 e 5% da lâmina de irrigação aplicada.

A água salina utilizada nas irrigações foi preparada em um reservatório com capacidade de 1000 L mediante a adição de NaCl e CaCl<sub>2</sub> em quantidades necessárias para se obter uma condutividade elétrica (CEai) de 1,20 dS m<sup>-1</sup> e uma relação iônica, em peso, equivalente a 3Na:2Ca, relação esta predominante nas águas salinas utilizadas na irrigação no nordeste do país (Medeiros, 1992).

Os dados de temperatura, umidade relativa do ar, radiação solar incidente e velocidade do vento foram coletados numa estação meteorológica localizada dentro da casa de vegetação e os valores da evapotranspiração real (ET<sub>r</sub>) foram corrigidos pontualmente, em cada lisímetro, por meio do balanço de água do solo com base numa frequência de irrigação de dez dias.

A variedade de milho empregada no experimento foi a UFVM 100, sendo o plantio feito manualmente, em sulcos espaçados 0,70 m entre si, com 16 sementes por metro linear de sulco, perfazendo um total de 32 sementes por lisímetro no momento de plantio. Aos 15 DAP foi feito o desbaste permanecendo oito plantas por lisímetro (50.000 plantas ha<sup>-1</sup>).

O controle de ervas daninhas foi feito com capinas manuais enquanto o controle de *Spodoptera frugiperda* se deu com a aplicação do inseticida piretróide "Decis", na dosagem de 0,3 L ha<sup>-1</sup>.

As frações de lixiviação foram aplicadas a partir dos 30 DAP, enquanto no período inicial foram aplicadas apenas as lâminas de irrigação de manutenção da umidade do solo. A lâmina de

irrigação correspondente a ET<sub>r</sub>, acrescida da fração de lixiviação de cada tratamento foi aplicada manualmente e de forma uniforme, em cada lisímetro.

Os efeitos da salinidade da solução do solo sobre a nutrição mineral da cultura do milho foram avaliados determinando o teor foliar de cálcio e sua relação com o sódio. Para tanto, nas fases fenológicas do período vegetativo, floração, formação da colheita e maturação fisiológica, correspondente aos 30, 60, 90 e 120 DAP, respectivamente, foram coletadas aleatoriamente, em diferentes plantas de cada unidade experimental, três folhas localizadas abaixo da inserção da espiga, sendo encaminhadas ao laboratório para a realização das análises conforme descrito por Fontes (2001). Aos 30 DAP foi coletada a quarta folha totalmente expandida.

Paralelamente as coletas das folhas para as análises, foram retiradas de cada unidade experimental amostras de solo nas camadas de 0-20, 20-40 e 40-60 cm, para a determinação do balanço de sais no perfil do solo, avaliado a partir da medição da condutividade elétrica do solo saturado. A condutividade elétrica foi determinada por leitura direta, na solução extraída da pasta de solo saturada, com auxílio um condutivímetro (Ruiz, 2003).

Os dados foram analisados por meio de análise de variância e de regressão. Os modelos foram escolhidos com base na significância dos coeficientes de regressão, utilizando o teste "t" e adotando-se α máximo de até 5%, no coeficiente de determinação (r<sup>2</sup>) e no fenômeno em estudo.

## Resultados

A análise de variância em função da salinidade do solo aos 30, 60, 90 e 120 DAP com relação a Na<sup>+</sup>/Ca<sup>2+</sup> nas folhas de milho estão apresentadas na tabela 1.

Tabela 1 – Resumo da análise de variância das variáveis relação Na<sup>+</sup>/Ca<sup>2+</sup>, em função da salinidade do solo aos 30, 60, 90 e 120 DAP.

F V	GL	Quadrados médios			
		30 DAP	60 DAP	90 DAP	120 DAP
-----Relação Na <sup>+</sup> /Ca <sup>2+</sup> -----					
Trat	6	0,0038*	2,1074*	8,4383 <sub>ns</sub>	1,6769*
Res	14	0,0004	0,2011	4,5136	0,0105
CV (%)		14,42	20,79	28,90	5,55

FV – fonte de variação, Trat – tratamento, Res – resíduo, CV – coeficiente de variação, ns – não significativo; \* significativo a 5% de probabilidade.

Na figuras 1, 2 e 3 respectivamente mostra a relação sódio-cálcio (Na<sup>+</sup>/Ca<sup>2+</sup>) nas folhas de

milho aos 30, 60 e 120 DAP em função dos níveis de salinidade do solo (CEes).

