

CRESCIMENTO DO TOMATEIRO SOB DIFERENTES NÍVEIS DE SALINIDADE DA ÁGUA, COM APLICAÇÃO DE NANOPARTICULAS DE SILÍCIO

Aldeir Ronaldo Silva¹, Laura Ximena Nuñez Rodriguez², Francynes da Conceição Oliveira Macedo³, Fabia Barbosa da Silva⁴, Diogo Capelin⁵, Ricardo Ferraz de Oliveira⁶

RESUMO: Os impactos da salinidade vêm cada vez mais diminuindo a produtividade agrícola mundial. Assim, objetivou-se com o presente trabalho avaliar a influência das nanopartículas de silício no crescimento do tomateiro irrigado com água salina. O experimento foi realizado em casa de vegetação. O delineamento foi em blocos (DBC) com esquema fatorial de 2 x 3, composto por três níveis de salinidade da água de irrigação (0, 25 e 40 mM) e dois níveis de nanopartículas de silício (0 e 500 mgL⁻¹). Foram avaliados os seguintes parâmetros: altura da planta (cm), diâmetro do caule (mm), número de folhas, número de flores e potencial hídrico (MPa). O silício influenciou de maneira positiva nos parâmetros de altura da planta e diâmetro do caule, além de promover uma menor redução no número de flores e número de folhas, sendo 38,7 e 16,6 %, em comparação com as plantas sem silício, 84 e 54,6 %, respectivamente, com relação ao controle. O potencial hídrico das plantas tratadas com silício foi maior do que as plantas sem silício, mesmo na concentração maior de salinidade. O uso de nanopartículas de silício aumentou a tolerância das plantas a salinidade.

PALAVRAS-CHAVE: Estresse Salino, Silício e Nanofertilizante.

TOMATO GROWTH UNDER DIFFERENT WATER SALINITY LEVELS, WITH APPLICATION OF SILICON NANOPARTICLES

¹ Engenheiro Agrônomo, doutorando direto em Fisiologia e Bioquímica de Plantas ESALQ/USP, Cx. Postal 9, Piracicabas. Fone (19) 3429-4458. E-mail: aldeirronaldo@usp.br.

² Graduanda em Engenharia Agroecológica, Universidade da Amazonia, Caquetá, Colômbia.

³ Doutora em Fisiologia e Bioquímica de Plantas, Pós-Doutoranda, ESALQ/USP, Piracicaba, SP.

⁴ Mestre em Ciências Agrárias, doutoranda em Fisiologia e Bioquímica de planta ESALQ/USP, Piracicaba, SP.

⁵ Doutor em Fisiologia e Bioquímica de Plantas, Piracicaba, SP.

⁶ Prof. Doutor do departamento de Ciências Biológicas da ESALQ/USP, Piracicaba, SP.

ABSTRACT: The impacts of salinity are increasingly diminishing world agricultural growth. Thus, this study aimed to evaluate the influence of silicon nanoparticles to growth of tomato irrigated with saline water. The experiment was carried out in a greenhouse. The experimental design in randomized blocks (DBC) with a 2 x 3 factorial scheme, consisting of three levels of irrigation water salinity (0, 25 and 40 mM) and two levels of silicon nanoparticles (0 and 500 mgL⁻¹). The following parameters were applied: plant height (cm), stem diameter (mm), leaves number, flowers number and water potential (MPa). Silicon had a positive influence on plant height and stem diameter parameters, promoting a smaller reduction in the flowers and leaves number, being 38.7 and 16.6%, compared to plants without silicon, and 84 and 54.6%, respectively, regarding the control. The water potential of plants treated with silicon was higher than plants without silicon, even at the highest salinity concentration. The use of silicon nanoparticles increased plant tolerance to salinity.

KEYWORDS: Stress Saline, Silicon and Nanofertilizer.

