

Eficiência de Trichoplus (*Trichoderma asperellum*) como promotor de crescimento vegetal em soja em campo no cerrado

Efficiency of Trichoplus (*Trichoderma asperellum*) as a plant growth promoter in soybean in the Cerrado field

Eficiencia de Trichoplus (*Trichoderma asperellum*) como promotor del crecimiento vegetal en soja en el campo Cerrado

Recebido: 11/03/2022 | Revisado: 19/03/2022 | Aceito: 26/03/2022 | Publicado: 01/04/2022

Aloisio Freitas Chagas Junior

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7489-8701>
Universidade Federal do Tocantins, Brasil
E-mail: chagasjraf@uft.edu.br

Manuella Costa Souza

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4697-6178>
Universidade Federal do Tocantins, Brasil
E-mail: manuella8_gpi@hotmail.com

Albert Lennon Lima Martins

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2683-2035>
FAPEMIG, Brasil
E-mail: eng.albertlennon@gmail.com

Celso Afonso Lima

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9684-0682>
Universidade Federal do Tocantins, Brasil
E-mail: celsoa.lima@hotmail.com

Kellem Ângela Oliveira de Sousa

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1474-7730>
Universidade Federal do Tocantins, Brasil
E-mail: sousaka_@hotmail.com

Paulo Antonio Amaral Cardoso Pinheiro Santana

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9299-4035>
Universidade Federal do Tocantins, Brasil
E-mail: paulo.antonio@uft.edu.br

Milena Barreira Lopes

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9871-9819>
Universidade Federal do Tocantins, Brasil
E-mail: licia.leao@mail.uft.edu.br

Lillina França Borges Chagas

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0083-6452>
Universidade Federal do Tocantins, Brasil
E-mail: lillianfbc@uft.edu.br

Resumo

Este trabalho teve como objetivo avaliar a eficiência de TrichoPlus (*Trichoderma asperellum*) como promotor de crescimento vegetal em soja e no desempenho produtivo em campo, no cerrado. Foram realizados dois experimentos independentes nos municípios de Porto Nacional (safra 2019/2020) e Formoso do Araguaia (safra 2019), Tocantins, Brasil. Para o tratamento com o produto TrichoPlus, foi utilizada a formulação em pó, com princípio ativo a base de *T. asperellum*, formulado com concentração mínima de 2×10^8 UFC g^{-1} , tendo na composição o grafite, sendo aplicado direto nas sementes (TS) antes do plantio. Foram determinados os parâmetros de biomassa, manutenção de estande e produtividade. Os resultados positivos para as características de biomassa, manutenção de estande e produtividade foram evidenciados no tratamento com TrichoPlus, observado nos experimentos em Porto Nacional, com ganhos em biomassa vegetal acima de 19% e aumento de produtividade estimado em 8,1%. Para os experimentos em Formoso do Araguaia, os dados de biomassa e produtividade foram superiores para as doses entre 4 e 6 $g\ kg^{-1}$ de sementes, com ganhos em produtividade, para estas doses, de 23,6 e 16,2% em relação a testemunha absoluta, respectivamente. A inoculação de soja, na região de Porto Nacional e Formoso do Araguaia, com o produto TrichoPlus promoveu incremento para as características de biomassa, eficiência na manutenção de estande e produtividade, comprovando sua eficiência na promoção de crescimento vegetal e, conseqüentemente, na produtividade.

Palavras-chave: Inoculante; Fungo; *Glycine max* L.; Biomassa; Produtividade.

Abstract

The objective of this work was to evaluate the efficiency of TrichoPlus (*Trichoderma asperellum*) as a plant growth promoter in soybean and the productive performance in the field, in the cerrado. Two independent experiments were carried out in the municipalities of Porto Nacional (2019/2020 season) and Formoso do Araguaia (2019 season), Tocantins, Brazil. For the treatment with the TrichoPlus product, the powder formulation was used, with active principle based on *T. asperellum*, formulated with a minimum concentration of 2×10^8 CFU g^{-1} , having graphite in the composition, being applied directly to the seeds (TS) before planting. Biomass, stand maintenance and productivity parameters were determined. The positive results for the characteristics of biomass, stand maintenance and productivity were evidenced in the treatment with TrichoPlus, observed in the experiments in Porto Nacional, with gains in plant biomass above 19% and an estimated increase in productivity of 8.1%. For the experiments in Formoso do Araguaia, the biomass and productivity data were higher for doses between 4 and 6 $g\ kg^{-1}$ of seeds, with productivity gains, for these doses, of 23.6 and 16.2% in relation to the absolute witness, respectively. Soybean inoculation, in the Porto Nacional and Formoso do Araguaia regions, with the TrichoPlus product promoted an increase in biomass characteristics, efficiency in stand maintenance and productivity, proving its efficiency in promoting plant growth and, consequently, in productivity.

Keywords: Inoculant; Fungus; *Glycine max* L.; Biomass; Productivity.

Resumen

El objetivo de este trabajo fue evaluar la eficiencia de TrichoPlus (*Trichoderma asperellum*) como promotor del crecimiento vegetal en soja y el comportamiento productivo en campo, en el cerrado. Se realizaron dos experimentos independientes en los municipios de Porto Nacional (cosecha 2019/2020) y Formoso do Araguaia (cosecha 2019), Tocantins, Brasil. Para el tratamiento con el producto TrichoPlus se utilizó la formulación en polvo, con el principio activo a base de *T. asperellum*, formulado con una concentración mínima de 2×10^8 UFC g^{-1} , teniendo grafito en la composición, aplicándose directamente a las semillas (TS) antes de la siembra. Se determinaron parámetros de biomasa, mantenimiento de rodales y productividad. Los resultados positivos para las características de biomasa, mantenimiento del rodal y productividad se evidenciaron en el tratamiento con TrichoPlus, observado en los experimentos en Porto Nacional, con ganancias de biomasa vegetal superiores al 19% y un aumento estimado de la productividad del 8,1%. Para los experimentos en Formoso do Araguaia, los datos de biomasa y productividad fueron mayores para dosis entre 4 y 6 $g\ kg^{-1}$ de semillas, con ganancias de productividad, para esas dosis, de 23,6 y 16,2% con relación al testigo absoluto, respectivamente. La inoculación de soja, en las regiones de Porto Nacional y Formoso do Araguaia, con el producto TrichoPlus promovió el aumento de las características de la biomasa, la eficiencia en el mantenimiento de los rodales y la productividad, demostrando su eficiencia en la promoción del crecimiento de las plantas y, consecuentemente, en la productividad.

Palabras clave: Inoculante; Hongos; *Glicina max* L.; Biomasa; Productividad.

1. Introdução

A alta produtividade de culturas como a soja (*Glycine max* L.) geralmente está associada com a utilização, entre outros fatores, de doses elevadas de fertilizantes e pesticidas. Estes por sua vez representam significativa parcela nos custos de produção da cultura, além de serem industrialmente obtidos de fontes não-renováveis, e potencialmente poluentes ambientais.

