

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

Ivo Zution Gonçalves¹, João Carlos Madalão², Aline de Azevedo Nazário³, Hanne Nippes Bragança⁴, Willian Bucker Moraes⁵, Giovanni de Oliveira Garcia⁶

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, Moraeswb@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 de avaliar os efeitos da salinidade do solo sobre os teores nutricionais de potássio 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 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 magnésio 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 Na⁺/K⁺, e reduziu os teores de potássio refletindo dessa forma, o desequilíbrio nutricional causado pelo estresse nutricional consequente do estresse salino progressivo.

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

Área do Conhecimento: Ciências agrárias.

Introdução

Segundo MILLER e DONAHUE (1990) altas concentração de sais aumentam a retenção desta água no solo e esta se torna cada vez menos acessível para as raízes das plantas. Sais na solução do solo força a planta a "gastar" mais energia para absorver água e excluir os excessos de sal dos locais metabolicamente ativos.

Estudos têm indicado o efeito competitivo entre Na⁺ e 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; Azevedo Neto et al., 2004). Os autores verificaram aumento da relação Na⁺/K⁺ na parte aérea de plantas de milho com o incremento dos níveis de NaCl em solução nutritiva. Segundo esses autores, o desequilíbrio na absorção iônica em decorrência do aumento dos valores da relação Na⁺/K⁺, reduziu a seletividade dos íons de K⁺ nas raízes devido a perda da integridade das membranas sob condições de salinidade.

De acordo com Marschner (1997), a alta salinidade de alguns fertilizantes, principalmente o

KCl compromete o crescimento e distribuição das raízes assim como a absorção de água e nutrientes, porque diminui o potencial osmótico próximo à rizosfera, dificultando o caminhar dos íons até as raízes. É reconhecida à importância do Na⁺ para as plantas de metabolismo fotossintético C₄, sendo citado por Taiz & Zeiger (2004) como um micronutriente para elas, no entanto tem-se verificado que, altas concentrações, o Na⁺ diminuem a absorção do K⁺ (Willadino et al., 1994).

Por conseguinte, este trabalho teve por objetivo estudar o efeito da relação do sódio com o potássio (Na⁺/K⁺), 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° 45' de latitude Sul, 42° 45' de longitude Oeste e altitude de 651 m. A área total ocupada pelos lisímetros era de 124,6 m² (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⁻¹ 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⁻¹, 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 CaCl₂ em quantidades necessárias para se obter uma condutividade elétrica (CEai) de 1,20 dS m⁻¹ 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_r) foram corrigidos pontualmente, em cada lisímetro, por meio do balanço de água do solo com base numa frequência de irrigação de dez dias. Tabela 5

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⁻¹).

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⁻¹.

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_r, 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 (r²) 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⁺/K⁺ nas folhas de milho estão apresentadas na tabela 1.

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

| FV | GL | Quadrados médios | | | |
|---|----|------------------|---------|---------|---------|
| | | 30 DAP | 60 DAP | 90 DAP | 120 DAP |
| ----- Relação Na ⁺ /Mg ²⁺ ----- | | | | | |
| Trat | 6 | 0,0002* | 0,6057* | 0,4223* | 1,4041* |
| Res | 14 | 0,0001 | 0,0175 | 0,0716 | 0,5167 |
| CV (%) | | 25,95 | 16,32 | 25,51 | 16,75 |

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

Nas figuras 1, 2, 3 e 4 respectivamente mostra a relação sódio potássio ($\text{Na}^+/\text{Mg}^{2+}$) nas folhas de milho aos 30, 60, 90 e 120 DAP em função dos níveis de salinidade do solo (CEes)..

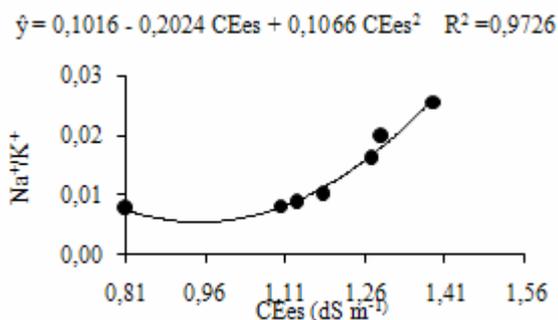


Figura 1 - Relação sódio potássio (Na^+/K^+) nas folhas de milho aos 30 DAP em função dos níveis de salinidade do solo (CEes).

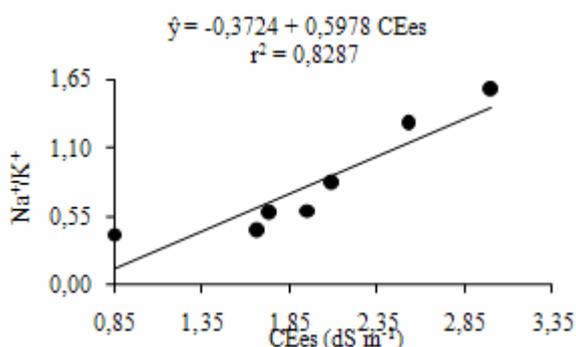


Figura 2 – Relação sódio potássio (Na^+/K^+) nas folhas de milho aos 60 DAP em função dos níveis de salinidade do solo (CEes).

