



Teores de nutrientes no solo e na cultura da soja adubada com composto de lodo de esgoto no Cerrado

Jairo Candido de Matos Junior^(1*); Adrielle Rodrigues Prates⁽¹⁾; Bruno Gasparoti Miranda⁽¹⁾; Fernanda Ferreira Yukimitu⁽¹⁾; Guilherme Mattoso Benassi⁽¹⁾; Paulo Zander Vieira Girão⁽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, jairocandido.matos@gmail.com).

RESUMO: Objetivou-se, com este estudo, avaliar os efeitos da adição do composto de lodo de esgoto (CLE) em solo típico de Cerrado (baixa fertilidade), sobre os teores de P, K, Ca, Mg e S no solo (nas camadas de 0-20 e 20-40 cm de profundidade) e nas folhas diagnose da cultura da soja. Para tal, foi realizado um experimento em condições de campo, em Selvíria-MS, utilizando-se como planta teste a cultura da soja. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com quatro repetições. Os tratamentos foram originados de esquema fatorial 4 x 2 + 2, sendo: quatro doses de CLE (5,0; 7,5; 10,0 e 12,5 t ha⁻¹), dois modos de aplicação (área total e nas entrelinhas das culturas) e dois tratamentos controles (sem aplicação do composto e com adubação mineral convencional). As doses de CLE não elevaram os teores de P, K, Ca, Mg e S na soja. Todavia, os teores desses elementos permaneceram adequados nas plantas. O modo de aplicação do CLE influenciou apenas os teores de K e S na camada 0-20 cm de profundidade. Já na camada de 20-40 cm, houve aumento nos teores de P e Mg com aplicação do CLE em área total.

Palavras chave: *Glycine max* L.; Biossólido; Macronutriente; Resíduo urbano.

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 35,100 milhões de hectares, com uma produtividade média de 3.333 kg ha⁻¹ (EMBRAPA, 2018). Na atualidade, um dos fatores que mais apresenta custos para o agricultor é uso de insumos, como exemplo, os fertilizantes, com participação de 23 a 27% no custo total de produção, variando a cada safra. O Brasil importa grande parte dos fertilizantes minerais consumidos, levando a uma dependência. Visando otimizar a utilização de fertilizantes e

diminuir essa dependência, o Brasil deve procurar por fontes alternativas, como é o caso de alguns produtos orgânicos, como: esterco de animais, resíduos de curtumes, escórias de siderurgia, lodos de esgoto etc (CARVALHO et al., 2011).

A utilização do lodo de esgoto na agricultura vem sendo intensificada devido à necessidade de se tratar os esgotos, para reduzir a contaminação de corpos hídricos. Esse resíduo promove alterações positivas nas características físico-químicas do solo (NOGUEIRA et al., 2006). Por outro lado, a compostagem desse resíduo tem sido uma saída encontrada pelas empresas que gerenciam o lodo de algumas estações de tratamento de esgoto (ETEs), viabilizando o seu aproveitamento na agricultura e em solos florestais, já que esse processo permite a eliminação de organismos maléficos à saúde humana (CORREIA et al., 2007). Entretanto, até o momento, poucos estudos foram desenvolvidos visando a avaliação do CLE como fornecedor de macronutriente, principalmente, para a cultura da soja cultivada no Cerrado de baixa altitude.

Neste contexto, objetivou-se com este estudo, avaliar os efeitos da adição do CLE em solo de Cerrado, sobre os teores de P, K, Ca, Mg e S no solo e na folha diagnose da cultura da soja.

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 x 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 Jundiaí, 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 $1,8 \text{ t ha}^{-1}$ de gesso agrícola. Os tratamentos com CLE foram complementados com o fornecimento de macronutrientes via fertilizante mineral. A adubação foi realizada no momento da semeadura e em cobertura levando em consideração, as análises químicas do solo e as recomendações de Raij et al. (1997). A irrigação e o manejo fitossanitário das culturas durante as duas safras estão sendo realizados de acordo com a necessidade e as recomendações técnicas para as culturas na região.

Para avaliar o estado nutricional das plantas, por ocasião do estágio R2 (florescimento) de desenvolvimento da cultura, foram coletados aleatoriamente 30 trifólios com pecíolos por parcela, conforme recomendações de Raij et al. (1997). Esse mesmo material foi submetido à digestão por via úmida, com ácido nítrico e ácido perclórico (MALAVOLTA et al., 1997) para a obtenção dos teores de P, K, Ca, Mg e S.

