

**FUNGICIDA PROTETOR ASSOCIADO COM FUNGICIDAS
MESOSTÊMICOS E CURATIVOS NO CONTROLE DA FERRUGEM
ASIÁTICA DA SOJA****PROTECTOR FUNGICIDE ASSOCIATED WITH MESOSTEMIC AND
CURATIVE FUNGICIDE ON THE CONTROL OF SOYBEAN RUST****João Henrique Castaldo^{1*}** ; **Ricarty Pereira da Silva²** ; **Antonio Nolla³**

^{1,2,3} Universidade Estadual de Maringá, Departamento de Ciências Agrônômicas, Campus Regional de Umuarama. *Autor
Correspondente: castalldojh@gmail.com

Recebido 18/12/2022

Aceito 19/05/2023

Publicado: 19/12/2023

Resumo:

O trabalho teve como objetivo avaliar o controle da ferrugem asiática da soja utilizando o fungicida protetor Mancozebe associado com fungicidas curativos. O ensaio foi conduzido a campo, utilizando delineamento em blocos casualizados, com cinco repetições. Os tratamentos avaliados foram: associação do fungicida protetor (Mancozebe 1.500 g i.a. ha⁻¹) com fungicidas curativos (Picoxistrobina 66 g i.a. ha⁻¹ + Ciproconazole 26 g i.a. ha⁻¹ e Azoxistrobina 100 g i.a. ha⁻¹ + Benzovindiflupir 50 g i.a. ha⁻¹), fungicida protetor sem associação, fungicidas curativos sem associação e um tratamento testemunha, sem controle. Avaliou-se a incidência da doença, o controle e a fitotoxicidade dos fungicidas que foram aplicados no estádios R1, R3 e R5 da cultura. Avaliou-se a produtividade de grãos e a redução na produtividade resultante do ataque da doença. O Mancozebe, de forma isolada e aplicado 3x, proporcionou eficiência semelhante ao seu uso em associação com os demais fungicidas. A associação do Mancozebe com os fungicidas mesostêmicos e curativos proporcionou incremento no controle da doença. O Mancozebe como única forma de controle da doença, aplicado 1x durante o ciclo, não promoveu controle suficiente da doença, que provou queda de 35,80% na produtividade.

Palavras-chave: Glycine max; Mancozebe; *Phakopsora pachyrhizi*; Produtividade.**Abstract:**

The objective of this paper was to evaluate the control of soybean rust using the protective fungicide Mancozeb associated with curative fungicides. The trial was conducted in the field, using a randomized block design, with five replications. The evaluated treatments were: association of protective fungicide (Mancozeb 1,500 g a.i. ha⁻¹) with curative fungicides (Picoxystrobin 66 g a.i. ha⁻¹ + Cyproconazole 26 g a.i. ha⁻¹ and Azoxystrobin 100 g a.i. ha⁻¹ + Benzovindiflupyr 50 g a.i. ha⁻¹), protective fungicide without association, curative fungicides without association and a control treatment, without control. The disease incidence, control and phytotoxicity of the fungicides, that were applied at the R1, R3 and R5 stages of the crop, were evaluated. Grain yield and yield reduction resulting from disease attack were evaluated. Mancozeb alone, applied 3x, provided efficiency similar to its use and in association with other fungicides. The association of Mancozeb with mesostemic and

curative fungicides provided an increase in disease control. Mancozeb, as the only form of disease control, applied once during the cycle, did not promote sufficient disease control, which resulted in a 35.80% drop in productivity.

Keywords: Glycine max; Mancozebe; *Phakopsora pachyrhizi*; Grain Yield.

1. Introdução

O complexo de negócios envolvendo a cultura da soja (*Glycine max*) ocupa a maior área cultivada no país (CONAB, 2022) e maior percentual de contribuição ao PIB nacional (Bezerra et al., 2022), demonstrando a importância do cultivo para a economia nacional e evidenciando a necessidade de mecanismos de proteção à cultura, para que este status se mantenha positivo.

A interferência de fatores bióticos e abióticos durante o desenvolvimento da cultura, especialmente na fase reprodutiva são os principais determinantes da produtividade de grãos, não só no Brasil, mas mundialmente (Khan et al., 2019; Savary et al., 2019), em que as doenças foliares, se apresentam como um destes fatores determinantes à obtenção de elevados rendimentos, acarretando em perdas entre 15, 20, podendo chegar a 80%, em função da sua ocorrência e severidade (Sikora et al. 2014; Dalla Lana et al. 2018), com destaque para doenças fúngicas, como a ferrugem-asiática (Sinclair et al., 1999; Balardin, 2002), uma doença causada pelo fungo *Phakopsora pachyrhizi*, que ataca a cultura a partir do florescimento, provocando danos nas folhas, vagens e grãos, podendo resultar em perdas de 10 a 80% (Godoy et al., 2006).

A doença se manifesta, preferencialmente, em temperaturas médias menores que 26°C e alta umidade. Os sintomas iniciais são pequenas lesões foliares, de coloração castanha a marrom-escura. Quanto mais cedo sua ocorrência se apresentar, maior serão as perdas em produtividade e qualidade dos grãos. As perdas podem se iniciar já no surgimento das lesões e agravam-se com o desfolhamento da planta (Anahosur & Waller, 1976).

O manejo da ferrugem-asiática da soja é realizado por meio de medidas conjuntas, sejam de forma preventiva ou curativa. Entretanto, com o negligenciamento de medidas protetivas, o controle se torna basicamente curativo, que atualmente é o mais utilizado pelos produtores brasileiros (Netto et al., 2020).

