



# Estresse salino em plantas de milho: II - Macronutrientes catiônicos e suas relações com o sódio

Paulo A. Ferreira<sup>1</sup>; Giovanni de O. Garcia<sup>1</sup>; Delfran B. dos Santos<sup>1</sup>;  
Flávio G. de Oliveira<sup>1</sup> & Júlio C. L. Neves<sup>2</sup>

<sup>1</sup> DEA/UFV. CEP 36571-000, Viçosa, MG. Fone: (31) 3899 1911. E-mail: pafonso@ufv.br, giovanniog@vicosa.ufv.br, delfran@universiabrasil.net, flaviogoliveira@ibest.com.br

<sup>2</sup> DEA/UFV. Fone: (31) 3899 1059. E-mail: jcneves@ufv.br

Protocolo 8

**Resumo:** Com o objetivo de avaliar os efeitos da salinidade do solo sobre a nutrição mineral da cultivar de milho UFVM 100, conduziu-se um experimento em lisímetros de drenagem sob condições de casa de vegetação, montado em delineamento inteiramente casualizado com sete tratamentos e três repetições. Os tratamentos foram constituídos de 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. Avaliaram-se os efeitos da salinidade do solo sobre a nutrição mineral da cultura do milho, determinando-se o teor foliar dos macronutrientes catiônicos e suas relações com o Na<sup>+</sup>, aos 120 dias após o plantio, na fase fenológica correspondente à maturação fisiológica. O aumento da salinidade do solo reduziu os teores dos macronutrientes cálcio, magnésio e potássio e elevou os teores foliares de sódio e as relações Na<sup>+</sup>/Ca<sup>2+</sup>, Na<sup>+</sup>/Mg<sup>2+</sup> e Na<sup>+</sup>/K<sup>+</sup>.

**Palavras-chave:** salinidade do solo, *Zea mays*, nutrição mineral, macronutrientes catiônicos, sódio

## Saline stress in maize plants: II - Cationic macronutrients and their relations with sodium

**Abstract:** To evaluate the effects of soil salinity on the mineral nutrition in the maize, UFVM 100 cv., an experiment was carried out in drainage lysimeters under greenhouse conditions. A completely randomized experimental design was used, with seven treatments. The treatments consisted of irrigation with freshwater, without leaching, and the other six ones irrigated with saline water (1.2 dS m<sup>-1</sup>) with leaching fractions of 40, 30, 20, 15, 10 and 5% of the applied irrigation depth with three replications. The effects of the soil salinity upon mineral nutrition of the maize crop were evaluated, by determining the leaf content of the cationic macronutrients and their relationships with Na<sup>+</sup> at 120 days after planting and at the phenological phase corresponding to physiological maturation. The increased soil salinity elevated the leaf sodium contents and the relationships Na<sup>+</sup>/Ca<sup>2+</sup>, Na<sup>+</sup>/Mg<sup>2+</sup> and Na<sup>+</sup>/K<sup>+</sup> ratios, as well as reduced the contents of the calcium, magnesium and potassium macronutrients.

**Key words:** soil salinity, *Zea mays*, mineral nutrition, cationic macronutrients, sodium

## INTRODUÇÃO

Os desequilíbrios nutricionais em plantas, podem ser consequência do efeito da salinidade na solução do solo sobre a disponibilidade dos nutrientes, competitividade, transporte na planta, ou da inativação fisiológica de determinado nutriente resultando, assim, no aumento da exigência interna daquele elemento essencial.

Em condições não salinas, o citosol das células de plantas

não halófitas contém cerca de 1,0 a 3,0 dag kg<sup>-1</sup> de K<sup>+</sup> e 0,01 a 0,1 dag kg<sup>-1</sup> de Na<sup>+</sup>, sendo este, um ambiente iônico no qual muitas enzimas alcançam o seu ótimo. Os efeitos de toxicidade iônica ocorrem, quando as concentrações de íons prejudiciais, particularmente Na<sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup> ou SO<sub>4</sub><sup>-2</sup>, se acumulam nas células. Uma alta relação Na<sup>+</sup>/K<sup>+</sup> e alta concentração de sais totais inativam as enzimas e inibem a síntese protéica (Taiz & Zeiger, 2004).

