

Produção do feijoeiro comum cultivado sob estresse salino e concentrações de Si em solução nutritiva⁽¹⁾.

Márcio Felipe Pinheiro Neri Nunes⁽²⁾; Carlos Ribeiro Rodrigues⁽³⁾; Maria Alice Vasconcelos da Silva⁽⁴⁾; Tatiana Michlovská Rodrigues⁽⁴⁾; Ana Eduarda Albuquerque Freire⁽⁵⁾; Marthony Dornelas Santana⁽⁵⁾.

⁽¹⁾ Trabalho executado com recursos de projeto financiado pela Fundação de Amparo a Ciência e Tecnologia de Pernambuco (FACEPE) e com bolsa de iniciação científica financiada pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

⁽²⁾ Estudante; Universidade Federal Rural de Pernambuco; Garanhuns, PE; marcio_nerifpn@hotmail.com; ⁽³⁾ Professor; Universidade Federal Rural de Pernambuco; ⁽⁴⁾ Pesquisadora; Universidade Federal Rural de Pernambuco; ⁽⁵⁾ Estudante; Universidade Federal Rural de Pernambuco.

RESUMO: O silício mesmo não sendo considerado um elemento essencial para as plantas, todavia, sua aplicação tem proporcionado aumento da atividade fotossintética e resistência às condições de estresse bióticos e abióticos. O presente trabalho teve por objetivo avaliar a capacidade do silício de aumentar a produção de grãos do feijoeiro comum e a capacidade de atenuar os efeitos deletérios da salinidade em seu crescimento. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado em esquema fatorial 5 x 2 sendo cinco concentrações de Si na solução nutritiva (0; 1; 2; 3; 4; mmol L⁻¹ de Si) e duas concentrações de NaCl (0 e 60 mmol L⁻¹ de NaCl) com quatro repetições. As plantas foram coletadas aos 90 dias após a germinação e avaliadas quanto massa seca de folha (MSF), caule (MSC), raiz (MSR), vagem (MSV), de parte aérea (MSPA), total (MST), relação parte aérea/raiz (PA:R), produção de grãos (PG). Independente das concentrações de Si na solução nutritiva, a presença de NaCl reduziu o crescimento agrônomo, em todas as variáveis estudadas. As concentrações de Si na solução nutritiva proporcionaram aumento da MSF e da PG, minimizando os efeitos deletérios do NaCl. A MSPA, MST e PG obtiveram incremento em função das concentrações de Si na solução nutritiva. Com os resultados conclui-se que a salinidade reduz o crescimento agrônomo do feijão durante o final do ciclo da cultura, conseqüentemente o uso de Si em solução nutritiva, reduz os efeitos deletérios do NaCl e aumenta a PG.

Termos de indexação: cultivar IPA010; *Phaseolus vulgaris* L.; salinidade.

INTRODUÇÃO

O silício (Si) ainda não é considerado um elemento essencial para as plantas (Malavolta, 2006). Todavia, segundo Ma et al., (2001) a aplicação de silício tem proporcionado aumento da resistência das plantas às condições de estresse bióticos e abióticos como ataque de fitopatógenos,

estresse hídrico, osmótico, salino, metais pesados, alta luminosidade e radiação UV.

Os mecanismos descritos até o momento pelos quais o Si tem aumentado a resistência das plantas às condições de estresses bióticos e abióticos.

Em geral, os trabalhos avaliando o efeito do Si sobre a indução de resistência em plantas também avaliam o efeito sobre a atividade fotossintética, visto que é um dos metabolismos chave da planta e que segundo Taiz & Zeinger (2004) estão envolvidos diretamente nos mecanismos de indução de resistência em plantas. Assim, alguns trabalhos têm avaliada a interação entre o Si e a atividade fotossintética em plantas sob condições de estresse biótico ou abiótico como radiação UV (Wen-Bin et al., 2004), ataque de fitopatógenos (Gao et al., 2010), estresse hídrico (Lobato et al., 2009), e salinidade (Al-aghaby et al., 2004). Isso se justifica pelo fato do Si proporcionar aumento da atividade fotossintética e crescimento das plantas somente quando expostas à condição de estresse.

