

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA  
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**

Lucas Drebes

**ASSOCIAÇÃO DE PRODUTOS BIOLÓGICOS E QUÍMICOS NO  
CONTROLE DE DOENÇAS FOLIARES DO TRIGO E MOFO-BRANCO  
EM SOJA**

Santa Maria, RS  
2022

Lucas Drebes

**ASSOCIAÇÃO DE PRODUTOS BIOLÓGICOS E QUÍMICOS NO CONTROLE DE  
DOENÇAS FOLIARES DO TRIGO E MOFO-BRANCO EM SOJA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Área de Concentração em Engenharia Agroambiental, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Engenharia Agrícola**.

Orientador: Prof. Dr. Jerson Vanderlei Carús Guedes

Santa Maria, RS  
2022

Drebes, Lucas  
ASSOCIAÇÃO DE PRODUTOS BIOLÓGICOS E QUÍMICOS NO  
CONTROLE DE DOENÇAS FOLIARES DO TRIGO E MOFO-BRANCO EM  
SOJA / Lucas Drebes.- 2022.  
58 p.; 30 cm

Orientador: Jerson Vanderlei Carús Guedes  
Coorientador: Alencar Junior Zanon  
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa  
Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós  
Graduação em Engenharia Agrícola, RS, 2022

1. Controle biológico 2. Controle químico 3. Triticum  
aestivum (L.) 4. Glycine max (L.) Merrill I. Vanderlei  
Carús Guedes , Jerson II. Junior Zanon , Alencar III.  
Título.

Sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFSM. Dados fornecidos pelo autor(a). Sob supervisão da Direção da Divisão de Processos Técnicos da Biblioteca Central. Bibliotecária responsável Paula Schoenfeldt Patta CRB 10/1728.

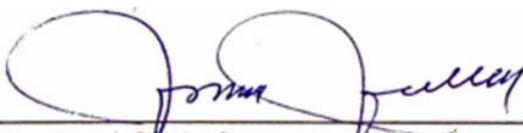
Declaro, LUCAS DREBES, para os devidos fins e sob as penas da lei, que a pesquisa constante neste trabalho de conclusão de curso (Dissertação) foi por mim elaborada e que as informações necessárias objeto de consulta em literatura e outras fontes estão devidamente referenciadas. Declaro, ainda, que este trabalho ou parte dele não foi apresentado anteriormente para obtenção de qualquer outro grau acadêmico, estando ciente de que a inveracidade da presente declaração poderá resultar na anulação da titulação pela Universidade, entre outras consequências legais.

**Lucas Drebes**

**ASSOCIAÇÃO DE PRODUTOS BIOLÓGICOS E QUÍMICOS NO CONTROLE DE DOENÇAS FOLIARES DO TRIGO E MOFO-BRANCO EM SOJA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Área de Concentração em Engenharia Agroambiental, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Engenharia Agrícola**.

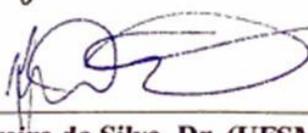
**Aprovado em 25 de março de 2022:**



**Jerson Vanderlei Carús Guedes, Dr. (UFSM) -Videoconferência**  
(Presidente/Orientador)



**Jaqueline Huzar Novakowski, Dra. (UPF) -Videoconferência**



**Julio Carlos Pereira da Silva, Dr. (UFSM) -Videoconferência**

Santa Maria, RS  
2022

**Dedico**

Aos alicerces da minha vida: Família e amigos.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço prioritariamente a Deus, por me conceder saúde e paz. Agradeço aos meus pais: Delmir Luís Drebes e Ivete de Fátima Larsson Drebes, pelo amor incondicional e pela fé. Por me conduzirem pelos caminhos mais iluminados, sempre apoiando minhas decisões. Serei eternamente grato a eles por ser quem sou. A minha irmã Larissa de Fátima Drebes pelo companheirismo, carinho e apoio durante a minha caminhada. Agradeço aos meus avós Pedro Rufino (In memoriam) e Celvina Drebes pelas sábias orientações. Agradeço ao meu orientador, Professor Jerson Carús Guedes, pela confiança e pela orientação durante a minha caminhada acadêmica, também pelos sábios conselhos que me permitiram crescer como pessoa e profissional. Agradeço ao meu coorientador, Professor Alencar Junio Zanon, pelo apoio, ao Professor Júlio Carlos Pereira Da Silva por estar disponível e disposto sempre que requerido. Agradeço também pelas orientações e ensinamentos que me fizeram crescer. Um agradecimento especial ao meu grande amigo MSc. Luís Eduardo Curioletti pela amizade, companheirismo, e por me possibilitar uma experiência ímpar trabalhando ao seu lado. Um agradecimento especial aos amigos Lucas Cavallin e Thiago Strahl, que nunca deixaram faltar um braço forte e boas conversas. Agradeço a todos os meus colegas de LabMIP-UFSM que me auxiliaram diversas vezes em meus experimentos, pela convivência diária e bons momentos que passamos juntos. Agradeço a Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola (PPGEA) e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) por possibilitar a realização deste trabalho.

“Aqueles que se sentem satisfeitos sentam-se e nada fazem. Os insatisfeitos são os únicos benfeitores do mundo.” **Walter S. Landor**

“O cientista não é o homem que fornece as verdadeiras respostas; é quem faz as verdadeiras perguntas”. **Claude Lévi-Strauss**

## RESUMO

### ASSOCIAÇÃO DE PRODUTOS BIOLÓGICOS E QUÍMICOS NO CONTROLE DE DOENÇAS FOLIARES DO TRIGO E MOFO-BRANCO EM SOJA

AUTOR: Lucas Drebes

ORIENTADOR: Jerson Vanderlei Carús Guedes

O trigo [*Triticum aestivum* (L.)] e a soja [*Glycine max* (L.) Merrill] são culturas de grande importância para o agronegócio brasileiro, durante o cultivo, ambas estão sujeitas ao ataque de doenças causadas por fungos, bactérias e vírus, no qual podemos destacar a oídio (*Blumeria graminis* f. sp. *tritici*) e a ferrugem-da-folha (*Puccinia triticina*) na cultura do trigo e o mofo-branco (*Sclerotinea sclerotiorum*) em soja, cujas perdas facilmente superam os 50%. O principal método de controle dessas doenças é o controle químico com a aplicação de fungicidas, no qual o controle biológico se apresenta como uma ferramenta adicional ao manejo integrado. Nesse sentido, foram realizadas pesquisas sobre a associação de fungicidas químicos em diferentes espécies de *Bacillus* aplicados sobre duas cultivares de trigo, TBIO Sinuelo (suscetível a ferrugem-da-folha) e ‘TBIO Sonic (suscetível a oídio), a fim de verificar o efeito no controle de ferrugem-da-folha (*Puccinia triticina*) e oídio (*Blumeria graminis* f. sp. *tritici*), sendo realizado dois experimentos com cada cultivar. Em laboratório realizaram-se testes de compatibilidade biológica entre os fungicidas químicos e as diferentes espécies de *Bacillus*. Na cultura da soja foram avaliados produtos à base de *Trichoderma* e *Bacillus* no controle de mofo-branco em condições de campo, no qual houveram diferentes momentos de aplicação. Para os experimentos realizados em trigo, os resultados mostraram que todos os tratamentos onde houve mistura de fungicidas com *B. amyloliquefaciens* ou *B. subtilis* tiveram uma maior redução da Área abaixo do progresso da curva de progresso da doença (AACPD) da ferrugem-da-folha inclusive deferindo dos tratamentos onde foi usado apenas fungicida, no experimento 1 a redução média com relação a testemunha foi de 60% para os fungicidas e 76% para os fungicidas em mistura com *Bacillus*, já no experimento 2 essa redução foi de 38% para os fungicidas e 52% para as misturas, quando analisada a variável AACPD para a doença oídio as reduções foram de 46% para os fungicidas e 56% para os fungicidas em mistura com *Bacillus*, já no experimento 2 a redução foi de 52% para os fungicidas e 64% para as misturas. A maior redução do progresso da doença nos tratamentos com misturas entre os produtos à base de *Bacillus* associado aos fungicidas químicos resultou em uma maior produtividade, a média entre os experimentos resultou em um incremento de 7 sacas por hectare para a cultivar TBIO Sinuelo e 2,5 sacas para a cultivar TBIO Sonic, quando comparados aos tratamentos onde foi usado apenas os fungicidas químicos. Os testes de compatibilidade biológica demonstraram que as misturas entre os fungicidas químicos e as cepas de *B. amyloliquefaciens* e *B. subtilis* são compatíveis, ou seja, nenhum dos fungicidas utilizados inibiu totalmente o crescimento das bactérias, muito embora houvesse redução no número de colônias. Os resultados do experimento de soja para o controle de mofo-branco demonstraram que não houve diferença estatística entre os tratamentos para a variável Área abaixo da curva do progresso da incidência (AACPI), no entanto, quando analisada a variável produtividade, identificou-se que a aplicação de *Bacillus amyloliquefaciens* BGB124 + *B. subtilis* BGB137 aplicado nos estádios V9, R4 e R5 proporcionaram um incremento na produtividade da soja, quando comparado aos demais tratamentos que não receberam a aplicação de *Bacillus*. Os resultados acima discutidos demonstram o potencial de produtos biológicos no controle de doenças de trigo e soja, bem como o aumento da produtividade, destacando assim, a sua importância no manejo integrado de doenças.

**Palavras-chave:** Controle químico. Controle biológico. *Trichoderma* ssp.. *Bacillus* ssp..  
*Triticum aestivum* (L.). *Glycine max* (L.) Merrill.

## ABSTRACT

### ASSOCIATION OF BIOLOGICAL AND CHEMICAL PRODUCTS IN THE CONTROL OF WHEAT AND SOYBEAN DISEASES

AUTHOR: Lucas Drebes

ADVISOR: Jerson Vanderlei Carús Guedes

Wheat [*Triticum aestivum* (L.)] and soybean [*Glycine max* (L.) Merrill], are crops of great importance for the Brazilian agribusiness, during cultivation, both are subject to attack by diseases caused by fungi, bacteria and viruses, in which we can highlight powdery mildew (*Blumeria graminis* f. sp. *tritici*). The main method of control of these diseases is the chemical control with the application of fungicides, in which the biological control presents itself as an additional tool to the integrated management. In this sense, research was conducted on the association of chemical fungicides and different species of *Bacillus* applied to two wheat cultivars, TBIO Sinuelo (susceptible to leaf rust) and TBIO Sonic (susceptible to powdery mildew), in order to verify the effect on the control of leaf rust (*Puccinia triticina*) and powdery mildew (*Blumeria graminis* f. sp. *tritici*). In the laboratory, biological compatibility tests were performed between chemical fungicides and different *Bacillus* species. In the soy culture, products based on *Trichoderma* and *Bacillus* were evaluated in the control of white mold in field conditions, in which there were different moments of application. For the experiments carried out in wheat, the results showed that all the treatments where there was a mixture of fungicides with *B. amyloliquefaciens* or *B. subtilis* there was a greater reduction of the Area Under the Curve of Disease Progress (AACPD) of leaf rust, even differing from treatments where only fungicides were used, in experiment 1 the average reduction with respect to the control was 60% for fungicides and 76% for fungicides in mixture with *Bacillus*, In experiment 2, this reduction was 38% for fungicides and 52% for the mixtures, when analyzed the AACPD variable for oidium disease, the reductions were 46% for fungicides and 56% for fungicides in mixture with *Bacillus*, in experiment 2 the reduction was 52% for fungicides and 64% for the mixtures. The greater reduction of disease progress in treatments with mixtures of *Bacillus*-based products associated with chemical fungicides resulted in higher yields, the average between the two experiments resulted in an increase of 7 bags per hectare for the cultivar TBIO Sinuelo and 2.5 bags for the cultivar TBIO Sonic, when compared to treatments where only chemical fungicides were used. The biological compatibility tests demonstrated that the mixtures between the chemical fungicides and the strains of *B. amyloliquefaciens* and *B. subtilis* are compatible, that is, none of the fungicides used totally inhibited the growth of the bacteria, although there was a reduction in the number of colonies. The results of the soy experiment for the control of white mold showed that there was no statistical difference between treatments for the variable Area under the incidence progress curve (AACPI). However, when the productivity variable was analyzed, it was identified that the application of *Bacillus amyloliquefaciens* BGB124 + *B. subtilis* BGB137 applied in the stages V9, R4 and R5 provided an increase in the soybean productivity, when compared to the other treatments that did not receive the application of *Bacillus*. The results discussed above demonstrate the potential of biological products in the control of wheat and soybean diseases, as well as the increase in productivity, thus highlighting its importance in the integrated management of diseases.

**Keywords:** Chemical control. Biological control. *Trichoderma* ssp.. *Bacillus* ssp.. *Triticum aestivum* (L.). *Glycine max* (L.) Merrill.

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - Compatibilidade biológica das misturas entre produtos bioprodutos e fungicidas químicos utilizados na cultura do trigo .....	30
TABELA 2 - Área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) de ferrugem-da-folha ( <i>Puccinia triticina</i> ) na área da parcela e na folha bandeira em função dos tratamentos aplicados em trigo ( <i>Triticum aestivum</i> ), cultivar TBIO Sinuelo, Santa Maria -RS .....	33
TABELA 3 - Área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) de oídio ( <i>Blumeria graminis</i> f. sp. <i>tritici</i> ) na área da parcela e na folha bandeira em função dos tratamentos aplicados em trigo ( <i>Triticum aestivum</i> ), cultivar TBIO Sonic, Santa Maria -RS .....	34
TABELA 4 - Produtividade (sacas/ha) das cultivares de trigo TBIO Sinuelo e TBIO SONIC em função dos produtos aplicados em trigo, Santa Maria -RS .....	36
TABELA 5 - Tratamentos biológicos, momento de aplicação, dose e ingredientes ativos, aplicados em soja ( <i>Glycine max</i> ), cultivar BMX Zeus, Vacaria -RS .....	44
TABELA 6 - Resultados de AACPI e produtividade em resposta aos tratamentos aplicados em soja ( <i>Glycine max</i> ), cultivar BMX Zeus, Vacaria -RS .....	47

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>APRESENTAÇÃO .....</b>	<b>13</b>
1.1	REFERENCIAL TEÓRICO.....	14
1.1.1	Cultura do trigo .....	14
1.1.2	Doenças foliares do trigo.....	15
1.1.3	Controle de doenças no trigo .....	17
1.1.4	Aspectos gerais da cultura da soja .....	17
1.1.5	Doenças da soja .....	18
1.1.6	Controle de mofo-branco na soja .....	19
1.1.7	Controle biológico de doenças .....	20
1.2	OBJETIVOS .....	21
<b>2</b>	<b>CAPÍTULO I: BIOPRODUTOS À BASE DE <i>Bacillus</i> COMBINADOS A FUNGICIDAS NO CONTROLE DE DOENÇAS FOLIARES DO TRIGO <i>Triticum aestivum</i> (L.).....</b>	<b>22</b>
<b>3</b>	<b>CAPÍTULO II: CONTROLE BIOLÓGICO DE MOFO-BRANCO POR AGENTES FÚNGICOS E BACTERIANOS.....</b>	<b>40</b>
<b>4</b>	<b>DISCUSSÃO .....</b>	<b>51</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>53</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>54</b>

## 1 APRESENTAÇÃO

O trigo [*Triticum aestivum* (L.)], juntamente com a soja [*Glycine max* (L.) Merrill], são culturas de importância significativa para o agronegócio brasileiro, o trigo tem mais de 2,4 milhões de hectares cultivados e produção de 7,8 milhões de toneladas, já a soja conta com 38,5 milhões de hectares e uma produção estimada em 135,9 milhões de toneladas para a safra 20/21 (CONAB, 2021).

