

SILÍCIO ATENUA OS EFEITOS DO ESTRESSE SALINO NA QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE ALFACE?

H. S. Lemos Neto¹, M. A. Guimarães², I. M. G. Sampaio³, C. L. Maia⁴, R. O. Mesquita², A. B. Oliveira².

RESUMO: Estudou-se o efeito atenuador do silício (Si) sobre o estresse salino nas fases iniciais de crescimento de plântulas de alface. O experimento foi realizado no Laboratório de análise de sementes da Universidade Federal do Ceará, no delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições, em esquema fatorial com duas cultivares de alface (Great Lakes 659 e Lucy Brown) e seis concentrações combinadas de SiO₂ e NaCl (0,0 mM de SiO₂ e de NaCl; 6,0 mM de SiO₂ + 0,0 de NaCl; 0,0 de SiO₂ + 150 mM de NaCl; 6,0 mM SiO₂ + 150 mM NaCl; 0,0 de SiO₂ + 200 mM de NaCl; 6,0 mM SiO₂ + 200 mM NaCl). Foram avaliadas a germinação (G), índice de velocidade de germinação (IVG), tempo médio de germinação (TMG), comprimento e massa seca da raiz e parte aérea. O estresse salino reduziu a germinação e o crescimento das plântulas. Quando adicionou-se o silício a estes tratamentos, o efeito do estresse salino foi reduzido e a germinação foi elevada. As plântulas também apresentaram maiores valores de crescimento. Concluiu-se que o Si atenua os efeitos do estresse salino nas fases iniciais de crescimento de alface.

PALAVRAS-CHAVE: *Lactuca sativa* L., germinação, NaCl.

SILICON ATTENUATES THE EFFECTS OF SALINE STRESS IN THE INITIAL PHASES OF LETTUCE GROWTH?

SUMMARY: Was studied the Silicon (Si) as a reducer of saline stress in the initial phases of lettuce growth. The experiment was carried out at the Seed Analysis Laboratory of the Federal University of Ceará, in a completely randomized design with four replicates, in a factorial scheme with two lettuce cultivars (Great Lakes 659 and Lucy Brown) and six combined

¹Doutorando em Agronomia/Fitotecnia, UFC, Fortaleza –Ceará. Email: hozanoneto@hotmail.com.

²Doutores, professores do Departamento de Fitotecnia, UFC, Fortaleza- Ceará.

³Mestre em Agronomia/Fitotecnia, UFC, Fortaleza-Ceará.

⁴Graduanda em Agronomia, UFC, Fortaleza-Ceará.

*Trabalho extraído da tese do primeiro autor.

concentrations of SiO₂ and NaCl (0,0 mM de SiO₂ e de NaCl; 6,0 mM de SiO₂ + 0,0 de NaCl; 0,0 de SiO₂ + 150 mM de NaCl; 6,0 mM SiO₂ + 150 mM NaCl; 0,0 de SiO₂ + 200 mM de NaCl; 6,0 mM SiO₂ + 200 mM NaCl). Were evaluated germination (G), speed germination index (SGI), medium germination time (MGT), root length and dry weight of the root and shoot. Saline stress reduced germination and seedling growth. When silicon was added to the treatments, the effect was reduced and germination was high. The seedling growth also showed better results. It was concluded that the Si attenuates the effects of saline stress on the initial phases of lettuce growth.

KEYWORDS: *Lactuca sativa* L., germination, NaCl.

INTRODUÇÃO

A salinidade é um dos estresses abióticos que mais limita a produção das culturas (Gupta & Bingru, 2014). Na germinação e no crescimento inicial das plantas, seus efeitos são verificados por reduzir o potencial osmótico do solo e, conseqüentemente, o potencial hídrico, o que dificulta a absorção de água pelas sementes. Além disso, tem os efeitos dos íons tóxicos que quando absorvidos pelo embrião, pode inibir a síntese e/ou atividade de enzimas hidrolíticas necessárias à germinação (Soltani et al., 2006; Munns & Tester, 2008).

Na qualidade fisiológica das sementes, o efeito mais pronunciado é o do estresse osmótico, onde há dificuldade na fase de embebição, fazendo com que a quantidade de água que chega até as células do embrião seja reduzida, o que diminui a velocidade e o percentual de germinação (Soltani et al., 2006).