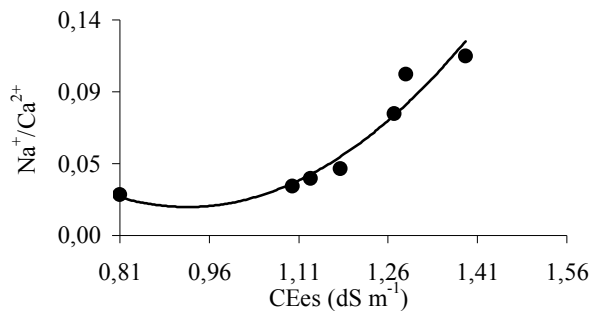


Figura 1 - Relação do sódio cálcio ( $\text{Na}^+/\text{Ca}^{2+}$ ), nas folhas de milho aos 30 (A), DAP em função dos níveis de salinidade do solo (CEes).

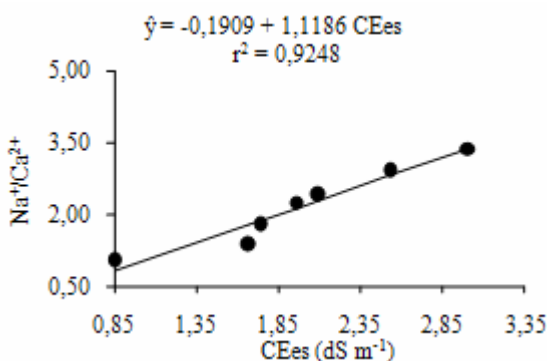


Figura 2 – Relação do sódio cálcio ( $\text{Na}^+/\text{Ca}^{2+}$ ), nas folhas de milho aos 60 (B) DAP em função dos níveis de salinidade do solo (CEes).

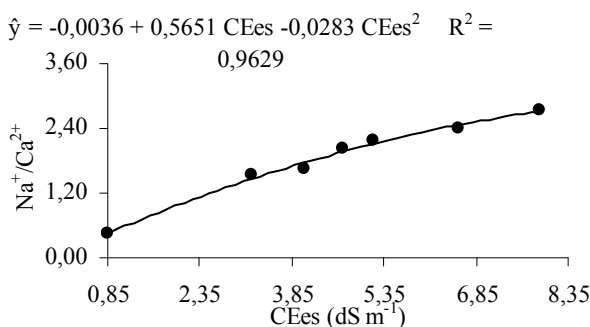


Figura 3 – Relação do sódio cálcio ( $\text{Na}^+/\text{Ca}^{2+}$ ), nas folhas de milho aos 120 (C) DAP em função dos níveis de salinidade do solo (CEes).

## Discussão

A salinidade do solo aos 30, 60 e 120 DAP afetou significativamente as relações  $\text{Na}^+/\text{Ca}^{2+}$  nas folhas de milho (Tabela 1).

A Figura 1, 2 e 3, respectivamente, mostra o aumento da relação  $\text{Na}^+/\text{Ca}^{2+}$  nas folhas de milho, com o aumento dos níveis de salinidade do solo.

O aumento dos valores da relação  $\text{Na}^+/\text{Ca}^{2+}$  nas folhas das plantas de milho com o incremento dos níveis de salinidade do solo, indicam o acréscimo na absorção de sódio em detrimento da absorção de cálcio e magnésio. Ao contrário dos 60 e 120 DAP (Figura 2 e 3 respectivamente), a relação  $\text{Na}^+/\text{Ca}^{2+}$  aos 30 DAP (Figura 1) não representou algum tipo de antagonismo entre os nutrientes ou mesmo evidenciou alguma toxicidade relativa ao íon sódio, pois tal relação iônica com valores abaixo de 0,60 são considerados adequados para uma ótima eficiência metabólica em plantas não halófitas (Greenway & Muns, 1980).

A literatura evidencia que o aumento da concentração de sódio no ambiente radicular das plantas, promove a elevação da relação  $\text{Na}^+/\text{Ca}^{2+}$ . Nesse contexto, Azevedo Neto & Tabosa (2000) verificaram o aumento da relação  $\text{Na}^+/\text{Ca}^{2+}$  no limbo, raiz, colmo e bainha de plântulas de milho com o incremento dos níveis de NaCl, em solução nutritiva.