INTRODUÇÃO

Aproximadamente 1125 milhões de hectares de solos, dos quais 76 milhões são afetados pela salinização e sodificação induzidas pelo homem (HOSSAIN, 2019), devido principalmente à irrigação e fertilização inadequadas (PLAZEK et al., 2013). A salinidade é um processo que aumenta a concentração de sais, ocasionando no desbalanceamento de íons no solo (NARVÁEZ; COMBATT; BUSTAMANTE, 2014), sendo um dos fatores ambientais mais limitante para a produtividade das plantas (KOYRO; EISA, 2008) com destaque para as regiões áridas e semiárida, onde metade dessas regiões são afetadas por salinidade (ZÖRB; GEILFUS; DIETZ, 2019). A salinidade, portanto, é um estresse abiótico que interfere no crescimento da maioria das espécies vegetais, principalmente devido à toxicidade causada pela absorção excessiva de sais como os íons sódio (Na⁺) e cloreto (Cl⁻), o que resulta em desequilíbrios nutricionais nas plantas (DA SILVA, 2009). Tanto Na⁺ como Cl⁻, são inibidores de processos citosólicos (SERRANO, 1996), onde causam mudança na absorção de K⁺, disfunção de membranas, diminuição da fotossíntese, geração de espécies reativas de oxigênio (ROS) e morte celular programada (MA; MIYAKE; TAKAHASHI, 2001).

Para reduzir os efeitos da salinidade no solo e nas plantas, algumas estratégias têm sido adotadas, no entanto, grande parte tem baixa eficiência (PAES et al., 2010). Desta forma ultimamente com os avanços tecnológicos, vem se buscando o uso de novas ferramentas

como os nanofertilizante. A nano-agricultura envolve o emprego de nanopartículas conferindo efeitos benéficos específicos as culturas (MENESY et al., 2018). Entre as nanopartículas, o nanosilício é um dos nanomateriais mais populares que tem sido usado nos últimos anos (LE et al., 2014). Embora o silício não seja um nutriente essencial no crescimento e desenvolvimento das plantas (MAUAD, 2006) vem apresentando efeito benéfico em plantas sob condições de estresse (CAPPELLESCO et al., 2000; HARTER; ALBUQUERQUE, 2011).

Estudos recentes mostraram os efeitos benéficos do Si no crescimento de muitas espécies vegetais (DA SILVA, 2009). Dentre os efeitos se destacam o baixo coeficiente de transpiração, com melhor aproveitamento da água, maior teor de clorofila, maior rigidez estrutural dos tecidos com aumento da resistência mecânica das células, folhas mais eretas, área fotossintética maior e maior absorção de CO₂ (HARTER; ALBUQUERQUE, 2011). Dessa forma, objetivou-se com o presente trabalho avaliar o efeito da aplicação de nanopartículas de silício em planta de tomateiros irrigadas com diferentes concentrações de NaCl.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em ambiente protegido da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” da Universidade de São Paulo, localizada no município de Piracicaba-SP. O delineamento experimental utilizado foi em blocos cauzalizados, com fatorial 2 x 3 referente a duas dosagem de nanopartículas de silício (0 e 500 mg L⁻¹) e três níveis de salinidade da água de irrigação (0,0; 2,5; 4,0 dS m⁻³), cada tratamento teve duas repetições distribuídas em três blocos, totalizando 36 unidade experimentais. A variedade utilizada foi o Tomateiro *IPA 06* do Instituto Agronômico de Pernambuco (IPA). A semeadura foi realizada em bandejas com 90 células. Após 15 dias da semeadura foi realizado o transplântio das mudas de tomateiro, onde colocou-se três plântulas por vaso com capacidade de 5 litros. Substrato foi composto por vermiculita, argila laminada (2,5 mm) e argila expandida (6 a 15 mm) na relação (1:1:1). Foi realizada a determinação da capacidade de vaso (capacidade de campo), sendo realizados em vasos com capacidade de 5 litros consistindo de 3 repetições. Os vasos foram pesados e depois preenchidos com substrato com um peso conhecido, em seguida foi adicionada uma lâmina de água até a saturação do substrato. Foram utilizadas bandejas para reter o conteúdo de água drenado. Após cessar a drenagem, os vasos pesados novamente

para obtenção do valor de capacidade de campo por diferença (CASAROLI & LIER, 2008). A irrigação com solução nutritiva foi realizada diariamente. A formulação utilizada foi a solução de Hoagland e Arnon (1950), conforme os valores citados na tabela 1.

Tabela 1. Fonte de nutriente e composição química do fertilizante Miracle-Gro®, empregado na formulação da solução nutritiva de Hoagland & Arnon (1950).

