



Biocontrole da podridão vermelha da raiz e promoção de crescimento da soja

Janaina Silva SARZI^{1*}, Juliane LUDWIG², Jéssica Emília RABUSKE¹,
Pâmela Pires FERST², Jéssica MALESCKI², Lucas WARPECHOWSKI²

¹Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, Brasil.

²Universidade Federal da Fronteira Sul, Cerro Largo, RS, Brasil.

*E-mail: janainasarzi@yahoo.com.br

Recebido em junho/2018; Aceito em setembro/2019.

RESUMO: A soja é uma das principais culturas do agronegócio mundial, e o Brasil se destaca por ser um dos maiores produtores dessa leguminosa. As doenças, especialmente causadas por patógenos habitantes do solo interferem significativamente no desenvolvimento e produtividade da cultura, especialmente por serem de difícil controle. O objetivo desse trabalho foi avaliar o biocontrole de *Fusarium solani* agente causal da podridão vermelha da raiz na soja, por isolados de *Trichoderma* spp. Para isso, foi avaliado o efeito dos antagonistas *in vitro* sobre o patógeno, utilizando a técnica de cultivo pareado, e o potencial dos antagonistas em reduzir a severidade da doença causada por *F. solani* *in vivo*, por meio da inoculação do patógeno em sementes de milho e o tratamento do solo com os antagonistas. Pôde-se observar que dentre os isolados de *Trichoderma* spp., *T. asperellum* foi o mais eficiente em inibir o crescimento *in vitro* do patógeno. No ensaio *in vivo*, o uso de *Trichoderma* mostrou-se efetivo no controle da severidade da podridão vermelha da raiz na soja, sendo *T. harzianum* UFFS o mais eficiente na redução dos sintomas causados por *F. solani*, bem como, promover o crescimento de plantas de soja.

Palavras-chave: *Glycine max*; *Fusarium solani*; *Trichoderma*.

Biocontrol of root red root and promotion of soybean growth

ABSTRACT: Soy is one of the main agribusiness crops worldwide, and Brazil stands out as one of the largest producers of this legume. Diseases, especially caused by soil-dwelling pathogens, significantly interfere in crop development and productivity, especially as they are difficult to control. The objective of this work was to evaluate the biocontrol of *Fusarium solani* causal agent of red root rot in soybean by isolates of *Trichoderma* spp. For this, the effect of *in vitro* antagonists on the pathogen, using the paired culture technique, and the potential of the antagonists in reducing the severity of the disease caused by *F. solani* *in vivo*, through the inoculation of the pathogen in seeds of corn and soil treatment with the antagonists. It was observed that among the isolates of *Trichoderma* spp., *T. asperellum* was the most efficient in inhibiting *in vitro* growth of the pathogen. In the *in vivo* test, the use of *Trichoderma* was effective in controlling the severity of red root rot in soybean, with *T. harzianum* UFFS being the most efficient in reducing the symptoms caused by *F. solani*, as well as promoting the growth of soybean plants.

Keywords: *Glycine max*; *Fusarium solani*; *Trichoderma*.

1. INTRODUÇÃO

A cultura da soja (*Glycine max* (L.) Merrill) está difundida no mundo inteiro, tornando-se cada vez mais importante para a economia mundial. No Brasil, conquistou grande importância econômica, e hoje é a principal cultura do agronegócio brasileiro. Devido a sua expansão de cultivo a diversos ambientes, tornou-se alvo de uma ampla gama de patógenos, que podem atacar todos os estádios de desenvolvimento, fazendo das doenças um fator limitante ao rendimento produtivo da cultura (ÁVILA et al., 2013).

As doenças causadas por patógenos de solo são, em geral, as mais preocupantes, devido não haver uma forma de controle eficiente (PREISIGKE et al., 2017), pois muitos desses patógenos são capazes de formar estruturas especializadas de resistência, permitindo que os mesmos possam sobreviver no solo em condições adversas (ANGELOTTI; HAMADA, 2017).

Dentre os patógenos de solo, o gênero *Fusarium* é um dos principais causadores de perdas à cultura da soja, por ser capaz de provocar a morte das plantas e poder atacá-las desde a fase inicial do desenvolvimento (ITO, 2013). Devido as perdas econômicas geradas pelas doenças na cultura da soja, é necessária a realização do seu controle. Atualmente o controle químico é o mais utilizado, contudo há uma crescente preocupação quanto a toxicidade desses produtos aos organismos benéficos presentes no ambiente e à saúde humana (GHINI, 2004), necessitando o estudo de métodos alternativos para o manejo desses patógenos.

Nesse contexto, o controle biológico vem mostrando grande potencial e, portanto, tornando-se alvo nos estudos dos fitopatologistas na seleção de organismos capazes de controlar enfermidades em plantas (ROMEIRO, 2007). Além da sua ação no biocontrole de patógenos, alguns desses organismos também possuem a capacidade de influenciar benéficamente o

desenvolvimento das plantas, na germinação de sementes, emergência de plântulas, crescimento e produtividade de grãos (CHAGAS et al., 2017).