## Conclusão

Na variedade de milho UFVM 100 avaliada, o aumento dos níveis de salinidade do solo decorrentes da irrigação com água salina elevou os teores de sódio nas folhas, seguido da redução do teor de cálcio ao longo do ciclo da cultura refletindo o desequilíbrio nutricional causado pelo estresse nutricional conseqüente do estresse salino progressivo.

A elevada relação  $\text{Na}^+/\text{Ca}^{2+}$  nas folhas, mostrando-se como importante variável no estudo nutricional das plantas sob condições de salinidade.

## Agradecimentos

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, pelo apoio financeiro.

## Referências

- ALBERICO, G.J.; CRAMER, G.R. Is the salt tolerance of maize related to sodium exclusion? I. Preliminary screening of seven cultivars. *Journal of Plant Nutrition*, New York, v.16, p.2289-2303, 1993.
- AZEVEDO NETO, A.D. Estudo do crescimento e distribuição de nutrientes em plântulas de milho submetidas ao estresse salino. Recife: UFRPE, 1997. 134p. Dissertação Mestrado.
- AZEVEDO NETO, A.D.; TABOSA, J.N. Estresse salino em plântulas de milho: Parte II distribuição dos macronutrientes catiônicos e suas relações

com o sódio. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. 4 (2):165-171. 2000.

- BERNARDO, S. *Manual de Irrigação*. 6.ed. Viçosa: Imprensa Universitária, 1995. 657 p.

- BERNARDO, S.; MANTOVANI, E.C.; SOARES, A.A. *Manual de irrigação*. 7ª. ed. Viçosa, UFV, 611p. 2005.

- BLANCO, F.F.; FOLEGATTI, M.V. Salinização do solo em ambiente protegido sob fertirrigação. In: WORKSHOP DE FERTIRRIGAÇÃO, 1., 1999, Piracicaba. *Resumos...* Piracicaba: DER/ESALQ/USP, 1999. p. 3-4.

- FONTES, P.C.R.. Diagnóstico do estado nutricional das plantas. Ed. UFV, Viçosa. 122 p. 2001.

- FREVERT, D.R.; HILL, R.W.; BRAATEN, B.C. Estimation of FAO evapotranspiration coefficients. *Journal of Irrigation and Drainage*. 109:265-270. 1983.

- GRATTAN, S. R.; GRIEVE, C. M. Salinity-mineral relations in horticultural crops. *Scientia Horticulturae*, 78:127-157. 1999.

- GREENWAY, H.; MUNS, R. Mechanisms of salt tolerance in crop plants. *Plant Physiology*. 31:149-190. 1980.

- HAJIBAGHERI, M.A.; HARVEY, D.M.R.; FLOWERS, T.J. Quantitative ion distribution within root cells of salt-sensitive and salt-tolerant maize varieties. *New Phytologist*, Cambridge, v.105, p.367-379, 1987.

- HASANEEN, M.N.A.; EL-SAHT, H.M.; BASSYONI, F.M. Growth, carbohydrates and associated invertase and amylase activities in castor bean and maize as affected by metribuzin and NaCl. *Biologia Plantarum*, Prague, v.36, p.451-459, 1994.

- IZZO, R. NAVARI-IZZO, F.; QUARTACCI, F. Growth and mineral absorption in maize seedlings as affected by increasing NaCl concentrations. *Journal of Plant Nutrition*, New York, v.14, p.687-699, 1991.

- LARCHER, W. *Ecofisiologia Vegetal*. ed RiMa Artes e Textos, São Carlos, 531p. 2000.

- MEDEIROS, J.F. Qualidade da água de irrigação e evolução da salinidade nas propriedades assistidas pelo gat, nos estados do RN, PB e CE. *Dissertação de Mestrado*, Campina Grande, PB, UFPB. 137p. 1992.

- RUIZ, H.A. (2003) Métodos de análises físicas do solo. Apostila Acadêmica. Programa de Pós-Graduação em solos e nutrição de plantas, Universidade Federal de Viçosa, 2003, 53 p.

- SANEOKA, H.; NAGASAKA, C.; HAHN, D.T.; YANG, W.J.; PREMACHANDRA, G.S.; JOLY, R.J.; RHODES, D. Salt tolerance of glycinebetaine-deficient and-containing maize lines. *Plant Physiology*, Rockville, v.107, p.631-638, 1995.