Durante seu cultivo, o trigo está sujeito ao ataque de doenças causadas por fungos, bactérias e vírus, os sintomas, manifestam-se em diferentes órgãos, como raízes, colmos, folhas e espigas, causando danos significativos à cultura (SANTANA et al., 2012). Segundo Reis e Casa (2005), dentre as doenças foliares do trigo destacam-se o oídio (*Blumeria graminis* f. sp. *tritici*), a ferrugem-da-folha (*Puccinia triticina*), a mancha-marrom (*Bipolaris sorokiniana*) e a mancha-amarela (*Drechslera tritici-repentis*). Os danos na produtividade de trigo, causadas por doenças, podem alcançar de 20 a 55% para oídio, serem superiores a 50% para ferrugem-da-folha, até 80% para mancha-marrom, e entre 30 e 40% para mancha-amarela (SANTANA et al., 2012).

Na cultura da soja, o mofo-branco (*Sclerotinia sclerotiorum*) é uma das doenças mais antigas, causadora de potenciais danos à cultura, e que, segundo Meyer, Costamilan, e Henning (2014), pode causar reduções de produtividade de até 70%, podendo atacar qualquer parte da planta, porém, o mais comum é sua ocorrência em ramos, inflorescências, hastes e pecíolos.

O manejo de doenças em plantas depende de sua correta identificação, do entendimento de seu ciclo e do conhecimento das formas de manejo disponíveis. O manejo de doenças pode ser realizada com o uso de controle genético, químico, cultural e biológico (LAU et al., 2011).

O controle biológico é uma ferramenta interessante no manejo de doenças de plantas, contribuindo para o manejo da resistência aos fungicidas químicos. O controle biológico caracteriza-se por ter múltiplos alvos biológicos, além de diferentes modos de ação, por isso, quando usado corretamente no manejo integrado de doenças de plantas exerce papel protetor análogo aos fungicidas químicos multissítios, minimizando o surgimento de isolados sensíveis a determinado princípio ativo (KUPPER; GIMENES-FERNANDES; GOES, 2003; ONGENA et al., 2005).

Considerando a importância das doenças para as culturas do trigo e da soja no Brasil, é relevante estudar e entender como o controle biológico pode auxiliar no controle das doenças foliares do trigo, bem como no controle de mofo-branco em soja, proporcionando assim, a

redução do impacto destas doenças e protegendo a capacidade de produção das culturas.

Assim, este trabalho é composto por dois capítulos com dados resultantes de vários experimentos. O primeiro capítulo, que é intitulado como “Eficácia de fungicidas químicos e biológicos aplicados em mistura e isoladamente no controle de doenças foliares do trigo”, objetivou avaliar a eficácia de fungicidas químicos e biológico à base de *Bacillus* spp. isolados e em associação no controle de oídio (*Blumeria graminis* f. sp. *tritici*) e ferrugem-da-folha (*Puccinia triticina*) na cultura do trigo. O segundo capítulo, que é intitulado como “Controle biológico de mofo-branco em soja por espécies de *Trichoderma* e *Bacillus*”, teve como objetivo avaliar a eficácia de controle de diferentes produtos comerciais à base de agentes biológicos, aplicados sobre a cultura da soja visando o controle de mofo-branco.

## 1.1 REFERENCIAL TEÓRICO

### 1.1.1 Cultura do trigo

O trigo é uma gramínea do gênero *Triticum* produzida e comercializada mundialmente. Está entre as espécies vegetais de maior importância mundial (JOSHI et al., 2007). A domesticação do trigo ocorreu nas lavouras primitivas do Sudeste da Ásia por volta de 7000 a 9000 A.C. e foi introduzido na Índia, na China e na Europa desde 5000 A.C (MORAES-FERNANDES et al., 2000).

Pertencente à família Poaceae, o trigo é uma monocotiledônea cuja altura varia de acordo com o genótipo e com o ambiente (SCHEEREN; CASTRO; CAIERAO, 2015). O mesmo possui um elevado valor nutricional, além de conter baixo teor de água, facilitando transporte e processamento. Atualmente, duas espécies detêm importância agrícola e comercial, o *Triticum turgidum* L. e *Triticum aestivum* L., sendo a segunda de maior destaque (SCHEEREN et al., 2011). O sistema radicular é composto por raízes seminais, permanentes e adventícias. O colmo é normalmente oco e cilíndrico, apresentando de três a oito folhas. Cerca de 15 dias após a emergência ocorre o início do perfilhamento, que é a formação de novos colmos. A inflorescência do trigo é uma espiga formada por espiguetas que, por sua vez, são constituídas de flores. Cada flor origina um único fruto do tipo cariopse, seco e pequeno, denominado grão (SCHEEREN; CASTRO; CAIERAO, 2015).

No Brasil, o cultivo de trigo é feito, majoritariamente, com a utilização da espécie *T.*

*aestivum* L., classificada como trigo de primavera, já que esta apresenta menor necessidade de verbalização, necessitando temperaturas em torno de 10° C (CASTRO; KLUGE, 1999).

O Brasil ainda é fortemente dependente das importações de trigo, cujos montantes podem superar facilmente 50% do consumo nacional em determinados anos. Em termos de sistemas de produção agrícola, o trigo é uma excelente opção de cultivo para o período invernal, pois agrega diversificação ao sistema de rotação de culturas e gera receitas com a produção de grãos (DE BONA; DE MORI; WIETHÖLTER, 2016).

Na safra de 2019/20 a maior área de cultivo se concentrou na região Sul, com 88,7% do plantio, na região Sudeste são cultivados, atualmente, 165,4 mil hectares e, na região Centro-Oeste, apenas 62,0 mil hectares. Quanto à produção, 87,04% têm origem na região Sul, 8,5% no Sudeste e 4,04% no Centro-Oeste. Na safra de 2019/20 foram colhidos 6.155 milhões de toneladas, no entanto, o Brasil tem um consumo de 11.806 milhões de toneladas, sendo necessária a importação de cerca de 6,6 milhões de toneladas, isso nos mostra a importância do trigo cultivado no Brasil (CONAB, 2020).

### **1.1.2 Doenças foliares do trigo**

O trigo pode ser atacado por diversas doenças que, dependendo da sua incidência e severidade, causam perdas econômicas elevadas. As doenças podem ter causas abióticas (ação de agentes físico-químicos) ou bióticas. Essas doenças são resultantes de distúrbios no funcionamento de células, tecidos e órgãos das plantas. Os patógenos têm afinidade por determinados tecidos e órgãos de seus hospedeiros. Assim, cada fase de desenvolvimento do trigo tem doenças preferencialmente associadas (LAU et al., 2020).

Assim, considerando o hospedeiro, entre as doenças fúngicas, por exemplo, há aquelas que acometem o sistema radicular (mal-do-pé e podridões radiculares), doenças da parte aérea (manchas foliares, oídios e ferrugens) e doenças de espiga (giberela e brusone). A cultura do trigo pode ser alvo de três tipos de ferrugens: ferrugem-da-folha (*Puccinia triticina*), ferrugem-do-colmo (*Puccinia graminis* f. sp. *tritici*) e ferrugem-estriada ou amarela (*Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*). A ferrugem-da-folha é a de ocorrência mais comum, e a que acarreta os maiores danos dentre todas as ferrugens de cereais (LAU et al., 2011, 2020).

A ferrugem-da-folha do trigo é a doença de maior relevância histórica e econômica para a cultura em nível mundial (ALVES et al., 2015). *Puccinia triticina* é um parasita biotrófico,

altamente especializado, com diferentes raças virulentas e uma faixa estreita de hospedeiros, os sintomas ocorrem principalmente nas folhas, com a formação de pústulas com uredosporos de cor marrom-alaranjada, caracterizando o aspecto “enferrujado” típico da doença, mas todos os órgãos verdes da planta jovem e adulta podem ser infectados (LAU et al., 2020). Para a infecção da planta pelo patógeno é necessário molhamento foliar contínuo de cerca de três horas, com faixa de temperatura variando entre 10°C e 30°C, sendo a ótima em 25°C, e a esporulação do fungo ocorre entre 7 e 10 dias após a germinação dos uredosporos e a penetração (LAU et al., 2011).

Os danos causados pela doença dependem do estágio da planta em que ocorre a infecção, da incidência e da severidade. Quando a folha bandeira é infectada antes da antese, os danos podem ser maiores devido à contribuição desta folha na fotossíntese e no rendimento de grãos (LAU et al., 2020). Em anos de epidemias severas, caso não seja efetuado o controle com fungicidas, as quedas de rendimento podem ser superiores a 50% (GERMÁN et al., 2007).

O oídio geralmente é uma das primeiras doenças fúngicas a aparecer na cultura do trigo durante a safra. O oídio é causado pelo fungo *Blumeria graminis* f. sp. *tritici* (sin. *Erysiphe graminis* f. sp. *tritici*) (CABI, 2020), o qual é um parasita biotrófico específico de trigo e de espécies de *Aegilops*. Os conídios são uninucleados, ovoides e hialinos, de dimensões variando entre 25 µm-5 µm e 12 µm-16 µm. O oídio está presente em todas as regiões tritícolas do mundo, especialmente naquelas localizadas sob clima temperado; tem ciclos de vida múltiplos e rápidos, e em cultivares suscetíveis, podendo ser especialmente difícil de controlar (LAU et al., 2020).

A temperatura ideal para germinação dos esporos de *B. graminis* f.s p. *tritici* é 15°C, juntamente com a umidade relativa do ar entre 85% e 100%. O maior desenvolvimento da doença ocorre entre 15°C e 22°C. Considerando o período para infecção e colonização do hospedeiro e reprodução do patógeno, esta pode ocorrer de 5 a 25 dias, o que leva à ocorrência de muitos ciclos secundários da doença. Os primeiros sintomas da doença aparecem, aproximadamente, cinco dias após a infecção, caracterizando-se por amarelecimento, clorose e/ou necrose dos tecidos afetados (CABI, 2020).

Os níveis de danos na cultura do trigo dependem do local, do clima, da suscetibilidade da cultivar e do estágio em que a doença incide. Os principais componentes de rendimento afetados são o número de espigas por área e o número e tamanho de grãos por espiga (LAU et al., 2011). Além disso, segundo Martinelli (2001), a doença pode diminuir em 7,5% o conteúdo

de amido e de proteína dos grãos. A respiração da planta afetada aumenta consideravelmente, o que leva a desajustes fisiológicos e à diminuição do vigor e do porte. Já segundo Reis e Casa (2007), a doenças pode causar danos de até 62% em cultivares suscetíveis.

### **1.1.3 Controle de doenças no trigo**

O manejo das doenças requer um diagnóstico preciso, no entanto, algumas doenças são de mais fácil diagnóstico do que outras. Um técnico com experiência pode reconhecer os sintomas da doença e as estruturas do patógeno associado, como é o caso de muitas doenças fúngicas, como ferrugens e oídio (LAU et al., 2020).

Todas as medidas que visam reduzir e eliminar o inóculo inicial, ou atrasar o desenvolvimento das doenças foliares a campo, estão associadas à adoção integrada de métodos de controle. O manejo integrado das manchas foliares envolve, principalmente, o uso de cultivares moderadamente resistentes, rotação de culturas, sementes sadias, tratamento de sementes e aplicação foliar de fungicidas (BOHATCHUK, 2007).

Um dos principais métodos para o controle das doenças é o químico, feito por meio da aplicação de fungicidas. A eficácia do controle químico depende muito da tecnologia de aplicação e do momento para iniciar a aplicação do fungicida (REIS; CASA, 2007). Para o controle de ferrugem-da-folha, os fungicidas do grupo dos triazóis e estrobilurinas possuem maior espectro de ação e eficiência e devem ser aplicados logo após o surgimento das primeiras pústulas. Entretanto, para as manchas foliares, o tratamento deve ser realizado na semente e na parte aérea, com fungicidas também à base de triazóis e de estrobilurinas (BACALTCHUK, 2006).

### **1.1.4 Aspectos gerais da cultura da soja**

A soja tem como centro de origem e domesticação o nordeste da Ásia (CHUNG; SINGH, 2008) e a sua disseminação do Oriente para o Ocidente ocorreu por meio das navegações. No Brasil, o primeiro relato sobre o cultivo da soja ocorreu em 1882, no estado da Bahia. Em seguida, foi levada por imigrantes japoneses para São Paulo e, somente em 1914, a soja foi introduzida no estado do Rio Grande do Sul, sendo este, por fim, o lugar onde as variedades trazidas dos Estados Unidos melhor se adaptaram às condições edafoclimáticas,

principalmente em relação ao fotoperíodo (BONETTI, 1981; BLACK, 2000). Atualmente, é a oleaginosa mais produzida e comercializada no mundo e o continente americano é o maior produtor mundial do grão, tendo os Estados Unidos, Brasil e Argentina como responsáveis por mais de 80% da sua produção.

Nos últimos anos, o Brasil registrou o maior crescimento na produção e na exportação de soja em grão entre esses três países (LEMOS et al., 2017). Atualmente é o segundo maior produtor e primeiro exportador mundial da oleaginosa, e tem como expectativa para a safra 2020/21 uma área cultivada de 38,5 milhões de hectares e a produção de 135,9 milhões de toneladas de grãos (CONAB, 2020).

A faixa de temperatura ideal para o desenvolvimento da soja está entre 20°C e 30°C. Sob temperaturas menores ou iguais a 10°C, ou temperaturas acima de 40°C, a soja sofre redução de crescimento ou distúrbios na floração e diminuição na capacidade de retenção de vagens. O consumo de água para a obtenção de máximos rendimentos de grãos varia de 450 a 800 mm durante todo o ciclo, dependendo das condições climáticas, do manejo da cultura e da duração do ciclo. O consumo máximo ocorre durante a floração e o enchimento de grãos (7 a 8 mm por dia) (CAMPO, 2005).

### **1.1.5 Doenças da soja**

A cultura da soja é sujeita a um grande número de patologias de importância econômica que incidem principalmente em suas folhas, tendo sua frequência e intensidade variada de acordo com a região produtora (GODOY, 2017). A ocorrência de qualquer doença depende da interação entre hospedeiro, patógeno e ambiente. Na cultura da soja, o fator ambiente, ou seja, as condições climáticas durante o cultivo, fazem com que as doenças predominantes variem sua intensidade de uma safra para outra, o que impossibilita a obtenção de altos rendimentos aos produtores e também ocasiona redução da produção (PAIXÃO, 2020).

