



UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL
CAMPUS ERECHIM
CURSO DE AGRONOMIA

TAINÃ JOSÉ VARGAS BASSO

**FUNGICIDAS SISTÊMICOS E PROTETORES NO CONTROLE DE
FERRUGEM ASIÁTICA DA SOJA E EFEITOS SOBRE A PRODUTIVIDADE
DA CULTURA**

ERECHIM

2022

TAINÃ JOSÉ VARGAS BASSO

**FUNGICIDAS SISTÊMICOS E PROTETORES NO CONTROLE DE
FERRUGEM ASIÁTICA DA SOJA E EFEITOS SOBRE A PRODUTIVIDADE
DA CULTURA**

Trabalho de conclusão de curso de graduação
apresentado como requisito para obtenção de grau
Bacharel em Agronomia na Universidade Federal da
Fronteira Sul.

Orientadora: Prof. Me. Daiani Brandler

ERECHM

2022

Bibliotecas da Universidade Federal da Fronteira Sul - UFFS

Basso, Tainã José Vargas

Fungicidas sistêmicos e protetores no controle de ferrugem asiática da soja e efeitos sobre a produtividade da cultura / Tainã José Vargas Basso. -- 2022.

25 f.

Orientadora: Mestra Daiani Brandler

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal da Fronteira Sul, Curso de Bacharelado em Agronomia, Erechim,RS, 2022.

1. 1. Manejo de doenças. 2. Glycine max (L.) Merrill. 3. Phakopsora pachyrhizi Sydow & Sydow. I. Brandler, Daiani, Orient. II. Universidade Federal da Fronteira Sul. III. Título.. I. Brandler, Daiani, orient. II. Universidade Federal da Fronteira Sul. III. Título.

Elaborada pelo sistema de Geração Automática de Ficha de Identificação da Obra pela UFFS com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

TAINÃ JOSÉ VARGAS BASSO

**FUNGICIDAS SISTÊMICOS E PROTETORES NO CONTROLE DE
FERRUGEM ASIÁTICA DA SOJA E EFEITOS SOBRE A PRODUTIVIDADE
DA CULTURA**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Agronomia da
Universidade Federal da Fronteira Sul
(UFFS), como requisito para obtenção do
grau de Bacharel em Agronomia.

Este trabalho de conclusão foi defendido e aprovado em:

BANCA EXAMINADORA

Prof. Me. Daiani Brandler

Prof. Dra. Paola Mendes Milanesi
Avaliadora

Dr. César Tiago Forte
Avaliador

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	8
MATERIAL E MÉTODOS.....	10
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	16
CONCLUSÃO.....	22
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	23

FUNGICIDAS SISTÊMICOS E PROTETORES NO CONTROLE DE FERRUGEM ASIÁTICA DA SOJA E EFEITOS SOBRE A PRODUTIVIDADE DA CULTURA

RESUMO

Uma das principais doenças da cultura da soja é a ferrugem asiática, sendo o uso do controle químico, e seu sucesso, muitas vezes dependente das condições climáticas vigentes. Com o passar dos anos, por serem utilizados várias vezes durante o ciclo de uma cultura, os fungicidas acabam apresentando redução de eficiência no controle de um determinado fitopatógeno. Desta maneira, objetivou-se avaliar a eficácia de produtos à base de protioconazol combinado ou não a multissítios no controle da ferrugem asiática. O experimento foi conduzido na Área Experimental da UFFS – Campus Erechim na safra 2021/22, em delineamento de blocos casualizados (DBC) com 4 repetições e 13 tratamentos; a cv. utilizada foi a BMX Ativa. O tratamento T1 representou a testemunha sem aplicação de fungicidas e, os demais tratamentos (T2, T3, T4, T5, T6, T7, T8, T9, T10, T11, T12 e T13) receberam a aplicação de fungicidas de acordo com o protocolo experimental. Avaliou-se a severidade da doença, componentes de rendimento e produtividade da cultivar, sendo observado o maior controle da doença e as maiores produtividades com três aplicações de fungicidas contendo mancozebe e clorotalonil juntamente aos sistêmicos. O tratamento T5 se sobressaiu aos demais proporcionando um controle da ferrugem asiática superior a 80% e produtividade de 4438,18 kg ha⁻¹.

Palavras chave: Manejo de doenças. *Glycine max* (L.) Merrill. *Phakopsora pachyrhizi* Sydow & Sydow.

SYSTEMIC AND PROTECTIVE FUNGICIDES IN THE CONTROL OF SOYBEAN RUST AND EFFECTS ON CROP PRODUCTIVITY

ABSTRACT

One of the main diseases of the soybean crop is the Asian rust, and the use of chemical control, and its success, is often dependent on the prevailing climatic conditions. Over the years, because they are used several times during the cycle of a crop, fungicides end up presenting a reduction in efficiency in the control of a particular phytopathogen. Thus, the objective was to evaluate the efficacy of products based on prothioconazole combined or not with multisites in the control of Asiatic rust. The experiment was conducted in the Experimental Area of the UFFS - Erechim Campus in the 2021/22 harvest, in a randomized block design with 4 repetitions and 13 treatments; the cultivar BMX Ativa was used. The treatment T1 represented the control without fungicide application, and the other treatments (T2, T3, T4, T5, T6, T7, T8, T9, T10, T11, T12, and T13) received fungicide application according to the experimental protocol. The severity of the disease, yield components and productivity of the cultivar were evaluated. The greatest control of the disease and the highest yields were observed with three applications of fungicides containing mancozeb and chlorothalonil along with the systemic ones. The T5 treatment excelled the others, providing an 80%+ control of the Asian rust and productivity of 4438.18 kg ha⁻¹.

Key words: Disease management. *Glycine max* (L.) Merrill. *Phakopsora pachyrhizi* Sydow & Sydow.

INTRODUÇÃO

O Brasil é considerado hoje o maior produtor de soja (*Glycine max* L. Merrill) do mundo, porém para manter essa produtividade é de suma importância que o ciclo da cultura transcorra com o mínimo de interferências negativas, tornando assim o controle de doenças imprescindível (CERRUTI et al., 2021).

