



## ÍNDICE DE TOLERÂNCIA À SALINIDADE NA CULTURA DO MILHO SOB ESTRESSE SALINO E ADUBAÇÃO NITROGENADA EM DOIS SOLOS

A. C. de Oliveira<sup>1</sup>, R. dos S. Braz<sup>2</sup>, A. de A. Ribeiro<sup>3</sup>, T. da C. Silva<sup>4</sup>, D. R. Oliveira<sup>5</sup>,  
C. F. de Lacerda<sup>6</sup>

**RESUMO:** Autores acreditam que o aumento da dose de N pode melhorar o desempenho das plantas sob estresse salino. O objetivo deste trabalho foi verificar se a dose de N pode alterar a classificação da tolerância à salinidade do milho, por meio da redução da produção de biomassa. O experimento foi realizado em casa de vegetação empregando o DIC com fatorial 2x2x4: solos (Argissolo e Neossolo); doses de nitrogênio (210 kg ha<sup>-1</sup> e 105 kg ha<sup>-1</sup>) e salinidade da água de irrigação (0,5, 2, 4 e 6 dS m<sup>-1</sup>), com quatro repetições. As plantas foram coletadas e obtidos os dados de biomassa seca em partições. Para avaliar a tolerância à salinidade foi empregada a metodologia proposta por Fageria (1985). Baseado na redução de biomassa seca, em ambas as doses de N, para a raiz, a classificação foi tolerante para a CE de 0,5 dS m<sup>-1</sup>, moderadamente tolerante até 2 dS m<sup>-1</sup> e sensível a partir de 4 dS m<sup>-1</sup>; para a biomassa seca do colmo + bainhas a classificação foi tolerante até 2 dS m<sup>-1</sup> e moderadamente tolerante de 4 a 6 dS m<sup>-1</sup>; para a biomassa dos limbos foliares a cultura foi tolerante até 4 dS m<sup>-1</sup> e moderadamente tolerante para a CE de 6 dS m<sup>-1</sup>. As doses de N não alteraram a classificação da tolerância do milho à salinidade em nenhuma das variáveis analisadas.

**PALAVRAS-CHAVE:** Água salina, nitrogênio, biomassa seca

## TOLERANCE INDEX TO SALINITY IN MAIZE UNDER SALT STRESS AND NITROGEN FERTILIZATION IN TWO SOILS

**ABSTRACT:** Authors believe that increasing the dose of N may improve the performance of plants under salt stress. The objective of this work was to verify if the dose of N can alter the classification of tolerance to the salinity in maize plants, through the reduction of the biomass

<sup>1</sup> Acadêmica de Agronomia, UFC, Fortaleza - Ceará. E-mail: drica\_fj@hotmail.com.br.

<sup>2</sup> Doutorando em Ciência do Solo, DCS/CCA/UFC, Fortaleza - Ceará.

<sup>3</sup> Doutorando em Engenharia Agrícola, DENA/CCA/UFC, Fortaleza - Ceará.

<sup>4</sup> Mestre em Ciência do Solo, DCS/CCA/UFC, Fortaleza - Ceará.

<sup>5</sup> Acadêmico de Agronomia, UFC, Fortaleza - Ceará.

<sup>6</sup> Professor Associado III DENA/CCA/UFC, Fortaleza - Ceará.

production. The experiment was carried out in a greenhouse using DIC with 2x2x4 factorial: soils (Argissolo and Neossolo); nitrogen doses (210 kg ha<sup>-1</sup> e 105 kg ha<sup>-1</sup>) and irrigation water salinity (0.5, 2, 4 and 6 dS.m<sup>-1</sup>), with four replications. The plants were collected and the dry biomass data were obtained in partitions. To evaluate the tolerance to salinity, the methodology proposed by Fageria (1985) was used. Based on the reduction of dry biomass at both N doses, to the root, the classification was tolerant to CE of 0.5 dS.m<sup>-1</sup>, moderately tolerant to 2 dS.m<sup>-1</sup> and sensitive from 4 dS.m<sup>-1</sup>; For the dry matter of the stem + hems the classification was tolerant up to 2 dS.m<sup>-1</sup> and moderately tolerant of 4 to 6 dS.m<sup>-1</sup>; For biomass of leaf limbs the culture was tolerant up to 4 dS.m<sup>-1</sup> and moderately tolerant to the CE of 6 dS.m<sup>-1</sup>. The N rates did not change the classification of corn tolerance to salinity in any of the analyzed variables.

