

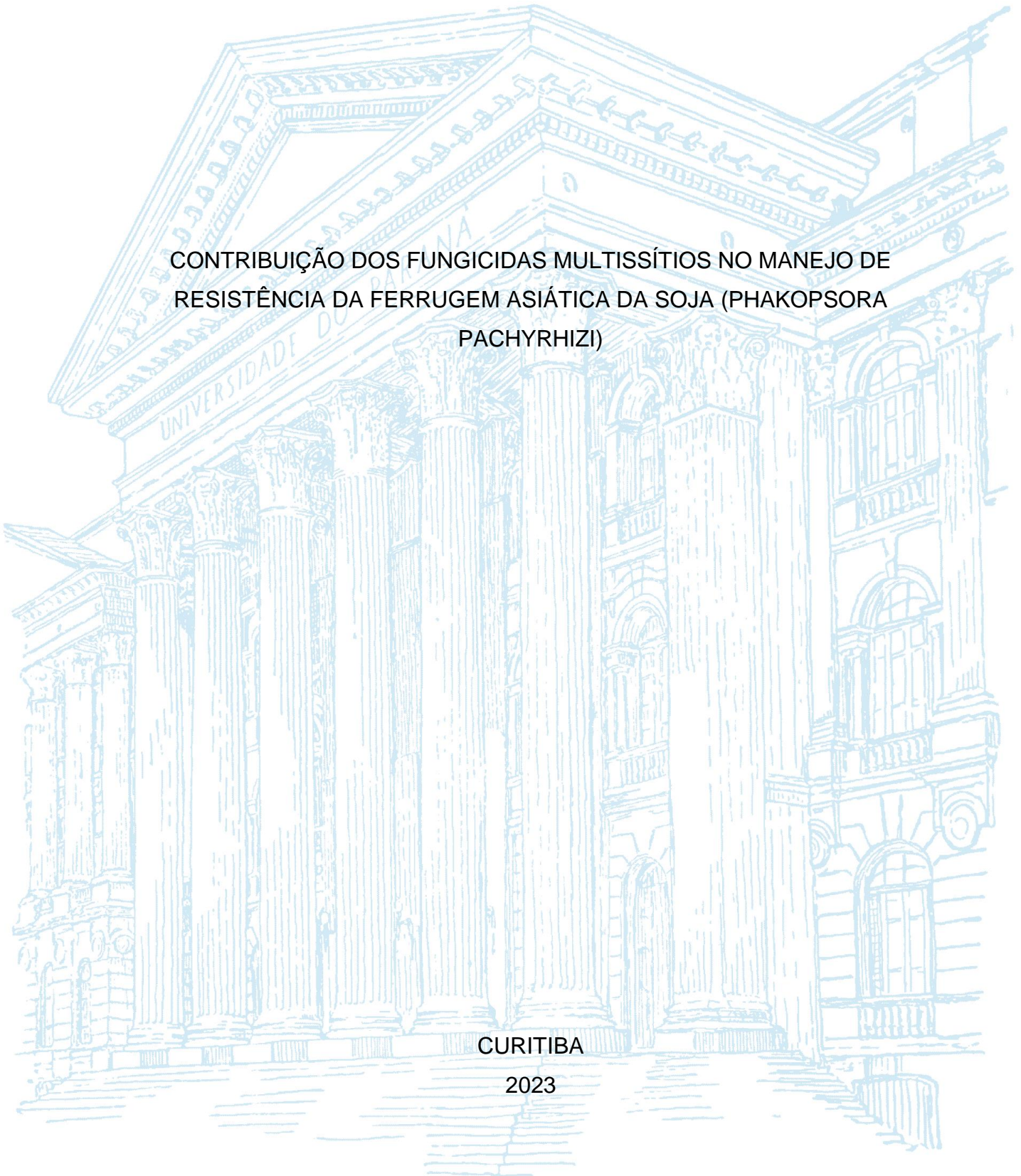
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

FELIPE KOMINKIEWICZ

CONTRIBUIÇÃO DOS FUNGICIDAS MULTISSÍTIOS NO MANEJO DE  
RESISTÊNCIA DA FERRUGEM ASIÁTICA DA SOJA (*PHAKOPSORA*  
*PACHYRHIZI*)

CURITIBA

2023



FELIPE KOMINKIEWICZ

CONTRIBUIÇÃO DOS FUNGICIDAS MULTISSÍTIOS NO MANEJO DE  
RESISTÊNCIA DA FERRUGEM ASIÁTICA DA SOJA (PHAKOPSORA  
PACHYRHIZI)

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Pós-Graduação Lato Sensu em Fitossanidade, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Especialista em Fitossanidade.

Orientador(a): Prof(a). Dr(a). Louise Larissa May De Mio

CURITIBA

2023

## **AGRADECIMENTOS**

À Deus por ter me dado saúde e força para superar as dificuldades.

À esta universidade, corpo docente, direção e administração, os quais oportunizaram vislumbrar um horizonte superior, com confiança no mérito e ética aqui presentes.

À minha orientadora Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Louise Larrisa May De Mio pelo apoio, correções, incentivos e ensinamentos na elaboração deste trabalho.

Aos meus pais José e Lurdes, pelo amor, incentivo e apoio incondicional, não permitindo que eu deixasse de buscar meus sonhos e objetivos.

À minha esposa e companheira de todas as horas Jaíne por estar do meu lado em todos os momentos, bons e ruins.

Aos meus irmãos Vinicius e Marcelo que, juntamente com meus pais, sempre me apoiaram e incentivaram.

À todos que direta ou indiretamente fizeram parte da minha formação, o meu muito obrigado.

## RESUMO

Considerada a mais importante doença da soja, a ferrugem asiática tem como agente etiológico o fungo *Phakopsora pachyrhizi* Sydow & Sydow, cujos danos podem levar a reduções acima de 80% da produtividade, sendo este patógeno caracterizado por apresentar alta plasticidade biológica e fácil disseminação. O controle químico com fungicidas tem sido o método mais utilizado no combate às doenças, inclusive da ferrugem asiática da soja, pois além da facilidade de aplicação é possível observar os resultados a curto prazo. As moléculas com sítio específico de ação têm apresentado diminuição de eficácia quando aplicadas isoladamente, sendo o caso dos triazóis, estrobilurinas e carboxamidas. A utilização dos fungicidas multissítios associados a outros com sítio específico de ação vem se mostrando interessante, pois aumenta a eficiência no controle do patógeno e dificulta o desenvolvimento de resistência. Considerando esta problemática, este estudo teve como objetivo, realizar uma revisão de literatura apresentando a importância da utilização dos fungicidas multissítios associados aos fungicidas sítio-específico no manejo anti-resistência da ferrugem asiática da soja. A metodologia deste estudo possui caráter exploratório de revisão bibliográfica, sendo baseada na bibliografia propositiva, onde as seleções dos temas foram em artigos científicos, dissertações e teses. As pesquisas foram realizadas em plataformas como Science Direct, Web of Science, SciELO (Scientific Electronic Library Online), Google Acadêmico, Periódicos da CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) e a BDTD (Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações). Outra fonte de informações utilizada, foram as publicações da EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária). Nesta pesquisa foram utilizados critérios de inclusão dos artigos, sendo eles, prioritariamente de pesquisas publicadas nos últimos 5 anos (2018 a 2022). Fungicidas multissítios devem ser empregados como ferramentas fundamentais no manejo de doenças da soja, especialmente se tratando da ferrugem-asiática, visto que sua utilização surte benefícios diretos no manejo da resistência de doenças em soja e na produtividade da cultura.

