Atendendo solicitação do(a) autor(a), o texto completo desta tese/dissertação será disponibilizado somente a partir de 05/07/2022

At the author's request, the full text of this thesis/dissertation will not be available online until July 5, 2022

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Campus de Botucatu

FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
UNESP | BOTUCATU

GUILHERME AUGUSTO GOTARDI

EFICÁCIA, MOVIMENTO SUPERFICIAL E ATIVIDADE SISTÊMICA DOS FUNGICIDAS TRIAZÓIS, TRIAZOLINTIONA, ESTROBILURINAS E CARBOXAMIDAS ISOLADOS NO CONTROLE DA FERRUGEM DA SOJA

Botucatu
2022

GUILHERME AUGUSTO GOTARDI

EFICÁCIA, MOVIMENTO SUPERFICIAL E ATIVIDADE SISTÊMICA DOS FUNGICIDAS TRIAZÓIS, TRIAZOLINTIONA, ESTROBILURINAS E CARBOXAMIDAS ISOLADOS NO CONTROLE DA FERRUGEM DA SOJA

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da Unesp Câmpus de Botucatu, para obtenção do título de Mestre em Agronomia - Proteção de Plantas.

Orientadora: Renate Krause Sakate

Coorientadora: Adriana Zanin Kronka

Botucatu

2022

G683e

Gotardi, Guilherme Augusto

Eficácia, movimento superficial e atividade sistêmica dos fungicidas triazóis, triazolintiona, estrobilurinas e carboxamidas isolados no controle da ferrugem da soja / Guilherme Augusto Gotardi. -- Botucatu, 2022

84 p. : tabs., fotos

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agronômicas, Botucatu

Orientadora: Renate Krause Sakate

Coorientadora: Adriana Zanin Kronka

1. Phakopsora pachyrhizi. 2. controle químico. 3. eficácia. 4. movimento superficial. 5. sistemicidade. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Ciências Agronômicas, Botucatu. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Botucatu

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: EFICÁCIA, MOVIMENTO E ATIVIDADE SISTÊMICA DOS FUNGICIDAS TRIAZÓIS, TRIAZOLINTIONA, ESTROBIRULINAS E CARBOXAMIDAS ISOLADOS NO CONTROLE DA FERRUGEM DA SOJA

AUTOR: GUILHERME AUGUSTO GOTARDI
ORIENTADORA: RENATE KRAUSE SAKATE
COORIENTADORA: ADRIANA ZANIN KRONKA

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em AGRONOMIA (PROTEÇÃO DE PLANTAS), pela Comissão Examinadora:

Prof.ª Dr.ª RENATE KRAUSE SAKATE (Participaçao Virtual)
Protecao Vegetal / Faculdade de Ciencias Agronomicas de Botucatu UNESP

p/ Prof. Dr. CARLOS GILBERTO RAETANO (Participaçao Virtual)
Protecao Vegetal / Faculdade de Ciencias Agronomicas de Botucatu UNESP

p/ Pesquisadora Dr.ª LUCIMARA JUNKO KOGA (Participaçao Virtual)
Crop Protection / Corteva Agrisciences

Botucatu, 05 de janeiro de 2022

Aos meus amados pais e irmão,

Gerson, Natália e Felipe,

dedico.

AGRADECIMENTOS

Aos meus queridos pais, Gerson Gotardi e Natália Fernandes Gotardi, por todo o incentivo e amor incondicional. Isso tudo é para vocês;

Ao meu irmão, Felipe Gustavo Gotardi, por sempre estar ao meu lado, mesmo estando distante;

À minha namorada, Jéssica, por todo o apoio e companheirismo nas horas mais difíceis e pelos momentos de leveza durante nossa caminhada;

À minha orientadora, professora Dra. Renate Krause Sakate pela orientação, ensinamentos e paciência desde a orientação na graduação. Por sempre estar disposta a me ajudar e me apoiar em todos os momentos da minha vida acadêmica;

À minha coorientadora, professora Dra. Adriana Zanin Kronka, por todos os comentários e ajuda para a elaboração do projeto e da dissertação;

À Faculdade de Ciências Agronômicas – FCA/UNESP Botucatu por ter sido a minha *alma mater* por todos esses anos;

À empresa Corteva Agriscience pela disponibilidade em ceder estrutura e materiais para o desenvolvimento deste projeto;

Aos gerentes da Corteva, Augusto e Josemar, pelo apoio para o desenvolvimento deste projeto;

Às pesquisadoras da Corteva, Lucimara Koga e Jaqueline Campos, pelo apoio incondicional para o desenvolvimento desta dissertação, pelos ensinamentos, ideias, ajudas e por acreditarem em meu trabalho;

Aos meus companheiros da empresa Corteva, em especial ao Vanbasther, Felipe e Marcelo, por toda ajuda e recepção quando cheguei na empresa;

Aos gerentes da empresa FMC, Eduardo Picelli, Fabinho, Lênio e Samuel; que apesar de nossos caminhos terem seguido direções diferentes foram fundamentais para o início do meu mestrado;

Aos meus grandes amigos, Roberto Carlos, Wilson Pereira, Tiago Corazza e Luís Fernando Watanabe, pelos momentos de descontração e apoio;

Aos meus ex-estagiários(as), Carlos, Lucas, Eduardo, Mariana, Larissa, Glória, Mirela, Fábio, Guilherme e Matheus, pelos momentos de descontração e apoio ao longo destes anos. Levo a amizade de vocês comigo.

“Eu vou perder. Eu vou ganhar. Vão dizer que sou o melhor. Vão dizer que eu sou o pior. Mas tem uma coisa que não pode mudar nunca: acreditar naquilo que fazemos”.