O estresse salino compromete o crescimento da planta por baixar o potencial osmótico da solução do solo, causando estresse hídrico e provocando efeitos tóxicos nas plantas que resultam em injúrias no metabolismo e desordens nutricionais (Alves et al., 2009). Resultados de maior atividade fotossintética das plantas sob condição de estresse salino foram observados por Zhu et al. (2004) com a cultura do pepino, Hamayun et al. (2010) com a cultura soja, Moussa (2006) com a cultura do milho e Al-aghaby et al. (2004) com a cultura do tomate, quando adubadas com Si obtiveram aumento da resistência das plantas devido ao aumento da atividade fotossintética.

Contudo, este trabalho teve por objetivo avaliar a capacidade do silício de aumentar a produção de grãos do feijoeiro comum e a capacidade de atenuar os efeitos deletérios da salinidade em seu crescimento.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação na Unidade Acadêmica de Garanhuns da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UAG/UFRPE). As plantas foram cultivadas em vasos com capacidade para 10L contendo solução nutritiva de Hoagland (Hoagland & Arnon, 1950) com os tratamentos e receberam aeração constante.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado em esquema fatorial 5 x 2 sendo cinco concentrações de Si na solução nutritiva (0; 1; 2; 3; 4; mmol L⁻¹ de Si) e duas concentrações de NaCl (0 e 60 mmol L⁻¹ de NaCl) com quatro repetições, totalizando 40 vasos com quatro plantas cada um.

As doses de Si foram aplicadas via solução de silicato de potássio (K₂SiO₃ -171 g L⁻¹ de Si; 210 g L⁻¹ de K₂O; pH = 12 e d = 1,4 g cm⁻³). As doses de K foram ajustadas pela redução das doses de KNO₃ e as de nitrogênio pela adição de HNO₃. Quando necessário o pH das soluções foi ajustado para 5,0 a 5,5 com auxílio da adição de HCl 0,5 mol L⁻¹ e NaOH 0,5 mol L⁻¹. Diariamente o nível de solução dos vasos foi completado, com adição de água destilada. A condutividade elétrica da solução de cada vaso, também, foi monitorada a cada dois dias. Assim que a condutividade reduzir a 40% da inicial a solução foi substituída.

As sementes de feijão cv. IPA010 foram semeadas em bandejas contendo areia lavada umedecida com água deionizada. Após emissão da primeira folha definitiva as plântulas foram transplantadas para bandejas de 40L de capacidade contendo solução nutritiva de Hoagland (Hoagland & Arnon, 1950) a 25% da força iônica durante 15 dias para aclimação. Em seguida, foram escolhidas pela uniformidade e transplantadas quatro plantas para cada vaso definitivo de cultivo contendo 10L de solução nutritiva de Hoagland a 100% da força iônica.

O crescimento das plantas ao final do ciclo da cultura, 90 dias após a germinação foi determinado através da estimativa dos valores de massa seca de folha (MSF), caule (MSC), raiz (MSR), vagem (MSV) de parte aérea (MSPA), total (MST), relação parte aérea/raiz (PA:R), e produção de grãos (PG).

Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade e regressão em função das concentrações de Si na solução nutritiva com o auxílio do programa SISVAR (Ferreira et al., 2000).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A coleta foi realizada no final do ciclo da cultura, 90 dias após a germinação. Do início do ciclo até a colheita, as folhas senescentes foram coletadas e armazenadas em sacos de papel kraft

identificados para a determinação da MSF. Todavia, não foi possível determinar a área foliar (AF), pois as folhas estavam secas. Na última coleta os dados da MSF, da MSC, da MSR, da MSPA, da MST, da PA/R e da PG variou em função das concentrações de Si e NaCl na solução nutritiva e da interação entre essas. A MSV variou somente em função das concentrações de Si e NaCl na solução nutritiva (**Figura 1**).

