

RESPOSTAS DO ALGODÃO E MILHO AO ESTRESSE SALINO E DOSES SUB E SUPRAÓTIMAS DE NITROGÊNIO

Aureliano de Albuquerque Ribeiro¹, Claudivan Feitosa de Lacerda², Adriana Cruz de Oliveira³, Bruno Gabriel Monteiro da Costa Bezerra³, Jordânia Maria Gabriel Pereira⁴,
Antônia Leila Rocha Neves³

RESUMO: A aplicação adicional de nitrogênio pode aumentar a tolerância das culturas à salinidade. Assim sendo, objetivou-se com este estudo, avaliar a produção e índice de colheita do algodão e milho irrigados com águas salinas sob doses sub e supra ótimas de nitrogênio. O experimento foi conduzido na Estação Agrometeorológica da Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE. O estudo foi realizado em delineamento em blocos casualizados, em parcelas sub-subdivididas, tendo nas parcelas, duas culturas (milho e o algodão), nas subparcelas, os níveis de salinidade (0,5; 2,0; 4,0 e 6,0 dS m⁻¹) e nas subsubparcelas, três doses de nitrogênio (60, 100 e 140 %) do valor recomendado para cada cultura, totalizando 24 tratamentos com quatro repetições. A partir dos dados de produção e índice de colheita, calculou-se a diferença entre a dose recomendada, supra e subótima de N em função da salinidade da água de irrigação. Independentemente da tolerância da cultura à salinidade, verificou-se respostas positivas da adubação nitrogenada adicional apenas nos menores níveis de salinidade testados (0,5 e 2,0 dS m⁻¹). Em condições de elevada salinidade, o aumento da fertilização nitrogenada agravou os efeitos dos sais, sendo a cultura do milho mais afetada.

PALAVRAS-CHAVE: Estresse salino, Produção, índice de colheita

COTTON AND MAIZE RESPONSES TO SALT STRESS AND NITROGEN SUB AND SUPRAOPTIMUM DOSES

ABSTRACT: The application of nitrogen may increase crop tolerance to salinity. Therefore, the purpose of this study was to evaluate the production and harvest index of cotton and corn irrigated with saline waters under sub and supra nitrogen doses. The experiment was conducted at the Agrometeorological Station of the Federal University of Ceará, Fortaleza,

¹ Doutorando em Engenharia agrícola, Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Ceará, CEP 60455-760, Fortaleza, CE, Fone (85) 3366 9756, email: alburibeiro@hotmail.com

² Prof. Doutor, Depto de Engenharia Agrícola, UFC, Fortaleza, CE.

³ Laboratório de Relação Água- Solo – Planta, Departamento de Engenharia Agrícola, UFC, Fortaleza, CE.

⁴ Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Ceará, Cedro, CE

CE. The study was carried out in a randomized block design, in sub-subdivided plots, with two crops (maize and cotton) in the subplots, the salinity levels (0.5, 2.0, 4.0 and 6, 0 dS m⁻¹) and in the subplots, three nitrogen doses (60, 100 and 140%) of the recommended value for each culture, totaling 24 treatments with four replications. From the production data and harvest index, the difference between the recommended dose, supra and suboptimal of N, was calculated as a function of the salinity of the irrigation water. Independently of the tolerance of the crop to the salinity, positive responses of the additional nitrogen fertilization were verified only in the lowest salinity levels tested (0.5 and 2.0 dS m⁻¹). In conditions of high salinity, the increase of the nitrogen fertilization aggravated the effects of the salts, being the corn crop more affected.

KEYWORDS: Saline stress, Production, harvest index

INTRODUÇÃO

A escassez de água doce é um problema mundial, especialmente em regiões áridas e semiáridas, onde a irrigação é necessária para a produção agrícola. Para superar essa escassez, o uso de águas de qualidade inferior, como água salobra ou salgada, é cada vez mais usada para irrigação (Feikema et al. 2010; Verma et al. 2012). Entretanto, a aplicação contínua de água salobra ou salgada pode causar a acumulação de sal no sistema solo-planta. Este acúmulo de sal tem uma série de efeitos adversos no crescimento e produção das plantas (Wei et al., 2016).

O aumento da fertilização nitrogenada pode minimizar os efeitos deletérios da salinidade (Wen-Zhi et al., 2014; Ma et al., 2016), uma vez que este é um dos nutrientes responsáveis pelo crescimento das plantas, especialmente porque participa diretamente em seu metabolismo, sendo um constituinte da molécula de clorofila, ácidos nucleicos, aminoácidos e proteínas. Além disso, estes compostos orgânicos podem aumentar a capacidade de tolerância das plantas à salinidade (Barhoumi et al., 2010; Chaves et al., 2011).