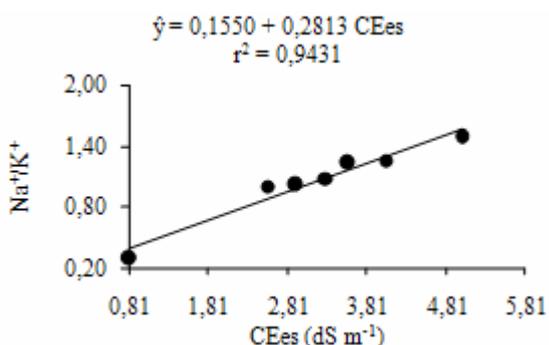


Figura 3 – Relação sódio potássio (Na^+/K^+) nas folhas de milho aos 90 DAP em função dos níveis de salinidade do solo (CEes).

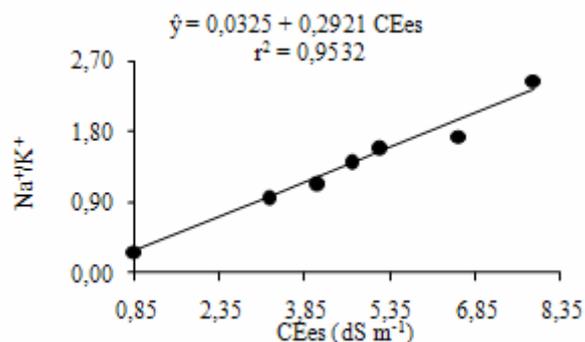


Figura 4 – Relação sódio potássio (Na^+/K^+) nas folhas de milho aos 120 DAP em função dos níveis de salinidade do solo (CEes).

Discussão

A relação Na^+/K^+ é um dos fatores que está intimamente relacionado ao grau de tolerância das culturas a salinidade, podendo ser utilizada como índice para toxicidade de sódio, devido ao fato deste íon inibir a atividade das enzimas que requerem potássio (Greenway & Muns, 1980).

A salinidade do solo aos 30, 60 e 120 DAP afetou significativamente a relação Na^+/K^+ nas folhas de milho de acordo com a tabela 1.

As Figura 1, 2, 3 e 4 mostram que a salinidade afetou significativamente a relação Na^+/K^+ nas folhas das plantas de milho aos 30, 60, 90 e 120 DAP, aumentando seus valores com o incremento dos níveis de salinidade do solo.

Observando a relação Na^+/K^+ aos 60, 90 e 120 DAP (Figura 2, 3 e 4 respectivamente) nota-se que seus valores crescem linearmente com o incremento dos níveis de salinidade do solo evidenciando a maior absorção e translocação de sódio, em relação ao potássio com o incremento dos níveis de salinidade do solo, refletindo a sensibilidade da cultura ao estresse salino, a indução de um desequilíbrio iônico nas plantas e conseqüentemente uma menor eficiência metabólica das folhas.

Exceto aos 30 DAP (Figura 1) a relação Na^+/K^+ nas folhas das plantas de milho, excede o valor de 0,6 considerado como o necessário para uma ótima eficiência metabólica em plantas não-halófitas.

É reconhecida a importância do Na^+ para as plantas de metabolismo fotossintético C_4 , sendo citado por Taiz & Zeiger (2004) como um micronutriente para elas, no entanto tem-se verificado que, altas concentrações, o Na^+ diminuem a absorção do K^+ (Willadino et al., 1994).

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 potássio ao longo do ciclo da cultura refletindo o desequilíbrio nutricional causado pelo estresse nutricional conseqüente do estresse salino progressivo.

A alta relação Na^+/K^+ 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

- 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.
- 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 Plant Physiology*. 16 (1):31-38. 2004.
- BERNARDO, S.; MANTOVANI, E.C.; SOARES, A.A. Manual de irrigação. 7ª. ed. Viçosa, UFV, 611p. 2005.
- BRADY, N.C.; **Natureza e propriedades dos solos**. 7. ed. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1989. 878 p.
- FASSBENDER, H.W.; BORNEMISZA, E. **Química de suelos**: con énfasis en suelos de América latina. San José, Costa Rica: Servicio Editorial IICA, 1987.
- 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.
- FLORES, H.E. Polyamines and plant stress In: LASCHER, R.G.; CUMMING, J.R. Stress responses in plants: adaptation and acclimation mechanisms. New York, Wiley-liss, p. 217-39. 1990.
- GREENWAY, H.; MUNS, R. Mechanisms of salt tolerance in crop plants. *Plant Physiology*. 31:149-190. 1980.
- 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.
- MILLER, R.; DONAHUE, R.L. **Soils**: an introduction to soils and plant growth. New Jersey, EUA: Prentice Hall – Englewood Cliffs, 1990.
- RICHARDS, L.A. Suelos salinos y sodicos: Diagnostico y rehabilitacion. 6.ed. México: Editorial Limusa, 1974. 172p.
- 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.
- 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*, 18:(2):243-256. 1995.
- TAIZ, L., ZEIGER, E. *Fisiologia Vegetal*. 3ª ed., Artmed, Porto Alegre, 719p. 2004.
- 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. *Sciencia Agrícola*, 56 (4):1209-1213. 1999.