Aos 90 dias após a germinação o crescimento e a produção de grãos foi superior nos tratamentos sem o NaCl em todas as concentrações de Si no meio, com exceção da PA/R. A PA/R foi semelhante para as plantas cultivadas sem e com NaCl e nas concentrações de 2 e 3 mmol L⁻¹ de Si na solução nutritiva (**Figura 1**). Nesses tratamentos a ausência de diferença da PA/R é devido ao aumento proporcionado pelas concentrações de Si, igualando aos valores obtidos pelas plantas cultivadas sem o NaCl. Independente das concentrações de NaCl no meio, houve aumento da MSV em função das concentrações de Si (**Figura 1**). As concentrações de Si na solução nutritiva proporcionaram aumento da MSF e da PG (**Figura 1**), minimizando os efeitos deletérios do NaCl. Segundo Moussa (2006) o uso de Si em meio salino, age na indução de resistência.

As plantas cultivadas na ausência do NaCl no meio não obtiveram alteração da MSF, da MSC, da MSR e da PA/R em função das concentrações de Si na solução nutritiva (**Figura 1**). Todavia, a MSPA, a MST e a PG aumentou com o incremento das concentrações de Si no meio (**Figura 1**). Mesmo o feijoeiro sendo considerada planta intermediária em relação ao acúmulo de Si (Ma & Takahashi, 2002; Ma & Yamaji, 2006), quando cultivado em condições sem estresse houve aumento da PG na presença do Si de até 37,67%. As plantas cultivadas com NaCl no meio não obtiveram alteração da MSC, da MSR, da MSPA e da MST com as concentrações de Si no meio (**Figura 1**). Entretanto, a MSF, a PA/R e a PG aumentaram com as concentrações de Si na solução nutritiva (**Figura 1**).

Como houve aumento da PG com a aplicação de 4 mmol L⁻¹ de Si em relação ao tratamento sem Si (**Figura 1**), pode-se dizer que as plantas com Si (4 mmol L⁻¹) destinaram mais energia, fotoassimilados, para a PG do que para a AF em relação às plantas sem Si. Maior PG com menor AF terá maior incidência de luz no baixeiro da lavoura, devido menor auto-sombreamento, e conseqüentemente bioclima menos favorável ao desenvolvimento de doenças. Que juntamente com menor AF, ou seja, menor porta de entrada de doenças, maior a sanidade das plantas. Somando esses fatores ao fato de que o Si aumenta a



resistência mecânica e bioquímica das plantas, tem-se plantas mais saudáveis.

Assim, pode-se atribuir o efeito do Si na redução da incidência de doenças no feijoeiro não só devido aos efeitos diretos físicos e bioquímicos, como também, à efeitos indiretos sobre o bioclima da lavoura. Segundo Moussa (2006) As plantas cultivadas com NaCl obtêm redução dos efeitos deletérios da salinidade, conseqüentemente maiores valores da AF conforme as crescentes concentrações de Si no meio, devido o aumento da atividade fotossintética das plantas sob condição de estresse salino com adubação silicatada.

CONCLUSÕES

A salinidade reduziu o crescimento agrônômico do feijão durante o final do ciclo da cultura, entretanto, o uso do Si na solução nutritiva reduziu os efeitos deletérios do NaCl e aumentou a PG.

AGRADECIMENTOS

À FACEPE pelo financiamento do projeto. Ao CNPq pela concessão de bolsa de Iniciação científica. Ao Instituto Agrônômico de Pernambuco (IPA) pelo fornecimento das sementes.

REFERÊNCIAS

AL-AGHABARY, K.; ZHU, Z.; SHI, Q. Influence of silicon supply on chlorophyll content, chlorophyll fluorescence, and antioxidative enzyme activities in tomato plants under salt stress. *Journal of Plant Nutrition*, v.27, p.2101-2115, 2004.