Os íons inorgânicos desempenham importante papel na preservação do potencial hídrico do vegetal. Os mecanismos que resultam no excesso de absorção iônica e exclusão de Na<sup>+</sup>

e Cl<sup>-</sup> de tecidos, metabolicamente ativos da parte aérea das plantas, podem ser, portanto, responsáveis pela tolerância das culturas ao estresse salino (Cheeseman, 1998). Esta exclusão pode ser efetuada por acumulação preferencial de íons em tecidos relativamente tolerantes da raiz ou da parte aérea (Boursier et al., 1987).

Devido à acumulação excessiva de íons, o potencial osmótico celular é reduzido, podendo, desta forma, induzir toxicidade iônica, desequilíbrio nutricional ou ambos (Azevedo Neto, 1997); Cramer et al. (1994) afirmam que o grau com que cada um desses componentes do estresse salino influencia a nutrição mineral das plantas é dependente de muitos fatores, dentre eles a cultivar, a intensidade e duração do estresse salino, o teor de água no solo e o estágio de desenvolvimento da planta.

Por meio deste trabalho objetivou-se estudar o efeito da salinidade da solução do solo sobre os teores dos macronutrientes catiônicos e suas relações com o Na<sup>+</sup>, em plantas de milho.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Este trabalho foi realizado em 21 lisímetros de drenagem de 1,0 m de largura, 1,40 m de comprimento e 0,80 m de profundidade, construídos sob ambiente protegido no campus da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, com coordenadas geográficas de 20° 45' de latitude Sul, 42° 45' de longitude Oeste e altitude de 651 m. Os lisímetros eram equipados com uma rede de drenagem individual, ligada a um dispositivo para a coleta de efluente.

O solo usado no preenchimento dos lisímetros, até 0,7 m de profundidade, foi retirado no perfil natural de um Argissolo Vermelho Escuro Eutrófico Tb e analisado, química e fisicamente, nos laboratórios de Análise de Rotina, Física do Solo e de Água e Solo dos Departamentos de Solo e de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa, respectivamente, conforme descrito pela Embrapa (1997) (Tabela 1). Utilizou-se do delineamento experimental inteiramente casualizado com sete tratamentos e três repetições, totalizando 21 unidades experimentais. Um tratamento consistiu de 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 obtenção de uma condutividade elétrica (CE<sub>ai</sub>) de 1,20 dS m<sup>-1</sup> e relação iônica, em peso, de 3Na:2Ca, (Tabela 2) relação esta predominante nas águas salinas usadas em irrigação na região Nordeste do país, conforme citado por Medeiros (1992).

As lâminas de irrigação foram equivalentes à evapotranspiração real da cultura (ET<sub>r</sub>), e calculadas em função da ET<sub>0</sub>, estimada pelo método FAO-24 da radiação, adaptado por Frevert et al. (1983) e corrigida para valores de K<sub>c</sub> da cultura e do coeficiente de umidade do solo (K<sub>s</sub>), propostos por Bernardo et al. (2005).

Tabela 1. Características químicas e físico-hídricas do solo utilizado no preenchimento dos lisímetros de drenagem

Característica	Valor
Areia grossa (dag kg <sup>-1</sup> )	18,40
Areia fina (dag kg <sup>-1</sup> )	9,80
Silte (dag kg <sup>-1</sup> )	17,00
Argila (dag kg <sup>-1</sup> )	54,80
Densidade do solo (kg dm <sup>-3</sup> )	1,20
Densidade das partículas (kg dm <sup>-3</sup> )	2,63
Porosidade (dm <sup>3</sup> dm <sup>-3</sup> )	54,40
pH em água	5,90
Na <sup>+</sup> (mg dm <sup>-3</sup> )	99,00
P (mg dm <sup>-3</sup> )	4,20
K <sup>+</sup> (mg dm <sup>-3</sup> )	60,00
Ca <sup>2+</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	2,70
Mg <sup>2+</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,60
Al <sup>3+</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,00
H + Al (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,33
Soma de Bases (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	3,88
CTC efetiva (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	3,88
CTC total (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	4,21
Saturação por alumínio (%)	0,00
Saturação por bases (%)	92,00
PST (%)	10,09
P - rem (mg L <sup>-1</sup> )	31,36

As lâminas de lixiviação foram aplicadas em todas as irrigações e o controle das lixiviações foi feito por meio de um balanço de água no solo empregando a equação:

$$ET_r = I - \Delta U - D \quad (1)$$

em que:

- I – lâmina de irrigação (mm);
- $\Delta U$  – variação do conteúdo de água no solo (mm),
- D – lâmina de percolação profunda (mm).