Palavras-chave: Ferrugem asiática. Controle químico. Manejo de resistência. Fungicida.

## ABSTRACT

Considered the most important soybean disease, Asian rust has the fungus *Phakopsora pachyrhizi* Sydow & Sydow as its etiological agent, whose damage can lead to reductions of over 80% in productivity, this pathogen being characterized by high biological plasticity and easy dissemination. Chemical control with fungicides has been the most used method to combat diseases, including Asian soybean rust, as in addition to the ease of application, it is possible to observe short-term results. Molecules with a specific site of action have shown a decrease in effectiveness when applied alone, as is the case with triazoles, strobilurins and carboxamides. The use of multisite fungicides associated with others with a specific site of action has been proving to be interesting, as it increases efficiency in controlling the pathogen and hinders the development of resistance. Considering this problem, this study aims to carry out a literature review showing the importance of using multisite fungicides associated with site-specific fungicides in the anti-resistance management of Asian soybean rust. The methodology of this study has an exploratory nature of a bibliographical review, being based on propositional bibliography, where the selections of themes were in scientific articles, dissertations and theses. The searches were carried out on platforms such as Science Direct, Web of Science, SciELO (Scientific Electronic Library Online), Google Scholar, CAPES Journals (Coordination for the Improvement of Higher Education Personnel) and BDTD (Brazilian Digital Library of Theses and Dissertations). Another source of information used were publications by EMBRAPA (Brazilian Agricultural Research Corporation). In this research, inclusion criteria were used for articles, which were primarily research published in the last 5 years (2018 to 2022). Multisite fungicides should be used as fundamental tools in the management of soybean diseases, especially in the case of Asian rust, since their use has direct benefits in the management of disease resistance in soybeans and in crop productivity.

Keywords: Asian rust. Chemical control. Resistance management. Fungicide.

## LISTA DE FIGURAS

- FIGURA 1 – SEVERIDADE DA FERRUGEM-ASIÁTICA (SEV), PORCENTAGEM DE CONTROLE (C) EM RELAÇÃO À TESTEMUNHA SEM FUNGICIDA, PRODUTIVIDADE (PROD) E PORCENTAGEM DE REDUÇÃO DE PRODUTIVIDADE (RP) EM RELAÇÃO AO TRATAMENTO COM A MAIOR PRODUTIVIDADE, PARA OS DIFERENTES TRATAMENTOS NO PROTOCOLO COM FUNGICIDAS REGISTRADOS, SAFRA 2021/2022. ....18
- FIGURA 2 – SEVERIDADE (SEV) DA FERRUGEM-ASIÁTICA, PORCENTAGEM DE CONTROLE (C) EM RELAÇÃO À TESTEMUNHA SEM FUNGICIDA, PRODUTIVIDADE (PROD) E PORCENTAGEM DE REDUÇÃO DE PRODUTIVIDADE (RP) EM RELAÇÃO AO TRATAMENTO COM A MAIOR PRODUTIVIDADE, PARA OS DIFERENTES TRATAMENTOS NO PROTOCOLO COM FUNGICIDAS SÍTIO-ESPECÍFICOS EM MISTURA COM FUNGICIDAS MULTISSÍTIOS, SAFRA 2021/2022. ....19
- FIGURA 3 – MÉDIA DA PORCENTAGEM DE CONTROLE DA FERRUGEM-ASIÁTICA COM OS FUNGICIDAS TEBUCONAZOL (TBZ), CIPROCONAZOL (CPZ), TETRACONAZOL (TTZ), PROTIOCONAZOL (PTZ), AZOXISTROBINA (AZ), PICOXISTROBINA (PCZ) E METOMINOSTROBINA (MTM) NOS EXPERIMENTOS COOPERATIVOS NAS SAFRAS: 2003/2004 ATÉ A SAFRA2021/2022 EM DIFERENTES REGIÕES PRODUTORAS DE SOJA NO BRASIL.....20

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>7</b>
1.1 JUSTIFICATIVA .....	9
1.2 OBJETIVOS .....	10
1.2.1 Objetivo geral .....	10
1.2.2 Objetivos específicos.....	10
1.3 METODOLOGIA.....	11
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA .....</b>	<b>12</b>
2.1 MANEJO DA FERRUGEM ASIÁTICA DA SOJA .....	12
2.2 MOBILIDADE DOS FUNGICIDAS .....	13
2.3 GRUPOS QUÍMICOS DE FUNGICIDAS UTILIZADOS NA SOJA .....	14
2.3.1 Triazóis (IDM).....	14
2.3.2 Estrobilurinas (QoI) .....	15
2.3.3 Carboxamidas (SDHI) .....	15
2.3.4 Ditiocarbamatos .....	16
2.3.5 Isoftalonitrila .....	17
2.4 EFICIÊNCIA DE FUNGICIDAS: RESULTADOS ENSAIOS COOPERATIVOS...	17
2.5 ENTRADA NO MANEJO COM OS FUNGICIDAS MULTISSÍTIOS.....	20
2.6 MANEJO COM FUNGICIDA SÍTIO-ESPECÍFICO ASSOCIADO AO MULTISSÍTIO.....	21
<b>3 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>23</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>24</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max* (L) Merrill – Fabaceae) é considerada dentro da cadeia produtiva agrícola brasileira uma das culturas mais importantes, isso se deve pelas suas diversificadas formas de utilização, em especial como fonte de proteína na alimentação humana e animal (MEDICE *et al.*, 2007).

A soja é um dos principais produtos do agronegócio brasileiro, onde o Brasil se destaca como o maior produtor mundial da oleaginosa. Segundo a Conab (2023), na safra 2022/2023, o Brasil deverá ter uma produção estimada em 151,4 milhões de toneladas, sendo que essa quantidade representa um aumento de 20,6% em comparação à safra passada. A produtividade média a nível nacional é estimada em 3.479 kg/ha, em uma área plantada de 43.529,9 mil hectares.

Considerada a mais importante doença da soja, a ferrugem asiática tem como agente etiológico o fungo *Phakopsora pachyrhizi* Sydow & Sydow, cujos danos podem levar a reduções acima de 80% da produtividade, sendo este patógeno caracterizado por apresentar alta plasticidade biológica e fácil disseminação (GODOY *et al.*, 2016; FIGUEIREDO *et al.*, 2019).

Embora existam diferentes métodos para realizar o manejo eficiente e diminuir os danos advindos de doenças fúngicas na cultura da soja, ainda é possível observar um número considerável de propriedades que sofrem com tal problema, estando entre as principais causas para ocorrência o plantio tardio, o não cumprimento do vazio sanitário e o controle químico equivocado (BARRETO, 2011). A combinação de medidas preventivas é a melhor maneira para reduzir as perdas, como, por exemplo: a destruição de hospedeiros secundários, semeadura antecipada e não adensada de cultivares de ciclo precoce, monitoramento periódico das lavouras, uso de vazio sanitário, utilização de cultivares resistentes e aplicação de fungicida preventivamente (HENNING, 2014).

