

## Efeito da adubação silicatada em hortaliças não convencionais

### *Effect of silica fertilization on unconventional vegetables*

Luís Cláudio Pessoa Oliveira<sup>1</sup>, Douglas Correa de Souza<sup>1\*</sup>, Luis Felipe Lima e Silva<sup>2</sup>, Thiago Sampaio Guerra<sup>1</sup>, Luciane Vilela Resende<sup>1</sup>, Maria Ligia de Souza Silva<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, Brasil. Autor para correspondência: douglascorrea@gmail.com

<sup>2</sup>Universidade José do Rosário Vellano, Alfenas, MG, Brasil.

Submissão: 01/04/2019 | Aceite: 06/03/2020

#### RESUMO

Objetivou-se com esse trabalho verificar a capacidade de hortaliças não convencionais em acumular silício, bem como a resposta destas à adubação silicatada. O experimento foi conduzido em casa de vegetação em 2016. Foram avaliados duas doses de adubação silicatada (0 e 50 mg dm<sup>-3</sup> de Si), e nove espécies de hortaliças não convencionais (*Maranta arundinacea* L., *Rumex acetosa* L., *Amaranthus spinosus* L., *Amaranthus viridis* L., *Amaranthus retroflexus* L., *Amaranthus deflexus* L., *Amaranthus hybridus* L., *Stachys byzantina* K. Koch e *Sonchus oleraceus* L.), dispostos em delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 2 x 9, com quatro repetições. Foram determinadas a massas fresca e seca, assim como o teor de Si em todas as plantas. As espécies avaliadas possuem potencial para acumular silício mediante adubação com o elemento. A aplicação de 50 mg dm<sup>-3</sup> de Si proporcionou maior teor de Si nas espécies estudadas. A adubação com Si, de modo geral, não influencia na biomassa dessas plantas.

**PALAVRAS-CHAVE:** biofortificação, segurança alimentar, alimentos nutracêuticos.

#### ABSTRACT

The objective of this work was to verify the capacity of unconventional vegetables to accumulate silicon, as well as their response to silicate fertilization. The experiment was conducted in a greenhouse in 2016. Two doses of silicate fertilization (0 and 50 mg dm<sup>-3</sup> of Si) and nine species of unconventional vegetables (*Maranta arundinacea* L., *Rumex acetosa* L., *Amaranthus spinosus* L., *Amaranthus viridis* L., *Amaranthus retroflexus* L., *Amaranthus deflexus* L., *Amaranthus hybridus* L., *Stachys byzantina* K. Koch and *Sonchus oleraceus* L.) were evaluated, arranged in a completely randomized design in a 2 x 9 factorial scheme, with four replicates. The fresh and dry masses and the Si content were determined in all the plants. The unconventional vegetable species evaluated have the potential to accumulate silicon through element fertilization. The application of 50 mg dm<sup>-3</sup> of Si provided higher Si content in the studied species. Fertilization with Si does not generally influence plant biomass.

**KEYWORDS:** biofortification, food safety, nutraceutical food.

## INTRODUÇÃO

O silício (Si) é um elemento essencial para animais, e em humanos a ingestão possui ação preventiva contra doenças como Alzheimer, ósseas e cardiovasculares (GONZALEZ- MUÑOZ et al. 2008, JURKIC et al. 2013, RODELLA et al. 2014). O elemento também é indispensável na formação da derme, promovendo aumento da síntese de colágeno, elastina e glicosaminoglicanos, melhorando a sustentação e elasticidade cutânea.

Diante da importância desse elemento, pesquisas com biofortificação agrônômica de plantas têm sido amplamente realizadas nos últimos anos (SILVA et al. 2013, MIRANDA et al. 2018, LIMA et al. 2019) e, apesar de não ser considerado essencial às plantas, a aplicação deste elemento pode propiciar vantagens às culturas.