A partir da safra 2007/08 foi observada uma redução na eficiência dos fungicidas para o controle da doença, está menor eficiência pode ser associada à seleção de populações do fungo menos sensíveis aos fungicidas (Godoy et al., 2022). Com isso o número de aplicações de fungicidas vem aumentando, resultando em aumento no custo de produção, demandando atualizações no pacote tecnológico de controle da ferrugem asiática, como a introdução de fungicidas com diferentes modos de ação, como os fungicidas protetores, que podem ser utilizados em associação aos fungicidas curativos e mesostêmicos.

A associação entre fungicidas protetivos, mesostêmicos e curativos tem sido amplamente estudada como uma estratégia para maximizar o controle da ferrugem asiática da soja. A combinação desses produtos pode oferecer vantagens significativas em relação ao uso individual de cada tipo de fungicida. Por exemplo, a aplicação de fungicidas protetivos pode prevenir a infecção inicial pelo fungo, enquanto a aplicação de fungicidas mesostêmicos e curativos pode controlar a disseminação da doença em tecidos infectados e em outras partes da cultura (Netto et al., 2020; Godoi et al., 2022; Mello et al., 2022).

Os fungicidas protetores são moléculas químicas que atuam na germinação de esporos fúngicos e atuam em diversos sítios de ação, sendo denominados de fungicidas multi-sítio (McGrath, 2016). Seu uso deve ter preferência em alternância com fungicidas curativos ou ainda, em associação destes, sendo que os protetivos devem ser utilizados nas primeiras pulverizações, de maneira preventiva. Os fungicidas protetores têm trazido mais sanidade, redução nas formas resistentes, mais qualidade na proteção e mais produtividade às lavouras brasileiras (Juliatti, 2015).

Por outro lado, os fungicidas mesostêmicos e curativos, possuem ação sítio-específica, o que eleva a pressão de seleção e possibilita a queda de eficiência destes, em caso de uso repetitivo ao longo do tempo, sem a devida rotação de mecanismos de ação (McGrath, 2016; ABAG, 2020), demandando uma sinergia entre os fungicidas disponíveis no mercado, na busca por uma sustentabilidade do controle da doença.

Entretanto, por se tratar de uma estratégia prévia à infecção das lavouras com o fungo e conseqüentemente, da doença, o uso dos fungicidas protetores ainda é controverso entre os produtores e seu posicionamento carece de ajustes quanto ao número de aplicações, eficiência relativa e necessidade ou não de associação aos demais fungicidas. Diante disto, este trabalho teve como objetivo avaliar a introdução de um fungicida protetivo nos protocolos padrões do mercado de controle de ferrugem, compostos por misturas de estrobilurinas e carboxamidas, avaliando sua eficiência no controle e na produtividade obtida na cultura de soja, com a sua utilização.

2. Material e Métodos

O ensaio foi conduzido a campo, no município de Assis Chateaubriand-PR, com coordenadas geográficas: latitude de 24°17'13.68"S e longitude de 53°34'23.67"O, em altitude de 312 metros acima do nível do mar.

O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho Eutroférico típico (EMBRAPA, 2018) e apresentava pH em CaCl₂ de 4,20; 7,20 cmolc dm⁻³ de H⁺⁺Al⁺³; 2,18 cmolc dm⁻³ de Ca⁺², 1,21 cmolc dm⁻³ de Mg⁺²; 0,34 cmolc dm⁻³ de K⁺; 29,57 mg dm⁻³ de P; 14,53 g dm⁻³ de M.O.; 15,00% de areia; 12,50% de silte e 72,50% de argila.

A semeadura da soja, cultivar DM6563 RSF IPRO, tratadas com o fungicida Piraclostrobin (200 ml i.a. 100 kg⁻¹ de sementes) ocorreu no mês de Dezembro de 2019, sendo distribuídas 20 sementes por metro, com espaçamento entre linhas de 0,45 m. A adubação de base consistiu de 268 kg ha⁻¹ do formulado 02-20-18 (N-P-K), distribuídos na linha de semeadura (Pauletti & Motta, 2019). Para o controle de plantas daninhas foi realizado uma aplicação do herbicida Glyphosate na dose de 720 g i.a. ha⁻¹ e para controle de percevejos, foram realizadas aplicações de inseticida Tiametoxam 28,2 g i.a ha⁻¹ + Lambda-Cialotrina 21,2 g i.a ha⁻¹.

O experimento conduzido entre os meses de Dezembro de 2019 a Abril de 2019. O delineamento utilizado foi de blocos ao acaso, com sete tratamentos e quatro repetições, em que as parcelas mediam 3 m de largura e 6 m de comprimento, totalizando 18 m². No momento das avaliações, considerou-se 0,50 m de cada extremidade e uma linha de cada lateral das unidades experimentais, como bordadura.

Os tratamentos consistiram de fungicidas protetivos, fungicidas mesostêmicos, fungicidas curativos, aplicados isoladamente e/ou em associação (Tabela 1).

Tabela 1. Tratamentos e respectivas doses avaliadas no experimento com fungicidas, para o controle de *Phakopsora pachyrhizi* na cultura da soja.

Table 1. Treatments and their evaluated doses on the fungicide trial in order to control *Phakopsora pachyrhizi* in the soybean crop.

