

Adubação foliar silicatada na cultura da rúcula

Valeria Pohlmann^{1*}; Bruno Treichel dos Santos²; Alberto Eduardo Knies³; Fernanda Ludwig⁴

¹Graduanda em Bacharelado em Agronomia pela Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, Campus em Cachoeira do Sul.

²Graduando em Bacharelado em Agronomia pela Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, Campus em Cachoeira do Sul.

³Eng.Agrônomo. Doutor em Engenharia Agrícola (UFSM). Professor adjunto na Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, Campus em Cachoeira do Sul.

⁴Eng.Agrônoma. Doutora em Agronomia-Horticultura (UNESP). Professora adjunta na Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, Campus em Santa Cruz do Sul.

*valeriapohlmann@hotmail.com

Resumo: A rúcula possui informações insuficientes quanto ao seu manejo nutricional. Substâncias aplicadas podem se acumular na parte a ser consumida. Deste modo, alternativas para uma produção agrícola mais sustentável são necessárias. O silício (Si) vem sendo estudado pelos seus benefícios às plantas, como resistência a estresse bióticos, abióticos e em suas características estruturais. Assim sendo, o objetivou foi avaliar o efeito da adubação silicatada sobre a produção e na qualidade visual da rúcula. O experimento foi conduzido em casa de vegetação, com delineamento experimental de blocos inteiramente casualizados com quatro repetições. Foi utilizado seis doses de Si (0,00; 0,03; 0,07; 0,10; 0,13; 0,17g Si planta⁻¹). Os vasos com capacidade de 2 L foram preenchidos com Argissolo Vermelho distrófico, mantidos com irrigação automática. No final do ciclo, as plantas foram avaliadas quanto ao comprimento da parte aérea e raízes, o número de folhas, o número de plantas, a fitomassa fresca e seca da parte aérea e raízes e o estado de infecção por patógenos e danos mecânicos causados por insetos nas folhas. As doses aplicadas causaram fitotoxicidade nas plantas, o Si amenizou esse estresse abiótico, pois quanto maior a dose, maior o número de plantas sobreviventes. As doses de silício afetaram a altura das plantas, o comprimento de raízes, o número de plantas, a fitomassa seca da parte aérea e a fitomassa fresca e seca das raízes. As doses não causaram resistência contra doenças e herbívoros. Novos estudos com diferentes doses e números de aplicações são necessários.

Palavras chave: Sustentabilidade; hortaliças; estresse abiótico; apreciatta folha larga.

Silica leaf fertilization in rocket culture

Abstract: Rocket has insufficient information about its nutritional management. Applied substances may accumulate in the part to be consumed. In this way, alternatives to more sustainable agricultural production are needed. Silicon (Si) has been studied for its benefits to plants, such as biotic, abiotic stress resistance and its structural characteristics. Therefore, the objective was to evaluate the effect of silicate fertilization on the production and visual quality of arugula. The experiment was conducted in a greenhouse, with a completely randomized block design with four replicates. Six doses of Si (0.00, 0.03, 0.07, 0.10, 0.13, 0.17g Si plant⁻¹) were used. The vessels with 2 L capacity were filled with dystrophic Red Argisol, maintained with automatic irrigation. At the end of the cycle, the plants were evaluated for shoot length and roots, root length, number of plants, fresh and dry phytomass of shoot and roots and the state of infection by pathogens and mechanical damage caused by insects on the leaves. The applied doses caused phytotoxicity in the plants, the Si reduced the abiotic stress, because the higher the dose, the greater the number of surviving plants. The silicon doses affected plant height, leaf number, number of plants, shoot dry matter and fresh and dry root biomass. The doses did not cause resistance against diseases and herbivores. New studies with different doses and numbers of applications are needed.

Key words: Sustainability. Vegetables. Abiotic stress. Apreciatta Broad Leaf.

Introdução

A área ocupada com hortaliças no Brasil é estimada em 800 mil hectares, com produção de aproximadamente 16 milhões de toneladas, gerando em torno de 2,4 milhões de empregos diretos (AGRIANUAL *et al.*, 2004). A rúcula (*Eruca sativa* L.) está entre as hortaliças mais

comercializadas no Brasil, ocupando a 24º posição do ranking, e está no quinto lugar entre as folhosas, após a alface, a cebolinha, a couve e o repolho (EMBRAPA/SEBRAE, 2010).