**KEYWORDS:** Salt water, nitrogen, dry biomass.

## INTRODUÇÃO

A salinidade é uma das fontes de estresse em ambientes agrícolas que mais limita a produção das culturas devido aos seus efeitos sobre o desenvolvimento vegetal. Seus danos são causados principalmente pelos efeitos tóxicos e osmóticos que, associados à redução da capacidade das plantas em absorver água, culminam na restrição do crescimento das mesmas em termos de raízes e parte aérea.

Autores afirmam que a suplementação de nutrientes para as plantas sob estresse salino pode atenuar os efeitos deletérios desse estresse, no entanto, o que se sabe é que os sais podem reduzir a eficiência das espécies em utilizar esses nutrientes e o poder das plantas de extrai-los do solo, o que pode levar a perda por lixiviação dos fertilizantes, causando contaminação de águas subterrâneas (SHENKER; BEN-GAL; SHANI, 2003; NEVES et al., 2009; SEGAL et al., 2010; RAMOS et al., 2012; SEMIZ et al., 2014). Esse problema pode ser agravado no caso de nutrientes de alta mobilidade no solo como o nitrato.

Recentemente foram levantadas questões sobre a possibilidade de reduzir os totais de nitrogênio aplicados às plantas sob estresse salino, a fim de reduzir eventuais perdas. Lacerda *et al* (2015) trabalharam essa hipótese, testando a redução do total de N aplicado tendo como critério o decréscimo na evapotranspiração causado pelo aumento da concentração de sais na região das raízes, para a cultura do milho. Os autores verificaram que uma redução de cerca de 30% na dose de N resultou em menores perdas por lixiviação e aumento na eficiência do uso do elemento, sem causar danos adicionais à cultura.

Outros aspectos podem influenciar a interação entre salinidade e nutrição mineral como o tipo de solo e a tolerância à salinidade do genótipo. Assim, o objetivo deste trabalho foi verificar se a dose de nitrogênio pode alterar a classificação da tolerância à salinidade do milho, quantificada por meio da redução da produção de biomassa.

## MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado no período de abril a junho de 2016 em casa de vegetação na Estação Agrometeorológica do Centro de Ciências Agrárias (CCA) da Universidade Federal do Ceará (UFC), Fortaleza - CE. De acordo com a classificação de Köppen, a área do experimento está inserida em uma região de clima Aw', ou seja, tropical chuvoso, muito quente, com predomínio de chuvas nas estações do outono e do verão. A precipitação média é de 1600 mm e temperatura média compreendida entre 26°C e 27°C. A cultura utilizada foi o milho (*Zea mays*), híbrido duplo BRS 2020.

Os tratamentos foram arrançados em delineamento experimental inteiramente casualizado (DIC), com esquema fatorial 2x2x4, correspondendo a dois tipos de solo (ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Eutrófico típico e NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Órtico típico), duas doses de nitrogênio (100% e 50% da recomendação de adubação para a cultura do milho, 240 kg ha<sup>-1</sup> e 120 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente) e quatro níveis de salinidade da água de irrigação (0.5, 2.0, 4.0 e 6.0 dS m<sup>-1</sup>) com quatro repetições. A unidade experimental foi constituída de uma coluna de solo confeccionada em cano de PVC rígido, com dimensões de 200x1000 mm e uma planta em cada.

Anteriormente à montagem das colunas, os solos foram coletados separando-se seus horizontes, colocados para secar, destorroados e peneirados em malha de 5 mm, além de se efetuar a caracterização química e física dos mesmos. Depois disso procedeu-se com a montagem das colunas obedecendo-se a mesma sequência dos horizontes dos solos tais quais se encontravam no campo, compactando-os até atingirem a densidade média de 1,53 g.cm<sup>-3</sup>, a fim de simular o perfil do solo dentro das colunas.