A utilização de microrganismos benéficos em grandes commodities agrícolas vem ganhando espaço no Brasil. Com a intensificação dos problemas encontrados no campo de quebra de resistência de produtos químicos, o uso de microrganismos na agricultura está apresentando bons resultados e está tornando-se alvo de grandes empresas que atuam com microrganismos para o controle biológico e promotores de crescimento vegetal (Brasil, 2019), como por exemplo o *Trichoderma* (Bettiol et al., 2019). Produtos biológicos estão em crescente demanda no manejo de grandes culturas no Brasil e no mundo. Atualmente existem diferentes produtos microbianos registrados no Brasil, e entre estes destaca-se o fungo pertencente ao gênero *Trichoderma*, tanto para o controle de patógenos radiculares ou habitantes do solo e substrato como promotores de crescimento vegetal (Mascarin et al., 2019).

Como vantagem adicional, esses microrganismos são referidos como atóxicos ao homem e animais (Mertz et al., 2009), de custo acessível, sua produção não depende de um recurso natural limitado e alguns, ainda, podem persistir no solo ou nas plantas, podendo dispensar reaplicações (Suassuna et al., 2019). Tais fungos apresentam alta diversidade genética (Bissett et al., 2015; Quin & Zhuang, 2016; Plessis et al., 2018) e podem ser usados para produzir uma ampla variedade de produtos de interesse. As espécies de *Trichoderma* se adaptaram a vários ecossistemas, onde desempenham um papel importante na saúde

dos ecossistemas. Esses fungos são componentes predominantes da microbiota tanto em solos nativos quanto em solos agrícolas. Além de serem capazes de colonizar raízes das plantas, e alguns também colonizam a parte aérea e podem se desenvolver endofiticamente (Guzmán-Guzmán et al., 2019).

Algumas linhagens de *Trichoderma* aumentam a superfície total do sistema radicular, possibilitando um maior acesso aos elementos minerais nele presentes. Outras são capazes de solubilizar e disponibilizar para a planta o fosfato de rocha, ferro, cobre, manganês e zinco. Também, podem melhorar os mecanismos ativos de absorção de macro e micronutrientes, bem como, aumentar a eficiência da planta para utilizar alguns nutrientes importantes, como o nitrogênio (Das et al., 2017; Woo & Pepe, 2018; Mendoza-Mendoza et al., 2018).

Este fungo pode influenciar positivamente na germinação de sementes, no desenvolvimento e rendimento da cultura devido, também, à produção de substâncias promotoras de crescimento e melhoria na nutrição das plantas, principalmente pela solubilização de fósforo, síntese de ácido indol acético (Chagas et al., 2017a,b,c), como agentes de controle de doenças de várias plantas cultivadas e indutores de resistência de doenças nas plantas (Daz et al., 2017; Woo & Pepe, 2018; Mendoza-Mendoza et al., 2018)

O uso de *Trichoderma* para o biocontrole e como promotor de crescimento vegetal apresenta inúmeras vantagens, porém alguns problemas têm limitado o seu uso, entre eles a sensibilidade do organismo à radiação, umidade inadequada e baixa estabilidade térmica, fatores que causam baixa biopersistência dos organismos no ambiente (Vemmer & Patel, 2013). Assim, especialmente em relação as condições climáticas do Brasil, a persistência desses organismos é, em média, de apenas três dias e este fator acaba por reduzir a eficiência no campo (Fraceto et al., 2019), fazendo-se necessário o desenvolvimento de tecnologias que possam aumentar a persistência. Outros problemas enfrentados são alguns resultados insatisfatórios que estes apresentam, existindo muitas vezes a necessidade de ser realizar diversas aplicações, ou até mesmo a complementação com pesticidas não biológicos e uso de fertilizantes, sendo que na maioria das vezes esta necessidade se faz devido a problemas na tecnologia da aplicação empregada, e não devido a ineficiência do produto. Assim, além da busca por novos produtos, a adequação da tecnologia de aplicação é uma etapa crucial no manejo de uso de produtos biológicos.

Considerando a utilização da formulação em pó, o produto TrichoPlus, contendo o princípio ativo *Trichoderma asperellum* (concentração de 2×10^8) e grafite, visa o tratamento de sementes, proporcionando a aderência e proteção do *Trichoderma* em contato direto com a semente e a proteção logo após o plantio.

Este trabalho teve como objetivo avaliar a eficiência de TrichoPlus (*Trichoderma asperellum* UFT 201), como promotor de crescimento vegetal em soja e o desempenho produtivo em campo, no cerrado.

2. Metodologia

Foram realizados dois experimentos independentes distribuídos nos municípios de Porto Nacional e Formoso do Araguaia, Tocantins, Brasil.

Experimentos em Porto Nacional

O experimento foi realizado na safra 2019/2020, no período de dezembro de 2019 a abril de 2020, no município de Porto Nacional, na Estação de Pesquisa ALX Farias Agro Pesquisa Agropecuária dos Cerrados LTDA (23°36'45,1" S - 51°11'01,4" O, com altitude média de 212 metros). A caracterização climática local é de clima tropical úmido com classificação do tipo Aw segundo Köppen e Geiger, temperatura média foi de 27,0 °C e 1603 mm o valor da pluviosidade média na safra 2019/2020.

Antes do plantio, coletou-se uma amostra de solo composta e realizou-se a caracterização química, conforme Tabela 1, apresentando as seguintes características granulométricas: 71,0, 27,4 e 1,6% de areia, silte e argila, respectivamente (Embrapa, 2011).

Tabela 1. Análise química do solo utilizado para o cultivo de soja em Porto Nacional, Tocantins, Safras 2019/2020.¹

Profundidade	pH	P	K	Al ³⁺	H+Al	Ca ²⁺	Mg ²⁺	SB	T	V	MO
cm	H ₂ O	mg dm ⁻³		-----	cmol _c dm ⁻³ -----					%	g.dm ⁻³
0-20	5,8	38,3	24,0	0,0	2,0	3,61	1,20	5,1	7,1	71,6	19,5

¹ Atributos químicos da profundidade de 0-20 cm; pH em água - Relação 1:2,5; P e K – extrator Mehlich 1; Al³⁺, Ca²⁺ e Mg²⁺ – Extrator KCl (1 mol L⁻¹); H + Al – Extrator SMP; SB = Soma de Bases Trocáveis; (T) = Capacidade de Troca Catiônica a pH 7,0; V – Índice de Saturação de Bases; e MO = matéria orgânica (oxidação: Na₂Cr₂O₇ 4N + H₂SO₄ 10N). Fonte: Autores.

Foi realizada a calagem, sendo feita aos 65 dias antes do plantio, na quantidade de 1,5 Ton. ha⁻¹. O preparo da área foi feito pelo método convencional, utilizando uma gradagem, duas operações de nivelamento com intuito de uniformizar a área com uso de grade niveladora e a sulcagem, adotando profundidade de sulco de 10 cm e espaçados 50 cm entre linhas.

Foi realizada a adubação mineral antes da semeadura conforme recomendação para a cultura, sendo utilizado a quantidade de 250 kg ha⁻¹ de MAP, e cobertura com KCl com 200 kg ha⁻¹, aos 30 dias após o plantio.

