

Parâmetros de qualidade do solo na presença de *Trichoderma* spp. no cultivo da soja

Soil quality parameters in the presence of Trichoderma spp. in soybean crop

Aida Terezinha Santos Matsumura^{1*}, Akio S. Matsumura¹, Márcia Eloísa da Silva¹, Marcos Cardoso Martins-Júnior², Tiela Trapp Grassotti¹, Letícia da Fontoura Xavier Costa¹, Aicha Daniela Ribas e Ribas¹, Akira S. Matsumura¹

¹ICB BIOAGRITEC Ltda.

²Universidade do Estado de Santa Catarina

*Autora para correspondência: aida@ufrgs.br

RESUMO

A soja (*Glycine max* (L.) Merr.) é a principal cultura comercializada no cenário do agronegócio mundial, sendo o Brasil o maior produtor. O sucesso da produtividade está relacionado ao sistema solo-planta-microrganismos. Entender esta dinâmica auxilia no manejo e na produtividade agrícola. Assim, este trabalho teve como objetivo documentar, em diferentes estádios fenológicos de plantas de soja, a relação estabelecida entre os parâmetros de qualidade de solo e a presença de *Trichoderma* spp. Antes da semeadura da soja, o solo foi tratado com um formulado de espécies de *Trichoderma* spp. (ICB Nutrisolo Trichoderma, RS, Brasil). Análises foram realizadas durante os períodos de solo (sem planta), floração (63 dias) e maturação (152 dias). *Trichoderma* spp. foi identificado na rizosfera aos 63 dias e endofiticamente aos 152 dias. Aos 63 dias houve uma maior disponibilidade de fósforo, manganês, boro e matéria orgânica no solo. Desta forma, é possível estabelecermos uma relação entre a presença de *Trichoderma* spp. e o aumento dos nutrientes no solo. Fato este que caracteriza o uso deste fungo como um otimizador da fertilidade do solo.

Palavras-chave: *Glycine max* (L.). Macronutrientes. Matéria orgânica. Produtividade.

ABSTRACT

Soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) is the main crop commercialized in the world agribusiness scenario, being Brazil the largest producer of this crop. Productivity success is related to the soil-plant-microorganism system. Understanding this dynamic helps in agricultural management and productivity. This work aimed to document, at different phenological stages of soybean plants, the relationship established between soil quality

Realização:



Apoio:



parameters and the *Trichoderma* spp. presence. The soil was treated with a consortium of *Trichoderma* spp. (ICB Nutrisolo Trichoderma, RS, Brazil) before soybean sowing. Analyzes were performed in the soil (no plant), flowering (63 days) and maturation (152 days) periods. Species of *Trichoderma* were identified in the rhizosphere and endophytic form at 63 and 152 days, respectively. A greater availability of phosphorus, manganese, boron and organic matter in soil was observed at 63 days evaluation. Therefore, it is possible to establish a relationship between the presence of *Trichoderma* spp. and the increase of nutrients in the soil. This fact characterizes the use of this fungus as a soil fertility optimizer.

Keywords: *Glycine max* (L.), macronutrients, organic matter, productivity.

1 INTRODUÇÃO

O uso de microrganismos tem sido considerado uma estratégia biotecnológica promissora no progresso agrícola, principalmente na cultura da soja. Como o solo é considerado a base para agricultura, deve possuir seus componentes em equilíbrio, sendo estes: minerais, matéria orgânica, ar, água e microbiota (PARIKH; JAMES, 2012). Fungos como o gênero *Trichoderma* spp., quando presentes no solo, disponibilizam nutrientes que estavam inacessíveis às plantas, proporcionando maiores rendimentos no cultivo (CONTRERAS- CORNEJO *et al.*, 2009). Portanto, este estudo foi realizado com o objetivo de documentar, em diferentes estádios fenológicos de plantas de soja, a relação estabelecida entre os parâmetros de qualidade de solo e a presença de *Trichoderma* spp.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Plantas de soja *Glycine max* (L.) Merr (variedade Pioneer 95R90) foram obtidas de lavoura que possui sistema de rotação de cultura (soja, arroz e pousio), localizada no município de Jaguarão, Rio Grande do Sul, Brasil, durante safra de 2020/2021. As culturas foram inoculadas com *Trichoderma* spp. (ICB Nutrisolo Trichoderma, RS, Brasil) antes da semeadura, juntamente ao tratamento convencional, em área total. Foram selecionados dois talhões ao acaso, onde 30 subamostras constituíram um *pool*, durante os períodos de solo (sem planta), floração (63 dias) e maturação (152 dias).

