Acta Iguazu
ISSN: 2316-4093

Nutrientes em sementes de soja em função da aplicação de zinco

Gustavo Soares Wenneck[1]*, Reni Saath[2], Camila de Souza Volpato[3], Larissa Leite de Araújo[2], Nathália de Oliveira Sá[2], Danilo Cesar Santi[1]

[1]Programa de Pós-graduação em Agronomia (PGA), Universidade Estadual de Maringá (UEM), Av. Colombo, 5790, Zona 7, CEP:87020-900, Maringá, Paraná, Brasil.
[2]Departamento de Agronomia (DAG), Universidade Estadual de Maringá (UEM), Av. Colombo, 5790, Zona 7, CEP:87020-900, Maringá, Paraná, Brasil.
[3]Núcleo de Estudos em Pós-colheita de Produtos Agrícolas (NEPPA), Universidade Estadual de Maringá (UEM), Av. Colombo, 5790, Zona 7, CEP:87020-900, Maringá, Paraná, Brasil.

*Autor correspondente: gustavowenneck@gmail.com
Artigo enviado em 17/03/2020, aceito em 12/09/2020

Resumo: O trabalho teve como objetivo analisar o acúmulo de nutrientes em sementes de soja em função da aplicação de zinco (Zn) no solo e foliar. O trabalho foi desenvolvido à campo, no ano agrícola de 2018/2019, em delineamento inteiramente casualizado, com onze tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos consistiram em aplicações de Zn no solo (controle (0); 8; 16; 32; 48 e 64 kg ha^{-1}) e foliar (4; 8; 12; 16 e 24 kg ha^{-1}) associadas a 4 Kg ha^{-1} no solo. A aplicação de Zn foi realizada no início da formação de vagens (estádio R3), utilizando sulfato de zinco. Foram coletadas sementes, ao fim do ciclo da cultura, e determinado o acúmulo de nutrientes (N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn, Mo e Zn). Os dados foram analisados utilizando o teste de Scott-Knott ($p<0,05$) para comparação de médias, os teores entre nutrientes foram correlacionados, e realizada regressão para o acúmulo de Zn. A aplicação de Zn nas diferentes formas e doses adotadas, influenciaram significativamente no acúmulo dos nutrientes analisados, principalmente no teor de N. O acúmulo de Zn é crescente acompanhando o incremento da quantidade aplicada. Aplicações associadas, solo e foliar, apresentaram maior eficiência em relação ao acúmulo de Zn nas sementes.

Palavras-chave: Fertilização, *Glycine max*, micronutriente.

Nutrients in soybean seeds as function of zinc application

Abstract: The work aimed to analyze the accumulation of nutrients in soybean seeds due to application of zinc (Zn) in soil and leaves. The work developed in field, agricultural year 2018/2019, in completely randomized design, with eleven treatments and four repetitions. The treatments consisted of applications of Zn in the soil (control (0); 8; 16; 32; 48 and 64 kg ha^{-1}) and leaf (4; 8; 12; 16 and 24 kg ha^{-1}) associated with 4 kg ha^{-1} in soil. The application of Zn performed beginning of pod formation (stage R3), using zinc sulfate. Seeds collected at the end of the crop cycle, and the accumulation of nutrients (N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn, Mo and Zn) determined. The data analyzed using the Scott-Knott test ($p<0.05$) to compare means, the levels between nutrients correlated, and regression for Zn accumulation performed. The application of Zn in different forms and doses adopted, significantly influenced the accumulation of the analyzed nutrients, mainly content of N. The accumulation of Zn increasing following the increase amount applied. Associated applications, soil and leaf, showed greater efficiency in relation to the accumulation of Zn in seeds.

Keywords: Fertilization, *Glycine max*, micronutrient.