O grão de soja, é muito demandado por vários países, já que é utilizado para as mais diversas formas de produção existentes pelo mundo; sendo assim, desde a fabricação de produtos de limpeza, cosméticos, inclusive para alimentação animal por meio do incremento da proteína em formulações de rações e produtos processados, e também na alimentação humana através de produtos industrializados e consumo *in natura* (REIS, 2018).

Segundo a Conab (2022), a estimativa de área de cultivo de soja chegou a 40.804 milhões de hectares na safra 2021/22. Esta apresentou crescimento de 5,9% de área cultivada quando comparada com a anterior, estimando-se uma produção de 122.431 milhões de toneladas do grão, tendo uma queda de produção de 11,4% comparado a safra passada em virtude dos estresses hídricos que ocorreram na região Sul do país.

A cultura da soja exige, ao longo do seu ciclo, condições climáticas adequadas para ter boas produtividades, como temperatura em torno de 20 a 30 °C, 550 a 800 mm de precipitação bem distribuídos principalmente nos estádios mais importantes ao longo do ciclo e um fotoperíodo ideal para cada cultivar (FARIAS et al., 2007).

O fungo *Phakopsora pachyrhizi* Sydow & Sydow é o agente etiológico da ferrugem asiática da soja, um dos principais patógenos da cultura no Brasil. A partir dos primeiros casos da doença no país, registrados em 2001, supõe-se que os custos de controle médios anuais atinjam a marca dos \$ 2 bilhões. Outra questão importante é a redução da eficiência de fungicidas sistêmicos que está associada a seleção de patótipos resistentes aos ingredientes ativos (BRAGA et al., 2020).

Algumas estratégias importantes para o manejo dessa doença aqui no Brasil incluem a eliminação de plantas voluntárias na entressafra por meio do vazio sanitário, tendo em vista a redução do inóculo do fungo; outra estratégia muito importante é a utilização de cultivares de ciclo precoce e semeaduras no início da época recomendada (EMBRAPA, 2013; DALLA LANA et al. 2018).

Outras práticas indispensáveis são a utilização de cultivares resistentes a ferrugem asiática; o adequado monitoramento da lavoura desde o seu início de desenvolvimento; a

utilização de fungicidas que conferem controle entre ou acima de 80% e que sejam utilizados em condições de aparecimento preventivamente aos sintomas da doença; assim como a redução das janelas de semeadura para diminuir ou atrasar a seleção de populações do fungo resistentes ou menos sensíveis aos fungicidas (GODOY et al., 2020).

Segundo Godoy et al. (2013), os primeiros sintomas da doença são lesões marrom-escuras na face inferior da folha, denominadas de urédias, que ao se romperem liberam os uredósporos possibilitando sua disseminação. Em situações de elevada severidade da doença, o patógeno causa desfolha antecipada acarretando uma diminuição de produção de fotoassimilados, comprometendo assim a formação de vagens e o enchimento de grãos.

Em razão disso, o controle de ferrugem asiática associado somente com o uso de fungicidas, contribuiu no aumento dos custos de produção pela necessidade de um maior número de aplicações de fungicidas. Por isso a importância do controle químico enquanto uma ferramenta disponível para o manejo dessa importante doença, pois caso essas aplicações não sejam feitas no momento certo, poderá impactar na diminuição da produtividade e, conseqüentemente, na redução do lucro (ARAÚJO e VELLO, 2010).

Quanto mais cedo a doença incidir na cultura maiores serão as perdas de rendimento caso não seja adotado um manejo eficiente. O desenvolvimento da doença na planta é favorecido quando ocorre um período de molhamento prolongado acima de 6 horas e uma temperatura que se encontre em torno de 18 °C a 26,5 °C (MELCHING et al., 1989; ALVES et al., 2006). Deve-se enfatizar que a ferrugem não necessita unicamente de haver ferimentos ou estômatos abertos para que a infecção ocorra, pois o patógeno penetra diretamente pela cutícula ou também pela epiderme, sendo esse processo mais rápido e fácil (GRIGOLLI, 2014).

Um aspecto de fundamental relevância é a redução de eficiência de fungicidas sintéticos associados a seleção de indivíduos que apresentam alterações genéticas; isso, com o passar dos anos, acaba conferindo resistência aos ingredientes ativos. Tal pressão de seleção de patótipos forçada pela aplicação de fungicidas é a provável causa da redução de sensibilidade do fungo *P. pachyrhizi* aos três principais grupos químicos (triazóis, estrobilurinas e carboxamidas) registrados para o controle da doença.

Imprescindíveis para o manejo da ferrugem asiática os fungicidas protetores com misturas de triazóis, estrobilurinas e carboxamidas vem obtendo resultados mais satisfatórios em relação as outras medidas de controle (ALVES e JULIATTI, 2018).

Para um controle mais eficaz da doença, portanto, deve-se atentar ao momento em que o patógeno é detectado na área, em seguida procede-se as aplicações de fungicidas (NASCIMENTO et al., 2018). Em função disso, o posicionamento incorreto de fungicidas pode, além de aumentar os custos de produção, facilitar a seleção de patótipos resistentes, o que resulta em um controle mais difícil da ferrugem asiática da soja.

Desta forma, objetivou-se avaliar a eficácia de produtos sistêmicos e protetores no controle da ferrugem asiática da soja e os efeitos desses tratamentos sobre o rendimento e a produtividade da cultura.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Área Experimental e no Laboratório de Fitopatologia da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), Campus Erechim/RS, sob as coordenadas, latitude $-27^{\circ}43'44''$ S e longitude $-52^{\circ}17'08''$ W com 760 m de altitude. O solo do local é classificado como Latossolo Vermelho Aluminoférrico húmico, unidade de mapeamento Erechim (EMBRAPA, 2013).

Figura 1 – Mapa da área experimental da UFFS – Erechim/RS.



Fonte: Google Earth, 2022.