Utilizou-se da cultivar de milho UFVM 100, com semeio manual no espaçamento de 0,70 m entre sulcos de 16 sementes por metro linear de sulco, perfazendo um total de 32 sementes

Tabela 2. Características médias da água utilizada na irrigação da cultura do milho, durante o período experimental

Característica	Valor	
	Água salina	Água não salina
Condutividade elétrica (dS m <sup>-1</sup> )	1,20	0,06
Concentração de sódio (cmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> )	0,4436	0,0002
Concentração de cálcio (cmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> )	0,2875	0,0167
Concentração de cloro (cmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> )	0,0141	0,0000
Concentração de magnésio (cmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> )	0,0534	0,0103
Concentração de potássio (cmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> )	0,0186	0,0192
RAS (cmol L <sup>-1</sup> ) <sup>1/2</sup>	1,0744	0,0002
pH	6,70	6,20

por lisímetro. No plantio, todos os tratamentos receberam adubação química correspondente às doses de 30 kg ha<sup>-1</sup> de N, 50 kg ha<sup>-1</sup> de P e 80 kg ha<sup>-1</sup> de K, na forma de sulfato de amônio, superfosfato simples e cloreto de potássio, respectivamente.

Aos 15 dias após o plantio (DAP) realizou-se desbaste, permanecendo 8 plantas por lisímetro (correspondendo a 50.000 plantas ha<sup>-1</sup>), enquanto aos 30, 45 e 60 DAP foram feitas três adubações nitrogenadas e uma potássica de cobertura.

Durante os primeiros 30 DAP, os lisímetros receberam irrigação para manter umidade adequada no solo, quando, então, se iniciaram os tratamentos. A lâmina de irrigação correspondente à ETr, acrescida da fração de lixiviação de cada tratamento, foi aplicada em cada lisímetro, manualmente.

Aos 120 DAP, fase fenológica correspondente à maturação fisiológica, foram coletadas, aleatoriamente, em plantas diferentes em cada unidade experimental, três folhas localizadas abaixo da inserção da espiga, sendo o material levado ao laboratório para realização das análises de Na, Ca, Mg e K, conforme descrito por Fontes (2001), obtendo-se os respectivos teores e a relação de Na com Ca, Mg e K.

Simultaneamente à coleta das folhas para análise, amostras de solo foram retiradas de cada unidade experimental, nas camadas de 0-20, 20-40 e 40-60 cm, para determinação do status salino no perfil do solo, avaliado pela medição direta da condutividade elétrica do extrato da pasta saturada do solo (CEes), conforme descrito por Ruiz (2003). Os dados de CEes foram relacionados com os teores de nutrientes na folha.

Procedeu-se a análise de variância e de regressão dos resultados obtidos, utilizando-se do teste "t", adotando-se  $\alpha$  de até 5% para o coeficiente de determinação ( $r^2$ ).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Salinidade do solo

Os níveis de salinidade do solo aos 120 DAP, estão apresentados na Tabela 3.

Tabela 3. Valores médios da condutividade elétrica do extrato da pasta saturada do solo (CEes) das unidades experimentais, aos 120 DAP

Tratamentos	CEes (dS m <sup>-1</sup> )
Água doce	0,85
Água salina acrescida da fração de lixiviação de 40%	3,21
Água salina acrescida da fração de lixiviação de 30%	4,07
Água salina acrescida da fração de lixiviação de 20%	4,67
Água salina acrescida da fração de lixiviação de 15%	5,18
Água salina acrescida da fração de lixiviação de 10%	6,57
Água salina acrescida da fração de lixiviação de 5%	7,89

Aos 120 DAP, a salinidade média do extrato da pasta saturada do solo (CEes), em função das frações de lixiviação dos tratamentos com água salina (Tabela 3), aumentou com o decréscimo das frações de lixiviação, os resultados comprovam que frações adequadas de lixiviação do perfil do solo constituem prática eficaz para reduzir o excesso de sais solúveis na zona radicular das culturas.

### Teores de cálcio, magnésio, potássio e sódio

A salinidade do solo afetou significativamente os teores de cálcio, magnésio, potássio e sódio nas folhas de milho, aos 120 DAP. Foram registrados decréscimos lineares dos teores de cálcio, magnésio e potássio (Figura 1 A, B e C) e incremento quadrático dos teores de sódio nas folhas de milho (Figura 1 D) com o incremento dos níveis de salinidade do solo.