Introdução

Reconhecida pela importância econômica mundial, a soja (*Glycine max* L.), uma das principais fontes de proteína e óleo vegetal no mundo. Devido às propriedades tecnológicas das suas proteínas, a soja e seus derivados podem ser utilizados no preparo de diversos alimentos, sem alterar suas características sensoriais e conferindo alto valor nutricional, principalmente devido ao enriquecimento proteico (Mandarino e Carrão-Panizzi, 2020).

Para expressar seu máximo potencial produtivo requer fertilizantes que disponibilizam nutrientes em quantidades apropriadas, com base na exportação pela planta e teores no solo. Elementos minerais podem estar presentes no solo como compostos dissolvidos ou precipitados, sendo adsorvidos superficialmente pela argila por diferença de cargas, ou ainda estar contido na biota do solo. No solo, os elementos minerais podem estar presentes como íons livres, compostos dissolvidos ou precipitados, adsorvidos superficialmente ou contidos na biota do solo (White e Broadley, 2009), ocasionando baixa fitodisponibilidade (Reyes, 2017).

Em áreas agrícolas do Brasil, a deficiência de Zn em plantas é a mais comum dentre os micronutrientes, especialmente nos Latossolos do cerrado (Lopes e Guilherme, 2016), e mesmo em áreas cuja concentração seja suficiente para atender à demanda das culturas, sua absorção às vezes é limitada (Reyes, 2017). Práticas que visam à redução da acidez do solo podem diminuir a disponibilidade do Zn para as plantas, sendo também afetado negativamente em função do aumento da saturação de base (Gonçalves et al., 2018).

A soja para produzir uma tonelada de grãos, extrai do solo aproximadamente 47,4 g de Zn, sendo 29,6 g exportado pelos grãos (Pauletti e Motta, 2017), apresentando baixa mobilidade na planta, com maior concentração nas raízes (Tito et al., 2016). Assim, recomenda-se a adubação com Zn na cultura da soja (Oliveira et al., 2017).

Esse trabalho teve como objetivo analisar o acúmulo de nutrientes em sementes de soja em função de quantidades e formas de aplicação do Zn durante o cultivo, em Nitossolo Vermelho distrérrico com elevado teor de Zn.

Material e métodos

O trabalho foi desenvolvido no Centro Técnico de Irrigação do Departamento de Agronomia pertencente à Universidade Estadual de Maringá - UEM, localizada no município de Maringá - PR, situada na latitude 23º25'S, longitude 51º57' W e a 542 m de altitude.

O solo na área experimental é caracterizado como Nitossolo Vermelho distroférrico (Santos et al, 2018), apresentando como parâmetros químicos: pH SMP 6,4; pH $CaCl_2$ 5,5; alumínio 0,0 $cmol_c dm^{-3}$; cálcio 4,10 $cmol_c dm^{-3;}$ potássio 0,37 $cmol_c dm^{-3}$; matéria orgânica 2, 3%; fosforo (Mehlich I) 3,47 mg dm^{-3}; saturação de bases 65,76 %; cobre 16,86 mg dm^{-3}; manganês 176,04 mg dm^{-3}; ferro 66,06 mg dm^{-3}; zinco 3,84 mg dm^{-3}, na profundidade de 0 a 0,2 m.

O delineamento inteiramente casualizado consistiu em 11 tratamentos sendo aplicações de Zn no solo (controle (0); 8; 16; 32; 48 e 64 kg ha^{-1}) e foliar (44; 8; 12; 16 e 24 kg ha^{-1}) associadas a 4 kg ha^{-1} no solo, com 4 repetições. Foi utilizada a cultivar BRS 257, na densidade de semeadura de 311 mil plantas ha^{-1}, com fileiras espaçadas em 0,45 m. As unidades experimentais eram compostas por 9 linhas com

comprimento de 5 m, sendo a área útil, fileiras centrais, igual 5,4 m^2.