Em algumas culturas consideradas sensíveis à salinidade, como tomate (Mori et al., 2008), berinjela (Oliveira et al., 2014) e goiaba (Sousa et al., 2017), a aplicação de N não aumentou a tolerância das plantas à salinidade. Entretanto, alguns estudos com halófitas (Naidoo, 2009; Yuan et al., 2010; Jiang et al., 2012) têm apresentado resultados diferentes. Isso mostra que a resposta das plantas à aplicação de nutrientes sob condições de salinidade pode depender do grau de tolerância do genótipo. Assim sendo, objetivou-se com este estudo,

avaliar a produção e índice de colheita do algodão e milho irrigados com águas salinas sob doses sub e supra ótimas de nitrogênio.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no período de maio a agosto de 2017 em casa de vegetação na Estação Agrometeorológica, pertencente ao Departamento de Engenharia Agrícola, da Universidade Federal do Ceará, Campus do Pici, Fortaleza, Ceará (3°45'S; 38°33'W e altitude de 19 m). A temperatura média do ar no interior da casa de vegetação variou de 26,39 °C a 32,68 °C, a umidade relativa oscilou de 60,5 a 80,02 % e a luminosidade variou de 9997,5 a 22186,230 Lux.

O estudo foi realizado empregando-se o delineamento em blocos casualizados (DBC), no esquema de parcelas sub-subdivididas, tendo nas parcelas, duas culturas (milho, considerado moderadamente sensível à salinidade e o algodão, considerado tolerante à salinidade), nas subparcelas, os níveis de salinidade da água de irrigação (0,5; 2,0; 4,0 e 6,0 dS m⁻¹) e nas subsubparcelas, três doses de nitrogênio (60, 100 e 140%) do valor recomendado para cada cultura (210 kg ha⁻¹ de N para o milho, conforme Braz (2018) e 120 kg ha⁻¹ de N para o algodão (Ferreira & Carvalho, 2005), totalizando 24 tratamentos com quatro repetições. Dessa forma, foram formadas 96 unidades experimentais constituídas por colunas de solo, medindo 20 cm de diâmetro e 100 cm de comprimento.

O solo utilizado para o preenchimento das colunas foi um ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Eutrófico típico, coletado nas profundidades de 0-20 cm (horizonte A), 20-60 cm (horizonte de transição) e a partir de 60 cm (horizonte B). As colunas de solo foram montadas obedecendo à mesma sequência dos horizontes do solo conforme se encontrava no campo, buscando-se simular o perfil do solo dentro do comprimento de 1 m.

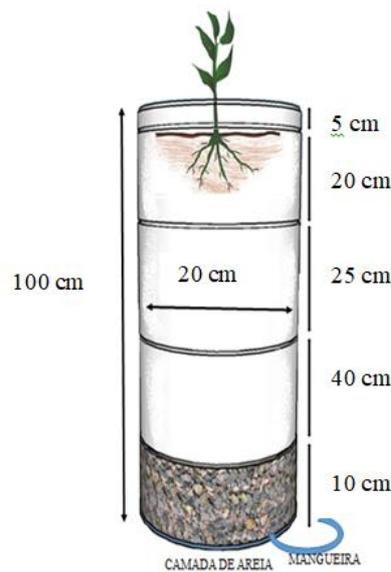


Figura 1. Representação esquemática da coluna de solo utilizada no estudo.

Para a cultura do milho (*Zea mays* L.), utilizou-se o híbrido BRS 2020 e para o algodão (*Gorssium hirsutum* L.), a variedade Fibermax 910. No milho, a aplicação do nitrogênio (126; 210 e 294 kg ha⁻¹ de N equivalentes a 60, 100 e 140% da recomendação de N para a cultura) e potássio (80 kg ha⁻¹ de K₂O) foi parcelada em quatro vezes: sendo 15% aplicado no desbaste, 25% aos 15 e 30 dias após o desbaste e 35% aos 45 dias após o desbaste. No algodão, a adubação nitrogenada (72, 120 e 168 kg ha⁻¹ de N, equivalentes a 60, 100 e 140% da recomendação de N para a cultura) e potássica (50 kg ha⁻¹ de K₂O) também foram parceladas, sendo 25% aplicado no desbaste e o restante aplicado em duas parcelas iguais aos 15 e 30 dias após o desbaste. A adubação dos demais nutrientes foi feita em fundação conforme a recomendação para cada cultura.