O controle químico com fungicidas tem sido o método mais utilizado no combate as doenças, pois além da facilidade de aplicação é possível observar os resultados a curto prazo (BITTENCOURT; BORIN, 2016).

As classes de fungicidas mais utilizadas no controle de doenças fúngicas e, principalmente, da ferrugem asiática da soja e DFCs são os triazóis, estrobilurinas, carboxamidas, morfolinás, ditiocarbamatos e isoftalonitrilas. Entretanto, as moléculas com sítio específico de ação têm apresentado diminuição de eficácia quando



aplicadas isoladamente, sendo o caso dos triazóis, estrobilurinas e carboxamidas (CEREZOLLI *et al.*, 2018; BEDIN, 2018).

Os fungicidas multissítios são compostos por moléculas que agem em diversas rotas bioquímicas dos fungos, proporcionando um controle eficaz com menor risco de desenvolvimento de populações resistentes. A utilização desses fungicidas associada a outros com sítio específico de ação vem se mostrando interessante, pois aumenta a eficiência no controle do patógeno e dificulta o desenvolvimento de resistência (MACHRY *et al.*, 2017).

## 1.1 JUSTIFICATIVA

Os fungicidas são importantes ferramentas para o controle das principais doenças das plantas em sistemas intensivos de produção de culturas, e assim continuarão por muito tempo. Devido ao volume de investimentos públicos e privados em pesquisas para lançar novos fungicidas no mercado e à sua função principal de assegurar a produção rentável de culturas de alimentos e fibras, é preocupante que sua performance possa declinar em decorrência do desenvolvimento de resistência nos fungos alvo.

O lançamento de novos grupos químicos e ingredientes ativos no mercado de fungicidas é muito demorado e caro, por isso os mesmos devem ser preservados. Para manter um fungicida com um bom nível de controle devem ser seguidas algumas regras como: aplicação de maneira preventiva, antes do desenvolvimento da doença; rotacionar fungicidas com diferentes mecanismos de ação, sempre em associação com fungicidas multissítios.

Sendo o Brasil o maior produtor mundial de soja e tendo a ferrugem asiática como principal doença da cultura, é muito importante pesquisar e desenvolver projetos que possam vir a contribuir para o manejo deste fungo, bem como facilitar o controle dentro das propriedades rurais, reduzindo as perdas de produção.

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1 Objetivo geral

Apresentar a importância da utilização dos fungicidas multissítios associados aos fungicidas sítio-específico no manejo anti-resistência da ferrugem asiática da soja.

### 1.2.2 Objetivos específicos

Mostrar exemplos de um controle estratégico do fungo *Phakopsora pachyrhizi* e compreender os conceitos importantes para o trabalho.

Realizar um levantamento bibliográfico sobre as atualidades do controle da ferrugem asiática da soja e a contribuição na produtividade.

### 1.3 METODOLOGIA

A metodologia deste estudo possui caráter exploratório de revisão bibliográfica, sendo baseada na bibliografia propositiva, proposta por KOHLSANTOS *et al.* (2021). A Seleção dos temas foram em artigos científicos, dissertações e teses. As pesquisas foram realizadas em plataformas como Science Direct, Web of Science, SciELO (Scientific Electronic Library Online), Google Acadêmico, Periódicos da CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) e a BDTD (Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações). Outra fonte de informações utilizada, foram as publicações da EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária), através de artigos e circulares técnicas.

Nesta pesquisa foram utilizados critérios de inclusão dos artigos, sendo eles, prioritariamente de pesquisas publicadas nos últimos 5 anos (2018 a 2022), com exceção de temas e pesquisas que foram fundamentais citá-los e que não há conceitos e/ou estudos recentes.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 MANEJO DA FERRUGEM ASIÁTICA DA SOJA

A produção de soja é muito influenciada ao ataque de fungos, e quando estão em condições ideais para seu desenvolvimento a infecção e disseminação desse patógeno é muito rápida, fazendo com que a planta diminua seu potencial produtivo e conseqüentemente tenha queda na produtividade da lavoura (RIBEIRO *et al.*, 2017). Grande parte dos custos de uma lavoura de soja está relacionada com doenças fúngicas, tendo grande importância econômica, a ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*).

Para iniciar o controle da ferrugem asiática, a aplicação preventiva deve ser adotada caso ocorra a presença do fungo na região e as condições climáticas estejam favoráveis para o desenvolvimento da doença. Porém, para se ter medidas mais satisfatórias, é necessário o monitoramento da lavoura para diagnosticar a ferrugem e obter controle sobre ela. O sucesso da tecnologia de aplicação de fungicidas deve estar baseado na eficácia do produto, assim como no momento e qualidade da aplicação, visando melhor efeito fungitóxico (REIS, 2005).

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).

## 2.2 MOBILIDADE DOS FUNGICIDAS

Os fungicidas podem ser classificados de acordo com sua mobilidade na planta. Fungicidas que são capazes de penetrar a planta e se translocar através de seu sistema vascular são denominados fungicidas sistêmicos, já aqueles que permanecem na superfície em que foram depositados, sem serem absorvidos ou translocados, são denominados fungicidas imóveis (KIMATI, 2011). Há ainda aqueles que apresentam uma movimentação mais limitada, sem o envolvimento do sistema vascular, que são os translaminares, capazes de penetrar o limbo foliar e agir na face oposta à da aplicação, e os mesostêmicos, que apresentam redistribuição na superfície foliar, por afinidade com a cera, além de possuírem ação de profundidade, agindo no mesófilo foliar pela ação de sua fase vapor (REIS; REIS; FORCELINI, 2007).

Todos os produtos multissítios registrados para o controle da FAS são produtos protetores, ou seja, formam uma camada na superfície foliar, impedindo o desenvolvimento do patógeno. Deste modo, todos estes produtos são imóveis, não apresentando translocação ou efeito translaminar nas plantas, sendo fortemente afetados pelas condições climáticas, como, por exemplo, pela lavagem da chuva, afetando diretamente sua eficácia. Por outro lado, os produtos sítio específicos apresentam efeito translaminar e de translocação através do sistema vascular da planta. Alguns produtos apresentam maior ou menor movimento na planta devido a características ligadas principalmente à molécula do ingrediente ativo do produto (GODOY, 2021).

A movimentação do ingrediente ativo de um produto pode ocorrer através de quatro principais processos: a movimentação por fase-vapor, a redistribuição superficial, a redistribuição translaminar e a sistemicidade. Todos esses processos não ocorrem de forma isolada e são dependentes das características dos ingredientes ativos, da formulação, do uso de adjuvantes, das características das plantas e das condições climáticas (KLITTICH, 2014).

Diversos fatores podem influenciar o movimento dos fungicidas nas plantas. Estes fatores podem estar ligados à própria planta, ao ingrediente ativo, formulação ou uso de adjuvantes. Contudo, estes fatores não influenciam de maneira isolada, mas sim um conjunto de fatores irá contribuir para um maior ou menor movimento do fungicida (KLITTICH, 2014).