As modificações na fisiologia vegetal, que interfere na arquitetura das plantas, proporcionando folhas mais eretas, aumenta a interceptação da radiação solar e evita excessivo auto sombreamento, retarda a senescência, aumenta a rigidez tecidual, diminui a taxa de transpiração e proporciona maior eficiência

fotossintética, pois minimiza a perda de água (KORNDÖRFER et al. 1999, EPSTEIN & BLOOM 2006, SILVA et al. 2013). Além disso, o Si pode alterar a forma dos compostos que são depositados nos tecidos formando uma estrutura de silício, que reduz o uso de água e ataques de pragas e fitopatógenos, uma vez que interfere na penetração nos tecidos (REIS et al. 2007).

A biofortificação de hortaliças não convencionais pode ser uma alternativa promissora visando suprir a necessidade de populações em situação de insegurança alimentar (OLIVEIRA et al. 2019), visto que essas plantas, geralmente, apresentam teores superiores de minerais do que em plantas domesticadas, além disso, são ricas em fibras, compostos antioxidantes e proteínas (ODHAV et al. 2007, KINUPP & LORENZI 2014, SILVA et al. 2018b, SILVA et al. 2019). Essas espécies apresentam potencial econômico a ser explorado, no entanto, são limitadas as pesquisas e difusão de conhecimento (SOUZA et al. 2016, SILVA et al. 2018a, SOUZA et al. 2019).

Diante o exposto, pesquisas que incentivem a produção e consumo das hortaliças não convencionais na dieta humana são indispensáveis para a diversificação e enriquecimento nutricional da alimentação diária. Objetivou-se com este trabalho verificar a capacidade de espécies de hortaliças não convencionais em acumular Si, bem como os efeitos da adubação silicatada sobre a biomassa destas hortaliças.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação no ano de 2016, no município de Lavras, Sul de Minas Gerais (latitude 21°14'S, longitude 45°00'W e altitude de 918 metros). De acordo com a classificação de Köppen, o clima é do tipo Cwa, apresentando um período seco entre os meses de Abril a Setembro, e chuvosos de Outubro a Março. A região apresenta pluviosidade média de 1.034 mm anuais, umidade relativa média de 76% e temperatura média anual de 19,3 °C (ÁLVARES et al. 2013).

Foram avaliados duas doses de adubação silicatada (0 e 50 mg de Si solúvel  $\text{dm}^{-3}$ ) em nove espécies de hortaliças não convencionais, oriundos da coleção de Germoplasma da Universidade Federal de Lavras. As espécies estudadas foram araruta do tipo seta (*Maranta arundinacea* L.), azedinha (*Rumex acetosa* L.), peixinho (*Stachys byzantina* K. Koch), serralha (*Sonchus oleraceus* L.) e cinco espécies de caruru: caruru de espinho (*Amaranthus spinosus* L.), caruru de mancha (*A. viridis* L.), caruru gigante (*A. retroflexus* L.), caruru rasteiro (*A. deflexus* L.) e caruru roxo (*A. hybridus* L.).

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado (DIC) em esquema fatorial 2 x 9 (doses x espécies), sendo avaliado uma planta por vasos plásticos (3  $\text{dm}^{-3}$ ). O experimento apresentou quatro repetições, ou seja, quatro plantas por espécie em cada dose, sendo assim 72 tratamentos avaliados no total.

Para a produção de mudas, as espécies de propagação sexuada foram produzidas em bandejas de polietileno de 220 células em substrato comercial Rohrbacher®, em seguida transplantadas para os vasos quando atingiram em torno de 15 cm de comprimento. Para as espécies de propagação assexuada (azedinha, peixinho e araruta), foram transplantados diretamente nos vasos contendo substrato, sendo que os propágulos da azedinha e peixinho consistem de um rebento, enquanto o da araruta é caracterizado como um rizoma. Para o estudo, foram utilizados rebentos e rizomas vigorosos e saudáveis.