A rúcula é uma planta herbácea da família Brassicaceae, nativa do mediterrâneo e introduzida no Brasil pelos imigrantes italianos (OLIVEIRA *et al.*, 2010). Trata-se de uma hortaliça folhosa com sabor picante, nutritiva, contendo minerais como potássio, enxofre e ferro, além de vitaminas A e C (PORTO *et al.*, 2013). Auxilia no controle de escorbuto, anemia, estimula o apetite, possui efeito anti-inflamatório e é desintoxicante para o organismo humano (SEDIYAMA *et al.*, 2007). Além disso, o consumo de vegetais crucíferos está associado com a redução do risco de ocorrência de vários tipos de câncer (AZARENKO, JORDAN, WILSON, 2014).

Apesar de sua grande importância, possui produtividade muito variável em função do manejo adotado e do clima (COSTA *et al.*, 2011). É uma hortaliça de ciclo rápido, inferior a 40 dias, o que ocasionou o aumento na sua produção nacional, incentivado pela crescente demanda dos consumidores (SEDIYAMA *et al.*, 2007). Apesar do crescimento na quantidade comercializada de rúcula e a sua cotação superior a da alface, existem poucos estudos referentes à fitotecnia envolvendo o manejo da sua nutrição mineral (PURQUEIRO, 2005).

A adubação silicatada é utilizada pelos benefícios que pode proporcionar às plantas. Mesmo o silício (Si) não sendo considerado um elemento essencial para a maioria destas, algumas acumulam-no em suas paredes celulares. De acordo com Ma *et al.* (2001), as plantas acumuladoras possuem teor foliar de Si de no mínimo 1%, e as não acumuladoras, teor inferior a 0,5% e geralmente as espécies monocotiledôneas acumulam mais do que as dicotiledôneas.

Ao se depositar abaixo da cutícula das folhas, forma uma dupla camada de Si-cutícula, contribuindo na resistência a estresses bióticos e abióticos e na conformação estrutural das plantas (LIMA FILHO, 2005; ENEJI *et al.*, 2008; HUNT *et al.*, 2008; CUNHA e NASCIMENTO, 2009; SHEN *et al.*, 2010; TAIZ e ZEIGER, 2013; TEODORO *et al.*, 2015). Seus benefícios na produção agrícola já foram comprovados em diversas hortícolas, como em rabanete (LELÉS *et al.*, 2008), alface americana (REZENDE *et al.*, 2007), tomate (MARODIN *et al.* 2011), batata (SORATTO *et al.*, 2012) e melão (FERREIRA, 2009).

Considerando os benefícios do Si em promover resistência às plantas e potencializar sua produtividade, o objetivou do estudo foi avaliar o efeito da adubação silicatada sobre a produção e na qualidade visual da rúcula.

Material e Métodos

A pesquisa foi conduzida em casa de vegetação em Cachoeira do Sul/RS, no período de dezembro de 2017 a janeiro de 2018. Foi utilizada a cultivar de rúcula Apreciatta Folha Larga, da Feltrin. Em cada parcela foi semeado aleatoriamente, realizando o desbaste aos 8 dias após a semeadura (DAS), deixando três plantas por vaso. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos inteiramente casualizados com quatro repetições e três plantas por parcela. As parcelas foram conduzidas com aplicação foliar única aos 10 dias após a emergência (DAE) de seis doses de Si: 0,00; 0,03; 0,07; 0,10; 0,13; 0,17g Si planta⁻¹. Como fonte de Si, foi utilizado o produto Potency com 68,1% de Si, 6,0% de cálcio, 5,7% de fósforo, 5,2% de potássio, 4,4% de magnésio, 4,0% de ferro, 2,0% de molibdênio, 2,0% de zinco e 1,0% de cobalto. As concentrações dos demais nutrientes presentes no produto, aplicados nos tratamentos, foram corrigidas em cada parcela.