Cada parcela experimental foi constituída por oito linhas de 4 m, com o espaçamento entre linhas de 0,5 m, 1 m entre parcelas e 1 m entre blocos, totalizando cada parcela experimental 24 m².

Os tratamentos utilizados foram a inoculação do produto TrichoPlus (*Trichoderma asperellum*) e uma testemunha absoluta (sem inoculação de *Trichoderma*). O experimento foi em blocos ao acaso e quatro repetições.

Foi feita a inoculação das sementes com TrichoPlus, utilizando a formulação em pó, com princípio ativo a base de *Trichoderma asperellum* UFT 201, formulado com concentração mínima de 2 x 10⁸ UFC g⁻¹, tendo na composição o grafite como inerte, sendo aplicado direto nas sementes (TS) antes do plantio. O inoculante foi misturado nas sementes no dia do plantio.

As sementes foram tratadas um dia antes do plantio com produto a base de Piraclostrobina + Tiofanato Metílico + Fipronil, sendo utilizados 100 gramas para cada 50 kg de sementes. No dia do plantio as sementes de soja foram inoculadas com rizóbio, com *Bradyrhizobium japonicum* (SEMIA 5079 e SEMIA 5080), na proporção de 500 g do inoculante para cada 50 kg de semente, conforme as recomendações dos fabricantes.

Foi utilizada a cultivar de soja M 8644 ipro. Foram utilizadas 14 sementes por metro linear, objetivando um estande final de 11 plantas por metro linear.

Foram realizados os manejos fitotécnicos e fitossanitários necessários, segundo recomendações de Henning (2009). Foram utilizados os herbicidas a base de Glifosato, Clotodin e óleo mineral nas doses de 2,0, 0,8 e 0,5 L ha⁻¹. Os inseticidas utilizados ao longo do cultivo foram a base de Acetamiprido e Piriproxifem (0,3 L ha⁻¹), Acetamiprido e Fenpropatrina + óleo mineral (0,5 + 0,3 L ha⁻¹), Imidacloprido + Piriproxifem + óleo mineral (0,25 + 0,3 + 0,5 L ha⁻¹), Ciantraniliprole (0,5 L ha⁻¹) e Acetamiprido + Piriproxifem (0,3 L ha⁻¹).

Foram realizadas duas avaliações, uma aos 28 dias após a semeadura (DAS) (estádio V3-V4) e outra aos 122 DAS (estádio R8). Na primeira avaliação foi determinada a altura e biomassa de raiz e parte aérea, utilizando-se 15 plantas por repetição. Plantas e raízes foram coletadas e o material foi lavado em água corrente e levado para secar em estufa a 60 °C para determinação da massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR) e massa seca total (MST). Com os dados de MSPA, MSR e MST determinou-se a eficiência relativa do tratamento com inoculação de Trichoplus em relação a testemunha

sem inoculação, calculada segundo a fórmula: $ER = (MS \text{ inoculada com } Trichoderma / MS \text{ sem inoculação de } Trichoderma) \times 100$. Determinou-se, também, o estande inicial.

Na segunda avaliação determinou-se estande final e com os dados de estande inicial e final, foi determinada a eficiência (E%) da inoculação de TrichoPlus, calculada utilizando-se a equação: $E\% = \{1 - [Ti / Tc]\} \times 100$ (Gava & Menezes, 2012), onde Ti foi o tratamento com inoculação de TrichoPlus e Tc foi o tratamento testemunha absoluta (sem inoculação).

A produção de grãos foi obtida nas fileiras centrais de cada parcela com área útil de 4,5 m², após a maturação fisiológica das plantas, quando aproximadamente 90% das vagens apresentavam-se secas. Em seguida, as vagens foram debulhadas manualmente corrigindo-se a umidade dos grãos para 13%, sendo quantificada a produtividade na área útil e estimada em kg ha⁻¹ e sacas ha⁻¹ (sacas = 60 kg).

Uma hipótese de igualdade entre as médias dos dois tratamentos foi feita pelo teste F da análise de variância para p = 0,05, usando o programa estatístico SISVAR (Ferreira, 2019).

Experimento Formoso do Araguaia

O experimento foi realizado no município de Formoso do Araguaia, projeto Rio Formoso - terceira etapa, Talhão A2, área da empresa Cereais Vale do Javaés Agroindustrial LTDA (W – 49° 41' 14,25" S – 11° 47' 23,55"), no estado do Tocantins. O local é caracterizado por clima tropical. Conforme Köppen e Geiger o clima é classificado como Aw, tendo uma temperatura média de 26,0 °C e uma pluviosidade média para o período do experimento de 75 mm. O experimento foi realizado no período de junho a setembro de 2019.

Inicialmente a área foi preparada por meio de método convencional, realizando operação de gradagem e nivelamento, para destorroar, uniformizando a área de plantio. Realizou-se a coleta de solo antes do plantio, para análise de solo, tendo as características químicas do mesmo, sendo encontrado os seguintes valores, conforme descrito na Tabela 2 (Embrapa, 2011).

Tabela 2. Análise química do solo utilizado para o cultivo de soja em Formoso do Araguaia - TO. Safra 2019.

Profundidade	pH	P	K	Al ³⁺	H+Al	Ca ²⁺	Mg ²⁺	SB	T	V	MO
cm	H ₂ O	mg dm ⁻³		-----cmol _c dm ⁻³ -----						%	g.dm ⁻³
0-20	6,1	14,8	119	0,0	5,2	2,85	0,71	0,8	9,1	42,2	49,1

Atributos químicos da profundidade de 0-20 cm; P e K – extrator Mehlich 1; Al³⁺, Ca²⁺ e Mg²⁺ – Extrator KCl (1 mol L⁻¹); H + Al – Extrator SMP; SB = Soma de Bases Trocáveis; (T) = Capacidade de Troca Catiônica a pH 7,0; V – Índice de Saturação de Bases; e MO = matéria orgânica (oxidação: Na₂Cr₂O₇ 4N + H₂SO₄ 10N). Fonte: Autores.

Fez-se uso de adubação mineral antes da semeadura, conforme recomendado, sendo feito a aplicação de 300 Kg ha⁻¹ da formulação 4-28-10 e 100 Kg ha⁻¹ de KCL no estádio V3, quando necessária foi utilizada a irrigação superficial, com infiltração diretamente pela superfície do solo.

O experimento foi instalado em blocos ao acaso, onde foram alocadas quatro repetições de oito linhas de seis metros de comprimento e espaçamento de 0,5 m (24,0 m²). As parcelas úteis utilizadas foram as três linhas centrais da parcela com três metros de comprimento, totalizando 4,5 m².

Foram utilizados no experimento quatro tratamentos com doses de Trichoplus (2, 4, 6 e 8 g por kg de sementes), mais dois tratamentos, um com produto comercial a base de *Trichoderma asperellum* (1 x 10¹⁰ UFC/g, formulação granulada dispersível, dosagem de 100 g para 100 kg de sementes, conforme as recomendações dos fabricantes), e uma testemunha absoluta (sem inoculação).

Para o tratamento com o produto TrichoPlus, foi utilizada a formulação em pó, com princípio ativo a base de *Trichoderma asperellum* UFT 201, formulado com concentração mínima de 2×10^8 UFC g^{-1} , tendo na composição o grafite e dióxido de silício, sendo aplicado direto nas sementes (TS) antes do plantio.