Dentre os estudos com objetivo de viabilizar a utilização das áreas com salinidade, está a utilização de técnicas e manejo que minimizem os efeitos do estresse salino. Dentre estes manejos, está a utilização do silício como um atenuador dos efeitos dos sais sobre as plantas (Sivanesan et al., 2011).

Apesar de não ser considerado um elemento essencial, o silício tem apresentado vários efeitos benéficos para as plantas, dentre os quais está a redução da transpiração, maior teor de clorofila, aumento da resistência mecânica das células que torna as folhas mais eretas e, assim, aumenta a taxa fotossintética e a absorção de CO₂. Além disso, está envolvido no aumento da resistência a pragas e doenças, pela formação de uma barreira mecânica (Lima et al., 2011).

Alguns pesquisadores tem utilizado o silício para a produção de algumas espécies submetidas a estresses salinos. Dentre as quais, Algaroba (*Prosopis juliflora* (Sw) DC.)

(Bradbury & Ahmad, 1990), moringa (*Moringa oleífera* Lam) (Miranda et al., 2002), cajueiro (*Anacardium occidentale* L.) (Miranda et al., 2010), arroz (*Oriza sativa* L.) (Kraska & Breitenbeck, 2010), milho (*Zea mays* L.) (Lima et al., 2011) e trigo (*Triticum aestivum* L.) (Tuna et al., 2008) têm apresentado efeitos positivos.

Pesquisas que tenham utilizado o silício como atenuador do estresse salino, na qualidade fisiológica de sementes de hortaliças, são poucas, sendo com a alface muito restrita. Sendo assim, objetivou-se com este trabalho avaliar o efeito do silício como atenuador do estresse salino na qualidade fisiológica de sementes de alface.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no laboratório de análise de sementes (LAS), pertencente ao Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal do Ceará, entre março e junho de 2016. Utilizou-se sementes de duas cultivares de alface do tipo repolhuda, todas com alto poder de germinação, acima de 90%.

O experimento foi conduzido no delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições, em esquema fatorial com duas cultivares de alface (Great Lakes 659 e Lucy Brown) e seis concentrações combinadas de SiO₂ e NaCl (0,0 mM de SiO₂ e de NaCl; 6,0 mM de SiO₂ + 0,0 de NaCl; 0,0 de SiO₂ + 150 mM de NaCl; 6,0 mM SiO₂ + 150 mM NaCl; 0,0 de SiO₂ + 200 mM de NaCl; 6,0 mM SiO₂ + 200 mM NaCl). Das cultivares utilizadas, comprovou-se experimentalmente (dados ainda não publicados) que a Great Lakes 659 é sensível e a Lucy Brown tolerante ao estresse salino por NaCl na fase de crescimento inicial.

Foram avaliadas as seguintes características:

Germinação (G) - conduzido com quatro repetições de 50 sementes distribuídas uniformemente sobre duas folhas de papel filtro para germinação, umedecidas com água destilada, na proporção de 3,0 vezes a massa do papel seco, dispostas em placas de petri de 10 x 1,5 cm. As sementes foram mantidas em câmara de germinação do tipo “biochemical oxygen demand” (BOD), em regime alternado de luz (12 horas sob luz e 12 horas sem) e mantendo fixa a temperatura de 20° C. O substrato foi umedecido com água destilada somente no dia da instalação do teste, para evitar alterações das concentrações. A contagem da germinação foi realizada aos sete dias após a instalação do teste, de acordo com Brasil (2009). Foram consideradas como germinadas, as sementes que apresentaram raiz primária > 2 mm (Oliveira & Gomes Filho, 2009).

Primeira contagem de germinação (PCG) - realizada conjuntamente ao teste de germinação, computando-se os percentuais médios de sementes germinadas no quarto dia da instalação do teste, conforme recomendado por Brasil (2009).

Índice de velocidade de germinação (IVG) - realizado simultaneamente aos testes de germinação, computando-se, diariamente e, no mesmo horário, o número de sementes que apresentaram raiz primária ≥ 2 mm, sendo calculado conforme Maguire (1962).

Tempo médio de germinação (TMG) - calculado a partir das contagens diárias até o sétimo dia após semeadura, conforme Labouriau (1983), sendo os resultados expressos em dias.