Após as colunas de solos estarem prontas foi realizada uma irrigação deixando as mesmas na capacidade de campo, depois foi feita a semeadura com três sementes em cada coluna e, após a emergência e estabilização das plântulas, 10 dias após a semeadura, realizou-se o desbaste deixando apenas uma planta. Logo em seguida se iniciou a irrigação diária com águas de diferentes condutividades elétricas de acordo com os tratamentos. Os níveis salinos foram obtidos por meio da adição de cloreto de sódio (NaCl) e cloreto de cálcio (CaCl<sub>2</sub>.H<sub>2</sub>O)

na água de irrigação na proporção de 7:3 g.L<sup>-1</sup>, respectivamente. Para a testemunha, a água de irrigação foi diluída com água destilada até atingir a condutividade de 0.5 dS m<sup>-1</sup>.

Para a adubação, o suprimento de fósforo consistiu na aplicação de 1,125 g de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> na forma de superfosfato simples, o que corresponde a 90 kg ha<sup>-1</sup>, os micronutrientes foram fornecidos por meio de 1 g de FTE Br 12, ambos na ocasião da semeadura. O cálcio foi fornecido na água de irrigação por intermédio do CaCl<sub>2</sub>.H<sub>2</sub>O, o enxofre pelo superfosfato simples (contém aproximadamente 12% de S) e o magnésio pelo sulfato de magnésio (MgSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O) diluído na água de irrigação. Já adubação nitrogenada, que constituída os tratamentos, teve a ureia como fonte e suas duas doses de 240 kg.ha<sup>-1</sup> e 120 kg.ha<sup>-1</sup> parceladas em quatro vezes, sendo a primeira aplicação realizada após o desbaste, recebendo 15% da dose, 25% aos 15 dias após o desbaste, 25% aos 30 dias após desbastes e os 35% restantes aplicados aos 45 dias após o desbaste. A adubação com potássio foi feita seguindo o mesmo parcelamento e períodos do nitrogênio, a dose fornecida foi de 80 kg.ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, tendo como fonte o cloreto de potássio.

As plantas foram coletadas aos 67 dias após a semeadura, foram secas em estufa, mantendo-se a temperatura na faixa de 65° a 70°C, após isso foram pesadas e obtidas a biomassa seca da raiz, colmo + bainhas e limbos foliares. Para avaliar o nível de tolerância à salinidade da cultura do milho foi empregada a metodologia proposta por Fageria (1985).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 está exposta a redução da produção de biomassa seca da raiz e a classificação quanto à tolerância à salinidade das plantas de milho, híbrido BRS 2020, em resposta às combinações dos níveis de salinidade da água de irrigação e das doses de nitrogênio, de acordo com a classificação de Fageria (1985).

De acordo com a Tabela 1, para a biomassa seca da raiz, as plantas de milho se mostraram moderadamente tolerantes ao serem irrigadas com água de CE de 2,0, para ambas as doses de nitrogênio, com reduções percentuais de 39,12 e 38,98%, e sensíveis aos níveis de CE de 4,0 e 6,0 dS.m<sup>-1</sup>, também para ambas as doses, sendo a redução mais acentuada à maior CEa combinada com a dose de 50% da recomendação de N para a cultura, com 80,16%.

O efeito da salinidade na produção de biomassa seca da raiz pode ser constatado em outras culturas. Lima *et al* (2014), por exemplo, encontraram resultados semelhantes para a cultura do sorgo irrigado com diferentes concentrações de sais. Nobre *et al* (2011), da mesma forma, obtiveram a resposta de que o estresse salino é capaz de reduzir a biomassa seca das raízes, em

seu experimento com girassol irrigado com diferentes concentrações de sais da água e adubação nitrogenada, a qual não atenuou os efeitos dos sais.