As sementes foram tratadas no mesmo dia do plantio com os fungicidas: a base de Tiofanto-metílico e Azoxistrobina), e o inseticida bacteriostático a base de Clorantraniliprole, utilizando a dosagem de 100 gramas para cada 50 kg de sementes. As sementes de soja foram inoculadas com rizóbio, com as bactérias pertencentes a espécie *Bradyrhizobium japonicum* (SEMIA 5079 e SEMIA 5080), com dosagem de 400 mL (quatro doses de 100 mL, conforme o fabricante), para cada 50 kg sementes.

A cultivar utilizada foi a CZ 48B32 IPRO BASF, de ciclo precoce, com 90 dias. Inicialmente utilizou-se 18 sementes por metro linear, tendo um estande final com 14 plantas por metro linear. O experimento foi instalado em delineamento experimental blocos ao acaso, sendo quatro repetições com as parcelas experimentais de 24 m².

Durante a execução do experimento foram feitos todos os manejos fitotécnicos e fitossanitários necessários para o bom desenvolvimento da cultura. Inicialmente foi realizado controle de plantas daninha em pós-emergência, aos 30 dias após o plantio, com o herbicida glifosato, produto comercial WG, na dose de 1,5 kg ha^{-1} . Na mesma aplicação foi realizado o controle de lagartas que atacavam a soja no estágio inicial, utilizando o inseticida a base de Metomil com a dose 800 mL ha^{-1} , e o preventivo da ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*), utilizando o produto a base de Difenconazol, na dose de 150 mL ha^{-1} , conforme recomendações dos fabricantes. Aos 40 dias foi realizada outra aplicação com o fungicida a base de Trifloxistrobina e Protiocanazol na dose de 400 mL ha^{-1} , com inseticida para controle de lagarta a base de Lufenuron e Profenofós com a dose de 350 mL ha^{-1} , e o inseticida a base de Beta-ciflutrina, para controle de mosca branca, com a dose 1 L ha^{-1} , conforme as recomendações dos fabricantes.

Aos 55 dias fez-se uma aplicação com o fungicida a base de Clorotalonil na dose de 1,5 L ha^{-1} e o Difenconazol na dose de 0,5 L ha^{-1} , para o controle de ferrugem asiática, mais o inseticida a base de Beta-ciflutrina com a dose de 600 mL ha^{-1} , para o controle de lagarta e Tiametoxam para controle de percevejo, com a dose de 200 mL ha^{-1} , conforme as recomendações dos fabricantes. A quarta aplicação foi aos 70 dias com o fungicida a base de Azoxistrobina com a dosagem de 300 g ha^{-1} e o inseticida para controle de percevejo a base de Acetamiprido, com a dose de 400 mL ha^{-1} , conforme as recomendações dos fabricantes.

Analisou-se no estágio V3, 22 dias após a emergência, a altura de planta e massa seca da parte aérea, das parcelas experimentais, e o estande inicial. As avaliações de biomassa foram feitas através da massa seca da parte aérea (MSPA). A parte aérea foi separada das raízes com um corte feito na base do caule. Posteriormente, a parte aérea foi colocada em saco de papel e conduzidos para secagem em estufa a 65 °C até atingir o peso constante.

A eficiência (E%) da utilização de Trichoplus na manutenção do estande pelos tratamentos foi calculada utilizando-se a equação: $E\% = \{1 - [Ti / Tc]\} \times 100$, onde E% = eficácia dos tratamentos; Ti = % média do estande final no tratamento i; Tc = % média do estande final no tratamento testemunha (Gava & Menezes, 2012). No estágio R8, determinou a altura de planta, quantidade de entrenós, número de vagens e quantidade de grãos por vagem, em linhas próximas a área útil das parcelas experimentais, utilizando 15 plantas por parcela, em um total de 60 plantas por tratamento. Nas fileiras centrais de cada parcela com área útil de 4,5 m², fez-se a determinação da produção de grãos, realizadas após a maturação fisiológica das plantas, com cerca de 80% das vagens secas. Sendo as vagens debulhadas manualmente, havendo a correção de umidade dos grãos para 13%, quantificando à produtividade na área útil e estimada em kg ha^{-1} e sacas ha^{-1} . Os dados foram submetidos à análise de variância e ao teste Tukey a 5%, utilizando o programa estatístico SISVAR (Ferreira, 2019).

3. Resultados e Discussão

Experimento em Porto Nacional

Houve diferença significativa para as variáveis altura de plantas, massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR) e massa seca total (MST), sendo significativamente superior ($p < 0,05$) para o tratamento com inoculação de TrichoPlus em relação à testemunha absoluta (Tabela 3).

Tabela 3. Altura de planta, massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR), massa seca total (MST), de soja M 8644 ipro, inoculada com Trichoplus, Porto Nacional, TO. Safra 2019/2020.¹

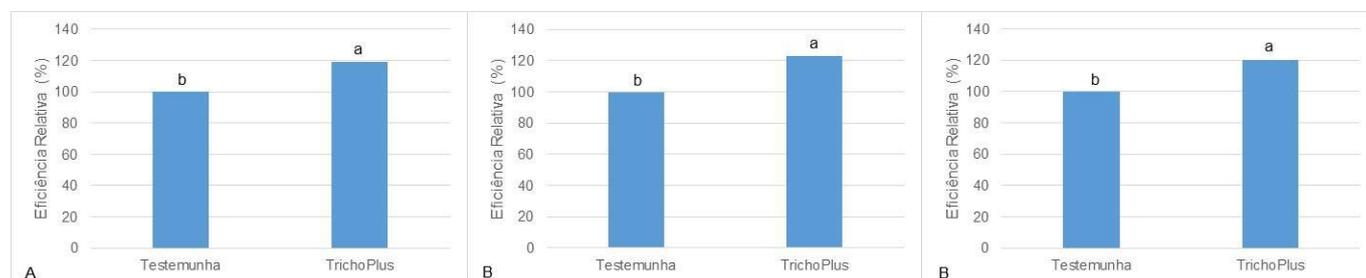
Tratamentos	Altura ² (cm)	Altura (cm)	MSPA (g)	MSR (g)	MST (g)
TrichoPlus	32,3 a	90,3 a	4,20 a	1,08 a	5,28 a
Testemunha ³	30,1 b	87,3 b	3,52 b	0,88 b	4,40 b
CV (%) ⁴	2,34	0,72	4,06	11,47	3,84

¹ Médias seguidas de mesma letra minúscula, nas colunas, não diferem entre si pelo teste F a 5% de significância. ² média de 15 plantas por parcela experimental. ³ Testemunha absoluta = sem inoculação com *Trichoderma*. ⁴ Cv = coeficiente de variação. Fonte: Autores

Quanto à eficiência relativa (ER) foram observados valores superiores ($p < 0,05$), para o tratamento com inoculação de TrichoPlus, com médias de 19,3, 22,7 e 20,0% superiores para a ER da MSPA, MSR e MST, respectivamente (Figura 1).

