



Estado nutricional de plantas de milho adubadas com composto de lodo de esgoto no Cerrado: efeito nos teores de macronutrientes

Eduarda Lossavaro de Almeida ^(1*); Marcela Ribeiro Barufi ⁽¹⁾; Beatriz Souto Freitas ⁽¹⁾; Felipe Bertacine ⁽¹⁾; João Pedro Milan ⁽¹⁾; Guilherme Benassi ⁽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, eduardaloss@hotmail.com).

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 de milho 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 o milho, cultivado na safrinha. Adotou-se o delineamento experimental em 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, 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). Os teores foliares de N são similares nas plantas adubadas com CLE e com o adubo mineral. Contudo, as doses do CLE não aumentam os teores dos demais macronutrientes. Sugere-se que a aplicação do composto seja realizada em área total. O CLE aplicado em solo de baixa fertilidade natural, melhora o estado nutricional da cultura do milho.

Palavras chave: *Zea mays* L.; Macronutriente; Resíduo urbano.

INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.) é uma gramínea anual da família Poaceae, com centro de origem no México, com alturas que variam de 1,5 a 3,0 metros no florescimento, com lavouras no verão e na segunda safra, ocupando no Brasil cerca de 16,6 milhões de hectares, com uma produção média de 4.967 kg por hectare (CONAB, 2018).

A elevada geração de resíduos se tornou uma das principais preocupações mundiais, já que o manuseio, armazenamento ou disposição final desses produtos, podem gerar problemas ambientais e riscos à saúde humana. Alguns desses materiais podem trazer benefícios caso sejam utilizados de forma adequada e segura. Dentre esses, o lodo de esgoto (LE), que é um

resíduo orgânico oriundo do tratamento de esgoto, destaca-se por ser possuir quantidades consideráveis de alguns nutrientes de plantas e matéria orgânica, podendo ser utilizado como fertilizante e/ou condicionador em solos agrícolas (BERTON; NOGUEIRA, 2010).

Quando o LE é aplicado em solos utilizando os critérios agrônômicos, traz benefícios para suas características físico-químicas e biológicas, contribuindo também para o desenvolvimento vegetal. Esse resíduo há anos vem sendo estudado como fonte alternativa na adubação, podendo substituir, ainda que parcialmente, os fertilizantes minerais e, com isso, desempenhar um importante papel na produção agrícola e florestal, além de minimizar os custos com fertilizantes inorgânicos (NOGUEIRA et al., 2013). Neste contexto, objetivou-se com este trabalho, avaliar o estado nutricional (teores de P, K, Ca, Mg e S na folha diagnose) da cultura do milho adubada com composto de lodo de esgoto em solo de Cerrado de baixa fertilidade.

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 Jundiá, SP (**Tabela 2**). Com base nos resultados da avaliação da fertilidade do solo, foi realizada a calagem (2,2 t ha⁻¹) objetivando elevar a saturação por bases a 70% e, em seguida, aplicação de 1,8 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 do Boletim 100. 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 florescimento pleno, foram coletadas 10 plantas por parcela, o terço médio da folha da base da espiga (folha diagnose) dentro da parcela útil, conforme recomendações de (RAIJ, 2011). Esse mesmo material foi submetido à digestão com ácido nítrico e ácido perclórico (MALAVOLTA et al., 1997) para a obtenção dos teores de P, K, Ca, Mg e S.

Os resultados qualitativos foram avaliados pela análise de variância por meio do teste F ($P < 0,05$). Também, foram realizados estudos de regressão polinomial para as interações significativas em relação às doses do CLE. A análise estatística foi realizada utilizando o programa AGROSTAT

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Exceto para os teores de N, não houve interação entre o modo de aplicação e as doses do CLE para os teores de macronutrientes na folha diagnose da cultura do milho (**Tabela 3**).

Dessa forma, notou-se também, que o aumento das doses de CLE aplicadas ao solo não influenciaram os teores dos macronutrientes na folha diagnose. Porém, no caso do N, verificou-se aumento linear ($P < 0,01$) dos teores desse elemento na folha diagnose com a elevação das doses de CLE aplicado nas entrelinhas da cultura (**Figura 1**). É importante destacar que os teores de N foliar tanto para as doses de CLE (área total e entrelinha), quanto para a adubação convencional, foram maiores do que o tratamento controle absoluto (plantas que não receberam adubação). A aplicação de CLE propiciou quantidades de N similares às do tratamento com adubação convencional, indicando que o composto pode ser uma alternativa no fornecimento desse elemento para a cultura do milho.