## 2.3 GRUPOS QUÍMICOS DE FUNGICIDAS UTILIZADOS NA SOJA

As classes de fungicidas mais utilizadas no controle de doenças fúngicas e, principalmente, da ferrugem asiática da soja são os triazóis, estrobilurinas, carboxamidas, morfolinas, ditiocarbamatos e isoftalonitrilas. Entretanto, as moléculas com sítio específico de ação têm apresentado diminuição de eficácia quando aplicadas isoladamente, sendo o caso dos triazóis, estrobilurinas e carboxamidas. (CEREZOLLI *et al.*, 2018; BEDIN, 2018).

### 2.3.1 Triazóis (IDM)

Os triazóis são classificados no grupo G (biossíntese de esteróis em membranas) de modo de ação de fungicidas. Os fungicidas pertencentes a esse grupo afetam a biossíntese de esteróis na membrana celular dos fungos, mais especificamente o ergosterol. Junto com os triazóis, pode-se citar as aminas (morfolinas) e os fungicidas inibidores da ceto-redutase como pertencentes a este mesmo grupo (FRAC, 2023).

Os triazóis, também conhecidos como Inibidores da Desmetilação (IDM), pertencem ao subgrupo G1 – C14-desmetilase na biossíntese de esterol (erg11/cyp51). Sua ação se dá pela inibição da biossíntese de ergosterol. As moléculas pertencentes a este subgrupo inibem a desmetilação do lanosterol até compostos precursores do ergosterol. A molécula fungicida se liga ao complexo formado pela enzima 14- $\alpha$  demetilase e citocromo P-450, catalisador do processo. Isso não permite a desmetilação do carbono na posição 14 (C14) do lanosterol levando a não desmetilação da molécula e, conseqüentemente, a não formação do ergosterol (FORCELINI, 1994; FRAC, 2023).

Os triazóis são fungicidas que apresentam maior poder curativo do que preventivo, inibindo o desenvolvimento do haustório e/ou do crescimento micelial. Também apresentam elevada penetração e translocação rápida nos tecidos vegetais (FORCELINI, 1994).

Alguns exemplos de IDMs registrados para controle da ferrugem asiática da soja são: ciproconazol, difenoconazol, epoxiconazol, protioconazol, tebuconazol e o tetraconazol, (AGROFIT, 2023).

### 2.3.2 Estrobilurinas (QoI)

Estas substâncias interferem na respiração celular do fungo, sendo classificados no grupo C, subgrupo C3 – Complexo III: citocromo bc1 (ubiquinol oxidase) no sítio Qo, de modo de ação de fungicidas (FRAC, 2023). A atividade fungicida dessas substâncias se deve ao fato delas se ligarem a um ponto específico das mitocôndrias, o sítio Qo (Quinona oxidase). Ao se ligarem a este ponto, ocorre a interrupção da transferência de elétrons entre o citocromo b e o citocromo c1 no complexo III mitocondrial. Isso leva à interrupção da produção de energia pelo fungo através da inibição da síntese de ATP pela mitocôndria, levando a sua morte (FERNÁNDEZ-ORTUÑO *et al.*, 2008).

As estrobilurinas apresentam amplo espectro de ação, rápida e alta atividade da inibição da germinação de esporos, possuem um bom custo-benefício e rápida degradação pelo metabolismo da planta, fatores estes que levaram a ampla adoção destes fungicidas (FENG *et al.* 2020).

Atualmente, as principais moléculas deste grupo com registro para o controle da ferrugem asiática da soja, são: trifloxistrobina, azoxistrobina, picoxistrobina, piraclostrobina e metominostrobin, (AGROFIT, 2023).

### 2.3.3 Carboxamidas (SDHI)

As moléculas pertencentes ao grupo Inibidores de Succinato-Desidrogenase (SDHIs), assim como as estrobilurinas, agem na respiração celular do fungo, pertencendo ao grupo C de modo de ação. Contudo, as carboxamidas têm como sítio alvo o complexo II da cadeia respiratória, sendo classificadas no subgrupo C2 – Complexo II: succinato-desidrogenase, enquanto as estrobilurinas agem no complexo III (FRAC, 2023).

Segundo Agrios (2005), as primeiras moléculas pertencentes ao grupo das SDHIs foram introduzidas na década de 60, com os ingredientes ativos carboxina e oxicarboxina, sendo os primeiros fungicidas a apresentarem sistemicidade, porém com o surgimento de novas moléculas, como as estrobilurinas e os triazóis, esse grupo perdeu importância e praticamente deixou de ser usado. Contudo, em 2003, o lançamento da molécula boscalida representou um grande avanço para o grupo das



SDHs e fez com que o investimento no desenvolvimento de novas moléculas deste grupo aumentasse (UEBEL, 2015).

Atualmente, as carboxamidas são o grupo com menos ingredientes ativos registrados para o controle da ferrugem asiática da soja, sendo os principais representantes, o fluxapiraxade, o benzovindiflupir e o bixafen, (AGROFIT, 2023).

#### 2.3.4 Ditiocarbamatos

Os fungicidas ditiocarbamatos comumente interferem na produção de energia, podendo ser considerados inibidores específicos ou não específicos de ação múltipla. São potentes agentes quelantes, que privam a célula das necessidades de metais (complexação a metais e proteínas). Os bisditiocarbamatos reagem inespecificamente com enzimas sulfídricas envolvidas na respiração, esses compostos são presentes em várias organelas fúngicas, gerando atuação do fungicida em vários processos metabólicos do fungo. Os fungicidas do grupo ditiocarbamatos são protetores de amplo espectro utilizados no tratamento foliar, solo e de sementes (ZAMBOLIM, 2007; REIS *et al.*, 2017; FRAC, 2023).

O mancozebe é o principal representante deste grupo, sendo pulverizado nas partes mais susceptíveis do hospedeiro com o objetivo de conservar-se sobre a superfície foliar, formando uma camada de proteção sobre os folíolos contra a germinação de esporos e impedir o desenvolvimento de infecções fúngicas (GODOY *et al.*, 2020). É um fungicida não sistêmico e de contato, considerado multissítio devido aos vários locais que ele atinge no desenvolvimento do fungo, sendo um ativo que se faz necessário ao manejo de resistência de doenças, (CARNIEL *et al.*, 2019). Segundo Baldo (2020) os fungicidas ditiocarbamato são potentes agentes quelantes que vão interferir na produção de energia, e privam a célula das necessidades de metais e proteínas, reagindo com enzimas envolvidas na respiração, gerando a atuação do fungicida em vários processos metabólicos do fungo.

### 2.3.5 Isoftaloniitrila

O princípio ativo clorotalonil, pertencente ao grupo químico das isoftaloniitrila, possui modo de ação através da união aos grupos sulfidril e mercapto. A conjugação com as sulfidrilas, na germinação de células fúngicas, gera interrupção da glicólise, através da inativação da enzima gliceroaldeído-3-fosfato de hidrogenase. Na desativação da mesma, o ciclo de Krebs não é finalizado e o ATP não produzido, ocasionando decréscimo de energia ao fungo. (Zambolim, 2007; Reis *et al.*, 2017; Frac, 2023). Ainda segundo os autores, o clorotalonil é um dos principais fungicidas não-sistêmico, de ação protetora e amplo espectro, controlando grande quantidade de espécies fúngicas. É recomendado para uso isolado ou associado a moléculas de ação sítio específico.