Tratamento	Fungicidas utilizados	Dose utilizada por aplicação	Modalidade de aplicação ^{1/}
Testemunha	Sem controle	--	--
Mancozebe 1x	Mancozebe*	1.500 g i.a. ha ⁻¹	Pós
Mancozebe 3x	Mancozebe*	1.500 g i.a. ha ⁻¹	Pós
Mancozebe + Estrobilurina	Mancozebe* + (Picoxistrobina+Ciproconazole)*	1.500 g + (60+24) mL i.a. ha ⁻¹	Pós
Mancozebe + Carboxamida	Mancozebe* + (Azoxistrobina+Benzovindiflupir)*	1.500 g + (60+30) g i.a. ha ⁻¹	Pós
Estrobilurina	Picoxistrobina+Ciproconazole*	60+24 mL i.a. ha ⁻¹	Pós
Carboxamida	Azoxistrobina+Benzovindiflupir*	60+30 g i.a. ha ⁻¹	Pós

^{1/} PÓS = aplicação terrestre em pós-emergência da cultura.

*Adicionado adjuvante 0,5% v/v.

As aplicações fungicidas foram realizadas com pulverizador costal de pressão constante à base de CO₂, equipado com barra de 6 pontas tipo leque XR-110.02, sob pressão de 2,0 kgf cm⁻² que proporciona volume de calda de pulverização de 200 L ha⁻¹. Foram realizadas três aplicações fungicidas, sendo a primeira no estágio fenológico R1, a segunda no R3, e a terceira em R5, conforme cronograma sugerido pelos fabricantes dos fungicidas curativos e mesostêmicos (Tabela 2).

Tabela 2. Esquema das aplicações dos tratamentos utilizados para o controle de *Phakopsora pachyrhizi* na cultura da soja e dados climatológicos dos momentos das aplicações realizadas.

Table 2. Spraying scheme of the evaluated treatments to control *Phakopsora pachyrhizi* on the soybean crop and the climate data at the spray moments.

Tratamento	Número da aplicação e estádios fenológico correspondente		
	1ª aplicação (R1)	2ª aplicação (R3)	3ª aplicação (R5)
Testemunha	--	--	--
Mancozebe 1x	Mancozebe*	--	--
Mancozebe 3x	Mancozebe*	Mancozebe*	Mancozebe*
Mancozebe + Estrobilurina	Mancozebe*	Picoxistrobina+ Ciproconazole*	Picoxistrobina+ Ciproconazole*
Mancozebe + Carboxamida	Mancozebe*	Azoxistrobina+ Benzovindiflupir*	Azoxistrobina+ Benzovindiflupir*
Estrobilurina	--	Picoxistrobina+ Ciproconazole*	Picoxistrobina+ Ciproconazole*
Carboxamida	--	Azoxistrobina+ Benzovindiflupir*	Azoxistrobina+ Benzovindiflupir*
Dados de aplicação	1ª aplicação	2ª aplicação	3ª aplicação
Data	10/02/2020	25/02/2020	12/03/2020
Estádio da cultura	R1	R3	R5
Hora inicial da aplicação(h:min)	09:50	09:40	10:00
Hora final da aplicação (h:min)	10:10	10:05	10:55
Umidade relativa inicial (%)	80,0	77,0	82,0
Umidade relativa final (%)	75,0	75,0	78,0
Vento inicial (km/h)	4,5	3,0	2,0
Vento final (km/h)	3,0	4,0	2,0
Temperatura inicial °C	25,3	27,2	28,9
Temperatura final °C	25,8	27,8	29,0
Céu	Parcialmente Nublado	Céu limpo	Céu limpo
Umidade do solo	Úmido	Pouco úmido	Pouco úmido

¹ Observações realizadas com uso de Estação Meteorológica Davis Vantage Pro2 – 6162 * Adicionado adjuvante 0,5% v/v.

As variáveis analisadas foram: Incidência de *Phakopsora pachyrhizi* em dez folhas trifoliadas por parcela, coletadas ao acaso no terço médio e superior da planta em seis momentos: Nos estádios fenológicos R1, R3, e R5, concomitantemente com as pulverizações realizadas e aos 7, 14, e 21 dias após a última aplicação (DAUA). Para determinação de incidência do fungo admitiu-se a presença de urédias na porção abaxial das folhas.

A porcentagem de severidade foi avaliada em dez folhas trifoliadas por parcela, coletando-as ao acaso no terço médio e superior a planta, nos mesmos momentos das avaliações de incidência, sendo as notas de severidade atribuídas em porcentagem de área foliar com sintomas da doença (Godoy et al, 2006); Fitotoxicidade dos fungicidas na cultura aos 7 e 14 dias após a terceira aplicação por meio da escala descrita pelo EWRC (1964) e Percentual de controle relativo ao percentual da severidade da doença, de acordo com a Equação (1).

$$(1) \%Controle = \left(1 - \frac{\%SevT_n}{\%SevT_t}\right) \times 100$$

Em que:

%SevT_n: porcentagem de severidade observada no *n*ésimo tratamento.

%SevT_t: porcentagem de severidade observada no tratamento testemunha.

