

Controle biológico de doenças foliares na soja

Biological control of leaf diseases in soybean

Control biológico de enfermedades foliares en soja

Recebido: 12/06/2023 | Revisado: 08/07/2023 | Aceitado: 10/07/2023 | Publicado: 15/07/2023

Matheus Faria Abrantes

ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-7655-6726>

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Brasil

E-mail: matheusfaria4367@gmail.com

Mônica Lau da Silva Marques

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2794-0815>

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Brasil

E-mail: monica.lau@ifgoiano.edu.br

Tássia Tuane Moreira dos Santos

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9995-1193>

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Brasil

E-mail: tassia.tuane@ifgoiano.edu.br

Jéssica Maria Israel de Jesus

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8261-9936>

Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" - Esalq/USP, Brasil

E-mail: jessicamariaisrael@gmail.com

Adriana Lau da Silva Martins

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0851-5522>

Centro Universitário Geraldo Di Biase, Brasil

E-mail: adralmartins@hotmail.com

Antônio Evamir Cavalcante Sousa

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0244-7143>

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Brasil

E-mail: antonio.sousa@ifgoiano.edu.br

Wesley de Melo Rangel

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0587-0908>

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Brasil

E-mail: wesley.rangel@ifgoiano.edu.br

Resumo

A cultura da soja vem se destacando cada vez mais no cenário nacional. Grandes avanços e melhorias na produtividade foram alcançados. No entanto, ainda há fatores limitantes que influenciam seu desempenho, principalmente as doenças foliares. Sendo assim, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o desempenho do biofungicida, *Bacillus subtilis* BV02, no controle de doenças foliares da soja. O ensaio foi realizado na estação experimental da Semear, Campinorte – Goiás, com delineamento de blocos inteiramente casualizados (DBC), composto por 6 tratamentos com 4 repetições. As observações foram feitas por meio de avaliações de folhas do terço inferior, médio e superior, comparando com as escalas diagramáticas. Ademais, foram analisadas a desfolha, incidência de doenças, produtividade e peso de mil grãos (PMG). Inicialmente obteve-se uma baixa pressão de mancha parda, porém ao final do ciclo a doença se intensificou juntamente com outra DFC, onde o tratamento 3 e 6 obtiveram melhores resultados. Já a ferrugem asiática, apresentou uma alta incidência, resultando em uma desfolha precoce nos tratamentos 1, 4 e 5, enquanto nos tratamentos 3, 2 e 6, foi observado um bom controle. O tratamento 3 teve produtividade similar ao T6, de forma que sobressaíram T2, sendo a produtividade deste similar ao T5. Portanto, a utilização de fungicida biológico associado ao químico demonstrou um melhor resultado, de forma que os biofungicidas podem ser uma importante ferramenta no manejo integrado das doenças foliares, que impactam na produtividade da cultura.

Palavras-chave: *Bacillus subtilis* BV02; *Phakopsora pachyrhizi*; *Glycine max* L.

Abstract

The soybean crop has been increasingly highlighted on the national scene. Great strides and improvements in productivity have been achieved. However, there are still limiting factors that influence its performance, mainly foliar diseases. Therefore, the present research aims to evaluate the performance of the biofungicide, *Bacillus subtilis* BV02, in the control of foliar diseases in soybean. The test was carried out at the Semear experimental station, with a completely randomized block design (DBC), with 4 replications and 6 treatments. Observations were made through evaluations of leaves in the lower, middle and upper thirds, comparing them with the diagrammatic scales. Furthermore, defoliation, disease incidence, yield, and thousand-grain weight (PMG) were analyzed. Initially, a low

pressure of the brown spot was obtained, but at the end of the cycle the disease intensified together with other DFC, where treatments 3 and 6 obtained better results. Asian rust, on the other hand, showed a high incidence, resulting in early defoliation in treatments 1, 4 and 5, while in treatments 3, 2 and 6, good control was observed. Treatment 3 had similar productivity to T6, so that T2 stood out, where the productivity of T2 was similar to T5. Therefore, the use of a biological fungicide associated with a chemical one presents better results, so that biofungicides can be an important tool in the integrated management of foliar diseases, which impact crop productivity.

Keywords: *Bacillus subtilis* BV02; *Phakopsora pachyrhizi*; *Glycine max* L.

Resumen

El cultivo de la soja se ha destacado cada vez más en el panorama nacional. Se han logrado grandes avances y mejoras en la productividad. Sin embargo, aún existen factores limitantes que influyen en su desempeño, principalmente enfermedades foliares. Por tanto, el presente trabajo tiene como objetivo evaluar el desempeño del biofungicida *Bacillus subtilis* BV02, en el control de enfermedades foliares en soja. El ensayo se realizó en la estación experimental Semear, con un diseño de bloques completamente al azar (DBC), con 4 repeticiones y 6 tratamientos. Las observaciones se realizaron mediante evaluaciones de hojas en los tercios inferior, medio y superior, comparándolas con las escalas esquemáticas. Además, se analizó la defoliación, la incidencia de enfermedades, el rendimiento y el peso de mil granos (PMG). Inicialmente se obtuvo una baja presión de la mancha café, pero al final del ciclo la enfermedad se intensificó junto con otras DFC, donde los tratamientos 3 y 6 obtuvieron mejores resultados. La roya asiática, por su parte, presentó una alta incidencia, resultando en una defoliación temprana en los tratamientos 1, 4 y 5, mientras que en los tratamientos 3, 2 y 6 se observó un buen control. El tratamiento 3 tuvo una productividad similar al T6, de manera que se destacó el T2, donde la productividad del T2 fue similar al T5. Por lo tanto, el uso de fungicida biológico asociado al químico mostró un mejor resultado, por lo que los biofungicidas pueden ser una herramienta importante en el manejo integrado de enfermedades foliares, que impactan la productividad de los cultivos.

Palabras clave: *Bacillus subtilis* BV02; *Phakopsora pachyrhizi*; *Glycine max* L.

1. Introdução

A soja (*Glycine max* L.) tem grande relevância no cenário brasileiro, a cultura de produção do grão ganha força a cada ano, aumentando a sua área plantada e os investimentos voltados para o setor. Seu cultivo é a fonte de renda para diversos produtores, além de gerar empregos diretos e indiretos. A cultura é implantada no verão, devido a maior precipitação de chuvas no país, atendendo as suas necessidades fisiológicas. Outro fator que contribui para a expansão pelo Brasil é o constante trabalho de melhoramento, possibilitando o seu cultivo em diferentes climas e altitudes, tornando possível o estabelecimento em diversas regiões (Aprosoja, 2021).

A safra 2021/2022 do Brasil proporcionou o primeiro lugar em produção de soja do mundo, em que foi produzido 123.829,5 milhões de toneladas, com uma área plantada de 40.921,9 milhões de hectares, segundo a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa, 2022). Já a safra 2022/2023, a área de produção da soja no Brasil corresponde a 43.459,9 mil ha, em que houve um aumento significativo da última safra para a atual, e as exportações atingiram 96.263,3 mil toneladas (Conab, 2023). Indicando assim, um bom crescimento do setor, por meio de investimentos, novas tecnologias, pesquisas e desenvolvimentos.

De acordo com a Yorinori, Nunes Júnior, e Lazzarotto (2004), fatores como a ocorrência de doenças são os principais limitadores da produtividade da cultura da soja, resultando em perdas de no mínimo 15 a 20% do total. Um dos principais limitadores são as doenças causadas por fungos, como a ferrugem-asiática (*Phakopsora pachyrhizi*), que pode gerar uma grande perda da lavoura, devido a sua dispersão pelo vento após a esporulação, que facilita a rápida contaminação de novas áreas, sendo esse um dos fatores que aumentam os danos causados por essa doença (Bedin, 2018; Nanuci, 2020).

No Brasil, já foram identificadas mais de 40 doenças causadas por fungos, bactérias, nematoides e vírus. A expansão da soja para novas áreas contribui para o aumento da dispersão desses patógenos. Além disso, o sistema atual, praticamente monocultura, não viabiliza a rotação de culturas, apenas uma sucessão de cultura, o que também favorece a incidência dessas doenças (Godoy et al., 2014). Os fatores climáticos e variações de regiões faz com que a cada ano altere a doença de maior impacto econômico, como foi o caso da ferrugem, entre os anos de 2001 e 2008 onde a doença causou uma perda de mais 15 milhões de

toneladas de soja (Godoy et al., 2014).

A ferrugem asiática pode comprometer até 80% da produtividade de uma lavoura, o que ressalta a importância do manejo dos patógenos nessa cultura. Atualmente a principal ferramenta de manejo de doenças é o controle químico, porém já é possível observar resistência dos fungos a alguns produtos. Essa diminuição no controle de doenças é devido ao grande número de aplicações utilizando modo de ação específico, sendo os triazóis, estrobilurinas e carboxamidas os grupos mais utilizados, assim o fungo desenvolve resistência ao produto (Nanuci, 2020). De acordo com Ghini e Kimati (2000), é extremamente importante a rotação dos grupos químicos utilizados no controle de doenças, uma vez que o uso contínuo pode realizar uma seleção de fungos fitopatogênicos resistentes, com consequente perda de moléculas comerciais, deixando o controle de doenças cada vez mais caro. Portanto, é importante a utilização de novas ferramentas no combate a doenças fúngicas na soja.

Segundo Souza et al., (2014), atualmente uma das alternativas mais promissoras é o controle biológico, pois além de combater diferentes formas de fungos, ainda evita a ocorrência da seleção de linhagens resistentes de fungos, tornando o uso de biológicos mais uma ferramenta no controle de doenças. Segundo Bettioli et al. (2005), o uso *Bacillus subtilis* pode agir através de mecanismos como a antibiose, fazendo com que ocorra a liberação de substâncias que irão inibir outros microrganismos, afim de competir por nutriente e espaço, ou pode agir colonizando estruturas dos patógenos. Outro fator, é que a bactéria é capaz de produzir antibióticos e enzimas extracelulares agindo contra os fungos (Santos, 2009).

O biofungicida *Bacillus subtilis* BV02 tem como modo de ação a produção de substâncias que irão induzir a planta a ativar seus genes de resistência, além de competir com os patógenos por nutrientes e espaço, prejudicando então a germinação de esporos contribuindo com o controle da doença (Agrolink, 2023). De ante disso, considerando o potencial de controle desse biofungicida, o presente trabalho, teve como objetivo avaliar o desempenho do biofungicida, *Bacillus subtilis* BV02, no controle de doenças foliares na soja.

2. Metodologia

O trabalho foi realizado na estação experimental da empresa Semear (Figuras 1 e 2), que tem uma área de 14 hectares, localizada na fazenda Fabrine - Rodovia BR153 KM 965, Zona Rural, Campinorte - Goiás, com coordenadas -14.378485 S, -49.173863W.

Figura 1 - Área da estação.



Fonte: Adaptado Google Maps (2023).

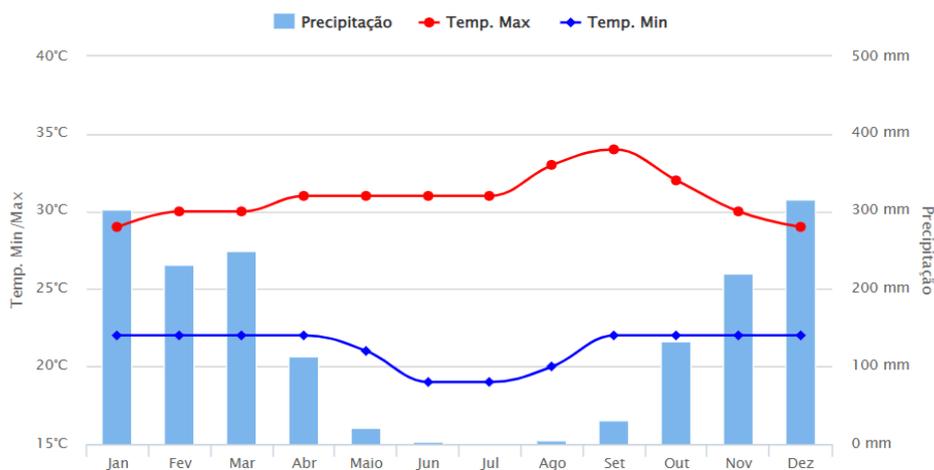
Figura 2 - Área da estação com os ensaios em condução.



Fonte: Autores (2023).

A Estação tem como objetivo testar e validar insumos agrícolas, como cultivares de soja e milho (*Zea mays*), fertilizantes, herbicidas, inseticidas, fungicidas, bioestimulantes e outros. Com base no histórico da região (Figura 3), a média anual de precipitação é de 1.627 mm, com temperatura média de 26,6 °C, sendo dezembro e janeiro os meses de maior precipitação (Clima Tempo, 2023).

Figura 3 - Média anual de precipitação e temperatura do município de Campinorte – GO.



Fonte: Clima Tempo (2023).

A cultivar de soja utilizada foi a CZ 37B39, com uma população de 300 mil plantas por hectare, sendo realizada a semeadura tardia, a fim de conseguir maior pressão de doenças. Na adubação foram aplicados a lanço 160 kg/ha de cloreto de potássio (KCl), e na adubação de base utilizou-se 280 kg/ha de fosfato monoamônico (MAP) 05 – 35 - 00 + 10 Enxofre (S). Já para o manejo de pragas foi utilizado o produto Egeo Pleno S (Tiametoxam; Lambda-Cialotrina), aplicado no estágio fenológico reprodutivo 3(R3). Na dessecação utilizou-se o Glifosato, Cletodin e Glufosinato, e no pós-emergente (V3) aplicou-se Glifosato + Cletodin. Devido as aplicações de herbicida e inseticida serem iguais para todos os tratamentos, foram realizadas via bomba costal, com vazão de 130 L/ha.

As aplicações dos fungicidas foram realizadas com cilindro de CO₂, com vazão de 150 L/ha, no fim da tarde, no horário mais fresco. Utilizou-se o biofungicida *Bacillus subtilis* BV02 e fungicidas químicos padrões utilizados na região. A implantação do experimento foi realizada em blocos inteiramente casualizado (DBC), sendo parcelas de 4 m x 7 m (8 linhas), com quatro blocos de 6 tratamentos, ficando o ensaio disposto da seguinte ordem respectivamente (Tabela 1), bloco 1: tratamento 2, 3, 5, 6, 1, e 4; bloco 2: 6, 5, 4, 3, 2 e 1; bloco 3: 3, 4, 1, 5, 6 e 2; bloco 4: 1, 2, 3, 4, 5 e 6.

Tabela 1 - Croqui da disposição do ensaio, contendo os blocos e a ordem dos tratamentos em cada bloco.

Bloco		Tratamentos					
1	2	3	5	6	1	4	
2	6	5	4	3	2	1	
3	3	4	1	5	6	2	
4	1	2	3	4	5	6	

Fonte: Autores (2023).

Nas aplicações foram utilizados fungicidas químicos que são padrões aplicados na região, sendo os produtos A, B, C e D, de forma que o produto A foi aplicado com 35 dias após emergência (DAE), B com 50 DAE, C mais D com 65 e 80 DAE. A aplicação do biofungicida varia de acordo com o tratamento utilizado, podendo ser aplicado com 20, 35 e 50 dias após a emergência, a fim de realizar a comparação de posicionamento, para testar qual o melhor momento de aplicar o biofungicida. Os tratamentos que utilizaram biofungicida tiveram 2 aplicações dele, onde uma foi padrão para todos, sendo realizada aos 35 dias após emergência. Diante disso, as aplicações seguiram o cronograma disposto na Tabela 2, sendo o momento de aplicação definido de acordo com os dias após a emergência (DAE).

Tabela 2 - Cronograma de aplicação dos fungicidas.

T	Tratamentos	Dose (L/ha)	Momento de aplicação (DAE)
1	Testemunha		
	Produto A (Impirfluxam; Tebuconazol) + Óleo Mineral	0,6 + 0,5	35
	Produto B (Bixafem; Protiocanazol; Trifloxistrobina) + Óleo metilado de soja	0,5 + 0,25	50
	Produto C (Difenoconazol; Ciproconazol) + Produto D (Clorotalonil)		65
	Produto C (Difenoconazol; Ciproconazol) + Produto D (Clorotalonil)	0,4 + 1,5	80
	Produto A (Impirfluxam; Tebuconazol) + Óleo Mineral + Biofungicida (<i>Bacillus subtilis</i> BV02)	0,6 + 0,5 + 1	35
3	Produto B (Bixafem; Protiocanazol; Trifloxistrobina) + Óleo metilado de soja + Biofungicida (<i>Bacillus subtilis</i> BV02)	0,5 + 0,25 + 1	50
	Produto C (Difenoconazol; Ciproconazol) + Produto D (Clorotalonil)	0,4 + 1,5	65
	Produto C (Difenoconazol; Ciproconazol) + Produto D (Clorotalonil)	0,4 + 1,5	80
	Biofungicida (<i>Bacillus subtilis</i> BV02)	1	35
	Produto B (Bixafem; Protiocanazol; Trifloxistrobina) + Óleo metilado de soja + Biofungicida (<i>Bacillus subtilis</i> BV02)	0,5 + 0,25 + 1	50
	Produto C (Difenoconazol; Ciproconazol) + Produto D (Clorotalonil)	0,4 + 1,5	65
	Produto C (Difenoconazol; Ciproconazol) + Produto D (Clorotalonil)	0,4 + 1,5	80
	Biofungicida (<i>Bacillus subtilis</i> BV02)	1	20
5	Biofungicida (<i>Bacillus subtilis</i> BV02)	1	35
	Produto B (Bixafem; Protiocanazol; Trifloxistrobina) + Óleo metilado de soja	0,5 + 0,25	50
	Produto C (Difenoconazol; Ciproconazol) + Produto D (Clorotalonil)	0,4 + 1,5	65

Produto C (Difenoconazol; Ciproconazol) + Produto D (Clorotalonil)	0,4 + 1,5		80
Biofungicida (<i>Bacillus subtilis</i> BV02)	1	20	
Produto A (Impirfluxam; Tebuconazol) + Óleo Mineral + Biofungicida (<i>Bacillus subtilis</i> BV02)	0,6 + 0,5 + 1		35
6 Produto B (Bixafem; Protioconazol; Trifloxistrobina) + Óleo metilado de soja	0,5 + 0,25		50
Produto C (Difenoconazol; Ciproconazol) + Produto D (Clorotalonil)	0,4 + 1,5		65
Produto C (Difenoconazol; Ciproconazol) + Produto D (Clorotalonil)	0,4 + 1,5		80

Fonte: Autores (2023).

O tratamento 1 foi utilizado como o controle, já os tratamentos com fungicidas tiveram como aplicação padrão para todos, a utilização do produto B aos 50 dias após emergência, e a aplicação do produto C mais D aos 65 e 80 dias após a emergência. O tratamento 2 foi utilizado somente fungicidas químicos (padrão fazenda). Já o tratamento 3 utilizou os fungicidas químicos e o biológico, onde o biológico foi aplicado junto com o produto A e B. O tratamento 4, utilizou somente biológico na aplicação de 35 dias após a emergência, e novamente utilizou o biológico associado ao produto B na aplicação de 50 DAE.

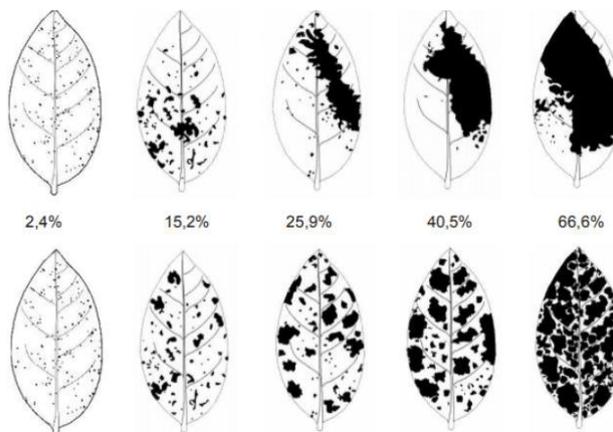
O tratamento 5 teve aplicação de biológico com 20 dias após a emergência, e aplicou somente biológico na aplicação de 35 dias após a emergência. No tratamento 6, aplicou biológico com 20 dias após a emergência, e biológico associado ao produto A. Dessa forma, o tratamento 3 realiza a comparação de posicionamento de aplicação do biológico com o tratamento 6. Já o tratamento 4 e 5 também é realizado a comparação do posicionamento de aplicação do biológico, onde os dois tratamentos não utilizam o produto A, que é aplicado com 35 dias após a emergência, reduzindo assim a utilização de fungicida químico.

Foram avaliadas a severidade, incidência e área abaixo da curva de progressão de doença (AACPD) dos seguintes fungos: *Phakopsora pachyrhizi* (ferrugem-asiática), *Cercospora kikuchii* (cercospora) e *Septoria glycines* (mancha-parda), além da desfolha e análise de produtividade (sacas por hectare e peso de mil grãos (PMG)).

As avaliações de severidade tiveram início após aplicação aos 20 DAE. Para realizar as avaliações retirou-se 10 folhas do terço inferior de forma aleatória de cada parcela, até que ocorra total desfolha do terço inferior. Com o aparecimento de doenças no terço médio, foram coletadas mais 10 amostras do terço médio, seguindo da mesma forma no terço superior, com aparecimento de doença. Com a retirada das amostras, foram realizadas as avaliações de severidade da doença, dando notas de acordo com as escalas diagramáticas (Figuras 4 e 5), através das notas foi realizada a média aritmética das parcelas. Também analisou-se a incidência e área abaixo da curva de progressão de doença (AACPD), que segue a fórmula (Shaner & Finney, 1977), de forma a representar a intensidade da doença em cada tratamento durante todo experimento. Sendo a fórmula representada por “AACPD = $i \sum_{n=1}^{n-1} [(x_i + x_{i+1})] / 2 (t_{i+1} - t_i)$ ” onde “n” representa o número de avaliações, “(x_i + x_{i+1})” x a severidade da doença, e “(t_{i+1} - t_i)” o intervalo entre as avaliações (Roese et al., 2012).

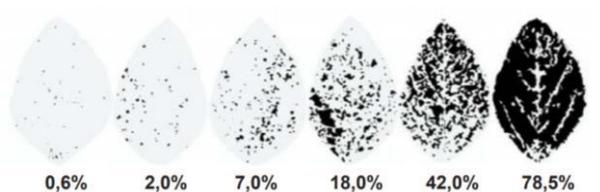
As avaliações de severidade de doenças ocorreram semanalmente, a partir do 7º dia após aplicação (DAA) e 14 DAA, sendo refeitas a cada aplicação. No estágio R6 (Reprodutivo 6), realizou-se a avaliação do nível de desfolha de acordo com a Figura 6, onde a desfolha precoce causada por doenças como a ferrugem-asiática gera redução em fotoassimilados para os grãos, gerando menor peso do grão, reduzindo assim a produtividade (Souza, 2021).

Figura 4 - Escala diagramática para avaliação da severidade DFCs e septoria na soja.



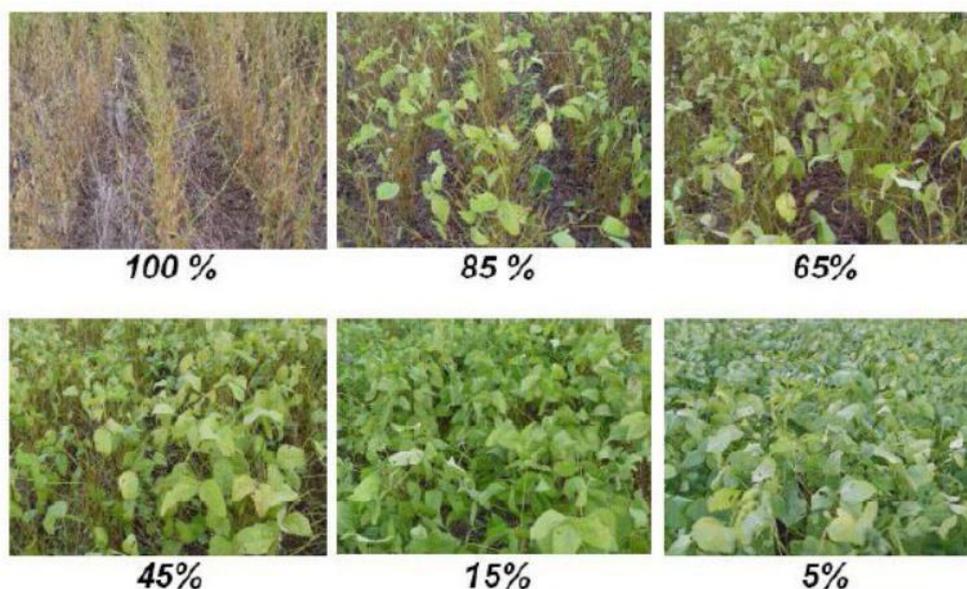
Fonte: Martins et al. (2004).

Figura 5 - Escala diagramática para estimativa da severidade da ferrugem da soja.



Fonte: Godoy et al. (2006).

Figura 6 - Escala diagramática para estimativa de desfolha provocada por doença.



Fonte: Hirano et al., (2010).

Para avaliação de produtividade foi realizada a colheita das quatro linhas centrais de cada parcela. A estimativa de produtividade foi realizada em sacas por hectares, e avaliado o peso de mil grãos (PMG). A umidade dos grãos foi aferida e corrigida para 13%. Posteriormente os dados foram analisados e comparados pelo teste de Tukey à 1% utilizando-se o software R.

3. Resultados e Discussão

Não foi observado aparecimento de doenças até a avaliação de 49 dias, devido ao forte veranico (ausência de chuvas) que ocorreu durante o mês, com elevadas temperaturas. Dessa forma, não houve ambiente favorável para o surgimento de doenças, conforme a Figura 7, que demonstra os três fatores de interação que possibilita a ocorrência de doenças na planta, sendo o agente causal (patógeno), planta (hospedeiro) e ambiente favorável (ambiente) (Moraes & Sumita, 2022).

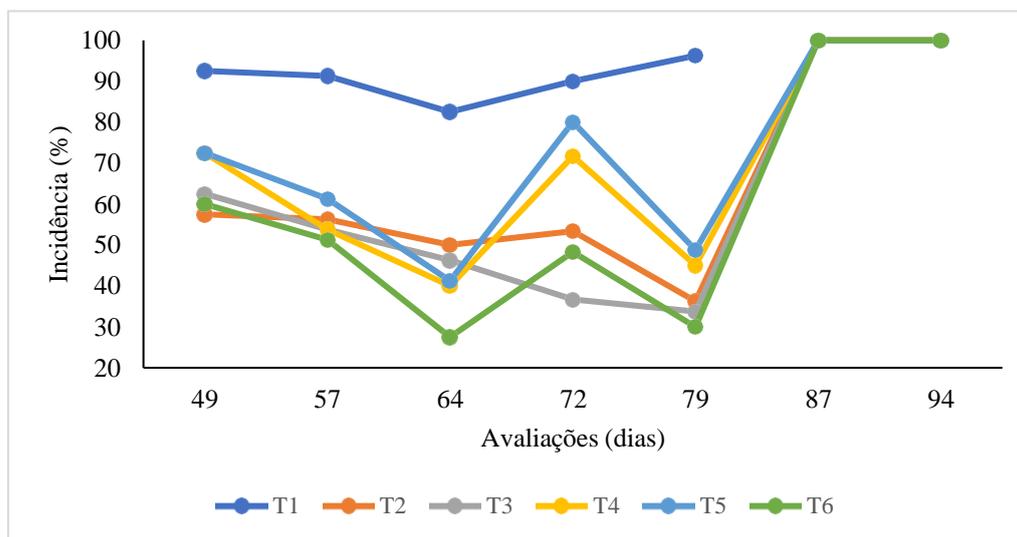
Figura 7 - Interação dos fatores para aparecimento de doenças.



Fonte: Michereff (2001).

Foi observada a incidência de mancha-parda, tendo como base a testemunha (T1) e os demais tratamentos. A doença pode apresentar seus sintomas após duas semanas após a emergência, podendo causar desfolha na parte inferior da planta (baixeiro), podendo essa afetar a planta durante todo o ciclo (Seixas et al., 2020). Por meio da Figura 8, é observado sua incidência ao longo do tempo.

Figura 8 - Incidência de mancha-parda. Onde o tratamento T6 teve melhor controle inicial.



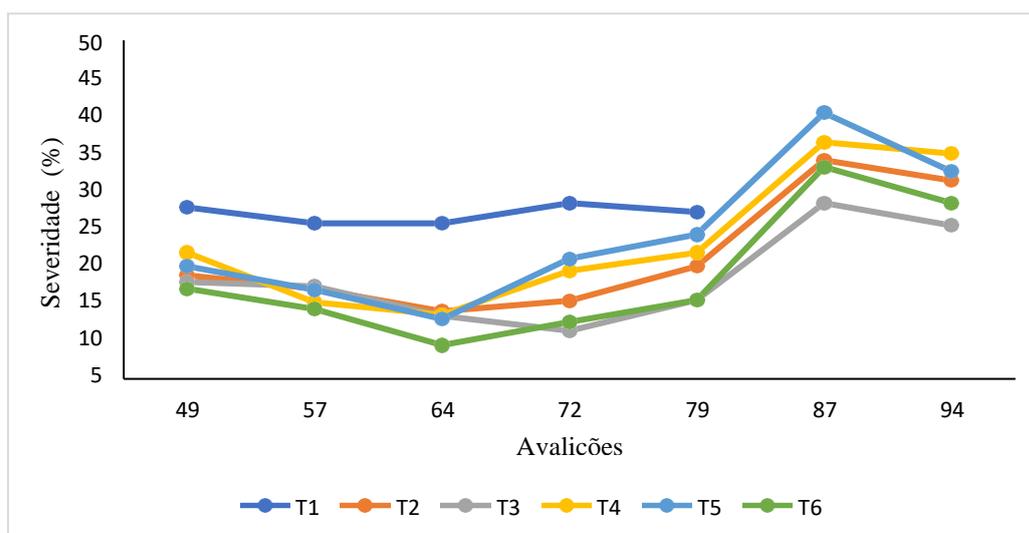
Ao observar o nível de incidência é possível comparar qual tratamento demonstrou melhor controle do aparecimento de doença ao longo das avaliações. Fonte: Autores (2023).

Ao longo do tempo foi observado que no T1 houve incidência acima de 80% da doença, demonstrando que os tratamentos obtiveram bom controle de incidência e diferenciando entre eles a cada avaliação. Após a avaliação (Av.) de 49 dias ocorreu diminuição na incidência da doença, sendo o tratamento 6 o que apresentou maior controle em relação aos demais tratamentos. A partir da Av. de 64 dias ocorreu um aumento na incidência nos tratamentos e o T3 resultou no melhor controle, sendo o único a reduzir a incidência. Enquanto o T4 e T5 houve um aumento significativo da ocorrência. A partir da Av. de 87 dias todos os

tratamentos apresentaram 100% de incidência de DFCs, e o T1 não pôde ser avaliado, pois apresentou completa desfolha. Dessa forma, houve grande pressão de incidência de DFCs.

Nas avaliações de severidade (Figura 9), observa-se que ocorreu uma maior intensidade da doença nas avaliações de 49, 72 e 79 dias. A partir da Av. de 87 e 94 dias, a mancha-parda começou a ser enquadrada como doenças finais de ciclo (DFCs), devido ao aparecimento de cercosporiose. Tendo em vista que as plantas estavam na fase de enchimento de grãos, podem apresentar mancha-parda ou cercosporiose, onde ambas causam danos à área foliar, podendo causar desfolha, maturação precoce e mancha-purpura (*Cercospora kikuchii*) na semente (Seixas et al, 2020).

Figura 9 - Severidade de mancha-parda. Onde é possível observar melhor controle nos tratamentos T3 e T6.



Severidade da doença em função de cada tratamento avaliado. Fonte: Autores (2023).

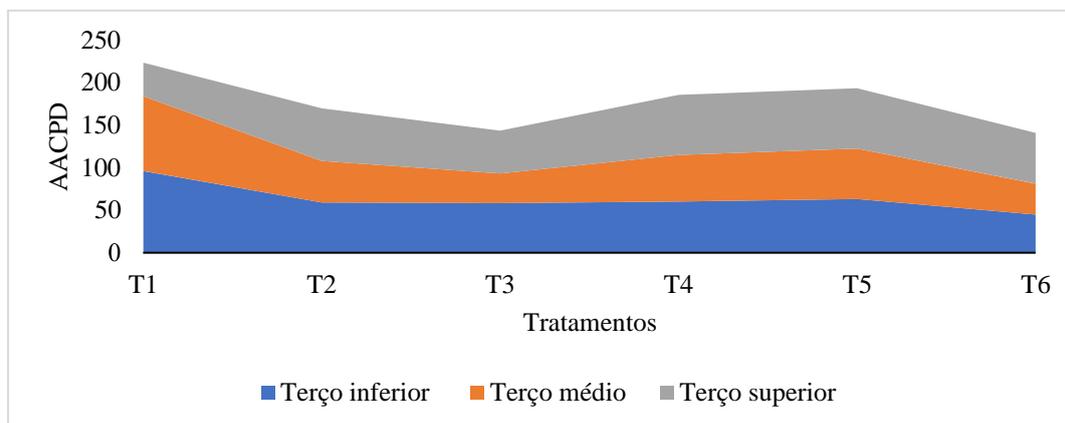
Nas avaliações de maior intensidade de mancha-parda, os tratamentos que combinaram químico ao biológico (T6 e T3) apresentaram melhor eficiência. O T6 resultou no melhor controle, com destaque na avaliação aos 64 dias, onde o tratamento apresentou menor severidade e incidência da doença. No controle de DFCs, o T3 demonstrou melhores resultados, posteriormente o T6 e T2. Segundo Rissato (2021), a utilização de *B. subtilis* em associação com fungicidas apresenta um melhor controle de DFCs. Diante disso, foi possível observar também essa associação no controle de mancha-parda durante o início e ao longo do tempo, dando destaque ao T6 que foi aplicado o biológico com 20 DAE, dando tempo para o biológico se desenvolver, segurando bem a mancha-parda inicialmente, enquanto no T3 a aplicação do biológico ocorreu com 50 DAE, o que garantiu um bom controle durante o ciclo e se diferenciou do meio para o final, garantindo melhor controle na fase de maior pressão de doenças, como as DFCs.

Já no T5 e T4 utilizou-se somente biológico na aplicação de 35 DAE, esses receberam uma aplicação a menos de fungicida químico que os demais, apresentando assim, um moderado controle comparado ao T1 e os demais tratamentos, porém ao decorrer do ciclo o aumento da pressão de doença nos dois tratamentos se diferenciou dos demais. Quando comparados o T4 e T5 observou-se uma eficiência diferente no posicionamento do biológico quando aplicado com 50 DAE ao invés de 20 DAE. Comisso, na avaliação 57, 72, 79 e 87 dias o T4 assegurou um melhor controle que T5.

A severidade média dos tratamentos no terço inferior, médio e superior foi representado pela AACPD (Figura 10). Onde é possível ver uma diferença significativa quando comparado com o T1, sendo os tratamentos T3, T6, T2, T4 e T5 respectivamente apresentaram um melhor controle. As avaliações do terço inferior ocorreram da Av. de 49 a 72 dias, as do terço médio da Av. de 57 a 79 dias, e do terço superior da Av. de 72 a 94 dias. As avaliações deram início após o aparecimento de

doença no terço inferior, médio e superior, e foram finalizadas com a desfolha total ou o suficiente para que não ocorresse a retirada significativa de amostra do terço inferior, médio e superior.

Figura 10 - Área abaixo da curva de progressão da doença (AACPD) de mancha-parda nos terços inferior, médio e superior sob o efeito dos 6 tratamentos.

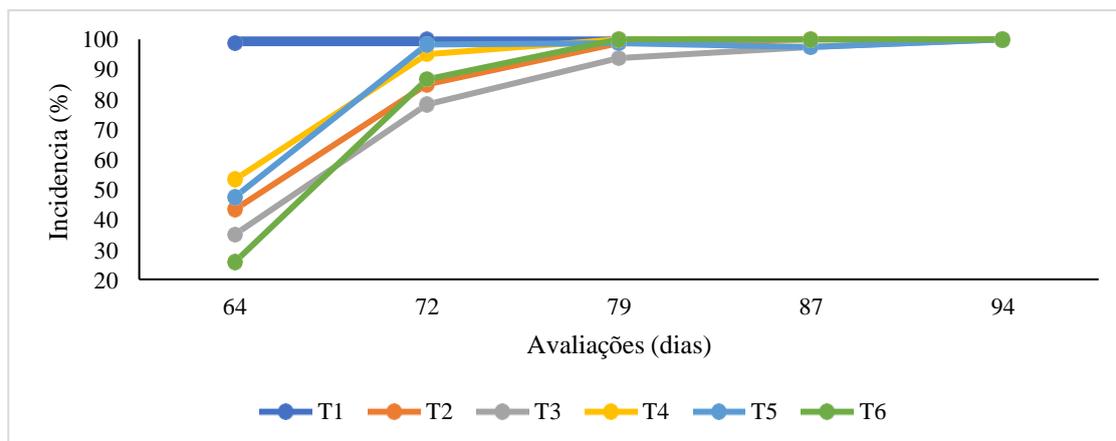


Quanto menor a AACPD melhor controle de doenças, observa-se a influência de cada tratamento nos terços da planta (inferior, médio e superior). Fonte: Autores (2023).

Através da AACPD é possível observar que no terço inferior o T6 apresenta melhor controle, seguido por T3, T2, T4 e T5. No terço médio e superior T3, T6, T2, T4 e T5, respectivamente, apresentaram melhor controle. Na Figura 10, também é possível analisar a distribuição da pressão de doenças em cada terço, de forma que se diferenciam em cada tratamento. Porém quando comparados os tratamentos T2, T3, T4, T5 e T6 possuem pressão maior no terço inferior (local de maior ocorrência da mancha-parda) e no terço superior (local de maior ocorrência da cercosporiose). No T1 ocorreu de maneira diferente dos demais, sendo sua pressão maior no baixeiro (terço inferior) e posteriormente no terço médio, e por último no terço superior, isso deve-se ao fato da desfolha antecipada, resultado da alta pressão de doenças no tratamento, encurtando-se o ciclo.

A partir da avaliação de 64 dias houve incidência de ferrugem-asiática, que ao contrário da mancha-parda, apresentou alta infecção. Esse fato deve-se a fácil disseminação dos esporos (Seixas et al, 2020). Na Figura 11, observa-se uma alta incidência no T1, demonstrando a rápida disseminação da ferrugem, atribuída a semeadura tardia e a presença de soja na área de bordadura que não recebeu aplicações de fungicidas, aumentando assim, a quantidade de inóculo próximo ao ensaio. Diante disso, a ocorrência de desfolha prematura, causada por danos ao tecido foliar e conseqüente encurtamento do ciclo e interferência na formação dos grãos, refletindo no peso de mil grãos (PMG) e na produtividade (Nanuci, 2020). Sendo visível a severidade da doença no T1, acentuada pela desfolha antecipada.

Figura 11 - Incidência de ferrugem asiática.

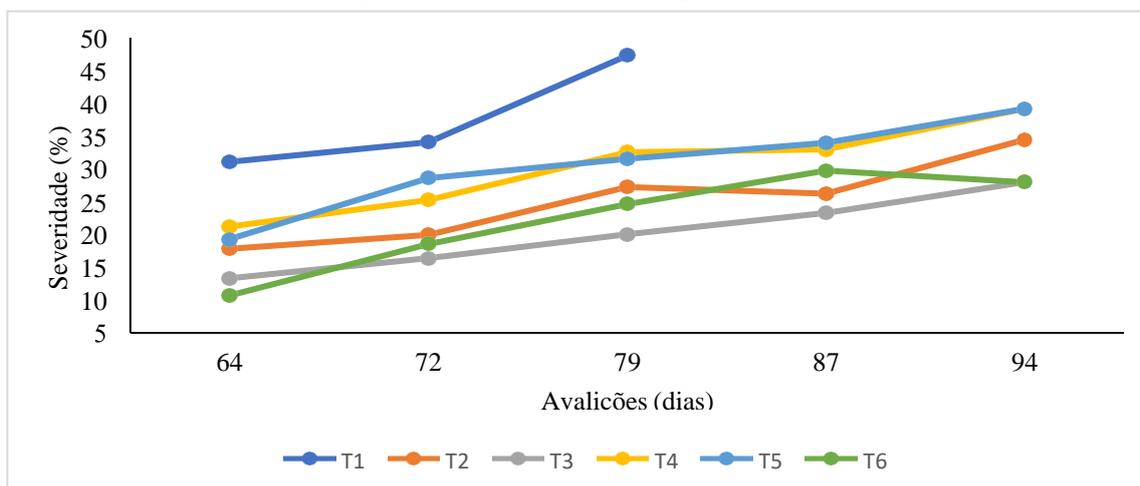


Fonte: Autores (2023).

O T6 obteve uma menor incidência inicial, porém o T3 demonstrou um melhor controle ao longo das demais avaliações. Foi observado uma similaridade nos resultados entre T2 e T6. Já o T4 apresentou maior incidência inicial que T5, posteriormente os dois tratamentos (T4 e T5) apresentaram resultados próximos, onde os dois na segunda avaliação (Av. de 72 dias) da doença apresentaram incidência próximos a 100%. Na Av. de 87 dias, todos tratamentos apresentaram incidência próxima ou igual a 100%.

A severidade da ferrugem-asiática foi maior que a da mancha-parda. A análise de severidade da ferrugem-asiática (Figura 12) demonstra que a mesma apresentou um crescimento exponencial.

Figura 12 - Severidade de ferrugem asiática.



Fonte: Autores (2023).

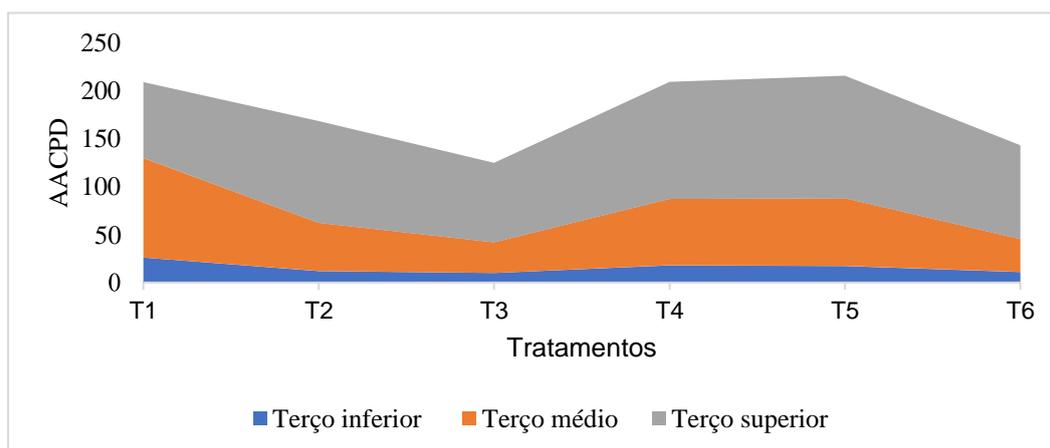
Os tratamentos compostos por *B. subtilis* BV02 associado ao fungicida químico (T3 e T6) obtiveram melhor controle inicial, se diferenciando dos demais. Resultados seguidos pelo tratamento que utilizou somente fungicida químico (T2), em seguida T5, T4 e T1, respectivamente. Na Av. de 72 a 79 dias observou-se um aumento da severidade em todos os tratamentos. O grau de severidade diferenciou-se entre T6 e T3, onde este (T3) apresentou um melhor controle. Após a análise, o T3 apresentou um melhor controle da ferrugem-asiática se diferenciando dos demais tratamentos. O T6 obteve o segundo melhor resultado, seguido por T2.

Segundo Meyer et al. (2022), a utilização de agentes de biocontrole, como *B. subtilis*, no controle de ferrugem-asiática,

apresentaram efeitos benéficos reduzindo a germinação de esporos em 72% e a severidade da doença em 96% através de aplicação preventiva, e 70% e 47% com aplicação simultânea e curativa, respectivamente. Os autores ainda ressaltaram que apenas a utilização do biofungicida no controle, reduziu somente 11% da doença, não havendo diferença com a produtividade observada na testemunha. Dessa forma, a utilização do controle biológico apresentou melhores resultados quando inserido no manejo integrado, em ação complementar aos fungicidas químicos. Foi possível observar um resultado semelhante, no presente estudo, onde nos tratamentos 4 e 5, ocorreu a retirada de uma aplicação de fungicida químico, substituindo pelo uso do biológico aos 35 dias após a emergência. Observou-se que estes tratamentos apresentaram controle inferior aos tratamentos 2, 3 e 6. Reafirmando-se a obtenção de melhores resultados de controle com a associação de agentes de controle biológico aos químicos, como foi feito nos tratamentos 3 e 6.

A análise da AACPD (Figura 13) demonstra que a área de maior severidade da doença ocorre no terço superior, médio e inferior respectivamente. A dispersão dos esporos da ferrugem é principalmente através do vento, fazendo com que a doença tenha maior intensidade no terço superior e médio, atingindo a planta de cima para baixo, como demonstrado na análise da AACPD.

Figura 13 - Efeito dos tratamentos sob a área abaixo da curva de progressão da doença (AACPD) de ferrugem-asiática nos terços inferior, médio e superior.

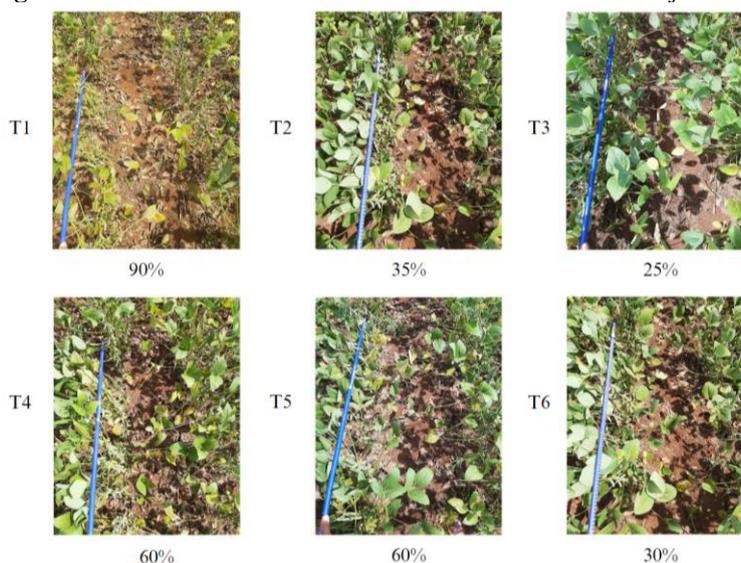


Fonte: Autores (2023).

A ação do biológico auxilia na prevenção, de forma que sua ação é prolongada, persistindo na planta por mais tempo, age de forma sistêmica, gerando na planta um efeito protetor e causando uma redução do inóculo (Meyer et al., 2022). Assim, quando comparados T2 com T3 e T6, ambos receberam os mesmos fungicidas químicos, porém ao analisar o terço superior de T2 ele apresenta maior AACPD (Figura 13). Com base nisso, é possível observar que o biológico obteve melhores resultados, proporcionando um melhor controle de severidade nos terços superior, médio e inferior das plantas. Observa-se também que o T3 obteve melhores resultados que T6 em todos os terços da planta. Diante disso é possível concluir que o posicionamento da aplicação do biológico representa uma diferença significativa no programa de manejo de doenças.

Na Figura 14 podemos acompanhar a avaliação de desfolha no estágio fenológico R6, que corresponde ao enchimento plenode grão. Segundo Souza (2021) conforme a pressão de ferrugem-asiática aumenta, resulta em maior nível de desfolha, encurtando-se assim o ciclo da cultura e consequentemente o peso dos grãos e a produtividade.

Figura 14 - Efeito dos tratamentos no controle da desfolha de soja em R6.



Diferença no nível de desfolha entre os tratamentos.

Observou-se o melhor controle da desfolha no tratamento 3. Fonte: Autores (2023).

Na testemunha (T1), foi possível observar que o resultado da alta incidência e severidade de ferrugem-asiática acarretaram na ampla desfolha precoce, e o encurtamento do ciclo. Os tratamentos 3, 6 e 2 apresentaram melhor controle de desfolha respectivamente, já os tratamentos 4 e 5 apresentaram desfolha de 60%, semelhantes entre si. Logo, quanto melhor o controle da doença, maior o tempo de folhagem da planta, maior produção de fotoassimilados, maior peso de grãos e consequente produtividade. Na Tabela 3 observa-se a interferência da desfolha sobre o enchimento de grão através da avaliação do peso de mil grãos (PMG).

Tabela 3 - Efeito dos tratamentos sobre a produtividade e o PMG da soja.

Tratamento	Prod. (Kg/ha)	Prod. (sacas/ha)	PMG
T1	1538,65 b*	25,64 b	106,1400 c
T2	2039,32 a	33,98 a	143,9950 ab
T3	2201,11 a	36,68 a	151,6500 a
T4	1910,11 ab	31,83 ab	129,0475 b
T5	1986,54 a	33,10 a	128,7075 b
T6	2196,51 a	36,60 a	135,9600 ab
Valor p	<0.001	<0.001	<0.001
CV (%)	9.9%		7,11%

* Médias seguidas pela mesma letra não se diferenciam pelo teste de Tukey a 1%. Ao observar a produtividade e PMG o T3 apresentou os melhores resultados. Fonte: Autores (2023).

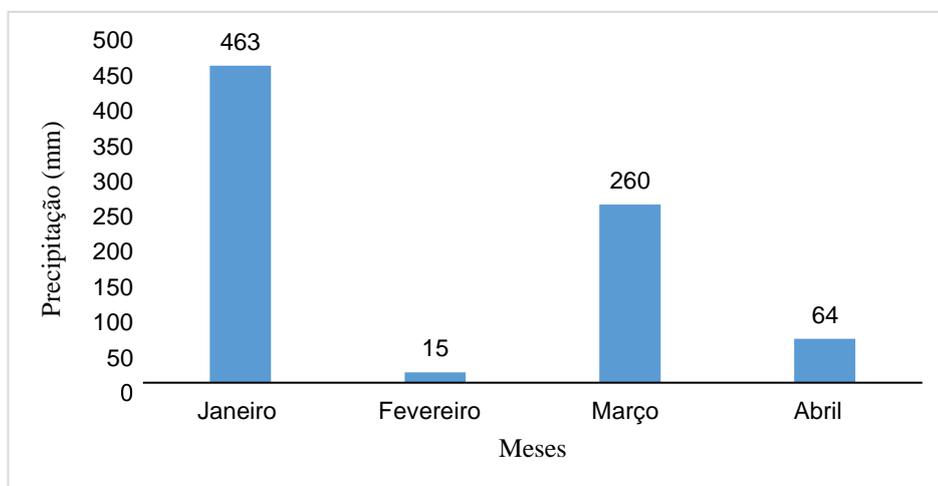
Segundo Bortolin et al. (2020), o aumento da duração da área foliar na soja reflete no aumento da massa individual de grãos (peso do grão), resultando em uma maior produtividade. Como foi visto na Tabela 3, o T3 apresentou maior PMG, se diferenciando estatisticamente dos demais tratamentos. Já o T2 e T6 estatisticamente não se diferenciaram, porém T2 apresentou melhor PMG, já o T6 melhor produtividade. O T4 e T5 não diferiram entre si quanto ao PMG. Através da testemunha foi visto a importância da adoção de medidas para o controle de doenças, uma vez que o T1 apresentou baixo PMG, diferenciando-se dos

demais tratamentos.

Quanto a produtividade, os tratamentos 2, 3, 5, e 6 não apresentaram diferença estatística. Porém T3 e T6 apresentaram maior média de produtividade, com três sacas a mais que T2, que obteve produtividade semelhante a T5. O tratamento 4 estatisticamente ficou entre a e b de forma que apresentou a menor produtividade entre os tratamento que utilizaram fungicidas, porém, superior a T1. A testemunha apresentou menor média de produtividade com diferença estatística, entre os tratamentos 2, 3, 5, e 6. O resultado da Tabela 3 demonstrou também que nos tratamentos 4 e 5, onde, não foi feita aplicação de fungicidas químicos aos 35 DAE, o posicionamento antecipado do biológico na planta respondeu melhor, apresentando diferenças significativas na produtividade deles, tendo o T5 produtividade maior que o T4. Outro fator de destaque foi de que, apesar do T5 ter controlado menos as doenças que T2, ainda assim, apresentou produtividade similar. Já T3 demonstrou melhor controle de doenças e PMG, porém a produtividade foi próxima de T6. Portanto o posicionamento do biológico antecipado aos 20 DAE garante melhor desenvolvimento da planta, melhorando sua produtividade. Entretanto o posicionamento não foi o fator que garantiu o melhor controle de doenças, quando compara-se aos resultados da aplicação do biológico aos 50 DAE.

Houve uma produtividade baixa em todos os tratamentos quando comparados com a média do estado de Goiás na safra 21/22, que correspondeu a 3.958 kg (aproximadamente 66 sacas) por hectare (Embrapa, 2022). Esse resultado, deve-se a semeadura tardia do ensaio, que teve o intuito de pegar a janela de maior pressão de doenças. A semeadura foi feita no início de janeiro, porém ocorreu um grande veranico, apresentando baixa precipitação (Figura 15) durante o estágio vegetativo e reprodutivo, deixando as plantas em estresse hídrico, influenciando em seu desenvolvimento.