As amostras de solo foram retiradas na camada de 0-20 cm e de 20-40 cm de profundidade dentro da área útil de cada parcela, especificamente na entrelinha da cultura, por meio da utilização de um trado de rosca, no final do ciclo da cultura.

Nessas amostras, foram determinados os teores de P, K, Ca, Mg e S conforme descritos em Raij et al. (2001). 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 AGROSTAT.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em relação ao estado nutricional das plantas (Tabela 3), não houve interação entre modo de aplicação e as doses de CLE. O modo de aplicação do CLE não influenciou os teores de P, K, Ca Mg e S na planta. Também, não foi verificado aumento dos teores de macronutrientes na planta em função das doses de CLE aplicadas. Conforme Raij et al. (1997), os teores adequados de macronutrientes na cultura da soja, variam de (g kg^{-1}): P = 2,5-5,0, K = 17-25, Ca = 4-20, Mg = 3-10, S = 2,1-4,0. Nesse estudo, os teores obtidos na folha diagnose variam de 4,5-4,8 para P, de 16,7-17,2 para K, de 6,5-7,2 para Ca, de 3,9-4,3 para Mg e de 2,6-2,7 para S,

evidenciando que o estado nutricional da cultura estava adequado independentemente da dose e do modo de aplicação do CLE. Na camada de 0-20 cm de profundidade, em relação ao modo de aplicação, verificou-se que não há diferença para P, Ca e Mg. Por outro lado, o melhor modo de aplicação para K foi na área total e para o S foi na entrelinha. As doses de CLE não alteraram os teores de macronutrientes nessa camada. À interação entre a média dos tratamentos adicionais e a média do fatorial foi significativa, sendo que os maiores valores foram obtidos para as médias do fatorial, evidenciado que o CLE aumentou as quantidades de P, K, Ca, Mg e S, quando comparado ao tratamento controle. Na camada de 20-40 cm de profundidade, observou-se que em relação ao modo de aplicação não houve diferença para os teores K, Ca e S. Em relação às doses aplicadas, não houve variação nos teores de K, Ca e S. Por outro lado, houve aumento linear nos teores de P e de Mg, quando o composto foi aplicado em área total (Figuras 1a e 1b).

CONCLUSÕES

As doses de composto de lodo de esgoto não elevaram os teores de P, K, Ca, Mg e S na soja. Todavia, os teores desses elementos permaneceram adequados nas plantas. O modo de aplicação do CLE influenciou apenas os teores de K e S na camada 0-20 cm de profundidade. Já na camada de 20-40 cm, houve aumento nos teores de P e Mg com aplicação do CLE em área total.

REFERÊNCIAS

- CARVALHO, R.E; REZENDE, P.M; ANDRADE, M.J.B; PASSOS, A.M.A; OLIVEIRA, J.A. Fertilizante mineral e resíduo orgânico sobre características agrônômicas da soja e nutrientes no solo. *Revista Ciência Agronômica*, 42: 930-939, 2011.
- CORREIA, R.S; FONSECA, Y.M.F; CORREIA, A.S. Produção de biofóssido agrícola por meio da compostagem e vermicompostagem de lodo de esgoto. *Revista Brasileira de Engenharia agrícola e Ambiental*, 11: 420-426, 2007.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa do Solo. Manual de métodos de análise de solo. 2. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA, CNPS, 1997. 212 p.
- EMBRAPA 2018 – Soja em números (safra 2017/2018). Disponível em: <www.embrapa.br/soja/cultivos/soja1/dados-economicos/>. Acesso em 30 ago. 2018.
- NOGUEIRA, T.A.R; SAMPAIO, R.A; FERREIRA, C.S; FONSECA, I.M. Produtividade de milho e de feijão consorciado adubados com diferentes formas de lodo de esgoto. *Revista de Biologia e Ciências da Terra*, 6: 122-131, 2006.
- 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. van; ANDRANDE, J. C.; CANTARELLA, H.; GUAGGIO, J. A. Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais. 1.ed. Campinas: Instituto Agrônômico, 2001. 285 p.



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. 285p.