Para a cultura do milho, os teores adequados de macronutrientes variam de (g kg^{-1}): N = 27-35; P = 2,0-4,0, K = 17-35, Ca = 2,5-8, Mg = 1,5-5,0 e S = 1,5-3,0 (RAIJ, 2011). Considerando o modo de aplicação e as doses de CLE, verificou-se que os teores macronutrientes obtidos na folha diagnose variam de (g kg^{-1}): N = 24,6-25,7; P = 2,5-2,6; K = 28,8-34,6; Ca = 4,0-4,7; Mg = 4,0-4,2 e S = 1,4-1,5. Assim, exceto para o N, pôde-se notar

bom estado nutricional da cultura do milho. Apesar dos teores de N estarem abaixo dos valores considerados adequados, no campo, não foi verificado nenhum sintoma de deficiência desse nutriente. Como já era esperado, de modo geral, os teores de macronutrientes nas folhas diagnose foram maiores no tratamento com adubação convencional, quando comparado com o tratamento controle absoluto (**Tabela 3**). Quanto ao modo de aplicação do CLE, verificou-se que, exceto para os teores de Mg, não houve diferença para os demais teores de macronutrientes na folha diagnose (**Tabela 3**). Nesse sentido, a aplicação do composto em área total se torna mais viável. A interação entre média do fatorial (modo de aplicação e doses de CLE) e dos tratamentos adicionais foi significativa para os teores foliares de N, Ca e Mg. Conforme já mencionado, verificou-se que a aplicação do CLE aumentou as doses de N nas folhas. Já os teores foliares de Ca e Mg foram menores com a adição do CLE.

CONCLUSÕES

O CLE aplicado em solo de baixa fertilidade natural, promove teores adequados de macronutrientes, melhorando a nutrição da cultura do milho, indicando que esse produto pode ser uma fonte alternativa de fertilizante para essa cultura.

REFERÊNCIAS

- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. Safra Brasileira de Grãos. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras>>. Acesso em: 18 jul. 2018.
- BERTON, R. S.; NOGUEIRA, T. A. R. Uso de lodo de esgoto na agricultura. In: COSCIONE, A. R.; NOGUEIRA, T. A. R.; PIRES, A. M. M. Uso agrícola de lodo de esgoto: avaliação após a resolução no 375 do Conama. FEPAF: Botucatu, 2010. p. 31–50.
- NOGUEIRA, T.A.R.; FRANCO, A.; HE, Z.; BRAGA, V. S.; FIRME, L. P.; ABREU-JUNIOR, C. H. Short-term usage of sewage sludge as organic fertilizer to sugarcane in a tropical soil bears little threat of heavy metal contamination. *Journal of Environmental Management*, v. 114, p. 168-177, 2013.
- RAIJ, B. V. Fertilidade do solo e manejo de nutrientes. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute, 2011. 420p.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. 2. ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319 p.

**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 _(CaCl2) | - | 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 |
| <i>m</i> | % | 13 ± 1,00 | 9 ± 2,31 |
| <i>Distribuição granulométrica</i> | | <i>0-40 cm</i> | |
| 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 _(CaCl2) | - | 7,0 ± 0,10 | -- |
| Umidade (60-65 °C) | % | 40,96 ± 0,26 | -- |
| Matéria orgânica Total (Combustão) | g kg ⁻¹ | 308,65 ± 9,95 | -- |
| Capacidade de troca catiônica | mmol _c dm ⁻³ | 520 ± 20,00 | -- |
| C/N | - | 12 ± 0,81 | -- |
| 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 | -- |
| Arsênio | mg kg ⁻¹ | 3,15 ± 1,76 | 20,0 |
| Cádmio | mg kg ⁻¹ | 1,00 ± 0,01 | 3,0 |
| Chumbo | mg kg ⁻¹ | 18,10 ± 1,60 | 150,0 |
| Cromo | mg kg ⁻¹ | 54,25 ± 1,75 | -- |
| Mercúrio | mg kg ⁻¹ | 0,22 ± 0,09 | 1,0 |
| <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). ⁽²⁾O CLE foi obtido junto a empresa Tera Ambiental Ltda, localizada em Jundiá-SP.