Aproximadamente 40 doenças causadas por fungos, bactérias, vírus ou nematoides já foram identificadas no Brasil. A importância econômica de cada doença varia de ano para ano e de região para região, dependendo das condições climáticas de cada safra, presença de inóculo e hospedeiro suscetível. Em anos com precipitações elevadas durante a implantação das lavouras, patógenos como *Rhizoctonia solani*, *Sclerotium rolfsii*, *Fusarium* spp. e *Phytophthora sojae* podem causar morte de plântulas (GODOY, 2017).

Durante o desenvolvimento da cultura, as machas foliares causadas por fungos como

*Septoria glycines*, *Corynespora cassiicola*, *Cercospora kikuchii* e *Colletotrichum truncatum* são as primeiras a aparecerem, pois sobrevivem em restos culturais e sementes. No entanto, a ferrugem-asiática da soja é a doença mais severa que ocorre na cultura da soja, causando perdas que variam de 10 a 90%, com ocorrência nas diversas regiões geográficas do país (SINCLAIR; HARTMAN, 1999; ALMEIDA et al., 2005, GODOY, 2017 ).

O mofo-branco é causado pelo fungo *Sclerotinia sclerotiorum*. (Lib.) de Bary, é uma das mais antigas doenças da soja e uma das mais importantes. Este patógeno é cosmopolita, infecta mais de 408 espécies de plantas (BOLAND; HALL, 1994). A ocorrência de mofo-branco em soja varia de intensidade entre as safras, sua ocorrência e níveis de dano aumentaram significativamente no Brasil, tanto nas áreas mais altas do cerrado como nas áreas mais tradicionais de cultivo no Sul e no Sudeste. Pode reduzir a produtividade da soja em até 70% e estima-se que cerca de 23% das áreas de produção de soja brasileira estejam infestadas pelo patógeno, compondo, aproximadamente, 6,8 milhões de hectares que necessitam da adoção de medidas integradas de controle da doença (MEYER; COSTAMILAN; HENNING, 2014).

A fase mais vulnerável da planta de soja ocorre no estágio de floração plena. A disseminação ocorre pela ação de ascósporos e a dispersão pela ação do vento e através da chuva. Umidade relativa do ar elevada, temperaturas amenas e pequena incidência de luz solar favorecem o desenvolvimento da doença, uma vez que esclerócios caídos ao solo, sob alta umidade e temperaturas entre 10°C e 21°C, germinam e desenvolvem apotécios na superfície do solo (NASSER; SPEHAR, 2001; GODOY, 2014).

### **1.1.6 Controle de mofo-branco na soja**

Dentre as recomendações para o manejo do mofo-branco, se destacam as práticas de controle: cultural, biológico e químico (DANIELSON; NELSON; HELMS, 2004). Devido a falta de resistência genética das plantas hospedeiras de *S. sclerotiorum*, os fungicidas químicos são os mais usados no controle da doença (BARDIN; HUANG, 2001). No entanto, o controle químico do mofo-branco na cultura da soja é dificultado, devido a incapacidade de se obter cobertura total da planta, que deve ser realizado preventivamente, iniciando-se a pulverização entre o início da floração até a queda das primeiras flores da cultura (GÖRGEN et al., 2010). Silva et al. (2015) verificaram a redução da incidência da doença utilizando os fungicidas fluazinam, procimidona, dimoxistrobin + boscalida e fluazinam + tiofanato metílico demonstrando várias opções para o controle de mofo-branco em soja.

O controle biológico de mofo-branco em soja é efetuado principalmente por fungos do gênero *Trichoderma*, que é um microrganismo de vida livre, altamente interativo no solo, nas superfícies radiculares e no interior dos tecidos vegetais (MACHADO et al., 2012); além de auxiliar na solubilização de nutrientes na rizosfera, o que facilita a absorção pelas raízes. O gênero *Bacillus* destaca-se como eficiente agente de biocontrole, sendo encontrado em rizobactérias promotoras do crescimento em plantas, bactérias epífíticas e endofíticas (CAMPOS SILVA et al., 2008). Heck et al. (2014) observaram que o *Bacillus subtilis* e *Bacillus pumillus* tem efeito fungistático quando em condições *in vitro*, bem como reduzem a severidade de mofo-branco quando aplicados preventivamente.

### 1.1.7 Controle biológico de doenças

Quando falamos em controle biológico de doenças, devemos entender que a doença é mais do que uma íntima interação do patógeno com o hospedeiro influenciada pelo ambiente. Mas sim o resultado de uma interação entre hospedeiro, patógeno e uma variedade de não-patógenos que também repousam no sítio de infecção e que apresentam potencial para limitar ou aumentar a atividade do patógeno, ou a resistência do hospedeiro (COOK; BAKER, 1983; COOK, 1985). Segundo Baker e Cook (1974, p.43), podemos definir controle biológico como sendo

redução da densidade de inóculo ou das atividades determinantes da doença provocada por um patógeno ou parasita nos seus estados de atividade ou dormência, por um ou mais organismos, realizado naturalmente ou através da manipulação do ambiente, hospedeiro ou antagonista, ou pela introdução em massa de um ou mais antagonistas.

Os agentes de biocontrole podem atuar por meio de vários mecanismos de ação. Os mecanismos de antagonismos mais estudados são: antibiose, parasitismo, predação, competição, hipovirulência, indução de defesa da planta e alelopatia (BETTIOL; GHINI, 1995).

Na agricultura, espécies de *Bacillus* têm sido utilizadas para aumentar a resistência de plantas a diversos estresses ambientais, atuando como promotores de crescimento e como agentes de biocontrole contra doenças e pragas (CLEMENTE et al., 2016). O antagonismo direto exercido contra fitopatógenos tem o envolvimento dos conhecidos mecanismos de antibiose, como a síntese de substâncias antimicrobianas, a competição por espaço e nutrientes e a síntese de compostos voláteis (LEELASUPHAKUL et al., 2008). O mecanismo indireto é

exercido pelo fenômeno de resistência sistêmica induzida.

O *Trichoderma* é sem dúvida o agente de controle biológico de doenças de plantas mais estudado e utilizado no Brasil e em outros países da América Latina são utilizadas no controle de fitopatógenos e na promoção de crescimento vegetal devido a sua versatilidade de ação, como parasitismo, antibiose e competição, além de atuarem como indutores de resistência das plantas contra doenças (LOUZADA et al., 2009; BETTIOL; MORANDI 2009).

## 1.2 OBJETIVOS

1. Verificar a eficácia de produtos químicos e biológicos para o controle de ferrugem-da-folha e oídio em trigo;
2. Analisar a compatibilidade biológica das misturas entre fungicidas químicos e agentes biológicos de controle;
3. Avaliar produtos à base de *Trichoderma ssp.* e *Bacillus ssp.* no controle de mofo-branco aplicados em diferentes momentos na cultura da soja.
4. Avaliar o efeito do uso do produtos à base *Trichoderma ssp.* e *Bacillus ssp.* no aumento da produtividade da soja.

## 2 CAPÍTULO I: BIOPRODOTOS À BASE DE *Bacillus* COMBINADOS A FUNGICIDAS NO CONTROLE DE DOENÇAS FOLIARES DO TRIGO *Triticum aestivum* (L.)

### *Bacillus* BASED BIOPRODUCTS IN COMBINATION WITH FUNGICIDES TO CONTROL *Triticum aestivum* (L.) LEAF DISEASES OF WHEAT

#### RESUMO

No atual cenário, o controle biológico por microrganismos apresenta-se como alternativa inteligente para a redução ou eliminação do uso de agroquímicos no controle de fitopatógenos. No entanto, a integração de diferentes métodos de controle de doenças de plantas constitui uma alternativa com maiores chances de sucesso do que a utilização de um único método. Assim, neste trabalho objetivou-se avaliar a eficácia e a compatibilidade do uso combinado ou isolado de fungicidas químicos e biológicos no controle de ferrugem-da-folha (*Puccinia triticina*) e o oídio (*Blumeria graminis* f. sp. *tritici*) em trigo. Foram realizados dois experimentos em campo com duas cultivares de trigo em cada experimento, sendo ‘TBIO Sonic’ que é suscetível ao oídio e ‘TBIO Sinuelo’ que é suscetível à ferrugem-da-folha, o delineamento utilizado foi blocos ao acaso com quatro repetições e doze tratamentos. Os tratamentos foram: T1 = testemunha; T2 = metabólitos (bioproduto à base de aminoácidos e N solúvel), T3 = *Bacillus amyloliquefacens*; T4 = *Bacillus subtilis*, T5 = controle químico 1 (azoxistrobina + ciproconazol e propiconazol), T6 = controle químico 2 (fenpropimorfe e piraclostrobina + metconazol), T7 = controle químico 1 + metabólitos, T8 = controle químico 1 + *B. amyloliquefacens*, T9 = controle químico 1 + *B. subtilis*, T9 = controle químico 2 + metabólitos, T10 = controle químico 2 + *B. amyloliquefacens*, T11 = controle químico 2 + *B. subtilis*. Os fungicidas químicos e/ou biológicos foram pulverizados nos estádios de emborrachamento, floração e grão leitoso da cultura e foram avaliadas a severidade das doenças foliares para posterior cálculo da AACPD e a produtividade do trigo. Todos os tratamentos reduziram o progresso de ferrugem em relação a testemunha. As combinações entre fungicidas químicos e biológicos reduziram cerca de 15% e 14% a severidade de ferrugem e de oídio, respectivamente, comparados ao uso exclusivo de fungicidas químicos, sendo estatisticamente diferentes. As produtividades para ambas as cultivares foram maiores nos tratamentos combinando produtos químicos com os bioprodutos, resultando em uma produção de 420 Kg/ha para a cultivar TBIO Sinuelo e 150 Kg/ha para a cultivar TBIO Soni, a mais que os tratamentos que receberam apenas fungicidas químicos. Os resultados de compatibilidade biológica em laboratório demonstram que fungicidas químicos, quando em mistura com bioprodutos à base de *Bacillus spp.*, não causam uma mortalidade total das bactérias, sendo assim, podemos dizer que as misturas são compatíveis. Assim, o uso de produtos à base de *Bacillus* ou de metabólitos apresentam compatibilidade e auxiliam os fungicidas químicos na redução de oídio e da ferrugem-do-trigo e promovem o incremento da produtividade.

**Palavras-chaves:** Controle químico. Controle biológico. Ferrugem-da-folha. Oídio.

## ABSTRACT

In the current scenario, biological control by microorganisms presents itself as an intelligent alternative to reduce or eliminate the use of agrochemicals in the control of phytopathogens. However, the integration of different methods of plant disease control is an alternative with greater chances of success than the use of a single method. Thus, the objective of this work was to evaluate the efficacy and compatibility of the combined or isolated use of chemical and biological fungicides in the control of leaf rust (*Puccinia triticina*) and powdery mildew (*Blumeria graminis f. sp. tritici*) in wheat. Two field experiments were conducted with two wheat cultivars in each experiment, being 'TBIO Sonic' which is susceptible to powdery mildew and 'TBIO Sinuelo' which is susceptible to leaf rust, the design used was randomized block design with four repetitions and twelve treatments. The treatments were: T1 = witness; T2 = metabolites (amino acid-based bioproduct and soluble N), T3 = *Bacillus amyloliquefacens*; T4 = *Bacillus subtilis*, T5 = chemical control 1 (azoxystrobin + cyproconazole and propiconazole), T6 = chemical control 2 (fenpropimorph and pyraclostrobin + metconazole), T7 = chemical control 1 + metabolites, T8 = chemical control 1 + *B. amylo liquefacens*, T9 = chemical control 1 + *B. subtilis*, T9 = chemical control 2 + metabolites, T10 = chemical control 2 + *B. amylo liquefacens*, T11 = chemical control 2 + *B. subtilis*. The chemical and/or biological fungicides were sprayed at the rubbery, flowering and milky grain stages of the crop and the severity of leaf diseases were evaluated for subsequent calculation of AACPD and wheat yield. All treatments reduced rust progress compared to the control. The combinations between chemical and biological fungicides reduced about 15% and 14% the severity of rust and powdery mildew, respectively, compared to the use of chemical fungicides alone, being statistically different. The yields for both cultivars were higher in the treatments combining chemical products with the bioproducts, resulting in a production of 420 kg/ha for the cultivar TBIO Sinuelo and 150 kg/ha for the cultivar TBIO Sonic, more than the treatments that received only chemical fungicides. The results of biological compatibility in laboratory demonstrate that chemical fungicides, when mixed with bioproducts based on *Bacillus spp.* do not cause total mortality of bacteria, so we can say that the mixtures are compatible. Thus, the use of *Bacillus* based products or metabolites are compatible and assist chemical fungicides in the reduction of powdery mildew and wheat rust and promote increased productivity.

**Keywords:** Chemical control. Biological control. Leaf rust. Powdery mildew.

## INTRODUÇÃO

O trigo [*Triticum aestivum* (L.)] tem grande importância mundial, sendo o Brasil responsável pela produção de mais de sete milhões de toneladas por ano (CONAB, 2021). Ao longo do ciclo, o trigo está sujeito ao ataque de doenças causadas por fungos, bactérias e vírus, responsáveis por danos significativos à cultura (SANTANA et al., 2012).

Entre as doenças foliares do trigo destacam-se a oídio (*Blumeria graminis f. sp. tritici*), a ferrugem-da-folha (*Puccinia triticina*), a mancha-marrom (*Bipolaris sorokiniana*) e a mancha-amarela (*Drechslera tritici-repentis*) (REIS; CASA, 2005). Os danos na produtividade

podem chegar a mais de 50% pela ocorrência de oídio e ferrugem-da-folha (SANTANA et al., 2012). Na maioria das vezes, o manejo dessas doenças é realizado por resistência genética e com a aplicação de fungicidas químicos (LAU, 2011). Em anos de epidemias severas, caso não seja efetuado o controle com fungicidas, as quedas de rendimento podem ser superiores a 50% (GERMÁN et al., 2007). O principal método de controle da ferrugem-da-folha se dá pelo uso de fungicidas do grupo dos triazóis e estrobirulinas ou da mistura de produtos desses grupos químicos, sendo considerada a forma mais segura no controle em cultivares de trigo suscetíveis (REIS; CASA, 2007). No entanto, o aumento dos custos do controle químico, a perda de eficiência de alguns princípios ativos e os problemas ambientais advindos destas práticas indicam a necessidade da busca de novas tecnologias para o controle de doenças. Dentre as alternativas para a redução do uso de fungicidas químicos nas lavouras está a utilização de agentes biológicos (MARTINS, 2008).

O controle biológico pode ser definido como a redução da densidade do inóculo ou da atividade de determinadas doenças provocadas por patógenos, pela ação de um ou mais organismos que não seja a do homem (BAKER; COOK, 1974)). Bactérias antagônicas, do gênero *Bacillus* spp., podem atuar por múltiplos mecanismos como antibiose, promoção de crescimento, indução de resistência (VIEIRA JUNIOR et al., 2013). Microrganismos que atuam por antibiose geralmente têm amplo espectro de ação, atuando contra vários patógenos fungicos (KUPPER; GIMENES-FERNANDES; GOES, 2003). Assim, metabólitos de bactérias podem ser utilizados na formulação de produtos para o controle de doenças.

