



TOLERÂNCIA DE GENÓTIPOS DE SORGO GRANÍFERO AO ESTRESSE SALINO DURANTE A GERMINAÇÃO E CRESCIMENTO DAS PLÂNTULAS

C. L. Pinheiro¹, H. T. N. Araújo², S. F. de Brito³, S. Medeiros Filho⁴, M. L. S Silva⁵,

RESUMO: A avaliação da tolerância de novos genótipos de sorgo granífero a salinidade através da análise dos danos deste estresse a germinação e ao crescimento das plântulas foi realizado por meio da semeadura dos genótipos BRS 330 (cultivar comercial), 201423 (G23) e 201420 (G20), em substrato papel Germitest®, umedecido com diferentes concentrações de NaCl [0 (controle); 4,0; 8,0; 12,0; 16,0; 20,0; e 24,0 dS m]. Avaliados quanto ao efeito do estresse na porcentagem final e índice de velocidade de germinação, variação biométrica do crescimento radicular (CR) e da parte aérea (CPA) e índice de vigor das plântulas (IVP). Os genótipos BRS 330 e o G23 apresentaram maior percentual e velocidade de germinação nos níveis de salinidade 20 e 24 dS m. Além disso, as concentrações salinas provocaram redução linear do crescimento da parte aérea de todos os genótipos, porém, quanto ao efeito no CR a redução ocorreu de forma mais significativa em concentrações superiores a 8 dS m. O IVP do genótipo G20 foi o mais afetado por concentrações superiores a 20 dS m. O G20 apresenta tolerância a salinidade inferior aos genótipos BRS 330 e ao G23.

PALAVRAS-CHAVES: *Sorghum bicolor* (L.) Moench, salinidade, NaCl.

TOLERANCE OF GRANIFEROUS SORGHUM GENOTYPES TO SALINE STRESS DURING THE GERMINATION AND GROWTH OF SEEDLINGS

ABSTRACT: The evaluation of the tolerance of new sorghum sorghum genotypes to salinity by analyzing the damage of this stress to germination and seedling growth was carried out by sowing the genotypes BRS 330 (commercial cultivar), 201423 (G23) and 201420 (G20), on Germitest® paper substrate, moistened with different concentrations of NaCl [0 (control); 4.0; 8.0; 12.0; 16.0; 20.0; And 24.0 dS m]. Evaluating the effect of stress on the final percentage and germination speed index, biometric growth of root growth (CR) and aerial part (CPA) and

¹ Doutorando(a) em Agronomia/Fitotecnia, UFC, Fortaleza-Ceará.

² Mestranda em Agronomia/Fitotecnia, UFC, Fortaleza-Ceará.

³ Doutora em Ecologia, UFC, Fortaleza-Ceará.

⁴ Prof. Doutor, Depto de Fitotecnia, UFC, Fortaleza-Ceará.

⁵ Doutoranda em Agronomia/Fitotecnia, UFC, CEP: 60455-760, Fortaleza, Ceará. Fone: (85) 987525717. Email: ibe_lilians16@hotmail.com

seedling vigor index (IVP). The genotypes BRS 330 and G23 showed higher percentage and germination speed at salinity levels 20 and 24 dS m. In addition, saline concentrations resulted in a linear reduction in shoot growth of all genotypes. However, in relation to the effect on CR, the reduction occurred more significantly at concentrations higher than 8 dS m. The IVP of the G20 genotype was most affected by concentrations greater than 20 dS m. G20 exhibits lower salinity tolerance than BRS 330 and G23 genotypes.

KEYWORDS: *Sorghum bicolor* (L.) Moench, salinity, NaCl.

INTRODUÇÃO

O sorgo [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] é atualmente, produzido em mais de 100 países, porém, apenas 14 países conseguem produzir mais de 1 milhão de toneladas por ano (CRUICKSHANK, 2016). A produção é bastante variada em todo o mundo, principalmente, devido as distintas condições edafoclimáticas e do potencial genético das variedades e híbridos utilizados. Logo, a escolha do genótipo mais adaptado as condições locais, representa um fator determinante no rendimento sustentável, principalmente, em áreas propensas a condições ambientais desfavoráveis (MAITI & SATYA, 2014).