(Abel Ferreira)

RESUMO

A soja é a principal cultura plantada no Brasil, sendo o país o maior produtor mundial da cultura e responsável por cerca de 40% da produção mundial. Diversos fatores abióticos e bióticos podem afetar sua produção, sendo a ferrugem asiática da soja, causada pelo fungo *Phakopsora pachyrhizi,* a principal doença da cultura no Brasil. A falta de controle da doença pode levar a perdas de até 90% da produção e seu controle exige a adoção de diversas ferramentas. Entre elas está o controle químico, feito utilizando-se principalmente moléculas fungicidas dos grupos dos inibidores de quinona externa – estrobilurinas, inibidores da desmetilação – triazóis e triazolintiona, inibidores de succinato-desidrogenase – carboxamidas. Além da eficácia de cada molécula, o seu movimento na planta após a aplicação é de extrema importância para um bom controle da doença. Deste modo, o objetivo deste trabalho foi analisar a eficácia, o movimento superficial e a sistemicidade das moléculas fungicidas tebuconazol, difenoconazol, ciproconazol, protioconazol, picoxistrobina, azoxistrobina, trifloxistrobina, piraclostrobina, benzovindiflupir, bixafen e fluxapiroxade aplicadas de forma isolada. Para estas avaliações, considerou-se o controle da doença após a aplicação dos fungicidas e inoculação do patógeno. Quando comparada à testemunha, as moléculas protioconazol, azoxistrobina, piraclostrobina e benzovindiflupir apresentaram as melhores porcentagens de controle da doença no ensaio de eficácia. Já em relação à movimentação superficial, as moléculas protioconazol, picoxistrobina, azoxistrobina e fluxapiroxade apresentaram as menores porcentagens de severidade da doença. No ensaio de translocação, as moléculas protioconazol, tebuconazol, ciproconazol e picoxistrobina apresentaram movimentação acropetal reduzindo a severidade da doença e controlando o patógeno.

Palavras-chave: *Phakopsora pachyrhizi;* controle químico; eficácia; movimento superficial; sistemicidade.

ABSTRACT

The soybean is the main crop planted in Brazil, being the country the largest worldwide producer and responsible for around 40% of the worldwide production. Diverse abiotic and biotic factors can affect its production, being the Asian soybean rust, caused by the fungus *Phakopsora pachyrhizi,* the main disease of the culture in Brazil. Failure to control the disease can lead to losses of up to 90% of production and its control requires the adoption of several tools. Among them is the chemical control, carried out using mainly fungicidal molecules from the groups of quinone outside inhibitors – strobilurins, demethylation inhibitors – triazoles and triazolinthione, succinate-dehydrogenase inhibitors – carboxamides. In addition to the effectiveness of each molecule, its movement in the plant after application is extremely important for good disease control. Thus, the objective of this work was to analyze the effectiveness, the surface movement and systematicity of the fungicidal molecules Tebuconazole, Difenoconazole, Cyproconazole, Prothioconazole, Picoxystrobin, Azoxystrobin, Trifloxystrobin, Pyraclostrobin, Benzovindiflupyr, Bixafen and Fluxapyroxad applied in isolation. For these evaluations, the disease control after the application of fungicides and inoculation of the pathogen was considered. The molecules prothioconazole, azoxystrobin, pyraclostrobin and benzovindiflupyr showed the best percentages of disease control in the efficacy trial. Regarding surface movement, the molecules prothioconazole, picoxystrobin, azoxystrobin and fluxapyroxad showed the lower percentages of disease severity. In the translocation assay, the molecules prothioconazole, tebuconazole, cyproconazole and picoxystrobin showed acropetal movement, reducing the severity of the disease and controlling the pathogen.

Keywords: *Phakopsora pachyrhizi*; chemical control; efficiency; surface movement; systematicity.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Simulador de aplicação, modelo *Generation* III, utilizado nos ensaios.....41

Figura 2 - Câmara de crescimento de plantas, modelo A1000 - Conviron, utilizada para manutenção da população de *P. pachyrhizi* e utilizada nos ensaios..... 42

Figura 3 - Folhas de soja contendo esporulação evidente de *P. pachyrhizi* coletadas em béquer de plástico (A). Solução de esporos após a lavagem das folhas com água + 0,01% de Tween 20 (B). Microscópio óptico utilizado para visualização e contagem dos esporos (C). Presença de esporos de ferrugem asiática em câmara de Neubauer (D)..... 43

Figura 4 - Inoculação dos urediniósporos de *P. pachyrhizi* com o auxílio de uma pistola de pintura..... 44

Figura 5 - Escala diagramática para avaliação da severidade da ferrugem da soja..44

Figura 6 - Planta de soja no estádio fenológico V1.....45

Figura 7 - Planta de soja com uma folha unifoliolada e solo coberto por papel alumínio.....46

Figura 8 - Planta de soja com os dois primeiros trifólios expandidos (A), planta de soja com o segundo trifólio expandido coberto com papel alumínio (B)..... 47

Figura 9 - Severidade da doença nos diferentes tratamentos no ensaio de eficácia.50

Figura 10 - Severidade da doença nos diferentes tratamentos no ensaio de sistemicidade..... 55

Figura 11 - Severidade da doença nos diferentes tratamentos no ensaio de sistemicidade..... 61

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Produtos fitossanitários utilizados no preparo das caldas de pulverização.....40

Tabela 2 - Severidade da ferrugem asiática e porcentagem de controle em relação à testemunha sem fungicida, para os diferentes tratamentos no experimento de eficácia dos triazóis, triazolintiona, estrobilurinas e carboxamidas isoladas..... 49

Tabela 3 - Severidade da ferrugem asiática e porcentagem de controle em relação à testemunha sem fungicida, para os diferentes triazóis e triazolintiona no experimento de eficácia das moléculas.....51

Tabela 4 - Severidade da ferrugem asiática e porcentagem de controle em relação à testemunha sem fungicida, para as diferentes estrobilurinas no experimento de eficácia das moléculas..... 52

Tabela 5 - Severidade da ferrugem asiática e porcentagem de controle em relação à testemunha sem fungicida, para as diferentes carboxamidas no experimento de eficácia das moléculas..... 53

Tabela 6 - Severidade da ferrugem asiática e porcentagem de controle em relação à testemunha sem fungicida, para os diferentes tratamentos no experimento de movimentação superficial dos triazóis, triazolintiona, estrobilurinas e carboxamidas isoladas.....55

Tabela 7 - Severidade da ferrugem asiática e porcentagem de controle em relação à testemunha sem fungicida, para os diferentes tratamentos à base de triazóis e triazolintiona no ensaio de movimentação superficial.....57

Tabela 8 - Severidade da ferrugem asiática e porcentagem de controle em relação à testemunha sem fungicida para os diferentes tratamentos à base de estrobilurina no ensaio de movimentação superficial.....58

Tabela 9 - Severidade da ferrugem asiática e porcentagem de controle em relação à testemunha sem fungicida para os diferentes tratamentos à base de carboxamida no ensaio de movimentação superficial.....59