A semeadura foi realizada no dia 1 de dezembro de 2018, utilizando 81 kg ha^{-1} de P_2O_5 e 61 kg ha^{-1} de K_2O, sendo as fontes superfosfato simples e cloreto de potássio, respectivamente. As sementes foram tratadas utilizando produto comercial (Piraclostrobina (25g L^{-1}), Tiofanato Metílico (225 g L^{-1}) e Fipronil (250g L^{-1})) na quantidade proporcional à 200 mL p.c./ 100 kg de sementes, e inoculadas com *Bradyrhizobium japonicum* na concentração estimada de 5 bilhões de bactérias por ml de produto, na dosagem de 100 mL p.c./ 50 kg de sementes. A aplicação de zinco foi realizada no início da formação de vagens (estádio R3) utilizando como fonte o sulfato de zinco (21% Zn) sendo diluído em 40 mL de água.

A colheita foi realizada manualmente com sementes apresentando teor de água em torno de 18% bu (base úmida). As amostras coletadas foram enviadas ao Laboratório de Plantas Medicinais e Pós-colheita de produtos agrícolas, sendo submetidas a secagem artificial, em estufa de circulação forçada de ar (40°C) até atingir teor de água de 13% bu.

Para determinação do acúmulo de nutrientes nos grãos, foram pesados 100 g de grãos de cada unidade experimental, o material seco foi moído em um multiprocessador para determinação dos teores de fósforo (P), potássio (K), enxofre (S) e nitrogênio (N). O teor de N foi determinado de acordo com o método de Kejldahl, descrito pela AOAC (1984).

A extração de P, K, S, cálcio (Ca), magnésio (Mg), manganês (Mn), ferro (Fe) e zinco (Zn) foi realizada em subamostra de 0,1 g através da digestão nítrico-perclórica a quente. A determinação de P foi realizada por espectrometria de absorção molecular. A determinação de Ca, Mg, Cu, Fe, Mn e Zn foi realizada por espectrofotometria de absorção atômica, o K foi determinado por espectrofotometria de emissão de chamas e o S por turbidimetria de sulfato de bário (Malavolta et al., 1997).

Os resultados do acúmulo de nutrientes foram expressos em g kg^{-1} (N, P, K, Ca, Mg, S) e em mg kg^{-1} (B, Cu, Fe, Mn, Mo, Zn). Os dados foram submetidos a análise de variância, e as médias comparadas pelo teste de Scott-Knott ($p<0,05$), utilizando o *software* SISVAR 5.6 (Ferreira, 2019), foi determinada correlação entre nutrientes e regressão para acúmulo de Zn nas sementes.

Resultados e discussão

Conforme parâmetros para intepretação dos níveis de Zn no solo, descrito por Pauletti e Motta (2017), o solo no início do experimento apresentava alto teor de Zn, sendo que as aplicações realizadas não ocasionaram incremento produtivo na soja. A aplicação de micronutrientes pode não apresentar diferença significativa na produtividade, assim como constatado com Zn na cultura da cana-de-açúcar (Teixeira Filho, 2011). Entretanto, a adubação em condições de suficiência no solo possibilita elevar o teor de Zn nos grãos (Inocêncio et al., 2012) e alterar a dinâmica de acúmulo dos demais nutrientes, como obtido no estudo (Tabela 1).

Aplicações com até 32 kg ha^{-1} de Zn no solo apresentaram o maior acúmulo de nitrogênio nos grãos (Tabela 1). Em relação a alteração do acúmulo de nutrientes em folhas de soja em função da aplicação de Zn, a dose de 200 g ha^{-1} via foliar não apresentou diferença significativa (Nakao et al., 2018).

A interação entre nutrientes pode ser analisada através da correlação, onde a correspondência na tendência de acréscimo ou decréscimo pode per comparada entre duas variáveis. Nos dados analisados, o Zn apresentou

correlação negativa com o N (-0,74) e positiva com Cu (0,75), considerando os valores de correção mais aproximados da razão unitária (Tabela 2).

Tabela 1. Teores de macronutrientes em sementes de soja com diferentes aplicações de Zn durante o cultivo.

Dose (kg ha^{-1} de Zn)		N	P	K	Ca	Mg	S
Solo	Foliar	g kg^{-1}					
0	0	54,65 g	4,96 e	16,78 a	11,59 c	2,81 a	3,14 d
8	0	56,77 h	4,58 d	20,40 b	11,72 c	3,22 b	2,98 c
16	0	54,82 g	4,00 c	22,59 c	13,64 e	3,95 d	3,01 c
32	0	56,11 h	4,58 d	25,20 d	16,17 g	3,22 b	3,05 c
48	0	43,72 c	4,04 c	32,63 f	12,68 d	4,04 d	3,91 f
64	0	48,85 e	5,24 e	27,00 e	16,10 g	3,31 b	2,34 a
4	4	50,18 f	4,29 c	20,96 b	11,22 c	3,60 c	2,35 a
4	8	46,31 d	4,06 c	21,05 b	8,12 a	3,72 c	3,25 e
4	12	39,49 b	3,62 b	19,51 b	7,83 a	3,14 b	2,46 b
4	16	43,85 c	3,24 a	20,72 b	10,20 b	3,12 b	2,47 b
4	24	37,74 a	4,04 c	22,21 c	15,02 f	2,90 a	2,31 a
CV (%)		1,63	5,96	5,04	4,02	3,12	2,73

* médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($p<0,05$).

Tabela 2. Correlação entre nutrientes em sementes de soja.

	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Mo	Zn
N	1,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P	0,58	1,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
K	-0,13	0,10	1,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ca	0,29	0,55	0,49	1,00	-	-	-	-	-	-	-	-
Mg	0,09	-0,17	0,58	-0,06	1,00	-	-	-	-	-	-	-
S	0,28	0,07	0,43	-0,06	0,53	1,00	-	-	-	-	-	-
B	-0,32	-0,17	0,23	-0,22	0,59	-0,05	1,00	-	-	-	-	-
Cu	0,75	0,56	-0,17	0,53	-0,03	-0,07	-0,05	1,00	-	-	-	-
Fe	-0,16	-0,34	-0,49	-0,53	-0,47	-0,11	-0,37	-0,25	1,00	-	-	-
Mn	-0,28	0,13	0,30	-0,24	0,28	0,62	0,36	-0,35	-0,12	1,00	-	-
Mo	0,24	0,44	-0,05	-0,24	0,28	-0,04	0,46	0,03	-0,37	0,23	1,00	-
Zn	-0,74	-0,35	0,28	0,29	-0,26	-0,40	0,09	-0,35	-0,11	-0,03	-0,50	1,00

Cabe destacar que os nutrientes atuam e desempenham papel, isoladamente ou em conjunto, em processos bioquímicos vitais na planta, logo sua adequada disponibilidade às plantas afeta a produtividade de grãos (Hansel e Oliveira, 2016). A absorção de Zn pelas plantas de soja está diretamente relacionada ao pH do solo, entretanto na correção da acidez o excesso de calcário e a consequente elevação excessiva do pH podem resultar em deficiência (Hansel e Oliveira, 2016; Nakao et al., 2018).

O Zn exerce importantes funções no metabolismo das plantas na ativação do sistema enzimático e participa da síntese do aminoácido triptofano, precursor do Ácido Indol Acético, principal hormônio promotor do crescimento (Mascarenhas et al., 2014), assim a deficiência afeta no desenvolvimento, enquanto o excesso pode gerar condições de toxidez às plantas (Hansel e Oliveira, 2016). Conforme Tabelas 1 e 2, o incremento da quantidade de Zn aplicada na soja resulta no decréscimo no acúmulo de nitrogênio em sementes, apresentando correlação de -0,74.

Em relação ao potássio, a aplicação de Zn em diferentes doses gerou incremento no acúmulo, com resultado superior na dose de 48 kg ha^{-1} no solo, sendo 1,94 vezes maior que a testemunha (controle). O acúmulo de magnésio apresentou resultados significativamente inferiores para a testemunha e na maior dose adotada via foliar (24 kg ha^{-1} foliar) associada a 4 kg ha^{-1} no solo. Adotando a maior dose de Zn no solo (64 kg ha^{-1}), são obtidos valores superiores de P, K, Ca e inferiores para S.

