

(DOI): 10.5935/PAeT.V10.N3.05

*Brazilian Journal of Applied Technology for Agricultural Science, Guarapuava-PR, v.10, n.3 p.47-55, 2017***Cientific Paper****Resumo**

A cultura da soja é afetada negativamente por diversas doenças de importância econômica, principalmente aquelas causadas por fungos. O objetivo do trabalho foi avaliar o efeito do manejo com silício, isoladamente ou associado com *Bacillus subtilis* e *Trichoderma* sp., no controle de *Fusarium* sp. em plantas de soja. O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados, com quatro repetições, em sacos plásticos à campo. Sementes de soja cultivar M9144RR foram tratadas com *Bacillus subtilis* e *Trichoderma* sp.. As aplicações foliares de silício nas doses 0; 1,0; 2,5; 4,0 e 5,5 ml L<sup>-1</sup> foram realizadas nos estádios V6 e R1. Foram avaliados: severidade da doença, área abaixo da curva de progresso da doença, altura de plantas, número de vagens por planta, número de grãos por planta e massa total de grãos por planta. As aplicações foliares de silício (isoladamente) promoveram maior granação, com incrementos superiores a 12 grãos por planta. O manejo com silício, *B. subtilis*, *Trichoderma* sp. controla a severidade de *Fusarium* sp. em plantas de soja. O uso de silício, nas doses mais elevadas, associado à *B. subtilis* tem efeito promotor de crescimento em plantas de soja.

**Palavras chave:** *Bacillus subtilis*; *Trichoderma* sp., micronutriente.

**Abstract****Silicon and antagonistic microorganisms in the control of *Fusarium* sp. on soybean**

Soybean cultivation is negatively affected by several diseases of economic importance, especially those caused by fungi. The objective of this work was to evaluate the effect of silicon handling, either alone or in association with *Bacillus subtilis* and *Trichoderma* sp., on the control of *Fusarium* sp. in soybean plants. The experimental design was a randomized block design, with four replications, in plastic field bags. The foliar applications of silicon at doses 0.0; 1.0; 2.5; 4.0 and 5.5 ml L<sup>-1</sup> were performed at the V6 and R1 stages. Disease severity, area under disease progress curve, plant height, number of pods per plant, number of grains per plant and total grains per plant were evaluated. Foliar applications of silicon (alone) promoted greater granulation, with increments greater than 12 grains per plant. Management with silicon, *B. subtilis*, *Trichoderma* sp. controls the severity of *Fusarium* sp. in soybean plants. Silicon at the highest doses associated with *B. subtilis* has a growth promoting effect on soybean plants.

**Key words:** *Bacillus subtilis*; *Trichoderma* sp., micronutrient.

Received at: 04/03/2017

Accepted for publication at: 03/08/2017

<sup>1</sup> Doutoranda em Produção Vegetal. Universidade Federal do Tocantins - UFT - Avenida Paraguai - Setor Cimba - Araguaína-TO - 77824-8380. Email: larissaurzedo@hotmail.com

<sup>2</sup> Eng. Agrônomo. Dr. Prof. Adjunto. Universidade Federal do Tocantins - UFT - Avenida Paraguai - Setor Cimba - Araguaína-TO - 77824-8380. Email: fidelisrr@uft.edu.br

<sup>3</sup> Eng. Agrônoma. Dra. Pesquisadora. Universidade Federal do Tocantins - UFT - Avenida Paraguai - Setor Cimba - Araguaína-TO - 77824-8380. Email: taynarcoelho@hotmail.com

*Applied Research & Agrotechnology* v.10, n.3, sep/dec. (2017)

Print-ISSN 1983-6325 (On line) e-ISSN 1984-7548

## Resumen

### Silicio y microorganismos antagonistas en el control de *Fusarium* sp. en la soja

La cultura de la soja es afectada negativamente por diversas enfermedades de importancia económica, principalmente aquellas causadas por hongos. El reto del trabajo fue evaluar el efecto del manejo con silicio, aisladamente o asociado con *Bacillus subtilis* y *Trichoderma* sp., en el control de *Fusarium* sp. en plantas de soja. El delineamiento experimental utilizado fue de bloques casualizados, con cuatro repeticiones, en contenedores a campo. Las semillas de soja cultivar M9144RR fueron tratadas con *Bacillus subtilis* y *Trichoderma* sp. Las aplicaciones foliares de silicio en las dosis 0; 1,0; 2,5; 4,0 e 5,5 ml L<sup>-1</sup> foram realizadas en los nos estadios V6 e R1. Se evaluaron: severidad de la enfermedad, área debajo de la curva de progreso de la enfermedad, altura de plantas, número de vainas por planta, número de granos por planta y masa total de granos por planta. Las aplicaciones foliares de silicio (aisladamente) promocionaron mayor granación, con incrementos superiores a 12 granos por planta. El manejo con silicio, *B. subtilis*, *Trichoderma* sp. controla la severidad de *Fusarium* sp. en plantas de soja. El uso de silicio, en las dosis más altas, asociado a *B. subtilis* tiene efecto promotor de crecimiento en plantas de soja.

