



Estado nutricional da cultura da soja adubada com composto de lodo de esgoto no Cerrado: avaliação dos teores de micronutrientes

Bruno Gasparoti Miranda^(1*); Paulo Zander Vieira Girão⁽¹⁾; Marcela Ribeiro Barufi⁽¹⁾;
Jairo Candido de Matos Júnior⁽¹⁾; Adrielle Rodrigues Prates⁽¹⁾;
Fernanda Ferreira Yukimitu⁽¹⁾; Thiago Assis Rodrigues Nogueira⁽¹⁾

⁽¹⁾ Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos, Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Ilha Solteira, SP, Brasil, 15385-000. (*apresentador, bruno-gasparoti.miranda@unesp.br).

RESUMO: Objetivou-se, com este estudo, avaliar a viabilidade agrônômica do uso de composto de lodo de esgoto (CLE) como fonte de nutrientes para a cultura da soja cultivada em solo de Cerrado de baixa fertilidade natural. No ano agrícola de 2017/2018, foi instalado um experimento em condições de campo, em Selvíria-MS, tendo como cultura teste a soja milho, cultivada na no verão (safra). Adotou-se o delineamento experimental em blocos casualizados, com quatro repetições. Os tratamentos foram originados de esquema fatorial $4 \times 2 + 2$, sendo: quatro doses de CLE (5,0, 7,5, 10,0 e 12,5 t ha⁻¹, base úmida) dois modos de aplicação (área total e nas entrelinhas das culturas) e dois tratamentos controles (sem aplicação do composto e com adubação mineral convencional). De modo geral, as doses de CLE não influenciam os teores de micronutrientes na cultura da soja. Todavia, os teores desses elementos permanecem adequados nas plantas. Ademais, a aplicação do CLE promove o mesmo efeito para o estado nutricional da cultura da soja quando comparado com a adubação convencional, indicando que o composto pode ser utilizado como fonte desses elementos em solos de Cerrado com baixos teores de micronutrientes.

Termos de indexação: *Glycine max* L.; Biossólido; Resíduo orgânico.

INTRODUÇÃO

A cultura da soja (*Glycine max* L.) ocupa grandes áreas de cultivo no mundo, sendo que no Brasil a área plantada na safra 2017/2018 foi de 35,1 milhões de hectares, com uma produtividade média de 3.333 kg ha⁻¹ (EMBRAPA, 2018). Estima-se que a região do Cerrado seja responsável por $\approx 60\%$ da produção de soja no Brasil (LOPES; GUILHERME, 2016). Por outro lado, a maior parte dos relatos referentes à deficiência de micronutrientes, especialmente para B e Zn, refere-se às áreas de baixa fertilidade do solo da região dos Cerrados (BARBOSA FILHO et al., 2001).

A sensibilidade à deficiência de boro (B), cobre (Cu), manganês (Mn), molibdenio (Mo) e zinco (Zn), que a cultura da soja apresenta (RESENDE, 2003; FANCELLI, 2010), pode levar a uma desorganização nos processos metabólicos do vegetal bem como

ocasionar a deficiência de um macronutriente (COELHO; FRANÇA, 2013). Assim, o adequado suprimento de micronutrientes para essas culturas, seja por meio de fertilizantes orgânicos ou inorgânicos, é fundamental para o ótimo crescimento e obtenção de altas produtividades. Contudo, a elevação do consumo e do custo dos fertilizantes minerais tem preocupado o setor agrícola mundial, incentivando a busca pelo uso de fontes alternativas de micronutrientes, a fim de reduzir a demanda por fertilizantes inorgânicos.

O composto de lodo de esgoto (CLE), fertilizante orgânico compostado produzido a partir de lodo de esgoto, como matéria-prima, é classificado como fertilizante orgânico Classe "D", de acordo com as Instruções Normativas da Secretaria de Defesa Agropecuária nº 25, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa) (BRASIL, 2009), é rico em alguns metais pesados que também são considerados micronutrientes de planta (Cu, Fe, Mn e Zn). Apesar de serem absorvidos pelas plantas em menores quantidades, esses elementos, somados ao B, Cl e Mo, participam de funções essenciais para a sobrevivência das espécies vegetais, como: ativação de enzimas, formação de parede celular, transporte de sintetizados etc (DECHEN; NACHTIGALL, 2018).