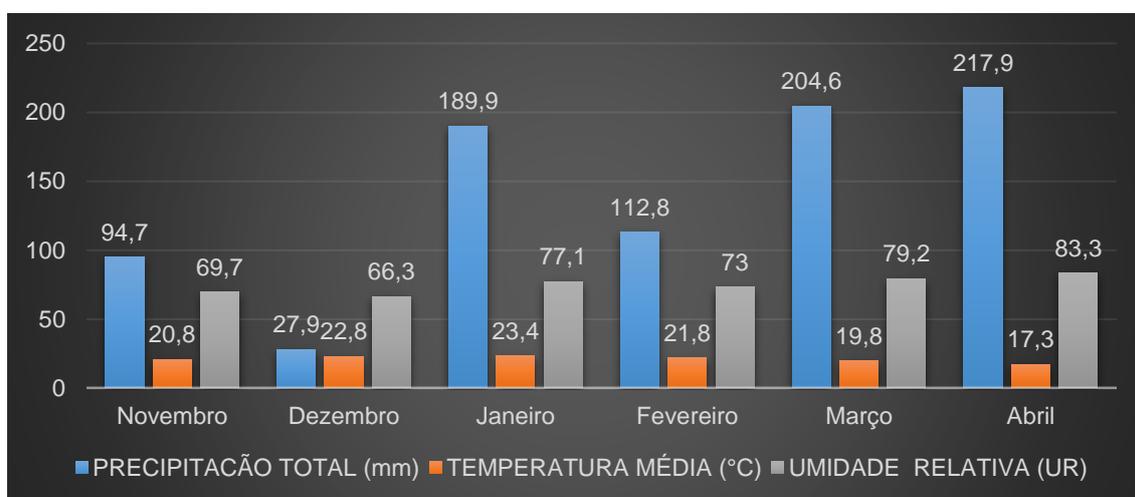
Para a condução do experimento foi utilizada a cultivar BMX Ativa, com hábito de crescimento determinado, ciclo de maturação 5.6, suscetível a ferrugem asiática. A semeadura foi realizada em sistema de plantio direto na palha, tendo aveia preta em consórcio com nabo forrageiro e ervilhaca como cobertura de solo durante o inverno. As plantas de cobertura foram manejadas por meio de dessecação com os herbicidas glifosato

(588 g/L g i.a. L⁻¹; 3 L ha⁻¹); cletodim (120,0 g/L g i.a. L⁻¹; 0,9 L ha⁻¹) e 2,4 - D (840 g/L g i.a. L⁻¹; 1,6 L ha⁻¹), conforme recomendações da bula.

Buscando-se adequar a época de cultivo da cultivar para a região de Erechim, a semeadura foi feita no dia 10 de novembro de 2021 em virtude das condições ambientais favoráveis do período.

As características químicas do solo, coletado anteriormente à realização do plantio (profundidade 0,00-0,10 m) indicaram: pH: 5,2; matéria orgânica (MO): 3,1% (teor médio); P: 10,2 mg dm⁻³; K: 139,9 mg dm⁻³; Al: 0,2 cmol_c dm⁻³; Ca: 4,7 cmol_c dm⁻³; Mg: 2,6 cmol_c dm⁻³; e CTC: 13,4 cmol_c dm⁻³. Em relação ao clima, com base na classificação de Köppen, classifica-se como Cfa (clima temperado úmido com verão quente), apresentando chuvas bem distribuídas ao longo do ano (CEMETRS, 2012). No gráfico 1 são apresentadas as condições meteorológicas vigentes na safra 2021/22.

Gráfico 1: Precipitação total (mm), temperatura média (°C) e umidade relativa do ar média entre o período de 10/11/2021 a 18/04/2022, durante a condução do experimento. Erechim/RS.



Fonte: Instituto Agroconnect e Inmet, 2022.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados (DBC), com 13 tratamentos e 4 repetições, totalizando 52 unidades experimentais, com dimensões de 3 m de largura por 5 m de comprimento (15 m²). O tratamento T1 consistiu na testemunha, o qual não recebeu nenhuma aplicação de fungicida, enquanto os tratamentos T2, T3, T4, T5, T6, T7, T8, T9, T10, T11, T12 e T13 receberam 3 aplicações de fungicidas ao longo do ciclo.

O tratamento de sementes foi composto pelo fungicida/inseticida metalaxil- m (20 g i.a. L⁻¹) + tiabendazol (150 g i.a. L⁻¹) + fludioxonil (25 g i.a. L⁻¹) + tiametoxam (350 g i.a. L⁻¹) na dose recomendada de 100 mL/100 kg de sementes com volume de calda de 500 mL/100 kg de sementes.

A semeadura foi realizada com semeadora de precisão em espaçamento de 0,50 m entrelinhas sendo a densidade de 19 sementes por metro linear, visando à obtenção de uma população final de 350.000 plantas ha⁻¹. A adubação de base foi feita com fertilizante mineral N-P-K, fórmula 02-20-20, na proporção de 350 kg ha⁻¹, conforme recomendação com base na análise de solo (SBCS, 2016) previamente realizada antes da semeadura.

Os tratamentos fungicidas avaliados (Quadro 1; Tabela 1) foram aplicados com auxílio de pulverizador costal pressurizado a CO₂, equipado com pontas cônicas TXA 8002 VK, com um espaçamento de 0,5 m entre pontas, regulado para obter uma vazão constante de 150 L ha⁻¹ em uma velocidade de 1 m s⁻¹. As aplicações de fungicidas foram realizadas buscando as melhores condições meteorológicas, com umidade relativa acima dos 70%, temperaturas amenas, e com a velocidade do vento entre 3 a 10 km/h.

Salienta-se que todos os fungicidas utilizados para a pesquisa estão devidamente regulamentados para a cultura da soja, conforme informações disponíveis no Sistema AGROFIT – MAPA (2022).

Quadro 1: Tratamentos e respectivos fungicidas utilizados para o controle da ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) em soja, cv. BMX Ativa, safra 2021/22.

TRATAMENTOS	FUNGICIDAS
T1	Testemunha sem fungicida
T2	1 ^a (benzovindiflupir + protioconazol) * + clorotalonil 2 ^a (benzovindiflupir + protioconazol) + mancozebe 3 ^a (difenconazol + ciproconazol) + clorotalonil
T3	1 ^a (benzovindiflupir + protioconazol) + clorotalonil 2 ^a (benzovindiflupir + protioconazol) + clorotalonil 3 ^a (difenconazol + ciproconazol) + clorotalonil
T4	1 ^a (benzovindiflupir + protioconazol) + mancozebe 2 ^a (benzovindiflupir + protioconazol) + mancozebe 3 ^a (difenconazol + ciproconazol) + clorotalonil
T5	1 ^a (benzovindiflupir + protioconazol) + clorotalonil + mancozebe 2 ^a (benzovindiflupir + protioconazol) + mancozebe + clorotalonil 3 ^a (difenconazol + ciproconazol) + clorotalonil

T6	1 ^a (bixafem + protioconazol + trifloxistrobina) + clorotalonil 2 ^a (bixafem + protioconazol + trifloxistrobina) + mancozebe 3 ^a (difenconazol + ciproconazol) + clorotalonil
T7	1 ^a (bixafem + protioconazol + trifloxistrobina) + clorotalonil 2 ^o (bixafem + protioconazol + trifloxistrobina) + clorotalonil 3 ^a (difenconazol + ciproconazol) + clorotalonil
T8	1 ^a (bixafem + protioconazol + trifloxistrobina) + mancozebe 2 ^a (bixafem + protioconazol + trifloxistrobina) + mancozebe 3 ^a (difenconazol + ciproconazol) + clorotalonil
T9	1 ^a (bixafem + protioconazol + trifloxistrobina) + clorotalonil + mancozebe 2 ^a (bixafem + protioconazol + trifloxistrobina) + mancozebe + clorotalonil 3 ^a (difenconazol + ciproconazol) + clorotalonil
T10	1 ^a (picoxistrobina + protioconazol) + clorotalonil 2 ^a (picoxistrobina + protioconazol) + mancozebe 3 ^a (difenconazol + ciproconazol) + clorotalonil
T11	1 ^a (picoxistrobina + protioconazol) + clorotalonil 2 ^a (picoxistrobina + protioconazol) + clorotalonil 3 ^a (difenconazol + ciproconazol) + clorotalonil
T12	1 ^a (picoxistrobina + protioconazol) + mancozebe 2 ^a (picoxistrobina + protioconazol) + mancozebe 3 ^a (difenconazol + ciproconazol) + clorotalonil
T13	1 ^a (picoxistrobina + protioconazol) + clorotalonil + mancozebe 2 ^a (picoxistrobina + protioconazol) + mancozebe + clorotalonil 3 ^a (difenconazol + ciproconazol) + clorotalonil

*Entre parênteses ingredientes ativos do mesmo produto comercial. 1^o Primeira aplicação. 2^o Segunda aplicação. 3^o Terceira aplicação.

Tabela 1: Doses dos ingredientes ativos dos fungicidas utilizados para o controle da ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) em soja, cv. BMX Ativa, safra 2021/22.

Fungicidas	i.a* ha ⁻¹ (g)
difenconazol + propiconazol ¹	25 + 25
clorotalonil	720
mancozebe	1.125
benzovindiflupir + protioconazol	33,75 + 67,5
bixafem + protioconazol + trifloxistrobina *	62,5 + 87,5 + 75
picoxistrobina + protioconazol	60 + 70,02
difenconazol + ciproconazol	75 + 45

*Adicionado 0,25 % v/v de adjuvante à base de óleo vegetal.

¹ Fungicida utilizado na aplicação zero.

Foi realizada a aplicação zero (aos 29 dias após a emergência) com difenoconazol + propiconazol no estágio vegetativo V3 (Tabela 2) a fim de reduzir inóculo de manchas foliares e de oídio, protegendo o baixeiro da planta e aproveitando o *timing* de aplicação para controle de plantas daninhas em estágio inicial com glifosato.

A primeira aplicação verdadeira (depois da aplicação zero em V3) foi realizada no estágio vegetativo (V6); a segunda aplicação foi realizada no estágio reprodutivo (R2) e a terceira aplicação realizada no estágio reprodutivo (R4) (Tabela 2). Não foi realizada uma quarta aplicação, pois não houve condições ambientais favoráveis para o desenvolvimento de ferrugem asiática durante o fim do ciclo da cultura. O intervalo entre cada aplicação foi de 14 dias (± 1 dia) em função das condições climáticas.

Tabela 2: Datas de aplicação de fungicidas, estádios fenológicos da cultura (cv. BMX Ativa) e dias após semeadura (DAS) na safra 2021/22 em Erechim/RS.

Datas de aplicações	Estádios	(DAS)*
16/12/2021	V3 ¹	36
06/01/2022	V6	57
20/01/2022	R2	71
03/02/2022	R4	85

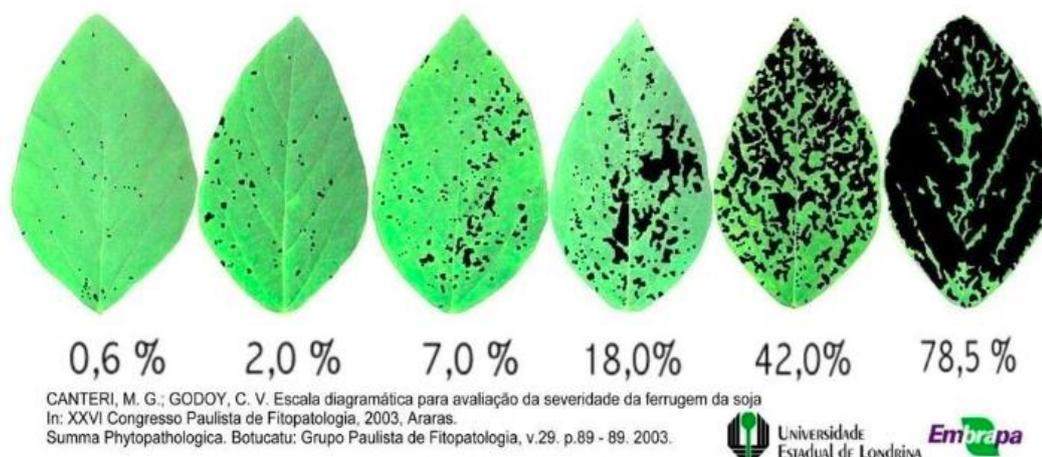
* Quantidade de dias após a semeadura.