A substituição de um produto químico por um biológico dentro do manejo integrado pode contribuir para o desenvolvimento de sistemas de cultivo mais sustentáveis e, portanto, menos dependentes do uso de compostos tóxicos ao ambiente (MORANDI; BETTIOL, 2009). A aplicação de *B. subtilis* pode reduzir significativamente a severidade de doenças no trigo, porém, a associação da bactéria a fungicidas químicos pode incrementar o controle da doença (LI et al., 2013; REISS; JØRGENSEN, 2017). No entanto, alguns fungicidas químicos podem interferir no crescimento bacteriano (YANG et al., 2009). Assim é necessário verificar a influência de fungicidas na eficiência de produtos à base de *Bacillus*. Mesmo o fungicida influenciando negativamente o crescimento de *Bacillus* spp., somente seus metabólitos podem ser uma alternativa no manejo de doenças de plantas (VILLA-RODRIGUEZ et al., 2019). A associação de métodos de controle químico e biológico podem ser obtidas desde que a população de antagonistas seja menos afetada pelo fungicida do que o patógeno, ou que os

antagonistas sejam capazes de colonizar mais rapidamente que o patógeno a superfície da planta ou o solo após o tratamento químico (BOLLEN, 1982). Contudo, novos produtos à base de *Bacillus ssp.* surgem constantemente no mercado, mas sem informação suficiente sobre a sua eficiência em combinação a químicos, bem como a sua compatibilidade, o que torna indispensável a pesquisa acerca do assunto.

Os objetivos deste trabalho foram avaliar o controle de doenças foliares do trigo pelo uso de fungicidas químicos e biológicos à base de *Bacillus ssp.* ou metabólitos, bem como verificar a compatibilidade entre os químicos e biológicos utilizados.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Experimentos de compatibilidade entre bioprodutos e os químicos

Para o teste de compatibilidade dos produtos aplicados no experimento em campo foi simulada a mistura de tanque entre os fungicidas químicos e os produtos biológicos. Os produtos biológicos utilizados foram Nemacontrol (*Bacillus amyloliquefaciens* SIMBI BS 10; Simbiose Indústria e Comércio de Fertilizantes e Insumos Microbiológicos LTDA, Cruz Alta – RS, Brasil), (500 mL p.c. ha<sup>-1</sup>) e Serenade (*Bacillus subtilis* QST 713; Bayer S.A, São Paulo, SP, Brasil), (1 L p.c/ ha). Os fungicidas químicos foram Piori Xtra (Azoxistrobina + Ciproconazol; Syngenta Proteção de Cultivos Ltda, São Paulo/SP, Brasil) (300 mL/ha), Tilt (Propiconazol; Syngenta Proteção de Cultivos Ltda, São Paulo/SP, Brasil), (750 mL/ ha<sup>1</sup>), Versatilis (Fenpropimorfe; Basf S.A, São Paulo, SP, Brasil) ( 750 mL/ha<sup>1</sup>) e Opera Ultra (Piraclostrobina + Metconazol; Bayer S.A, São Paulo, SP, Brasil), (600 mL/ ha<sup>1</sup>). Como testemunha, cada bioproduto à base de *Bacillus* foi aplicado isoladamente. Para os outros tratamentos, os produtos foram misturados em béqueres de 500 mL, com as concentrações recomendadas, que resultou nos dez tratamentos a seguir: 01 - *B. amyloliquefaciens*; 02 - Azoxistrobina + Ciproconazol e *B. amyloliquefaciens*; 03 - Propiconazol e *B. amyloliquefaciens*; 04 - Fenpropimorfe e *B. amyloliquefaciens*; 05 - Piraclostrobina + Metconazol e *B. amyloliquefaciens*; 06 - *B. subtilis*; 07 - Azoxistrobina + Ciproconazol e *B. subtilis*; 08 - Propiconazol e *B. subtilis* (1000 mL p.c. ha<sup>-1</sup>); 09 - Fenpropimorfe e *B. subtilis* (1000 mL p.c. ha<sup>-1</sup>); 10 - Piraclostrobina + Metconazol e *B. subtilis*. As misturas ficaram no beker por duas horas antes da aplicação. Os tratamentos foram aplicados por Sprayer contido em uma câmara

de pulverização de precisão (Research Sprayer Generation III, Devries Manufacturing INC; Hollandale MN, USA), sobre placas de Petri de 9,0 cm de diâmetro, contendo meio cultura BDA (batata dextrose Agar). A pressão do aplicador foi regulada para 2,5 bar (250 kPa) a uma velocidade de 3,6 m/s, com uma taxa de aplicação de 150 L/ha. Após a aplicação, as placas foram acondicionadas em câmaras de crescimento por dois dias a  $25 \pm 2^\circ\text{C}$ , umidade relativa de  $70 \pm 10\%$  e fotoperíodo de 12 h. Em seguida, o número de unidades formadoras de colônias (UFC/cm<sup>2</sup>) foi contado.

## EXPERIMENTOS NO CAMPO

### Localização do experimento e características das cultivares

Os experimentos para controle de doenças do trigo foram conduzidos em lavouras comerciais de trigo em Santa Maria - RS. Os experimentos contavam com duas cultivares de trigo, TBIO Sinuelo, suscetível à ferrugem-da-folha (*P. triticina*) e TBIO Sonic suscetível a oídio (*B. graminis*). Foram realizados dois experimentos, o primeiro semeado no dia 04/08/2020 ( $-29^\circ 43' 36.11''\text{S}/-53^\circ 33' 41.89''\text{W}$ ) e altitude de 85 m; e o segundo experimento foi semeado no dia 11/08/2020 ( $-29^\circ 43' 41.58''\text{S}/-53^\circ 33' 42.57''\text{W}$ ) e altitude de 80 m. Utilizou-se uma densidade de 330 plantas/m<sup>2</sup>.

### Tratamentos com fungicidas e bioprodutos

Foram realizados 12 tratamentos (Tabela 1) com diferentes aplicações foliares. As parcelas para a aplicação de cada repetição contavam de 3 m x 5 m, totalizando 15 m<sup>2</sup>. Os tratamentos constituíram da aplicação foliar dos produtos durante os diferentes estádios do trigo de acordo com a escala fenológica de Zadoks (1974). Todos os produtos foram utilizados nas concentrações recomendadas, já descritas nos testes de compatibilidade. Além dos biológicos utilizados nos testes de compatibilidade, foi avaliado o biofertilizante à base de metabólitos Vorax (Metabólitos secundários- aminoácido ácido L-glutâmico e N solúvel; Microquímica Tradecorp, Monte Mor, SP, Brasil), (40 mL p.c. ha<sup>-1</sup>). Desse modo, os tratamentos foram: 01 - testemunha (Sem aplicação); 02 - Metabólitos nos estádios 4.0, 5.0 e 7.0; 03 - *B. amyloliquefaciens* nos estádios 4.0, 5.0 e 7.0; 04 - *B. subtilis* nos estádios 4.0, 5.0 e 7.0; 05 -

Controle químico 1: Azoxistrobina + Ciproconazol no estágio 4.0 e Propiconazol nos estádios 5.0 e 7.0; 06 - Controle químico 2: Fenpropimorfe no estágio 4.0 e Piraclostrobina + metconazol nos estádios 5.0 e 7.0; 07 - Controle químico 1 + Metabólitos; 08 - Controle químico 1 + *B. amyloliquifaciens*; 09 - Controle químico 1 + *B. subtilis*; 10 - Controle químico 2 + Metabólitos; 11 - Controle químico 2 + *B. amyloliquifaciens*; 12 - Controle químico 2 + *B. subtilis*. Os estádios fenológicos 4.0 5.0 e 7.0 correspondem, respectivamente, ao emborrachamento, emergência da inflorescência e formação do grão leitoso.

Os tratamentos foram aplicados com um pulverizador costal pressurizado a CO<sub>2</sub> com uma barra de 3m, com pontas espaçadas em 0,5m (leque simples XR 110.015, Teejet Technologies Co., Glendale Heights, Illinois, EUA), com vazão de 150 L ha<sup>-1</sup> e pressão de trabalho de 21 lbs pol<sup>-2</sup>.

### **Avaliação das doenças foliares e produtividade**

A avaliação da severidade da ferrugem-da-folha e de oídio iniciou após a primeira aplicação (estádio 4.0), semanalmente, totalizando cinco avaliações. A severidade foi avaliada de forma visual, atribuindo-se notas de severidade de 0 a 100% a parcela, também se avaliou a severidade na folha bandeira, onde foi atribuído notas em 10 folhas por parcela. Ambas as avaliações contaram com o auxílio da escala diagramática de Alves et al. (2015). As avaliações da severidade das doenças possibilitaram o cálculo da área abaixo da curva do progresso da doença (AACPD), cuja fórmula é  $AACPD = i \sum_{n=1}^{n-1} [(x_i + x_{i+1})] / 2 (t_{i+1} - t_i)$ , onde n é o número de avaliações, x é a severidade da doença e (t<sub>i+1</sub> - t<sub>i</sub>) é o intervalo de tempo entre duas avaliações consecutivas.

Ao final do ciclo foram colhidos 3,0 m<sup>2</sup> de cada parcela, medida a massa e sua umidade aferida. Os valores de produção obtidos foram corrigidos considerando 13% de umidade e a produtividade foi estimada para sacas/ha.

### **ANÁLISES ESTATÍSTICAS**

Os experimentos de campo foram realizados no delineamento de blocos em locais diferentes, com duas cultivares TBIO Sinuelo e TBIO Sonic cada, os mesmos contavam com doze tratamentos e quatro repetições, cada experimento foi analisado de forma independente.

Os experimentos de compatibilidade foram realizados em laboratório, no delineamento inteiramente casualizado e foram conduzidos duas vezes. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste de F, as médias, quando significativas, foram comparadas pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade. As análises foram realizadas com auxílio do software sisvar versão 5.8. (FERREIRA, 2000).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### COMPATIBILIDADE ENTRE OS BIOLÓGICOS E QUÍMICOS

O estudo de compatibilidade simulando misturas em tanque mostrou a redução no crescimento e variou entre as misturas e entre os experimentos, mas geralmente houve redução no crescimento bacteriano (Tabela 5) tanto para *B. amyloliquefaciens* ( $P < 0,001$ ) quanto para *B. subtilis* ( $P < 0,001$ ). No entanto, a redução no crescimento variou entre as misturas e entre os experimentos. No primeiro experimento realizado, a mistura do fungicida Propiconazol e *B. amyloliquefaciens* não causou redução no número de colônias, enquanto na mistura com *B. subtilis* ocorreu uma redução de 68,9% nas colônias. Já no segundo experimento houve uma redução de 26,4% no número de colônias de *B. amyloliquefaciens* e não houve redução para *B. subtilis*. Quando a mistura foi feita com o fungicida Azoxistrobina+Ciproconazol ocorreu redução maior que 30% no número de colônias de *B. amyloliquefaciens* e mais de 45% de *B. subtilis*. A mistura de *B. amyloliquefaciens* e Fenpropimorfe apresentou uma redução de 56,1% e 27,4% no crescimento de colônias no primeiro e segundo experimento, respectivamente. Enquanto para a mistura com *B. subtilis* a redução de Fenpropimorfe foi de 68% no primeiro experimento e não houve redução no crescimento no segundo experimento. A mistura com o Piraclostrobina+metconazol demonstrou uma redução no crescimento das colônias de 43,9% para *B. amyloliquefaciens* e de 94,2% para *B. subtilis* nas contagens do primeiro experimento, mas no segundo experimento a redução foi de 20,6% e 0% para *B. amyloliquefaciens* e *B. subtilis*, respectivamente. Assim, apesar da variação entre os experimentos, nota-se que nenhum dos produtos reduz totalmente o crescimento bacteriano nos produtos. Outros estudos com diferentes produtos utilizados no manejo fitossanitário demonstram que existe diferentes comportamentos da compatibilidade entre *Bacillus* e moléculas químicas utilizadas no campo (VEIGA, 2014; AGOSTINI et al., 2017), reforçando a importância de se melhor entender esse

comportamento para a busca do melhor posicionamento do uso dos biológicos no campo. Isolados de *Bacillus* podem apresentar vários mecanismos de ação e a produção de metabólitos podem auxiliar no controle de patógenos causadores de ferrugem e oídio mesmo após a redução no crescimento bacteriano (MATZEN; HEICK; JØRGENSEN, 2019). Sabendo que os fungicidas podem interferir no crescimento bacteriano, são necessários futuros estudos para verificação do melhor posicionamento dos bioprodutos em aplicação foliar e melhor aproveitamento dos mecanismos proporcionados por *Bacillus*.

Tabela 1 - Compatibilidade biológica das misturas entre produtos bioprodutos e fungicidas químicos utilizados na cultura do trigo

Tratamento	Experimento 1		Experimento 2	
	Colônias cm <sup>2</sup>	*% de redução	Colônias cm <sup>2</sup>	% de redução
1. <i>B. amyloliquefaciens</i>	89,2 a**	0,0	59,2 a	0,0
2. <i>B. amyloliquefaciens</i> + Tilt	93,4 a	0,0	43,6 b	26,4
3. <i>B. amyloliquefaciens</i> + Priori Xtra	54,4 b	39,0	41,0 b	30,7
4. <i>B. amyloliquefaciens</i> + Versatilis	39,2 b	56,1	43,0 b	27,4
5. <i>B. amyloliquefaciens</i> + Opera Ultra	50,0 b	43,9	47,0 b	20,6
C.V. (%)	16,04		16,12	

Tratamento	Experimento 1		Experimento 2	
	Colônias cm <sup>2</sup>	% de redução	Colônias cm <sup>2</sup>	% de redução
1. <i>B. subtilis</i>	61,8 a	0,0	43,0 a	0,0
2. <i>B. subtilis</i> + Tilt	19,2 b	68,9	59,2 b	0,0
3. <i>B. subtilis</i> + Priori Xtra	25,6 b	58,6	32,0 a	45,9
4. <i>B. subtilis</i> + Versatilis	19,8 b	68,0	42,6,2 c	0,0
5. <i>B. subtilis</i> + Opera Ultra	3,6 c	94,2	54,2 b	0,0
C.V. (%)	31,33		15,77	

Fonte: elaborada pelo autor.

\* Porcentagem de redução de colônias em relação a testemunha biológica.

\*\*Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância; C.V.= coeficiente de variação.

## CONTROLE DAS DOENÇAS EM CAMPO

O valor da AACPD geral obtido para ferrugem-da-folha, no experimento 1, foi inferior aos valores obtidos no experimento 2, tanto nas avaliações de severidade da parcela quanto para folha bandeira, isso devido a maior pressão do inóculo, resultando no aumento da severidade da doença. Houve diferença estatística entre a AACPD dos tratamentos ( $P < 0,01$ ) (Tabela 2). A aplicação somente de *B. amyloliquefaciens* resultou em uma redução de 27% da AACPD no experimento 1 e 13% no experimento 2 comparados a testemunha. Já para as aplicações dos produtos à base de *B. subtilis* tratamento ou dos metabólitos, a redução foi de mais de 20% no experimento 1, enquanto que, no experimento 2, onde ocorreu uma maior pressão de inóculo da ferrugem, observou-se uma redução de 12% da AACPD da doença. Todos os tratamentos com mistura dos fungicidas com *B. amyloliquefaciens* ou *B. subtilis* foram os que mais reduziram a AACPD da ferrugem e não diferiram entre si, alcançando uma redução de mais de 70% no experimento 1 e mais de 50% no experimento 2. A folha bandeira do trigo possui papel fundamental na produtividade, contribuindo até 50% da formação de fotoassimilados para o enchimento dos grãos devido à proximidade com a espiga (DOMICIANO et al., 2009). A redução da severidade em doenças na folha bandeira foi relevante para os efeitos de/ para o controle, assim como nas outras folhas, houve diferença estatística entre as severidades dos tratamentos nas folhas bandeira ( $P < 0,01$ ) (Tabela 1). A aplicação somente de *B. amyloliquefaciens* resultou em uma redução de 25% da AACPD da ferrugem-da-folha na folha bandeira no experimento 1 e 38% no experimento 2. Já para as aplicações dos produtos à base de *B. Subtilis*, ou dos metabólitos, a redução foi de mais de 12% no experimento 1, enquanto que, no experimento 2, a redução foi de mais de 30%, mesmo com uma maior pressão de inóculo da ferrugem. Os tratamentos com mistura dos fungicidas com *B. amyloliquefaciens* ou *B. subtilis* foram os que mais reduziram a AACPD da ferrugem na folha bandeira, embora sem diferir entre si, alcançando uma redução de mais de 85%, independente do experimento, isso comparado com a testemunha.

O oídio provoca danos significativos na cultura do trigo desde os estádios iniciais, sendo mais comum a presença dos sinais do patógeno em folhas e bainhas foliares, as perdas podem variar de 20 a 55% (REIS; FERNANDES; PICININI, 1988; LINHARES, 1988). A AACPD geral obtida para oídio, no experimento 1, foi superior aos valores obtidos no experimento 2. Mesmo assim, houve diferença estatística entre os tratamentos na redução do oídio ( $P < 0,01$ ) (Tabela 3). As misturas entre fungicidas e os produtos biológicos não diferiram estatisticamente

dos tratamentos fungicidas isolados, no experimento 1. Já no segundo houve diferença, no qual as misturas com *B. Amyloliquefaciens* (tratamentos 08 e 09) apresentaram uma redução de 60,8% e 63,1% respectivamente. Da mesma forma, para as misturas com *B. Subtilis*, os tratamentos (11 e 12) apresentaram uma redução de 71,4% e 63,2% respectivamente na evolução da doença, quando comparados a testemunha isso demonstra que o uso de *B. subtilis* e *B. amyloliquefaciens* em combinação aos químicos diminuiu a evolução da doença. Quanto à aplicação do biofertilizante à base de metabólitos secundários em mistura com fungicidas químicos (tratamentos 7 e 9) observou-se não haver diferença em comparação com a aplicação de fungicidas isolados, para o experimento 1. Já no experimento 2, os tratamentos em mistura diferiram dos isolados, reduzindo em mais de 60% a severidade. A aplicação isolada de *B. amyloliquefaciens* tratamento (3) reduziu em 23% a severidade no experimento 1 e em 38% no segundo. Já para as aplicações dos produtos à base de *B. Subtilis*, ou dos metabólitos, a redução foi de 18,2% e 5,7% respectivamente no experimento 1 e experimento 2, observamos uma redução de 38 e 21% da severidade de oídio. Também houve diferença entre os tratamentos na severidade do oídio na folha bandeira ( $P < 0.01$ ). A aplicação isolada dos agentes de controle biológico *B. amyloliquefaciens*, *B. subtilis* e biofertilizante à base de metabólitos secundários (tratamentos 2, 3 e 4) demonstraram uma redução na severidade de oídio de 36,3%, 39,4% e 39,6% no experimento 1 e 45,2%, 67,3% e 62,4% no experimento 2, respectivamente. Os tratamentos com mistura dos fungicidas com *B. amyloliquefaciens* ou *B. subtilis* foram os que mais reduziram a severidade do oídio e não diferiram entre si, alcançando uma redução de mais de 68% no experimento 1 e mais de 80% no dois.

O uso de produtos à base de *Bacillus* ou de metabólitos de microrganismos já foi relatado como eficiente em diferentes patossistemas (ALI et al., 2016; PENG et al., 2017; ABBASI; WESELOWSKI, 2015). Em trigo, alguns trabalhos já demonstraram o potencial de uso de bioprodutos à base de *Bacillus* no controle de ferrugens e do oídio (REISS; JØRGENSEN, 2017; MATZEN; HEICK; JØRGENSEN, 2019). No entanto, a combinação desses bioprodutos com fungicidas químicos foi pouco explorada e a maioria dos estudos focam na eficiência do uso integrado de principais químicos (MATZEN; HEICK; JØRGENSEN, 2019; CAMONA et al., 2020). Neste trabalho, os resultados de campo demonstraram que a combinação de fungicidas químicos com *Bacillus* sp. ou, até mesmo, de biofertilizantes à base apenas de metabólitos reduziu significativamente a severidade das doenças foliares estudadas.

Tabela 2 - Área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) de ferrugem-da-folha (*Puccinia triticina*) na área da parcela e na folha bandeira em função dos tratamentos aplicados em trigo (*Triticum aestivum*), cultivar TBIO Sinuelo, Santa Maria –RS

Tratamento	Experimento 1		Experimento 2	
	Parcela	Folha bandeira	Parcela	Folha bandeira
1. Testemunha	1225 a*	371 a	1028 a	676 a
2. Metabólitos	966 b	324 b	902 b	441 b
3. <i>B. Amyloliquefacies</i>	889 b	276 c	887 b	417 b
4. <i>B. Subtilis</i>	940 b	313 b	905 b	449 b
5. Controle químico 1	518 c	119 d	647 c	145 c
6. Controle químico 2	457 c	141 d	620 c	147 c
7. Controle químico 1+ Metabólitos	362 d	54 e	523 d	112 d
8. Controle químico 1+ <i>B. Amyloliquefaciens</i>	310 d	38 e	530 d	50 d
9. Controle químico 1+ <i>B. Subtilis</i>	285 d	42 e	484 d	66 d
10. Controle químico 2+ Metabólitos	287 d	34 e	459 d	46 d
11. Controle químico 2+ <i>B. Amyloliquefacines</i>	298 d	32 e	474 d	44 d
12. Controle químico 2 + <i>B. Subtilis</i>	254 d	35 e	482 d	49 d
C.V. (%)	18,3	13,27	11,85	13,8

Fonte: elaborada pelo autor.

\*Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância; C.V.= coeficiente de variação.

Tabela 3 - Área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) de oídio (*Blumeria graminis* f. sp. *tritici*) na área da parcela e na folha bandeira em função dos tratamentos aplicados em trigo (*Triticum aestivum*), cultivar TBIO Sonic, Santa Maria -RS

Tratamento	Experimento 1		Experimento 2	
	Parcela	Folha bandeira	Parcela	Folha bandeira
1. Testemunha	1136 a	415 a	763 a	1076 a
2. Metabólitos	1071 a	264 b	601 b	589 b
3. <i>B. Amyloliquefacies</i>	873 b	252 b	467 c	352 c
4. <i>B. Subtilis</i>	929 b	251 b	537 b	405 c
5. Controle químico 1	614 c	147c	340 d	307 c
6. Controle químico 2	609 c	154 c	383 d	317 c
7. Controle químico 1+ Metabólitos	422 c	143 d	292 e	190 d
8. Controle químico 1+ <i>B. Amyloliquefaciens</i>	487 c	129 d	299 e	183 d
9. Controle químico 1+ <i>B. Subtilis</i>	494 c	118 d	282 e	166 d
10. Controle químico 2+ Metabólitos	452c	126 d	265 e	158 d
11. Controle químico 2+ <i>B. Amyloliquefacines</i>	534 c	128 d	218 e	147 d
12. Controle químico 2 + <i>B. Subtilis</i>	455 c	121 d	281 e	151 d
C.V. (%)	15,4	7,67	12,66	17,42

Fonte: elaborada pelo autor.

\*Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância; C.V.= coeficiente de variação.

## PRODUTIVIDADE

Houve diferença entre os tratamentos para a produtividade da cultivar TBIO Sinuelo ( $P < 0,01$ ) (Tabela 4). Os tratamentos com misturas de fungicidas e *Bacillus* apresentaram mais de 57 sacas/ha na área com a primeira época de semeadura (tratamentos 8, 9 e 12). Já na segunda época de semeadura, os tratamentos de misturas de fungicidas com *B. subtilis* (tratamentos 9 e 12) foram os mais produtivos com mais de 65 sacas/ha. Já na produtividade da cultivar TBIO Sonic, os tratamentos com produtos à base de *Bacillus* aplicados na primeira época não diferiram da testemunha ( $P < 0,01$ ), logo esta aplicação precoce demonstrou falta de resposta da cultura. Já na segunda época de semeadura observou-se maiores produtividades, resultante da mistura dos fungicidas com os *Bacillus*, resultando em produtividades maiores que 44 sacas/ha. A cultivar TBIO Sonic é superprecoce com ciclo médio de 100 dias em relação ao ciclo médio de 170 dias do trigo. Assim, doenças biotróficas, como o oídio, acabam tendo menor reflexo nas produtividades em cultivares de ciclo curto quando semeadas em condições menos favoráveis aos fungos, como na primeira época de semeadura (MILUS; KRISTENSEN; HOVMØLLER, 2009; MORGOUNOV et al., 2011). Entretanto, na segunda época de semeadura, a ocorrência de patógenos é mais favorecida pelas temperaturas e maior pressão de inóculo e o controle de doenças e pragas acaba tendo impacto mais significativo na produtividade do trigo (AUDSLEY; MILNE; PAVELEY, 2005; BATTHA et al., 2018). Apesar dos fungicidas em misturas com metabolitos terem promovidos maiores produtividades, o uso de produtos à base de *Bacillus* apresentaram melhor desempenho. O uso de *B. subtilis* e *B. amyloliquefacines* já mostrou eficiência na promoção de altas produtividades em trigo (ZAFAR-UL-HYE et al., 2019; YADAV et al., 2021). No entanto, este estudo mostra, pela primeira vez, o efeito dessas espécies como biofungicidas controlando doenças e promovendo produtividade em trigo. Assim, o manejo químico aliado aos produtos biológicos à base de *Bacillus* demonstraram ser a melhor alternativa para o controle de patologias avaliadas, principalmente em épocas mais favoráveis à ocorrência e disseminação dos patógenos em campos de trigo.

Tabela 4 - Produtividade (sacas/ha) das cultivares de trigo TBIO Sinuelo e TBIO SONIC em função dos produtos aplicados em trigo, Santa Maria -RS

Tratamento	Cultivas TBIO Sinuelo*		Cultivar TBIO Sonic**	
	Experimento 1	Experimento 2	Experimento 2	Experimento 1
1. Testemunha	40 c***	37 c	32 b	33 c
2. Metabólitos	42 c	40 c	33 b	33 c
3. <i>B. Amyloliquefacies</i>	39 c	43 c	35 b	39 b
4. <i>B. Subtilis</i>	41 c	47 c	35 b	41 b
5. Controle químico 1	49 b	59 b	40 a	42 b
6. Controle químico 2	50 b	53 b	42 a	41 b
7. Controle químico 1+ Metabólitos	54 b	54 b	40 a	41 b
8. Controle químico 1+ <i>B. Amyloliquefaciens</i>	57 a	59 b	42 a	43 a
9. Controle químico 1+ <i>B. Subtilis</i>	60 a	71 a	44 a	45 a
10. Controle químico 2+ Metabólitos	51 b	62 b	40 a	42 b
11. Controle químico 2+ <i>B. Amyloliquefacines</i>	54 b	61 b	44 a	46 a
12. Controle químico 2 + <i>B. Subtilis</i>	57 a	65a	45 a	44 a
C.V. (%)	6,45	9,94	6,58	5,64

Fonte: elaborada pelo autor.

\* Suscetível a ferrugem-da-folha.

\*\* Suscetível a oídio.

\*\*\*Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância; C.V.= coeficiente de variação.

## CONCLUSÕES

Os produtos químicos avaliados são compatíveis aos bioprodutos à base de *Bacillus*. Embora tenham reduzido o número de colônias, nenhum dos fungicidas inibiu totalmente o crescimento de *B. amyloliquefaciens* e *B. subtilis*. Os produtos à base de *B. amyloliquefaciens* e *B. subtilis* em mistura com fungicidas químicos proporcionaram maior controle de doenças foliares e maior produtividade do trigo comparados ao uso isolado de fungicidas químicos.

## REFERÊNCIAS

- ABBASI, P. A.; WESELOWSKI, B. Efficacy of *Bacillus subtilis* QST 713 formulations, copper hydroxide, and their tank mixes on bacterial spot of tomato. **Crop Protection**, v. 74, p. 70-76, 2015.
- AGOSTINI, L. et al. Compatibilidade de produtos à base de *Bacillus thuringiensis* (Berliner, 1911) com glifosato em diferentes dosagens, utilizado em soja (*Glycine max* (L.) Merrill). **Ciência et Praxis**, v. 6, n. 11, p. 37-40, 2017.
- ALI, G. S. et al. *Ex vivo* application of secreted metabolites produced by soil-inhabiting *Bacillus* spp. efficiently controls foliar diseases caused by *Alternaria* spp. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 82, n. 2, p. 478-490, 2016.
- ALVES, G. C. S. et al. Escala diagramática para quantificação da ferrugem da folha do trigo. **Multi-Science Journal**, v. 1, n. 1, p. 128-133, 2015.
- AUDSLEY, E.; MILNE, A.; PAVELEY, N. A foliar disease model for use in wheat disease management decision support systems. **Annals of Applied Biology**, v. 147, n. 2, p. 161-172, 2005.
- BAKER, K. F.; COOK, R. J. **Biological control of plant pathogens**. San Francisco: W.H. Freeman / St. Paul: The American Phytopathological Society, 1974. 433p.
- BHATTA, M. et al. Foliar fungicide effects on disease severity, yield, and agronomic characteristics of modern winter wheat genotypes. **Agronomy Journal**, v. 110, n. 2, p. 602-610, 2018.
- BOLLEN, G. J. Fungicide resistance and microbial balance. In: DEKKER, J.; GEORGOPOULOS, S. G. **Fungicide resistance in crop protection**. Wageningen: Centre for Agricultural Publishing and Documentation, 1982. p.161-176.
- CARMONA, M. et al. Role of fungicide applications on the integrated management of wheat stripe rust. **Frontiers in Plant Science**, v. 1, p. 733, 2020.
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento de safra brasileira: grãos. v.8— Safra 2020/21, n.12 - **Décimo segundo levantamento**, Brasília, p. 1-97, setembro

2021.

DOMICIANO, G. P. et al. Alterações na fotossíntese de plantas infectadas por fitopatógenos. **Revisão Anual de Patologia de Plantas**, v. 17, p. 305-339, 2009.

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. **Anais...** UFSCar, São Carlos, SP, Julho de 2000. p.255-258.

GERMÁN, S. et al. The situation of common wheat rusts in the Southern Cone of America and perspectives for control. **Australian Journal of Agricultural Research**, 2007, v.58, n. 6, p. 620-630, 2007.

KUPPER, K.C.; GIMENES-FERNANDES, N.; GOES, A. de. Controle biológico de *Colletotrichum acutatum*, agente causal da queda prematura dos frutos cítricos. **Fitopatologia Brasileira**, v. 28, p.251-257, 2003.

LAU, D. et al. Doenças de trigo no Brasil. In: PIRES, J.L.F.; VARGAS, L.; CUNHA, G.R. da (Ed.). **Trigo no Brasil: bases para produção competitiva e sustentável**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2011. cap. 12, p.283-324.

MARTINS, J. D. T. **Fungos associados às sementes de faveiro (*Dimorphandra mollis* Benth.) submetidas a tratamentos pré-germinativos e antifúngicos**. 2008. 58 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal da Grande Dourados, Mato Grosso do Sul, Dourados, 2008.

MATZEN, N.; HEICK, T. M.; JØRGENSEN, L. N. Control of powdery mildew (*Blumeria graminis* spp.) in cereals by Serenade® ASO (*Bacillus amyloliquefaciens* (former *subtilis*) strain QST 713). **Biological Control**, v. 139, p. 104067, 2019.

MILUS, E. A.; KRISTENSEN, K.; HOVMØLLER, M. S. Evidence for increased aggressiveness in a recent widespread strain of *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* causing stripe rust of wheat. **Phytopathology**, v. 99, n. 1, p. 89-94, 2009.

MORANDI, M. A. B.; BETTIOL, W. Controle biológico de doenças de plantas no Brasil. **Embrapa Meio Ambiente-Capítulo em livro científico**, 2009.

MORGOUNOV, A. et al. Global incidence of wheat rusts and powdery mildew during 1969–2010 and durability of resistance of winter wheat variety Bezostaya 1. **European journal of plant pathology**, v. 132, n. 3, p. 323-340, 2012.

PENG, D. I et al. Combined use of *Bacillus subtilis* strain B-001 and bactericide for the control of tomato bacterial wilt. **Pest management science**, v. 73, n. 6, p. 1253-1257, 2017.

REIS, E. M.; FERNANDES, J. M. C.; PICININI, E. C. **Estratégias para o controle de doenças do trigo**. Passo Fundo: Embrapa-CNPT, Documento 7. 1988.

REIS, E.M.; CASA, R.T. Doenças do trigo. In: KIMATI, H. et al. Relação entre a severidade e a incidência da ferrugem da folha do trigo, causada por *Puccinia recondita* f. sp. *tritici*.

**Fitopatologia Brasileira**, v. 21, p. 369– 372, 2005.

REIS, E.M.; CASA, R.T. **Doenças dos cereais de inverno: diagnose, epidemiologia e controle**. 2. ed. rev. atual. Lages: Graphel, 2007. 176p

REIS, E. M., FERNANDES, J. M. C. & PICININI, E. C. estratégias para o controle de doenças do trigo. Passo Fundo. **Embrapa-CNPT, Documento 7**. 1988.

REISS, A.; JØRGENSEN, L. N. Biological control of yellow rust of wheat (*Puccinia striiformis*) with Serenade® ASO (*Bacillus subtilis* strain QST713). **Crop protection**, v. 93, p. 1-8, 2017.

SANTANA, F. M. et al. Manual de Identificação de Doenças de Trigo. **Embrapa Trigo-Recomendação Técnica (INFOTECA-E)**, 2012.

VEIGA, A. C. P. **Compatibilidade entre produtos químicos e biológicos à base de *Bacillus thuringiensis* Berliner no controle de *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae)**. 2014. 88 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista, São Paulo, 2014.

VIEIRA JUNIOR, J. R. et al. Rizobactérias como agentes de controle biológico e promotores de crescimento de plantas. **Embrapa Rondônia-Documentos (INFOTECA-E)**, 2013.

VILLA-RODRIGUEZ, E. et al. (2019). *Bacillus subtilis* TE3: a promising biological control agent against *Bipolaris sorokiniana*, the causal agent of spot blotch in wheat (*Triticum turgidum* L. subsp. *durum*). **Biological control**, v. 132, p. 135-143, 2019.

YADAV, R. et al. *Bacillus subtilis* CP4, isolated from native soil in combination with arbuscular mycorrhizal fungi promotes biofortification, yield and metabolite production in wheat under field conditions. **Journal of Applied Microbiology**, v. 131, n. 1, p. 339-359, 2021.

YANG, D. et al. Activity and efficacy of *Bacillus subtilis* strain NJ-18 against rice sheath blight and *Sclerotinia* stem rot of rape. **Biological Control**, v. 51, n. 1, p. 61-65, 2009.

ZAFAR-UL-Hye, M. et al. ACC deaminase producing PGPR *Bacillus amyloliquefaciens* and *Agrobacterium fabrum* along with biochar improve wheat productivity under drought stress. **Agronomy**, v. 9, n. 7, p. 343, 2019.

### 3 CAPÍTULO II: CONTROLE BIOLÓGICO DE MOFO-BRANCO POR AGENTES FÚNGICOS E BACTERIANOS

#### BIOLOGICAL CONTROL OF WHITE MOLD BY FUNGAL AND BACTERIAL AGENTS

##### RESUMO

O mofo branco (*Sclerotinia sclerotiorum*), é uma importante doença que afeta a produção da soja. Bioprodutos à base de isolados de *Trichoderma* auxiliam na redução da doença. No entanto, pouco se conhece de agentes bacterianos sobre a incidência e os danos causados por *S. sclerotiorum* em soja no campo. Devido à importância dessa doença, o presente trabalho teve por objetivo avaliar produtos à base de diferentes agentes biológicos no controle de mofo branco. O experimento foi conduzido em blocos ao acaso com treze tratamentos e quatro repetições. Foram utilizados produtos à base de *Trichoderma* spp. e *Bacillus* spp. em diferentes tratamentos de acordo com os estádios fenológicos e combinação de produtos. Foram realizadas duas avaliações de incidência da doença, estimada de forma visual, em trinta plantas por parcela. Os dados obtidos foram utilizados para o cálculo da Área Abaixo da Curva de Progresso da Incidência (AACPI). A testemunha apresentou maior AACPI, diferindo dos demais tratamentos ( $P < 0.05$ ). Todos os tratamentos promoveram produtividades maiores que a testemunha ( $P < 0.05$ ). Os tratamentos T10-*Trichoderma harzianum* Isolado IBLF 006 + *B. subtilis* BGB137, *B. amyloliquefaciens* BGB037, T11-*T. harzianum* BGF211, *Trichoderma asperellum* BGF115, *Bacillus amyloliquefaciens* BGB124 + *B. subtilis* BGB137, *B. amyloliquefaciens* BGB037, T12-*T. harzianum* cepa BK Th001 + *B. subtilis* BGB137, *B. amyloliquefaciens* BGB037 e apresentaram produtividades de 74,8, 82,0 e 78,3 sacas de soja por hectare, diferindo dos demais. Pela correlação de Pearson, entre produtividade e AACPI, encontrou-se uma correlação negativa -0,81, considerada muito forte, indicando uma relação inversamente proporcional, ou seja, quanto maior a AACPI menor é a produtividade. Assim, podemos sugerir que o uso de biológicos à base de *Bacillus* possui potencial de uso junto ao *Trichoderma* e devem ser explorados quanto aos mecanismos e efeitos no contra mofo branco em soja.

**Palavras-chaves:** *sclerotinia sclerotiorum*. controle biológico. *Glycine max* (L.).

##### ABSTRACT

White mold (*Sclerotinia sclerotiorum*) is an important disease affecting soybean production. Bioproducts based on *Trichoderma* isolates assist in reducing the disease. However, little is known of bacterial agents on the incidence and damage caused by *S. sclerotiorum* in soybean in the field. Due to the importance of this disease, the present work aimed to evaluate products based on different biological agents in the control of white mold. The experiment was conducted in randomized blocks with thirteen treatments and four repetitions. Products based on *Trichoderma* spp. and *Bacillus* spp. were used in different treatments according to the phenological stages and combination of products. Two evaluations of disease incidence were performed, estimated visually, in thirty plants per plot. The data obtained were used to calculate

the Area Under the Incidence Progress Curve (AACPI). The control presented the highest AACPI, differing from the other treatments ( $P < 0.05$ ). All treatments promoted higher yields than the control ( $P < 0.05$ ). The treatments T10-*Trichoderma harzianum* Isolate IBLF 006 + *B. subtilis* BGB137, *B. amyloliquefaciens* BGB037, T11-*T. harzianum* BGF211, *Trichoderma asperellum* BGF115, *Bacillus amyloliquefaciens* BGB124 + *B. subtilis* BGB137, *B. amyloliquefaciens* BGB037, T12-*T. harzianum* strain BK Th001 + *B. subtilis* BGB137, *B. amyloliquefaciens* BGB037 and showed yields of 74.8, 82.0 and 78.3 bags of soybeans per hectare, differing from the others. Pearson's correlation between productivity and AACPI showed a negative correlation -0.81, considered very strong, indicating an inversely proportional relationship, that is, the higher the AACPI, the lower the productivity. Thus, we can suggest that the use of biologicals based on *Bacillus* has potential for use with *Trichoderma* and should be explored as to the mechanisms and effects against white mold in soybeans.

**Keywords:** *Sclerotinia sclerotiorum*. biological control. *Glycine max* (L.).

## INTRODUÇÃO

A soja é a oleaginosa mais produzida e comercializada no mundo. Seus derivados principais, o farelo e o óleo, são usados tanto para a alimentação humana e animal quanto para a produção de biocombustível e outros produtos químicos. Sua produção é bastante concentrada em três países, Estados Unidos, Brasil e Argentina (LEMOS et al., 2017), onde o Brasil se apresenta no cenário mundial como o maior produtor da cultura, com 137 milhões de toneladas produzidas na safra 2020/21, sendo também o maior exportador da oleaginosa, seguido pelos EUA, como uma produção de 112,5 milhões de toneladas e exportação de 61,5 milhões de toneladas.

Devido a condições favoráveis e grandes áreas cultivadas no Brasil, vários problemas de origem biótica ocorrem na soja. São diversas as doenças causadas por fungos, bactérias e vírus consideradas significativas para a cultura (GRIGOLLI, 2014). Um dos fungos patogênicos considerados uma ameaça a soja brasileira é a *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib) de Bary (sin. *Whetzelinia sclerotiorum* (Lib.) que ataca mais de 400 espécies de plantas, dentre elas plantas de importância econômica como a soja, feijão, algodão e girassol (GÖRGEN, 2009). Atualmente cerca de 10 milhões de ha cultivados com soja no Brasil apresentaram a presença do mofo-branco causado pelo fungo (JULIATTI, 2010; MEYER et al., 2018). O fungo sobrevive a maior parte de seu ciclo em forma de estruturas de resistência, denominados escleródios, que desempenham papel importante na sobrevivência da *S. sclerotiorum* durante a entressafra (TU, 1988; GRIGOLLI, 2014). A germinação do escleródio pode ser carpogênica ou miceliogênica em diferentes momentos do ciclo da soja (STEADMAN, 1983; GÖRGEN, 2009). Geralmente, o escleródio é estimulado a germinar na presença de hospedeiro suscetível e

condições favoráveis, que acabam coincidindo com o início da época de fechamento da cultura da soja (ABDULLAH et al., 2008). Assim, o manejo do mofo-branco requer um conjunto de medidas afim de obter um melhor controle, como o uso de fungicidas químicos e de agentes de controle biológico parasitas de esclerídios para prevenir e controlar a doença e de reduzir ou inviabilizar os escleródios (MEYER et al., 2016; ABDULLAH et al., 2008).

A eficiência do controle químico do mofo-branco reside em conseguir proteger as flores da cultura, principalmente aquelas que se encontram na parte mais baixa da planta. Já a ação de *Trichoderma* como agente de biocontrole ocorre devido à associação ou não dos mecanismos de antibiose, hiperparasitismo e competição (MELO, 1998). Bem como a indução de resistência do hospedeiro, além do favorecimento da planta na tolerância a estresse ambiental, solubilização e sequestro de nutrientes inorgânicos e inativação de enzimas dos patógenos (HARMAN, 2000). Nos últimos anos o posicionamento do *Trichoderma* na soja para o controle de mofo mostra uma boa eficiência na redução de escleródios viáveis e a possibilidade de combinação com outras táticas (PEREIRA et al., 2006). Outros agentes biológicos que apresentam eficiência no controle de *S. sclerotiorum* são bactérias do gênero *Bacillus* (HU et al., 2014; ZHANG; XUE, 2010; FERNANDO et al., 2007). No Brasil existem produtos à base de *Bacillus* e de *Trichoderma* registrados para o mofo-branco, no entanto, poucos estudos mostram o efeito de *Bacillus* no controle de mofo-branco em soja no campo e a possibilidade de combinar *Trichoderma* e *Bacillus* em diferentes momentos a redução da doença.

Embora nos últimos anos a disponibilidade de produtos comerciais à base de *Trichoderma* e *Bacillus* tenha crescido para o controle de mofo-branco na soja, novos produtos à base desses agentes devem ser estudados em diferentes momentos de aplicação, para se buscar novas táticas de manejo da *S. sclerotiorum*. Neste contexto, o presente estudo teve como objetivo avaliar produtos à base de *Trichoderma* e *Bacillus* no controle de mofo-branco, aplicados em diferentes momentos e diferentes combinações na cultura da soja.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

### **LOCALIZAÇÃO, CULTIVAR E DENSIDADE DA SOJA**

O experimento para controle *S. sclerotiorum* foi conduzido em lavoura comercial de soja, com histórico da doença, localizada no município de Vacaria-RS (latitude -28° 22' 08.15"S, longitude -51° 03' 24.03"W e altitude de 923 m. O experimento foi implantado em

03/12/2020, a semeadura foi realizada no dia 10/12/2021, utilizando a cultivar de soja BMX Zeus, como uma densidade final de 26 plantas por metro quadrado, espaçamento entre linhas de 50 centímetros.

## 2.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS

O delineamento experimental foi de blocos ao acaso, com quatro blocos e unidades experimentais medindo 3 m x 5 m, totalizando 15 metros quadrados de área. Foram avaliados onze tratamentos fungicidas e uma testemunha, sem aplicação de fungicida, aplicados em diferentes momentos seguindo a escala fenológica de Fehr & Caviness (1977) (Tabela 6).

Os produtos biológicos utilizados foram Ecotrich (*Trichoderma harzianum* isolado IBLF 006; Ballagro Agro Tecnologia Ltda, Bom Jesus dos Perdões - SP, Brasil), Blindage T (*Trichoderma harzianum*, *Trichoderma asperellum* e *Trichoderma koningiopsis*; Biosul Industria E Comercio de Fertilizantes Ltda, Vacaria, RS, Brasil), Natucontrol (*Trichoderma harzianum*; BIOTROP - Soluções Biológicas, Vinhedo - SP, Brasil), Biotrinca (*Trichoderma harzianum*, *Trichoderma asperellum* e *Bacillus amyloliquefaciens*; Bioagreen Industria, Comércio e Distribuição de Insumos Agrícolas LTDA, Santa Maria - RS, Brasil) e DuoBac (*Bacillus subtilis* e *Bacillus amyloliquefaciens*; Bioagreen Industria, Comércio e Distribuição de Insumos Agrícolas LTDA, Santa Maria - RS, Brasil).

Os tratamentos foram aplicados com um pulverizador costal pressurizado a CO<sub>2</sub> com uma barra de 3 m, com pontas espaçadas em 0,5 m (cone vazio MAG 80. 015), com taxa de aplicação de 150 L ha<sup>-1</sup> e pressão de trabalho de 21 lbs pol<sup>-2</sup>.

Tabela 5 - Tratamentos biológicos, momento de aplicação, dose e ingredientes ativos, aplicados em soja (Glycine max), cultivar BMX Zeus, Vacaria -RS

Tratamento	Momento de aplicação*	Dose**p.c./ha	Principio Ativo
1 Testemunha	Sem aplicação	-	-
2 Ecotrich <sup>®</sup>	Pré-semeadura e V4	250	<i>T. harzianum</i>
3 Biotrinca	Pré-semeadura e V4	200	<i>T.harzianum</i> , <i>T. asperellum</i> e <i>B. amiloliquefacens</i>
4 Natucontrol	Pré-semeadura e V4	600	<i>T. harzianum</i>
5 Blindage	Pré-semeadura e V4	100	<i>T. harzianum</i> , <i>T. asperellum</i> e <i>T. koningiopsis</i>
6 Ecotrich <sup>®</sup>	Pré-semeadura, V4, V9, R4 e R5	250	<i>T. harzianum</i>
7 Biotrinca	Pré-semeadura, V4, V9, R4 e R5	200	<i>T.harzianum</i> , <i>T. asperellum</i> e <i>Bacillus amiloliquefacens</i>
8 Natucontrol	Pré-semeadura, V4, V9, R4 e R5	600	<i>T. harzianum</i>
9 Blindage	Pré-semeadura, V4, V9, R4 e R5	100	<i>T. harzianum</i> , <i>T. asperellum</i> e <i>T. koningiopsis</i>
10 Ecotrich <sup>®</sup> + DuoBac	Pré-semeadura, V4 + V9, R4 e R5	250 + 150	<i>T. harzianum</i> + <i>B. amiloliquefacens</i> e <i>B. subtilis</i>
11 Biotrinca + DuoBac	Pré-semeadura, V4 + V9, R4 e R5	200 + 150	<i>T.harzianum</i> , <i>T. asperellum</i> e <i>B.s amiloliquefacens</i> + <i>B. amiloliquefacens</i> e <i>B. subtilis</i>
12 Natucontrol + DuoBac	Pré-semeadura, V4 + V9, R4 e R5	600 + 150	<i>T. harzianum</i> + <i>B. amiloliquefacens</i> e <i>B. subtilis</i>
13 Blindage + DuoBac	Pré-semeadura, V4 + V9, R4 e R5	100 + 150	<i>T. harzianum</i> , <i>T. asperellum</i> e <i>Trichoderma koningiopsis</i> + <i>B. amiloliquefacens</i> e <i>B. subtilis</i>

Fonte: elaborada pelo autor.

\*Fenologia da cultura: escala de Fehr e Caviness (1977);

\*\*p.c.: produto comercial (mL ou g /ha).

## AVALIAÇÃO DO MOFO BRANCO

As avaliações de incidência da doença foram realizadas em dois estágios de desenvolvimento da cultura. A primeira avaliação foi realizada quando as plantas estavam em R5.1 (grãos com início de formação) e a segunda quando as plantas atingiram o estágio R7.1 (início do amarelecimento de folhas e vagens). Foram estimadas trinta plantas nas linhas centrais de cada parcela, posteriormente contabilizou-se o número de plantas dentre as trintas que apresentaram sinais ou sintomas de mofo branco.

Ao final do ciclo da cultura, foram colhidos 2 metros quadrados de área útil, as amostras foram pesadas e sua umidade aferida. Os valores de produção obtidos foram convertidos a 13% de umidade e a produtividade estimada para sacas por hectare.

## ESTATÍSTICA

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste de F, as médias quando significativas foram comparadas pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade. As análises foram realizadas com auxílio do software Sisvar versão 5.8 (FERREIRA, 2000). Os resultados foram correlacionados pela análise de Pearson.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao analisar os resultados de AACPI, vimos que todos os tratamentos diferiram estatisticamente da testemunha ( $P < 0,05$ ), mas não entre si, demonstrando que são igualmente eficazes na redução de plantas infectadas. A redução na AACPI em relação a testemunha variou entre 48,3% e 66,7%. Os tratamentos T10-*Trichoderma harzianum* isolado IBLF 006 + *B. subtilis* BGB137, *B. amyloliquefacens* BGB037, T11-*T. harzianum* BGF211, *Trichoderma asperellum* BGF115, *Bacillus amyloliquefaciens* BGB124 + *B. subtilis* BGB137, *B. amyloliquefacens* BGB037 apresentaram as maiores reduções na AACPI, 66,04% e 66,76% respectivamente.

Em relação as produtividades obtidas (Tabela 7), foi possível observar que houve diferença estatística entre os tratamentos ( $P < 0,05$ ), podemos observar que os tratamentos mais produtivos foram T10-*Trichoderma harzianum* Isolado IBLF 006 + *B. subtilis* BGB137, *B. amyloliquefacens* BGB037, T11-*T. harzianum* BGF211, *Trichoderma asperellum* BGF115,

*Bacillus amyloliquefaciens* BGB124 + *B. subtilis* BGB137, *B. amyloliquefacens* BGB037, T12-*T. harzianum* cepa BK Th001 + *B. subtilis* BGB137, *B. amyloliquefacens* BGB037 e apresentaram produtividades de 74,8, 82,0 e 78,3 sacas de soja por hectare. Isso se deve muito pela aplicação de *B. amyloliquefaciens* BGB124 + *B. subtilis* BGB137 na parte aérea da soja, que efetivamente não contribuiu estatisticamente para o controle de mofo branco, porém proporcionou um acréscimo de produtividade possivelmente pelo fato dessas bactérias terem a característica de ocasionar promoção de crescimento, como descrito por Manjula e Podile (2005), a promoção de crescimento ocasionada por *B. subtilis* pode ser consequência do aumento da fixação de nitrogênio, solubilização de nutrientes, síntese de fitormônios e melhoria das condições do solo. Além dos benefícios indiretos pela supressão deste ambiente contra microrganismos maléficos.

Quando aplicamos a fórmula de correlação de Pearson nos resultados obtidos de AACPI e produtividade, obtemos uma correlação negativa -0,81, considerada muito forte ( $|r| > 0,80$  (FRANZBLAU, 1958), sendo um valor negativo, isso indica uma relação inversamente proporcional, ou seja, quanto maior a AACPI menor a produtividade. Assim, apesar de todos os tratamentos aumentarem a produtividade pelo controle do mofo branco, o uso de produtos à base de diferentes *Bacillus* em combinação com *Trichoderma* auxiliaram na promoção da produtividade da soja.

Tabela 6 - Resultados de AACPI e produtividade em resposta aos tratamentos aplicados em soja (Glycine max), cultivar BMX Zeus, Vacaria -RS

Tratamento	Momento de aplicação*	Dose g ou mL de **p.c./ha <sup>1</sup>	AACPI	Produtividade Sc/ha <sup>1</sup>
1 Testemunha	Sem aplicação	-	707,00 a***	42,81 d
2 Ecotrich <sup>®</sup>	Pré-semeadura e V4	250	306,38 b	57,59 c
3 Biotrinca	Pré-semeadura e V4	200	317,13 b	70,71 b
4 Natucontrol	Pré-semeadura e V4	600	359,50 b	60,28 c
5 Blindage	Pré-semeadura e V4	100	395,25 b	59,92 c
6 Ecotrich <sup>®</sup>	Pré-semeadura, V4, V9, R4 e R5	250	354,13 b	68,37 b
7 Biotrinca	Pré-semeadura, V4, V9, R4 e R5	200	269,88 b	65,35 c
8 Natucontrol	Pré-semeadura, V4, V9, R4 e R5	600	334,75 b	66,99 b
9 Blindage	Pré-semeadura, V4, V9, R4 e R5	100	307,13 b	64,76 c
10 Ecotrich <sup>®</sup> + DuoBac	Pré-semeadura, V4 + V9, R4 e R5	250 + 150	247,13 b	74,78 a
11 Biotrinca + DuoBac	Pré-semeadura, V4 + V9, R4 e R5	200 + 150	235,00 b	82,00 a
12 Natucontrol + DuoBac	Pré-semeadura, V4 + V9, R4 e R5	600 + 150	316,38 b	78,30 a
13 Blindage + DuoBac	Pré-semeadura, V4 + V9, R4 e R5	100 + 150	365,00 b	63,52 c
C.V.			24,68	9,03

Fonte: elaborada pelo autor.

\*\*Fenologia da cultura: escala de Fehr e Caviness (1977); \*\*p.c.: produto comercial (mL ou g /ha) \*\*\*Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância; ns= não significativo; C.V.= coeficiente de variação.

## CONCLUSÕES

Os biológicos testados foram eficientes para o controle de mofo branco na cultura da soja. No entanto, pela adição do produto à base de *B. amyloliquefaciens* BGB124 + *B. subtilis* BGB137 houve um incremento na produtividade da soja.

## REFERÊNCIAS

ARKELL, S.; KANDEL, H.; DEL RIO, L.; HALLEY, S.; OLSON, L.; MATHEW, F.; HANSON, B.; LAMEY, A. Sclerotinia of Canola. Fargo - **North Dakota State University**, 2009.

PAULA JÚNIOR, T. J.; VIEIRA, R. F.; LOBO JÚNIOR, M.; MORANDI, M. A. B.; CARNEIRO, J. E. S.; ZAMBOLIM, L. Manejo integrado do mofo-branco do feijoeiro. Viçosa – MG: Epamig, 2006. 48p.

HARMAN, G.E. Myths and dogmas of biocontrol – changes in perceptions derived from research on *Trichoderma harzianum* T-22. **Plant Disease**, v. 84, p. 377-392, 2000.

MELO, I.S.; AZEVEDO, J.L. (Eds.) **Ecologia microbiana**. Jaguariúna: EMBRAPA Meio Ambiente, 1998. p.167-185.

BERGER NETO, A. Controle do mofo branco: efeito de pontas e volumes de pulverização em soja e produtos biológicos em soja e canola. 2015. 105 f. **Dissertação (Mestrado em Agricultura) - UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA**, Ponta Grossa, 2015.

CLARKSON, J.P., STAVELEY, J. PHELPS, K., YOUNG, C.S.; WHIPPS, J.M. Ascospore release and survival in *Sclerotinia sclerotiorum*. **Mycological Research**. Vol. 107: 213-222. 2003.

ABDULLAH, M. T.; ALI, N. Y.; SULEMAN, P. Biological control of *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary with *Trichoderma harzianum* and *Bacillus amyloliquefaciens*. **Crop Protection**, v. 27, p. 1354-1359, 2008.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento de safra brasileira: grãos. **Resumo do Quadro de Oferta e Demanda Mundial do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA)**, Brasília, p. 1-5, setembro 2021.

FERNANDO, W. G. D. et al. Biological control of *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary by *Pseudomonas* and *Bacillus* species on canola petals. **Crop protection**, v. 26, n. 2, p. 100-107, 2007.

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. **Anais...** UFSCar, São Carlos, SP, Julho de 2000.

p.255-258.

FRANZBLAU, A. **A primer of statistics for non-statisticians**. Oxford, England: Harcourt, Brace, 1958.

FRAVEL, D.R. Commercialization and implementation of biocontrol. **Annual Review of Phytopathology** 43:337-359, 2005.

GÖRGEN, C. A. Manejo do mofo branco da soja com palhada de *Brachiaria ruziziensis* E *Trichoderma harzianum* '1306'. 2009. **Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Goiás**, Campus Jataí, [S. l.], 2009.

GRIGOLLI, J. F. J. Manejo de doenças na cultura da soja. **Tecnologia e produção: Soja**, v. 2015, p. 134-156, 2014.

HU, X. et al. Formulations of *Bacillus subtilis* BY-2 suppress *Sclerotinia sclerotiorum* on oilseed rape in the field. **Biological Control**, v. 70, p. 54-64, 2014.

JULIATTI, F. C. **Podridão branca da haste da soja: manejo e uso de fungicidas em busca da sustentabilidade nos sistemas de produção**. Uberlândia: Composer, 2010. 33 p.

LEMOS, M. L. F. et al. **Agregação de valor na cadeia de soja**. BNDES Setorial, Rio de Janeiro, n. 46, p. 167-217, 2017.

MANJULA, K.; PODILE, A.R.. Increase in seedling emergence and dry weight of pigeon pea in the field with chitin-supplemented formulations of *Bacillus subtilis* AF 1. **World Journal of Microbiology & Biotechnology**, v.21, p.1057–1062, 2005.

MELO, I.S.; AZEVEDO, J.L. (Eds.) **Ecologia microbiana**. Jaguariúna: EMBRAPA Meio Ambiente, 1998. p.167-185.

MEYER, M. C. et al. (Eds.). **Ensaio cooperativos de controle biológico de mofo branco na cultura da soja - safras 2012 a 2015**. Londrina: Embrapa Soja, 2016. 46 p. (Embrapa Soja, Documentos, 368).

MEYER, M.C.; CAMPOS, H. D. Guerra ao mofo. **Cultivar Grandes Culturas**. Ano 11, n. 120, maio. p.16-18. 2009

MEYER, M. C. et al. Eficiência de fungicidas para controle de mofo-branco (*Sclerotinia sclerotiorum*) em soja, na safra 2017/18: Resultados sumarizados dos ensaios cooperativos. **Londrina: Embrapa Soja**, 2018.

PEARSON, Karl. LIII. Em linhas e planos de ajuste mais próximo aos sistemas de pontos no espaço. **A revista filosófica e jornal de ciência de Londres, Edimburgo e Dublin**, v. 2, n. 11, pág. 559-572, 1901.

PEREIRA, F. et al. Estratégias de controle de mofo branco do feijoeiro. **ENCICLOPÉDIA BIOSFERA**, v. 9, n. 17, 2013.

STEADMAN, J. R. White mold: a serious yield-limiting disease of bean. **Plant Disease**, v. 64, n. 4, p. 346–350, 1983.

TU, J. C. The role of white mold-infected white bean (*Phaseolus vulgaris* L.) seeds in the dissemination of *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary. *Phytopathology*. **Lancaster**. Z. 121: 40-50. 1988

ZHANG, J. X.; XUE, A. G. Biocontrol of sclerotinia stem rot (*Sclerotinia sclerotiorum*) of soybean using novel *Bacillus subtilis* strain SB24 under control conditions. **Plant Pathology**, v. 59, n. 2, p. 382-391, 2010.

## 4 DISCUSSÃO

Nas condições onde foram conduzidos os experimentos houve condições climáticas propícias ao desenvolvimento das doenças-alvo, oídio na cultivar de trigo TBIO Sonic e ferrugem-da-folha do trigo na cultivar TBIO Sinuelo, o mesmo ocorreu com o experimento de soja, onde ocorreu alta intensidade de mofo branco. Isto possibilitou definir quais foram os melhores tratamentos para ambas as doenças.

As avaliações de ferrugem-da-folha do trigo, de forma geral, mostraram que todos os tratamentos foram melhor que a testemunha (tratamento 1), tanto na folha bandeira como na avaliação geral da parcela, as mistura entre os fungicidas químicos e os agente de controle biológicos tratamentos (7, 8, 9, 10, 11 e 12 ) se mostraram melhores que comparados em aplicações isoladas, apresentando um acréscimo de controle maior que 14%, tanto para a primeira quanto para a segunda época de semeadora, apresentando uma redução de mais de 70% na AACPD, nas avaliações da folha bandeira e 60% nas avaliações de parcela, comparados com a testemunha e um acréscimo de controle. Quando analisado os resultados de AACPD da doença oídio, encontramos algo muito parecido, no qual a redução da AACPD foi de mais de 70%, nas avaliações da folha bandeira e 60% nas avaliações de parcela, em relação a testemunha e um acréscimo de controle superior a 10%. Isso demonstra que os agente de controle biológicos usados, *B. amyloliquefaciens*, *B. subtilis* e metabólitos secundários, têm a capacidade de reduzir a severidade de ferrugem-da-folha do trigo e oídio, retardando suas evoluções e minimizando os danos, demonstrando assim, uma ótima opção de auxílio aos fungicidas químicos.

O que corrobora com os resultados acima citados é a produtividade, as análises demonstraram que os tratamentos *B. amyloliquefaciens*, *B. subtilis* e metabólitos secundários em mistura com os fungicidas químicos foram os mais produtivos, no qual os tratamentos 8, 9 e 12 foram os mais produtivos na cultivar TBIO Sinuelo e diferiram dos tratamentos com fungicidas químicos isolados ( 5 e 6) e os tratamentos 8, 9, 11 e 12 foram os mais produtivos para a cultivar TBIO Sonic e diferiram dos tratamentos com fungicidas químicos isolados ( 5 e 6) na segunda época de semeadura.

Os experimentos de compatibilidade biológica entre os fungicidas químicos utilizados (Propiconazol, Azoxistrobina + Ciproconazol, Fenpropimorfe e Piraclostrobina + metconazol) e os agentes de controle biológico *B. amyloliquefaciens* e *B. subtilis* demonstraram que houve redução no número de colônias quando é realizada a mistura, que variou entre 0 a 56% para as misturas com *B. amyloliquefaciens* no primeiro experimento e 20,6 a 30,7% no segundo

expeirmento, já a redução de número de colônias para *B. subtilis* variou de 58,6 a 94,2% no primeiro experimento e de 0 a 45,9% no segundo experimento, de toda a forma, mesmo havendo uma redução na formação de colônias, nenhuma das misturas inibiu totalmente o crescimento das bactérias.

A análise de área abaixo da curva de progresso da incidência para a doença mofo branco demonstrou que todos os tratamentos biológicos apresentaram uma menor incidência da doença e diferiram da testemunha sem aplicação, no entanto, não ocorreu uma diferença estatística entre os tratamentos onde houve a aplicação de produtos biológicos. A avaliação de produtividade demostou que onde foi aplicado o produto *Bacillus amyloliquefaciens* BGB124 + *B. subtilis* BGB137 nos estádios V9, R4 e R5 obteve-se um acréscimo na produtividade de mais de 10 sacas por hectare, isso pode ser explicado pelo fato dessas terem a capacidade de atuar como promotoras de crescimento de plantas.

## 5 CONCLUSÃO

O uso de produtos biológicos à base de *B. amyloliquefaciens* e *B. subtilis* em mistura com fungicidas químicos proporcionaram um maior controle da ferrugem e do oídio comparados ao uso de fungicidas químicos. Isso proporcionou maiores produtividade nas misturas de fungicidas com *B. amyloliquefaciens* e *B. subtilis*. Os testes de compatibilidade biológica das misturas demonstraram que nenhum dos produtos inibiu totalmente o crescimento de *B. amyloliquefaciens* e *B. subtilis*, muito embora tenha havido redução no crescimento para ambas as bactérias. Dessa forma, dentro dos parâmetros estudados e avaliados, podemos concluir que as misturas entre os fungicidas químicos e as bactérias do gênero *Bacillus* têm papel fundamental no manejo integrado de doenças e devem ser mais exploradas.

Quanto ao experimento de controle de mofo branco, todos os produtos comerciais testados apresentaram-se eficazes no controle da doença, além disso, o uso do produto à base de *Bacillus amyloliquefaciens* BGB124 + *B. subtilis* BGB137 aplicado nos estádios V9, R4 e R5 proporcionou um incremento na produtividade da soja, o que demonstra seu potencial como promotor de crescimento, tendo em vista que não houve diferença para o controle de mofo branco.

## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, A. M. R. et al. **Manual de fitopatologia**. 4. ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 2005. 581p.
- ALVES, G. C. S. et al. Escala diagramática para quantificação da ferrugem da folha do trigo. **Multi-Science Journal**, Urutaí, v. 1, n. 1, p. 128-133, 2015.
- BACALTCHUK, B. et al. **Características e cuidados com algumas doenças do trigo**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2006. 11 p.
- BAKER, K. F.; COOK, R. J. **Biological control of plant pathogens**. San Francisco: W.H. Freeman / St. Paul: The American Phytopathological Society, 1974. 433p.
- BARDIN, S.D.; HUANG, H.C. Research on biology and control of Sclerotinia diseases in Canada. **Canadian Journal of Plant Pathology**, v. 23, p. 88–98, 2001.
- BETTIOL, W.; GHINI, R. Controle biológico. In: Kimati, H. (Ed.). **Manual de fitopatologia**. São Paulo: Ceres, 1995. v. 1, p. 898-910.
- BLACK, R. J. Complexo soja: fundamentos, situação atual e perspectiva. In: CÂMARA, G. M. S. (Ed.). Soja: tecnologia de produção II. **Piracicaba: ESALQ**, p.1- 18, 2000.
- BETTIOL, W.; MORANDI, M. A. B. **Biocontrole de doenças de plantas: Uso e perspectivas**. Jaguariúna/SP: Embrapa Meio Ambiente, 2009.
- BOHATCHUK, D. A. **Modelo de ponto crítico para estimar danos de doenças foliares do trigo em patossistema múltiplo**. 64 f. 2008. Dissertação (Mestrado Centro de Ciências Agroveterinárias) Universidade do Estado de Santa Catarina, Santa Catarina, Lages, 2008.
- BOLAND, G. J.; HALL, R. Index of plants of hosts Sclerotinia sclerotiorum. **Canadian Journal Plant Pathology**, v. 16, n. 1, p. 93-108, 1994.
- BONETTI, L. P. Distribuição da soja no mundo: origem, história e distribuição. In: MIYASAKA, S.; MEDINA, J.C. (Ed.). **A soja no Brasil**. Campinas: ITAL, p. 1-6, 1981.
- CABI. Blumeria graminis (powdery mildew of grasses and cereals). In: **Invasive Species Compendium**. Wallingford, UK: CAB International, 2020. Disponível em: <https://www.cabi.org/isc/datasheet/22075>. Acesso em: 04 nov. 2021.
- CAMPO, P. A. S. **Manual de segurança e qualidade para a cultura da soja**. Brasília, DF: Embrapa Transferência de Tecnologia, 2005.
- CAMPOS SILVA, J. R. et al. 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.
- CASTRO, P. R. C.; KLUGE, R. A. **Ecofisiologia de Cultivos Anuais: Trigo, Milho, Soja, Arroz e Mandioca**. São Paulo: Nobel, 1999. 129 p.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento de safra brasileira: grãos**. v. 7– Safra 2019/20, n. 11 - Décimo primeiro levantamento, Brasília, p. 1-62, setembro 2020.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento de safra brasileira: grãos**. v. 8– Safra 2020/21, n. 12 - Décimo segundo levantamento, Brasília, p. 1-97, setembro 2021.

CHUNG, G.; SINGH, R.J. Broadening the Genetic Base of Soybean: A Multidisciplinary Approach. **Critical Reviews in Plant Sciences**, Boca Raton, v. 27, n. 5, p. 295-341, 2008.

CLEMENTE, J. M. et al. Use of *Bacillus* spp. as growth promoter in carrot crop. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, n. 35, p. 3355-335, 2016.

COOK, R. J. **Biological control of the pathogens: Theory to application. Phytopathology**. V. 75, p. 25-29, 1985.

COOK, R.J.; BAKER, K.F. **The nature and practice of biological control of plant pathogens**. St. Paul: APS, 1983. 539p

DANIELSON, G.A.; NELSON, B.D.; HELMS, T.C. Effect of *Sclerotinia* stem rot on yield of soybean inoculated at different growth stages. **Plant Disease**, v. 88, n. 3, p. 297-300, 2004.

DE BONA, F. D.; DE MORI, C.; WIETHÖLTER, S. **Manejo nutricional da cultura do trigo**. Embrapa Trigo-Artigo em periódico indexado (ALICE), 2016.

GERMÁN, S. et al. The situation of common wheat rusts in the Southern Cone of America and perspectives for control. **Australian Journal of Agricultural Research**, 2007, v.58, n. 6, p. 620-630, 2007. DOI 10.1071/ AR06149.

GODOY, C. V. et al. **Doenças da soja**. Sociedade Brasileira de Fitopatologia, 2014. 32 p.

GODOY, C. V. Manejo de doenças na cultura da soja. In: Embrapa Soja-Artigo em anais de congresso (ALICE). In: WORKSHOP CTC AGRICULTURA, 16, 2017, Rio Verde. Agricultura-Resultados 2017. **Anais...** Rio Verde: Centro Tecnológico Comigo, 2017.

GÖRGEN, C.A. et al. Mofo branco (*Sclerotiniasclerotiorum*). In: ALMEIDA, A.M.R.; SEIXAS, C.D.S. **Soja: Doenças radiculares e de hastes e inter-relações como o manejo do solo e da cultura**. 1ed. Embrapa Soja: Londrina/PR, 2010. p. 73-104.

HECK, D. W. et al. Biocontrole de mofo branco em soja com *Bacillus* spp. In: Embrapa Meio Ambiente-Resumo em anais de congresso (ALICE). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FITOPATOLOGIA, 47; Simpósio Brasileiro Do Mofo Branco, 1., 2014, Londrina. **Anais...** Londrina: Sociedade Brasileira de Fitopatologia, 2014.

JOSHI, A. K. et al. Stay green trait: variation, inheritance and its association with spot blotch resistance in spring wheat (*Triticum aestivum* L.). **Euphytica**, Dordrecht, v. 153, n. 1, p. 59-71, 2007.

KUPPER, K.C.; GIMENES-FERNANDES, N.; GOES, A. de. Controle biológico de *Colletotrichum acutatum*, agente causal da queda prematura dos frutos cítricos. **Fitopatologia Brasileira**, v. 28, p.251-257, 2003.

LAU, D. et al. (Ed.). **Trigo no Brasil: bases para produção competitiva e sustentável**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2011. cap. 12, p.283-324.

LAU, D. et al. **Principais doenças do trigo no sul do Brasil: diagnóstico e manejo**. Embrapa Trigo-Comunicado Técnico (INFOTECA-E), 2020.

LEELASUPHAKUL, W. et al. Growth inhibitory properties of *Bacillus subtilis* strains and their metabolites against the green mold pathogen (*Penicillium digitatum* Sacc.) of citrus fruit. Postharvest. **Biology and Technology**, v.48, p.113-121, 2008.

LEMOS, M. L. F. et al. **Agregação de valor na cadeia de soja**. BNDES Setorial, Rio de Janeiro, n. 46, 2017. p. 167-217.

LOUZADA, G.A.S. et al. Potencial antagônico de *Trichoderma* spp. originários 150 de diferentes ecossistemas contra *Sclerotinia sclerotiorum* e *Fusarium solani*. **Biota Neotrópica**, Campinas, p.145–149, 2009.

MACHADO, D. F. M. et al. *Trichoderma* no Brasil: O Fungo e Bioagente. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v. 35, n. 1, p. 274-288, 2012.

MARTINELLI, J. A. Oídio de cereais. In: STADNIK, M. J.; RIVERA, M. C. (Ed.). **Oídios**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2001. p. 195-216.

MEYER, M. C.; COSTAMILAN, L. M.; HENNING, A. A. **Doenças da soja**. Sociedade Brasileira de Fitopatologia, 2014. 32 p.

MORAES-FERNANDES, M. I. B. et al. Cytogenetics and immature culture embryo at Embrapa Trigo breeding program: transfer of disease from related species by artificial resynthesis of hexaploid wheat (*Triticum aestivum* L. em Thell). **Genetics and Molecular Biology**, v. 23, p. 1051- 1062, 2000.

NASSER, L. C. B.; SPEHAR, C. R. Podridão branca. **Revista Cultivar: Grandes Culturas**. n.31, p. 1-2, 2001.

ONGENA, M. et al. *Bacillus subtilis* M4 decreases plant susceptibility towards fungal pathogens by increasing host resistance associated with differential gene expression. **Applied Microbiology and Biotechnology**, v. 67, p. 692-698, 2005.

PAIXÃO, L. M. T. **Principais Doenças Da Cultura Da Soja** (*Glycine max* (L.) Merrill). 2020. 30 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) – Centro Universitário de Anápolis, Goiás, 2020.

REIS, E. M.; CASA, R. T. **Doenças dos cereais de inverno: diagnose, epidemiologia e controle**. 2. ed. rev. atual. Lages: Graphel, 2007; 176p.

SANTANA, F. M. et al. **Manual de identificação de doenças de trigo**. Passo Fundo: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2012.

SCHEEREN, P. L. et al. Melhoramento de trigo no Brasil. In: PIRES, J. L. F.; VARGAS, L.; CUNHA, G. R. (Ed.). **Trigo no Brasil**: bases para produção competitiva e sustentável. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2011. Cap. 17, p. 427-452.

SCHEEREN, P. L.; DE CASTRO, R. L.; CAIERAO, E. **Botânica, morfologia e descrição fenotípica**. Embrapa Trigo-Capítulo em livro científico (ALICE), 2015.

SINCLAIR, J. B.; HARTMAN, G. L. Soybean rust. In: HARTMAN, G.L.; SINCLAIR, J.B.; RUPE, J.C. (Ed.). **Compendium of soybean diseases**. 4. ed. Saint Paul: APS Press, 1999. p. 25-26.