Para as características de estande inicial e final, sobrevivência e eficiência do tratamento com inoculação de TrichoPlus, ficou evidente o efeito da inoculação, com valores superiores ($p < 0,05$) para o tratamento com TrichoPlus, com percentual de eficiência de 5,3% (Tabela 4). Para a produtividade, houve diferença significativa, sendo superior ($p < 0,05$) para o tratamento com TrichoPlus, com a produção de 3930 kg ha⁻¹ e de 3635 kg ha⁻¹ para a testemunha absoluta, referente a um aumento de 295,2 kg ha⁻¹ (Tabela 4).

Figura 1. Eficiência relativa para A: massa seca da parte aérea (MSPA), B: massa seca da raiz (MSR) e C: massa seca total (MST), de soja cultivar M 8644 ipro, inoculada com TrichoPlus em relação à testemunha sem inoculação. Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de F a 5%.



Fonte: Autores.

Tabela 4. Estande inicial (EI), final (EF), sobrevivência, eficiência e produtividade de soja cv. M8644 ipro, inoculado com TrichoPlus, Porto Nacional, TO. Safra 2019/2020.¹

Tratamentos	EI 28 DAP ²	EF 122 DAP	Sobrev. ³ (%)	E ⁴ (%)	Prod. (kg ha ⁻¹)
TrichoPlus	60,8 a	59,8 a	90,1 a	5,3	3930 a
Testemunha	59,0 b	56,5 b	85,6 b	-	3635 b
CV (%) ⁵	1,49	1,68	2,5		1,45

¹ Médias seguidas de mesma letra minúscula, nas colunas, não diferem entre si pelo teste F a 5% de significância. ² DAP = Dias após o plantio. ³ Sobrev. = percentual de sobrevivência de plantas em relação ao estande esperado (11 plantas por metro linear). ⁴ Eficiência na utilização do *Trichoderma* na manutenção do estande. ⁵ CV = Coeficiente de Variação. * Significativo a 5%. Fonte: Autores.

Experimentos em Formoso do Araguaia

As características de altura de planta e massa seca da parte aérea com inoculação de TrichoPlus, e o tratamento testemunha positiva foram superiores ($p < 0,01$) em relação a testemunha absoluta (testemunha sem inoculação) (Tabela 5). Para altura de planta os tratamentos com inoculação de TrichoPlus nas doses de 2, 6 e 8 g kg⁻¹ se tornaram superiores ($p < 0,05$), seguidos dos tratamentos com 4 g kg⁻¹ e a testemunha positiva, também superiores a testemunha absoluta. Para a massa seca da parte aérea (MSPA) os tratamentos com inoculação de TrichoPlus nas doses de 4 e 6 g kg⁻¹ foram superiores ($p < 0,05$), seguidos dos demais tratamentos com TrichoPlus e da testemunha positiva, também superiores a testemunha absoluta (Tabela 5).

Para a característica de eficiência relativa, que relaciona a biomassa da parte aérea dos tratamentos com TrichoPlus e a testemunha positiva com o tratamento testemunha absoluta, os tratamentos com as doses de 4 g kg ha⁻¹ e 6 g kg ha⁻¹ de TrichoPlus foram significativamente superiores ($p < 0,05$) em relação aos demais tratamentos (Figura 2). Houve médias de 65,5 e 50,6% superiores em relação aos tratamentos testemunha absoluta e testemunha positiva, para a dose de 4 g kg ha⁻¹, e de 58,6 e 43,7% superiores em relação aos tratamentos testemunha absoluta e testemunha positiva, para a dose de 6 g kg ha⁻¹, respectivamente (Figura 2).

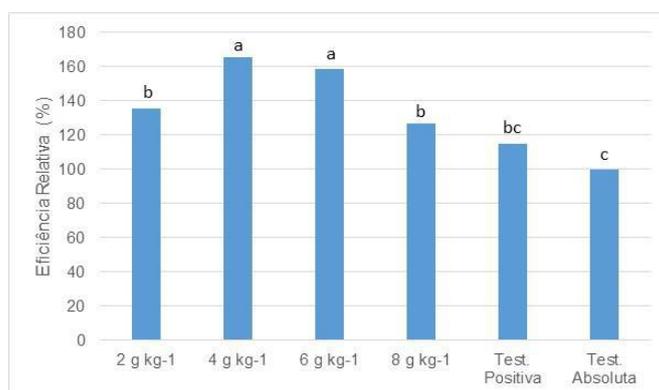
Na segunda avaliação, em estágio R8, houve diferenças significativas para as características de altura, número de vagens e número de grãos por planta (Tabela 6). Para altura, os tratamentos com as doses de 2, 4 e 6 g kg ha⁻¹, foram superiores ($p < 0,05$). Para o número de vagens todos os tratamentos com TrichoPlus e a testemunha positiva foram superiores ($p < 0,05$) em relação a testemunha absoluta. Para número de grãos por planta, os tratamentos com as diferentes doses de TrichoPlus foram superiores ($p < 0,05$) em relação aos tratamentos testemunha positiva e testemunha absoluta (Tabela 6).

Tabela 5. Altura de planta e massa seca da parte aérea (MSPA), em estádio V3 (22 dias após a emergência), de soja cv. 48B32 (BASF), inoculada com diferentes doses de TrichoPlus. Fazenda Cereais Vale dos Javaes Agroindustrial, Talhão A2, Formoso do Araguaia, TO. Safra 2019.¹

Tratamentos	Altura ² (cm)	MSPA ² (cm)
2 g kg ⁻¹	17,5 a	1,18 b
4 g kg ⁻¹	16,3 b	1,44 a
6 g kg ⁻¹	17,3 a	1,38 a
8 g kg ⁻¹	16,9 a	1,10 b
Testemunha positiva ³	16,0 b	1,00 b
Testemunha absoluta ⁴	15,0 c	0,87 c
CV (%) ⁵	6,7	6,1

¹ Médias seguidas de mesma letra minúscula, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância. ² média de 15 plantas por parcela experimental. ³ Testemunha positiva = Produto comercial a base de *Trichoderma asperellum*, concentração de 1x10⁹. ⁴ Testemunha absoluta = sem inoculação com *Trichoderma*. ⁵ Cv = coeficiente de variação. Fonte: Autores.

Figura 2. Eficiência relativa (ganho estimado em %) para biomassa da parte aérea de soja inoculada com diferentes doses de TrichoPlus e produto comercial em relação a testemunha sem inoculação. em relação à testemunha sem inoculação. Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.



Fonte: Autores.

