



## Efeito residual do selênio para a cultura do milho<sup>(1)</sup>.

Jessica Zuanazzi Fioritti Corbo<sup>(2)</sup>; Ronaldo Severiano Berton<sup>(3)</sup>;  
Aline René Coscione<sup>(4)</sup>.

<sup>(1)</sup>Trabalho executado com recursos da CAPES – Coordenação de aperfeiçoamento de pessoal de nível superior.

<sup>(2)</sup> Doutoranda; Centro de Solos e Recursos Ambientais; Instituto Agronômico; Av. Barão de Itapura, 1481, Campinas, SP, CEP:13020-902; je\_zua@hotmail.com; <sup>(3)</sup> Pesquisador; Centro de Solos e Recursos Ambientais; Instituto Agronômico; Av. Barão de Itapura, 1481, Campinas, SP, CEP 13020-902; berton@iac.sp.gov.br; <sup>(4)</sup> Pesquisadora; Centro de Solos e Recursos Ambientais; Instituto Agronômico; Av. Barão de Itapura 1481, Campinas – SP, CEP: 13020-902;

### RESUMO:

O Selênio (Se) é um elemento essencial para os seres humanos e animais, com propriedades antioxidantes e anticancerígenas. No Brasil, os poucos estudos sobre Se têm alertado para uma possível deficiência deste elemento na população brasileira, principalmente nos grupos de baixo poder aquisitivo. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito residual do Se aplicado ao solo quanto à sua disponibilidade para cultura de milho plantada em sucessão ao feijão, que recebeu adubação de Se na forma selenato de sódio. O experimento foi conduzido no Centro Experimental do Instituto Agronômico de Campinas, utilizando delineamento em blocos ao acaso, com três doses de Se, na forma selenato de sódio, (0; 50 e 500 g ha<sup>-1</sup>) aplicadas ao sulco de plantio, remanescentes do experimento anterior e cinco repetições. O teor de Se nos grãos de milho aumentou significativamente com as doses aplicadas, comprovando que houve efeito residual do Se no solo, sendo que a dose de 500 g ha<sup>-1</sup> apresentou a maior concentração de Se no grão. A produção agrônômica e a qualidade do grão não apresentaram diferenças significativas com o aumento das doses de selênio. Assim, pode-se concluir que o Se continua fitodisponível no solo após o primeiro plantio sem causar fitotoxicidade para o milho, nas condições que o experimento foi realizado.

**Termos de indexação:** fitotoxicidade, saúde humana, selenato de sódio.

### INTRODUÇÃO

O selênio (Se) é considerado um elemento traço essencial para humanos e animais devido à suas propriedades antioxidantes e anticancerígenas. A baixa ingestão de Se por seres humanos pode afetar o sistema imunológico, fertilidade, riscos de infecções virais e aumento no risco de câncer (Rayman, 2008).

No Brasil, os poucos estudos sobre selênio têm alertado para uma possível deficiência deste

elemento na população brasileira, principalmente nos grupos de baixo poder aquisitivo, que não consomem produtos de origem animal com frequência.

Os alimentos de origem vegetal no Brasil apresentam baixas concentrações de Se, cujos teores são menores que 50µg kg<sup>-1</sup> na parte comestível do alimento (Ferreira et al., 2002).

No ambiente, o Se ocorre naturalmente podendo ser encontrado na água, ar e solo, nas formas Se<sup>0</sup>, SeO<sub>3</sub><sup>-2</sup>, Se<sup>2-</sup>, e SeO<sub>4</sub><sup>-2</sup> ou em formas orgânicas. O conteúdo de Se na maioria dos solos encontra-se na faixa de 0,01 a 2 mg kg<sup>-1</sup>. Fernandes (2012) estudando a eficiência de absorção de Se nas culturas de arroz, brócolis e rabanete, respectivamente, na forma selenito de sódio em solo arenoso e argiloso, observou que mais de 95% do Se aplicado permaneceu no solo.

Nas plantas, o Se não é classificado como um elemento essencial, embora estudos têm mostrado seu efeito benéfico, pelo fato de aumentar a atividade antioxidante, elevando a produção vegetal (Djanaguiraman et al., 2005). As plantas absorvem Se a partir do solo, sendo que a forma selenato é absorvida e distribuída na planta de maneira mais rápida do que a forma selenito (Cartes et al., 2005), devido ao selenato usar os mesmos transportadores do S, e as mesmas vias de assimilação.

O objetivo deste trabalho foi de avaliar o efeito residual do Se em relação à sua fitodisponibilidade para a cultura do milho plantada em sucessão ao feijão, que recebeu adubação de Se na forma selenato de sódio.

### MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado no CEC - Centro Experimental Central do Instituto Agronômico, no município de Campinas, São Paulo. As coordenadas geográficas são: latitude 22° 52' 44" S, longitude 47° 04' 56" W, com uma altitude média de 650m. O solo da área é um Latossolo Vermelho Escuro distrófico textura argilosa.

A análise química do solo na profundidade de 0-20 cm, foi realizada de acordo com os métodos



descritos por Raij *et al.* (2001), apresentando os seguintes valores: pH em  $\text{CaCl}_2$   $0,01 \text{ mol L}^{-1} = 6,3$ ; P resina =  $82 \text{ mg dm}^{-3}$ ; K =  $1,9 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ; Ca =  $49 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ; Mg =  $18 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ; CTC =  $86,9 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ; SB =  $68,9 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ; H+Al =  $18 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$  e V% = 79%.

Para o estudo foi utilizado à cultura de milho, cultivar "IAC 8390", cultivado em condições de campo, com cinco repetições de cada tratamento, com delineamento experimental em blocos inteiramente casualizados, totalizando 15 parcelas.

### Tratamentos e amostragens

O cultivar de milho foi plantado em parcelas de quatro linhas de 7m de comprimento, 4m de largura e espaçadas de 0,9 m, entre linhas, totalizando área total de  $24 \text{ m}^2$ . Os tratamentos foram constituídos de três doses de Se ( $0, 50$  e  $500 \text{ g ha}^{-1}$ ), fornecidos na forma de selenato de sódio ( $\text{Na}_2\text{SeO}_4$ ). As doses eram remanescentes do experimento anterior com a cultura do feijão.

A colheita foi realizada após a maturação de campo do cultivar, sendo a área útil de cada parcela representada pelas duas linhas centrais menos 0,5 metros de cada extremidade da linha para determinação dos componentes de produção.

As espigas foram secas em estufa de ventilação forçada a  $60^\circ\text{C}$  ( $\pm 5^\circ\text{C}$ ) até massa constante, moídas em moinho e encaminhadas para análise de Se.

O método utilizado para a determinação do Se nos extratos foi o da espectrometria de emissão atômica com forno de grafite – GFAAS. Uma amostra certificada de folhas de espinafre (NIST 1570<sup>a</sup>) com  $0,017 \text{ mg kg}^{-1}$  de Se foi incluída em cada série de digestão para assegurar a qualidade das análises.

Para a digestão do material vegetal, foram pesados  $0,5 \text{ g}$  de cada amostra e colocados em tubos de micro-ondas com  $10 \text{ mL}$  de ácido nítrico 65% (v/v) e, após 30 minutos, este material foi submetido a aquecimento em aparelho de micro-ondas pelo método EPA3051 (Usepa, 1995). Após a completa a digestão os extratos foram filtrados e seu volume completado para  $50 \text{ mL}$  com água destilada. Em seguida  $25 \text{ mL}$  desta digestão, foram submetidas à recuperação em chapa aquecedora a  $100$  a  $150^\circ\text{C}$ , até atingir o volume de  $5 \text{ mL}$ . Esse procedimento permite a evaporação do  $\text{HNO}_3$ , mas mantém o extrato da amostra. Após o extrato esfriar adicionou-se  $5 \text{ mL}$  de HCl concentrado em cada amostra, em seguida foram filtradas e avolumadas em balão de  $25 \text{ mL}$ .

As avaliações realizadas foram: análise de Se nos grãos "in natura", massa seca, número de espigas, número de plantas, comprimento das espigas, macro e micronutrientes no grão, quantificação de

proteínas, massa de 100 grãos e coloração dos grãos.

### Análise estatística

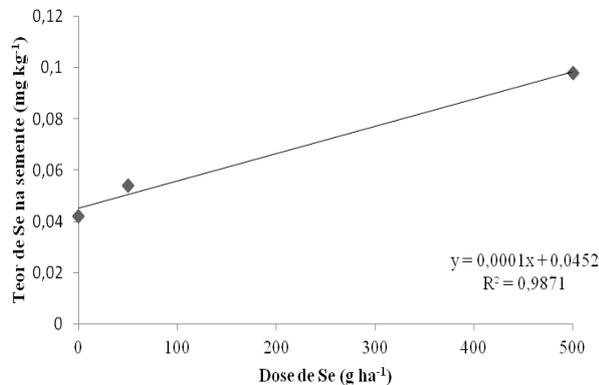
Os resultados foram submetidos à análise de variância com a realização de regressões para as doses empregadas e o teste de tukey a 5% de probabilidade para a comparação entre as médias das doses empregadas, efetuadas pelo programa XLSTAT.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância revelou que houve efeito de dose, mostrando, portanto, que o efeito residual do selênio na forma selenato de sódio aumentou significativamente os teores desse elemento na cultura estudada. Ajustando-se a equação de regressão para os grãos como variáveis dependentes das doses de aplicação de Se, observa-se que os resultados seguiram um modelo linear. O teor de Se no grão do milho variou de  $0,05 \text{ mg kg}^{-1}$  no tratamento sem Se a  $0,1 \text{ mg kg}^{-1}$  para o tratamento com a dose máxima aplicada ( $500 \text{ g ha}^{-1}$ ) (Figura 1).

O fubá de milho é um dos principais alimentos consumidos pelos brasileiros de baixo poder aquisitivo. De acordo com o IBGE (2011), o consumo alimentar médio de milho por pessoa no Brasil é de  $50 \text{ g dia}^{-1}$  e, segundo a FAO a recomendação diária de Se para adultos é de  $55 \mu\text{g dia}^{-1}$ . Dessa forma, relacionando-se esses valores com os resultados obtidos no estudo, estima-se que o milho biofortificado obtido na dose de  $500 \text{ g ha}^{-1}$  irá contribuir para o aumento de 18% da ingestão diária recomendada para esse elemento.

O Ministério da Saúde do Brasil (MS) estabelece o limite máximo de tolerância (LMT) de  $0,3 \text{ mg kg}^{-1}$  para o selênio em alimentos sólidos. Nesse estudo, pode-se observar que a dose de  $500 \text{ g ha}^{-1}$  de Se não comprometeu a produção de grãos (Tabela 1) e atendeu à concentração imposta pelo ministério da saúde.



**Figura 1.** Teor de selênio nos grãos de milho em função das quantidades de selênio aplicadas no solo.

A biofortificação agrônômica também mostrou-se eficiente em trabalho realizado por Fernandes et al., (2014) que comprovaram a eficiência da aplicação de Se no solo, na forma selenito, como estratégia para aumentar a concentração desse elemento na cultura do arroz e rabanete e, conseqüentemente, suprir as necessidades deste elemento na alimentação humana. Neste trabalho concluíram-se que, para realizar a biofortificação desses alimentos com Se, calcula-se que serão necessárias adições de cerca de 162 a 712 g ha<sup>-1</sup> para a cultura do arroz e de 227 a 504 g ha<sup>-1</sup> de Se para a cultura do rabanete, com as maiores quantidades aplicadas ocorrendo em solo argiloso.

Os resultados das análises estatísticas para produção agrônômica e qualidade do grão não apresentaram diferença significativa entre as doses empregadas (**Tabela 1**). Tendo em vista que não houve diminuição nas características agrônômicas do milho em função do aumento de doses de Se, pode-se admitir que adições de até 500 g ha<sup>-1</sup> de Se não irão causar efeito fitotóxico para essa espécie, nas condições em que o experimento foi realizado.

Devido às propriedades nutricionais que o milho fornece aos seres humanos, também é relevante avaliar não somente o teor de Se nos grãos, mas também os efeitos de elementos minerais na presença de Se. Assim, verifica-se que os teores desses elementos não foram afetados significativamente pelas doses de Se (**Tabela 2**).

O selênio apresenta semelhanças químicas com o enxofre (S) porque a plantas absorvem e metabolizam o Se via rota de absorção e assimilação do S (Pilon-Smits e Quinn, 2010). Assim, vários trabalhos têm indicado efeito sinérgico do Se no aumento do teor de S em plantas (Barack; Goldman, 1997; Mikkelsen; Wan, 2010) mas esse efeito não foi observado nesse trabalho.

Os teores de fósforo (P), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) não apresentaram efeitos significativos com o aumento da concentração de selênio na forma de selenato de sódio. Segundo Kopsell et al. (2000), o selênio não tem qualquer efeito sobre o acúmulo de cálcio. Em milho, Hawrylak-Nowak (2008), empregando selenato, também não observou efeito das formas de Se nos teores de Mg para essa cultura cultura.

## CONCLUSÕES

O efeito residual do Se na forma de selenato de sódio aumentou os teores desse elemento na parte comestível do milho, podendo assim ser usado para a biofortificação com Se para esta cultura, a qual foi alcançada a partir da dose de 500 g ha<sup>-1</sup>. Esse procedimento poderá contribuir para o aumento em 18% da ingestão diária recomendada para esse elemento.

## AGRADECIMENTOS

Os autores e a CAPES, pela concessão da bolsa de mestrado à primeira autora.

## REFERÊNCIAS

- BARACK, P. & GOLDMAN, I.L. Antagonistic relationship between selenate and sulfate uptake in onion (*Allium cepa*): implications for the production of organosulfur and organoselenium compounds in plants. *J. Agric. Food. Chem.*, v.45, p.1290-1294, 1997.
- BRASIL, Ministério da Saúde. Guia Alimentar para a População Brasileira. – Promovendo a alimentação saudável. Brasília: Ministério da Saúde, 2006.
- CARTES, P.; GIANFREDI, L.; MORA, M.L. Uptake of selenium and its antioxidant activity in ryegrass when applied as selenate and selenite forms. *Plant soil*, v. 276, p. 359-367. 2005.
- DJANAGUIRAMAN M., DURGA D.D., SHANKER A.K., SHEEBA J.A., BANGARUSAMY U. Selenium - an antioxidative protectant in soybean during senescence. *Plant and Soil*, v.272, p.77-86, 2005.
- Food and Agriculture Organization. Human Vitamin and Mineral Requirements. Chapter 15: Selenium. USA: FAO Corporate Document Repository, 2002. Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/004/Y2809E/y2809e00.HTM>>. Acesso em: 14 setembro. 2012.
- FERREIRA, K. S.; GOMES, J. C.; BELLATO, C. R.; JORDÃO, C. P. Concentrações de selênio em alimentos consumidos no Brasil. *Revista Panamericana de Salud Pública*, v. 11, n. 3, p. 172-177, 2002.



FERNANDES, K.F.M.; R.S. BERTON.; A.R. COSCIONE. Selenium biofortification of rice and radish: effect of soil texture and efficiency of two extractants. *Plant Soil. Agronomic Institute*, v. 60, n. 3, p. 105–110, 2014.

FERNANDES, K. F. M. Biofortificação do arroz, do brócolis e do rabanete com selênio e predição de sua disponibilidade no solo. 2011. 49p. Dissertação (Mestrado em agricultura Tropical e Subtropical: Gestão de Recursos Agroambientais) – Instituto Agrônômico de Campinas, Campinas, 2011.

HAWRYLAK-NOWAK B. Effect of selenium on selected macronutrients in maize plants. *J Elem.* v.13, p.513–519, 2008.

PESQUISA de orçamentos familiares 2010-2011: aquisição alimentar domiciliar per capita: Brasil e Grandes Regiões. Rio de Janeiro: IBGE, 276 p, 2011.

KOPSELL D.A., RANDLE W.M., MILLS H.A. Nutrient accumulation in leaf tissue of rapid- -cycling Brassica oleracea responds to increasing sodium selenate concentrations. *J. Plant Nutr.* v.23, n.7, p.927-935, 2000.

MIKKELSEN, R.L.; WAN, H.F. The effect of selenium on sulfur uptake by barley and rice. *Plant and Soil*, v.121, p.151-153, 1990.

NEAL, R.H. Selenium. In: ALLOWAY, B.J. Heavy metals in soils. 2. ed. New York: Wiley, p.260-283. 1995.

PILON-SMITS, E. & QUINN, C. Selenium metabolism in plants. In: HELL, R. & MENDEL, R.R., eds. Cell biology of metal and nutrients. Berlin, Springerp, p.225-241, 2010.

RAIJ, B. van; ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H. & QUAGGIO, J.A. Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais. Campinas, Instituto Agrônômico, p.284. 2001

RAYMAN, M. P. Food-chain selenium and human health: emphasis on intake. *British Journal of Nutrition.* v.100, n.2, p. 254-68, 2008.

USEPA. United States Environmental Protection Agency - Test methods for evaluating solid waste: physical/chemical methods. 3 ed. Washington, DC: U.S. EPA, 1995. (SW-846, Method 3051).

WORLD HEALTH ORGANIZATION. Environmental Health Criteria for Selenium. Geneva: WHO, 1987. Disponível em: <http://inchem.org/documents/ehc/ehc58.htm>. Acesso em: 14/03/2013.



**Tabela 1.** Valores médios número de espigas (NEsp), peso espigas (PEsp), peso 100 grãos (P100), comprimento da espiga (CE), produtividade (Prod) e proteína do milho, variedade híbrido IAC-8390, em função do efeito residual do Se.

Tratamento <sup>(1)</sup>	NEsp	PEsp	P100	CEsp	Prod	Teor Proteína
--g ha <sup>-1</sup> --	--n°--	-----g-----		--cm--	--kg ha <sup>-1</sup> --	--%--
0	40	191,8	33,5	15,6	3.802	8,35
50	43	183,5	32,3	15,3	3.699	7,82
500	37	192,4	34,4	15,4	3.498	8,84
CV %	13,6	3,23	6,50	2,00	11,9	9,03
Média	40	189,3	33,4	15,5	3.666	8,34

<sup>(1)</sup> A ausência de letras indica que não houve diferença significativa pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

**Tabela 2.** Teores de nutrientes na parte comestível do milho.

Tratamento <sup>(1)</sup>	P	Ca	Mg	S	B	Fe	Mn	Zn
---g ha <sup>-1</sup> ---		-----g kg <sup>-1</sup> -----				-----mg kg <sup>-1</sup> -----		
0	2,28	0,04	0,87	0,87	1,77	16,9	4,35	16,9
50	1,98	0,04	0,74	0,86	1,19	20,2	3,45	14,6
500	2,01	0,03	0,74	0,88	1,26	13,3	3,78	15,7
CV %	26,8	41,0	28,5	6,56	35,9	61,3	29,4	30,7
Média	2,09	0,04	0,78	0,87	1,41	16,8	3,86	15,8

<sup>(1)</sup> A ausência de letras indica que não houve diferença significativa pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.