Neste contexto, objetivou-se, com este estudo, avaliar a viabilidade agrônômica do uso de composto de lodo de esgoto (CLE) como fonte de micronutrientes para a cultura da soja cultivada em solo de Cerrado de baixa fertilidade natural.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em condições de campo, na safra 2017/18, no município de Selvíria/MS. O solo da área experimental foi classificado como LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico argiloso (**Tabela 1**). Adotou-se o delineamento em blocos casualizados, com quatro repetições. Os tratamentos foram originados de esquema fatorial $4 \times 2 + 2$, sendo: quatro doses de composto de lodo de esgoto – CLE (5,0; 7,5; 10,0 e 12,5 t ha⁻¹, base úmida), dois modos de aplicação (área total e nas entrelinhas das culturas) e dois tratamentos controle (sem aplicação do composto e com adubação mineral convencional). O CLE foi obtido na empresa Tera Ambiental Ltda, localizada em Jundiá, SP (**Tabela 2**). Com base nos resultados da avaliação da fertilidade do



solo, foi realizada a calagem ($2,2 \text{ t ha}^{-1}$) objetivando elevar a saturação por bases a 70%, e, em seguida, aplicação de gesso agrícola ($1,8 \text{ t t ha}^{-1}$). Os tratamentos com CLE foram complementados com o fornecimento de macronutrientes via fertilizante mineral. A adubação foi realizada no momento da semeadura levando em consideração, as análises químicas do solo e as recomendações contidas no boletim 100.

Por ocasião do estágio R2 (florescimento) de desenvolvimento da cultura da soja, foram coletados aleatoriamente 30 trifólios com pecíolos por parcela (3^{a} ou 4^{a} folhas, completamente desenvolvidas, a partir do ápice da haste principal para a base), para avaliar o estado nutricional das plantas, conforme recomendações de Ambrosano et al. (1997). Esse mesmo material foi submetido à digestão por via úmida, com ácido nítrico (HNO_3) e ácido perclórico (HClO_4) (MALAVOLTA et al., 1997) para a obtenção dos teores de B, Cu, Fe, Mn e Zn.

Os resultados foram submetidos à análise de variância (modo de aplicação), além de estudos de regressão polinomial para as interações significativas, e/ou efeito das doses de CLE aplicadas. A análise estatística foi realizada utilizando o programa estatístico AGROESTAT (BARBOSA; MALDONADO JÚNIOR, 2009).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os teores de micronutrientes nas folhas diagnose, não apresentaram interação entre modo de aplicação e as doses de CLE (**Tabela 3**). Também, exceto para os teores de Fe, não foi verificado efeito significativo nos teores dos demais micronutrientes com o aumento das doses de CLE. Todavia, houve aumento linear ($P > 0,01$) nos teores de Fe quando o CLE foi aplicado em área total (**Figura 1**). Ainda, conforme Raij (2011), os teores adequados de micronutrientes na cultura da soja, variam de (mg kg^{-1}): B = 21-55, Cu = 10-30, Fe = 50-350, Mn = 20-100 e Zn = 20-50. Nesse estudo, os teores obtidos na folha diagnose variam de 47,2-48,5 para B, de 9,4-10,2 para Cu, de 120,8-142,8 para Fe, de 60,4-67,2 para Mn e de 52,9-58,5 para Zn, evidenciando que o estado nutricional da cultura estava adequado para os micronutrientes, independentemente da dose e do modo de aplicação do CLE.

Exceto para os teores de Zn, não houve efeito do modo de aplicação do CLE nos teores de micronutrientes na folha diagnose. Pelo fato de não haver diferença para o modo de aplicação do CLE, recomenda-se que a distribuição desse produto seja realizada em área total.