**Palabras clave:** *Bacillus subtilis*; *Trichoderma* sp., Micronutriente.

## Introdução

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) é uma das principais lavouras cultivadas no Brasil, com 33,7 milhões de hectares plantados na safra 2016/2017 (CONAB, 2017). Ainda segundo esse levantamento, no Tocantins, a área plantada expandiu 9,8% em relação à safra passada, chegando a 956,1 mil hectares, com aumento esperado de 50,4% em produtividade.

Diante do potencial de expansão do cultivo dessa oleaginosa, existem problemas fitossanitários que podem comprometer a produção, dentre eles, a ocorrência de doenças fúngicas, como a podridão causada por *Fusarium* sp. No entanto, as medidas adotadas para o controle dessa doença, como práticas culturais e pulverizações químicas disponíveis, não têm sido eficientes.

Nesse cenário, o uso de produtos denominados indutores de resistência (abióticos e/ou bióticos) em plantas pode ser utilizado como método alternativo de manejo da doença. Tais produtos são capazes de ativar mecanismos de defesa inerentes à planta, podendo expressar repostas morfológicas, fisiológicas e/ou bioquímicas que limitam a atividade do patógeno em seus tecidos (OLIVEIRA et al., 2015). Considerando que o bom estado nutricional das plantas promove a ativação dos mecanismos de defesa dos vegetais, a adubação equilibrada pode ser uma ferramenta eficaz para controlar ou inibir alguns fitopatógenos.

O silício (Si) é um micronutriente com efeito pronunciado em plantas expostas a condições de

estresse, bem como ao ataque de patógenos, podendo reduzir a severidade de doenças em algumas culturas (PEREIRA et al., 2009; CARRÉ-MISSIO et al., 2010; CRUZ et al., 2013; SANTOS et al., 2014). O aumento da lignificação da parede celular (CRUZ et al., 2012), a ativação de enzimas de defesa (quitinases,  $\beta$ -1,3-glucanases, peroxidases, polifenoloxidasas, lipoxigenases e fenilalanina amônia-liases) (GUERRA et al., 2013) e a ação tóxica contra determinadas espécies de fungos (GOMES et al., 2011), são alguns dos efeitos promovidos pelo Si em plantas, que dificulta a infecção de fitopatógenos.

Aliado a isso, outras estratégias de manejo tem sido estudadas, como o controle biológico por meio da aplicação de microorganismos antagonistas a patógenos habitantes do solo (SAHARAN e MEHTA, 2008; MELO, 2009; POMELLA e RIBEIRO, 2009). Segundo Harman (2011), alguns dos atributos dos microorganismos utilizados no controle de doenças incluem a melhoria na absorção de nutrientes, indução de resistência, além de promover o crescimento de plantas.

Perante a diversidade de microorganismos, podemos destacar as bactérias do gênero *Bacillus* e os fungos do gênero *Trichoderma*. A espécie *Bacillus subtilis* tem grande potencial como biocontrole devido a múltiplos mecanismos, dentre eles, a antibiose (LANNA FILHO et al., 2010). Segundo Hammami et al. (2009), o efeito in situ pela exposição de células vivas de *B. subtilis* pode ocasionar também aumento na biometria vegetal, refletindo em ganhos de produtividade, sendo a bactéria usada

comercialmente para ambos os fins (NGUGI et al., 2005; YAO et al., 2006).

Já os fungos do gênero *Trichoderma* são utilizados no controle de fitopatógenos devido ao seu amplo espectro de ação, como parasitismo, antibiose e competição, além de atuarem como indutores de resistência das plantas contra doenças e promotores de crescimento vegetal (MACHADO et al., 2012).

Neste sentido, a utilização dos agentes de controle mencionados pode trazer boas perspectivas no manejo fitossanitário. Contudo, existe uma carência de informações que relacionem o uso de silício e microrganismos antagonistas no controle da podridão causada por *Fusarium* sp. na cultura da soja, tendo em vista que a associação entre esses indutores de resistência pode aumentar a chance de sucesso no controle da doença, além de atuar como promotores de crescimento.

Objetivou-se com este trabalho avaliar o efeito do manejo com silício, isoladamente ou associado com *Bacillus subtilis* e *Trichoderma* sp. no controle de *Fusarium* sp. em plantas de soja.

## Material e métodos

O trabalho foi realizado na Universidade Federal do Tocantins (UFT), Campus de Gurupi – TO (11°43'45" S, 49°04'07" W e 278 m de altitude), com média anual de temperatura de 29,5 °C e precipitação de 1.804 mm.