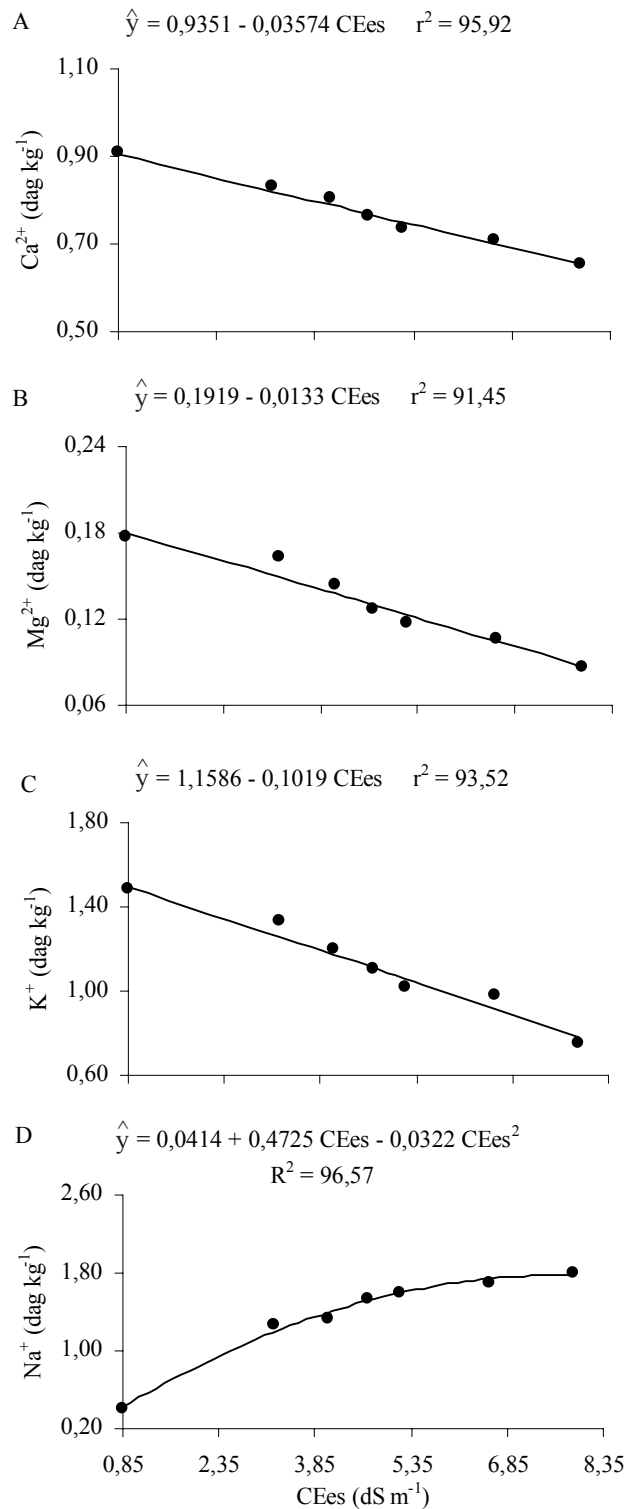


Figura 1. Teores de cálcio (A), magnésio (B), potássio (C) e sódio (D) nas folhas de milho, aos 120 DAP em função dos níveis de salinidade do solo (CEes)

Estudos têm demonstrado que a salinidade diminui os teores de cálcio na parte aérea das plantas de milho (Alberico & Cramer, 1993; Cramer et al., 1994; Azevedo Neto & Tabosa, 2000). Semelhante aos resultados obtidos no presente trabalho, os autores reportam que o aumento do teor de sódio do meio externo ocasiona diminuição dos teores de cálcio nos tecidos das plantas de milho; segundo Cramer et al. (1994), o sódio desloca o cálcio da plasmalema das células radiculares, resultando em uma perda da integridade da membrana e efluxo citossólico de solutos orgânicos e inorgânicos. A alteração nas membranas, em que o cálcio é um íon estabilizante, pode resultar em sensibilidade maior da cultura ao estresse salino, haja vista a seletividade das membranas nos processos de absorção e compartimentação iônica (Azevedo Neto & Tabosa, 2000).