O substrato utilizado foi o Argissolo Vermelho distrófico, cujas características foram determinadas por análise química, apresentando 6,1mg kg⁻¹ de P, 42,0 mg l⁻¹ de K, 0,0 cmol_c 1⁻¹ de Al, 5,2cmol_c 1⁻¹ de Ca, 2,8cmol_c 1⁻¹ de Mg, 1,9cmol_c 1⁻¹ de H+Al, 9,9cmol_c l⁻¹ de CTC, pH7, 8,1cmol_c 1⁻¹ de CTC efetiva, 2,3% de matéria orgânica, 28,0% de argila, 6,3 de pH e 6,7 de SMP e corrigidas seguindo a recomendação do Manual de Adubação e Calagem (CQFS RS/SC, 2016). O solo foi retirado na camada 0-25cm, seco ao ar, peneirado em malha de 5cm e colocado em vasos do tipo garrafa pet com 2 L de capacidade, revestidos com tinta preta, o qual constituiu a parcela. A irrigação foi automática, comandada por arduino com sensores de umidade do solo, cuja tensão de comando foi definida a partir da curva de tensão da água no solo, utilizada por Knies e Carlesso (2010).

Aos 42 DAS todas as plantas sobreviventes de cada parcela foram avaliadas quanto ao comprimento da parte aérea da planta (utilizando a comprimento da maior folha), comprimento das raízes, o número de folhas, o número de plantas, a fitomassa fresca e seca da parte aérea e raízes. As fitomassas secas foram determinadas em estufa de secagem até atingirem peso constante. Também foi avaliado com o uso de escalas (Tabela 1), o estado de infecção por patógenos e danos mecânicos causados por insetos nas folhas (CAVASINI, 2017).

Tabela 1 – Escala de notas para avaliação de severidade de doenças e ataque de insetos nas plantas.

Nota	Características das manchas	Características dos danos mecânicos
6	Ausência de manchas	Ausência de danos
5	Manchas pequenas isoladas	Danos pequenos isolados
4	1/4 da área manchada	1/4 da área com danos

3	1/2 da área manchada	1/2 da área com danos
2	3/4 da área manchada	3/4 da área com danos
1	Área toda manchada	Área toda com danos

Fonte: Adaptado de Cavasini (2017).

Foi determinada a correlação linear de Pearson utilizando o programa Excel versão 2007. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANAVA). Os efeitos das doses foram submetidos a análise de regressão testando os modelos lineares e quadráticos, adotando a equação de regressão que melhor se ajustaram aos dados, escolhida com base na significância a 1% (**) e 5% (*) de probabilidade pelo teste F e no maior valor do coeficiente de determinação (R^2), utilizando o programa estatístico Sisvar (FERREIRA, 2011).

Resultados e Discussão

Houve diferença significativa na altura das plantas, no comprimento de raízes, no número de plantas, na fitomassa seca da parte aérea e na fitomassa fresca e seca das raízes (Tabela 2). A aplicação foliar de Si ocorreu as 10 DAE, em dose única, e foi observado a fitotoxicidade nas plantas, pois as mesmas não absorveram totalmente o soluto, desidratando, ocasionando a morte de algumas plantas (Figura 1). O elevado CV (%) observado é resultado da fitotoxicidade pelo produto. Entretanto, houve correlação positiva de 0,90 entre as doses e o número de plantas, portanto, quanto maior a dose, maior o número de plantas sobreviventes, exceto para a dose de 0,03 g Si planta⁻¹.

O Si é agente atenuante da toxicidade causada por metais nas plantas, já comprovado para alumínio, manganês, arsênio, cádmio e zinco (BAYLIS *et al.*, 1994; HAMMOND *et al.*, 1995; NEUMAN e NIEDEN, 2001; IWASAKI *et al.*, 2002; GUO *et al.*, 2005; LIANG *et al.*, 2005; PINTO *et al.*, 2009). Possivelmente os outros nutrientes presentes no produto Potency tenham causado fitotoxicidade, pois todos estavam平衡ados nos tratamentos. Desse modo, o Si teria reduzido os efeitos desse estresse nutricional. Este comportamento refletiu na fitomassa seca da parte aérea e fitomassa fresca e seca das raízes, ambas apresentaram correlação positiva superior a 0,90 com o número de plantas.