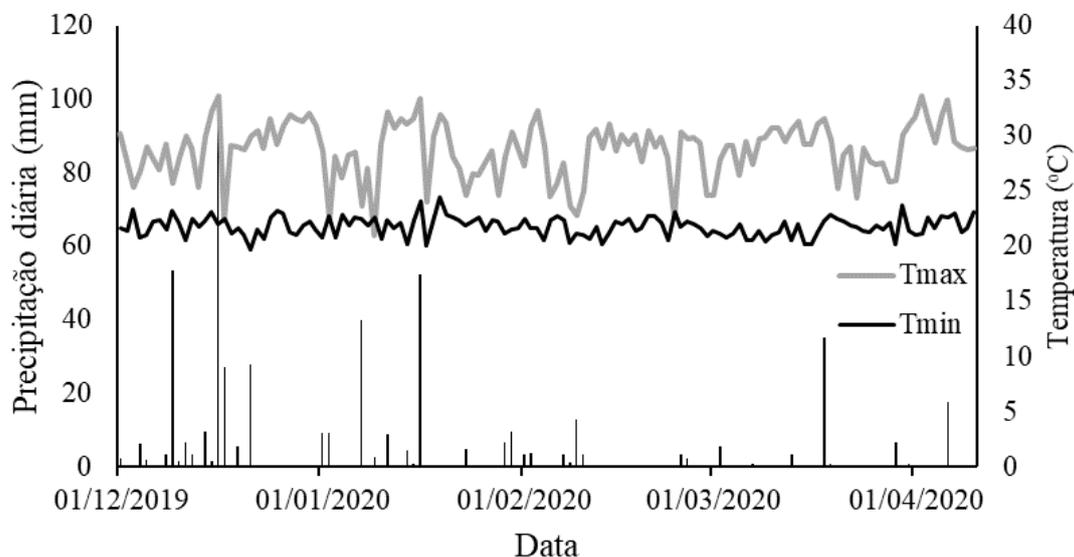
Avaliou-se também a produtividade final da cultura, corrigida para 14% de umidade, colhendo-se e pesando-se todos os grãos dos 6 m² centrais de cada parcela. Calculou-se a produtividade relativa em função do tratamento que apresentou o maior valor numericamente, de acordo com a Equação (2).

$$(2) \text{Produtividade relativa} = \left(\frac{\text{Produtividade do tratamento X}}{\text{Prod.do tratamento de maior produtividade}}\right) \times 100$$

O cultivo recebeu 506,6 mm de precipitação ao longo do seu ciclo, com boa distribuição ao longo do mesmo (Figura 1). Destaca-se os maiores volumes de precipitação observados na fase inicial do ciclo da cultura, o que favoreceu o desenvolvimento vegetativo das plantas e acelerou a instalação da ferrugem asiática da soja no campo experimental, visto que a doença manifesta-se preferencialmente em condições de alta umidade (Anahosur & Waller, 1976).

Figura 1. Precipitação acumulada diária (mm) e Temperaturas máxima e mínima (oC) durante o experimento realizado em Assis Chateaubriand, PR, entre novembro de 2019 e abril de 2020.

Figure 1. Daily precipitation (mm) and maximum and minimum Temperature (oC) during the trial that was conducted in Assis Chateaubriand, PR, between 2019 november and 2020 april.



Os dados foram submetidos à análise de variância, e as médias comparadas pelo teste Tukey $p < 0,05$.

3. Resultados e Discussão

Em decorrência da época de cultivo e do elevado volume de precipitações ocorridos, a incidência da ferrugem asiática da soja foi elevada no campo experimental (Tabela 3), possibilitando uma análise precisa da capacidade de cada fungicida em controlar a doença.

Tabela 3. Porcentagem de incidência de *Phakopsora pachyrhizi* observada na cultura da soja, antes (prévias 1, 2 e 3) e após as aplicações dos tratamentos fungicidas.

Table 3. Incidence percentual of *Phakopsora pachyrhizi* on soybean crop, before (previous 1, 2 and 3) and after the fungicide spray.

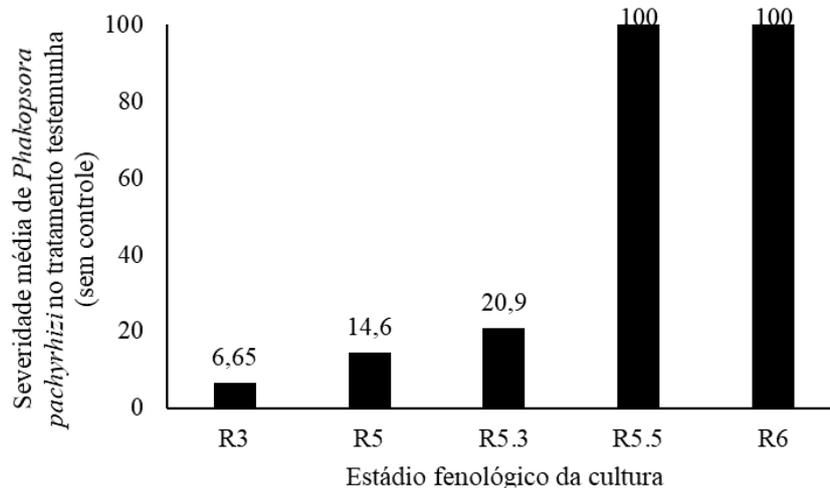
Tratamentos	Porcentagem de incidência					
	R1	R2	R3	7 DAUA ¹	14 DAUA	21 DAUA
Testemunha	0,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Mancozebe 1x	0,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Mancozebe 3x	0,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Mancozebe + Estrobilurina	0,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Mancozebe + Carboxamida	0,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Estrobilurina	0,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Carboxamida	0,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

¹DAUA = Dias após a última aplicação

Os primeiros sintomas da ferrugem-asiática foram observados no estágio R3 da cultura (Figura 2). Na avaliação realizada no estágio R5.3 a severidade média foi de 20,90%, e as plantas não apresentavam folhas no terço inferior devido ao desfolhamento precoce causado pelo ataque da ferrugem-asiática. Pode-se observar que a severidade chegou a 100,00% a partir do estágio R5.5, demonstrando a agressividade da doença no ano safra em que o experimento foi realizado.