Alguns estudos relatam a efetividade da utilização de espécies de *Trichoderma* no controle de patógenos de solo (AMIRA et al., 2017; NASCIMENTO et al., 2016), porém pouco desenvolvidos na cultura da soja. Assim, objetivou-se através desse estudo, verificar o efeito da aplicação de diferentes isolados de *Trichoderma* spp. no biocontrole da podridão vermelha da raiz causada por *Fusarium solani* e na promoção de crescimento de plantas de soja.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Micro-organismos

Para os ensaios foram utilizados dois isolados de *Trichoderma* provenientes de produtos comerciais, pertencentes às espécies *Trichoderma harzianum* e *Trichoderma asperellum*, e um isolado de solo rizosférico com cultivo de morango no município de Cerro Largo- RS, cuja espécie foi identificada como *T. harzianum*, e codificado *T. harzianum* UFFS. O isolado fitopatogênico utilizado foi o *Fusarium solani* disponível na coleção de fungos do laboratório de Fitossanidade da Universidade Federal da Fronteira Sul Campus Cerro Largo.

2.2. Ação dos biocontroladores *in vitro*

Para os ensaios *in vitro* foi utilizada a técnica de cultivo pareado (BELL et al., 1982). Para tanto, discos de micélio do fitopatógeno foram retirados de placas com 7 dias de crescimento e depositados a 1 cm da borda interna de outra placa de Petri contendo meio de cultura Batata-Dextrose- Ágar (BDA). As placas foram incubadas em BOD a 25°C por 24 horas, na ausência de luz. Decorrido esse período, foi feita a transferência, individual, de discos de mesmo diâmetro dos isolados de *Trichoderma*, colocando-os de forma oposta aos discos do patógeno. Em seguida, as placas foram mantidas a temperatura de 25°C por 5 dias com fotoperíodo de 12 horas.

Para as avaliações, foi adotado o critério de Bell et al. (1982), a partir de uma escala de notas que varia de 1 a 5, onde 1- antagonista invadiu completamente a colônia do patógeno e cobriu toda a superfície do meio, 2- antagonista cresceu pelo menos dois terços da superfície do meio, 3- antagonista e patógeno colonizaram aproximadamente a metade da superfície do meio, 4- patógeno colonizou pelo menos dois terços da superfície do meio, resistindo a invasão do antagonista e, 5- patógeno invadiu completamente a colônia do antagonista, ocupando toda a superfície do meio.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado com quatro repetições por tratamento, em que cada repetição foi composta por uma placa de Petri. Os dados de nota e crescimento médio diário (CMD) foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. Os dados de crescimento micelial do patógeno foram submetidos a análise de regressão para estimar a sua curva e equação.

2.3. Ação dos biocontroladores *in vivo*

Para obtenção do inóculo dos isolados de *Trichoderma*, seguiu-se a metodologia proposta por Carvalho et al. (2011a), onde, 3 discos de micélio mais meio de cultura foram retirados da zona de crescimento ativo de colônias com 7 dias e

transferidos para frascos erlenmeyer de 250 mL contendo 15 g de arroz parboilizado previamente umedecido e autoclavado. Os frascos foram mantidos em BOD a 25 °C e fotoperíodo de 12 h por 7 dias.

Posteriormente, vasos contendo 500 g de solo não esterilizado, como substrato, foram infestados com os isolados de *Trichoderma*, individualmente, de acordo com o que propôs Auler et al. (2013), utilizando 2,5 g de arroz colonizado, que foram incorporados uniformemente ao solo. Decorridas 24 h, foram depositadas 3 sementes de soja da cultivar FUNDACEP 61 RR por vaso, e, quando estas estabilizaram sua emergência, foi feito o raleio deixando-se apenas 1 planta por vaso.

A inoculação de *F. solani* foi feita mediante a preparação prévia do inóculo em grãos de milho, onde estes permaneceram imersos em água destilada durante 12 horas e após o descarte do excesso de água, 150 cm³ desses grãos foram colocados em frascos erlenmeyer de 250 mL e autoclavados. Após o resfriamento, foram transferidos dez discos de micélio mais meio de cultura do fungo para cada frasco. A incubação ocorreu em BOD a 22°C, com 12 h de luz por 15 dias. Para a inoculação, foi depositado um grão de milho colonizado junto à cova de semeadura a 5 cm de profundidade. A cova foi coberta com uma camada de 1 cm de solo e sobre esse foram depositadas as sementes de soja que foram cobertas com solo (KLINGELFUSS et al., 2007).

Os tratamentos foram: T1: inoculação de *F. solani* apenas; T2: inoculação de *F. solani* e *Trichoderma harzianum*; T3: inoculação de *Trichoderma harzianum* apenas; T4: inoculação de *F. solani* e *Trichoderma harzianum* UFFS; T5: inoculação de *Trichoderma harzianum* UFFS apenas; T6: inoculação de *F. solani* e *Trichoderma asperellum*; T7: inoculação de *Trichoderma asperellum* apenas; T8: Controle não inoculado.

As avaliações foram realizadas aos 15, 18, 22, 25, 30, 32, 37, 39, 44, 46 e 51 dias após a emergência (DAE), sendo avaliada a severidade da doença na parte aérea das plantas, considerando os sintomas de cada folíolo expandido separadamente, por meio de uma escala de notas de 1 a 5 adaptada de Huang; Hartman (1998) (Figura 1).

3. RESULTADOS

3.1. Ensaio *in vitro*

Na avaliação do crescimento dos micro-organismos pareados, a partir da escala de notas (Tabela 1), observou-se que o isolado de *T. asperellum* apresentou maior ação antagônica sobre o patógeno *F. solani*, diferindo dos demais isolados testados.

