



Teor de N foliar, índice SPAD, IAF e produtividade de grãos de arroz cultivado em solo adubado com composto de lodo de esgoto no Cerrado

Fernanda Ferreira Yukimitu^(1*); Adrielle Rodrigues Prates⁽¹⁾; Bruno Gasparoti Miranda⁽¹⁾; Jairo Candido de Matos Júnior⁽¹⁾; Paulo Zander Viera Girão⁽¹⁾; Vitor Fernandes Perroni⁽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, e-mail: feryukimitu@gmail.com).

RESUMO: Objetivou-se, com este estudo, avaliar os efeitos da aplicação de composto de lodo de esgoto (CLE) em solo típico de Cerrado (baixa fertilidade), sobre o teor de nitrogênio (N) foliar, o índice de área foliar (IAF), o índice SPAD e a produtividade de grãos da cultura do arroz. Para tal, foi realizado um experimento em condições de campo, em Selvíria-MS, utilizando-se como planta teste a cultura do arroz de terras altas. O delineamento experimental utilizado foi o de 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 $12,5 \text{ t ha}^{-1}$), dois modos de aplicação (área total e nas entrelinhas das culturas) e dois tratamentos controles (sem aplicação do composto e com adubação mineral convencional). O CLE promove o adequado teor de N foliar, além de aumentar a produtividade de grãos quando comparado a adubação convencional. Todavia, não interfere no índice SPAD e no IAF. O aumento das doses de CLE aplicadas na entrelinha, proporciona incremento na produtividade de grãos. A dose de 5 t ha^{-1} de CLE adicionada ao solo em área total é a que contribui para a maior produtividade de grãos de arroz de terras altas.

Termos de indexação: *Oryza sativa* L; Biosólidos; Resíduo urbano.

INTRODUÇÃO

O arroz (*Oryza sativa* L) é uma gramínea e um dos três cereais de maior produção e consumo no mundo. É a base alimentar diária de mais da metade da população mundial, tendo grande importância econômica e social (WALTER et al. 2008). No Brasil, o arroz tem dois grandes ecossistemas de produção, o arroz de várzea e o de terras altas. Este último, existe cultivares menos exigentes nutricionalmente devido sua tendência ao acamamento em solo de alta fertilidade e tolerância ao alumínio (Al), elemento comumente presente em grandes concentrações nos solos de Cerrado.

O N é o nutriente mais exigido e de maior responsividade na produtividade da cultura do arroz. Sua deficiência reduz a produtividade e o lucro. Por isso, o manejo adequado da adubação nitrogenada é de grande importância para atingir altas produtividades, sendo comum ocorrer o seu uso em excesso, poluindo o ambiente e trazendo gastos desnecessários com fertilizantes minerais (CARVALHO et al., 2012). Além do N, deve-se disponibilizar aos solos, pouco ou moderadamente férteis do Cerrado, macro e micronutrientes em quantidades adequadas para não limitar a produtividade. Uma possibilidade é a utilização do composto de lodo de esgoto (CLE), considerado fertilizante orgânico classe D, produzido a partir da compostagem termofílica de resíduos urbanos, que possui quantidades consideráveis de nutrientes de planta. Todavia, ainda são necessários estudos que demonstrem a viabilidade agrônômica do uso do CLE em solos, principalmente, os da região de Cerrado.

Dessa forma, objetivou-se com este estudo, avaliar os efeitos da aplicação de composto de lodo de esgoto (CLE) em solo típico de Cerrado (baixa fertilidade), sobre o teor de N foliar, o IAF, o índice SPAD e a produtividade de grãos da cultura do arroz.

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 (SANTOS et al., 2018) (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 $12,5 \text{ t ha}^{-1}$, 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 $1,8 \text{ t ha}^{-1}$ de gesso agrícola. Os tratamentos com CLE foram complementados com o fornecimento de macronutrientes via fertilizante mineral.

No início do florescimento, foram coletadas aleatoriamente a folha bandeira conforme recomendações de Cantarella, Raij e Camargo (1997). Esse mesmo material após seco e moído, foi submetido à digestão sulfúrica e destilação a vapor para a obtenção dos teores de N (MALAVOLTA et al., 1997). Para a variável índice SPAD foi realizada a leitura em 10 folhas bandeiras quando as plantas estavam no estágio de florescimento da cultura em cada parcela utilizando o aparelho ClorofiLOG modelo CFL1030 (FALKER®). Para o IAF, foi realizada o dimensionamento de 10 folhas bandeiras em cada parcela utilizando o aparelho LI-3000C Portable Leaf Area Meter (FALKER®). A produtividade de grãos foi realizada por meio da pesagem da massa dos grãos provenientes da área útil, convertida em kg ha^{-1} . Os valores das massas foram corrigidos para umidade de 13% (base úmida). Os resultados foram submetidos à análise de variância, 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.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Exceto para a produtividade de grãos, verificou-se que não houve interação entre modo de aplicação e as doses do CLE (Tabela 3). Assim, pôde-se notar que o as doses de CLE aplicadas não influenciaram o teor de N na planta, o índice SPAD e o IAF. Todavia, observou-se que o aumento das doses de CLE no solo proporcionou crescimento linear na produtividade de grãos quando o composto foi nas entrelinhas da cultura, sendo o maior valor (6.613 kg ha^{-1}) obtido na maior dose de $12,5 \text{ t ha}^{-1}$. Por outro lado, o aumento das de CLE aplicado em área total promoveu uma redução na produtividade de grãos, sendo o maior valor encontrado (6.613 kg ha^{-1}) na menor dose do composto adicionado ($5,0 \text{ t ha}^{-1}$) (Figura 1). Notou-se que o modo de aplicação influenciou apenas os teores de N nas plantas. Nesse caso, foi verificado maior teor do elemento quando o CLE foi aplicado em área total.