Segundo Colmer et al. (1994), em plantas sob estresse salino a suplementação de cálcio reduz a acumulação de sódio e mantém os níveis de potássio e dos metabólitos fosfatados nos tecidos radiculares, além de reduzir as perdas de fósforo.

Os teores de magnésio encontrados nas folhas, comparando-os com dados contidos em Taiz & Zeiger (2004), são considerados inadequados, exceto para a testemunha; Azevedo Neto & Tabosa (2000) verificaram, também, em plantas de milho submetidas a diferentes níveis de NaCl em solução nutritiva, diminuição dos teores de magnésio na raiz e no colmo, enquanto os teores de magnésio na bainha e no limbo permaneceram relativamente constantes.

Além do papel do magnésio como co-fator em quase todas as enzimas do metabolismo energético e na molécula de clorofila, este íon é requerido para a integridade dos ribossomos e contribui efetivamente para a estabilidade estrutural dos ácidos nucleicos e membranas (Taiz & Zeiger, 2004). Apesar da importância do magnésio no metabolismo vegetal, a literatura referente a estudos sobre as concentrações deste nutriente em plantas cultivadas sob estresse salino, é bastante limitada, tanto para milho quanto como para outras espécies.

Semelhantemente a este trabalho, Taiz & Zeiger (2004) afirmam que o aumento na concentração de sódio do meio externo ocasiona diminuição dos teores de potássio nos tecidos das plantas de milho, enquanto Kawasaki et al. (1983) relatam que o aumento da concentração de sódio no meio radicular pode inibir a absorção de potássio, devido à relação competitiva entre os cátions monovalentes.

Segundo Azevedo Neto & Tabosa (2000), o estresse salino promove aumento no efluxo citossólico de potássio nas raízes das plantas, sendo que esta perda pode ser o resultado direto de trocas osmoticamente induzidas na permeabilidade do plasmalema, como também da substituição de cálcio por sódio na membrana, abrindo canais para potássio.

No presente trabalho, o teor de sódio nas folhas de milho aumentou, consideravelmente, com os níveis de salinidade do solo, até valores de CEes  $\approx 5 \text{ dS m}^{-1}$ , quando ocorreu tendência de estabilização nos teores de sódio, nos níveis mais elevados de salinidade do solo (Figura 1 D). Este comportamento pode ter resultado em uma compartimentação em nível celular, haja vista a não identificação da real locação do sódio nas células das folhas reduzindo, assim, a toxicidade por este íon nos sítios metabolicamente ativos das folhas.

O aumento da concentração de sódio na parte aérea de plantas de milho, cultivadas em ambientes salinos, tem sido estudado por vários pesquisadores. De modo idêntico ao observado neste trabalho, Willadino et al. (1994), Azevedo Neto & Tabosa (2000) e Azevedo Neto et al. (2004) constataram aumento nos teores de sódio, nas folhas de milho cultivado em ambientes salinos.

### Relação do sódio com o cálcio, magnésio e potássio

A determinação das relações do sódio com o cálcio, magnésio e potássio, ( $\text{Na}^+/\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+/\text{Mg}^{2+}$  e  $\text{Na}^+/\text{K}^+$ ) revelam-se importantes variáveis para a seleção de plantas tolerantes, quando o objetivo consiste em analisar o estado nutricional de plantas submetidas à salinidade (Azevedo Neto & Tabosa, 2000).

O incremento na salinidade do solo afetou, significativamente, as relações  $\text{Na}^+/\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+/\text{Mg}^{2+}$  e  $\text{Na}^+/\text{K}^+$  nas folhas de milho, aos 120 DAP (Figura 2 A, B e C).