A interação entre a média do fatorial (modo de aplicação e doses de CLE) e dos tratamentos adicionais não foi significativa para os teores de micronutriente na folha diagnose. O fato dos teores de micronutrientes serem estatisticamente iguais para as

médias do fatorial e as médias dos tratamentos adicionais, leva ao entendimento de que a aplicação do CLE traz o mesmo benefício para o estado nutricional da cultura da soja quando é realizado a adubação convencional. Isso indica que o CLE pode ser utilizado como fonte desses elementos em solos de Cerrado com baixos teores de micronutrientes.

CONCLUSÕES

De modo geral, as doses de CLE não influenciam os teores de micronutrientes na cultura da soja. Todavia, os teores desses elementos permanecem adequados nas plantas. Ademais, a aplicação do CLE promove o mesmo efeito para o estado nutricional da cultura da soja quando comparado com a adubação convencional, indicando que o composto pode ser utilizado como fonte desses elementos em solos de Cerrado com baixos teores de micronutrientes.

REFERÊNCIAS

- AMBROSANO, E. J.; TANAKA, R. T.; MASCARENHAS, H. A. A.; RAIJ van, B.; QUAGGIO, J. A.; CANTARELLA, H. Leguminosas e oleaginosas. In: RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A.M.C. Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. 2. ed. Campinas: Instituto Agronômico de Campinas, 1997. p. 189–204.
- BARBOSA FILHO, M.P.; CANTARELLA, H.; WIETHÖLTER, S. Arroz, milho e trigo. In: FERREIRA, M. E.; CRUZ, M. C. P.; RAIJ, B. van.; ABREU, C. A. Micronutrientes e elementos tóxicos na agricultura. Jaboticabal: CNPq/FAPESP/POTAFOS, 2001. p. 285–318.
- BARBOSA, J.C.; MALDONADO JUNIOR, W. Agrostat – Sistema para análises estatísticas de ensaios agrônômicos. Versão 1.0. Jaboticabal: Departamento de Ciências Exatas, 2010.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 25. <http://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=consultarLegislacaoFederal>. 2009.
- COELHO, A. M.; FRANÇA, G. E. Nutrição e adubação do milho. 2013. Disponível em: Acesso em: 15 jan. 2017.
- DECHEN, A. R.; NACHTIGALL, G. R. Micronutrientes. In: FERNANDES, M. S. (Ed.). Nutrição mineral de plantas. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2018. p. 491–562.
- EMBRAPA 2018 – Soja em números (safra 2017/2018). Disponível em: <http://www.embrapa.br/soja/cultivos/soja1/dados-economicos/>. Acesso em 30 ago. 2018.
- FANCELLI, A. L. Milho. In: PROCHNOW, L. I.; CASARIN, V.; STIPP, S. R. Boas práticas para uso eficiente de fertilizantes: culturas. v. 3 Piracicaba: IPNI – Brasil, 2010. p. 39–93
- LOPES, A.S.; GUILHERME, L.R.G. A career perspective on soil management in the Cerrado Region of Brazil. *Advances in Agronomy*, 137:1-72, 2016.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. 2. ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319 p.
- RAIJ, B. V. Fertilidade do solo e manejo de nutrientes. International Plant Nutrition Institute, 2011.
- RAIJ, B. van; CANTARELLA, H. Leguminosas e Oleaginosas. In: AMBROSANO, E.J.; WUTKE, E.B.; BULISANI, E.A. Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. 2.ed. Campinas, Instituto Agronômico de Campinas, 1997. p. 187–193.
- RESENDE, A. V. Adubação com micronutrientes no Cerrado. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2003. 43 p. (Documentos/Embrapa Cerrados, ISSN 1517-5111; 80).

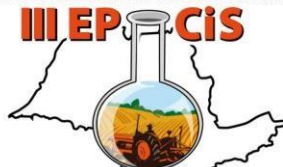


Tabela 1 – Atributos químicos⁽¹⁾ e físicos⁽²⁾ das amostras dos solos utilizados no experimento (Média ± desvio-padrão; n = 3).