Utilizando-se as mesmas plântulas das características anteriores, ao sétimo dia após a semeadura, selecionaram-se as 15 plântulas mais uniformes de cada repetição, que foram separadas em raiz e parte aérea, sendo então determinadas:

Comprimento de raiz e parte aérea (CR e PA) - as medições das plântulas foram realizadas após a contagem final do teste de germinação, com auxílio de uma régua graduada, sendo os resultados expressos em cm plântula⁻¹. Os valores foram somados e divididos pelo número de amostras (15 plântulas), o qual resultou em comprimento médio da raiz e da parte aérea por plântula.

Massa seca da parte aérea e das raízes (MSPA e MSR) - as plântulas normais de cada repetição foram acondicionadas em sacos de papel e levadas a estufa à temperatura de 65° C, até atingirem massa constante. Após esse período, as amostras foram pesadas em balança de precisão (0,0001 g) e os resultados expressos em mg plântula⁻¹.

Os resultados obtidos foram submetidos ao teste de normalidade de Shapiro Wilk. Após verificada a normalidade dos dados e homogeneidade das variâncias, foi feito à análise de variância pelo teste F. Utilizou-se o teste de Scott-Knott para comparação das médias. Para análise dos dados utilizou-se o programa estatístico Sisvar versão 5.6 (Ferreira, 2011).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observou-se que os estresses provocados pelo cloreto de sódio afetaram a germinação (G), primeira contagem de germinação (PCG), índice de velocidade de germinação (IVG) e tempo médio de germinação (TMG) de ambas as cultivares (Figura 1a, b, c, d), sendo que a fonte de silício, no caso o silicato de sódio (SiO₂), quando adicionado sozinho não teve efeito quando comparado ao controle, mas quando adicionado juntamente com o NaCl, reduziu de forma efetiva os efeitos deletérios deste, de forma a proporcionar desempenho satisfatório para as duas cultivares.

Nos níveis de 150 e 200 mM de NaCl praticamente não houve germinação, mas quando adicionou-se SiO₂ a essas concentrações, as cultivares apresentaram germinação e velocidade de germinação satisfatória, mostrando assim que o uso do Si reduz os efeitos do estresse na germinação e velocidade de germinação das sementes.

Para o comprimento e massa seca de raiz e parte aérea, verificou-se o mesmo comportamento da germinação, onde as plântulas não apresentaram crescimento adequado em estresses provocados pelo NaCl, mas quando adicionou-se o SiO₂, todas as plântulas cresceram, com efeito atenuador do Si sobre os estresses no vigor das sementes (Figura 2 a, b, c, d).

Quando postas para germinar em condições de estresse salino, as sementes sofrem com o efeito osmótico, isto é, tem maior dificuldade na absorção de água pelo embrião, o que acaba por diminuir a germinação. Lemes (2013) trabalhando com sementes de arroz em condições de estresse salino, verificaram menor número de plântulas normais, tanto no teste de germinação como na primeira contagem de germinação, comparadas às sementes produzidas sem estresse.

Os efeitos do estresse salino na fase de germinação se dão pela redução na absorção de água pela semente, além de efeitos de natureza tóxica ou nutricional, sendo que a sensibilidade das plantas a maiores ou menores concentrações de sais no substrato é característica de cada tipo de planta (Viana et al., 2004).

No entanto, quando se usa o silício, esses efeitos são amenizados, o que pode ser explicado até o momento pelas seguintes hipóteses: i) o Si diminui o transporte de Na⁺ das raízes para a parte aérea; ii) aumenta a concentração nas raízes e na parte aérea de enzimas que combatem o estresse oxidativo.

Esse efeito benéfico do silício em alface na germinação e crescimento das plântulas sob estresse salino está de acordo com o que já foi verificado para algumas culturas. Ao trabalharem com plantas de sorgo sob estresse salino, Kafi et al. (2011), verificaram que o incremento da dose de silício aumentou a massa seca da parte aérea das plantas. Outras culturas como arroz (Gurmani et al., 2013), cevada (Liang et al., 1999), milho (Lima et al., 2011), trigo ((Tuna et al., 2008) e canola ((Farshidi et al., 2012), submetidas ao estresse salino apresentaram melhoria no crescimento em tratamento com silício. Em resultados observados por Liang et al. (2007), a concentração de sódio em raízes de arroz e cevada foram reduzidas com a adição de silício; e a absorção e o transporte de K⁺ foram aumentados, enquanto o transporte de sódio para parte aérea foi reduzido. O silício também aumenta a concentração foliar e radicular das enzimas do estresse oxidativo, desse modo, o mesmo pode afetar a estrutura, integridade e a função da membrana plasmática, pois o aumento da atividade antioxidante reduz a peroxidação dos

lipídios da membrana plasmática de plantas sob estresse salino (Zhu et al., 2004; Al-Aghabary et al., 2004; Liang et al., 2007).