A interação genótipos e ambiente representa uma importante área de estudo que contribui para o aumento da produtividade, melhoramento genético da espécie, expansão das fronteiras agrícolas e produção em áreas com baixa fertilidade ou com problemas de salinidade. Atualmente, cerca de 20% das áreas agrícolas de todo o mundo apresentam produção limitada pelo excesso de sais na solução do solo (RIZWAN et al. 2015). Isto ocorre sobretudo, nas regiões semiáridas e áridas que apresentam condições edafoclimáticas mais propícias ao aumento deste fator limitante (FAROOQ et al., 2009), que afeta aproximadamente 2/3 destas áreas (MAITI & SATYA, 2014).

O excesso de sais pode provocar alterações no crescimento e no desenvolvimento normal da planta (PARIHAR et al., 2015), com danos variados entre espécies, genótipos e estádios fenológicos da cultura, dependendo do nível e do tempo de exposição ao estresse (DALAL et al., 2012). A germinação e o crescimento das plântulas são considerados uns dos estádios mais sensíveis a este tipo de estresse abiótico (WATERWORTH et al., 2015). Portanto, a avaliação da tolerância, nestas fases mais críticas, permite a diferenciação de forma rápida e prática, como comprovado Maiti & Satya (2014), para identificação de acessos de sorgo mais tolerantes ao estresse salino, com potencial para ser utilizado em programas de melhoramento.

Esta pesquisa teve como objetivo avaliar a tolerância de três genótipos de sorgo granífero aos efeitos de distintos níveis de salinidade durante a germinação e crescimento das plântulas.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado no Laboratório de Análise de Sementes, da Universidade Federal do Ceará. E as sementes analisadas foram oriundas da Secretaria de Desenvolvimento Agrário do estado Ceará, cultivar comercial BRS 330 e da EMBRAPA Milho e Sorgo, genótipos 201423 (G23) e 201420 (G20). Todas os genótipos foram produzidos na safra de 2014 e mantidas até o início do estudo armazenadas em ambiente com temperatura de 10°C e umidade relativa de 40%.

As sementes dos três genótipos passaram por uma desinfecção por meio da imersão em hipoclorito de sódio a 2%, durante 5 minutos e o substrato, papel Germitest®, foi esterilizado em autoclave por 20 minutos, a temperatura de 121°C e em seguida, o substrato foi umedecido com o volume de solução equivalente a 3 vezes o peso do substrato. As soluções foram preparadas em diferentes concentrações salinas: 0,0 (controle); 4,0; 8,0; 12,0; 16,0; 20,0 e 24 dS m⁻¹, obtidas por meio da diluição de NaCl em água destilada, conforme valores obtidos pela equação de Rhoades et al. (1992).

Após o umedecimento, os três genótipos foram então semeados, sendo cada tratamento formado por 200 sementes, subdivididas em 4 repetições de 50 sementes distribuídas nos rolos de papel Germitest® e depois envolvidos em sacos plásticos, para reduzir a perda de água, e levados a câmara de germinação tipo B.O.D, onde permaneceram durante 10 dias sobre temperatura constante de 25°C e fotoperíodo de 12 horas de luz.

Os efeitos da salinidade foram avaliados por meio das seguintes variáveis: Percentual de Germinação- Relação percentual do número de plântulas normais formadas e o número de sementes semeadas, conforme Brasil (2009); Índice de Velocidade de Germinação - Número de sementes germinadas por dia, obtido pela equação de Maguire (1962); Crescimento Radicular e da Parte Aérea – Valor médio da mensuração realizada com auxílio de uma régua graduada em mm, do crescimento destas estruturas em 15 plântulas normais, após 10 dias de incubação nas distintas condições analisadas; e Índice de Vigor das Plântulas – Variação conjunta do crescimento e percentual de germinação, expressa em percentual.