Tabela 1. Crescimento micelial diário (CMD) do patógeno e classificação do antagonismo de isolados de *Trichoderma* spp. sobre *F. solani*.

Table 1. Daily mycelial growth (DMG) of the pathogen and classification of the antagonism of *Trichoderma* spp. about *F. solani*. Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem ao nível de significância de 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott. C. V: Coeficiente de variação.

Tratamento	CMD (cm.dia ⁻¹)	Escala de notas de Bell et al. (1982)
<i>F. solani</i>	0,51 b	-
<i>F. solani</i> x <i>T. harzianum</i> UFFS	0,42 a	3,00 b
<i>F. solani</i> x <i>T. asperellum</i>	0,40 a	2,25 a
<i>F. solani</i> x <i>T. harzianum</i>	0,41 a	3,00 b
CV (%)	12,69	10,50



Figura 1. Escala de notas de 1 a 5 adaptada de Huang; Hartman (1998) para determinar a severidade da doença causada por *F. solani* em plantas de soja.

Figure 2. Scale of notes 1 to 5 adapted from Huang; Hartman (1998) to determine the severity of the disease caused by *F. solani* in soybean plants.

Observou-se também, que todos os isolados de *Trichoderma* foram capazes de interferir significativamente no crescimento micelial diário do patógeno quando comparado à testemunha (somente o patógeno), porém, sem diferir estatisticamente entre os isolados.

Nesse estudo, a ação dos dois isolados de *T. harzianum* sobre *F. solani*, receberam nota 3, que constitui a ocupação de 50% da placa pelo antagonista no último dia de confronto avaliado, enquanto o isolado de *T. asperellum* recebeu nota 2, que representa a ocupação de dois terços da placa pelo antagonista.

Na curva e equação de regressão (Figura 2), observa-se uma tendência quadrática tanto para o crescimento do patógeno (testemunha) quanto para os tratamentos de confronto direto. Durante o confronto dos isolados de *Trichoderma* spp. e *F. solani*, o crescimento do patógeno foi permitido até as 24 h de incubação, onde o antagonista ainda não estava presente, após esse período, com a transferência dos discos dos isolados de *Trichoderma* spp., foi possível observar a redução da área colonizada pelo patógeno.

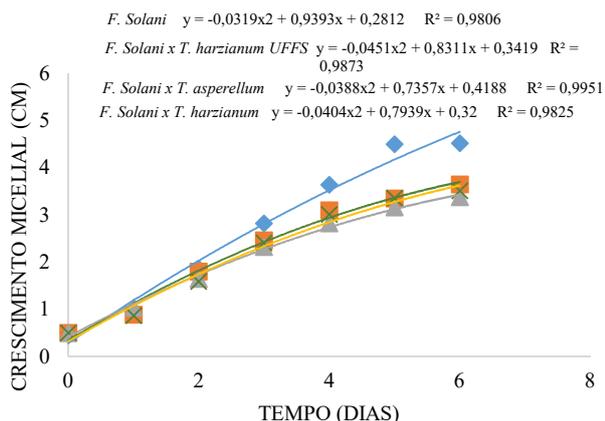


Figura 2. Curva e equação de regressão do cultivo pareado de *Fusarium solani* com isolados de *Trichoderma* spp. em diferentes tempos de incubação.

Figure 2. Curve and regression equation of *Fusarium solani* paired with *Trichoderma* spp. at different incubation times.

3.2. Ensaio *in vivo*

A severidade dos sintomas causados por *F. solani*, diferiu de acordo com os dias avaliados após a emergência. A porcentagem de incidência dos sintomas em cada avaliação foi

influenciada pelo surgimento de novos trifólios, uma vez que cada folíolo e seu respectivo sintoma foi considerado em cada avaliação (Figura 3).

Nos tratamentos com inoculação de *F. solani* (Figura 3A), *F. solani* + *T. harzianum* (Figura 3C) e *T. harzianum* (Figura 3D) a nota mais frequente, em média, em toda a avaliação foi a 4. No tratamento com inoculação de *F. solani* a nota mais incidente foi a 4, ocorrida no trigésimo dia após a emergência (DAE), representando 100% da frequência. Para o tratamento com inoculação de *F. solani* + *T. harzianum* a nota mais expressiva foi a 5 no trigésimo DAE atingindo 100% de frequência.

No tratamento com inoculação de *T. harzianum* a nota 4 foi a mais incidente, representando 83,33% da frequência no vigésimo segundo e vigésimo quinto DAE.

Nos tratamentos com inoculação de *F. solani* (Figura 3A), *F. solani* + *T. harzianum* (Figura 3C) e *T. harzianum* (Figura 3D) a nota mais frequente, em média, em toda a avaliação foi a 4. No tratamento com inoculação de *F. solani* a nota mais incidente foi a 4, ocorrida no trigésimo dia após a emergência (DAE), representando 100% da frequência. Para o tratamento com inoculação de *F. solani* + *T. harzianum* a nota mais expressiva foi a 5 no trigésimo DAE atingindo 100% de frequência. No tratamento com inoculação de *T. harzianum* a nota 4 foi a mais incidente, representando 83,33% da frequência no vigésimo segundo e vigésimo quinto DAE.