CONCLUSÃO

O silício reduz os efeitos do estresse salino provocado pelo NaCl na qualidade fisiológica de sementes e no crescimento inicial da alface.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelas bolsas concedidas aos dois primeiros autores e ao pessoal do Laboratório de Análises de Sementes da UFC pelo apoio na realização do trabalho.

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, n. 12, p. 2101–2115, 2004.

BRADBURY, M.; AHMAD, R. The effect of silicon on the growth of *Prosopis juliflora* growing in saline soil. *Plant and Soil*, v. 125, n. 1, p. 71–74, 1990.

BRASIL. Regras para Análise de Sementes. 1. ed. Brasília: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2009. 398p.

FARSHIDI, M.; ABDOLZADEH, A.; SADEGHIPOUR, H. R. Silicon nutrition alleviates physiological disorders imposed by salinity in hydroponically grown canola (*Brassica napus* L.) plants. *Acta Physiol Plant*, v. 34, n. 5, p. 1779–1788, 2012.

FERREIRA, D. F. Sisvar: A Computer statistical analysis system. *Ciencia e Agrotecnologia*, v. 35, n. 6, p. 1039–1042, 2011.

GUPTA, B.; BINGRU, H. Mechanism of Salinity Tolerance in Plants: Physiological, Biochemical, and Molecular Characterization. *International Journal of Genomics*, v. 2014, n. 1, p. 1–19, 2014.

GURMANI, A. R.; BANO, A.; NAJEEB, U.; ZHANG, J.; KHAN, S. U.; FLOWERS, T. J.

Exogenously applied silicate and abscisic acid ameliorates the growth of salinity stressed wheat (*Triticum aestivum* L.) seedlings through Na⁺ exclusion. Australian Journal Crop Science, v. 7, n. 8, p. 1123–1130, 2013.

KAFI, M.; NABATI, J. MASOUMI, A.; MEHRGERDI, M. Z. Effect of salinity and silicon application on oxidative damage of sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) moench.]. Journal of Botany, v. 43, n. 5, p. 2457–2462, 2011.

KRASKA, J. E.; BREITENBECK, G. A. Survey of the silicon status of flooded rice in Louisiana. Agronomy Journal, v. 102, n. 2, p. 523–529, 2010.

LABOURIAU, L. G. A germinação das sementes. Washington: Secretaria Geral da Organização dos Estados Americanos, 1983. 174p.

LEMES, E. S. Aplicação de cinza da casca de arroz, via solo, como fonte de silício em arroz irrigado sob estresse salino. Pelotas, 2013. 66p. Dissertação (Mestrado em Ciências e Tecnologia de Sementes), Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas.

LIANG, Y.; DING, R.; LIU, Q. Effect of silicon on salt tolerance of barley and its mechanism. Scientia Agricultura Sinica, v. 32, n. 1, p. 75–83, 1999.

LIANG, Y.; SUN, W.; ZHU, Y. G.; CHRISTIE, P. Mechanisms of silicon-mediated alleviation of abiotic stresses in higher plants: A review. Environmental Pollution, v. 147, n. 2, p. 422–428, 2007.

LIMA, M. A.; CASTRO, V. F.; VIDAL, J. B. ENÉAS-FILHO, J. Aplicação de silício em milho e feijão-de-corda sob estresse salino. Revista Ciência Agronômica, v. 42, n. 2, p. 398–403, 2011.

MAGUIRE, J. D. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. Crop Science, v. 2, n. 1, p. 176–177, 1962.

MIRANDA, J. R. P. Silício e cloreto de sódio na nutrição mineral e produção de matéria seca de plantas de moringa (*Moringa oleifera* Lam.). Revista Brasileira de Ciências do Solo, v. 26, n. 1, p. 957–965, 2002.

MIRANDA, J. R. P.; CARVALHO, J. G.; FREIRE, A. L. O.; FERNANDES, A. R. Avaliação do silício como atenuador dos efeitos da salinidade na nutrição mineral de clones de *Anacardium occidentale* L. Engenharia Ambiental, v. 7, n. 3, p. 144–156, 2010.

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.