Cada unidade experimental foi representada por um saco plástico com capacidade para 8,0 L, preenchido com 6,0 kg de uma mistura formadora de porosidade na proporção 3:1:1 (solo: areia lavada: composto orgânico). O solo utilizado foi retirado da área experimental da UFT. A proporção apresentou as seguintes características: pH (H<sub>2</sub>O) = 5,8; P = 22,5 mg dm<sup>-3</sup>; K = 0,32 cmol<sub>c</sub>dm<sup>-3</sup>; Ca<sup>2+</sup> = 1,0 cmol<sub>c</sub>dm<sup>-3</sup>; Mg<sup>2+</sup> = 0,5 cmol<sub>c</sub>dm<sup>-3</sup>; Al<sup>3+</sup> = 0,0 cmol<sub>c</sub>dm<sup>-3</sup>; H+Al = 1,0 cmol<sub>c</sub>dm<sup>-3</sup>; SB = 1,82 cmol<sub>c</sub>dm<sup>-3</sup>; T = 2,82 cmol<sub>c</sub>dm<sup>-3</sup>; M.O = 1,0 dag kg<sup>-1</sup>; Areia = 65,2%, Silte = 3,8%, Argila = 31,0%. De acordo com análise de solo, foi realizada a calagem e adubação com NPK.

Antes da semeadura, a mistura de solo foi esterilizada em autoclave com a finalidade de eliminar possíveis patógenos presentes e garantir a isenção desses agentes, de forma a assegurar o controle da aplicação do fungo *Fusarium* sp. na instalação do experimento. O inóculo de *Fusarium* sp. foi proveniente de solo de várzea sob cultivo de soja no município de Formoso do Araguaia – TO.

O patógeno foi depositado por meio de

suspensão na concentração de 10<sup>6</sup> conídios ml<sup>-1</sup>, cujo método de inoculação foi através de deposição no solo no volume de 20 ml de suspensão em cada saco plástico, antes da semeadura, com auxílio de uma seringa.

As sementes de soja cultivar M9144RR foram inoculadas com *Bradyrhizobium japonicum* (100 ml/50 kg de semente). Após essa etapa, foram aplicados os tratamentos *Bacillus subtilis* (400 ml/50 kg de semente) e *Trichoderma* sp. (109 conídios viáveis ml<sup>-1</sup>/50 kg de semente) com auxílio de seringas e logo em seguida, semeadas 6 sementes por saco. Quando as plantas atingiram o estágio fenológico V2, foi feito o desbaste deixando duas plantas por unidade experimental.

O experimento foi em delineamento de blocos casualizados (DBC), com quatro repetições. Os sacos plásticos foram colocados à campo. Aplicações foliares de silício (Si) (Fertilisilício® - 12,5% de K<sub>2</sub>O e 12% de Si) nas doses 0,0, 1,0, 2,5, 4,0 e 5,5 ml L<sup>-1</sup> foram realizadas nos estádios V6 e R1 em solução preparada com água destilada. As aplicações foram feitas utilizando um borrifador manual. Nos tratamentos com dose 0,0 ml L<sup>-1</sup> de Si foi aplicado somente água destilada. Para anular o efeito crescente de potássio nas doses de Si aplicadas, foi utilizado solução de KCl visando equilibrar a concentração na solução, que então foi considerada para a adubação potássica aplicada em cobertura. Quando necessário, foi realizado o controle de insetos utilizando Tiametoxan e Acetamiprido + Alfa-cipermetrina (i.a).

Para a detecção dos sintomas de *Fusarium* sp. nas plantas, foi observada se na haste havia a presença de mancha de coloração vermelho arroxeada para castanho-avermelhada a quase negra, e na parte aérea um amarelecimento prematuro das folhas e, com maior frequência, uma acentuada necrose entre as nervuras das folhas. Verificada a incidência da doença, a cada 7 dias foram realizadas as avaliações de severidade, por meio da observação de plantas com sintomas, segundo a escala de notas proposta por Hartman et al. (1997), modificada por Fronza (2003) e adaptada para o seguinte: 1= ausência de sintomas foliares visíveis (0% área foliar afetada); 2= leve desenvolvimento dos sintomas, com clorose em mosaico, e deformação ou encarquilhamento dos folíolos (1 a 16,5% área foliar afetada); 3= moderado desenvolvimento dos sintomas, com clorose internerval e necrose na borda dos folíolos (17 a 33% área foliar afetada); 4= elevado desenvolvimento dos sintomas, com clorose e necrose internerval (33 a 50% de área foliar afetada por necrose); 5= severo

desenvolvimento dos sintomas, com clorose e necrose internerval e/ou plantas mortas ou severa restrição no desenvolvimento de plantas (51 a 100% de área foliar afetada por necrose).

Para medir o controle de *Fusarium* sp. em plantas de soja, avaliou-se a severidade da doença (SEV) e a partir de tais dados foi calculada a área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) (SHANER e FINNEY, 1977), pela Eq. 1:

$$AACPD = \sum (y_i + y_{i+1})/2 * d_{it} \quad (1)$$

Onde:  $y_i$  e  $y_{i+1}$  representaram os valores de severidade observados em duas avaliações consecutivas e  $d_{it}$  o intervalo entre as avaliações.

As características avaliadas foram: altura de plantas (AP) (cm), número de vagens por planta (VP) (unid.), número de grãos por planta (GP) (unid.) e massa total de grãos por planta (MG) (g planta<sup>-1</sup>).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F a 5% de probabilidade,

utilizando o programa estatístico SISVAR 5.6. Quando significativas, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Os resultados da relação entre doses de silício e microrganismos antagonistas, quando significativos, foram submetidos à análise de regressão e os gráficos obtidos através do programa SIGMAPLOT 10.0.

## Resultados e discussão

Não houve diferença significativa para os tratamentos avaliados com relação à severidade (SEV) e área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) (Tabela 1). Considerando a média obtida através da escala de notas aplicada, numericamente, o manejo com silício e microrganismos antagonistas foi eficiente no controle da severidade da podridão de *Fusarium* sp.. Tal fato associa-se à baixa porcentagem (1 a 16,5%) de lesões foliares aparentes causadas pelo fitopatógeno nas plantas tratadas com esses agentes de controle.

**Tabela 1.** Valores médios das notas de severidade (SEV) e área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) em função de *Fusarium* sp. em soja cultivar M9144RR tratada com silício e microrganismos antagonistas.

Tratamento	SEV	<sup>1</sup> AACPD
Silício	2,20 a	736,22 a
<i>Bacillus subtilis</i>	2,05 a	727,47 a
<i>Trichoderma</i> sp.	2,00 a	750,62 a
CV (%)	12,90	52,12
Média geral	2,08	738,10

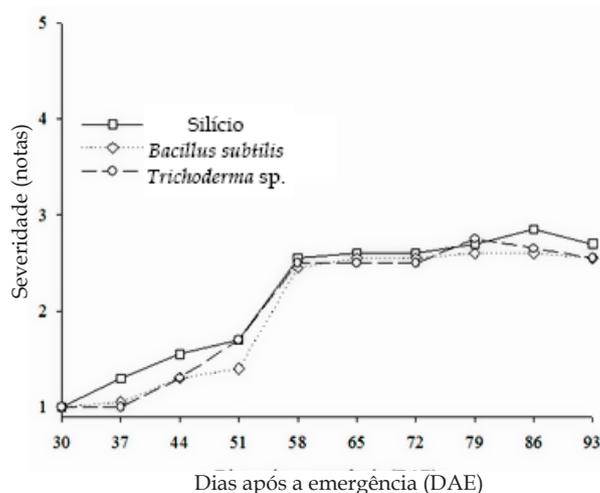
<sup>1</sup>AACPD: valores reais determinados pela severidade em dez avaliações com intervalos de sete dias. Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade.

Em estudo avaliando o efeito silício no controle da ferrugem asiática da soja, Oliveira et al. (2015) verificaram que o tratamento fosfito + silicato de potássio reduziu, em relação à testemunha (sem controle), a severidade da ferrugem da soja no final do desenvolvimento da cultura. Assim, a redução nos níveis de severidade pelo uso do micronutriente nas plantas pode estar atrelada ao aumento da lignina nas folhas (CRUZ et al., 2012).

Considerando que o tratamento de sementes com antagonistas pode suprimir, inibir ou o diminuir o desenvolvimento de patógenos presentes no solo, os resultados deste trabalho relacionam-se aos de Maciel et al. (2017), evidenciado pela atividade antagônica

in vitro de isolados de *Trichoderma* spp. e *Bacillus* sp. sobre *Lasioidiplodia theobromae* em sementes de *Pinus* sp.. No entanto, Lanna Filho et al. (2010), ressaltam que a antibiose, apesar de ser uma característica importante para o biocontrole, é apenas um dos mecanismos usados por microrganismos.

O comportamento das curvas de progresso contesta com os resultados obtidos para AACPD, pois as notas de severidade mostraram-se semelhantes para ambos os tratamentos ao longo das avaliações (Figura 1). Separadamente, em função do tempo, o maior avanço da doença ocorreu a partir dos 51 DAE, muito embora o máximo de severidade ( $y_{m\acute{a}x} = 2,85$ ) tenha ocorrido aos 86 DAE no tratamento silício.

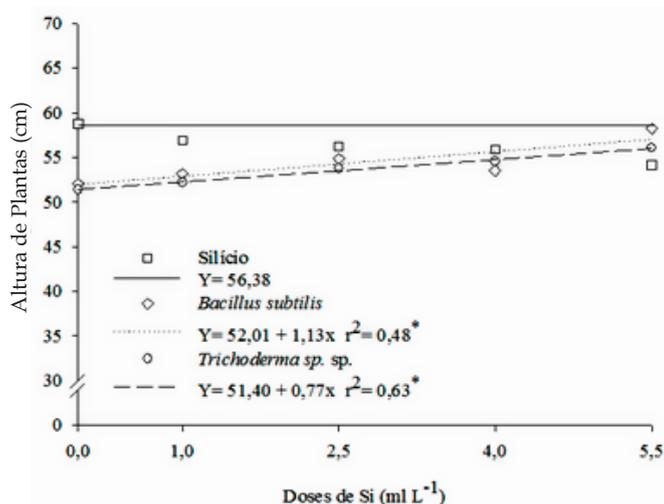


**Figura 1.** Curvas de progresso da podridão causada por *Fusarium* sp. expresso em notas, em função de dias após emergência (DAE), em soja cultivar M9144RR tratada com os agentes de controle. Notas referem-se à área foliar afetada: 1= 0%, 2= 1 a 16,5%, 3= 17 a 33%, 4= 33 a 50%, 5= 51 a 100%.

Efeito promotor de crescimento vegetal foi verificado através da interação significativa ( $p \leq 0,05$ ) entre os agentes de controle nas doses de silício (Si) para altura de plantas e número de vagens por planta de soja.

A associação de doses crescentes de Si com os

microrganismos antagonistas promoveu acréscimos em altura de plantas (Figura 2). Para *B. subtilis*, a combinação com a dose máxima de Si proporcionou plantas com até 58,22 cm, e para *Trichoderma* sp., 55,63 cm. O tratamento silício (isoladamente) teve efeito constante para a característica.



**Figura 2.** Altura de plantas de soja cultivar M9144RR inoculadas com *Fusarium* sp. e tratadas com agentes de controle.

Estes resultados corroboram os de outros estudos utilizando bactérias do gênero *Bacillus*, as quais se mostraram capazes de promover o crescimento em altura de plantas, em porta-enxertos

de citros (GIASSI et al., 2016), plantas de feijoeiro (ROCHA et al., 2016) e mudas de eucalipto (clones 1277 e I144) (RAASCH et al., 2013).

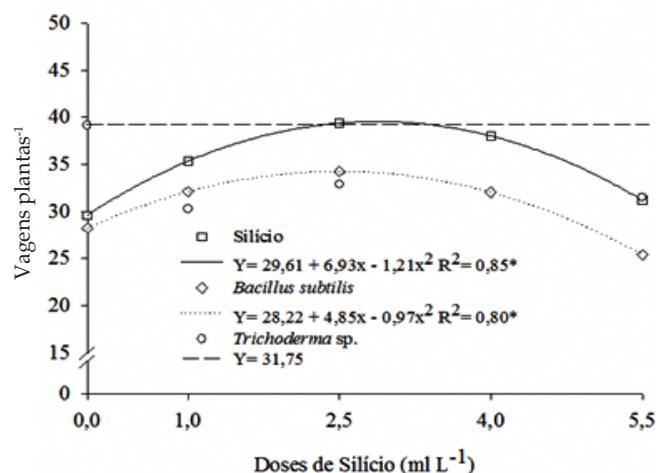
De acordo com Sahasrabudhe (2011), cerca

de 80% das bactérias isoladas da rizosfera são produtoras de AIA, que é uma das principais auxinas fisiologicamente ativas de importância para crescimento e desenvolvimento vegetal (TAIZ e ZEIGER, 2009). Diante disso, é possível afirmar que a produção dos fitormônios seja o mecanismo mais encontrado na promoção de crescimento em plantas por bactérias promotoras de crescimento vegetal (GRAY e SMITH, 2005).

Isolados de *Trichoderma harzianum* (2B22, 2B2) também se destacaram com relação à altura de mudas de *Gochnatia polymorpha* em substrato esterilizado (MACHADO et al., 2015). Utilizando produto Trichodel® (5 ml kg<sup>-1</sup>) inoculado na semente, GIEHL et al. (2015) observaram plantas de feijoeiro 'BRS Guabiju' mais altas que no tratamento testemunha. Para esses autores, a aplicação de *Trichoderma* no momento da semeadura demonstra

a necessidade da presença do fungo para haver estímulo em crescimento da parte aérea, pois a promoção de crescimento da planta por *T. harzianum* pode ser favorecida pela solubilização de fosfato e micronutrientes (LI et al., 2015).

Analisando o número vagens por planta, notou-se que os tratamentos silício (isoladamente) e associado com *B. subtilis* ajustaram-se de maneira quadrática em função das doses do micronutriente, sendo que a partir de 2,5 ml L<sup>-1</sup> de Si houve redução do número de vagens (Figura 3). Nesta dose, o número máximo de vagens obtido foi de 39,38 e 34,30, respectivamente, para o micronutriente (isoladamente) e associado à bactéria. Comparados às suas testemunhas, estes tratamentos promoveram, na mesma ordem, aumentos de 24,80 e 18,43% na produção de vagens por planta.



**Figura 3.** Número de vagens por planta de soja cultivar M9144RR inoculadas com *Fusarium* sp. e tratadas com agentes de controle.

Crusciol et al. (2013), avaliando a aplicação de Si via foliar (ácido silícico estabilizado) na nutrição e na produtividade de culturas leguminosas, verificaram que apenas o número de vagens por planta aumentou de forma significativa com a aplicação de Si, sendo o incremento da ordem de 11%, corroborando com os resultados deste trabalho.

O efeito invariável do *Trichoderma* sp. em número de vagens por planta, numa análise mais direcionada ao comportamento controverso à bactéria, pode ser atribuído aos mecanismos específicos de ação dos fungos promotores do crescimento vegetal, que podem variar conforme o ambiente, substrato, disponibilidade de nutrientes e

interferência de outros microrganismos (MACHADO et al., 2015).

Houve efeito significativo ( $p \leq 0,01$ ) para o número de grãos por planta e massa total de grãos (Tabela 2). As aplicações foliares de silício promoveram maior granação, com incrementos superiores a 12 grãos por planta. Tal resposta equivale a um rendimento de 8,26 g por planta, que confere um acréscimo de até 1,85 g planta<sup>-1</sup> em massa total de grãos. Se considerarmos uma população de 260.000 plantas ha<sup>-1</sup>, um aumento em torno de 481,00 kg em área resultaria 2.147,6 kg ha<sup>-1</sup>, produtividade 10% maior que a anterior registrada para o Tocantins.

**Tabela 2.** Efeito do silício e dos microrganismos antagonistas sobre o número de grãos por planta (GP) e massa total de grãos (g planta<sup>-1</sup>) de soja cultivar M9144RR.

Tratamento	GP (un.)	MG (g planta <sup>-1</sup> )
Silício	68,00 a	8,26 a
<i>Bacillus subtilis</i>	55,70 b	7,57 ab
<i>Trichoderma</i> sp.	54,62 b	6,41 b
CV (%)	22,04	22,73
Média geral	59,6	7,41

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade.

A maior massa total de grãos era esperada, pois, dentre os benefícios proporcionados pelo Si nas plantas, destaca-se o aumento da eficiência fotossintética e o melhor aproveitamento da água (DATNOFF et al., 2001), fundamentais para o bom desenvolvimento das plantas, principalmente na fase reprodutiva.

As respostas das aplicações de silício observadas neste trabalho para os parâmetros de produtividade mostraram os menores níveis de perdas ocasionados pela presença da doença, diferindo dos resultados obtidos por Oliveira et al. (2015), onde a associação de fosfito e silicato de potássio não proporcionou redução nas perdas de produtividade.

Quanto aos efeitos pronunciados pelos microrganismos, em consonância, Clemente et al. (2016) evidenciaram aumento na produção de raízes de cenoura comercial através do uso de produtos comerciais contendo *Bacillus* spp.; contudo, os tratamentos com regulador de crescimento (auxina, citocinina e giberelina) e fungicida biológico (*T. harzianum*), aplicados na semente, não influenciaram no rendimento de grãos do feijoeiro (BERNARDES et al., 2010).

Segundo Machado et al. (2012), o sucesso do controle de fitopatógenos e da promoção de crescimento por bioagentes dependerá das propriedades e mecanismos de ação do organismo. Todavia, de acordo alguns autores, é conveniente mencionar que a ativação dos mecanismos de defesa inerentes às plantas pode resultar em um custo fisiológico reduzindo a produtividade em razão do

desvio de energia para essas eventuais respostas fisiológicas relativas à resistência induzida (IRITI e FAORO, 2003; GOMES et al., 2011), o que pode não traduzir necessariamente em benefícios quando se consideram as perdas ocasionadas pelas doenças.

Embora não tenha sido possível evidenciar respostas decisivas quanto ao uso de silício, isoladamente ou associado com agentes biológicos em plantas de soja, verificou-se controle dos níveis de severidade de *Fusarium* sp., com base na avaliação proposta pela escala de notas adotada. Isto evidencia a necessidade de novos estudos, que podem e devem ser realizados a fim de fornecer maiores subsídios para o real entendimento dos efeitos da aplicação desses produtos no manejo da doença, considerando ainda aspectos relativos às características morfológicas e de rendimento dessa dicotiledônea.

## Conclusões

O manejo com silício, *Bacillus subtilis*, *Trichoderma* sp. controla a severidade da podridão causada por *Fusarium* sp. em plantas de soja. Doses mais elevadas de Si, associadas à *B. subtilis* tem efeito promotor de crescimento em plantas de soja.

## Agradecimentos

À empresa Plant Defender®, pelo fornecimento da fonte de silício para a realização deste trabalho. Ao Programa de Pós-graduação em Produção Vegetal da Universidade Federal do Tocantins.

## Referências

BERNARDES, T. G.; SILVEIRA, P. M.; MESQUITA, M. A. M. Regulador de crescimento e *Trichoderma harzianum* aplicados em sementes de feijoeiro cultivado em sucessão a culturas de cobertura. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 40, n. 4, p. 439-446, 2010.

CARRÉ-MISSIO, V.; RODRIGUES, F. Á.; SCHURT, D. A.; REZENDE, D. C.; RIBEIRO, N. B.; ZAMBOLIM, L. Aplicação foliar de silicato de potássio, acibenzolar-S-metil e fungicidas na redução da mancha de Pestalotia em morango. **Tropical Plant Pathology**, v. 35, p. 182-185, 2010.