Nos tratamentos com inoculação de *F. solani* + *T. harzianum* UFFS (Figura 3E), *T. harzianum* UFFS (Figura 3F), *T. asperellum* (Figura 3H) e o controle não inoculado (Figura 3B), a nota mais frequente, em média, foi a 3, porém, para o tratamento *F. solani* + *T. harzianum* UFFS a nota 1 foi a que atingiu maior incidência (100%) no décimo quinto DAE. Para o tratamento com inoculação de *T. harzianum* UFFS, a nota 3 apresentou maior incidência (83,87%) no trigésimo nono DAE. No tratamento com inoculação de *T. asperellum*, a nota 4 foi a que atingiu maior incidência, 62,5%, no vigésimo segundo DAE, e, para o tratamento controle não inoculado, a nota 3 apresentou maior incidência (100%) no décimo quinto DAE.

No tratamento com inoculação de *F. solani* + *T. asperellum* (Figura 3G), a nota com maior frequência foi a 5 e as notas com maior incidência foram a 4 no décimo oitavo DAE e a 5 no vigésimo quinto e trigésimo DAE com 100% de frequência. Este tratamento, além de ser o único a apresentar maior frequência e maior incidência da nota máxima, foi o único a causar morte de uma planta.

Na tabela 2 é possível observar que o tratamento *F. solani* + *T. asperellum* atingiu a maior frequência na nota 5, diferenciando-se estatisticamente dos demais tratamentos, podendo-se concluir que este tratamento obteve sintomas mais severos em relação aos outros, concentrando a frequência da

severidade dos sintomas nas notas 4 e 5. Esse fato, também pode ser observado na porcentagem de incidência da doença, em que o tratamento *F. solani* + *T. asperellum* e *T. asperellum*, ambos inoculados com *T. asperellum*, tiveram todas as plantas com sintomas da doença aos 51 dias após a emergência.