Tabela 10 - Severidade da ferrugem asiática e porcentagem de controle em relação à testemunha sem fungicida, para os diferentes tratamentos no experimento de sistemicidade dos triazóis, triazolintiona, estrobilurinas e carboxamidas isoladas..... 62

Tabela 11 - Severidade da ferrugem asiática e porcentagem de controle em relação à testemunha sem fungicida, para os diferentes tratamentos à base de triazóis e triazolintiona no experimento de sistemicidade..... 64

Tabela 12 - Severidade da ferrugem asiática e porcentagem de controle em relação à testemunha sem fungicida, para os diferentes tratamentos à base de estrobilurinas no experimento de sistemicidade..... 65

Tabela 13 - Severidade da ferrugem asiática e porcentagem de controle em relação à testemunha sem fungicida, para os diferentes tratamentos à base de carboxamidas no experimento de sistemicidade.....67

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 21
2 REVISÃO DE LITERATURA 23
2.1 A cultura da soja..... 23
2.2 Ferrugem asiática da soja..... 24
2.3 Estratégias de manejo de *P. pachyrhizi*..... 28
2.4 Controle químico de *P. pachyrhizi*..... 29
2.3.1 Inibidores de quinona externa – Estrobilurinas..... 31
2.3.3 Inibidores de succinato-desidrogenase – Carboxamidas..... 33
2.4 Mobilidade dos fungicidas..... 34
3 MATERIAL E MÉTODOS 39
3.1 Semeadura e condução das plantas..... 39
3.2 Delineamento experimental..... 39
3.3 Aplicação..... 41
3.4 Manutenção da população de *P. pachyrhizi*..... 41
3.5 Inoculação de *P. pachyrhizi*..... 42
3.6 Avaliações e análise estatística..... 44
3.7 Eficácia de triazóis, triazolintiona, estrobilurinas e carboxamidas no controle da ferrugem asiática da soja aplicadas de forma isolada..... 45
3.8 Movimento superficial de triazóis, triazolintiona, estrobilurinas e carboxamidas no controle da ferrugem asiática da soja aplicadas de forma isolada..... 46
3.9 Sistemicidade de diferentes triazóis, triazolintiona, estrobilurina e carboxamidas no controle da ferrugem asiática da soja aplicadas de forma isolada..... 47
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO 49
4.1 Eficácia de triazóis/triazolintiona, estrobilurinas e carboxamidas no controle da ferrugem asiática da soja aplicadas de forma isolada..... 49
4.2 Movimento superficial de triazóis, triazolintiona, estrobilurinas e carboxamidas no controle da ferrugem asiática da soja aplicadas de forma isolada..... 54
4.3 Sistemicidade de triazóis, triazolintiona, estrobilurinas e carboxamidas isoladas no controle da ferrugem asiática da soja..... 61

5 CONCLUSÕES 69
REFERÊNCIAS 71

1 INTRODUÇÃO

A soja [*Glycine max* (L.) Merrill] é uma leguminosa anual da família *Fabaceae,* e é considerada uma das dez culturas mais cultivadas em todo o globo, tendo grande importância econômica em todo o mundo, devido ao seu potencial produtivo e valor nutritivo. Representa uma importante fonte de óleo vegetal e concentrado de proteína, além de ser importante matéria-prima para diversos segmentos agroindustriais e possuir um relevante papel socioeconômico (DIAZ, 1992; LACERDA, 2016). O Brasil é o principal produtor mundial da cultura, seguido pelos Estados Unidos da América, Argentina e China (FAO, 2021). A produção nacional no ano safra 2020/2021 foi de 135.914 milhões de toneladas, representando cerca de 40% da produção mundial. Já para a safra de 2021/2022, a produção nacional é estimada em 140.749 milhões de toneladas (CONAB, 2021). Sendo assim, qualquer fator que afete a cultura terá um grande impacto negativo na economia do país.

Dentre todos os fatores limitantes que podem afetar a produtividade da cultura, as doenças são consideradas um dos mais importantes, sendo que a ferrugem asiática da soja (FAS) é tida como a mais destrutiva (EMBRAPA, 2013). A doença é causada pelo fungo *Phakopsora pachyrhizi* Syd & P. Syd, um basidiomiceto parasita obrigatório que pode ter como hospedeiro mais de 95 espécies de plantas (SLAMINKO et al., 2010). Em condições de baixa intensidade de doença e pouca chuva, as perdas na produção são de 10 a 15%, porém, em condições de maior pressão da doença e de altas pluviosidades, essas perdas podem alcançar 100% da produção (KAWUKI et al., 2003).

Para um correto e sustentável manejo da doença, a integração de diferentes ferramentas de controle é fundamental (GOULART; FURLAN; FUJINO, 2011). Dentre essas medidas, estão as restrições de plantio com a adoção do vazio sanitário e épocas de semeadura limitadas, que por consequência alteraram o sistema de produção da soja no país (GODOY et al., 2016). Além disso, o uso de variedades precoces, a adoção de variedades com resistência ao fungo e evitar o plantio em épocas favoráveis ao fungo (plantio tardio) são ferramentas para o manejo da doença (LANGENBACH et al., 2016; MURITHI et al., 2016). Embora essas alternativas estejam à disposição do agricultor, o controle químico ainda é fundamental para o manejo da doença (SANTOS, 2016).

O controle químico da ferrugem asiática da soja se dá através do uso de fungicidas, principalmente os triazóis, as estrobilurinas, as carboxamidas e uma molécula pertencente ao grupo da triazolintiona (DORIGHELLO et al., 2020). Os triazóis e a triazolintiona formam o grupo de maior importância para o controle de fungos fitopatogênicos dentre todos os outros compostos disponíveis (ZAMBOLIM; JULIATTI; GUERRA, 2021). Esses compostos pertencem ao grupo de fungicidas Inibidores da Desmetilação (IDM), que agem inibindo a síntese de ergosterol (MUELLER, 2006). Já as estrobilurinas, pertencentes ao grupo químico Inibidores Externos de Quinona (IeQ), têm seu mecanismo de ação através da inibição da produção de energia pelo fungo, afetando a transferência de elétrons entre o citocromo b e c (BARTLETT et al, 2002; DELEN; TOSUN, 2004). As carboxamidas, pertencentes ao grupo dos Inibidores da Succinato Desidrogenase (ISDH), são fungicidas que, assim como os IeQs, atuam inibindo a respiração do fungo, contudo possuem sítio de ação diferente, já que bloqueiam os sítios de ligação da ubiquinona no complexo II da mitocôndria (AVENOT; MICHAILIDES, 2010; XIONG et al., 2015).