Em estudo com rúcula, também com aplicação foliar, Guerrero *et al.* (2011) concluíram que as doses de Si não influenciaram os parâmetros analisados, entretanto, quando analisados tipos de solo, o solo com textura argilosa, semelhante a do presente estudo, apresentou diferença significativa para altura, fitomassa fresca e seca total das plantas. Portanto, o tipo de solo possui significativa influência nos resultados obtidos. Os solos naturalmente possuem Si

na sua composição, variando seus teores. Mauad *et al.* (2003) observaram que em Latossolo Vermelho distrófico na dose zero de aplicação de Si, possuía $5,9 \text{ mg dm}^{-3}$ do elemento. O Si é absorvido pelas raízes das plantas na forma de ácido monossilícico na forma passiva ou ativa. O transporte ocorre via xilema através do fluxo da transpiração ou por processo ativo, desencadeado pelo estímulo da proteção das células contra estresses bióticos ou abióticos. O Si é depositado principalmente nas folhas na forma de sílica amorfa (EPSTEIN, 1999; RAVEN, 2001; OLIVEIRA, 2009). Dessa maneira, as plantas naturalmente absorvem Si do solo, e quando o mesmo possui altos teores, a aplicação foliar pode não apresentar resultados.



Figura 1 – Efeito de fitotoxicidade em plantas de rúcula após aplicação da solução com Si.

Tabela 2 – Comprimento da parte aérea (CPA), comprimento das raízes (CR), número de folhas (NF), número de plantas (NP), fitomassa fresca da parte aérea (FFPA), fitomassa seca da parte aérea (FSPA), fitomassa fresca raízes (FFR) e fitomassa seca raízes (FSR) no final do ciclo das rúculas perante adubação silicatada.

Dose de Si g Si planta ⁻¹	Variável analisada							
	CPA cm	CR cm	NF nº	NP nº	FFPA g	FSPA g	FFR g	FSR g
0,00	6,63	5,93	17,75	1,00	2,68	0,28	1,20	0,70
0,03	4,25	3,20	2,00	0,75	0,30	0,05	0,13	0,43
0,07	12,75	12,45	6,43	1,50	3,33	0,43	1,70	1,45
0,10	11,35	10,35	6,68	3,00	3,08	0,50	2,75	2,08
0,13	12,03	11,03	6,75	3,00	10,30	0,55	2,88	2,10
0,17	11,50	10,40	6,15	3,00	2,80	0,58	3,38	2,33
Média	6,42	8,89	7,63	2,04	3,75	0,40	2,00	1,51
D	*	**	ns	**	ns	**	**	**
CV (%)	39,9	39,6	157,02	39,57	172,16	40,5	40,96	50,81

Teste F para doses (D). ns: não significativo ao nível de 5% de probabilidade. *, ** significativo a 5% e 1% de probabilidade.

CV = coeficiente de variação. D = doses.

A escala de notas para manchas e danos mecânicos causados por insetos apresentou correlação positiva de 0,83 para manchas e 0,90 para danos mecânicos, portanto, quanto maior a dose, menor os danos visíveis oriundos por esses estresses bióticos. Apesar disso, o Si não resultou em resistência contra patógenos e insetos (Tabela 3). Esses dados não

corroboram com outras pesquisas, pois o Si é demonstrado como redutor da incidência de doenças e insetos em várias culturas. A severidade e a incidência da antracnose foi reduzida com aplicação de Si em sorgo (SANTOS *et al.*, 2014) e feijão (MORAES *et al.*, 2006), respectivamente.

Em hortícolas, o Si atuou na redução da severidade das doenças em melancia (SANTOS *et al.*, 2010), em batata (SORATTO *et al.*, 2012), em tomate (ANJOS *et al.*, 2014) e em melão (FERREIRA, 2009). Seu efeito positivo contra insetos foi demonstrado em soja, cujo elemento diminuiu a incidência de percevejos (BUSSOLARO *et al.*, 2011) e em cacau, pois diminuiu a incidência e o nível de dano provocado por insetos considerados pragas (PINTO *et al.*, 2014). O mesmo resultado foi encontrado para hortícolas, como em batata (GOMES *et al.*, 2008; GOMES, MORAES, NERI, 2009) e em repolho (FREITAS *et al.*, 2012). Para a cultura da rúcula, o efeito do Si nesses parâmetros não está elucidado, requerendo mais pesquisas com diferentes doses e números de aplicações.

Tabela 3 – Escala de notas para manchas causadas por doenças e danos mecânicos causados por insetos na colheita das plantas de rúcula.