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
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	

⁽¹⁾Raij et al. (2001). ⁽²⁾Embrapa²⁾ 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	--
Umidade (60-65 °C)	%	40,96 ± 0,26	--
Nitrogênio Total	g kg ⁻¹	13,85 ± 0,25	--
Fósforo (P ₂ O ₅) Total	g kg ⁻¹	12,25 ± 1,35	--
Potássio (K ₂ O) Total	g kg ⁻¹	6,00 ± 2,20	--
Cálcio (Ca) Total	g kg ⁻¹	19,40 ± 4,40	--
Magnésio (Mg) Total	g kg ⁻¹	5,20 ± 0,50	--
Enxofre (S) Total	g kg ⁻¹	4,75 ± 0,25	--
Sódio (Na) Total	mg kg ⁻¹	3930 ± 32,00	--
Arsênio	mg kg ⁻¹	3,15 ± 1,76	20,0
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	--
Níquel	mg kg ⁻¹	26,52 ± 0,50	70,0
Zinco	mg kg ⁻¹	456 ± 8	--
<i>Microbiológica</i>			
<i>Salmonella</i> sp.	NMP/10g	Ausente	
<i>Coliforme Termotolerantes</i>	NMP/g	0	

(1) IN Nº7 MAPA (2006).

Tabela 3 – Teores de macronutrientes (g kg⁻¹) na folha diagnose de plantas de soja em função do modo de aplicação e das doses de composto de lodo de esgoto e dos tratamentos adicionais estudados.

Tratamentos	P	K	Ca	Mg	S
Modos de Aplicação (MA)					
Área total	4,5	17,0	7,0	4,6	2,7
Entrelinhas	4,8	16,9	6,8	4,2	2,7
Teste F	3,49 ^{NS}	0,07 ^{NS}	0,32 ^{NS}	0,13 ^{NS}	0,17 ^{NS}
Doses de Composto Lodo de Esgoto (CLE)					
5 kg ha ⁻¹	4,6	16,9	6,8	4,2	2,6
7,5 kg ha ⁻¹	4,8	16,7	7,0	4,3	2,8
10 kg ha ⁻¹	4,7	17,0	6,5	3,9	2,7
12,5 kg ha ⁻¹	4,5	17,2	7,2	4,3	2,7
Teste F	0,80 ^{NS}	0,48 ^{NS}	2,01 ^{NS}	1,60 ^{NS}	1,35 ^{NS}
Tratamentos Adicionais (TA)					
Controle	4,3	16,4	6,6	4,2	2,2
Adubação convencional	4,8	16,6	7,4	4,6	2,8
Teste F	2,79 ^{NS}	0,07 ^{NS}	2,98 ^{NS}	1,35 ^{NS}	14,02 ^{**}
(TA) x [(MA) X (CLE)]					
Média dos Tratamentos Adicionais	4,6	16,5	7,0	4,4	2,5
Média do Fatorial	4,7	16,9	6,9	4,2	2,7
Teste F	0,43 ^{NS}	0,91 ^{NS}	0,27 ^{NS}	1,95 ^{NS}	6,68 [*]
Teste F (MA) x (CLE)					
Média Geral	4,6	16,8	6,9	4,2	2,7
CV (%)	7,8	6,2	8,6	9,3	8,1

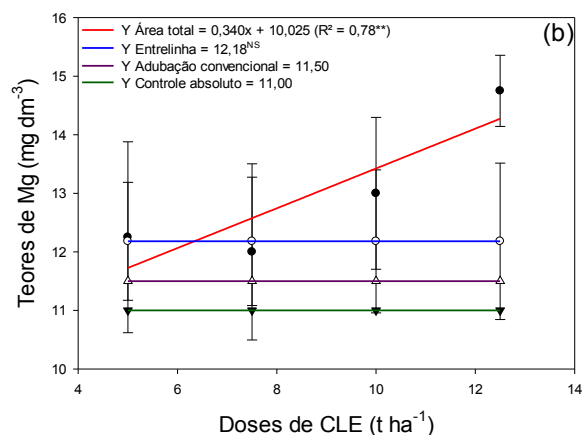
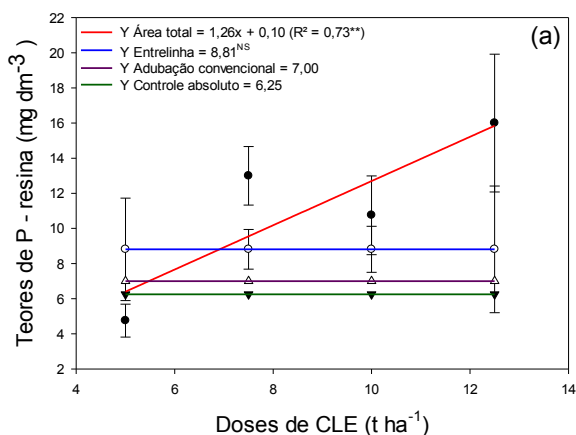


Figura 1 – Teores de P (a) e Mg (b) no solo, camada de 20-40 cm de profundidade, em função do modo de aplicação, das doses composto de lodo de esgoto e dos tratamentos adicionais (adubação convencional e controle absoluto).