Sete dias antes do transplante utilizou-se o produto comercial AgroSilício®, com concentração de 98% de  $\text{SiO}_2$  e 6,5% de Si solúvel, sendo aplicadas de uma única vez, diretamente no substrato. O substrato utilizado consistiu de solo coletado na camada de 0 a 20 cm e apresentava as seguintes características: pH (em  $\text{H}_2\text{O}$ ) = 5,4; Al trocável = 0,10  $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ ;  $\text{Ca}^{2+}$  = 2,12  $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ ;  $\text{Mg}^{2+}$  = 0,74  $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ ; P- Mehlich = 2,91  $\text{mg dm}^{-3}$ ;  $\text{K}^+$  = 70  $\text{mg dm}^{-3}$ ; Matéria orgânica = 1,64  $\text{dag kg}^{-1}$ ; V = 47,67%; Soma de bases = 3,04  $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ ; T = 6,39  $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ .

Todo procedimento de correção da acidez e adubação do solo foi realizado mediante os resultados da análise química do solo de acordo com a recomendação proposta por MALAVOLTA (1981) para cultivo de plantas em vaso.

Semanalmente foi realizada a limpeza manual nos vasos para evitar competição com plantas invasoras. Não houve incidência de pragas e doenças, não sendo necessária realização de qualquer prática fitossanitária. A irrigação foi realizada com auxílio de um sistema de irrigação por gotejamento com vazão de 1,86  $\text{L hora}^{-1}$ , até o completo umedecimento do solo contido no vaso, de modo que não ocorresse vazamento de água pelos orifícios dos vasos, sendo determinado o tempo médio de 15 minutos diários, aplicado de forma parcelada entre o turno da manhã e da tarde.

As plantas de propagação sexuada foram colhidas logo que atingiram o estágio reprodutivo, período de maior demanda e acúmulo de minerais, enquanto as plantas de propagação assexuada foram colhidas quando se deu o início da senescência das folhas iniciais (período de maior demanda e acúmulo de

minerais). Logo após a colheita, a parte aérea das plantas foram pesadas em balança de precisão para aferimento da massa fresca. Em sequência, as partes comestíveis das plantas, com exceção da araruta que não produziu rizomas (parte comestível) nos vasos, porém, avaliou-se as folhas, foram lavadas individualmente em água corrente e enxaguadas com água destilada, foram colocadas individualmente em sacos de papel devidamente identificados. O material foi transferido para estufa de circulação forçada de ar, à temperatura de 65 °C, onde permaneceram até que às plantas mantivessem peso constante. Após a secagem foi determinada a massa seca de cada planta com auxílio de uma balança de precisão.

Para a determinação da concentração de silício, a parte aérea das plantas desidratadas, foram moídas individualmente em moinho tipo Willey. Os teores de Si das plantas foram determinados através da técnica de colorimetria, metodologia descrita por ELLIOTT & SNYDER (1991).

Os dados foram analisados com observações de médias e desvio padrão, e as avaliações submetidas à análise de variância. As variáveis que revelaram significância pelo teste F ( $p < 0,05$ ) tiveram as médias agrupadas pelo teste de SCOTT & KNOTT (1974). Os testes estatísticos foram realizados por meio do software R (R CORE TEAM 2016).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com os resultados da análise de variância, foi observado que houve diferença significativa ( $p \leq 0,05$ ) na interação entre os fatores espécies e doses de Si para todas as variáveis estudadas (teor de silício, massa fresca e massa seca).

No desdobramento entre os fatores houve a formação de grupos de acordo com as médias obtidas para a variável resposta teor de Si, assim como os efeitos das doses de Si sobre essa variável em cada espécie (Tabela 1).

Tabela 1. Teor de Si ( $\text{g kg}^{-1}$ ) em nove espécies de hortaliças não convencionais submetidas a duas doses de adubação silicatada.

Table 1. Si content ( $\text{g kg}^{-1}$ ) in nine unconventional vegetables species submitted to two doses of silicate fertilization.