Tabela 3 – Efeitos dos tratamentos nos teores de macronutrientes na folha diagnose da cultura do milho.

| Tratamentos | N | P | K | Ca | Mg | S |
|----------------------------------|---------------------|---------------------|--------------------|--------------------|---------------------|---------------------|
| Modos de Aplicação (MA) | g kg ⁻¹ | | | | | |
| Área total | 24,8 | 2,5 | 31,1 | 4,1 | 3,7 | 1,5 |
| Entrelinhas | 25,4 | 2,6 | 31,7 | 4,6 | 4,4 | 1,4 |
| Teste F | 3,24 ^{NS} | 1,82 ^{NS} | 0,36 ^{NS} | 3,19 ^{NS} | 16,06 ^{**} | 0,55 ^{NS} |
| Doses de CLE (base úmida) | | | | | | |
| 5,0 t ha ⁻¹ | 25,3 | 2,5 | 28,9 | 4,7 | 4,1 | 1,5 |
| 7,5 t ha ⁻¹ | 24,8 | 2,6 | 34,6 | 4,3 | 4,2 | 1,4 |
| 10,0 t ha ⁻¹ | 24,6 | 2,6 | 28,8 | 4,0 | 4,0 | 1,4 |
| 12,5 t ha ⁻¹ | 25,7 | 2,6 | 33,2 | 4,4 | 4,0 | 1,5 |
| Teste F | 2,48 ^{NS} | 0,81 ^{NS} | 9,11 ^{NS} | 1,06 ^{NS} | 0,27 ^{NS} | 0,73 ^{NS} |
| Tratamentos Adicionais (TA) | | | | | | |
| Controle absoluto | 20,4 | 2,2 | 30,8 | 4,4 | 4,1 | 1,2 |
| Adubação convencional | 24,8 | 2,8 | 28,2 | 6,0 | 5,0 | 1,7 |
| Teste F | 51,31 ^{**} | 15,71 ^{**} | 1,79 ^{NS} | 9,12 ^{**} | 6,76 [*] | 31,98 ^{**} |
| (TA) x [(MA) X (CLE)] | | | | | | |
| Média dos Tratamentos Adicionais | 22,6 | 2,5 | 29,5 | 5,2 | 4,6 | 1,4 |
| Média do Fatorial | 25,1 | 2,6 | 31,4 | 4,4 | 4,1 | 1,4 |
| Teste F | 52,80 ^{**} | 0,66 ^{NS} | 3,02 ^{NS} | 7,52 [*] | 6,92 [*] | 0,22 ^{NS} |
| Teste F (MA) x (CLE) | 8,43 ^{**} | 3,04 ^{NS} | 2,13 ^{NS} | 0,18 ^{NS} | 1,42 ^{NS} | 1,79 ^{NS} |
| Média Geral | 24,6 | 2,6 | 31,0 | 4,5 | 4,2 | 1,4 |
| CV (%) | 3,5 | 8,7 | 8,9 | 17,0 | 11,8 | 8,3 |

^{**}, ^{*} e ^{NS} - Significativo a 1% e 5% de probabilidade, e não significativo, respectivamente.

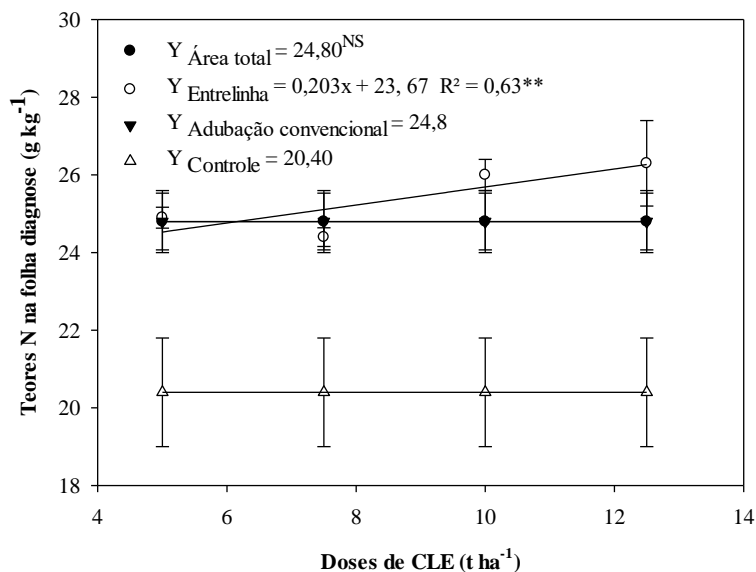


Figura 1 – Efeito das doses de composto de lodo de esgoto nos teores de N na folha diagnose em função dos tratamentos estudados. Média ($n = 4$) \pm o desvio-padrão.