Para cada etapa de coleta, 400 g de solo foram enviados ao Laboratório de Análise de Solos da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, onde foram realizadas análises

Realização:



Apoio:



de concentração de argila pelo método do densímetro; pH em água 1:1; fósforo (P), potássio (K), cobre (Cu), zinco (Zn) e sódio (Na) determinados pelo método de Mehlich 1; matéria orgânica (MO) por digestão úmida; cálcio (Ca), magnésio (Mg), alumínio (Al) e manganês (Mn) trocáveis extraídos com KCl 1 mol L⁻¹; S-SO₄ extraídos com CaHPO₄ 500 mg L⁻¹ de P; boro (B) extraído com água quente (Laboratório de Análises de Solo, Universidade Federal do Rio Grande do Sul).

Os resultados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e ao teste de Tukey(p<0,05) pelo software SISVAR. Dados quantitativos foram submetidos à análise de regressão utilizando software Sigmaplot 11.0. Análise de componentes principais (PCA) foi utilizada para identificar a correlação entre as amostras de solo e rizosféricas e variáveis macro e micronutritivas do solo, utilizando o software R.

3 RESULTADOS

Os resultados evidenciam que o *Trichoderma* spp. não estava presente no solo anteriormente ao tratamento biológico. No entanto, aos 63 dias, *Trichoderma* spp. rizosférico demonstrou associação às raízes das plantas de soja (21,3%), não sendo encontrado endofiticamente. Aos 152 dias, a abundância deste fungo reduziu na rizosfera (5,3%) e se manifestou de forma endofítica (20,6%) Tabela 1.

Tabela 1- Frequência de *Trichoderma* spp. isolados de solo, rizosfera e endofíticos e suas variações conforme estágio fenológico de plantas de soja.

	Número (%) de UFC isoladas de Espécies UFC (n)				
	Solo	Rizosfera		Endofíticos	
	sem planta	63 dias	152 dias	63 dias	152 dias
<i>Trichoderma</i> spp. (71)	-	51 (21,3)	13 (5,3)	-	7 (20,6)

Resultados da análise de macro e micronutrientes no solo (Tabela 2), indicaram uma variação principalmente em relação ao P, K, MO, Ca+Mg, S, Zn, Mn e H+Al.

Realização:



Apoio:



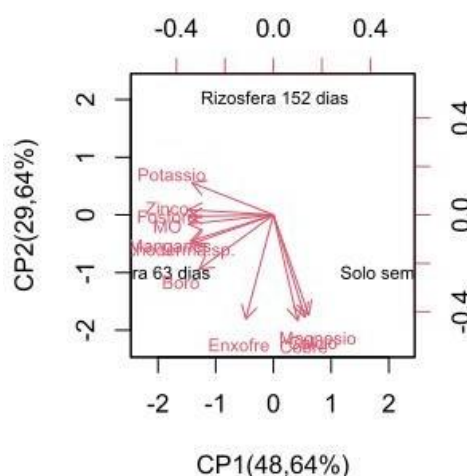
Tabela 2- Propriedades presentes no solo em relação a macro e micronutrientes.

Nutrientes	Coleta		
	Solo	63 dias	152 dias
P (mg/dm ³)	10,7 ^b	22,3 ^a	16,3 ^{ab}
K (mg/dm ³)	53,6 ^b	127,3 ^a	109,3 ^a
MO (%)	1,4 ^b	2,5 ^a	1,9 ^{ab}
Ca troc. (cmolc/dm ³)	11,8 ^a	10,3 ^b	7,9 ^c
Mg troc. (cmolc/dm ³)	3,5 ^a	3 ^a	2,4 ^b
H+Al (cmolc/dm ³)	1,2 ^b	2,6 ^a	2,3 ^a
S (mg/dm ³)	9,3 ^a	11,4 ^a	4,8 ^b
Zn (mg/dm ³)	0,7 ^c	1,2 ^a	1 ^b
Cu (mg/dm ³)	0,9 ^a	0,8 ^{ab}	0,6 ^b
B (mg/dm ³)	0,6 ^a	0,8 ^a	0,6 ^a
Mn (mg/dm ³)	3 ^b	22 ^a	8 ^b

SMP: Shoemaker, Mac lean e Pratt; P: Fósforo; K: Potássio; MO: Matéria orgânica; Ca: Cálcio Zn: Zinco; B: Boro; Mn: Manganês.; Al: Alumínio; Mg: Magnésio; S: Enxofre; Cu: Cobre; H: Hidrogênio. Letras iguais na mesma linha não diferem estatisticamente entre si.

A análise dos parâmetros do solo testados com *Trichoderma* spp. no decorrer do tempo de pesquisa indicou aos 63 dias relação com manganês, boro, matéria orgânica e fósforo (Figura 1).