## 2.4 EFICIÊNCIA DE FUNGICIDAS: RESULTADOS ENSAIOS COOPERATIVOS

Anualmente a EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária), desenvolve experimentos em rede, para comparar a eficiência de fungicidas registrados e em fase de registro para o controle da ferrugem-asiática. Nesses experimentos, os fungicidas são avaliados individualmente, em aplicações sequenciais, em semeaduras tardias, para determinar a eficiência de controle. Os experimentos vêm sendo realizados desde a safra 2003/2004, onde essas informações devem ser utilizadas na determinação de programas de controle, priorizando sempre a rotação de fungicidas com diferentes modos de ação e adequando os programas à época de semeadura (GODOY *et al.*, 2022).

Na última circular técnica divulgada pela EMBRAPA, participaram dos ensaios em rede, 22 instituições, das principais regiões produtoras do Brasil. Os produtos utilizados no experimento para avaliar os fungicidas registrados para o controle da ferrugem-asiática da soja, doses utilizadas e seus respectivos desempenhos, podem ser observados na (FIGURA 1).

Todos os tratamentos apresentaram severidade estatisticamente inferior à testemunha sem fungicida. A porcentagem de controle dos fungicidas registrados variou de 34% (T2) a 77% (T17). A menor severidade e a maior porcentagem de controle foi observada para o tratamento com Cronnos (T17 - 77%), seguido dos tratamentos com os fungicidas Armero (T7 - 74%), do programa com rotação de

fungicidas (T18 - 73%), Evolution (T16 - 72%) e Fox Xpro (T15 - 71%). As menores eficiências de controle foram observadas para os tratamentos com Cypress (T2 - 34%) e Elatus (T9 - 45%).

A redução de produtividade do tratamento sem fungicida (T1 – 2.741 kg/ha) em relação ao tratamento com a maior produtividade (T17) foi de 27%.

FIGURA 1. SEVERIDADE DA FERRUGEM-ASIÁTICA (SEV), PORCENTAGEM DE CONTROLE (C) EM RELAÇÃO À TESTEMUNHA SEM FUNGICIDA, PRODUTIVIDADE (PROD) E PORCENTAGEM DE REDUÇÃO DE PRODUTIVIDADE (RP) EM RELAÇÃO AO TRATAMENTO COM A MAIOR PRODUTIVIDADE, PARA OS DIFERENTES TRATAMENTOS NO PROTOCOLO COM FUNGICIDAS REGISTRADOS, SAFRA 2021/2022.

TRATAMENTOS	DOSES		SEV (%)	C (%)	PROD (kg/ha)	RP (%)	
	L/ kg p.c./ha	g i.a./ha					
1. Testemunha	-	-	71	A	2.741	H	27
2. Cypress (difenconazol + ciproconazol)	0,3	75 + 45	46,8	B	3.075	G	19
3. Dart <sup>1</sup> (picoxistrobina + tebuconazol)	0,5	60 + 100	25,6	H	3.464	DE	8
4. Nativo <sup>2</sup> (trifloxistrobina + tebuconazol)	0,5	50 + 100	29,7	FG	3.433	E	9
5. Fusão <sup>3</sup> (metominostrobin + tebuconazol)	0,725	79,75 + 119,63	23	IJ	3.466	DE	8
6. Fezan Gold <sup>4</sup> (tebuconazol + clorotalonil)	2,5	125 + 1.125	23,7	HIJ	3.584	BCD	5
7. Armero <sup>1</sup> (mancozebe + protioconazol)	2,25	1.125 + 90	18,8	L	3.722	AB	1
8. Blavity <sup>5</sup> (protioconazol + fluxapiraxade)	0,3	84 + 60	22,2	JK	3.727	AB	1
9. Elatus <sup>6</sup> (azoxistrobina + benzovindiflupir)	0,2	60 + 30	39,3	C	3.245	F	14
10. Vivon (picoxistrobina + protioconazol)	0,6	60 + 70,02	24,8	HI	3.528	CDE	7
11. Vessarya (picoxistrobina + benzovindiflupir)	0,6	60 + 30	31,6	EF	3.443	DE	9
12. Orkestra SC <sup>5</sup> (piraclostrobina + fluxapiraxade)	0,35	116,55 + 58,45	33,9	DE	3.480	DE	8
13. Alade (benzovindiflupir + ciproconazol + difenoconazol)	0,75	45 + 67,5 + 112,5	34,7	D	3.419	E	9
14. Ativum <sup>5</sup> (piraclostrobina + epoxiconazol + fluxapiraxade)	0,8	65 + 40 + 40	29,1	G	3.411	E	10
15. Fox Xpro <sup>2</sup> (bixafen + protioconazol + trifloxistrobina)	0,5	62,5 + 87,5 + 75	20,4	KL	3.657	ABC	3
16. Evolution <sup>7</sup> (mancozebe + azoxistrobina + protioconazol)	2,0	1.050 + 75 + 75	19,9	L	3.713	AB	2
17. Cronnos <sup>1</sup> (mancozebe + picoxistrobina + tebuconazol)	2,5	1.000 + 66,5 + 83,33	16,2	M	3.774	A	0
18. Programa <sup>8</sup>			19	L	3.733	AB	1

FONTE: Godoy *et al.* (2022)

Foram também avaliados fungicidas sítio-específicos em mistura com multissítios visando o controle da ferrugem-asiática da soja. Foram utilizados para este protocolo fungicidas registrados e em fase de registro e também fungicidas em misturas prontas com multissítios. Os produtos utilizados, suas dosagens e desempenhos podem ser observados na Figura 2.

FIGURA 2. SEVERIDADE (SEV) DA FERRUGEM-ASIÁTICA, PORCENTAGEM DE CONTROLE (C) EM RELAÇÃO À TESTEMUNHA SEM FUNGICIDA, PRODUTIVIDADE (PROD) E PORCENTAGEM DE REDUÇÃO DE PRODUTIVIDADE (RP) EM RELAÇÃO AO TRATAMENTO COM A MAIOR PRODUTIVIDADE, PARA OS DIFERENTES TRATAMENTOS NO PROTOCOLO COM FUNGICIDAS SÍTIO-ESPECÍFICOS EM MISTURA COM FUNGICIDAS MULTISSÍTIOS, SAFRA 2021/2022.