Independente da molécula ou ao grupo pertencente, algumas características são de fundamental importância para todos os fungicidas. Segundo Garcia (1999), os fungicidas devem apresentar fungitoxicidade em doses baixas, especificidade, devem ser adequados ao meio ambiente e não serem prejudiciais aos animais, plantas e humanos. A redistribuição de fungicidas nas plantas também é um atributo importante, pois as aplicações raramente promovem uma completa cobertura, sendo assim, o movimento do ingrediente ativo da gota aplicada até áreas não tratadas complementa a performance e a confiabilidade dos produtos (KLITTICH, 2014).

Extensas pesquisas a campo focadas no monitoramento e comparação da eficácia de diferentes fungicidas são fundamentais para a implementação de um bom programa de manejo químico para a ferrugem asiática da soja (SCHERM et al., 2009; GODOY; BUENO; GAZZIERO, 2015; GODOY et al., 2016; DALLA LANA et al., 2018). Além disso, a relação entre a rápida movimentação e a ação do fungicida, que depende de sua lipossolubilidade e da sua hidrossolubilidade, tem sido pouco estudada ao longo dos anos (BORTOLINI; GHELLER, 2012).

Com isso, o objetivo deste trabalho é comparar a eficácia, movimento superficial e sistemicidade de diferentes fungicidas isolados pertencentes aos principais grupos químicos triazóis, triazolintiona, estrobilurinas e carboxamidas.

5 CONCLUSÕES

Nas condições experimentais que estes ensaios foram desenvolvidos e com a utilização de um isolado de *P. pachyrhizi* do ano de 2013 que manteve suas características de susceptibilidade originais ao longo das gerações, pode-se constatar que:

As moléculas que apresentaram melhor eficácia foram Azoxistrobina, Benzovindiflupir, Piraclostrobina e Protioconazol. Cada grupo de fungicidas teve ao menos um representante entre as melhores moléculas.

Azoxistrobina, Ciproconazol, Fluxapiroxade, Picoxistrobina e Protioconazol apresentaram alta mobilidade superficial nas folhas de soja, promovendo um elevado controle do patógeno *P. pachyrhizi* em áreas da folha que não receberam aplicação do fungicida.

As moléculas picoxistrobina, ciproconazol, protioconazol e tebuconazol apresentaram mobilidade acropetal, reduzindo a severidade e controlando a doença em folhas localizadas acima do ponto de aplicação do fungicida. Com exceção da molécula difenoconazol, todas as outras IDMs apresentaram alta movimentação acropetal, sendo o grupo com o maior número de moléculas que apresentou tal característica, onde a molécula protioconazol apresentou a maior porcentagem de controle, seguida por tebuconazol e ciproconazol.

A movimentação de um ingrediente ativo está diretamente ligada à sua relação com os compostos lipídicos e com a água. Esta relação é evidenciada pelo coeficiente log Kow de cada molécula. Quanto maior o log Kow, mais lipofílica a molécula é, movimentando-se menos pelos tecidos das plantas, enquanto compostos que apresentam log Kow menores tendem a se movimentar com maior facilidade. Além deste fato, a capacidade da molécula em matar ou inibir o crescimento do fungo e a quantidade movimentada do ingrediente ativo está diretamente relacionada ao controle da doença em partes da planta que recebem a aplicação direta da solução fungicida ou em partes da planta que a molécula necessita se movimentar para poder controlar a doença. Todos estes fatores foram evidenciados nos três diferentes ensaios aqui apresentados.

A mistura de ingredientes ativos que possuam boa eficácia, juntamente com ingredientes ativos que tenham boa movimentação nas plantas deve ser considerada na hora do desenvolvimento de novos fungicidas ou então na hora da compra de

fungicidas comerciais pelo produtor. A busca por novos ingredientes ativos que apresentem características químicas semelhantes das moléculas já presentes no mercado e que as fazem apresentar bom controle da doença e boa translocação na planta também deve ser considerado na hora de se desenvolver este novo produto.

REFERÊNCIAS

ABBOTT, S. et al. A method of computing the effectiveness of an insecticide. **J. econ. Entomol**, v. 18, n. 2, p. 265-267, 1925.

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. Acesso em 21 setembro 2021.

AGROSTAT. Estatísticas de Comércio Exterior do Agronegócio Brasileiro. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Disponível em: http://indicadores.agricultura.gov.br/agrostat/index.htm Acesso em 29 out 2021.

ALEXOPOULOS, C. J.; MIMS, C. W.; BLACKWELL, M. Introduction Mycology. 4. ed. New York, USA: Wiley & Sons, 1996.

ALMEIDA, A. M. R. et al. Doenças da soja (*Glycine max*) In: KIMATI, H. et al. **Manual de Fitopatologia. Doenças das Plantas Cultivadas**. 4 ed. São Paulo: Agronômica Ceres. p. 569-588. v. 2, 2005

ALVES S. A. M.; FURTADO, G. Q.; BERGAMIN FILHO, A. Influência das condições climáticas sobre a ferrugem da soja. In: ZAMBOLIM, L. (Ed.). **Ferrugem asiática da soja**. Viçosa MG, Editora UFV, 2006, p. 37-59.

ALVES, K. S. et al. Profitability of fungicide applications for managing soybean rust in scenarios of variable efficacy and costs: a stochastic simulation. **Plant Pathology**, Oxford, Inglaterra, v. 70, n. 6, p. 1354-1363, 2021.

ALVES, S. A. M. **Quantificação dos parâmetros da pré-penetração e monocíclico relacionados ao patossistema *Phakopsora pachyrhizi*-soja**. 2007. Tese (Doutorado em Fitopatologia), Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

AMMERMANN, E. et al. BAS 500 F-the new broad-spectrum strobilurin fungicide. In: **The BCPC Conference: Pests and diseases, Volume 2.** Proceedings of an international conference held at the Brighton Hilton Metropole Hotel, Brighton, UK, 13-16 November 2000. British Crop Protection Council, p. 541-548, 2000.

ANKE, T. et al. The strobilurins-new antifungal antibiotics from the basidiomycete *Strobilurus tenacellus* (Pers. ex Fr.) Sing. **The Journal of antibiotics**, v. 30, n. 10, p. 806-810, 1977.

ANTUNES-KENYON, S.E.; KENNEDY, G. Thiamethoxam a new active ingredient review. **Massachusetts Pesticide Bureau**, Department of Food and Agriculture. 2001. Disponível em: http://www.state.ma.us/dfa/pesticides/ water/REVIEW_THIAMETHOXAM.pdf.. Acesso em 25 out 2021

AUGUSTO, J.; BRENNEMAN, T. B. Assessing systemicity of peanut fungicides through bioassay of plant tissues with Sclerotium rolfsii. **Plant disease**, v. 96, n. 3, p. 330-337, 2012.

AVENOT, H. F.; MICHAILIDES, T. J. Progress in understanding molecular mechanisms and evolution of resistance to succinate dehydrogenase inhibiting (SDHI) fungicides in phytopathogenic fungi. **Crop protection**, v. 29, n. 7, p. 643-651, 2010.

AZEVEDO, L. **Fungicidas sistêmicos**: teoria e prática. Campinas: Emopi, , 2007.

BAIBAKOVA, E. V. et al. Modern fungicides: Mechanisms of action, fungal resistance and phytotoxic effects. **Annual Research & Review in Biology**, p. 1-16, 2019.

BAKER, E. A.; HAYES, A. L.; BUTLER, R. C. Physicochemical properties of agrochemicals: their effects on foliar penetration. **Pesticide Science**, v. 34, n. 2, p. 167-182, 1992.

BALARDIN, R.S.; NAVARINI, L.; DALLAGNOLL, L.J. Epidemiologia da ferrugem da soja. In: JULIATTI, F.C.; POLIZEL, A.C.; HAMAWAKI, O.T. (Org.). In: Workshop Brasileiro Sobre a Ferrugem Asiática, 1., 2005, Uberlândia. **Coletânea.** Uberlândia: EDUFU, 2005. p. 39-50.

BALBA, H. Review of strobilurin fungicide chemicals. **Journal of Environmental Science and Health Part B**, v. 42, n. 4, p. 441-451, 2007.

BARBOSA, J.C.; MALDONADO JÚNIOR, W. AgroEstat versão 1.0 - Sistema de análises estatísticas de ensaios agronômicos. Universidade Estadual Paulista, Campus de Jaboticabal, SP, 2009.

BARTLETT, D. W. et al. The strobilurin fungicides. **Pest Management Science: formerly Pesticide Science**, v. 58, n. 7, p. 649-662, 2002.

BARTLETT, D. W. et al. Understanding the strobilurin fungicides. **Pesticide Outlook**, v. 12, n. 4, p. 143-148, 2001.

BERUSKI, G. C. et al. Performance and profitability of rain-based thresholds for timing fungicide applications in soybean rust control. **Plant Disease**, v. 104, n. 10, p. 2704-2712, 2020.

BONDE, M.R.; NESTER, S.E.; BERNER, D.K. Effects of daily temperature highs on development of *Phakopsora pachyrhizi* on soybean. **Phytopathology**, v. 102, p. 761– 768, 2012.

BORBA, J. P. **Does the I86F mutation of succinate dehydrogenase subunit c increase fungicide resistance and have a fitness in Asian Soybean Rust (*Phakopsora pachyrhizi*)?** 2019. Dissertação (Mestrado em Ciência/Genética e Melhoramento de Plantas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2019.

BORTOLINI, A. M. M.; GHELLER, J. A. Aplicação de diferentes fungicidas no controle de doenças foliares na cultura do milho em relação à produtividade. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, Cascavel, v.1, p. 109-121, 2012.

BOURRAS, S. et al. Cereal powdery mildew effectors: a complex toolbox for an obligate pathogen. **Current opinion in microbiology**, v. 46, p. 26-33, 2018.

BRIGGS, G.G.; BROMILOW, R.H.; EVANS, A. A. Relationships between lipophilicity and root uptake and translocation of non-ionised chemicals by barley. **Pesticide Science**, Oxford, v.13, n.5, p. 495-504, 1982.

BRITO, R. A. dos S. ***Colletotrichum truncatum*, agente causal da antracnose da soja: uma comparação entre isolados obtidos de plantas assintomáticas e sintomáticas.** 2018. Tese (Doutorado em Ciências) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2018.

BROMFIELD, K. R. Soybean rust. **American Phytopathological Society**, St. Paul, MN, n.11, 1984.

BROMFIELD, K. R.; HARTWIG, E. E. Resistance to soybean rust and mode of inheritance. **Crop Science**, v. 20, p. 254-255, 1980.

BROMILOW, R. H.; CHAMBERLAIN, K. Mechanisms and Regulation of Transport Processes. **Designing Molecules for Systemicity, British Plant Growth Regulatory Group, Monograph**, v. 18, p. 113-128, 1989.

BROOMFIELD, K.; HARTWING, E. Resistance to soybean rust and mode of inheritance. **Crop Science**, v.20, p. 254-255, 1980.

CALDWELL, P. M.; LAING, M. D.; WARD, J. The threat to South Africa soya crop continues. **Farmer's Weekly**, Johannesburg, South Africa, 2002.

CARMONA, M. A.; GALLY, M. E.; LOPEZ, S. E. Asian soybean rust: Incidence, severity, and morphological characterization of *Phakopsora pachyrhizi* (Uredinia and Telia) in Argentina. **Plant disease**, [s.l.], v. 89, n. 1, p. 109-109, 2005.

CARVALHO JÚNIOR, A. A.; FIGUEREDO, M. B. A verdadeira identidade da ferrugem da soja no Brasil. **Summa Phytopathologica**, v. 26, n. 2, p. 197-200, 2000.

CHILDS, S. P.; BUCK, J. W.; LI, Z. Breeding soybeans with resistance to soybean rust (*Phakopsora pachyrhizi*). **Plant Breeding**, v. 137, n. 3, p. 250-261, 2018.

CHU, H. T.; CHUANG, Y. C. Investigation on soybean diseases. Taiwan Sugar Experiment Station Report 25. Taiwan. 1961.

CHUNG, G.; SINGH, R. J. Broadening the genetic base of soybean: a multidisciplinary approach. **Critical Reviews in Plant Sciences**, v. 27, n. 5, p. 295-341, 2008.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB - **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos**, Brasília, DF, v. 8, safra 2020/21, n. 7, décimo segundo levantamento, nov. 2021.

DALLA LANA, F. et al. Meta-analysis of the relationship between crop yield and soybean rust severity. **Phytopathology**, v. 105, n. 3, p. 307-315, 2015.