Dose de Si g Si planta ⁻¹	Variável analisada	
	Escala de Manchas	Escala de danos mecânicos
0,00	2,75	2,00
0,03	3,00	3,00
0,07	5,75	5,00
0,10	5,50	5,75
0,13	5,25	5,00
0,17	5,75	6,00
Média	4,67	4,46
D	ns	ns
CV (%)	42,26	46,92

Teste F para doses (D). ns: não significativo ao nível de 5% de probabilidade. *,** significativo a 5% e 1% de probabilidade.

CV= coeficiente de variação. D= doses.

Conclusão

As doses aplicadas via foliar de silício na cultivar de rúcula “Apreciatta Folha Larga”, conduzida em casa de vegetação afetaram a altura das plantas, o comprimento de raízes, o número de plantas, a fitomassa seca da parte aérea e a fitomassa fresca e seca das raízes. As doses de silício não influenciaram na qualidade visual da rúcula, não proporcionando resistência a doenças e a herbívoros.

Referências

AGRIANUAL. O Lugar especial da produção de hortaliças no agronegócio. 2004. Disponível em: <<http://www.abhorticultura.com.br/News/Default.asp?id=1020>>. Acesso em: 06 fev. 2018.

ANJOS, T.V.; TEBALDI, N.D.; MOTA, L.C.B.M.; COELHO, L. Fontes de silício no controle da mancha bacteriana (*Xanthomonas* spp.) do tomateiro. **Summa Phytopathol**, Botucatu, v.40, n.4, p.365-367, 2014.

AZARENKO, O.; JORDAN, M.A.; WILSON, L. Erucin, the major isothiocyanate in arugula (*Eruca sativa*), inhibits proliferation of MCF7 tumor cells by suppressinf microtubule dynamics. **Plos One**, Francisco, v.9,n.6, 2014.

BAYLIS, A.D.; GRAGOPOULOU, C.; DAVIDSON, K.J.; BICHARLL, J.D. Effect of silicon on the toxicity of aluminium in soybean. **Communications in Soil Science Plant Analysis**, London, v.25, n.5, p.537-546, 1994.

BUSSOLARO, I.; ZELIN, E.; SIMONETTI, A.P.M.M. Aplicação de silício no controle de percevejos e produtividade da soja. **Revista Cultivando o Saber**, Cascavel, v.4, n.3, p.9-19, 2011.

CAVASINI, R. **Caracterização topográfica da epiderme de hortaliças folhosas e mistura gasosa de ozônio na qualidade de alface**. Campinas-SP: Universidade Estadual de Campinas, 2017. p.133. Tese (Faculdade de Engenharia Agrícola), Universidade Estadual de Campinas, 2017.

COSTA, C.M.F.; SEABRA JÚNIOR, S.; ARRUDA, G.R.; SOUZA, S.B.S. Desempenho de cultivares de rúcula sob telas de sombreamento e campo aberto. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.32, n.1, p.93-102, 2011.

CQFS-RS/SC – Comissão de Química e Fertilidade do Solo – RS/SC. **Manual de calagem e adubação para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2016. 376p.

CUNHA, K.P.V.; NASCIMENTO, C.W.A. Silicon effectson metal tolerance and structural changes in Maize (*Zea mays* L.) grown on a cadmium and zincen riched soil. **Water Air Soil Pollut**, Ontario, v.197, p.323–330, 2009.

EMBRAPA/SEBRAE. **Catálogo Brasileiro de Hortaliças: saiba como plantar e aproveitar 50 das espécies mais comercializadas no País**. Brasília: EMBRAPA. 2010. 60p.

ENEJI, A.E.; INANAGA, S.; MURANAKA, S.L.I.J.; HATTORI, T.A.N.P.; TSUJI, W. Growth and nutrient use in four grasses under drought stress as mediated by silicon fertilizers. **Journal of Plant Nutrition**, London, v.31, p.355–365, 2008.

EPSTEIN, E. Silicon. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, Palo Alto, v.50, p. 641–664, 1999.

FERREIRA, D.F. Sisvar: a computer statistic analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.35, p.1039-1042, 2011.

FERREIRA, H.A. Silício no controle da mancha aquosa em meloeiro (*Cucumis melo* L.). Recife-PE: Universidade Rural de Pernambuco, 2009. p.82. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia), Universidade Rural de Pernambuco, 2009.

FREITAS, L.M.; JUNQUEIRA, A.M.R.; FILHO, M.M. Potencial de uso do silício no manejo integrado da traça – das – crucíferas, *Plutella xylostella*, em plantas de repolho. **Revista Caatinga**, Mossoró, v.25, n.1, p.8-13, 2012.