A semeadura foi realizada colocando-se quatro sementes por coluna, a 2 cm de profundidade. A aplicação dos tratamentos salinos iniciou-se oito dias após a semeadura (DAS). Aos 10 DAS, fez-se o desbaste, deixando-se uma planta por coluna. Os níveis salinos foram obtidos por meio da adição de NaCl e CaCl₂.2H₂O na proporção de 7:3, respectivamente. A lâmina de irrigação aplicada necessária para satisfazer a necessidade hídrica das culturas foi obtida em função do balanço hídrico, pela diferença entre o volume aplicado e o volume drenado da irrigação anterior, acrescido da fração de lixiviação de 0,15. A aplicação da água foi feita em dias alternados e de forma localizada, de modo a evitar o contato direto da mesma com as folhas.

Aos 72 dias após a aplicação dos tratamentos (DAT), as plantas foram coletadas. As diferentes partes das plantas (raízes e parte aérea) foram separadas, acondicionadas em sacos

de papel e colocadas para secar em estufa com circulação forçada de ar, mantendo-se a temperatura na faixa de 65 a 70°C. A partir da matéria seca das espigas no milho e dos capulhos no algodão obteve-se a produção (g planta⁻¹). Através da relação entre a produção de capulhos no algodão e da biomassa da espiga no milho com a matéria seca total das plantas determinou-se o índice de colheita (IC). A partir dos dados de produção e do índice de colheita, calculou-se a diferença entre a dose recomendada, dose supra e subótima de N em função da salinidade da água de irrigação pela seguinte expressão:

Δ produção ou Δ índice de colheita = valor obtido na dose supraótima e subótima – valor obtido na dose de N recomendada

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em condições de elevada salinidade (6,0 dS m⁻¹), ao se comparar a dose supraótima com a recomendada para a cultura do algodão, observaram-se decréscimos de 8,36 e 23,1% na Δ índice de colheita (Figura 2A) e Δ produção (Figura 2C). No milho, estas reduções foram de 24,4 (Figura 2B) e 39,05% (Figura 2D), respectivamente. Até a salinidade de 2,0 dS m⁻¹ é observado um efeito positivo da aplicação de N em ambas as culturas, com acréscimos máximos de 14,91 e 44,04% da Δ índice de colheita e Δ produção na salinidade de 2,0 dS m⁻¹ para o algodoeiro e de 28,59 e 40,23% no tratamento controle (0,5 dS m⁻¹) para o milho. Possivelmente, isso ocorreu porque a aplicação adicional de nitrogênio exacerbou os efeitos dos sais advindos da água de irrigação de irrigação.

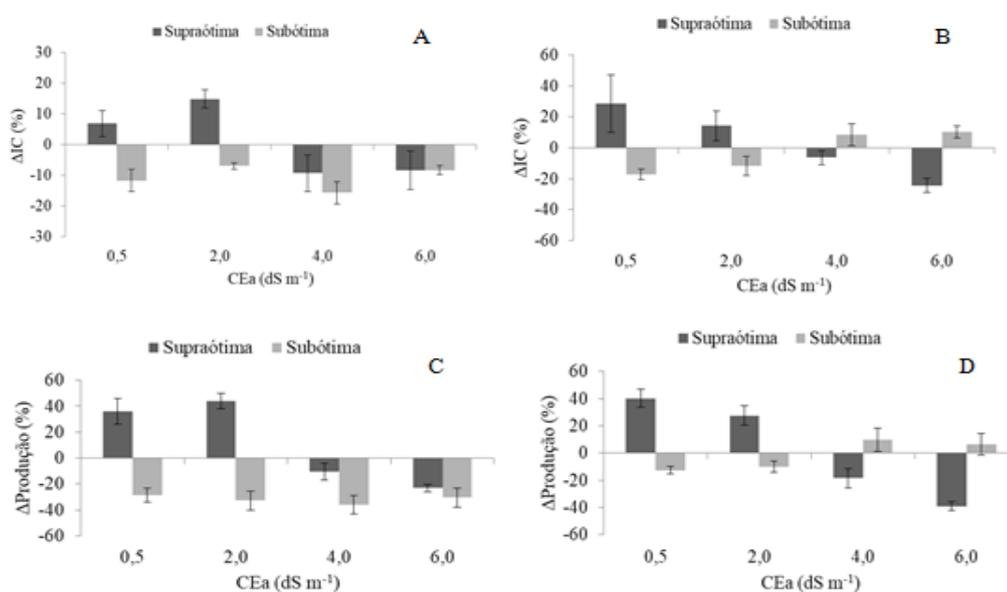


Figura 2. Δ índice de colheita e Δ produção no algodão (A e C) e milho (B e D) obtidos pela diferença entre a dose recomendada, dose supra e subótima de N em função da salinidade da água de irrigação. Barras verticais representam erros (n= 4).