¹ Aplicação zero

Os demais tratamentos culturais foram padronizados em todos os tratamentos. Sendo assim, em pós emergência, foi realizado o controle de insetos principalmente de vaquinha (*Diabrotica speciosa*) e lagarta-falsa-medideira (*Chrysodeixis includens*) pela alta pressão dos insetos durante o ciclo da soja, os inseticidas utilizados foram engeo plenoTM s (100 mL/ha), ampligo (100 mL/ha) e também o controle de plantas daninhas visando não ter competição por água, nutrientes, luz, espaço e CO₂.

Ao longo da condução do experimento, em cada avaliação de severidade de ferrugem asiática, foram observadas cinco amostras foliares (trifólios) por parcela, sendo os trifólios localizados no terço médio de plantas que estavam mais ao centro de cada parcela. A primeira avaliação foi feita antes da primeira aplicação e, a segunda, sete dias após cada aplicação de fungicida até a maturação fisiológica da cultura. Os trifólios avaliados foram comparados com a escala diagramática (Figura 1) de Godoy, Koga e Canteri (2006) para avaliação da severidade da ferrugem asiática da soja.

Figura 1: Escala diagramática para a avaliação de ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) em soja, expressa de acordo com a área foliar lesionada.



Fonte: Godoy et al. (2006).

A partir dos dados obtidos, com base na escala de severidade, foi possível determinar a área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD). Os valores de AACPD foram calculados conforme a equação composta por Campbell e Madden (1990):

$$AACPD = \sum \left\{ \left[\frac{Y_i + Y_{i+1}}{2} \right] x (t_{i+1} - t_i) \right\}, \text{ em que:}$$

Y_i e Y_{i+1} : valores de duas leituras consecutivas de severidade; e t_i e t_{i+1} : datas das duas leituras.

Para a determinação do número de vagens por planta e número de grãos por planta foi utilizada uma amostra de 5 plantas por parcela, coletadas aleatoriamente no momento da colheita.

Para a colheita, realizada em 18/04/2022, foi considerada uma área útil de parcela equivalente a 4,0 m². Esta foi realizada no momento em que todas as plantas de cada parcela não apresentavam mais folhas verdes e as amostras foram trilhadas com o auxílio de uma trilhadora estacionária de parcelas. Posteriormente, as amostras devidamente identificadas, foram encaminhadas para o Laboratório de Fitopatologia da UFFS – Campus Erechim, para a determinação de produtividade (kg ha⁻¹) e componentes de rendimento. Para a determinação de produtividade pesou-se o total de grãos colhidos na área útil de cada parcela. Para a determinação da umidade foi utilizado um medidor de umidade portátil e cada amostra foi corrigida para 13%.

Os dados obtidos foram tabulados e submetidos a análise de variância pelo teste

F ($p \leq 0,05$) e, quando significativos, realizou-se o teste de Scott knott ($p \leq 0,05$) para comparação de médias. As análises foram efetuadas com o auxílio do *software* estatístico SISVAR versão 5.6 (FERREIRA, 2011).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Verificando os dados da área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) e do controle da doença (Tabela 1), constatou-se que houve diferença estatística entre tratamentos que receberam fungicidas e a testemunha T1 que não recebeu fungicidas. Salientando que na área experimental da UFFS – Campus Erechim, a doença ocorreu tardiamente, pois o baixo volume de chuvas, tais como o ocorrido no período de condução do experimento, interfere negativamente para o patógeno se desenvolver, uma vez que o aumento de precipitação e orvalho são favoráveis para a evolução da doença (NUNES et al., 2018).

Tabela 3: Área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) e controle (%) de ferrugem asiática em soja, cv. BMX Ativa, após a aplicação de fungicidas a base de protioconazol com multissítios. UFFS, Erechim/RS.

Tratamento	AACPD	Controle (%)
T1	36,05 f ^l	0,00 h
T2	7,26 b	80,00 c
T3	4,98 a	86,16 b
T4	9,45 c	73,79 d
T5	4,11 a	88,59 a
T6	13,06 e	63,83 f
T7	11,20 d	68,93 e
T8	9,53 c	73,54 d
T9	7,61 b	78,88 c
T10	10,85 d	69,90 e
T11	13,47 e	62,62 g
T12	12,68 e	64,80 f
T13	7,52 b	80,00 c
Média Geral	11,36	68,46
C.V. (%) [*]	6,04	1,00

¹ Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$). *C.V. (%): coeficiente de variação.

Conforme o gráfico 1, nos meses de novembro e dezembro houve um volume de chuvas muito abaixo do normal nas primeiras fases de desenvolvimento da cultura. A precipitação só voltou a normalidade de janeiro em diante. Sendo assim, a estiagem severa acabou prejudicando as plantas de soja impedindo o crescimento e desenvolvimento das mesmas por um tempo, alongando o ciclo da cultura posteriormente.

O acumulado de chuvas em seis meses foi de 815,3 mm. Ressaltando que a semeadura foi realizada em 10 de novembro de 2021 e a colheita mais tardia em virtude da estiagem nos dois primeiros meses, como já mencionado acima, foi realizada em 18 de abril de 2022. Segundo o Atlas Climático do Rio Grande do Sul (2011) as médias históricas para Erechim – RS é de um acumulado de 893,6 mm (novembro a abril).

Nas primeiras nove avaliações (113 dias após a semeadura) não foi constatada presença da doença em nenhum tratamento, uma vez que não havia condições climáticas favoráveis no período em questão, o que favoreceu também para menores valores de severidade. No entanto, a partir da décima avaliação (35 dias após a terceira e última aplicação de fungicidas e 120 dias após a semeadura) foi constatada a incidência da doença apenas nas parcelas testemunha (sem aplicação de fungicidas). Finalmente, nas duas últimas avaliações, obteve-se diferentes porcentagens de severidade de ferrugem asiática entre todos os tratamentos.

A primeira aplicação de fungicidas foi realizada no estágio V6 (sexto trifólio desenvolvido), propiciando uma melhor distribuição e uniformidade do produto no dossel em virtude das linhas não estarem fechadas atingindo até as camadas mais inferiores das plantas (GARCÉS-FIALLOS et al., 2013).

Todos os tratamentos apresentaram severidade inferior a testemunha, sem controle. Os tratamentos que melhor conferiram controle da doença foram T5; T3; T2 e T13 com porcentagens iguais ou superiores a 80%. Fazendo uma comparação entre o tratamento com fungicida que mais apresentou controle (T5) com o que menos conferiu controle (T11), a diferença foi de 25,97%, ou seja, com diferentes produtos e misturas pode-se obter diferentes porcentagens de controle da doença.

Todos os tratamentos que apresentaram controle igual ou superior a 80% tiveram associações, em todas as aplicações, com fungicidas protetores, ou seja, evidenciando a importância dessas associações com fungicidas sítio-específicos para contribuir de forma

sinérgica no controle da ferrugem asiática e para redução da resistência do patógeno a esses fungicidas sistêmicos.

O emprego de mancozebe com associação de fungicidas sítio específicos vem contribuindo no controle da ferrugem asiática, fato este comprovado por Silva et al. (2015). Esses autores relataram que o mancozebe tem potencial para cumprir seu papel protetivo com misturas de fungicidas sistêmicos, como estratégia de reduzir a pressão de seleção de resistência dos fungos.

Parreira et al. (2018) ressaltaram que os fungicidas sistêmicos que receberam clorotalonil, fungicida multissítio, apresentaram as menores severidades de ferrugem asiática, comprovando essa tendência no manejo de doenças que é a mistura de fungicidas sistêmicos com multissítios (protetores).

Reis et al., (2020) salientam que a redução do controle da ferrugem asiática pelo uso de fungicidas sítio-específico isolado foi evidenciada e a adição do mancozebe junto com o sítio-específico pode recuperar a eficácia. Assegurando um controle superior a 80% com no mínimo 0,3 L/ha de protioconazol + 2,0 kg/ha de mancozebe, equivalendo a 75 g i.a./ha de protioconazol + 1500 g i.a./ha de mancozebe.

Para o controle de doenças em soja, dispõe-se, quase que totalmente, de apenas fungicidas sítio-específicos, consistindo em ativos com um único ponto de ação da via metabólica do patógeno ou proteína necessária para o fungo (GODOY et al., 2015).

Para a variável número de vagens por planta, não obteve-se diferença estatística significativa (Tabela 4). De acordo com Navarro et al. (2002) o número de vagens depende do balanço entre a produção de flores e a fixação de legumes. O abortamento de flores em anos de estresse hídrico é elevado variando de 27% a 84% de perda (SHARMA et al., 1990), característica observada nesta safra, em que as condições de precipitações foram desfavoráveis nos estádios V1 até meados de R2.

Com relação ao número de grãos por planta (Tabela 4) não ocorreu variação para os tratamentos. Provavelmente pelo fato das condições climáticas não estarem favoráveis nos primeiros estádios vegetativos, em que ocorre a definição dos componentes de rendimento da cultura. Ressaltando que os valores de número de grãos por planta são diretamente influenciados pelo número de vagens por planta.

Tabela 4: Número de grãos por planta (NGP) e número de vagens por planta (NVP) em soja, cultivar BMX Ativa, após a aplicação de fungicidas a base de prothioconazol com multissítios para controle de ferrugem asiática. UFFS, Erechim/RS.

Tratamento	NGP	NVP
T1	77,57 ^{ns}	33,37 ^{ns}
T2	80,25	35,65
T3	84,40	38,00
T4	89,32	41,85
T5	88,70	38,45
T6	89,10	38,65
T7	82,75	37,60
T8	83,25	36,85
T9	82,90	37,60
T10	83,17	43,40
T11	86,80	39,90
T12	87,55	38,70
T13	89,05	40,85
Média Geral	84,98	38,50
C.V. (%)*	12,65	15,98

^{ns} não significativo. *C.V. (%): coeficiente de variação.

Já para a variável peso de mil grãos (Tabela 5) todos os tratamentos que receberam aplicações de fungicidas diferiram estatisticamente da testemunha (T1). Comparando a diferença de peso de mil grãos entre a testemunha e o tratamento com maior peso de mil grãos (T5), obteve-se 24 gramas de diferença. Quando se compara o tratamento com aplicações de fungicidas que obteve o menor peso de mil grãos (T11), 181, 89 g, em relação a testemunha (T1), denota-se uma diferença de 16,88 g. Botega et al. (2020) observaram que o uso de fungicidas protetores, principalmente o mancozebe, associados aos fungicidas sistêmicos, confere as plantas um maior recobrimento das folhas, o que garante a sanidade por um maior período e, conseqüentemente, um maior acúmulo de fotoassimilados, servindo de energia para a planta encher o grão de forma eficaz.

A testemunha apresentou menor peso de mil grãos pelo fato de ter ocorrido desfolha precoce em virtude da ocorrência da ferrugem asiática e, também, outras doenças

de final de ciclo. Plantas bastante infectadas apresentam desfolha precoce, comprometendo a formação, o enchimento das vagens e, conseqüentemente, o peso de mil grãos (GRIGOLLI, 2016).

Tabela 5: Peso de mil grãos (PMG, g) e produtividade (kg ha⁻¹) em soja, cv. BMX Ativa, após a aplicação de fungicidas a base de protioconazol com multissítios para controle de ferrugem asiática. UFFS, Erechim/RS.

Tratamento	PMG (g)	Produtividade (kg ha ⁻¹)
T1	165,01 b ¹	3526,33 h
T2	184,77 a	4060,50 e
T3	183,24 a	4155,94 d
T4	186,93 a	4088,78 e
T5	189,82 a	4438,18 a
T6	183,06 a	4087,40 e
T7	182,89 a	3989,22 f
T8	186,58 a	4191,45 c
T9	188,69 a	4236,28 b
T10	182,05 a	3960,79 f
T11	181,89 a	3813,59 g
T12	188,43 a	4083,95 e
T13	187,74 a	4214,16 b
Média Geral	183,93	4065,12
C.V. (%)*	3,02	0,48

¹ Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott (p ≤ 0,05). *C.V. (%): coeficiente de variação.

Para a variável produtividade houve diferença estatística entre todos os tratamentos, o tratamento T5 assegurou maior produtividade com 4438,18 kg ha⁻¹ e diferiu de todos os demais tratamentos. Este tratamento, se comparado com a testemunha (T1; 3526,33 kg ha⁻¹) garantiu 911,85 kg ha⁻¹ (+25,86%). Em relação aos tratamentos T9 e T13, quando comparados com a testemunha, apresentaram produtividade de 4236,28 kg ha⁻¹ (+20,13%) e 4214,16 kg ha⁻¹ (+19,50%), respectivamente, não diferindo estatisticamente entre si. Tais resultados também foram evidenciados por Reis et al. (2020) no qual a produtividade da soja, considerando três aplicações com protioconazol,

isolado foi de 4.397 kg ha⁻¹; e quando adicionado doses de 2,0 a 3,0 kg ha⁻¹ de mancozebe, o rendimento aumentou em 4.810 e 4.857 kg ha⁻¹, respectivamente.

Cerezolli et al. (2018) avaliando em seu trabalho a eficiência de fungicidas multissítios utilizados na cultura da soja, visando o controle da ferrugem asiática, em relação a variável resposta rendimento, constataram que o tratamento que mais assegurou produtividade foi o que continha mancozebe (6098,40 kg ha⁻¹; 101,64 sacas de média). Já com o clorotalonil, produziu-se 5742,0 kg ha⁻¹ (95,70 sacas), seguido pelo oxicloreto de cobre, com 5354,6 kg ha⁻¹ (89,41 sacas); e a testemunha com rendimento de 4892,4 kg ha⁻¹ (81,54 sacas), assemelhando-se em partes aos resultados encontrados no presente estudo.

Todos os tratamentos citados acima que atingiram maior produtividade também apresentaram os melhores controles da doença; portanto, o uso de fungicidas sistêmicos com misturas de protioconazol associados com mancozebe e clorotalonil contribuíram para assegurar melhores controles de severidade da ferrugem asiática e, com isso, proporcionaram maiores produtividades.

Corroborando com as informações encontradas por Alves e Juliatti (2018), quando avaliaram fungicidas no manejo da ferrugem asiática da soja, e por Reis et al. (2020), que estudaram o controle da ferrugem com três aplicações de protioconazol isolado (0,5 L/ha) sem mancozebe obtiveram um controle de 60% da doença. Já quando associados com mancozebe, houve um aumento de 79% para 81% de controle com as doses de 2,0 e 3,0 kg/ha, respectivamente. Com um intervalo de aplicações de 12 a 14 dias.

Portanto, obteve-se resultados bastante promissores especialmente no que tange ao rendimento da cultura, permitindo concluir que o uso de fungicidas protetores é um investimento viável para o controle da ferrugem asiática. De acordo com Machado et al. (2022), os fungicidas multissítios, como mancozebe, clorotalonil e oxicloreto de cobre, são opções que apresentam risco mínimo de resistência, para o manejo de *P. pachyrhizi* pois, além de serem eficazes, apresentam resposta no rendimento e na lucratividade da cultura e ainda preservam o tempo de vida de fungicidas de sítio específicos (fungicidas inibidores de desmetilação (DMI), inibidores externos de quinona (QoI) e inibidores da succinato desidrogenase (SDHI)).

Logo, o produtor poderá escolher um desses manejos químicos que mais asseguraram produtividade visando a segurança no controle da doença nas lavouras de soja e maior rentabilidade. É de suma importância que sejam adotadas estratégias

combinadas sempre procurando aumentar o tempo de uso das tecnologias diminuindo casos de resistências e, também, os efeitos prejudiciais dos fungicidas ao meio ambiente.

CONCLUSÃO

A mistura de protioconazol + benzovindiflupir tem melhor eficácia na redução da severidade da doença, menor AACPD e maior produtividade. A testemunha possui maior porcentagem de severidade, menor produtividade e maior porcentagem de desfolha.

A utilização de fungicidas sistêmicos com misturas de protioconazol associados com os fungicidas multissítios mancozebe e clorotalonil é benéfica para diminuir a severidade da ferrugem asiática.

O tratamento T5 assegura o melhor controle da ferrugem asiática, com 88,59%, assim como a maior produtividade, 4438,18 kg ha⁻¹.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, V. M. et al. Fungicidas no manejo da ferrugem da soja, processos fisiológicos e produtividade da cultura. **Summa Phytopathologica**, v. 44, p. 245-251, 2018.
- ALVES, S. A. M. et al. Influência das condições climáticas sobre a ferrugem da soja. **Ferrugem asiática da soja**, p. 37-59, 2006.
- ARAUJO, M. M. et al. Characterization of soybean genotypes for Asian soybean rust reaction. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 10, p. 197-203, 2010.
- ALVES, V. M. et al. Fungicidas no manejo da ferrugem da soja, processos fisiológicos e produtividade da cultura. **Summa Phytopathologica**, v. 44, p. 245-251, 2018.
- BRAGA, K. et al. Sensibilidade de populações de *Phakopsora pachyrhizi* ao fungicida protioconazol. **Summa Phytopathologica**, v. 46, p. 150-154, 2020.
- BOTEGA, A. S. et al. Mancozebe no programa de manejo da ferrugem asiática da soja. **Revista Cultivando o Saber**, v. 13, n. 3, p. 57-73, 2020.
- CERUTTI, F. C. et al. MANEJO QUÍMICO DA FERRUGEM ASIÁTICA DA SOJA. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, v. 7, n. 11, p. 244-256, 2021.
- CONAB: Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos. Monitoramento Agrícola**. Safra 2021/22. 2022.
- CEREZOLLI, L. et al. Eficiência de fungicidas multisítios utilizados na cultura da soja visando o controle da ferrugem asiática. **Anuário Pesquisa e Extensão Unoesc São Miguel do Oeste**, v. 3, p. e17419-e17419, 2018.
- CEMETRS - Centro Estadual de Meteorologia. 2012. Caracterização das condições climáticas, meteorológicas e da produção agrícola da região de Santa Rosa. Nota Técnica n. 06. Porto Alegre, Brasil: Fepagro; p. 12.
- DALLA, L. et al. Meta-analytic modeling of the decline in performance of fungicides for managing soybean rust after a decade of use in Brazil. **Plant disease**, v. 102, n. 4, p. 807-817, 2018.
- Embrapa. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. (2013) 'Tecnologias de produção de soja: Região Central do Brasil 2014.' (Londrina: Embrapa Soja).
- FARIAS, J.R.B. et al. Necessidades climáticas. Londrina – PR, Embrapa – CNPSo, 2007. Disponível em https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/soja/arvore/CONTAG01_20_271020069131.html> Acesso em: 19 mai. 2022.
- FERREIRA, D. F. **Sisvar**: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n.6, p. 1039-1042, 2011.