Tabela 6. Altura de planta, quantidade de entrenós, número de vagens e quantidade de grãos por vagem, em R8, de soja cv. 48B32 (BASF), inoculada com diferentes doses de TrichoPlus JCO. Fazenda Cereais Vale dos Javaes Agroindustrial, Talhão A2, Formoso do Araguaia TO. Safra 2019.¹

Tratamentos	Altura ²	Entrenós ²	N vagens ²	N Grãos ²
2 g kg ha ⁻¹	55,3 a	12,5 a	30,3 a	75,5 a
4 g kg ha ⁻¹	56,2 a	13,4 a	30,2 a	76,9 a
6 g kg ha ⁻¹	53,1 a	13,5 a	29,8 a	76,0 a
8 g kg ha ⁻¹	49,6 b	14,0 a	31,5 a	74,0 a
Testemunha positiva ³	49,5 b	13,0 a	29,5 a	73,5 b
Testemunha absoluta ⁴	49,0 b	11,3 a	25,4 b	67,1 b
CV (%) ⁵	5,8	14,4	7,8	8,3

¹ Médias seguidas da mesma letra minúscula, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância. ² média de 15 plantas por parcela experimental. ³ Testemunha positiva = produto comercial a base de *Trichoderma asperellum*, concentração de 1x10⁹. ⁴ Testemunha absoluta = sem inoculação com *Trichoderma*. ⁵ Cv = coeficiente de variação. Fonte: Autores.

Os tratamentos inoculados à base de TrichoPlus e testemunha positiva (produto comercial) demonstraram-se superiores ($p < 0,01$) em relação a testemunha absoluta (sem inoculação), em estande inicial e final (Tabela 7). Para o percentual de sobrevivência, a utilização de diferentes doses de TrichoPlus proporcionou eficiência que variaram de 2,8 a 13,4% em relação a testemunha absoluta (Tabela 7). Os tratamentos com as diferentes doses de TrichoPlus e a testemunha positiva foram superiores ($p < 0,05$), em relação à produtividade, comparados ao tratamento testemunha absoluta (Tabela 7). Os tratamentos com as diferentes doses de TrichoPlus e a testemunha positiva obtiveram médias de produtividade variando de 2224 a 2612 kg ha⁻¹, representando um aumento acima de 19,11% em relação a testemunha absoluta (sem inoculação) (Tabela 7).

Tabela 7. Estande inicial (EI), final (EF), sobrevivência, eficiência e produtividade de soja cv. 48B32 (BASF), inoculado com diferentes doses de TrichoPlus JCO. Fazenda Cereais Vale dos Javaés Agroindustrial, Talhão A2, Formoso do Araguaia, TO. Safra 2019.¹

Tratamentos	EI (V3)	EF (R8)	Sobrev. ² (%)	E ³ (%)	Prod. ⁴ (Kg ha ⁻¹)
2 kg ha ⁻¹	144,5 a	123,8 ab	88,8 bc	2,8	2458 ab
4 kg ha ⁻¹	140,8 ab	138,0 a	98,0 a	13,4	2612 a
6 kg ha ⁻¹	145,3 a	133,2 ab	91,7 a	6,1	2452 ab
8 kg ha ⁻¹	146,5 a	131,0 ab	89,4 a	3,5	2224 b
Test. Positiva ⁵	143,0 ab	127,5 ab	89,2 a	3,2	2280 b
Test absoluta ⁶	142,0 ab	122,7 b	86,4 b	-	2113 b
CV (%) ⁹	6,8	5,0	6,9	-	6,9

¹Médias seguidas de mesma letra minúscula, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância. ²Sobrev. = percentual de sobrevivência de plantas em relação ao estande inicial. ³Eficiência na utilização do *TrichoPlus* na manutenção do estande em relação a testemunha absoluta. ⁴Estimativa de produtividade em kg ha⁻¹. ⁵Produto comercial a base de *T. asperellum* (1 x 10¹⁰ UFC mL⁻¹). ⁶Testemunha absoluta sem inoculação de *Trichoderma*. ⁹CV = Coeficiente de Variação. Fonte: Autores.

4. Discussão

Os resultados positivos para as características de biomassa, manutenção de estande e produtividade foram evidenciados nas diferentes doses de TrichoPlus JCO, com destaque para doses próximo a 5 g kg⁻¹ de sementes, observado nos experimentos em Porto Nacional, com ganhos em biomassa vegetal acima de 19% e aumento de produtividade estimado em 8,1% (Tabelas 3 e 4).

Para os experimentos em Formoso do Araguaia, os dados de biomassa e produtividade foram superiores para as doses entre 4 e 6 g kg⁻¹ de sementes, com ganhos em produtividade, para estas doses, de 23,6 e 16,2% em relação a testemunha absoluta, respectivamente (Tabelas 5, 6 e 7).

Os resultados positivos observados para os diferentes experimentos com soja podem ser explicados em função da ação do inoculante utilizado, tendo em vista que fungos do gênero *Trichoderma* são utilizados não só no controle biológico de fitopatógenos, mas como promotores de crescimento vegetal, devido a sua versatilidade de ação, como parasitismo, antibiose e competição, além de atuarem como indutores de resistência a plantas contra doenças e produzirem hormônios de crescimento, solubilização de fósforo, sideróforos e metabólitos secundários (Chagas Junior et al., 2015; Chagas et al., 2015; Contreras-Cornejo et al., 2016; Bononi et al., 2020). Estes fungos encontram-se na rizosfera, são promotores do crescimento em espécies vegetais, e produzem uma rica fonte de metabólitos secundários, apresentando um vasto repertório de genes supostamente envolvidos na biossíntese de peptídeos não ribossômicos, policetídeos, terpenóides e pironas (Mukherjee et al., 2012), e a

inoculação com uma concentração alta desses microrganismos pode proporcionar resultados positivos quanto ao biocontrole de fitopatógenos e, conseqüentemente, a promoção do crescimento vegetal.

A colonização da raiz, por *Trichoderma*, frequentemente aumenta o desenvolvimento radicular, produtividade da cultura, resistência a estresses abióticos e melhora o uso de nutrientes (Rubio et al., 2017). A maioria das espécies de *Trichoderma* spp. apresentam comportamento diferente nas ações como biocontrole e como promotores do crescimento vegetal. Dentre os fatores que determinam o sucesso da inoculação do *Trichoderma*, temos os abióticos e os bióticos. Assim, isolados selecionados para o controle biológico de patógenos em condições experimentais controladas podem ser incapazes de produzir os mesmos resultados em condições de campo, da mesma forma para os selecionados quanto a capacidade de promover o crescimento vegetal. Isso se relaciona ao fato de as condições de estabelecimento e desenvolvimento no solo serem críticas para o microrganismo, pois estão sujeitos às reações diferenciadas do hospedeiro e do ambiente, o que pode levar a uma eficácia de controle mais variável do que a obtida com fungicidas químicos. Desta forma, não há como quantificar separadamente em experimentos de campo as respostas do controle de doenças e da provável promoção de crescimento, mas os resultados de biomassa, estande e produtividade são exemplos do benefício a cultura da soja, como observado nos diferentes experimentos com a inoculação das sementes com TrichoPlus JCO.

Estes resultados podem estar relacionados a capacidade que o fungo *Trichoderma* tem em promover o crescimento da parte aérea das plantas e a produção de auxinas ou análogos a auxinas e metabólitos como o 6PP que favorece o desenvolvimento das raízes (Contreras-Cornejos et al., 2009), promovendo raízes mais profundas e vigorosas, proporcionando maior tolerância a seca, incrementa a absorção e a solubilização de nutrientes e favorece a aderência hidrofóbica e o desenvolvimento de pêlos absorventes nas raízes laterais, com aumento da superfície de absorção (Samolski et al., 2012). Também aumentam a massa seca e o conteúdo de amido e açúcares solúveis das plantas (Shoresh et al., 2010) e a eficiência fotossintética (Vargas et al., 2009), estando esta última diretamente relacionada com a assimilação de nitrogênio (Domínguez et al., 2016; Monte et al., 2019).