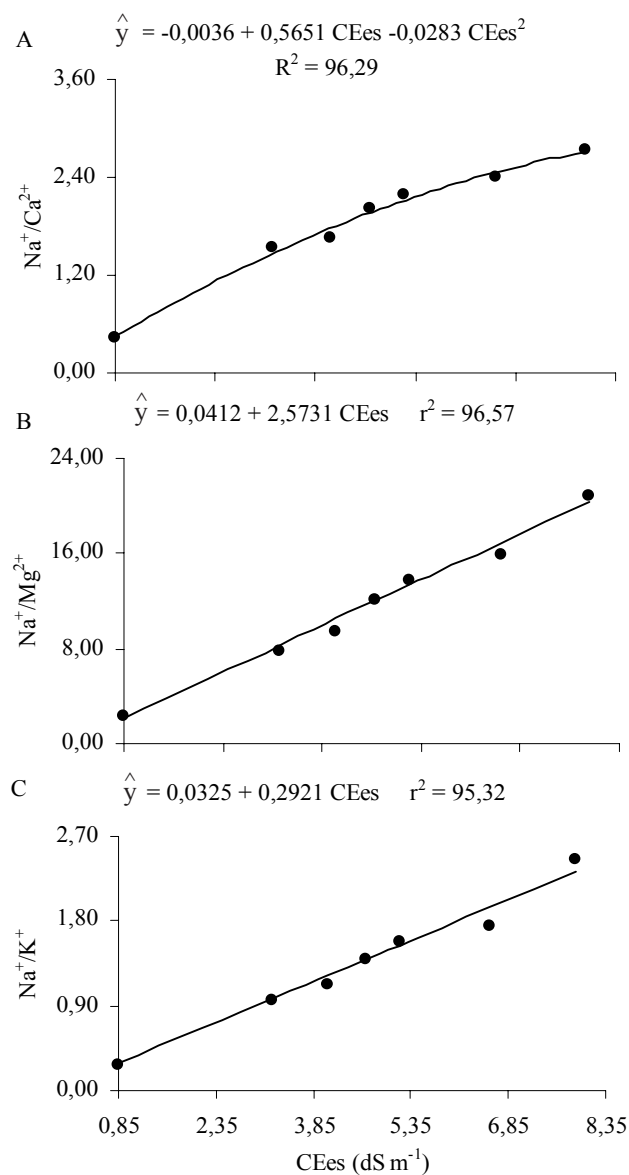


Figura 2. Relação do sódio com o cálcio (A), magnésio (B) e potássio (C) nas folhas de milho aos 120 DAP, em função dos níveis de salinidade do solo (CEes)

O aumento dos valores das relações  $\text{Na}^+/\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+/\text{Mg}^{2+}$  e  $\text{Na}^+/\text{K}^+$ , nas folhas das plantas de milho, com o incremento dos níveis de salinidade do solo, indica o acréscimo na absorção de sódio em detrimento da absorção de cálcio, magnésio e potássio. A manutenção de baixas relações  $\text{Na}^+/\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+/\text{Mg}^{2+}$  e  $\text{Na}^+/\text{K}^+$  é considerada por Saur et al. (1995) como um importante critério na caracterização da tolerância das plantas à salinidade. Uma relação  $\text{Na}^+/\text{Ca}^{2+}$  elevada faz com que o  $\text{Na}^+$  desloque o  $\text{Ca}^{2+}$  da membrana celular, induzindo à perda de sua integridade, e resulta em desequilíbrio na absorção iônica (Marschner, 1995) e redução da seletividade de  $\text{Na}^+ - \text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Na}^+ - \text{Mg}^{2+}$  nas raízes (Azevedo Neto & Tabosa, 2000).

Estudos têm indicado o efeito competitivo entre  $\text{Na}^+$  e  $\text{K}^+$  assim como a seletividade por estes íons e sua relação com a sensibilidade das plantas à salinidade. Willadino et al. (1999), Azevedo Neto & Tabosa (2000) e Azevedo Neto et al. (2004) verificaram aumento da relação  $\text{Na}^+/\text{K}^+$ , na parte aérea de plantas de milho, com o incremento dos níveis de  $\text{NaCl}$  em solução nutritiva. Segundo os autores, o desequilíbrio na absorção iônica, em decorrência do aumento dos valores da relação  $\text{Na}^+/\text{K}^+$ , reduziu a seletividade dos íons de  $\text{K}^+$  nas raízes, devido à perda da integridade das membranas sob condições de salinidade.

## CONCLUSÕES

Na cultivar de milho UFVM 100, o aumento nos níveis de salinidade do solo decorrentes da irrigação com água salina resulta:

1) Em elevação dos teores de sódio nas folhas, reduzindo os teores dos macronutrientes catiônicos (cálcio, magnésio e potássio);

2) Em elevação das relações  $\text{Na}^+/\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+/\text{Mg}^{2+}$  e  $\text{Na}^+/\text{K}^+$  nas folhas, constatando-se serem importantes estas variáveis para o estudo nutricional das plantas sob condições de estresse salino;

3) Em diminuição dos teores de cálcio, magnésio, potássio e aumento do teor de sódio, provocando desequilíbrio e estresse nutricional.