Figura 2. Severidade de *Phakopsora pachyrhizi* no tratamento testemunha em função do estágio fenológico da cultura de soja.

Figure 2. *Phakopsora pachyrhizi* severity on the no control treatment according to the crop phenologic stage.



As notas de severidade foram iguais ou abaixo de 12,68% nos tratamentos fungicidas até as avaliações realizadas aos 7 DAUA (Tabela 4). O tratamento Mancozebe 1x proporcionou redução na severidade da doença até a avaliação realizada 14 DAUA, em comparação com o tratamento Testemunha. Este resultado demonstra que o uso de protetivos auxilia no controle da doença em até 37 dias, quando utilizado uma só aplicação.

Tabela 4. Porcentagem de severidade de *Phakopsora pachyrhizi* observada no terço médio da cultura da soja três aplicações e após a última aplicação.

Table 4. Severity percentage of *Phakopsora pachyrhizi* ate the medium part of soybean plants, at the three sprays and after the last spray.

Tratamentos	R1	R2	R3	7 DAUA ²	14 DAUA	21 DAUA
Testemunha	0,00	6,65 a	14,60 a	20,90 a	100,00 a	100,00 a
Mancozebe 1x	0,00	3,32 b	6,72 cb	12,68 bc	100,00 a	100,00 a
Mancozebe 3x	0,00	3,30 b	5,55 c	6,20 c	10,48 e	14,45 e
Mancozebe + Estrobilurina	0,00	3,08 b	5,45 c	9,00 c	15,28 cd	18,18 cd
Mancozebe + Carboxamida	0,00	3,68 b	7,68 cb	9,15 bc	14,75 d	16,68 de
Estrobilurina	0,00	5,80 a	8,80 b	14,08 b	18,50 b	22,40 b
Carboxamida	0,00	6,22 a	8,65 b	13,50 b	15,68 c	20,70 bc
C.V. ¹ (%)	-	8,94	12,10	12,47	0,66	3,27

¹C.V. = coeficiente de variação

²DAUA = Dias após a última aplicação.

Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey $p < 0,05$.

O uso do Mancozebe 3x e Mancozebe + Carboxamida proporcionaram as maiores reduções na incidência da doença na última avaliação realizada (21 DAUA), demonstrando que o atraso na incidência da doença promovida pelo fungicida protetivo, auxilia até mesmo na eficiência dos fungicidas curativos e mesostêmicos. No entanto, o uso do Mancozebe como única forma de controle da doença não deve ser admitida como prática recomendada aos produtores, pois, por mais que o Mancozebe seja um fungicida de proteção horizontal, a rotação de produtos químicos com diferentes mecanismos de controle deve ser sempre preconizada na agricultura (Duhatscheck et al., 2018)

O uso dos fungicidas sem a proteção do Mancozebe proporcionou menor redução da incidência da doença do que quando o protetivo foi adicionado ao protocolo de controle. Demonstrando que mesmo com eficiência comprovada na literatura quando utilizados de forma isolada (Godoy et al., 2022), estes fungicidas se beneficiam positivamente de um ambiente com reduzida incidência, para promover melhor controle da doença, evidenciando que um manejo integrado utilizando protetivos, protetores e mesostêmicos deve ser o objetivo dos produtores.

Avaliando a fitotoxidez causada pela aplicação dos fungicidas aos 7 e 14 DAUA, nenhum dos produtos avaliados proporcionou quaisquer sintomas de injúria à cultura da soja variedade DM6563 RSF IPRO (Tabela 6). Uma demonstração da segurança fisiológica da utilização de qualquer um destes produtos nesta variedade, pois há relatos na literatura de ocorrência de fitotoxicidade de outros fungicidas e adjuvantes na cultura da soja (Godoy et al., 2019; Galvão et al., 2021).

O nível de controle da doença ficou acima do nível de controle satisfatório, descrito como 80,00% por DeFelice et al. (1989), em três dos sete tratamentos avaliados: Mancozebe 3x, Mancozebe + Estrobilurina e Mancozebe + Carboxamida. Os tratamentos Estrobilurina e Carboxamida proporcionaram controles próximos aos 80,00%, mas não superaram este valor, sendo que o tratamento Estrobilurina foi o único que diferiu estatisticamente dos três tratamentos que superaram o nível mínimo de controle satisfatório. O tratamento Mancozebe 1x não proporcionou controle ao final do ciclo da cultura, se equiparando ao tratamento sem qualquer uso de fungicidas (Tabela 5).

Estes resultados reforçam que uma estratégia de manejo integrado com fungicidas protetivos, mesostêmicos e curativos deve ser o objetivo dos produtores e técnicos atuantes no manejo da ferrugem asiática da soja, pois esta integração proporcionou controle acima do nível recomendado e rotacionou mecanismos de controle no ciclo, se beneficiando do atraso no desenvolvimento da doença proporcionado pelo fungicida protetor e dos mecanismos de controle dos fungicidas mesostêmicos e curativos.

Destaca-se novamente que, embora o uso do Mancozebe como única fonte de controle do patógeno tenha obtido resultados semelhantes aos do manejo integrados, esta estratégia deve ser finamente ajustada com o objetivo de manutenção da eficiência deste produto, portanto, por hora, o resultado positivo demonstrado pelo Mancozebe deve servir como validador da sua inserção no manejo integrado e não numa recomendação de adoção de somente este produto no manejo da *Phakopsora pachyrhizi* (ABAG, 2020).

Tabela 5. Fitotoxidade e Porcentagem de controle dos tratamentos fungicidas em relação a severidade do patógeno *Phakopsora pachyrhizi* na cultura da soja, 21 dias após a última aplicação.

Table 5. Phytotoxicity and percentage of control of fungicide treatments in relation to the severity of the pathogen *Phakopsora pachyrhizi* in the soybean crop, 21 days after the last spray.

Tratamentos	Fitotoxidade 7 DAUA ²	Fitotoxidade 14 DAUA	Controle (%) 21 DAUA
Testemunha	0,00	0,00	0,00 c
Mancozebe 1x	0,00	0,00	0,00 c
Mancozebe 3x	0,00	0,00	85,55 a
Mancozebe + Estrobilurina	0,00	0,00	81,83 a
Mancozebe + Carboxamida	0,00	0,00	83,33 a
Estrobilurina	0,00	0,00	77,60 b
Carboxamida	0,00	0,00	79,30 ab
C.V. ¹ (%)	-	-	8,94

¹C.V. = coeficiente de variação

²DAUA = Dias após a última aplicação.

Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey $p < 0,05$.

A produtividade de grãos da cultura da soja foi significativamente afetada pela eficiência de controle da doença promovida pelos tratamentos avaliados, sendo positiva para os tratamentos com fungicidas mesostêmicos e curativos, associados ou não ao Mancozebe e negativa para o tratamento com aplicação de uma só dose do Mancozebe (Tabela 6). De forma geral, os resultados de produtividade seguiram os resultados de controle (Tabela 6), em que quanto maior o controle da doença, maior a produtividade obtida, em que os tratamentos com a associação do Mancozebe e os fungicidas químicos proporcionaram produtividades relativas semelhantes ao tratamento com Mancozebe 3x.

No entanto, o tratamento Carboxamida, que obteve resultado estatisticamente semelhante aos melhores tratamentos no controle da doença, não obteve sucesso em se manter estatisticamente semelhante aos melhores tratamentos na produtividade obtida, o que demonstra a agressividade da doença em reduzir a produtividade da cultura, mesmo em se tratando de níveis de controle muito próximos aos 80,00%, como obtido pelo tratamento Carboxamida (79,30%).

O uso de somente uma aplicação de Mancozebe não foi suficiente para a obtenção de produtividades estatisticamente superiores à testemunha, evidenciando que uma só pulverização é relativamente insuficiente para o controle de doença tão severa à cultura, que neste experimento, proporcionou 35,80% de perda na produtividade no tratamento testemunha, acima dos obtidos pela rede de ensaios cooperativos no mesmo ano de avaliação, em que a testemunha sem tratamento teve redução de 23,2% na produtividade, em relação ao melhor tratamento (Godoy et al., 2020). Esta divergência entre percentuais de perdas causadas pela doença se deve provavelmente à época de semeadura utilizada no presente experimento, que priorizou o cultivo mais tarde, em busca de alta infestação e incidência da doença, a fim de obter um ambiente em que a avaliação da eficiência dos fungicidas fosse possível e viável.

Tabela 6. Efeito dos tratamentos fungicidas na produtividade de grãos (kg ha⁻¹) e em função dos tratamentos utilizados para controle de *Phakopsora pachyrhizi* na cultura da soja.

Table 6. Effect of fungicide treatments on grain yield (kg ha⁻¹) of treatments used to control *Phakopsora pachyrhizi* in soybean crop.

Tratamentos	Kg ha ⁻¹	Produtividade relativa (%)
Testemunha	1.428,33 d	64,2
Mancozeb 1x	1.596,25 cd	71,7
Mancozeb 3x	2.225,83 a	100,0
Mancozeb + Estrobilurina	2.077,08 ab	93,3
Mancozeb + Carboxamida	2.128,33 a	95,6
Estrobilurina	1.584,16 cd	71,2
Carboxamida	1.819,16 bc	81,7
C.V. ¹ (%)	6,300	

¹C.V. = coeficiente de variação

Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey p<0,05.

4. Conclusão

O uso do Mancozebe como único fungicida no controle da *Phakopsora pachyrhizi*, promoveu eficiência suficiente para a obtenção do melhor controle e produtividades relativas no experimento, quando utilizadas três aplicações do produto durante o ciclo da cultura, além de demonstrar capacidade de redução da velocidade de desenvolvimento da doença, que incrementou o controle da Ferrugem asiática da soja proporcionado pelas Carboxamidas e Estrobilurinas avaliadas, indicando que o seu uso num sistema integrado de mecanismos de ação é positivo e deve ser considerado pelos técnicos e produtores.

O uso de somente uma aplicação de Mancozebe não resultou em proteção suficiente para controle da doença e obtenção de produtividades superiores à testemunha, sem qualquer controle da doença, que promoveu redução de 35,80% na produtividade.

Referências

ABAG – Associação brasileira do agronegócio. **Impactos socioeconômicos da Ferrugem Asiática na cadeia da soja nos próximos dez anos**. ABAG: Brasília, 2020. 28p.