Estudos evidenciam linhagens com eficiência para o biocontrole de diversos patógenos e outras eficientes na promoção do crescimento vegetal, via colonização da rizosfera, em condições naturais e axênicas (Pomella & Ribeiro, 2009) ou disponibilizando nutrientes para a planta (Machado et al. 2012; Martínez et al., 2013). Além da capacidade de *Trichoderma* em controlar fitopatógenos pela produção de antibióticos, alguns compostos produzidos por *Trichoderma* são capazes de alterar o metabolismo de plantas hospedeiras (Patil et al., 2016). O aumento na produtividade de plantas é evidente quando sementes expostas a conídios, porém separadas por papel celofane, sem contato, apresentam um aumento em seu crescimento, sugerindo que metabólitos de *Trichoderma* spp. atuam não somente como promotor de crescimento, mas também, como moléculas sinalizadoras (Vinale et al., 2012; Ramada et al., 2019).

Assim, os fungos pertencentes ao gênero *Trichoderma* além de serem reconhecidamente biofungicidas, também podem ser classificados como biofertilizantes, bioestimulantes e potencializadores da resistência contra estresses bióticos e abióticos. O resultado de todas as interações normalmente é a promoção de crescimento vegetal (Woo & Pepe, 2018; Chagas Junior et al., 2019a, b), ou seja, mesmo quando não se tem doenças, quando o produto é utilizado, o produtor terá o benefício de aumento da eficiência de uso de nutrientes e produtividade.

Estas descobertas auxiliam no entendimento do papel de *Trichoderma* em ecossistemas naturais ou cultivados e promovem a sua utilização na agricultura (Pomella & Ribeiro, 2009). Os trabalhos realizados com o produto TrichoPlus JCO com potencial para o crescimento vegetal têm demonstrado a sua habilidade refletindo nos ganhos em produtividades observados nas regiões de Porto Nacional e Formoso do Araguaia.

Alguns fatores são importantes para a obtenção de resultados efetivos com os inoculantes promotores de crescimento vegetal: linhagens efetivas no campo contra diversos fitopatógenos e como promotores de crescimento vegetal, baixo custo de

produção envolvendo as formulações eficientes e forma, dose e época de aplicação. Isso foi desenvolvido para o produto TrichoPlus JCO (*T. asperellum*) visando a inoculação das sementes, proporcionando a aderência e proteção do *Trichoderma* em contato direto com a semente e a proteção logo após o plantio. Esta formulação adequada visa a manutenção da viabilidade do princípio ativo visando a proteção das estruturas, a persistência e a eficácia a campo, apresentando concentração adequada de estruturas (conídios) do fungo e a facilidade de aplicação (inoculação) do produto.

5. Conclusão

A inoculação de soja, na região de Porto Nacional (safra 2019/2020) e Formoso do Araguaia (safra 2019), com o produto TrichoPlus promoveu incremento para as características de biomassa, eficiência na manutenção de estande e produtividade, comprovando sua eficiência na promoção de crescimento vegetal e, conseqüentemente, na produtividade.

Referências

- Bettiol, W., Silva, J. C. & Castro, M. L. M. P. (2019). Uso atual e perspectivas do *Trichoderma* no Brasil. In: Meyer, M. C., Mazaro, S. M. & Silva, J. C. (Eds.). *Trichoderma: Uso na Agricultura*. Brasília, DF: Embrapa.
- Bissett, J., Gams, W., Jaklitsch, W. & Samuels, G. J. (2015). Accepted *Trichoderma* names in the year 2015. *IMA Fungus*, 6 (2), 263-295.
- Bononi, L., Chiaramonte, J. B., Pansa, C. C., Moitinho, M. A. & Melo, I. S. (2020). Phosphorus-solubilizing *Trichoderma* spp. from Amazon soils improve soybean plant growth. *Scientific Reports*, 10 (2858), 1-13.
- Brasil. (2019). Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. *Mercado de bio defensivos cresce mais de 70% no Brasil em um ano*. <http://www.agricultura.gov.br/noticias/feffmercado-de-bio defensivos-cresce-em-mais-de-50-no-brasil>
- Chagas, L. F. B., Castro, H. G., Colonia, B. S. O., Carvalho Filho, M. R., Miller, L. O. & Chagas Junior, A. F. (2015). Efficiency of *Trichoderma* spp. as a growth promoter of cowpea (*Vigna unguiculata*) and analysis of phosphate solubilization and indole acetic acid synthesis. *Brazilian Journal of Botany*, 38 (4): 1-11.
- Chagas, L. F. B., Martins, A. L. L., Carvalho Filho, M. R., Miller, L. O., Oliveira, J. C. & Chagas Junior, A. F. (2017a). O *Bacillus subtilis* e *Trichoderma* spp. no incremento da biomassa em plantas de soja, feijão-caupi, milho e arroz. *Agri-Environmental Sciences*, 03 (2), 10-18.
- Chagas, L. F. B., Chagas Junior, A. F. & Castro, H. G. (2017b). Phosphate solubilization capacity and indole acetic acid production by *Trichoderma* strains for biomass increase on basil and mint plants. *Brazilian Journal of Agriculture*, 92 (2), 176-185.
- Chagas, L. F. B., Chagas Junior, A. F., Soares, L. P. & Fidelis, R. R. (2017c). *Trichoderma* na promoção do crescimento vegetal. *Revista de Agricultura Neotropical*, 4 (3), 97-102.
- Chagas Junior, A. F., Oliveira, A. G., Santos, G. R., Reis, H. B., Chagas, L. F. B. & Miller, L. O. (2015). Combined inoculation of rhizobia and *Trichoderma* spp. on cowpea in the savanna, Gurupi-TO, Brazil. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, 10 (1), 27-33.
- Chagas Junior, A. F., Chagas, L. F. B., Miller, L. O. & Oliveira, J. C. (2019a). Efficiency of *Trichoderma asperellum* UFT 201 as plant growth promoter in soybean. *African Journal of Agricultural Research*, 14 (5), 263-271.
- Chagas Junior, A. F., Chagas, L. F. B., Colonia, B. S. O., Miller, L. O. & Oliveria, J. C. (2019b). *Trichoderma asperellum* (UFT201) functions as a growth promoter for soybean plant. *African Journal of Agricultural Research*, 14 (33), 1772-1777.
- Contreras-Cornejo, H. A., Macías-Rodríguez, L., Cortés-Penagos, C. & López-Bucio, J. (2009). *Trichoderma virens*, a plant beneficial fungus, enhances biomass production and promotes lateral root growth through an auxin-dependent mechanism in Arabidopsis. *Plant Physiology*, 149 (3), 1579-1592.
- Contreras-Cornejo, H. A., Macías-Rodríguez, L., Del-Val, E. & Larsen, J. (2016). Ecological functions of *Trichoderma* spp. and their secondary metabolites in the rhizosphere: interactions with plants. *FEMS Microbiology Ecology*, 92, 1-17.
- Das, T., Mahapatra, S. & Das, S. (2017). In vitro compatibility study between the *Rhizobium* and native *Trichoderma* isolates from lentil rhizospheric soil. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 6 (8), 1757-1769.
- Domínguez, S., Rubio, M. B., Cardoza, R. E., Gutiérrez, S., Nicolás, C., Bettiol, W., Hermosa, R. & Monte, E. (2016). Nitrogen metabolism and growth enhancement in tomato plants challenged with *Trichoderma harzianum* expressing the *Aspergillus nidulans* acetamidase *amd S* gene. *Frontiers in Microbiology*, 7, 1182.
- Embrapa. (2011). Centro Nacional de Pesquisa de Solos. *Manual de métodos de análise de solo*. 2. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA - CNPS.
- Ferreira, D.F. (2019). Sisvar: a computer analysis system to fixed effects split plot type designs. *Revista Brasileira de Biometria*, 37(4), 529-535.
- Fraceto, L. F., Maruyama, C. R., Guilger-Casagrande, M., Bilesky-José, N. & Lima, R. (2019). Uso de micro e nanotecnologia com *Trichoderma*. In: Meyer, M. C., Mazaro, S. M. & Silva, J. C. (Eds.). *Trichoderma: Uso na Agricultura*. Brasília, DF: Embrapa.