*Applied Research & Agrotechnology* v.10, n.3, sep/dec. (2017)

Print-ISSN 1983-6325 (On line) e-ISSN 1984-7548

CLEMENTE, J. M.; CARDOSO, C. R.; VIEIRA, B. S.; FLOR, I. M.; COSTA, R. L. Use of *Bacillus* spp. as growth promoter in carrot crop. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, n. 35, p. 3355-3359, 2016.

Companhia Nacional de Abastecimento – CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**, v. 4 Safra 2016/17 - Sétimo levantamento, Brasília, p. 1-160, abril 2017. Disponível em: [http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/17\\_04\\_17\\_17\\_20\\_55\\_boletim\\_graos\\_abr\\_2017.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/17_04_17_17_20_55_boletim_graos_abr_2017.pdf). Acesso em 20 de abril de 2017.

CRUSCIOL, C. A. C.; SORATTO, R. P.; CASTRO, G. S. A.; COSTA, C. H. M.; FERRARI NETO, J. Aplicação foliar de ácido silícico estabilizado na soja, feijão e Amendoim. **Revista Ciência Agronômica**, v. 44, n. 2, p. 404-410, 2013.

CRUZ, M. F. A.; RODRIGUES, F. A.; POLANCO, L. R. CURVELO, C. R. S.; NASCIMENTO, K. J. T.; MOREIRA, M. A.; BARROS, E. G. Inducers of resistance and silicon on the activity of defense enzymes in the soybean - *Phakopsora pachyrhizi* interaction. **Bragantia**, v. 72, n. 2, p. 162-172, 2013.

CRUZ, M. F. A.; SILVA, L. F.; RODRIGUES, F. A.; ARAUJO, J. M.; BARROS, E. G. Silício no processo infeccioso de *Phakopsora pachyrhizi* em folíolos de plantas de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, n. 1, p. 142-145, 2012.

DATNOFF, L. E.; SNYDER, G. H.; KORNDÖRFER, G. H. (2001) **Silicon on Agriculture**. Amsterdam, Elsevier Science. 424p.

FRONZA, V. **Genética da reação da soja a *Fusarium solani* f. sp. *glycines***. Piracicaba, SP. 154p. Tese (doutorado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2003.

GIASSI, V.; KIRITANI, C.; KUPPER, K. C. Bacteria as growth-promoting agents for citrus rootstocks. **Microbiological Research**, v. 190, p. 46-54, 2016.

GIEHL, J.; REINIGER, L. R. S.; FRUET, S. F. T.; SILVA, B. R.; MIRANDA, F. Efeito de *Trichoderma* spp. no cultivo de feijoeiro comum em condições de campo sob estresse por nematoides. **Cadernos de Agroecologia**, v. 10, n. 3, 2015.

GOMES, E. C. S.; LEITE, R. P.; SILVA, F. J. A.; CAVALCANTI, L. S.; NASCIMENTO, L. C.; SILVA, S. M. Manejo do míldio e ferrugem em videira com indutores de resistência: produtividade e qualidade pós-colheita. **Tropical Plant Pathology**, v. 36, n. 5, p. 332-335, 2011.

GRAY, E. J.; SMITH, D. L. Intracellular and extracellular PGPR: commonalities and distinctions in the plant-bacterium signaling processes. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 37, n. 3, p. 395-412, 2005.

GUERRA, A. M. N. M.; RODRIGUES, F. A.; BERGER, P. G.; BARROS, A. F.; RODRIGUES, Y. C.; LIMA, T. C. **Resistência do algodoeiro à ferrugem tropical potencializada pelo silício**. *Bragantia*, v. 72, n. 3, p. 279-291, 2013.

HAMMAMI, I.; RHOUMA, A.; JAOUADI, B.; REBAL, A.; NESME, X. Optimization and biochemical characterization of a bacteriocin from a newly isolated *Bacillus subtilis* strain 14B for biocontrol of *Agrobacterium* spp. strains. **Letters in Applied Microbiology**, v.48, n. , p.253-260, 2009.

HARMAN, G. E. Multifunctional fungal plant symbionts: new tools to enhance plant growth and productivity. **New Phytologist**, v.189, n.3, p.647-649, 2011.

HARTMAN, G. L.; HUANG, Y. H.; NELSON, R. L.; NOEL, G. R. Germplasm evaluation of *Glycine max* resistance to *Fusarium solani*, the causal organism of sudden death syndrome. **Plant Disease**, v.81, n.5, p.515-518, 1997.

IRITI, M.; FAORO. Does benzothiadiazole induced resistance increase fitness cost in bean? **Journal of Plant Pathology**, v. 85, n. 4, p.265-270, 2003.

LANNA FILHO, R.; FERRO, H. M.; PINHO, R. S. C. Controle biológico mediado por *Bacillus subtilis*. **Revista Trópica**, v. 4, n. 2, p. 12-20, 2010.

LI, R.; FENG, C.; PANG, G.; SHEN, Q.; LI, R.; CHEN, W. Solubilization of Phosphate and Micronutrients by *Trichoderma harzianum* and Its Relations with the Promotion of Tomato Plant Growth. **PLOS One**, v. 25, p. 1-16, 2015.