Os micronutrientes apresentaram baixa correlação com o Zn, porém em função das modalidades adotadas houve diferenças no acúmulo (Tabela 3). B e Zn apresentaram resultados superiores para todas aplicações em relação a testemunha.

Tabela 3. Teores de micronutrientes em sementes de soja com diferentes aplicações de Zn durante o cultivo.

Dose (kg ha^{-1} de Zn)		B	Cu	Fe	Mn	Mo	Zn
Solo	Foliar	mg kg^{-1}					
0	0	37,46 a	11,54 b	133,54 c	64,84 d	2,61 a	40,71 a
8	0	46,00 c	11,76 b	127,70 b	62,87 d	2,78 b	52,29 c
16	0	47,49 e	11,88 b	123,04 a	60,36 c	2,48 a	50,25 b
32	0	39,07 b	11,48 b	119,70 a	59,06 b	2,60 a	57,04 d
48	0	46,73 d	11,03 a	123,81 a	69,74 e	2,54 a	62,05 f
64	0	45,97 c	11,48 b	121,48 a	63,04 d	3,01 b	65,17 g
4	4	47,49 e	11,45 b	120,70 a	58,48 b	3,18 b	48,97 b
4	8	48,01 e	11,02 a	119,77 a	69,37 e	3,13 b	54,03 c
4	12	48,03 e	11,02 a	135,20 c	63,89 d	2,75 b	60,19 e
4	16	39,32 b	11,00 a	134,77 c	57,01 a	2,21 a	70,93 h
4	24	45,65 c	11,37 b	121,25 a	63,59 d	2,27 a	90,37 i
CV (%)		1,2	3,26	2,49	1,63	11,05	1,8

* médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($p<0,05$).

Mn apresentou acúmulo superior para tratamentos 48 kg ha^{-1} de zinco no solo e 4 kg ha^{-1} no solo associado a 8 kg ha^{-1} foliar. O teor de Mo com adubação de Zn nas quantidades de 8 e 64 kg ha^{-1} no solo, e 4 kg ha^{-1} no solo associado a 4, 8 e

12 kg ha^{-1} foliar foi superior ao controle (0 kg ha^{-1}). Com altos teores de Zn no solo, conforme Pauletti e Motta (2017), com 3,84 mg dm^{-3} na camada de 0 a 0,2 m, e 2,88 mg dm^{-3} na camada de 0,2 a 0,4 m, o acúmulo de Zn é elevado com o incremento da quantidade aplicada (Figura 1), contribuindo para maior disponibilidade e acúmulo do nutriente na planta (Gonçalves et al., 2018).

A aplicação de micronutrientes foliares na soja é mais eficiente em relação a aplicação no solo, apresentando menor custo e rápida absorção (GONÇALVES et al., 2017), de acordo com as características do produto e de fatores fisiológicos. A aplicação de Zn foliar em condições de baixo teor no solo aumentam fatores morfológicos, como altura de plantas, além da massa e teor de proteínas em grãos (Oliveira et al., 2018).