Espécies	Doses de silício	
	0 $\text{mg dm}^{-3}$	50 $\text{mg dm}^{-3}$
<i>Maranta arundinacea</i>	8,14 a B	9,63 a A
<i>Amaranthus viridis</i>	3,95 b A	4,38 b A
<i>Rumex acetosa</i>	3,44 b A	4,03 b A
<i>Stachys byzantina</i>	2,71 c B	4,74 b A
<i>Sonchus oleraceus</i>	2,55 c B	4,58 b A
<i>Amaranthus spinosus</i>	2,47 c B	4,18 b A
<i>Amaranthus retroflexus</i>	2,24 c B	4,19 b A
<i>Amaranthus hybridus</i>	1,27 d B	2,32 c A
<i>Amaranthus deflexus</i>	1,89 d A	2,10 c A
CV (%)	11,37	

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúsculas nas linhas não diferem pelo teste de Scott-Knott, ao nível de 5% de probabilidade.

Na dose 0  $\text{mg dm}^{-3}$  as espécies foram agrupadas em quatro grupos distintos: *M. arundinacea* apresentou o maior teor de Si ( $8,14 \text{ g kg}^{-1}$ ); seguido pelas espécies *A. viridis* e *R. acetosa* com média de teor de Si de  $3,69 (\pm 0,36) \text{ g kg}^{-1}$ ; *A. retroflexus*, *A. spinosus*, *S. byzantina* e *S. oleraceus* se agruparam no terceiro grupo com média de  $2,49 (\pm 0,19) \text{ g kg}^{-1}$  de Si, enquanto as espécies *A. hybridus* e *A. deflexus* apresentaram o menor desempenho, média de  $1,58 (\pm 0,43) \text{ g kg}^{-1}$ . Para a dose de 50  $\text{mg dm}^{-3}$  de Si, as espécies foram agrupadas em três grupos, sendo que *M. arundinacea* também se destacou pois apresentou o maior teor ( $9,63 \text{ g kg}^{-1}$ ); enquanto *S. byzantina*, *S. oleraceus*, *A. viridis*, *A. retroflexus*, *A. spinosus* e *R. acetosa* não diferiram entre si, com média de  $4,35 (\pm 0,26) \text{ g kg}^{-1}$ ; e as espécies *A. hybridus* e *A. deflexus* apresentaram a menor média de teor de Si,  $2,21 (\pm 0,15) \text{ g kg}^{-1}$  na adubação de 50  $\text{mg dm}^{-3}$ .

Com relação a doses de Si dentro das espécies, com exceção da *R. acetosa*, *A. viridis* e *A. deflexus*,

os teores de Si foram significativamente superiores na dose de 50 mg dm<sup>-3</sup>, promovendo aumento no teor de Si de 15,47% em *M. arundinacea*, 40,90% em *A. spinosus*, 42,83% em *S. byzantina*, 44,32% em *S. oleraceus*, 45,25% em *A. hybridus* e 46,53% em *A. retroflexus*.

As hortaliças não convencionais estudadas apresentaram diferenças no teor de Si em função da dose Si. Embora todas as espécies estudadas contenham Si, elas apresentaram grande variação na capacidade em acumular este elemento nos seus tecidos. As concentrações de Si podem variar entre as espécies de 0,1 a mais de 10% do peso seco (EPSTEIN 1994). De acordo com HODSON et al. (2005), existe variação na concentração e capacidades de absorção de Si mesmo dentro de cada espécie em decorrência das diferenças no genótipo. Porém, essa variação não é grande, quando comparada com a existente entre às espécies.

A quantidade de Si absorvido e acumulado pelas plantas, além do fator genético, depende da disponibilidade deste elemento no solo, e das reações químicas que envolvem os mesmos.

Estudos indicam que a aplicação de Si promove aumento nos teores do elemento nos tecidos vegetais. De acordo com PILON et al. (2013), a aplicação de Si no solo, bem como via foliar, promovem maior acumulação de Si em plantas de batata. Em um estudo com gramíneas forrageiras submetidas a diferentes fontes de silicato via foliar, foi observado que as aplicações de Si aumentaram linearmente a concentração média deste elemento na parte aérea das espécies estudadas (SÁVIO et al. 2011).