TRATAMENTOS	DOSES		SEV (%)	C (%)	PROD (kg/ha)	RP (%)
	L/ kg p.c./ha	g i.a./ha				
1. Testemunha	-	-	70,1 A		2.809 H	31
2. Cronnos <sup>1</sup> (mancozebe + picoxistrobina + tebuconazol)	2,5	1.000 + 66,65 + 83,33	15,4 HI	78	3.909 ABC	4
3. Almada <sup>1</sup> (mancozebe + protioconazol + fluxapiroxade)	2,25	990+ 70,87 + 50,62	13,3 J	81	4.053 A	0
4. PNR <sup>2,7</sup> (mancozebe + picoxistrobina + protioconazol)	3,0	1239 + 99 + 87	14,8 IJ	79	3.929 AB	3
5. PNR <sup>2,7</sup> (mancozebe + trifloxistrobina + protioconazol)	3,0	1263 + 75 + 87	16,1 GHI	77	3.915 ABC	3
6. PNR <sup>7</sup> e Unizeb Gold <sup>3</sup> (fluindapir + protioconazol e mancozebe)	0,6 e 1,5	84 + 84 e 1.125	19,4 DE	72	3.849 BCD	5
7. Viovan e Dithane NT (picoxistrobina + protioconazol e mancozebe)	0,6 e 1,5	60 + 70 e 1.200	19,4 DE	72	3.790 BCDE	6
8. Excalia Max e Troia 800 WP <sup>4</sup> (tebuconazol + impirfluxam e mancozebe)	0,5 e 1,5	100 + 30 e 1.200	15,7 HI	78	3.876 BC	4
9. Nativo e Manfil 8002 (trifloxistrobina + tebuconazol e mancozebe)	0,5 e 1,5	50 + 100 e 1.200	25,1 C	64	3.624 F	11
10. PNR <sup>5,8</sup> (clorotalonil + impirfluxan + metominostrobin)	2,0	1.142,8 + 34,2+ 68,6	17,8 EFG	75	3.721 DEF	8
11. Fusão e Absoluto Fix <sup>5</sup> (metominostrobin + tebuconazol e clorotalonil)	0,725 e 1,5	79,75 + 119,63 e 1.080	17,1 FGH	76	3.691 EF	9
12. PNR <sup>7</sup> e Pilarich <sup>5</sup> (tebuconazol + piraclostrobina e clorotalonil)	0,8 e 1,5	184 + 92 e 1.080	18,9 DEF	73	3.708 DEF	9
13. Cypress e Bravonil 720 (difenoconazol + ciproconazol e clorotalonil)	0,3 e 1,5	75 + 45 e 1.080	32,0 B	54	3.431 G	15
14. Dart e Reconil <sup>1</sup> (picoxistrobina + tebuconazol e oxicleto de cobre)	0,5 e 0,7	60 + 100 e 411,6	20,7 D	70	3.774 CDEF	7

FONTE: Godoy *et al.* (2022)

Como se pode observar na Figura 2, todos os tratamentos apresentaram severidade inferior à testemunha sem fungicida (T1). A porcentagem de controle das misturas de fungicidas variou de 54% (T13) a 81% (T3). As menores severidades e maiores porcentagens de controle foram observadas para os tratamentos com Almada (T3 – 81%), mancozebe + picoxistrobina + protioconazol (T4 – 79%), seguido de Cronnos (T2 – 78%), Excalia Max e Troia 800 WP (T8 – 78%) e mancozebe + trifloxistrobina + protioconazol (T5 – 77%).

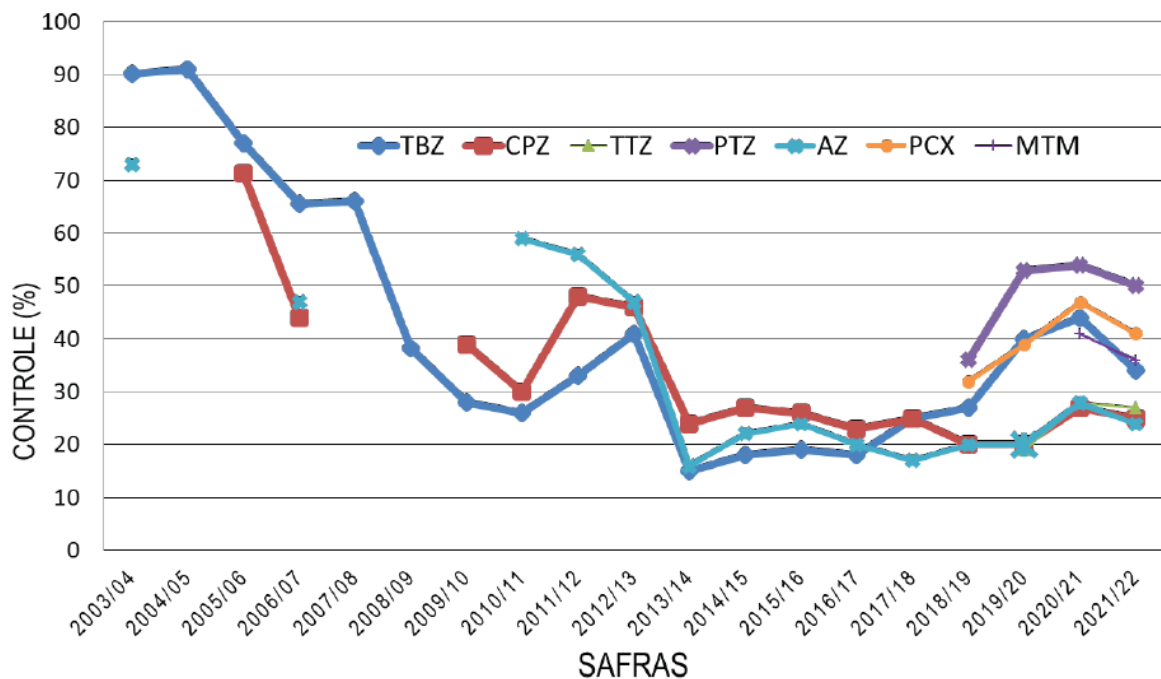
A redução de produtividade do tratamento sem fungicida (T1 – 2.809 kg/ha) em relação ao tratamento com a maior produtividade (T3) foi de 31%.

Ainda com o objetivo de monitorar a sensibilidade do fungo *P. pachyrhizi* aos fungicidas, foram realizados testes com ingredientes ativos isolados, realizando de

três a quatro aplicações destes produtos, com um intervalo entre as aplicações de 15 dias.

Fungicidas com ingredientes ativos isolados vêm sendo avaliados desde a safra 2003/2004 (Figura 3). Para a safra 2021/2022, a maior porcentagem de controle foi observada para protioconazol (50%) seguido de picoxistrobina (41%). Ciproconazol, tetraconazol e azoxistrobina foram semelhantes na porcentagem de controle.

Figura 3. MÉDIA DA PORCENTAGEM DE CONTROLE DA FERRUGEM-ASIÁTICA COM OS FUNGICIDAS TEBUCONAZOL (TBZ), CIPROCONAZOL (CPZ), TETRACONAZOL (TTZ), PROTIOCONAZOL (PTZ), AZOXISTROBINA (AZ), PICOXISTROBINA (PCZ) E METOMINOSTROBINA (MTM) NOS EXPERIMENTOS COOPERATIVOS NAS SAFRAS: 2003/2004 ATÉ A SAFRA 2021/2022 EM DIFERENTES REGIÕES PRODUTORAS DE SOJA NO BRASIL.



FONTE: Godoy *et al.* (2022)

## 2.5 ENTRADA NO MANEJO COM OS FUNGICIDAS MULTISSÍTIOS

Na safra 2007/08 foi detectada menor sensibilidade do fungo causador da ferrugem-asiática aos triazóis. A partir de 2008, produtos isolados não são recomendados em decorrência da sua menor eficiência, sendo recomendados somente misturas comerciais de fungicidas com diferentes mecanismos de ação. Na safra 2013/14, foi observada a redução de eficiência das estrobilurinas. Nessa

mesma safra foram registradas as primeiras misturas de fungicidas estrobilurinas e carboxamidas para a cultura da soja. Na safra 2016/17, alguns fungicidas com carboxamidas apresentaram redução de eficiência nos ensaios em rede, em relação aos resultados da safra anterior, em regiões específicas (GODOY *et al.*, 2020).