Fonte	Quantidade g L⁻¹
Fertilizante Miracle-Gro®	0,46
Cloreto de potássio (KCl)	0,1
Cloreto de cálcio (CaCl ₂)	0,26
Cloreto de Magnésio (MgCl ₂)	0,1
Ferro-EDTA	1,0 MI
Composição química do produto Miracle-Gro®	
Nutriente	Quantidade (%)
Nitrogênio Total	24
Fósforo (P)	8
Potássio (K)	16
Boro (B)	0,02
Cobre (Cu)	0,07
Ferro (Fe)	0,15
Manganês (Mn)	0,05
Molibdênio (Mo)	0,0005
Zinco (Zn)	0,06

A aplicação de silício foi realizada aos 28, 45 e 55 dias após a semeadura, onde foi adicionado 200 ml da solução de silício sob uma concentração de 500 mg L⁻¹, a fonte de silício utilizada foi o fertilizante de nanopartículas de Si, solúvel em água, da empresa MKnano®, com granulometria de 20 a 30 nm, apresentando 99,8 % de pureza. As variáveis de crescimento avaliadas serão: diâmetro do caule (**DC**), medido a nível de 2 cm acima do colo da planta expresso em mm, utilizando um paquímetro digital modelo 0-150 MM; Altura da planta (**AP**), medida com auxílio de uma régua graduada, medindo a partir do substrato, até a gema apical da planta, com valores expressos em cm; número de folhas (**NF**), considerando a contagem das folhas completamente abertas; número de flores (**NFL**), na fase de florescimento; condutividade elétrica do substrato; e potencial hídrico (**Ψ**) medido pelo método da câmara de pressão de acordo com a metodologia de Scholander et al. (1965), expresso em MPa. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias foram

comparadas pelo teste de Tukey a níveis de 5 e 1 % (ou < 1%) de probabilidade. Todas as análises foram realizadas no software R (R CORE TEAM, 2019).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A salinidade e aplicação de silício promoveram efeito significativo para as variáveis número de folhas e número de flores. O estresse salino reduziu o número de folhas e de flores, mas plantas tratadas com silício foram menos afetadas pelo estresse do que as não tratadas. Foi verificada interação significativa entre salinidade e adição de silício apenas com relação ao número de folhas (Tabela 2). As médias apresentadas na tabela 2 são referentes a análise isolada do fator salinidade e aplicação de silício, para facilitar a visualização do efeito de cada fator separadamente e da interação entre eles.

Tabela 2. Diâmetro do caule (DC), altura da planta (AP), número de folhas (NF), número de flores (NFL), e potencial hídrico da folha (Ψ) de plantas de tomateiro irrigada com água salina em três concentrações e, com e sem aplicação de nanopartículas de Silício (Si).

	DC (mm)	AP (cm)	NF (n°)	NFL (n°)	Ψ (MPa)
Salinidade	$p = 0.957^{ns}$	$p = 0.948^{ns}$	$p = 0.002^{**}$	$p = 0.022^*$	$p = 0.887^{ns}$
0 mM NaCl	8.94 \pm 0.26	20.89 \pm 1.58	13.25 (\pm 0.82)	5.6 (\pm 0.76)	-0.44 (\pm 0.05)
25 mM NaCl	9.08 \pm 0.48	20.91 \pm 3.19	8.74 (\pm 1.86)	3.75 (\pm 0.51)	-0.42 (\pm 0.04)
40 mM NaCl	9.13 \pm 0.56	19.90 \pm 2.00	8.66 (\pm 1.61)	2.33 (\pm 0.96)	-0.42 (\pm 0.04)
Adição de Si	$p = 0.485^{ns}$	$p = 0.141^{ns}$	$p = 0.0001^{***}$	$p = 0.037^*$	$p = 0.346^{ns}$
Sem	8.84 \pm 0.29	18.28 \pm 2.11	7.61 (\pm 1.29)	2.94 (\pm 0.74)	-0.44 (\pm 0.04)
Com	9.25 \pm 0.41	22.85 \pm 1.11	12.83 (\pm 0.77)	4.84 (\pm 0.64)	-0.41 (\pm 0.02)
Salinidade:Si	$p = 0.444^{ns}$	$p = 0.823^{ns}$	$p = 0.034^*$	$p = 0.623^{ns}$	$p = 0.459^{ns}$