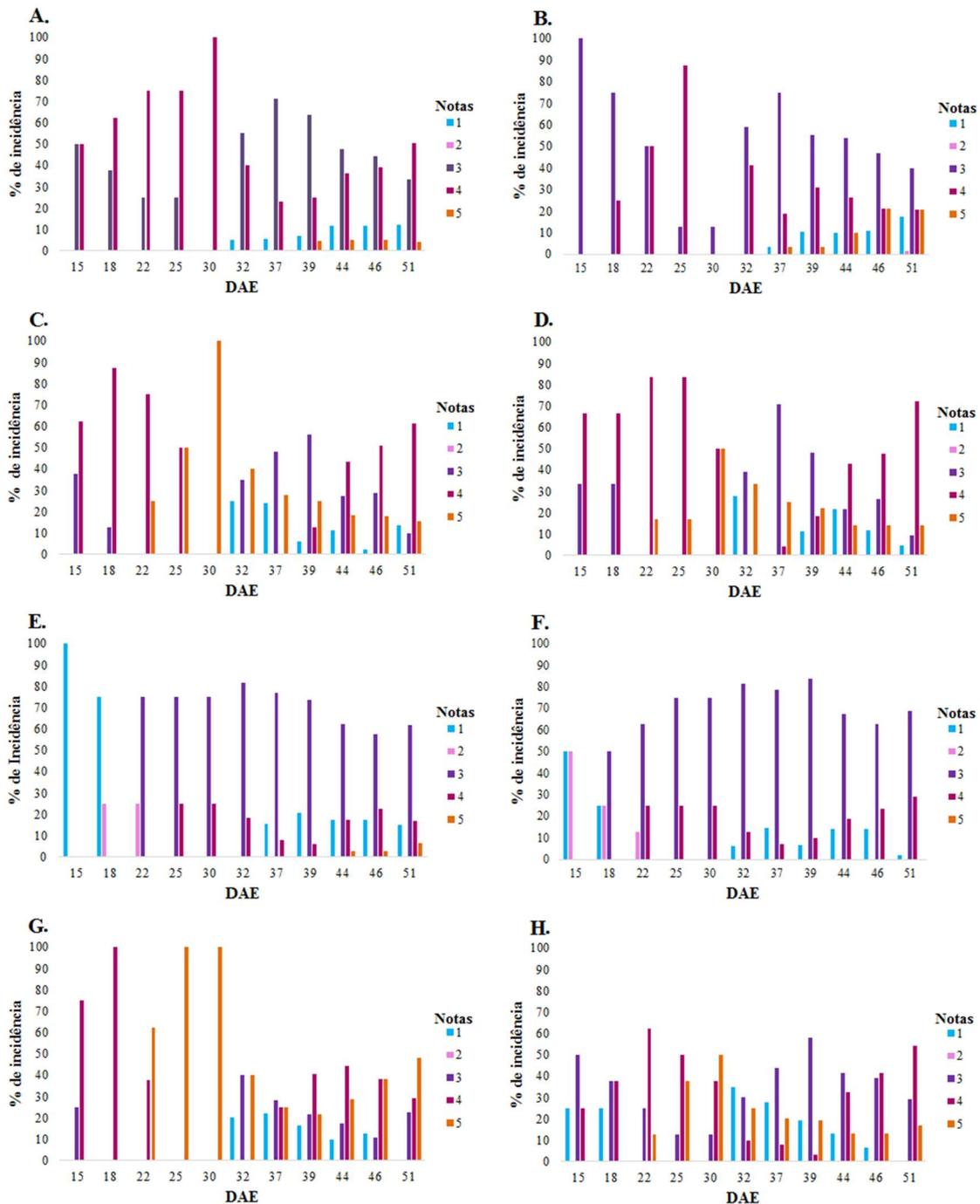


Figura 3. Distribuição da frequência das notas de severidade dos sintomas causados por *F. solani* na cultura da soja de acordo com a sua incidência em cada dia após a emergência. A: inoculação de *F. solani* apenas; B: Controle não inoculado; C: inoculação de *F. solani* e *Trichoderma harzianum*; D: inoculação de *Trichoderma harzianum* apenas; E: inoculação de *F. solani* e *Trichoderma harzianum* UFFS; F: inoculação de *Trichoderma harzianum* UFFS apenas; G: inoculação de *F. solani* e *Trichoderma asperellum*; H: inoculação de *Trichoderma asperellum* apenas.

Figure 3. Distribution of the frequency of symptoms severity scores caused by *F. solani* in soybean cultivation according to their incidence on each day after emergence. A: inoculation of *F. solani* only; B: Control not inoculated; C: inoculation of *F. solani* and *Trichoderma harzianum*; D: inoculation of *Trichoderma harzianum* only; E: inoculation of *F. solani* and *Trichoderma harzianum* UFFS; F: inoculation of *Trichoderma harzianum* UFFS only; G: inoculation of *F. solani* and *Trichoderma asperellum*; H: inoculation of *Trichoderma asperellum* only.

É possível que exista uma interação entre o isolado de *T. asperellum* e *F. solani*, uma vez que, se teve um aumento na

severidade da doença neste tratamento quando comparado aos tratamentos com inoculação de *F. solani*, *T. asperellum* e no

controle não inoculado, não sendo indicado esse isolado para o controle de *F. solani* neste trabalho.

Dessa forma, observou-se que o tratamento com inoculação de *F. solani* + *T. harzianum* UFFS se mostrou o mais efetivo no controle de *F. solani*, principalmente quando comparado aos resultados obtidos no tratamento com inoculação de *F. solani*, no controle não inoculado, e até mesmo no tratamento com inoculação do *T. harzianum* proveniente de produto comercial.

Na massa seca de parte aérea, massa seca de radícula, estatura de parte aérea e comprimento de radícula, *T. harzianum* UFFS obteve as melhores médias em todas as variáveis, tanto isolado como associado ao patógeno, quando comparado aos demais tratamentos (Tabela 3). Além disso, o tratamento com inoculação de *F. solani* + *T. harzianum* UFFS

mostrou-se superior ao tratamento *F. solani* na massa seca de radícula.

O isolado de *T. asperellum* não mostrou incremento em nenhuma variável avaliada em relação à testemunha, bem como quando combinado ao patógeno. Já o tratamento *T. harzianum* apresentou incremento apenas na estatura de parte aérea em relação à testemunha, porém, sem diferir estatisticamente.

Pode-se observar também que o tratamento com inoculação de *F. solani* apresentou maior estatura de parte aérea e comprimento de raiz em relação aos demais tratamentos, porém, na estatura diferiu estatisticamente apenas do tratamento *F. solani* + *T. asperellum*, e no comprimento de raiz dos tratamentos *T. asperellum*, *T. harzianum*, *F. solani* + *T. asperellum* e *F. solani* + *T. harzianum*.

Tabela 2. Frequência média de todos os dias avaliados após a emergência da severidade dos sintomas causados por *F. solani* na cultura da soja de acordo com a escala de notas e a incidência da doença aos 51 dias após a emergência.

Table 3. Average frequency of all evaluated days after emergence of the severity of the symptoms caused by *F. solani* in the soybean crop according to the grading scale and the incidence of the disease at 51 days after emergence.

Tratamento	NOTA					Incidência (%)
	1	2	3	4	5	
<i>F. solani</i>	4,28 a	0,00 a	40,88 a	53,35 b	1,48 a	90,00 a
<i>F. solani</i> + <i>T. harzianum</i>	7,12 a	0,00 a	23,26 a	40,47 b	29,14 b	88,39 a
<i>T. harzianum</i>	6,21 a	0,00 a	27,61 a	49,22 b	16,96 b	96,67 b
<i>F. solani</i> + <i>T. harzianum</i> UFFS	23,03 b	4,55 b	58,62 b	12,83 a	0,97 a	85,52 a
<i>T. harzianum</i> UFFS	11,66 a	7,96 c	64,39 b	16,00 a	0,00 a	97,73 b
<i>F. solani</i> + <i>T. asperellum</i>	7,03 a	0,00 a	14,83 a	35,23 b	42,91 c	100,00 b
<i>T. asperellum</i>	13,83 a	0,00 a	34,20 a	32,79 b	19,17 b	100,00 b
Controle não inoculado	4,92 a	0,12 a	51,12 b	38,47 b	5,36 a	83,36 a
CV (%)	72,12	33,30 ¹	36,57	43,95	52,49	8,74

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro. C. V: Coeficiente de variação. ¹Dados transformados em $\sqrt{x+1/2}$.