Figura 15 - Regime pluviométrico durante a condução do ensaio (precipitação acumulada).



Fonte: Autores (2023).

Diante das condições climáticas adversas todas as plantas apresentaram baixa estatura e produtividade. Segundo Frigeri et al. (2019), a semeadura da soja em janeiro ocasiona uma baixa produtividade, devido a redução do ciclo da cultura, pois o período pode apresentar condições climáticas adversas. Assim, deve-se evitar a semeadura em janeiro.

No presente estudo foi possível observar que a utilização do produto biológico em substituição ao químico não demonstrou melhora na eficiência ou resultado semelhante no controle de doenças foliares. Quanto ao posicionamento do biológico, foi possível concluir que, ao utilizar-se o controle químico aos 35 DAE, o produto biológico apresenta maior eficiência no controle de doenças se posicionado na aplicação com 50 DAE. Já quando não ocorre a aplicação do químico aos 35 DAE, o posicionamento do biológico é mais eficiente aos 20 DAE, refletindo na produtividade. Assim, a associação de *B. subtilis* com fungicidas químicos geraram os melhores resultados no controle de doenças e incremento na produtividade. Portanto, a utilização

de *Bacillus subtilis* pode ser mais uma importante ferramenta no manejo integrado de doenças na cultura da soja. São necessários futuros experimentos que possam testar redução na dose de aplicação do fungicida químico quando aliado ao uso do biofungicida. Por fim, a semeadura da soja deve ser realizada entre os meses de novembro e dezembro, impactando diretamente na pressão de ocorrência e severidade de doenças.

4. Considerações Finais

A associação de *B. subtilis* com fungicidas químicos propiciou os melhores resultados no controle de doenças e incremento na produtividade. A utilização de agentes de controle biológico, como o *Bacillus subtilis*, configura-se como uma importante ferramenta no manejo integrado de doenças na cultura da soja.

Referências

- AgroLink (2023). *Bula Bio-imune -Vittia*. https://www.agrolink.com.br/agrolinkfito/produto/bio-imune-multi-attack-multi-guard-fungiouro_10821.html
- Associação dos Produtores de Soja do Brasil (2021). *A soja*. <https://aprosojabrasil.com.br/a-soja/>
- Bedin, E. (2018). *Aplicações foliares de cobre no manejo da ferrugem-asiática da soja* (Dissertação de Mestrado). Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, Rio Grande do Sul, 90p.
- Bettiol, W., Ghini, R., & Morandi, M. A. B. (2005). Alguns métodos alternativos para o controle de doenças de plantas disponíveis no Brasil. *Embrapa*, p. 163-183.
- Bortolin, J. L. S. (2020). *Variações em índices de área foliar e nos componentes do rendimento de grãos associadas com o uso de fungicidas em soja* (Dissertação de Mestrado). Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, Rio Grande do Sul, 70 p.
- ClimaTempo (2023). *Climatologia e histórico de previsão do tempo em Campinorte, BR*. <https://www.climatempo.com.br/climatologia/5254/campinorte-go>
- Conab (2023). *Safra Brasileira de Grãos*. <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos>
- Yorinori, J. T., Nunes Júnior, J., & Lazzarotto, J. J. (2004). *Ferrugem "asiática" da soja no Brasil: evolução, importância, economia e controle*. Londrina: Embrapa Soja, 36p.
- Embrapa (2022). *Soja em números* (safra 2021/22). <https://www.embrapa.br/soja/cultivos/soja1/dados-economicos>
- Frigeri, A. R., Lazarini, E., Júnior, V. O., & Bernardes, J. V. S. (2019). Épocas de semeadura e população de plantas para três cultivares de soja. *Acta Iguazu*, 8(4), 41-52.
- Ghini, R., & Kimati, H. (2000). *Resistência de fungos a fungicidas*. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 78p.
- Godoy, C. V., Koga, L. J., & Canteri, M. G. (2006). Escala diagramática para avaliação da severidade da ferrugem da soja. *Fitopatologia Brasileira*, 31, 63-68.
- Godoy, C. V., Almeida, A. M. R., Soares, R. M., Seixas, C. D. S., Dias, W. P., Meyer, M. C., Costamilan, L.M., & Henning, A. A. (2014). Doenças da soja. *Sociedade Brasileira de Fitopatologia*, 32 p.
- Hirano, M., Hikishima, M., Silva, A. J. D., Xavier, S. A., & Canteri, M. G. (2010). Validação de escala diagramática para estimativa de desfolha provocada pela ferrugemasiática em soja. *Summa Phytopathologica*, 36, 248-250.
- Martins, M. C., Guerzoni, R. A., Câmara, G. M. D. S., Mattiazzi, P., Lourenço, S. A., & Amorim, L. (2004). Escala diagramática para a quantificação do complexo de doenças foliares de final de ciclo em soja. *Fitopatologia Brasileira*, 29, 179-184.
- Meyer, M. C., Bueno, A. F., Mazaró, S. M., & da Silva, J. C. (2022). *Bioinsumos na cultura da soja*. Brasília: Embrapa soja, p. 507-529.
- Michereff, S. J (2001). *Fundamentos de Fitopatologia*. Recife: Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE, 172 p.
- Moraes, R. B. D., & Sumita, R. A. G. (2022). *Fungicidas biológico e químicos no controle de doenças da soja*. (Trabalho de conclusão de curso de Graduação). Universidade Federal da Grande Dourados, Grande Dourados, Mato Grosso do Sul, 42 p.
- Nanuci, R. (2020). *Aplicação de Fungicidas Multissítios em Mistura e de Forma Isolada no Manejo de Resistência de Phakopsora Pachyrhizi na Soja*. (Dissertação de Pós-Graduação). Instituto Federal Goiano de Urutaí, Urutaí, Goiás, 37 p.
- Rissato, R. B. (2021). *Bacillus ssp. no controle de doenças foliares de final de ciclo na cultura soja*. (Trabalho de conclusão de curso de Graduação). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Dois Vizinhos, Paraná, 27 p.
- Roese, A. D., Melo, C. L. P. D., & Goulart, A. C. P. (2012). Espaçamento entre linhas e severidade da ferrugem-asiática da soja. *Summa Phytopathologica*, 38, 300-305.
- Santos, A. P. (2009). *Controle do oídio da abobrinha com antagonistas e produtos biocompatíveis* (Dissertação de Mestrado). Universidade Federal de Lavras,

Lavras, Minas Gerais, 55 p.

Seixas, C. D. S.; Neumaier, N.; Balbinot Junior, A. A.; Krzyzanowski, F. C., & Leite, R. M. V. B. de C. (2020). *Tecnologias de produção de soja*. Londrina: Embrapa Soja, Sistemas de produção 17, 34 p.

Seixas, C., Mazaro, S., Diniz, L., Godoy, C., & Meyer, M. (2022). Bioinsumos para o manejo de doenças foliares na cultura da soja. *Embrapa*, p. 229-343.

Shaner, G. & Finney, R. E (1977). Efeito da adubação nitrogenada na expressão da resistência ao míldio lento em trigo Knox. *Phytopathology*, 67 (8), p. 1051-1056.

Souza, J. R., Rebouças, T. N., Luz, J. M., Amaral, C. L., Figueiredo, R. M., & Santana, C. M. (2014). Potencialidade de fungicidas biológicos no controle de requeima do tomateiro. *Horticultura Brasileira*, 32, 115-119.

Souza, P. H. N. D. (2021). *Monitoramento de Phakopsora pachyrhizi como critério para aplicação fungicida na soja e efeito da desfolha artificial na produtividade* (Dissertação de Doutorado). Universidade Federal Da Grande Dourados, Dourados, Mato Grosso Do Sul, 110 p.