

Eficiência de Agentes de Controle Biológico no Manejo da Brusone do Trigo no Campo



*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

**BOLETIM DE PESQUISA
E DESENVOLVIMENTO
351**

**Eficiência de Agentes de Controle Biológico
no Manejo da Brusone do Trigo no Campo**

*Angelo Aparecido Barbosa Sussel
Itamar Soares de Melo*

Exemplar desta publicação disponível gratuitamente
no link: <https://www.bdpa.cnptia.embrapa.br/consulta/?initQuery=t>
(Digite o título e clique em pesquisar)

Embrapa Cerrados
BR 020, Km 18, Rod. Brasília / Fortaleza
Caixa Postal 08223
CEP 73310-970, Planaltina, DF
Fone: (61) 3388-9898
Fax: (61) 3388-9879
embrapa.br/cerrados
embrapa.br/fale-conosco/sac

Comitê Local de Publicações
da Unidade

Presidente
Marcelo Ayres Carvalho

Secretária-executiva
Marina de Fátima Vilela

Membros
*Alessandra S. G. Faleiro, Cícero D. Pereira,
Gustavo J. Braga, João de Deus G. dos S.
Júnior, Jussara Flores de O. Arbues, Maria
Edilva Nogueira, Shirley da Luz S. Araujo*

Supervisão editorial
Jussara Flores de Oliveira Arbues

Revisão de texto
Jussara Flores de Oliveira Arbues

Normalização bibliográfica
Shirley da Luz Soares Araújo (CRB 1/1948)

Projeto gráfico da coleção
Carlos Eduardo Felice Barbeiro

Editoração eletrônica
Leila Sandra Gomes Alencar

Foto da capa
Angelo Aparecido Barbosa Sussel

1ª edição
1ª impressão (2019): tiragem 30 exemplares

Todos os direitos reservados.

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte,
constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Embrapa Cerrados

S964e Sussel, Angelo Aparecido Barbosa.

Eficiência de agentes de controle biológico no manejo da brusone do trigo no campo / Angelo Aparecido Barbosa Sussel e Itamar Soares de Melo. – Planaltina, DF : Embrapa Cerrados, 2019.

19 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Cerrados, ISSN 1676-918X, ISSN online 2176-509X; 351).

1. Fungo para controle biológico. 2. Doença de planta. 3. Trigo. I. Melo, Itamar Soares de. II. Título. III. Série.

632.93 – CDD-21

Shirley da Luz Soares Araújo (CRB 1/1948)

© Embrapa, 2019

Sumário

Resumo	5
Abstract	6
Introdução	7
Material e Métodos	9
Resultados e Discussão	11
Conclusão.....	17
Referências	17

Eficiência de Agentes de Controle Biológico no Manejo da Brusone do Trigo no Campo

Angelo Aparecido Barbosa Sussel¹

Itamar Soares de Melo²

Resumo – A brusone do trigo (*Pyricularia oryzae*) é a doença mais importante em regiões tropicais onde há produção dessa cultura sendo fator limitante para sua expansão no Cerrado Brasileiro. Objetivando avaliar a eficiência de agentes de controle biológico no manejo da brusone do trigo, foram implantados quatro experimentos a campo nos anos de 2016, 2017 e 2018, na área experimental da Embrapa Cerrados. As cultivares de trigo (*Triticum aestivum* L.) utilizadas foram BRS 208 e BRS 404. Dois isolados de *Streptomyces rishiriensis* e um de *Bacillus aryabhattai* foram cultivados em meio líquido, diluídos na concentração de 10^8 UFC/mL, e pulverizados sobre as parcelas no período de florescimento e enchimento de grãos do trigo. Um tratamento não pulverizado foi utilizado como testemunha e um tratamento pulverizado com fungicida tebuconazole + trifloxistrobim serviu como tratamento controle. Foram avaliados a incidência, a severidade, o rendimento de grãos, o peso hectolitro e o peso de mil grãos. Não foi observada diferença significativa da severidade, rendimento de grãos, peso hectolitro ou peso de mil grãos em nenhum dos experimentos. Apenas a incidência de espigas doentes permitiu diferenciar os tratamentos em que, o tratamento com fungicida e o isolado “*Streptomyces rishiriensis* 2”, apresentaram incidência significativamente menor à da testemunha não pulverizada, nos experimentos implantados no segundo semestre de 2016 e em 2017.

Termos para indexação: *Pyricularia oryzae*, *Bacillus aryabhattai*, *Streptomyces rishiriensis*, Trigo BRS 404, Trigo BRS 208.

¹ Engenheiro-agrônomo, doutor em Fitopatologia, pesquisador da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF.

² Engenheiro-agrônomo, doutor em Genética e Melhoramento de Plantas, pesquisador da Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, SP.

Efficiency of Biological Control Agents in the Management of Wheat Blast in the Field

Abstract – Wheat blast (*Pyricularia oryzae*) is the most important disease in tropical regions where wheat (*Triticum aestivum* L.) is produced, and is a limiting factor for the expansion of this crop in the Brazilian Cerrado. Four field experiments were implemented in 2016, 2017 and 2018, in the experimental area of Embrapa Cerrados to evaluate the efficiency of biological control agents in wheat blast management. Two wheat cultivars, BRS208 and BRS404, were used on the trials. Two isolates of *Streptomyces rishiriensis* and one of *Bacillus aryabhatai* were cultivated and diluted to the concentration of 10^8 CFU / mL, and sprayed on the plots during the wheat heading period. There were, also, two control treatments: an untreated control and one sprayed with the fungicides tebuconazole + trifloxystrobin. Incidence, severity, productivity, hectoliter weight and weight of a thousand grains were evaluated. No significant difference in severity, yield, hectoliter weight, or weight of a thousand grains was observed in any of the experiments. Only the disease incidence on the spikes significantly differentiated the treatments. The fungicide treatment and the isolate “*Streptomyces rishiriensis* 2” had a significantly lower incidence than the non – sprayed control in the experiments planted in the second semester of 2016 and in 2017.

Index terms: *Pyricularia oryzae*, *Bacillus aryabhatai*, *Streptomyces rishiriensis*, BRS404 wheat, BRS208 wheat.

Introdução

A infecção pela brusone do trigo, causada pelo fungo *Pyricularia oryzae* Cavara 1892 (teleomorfo: *Magnaporthe oryzae* (Catt.) B.C. Couch 2002) (Couch; Kohn, 2002; Zang et al., 2016), ocorre quando os esporos depositados na superfície do hospedeiro, germinam e invadem o tecido, podendo produzir lesões que propiciam a propagação de novos esporos para outras plantas.

A brusone é uma doença que representa um dos mais sérios problemas para a produção de trigo no Brasil e é reconhecida como ameaça mundial para produção de trigo (Peterson et al., 2011). Sua ocorrência tem sido relacionada com perdas na produção que podem ultrapassar 74% (Goulart et al. 2007), especialmente no norte do Paraná, Mato Grosso do Sul, São Paulo, Goiás, Minas Gerais e no Distrito Federal. O fungo pode infectar diferentes partes da planta em vários estágios de desenvolvimento e dependendo do estágio de desenvolvimento da planta, pode haver danos severos, levando à produção de grãos chochos, de baixo peso específico ou de espigas sem grãos (Goulart; Paiva, 2000; Goulart et al., 2007). Os sintomas mais graves ocorrem a partir do início do florescimento, sendo esse estágio considerado o principal, pois uma vez a doença estabelecida nas espigas, são maiores os impactos na produtividade. Na ráquis surge uma lesão escura, em que o fungo esporula abundantemente, acima da qual a translocação da seiva é interrompida.

A severidade da doença alcança valores máximos, com rápido progresso da epidemia, causando sérios danos à cultura, principalmente durante a fase de espigamento, se as condições de temperatura (25 °C a 28 °C), período de molhamento foliar (igual ou maior que 10 horas) forem combinadas com a ocorrência de períodos prolongados de chuva (Cardoso et al. 2008). O problema da brusone é agravado pela pouca ou inexistente disponibilidade de cultivares resistentes ou, até mesmo, tolerantes à doença (Cruz et al., 2010). Como é o caso da cultivar BRS 229, que é considerada uma variedade moderadamente resistente à doença, como apontado por Brunetta et al. (2006). No entanto, a resistência moderada que determinados cultivares apresentam numa região nem sempre é expressa da mesma maneira em outras regiões geográficas (Cruz et al., 2010), devido às diferenças das condições climáticas e variabilidade do patógeno, que lhes conferem uma maior adaptação ao

ambiente e até mesmo a hospedeiros distintos (Urashima et al., 2004). Dessa forma, faz-se necessária a aplicação de um conjunto de técnicas e medidas para conferir o controle satisfatório do patógeno.

A aplicação de fungicidas é uma alternativa de controle da brusone, mas o desempenho dessa estratégia não tem se mantido uniforme ao longo dos anos, principalmente quando as condições são muito favoráveis à doença, como as que ocorrem em anos de graves epidemias (Santana et al., 2012), o que torna a busca por melhores medidas de controle da brusone do trigo prioritária (Cruz et al., 2010). Diante desse contexto, opções relacionadas ao controle biológico, por meio da aplicação de agentes biocontroladores ou extratos e essências, podem se constituir em uma estratégia eficiente para o controle da brusone do trigo, embora não exista relatos de trabalhos tratando desse assunto em relação a essa doença em condições de campo.

Agentes biocontroladores podem ser utilizados isoladamente ou complementarmente, minimizando a ação do patógeno e diminuindo o uso de agroquímicos (Casteliani, 2016). O potencial de biocontrole é resultado de diferentes interações específicas e não específicas e pode apresentar mais de um modo de ação, como competição, micoparasitismo, indução de resistência e antibiose. No entanto, o contexto ambiental em que estes organismos estão inseridos pode resultar em todos estes tipos de interações com diferentes intensidades (Pal; Gardener, 2006).

A rizosfera, região do solo que circunda as raízes das plantas, está em constante interação com as raízes e conseqüentemente com uma grande quantidade de microrganismos (Philippot et al., 2013), em razão da grande disponibilidade de compostos secretados e liberados pelas raízes das plantas, denominados exsudatos radiculares (Monteiro et al., 2012) que, por sua vez, podem atuar como sinalizadores químicos e favorecer o estabelecimento de comunidades microbianas benéficas, que podem garantir proteção por meio de diferentes mecanismos de ação direta ou indireta (Bais et al., 2004).

Diversos trabalhos têm relatado o uso de isolados provenientes da rizosfera com potencial para atuarem como agentes de biocontrole diante de diferentes patógenos (Lucon; Melo, 1999; Amorim; Melo, 2002; Santos et. al, 2011; SILVA et al., 2012; Ludwig et al., 2013; Ventura et al., 2018), indicando que este é um nicho ecológico que apresenta grande potencial para obtenção de agente de biocontrole.

Entre os principais grupos microbianos presentes na rizosfera, destacam-se as bactérias, em especial o grupo das actinobactérias, especificamente as do gênero *Streptomyces*, que têm sido responsáveis pela produção de mais de 70% dos antibióticos conhecidos (Bérdy, 2005). Além dos importantes efeitos na formulação de biofungicidas devido aos metabólitos secundários sintetizados por estas bactérias com potencial antagonico, recentes estudos vêm discutindo sobre a importância desse grupo de bactérias na promoção de crescimento de plantas (Tamreihao et al., 2016).

Além das actinobactérias, as bactérias do gênero *Bacillus* são constantemente utilizadas para o biocontrole de diversos patógenos (Bettiol, 1991). Este grupo de microrganismos apresenta capacidade para ocupar diferentes nichos ecológicos quando em associação com diferentes plantas (Campos Silva et al., 2008). Somando-se a isso, formam endósporo, que lhes confere maior resistência a condições ambientais desfavoráveis (Lanna Filho et al., 2010) e estimulam o crescimento de plantas (Yao et al., 2006).

Esforços têm sido feitos para a descoberta da diversidade de microrganismos da rizosfera de trigo (Velázquez-Sepúlveda et al., 2012). Entretanto, pouco se sabe sobre o potencial antagonista que determinadas comunidades microbianas associadas ao trigo podem apresentar diante do fungo fitopatogênico *M. oryzae*, causador da brusone do trigo no Brasil. Dessa forma, objetivou-se, neste trabalho, avaliar a eficiência de isolados de *Streptomyces rishiriensis* e *Bacillus aryabhatai* no manejo da brusone do trigo sob as condições de produção a campo no Distrito Federal.

Material e Métodos

Os experimentos foram conduzidos na área experimental da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF, nos anos de 2016 a 2018. Foram utilizadas as cultivares de trigo BRS 208 (altamente suscetível à brusone) e BRS 404 (moderadamente suscetível à brusone). As semeaduras ocorreram nos meses de março de 2016, setembro de 2016, fevereiro de 2017 e fevereiro de 2018.

Isolados de *Bacillus aryabhatai* e de *Streptomyces rishiriensis* (*Streptomyces rishiriensis* 1; *Streptomyces rishiriensis* 2) foram cultivados em meio líquido GY peptonado (100 mL de água destilada, 1 g de peptona, 1 g de extrato de levedura e 1 g de glicose) por 48 horas em incubadora com agita-

ção a 29 °C. Após o crescimento, a suspensão bacteriana passou por peneira de malha 100 mesh para uniformizar o tamanho das partículas. As suspensões foram diluídas em solução salina (NaCl a 0,85%) para a concentração de 10^8 unidades formadoras de colônias por mililitro (UFC/ml), por meio de ajuste em espectrofotômetro até o ponto em que a leitura de absorbância do espectrofotômetro, regulado a DO 550 nm, fosse igual a 0,1. As suspensões de células foram aplicada com pulverizador costal propelido a CO_2 , com volume de calda ajustado para $300 \text{ L}\cdot\text{ha}^{-1}$. As pulverizações ocorreram a partir do espigamento do trigo (50% de espigas emitidas), sendo repetidas periodicamente a cada 5 dias, totalizando seis aplicações no intervalo de 30 dias.

Para o experimento realizado em 2018, foi utilizado apenas o isolado "*Streptomyces rishiriensis* 2", o qual teve a concentração inicial de 10^8 UFC. mL^{-1} também diluída para as concentrações de 5×10^7 UFC. mL^{-1} e 10^7 UFC. mL^{-1} , e, como tratamento controle, foi utilizado o fungicida tebuconazole (20%) + trifloxistrobim (10%). As suspensões bacterianas seguiram outra frequência de aplicação, sendo um tratamento pulverizado uma vez na semana na concentração de 10^8 UFC. mL^{-1} , três tratamentos pulverizados duas vezes na semana nas concentrações de 10^8 UFC. mL^{-1} , 5×10^7 UFC. mL^{-1} e 10^7 UFC. mL^{-1} e, um tratamento pulverizado três vezes na semana na concentração de 10^8 UFC. mL^{-1} , o que permitiu uma variação do número de aplicações de 4 a 12 aplicações.

O fungicida tebuconazole (20%) + trifloxistrobim (10%) foi utilizado como tratamento controle em todos os experimentos, na dose de $750 \text{ mL}\cdot\text{ha}^{-1}$ de produto comercial. O fungicida foi aplicado quando 50% das espigas estavam expostas, com reaplicação a cada 10 dias, totalizando três aplicações, utilizando o volume de calda de $300 \text{ L}\cdot\text{ha}^{-1}$.

As unidades de observação foram constituídas por parcelas de área total de 12 m^2 , sendo considerados, para a estimativa de rendimento de grãos, 4 m^2 amostrados no centro de cada parcela. Os tratamentos culturais, com exceção do manejo de doenças, seguiram as recomendações técnicas da *VII Reunião da Comissão Brasileira de Pesquisa de Trigo e Triticale* (2014).

As avaliações de incidência e severidade foram realizadas no momento em que as espigas atingiram a fase de "grão em massa mole" (fase 85 da escala de Zadoks et al., 1974). Foram amostradas 100 espigas em cada parcela, em quatro pontos aleatórios. A incidência baseou-se na porcentagem

de espigas sintomáticas e não sintomáticas. A severidade de cada espiga foi estimada com auxílio de escala diagramática (Maciel et al., 2013) e posteriormente transformada em uma média ponderada das notas ou índice de doença “ID” variando de 0 a 100 (Mckinney, 1923). Ao final do experimento foram quantificados o rendimento de grãos ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) e o peso hectolitro ($\text{kg}\cdot\text{hL}^{-1}$) de cada tratamento.

Nos experimentos implantados em março de 2016 e setembro de 2016, o delineamento experimental foi inteiramente casualizado, composto por cinco tratamentos: um isolado de *Bacillus aryabhatai*; dois isolados de *Streptomyces rishiriensis*; um tratamento com fungicida e uma testemunha não tratada. As cultivares BRS 208 em BRS 404 foram utilizadas nas duas épocas de semeadura, porém cada uma compondo um experimento independente. No experimento implantado em fevereiro de 2017, não foi utilizada a cultivar BRS 208 e o delineamento experimental foi inteiramente casualizado composto de cinco tratamentos: um isolado de *Bacillus aryabhatai*; dois isolados de *Streptomyces rishiriensis*; um tratamento com fungicida e uma testemunha não tratada. O experimento implantado em fevereiro de 2018 também não utilizou a cultivar BRS 208, sendo o delineamento experimental inteiramente casualizado composto por cinco tratamentos: a suspensão do isolado de *S. rishiriensis* na concentração de 10^8 UFC/mL; a suspensão do mesmo isolado diluída em 50%; a suspensão do mesmo isolado diluída em 10%; um tratamento com fungicida e uma testemunha não tratada.

Foi realizada análise de variância dos dados de incidência (%), severidade (ID), rendimento de grãos e peso hectolitro (PH). Para os experimentos que apresentaram diferenças significativas (5% de probabilidade), foram realizados testes de médias, aplicando o teste de Tukey, utilizando o software Sisvar® (Ferreira, 2000).

Resultados e Discussão

Nos experimentos semeados no mês de março de 2016, houve escassez de chuva e baixa umidade relativa durante o período de espigamento do trigo, o que prejudicou a ocorrência da brusone em todos os tratamentos, limitando a incidência a, no máximo, 1,8% no tratamento testemunha da cultivar BRS 404, o que prejudicou a avaliação dos tratamentos visto que não foi detectada diferenças significativas na incidência da brusone entre os tratamentos. A

cultivar BRS 208 também apresentou baixa incidência de brusone, não permitindo a detecção de diferenças entre os tratamentos (Tabelas 1 e 2).

Tabela 1. Médias da incidência de brusone em espigas de trigo na cultivar BRS 208, do rendimento de grãos ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) e do peso hectolitro (PH) dos diferentes tratamentos em experimento semeado em março de 2016, Embrapa Cerrados, Planaltina, DF.

Tratamento	Incidência (%)	Rendimento de grãos ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$)	PH ($\text{kg}\cdot\text{hL}^{-1}$)
Fungicida	1,1	1.350	75
Testemunha	1,2	1.403	75
<i>Bacillus aryabhatai</i> [10^8 UFC.mL $^{-1}$]	1,0	1.548	75
<i>Streptomyces rishiriensis</i> 1 [10^8 UFC.mL $^{-1}$]	0,9	1.393	75
<i>Streptomyces rishiriensis</i> 2 [10^8 UFC.mL $^{-1}$]	1,1	1.398	75
CV (%)	36,3	15,6	5,2

A análise de variância não constatou diferenças significativas entre os tratamentos.

O rendimento de grãos nos experimentos semeados em março de 2016 variou de $1.570 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ a $1.867 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ para a cultivar BRS 404 e de $1.350 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ a $1548 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ para a cultivar BRS 208 (Tabelas 1 e 2). Não houve diferença estatística para o rendimento de grãos entre os tratamentos avaliados, sendo o rendimento de grãos condizentes com a média observada nos plantios de trigo sequeiro na região. O peso hectolitro das parcelas também não sofreu variação significativa.

Tabela 2. Médias da incidência de brusone em espigas de trigo na cultivar BRS 404, do rendimento de grãos ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) e do peso hectolitro (PH) dos diferentes tratamentos em experimento semeado em março de 2016, Embrapa Cerrados, Planaltina-DF.

Tratamento	Incidência (%)	Rendimento de grãos ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$)	PH ($\text{kg}\cdot\text{hL}^{-1}$)
Fungicida	1,3	1.867	75
Testemunha	1,8	1.570	74
<i>Bacillus aryabhatai</i> [10^8 UFC.mL $^{-1}$]	1,5	1.707	74
<i>Streptomyces rishiriensis</i> 1 [10^8 UFC.mL $^{-1}$]	1,7	1.797	75
<i>Streptomyces rishiriensis</i> 2 [10^8 UFC.mL $^{-1}$]	1,3	1.707	74
CV (%)	42,9	15,6	5,6

A análise de variância não constatou diferenças significativas entre os tratamentos.

No experimento semeado no mês de setembro de 2016 não houve precipitação e nem umidade relativa superior a 80% até o início do enchimento de grãos. O monitoramento de espigas sintomáticas iniciou-se com o processo de espigamento, contudo os sintomas demoraram a serem observados devido às condições climáticas desfavoráveis à doença. Foram realizadas duas avaliações, uma logo no início do surgimento dos sintomas, quando foi contabilizada apenas a incidência de espigas doentes nas parcelas, e outra duas semanas depois, quando as plantas iniciaram o processo de maturação, em que foram avaliados a incidência e a severidade da brusone nas espigas. A partir do espigamento até a primeira avaliação, foram registrados 3 dias com precipitação, somando 45,4 mm e, até a segunda avaliação, mais 5 dias com precipitação, somando 45,8 mm. Na primeira avaliação, foram constatadas diferenças significativas na incidência da brusone nos diferentes tratamentos (Tabelas 3 e 4). As parcelas semeadas com a cultivar BRS 208 e tratadas com o fungicida e com o *Streptomyces rishiriensis* 2 diferiram significativamente da testemunha sem pulverização. Da mesma forma, nas parcelas semeadas com a cultivar BRS 404, os tratamentos pulverizados com *Bacillus aryabhatai* e *Streptomyces rishiriensis* 2 diferiram significativamente da testemunha. Contudo essa redução da incidência de espigas sintomáticas não teve continuidade e, na avaliação feita 15 dias depois, não se observou diferenças significativas entre os tratamentos nem na cultivar BRS 208 nem na cultivar BRS 404 (Tabelas 3 e 4). Quando foi analisada a severidade da brusone nas espigas amostradas, não foi observada diferença significativa entre os tratamentos (Tabelas 3 e 4).

Observou-se que, no início do espigamento e durante o florescimento, quando as plantas estão suscetíveis, não houve condição ambiente favorável para infecção. A partir de novembro as precipitações tornaram-se regulares e a umidade relativa elevou-se, propiciando condições para que a doença ocorresse. Entretanto, como as plantas já estavam finalizando o processo de enchimento de grão e início da maturação, as avaliações foram prejudicadas em razão da dificuldade da identificação das espigas sintomáticas a partir do momento em que as espigas amarelecem devido à maturação. Não foi possível realizar a colheita do trigo devido ao período chuvoso ocorrido ao final do processo de maturação das parcelas no campo.

Tabela 3. Médias da incidência de brusone em espigas de trigo na cultivar BRS 208 nas avaliações realizadas nos meses de outubro e novembro de 2016 e da severidade da brusone nas espigas, em experimento semeado em agosto de 2016, Embrapa Cerrados, Planaltina, DF.

Tratamento	Incidência (%) 10/16		Incidência (%) 11/16		Severidade (ID) 11/16
Fungicida	2,6	a	7,2		5,9
Testemunha	4,6	b	7,9		7,3
<i>Bacillus aryabhattai</i> [10^8 UFC.mL ⁻¹]	3,1	a b	6,9		5,2
<i>Streptomyces rishiriensis</i> 1 [10^8 UFC.mL ⁻¹]	3,5	a b	7,2		6,8
<i>Streptomyces rishiriensis</i> 2 [10^8 UFC.mL ⁻¹]	2,4	a	8,0		5,1
CV (%)	38,6		52,0		65,7

Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 4. Médias da incidência de brusone em espigas de trigo na cultivar BRS 404 nas avaliações realizadas nos meses de outubro e novembro de 2016 e da severidade da brusone nas espigas, em experimento semeado em agosto de 2016, Embrapa Cerrados, Planaltina, DF.

Tratamento	Incidência (%) 10/16		Incidência (%) 11/16		Severidade (ID) 11/16
Fungicida	1,9	a b	5,9		3,9
Testemunha	2,7	b	5,1		2,7
<i>Bacillus aryabhattai</i> [10^8 UFC.mL ⁻¹]	1,4	a	5,2		3,6
<i>Streptomyces rishiriensis</i> 1 [10^8 UFC.mL ⁻¹]	1,9	a b	2,7		2,4
<i>Streptomyces rishiriensis</i> 2 [10^8 UFC.mL ⁻¹]	1,6	a	6,9		3,3
CV (%)	36,5		78,3		73,4

Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Em 2017, as condições durante o período vegetativo da cultura do trigo foram totalmente favoráveis, com precipitação ocorrendo com frequência e volumes diários superiores a 10 mm. Contudo, a partir da emissão das espigas as chuvas cessaram, voltando a ocorrer 20 dias após o início do florescimento, com volume muito baixo, somando menos de 9 mm no período de uma semana, o que desfavoreceu a infecção pela brusone. Essas condições climáticas permitiram que a incidência de espigas sintomáticas atingisse uma média de 7,6% de incidência na testemunha e de 3,95% no tratamen-

to com fungicida (Tabela 5). Apesar de baixos valores de incidência quando comparados ao histórico de incidências atingindo 100% das espigas, essa condição possibilitou a diferenciação estatisticamente significativa dos tratamentos com fungicida e *Streptomyces rishiriensis* 2 em relação à testemunha sem qualquer tratamento (Tabela 5). Quanto à severidade, ao rendimento de grãos e ao peso hectolitro, não foram observadas diferenças significativas.

Tabela 5. Médias da incidência e severidade de brusone em espigas de trigo na cultivar BRS 404, do rendimento de grãos e do peso hectolitro (PH) dos diferentes tratamentos em experimento semeado em fevereiro de 2017, Embrapa Cerrados, Planaltina, DF.

Tratamento	Incidência (%)	Severidade (ID)	Rendimento de grãos (kg.ha ⁻¹)	PH (kg.hL ⁻¹)
Fungicida	4,0 a	3,0	1.288	75
Testemunha	7,6 c	4,9	1.172	75
Bacillus aryabhatai [10 ⁸ UFC.mL ⁻¹]	6,4 b c	5,0	1.258	75
Streptomyces rishiriensis 1 [10 ⁸ UFC.mL ⁻¹]	6,0 a b c	4,9	1.150	75
Streptomyces rishiriensis 2 [10 ⁸ UFC.mL ⁻¹]	5,3 a b	4,0	1.209	75
CV (%)	16,7	31,1	10,4	5,2

Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O experimento semeado em 2018 apresentou os maiores índices de incidência e de severidade, o que refletiu nos menores rendimentos de grãos e pesos hectolitro (Tabela 6). Em 2018, no período de 9 de fevereiro a 27 de abril, foram registrados 47 dias com chuva, a umidade relativa máxima se manteve acima de 86% durante todo o período e a temperatura mínima manteve-se superior a 15 °C até 21 de abril. Todas essas condições climáticas favoreceram os processos de infecção e o progresso da epidemia, resultando em incidência média superior a 99% e severidade média superior a 88% em alguns tratamentos. Devido aos altos índices de incidência e de severidade, não foi possível identificar diferenças significativas entre os tratamentos. O mesmo ocorreu para o rendimento de grãos, o peso hectolitro e o peso de mil grãos (PMG).

Tabela 6. Médias da incidência e severidade de brusone em espigas de trigo na cultivar BRS 404, do rendimento de grãos, do peso hectolitro (PH) e do peso de mil grãos (g), dos diferentes tratamentos em experimento semeado em fevereiro de 2018, Empresa Cerrados, Planaltina, DF.

Tratamento	Incidência (%)	Severidade (ID)	Rendimento de grãos (Kg.ha ⁻¹)	PH (kg.hL ⁻¹)	PMG (g)
Fungicida	94,4	73,2	903	64	11,2
Testemunha	96,8	84,0	609	60	10,3
<i>Streptomyces rishiriensis</i> 2 [10 ⁶ UFC.mL ⁻¹] - 1x por semana	99,2	88,8	69	61	10,7
<i>Streptomyces rishiriensis</i> 2 [10 ⁶ UFC.mL ⁻¹] - 2x por semana	97,0	84,4	88	63	11,0
<i>Streptomyces rishiriensis</i> 2 [5x10 ⁷ UFC.mL ⁻¹] - 2x por semana	96,2	84,0	753	62	10,7
<i>Streptomyces rishiriensis</i> 2 [10 ⁷ UFC.mL ⁻¹] - 2x por semana	94,8	74,6	809	62	10,7
<i>Streptomyces rishiriensis</i> 2 [10 ⁸ UFC.mL ⁻¹] - 3x por semana	95,2	80,6	877	63	10,8
CV (%)	9,53	4,38	43,76	6,8	6,4

A análise de variância não constatou diferenças significativas entre os tratamentos.

O manejo da brusone, tanto pelo uso dos agentes de controle biológico quanto pelo uso de fungicida, não se mostrou eficiente quando a incidência e a severidade foram elevadas, como observado no experimento de 2018. Essa baixa eficiência no manejo da brusone nas espigas já foi constatado por outros autores, como Rocha et al. (2014), que observaram que o controle da brusone em trigo por meio da aplicação de fungicidas mostrou-se eficiente em folhas bandeira, mas ineficiente para o controle nas espigas. Segundo Cruz et al. (2019), o manejo químico da brusone pode apresentar resultados diferentes conforme a pressão da doença e o local em que ela ocorre. Além disso, complementam que, apesar de o manejo químico poder ser eficaz mesmo em condições favoráveis à doença, estratégias de manejo integrado devem ser explorados.

Conclusão

Os resultados observados nos experimentos de 2016 e de 2017 nos permite inferir que, em condições de baixa intensidade de brusone, pode-se obter resultados na redução de sua incidência nas espigas, tanto utilizando o manejo químico quanto o manejo biológico. O agente de controle biológico *Streptomyces rishiriensis* 2 apresentou-se como a melhor alternativa ao manejo da brusone depois do manejo químico com o fungicida tebuconazole (20%) + trifloxistrobim (10%). Sugere-se, com este trabalho, que novos estudos sejam realizados integrando e intercalando as pulverizações de fungicidas e de produtos alternativos para avaliar a combinação de mais de uma estratégia de manejo no controle da brusone do trigo.

Referências

- AMORIM, E. P. R.; MELO, I. S. Ação antagonônica de rizobactérias contra *Phytophthora parasitica* e *P. citrophthora* e seu efeito no desenvolvimento de plântulas de citros. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 24, p. 565-568, 2002.
- BAIS, H. P.; PARK, S. W.; WEIR, T. L.; CALLAWAY, R. M.; VIVANCO, J. M. How plants communicate using the underground information superhighway. **Trends in plant science**, v. 9, n. 1, p. 26-32, 2004.
- BERDY, J. Bioactive microbial metabolites, a personal view. **Journal of Antibiotics**, v. 58, n. 1, p. 1-26, 2005.
- BETTIOL, W. Controle biológico de doenças do filoplano. In: Controle biológico de doenças de plantas. BETTIOL, W. (Org). Jaguariúna: EMBRAPA-CNPDA, 1991. 338 p. (EMBRAPA-CNPDA. Documentos, 15).
- BRUNETTA, D.; BASSOI, M. C.; DOTTO, S. R.; SCHEEREN, P. L.; MIRANDA, M. Z.; TAVARES, L. C. V.; MIRANDA, L. C. Características e desempenho agrônômico da cultivar de trigo BRS 229 no Paraná. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 5, p. 889-892, 2006.
- CAMPOS SILVA, J. R.; SOUZA, R. M.; ZACARONE, A. B.; SILVA, L. H. C. P.; CASTRO, A. M. S. Bactérias endofíticas no controle e inibição in vitro de *Pseudomonas syringae* pv. tomato, agente da pinta bacteriana do tomateiro. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, p. 1062-1072, 2008.
- CARDOSO, C. A. A.; REIS, E. M.; MOREIRA, E. M. Development of a warning system for wheat blast caused by *Pyricularia grisea*. **Summa Phytopathologica**, v. 34, p. 216-221, 2008.
- CASTELIANI, A. G. **Estrutura e diversidade das comunidades bacterianas associadas à *Triticum aestivum* L. com potencial antagonista contra os fitopatógenos *Pyricularia grisea* e *Fusarium graminearum***. 2016 120 f. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 2016.
- COUCH, B. C.; KOHN, L. M. A multilocus gene genealogy concordant with host preference indicates segregation of a new species, *Magnaporthe oryzae*, from *M. grisea*. **Mycologia**, v. 94, n. 4, p. 683-693, 2002.

- CRUZ, C. D.; SANTANA, F. M.; TODD, T. C.; MACIEL, J. L. N.; KIYUNA, J.; BALDELOMAR, D. F.; CRUZ, A. P.; LAU, D.; SEIXAS, C. S.; GOULART, A. C. P.; SUSSEL, A. A. B.; SCHIPANSKI, C. A.; CHAGAS, D. F.; COELHO, M.; MONTECELLI, T. D. N.; UTIAMADA, C.; CUSTÓDIO, A. P.; RIVADENEIRA, M. G.; BUCKUS, W. W.; VALENT, B. Multi-environment assessment of fungicide performance for managing wheat head blast (WHB) in Brazil and Bolivia. **Tropical Plant Pathology**, v. 44, p. 183-191, 2019.
- CRUZ, M. F. A.; PRESTES, A. M.; MACIEL, J. L. N.; SCHEEREN, P. L. Resistência parcial à brusone de genótipos de trigo comum e sintético nos estádios de planta jovem e de planta adulta. **Tropical Plant Pathology**, v. 35, p. 24-35, 2010.
- FERREIRA, D. F. Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows versão 4.0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000, São Carlos. **Anais...** São Carlos: UFSCAR, 2000. p. 255-258.
- GOULART, A. C. P.; PAIVA, F. A.; MESQUITA, A. N. Danos em trigo causados pela infecção de *Pyricularia grisea*. **Summa Phytopathologica**, v. 33, p. 358-363, 2007.
- GOULART, A. C. P.; PAIVA, F. A. Perdas no rendimento de grãos de trigo causadas por *Pyricularia grisea* nos anos de 1991 e 1992, no Mato Grosso do Sul. **Summa Phytopathologica**, v. 26, p. 279-282, 2000.
- LANNA FILHO, R.; FERRO, H. M.; PINHO, R. S. C. Controle biológico mediado por *Bacillus subtilis*. **Revista Tropica Ciências Agrárias e Biológicas**, v. 4, n. 2, p. 12-20, 2010.
- LUCON, C. M. M.; MELO, I. S. Seleção de rizobactérias antagônicas a *Erwinia carotovora* subsp. atroseptica, em tubérculos de batata. **Summa Phytopathologica**, v. 25, p. 132-136, 1999.
- LUDWIG, J.; MOURA, A.B.; GOMES, C.B. Potencial da microbiolização de sementes de arroz com rizobactérias para biocontrole de nematoide das galhas. **Tropical Plant Pathology**, v. 38, p. 264-268, 2013.
- MACIEL, J. L.N., DANELLI, A. L. D., BOARETTO, C., FORCELINI, C. A. Diagrammatic scale for the assessment of blast on wheat spikes. **Summa Phytopathologica**, v. 39, p. 162-166, 2013.
- MCKINNEY, H. H. Influence of soil, temperature and moisture on infection of wheat seedlings by *Helminthosporium sativum*. **Journal of Agricultural Research**, v. 26, p. 195-217, 1923.
- MONTEIRO, F. P.; PACHECO, L. P.; LORENZETTI, E. R.; ARMESTO, C.; SOUZA, P. E.; ABREU, M. S. Exsudados radiculares de plantas de cobertura no desenvolvimento de *Sclerotinia sclerotiorum*. **Bioscience Journal**, v. 28, n. 1, 2012.
- PAL, K. K.; GARDENER, B. M. Biological control of plant pathogens. **The plant health instructor**, v. 2, p. 1117-1142, 2006.
- PETERSON, G. L.; PEDLEY, K. F.; BOCKUS, W. W.; STACK, J. P.; CRUZ, C. D.; VALENT, B. S. Susceptibility of select U.S. winter wheat cultivars to wheat blast (*Magnaporthe oryzae*). **Phytopathology**, v. 101, p. S141, 2011.
- PHILIPPOT, L.; RAAIJMAKERS, J. M.; LEMANCEAU, P.; VAN DER PUTTEN, W. H. Going back to the roots: the microbial ecology of the rhizosphere. **Nature Reviews Microbiology**, v. 11, n. 11, p. 789-799, 2013.
- REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO E TRITICALE, 7., 2013, Londrina. **Informações técnicas para trigo e triticale** - safra 2014. Londrina: Fundação Meridional, 2014. 235 p.

ROCHA, J. R. A. S.; PIMENTEL, A. J. B.; RIBEIRO, G.; SOUZA, M. A. Eficiência de fungicidas no controle da brusone em trigo. **Summa phytopathologica**, v. 40, n. 4, p. 347-352, dez. 2014. (<http://dx.doi.org/10.1590/0100-5405/1937>).

SANTANA, F. M.; SEIXAS, C. D. S.; SUSSEL, A. A. B.; SCHIPANSKI, C. A.; NORA, T. D.; LAU, D.; MACIEL, J. L. N.; CARGNIN, A. Eficiência de fungicidas para o controle da brusone do trigo, na safra 2011. In: REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO E TRITICALE, 6., 2012, Londrina. [Anais...]. Londrina: IAPAR, 2012. 5 p. Trabalho 82-2.

SANTOS, S. N.; OLIVEIRA, L. K. X.; MELO, I. S.; VELOZO, E. S.; ROQUE, M. R. A. Antifungal activity of bacterial strains from the rhizosphere of *Stachytarpheta crassifolia*. **African Journal of Biotechnology**, v. 10, p. 4996-5000, 2011.

SILVA, H. S. A.; TOZZI, J. P. L.; TERRASAN, C. R. F.; BETTIOL, W. Endophytic microorganisms isolated from coffee leaves, roots and branches as plant growth promoters and biocontrol agents of coffee rust. **IOBC-WPRS Bulletin**, v. 78, p. 193-196, 2012.

TAMREIHAO, K.; NINGTHOUJAM, D. S.; NIMAICHAND, S.; SINGH, E. S.; REENA, P.; SINGH, S. H.; NONGTHOMBA, U. Biocontrol and plant growth promoting activities of a *Streptomyces corchorusii* strain UCR3-16 and preparation of powder formulation for application as biofertilizer agents for rice plant. **Microbiological Research**, v. 192, p. 260-270, 2016.

URASHIMA, A. S.; LAVORENTI, N. A.; GOULART, A. C. P.; MEHTA, Y. R. Resistance spectra of wheat cultivars and virulence diversity of *Magnaporthe grisea* isolates in Brazil. **Fitopatologia Brasileira**, v. 29, p. 511-518, 2004.

VELÁZQUEZ-SEPÚLVEDA, I.; OROZCO-MOSQUEDA, M. C.; PRIETO-BARAJAS, C. M.; SANTOYO, G. Bacterial diversity associated with the rhizosphere of wheat plants (*Triticum aestivum*): towards a metagenomic analysis. **International Journal of Experimental Botany**, v. 81, p. 81-87, 2012.

VENTURA, J. P.; CASTELIANI, A. G. B.; HOYOS, H. A. V.; SANTOS, S. N.; MELO, I. S. Actinobacterias como agentes de controle biológico de fitopatógenos de trigo. In: CONGRESSO INTERINSTITUCIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 12., 2018, Campinas. Disponível em: <http://www.cnpma.embrapa.br/eventos/2018/ciic2018/anais2018/Resumos_Ciic2018_CNPMA/18406.pdf>. Acesso em: 05 ago. 2019.

YAO, A.; BOCHOW, H.; KARIMOV, S.; BOTUROV, U.; SANGINBOY, S.; SHARIPOV, A. Effect of FZB 24R *Bacillus subtilis* as a biofertilizer on cotton yields in field tests. **Archives of Phytopathology and Plant Protection**, v. 39, p. 323-328, 2006.

ZADOKS, J. C., CHANG, T. T., KONZAK, F. C. A decimal code for growth stages of cereals. **Weed Research**, v. 14, p. 415-421, 1974.

ZHANG, N.; LUO, J.; ROSSMAN, A.; AOKI, T.; CHUMA, I.; CROUS, P.; DEAN, R.; de VRIES, R.; DONOFRIO, N.; HYDE, K.; LEBRUN, M.; TALBOT, N.; THARREAU, D.; TOSA, Y.; VALENT, B.; WANG, Z.; XU, J. Generic names in Magnaporthales. **IMA Fungus**, v. 7, n. 1, p. 155-164, 2016.

Embrapa

Cerrados

MINISTÉRIO DA
AGRICULTURA, PECUÁRIA
E ABASTECIMENTO



PÁTRIA AMADA
BRASIL
GOVERNO FEDERAL