GOMES, F.B.; MORAES, J.C.; ASSIS, G.A. Silício e imidacloprid na colonização de plantas por *Myzus persicae* e no desenvolvimento vegetativo de batata inglesa. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.38, n.5, p.1209-1213, 2008.

GOMES, F.B.; MORAES, J.C.; NERI, D.K.P. Adubação com silício como fator de resistência a insetos-praga e promotor de produtividade em cultura de batata inglesa em sistema orgânico. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.33, n.1, p.18-23, 2009.

GUERRERO, A.C.; BORGES, L.S.; FERNANDES, D.M. Efeito da aplicação foliar de silício em rúcula cultivada em dois tipos de solos. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.27, n.4, p.591-596, 2011.

GUO, W.; HOU, Y.L. WANG, S.G.; ZHU, Y.G. Effect of silicate on the growth and arsenate uptake by rice (*Oriza sativa* L.) seedlings in solution culture. **Plant Soil**, Crawley, v.272, n.1, p.173-181, 2005.

HAMMOND, K.E.; EVANS, D.E.; HODSON, M.J. Aluminium/silicon interactions in barley (*Hordeum vulgare* L.) seedlings. **Plant Soil**, Crawley, v.173, n.1, p.89-95, 1995.

HUNT, J.W.; DEAN, A.P.; WEBSTER, R.E.; JOHNSON, G.N.; ENNOS, A.R. A novel mechanism by which silica defends grasses against herbivory. **Annals of Botany**, Oxford, v. 102, p.653-656, 2008.

IWASAKI, K.; MAIER, P.; FECHT, M.; HORST, W.J. Effects of silicon supply on apoplastic manganese concentrations in leaves and their relation to manganese tolerance in cowpea (*Vigna unguilata* (L.) Walp.). **Plant Soil**, Crawley, v.238, n.1, p.281-288, 2002.

KNIES, A.E.; CARLESSO, R. **Temperatura e umidade de um solo franco arenoso cultivado com milho.** Santa Maria-RS: Universidade Federal de Santa Maria, 2010. p.104. Dissertação (Mestrado em Ciência do solo), Universidade Federal de Santa Maria, 2010.

LÉLES, E.; FERNANDES, D.; BOAS, R.; GUERRINI, I.; CRUSCIOL, A. Adubação foliar com silício na cultura do rabanete. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS-FERTBIO, 2008.

LIANG, Y.C.; WONG, J.W. C.; WEI, L. Silicon-mediated enhancement of cadmium tolerance in maize (*Zea mays* L.) grown in cadmium contaminated soil. **Chemosphere**, Amsterdam, v.58, n.4, p.475-483, 2005.

LIMA FILHO, O.F. **O silício é um fortificante e antiestressante natural para as plantas.** Belo Horizonte: SiliFertil, 2005. Disponível em: <<http://silifertil.com.br/download-de-artistigos/silicio02.pdf>>. Acesso em: 07 fev. 2018.

MA, J.F.; MITAKE, Y.; TAKAHASHI, E. Silicon as a beneficial element for crop plant. In: Silicon in Agriculture. Elsevier Science, Amsterdam, p.17-39, 2001.

MARODIN, J. C. **Produtividade, qualidade físico-química e conservação pós-colheita de frutos de tomateiro em função de fontes e doses de silício.** Guarapuava-PR: Universidade Federal do Centro-Oeste. 2011. p.75. Dissertação, Universidade Federal do Centro-Oeste, 2011.

MAUAD, M., GRASSI FILHO, H., CRUSCIOL, C.A.C.; CORRÊA, J.C. Teores de silício no solo e na planta de arroz de terras altas com diferentes doses de adubação silicatada e nitrogenada. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v.27, p.867-873, 2003.

MORAES, S.R.G.; POZZA, E.A.; ALVES, E.; POZZA, A.A.A.; CARVALHO, J.G.; LIMA, P.H.; BOTELHO, A.O. Efeito de fontes de silício na incidência e na severidade da antracnose do feijoeiro. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v.31, n.1, p.69-75, 2006.

NEUMANN, D.; NIEDEN, U. Silicon and metal tolerance of higher plants. **Phytochemistry**, Halle, v.56, n.7, p.685-692, 2001.