Porém, independente do modo de aplicação do CLE, observou-se que o teor de N obtido na folha diagnose variou de 31-34, demonstrando que o estado nutricional para N estava adequando, uma vez que os teores adequados de N na cultura do arroz, variam de $27\text{-}35 \text{ g kg}^{-1}$ (RAIJ et al., 1997).

Verificou-se efeito significativo entre a interação da média do fatorial (modo de aplicação e doses de CLE) e da média dos tratamentos adicionais (adubação convencional e controle absoluto), sendo que o índice SPAD foi maior para os tratamentos adicionais e a produtividade de grãos foi maior na média do fatorial. Esse resultado demonstra a capacidade do CLE em aumentar a produtividade da cultura do arroz quando comparado a adubação mineral. Sendo, com isso, fonte alternativa de fertilizante para essa cultura.

CONCLUSÕES

A adição de CLE aumenta a produtividade de grãos quando comparado a adubação convencional. Porém, quando aplicado na entrelinha, o CLE incrementa a produtividade de grãos. Em área total, doses acima de 5 t ha^{-1} de CLE contribuem para uma menor produtividade de grãos de arroz.

REFERÊNCIAS

- CANTARELLA, H.; RAIJ, B. van; CAMARGO, C. E. O. Cereais. 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. 45–47.
- CARVALHO, M.A.F.; SILVEIRA, P.M.; SANTOS, A.B. Utilização do clorofilômetro para racionalização da adubação nitrogenada nas culturas do arroz e do feijoeiro. 2012, pag. 1-14
- CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira de grãos, v. 5 - Safra 2017/18, n.10 - Décimo levantamento, julho 2018. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>>. Acesso em: 12 jul. 2018.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa do Solo. Manual de métodos de análise de solo. 2. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA, CNPS, 1997. 212 p.
- 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; 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.
- SANTOS, H.G. et al. Sistema brasileiro de classificação de solos. 5. ed. rev. e ampl. Brasília: Embrapa, 2018.
- WALTER, M.; MARCHEZAN, E.; AVILA, L.A. Arroz: composição e características nutricionais. Ciência Rural, 38: p. 1184-1192, 2018.

**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
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⁾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	--
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	
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 estudados no teor de N foliar, no índice SPAD, no índice de área foliar (IAF) e na produtividade de grãos de arroz de terras altas.

Tratamentos	Teor de N	SPAD	IAF	Produtividade
Modos de Aplicação (MA)	g kg ⁻¹		m ² m ⁻²	kg ha ⁻¹
Área total	33,38	44,4	35,5	5779,0
Entrelinhas	31,96	44,3	32,9	5875,8
Teste F	9,44**	0,09 ^{NS}	3,43 ^{NS}	0,24 ^{NS}
Doses de composto lodo de esgoto (CLE)				
5,0 t ha ⁻¹ (base úmida)	33,71	44,3	36,3	5835,1
7,5 t ha ⁻¹ (base úmida)	30,60	44,6	32,8	5626,9
10,0 t ha ⁻¹ (base úmida)	33,71	43,6	32,9	5950,0
12,5 t ha ⁻¹ (base úmida)	32,65	44,7	34,6	5897,5
Teste F (base úmida)	8,75 ^{NS}	2,50 ^{NS}	1,36 ^{NS}	0,51 ^{NS}
Tratamentos Adicionais (TA)				
Controle	31,30	45,0	30,6	4854,3
Adubação convencional	34,48	47,0	32,9	5645,8
Teste F	11,05**	9,78**	0,64 ^{NS}	3,95 ^{NS}
(TA) x [(MA) X (CLE)]				
Média dos Trat. Adic.	32,89	46,0	31,8	5250,0
Média do Fatorial	32,67	44,3	34,2	5827,4
Teste F	0,17 ^{NS}	24,48**	2,35 ^{NS}	6,72*
Teste F (MA) x (CLE)	4,19 ^{NS}	8,79 ^{NS}	0,87 ^{NS}	8,43**
Média Geral	32,71	44,7	33,7	5711,9
CV (%)	4,1	1,9	11,9	9,9

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

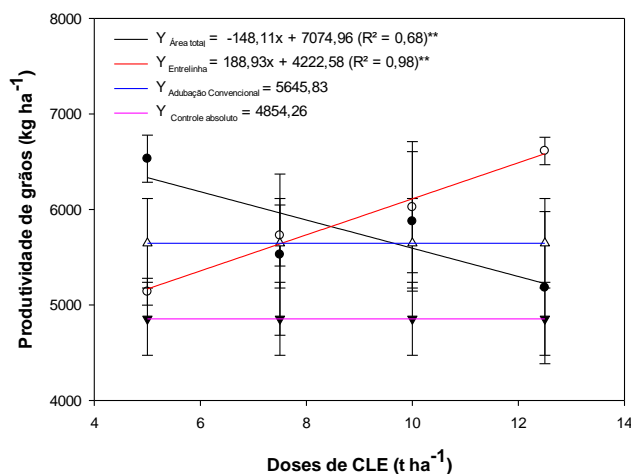


Figura 1 – Produtividade de grãos de arroz de terras altas em função do modo de aplicação e das doses de composto de lodo de esgoto (CLE) aplicadas.