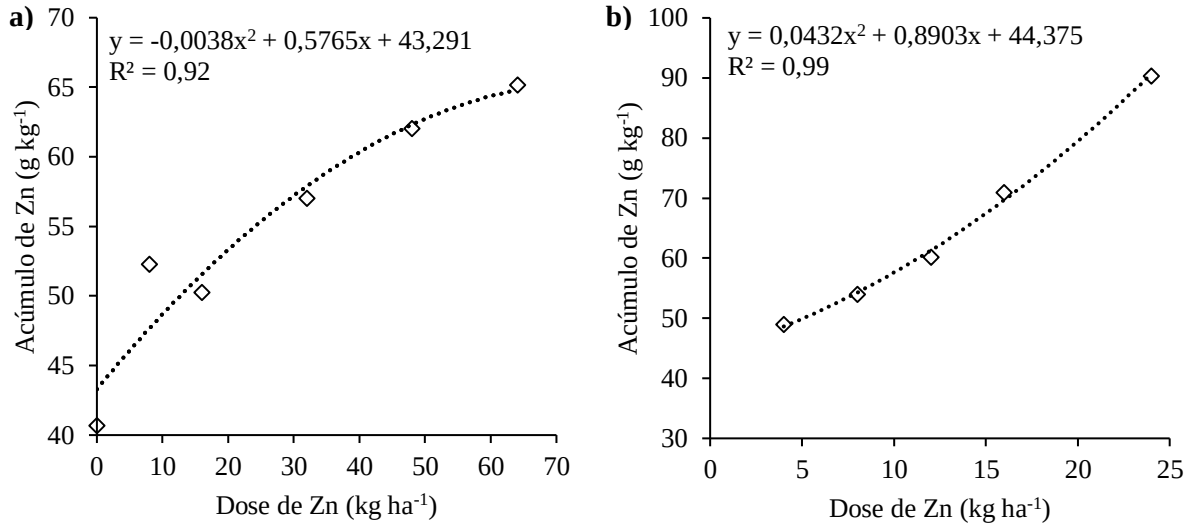

Figura 1. Acúmulo de zinco em grãos de soja em função de diferentes doses. a) aplicação de diferentes quantidades no solo; b) aplicação de diferentes quantidades foliares, associadas a 4 kg ha^{-1} no solo.

Em sementes, Oliveira et al. (2017) reportaram que diferentes doses de Zn e épocas de aplicação tem influência positiva na massa de sementes e no teste de envelhecimento acelerado, sem alterar o potencial fisiológico das sementes. No tratamento de sementes, a utilização de Zn influencia no índice de velocidade de emergência e desenvolvimento inicial de raízes de trigo e canola (Goergen et al., 2018). Em feijão, o tratamento de sementes com Zn influencia na qualidade fisiológica e teor foliar (Dorr et al., 2017). Ainda, ao se considerar o potencial de acúmulo de nutrientes, deve-se considerar fatores genéticos (Oliveira et al., 2016) gerando benefícios no desenvolvimento de plantas e para alimentação humana.

Conclusões

A aplicação de Zn influencia no acúmulo de nutrientes em sementes de soja.

No cultivo da soja, aplicações associadas de Zn, no solo e foliar, apresentaram maior eficiência para elevar o teor do nutriente em sementes.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Referências

AOAC. **Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemists**. 14 ed, AOAC, Arlington. 1984.

DORR, C. S.; KOCH, F.; RADKE, A. K.; MIGLIORINI, P.; EBERHARDT, P. E. R.; VAHL, L. C. O tratamento de sementes de feijão com zinco afeta a qualidade fisiológica de sementes e o teor foliar de micronutrientes. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v.16, n.4, p.414-421, 2017.

FERREIRA, D. F. SISVAR: a computer analysis system to fixed effects Split plot type designs. **Revista Brasileira de Biometria**, v.37, n.4, p.529-535, 2019.

GOERGEN, N.; CEOLIN, G. M.; SILVA, V. R.; KULCZYNSKI, S. M. Qualidade fisiológica de sementes de culturas de inverno tratadas com zinco. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, v.24, n.1, p.23-32, 2018.

GONÇALVES, F. A. R.; XAVIER, F. O.; OLIVEIRA, T. F.; GODINHO JÚNIOR, J. D.; AQUINO, L. A. Aplicação foliar de doses e fontes de cobre e manganês nos teores foliares destes micronutrientes e na produtividade da soja. **Cultura Agronômica**, v.26, n.3, p.384-392, 2017.

GONÇALVES, F. A. R.; XAVIER, F. O.; SILVA, R. R.; AQUINO, L. A; CARVALHO, A. M. X.; NOVAIS, R. F. Influência da saturação por bases do solo sobre a disponibilidade e absorção de zinco. **Cultura Agronômica**, v.27, n.2, p.262-272, 2018.