GARCÉS-FIALLOS, F.R. et al. Controle comparativo da ferrugem asiática da soja com fungicida triazol ou mistura de triazol + estrobilurina. **Revista Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 29, n. 4, p. 805-815, 2013.

GRIGOLLI, J.F.J.et al. **Manejo de doenças na cultura da soja**, 2014. Disponível em <<http://www.fundacaoms.org.br/base/www/fundacaoms.org.br/media/attachments/216/216/newarchive-216.pdf>>. Acesso em: 19 de mai. 2022.

GRIGOLLI J. F. J. **Manejo de doenças na cultura da soja**. Tecnologia e Produção: Soja 2015/2016.

GODOY, C. V. et al. Eficiência de fungicidas para o controle da ferrugem-asiática da soja, *Phakopsora pachyrhizi*, na safra 2019/2020: resultados sumarizados dos ensaios cooperativos. **Embrapa Soja-Circular Técnica (INFOTECA-E)**, 2020.

GODOY, C. M. et al. Eficiência de fungicidas para o controle da mancha-alvo, *Corynespora cassiicola*, na safra 2014/15: resultados sumarizados dos ensaios cooperativos. Londrina: Embrapa soja. 2015. (Circular Técnica, 112).

GODOY, C. V. et al. Eficiência de fungicidas para o controle da ferrugem-asiática da soja, *Phakopsora pachyrhizi*, na safra 2012/13: resultados sumarizados dos ensaios cooperativos. **Embrapa Soja-Circular Técnica (INFOTECA-E)**, 2013.

MACHADO, F. J. et al. Is tank mixing site-specific premixes and multi-site fungicides effective and economic for managing soybean rust? a meta-analysis. **Crop Protection**, v. 151, p. 105839, 2022.

MELCHING, J. S. et al. Effects of duration, frequency, and temperature of leaf wetness periods on soybean rust. **Plant Disease**, v. 73, n. 2, p. 117-122, 1989.

INMET: Instituto Nacional de Meteorologia. **Dados Meteorológicos**. 2021. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/>. Acesso em: 15 abr. 2022.

INMET: Instituto Nacional de Meteorologia. **Dados Meteorológicos**. 2022. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/>. Acesso em: 16 abr. 2022.

INSTITUTO AGROCONNECT: **Dados meteorológicos**. Erechim. 2021/2022.

NAVARRO JUNIOR, H. M. et al. Contribuição relativa dos componentes do rendimento para produção de grãos em soja. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v.37, n.3, p. 269-274, 2002.

NASCIMENTO, J.M. et al. Manejo da ferrugem asiática da soja com aplicações de fungicidas iniciadas na detecção do patógeno ou posteriores. **Agrarian**, v. 11, n. 39, p. 42-49, 2018.

NUNES, C. D. M. et al. **Validação de Modelo de Previsão de Ocorrência da Ferrugem Asiática da Soja com Base em Precipitação Pluviométrica**. Circular Técnica, 199, Embrapa, Pelotas, 2018. Disponível em:

<<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/190270/1/CIRCULAR-199.pdf>>. Acesso em: 19 mai. 2022.

PARREIRA, J. B. et al. Controle químico de ferrugem asiática na cultura da soja (Glicine max) –Safr 16/17. **Summa Phytopathologica**, v. 44, 2018.

REIS, E. M. et al. Desempenho do protioconazol isolado ou adicionado ao mancozebe no controle da ferrugem asiática da soja. **Summa Phytopathologica**, v. 46, n. 4, p. 345-347, 2020.

REIS, D. A soja. APROSOJA, 2018. Disponível em <<https://aprosojabrasil.com.br/a-soja/>> Acesso em: 23 de mai. 2022.

RODRIGUES, M. A. T. Classificação de fungicidas de acordo com o mecanismo de ação proposto pelo FRAC. 2006. 249 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, 2006.

SBCS- Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. **Manual de calagem e adubação:** para os estados do rio grande do sul e de santa catarina. 11. ed.: Comissão de Química e Fertilidade do Solo, 2016. 354 p.

SILVA, L. H. C. P. et al. Controle da ferrugem asiática da soja com mancozebe um fungicida multissítio. **Summa Phytopathologica**, v.41, n.1, p.64-67, 2015.

SHARMA, K. P. DYBING, C. D.; LAY, C. Soybean flower abortion: genetics and impact on selection on seed yield. **Crop Science**, Madison, v.30, n.5, p.1017-1022, 1990.

WREGGE, M. S. et al. **Atlas climático do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Fepagro, 2011. 196 p. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/316994347_Atlas_climatico_do_Rio_Grande_do_Sul. Acesso em: 12 mai. 2022.

ZAMBOLIM, L. et al. Manejo de Resistência de Fungos a Fungicidas. Viçosa, MG: UFV, DEP, 2007. 168p.