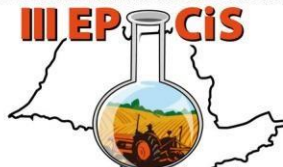
Atributos	Unidade	Profundidade (cm)	
		0-20	20-40
pH (CaCl ₂)	-	4,5 ± 0,06	4,7 ± 0,06
Matéria orgânica	g dm ⁻³	19 ± 1,16	14 ± 0,58
Fósforo	mg dm ⁻³	16 ± 0,58	9 ± 0,00
Potássio	mmol _c dm ⁻³	1,7 ± 0,17	0,7 ± 0,15
Cálcio	mmol _c dm ⁻³	13 ± 0,58	11 ± 0,58
Magnésio	mmol _c dm ⁻³	12 ± 1,00	10 ± 0,00
Alumínio	mmol _c dm ⁻³	4 ± 0,00	2 ± 0,58
H+Al	mmol _c dm ⁻³	37 ± 2,31	32 ± 1,73
SB	mmol _c dm ⁻³	27,0 ± 1,69	22,1 ± 0,72
S-SO ₄	mg dm ⁻³	15 ± 0,58	8 ± 0,58
CTC	mmol _c dm ⁻³	63,7 ± 0,86	54,1 ± 2,45
V	%	42 ± 3,21	41 ± 0,58
Boro	mg dm ⁻³	0,22 ± 0,04	1,40 ± 0,02
Cobre (DTPA)	mg dm ⁻³	1,8 ± 0,05	7,7 ± 0,10
Ferro (DTPA)	mg dm ⁻³	15 ± 0,58	8 ± 0,58
Manganês (DTPA)	mg dm ⁻³	18,8 ± 0,59	7,3 ± 0,72
Zinco (DTPA)	mg dm ⁻³	0,6 ± 0,06	0,2 ± 0,00
Areia (> 0,05 mm)	g kg ⁻¹	553 ± 12,86	
Silte (> 0,002 e < 0,05 mm)	g kg ⁻¹	81 ± 3,21	
Argila (< 0,002 mm)	g kg ⁻¹	372 ± 19,05	
Textura	-	Argilosa	

⁽¹⁾Raij et al. (2001). ⁽²⁾Embrapa (1997).

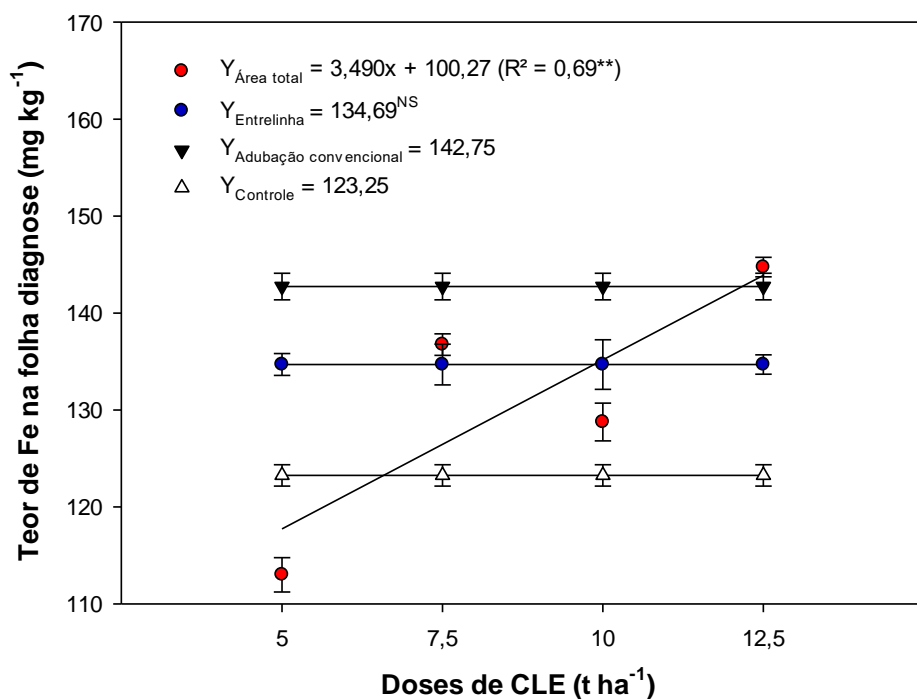
Tabela 2 – Composição química e microbiológica de amostras do composto de lodo de esgoto (Média ± desvio-padrão; n = 3).