- Gava, C. A. T. & Menezes, M. E. L. (2012). Eficiência de isolados de *Trichoderma* spp. no controle de patógenos de solo em meloeiro amarelo. *Revista Ciência Agrônômica*, 43 (4), 633-640.
- Guzmán-Guzmán, P., Porrás-Troncoso, M. D., Olmedo-Monfil, V. & Herrera-Estrella, A. (2019). *Trichoderma* species: versatile plant symbionts. *Phytopathology*, 109 (1), 6-16.
- Machado, D. F. M., Parzianello, R. F., Silva, A. C. F. & Antonioli, Z. I. (2012). *Trichoderma* no Brasil: O Fungo e Bioagente. *Revista de Ciências Agrárias*, 35 (1), 274-288.
- Mascarin, G. M., Matsumura, A. T. S., Weiler, C. A., Kobori, N. N., Silva, M. E., Berlitz, D. L. & Matsumura, A. S. (2019). Produção industrial de *Trichoderma*. In: Meyer, M. C., Mazaró, S. M. & Silva, J. C. (Eds.). *Trichoderma: Uso na Agricultura*. Brasília, DF: Embrapa.
- Martínez, B., Infante, D. & Reyes, Y. (2013). *Trichoderma* spp. y su función em el control de plagas em los cultivos. *Revista de Protección Vegetal*, 28 (1), 1-11.
- Mendoza-Mendoza, A., Zaid, R., Lawry, R., Hermosa, R., Monte, E., Horwitz, B. A. & Mukherjee, P. K. (2018). Molecular dialogues between *Trichoderma* and roots: role of the fungal secretome. *Fungal Biology Reviews*, 32 (2), 62-85.
- Mertz, L. M., Henning, F. A. & Zimmer, P. D. (2009). Bioprotectores e fungicidas químicos no tratamento de sementes de soja. *Ciência Rural*, 39, 13-18.
- Monte, B. H., Bettiol, E. & Hermosa, R. (2019). *Trichoderma* e seus mecanismos de ação para o controle de doenças de plantas. In: Meyer, M. C., Mazaró, S. M. & Silva, J. C. (Eds.). *Trichoderma: Uso na Agricultura*. Brasília, DF: Embrapa.
- Mukherjee, P. K., Horwitz, B. A. & Kenerley, C. M. (2012). Secondary metabolism in *Trichoderma* - a genomic perspective. *Microbiology*, 158 (1), 35-45.
- Patil, A. S., Patil, S. R. & Paikrao, H. M. (2016). *Trichoderma* secondary metabolites: their biochemistry and possible role in disease management. In: Choudhary, D. K. & Varma, A. (Eds.). *Microbial-mediated induced systemic resistance in plants*. Singapore: Springer.
- Plessis, I. L., Druzhinina, I. S., Atanasova, L., Yarden, O. & Jacobs, K. (2018). The diversity of *Trichoderma* species from soil in South Africa, with five new additions. *Mycologia*, 110 (3), 559-583.
- Pomella; A. W. V. & Ribeiro, R. T. S. (2009). Controle biológico com *Trichoderma* em grandes culturas - uma visão empresarial. In: Bettiol, W. & Morandi, M. A. B. (Eds.). *Biocontrole de doenças de plantas: uso e perspectivas*. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente.
- Qin, W. T. & Zhuang, W. Y. (2016). Seven wood-inhabiting new species of the genus *Trichoderma* (Fungi, Ascomycota) in Viride clade. *Scientific Reports*, 6, 27074.
- Ramada, M. H. S., Lopes, F. A. C. & Ulhoa, C. J. (2019). *Trichoderma*: metabólitos secundários. In: Meyer, M. C., Mazaró, S. M. & Silva, J. C. (Eds.). *Trichoderma: Uso na Agricultura*. Brasília, DF: Embrapa.
- Rubio, M. B., Hermosa, R., Vicente, R., Gómez-Acosta, F. A., Morcuende, R., Monte, E. & Bettiol, W. (2017). The combination of *Trichoderma harzianum* and chemical fertilization leads to the deregulation of phytohormone networking, preventing the adaptive responses of tomato plants to salt stress. *Frontiers in Plant Science*, 8, 294.
- Samolski, I., Rincón, A. M., Pinzón, L. M., Viterbo, A. & Monte, E. (2012). The qid74 gene from *Trichoderma harzianum* has a role in root architecture and plant biofertilization. *Microbiology*, 158 (1), 129-138.
- Shoresh, M., Harman, G. E. & Mastouri, F. (2010). Induced systemic resistance and plant responses to fungal biocontrol agents. *Annual Review Phytopathology*, 48, 21-43.
- Suassuna, N. D., Silva, J. C. & Bettiol, W. (2019). Uso do *Trichoderma* na cultura do algodão. In: Meyer, M. C., Mazaró, S. M. & Silva, J. C. (Eds.). *Trichoderma: Uso na Agricultura*. Brasília, DF: Embrapa.
- Vargas, W. A., Mandawe, J. C. & Kenerley, C. M. (2009). Plant-derived sucrose is a key element in the symbiotic association between *Trichoderma virens* and maize plants. *Plant Physiology*, 151 (2), 792-808.
- Vemmer, M. & Patel, A. V. (2013). Review of encapsulation methods suitable for microbial biological control agents. *Biological Control*, 67 (3), 380-389.
- Vinale, F., Sivasithamparam, K., Ghisalberti, E. L., Ruocco, M., Wood, S. & Lorito, M. (2012). *Trichoderma* secondary metabolites that affect plant metabolism. *Natural Product Communications*, 7 (11), 1545-1550.
- Woo, S. L. & Pepe, O. (2018). Microbial consortia: promising probiotics as plant biostimulants for sustainable agriculture. *Frontiers in Plant Science*, 9, 1801.