Encontram-se na Tabela 2 os valores de redução percentual da produção de biomassa seca do colmo + bainhas e sua classificação em função da tolerância à salinidade segundo a metodologia proposta por Fageria (1985). Analisando os valores da redução percentual para a variável, o milho recebeu a classificação de tolerante até uma CEa de  $2,0 \text{ dS.m}^{-1}$ , para ambas as doses, com uma redução de 7,27% para as plantas adubadas com a dose de N de 100% da recomendação. Não foram observados decréscimos na biomassa seca do colmo ao mesmo nível salino quando associado a dose de 50% da recomendação de N para o milho. No entanto, o milho foi classificado como moderadamente tolerante, em termos de biomassa do colmo, aos níveis de  $4,0$  e  $6,0 \text{ dS.m}^{-1}$ , sendo a diminuição mais acentuada para a dose de 100% de N.

Estão expressas na Tabela 3 as médias das reduções na produção de biomassa seca da folha do milho sob a crescente concentração de sais da água de irrigação e doses de nitrogênio, em percentagem, e suas respectivas classificações segundo Fageria (1985). Podemos observar que as médias da variável conferiram ao milho a classificação de tolerante, independente das doses de nitrogênio, até a salinidade de  $4,0 \text{ dS.m}^{-1}$ , com os melhores resultados para o rendimento relativo das plantas que receberam metade da dose de N recomendada. Ao nível de  $6,0 \text{ dS.m}^{-1}$ , o milho se mostrou moderadamente sensível, com relação à biomassa seca da folha, com 33,52 e 27,01% de redução em relação ao tratamento controle, para as doses de 100 e de 50% de N.

Autores afirmam que a parte aérea das plantas pode ser considerada como o melhor parâmetro a ser considerando para a classificação com respeito à tolerância ao estresse provocado pela salinidade por ser uma parte que reúne órgãos sensíveis às diferentes concentrações de sais (FAGERIA, SOARES FILHO, GHEYI, 2010). Contudo, os resultados mostram que, para o milho, a variável mais sensível ao estresse salino foi a biomassa seca da raiz, enquanto que as variáveis da parte aérea conferiram à cultura a classificação de moderadamente tolerante à CE de  $6,0 \text{ dS.m}^{-1}$ .

## CONCLUSÕES

A biomassa seca da raiz apresentou maior sensibilidade aos efeitos do estresse salino, sofrendo redução no acúmulo de biomassa de até 67,99% e 80,16% no maior nível de salinidade, para as doses de 240 e  $120 \text{ kg. ha}^{-1}$  de nitrogênio, respectivamente.

O nitrogênio não alterou a classificação da tolerância do milho à salinidade em nenhuma das variáveis analisadas.

### AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq e à Capes pela concessão das bolsas de iniciação científica e de doutorado ao primeiro e segundo autor, respectivamente, e ao INCTsal pelo suporte financeiro à pesquisa.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

FAGERIA, N. K. Salt tolerance of rice cultivars. **Plant and Soil**, v. 88, p. 237-243, 1985.

FAGERIA, N. K.; SOARES FILHO, W. dos S.; GHEYI, H. R. Melhoramento genético vegetal e seleção de cultivares tolerantes à salinidade. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. da S.; LACERDA, C. F. de (ed.). **Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados**. Fortaleza: INCT Sal, 2010, cap. 13, p.205-218.

NOBRE, Reginaldo Gomes et al. Produção de girassol sob estresse salino e adubação nitrogenada. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, Viçosa, v. 35, n. 3, p. 929-937, Junho, 2011. Disponível em [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-06832011000300027&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832011000300027&lng=en&nrm=iso). Acesso em 25 de junho de 2017. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832011000300027>.

LACERDA, C.F.; FERREIRA, J.F.S.; LIU, X.; SUAREZ, D.L. Evapotranspiration as a criterion to estimate nitrogen requirement of maize under salt stress. **Journal of Agronomy and Crop Science**, V. 201, n.5, 2015. doi:10.1111/jac.12145

LIMA, E. G. S. L.; ÁVILA, M. T.; SOUZA, L. C.; BARBOSA, R. R. N.; OLIVEIRA NETO, C., F. Crescimento e produção de biomassa em plantas de sorgo submetidas ao estresse salino, **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer- Goiânia, v. 10, n. 19; p. 663, 2014.