Característica	Unidade	Base úmida	Valor permitido ⁽¹⁾
pH (CaCl ₂)	-	7,0 ± 0,10	--
Nitrogênio Total	g kg ⁻¹	13,85 ± 0,25	--
Arsênio	mg kg ⁻¹	3,15 ± 1,76	20,0
Boro	mg kg ⁻¹	94 ± 4,52	--
Cádmio	mg kg ⁻¹	1,00 ± 0,01	3,0
Cobre	mg kg ⁻¹	237 ± 16,54	--
Chumbo	mg kg ⁻¹	18,10 ± 1,60	150,0
Cromo	mg kg ⁻¹	54,25 ± 1,75	--
Ferro	mg kg ⁻¹	16400 ± 1300	--
Manganês	mg kg ⁻¹	246 ± 37	--
Molibdênio	mg kg ⁻¹	5,26 ± 0,23	--
Níquel	mg kg ⁻¹	26,52 ± 0,50	70,0
Zinco	mg kg ⁻¹	456 ± 8	--
<i>Salmonella</i> sp.	NMP/10g	Ausente	
<i>Coliforme Termotolerantes</i>	NMP/g	0	
Ovos viáveis de helmintos	Ovos/g de ST	0,12	

⁽¹⁾IN N°7 MAPA (2006).

**Tabela 3** – Efeitos dos tratamentos nos teores de micronutrientes (mg kg^{-1}) na folha diagnose da cultura da soja.

Tratamentos	B	Cu	Fe	Mn	Zn
Modos de Aplicação (MA)					
Área total	55,7	9,8	130,8	63,4	57,6
Entrelinhas	51,7	9,9	134,7	63,9	53,8
Teste F	5,27*	0,13 ^{NS}	1,64 ^{NS}	0,07 ^{NS}	6,68*
Doses de Composto Lodo de Esgoto (CLE) (base úmida)					
5 t ha ⁻¹	51,8	9,4	120,8	62,9	56,5
7,5 t ha ⁻¹	49,9	10,2	140,5	63,9	54,8
10 t ha ⁻¹	56,8	10,1	127,0	60,4	52,9
12,5 t ha ⁻¹	56,4	9,8	142,8	67,2	58,5
Teste F	3,83*	1,29 ^{NS}	12,28**	2,69 ^{NS}	2,66 ^{NS}
Tratamentos Adicionais (TA)					
Controle	54,8	10,0	123,2	65,8	50,0
Adubação convencional	58,0	10,5	142,8	64,2	58,2
Teste F	0,87 ^{NS}	0,52 ^{NS}	10,39**	0,17 ^{NS}	7,82**
(TA) x [(MA) X (CLE)]					
Média dos Tratamentos Adicionais	56,4	10,2	133,0	65,0	54,1
Média do Fatorial	53,7	9,9	132,8	63,7	55,7
Teste F	1,90 ^{NS}	0,93 ^{NS}	0,01 ^{NS}	0,41 ^{NS}	0,86 ^{NS}
Teste F (MA) x (CLE)					
Média Geral	54,2	10,0	132,8	64,0	55,3
CV (%)	9,1	9,9	6,4	8,1	7,5

**Figura 1** – Efeito do modo de aplicação em função das doses de CLE nos teores de Fe na folha diagnose da cultura da soja.