## AGRADECIMENTOS

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

## LITERATURA CITADA

- Alberico, G.J.; Cramer, G.R. Is the salt tolerance of maize related to sodium exclusion. I. Preliminary screening of seven cultivars. *Journal Plant Nutrition*. New York, v.16, p.2289-2303, 1993
- Azevedo Neto, A.D. Estudo do crescimento e distribuição de nutrientes em plantas 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*, Campina Grande, v.4, n.2, p.165-171, 2000.
- Azevedo Neto, A.D.; Tabosa, J.N.; Eneas-Filho, J.; Lacerda, C.F.; Silva, J.V.; Costa, P.H.C., Gomes Filho, E. Effects salt stress on plant growth, stomatal response and solute accumulation of different maize genotypes. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, Campinas. v.16, n.1, p.31-38, 2004.
- Bernardo, S.; Mantovani, E.C.; Soares, A.A. Manual de irrigação. 7.ed. Viçosa:UFV, 2005. 611p.
- Boursier, P.; Lynch, J.; Läuchli, A.; Epstein, E. Chloride partitioning in leaves of salt-stressed sorghum, maize, wheat and barley. *Australian Journal of Plant Physiology*, Melbourne, v.14, p.463-473, 1987.
- Cheeseman, J.M. Mechanisms of salinity tolerance in plants. *Plant Physiology*, Rockville, v.87, p.547-550, 1998.
- Colmer, T.D.; Fan, T.W.M.; Higashi, R.M.; Läuchli, A. Interactions of  $\text{Ca}^{2+}$  and  $\text{NaCl}$  stress on the relations and intracellular pH of *Sorghum bicolor* root tips: An in vivo  $^{31}\text{P}$ -NMR study. *Journal of Experimental Botany*, Oxford, v.45, p.1037-1044, 1994.
- Cramer, G.R.; Alberico, G.J.; Schmidt, C. Salt tolerance is not associated with the sodium accumulation of two maize hybrids. *Australian Journal of Plant Physiology*, Melbourne, v.21, p.675-692, 1994.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Manual de métodos de análise de solo. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. 2.ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPQ, 1997. 212p. Documento, 1
- Fontes, P.C.R. Diagnóstico do estado nutricional das plantas. Viçosa: UFRV, 2001, 122p.
- Frevert, D.R.; Hill, R.W.; Braaten, B.C. Estimation of FAO evapotranspiration coefficients. *Journal of Irrigation and Drainage*, New York, v.109, p.265-270, 1983.
- Kawasaki, T.; Akiba, T.; Moritsugu, M. Effects of high concentrations of sodium chloride and polyethylene glycol on the growth and ion absorption in plants: I. Water culture experiments in a greenhouse. *Plant and Soil*, Dordrecht, v.75, p.75-85, 1983.
- Marschner, H. Mineral nutrition of higher plant. 2.ed. New York: Academy, 1995. 889p.
- Medeiros, J.F. Qualidade da água de irrigação e evolução da salinidade nas propriedades assistidas pelo gat, nos estados do RN, PB e CE. Campina Grande:UFPB. 1992. 137p. Dissertação Mestrado
- Ruiz, H.A. Métodos de análises físicas do solo. Viçosa:UFV, 2003. 56p.
- Saur, E.; Lambrot, C.; Loustau, D.; Rotival, N.; Trichet, P. Growth and uptake of mineral elements in response to sodium chloride of three provenances of maritime pine. *Journal of Plant Nutrition*, New York, v.18, n.2, p.243-256, 1995.
- Taiz, L.; Zeiger, E. Fisiologia vegetal. 3 ed., Porto Alegre: ARTMED. 2004. 719p.
- Willadino, L.; Camara, T.R.; Santos, M.A.; Torne, J.M. Obtenção de uma linhagem de milho tolerante ao estresse salino mediante a cultura de anteras. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.30, p.1313-1318, 1994.
- Willadino, L.; Martins, M.H.B.; Camara, T.R.; Andrade, G.; Alves, G.D. resposta de genótipos de milho ao estresse salino em condições hidropônicas. *Scientia Agrícola*, Piracicaba, v.56, n.4, p.1209-1213, 1999.