SHENKER, M.; BEN-GAL, A.; SHANI, U. Sweet corn response to combined nitrogen and salinity environmental stresses. **Plant Soil**, v.256, p.139-147, 2003.

NEVES, A. L. R., LACERDA, C. F.; GUIMARÃES, F. V. A.; HERNANDEZ, F. F. F.; SILVA, F. B.; PRISCO, J. T.; GHEYI, H. R. Acumulação de biomassa e extração de nutrientes por

plantas de feijão-de-corda irrigadas com água salina em diferentes estádios de desenvolvimento. **Ciência Rural**, v.39, p.758-765, 2009.

SEGAL, E.; SHOUSE, P.; POSS, J. A.; CROHN, D. M.; BRADFORD, S. A. Recommendations for nutrient management plans in a semi-arid environment. **Agriculture Ecosystems & Environment**, v.137, p.317-328, 2010.

RAMOS, T. B.; SIMUNEK, J.; GONÇALVES, M. C.; MARTINS, J. C.; PRAZERES, A.; PEREIRA, L. S. Two-dimensional modeling of water and nitrogen fate from sweet sorghum irrigated with fresh and blended saline waters. **Agricultural Water Manage**, v.111, p.87- 104, 2012.

SEMIZ, G. D., SUAREZ, D. L.; ÜNLÜKARA, A.; YURTSEVEN, E. Interactive effects of salinity and N on pepper (*Capsicum annuum* L.) yield, water use efficiency and root zone and drainage salinity. **Journal of Plant Nutrition**, v.37, p.595-610, 2014.

**Tabela 1-** Redução da produção de Biomassa Seca da Raiz (BSR) de plantas de milho sob estresse salino e duas doses de nitrogênio, em colunas de solos.

<b>CEa</b> ---- dS m <sup>-1</sup> ----	<b>BSR</b> ----- g -----	<b>Rendimento relativo</b> ----- % -----	<b>Redução percentual</b> ----- % -----	<b>Classificação</b>
<b>Dose 1</b>				
0,5	40,9826	100	0	T
2,0	24,9539	60,88	39,12	MT
4,0	15,2605	37,23	62,77	S
6,0	13,1196	32,01	67,99	S
<b>Dose 2</b>				
0,5	39,9336	100	0	T
2,0	24,3666	61,01	38,98	MT
4,0	15,2896	38,28	61,71	S
6,0	7,9196	19,93	80,16	S

**Tabela 2-** Redução da produção de Biomassa Seca do Colmo + bainhas (BSC) de plantas de milho sob estresse salino e duas doses de nitrogênio, em colunas de solos.

<b>CEa</b> ---- dS m <sup>-1</sup> ----	<b>BSC</b> ----- g -----	<b>Rendimento relativo</b> ----- % -----	<b>Redução percentual</b> ----- % -----	<b>Classificação</b>
<b>Dose 1</b>				
0,5	54,8200	100	0	T
2,0	50,8375	92,73	7,27	T
4,0	35,4175	64,60	35,4	MT
6,0	25,9238	47,28	52,72	MT
<b>Dose 2</b>				
0,5	50,5963	100	0	T
2,0	50,7550	100,31	0	T
4,0	39,1288	77,33	22,67	MT
6,0	24,5238	48,46	51,54	MT

**Tabela 3-** Redução da produção de Biomassa Seca da Folha (BSF) de plantas de milho sob estresse salino e duas doses de nitrogênio, em colunas de solos.

<b>CEa</b> ---- dS m <sup>-1</sup> ----	<b>BSF</b> ----- g -----	<b>Rendimento relativo</b> ----- % -----	<b>Redução percentual</b> ----- % -----	<b>Classificação</b>
<b>Dose 1</b>				
0,5	22,0068	100	0	T
2,0	20,3455	92,45	7,54	T
4,0	17,6345	80,13	19,86	T
6,0	14,6345	66,48	33,52	MT
<b>Dose 2</b>				
0,5	19,5443	100	0	T
2,0	18,5702	95,01	4,98	T
4,0	17,2407	88,21	11,78	T
6,0	14,2648	72,98	27,01	MT