Média \pm erro padrão; p-value: ^{ns}= não significativo; *, ** e ***= significativos aos níveis de 5, 1 e <1 % pelo teste F;

Na figura 1 é possível observar a interação entre salinidade e adição de silício, sobre o diâmetro do caule (Figura 1A) e a altura da planta (figura 1B), embora as médias não tenham diferido estatisticamente. Os valores médios apresentados nas figuras foram calculados a partir das combinações entre os tratamentos para demonstrar o efeito da aplicação do silício sobre o estresse salino. A aplicação de silício promoveu o aumento do diâmetro do caule, no nível mais alto de salinidade. A ausência de silício no tomateiro irrigado com solução salina de 40 mM NaCl (4 dS m⁻³), resultou no menor diâmetro do caule. Esse efeito do silício também foi relatado por NUNEZ et al., (2018). De acordo com esses autores as plantas de tomateiro com silício apresentaram resultados semelhante ao controle, mesmo submetidas a altas concentrações de sais, o que pode ser indicativo do efeito do silício no aumento da

tolerância das plantas à salinidade. Tal efeito possivelmente está relacionado com o mecanismo de biosilificação na parede celular, ainda pouco conhecido. No entanto, é sabido que a associação do silício com componentes da parede celular, como celulose e hemicelulose é importante em virtude do aumento de filamentos de celulose, o que favorece a desintoxicação de elementos tóxicos por meio da diminuição do influxo dos mesmos (HE et al., 2015; MA et al., 2015).

No que se refere à altura das plantas (Figura 1B), àquelas tratadas com silício apresentaram altura média de 20 a 23,3 cm quando irrigadas com 0 e 40 mM de NaCl (0 e 4 dS m⁻³) respectivamente. As plantas irrigadas com 40 mM NaCl sem aplicação de silício apresentaram uma redução de 13 % comparada ao controle. Esses resultados concordam com os publicados por OLIVEIRA et al., (2018), que observaram efeitos da aplicação de silício em plantas de tomate sob estresse salino para parâmetros biométricos como altura.

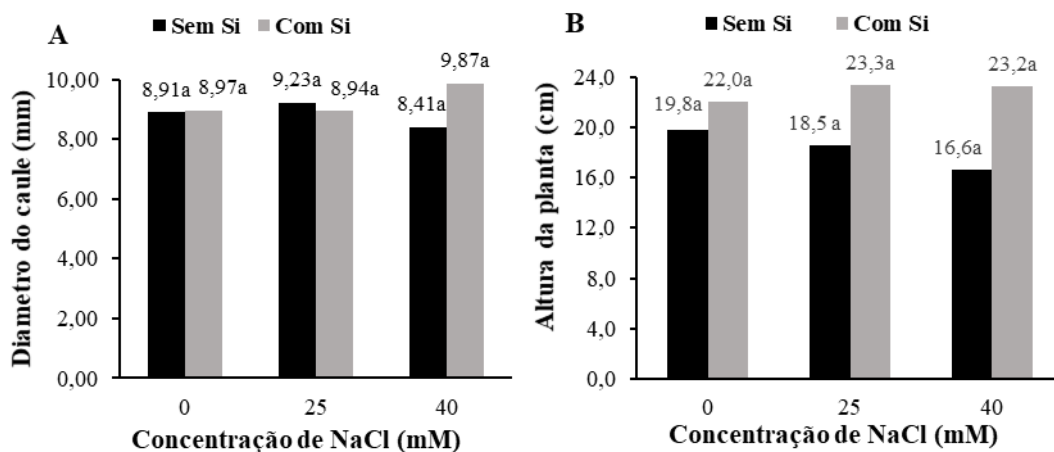


Figura 1. Diâmetro do caule (A) e Altura da planta (B) de tomateiro submetido às diferentes concentrações de NaCl e aplicação de nanopartículas de silício.