ALVES, F. A. L.; SILVA, S. L. F.; SILVEIRA, J. A. G.; PEREIRA, V. L. A. Mecanismos fisiológicos envolvidos com a diminuição de K⁺ em raízes de cajueiro causada por NaCl. *Revista Ciência Agrônômica*, v. 40, n. 04, p. 588-595, 2009.

FERREIRA, D.F. Análise estatística por meio do SISVAR (Sistema para Análise de Variância) para o Windows versão 4.0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000, São Carlos. Anais. São Carlos, Universidade Federal de São Carlos, 2000. p.255-258.

GAO, D.; CAI, K.; CHEN, J.; LUO, S.; ZENG, R.; YANG, J.; ZHU, X.; Silicon enhances photochemical efficiency and adjusts mineral nutrient absorption in *Magnaporthe oryzae* infected rice plants. *Acta Physiology Plant*, published online: 07 september, 2010.

HAMAYUN, M.; SOHN, E.; KHAN, S.A.; SHINWARI, Z.K.; KHAN, A.L.; LEE, I. Silicon alleviates the adverse effects of salinity and drought stress of growth and endogenous plant growth hormones of soybean. *Pakistan Journal of Botany*, v.42, p.1713-1722, 2010.

HOAGLAND, D.R.; ARNON, D.I. The water culture method of growing plants without soil. University of California, Berkeley, 32 p., 1950.

LOBATO, A.K.S.; COIMBRA, G.K.; NETO, M.A.M.; COSTA, R.C.L.; SANTOS FILHO, B.G.; OLIVEIRA NETO, C.F.; LUZ, L.M.; BARRETO, A.G.T.; PEREIRA, B.W.F.; ALVES, G.A.R.; MONTEIRO, B.S.; MAROCHIO, C.A. Protective action os silicon water relations and photosynthetic pigments in pepper plants induced to water deficit. *Research Journal of Biology Sciences*, v.4, p.617-623, 2009.

MA, J. F.; MIYAKE, Y.; TAKAHASHI, E. Silicon as a beneficial element for crop plants. In: DATNOFF, L.E.; SNYDER, G.H.; KORNDÖRFER, G.H. Silicon in Agriculture. Amsterdam: ELSEVIER. 2001.p.17-40.

MA, J. F.; TAKAHASHI, E. Soil, Fertilizer, and Plant Silicon Research in Japan. Amsterdam: ELSEVIER. 212p. 2002.

MA, J. F.; YAMAJI, N. Silicon uptake and accumulation in higher plant. *TRENDS in Plant Science*, v.11, p.392-397, 2006.

MALAVOLTA E. Manual de Nutrição Mineral de Plantas. Piracicaba: CERES. 638p. 2006.

MOUSSA, H.R. Influence os exogenous application of silicon on physiological response of salt-stressed maize (*Zea mays* L.). *International Journal of Agriculture & Biology*, v.8, 293-297, 2006.

TAIZ L; ZEIGER E. Fisiologia vegetal. Porto Alegre: ARTMED. 719p. 2004.

WEN-BIN, L.; XIN-HUI, S.; HE, W.; FU-SUO, Z. Effects of silicon on rice leaves resistance to ultraviolet-B. *Acta Botanica Sinica*, v.46, p.691-697, 2004.

ZHU, Z.J.; WEI, G.Q.; LI, J.; QIAN, Q.Q.; YU, J.Q. Silicon alleviates salt stress and increase antioxidant enzymes activity in leaves of salt-stressed cucumber (*Cucumis sativus* L.). *Plant Science*, v.167, p.527-533, 2004.