ANAHOSUR, K. H.; WALLER, J. M. *Phakopsora pachyrhizi*. **CMI DESCRIPTIONS OF PATHOGENIC FUNGI AND BACTERIA**. v. 589, n. 9, p. 1-9, 1976.

BALARDIN, R. S. **Doenças da cultura da soja**. Santa Maria: UFSM, 2002. 107p.

BEZERRA, A. R. G.; SEDIYAMA, T.; BORÉM, A.; SOARES, M. M. Importância econômica. In: SILVA, F.; BORÉM, A.; SEDIYAMA, R.; CÂMARA, G. **Soja: Do plantio à colheita**. São Paulo: Oficina do texto. 2022. p. 8-18.

KHAN, S. M.; ALI, S.; NAWAZ, A.; BUKHARI, S. A. H.; EJAZ, S.; AHMAD, S. **Integrated pest and disease Management for better agronomic crop production**. In: In: Hasanuzzaman, Springer:Singapore, 2019. p.1-44.

CONAB, COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento de safra brasileira. Grãos – 10º levantamento 2022**. CONAB: Brasília. 2022. 88p.

DALLA LANA, F.; PAUL, P. A.; GODOY, C. V.; UTIAMADA, C. M.; SILVA, L. H. C. P.; SIQUERI, F. V.; FORCELINI, C. A.; JACCOUD-FILHO, D. S.; MIGUEL-WRUCK, D. S.; BORGES, E. P.; JULIATTI, F. C.; CAMPOS, H. D.; NUNES JR., J.; CARNEIRO, L. C.; CANTERI, M. G.; ITO, M. F.; MEYER, M. C.; MARTINS, M. C.; BALARDIN, R. S.; FURLAN, S. H.;

- CARLIN, V. J.; DEL PONTE, E. M. Meta-analytic modeling of the decline in performance of fungicides for managing soybean rust after a decade of use in Brazil. **Plant Diseases**. v.102, p.807–817, 2018. DOI: 10.1094/PDIS-03-17-0408-RE
- DEFELICE, M. S.; BROWN, W. B.; ALDRICH, R. J.; SIMS, B. D.; JUDY, D. T.; GUETHLE, D. R. Weed control in soybeans (*Glycine max*) with reduced rates of postemergence herbicides. **Weed Science**, v.37, p.365-374, 1989.
- DUHATSCHECK, E.; SANTOS, L. A.; FARIA, C. M. D. R. Sensibilidade de isolados de *Phakopsora pachyrhizi* provenientes da região do centro oeste do Paraná a fungicidas. **Summa Phytopathologica**, v.44, n.2, p. 193-194, 2018. DOI: 10.1590/0100-5405/175840
- EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5 ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2018. 355 p.
- EWRC. Report of 3rd and 4th meetings of EWRC – Committee of Methods in Weed Research. **Weed Research**, v.4, n.1, p.88, 1964.
- GALVÃO, R. F.; ECCO, M.; RIFFEL, R. C.; BARBOSA, A. P. Use of different adjuvants in the fungicide application in soybean culture. **Research, Society and Development**, v.10, n.10, p.1-12, 2021. DOI: 10.33448/rsd-v10i10.18469
- GODOY, C. V.; KOGA, L. J.; CANTERI, M. G. Diagramatic scale for assessment of soybean rust severity. **Fitopatologia Brasileira**, v.31, n.1, p.63-68, 2006. DOI: 10.1590/S0100-41582006000100011
- GODOY, C. V.; UTIAMADA, C. M.; MEYER, M. C.; CAMPOS, H. D.; LOPES, I. O. N.; DIAS, A. R.; PIMENTA, C. B.; ANDRADE JUNIOR, E. R.; MORESCO, E.; SIQUERI JÚNIOR, F. V.; CHAVES, I. C. P. V.; ROY, J. M. T.; BELUFI, J. M. R.; SILVA, L. H. C. P.; SATO, L. N.; GOUSSAIN JUNIOR, M. M.; DEBORTOLI, M. P.; MARTINS, M. C.; TORMEN, N. R.; BALARDIN, R. S.; MADALOSSO, T.; CARLIN, V. J.; VENANCIO, W. S. **Eficiência de fungicidas para o controle da ferrugem-asiática da soja, *Phakopsora pachyrhizi*, na safra 2018/19: resultados sumarizados dos ensaios cooperativos**. EMBRAPA SOJA: Londrina, 2019. 11p.
- GODOY, C. V.; UTIAMADA, C. M.; MEYER, M. C.; CAMPOS, H. D.; LOPES, I. de O. N.; DIAS, A. R.; MUHL, A.; WESP-GUTERRES, C.; PIMENTA, C. B.; ANDRADE JUNIOR, E. R. de; MORESCO, E.; KONAGESKI, F. T.; BONANI, J. C.; ROY, J. M. T.; GRIGOLLI, J. F. J.; NUNES JUNIOR, J.; ARRUDA, J. H.; NAVARINI, L.; BELUFI, L. M. de R.; SILVA, L. H. C. P.; SATO, L. N.; GOUSSAIN JUNIOR, M. M.; SENGER, M.; MULLER, M. A.; DEBORTOLI, M. P.; MARTINS, M. C.; TORMEN, N. R.; BALARDIN, R. S.; MADALOSSO, T.; KONAGESKI, T. F.; CARLIN, V. J. **Eficiência de fungicidas para o controle da ferrugem-asiática da soja, *Phakopsora pachyrhizi*, na safra 2019/2020: resultados sumarizados dos ensaios cooperativos**. EMBRAPA SOJA: Londrina, 2020, 20p.
- GODOY, C. V.; UTIAMADA, C. M.; MEYER, M. C.; CAMPOS, H. D.; LOPES, I. de O. N.; TORMEN, A.; MOCHKO, A. C. R.; DIAS, A. R.; MUHL, A.; SCHIPANSKI, C. A.; SERCILOTO, C. M.; CHAGAS, D. F.; ANDRADE JUNIOR, E. R. de; ARAUJO JUNIOR, I. P.; GALDINO, J. V.; ROY, J. M. T.; BONANI, J. C.; GRIGOLLI, J. F. J.; KUDLAWIEC, K.; NAVARINI, L.; BELUFI, L. M. de R.; SILVA, L. H. C. P. da; FANTIN, L. H.; SATO, L. N.; GOUSSAIN JUNIOR, M. M.; GARBIATE, M. V.; SENGER, M.; MÜLLER, M. A.; DEBORTOLI, M. P.; MARTINS, M. C.; TORMEN, N. R. **Eficiência de fungicidas para o controle da ferrugem-asiática da soja, *Phakopsora pachyrhizi*, na safra 2021/2022: resultados sumarizados dos ensaios cooperativos**. EMBRAPA SOJA: Londrina, 2022, 28p.
- JULIATTI, F. C. Tendência: Fungicidas protetores voltam às lavouras. **Campo & Negócios**, v.2015, n.2, p. 54-55, 2015.