DALLA LANA, F. 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.

DEL PONTE, E. M. et al. Early-season warning of soybean rust regional epidemics using El Niño Southern/Oscillation information. **International journal of biometeorology**, v. 55, n. 4, p. 575-583, 2011.

DELEN, N.; TOSUN, N. Fungicidas: mecanismo de ação e resistência. Parte 2: fungicida com modo de ação específicos. **Revisão Anual de Patologia de Plantas**. Passo Fundo, v. 12, p, 27-90, 2004

DESLANDES, J. A. Ferrugem da soja e de outras leguminosas causada *Phakopsora pachyrhizi* no estado de Minas Gerais. **Fitopatologia Brasileira**, v. 4, n. 2, p. 337-339, 1979.

DEVINE, M. D. Phloem translocation of herbicides. **Rev. Weed Sci**., v. 4, p. 191-213, 1989.

DIAZ, C. H. El cultivo de la soya para granos y forrajes. **Centro de Informacion y Documentacion Agropecuario**, 1992.

DORIGHELLO, D. V. et al. Management of Asian soybean rust with *Bacillus subtilis* in sequential and alternating fungicide applications. **Australasian Plant Pathology**, v. 49, n. 1, p. 79-86, 2020.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA - Centro Nacional de Pesquisa de Soja**. Soja em números (safra 2019/2020)**. Londrina, PR: Embrapa Soja, 2020.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA, . **Tecnologias de produção de soja**: região central do Brasil 2014. Londrina: Embrapa Soja, 2013

FALCI, D. R.; PASQUALOTTO, A. C. Profile of isavuconazole and its potential in the treatment of severe invasive fungal infections. **Infection and drug resistance**, v. 6, p. 163, 2013.

FAO MEETING. Azoxystrobin: Evaluation of Data for Acceptable Daily Intake and Acute Dietary Intake for Humans, Maximum Residue Levels and Supervised Trial Median Residue Values. 2008.

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.

FIALLOS, F. R. G.; FORCELINI, C. A. Controle comparativo da ferrugem asiática da soja com fungicida triazol ou mistura de triazol + estrobilurina. **Bioscience Journal**, v. 29, n. 4, 2013.

FOOD AND AGRICULTURAL ORGANIZATION - FAO. **FAO Statistical Yearbook**. Nova Iorque, 2021. Disponível em: www.fao.com. Acesso em: 18 out. 2021.

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

FORCELINI, C. A.; GOELLNER, C. I.; MAY-DE MIO, L. L. Resistência de fungos a fungicidas. **Revisão Anual de Patologia de Plantas**, v. 9, n. 1, 2001.

FORSTER, W. A.; KIMBERLEY, M. O. Statistical analysis to determine the relative importance of variables involved in foliar translocation. **Transactions of the ASABE**, v. 51, n. 1, p. 19-26, 2008.

FORSTER, W. et al. Cuticular uptake of xenobiotics into living plants. Part 2: Influence of the xenobiotic dose on the uptake of bentazone, epoxiconazole and pyraclostrobin, applied in the presence of various surfactants, into Chenopodium album, Sinapis alba and Triticum aestivum leaves. **Pest Management Science: formerly Pesticide Science**, v. 62, n. 7, p. 664-672, 2006.

FUNGICIDE RESISTANT ACTION COMMITTEE - FRAC. Frac code list. Disponível em: https://www.frac.info/docs/default-source/publications/frac-code-list/frac-code-list-2021--final.pdf?sfvrsn=f7ec499a_2. Acesso: 01 nov 2021

GARCIA, A. Fungicidas I: Utilização no Controle Químico de Doenças e sua Ação contra os Fitopatógenos; **Embrapa Rondônia - Documentos (INFOTECA-E)**: Porto Velho, Brasil, 1999; p. 34.

GLÄTTLI, A. et al. Mutations in the target proteins of succinate-dehydrogenase inhibitors (SDHI) and 14α-demethylase inhibitors (DMI) conferring changes in the sensitivity-structural insights from molecular modelling. In: **Association Française de Protection des Plantes, 9ème conférence international sur les maladies des plantes, Tours, France, 8 et 9 Décembre 2009**. Association Française de Protection des Plantes (AFPP), p. 670-681, 2009

GODOY, C. V. et al. Eficiência de fungicidas para o controle da ferrugem-asiática da soja, *Phakopsora pachyrhizi*, na safra 2016/2017: Resultados sumarizados dos ensaios cooperativos. Londrina, PR: **Embrapa Soja**. Retrieved on May, v. 10, 2017.

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. et al. Ferrugem-asiática da soja: bases para o manejo da doença e estratégias antirresistência. **Embrapa Soja-Documentos** (INFOTECA-E), 2020.

GODOY, C. V. et al. **Ferrugem-asiática da soja: bases para o manejo da doença e estratégias antirresistência.** Londrina: Embrapa Soja, 2020.

GODOY, C. V.; MEYER, M. C. Resistência a fungicidas na cultura da soja. **Embrapa Soja** - Artigo em periódico indexado (ALICE), 2014

GODOY, C. V.; BUENO, A. F.; GAZZIERO, D. L. P. Brazilian soybean pest management and threats to its sustainability. **Outlooks on Pest management**, v. 26, n. 3, p. 113-117, 2015.

GODOY, C. V.; KOGA, L. J.; CANTERI, M. G. Diagrammatic scale for assessment of soybean rust severity. **Fitopatologia Brasileira**, v. 31, p. 63-68, 2006.

GODOY, C.V.; SEIXAS, C.D.S.; SOARES, R.M.; MARCELINO-GUIMARAES, F.C.; MEYER, M.C.; COSTAMILAN, L.M. Asian soybean rust in Brazil: past, present, and future. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, p. 407– 421, 2016.

GODWIN, J. R.; BARTLETT, D. W.; HEANEY, S. P. Azoxystrobin: implications of biochemical mode of action, pharmacokinetics and resistance management for spray programmes against Septoria diseases of wheat. Septoria on cereals: a study of pathosystems. **CABI Publishing**, Wallingford, UK, p. 299-315, 1999.

GOELLNER, K. et al. *Phakopsora pachyrhizi*, the causal agent of Asian soybean rust: pathogen profile. **Molecular Plant Pathology**, v. 11, p. 169–177, 2010.

GOULART, A. C. P.; FURLAN, S. H.; FUJINO, M. T. Controle integrado da ferrugem asiática da soja (*Phakopsora pachyrhizi*) com o fungicida fluquinconazole aplicado nas sementes em associação com outros fungicidas pulverizados na parte aérea da cultura. **Summa phytopathologica**, Botucatu, v. 37, p. 113-118, 2011.

GUICHERIT, E. H. et al. Solatenol – The Second Generation Benzonorbornene SDHI Carboxamide with Outstanding Performance against Key Crop Diseases. *In*: DEHNE, H. W.; DEISING, H. B.; FRAAIJE, B.; GISI, U.; HERMANN, D.; MEHL, A.; OERKE, E. C.; STAMMLER, G.; KUCK, K. H.; LYR, H. (Eds.) **Modern Fungicides and Antifungal Compounds VII**. Braunschweig, Germany: Deutsche Phytomedizinische Gesellschaft, 2014. p.67-72.

HÄGERHÄLL, C. Succinate: quinone oxidoreductases: variations on a conserved theme. **Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Bioenergetics**, v. 1320, n. 2, p. 107-141, 1997.

HARTMAN, G. L. et al (Ed.). Compendium of soybean diseases and pests. 5th ed. Saint Paul: **APS Press**, p. 56-59, 2015

HISLOP, E. C.; COX, T. W. Local redistribution of fungicides on leaves by water. **Annals of Applied Biology**, v. 66, n. 1, p. 89-101, 1970.

HORSEFIELD, R. et al. Structural and computational analysis of the quinone-binding site of complex II (succinate-ubiquinone oxidoreductase): a mechanism of electron transfer and proton conduction during ubiquinone reduction. **Journal of Biological Chemistry**, v. 281, n. 11, p. 7309-7316, 2006.

HUANG, L. et al. 3-nitropropionic acid is a suicide inhibitor of mitochondrial respiration that, upon oxidation by complex II, forms a covalent adduct with a catalytic base arginine in the active site of the enzyme. **Journal of Biological Chemistry**, v. 281, n. 9, p. 5965-5972, 2006.

HUANG, X. et al. Favorable bioactivity of the SDHI fungicide benzovindiflupyr against Sclerotinia sclerotiorum mycelial growth, sclerotial production, and myceliogenic and carpogenic germination of sclerotia. **Plant disease**, v. 103, n. 7, p. 1613-1620, 2019.

ISARD, S. A. et al. The effect of solar irradiance on the mortality of *Phakopsora pachyrhizi* urediniospores. **Plant Disease**, v. 90, n. 7, p. 941-945, 2006.

JACOB, F.; NEUMANN, S. T. Principles of uptake and systemic transport of fungicides within the plant. *In*: LYR, H. **Modern selective fungicides**: properties, applications, mechanisms of action. New York: Gustav Fischer Verlag, 1987, p. 51-73.

JORGE, V. R. et al. The origin and genetic diversity of the causal agent of Asian soybean rust, *Phakopsora pachyrhizi*, in South America. **Plant Pathology**, v. 64, n. 3, p. 729-737, 2015.

JULIATTI, F. C. et al. Sensitivity of two isolates of *Phakopsora pachyrhizi* to dithiocarmamate, chloronitril, triazoles, strobilurins, and carboxamides fungicides. **Bioscience Journal**, v. 33, n. 4, 2017a.

JULIATTI, F. C. et al. Strategies of chemical protection for controlling soybean rust. *In*: KASAI, M. **Soybean:** The Basis of Yield Biomass and Productivity. Rijeka, Croácia: IntechOpen, 2017b, cap. 3, p. 35-62.

KADAM, V. A. **Studies on epidemiology and integrated management of soybean rust caused by *Phakopsora pachyrhizi* (Syd.)**. 2013. Dissertação (Mestrado em Ciências - Agricultura) - College of Agriculture, Latur, 2013.

KATAGI, T. Surfactant effects on environmental behavior of pesticides. **Reviews of environmental contamination and toxicology**, p. 71-177, 2008.

KAWASHIMA, C. G. et al. A pigeonpea gene confers resistance to Asian soybean rust in soybean. **Nature Biotechnology**, v. 34, n. 6, p. 661-665, 2016.

KAWUKI, R. S. et al. Yield loss associated with soya bean rust (*Phakopsora pachyrhizi* Syd.) in Uganda. **Journal of Phytopathology**, v. 151, n. 1, p. 7-12, 2003.

KEMMITT, G. M. et al. Systemic properties of myclobutanil in soybean plants, affecting control of Asian soybean rust (*Phakopsora pachyrhizi*). **Pest Management Science: formerly Pesticide Science**, v. 64, n. 12, p. 1285-1293, 2008.

KEON, J. P R.; WHITE, G. A.; HARGREAVES, J. A. Isolation, characterization and sequence of a gene conferring resistance to the systemic fungicide carboxin from the maize smut pathogen, *Ustilago maydis*. **Current Genetics**, v. 19, p. 475-481, 1991.

KERSTIENS, G. Signalling across the divide: a wider perspective of cuticular structure - function relationships. **Trends in plant science**, v. 1, n. 4, p. 125-129, 1996.

KHANDELWAL, A. et al. Degradation of kresoxim-methyl in soil: Impact of varying moisture, organic matter, soil sterilization, soil type, light and atmospheric CO2 level. **Chemosphere**, v. 111, p. 209-217, 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

KIRKWOOD, R. C. Recent developments in our understanding of the plant cuticle as a barrier to the foliar uptake of pesticides. **Pesticide Science**, v. 55, n. 1, p. 69-77, 1999.

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.

KLITTICH, C. J.; RAY, S. L. Effects of physical properties on the translaminar activity of fungicides. **Pesticide biochemistry and physiology**, v. 107, n. 3, p. 351-359, 2013.

KLITTICH, C. JR et al. Assessment of fungicide systemicity in wheat using LC-MS/MS. **Pest Management Science: formerly Pesticide Science**, v. 64, n. 12, p. 1267-1277, 2008.

KOCH, E.; EBRAHIM-NESBAT, F.; HOPPE, H. H. Light and electron microscopic studies on the development of soybean rust (Phakopsora pachyrhizi Syd.) in susceptible soybean leaves. **Journal of Phytopathology**, v. 106, n. 4, p. 302-320, 1983.

KUMUDINI, S. et al. Role of host-plant resistance and disease development stage on leaf photosynthetic competence of soybean rust infected leaves. **Crop science**, v. 50, n. 6, p. 2533-2542, 2010.