HANSEL, F. D.; OLIVEIRA, M. L. Importância dos micronutrientes na cultura da soja no Brasil. **Informações Agronômicas**, n.153, p.1-8, 2016.

INOCÊNCIO, M. F.; RESENDE, A. V.; FURTINI NETO, A. E.; VELOSO, M. P.; FERRAZ, F. M.; HICKMANN, C. Resposta da soja à adubação com zinco em solo com teores acima do nível crítico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.47, n.10, p. 1550-1554, 2012.

LOPES, A. S.; GUILHERME, L. R. G. A career perspective on soil management in the Cerrado Region of Brazil. **Advances in Agronomy**, v.137, p.1-72, 2016.

MALAVOLTA, E; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas. Princípios e aplicações**. 2ª ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997, 319p.

MANDARINO, J. M. G.; CARRÃO-PANIZZI, M. C. **Soja na alimentação**. Disponível em: https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/soja/arvore/CONT000fv0xofuo02wx5eo0c9slraa4ux9qv.html. Acesso em: 02 de mar. de 2020.

MASCARENHAS, H. A. A.; ESTEVES, J. A. S; WUTKE, E. B.; GALLO, P. B. Micronutrientes em soja no estado de São Paulo. **Nucleus**, v.11, n.1, p.323-342, 2014.

NAKAO, A. H.; COSTA, N. R.; ANDREOTTI, M.; SOUZA, M. F. P.; DICKMANN, L.; CENTENO, D. C.; CATALANI, G. C. Características agronômicas e qualidade fisiológica de sementes de soja em função da adubação foliar com boro e zinco. **Cultura Agronômica**, v.27, n.3, p.312-327, 2018.

OLIVEIRA, F. C.; BENETT, C. G. S.; BENETT, K. S. S.; SILVA, L. M.; VIEIRA, B. C. Diferentes doses e épocas de aplicação de zinco na cultura da soja. **Revista de Agricultura Neotropical**, v.4, Suplement 1, p.28-35, 2017.

OLIVEIRA, N. P.; FAQUIN, V.; COSTA, A. L.; LIVRAMENTO, K. G.; PINHO, P. J.; GUILHERME, L. R. G. Genotypic variation of agronomic traits as well as concentrations of Fe, Zn, P and phytate in soybean cultivars. **Revista Ceres**, v.63, n.3, p.403-411, 2016.

OLIVEIRA, N. T.; REZENDE, P. M.; BRUZI, A. T.; MELVILLE, C. C. Efeitos em cultivares de soja de tipo alimentar quando biofortificadas com diferentes taxas de zinco. **Revista de Ciências Agrárias**, v.41, n.3, p.647-654, 2018.

PAULETTI, V.; MOTTA, A. C. V. (coord). **Manual de adubação e calagem para o estado do Paraná**. Curitiba: SBCS/NEPAR, 2017. 482p.

REYES, S. M. R. **Foliar application of zinc in the biofortification of arugula**. Dissertação de mestrado. Universidade Estadual Paulista Filho, 2017. 40p.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. Á.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; ARAÚJO FILHO, J. C.; OLIVEIRA, J. B.; CUNHA, T. J. F. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed. EMBRAPA, 2018. 353p.

TEIXEIRA FILHO, M. C. M. **Doses, fontes e modos de aplicação de zinco na cultura da cana-de-açúcar**. Tese de doutorado. Universidade Estadual Paulista, 2011. 153p.

TITO, G. A.; CHAVES, L. H. G.; VASCONCELOS, A. C. F. Acúmulo e translocação de cobre e zinco em plantas de Crambe abyssinica. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.11, n.4, p.12-16, 2016.

WHITE, P. J.; BROADLEY, M. R. Biofortification of crops with seven mineral elements often lacking in human diets–iron, zinc, copper, calcium, magnesium, selenium and iodine. **New Phytologist**, v.182, n.1, p.49-84, 2009.