OLIVEIRA, E.Q.; SOUZA, R.J.; CRUZ, M.C.M.; MARQUES, V.B.; FRANÇA, A.C. Produtividade de alface e rúcula, em sistema consorciado, sob adubação orgânica e mineral. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.28, n.1, p.36-40, 2010.

OLIVEIRA, L. A. **Silício em plantas de feijão e arroz: absorção, transporte, redistribuição ao cádmio.** Piracicaba – SP: Universidade de São Paulo. 2009. p.158. Tese (Doutorado em Ciências), Universidade de São Paulo, 2009.

PINTO, D.G.; AGUILAR, M.A.G.; SOUZA, C.A.S.; SILVA, D.M.; SIQUEIRA, P.R.; CAP, J.R. Fotossíntese, crescimento e incidência de insetos-praga em genótipos de cacau pulverizados com silício. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.30, n.3, p.715-724, 2014.

PINTO, S.I.C.; RAMOS, S.J.; ARAUJO, J.L.; FAQUIN, V.; NOVAIS, C.B.; SILVA, K.; NETO, A.E.F. Silício como amenizador da fitotoxicidade de zinco em plantas jovens de *Eucalyptus urophylla* cultivadas em solução nutritiva. **Revista Árvore**, Viçosa, v.33, n.6, p.1005-1014, 2009.

PORTO, R.A.; BONFIM-SILVA, E.M.; SOUZA, D.S.M.; CORDOVA, N.R.M.; POLIZEL, A.C.; SILVA, T.J.A. Adubação potássica em plantas de rúcula: produção e eficiência no uso da água. **Revista Agro@mbiente**, Monte Cristo, v.7, n.1, p.28-35, 2013.

PURQUEIRO, L.F.V. **Crescimento, produção e qualidade de rúcula (*Eruca sativa*) em função do nitrogênio e da densidade de plantio.** Botucatu-SP: Universidade Estadual Paulista. 2005. p.138. Tese (Doutorado em Agronomia), Universidade Estadual Paulista, 2005.

RAVEN, J.A. Silicon transport at the cell and tissue level. In: Datnoff LE, Snyder GH, Korndorfer GH, eds. **Silicon in agriculture.** Amsterdam, The Netherlands: Elsevier Science, p. 41–55, 2001.

RESENDE, G.M.; YURI, J.E.; SOUZA, R.J. Épocas de plantio e doses de silício no rendimento de alface tipo americana. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.25, p.455-459, 2007.

SANTOS, G.R.; CASTRO NETO, M.D.; CARVALHO, A.R.S.; FIDELIS, R.R.; AFFÉRRI, F.S. Fontes e doses de silício na severidade do crestarto gomoso e produtividade da melancia. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.26, n.2, p.266-272, 2010.

SANTOS, G.R.; RODRIGUES, A.C.; BONIFACIO, A.; JUNIOR, A.F.C.; TSCHOEKE, P.H. Severidade de antracnose em folhas de sorgo submetido a doses crescentes de silício. **Revista Ciência Agronômica**, Ceará, v.45, n.2, p.403-408, 2014.

SEDIYAMA, M. A. N.; RIBEIRO, J. M.; ALBANEZ, A. C. IN: PAULA JUNIOR, T. J.; VENZON, M. **Culturas: Manual de tecnologias agrícolas**. Belo Horizonte: EPAMIG, 2007. 53-62p.

SHEN, X.; ZHOU, Y.; DUAN, L. ENEJI, A. E.; LI, J. Silicon effects on photosynthesis and antioxidant parameters of soybean seedlings under drought and ultraviolet-B radiation. **Journal of Plant Physiology**, v.167, p.1248-1252, 2010.

SORATTO, R.P.; FERNANDES, A.N.; CRUSCIOL, C.A.C.; SOUZA-SCHLICK, G.D. Produtividade, qualidade de tubérculos e incidência de doenças em batata, influenciados pela aplicação foliar de silício. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.47, n.7, p.1000-1006, 2012.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed., Artmed, 2013. 918p.

TEODORO, P.E.; RIBEIRO, L.P.; OLIVEIRA, E.P.; CORRÊA, C.G.G.; TORRES, F.E. Acúmulo de massa seca na soja em resposta a aplicação foliar com silício sob condições de déficit hídrico. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.31, p.161-170, 2015.