Figura 1- Análise de componentes principais de variáveis de macro e micronutrientes do solo não cultivado e com plantas de soja com 63 e 152 dias em relação à presença de *Trichodermaspp.*



4 DISCUSSÃO

A partir dos resultados foi constatada a relação da presença de *Trichoderma* spp. com características de qualidade do solo. Comunidades fúngicas rizosféricas são refletidas

Realização:



Apoio:



de acordo com variações das características da planta, como condições ambientais predominantes e condições abióticas (LUMIBAO *et al.*, 2020). A análise da frequência de *Trichoderma* spp. no solo, na rizosfera, endofítico e suas variações indicaram que houve primeiramente uma colonização das raízes das plantas e, posteriormente, a adaptação ao estado endofítico. Existem algumas evidências de que a capacidade de um microrganismo em promover o crescimento da planta esteja ligada à sua presença endofítica no tecido vegetal (STEWART; HILL, 2014). As interações *Trichoderma* – raiz podem ocorrer intercelularmente produzindo compostos fenólicos, o que aumenta significativamente o crescimento da raiz e das radículas, expandindo a absorção de macro e micronutrientes (SHORESH *et al.*, 2010). A habilidade em penetrar nas raízes e se desenvolver endofiticamente foi uma característica apresentada por *Trichoderma* spp.

A dinâmica apresentada nos parâmetros listados da Tabela 2 pode estar associada à maturação fenológica das plantas de soja, com maior concentração aos 63 dias. Porém, alguns macro e micronutrientes mostraram inter-relação com a presença de *Trichoderma* spp. conforme análise de PCA realizada (Figura 1). Altas densidades populacionais de *Trichoderma* spp. tem sido relacionadas à disponibilização de Ca^{2+} , Mg^{2+} , P, Na^+ , K^+ e Mn^+ na parte aérea das plantas (RASSOL *et al.*, 2011) e no solo rizosférico (MANZAR *et al.*, 2022). O teor de manganês foi um dos elementos que atingiu a maior concentração aos 63 dias, resultado que pode estar associado a integridade das plantas. Sintomas de deficiência de manganês em caupi (*Vignasinensis* (L.) (Endl)) indicam redução na área foliar e clorose internerval em folhas novas, queda de folíolos e redução de produção de vagens (MALAVOLTA *et al.*, 1980). A deficiência em soja está relacionada a baixos teores no solo, ou à indisponibilidade do elemento induzida pela aplicação de calcário (OLIVEIRA *et al.*, 2000). Compostos mangânicos altamente solúvel Mn^{2+} tendem a oxidar-se a Mn^{4+} e precipitar como óxido diminuindo a disponibilidade (BORKERT, 1991). Um importante fator na liberação de compostos imobilizados, em condições naturais, são as reações microbiológicas ocorrentes no solo. Estudos relataram a influência positiva do *Trichoderma* spp. nos teores de manganês no solo (HARMAM *et al.*, 2004).

Um acréscimo no teor de fósforo a partir dos 63 dias foi observado, momento em que *Trichoderma* spp. aparece em maior abundância na porção solo/rizosfera. Espécies do gênero *Trichoderma* são mencionadas na literatura como solubilizadoras de fosfatos

Realização:



Apoio:



(GARCÍA-LÓPEZ *et al.*, 2015). O fósforo é um macronutriente de grande importância no desenvolvimento e crescimento da cultura da soja. A solubilização de fosfatos por cepas do *Trichoderma* é mediada principalmente pela produção e a liberação de ácidos orgânicos e de enzimas fosfatases (BEHERA *et al.*, 2014), podendo atuar também como agente quelante dos íons cálcio, alumínio e ferro que estão ligados aos íons fosfatos (BOLAN *et al.*, 1994).

A correlação do efeito positivo do *Trichoderma* spp. na eficiência de solubilização de fósforo e aumento da produtividade foi relatado na cultura da soja (BONONI *et al.* 2020). O boro se destacou aos 63 dias, igualmente relacionado à presença do *Trichoderma* spp. O Boro é considerado um dos micronutrientes essenciais, que desempenha importante função no desenvolvimento das plantas de soja. *Trichoderma* tem sido visto como um facilitador de translocação deste mineral em plantas, e em associação com este mineral demonstrou significativo incremento de biomassa seca da raiz e da parte aérea em mudas para reflorestamento (MOREIRA *et al.*, 2019). O teor de matéria orgânica é considerado um indicativo de produtividade do solo.

A análise de 63 dias foi um dos elementos que ganhou destaque, uma vez que gerou maior fornecimento de nutrientes às plantas. Efeitos significativos do *Trichoderma* sp. sobre o aumento de produtividade são atribuídos à produção de diversas enzimas líticas (WAGHUNDE *et al.*, 2016). A celulase produzida por espécies de *Trichoderma* auxilia no aumento e na velocidade da decomposição de resíduos de culturas, principalmente às de difícil decomposição, como a palhada (BAUGH; ESCOBAR, 2007). Dados referentes à produtividade de soja indicaram que o tratamento composto por *Trichoderma harzianum* juntamente a ácidos húmicos e fúlvicos resultaram em maior produtividade quando comparado aos demais tratamentos (SOUZA, 2020).