- MACHADO, D. F. M.; PARZIANELLO, F. R.; SILVA, A. C. F.; ANTONIOLLI, Z. I. Trichoderma no Brasil: o fungo e o bioagente. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 35, n. 1, p. 274-288, 2012.
- MACHADO, D. F. M.; TAVARES, A. P.; LOPES, S. J.; SILVA, A. C. F. Trichoderma spp. na emergência e crescimento de mudas de cambará (*Gochmatia polymorpha* (Less.) Cabrera). **Revista Árvore**, v. 39, n. 1, p. 167-176, 2015.
- MACIEL, C. G.; MUNIZ, M. F. B.; ROLIM, J. M.; MICHELON, R. M. D. N.; POLETTO, T.; RABUSKE, J. E. Uso da microbiolização contra Lasiodiplodia theobromae em sementes de *Pinus* spp. **Floresta**, Curitiba, PR, v. 47, n. 1, p. 121 - 128, 2017.
- MELO, S. C. M. Recursos genéticos de microrganismos. In: Albuquerque, A.C.S.; Silva, A.G. Agricultura Tropical: quatro décadas de inovações tecnológicas, institucional e políticas. Brasília, DF: **Embrapa Informação Tecnológica**, 2009. v. 2, p. 679-700.
- NGUGI, H. K.; DEDEJ, S.; DELAPLANE, K. S.; SAVELLE, A. T.; SCHERM, H. Effect of flower-applied Serenade biofungicide (*Bacillus subtilis*) on pollination-related variables in rabbiteye blueberry. **Biological Control**, v. 33, n. 1, p. 32-38, 2005.
- OLIVEIRA, G. M.; PEREIRA, D. D.; CAMARGO, L. C. M.; SAAB, O. J. G. Fosfito e silicato de potássio no controle da ferrugem asiática da soja (*Phakopsora pachyrhizi* Syd. & P. Syd). **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 10, n. 1, p. 60-65, 2015.
- PEREIRA, S. C.; RODRIGUES, F. A.; CARRÉ-MISSIO, V.; OLIVEIRA, M. G. A.; ZAMBOLIM, L. Efeito da aplicação foliar de silício na resistência à ferrugem e na potencialização da atividade de enzimas de defesa em cafeeiro. **Tropical Plant Pathology**, v. 34, n. 4, p. 223-230, 2009.
- POMELLA, A. W. V.; RIBEIRO, R. T. S. Controle Biológico com Trichoderma em Grandes Culturas - Uma visão empresarial. In: Bettiol, W.; Morandi, M.A.B. Biocontrole de doenças de plantas: uso e perspectivas. Jaguariúna: **Embrapa Meio Ambiente**, 2009. p. 239-244.
- RAASCH, L. D.; BONALDO, S. M.; OLIVEIRA, A. A. F.; Bacillus subtilis: enraizamento e crescimento de miniestacas de eucalipto em Sinop, norte de Mato Grosso, Brasil. **Bioscience Journal**, v. 29, Suplemento 1, p. 1446-1457, 2013.
- ROCHA, L. A.; VIEIRA, B. S.; MOTA, L. C. B. M.; LOPES, E. A. Potencial de isolados de *Bacillus* sp. para o controle de *Curtobacterium flaccumfaciens* pv. **Ciência Agrícola**, v. 14, n. 1, p. 45-50, 2016.
- SAHARAN, G. S.; MEHTA, N. Sclerotinia diseases of crop plants: biology, ecology and disease management. New Delly: Springer Science, 2008. 550 p.
- SAHASRABUDHE, M. Screening of rhizobia for indole acetic acid production. **Annals of Biological Research**, v. 2, n. 4, p. 460-468, 2011.
- SANTOS, G. R.; RODRIGUES, A. C.; BONIFACIO, A., CHAGAS JUNIOR, A. F., TSCHOEKE, P. H. Severidade de antracnose em folhas de sorgo submetido a doses crescentes de silício. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 45, n. 2, p. 403-408, 2014.
- SHANER, G.; FINNEY, R. E. The effect of nitrogen fertilization on the expression of slow-mildewing resistance in knox wheat. **Phytopathology**, v. 67, n. 8, p. 1051-1056, 1977.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed. 2009. 722 p.
- YAO, A.; BOCHOW, H.; KARIMOV, S.; BOTUROV, U.; SANGINBOY, S.; SHARIPOV, A. Effect of FZB 24® *Bacillus subtilis* as a biofertilizer on cotton yields in field tests. **Archives of Phytopathology and Plant Protection**, v. 39, n. 4, p. 323-328, 2006.
- YAO, A.; BOCHOW, H.; KARIMOV, S.; BOTUROV, U.; SANGINBOY, S.; SHARIPOV, A. Effect of FZB 24® *Bacillus subtilis* as a biofertilizer on cotton yields in field tests. **Archives of Phytopathology and Plant Protection**, v. 39, n. 4, p. 323-328, 2006.