Esta mesma tendência foi verificada por Santos et al. (2016) que observaram que a maior produção do algodão em caroço por planta ($327,2 \text{ g planta}^{-1}$) correspondeu as plantas irrigadas com água de menor salinidade ($0,7 \text{ dS m}^{-1}$) e adubadas com a maior dose de nitrogênio ($120 \text{ mg de N kg}^{-1}$ de solo). Em plantas de berinjela, Oliveira et al. (2014) verificaram que doses de nitrogênio acima de 5 g planta^{-1} não aumentaram a produção de frutos de berinjela, mas aumentaram o efeito deletério da salinidade sobre o seu rendimento. Blanco et al. (2008) verificaram que o aumento das doses de N aplicadas via fertirrigação no tomateiro, irrigado com água de alta condutividade elétrica ($9,5 \text{ dS m}^{-1}$), não promoveu aumento dos componentes de produção. Zhang et al. (2012) verificaram que o maior índice de colheita no algodoeiro ($50,5\%$) foi encontrado nas plantas cultivadas sob elevada salinidade, mas que não receberam adubação nitrogenada. No milho, Azizian & Sepaskhah (2014) verificaram que o IC foi estatisticamente semelhante nos níveis de salinidade da água de 2 e 4 dS m^{-1} e significativamente menor em relação ao controle ($0,6 \text{ dS m}^{-1}$). Além disso, o índice não diferiu estatisticamente entre as doses de 150 e 300 kg N ha^{-1} .

Ao se comparar a dose subótima com a recomendada para a cultura do algodão são observados decréscimos em todos os níveis de salinidade, tanto para o índice de colheita quanto para a produção (Figura 2A e 2C). Por outro lado, no milho, são verificados acréscimos nas salinidades de $4,0$ e $6,0 \text{ dS m}^{-1}$ de $8,46$ e $10,36\%$ para a Δ índice de colheita (Figura 2B) e de $9,67$ e $6,45\%$ para a Δ produção (Figura 2D). Estes resultados obtidos para o milho são bastante promissores, uma vez que a aplicação adicional de nitrogênio em condições de estresse salino pode resultar em perdas do nutriente para o ambiente e redução da eficiência de utilização do mesmo. Como consequência, uma grande parte de N adicionado pode ser perdida principalmente por lixiviação, causando a contaminação do lençol freático (Neves et al., 2009; Segal et al., 2010; Ramos et al., 2012; Semiz et al., 2014).

De modo similar, Lacerda et al. (2016) verificaram que a redução de cerca de 30% na dose de N aplicada na cultura do milho resultou em menores perdas por lixiviação e aumento na eficiência do uso de N, sem causar danos adicionais às plantas sob estresse salino. Os autores também demonstraram que as trocas gasosas e as concentrações de compostos nitrogenados e de carboidratos não foram influenciadas negativamente pela redução da dose de N nas plantas sob estresse salino. Em pimentão, Semiz et al. (2014) concluíram que, sob condições salinas, há menor necessidade de adubação nitrogenada em relação aos níveis ótimos estabelecidos.

CONCLUSÕES

Independentemente da tolerância da cultura à salinidade, verificou-se respostas positivas da adubação nitrogenada adicional apenas nos menores níveis de salinidade testados (0,5 e 2,0 dS m⁻¹). Em condições de elevada salinidade, o aumento da fertilização nitrogenada agravou os efeitos dos sais, sendo a cultura do milho mais afetada.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao INCTSal, ao CNPq e à CAPES pelo suporte financeiro e pela concessão da bolsa de estudos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AZIZIAN, A.; SEPASKHAH, A. R. Maize response to different water, salinity and nitrogen levels: agronomic behavior. **International Journal of Plant Production**, v.8, p. 107-130, 2014.

BARHOUMI, Z.; ATIA, A.; RABHI, M.; DJEBALL, W.; ABDELLY, C.; SMAOUI, A. Nitrogen and NaCl salinity effects on the growth and nutrient acquisition of the grasses *Aeluropus litoralis*, *Catapodium rigidum*, and *Brachypodium distachyum*. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, v.173, p.149-157, 2010.

BLANCO, F. F.; FOLEGATTI, M. V. Doses de N e K no tomateiro sob estresse salino: III. Produção e qualidade de frutos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.12, n.2, p.122-127, 2008.