O uso de nanopartículas de silício repercutiu positivamente na atenuação do estresse, quanto ao número de flores (Figura 2A) de maneira que as plantas sem aplicação de silício tiveram uma redução de 84 % no número de flores em função do aumento da salinidade. Já as plantas com silício apresentaram uma redução de 38,7 % no número de flores nos níveis de 0 a 40 mM NaCl. O aumento dos níveis de salinidade reduz a energia captada pela fotossíntese, muito por conta das alterações nas membranas causadas pelo estresse, e por consequência promove o decréscimo da energia direcionada para o crescimento e manutenção do metabolismo. Além disso, as reservas energéticas da planta são mobilizadas para ativação dos mecanismos de tolerância à salinidade (MUNNS & GILLIHAM, 2015), o que explica a redução nas variáveis de crescimento e florescimento em solos salinos. Todavia, em condição

de estresse, o silício tende a promover uma melhor estabilização das membranas celulares, o que favorece a produção de energia. E também influencia diretamente a absorção de sódio porque o silício é depositado sobre a endoderme, inibindo a absorção e translocação de sódio, bem como melhorando a absorção de potássio, influenciando benéficamente o balanceamento de nutrientes de planta sob estresse salino (IMTIAZ et al., 2016; RIOS et al., 2017).

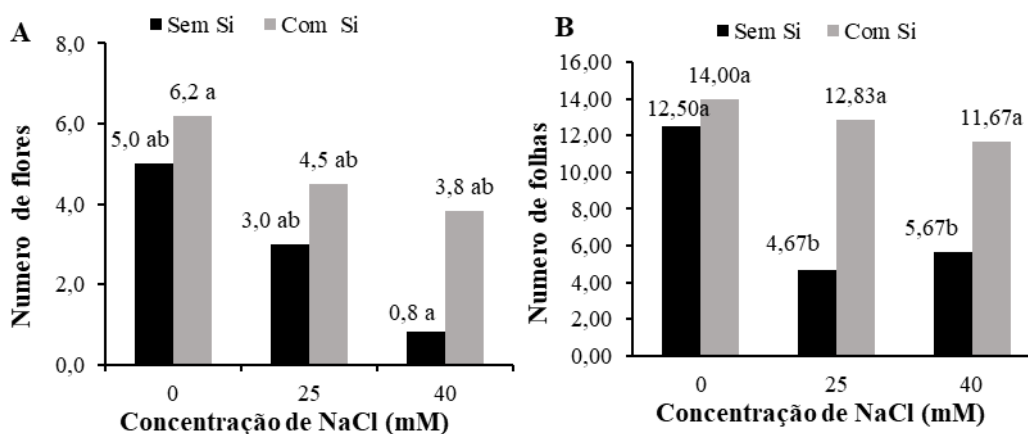


Figura 2. Número de flores (A) e número de folhas (B) de tomateiro submetido às diferentes concentrações de NaCl e aplicação de nanopartículas de silício.

O número de folhas foi a variável mais afetada pelo estresse salino e também a que apresentou melhor resposta ao tratamento com silício (Figura 2B). Em relação ao controle, as plantas com silício apresentaram uma redução de 16,6 % no NF em função do aumento da salinidade, redução essa inferior ao das plantas sem silício que foi de 54,6 %. Dados semelhantes foram obtidos por NUNES et al., (2018) onde se evidencia que as aplicações de silício foram capazes de diminuir os efeitos do estresse salino. Da mesma forma, Carvalho Junior et al. (2014), observaram que o aumento da concentração de silício nas soluções aplicadas, aumentou linearmente o número de folhas em plantas de *Ricinus communis*. A perda das folhas é uma resposta natural das plantas ao estresse salino, assim como ao estresse hídrico, uma vez que ambos estão associados. Sendo as folhas os órgãos responsáveis pela fotossíntese, o crescimento e o desenvolvimento é afetado negativamente, com consequente perdas de produtividade.

Conforme os valores de potencial hídrico na figura 3, a aplicação de nanopartículas de silício promoveu um aumento do potencial hídrico (-0.37 MPa) das plantas comparada as plantas sem silício (-0.47 MPa), sob a concentração de 40 mM de NaCl. O Ψ das plantas que foram tratadas com silício foi maior do que o das plantas controle (-0.45 MPa).