Em um estudo com espécies folhosas cultivadas em sistema hidropônico, D'IMPÉRIO et al. (2015) concluíram que a aplicação de Si via solução nutritiva promoveu a biofortificação com o mineral na parte aérea das plantas, e que a biodisponibilidade do mineral foi superior ao daquelas que não receberam adubação com Si, via solução nutritiva. Fato também observado nesse experimento, em que a aplicação de Si nas hortaliças não convencionais promove maior concentração do elemento em suas folhas, quando comparado aos tratamentos testemunhas sem aplicação de Si.

A diferença observada na variável massa seca e massa fresca entre as espécies é um fator evidente devido às variações morfológicas apresentadas em todas as hortaliças não convencionais estudadas, por esse motivo as diferenças significativas para as doses de Si foram evidenciadas na Tabela 2. Nas doses dentro das espécies não houve diferenças significativas indicando pouca influência do Si sobre a massa verde dessas plantas, com exceção *R. acetosa* e *S. byzantina* que apresentaram redução na massa fresca de 17,16% e 33,62%, respectivamente, quando se elevou a aplicação de Si.

No desdobramento das doses de Si dentro das espécies, para massa seca, verificou-se que a dose de 50 mg dm<sup>-3</sup> de Si promoveu redução da massa seca em *R. acetosa* (22%) e *S. byzantina* (28,89%), enquanto na espécie *A. hybridus* e o *A. spinosus* o efeito foi positivo, ocorrendo aumento da massa seca de 17,84% e 34,72%, respectivamente. Nas demais espécies, não foi verificado efeito significativo para a variável.

Tabela 2. Massa fresca (g) e massa seca (g) em nove espécies de hortaliças não convencionais submetidas a duas doses de silício.

Table 2. Fresh matter (g) and dry matter (g) in nine unconventional vegetable species submitted to two doses of silicon.

Espécies	Massa fresca (g)		Massa seca (g)	
	Doses de silício (mg dm <sup>-3</sup> )			
	0	50	0	50
<i>Maranta arundinacea</i>	127,26 A	127,26A	16,23 A	15,05 A
<i>Rumex acetosa</i>	113,20 A	93,77 B	11,45 A	8,93 B
<i>Amaranthus viridis</i>	38,15 A	36,39 A	5,77 A	5,80 A
<i>Amaranthus retroflexus</i>	35,10 A	37,23 A	4,82 A	5,68 A
<i>Amaranthus spinosus</i>	40,85 A	51,29 A	5,27 B	7,10 A
<i>Amaranthus deflexus</i>	33,97 A	31,44 A	7,79 A	6,93 A
<i>Amaranthus hybridus</i>	52,54 A	61,70 A	8,42 B	10,91 A
<i>Stachys byzantina</i>	59,03 A	39,18 B	10,07 A	7,16 B
<i>Sonchus oleraceus</i>	35,26 A	35,18 A	4,34 A	4,11 A
CV (%)		12,51		15,48

Para cada característica, médias seguidas pela mesma letra maiúsculas nas linhas não diferem pelo teste de Scott-Knott, ao nível de 5% de probabilidade.

A aplicação de Si, de modo geral, não promoveu ganhos significativos na produção de biomassa em hortaliças não convencionais; porém, em vários países o Si é utilizado como fertilizante no intuito de promover maiores produtividades de forma sustentável. Culturas como soja, milho tomate, sorgo entre outras culturas, são beneficiados pela aplicação de Si (GOUSSAIN et al. 2002, GUAZINA et al. 2019, NUNES et al. 2019). Os efeitos do Si sobre a massa verde e seca de plantas não convencionais são desconhecidos.