O experimento foi montado no delineamento inteiramente casualizado e os tratamentos formados no arranjo 3 (genótipos) × 7 (concentrações). Todas as variáveis analisadas foram

submetidas ao teste F e as que apresentaram diferença significativa ao nível de 5%, submetidas a análise de regressão, através do software estatístico SigmaPlot 12.0.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Todas as variáveis analisadas pelo teste F foram significativas ($P < 0,05$). A variação da porcentagem de germinação dos três genótipos sobre diferentes níveis de salinidade apresentaram melhor ajuste ao modelo de regressão sigmoidal, com coeficientes de determinação variando de 0,97 a 0,99 (Figura 1A). O modelo possibilitou a identificação de duas zonas, a primeira a zona é a de estabilidade, em que o aumento da concentração não provoca redução significativa da germinação e a segunda zona é a de declínio, em que o aumento da salinidade reduz progressivamente a germinação.

Além disso, verificamos que os intervalos de concentração salina correspondente as distintas zonas, apresentam variações entre os genótipos. O genótipo G20 apresenta a primeira zona localizada no intervalo de 0 a 12 dS m^{-1} e os genótipos BRS 330 e G23 no intervalo de 0 a 16 dS m^{-1} . Quanto a segunda zona, verificamos que o declínio da germinação ocorreu de forma mais intensa no genótipo G20, que apresentou menor germinação no maior nível de estresse (Figura 1A).

Com relação ao índice de velocidade germinação (IVG), somente o genótipo G20 teve variação ajustada ao modelo de regressão sigmoidal ($R^2=99\%$), enquanto os genótipos G23 e o BRS 330 foram melhor representadas por modelos polinomiais de segunda ordem, com respectivos coeficientes de ajustes de 0,98 e 0,97 (Figura 1B). A variação do IVG demonstrou ser mais sensível ao aumento do estresse salino, quando comparada com a germinação, já que sua redução ocorre a partir da 8 dS m^{-1} . Porém, assim como na variável porcentagem de germinação, o genótipo G20 demonstra ser mais limitado sobre maiores condições de estresse salino, em que concentrações superiores a 12 dS m^{-1} acarreta na redução mais expressiva do IVG.

O efeito negativo do aumento da salinidade na porcentagem e velocidade de germinação também foi comprovado por Oliveira & Gomes-Filho (2009), em que a variação da salinidade no intervalo de 0 a 30 dS m^{-1} provoca a redução linear destas variáveis. Já Coelho et al. (2014), verificaram que a concentração salina do substrato no intervalo de 0 a 10 dS m^{-1} não afeta o percentual de germinação de 6 distintas variedades de sorgo forrageiro analisadas, porém, concentrações superiores a 12 dS m^{-1} inibe completamente a germinação. O comportamento destas variáveis para genótipos de sorgo granífero analisados aponta para um comportamento

intermediário ao verificado por Coelho et al. (2014) e Oliveira & Gomes-Filho (2009), com o intervalo inicial estável, sem alterações significativa, assim como verificado por Coelho et al. (2014) e um posterior declínio, semelhante a variação linear observada Oliveira & Gomes-Filho (2009).

O intervalo inicial de estabilidade pode indicar a diferença de tolerância entre genótipos e espécies, indicando uma maior tolerância a salinidade dos genótipos de sorgo granífero, quando comparadas as cultivares de milho (*Zea mays* L.) analisadas por Turk & Eser (2016) e as variedades de arroz (*Oryza sativa* L.) avaliadas por Anbumalarmathi & Mehta (2013), que apresentaram estabilidade da germinação somente no intervalo de 0 a 4 dS m⁻¹.