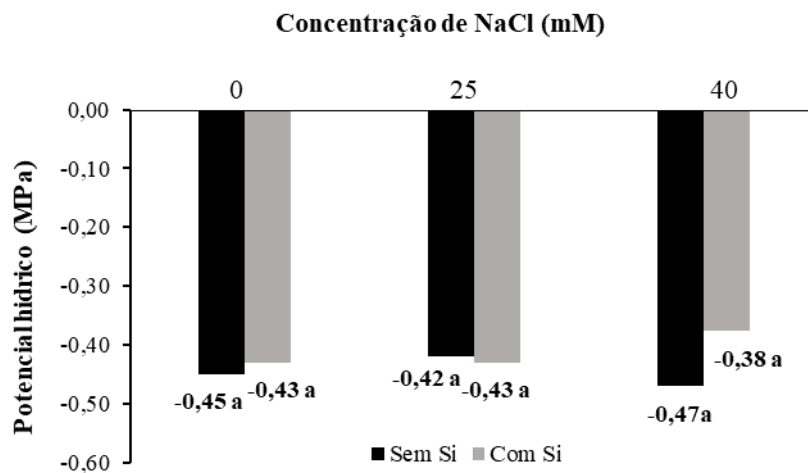


Figura 3. Potencial hídrico (MPa) da folha de tomateiro irrigados com diferentes níveis de salinidade e sem ou com aplicação de nanopartículas de silício.

Esses dados contribuem para a hipótese de que o silício exerce efeito atenuador em condições de estresse salino. Sendo que o silício promove a regulação de genes envolvido na defesa da planta em condição de estresse, como por exemplo regulação de genes de aquaporinas, que auxiliam no transporte de água pela planta (MANIVANNAN; AHN, 2017). LIU et al. (2015), verificaram que o silício ocasionou uma maior condutância hidráulica em plantas de sorgo submetido a salinidade. Nas plantas sob condições de estresse o potencial hídrico foliar diminui, havendo menos crescimento vegetativo e produção de biomassa (ORTIZ et al., 2012), o que foi evidenciado no presente trabalho. Da mesma maneira, TATAGIBA et al., (2014), encontraram que o potencial hídrico nas folhas e nas raízes apresentaram reduções significativas à medida que se aumentava a concentração de NaCl, porque durante o processo de ajuste osmótico ocorre o acúmulo de solutos orgânicos e inorgânicos que reduzem o potencial osmótico e a redução da condutividade hidráulica das membranas, possivelmente devido a uma diminuição no número ou abertura de canais de água (aquaporina) (PÉREZ et al., 2012).

CONCLUSÕES

A aplicação de nanopartículas de silício em plantas de tomateiro cultivadas sob estresse salino apresenta efeito positivo nas variáveis biométricas como altura, diâmetro do caule, número de folhas e número de flores. Além de promover maiores valores de potencial

hídrico em comparação as plantas sem silício, podendo assim admitir que este elemento atua de forma benéfica para o desenvolvimento da planta minimizando os efeitos do estresse.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CAPPELLESCO, D. H. et al. Uso de silício na soja: parâmetros produtivos e incidência de percevejos. **Agronomia**, p. 107–110, 2000.

CARVALHO JUNIOR, G. et al. Crescimento Do Pinhão - Manso Sob Diferentes Níveis de salinidade e silício. **Revista Caatinga, Mossoró**, v. 27, n. 4, p. 39–46, 2014.

DA SILVA, B. **Efeitos fisiológicos e bioquímicos do estresse salino em Ananas porteanus**. p.50. (tesis de posgrado).Universidad Federal Rural de pernambuco,Pernambuco, Brasil., 2009.

HARTER, F. SCHAUN; ALBUQUERQUE, A. CARLOS. Cálcio E Silício Na Produção E Qualidade De sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 33, n. 1, p. 54–60, 2011.

HE, C.; WANG, L.; MA, J. A hemicellulose-bound form of silicon with potential to improve the mechanical properties and regeneration of the cell wall of rice. **New Phytologist**, v. 206, n. 3, p. 1051–1062, 2015.

HOSSAIN, S. Present Scenario of Global Salt Affected Soils , its Management and Importance of Salinity Research. **Int. Res. J. Biol. Sci**, v. 1, n. 1, p. 1–3, 2019.

IMTIAZ, M. et al. Silicon occurrence, uptake, transport and mechanisms of heavy metals, minerals and salinity enhanced tolerance in plants with future prospects: A review. **Journal of Environmental Management**, v. 183, p. 521–529, 2016.