SIVANESAN, I.; SON, M. S.; JEONG, B. R. Effect of soaking of seeds in potassium silicate and uniconazole on germination and seedling growth of tomato cultivars, Seogeon and Seokwang. v. 10, n. 35, p. 6743–6749, 2011.

SOLTANI, A.; GHOLIPOOR, M.; ZEINALI, E. Seed reserve utilization and seedling growth of wheat as affected by drought and salinity. *Environmental and Experimental Botany*, v. 55, n. 1-2, p. 195–200, 2006.

TUNA, A. L.; KAYA, C.; HIGGS, D.; AMADOR, B. M. AYDEMIR, S.; GIRGIN, A. R. Silicon improves salinity tolerance in wheat plants. *Environmental and Experimental Botany*, v. 62, n. 1, p. 10–16, 2008.

VIANA, S. B. A.; FERNANDES, P. D.; GHEYI, H. R.; SOARES, F. A. L.; CARNEIRO, P. T. Índices morfofisiológicos e de produção de alface sob estresse salino. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 8, n. 1, p. 23-30, 2004.

ZHU, Z.; WEI, G.; LI, J.; QIAN, Q.; YU, J. Silicon alleviates salt stress and increases antioxidant enzymes activity in leaves of salt-stressed cucumber (*Cucumis sativus* L.). *Plant Science*, v. 167, n. 3, p. 527–533, 2004.