Quanto ao efeito do aumento das concentrações salina no crescimento das estruturas das plântulas, observamos que a raiz e a parte aérea apresentam variação ajustada ao modelo de regressão linear (Figura 2 A e 2B), em que os genótipos G20 e G23 apresentam maior taxa de redução do crescimento, pois apresentam os maiores coeficientes de regressão.

A redução linear do crescimento do sorgo granífero, equivale ao do padrão de crescimento radicular obtido por Khan et al. (2003), para os acessos de milho (*Zea mays* L.) mais sensível, por não apresentar patamar de estabilidade. Porém, o patamar de estabilidade identificado por Khan et al. (2003) é pequeno, cerca de 20 mM, e dificulta a distinção dos acessos com tolerância moderada a sensível, no entanto, podemos verificar uma maior associação da inclinação da reta do crescimento do sorgo granífero, com a dos acessos de milho com tolerância moderada.

O índice de vigor das plântulas do genótipo G20 apresentou variação melhor ajustada ao modelo sigmoidal e os genótipos BRS 330 e G23 a modelos lineares (Figura 2C). Com base na variação deste índice, podemos caracterizado afirmar que o G20 semeado na salina de 0 a 8 dS m⁻¹ produz plântulas mais vigorosas, porém, quando semeadas em substrato com condutividade elétrica superior a 20 dS m⁻¹ ocorre uma inversão, este genótipo passa a ser o menos vigoroso. De acordo com Ashkan & Jalal (2013), a variação deste índice com o aumento da salinidade apresenta uma alta correlação com a variação da germinação, do crescimento radicular e da parte aérea, da matéria seca das plântulas e com a velocidade de germinação, podendo assim fornecer informações mais robustas para tomada de decisões.

CONCLUSÕES

O genótipo 201420 (G20), semeado em substrato com condutividade elétrica de 0 a 8 dS m⁻¹ apresenta boa germinação e gera plântulas mais vigorosas.

A cultivar BRS 330 e o genótipo 201423 (G23) apresentam maior tolerância ao estresse salino causado por concentrações superiores a 12 dS m⁻¹.

AGRADECIMENTOS

A EMBRAPA Milho e Sorgo e ao Laboratório de Análise de Sementes, da Secretaria de Desenvolvimento Agrário do estado do Ceará, por disponibilizaram as sementes dos genótipos analisados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANBUMALARMATHI, J.; MEHTA P. Effect of Salt Stress on Germination of indica Rice Varieties. EJBS, v.6, n.1, p. 1-6, 2013.

ASHKAN, A.; JALAL, M. Effects of salinity stress on seed germination and seedling vigor indices of two halophytic plant species (*Agropyron elongatum* and *A. pectiniforme*). International Journal of Agriculture and Crop Sciences, v.5, n.22, p. 2669-2676, 2013.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Regras para Análise de Sementes. Brasília: Mapa/ACS, 2009.

COELHO, D. S.; SIMÕES, W. L.; MENDES, A. M. S.; DANTAS, B. F.; RODRIGUES, J. A. S.; SOUZA, M. A. Germinação e crescimento inicial de variedades de sorgo forrageiro submetidas ao estresse salino. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.18, n.1, p.25-30, 2014.

CRUICKSHANK, A. Sorghum Grain, Its Production and Uses: Overview. Reference Module in Food Science, 2016.

DALAL, M.; MAYANDI, K.; CHINNUSAMY, V. Sorghum: improvement of abiotic stress tolerance. Improving Crop Resistance to Abiotic Stress, v. 2, p. 923-950, 2012.

FAROOQ, M.; WAHID, A.; KOBAYASHI, N.; FUJITA, D.; BASRA, S. M. A. Plant drought stress: Effects, mechanisms and management. Agronomy for Sustainable Development, v. 29, n. 1, p. 135–212, 2009.

KHAN, A. A.; RAO, S. A.; MCNEILLY, T. Assessment of salinity tolerance based upon seedling root growth response functions in maize (*Zea mays* L.). Euphytica, v.131, n.1, p. 81-

89, 2003.

MAGUIRE, J. D. Speed of germination aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. *Crop Science*, Madison, v. 2, n. 2, p.176-77, 1962.

MAITI, R. K.; SATYA, P. Research advances in major cereal crops for adaptation to abiotic stresses. *GM crops & food*, v.5, n.4, p. 259-279, 2014.

OLIVEIRA, A. B.; GOMES-FILHO, E. Germinação e vigor de sementes de sorgo forrageiro sob estresse hídrico e salino. *Revista Brasileira de Sementes*, v.31, n.3, p.48-56, 2009.

PARIHAR, P.; SINGH, S.; SINGH, R.; SINGH, V. P.; PRASAD, S. M. Effect of salinity stress on plants and its tolerance strategies: a review. *Environmental Science and Pollution Research*, v.22, n.6, p. 4056-4075, 2015.

RHOADES, J. D.; KANDIAH, A.; MASHAL, A. M. The use of saline water for crop production. Rome: FAO, 1992.

RIZWAN, M.; ALI, S.; IBRAHIM, M; FARID, M.; ADREES, M.; BHARWANA, S. A.; ZIA-URREHMAN, M.; QAYYUM, M. F. Mechanisms of silicon-mediated alleviation of drought and salt stress in plants: a review. *Environmental Science and Pollution Research*, v.22, n.20, p.15416-15431, 2015.

TURK, M.; ESER, O. Effects of salt stress on germination of some silage maize (*Zea mays* L.) cultivars. *Scientific Papers-Series A, Agronomy*, v.59, p.466-469, 2016.

WATERWORTH, W. M.; BRAY, C. M.; WEST, C. E. The importance of safeguarding genome integrity in germination and seed longevity. *Journal of Experimental Botany*, v. 66, n. 12, p. 3549–3558, 2015.

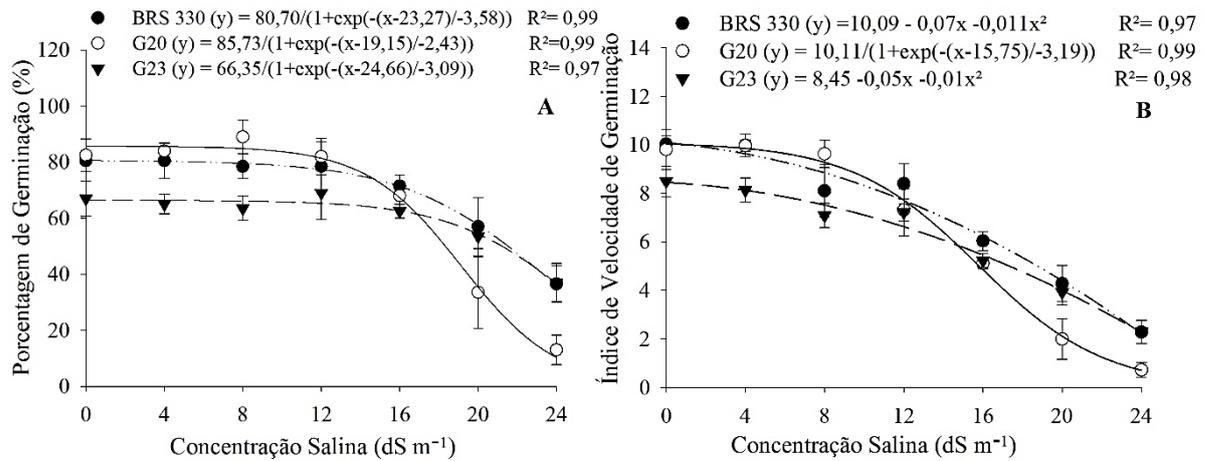


Figura 1. Porcentagem de germinação (A) e índice de velocidade de germinação (B) de três genótipos de sorgo graníferos em diferentes níveis de salinidade.