Os resultados de GERRERO et al. (2011) na cultura da rúcula, corroboram com os observados nesse estudo, em que a aplicação de Si via foliar não exerceu influência sobre a massa verde da cultura. O Si pode interferir no crescimento das plantas, tornando-o lento e irregular, devido ao resultado do reforço mecânico provocado pelo Si, que diminui a plasticidade da parede das células das folhas (KAMENIDOU et al. 2008). Outro aspecto a ser considerado, diz respeito a influência dos depósitos de sílica nos tecidos foliares, que reduzem a taxa de transpiração (DAYANANDAN et al. 1983) e, conseqüentemente, podendo ocorrer menor absorção de nutrientes, prejudicando o crescimento das plantas. Essas características podem explicar a menor massa fresca e seca na dose de 50 mg dm<sup>-3</sup> em *R. acetosa* e *S. byzantina*.

Estudos revelaram que muitas culturas apresentaram maiores produtividades quando submetidas à adubação silicatada, como exemplo, um estudo realizado por ZANÃO JÚNIOR et al. (2013) com rosas cultivadas em vaso, em que se constatou que a aplicação de Si no substrato aumentou a produção, bem como melhorou a qualidade das rosas, ocorrendo variação de acordo com as doses e cultivares estudadas. Alguns trabalhos com espécies de gramíneas apontam ganho de produtividade quando supridas adequadamente com Si. DANTAS JÚNIOR et al. (2013) verificaram que a produção de milho grão é influenciada positivamente pela aplicação de silicato de cálcio e magnésio, apresentando maiores índices de produtividade.

## CONCLUSÃO

A aplicação de 50 mg dm<sup>-3</sup> de Si proporciona maior teor deste elemento nas espécies estudadas, com destaque para *Maranta arundinacea*.

A adubação silicatada, de modo geral, não influencia na produção de massa fresca e seca das espécies de hortaliças não convencionais estudadas.

## AGRADECIMENTOS

Ao CNPq e FAPEMIG pela concessão dos recursos financeiros; ao Departamento de Agricultura da UFLA pela estrutura e materiais disponibilizados para condução dos trabalhos, e ao Laboratório de Nutrição Mineral de Plantas-Departamento de Ciência do Solo da UFLA pelo apoio nas análises laboratoriais.

## REFERÊNCIAS

- ÁLVARES CA et al. 2013. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift* 22: 711-728.
- DANTAS JÚNIOR EE et al. 2013. Silicate fertilizer and irrigation depth in corn production. *Revista Ceres* 60: 563-568.
- DAYANANDAN P et al. 1983. Detection of Silica in Plants. *American Journal of Botany* 70: 1079-1084.
- D'IMPÉRIO M et al. 2015. Silicon biofortification of leafy vegetables and its bioaccessibility in the edible parts. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 96: 751-756.
- ELLIOTT CL & SNYDER GH. 1991. Autoclave-induced digestion for the colorimetric determination of silicon in rice straw. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 39: 1118-1119.
- EPSTEIN E & BLOOM AJ. 2006. Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas. Londrina: Planta. 416p.
- EPSTEIN E. 1994. The anomaly of silicon in plant biology. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 91: 11-17.
- GERRERO AC et al. 2011. Effect of foliar application of silicon in rocket grown in two types of soil. *Bioscience Journal* 27: 591-596.
- GONZALEZ-MUÑOZ MJ et al. 2008. Beer consumption reduces cerebral oxidation caused by aluminum toxicity by normalizing gene expression of tumor necrotic factor alpha and several antioxidant enzymes. *Food Chem Toxicol* 46: 1111-1119.
- GOUSSAIN MM et al. 2002. Efeito da aplicação de silício em plantas de milho no desenvolvimento biológico da lagarta-do-cartucho *Spodoptera frugiperda* (J.E.Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). *Neotropical Entomology* 31: 305-310.
- GUAZINA RA et al. 2019. Aplicação foliar de silício na produtividade e sanidade de cultivares de soja. *Revista de Ciências Agroveterinárias* 18: 187-193.
- HODSON MJ et al. 2005. Phylogenetic Variation in the Silicon Composition of Plants. *Annals of Botany* 96: 1027-1046.
- JURKIC LM et al. 2013. Biological and therapeutic effects of ortho-silicic acid and some ortho-silicic acid-releasing compounds: New perspectives for therapy. *Nutrition & Metabolism* 10: 10-12.
- KAMENIDOU S et al. 2008. Silicon supplements affect horticultural traits of greenhouse-produced ornamental