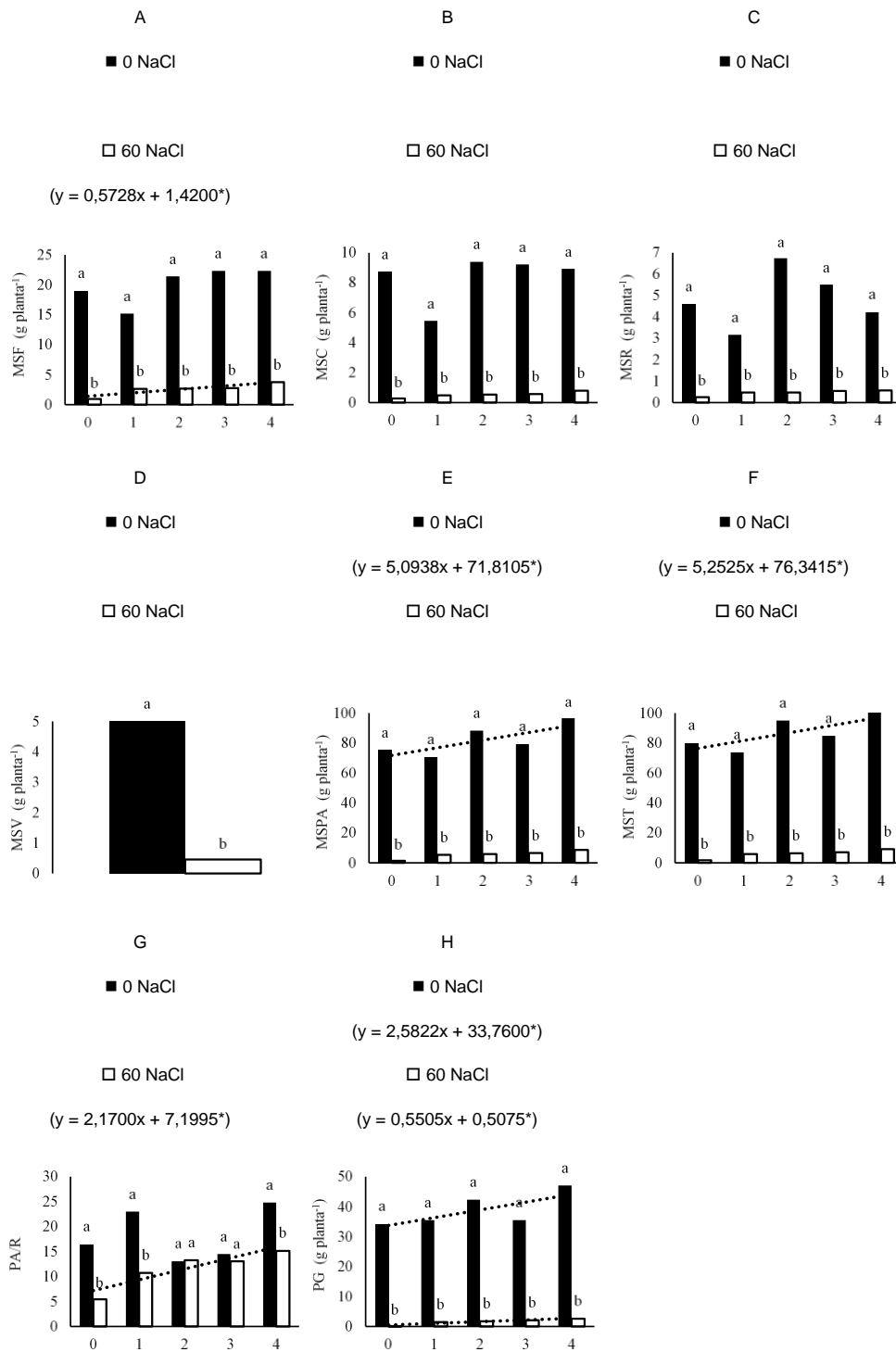


Figura 1 – Crescimento agrônomo e produção do feijoeiro (*Phaesolus vulgaris* L.) cv. IPA 10 cultivada em solução nutritiva com concentrações de Si e NaCl. Garanhuns, PE. 2012.