Tabela 4. Massa seca de parte aérea (MSPA) (g), massa seca de radícula (MSR) (g), estatura de parte aérea (EPA) (cm) e comprimento de raiz (CR) (cm) de plantas de soja submetidas à diferentes inoculações, aos 51 dias após a emergência.

Table 3. Dry shoot mass (MSPA) (g), dry mass of radicle (MSR) (g), stature of aerial part (EPA)(cm) and root length (CR) (cm) of soybean plants submitted to different inoculations at 51 days after emergence.

Tratamento	MSPA	MSR	EPA	CR
<i>F. solani</i>	0,51 a	0,26 b	15,18 a	25,00 a
<i>T. harzianum</i> UFFS	0,57 a	0,34 a	14,98 a	24,80 a
<i>T. asperellum</i>	0,28 b	0,11 c	13,52 a	16,98 b
<i>T. harzianum</i>	0,28 b	0,09 c	14,68 a	15,38 b
<i>F. solani</i> + <i>T. harzianum</i> UFFS	0,50 a	0,30 a	14,17 a	23,90 a
<i>F. solani</i> + <i>T. asperellum</i>	0,20 c	0,06 c	11,70 b	11,70 b
<i>F. solani</i> + <i>T. harzianum</i>	0,17 c	0,05 c	13,52 a	12,62 b
Controle não inoculado	0,46 a	0,23 b	14,48 a	24,92 a
CV (%)	16,51	21,44	8,28	16,09

Médias seguidas com a mesma letra na coluna, não diferem ao nível de significância de 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott. C. V: Coeficiente de variação.

4. DISCUSSÃO

4.1. Ensaio *in vitro*

A eficiência de *T. asperellum*, já foi relatada em outros estudos, onde também apresentou bom potencial de antagonismo contra espécies de *Fusarium* (MILANESI, 2012). Além disso, o maior crescimento dessa espécie em relação aos patógenos, possivelmente é devido a melhor adequação desse isolado ao meio de cultura utilizado, uma vez, que esses são fatores determinantes para o crescimento de fungos, e a sua variação pode alterar de forma significativa o diâmetro das colônias (COSTA et al., 2015). Maciel et al. (2014), já haviam relatado o biocontrole de *Trichoderma* spp.

sobre a espécie *Fusarium sambucinum*, onde a inibição do crescimento micelial do patógeno também se iniciou a partir de 24 horas de contato com o antagonista.

4.2. Ensaio *in vivo*

Pôde-se perceber, que mesmo os tratamentos onde não foi inoculado o patógeno, apresentaram sintomas da doença (Figura 3). Esse fato pode ser explicado, devido ao solo não ter passado pelo processo de esterilização e as sementes pelo processo de desinfestação, uma vez, que este patógeno e outros ocorrem de forma natural no solo podendo ser transmitidos tanto pelo solo, como via semente (ITO, 2013).

Milanesi et al. (2013) observou que *T. asperellum* foi eficiente no controle de *F. solani* em soja, porém, comparado aos outros isolados de *Trichoderma* testados, apresentou maior tombamento de plântulas. No presente estudo, *T. harzianum* UFFS se mostrou mais eficiente no controle de *F. solani* provavelmente devido a este isolado já estar mais adaptado ao ambiente, sendo capaz de promover medidas mais eficientes de controle (GRIGOLETTI JUNIOR et al., 2000). A inoculação de *T. harzianum* em feijoeiro foi capaz de modular o metabolismo da cultura, desencadeando respostas de defesa e potencializando-as na presença de fungos fitopatogênicos (*R. solani* e *F. solani*), tanto de forma local como sistêmica na planta (PEREIRA et al., 2014). Bokhari; Perveen (2012), também comprovaram o potencial de *T. harzianum* em reduzir os danos provocados por *F. solani* na cultura do tomate, quando comparado às plantas inoculadas apenas com o patógeno, além, de ser eficaz na promoção do crescimento e maior massa seca das plantas.

Em relação a promoção de crescimento de plantas por *Trichoderma*, Carvalho et al. (2011b), evidenciaram efeito positivo de *T. harzianum* no desenvolvimento de parte aérea na cultura do feijoeiro em relação à testemunha absoluta. Santos (2008), explica que a ação de isolados de *Trichoderma* no incremento de parte aérea e radicular deriva de uma provável eficiência do isolado em se associar simbioticamente com as raízes da plântula, e, aliada à sua ação decompositora, libera os nutrientes prontamente absorvíveis para o vegetal. Este autor ainda complementa, que devido a capacidade de determinados isolados de *Trichoderma* em inibir a ação de fitopatógenos, previne que este cause qualquer tipo de interferência no desenvolvimento da plântula.

Em algumas variáveis, a combinação de *Fusarium* com as espécies de *Trichoderma* afetou negativamente o desenvolvimento das plantas, tanto em relação à testemunha como ao tratamento somente com inoculação de *F. solani*. Milanesi et al. (2013) justificam o efeito negativo na relação entre o patógeno e os isolados de *Trichoderma*, em função das possíveis relações antagônicas entre os metabólitos produzidos por ambos os fungos, refletindo diretamente no desenvolvimento das plantas tratadas com esses micro-organismos.