MELLO, F.E., LOPES-CAITAR, V.S., PRUDENTE, H., XAVIER-VALENCIO, S.A., FRANZENBURG, S., MEHL, A., MARCELINO-GUIMARÃES, F.C., VERREET, J., BALBIPEÑA, M.I., & GODOY, C.V. Sensitivity of *Cercospora* spp. from soybean to quinone outside inhibitors and methyl benzimidazole carbamate fungicides in Brazil. **Tropical Plant Pathology**, v.46, p.69-80, 2021. DOI: 10.1007/s40858-020-00410-4

MCGRATH, M. T. What are fungicides? **The plant health instructor**. 2016. 17p. DOI: 10.1094/PHI-I-2004-0825-01

NETTO, A., SACON, D., GALLINA, A., FOCHESSATTO, M., STEFANSKI, F.S., MILANESI, P.M. Use of systemic fungicides combined with multisite to control of asian rust and soybean yield. **Colloquium Agrariae**, v.16, n.1, p.101-108, 2020. DOI: 10.5747/ca.2020.v16.n1.a352

PAULETTI, V.; MOTTA, A. C. V. **Manual de adubação e calagem para o estado do Paraná**. SBCS: Curitiba, 2019. 289p.

SAVARY, S., WILLOCQUET, L., PETHYBRIDGE, S. J. ESKER, P.; MCROBERTS, N.; NELSON, A. The global burden of pathogens and pests on major food crops. **Nature ecology & evolution**, v.3, p.430–439, 2019. DOI: 10.1038/s41559-018-0793-y

SIKORA, E. J.; ALLEN, T. W.; WISE, K. A. BERGSTROM, G.; BRADLEY, C. A.; BOND, J.; BROWN-RYTLEWSKI, D.; CHILVERS, M.; DAMICONE, J.; DEWOLF, E.; DORRANCE, A.; DUFAULT, N.; ESKER, P.; FASKE, T. R.; GIESLER, L.; GOLDBERG, N.; GOLOD, J.; GÓMEZ, I. R. G.; GRAU, C.; GRYBAUSKAS, A.; FRANC, G.; HAMMERSCHMIDT, R.; HARTMAN, G. L.; HENN, R. A.; HERSHMAN, D.; HOLLIER, C.; ISAKEIT, T.; ISARD, S.; JACOBSEN, B.; JARDINE, D.; KEMERAIT, R.; KOENNING, S.; LANGHAM, M.; MALVICK, D.; MARKELL, S.; MAROIS, J. J.; MONFORT, S.; MUELLER, D.; MUELLER, J.; MULROONEY, R.; NEWMAN, M.; OSBORNE, L.; PADGETT, G. B.; RUDEN, B. E.; RUPE, J.; SCHNEIDER, R.; SCHWARTZ, H.; SHANER, G.; SINGH, S.; STROMBERG, E.; SWEETS, L.; TENUTA, A.; VAICIUNAS, S.; YANG, X. B.; YOUNG-KELLY, H.; ZIDEK, J. A coordinated effort to manage soybean rust in North America: a success story in soybean disease monitoring. **Plant Disease**, v.9, p.864–875, 2014. DOI: 10.1094/PDIS-02-14-0121-FE

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

YANG X. B.; TSCHANZ A. T.; DOWLER W. M.; WANG T. C. Development of yield loss models in relation to reductions of components of soybeans infected with *Phakopsora pachyrhizi*. **Phytopathology**, v.81, n.11, p.1420-1426, 1991.

Author contribution:

João Henrique Castaldo – Desenvolvimento, planejamento, processamento dos dados e redação final do trabalho.

Ricarty Pereira da Silva – Desenvolvimento, execução, levantamento dos dados e redação final do trabalho.

Antonio Nolla – Desenvolvimento e redação final do trabalho.

Financing source:

There was no source of funding.

Conflict of interest:

The authors declare no conflict of interest.

Associate Editor

Luciana da Silva Borges

ORIGINAL ARTICLE