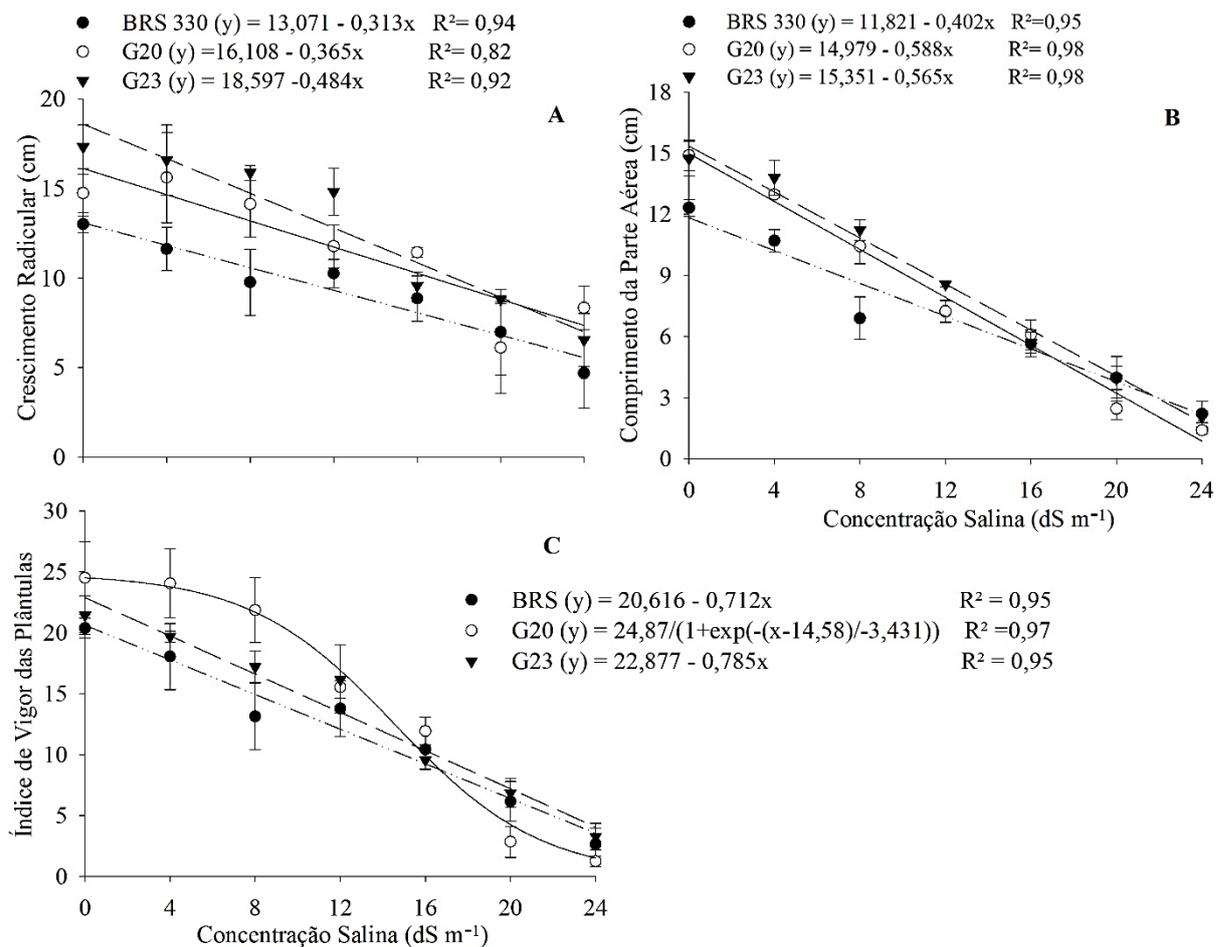


Figura 2. Efeito do aumento da concentração salinidade no crescimento radicular (A), da parte aérea (B) e no índice de vigor das plântulas de três genótipos de sorgo granífero.