Nesse estudo, as plantas de soja inoculadas com *Fusarium* spp. demonstraram maior crescimento do que as plantas não inoculadas, esse fato já foi relatado por outros autores como no trabalho desenvolvido por Ishikawa et al. (2018), em que, sementes de soja, cultivar BMX Elite, tratadas com *Macrophomina phaseolina* resultaram em plantas com maior altura comparado ao tratamento não inoculado. Esse fenômeno pode ser explicado, por as plantas apresentarem um tipo especial de resistência, chamada “escape”, em que a planta atacada tem a capacidade de formar novas raízes em substituição aquelas destruídas pelo patógeno (BEDENDO, 2018). Algumas plantas apresentaram efeito negativo com o tratamento isolado de *Trichoderma* spp. Segundo Vinale et al. (2014), esse fato ocorre devido que em concentrações altas o micro-organismo pode ter ação inibitória no desenvolvimento da planta. Além disso, quando o *Trichoderma* está fora do seu habitat natural, que é o solo, pode agir como apodrecedor de sementes (ETHUR et al., 2012).

5. CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos, pode-se indicar a utilização do isolado *Trichoderma harzianum* UFFS como

uma forma alternativa e sustentável no controle de *F. solani* além de ser promotor de crescimento da cultura da soja.

6. REFERÊNCIAS

- AMIRA, M. B.; LOPEZ, D.; MOHAMED, A. T.; KHOUAJA, A.; CHAAR, H.; FUMANAL, B.; GOUSSET-DUPONT, A.; BONHOMME, L.; LABEL, P.; GOUPIL, P.; RIBEIRO, S.; PUJADE-RENAUD, V.; JULIEN, J. L.; AUGUIN, D.; VENISSE, J.-S. Beneficial effect of *Trichoderma harzianum* strain Ths97 in biocontrolling *Fusarium solani* causal agent of root rot disease in olive trees. **Biological Control**, Orlando, v. 110, p. 70-78, 2017. DOI: <https://dx.doi.org/10.1016/j.biocontrol.2017.04.008>
- ANGELOTTI, F.; HAMADA, E. Efeito do déficit hídrico sobre a ocorrência de doenças de plantas. In: BETTIOL, W.; HAMADA, E.; ANGELOTTI, F.; AUAD, A. M.; GHINI, R. (Ed.). **Aquecimento global e problemas fitossanitários**. 1. ed. Brasília: Embrapa, 2017. p. 144-158.
- AULER, A. C. V.; CARVALHO, D. D. C.; MELLO, S. C. M. Antagonismo de *Trichoderma harzianum* a *Sclerotium rolfsii* nas culturas do feijoeiro e soja. **Revista Agro@ambiente On-line**, Boa Vista, v. 7, n. 3, p. 359-365, 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.18227/1982-8470ragro.v7i3.1335>
- ÁVILA, C. J.; ROESE, A. D.; CONCENÇO, G.; RICHETTI, A.; GOULART, A. C. P. **Manejo fitossanitário integrado na cultura da soja: uma solução sustentável**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2013. 36 p. (Documentos Online, 119).
- BEDENDO, I. P. Podridões de raiz e colo. In: AMORIM, L.; REZENDE, J. A. M.; BERGAMIN FILHO, A. (Ed.). **Manual de fitopatologia: Princípios e conceitos**. 5. ed. Ouro Fino: Agronômica Ceres, 2018. v.1. p. 361-364.
- BELL, D. K.; WELLS, H. D.; MARKHAM, C. R. *In vitro* antagonism of *Trichoderma* species against six fungal plant pathogens. **Phytopathology**, St. Paul, v. 72, n. 4, p. 379-382, 1982.
- BOKHARI, N. A.; PERVEEN, K. Antagonistic action of *Trichoderma harzianum* and *Trichoderma viride* against *Fusarium solani* causing root rot of tomato. **African Journal of Microbiology Research**, v. 6, n. 44, p. 7193-7197, 2012.
- CARVALHO, D. D. C.; MELLO, S. C. M. de; LOBO JUNIOR, M.; GERALDINE, A. M. Biocontrol of seed pathogens and growth promotion of common bean seedlings by *Trichoderma harzianum*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, n. 8, p. 822-828, 2011a. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2011000800006>
- CARVALHO, D. D. C.; MELLO, S. C. M.; LOBO JUNIOR, M.; SILVA, M. C. Controle de *Fusarium oxysporum* f. sp. *Phaseoli* *in vitro* e em sementes, e promoção do crescimento inicial do feijoeiro comum por *Trichoderma harzianum*. **Tropical Plant Pathology**, Brasília, v. 36, n. 1, 2011b. <http://dx.doi.org/10.1590/S1982-56762011000100004>
- CHAGAS, L. F. B.; CHAGAS JUNIOR, A. F.; SOARES, L. P.; FIDELIS, R. R. *Trichoderma* na promoção do crescimento vegetal. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia, v. 4, n. 3, p. 97-102, 2017. DOI: <https://dx.doi.org/10.32404/rean.v4i3.1529>