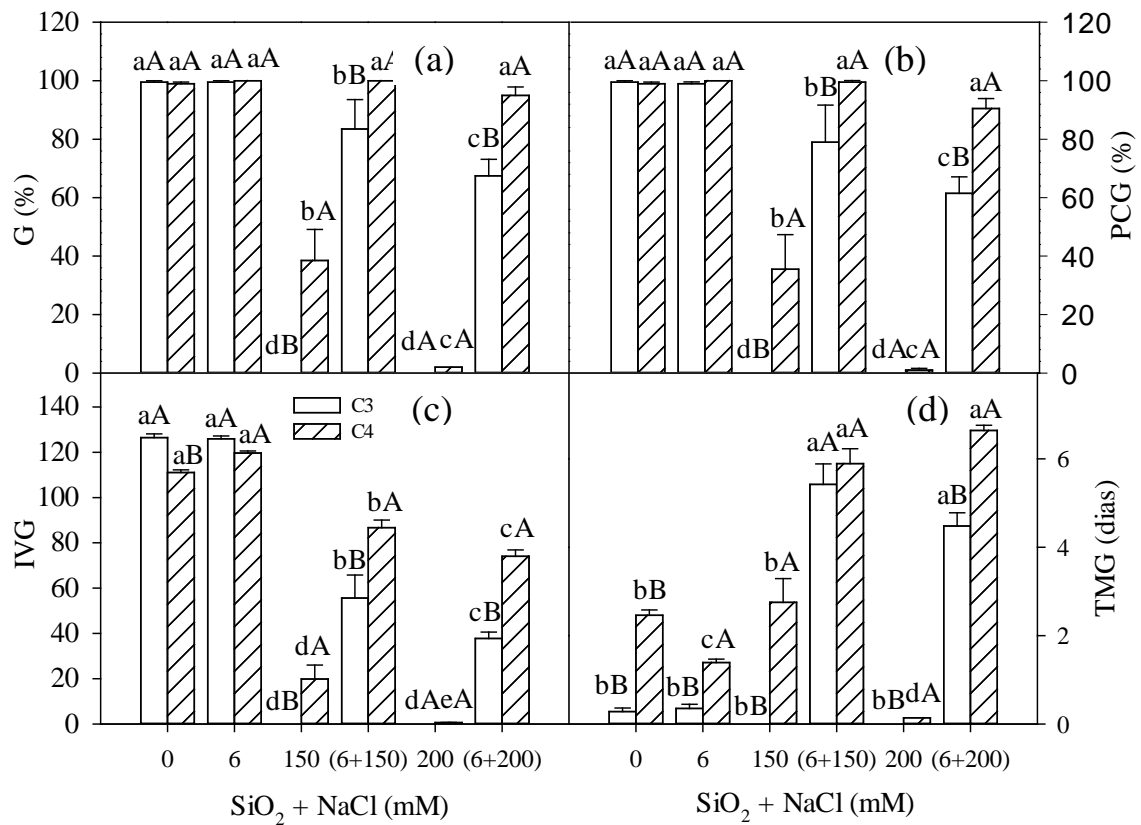


Figura 1. Germinação (G, 1a), primeira contagem de germinação (PCG, 1b), índice de velocidade de germinação (IVG, 1c) e tempo médio de germinação (TMG, 1d) de sementes de duas cultivares de alfaca (C3 - Great Lakes 659 e C4 - Lucy Brown) sob níveis de NaCl e silicato de sódio. Fortaleza, UFC, 2017. Médias seguidas por letras minúsculas distintas entre os níveis de SiO₂ e NaCl e por maiúsculas dentro de um mesmo nível de SiO₂ + NaCl evidenciam diferenças entre si ($p \geq 0,01$).

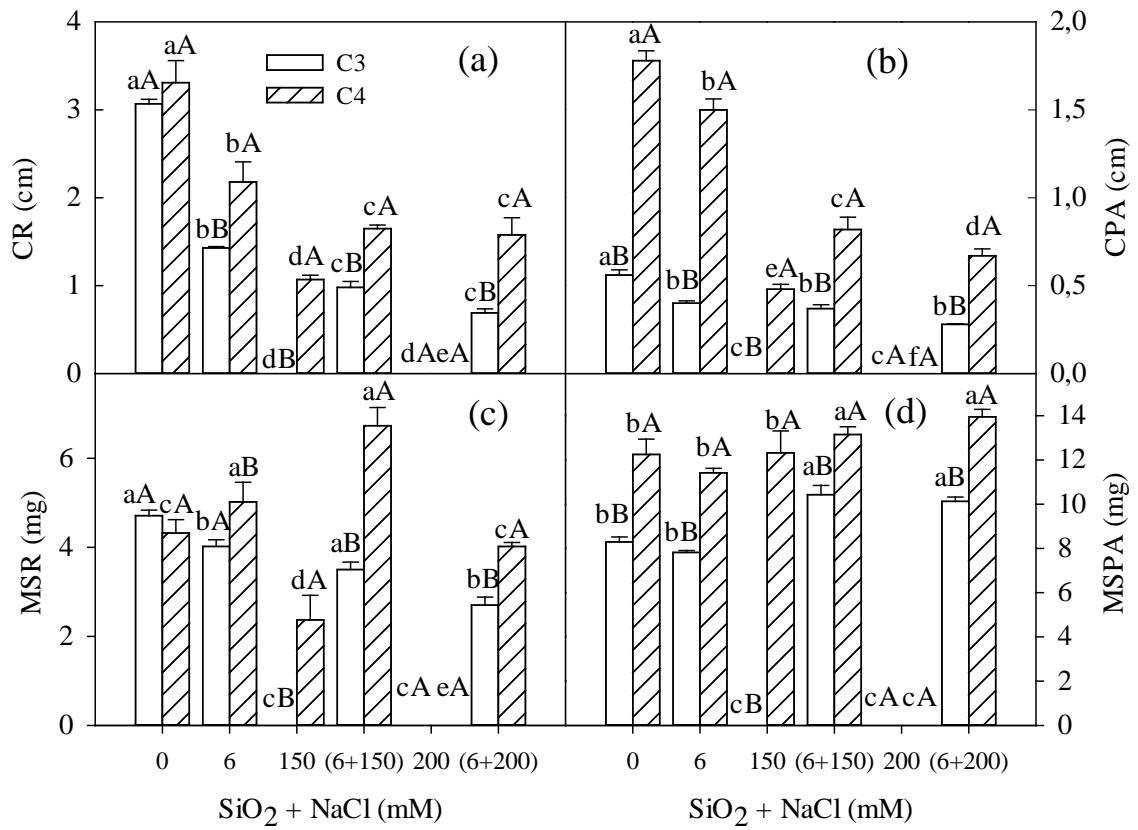


Figura 2. Comprimento de raiz e parte aérea (CR, CPA, 2a, b), massa seca de raiz e parte aérea (MSR, MSPA, 2c, d) de plântulas de duas cultivares de alface (C3 - Great Lakes 659 e C4 - Lucy Brown) sob níveis de NaCl e silicato de sódio. Fortaleza, UFC, 2017. Médias seguidas por letras minúsculas distintas entre os níveis de SiO₂ e NaCl e por maiúsculas dentro de um mesmo nível de SiO₂ + NaCl evidenciam diferenças entre si ($p \geq 0,01$).