5 CONCLUSÕES

Neste estudo foi possível verificar a presença de *Trichoderma* spp. após a aplicação do formulado no solo de plantio em condições rizosféricas e endofíticas de plantas de soja com 63 e 153 dias, respectivamente. Aos 63 dias houve uma maior disponibilidade de fósforo, manganês, boro e matéria orgânica no solo. Desta forma, é possível estabelecermos uma relação entre a presença de *Trichoderma* spp. e o aumento dos nutrientes no solo. Fatoeste que caracteriza o uso deste fungo como um otimizador da fertilidade do solo.

Realização:



Apoio:



REFERÊNCIAS

- BAUGH, C. L.; ESCOBAR, B. The genus *Bacillus* and genus *Trichoderma* for agricultural bio-augmentation. **Rice Farm Magazine**, v. 1, p. 1-4, 2007.
- BEHERA, B. C. *et al.* Diversity, mechanism and biotechnology of phosphate solubilising microorganism in man grove - A review. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, v. 3, p. 97-110, 2014.
- BOLAN, N.S. *et al.* Influence of low molecular-weight organic acids on the solubilization of phosphates. **Biology and Fertility of Soils**, v. 18, p. 311-319, 1994.
- BONONI, L. *et al.* Phosphorus-solubilizing *Trichoderma* spp. from Amazon soils improve soybean plant growth. **Scientific Reports**, v. 10, article 2858, 2020.
- BORKERT, C. M. Manganês. In: FERREIRA, M.E.; CRUZ, M.C.P. (Eds.). **Micronutrientes na agricultura**. Piracicaba: Potafos/CNPq, 1991. p. 173-189.
- CONTRERAS-CORNEJO, H. A. *et al.* *Trichoderma*-induced plant immunity likely involves both hormonal- and camalex independent mechanisms in *Arabidopsis thaliana* and confers resistance against necrotrophic fungus *Botrytis cinerea*. **Plant Signaling & Behavior**, n. 6, v. 10, p. 1554-1563, 2011.
- GARCÍA-LÓPEZ A. M.; AVILÉS, M.; DELGADO, A. Plant uptake of phosphorus from sparingly available P- sources as affected by *Trichoderma asperellum* T34. **Agricultural and Food Science**, v. 24, p. 249–260, 2015.
- HARMAN, G. E. *et al.* *Trichoderma* Species - Opportunistic, Avirulent Plant Symbionts. **Nature Review Microbiology**, v. 2, p. 43-56. 2004.
- LUMIBAO, C. Y. *et al.* Rhizosphere microbial communities reflect genotypic and trait variation in a salt marsh ecosystem engineer. **American Journal of Botany**, n. 7, v. 6, p. 1- 9, 2020.
- MALAVOLTA, E. *et al.* Deficiências e excessos minerais no feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L., cv. Carioca). **Anais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz**, n. 7, v. 2, p. 701-718, 1980.
- MANZAR, N. *et al.* *Trichoderma*: advent of versatile biocontrol agent, its secrets and insights into mechanism of biocontrol potential. **Sustainability**, n. 4, v. 19, p. 3210-3390, 2022.
- MOREIRA, M. A. *et al.* Doses de boro em paricá combinada com a utilização de isolados de *Trichoderma* spp. **Anais da Semana de Ciências Agrárias e Jornada de Pós-Graduação em Produção Vegetal**, 2019.
- OLIVEIRA JUNIOR, J. A. D.; MALAVOLTA, E.; CABRAL, C. P. Efeitos do manganês

Realização:



Apoio:



sobre a soja cultivada em solo de Cerrado do Triângulo Mineiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, n. 35, v. 8, p. 1629–1636, 2000.

SHORESH, M.; HARMAN, G. E, MASTOURI F. Induced systemic resistance and plant responses to fungal biocontrol agents. **Annual Review of Phytopathology**, v. 48, p. 21–43, 2010.

SOUZA, M. S. **Desempenho de soja orgânica com uso de *Trichoderma harzianum* e condicionador de solo**. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas) no Programa de Pós- Graduação em Agroecossistemas (Área de Concentração: Manejo de Culturas Anuais em Agroecossistemas) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2020.

STEWART, A.; HILL, R. Chapter 31 – Applications of *Trichoderma* in plant growth promotion. *In: Biotechnology and biology of Trichoderma*. GUPTA V. K. *et al.* (Eds). 2014.p. 415-428.

WAGHUNDE, R. R.; SHELAKE, R. M.; SABALPARA, A. N. *Trichoderma*: a significant fungus for agriculture and environment. **African Journal of Agricultural Research**, n. 1, v. 22,p. 1952-1965, 2016.

Realização:



Apoio:

