

EFEITO DO SILÍCIO NOS PARÂMETROS DE CRESCIMENTO DE *Oryza sativa* L. (ARROZ IRRIGADO).

Jéssica Cassol¹, Juçara T. Paranhos², Sylvio H. B. Dornelles³, Daniela Sponchiado⁴, Afonso B. Brum⁵, Lucas M. Jorge⁶, Douglas L. Righi⁷.

Palavras-chave: Silício, crescimento, cultivar Puitá INTA CL.

INTRODUÇÃO

O arroz é uma espécie anual da família Poaceae (Gramineae), classificada no grupo de plantas com sistema fotossintético C₃, e adaptada ao ambiente aquático devido à presença de aerênquima no colmo e nas raízes da planta, que possibilita a passagem de oxigênio do ar para a rizosfera.

A utilização de elementos químicos considerados benéficos às culturas tem se tornado comum entre os agricultores. O silício é o segundo elemento mineral mais abundante da crosta terrestre com 27% em massa, superado apenas pelo oxigênio. Embora o silício não seja considerado nutriente essencial para o crescimento das plantas, tem apresentado efeito benéfico na cultura do arroz (MA, 2004).

O Japão é um dos países pioneiros no uso de silício na cultura do arroz, acarretando em altas produtividades para a cultura. No Brasil, o uso foi regulamentado pelo Decreto nº 4954 de 2004 que o considera como nutriente para o crescimento e produção de vegetais, utilização da fertilização com silício aumenta o crescimento e o desenvolvimento das plantas, sendo uma alternativa para aumentar a resistência das plantas às doenças e uma forma sustentável, pois contribui para a conservação dos solos e para a preservação da saúde humana através do menor uso de fungicidas, como demonstram os resultados das pesquisas realizadas por KIM & LEE (1982); DATNOFF et al. (1990, 1992); LIN et al. (1990); MENZIES et al. (1991); OSUNA-CANIZALES et al. (1991).

As plantas absorvem o Si na forma de ácido monossilícico, H₄SiO₄ (Takahashi, 1996), sendo 99% acumulado na forma de ácido silícico polimerizado e o restante, 1%, encontra-se na forma coloidal ou iônica (Yoshida, 1975). Conforme Taiz & Zeiger (2013), o Si pertence ao grupo dos macronutrientes e sua acumulação ocorre nos tecidos foliares e caulinares, promovendo benefícios às plantas, principalmente nos processos que envolvem o armazenamento de energia e integridade estrutural. No arroz, o silício é acumulado, principalmente, nas células da epiderme e nas paredes celulares. Na epiderme foliar, o silício combina-se com a celulose, podendo estar presente nas células-guarda dos estômatos, nos tricomas, nas células papilosas e nas células buliformes (SILVA, 2007). A acumulação de sílica nos órgãos de transpiração provoca a formação de uma camada dupla de sílica cuticular, a qual, pela redução da transpiração, faz com que a exigência de água pelas plantas seja menor. Segundo os autores, esta proteção mecânica do Si nas plantas é atribuído, principalmente, ao seu depósito na forma de sílica amorfa (SiO₂.nH₂O) na parede celular, evitando a perda excessiva de água e diminuindo a taxa de transpiração. Além disso, a deposição de silício na parede das células torna a planta mais resistente à ação de fungos e insetos.

O objetivo do trabalho foi investigar a ação de diferentes doses de silício 0,0; 2,0; 4,0 e 6,0 mg L⁻¹ nos parâmetros do crescimento vegetativo na cultura de *Oryza sativa* L. (arroz irrigado) em condições *in vitro* e *ex vitro*.

¹ Mestranda do Programa de Pós Graduação em Agrobiologia-UFSM

² Prof.º do Programa de pós Graduação em Agrobiologia-UFSM

³ Prof. do Programa de pós Graduação em Agrobiologia-UFSM

⁴ Mestranda do Programa de pós Graduação em Agrobiologia-UFSM

⁵ Mestrando do Programa de pós Graduação em Agrobiologia-UFSM

⁶ Acadêmico do curso de Agronomia - UFSM

⁷ Acadêmico do curso de Agronomia - UFSM

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado no Laboratório de Cultura de Tecidos Vegetais, na Universidade Federal de Santa Maria, localizada no município de Santa Maria-RS. O experimento foi desenvolvido com a cultura do arroz (*Oryza sativa* L.), utilizando a cultivar Puitá INTA CL, em ensaio *in vitro* e *ex vitro*. Foram realizados quatro tratamentos em triplicata, sendo que para cada tratamento foram utilizadas 150 sementes com doses respectivas de silício (metasilicato de sódio): 2,0; 4,0 e 6,0 mg L⁻¹, dissolvidos no meio nutritivo e meio sem silício (testemunha). Para a germinação das sementes, utilizou-se tubos de ensaio com 15 mL de meio MS (Murashige & Skoog, 1962) com 50% dos sais minerais, livre de substâncias orgânicas e 20 g L⁻¹ de sacarose. O meio foi semi-solidificado com 6,0 g L⁻¹ de ágar, sendo o pH ajustado para 5,8 ± 0,1 com NaOH e/ou HCl 0,1 N e autoclavados por 20 min (120°C e 1,0 atm). Os diásporos de arroz (cariopse: fruto concrescido com a semente) foram previamente desinfestados em câmara de fluxo laminar, utilizando etanol 70% por um minuto; solução de hipoclorito de sódio 2,5%, com três gotas de detergente Tween por 100 mL de solução, durante 15 minutos em constante agitação e três enxágues em água destilada e autoclavada. As culturas foram mantidas em câmara de crescimento com temperatura de 25°C e fotoperíodo de 16 horas. Foi realizada a primeira avaliação dos parâmetros de crescimento vegetativo das plantas (número de folhas verdes, número de folhas com clorose e, com o auxílio de uma régua milimétrica, foi mensurada a altura de planta e o diâmetro do colmo), 15 dias após a inoculação (d.a.i.).

Aos 23 d.a.i., iniciou-se a aclimatização das plantas através de perfurações no fechamento dos tubos (filme magipack). Aos 40 d.a.i., as plantas que não contaminaram foram transferidas para frascos de polietileno contendo 400 mL de vermiculita. Após, as mesmas foram regadas com solução nutritiva com 100% dos sais minerais do meio MS. Foi transferida uma plântula por frasco, sendo que os mesmos foram mantidos totalmente cobertos por outro frasco transparente. Cinco dias após a transferência das plantas, realizou-se a segunda avaliação dos parâmetros de crescimento vegetativo das plantas e iniciada a aclimatização destas através de perfurações nos frascos. O processo de aclimatização durou 20 dias e ao término desse período de adaptação das plantas, foi realizada uma terceira avaliação dos parâmetros de crescimento vegetativo das plantas, posteriormente foi adicionada uma lâmina de solução nutritiva, de 5,0 cm acima do substrato, na qual foram acrescidas as doses de silício (metasilicato de sódio): 0,0; 2,0; 4,0 e 6,0 mg L⁻¹, mantendo-se a origem dos tratamentos. A lâmina permaneceu até o final do experimento, com manutenção sempre que necessária.

O experimento totalizou três meses, e ao término desse período realizou-se a quarta e última avaliação dos parâmetros de crescimento vegetativo das plantas. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, sendo as médias dos dados comparadas pelo teste de Tuckey a 5% de probabilidade, utilizando o programa estatístico SASM-AGRI.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados observados da ação do silício sobre o número de folhas verdes nas quatro avaliações constam na Tabela 1, onde se observa que na primeira avaliação, 15 d.a.i. das sementes, foram obtidos valores de 2,2; 2,4; 2,4 e 3,2 folhas por plântula cultivada em meio de cultura contendo 0,0; 2,0; 4,0 e 6,0 mg L⁻¹ de silício, respectivamente, onde o valor verificado na concentração de 6,0 mg L⁻¹ diferiu da testemunha (sem silício), mas não nas demais. Na segunda avaliação (45 d.a.i.), cinco dias após a transferência (d.a.t.) das plantas cultivadas *in vitro* para vermiculita com solução nutritiva, houve diminuição no número de folhas por plântula, sendo que os resultados para os tratamentos foram 1,6, 1,4, 1,8 e 3,2 respectivamente, onde o valor na maior dose de silício diferiu dos demais tratamentos. Na terceira avaliação, realizada aos 65 d.a.i., antes da entrada da lâmina de solução nutritiva (20 d.a.t.) e quarta avaliação aos 90 d.a.i (45 d.a.t.), os valores foram 4,0 e 3,4 folhas por planta para a maior dose de silício, e 1,2 e 0,0 para a

testemunha (sem silício na solução), diferindo estatisticamente. Verifica-se que em todas as concentrações de silício utilizadas, na última avaliação houve um decréscimo no número de folhas verdes. Por outro lado, o número de folhas com clorose aumentou no decorrer do ciclo da planta em todas as concentrações de silício (Tabela 1). Esta diminuição no número de folhas verdes e aumento de folhas cloróticas provavelmente ocorreu em função da aclimatização e transferência para novo substrato. No cultivo *in vitro*, a fase de aclimatização tem sido considerada um ponto crítico devido à baixa sobrevivência das plantas, principalmente, ao estresse que sofrem na passagem da condição *in vitro* para o *ex vitro*, principalmente no que se refere ao transporte de água e nutrientes. De acordo com Grattapaglia & Machado (1998), a maioria das espécies cultivadas *in vitro* requer um processo de aclimatização, o qual consiste de modificações morfológicas, anatômicas e fisiológicas necessárias às plantas para que possam sobreviver e crescer vigorosamente em um novo ambiente.

Tabela 1: Número de folhas verdes e folhas com clorose aos 15, 45, 65 e 90 dias após a inoculação dos diásporos (cariopse: fruto concrecido com a semente) de *Oryza sativa* L em meio nutritivo de Murashige & Skoog (1962), acrescido de concentrações de silício (metassilicato de sódio): 0,0; 2,0; 4,0 e 6,0 mg L⁻¹.

Doses de Silício (mg L ⁻¹)	FOLHAS VERDES				FOLHAS COM CLOROSE			
	Avaliações				Avaliações			
	1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a	1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a
0,0	2,2 ^b	1,6 ^b	1,2 ^{bc}	0,0 ^b	0	4 ^a	4,8 ^a	6,0 ^a
2,0	2,4 ^{ab}	1,4 ^b	1,0 ^c	0,0 ^b	0	4,2 ^a	5,4 ^a	6,4 ^a
4,0	2,4 ^{ab}	1,8 ^b	3,0 ^{ab}	1,4 ^b	0	3,6 ^a	3,8 ^a	3,4 ^b
6,0	3,2 ^a	3,2 ^a	4,0 ^a	3,4 ^a	0	2,0 ^b	2 ^b	2,2 ^b
C.V. (%)	21,85	35,35	41,81	66,75	0	17,74	24,04	17,8

*Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 2: Altura de planta e diâmetro do colmo 15, 45, 65 e 90 d.a.i dos diásporos (cariopse: fruto concrecido com a semente) de arroz, em meio nutritivo de Murashige & Skoog (1962), acrescido de concentrações de silício (metassilicato de sódio): 0,0; 2,0; 4,0 e 6,0 mg L⁻¹.

Doses de Silício (mg L ⁻¹)	ALTURA DE PLANTA (cm)				DIÂMETRO DO COLMO (cm)			
	Avaliações				Avaliações			
	1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a	1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a
0,0	14,4 ^{ab}	18,0 ^a	19,2 ^a	19,2 ^a	1,9 ^a	2 ^c	2,2 ^b	2,2 ^b
2,0	13,4 ^b	18,6 ^a	19,2 ^a	19,2 ^a	2,0 ^a	2 ^c	2,4 ^{ab}	2,4 ^{ab}
4,0	14,8 ^{ab}	19,4 ^a	21,2 ^a	21,2 ^a	2,0 ^a	2,8 ^b	2,4 ^{ab}	2,4 ^{ab}
6,0	16,4 ^a	20,4 ^a	24,2 ^a	24,8 ^a	2,0 ^a	3,2 ^a	3,2 ^a	3,2 ^a
C.V. (%)	7,42	8,91	14,67	14,56	5,66	12,42	20,56	20,56

*Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A Tabela 2 mostra altura de planta e diâmetro do colmo para cada dose de silício, obtidas nas quatro avaliações. Na primeira avaliação da altura de plantas, os valores foram 14,4, 13,4, 14,8 e 16,4 cm nas concentrações 0,0; 2,0; 4,0 e 6,0 mg L⁻¹ de silício, respectivamente, onde a maior dose de silício diferiu significativamente da testemunha (sem silício) mas não das demais. Na segunda avaliação, observou-se resultados de 18; 18,6; 19,4 e 20,4 cm, respectivamente, não diferindo entre si. Para terceira e quarta avaliações, os valores se mantiveram em 19,2, 19,2, 21,2 e 24,2 cm, respectivamente às doses de silício utilizadas e não diferiram significativamente entre si. Estes resultados evidenciam que a utilização de silício proporciona aumento significativo na altura da planta apenas no início do desenvolvimento vegetativo. Esse efeito foi verificado em cana

de açúcar (*Saccharum officinarum* L.), onde esta cultura respondeu bem à adubação silicatada, aumentando o comprimento, diâmetro dos colmos e número de perfis, promovendo uma maior produtividade (dados não publicados). Na cultura do arroz, Oliveira et al. (2016) não observaram efeitos significativos do tratamento das sementes com silício em diferentes concentrações no comprimento da parte aérea. Para o diâmetro do colmo nas quatro avaliações observa-se um aumento significativo na segunda avaliação para plantas cultivadas na maior dose de silício (6,0 mg L⁻¹). Este aumento no diâmetro do colmo pode proporcionar maior resistência ao acamamento, deixando a planta mais ereta, melhorando a absorção de luz e aumentando a taxa fotossintética. Esse efeito foi verificado por Plucknett (1971) em cana de açúcar onde o silício aumentou a altura e o diâmetro dos colmos da cana de açúcar.

CONCLUSÃO

Na concentração de 6,0 mg L⁻¹ há efeito benéfico no número e conservação das folhas verdes por maior tempo durante o início da fase vegetativa em plantas de arroz. O silício não tem efeito significativo na altura das plantas, entretanto exerce efeito positivo sobre o diâmetro do colmo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- DATNOFF, L.E.; SNYDER, G.H., DEREN, C.W. Influence of silicon fertilizer grades on blast and brown spot development and on rice yields. *Plant Disease*, St. Paul, v.76, p.1182-1184, 1992.
- GRATTAPAGLIA, D.; MACHADO, M.A. Micropropagação. In: TORRES, A.C.; CALDAS, L.S.; BUSO, J.A. *Cultura de tecidos e transformação genética de plantas*. Brasília: Embrapa-SPI/Embrapa-CNPQ, v.1, p.43-76, 1998.
- KIM, C.K, LEE, S. Reduction of the incidence of rice neck blast by integrated soil improvement practice. *Korean Journal of Plant Protection*, Suwon, v.21, p.1518, 1982.
- LIN, Y.S.; et al. Mechanism involved in the control of soilborne plant pathogens by S-H in vitro. In: HORMBY, D. (ed.). *Biological control of soilborne pathogens*. Wallingford: CAB International, 1990. p.249-259, 1990.
- MA, J.F. Role of silicon in enhancing the resistance of plants to biotic and abiotic stresses. *Soil Science Plant Nutrition*, v.50. n.1. p.11-18, 2004.
- MENZIES, J.G.; et al. Effects of soluble solution on the parasitic fitness of *Sphaerotheca fuliginea* on *Cucumis sativa*. *Phytopathology*, St. Paul, v.81, p.84-88, 1991.
- MURASHIGE, T.; SKOOG, F. A revised medium for rapid growth and bio assays with tobacco tissue cultures. *Physiologia Plantarum*, v.15, p. 473-497, 1962.
- OLIVEIRA, S. de; et al. Tratamento de sementes de arroz com silício e qualidade fisiológica das sementes. *Revista de Ciências Agrárias*, v.39, n.2, p.202-209, 2016.
- OSUNA-CANIZALES, et al. Nitrogen form and silicon nutrition effects on resistance to blast disease of rice. *Plant and Soil*, The Hague, v.135, p.223-231, 1991.
- SILVA, D.P. Meios de cultura e fontes de silício no desenvolvimento in vitro de gérbera. 2007. 84p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fisiologia Vegetal), Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2007.
- PLUCKNETT, D. L. The use of soluble silicates in Hawaiian agriculture. University of Queensland, Hawaii, v. 1, n. 6, p. 203-223, 1971. (Papers)
- TAIZ, L., ZEIGER, E. *Fisiologia Vegetal*. 3ª ed. Artmed Editora S.A., 2013. 719p.
- TAKAHASHI, E. Uptake mode and physiological functions of silica. In: MATSUDA, T.; KUMAZAWA, K.; ISHII, R. (Ed.) *Science of the rice plant: physiology*. Tokyo: Food and Agric. Policy Res. Center, v.2, p.420-433, 1240p, 1996.