A perda de eficiência de fungicidas em razão do elevado número de aplicações foi evidente nos últimos anos, com uma série de mutações se acumulando no genoma do fungo (SCHMITZ *et al.*, 2014; KLOSOWSKI *et al.*, 2016; SIMÕES *et al.*, 2018).

Até recentemente, safra 2014/15, não era comum o uso e nem tínhamos produtos multissítios registrados para parte aérea de grandes culturas como soja, milho e algodão. Tais produtos começaram a ganhar importância devido aos problemas de resistência que afetaram os sítio-específicos, como ocorrido para triazóis e estrobilurinas (MARQUES, 2020).

Ainda segundo Marques (2020), a multiplicidade de mecanismos de ação torna-os com baixo risco para resistência, sendo que mutações pontuais no fungo não oferecem risco para resistência. Nos últimos anos notou-se um aumento no uso desses produtos, especialmente após os casos mais recentes de resistência as carboxamidas. Novas formulações de produtos foram desenvolvidas facilitando o uso em grandes culturas. Atualmente, já temos disponíveis produtos contendo multissítio na formulação em mistura com sítio-específicos sistêmicos, como é o caso do mancozebe em mistura dupla com estrobilurina e em misturas triplas, contendo estrobilurina+triazol+mancozebe.

## 2.6 MANEJO COM FUNGICIDA SÍTIO-ESPECÍFICO ASSOCIADO AO MULTISSÍTIO

O manejo da ferrugem-asiática envolve a integração de medidas culturais, da resistência genética e a utilização de fungicidas quando a doença incide na lavoura. As opções de cultivares resistentes ainda são poucas e limitadas a poucos genes maiores de resistência. Os fungicidas sítio-específicos vêm perdendo sua eficiência em decorrência da resistência do fungo. A integração das medidas de manejo é essencial para evitar a redução de produtividade, mas a variabilidade do fungo vem ameaçando a estabilidade de produção da cultura (GODOY *et al.*, 2020).

Conforme recomendações do Comitê de Ação a Resistência a Fungicidas (FRAC-BR), todo e qualquer programa de controle da ferrugem-asiática deve ser iniciado de forma preventiva a ocorrência da doença, e os fungicidas multissítios vem demonstrando importante participação no manejo da ferrugem.

Algumas pesquisas demonstram este efeito positivo dos fungicidas multissítios. Baldo (2020), com o objetivo de avaliar o controle da ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) com associações de fungicidas de ação sítio-específico e de ação multissítio, concluiu que estas associações reduziram significativamente a AACPD (Área Abaixo da Curva de Progresso da Doença) em relação ao tratamento contendo apenas fungicidas específicos, conferindo incremento na produtividade. Proporcionaram ainda melhores controles e produtividades que o tratamento padrão composto por uma mistura tripla (Protioconazol + Trifloxistrobina + Bixafem).

Outros estudos demonstram que a adição de fungicida multissítio junto às aplicações de fungicidas normais apresenta diferença significativa no rendimento final da cultura da soja. A mistura de fungicidas protetores com fungicidas sistêmicos aumenta o modo de ação desses produtos, diminuindo assim a chance desses patógenos se tornarem resistentes. Quando um tratamento com trifloxistrobina + protioconazol + mancozebe foi testado, demonstrou ser eficaz no controle da ferrugem asiática e aumenta a produtividade da soja (SÁ *et al.*, 2020; DREHMER *et al.*, 2018; NETTO *et al.*, 2020).

Um requisito essencial para uma mistura ser considerada como estratégia antirresistência é que os componentes da mistura não devem apresentar resistência cruzada e cada componente isolado deve apresentar eficiência de controle da doença (FRAC, 2010). Considerando a eficiência isolada dos fungicidas multissítios para ferrugem-asiática, nas doses e intervalos que vêm sendo utilizados no campo, por definição, esses fungicidas não podem ser considerados como estratégia antirresistência muito forte para a ferrugem-asiática. Fungicidas multissítios têm sido utilizados em mistura com fungicidas sítio-específicos na cultura da soja para aumentar a eficiência de controle (GODOY *et al.*, 2020).

Além de possibilitar ganho produtivo em comparação a testemunha, e auxiliar no manejo da resistência a fungicidas, alguns fungicidas multissítios são conhecidos por proporcionar a redução da fitotoxicidade causada por fungicidas sítio-específicos quando utilizado de forma conjunta, por potencializar a ação de

alguns fungicidas e em alguns casos por surtir efeito nutricional nas plantas como é o caso do Mancozebe.

### **3 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Fungicidas multissítios devem ser empregados como ferramentas fundamentais no manejo de doenças da soja, especialmente se tratando da ferrugem-asiática, visto que sua utilização surte benefícios diretos no manejo da resistência de doenças em soja e na produtividade da cultura.



## REFERÊNCIAS

- AGRIOS, G. N. **Plant pathology**. 5. ed. Burlington, Ma. USA: Elsevier Academic Press, 2005.
- AGROFIT, **Sistema de agrotóxicos fitossanitários**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Disponível em: [http://agrofit.agricultura.gov.br/primeira\\_pagina/extranet/AGROFIT.html](http://agrofit.agricultura.gov.br/primeira_pagina/extranet/AGROFIT.html). Acesso em: 30 mai de 2023.
- BALDO, V. A. C. **Manejo da ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) com fungicidas sítio-específico associados a fungicidas multissítios**. 2020. 64 p., il. Universidade de Brasília, Brasília, 2020.
- BARRETO, A. F. **Avaliação de parâmetros da Tecnologia de Aplicação para o controle da ferrugem asiática da soja**. 2011. 92 p. Tese (Doutorado em Agronomia) -Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - UNESP, Jaboticabal, 2011.
- BEDIN, E. **Aplicações foliares de cobre no manejo da ferrugem-asiática da soja**. 2018. 90 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo/RS, 2018.
- BITTENCOURT, A. M.; BORIN, L. **Controle preventivo e curativo da ferrugem asiática da soja – safra 2014/2015**. 2016. 23 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Agronomia). Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2016.
- CARNIEL, L. S. C.; NIEMEYER, J. C.; de OLIVEIRA FILHO L. C. I.; ALEXANDRE, D.; GEBLER, L.; KLAUBERG-FILHO, O. The fungicide mancozeb affects soil invertebrates in two subtropical Brazilian soils. **Chemosphere**, v. 232, p. 180-185. 2019.
- CEREZOLLI, L; LAJÚS, C. R.; CERICATO, A.; SORDI, A. **Eficiência de fungicidas multissítios utilizados na cultura da soja visando o controle da ferrugem asiática**. Anuário Pesquisa e Extensão UNOESC São Miguel do Oeste. 2018. Disponível em: <https://portalperiodicos.unoesc.edu.br/apeusmo/article/view/17419/9113>. Acesso em: 20 mar de 2023.
- CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos**, Brasília, DF, v. 10, safra 2022/23, n. 6 sexto levantamento, março 2023.
- 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.