- sunflowers. Hortscience 43: 236-239.
- KINUPP VF & LORENZI H. 2014. Plantas alimentícias não convencionais (PANC) no Brasil: guia de identificação, aspectos nutricionais e receitas ilustradas. São Paulo: Instituto Plantarum de Estudos da Flora. 768p.
- KORNDÖRFER GH et al. 1999. Avaliação de métodos de extração de silício em solos cultivados com arroz de sequeiro. Revista Brasileira de Ciência do Solo 23: 101-106.
- LIMA DT et al. 2019. Silicon accumulation and its effect on agricultural traits and anthracnose incidence in lignocellulosic sorghum. Pesquisa Agropecuária Tropical 49: e54201.
- MALAVOLTA E. 1981. Manual de química agrícola: adubos e adubação. 3.ed. São Paulo: Agronômica Ceres. 594p.
- MIRANDA PS et al. 2018. Efeito do silício no cultivo e pós-colheita do repolho. Revista Brasileira de Agroecologia 13: 30-35.
- NUNES AMC et al. 2019. Silício na tolerância ao estresse hídrico em tomateiro. Revista Científica Rural 21: 239-258.
- ODHAV B et al. 2007. Preliminary assessment of nutritional value of traditional leafy vegetables in KwaZulu-Natal, South Africa. Journal of Food Composition and Analysis 20: 430-435.
- OLIVEIRA LCP et al. 2019. Silicate fertilization in non-conventional vegetables in the southern region of Minas Gerais in Brazil. Revista Ceres 66: 470-478.
- PILON C et al. 2013. Effects of soil and foliar application of soluble silicon on mineral nutrition, gas exchange, and growth of potato plants. Crop Science 53: 1605-1614.
- R CORE TEAM. 2016. R: A language and environment for statistical computing Vienna: R Foundation for Statistical Computing.
- REIS THP et al. 2007. O silício na nutrição e defesa de plantas. Belo Horizonte: EPAMIG. 119p.
- RODELLA LF et al. 2014. A review of the effects of dietary silicon intake on bone homeostasis and regeneration. Journal of Nutrition Health and Aging 18: 820-826.
- SÁVIO FL et al. 2011. Biomass production and silicon content in forages under different sources of silicate. Semina: Ciências Agrárias 32: 103-110.
- SCOTT AT & KNOTT M. 1974. A Cluster-analysis method for grouping means in analysis of variance. Biometrics 30: 507-512.
- SILVA LFL et al. 2018a. Mineral nutrition, planting density, biometric and phenological characterization of the lamb's ear. Magistra 29: 192-199.
- SILVA LFL et al. 2018b. Nutritional Evaluation of Non-Conventional Vegetables in Brazil. Anais da Academia Brasileira de Ciências 90: 1775-1787.
- SILVA LFL et al. 2019. Avaliação nutricional de caruru (*Amaranthus* spp.). Agrarian 12: 411-417.
- SILVA MLS et al. 2013. Influência do silício na produção e na qualidade de frutos do morangueiro. Semina 34: 3411-3424.
- SOUZA DC et al. 2016. Conservação pós-colheita de araruta em função da temperatura de armazenamento. Magistra 28: 403-410.
- SOUZA DC et al. 2019. Characterization of arrowroot starch in different agronomic managements. Revista Ceres 66: 323-332.
- ZANÃO JÚNIOR LA et al. 2013. Rose production affected by silicon rates applied to substrate. Revista Brasileira de Ciência do Solo 37: 1611-1619.