- COSTA, T. M.; SPERB, J. G. C.; RONCHETI, A. L.; BOTELHO, T. K. R.; SELL, T. M.; BERTOLI, S. L.; TAVARES, L. B. B. Avaliação da velocidade específica de crescimento radial de fungos em óleo vegetal residual. **Revista de estudos ambientais**, Blumenau, v. 17, n. 2, p. 29-40, jul./dez. 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.7867/1983-1501.2015v17n2p29-40>
- ETHUR, L. Z.; BLUME, E.; LUPATINI, M.; MUNIZ, M. F. B.; ANTONIOLLI, Z. I.; LORENTZ, L. H. *Trichoderma asperellum* na produção de mudas contra a fusariose do pepineiro. **Scientia Agraria Paranaensis**, Marechal Cândido Rondon, v. 11, n. 4, p. 73-84, 2012.
- GHINI, R. **Coletor solar para a desinfestação de substratos para a produção de mudas sadias**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2004. 5 p. (Circular Técnica, 4).
- GRIGOLETTI JUNIOR, A.; SANTOS, A. F. dos; AUER, C. G. Perspectivas do uso do controle biológico contra doenças florestais. **Floresta**, Curitiba, v. 30, n. 1/2, p. 155-165, 2000. <http://dx.doi.org/10.5380/rf.v30i12.2362>
- HUANG, Y. H.; HARTMAN, G. L. Reaction of selected soybean genotypes to isolates of *Fusarium solani* f. sp. *glycines* and their culture filtrates. **Plant Disease**, Saint Paul, v. 82, p. 999-1002, 1998. <https://dx.doi.org/10.1094/PDIS.1998.82.9.999>
- ISHIKAWA, M. S.; RIBEIRO, N. R.; OLIVEIRA, E. C.; ALMEIDA, A. A.; BALBI-PENNA, M. I. Seleção de cultivares de soja para resistência à podridão negra da raiz (*Macrophomina phaseolina*). **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 44, n. 1, p. 38-44, 2018. <http://dx.doi.org/10.1590/0100-5405/178653>
- ITO, M. F. Principais doenças da cultura da soja e manejo integrado. **Nucleus**, São Paulo, v. 10, n. 3, 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.3738/nucleus.v0i0.908>
- KLINGELFUSS, L. H.; YORINORI, J. T.; DESTRO, D. Métodos de inoculação para quantificação de resistência em soja a *Fusarium solani* f. sp. *glycines*, em casa-de-vegetação. **Fitopatologia brasileira**, Brasília, v. 32 n. 1, p. 50-55, 2007. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-41582007000100007>
- MACIEL, C. G.; WALKER, C.; MUNIZ, M. F. B.; ARAUJO, M. M. Antagonismo de *Trichoderma* spp. e *Bacillus subtilis* (UFV3918) a *Fusarium sambucinum* em *Pinus elliottii* engelm. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 38, n. 3, p. 505-512, 2014. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622014000300013>
- MILANESI, P. M. **Aspectos biológicos da interação *Fusarium* spp. e *Trichoderma* spp. em solo compactado de aveia preta e soja sob plantio direto**. 2012. 131f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2012.
- MILANESI, P. M.; BLUME, E.; ANTONIOLI, Z. I.; MUNIZ, M. F. B.; SANTOS, R. F.; FINGER, G.; DURIGON, M. R. Biocontrole de *Fusarium* spp. com *Trichoderma* spp. e promoção de crescimento em plântulas de soja. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v. 36, n. 3, p. 347-356, 2013.
- NASCIMENTO, S. R. C.; SILVA, F. H. A.; CRUZ, B. L. S.; DANTAS, A. M. M.; AMBRÓSIO, M. M. Q.; SENHOR, R. F. Sobrevivência de estrutura de resistência de *Macrophomina phaseolina* e *Sclerotium rolfsii* em solo tratado biologicamente. **Revista Agro@ambiente On-line**, Boa Vista, v. 10, n. 1, p. 50-56, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.18227/1982-8470ragro.v10i1.2947>
- PEREIRA, J. L.; QUEIROZ, R. M.; CHARNEAU, S. O.; FELIX, C. R.; RICART, C. A.; SILVA, F. L. da; STEINDORFF, A. S.; ULHOA, C. J.; NORONHA, E. F. Analysis of *Phaseolus vulgaris* response to its association with *Trichoderma harzianum* (ALL-42) in the presence or absence of the phytopathogenic fungi *Rhizoctonia solani* and *Fusarium solani*. **Plos one**, v. 9, n. 5, 2014. DOI: <https://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0098234>
- PREISIGKE, S. da C.; SILVA, L. P. da; SERAFIM, M. E.; BRUCKNER, C. H.; ARAÚJO, K. L.; NEVES, L. G. Early selection of *Passiflora* species resistant to fusariosis. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 43, n. 4, p. 321-325, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/0100-5405/175390>
- ROMEIRO, R. da S. **Controle Biológico de Doenças de Plantas: Fundamentos**. Viçosa, 2007. 269 p.
- SANTOS, H. A. dos. ***Trichoderma* spp. como promotores de crescimento em plantas e como antagonistas a *Fusarium oxysporum***. 2008. 89f. Dissertação (Mestrado) – Universidade de Brasília, Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, 2008.
- VINALE, F.; SIVASITHAMPARAM, K.; GHISALBERTI, E. L.; WOO, S. L.; NIGRO, M.; MARRA, R.; LOMBARDI, N.; PASCALE, A.; RUOCOO, M.; LANZUISE, S.; MAGANIELLO, G.; LORITO, M. *Trichoderma* secondary metabolites active on plants and fungal pathogens. **The Open Mycology Journal**, v. 8, n. 1, p. 127-139, 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.2174/1874437001408010127>