DREHMER, R. G.; LAJÚS, C. R.; CERICATO, A. **Rendimento da soja submetida a adição de fungicida multissítio em diferentes estádios fenológicos**. Anuário Pesquisa e Extensão Unoesc São Miguel do Oeste, [S. l.], v. 3, p. e18891, 2018. Disponível em: <https://periodicos.unoesc.edu.br/apeusmo/article/view/18891>. Acesso em: 27 jun. 2023.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Tecnologias de produção de soja: Região Central do Brasil 2013**. (Londrina: Embrapa Soja).

FENG, Y. *et al.* An overview of strobilurin fungicide degradation: Current status and future perspective. **Frontiers in microbiology**, v. 11, p. 389, 2020.

FERNÁNDEZ-ORTUÑO, D. *et al.* Mechanisms of resistance to QoI fungicides in phytopathogenic fungi. **International Microbiology**, v. 11, n. 1, p. 1, 2008.

FIGUEIREDO, G. V. C.; FANTIN, L.H.; CANTERI, M. G.; ROCHA, J. C. F.; JACCOUD FILHO, D.S. Um Modelo Bayesiano de Probabilidade Pode Simular o Conhecimento de Pesquisadores da Ferrugem da Soja para Otimizar a Aplicação de Fungicidas. **Revista Internacional de Sistemas de Informação Agrícola e Ambiental**, v. 10, n. 4, pág. 37-51, 2019.

FORCELINI, C. A. Fungicidas inibidores da síntese de esteróis. In. Triazoles. **Revisão anual de patologia de plantas**, v. 2, p. 335-355, 1994.

FRAC. NOVAS RECOMENDAÇÕES PARA O MANEJO DA FERRUGEM ASIÁTICA A SOJA. **Comitê de Ação a Resistência a Fungicidas**, FRAC-BR, disponível em: <https://www.frac-br.org/soja>. Acesso em: 27 mai de 2023.

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. V. *et al.* **Eficiência de fungicidas para o controle da ferrugem-asiática da soja, *Phakopsora pachyrhizi*, na safra 2020/2021**: resultados sumarizados dos ensaios cooperativos. Embrapa Soja-Circular Técnica (INFOTECA-E), 2021.

GODOY, C. V.; SEIXAS, C. D. S.; SOARES, R. M.; MARCELINO-GUIMARÃES, F. C.; MEYER, M. C.; COSTAMILAN, L. M. A ferrugem asiática da soja no Brasil: passado, presente e futuro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, n.5, p. 407-421, 2016.

GODOY, C.; SEIXAS, C.; MEYER, M.; SOARES, R. (2020). Ferrugem-asiática da soja: bases para o manejo da doença e estratégias antirresistência. **Embrapa Soja-Documentos** (INFOTECA-E).

HENNING, A. A. **Manual de identificação de doenças de soja**. Londrina: Embrapa Soja: Documento 256. 2014.

KIMATI, H. Controle químico. In: AMORIM, L.; REZENDE, J.A.M.; BERGAMIN FILHO, A. (Ed.). **Manual de fitopatologia: princípios e conceitos**. 4.ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 2011. v.1, 704p.

KLITTICH, C. J. Fungicide mobility and the influence of physical properties. In: MYUNG, K.; SATCHIVI, N. M.; KINGSTON, C. K. Retention, Uptake, and Translocation of Agrochemicals in Plants. Washington, DC. **American Chemical Society**, 2014. cap.5, p. 95-109.

KLOSOWSKI, A. C.; MAY DE MIO, L. L.; MIESSNER, S.; RODRIGUES, R.; STAMMLER, G. Detection of the F129L mutation in the cytochrome b gene in *Phakopsora pachyrhizi*. **Pest Management Science**, v. 72, p. 1211-1215, 2016.

KOHL-SANTOS, P.; MOROSINI, M. C. O REVISITAR DA METODOLOGIA DO ESTADO DO CONHECIMENTO PARA ALÉM DE UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA. **Revista Panorâmica online**, [S. l.], v. 33, 2021. Disponível em: <https://periodicoscientificos.ufmt.br/revistapanoramica/index.php/revistapanoramica/article/view/1318>. Acesso em: 26 jun. 2023.

MACHRY, C. E.; NICOLA, D.; MARTINS, J. D.; Eficiência de doses de fungicidas triazóis, morfolina com mancozebe para controle da ferrugem asiática na cultura da soja. **Seminário de Informação Científica e Tecnológica**. Bento Gonçalves/RS, v. 6, 2017.

MARQUES, L. N. **Fungicidas multissítios são aliados do produtor**. Mais Soja, 2020. Disponível em: <https://maissoja.com.br/fungicidas-multissitios-sao-aliados-do-produtor/>. Acesso em: 20 de jun. 2023.

MEDICE, R.; ALVES, E.; ASSIS, R. T.; MAGNO JUNIOR, R. G.; LOPES, E. A. G. L. Óleos essenciais no controle da ferrugem asiática da soja. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.31, n.1, p.83-90, 2007.

NETTO, A.; SACON, D.; GALLINA, A.; FOCHESSATTO, M.; STEFANSKI, F. S.; MILANESI, P. M. Use of systemic fungicides combined with multisites to control rust Asia and soybean productivity. **Colloquium Agrariae**, v. 16, n.1, p. 101-108, 2020.

REIS, E. M.; BRESOLIN, A. C. R. 2007. Fungicidas: aspectos gerais. **Revista Plantio Direto**, ed. 97. 15 p.

REIS, E. F. **Controle químico da ferrugem asiática da soja na região sul do Paraná**. 2005. 53 p. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

REIS M. E.; REIS A. C.; FORCELINI, A. C. **Manual de fungicidas: guia para o controle químico de doenças de plantas**. 5. ed., rev. e ampl. Passo Fundo: Universidade de Passo Fundo, 2007.

RIBEIRO, F. C.; COLOMBO, G. A.; CARVALHO, E. V.; PELÚZIO, J. M.; ERASMO, E. A. L. **Controle químico de mancha-alvo da soja (*Corynespora cassiicola*) no**

**cerrado tocantinense** –Brasil. Gurupi, Universidade Federal do Tocantins, 2017, p26-36.

SÁ, D. D.; RANGEL, B. C.; GONÇALVES, I. A.; ARAÚJO, F. P.; SOUZA, J. E. B. Efficiency of a systemic fungicide with multi-site for the control of asian soybean rust. **Ipê Agronomic Journal**, v.4, p. 1-9, 2020.

SCHMITZ, H. K.; MEDEIROS, A. C.; CRAIG, I. R.; STAMMLER, G. Sensitivity of *Phakopsora pachyrhizi* towards quinone-outside-inhibitors and demethylation-inhibitors, and corresponding resistance mechanisms. **Pest Management Science**, v. 7, p. 378-388, 2014.

SIMÕES, K.; HAWLIK, A.; REHFUS, A.; GAVA, F.; STAMMLER, G. First detection of a SDH variant with reduced SDHI sensitivity in *Phakopsora pachyrhizi*. **Journal of Plant Diseases and Protection**, v. 125, n. 1, p. 21-26, 2018.

UEBEL, J. D. **Avaliação de fungicidas no controle de doenças foliares, grãos ardidos e efeito no NDVI (Índice de Vegetação por Diferença Normalizada) em híbridos de milho**. 2015. 119 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, Brasília, 2015.

ZAMBOLIM, L. 2007. **Manejo da resistência de fungos a fungicidas**. Departamento de Fitopatologia, UFV: 30-90.