BRAZ, R. S. **Efeitos da adubação nitrogenada na cultura do milho sob estresse salino em dois solos**. Fortaleza, 2018, 121 p. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE.

CHAVES, L. H. G.; GHEYI, H. R.; RIBEIRO, S. Consumo de água e eficiência do uso para cultivar de mamona Paraguaçu submetida à fertilização nitrogenada. **Engenharia Ambiental**, v.8, n.1, p.126-133, 2011.

FEIKEMA, P. M.; MORRIS, J. D.; CONNELL, L. D. The water balance and water sources of a Eucalyptus plantation over shallow saline groundwater. **Plant and Soil**, v.332, p.429–449, 2010.

FERREIRA, G.B.; CARVALHO, M.C.S. **Adubação do algodoeiro no cerrado: com resultados de pesquisa em Goiás e Bahia**. Campina Grande, Embrapa Algodão. 47p. (Documentos, 138), 2005.

JIANG, L.; L. WANG, C.; YIN.; C. TIAN. Differential salt tolerance and similar responses to nitrogen availability in plants grown from dimorphic seeds of Suaeda salsa. **Flora**, v. 207, p. 565-571, 2012.

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.

MA, T.; ZENG, W.; LI, Q.; WU, J.; HUANG, J. Effects of water, salt and nitrogen stress on sunflower (*Helianthus annuus* L.) at different growth stages. **Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, v. 16, p. 1024-1037, 2016.

MORI, M., M. AMATO, I. DI MOLA, R. CAPUTO, F. QUAGLIETTA CHIARANDÀ AND T. DI TOMMASO. Productive behaviour of “cherry”-type tomato irrigated with saline water in relation to nitrogen fertilization. **European Journal of Agronomy**, v.29, p.135-143, 2008.

NAIDOO, G. Differential effects of nitrogen and phosphorus enrichment on growth of dwarf *Avicennia marina* mangroves. **Aquatic Botany**, v.90, p.184-190, 2009.

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.

OLIVEIRA, F. A.; MEDEIROS, J.F.; ALVES, R.C.; LINHARES, P. S.F.; MEDEIROS, A. M.A.; OLIVEIRA, M.K.T. Interação entre salinidade da água de irrigação e adubação nitrogenada na cultura da berinjela. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.18, n.5, p.480–486, 2014.

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 Management**, v.111, p.87-104, 2012.

SANTOS, J. B.; GHEYI, H. R.; LIMA, G. S.; XAVIER, D. A.; CAVALCANTE, L. F.; CENTENO, C. R. M. Morfofisiologia e produção do algodoeiro herbáceo irrigado com águas salinas e adubado com nitrogênio. **Comunicata Scientiae**, v.7, p.86-96, 2016.

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

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.

SOUSA, L. P.; NOBRE, R. G.; SILVA, E. M.; GHEYI, R. G.; SOARES, L. A. A. Produção de porta-enxerto de goiabeira cultivado com águas de diferentes salinidades e doses de nitrogênio. **Revista Ciência Agronômica**, v. 48, n. 4, p. 596-604, 2017.

VERMA, A. K.; GUPTA, S. K.; ISAAC, R. K. Use of saline water for irrigation in monsoon climate and deep water table regions: Simulation modeling with SWAP. **Agricultural Water Management**, v.115, p. 186–193, 2012.

WEI, M.; HUI-JUAN, G.; WEN, Z.; GUANG-WEI, Z.; LI-JUAN, M.; JUN, Y.; ZHEN-AN, H. Irrigation water salinity and N fertilization: Effects on ammonia oxidizer abundance, enzyme activity and cotton growth in a drip irrigated cotton field. **Journal of Integrative Agriculture**, v. 15, p.1121–1131, 2016.

WEN-ZHI, Z.; CHI, X.; JING-WEI, W.; JIE-SHENG, H.; QIANG, Z.; MOU-SONG, WU. Impacts of Salinity and Nitrogen on the Photosynthetic Rate and Growth of Sunflowers (*Helianthus annuus* L.), **Pedosphere**, v.24, p.635–644, 2014.

YUAN, J. F.; G. FENG.; H. Y. MA.; C. Y. TIAN. Effect of nitrate on root development and nitrogen uptake of *Suaeda physophora* under NaCl salinity. **Pedosphere**, v.20, p.536-544, 2010.

ZHANG, D.; LI, W.; XIN, C.; TANG, W.; ENEJI, A. E.; DONG, H. Lint yield and nitrogen use efficiency of field-grown cotton vary with soil salinity and nitrogen application rate. **Field Crops Research**, v.138, p.63–70, 2012.