KOYRO, H. W.; EISA, S. S. Effect of salinity on composition, viability and germination of seeds of *Chenopodium quinoa* Willd. **Plant and Soil**, v. 302, p. 79–90, 2008.

LE, V. N. et al. Uptake, transport, distribution and Bio-effects of SiO₂ nanoparticles in Bt-transgenic cotton. **Journal of Nanobiotechnology**, v. 12, n. 1, p. 1–15, 2014.

MA, J. et al. A hemicellulose-bound form of silicon inhibits cadmium ion uptake in rice (*Oryza sativa*) cells. **New Phytologist**, v. 206, n. 3, p. 1063–1074, 2015.

MA; MIYAKE, Y.; TAKAHASHI, E. Silicon as a beneficial element for crop plants. **Studies in Plant Science**, v. 8, n. 1, p. 17–39, 2001.

MANIVANNAN, A.; AHN, Y. K. Silicon regulates potential genes involved in major physiological processes in plants to combat stress. **Frontiers in Plant Science**, v. 8, n. August, p. 1–13, 2017.

MAUAD, M. **Desenvolvimento e marcha de absorção de silício em plantas de arroz sob condição de déficit hídrico e adubação silicatada**. p. 123. (Tesis doctoral).Universidad Estadual Paulista, Botucatu,Brasil., 2006.

MENESY, F. et al. Response of Pimpinella anisum L Plant For Graphite and Silica Nanoparticles. **Journal of Sustainable Agricultural Sciences**, v. 44, n. 1, p. 1–12, 2018.

NARVÁEZ, H. M.; COMBATT, E. C.; BUSTAMANTE, I. B. Distribución Espacial De La Salinidad En Suelos Del Área De Influencia De La Desembocadura Del Río Sinú (Córdoba, Colombia) Spatial Distribution of the Soil Salinity in the Area of Influence of the Sinú River Mouth (Cordoba-Colombia). **Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica**, v. 17, n. 2, p. 433–443, 2014.

NUNES, A. et al. Efeito da adubação silicatada no cultivo de tomateiro sob estresse hídrico. **Irriga, botucatu**, v. 1, n. 2, p. 29–33, 2018.

OLIVEIRA, A. et al. Efeito da adubação silicatada no cultivo de tomateiro sob estresse salino. **Agropecuaria científica no semiárido**, v. 14, n. 2, p. 141–148, 2018.

ORTIZ, W. C. Q. et al. Uso de agua , potencial hídrico y rendimiento de chile habanero (capsicum chinense jacq .) water use , water potential and yield of habanero pepper (capsicum chinense jacq .). **Revista Fitotecnia Mexicana**, v. 35, n. 2, p. 155–160, 2012.

PAES, J. et al. Avaliação do silício como atenuador dos efeitos da salinidade na nutrição mineral de clones de anacardium occidental. **Engenharia Ambiental**, v. 7, n. 3, p. 144–156, 2010.

PÉREZ, C.; PIZA, P. A.; SALAMANCA, Á. P. Respuesta fisiológica del cultivo de remolacha (Beta vulgaris L.) bajo condiciones de un sustrato salino en Madrid, Cundinamarca. **Inventum**, v. 7, n. 12, p. 7–12, 2012.

PLAZEK, A. et al. Investigation of the salt tolerance of new Polish bread and durum wheat cultivars. **Acta Physiol Plant**, v. 35, n. 8, p. 2513–2523, 2013.

R CORE TEAM (2019). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.

RIOS, J. J. et al. Silicon-mediated improvement in plant salinity tolerance: The role of aquaporins. **Frontiers in Plant Science**, v. 8, n. 1, p. 1–10, 2017.

SERRANO, R. Salt tolerance in plants and microorganisms: toxicity targets and defense responses. **International review of cytology**, v. 165, p. 1–52, 1996.

TATAGIBA, S. D. et al. limitações fotossintéticas em folhas de plantas de tomateiro submetidas a crescentes concentrações salinas. **Revista Engenharia Na Agricultura - Reveng**, v. 22, n. 2, p. 138–149, 2014.

ZÖRB, C.; GEILFUS, C. M.; DIETZ, K. J. Salinity and crop yield. **Plant Biology**, v. 21, n. 1, p. 31–38, 2019.