LACERDA, V. S. **Estimativa do índice de severidade de ferrugem asiática na cultura da soja por meio de imagens obtidas com aeronave remotamente**

pilotada. 2016. Dissertação (Mestrado em Computação Aplicada) Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2016.

LANGENBACH, C. et al. Fighting Asian soybean rust. **Frontiers in Plant Science**, v. 7, p. 797, 2016.

LASS-FLÖRL, C. Triazole antifungal agents in invasive fungal infections. **Drugs**, v. 71, n. 18, p. 2405-2419, 2011.

LEVY, C. Epidemiology and chemical control of soybean rust in southern Africa. **Plant Disease**, v. 89, p. 669-674, 2005.

LI, X. et al. The uniqueness of soybean rust pathosystem: an improved understanding of the risk in different regions of the word. **Plant Disease**, v. 94, p. 796-806, 2010.

LIU, P. et al. Evaluation of fungicides enestroburin and SYP1620 on their inhibitory activities to fungi and oomycetes and systemic translocation in plants. **Pesticide biochemistry and physiology**, v. 112, p. 19-25, 2014.

MAGNANI, E. B. Z. et al. Events of pre-penetration, penetration and colonization processes by *Phakopsora pachyrhizi* in soybean leaflets. **Fitopatologia Brasileira**, v. 32, n. 2, p. 156-160, 2007.

MAHESHWARI, Ramesh. A scourge of mankind: From ancient times into the genomics era. **Current Science**, p. 1249-1256, 2007.

MARCHETTI, M. A.; UECKER, F. A.; BROMFIELD, K. R. Uredial development of *Phakopsora pachyrhizi* in soybeans. **Phytopathology** v. 65, p. 822-823,1975

MATSSON, M.; HEDERSTEDT, L. The carboxin-binding site on Paracoccus denitrificans succinate: quinone reductase identified by mutations. **Journal of bioenergetics and biomembranes**, v. 33, n. 2, p. 99-105, 2001.

McGRATH, M. T. What are fungicides? **The Plant Health Instructor**, 2004. DOI: 10.1094/ PHI-I-2004-0825-01.

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.

MILES, M. R. et al. Characterizing resistance to *Phakopsora pachyrhizi* in soybean. **Plant Disease**, v. 95, n. 5, p. 577-581, 2011.

MILES, M. R.; FREDERICK, R. D.; HARTMAN, G. L. Soybean rust: Is the US soybean crop at risk. **APS net**, 2003.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO - MAPA. Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários (Agrofit). Disponível em: https://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons Acesso em 28 out. 2021

MIYASAKA S.; MEDINA, J.C. (Ed.). **A soja no Brasil**. , Campinas, SP**: I**nstituto Agronômico de Campinas. p. 17-64, 1981.

MONTEIRO, C. M. et al. Control of foliar diseases by the axillary application of systemic fungicides in Brazilian coconut palms. **Crop Protection**, v. 52, p. 78-83, 2013.

MOREL, W.; YORINORI, J. T. Situación de la roya de la soja en el Paraguay. Boletin de Divulgación No. 44. **Centro Regional de Investigaci'on Agricola-CRIA**, Capitan Miranda, 2002

MUELLER, D. S. **Fungicides**: Triazoles**.** Iowa: Iowa State University, 2006. Disponível em: https://lib.dr.iastate.edu/cropnews/1274

MÜLLER, M. A.; STAMMLER, G.; DE MIO, L. L. M. Multiple resistance to DMI, QoI and SDHI fungicides in field isolates of *Phakopsora pachyrhizi*. **Crop Protection**, v. 145, p. 105618, 2021.

MURITHI, H. M. et al. Soybean production in eastern and southern Africa and threat of yield loss due to soybean rust caused by *Phakopsora pachyrhizi*. **Plant pathology**, v. 65, n. 2, p. 176-188, 2016.

NOGUEIRA JÚNIOR, A. F. et al. *Phakopsora euvitis* causes unusual damage to leaves and modifies carbohydrate metabolism in grapevine. **Frontiers in plant science**, v. 8, p. 1675, 2017.

NUNES, C. D. M.; DA SILVA MARTINS, J. F.; DEL PONTE, E. M. Validação de modelo de previsão de ocorrência da ferrugem asiática da soja com base em precipitação pluviométrica. **Embrapa Clima Temperado - Circular Técnica (INFOTECA-E)**, p. 1-13, 2018.

OLIVEIRA Jr, R. S.; BACARIN, M. A. Absorção e Translocação de Herbicidas. *In.* OLIVEIRA Jr, R. S.; CONSTANTIN, J.; INOUE, M. H. **Biologia de plantas daninhas**. Curitiba: Omnipax, 2011. p. 215-241.

ONO, Y. et al. Delimitation of *Phakopsora*, *Physopella* and *Cerotelium* and their species on Leguminosae. **Mycological Research**, v. 96, p .825-850, 1992

ONO, Yoshitaka. The diversity of nuclear cycle in microcyclic rust fungi (Uredinales) and its ecological and evolutionary implications. **Mycoscience**, [s.l.], v. 43, n. 5, p. 421-439, 2002.

PAPAEVANGELOU, V. A. et al. Treatment of agricultural equipment rinsing water containing a fungicide in pilot-scale horizontal subsurface flow constructed wetlands. **Ecological engineering**, v. 101, p. 193-200, 2017.

PATIL, P. V. et al. Viability of uredospores of Phakopsora pachyrhizi Syd. at different storage conditions. **Journal of Maharashtra Agricultural Universities**, v. 22, n. 2, p. 261-262, 1997.

PIVONIA, S.; YANG, X. B. Assessment of the potential year-round establishment of soybean rust throughout the world. **Plant Disease**, v. 88, p. 523-529, 2004.

PRIMIANO, I. V. et al. Asian grapevine leaf rust caused by *Phakopsora euvitis*: an important disease in Brazil. **Plant Pathology**, v. 66, n. 5, p. 691-701, 2017.

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.

REIS, E. M. Critério: Preventivo. *In*: REIS, E. M. **Indicadores do momento para aplicação de fungicidas visando ao controle de doenças em soja e trigo**. 2 ed. Passo Fundo: Berthier, 2014. p. 67-76.

REIS, E. M.; CARREGAL, L. H.; ZANATTA, M. Comparação da eficácia de fungicidas IQes, isolados ou em mistura com triazóis, no controle da ferrugem asiática da soja, safra 2016/17. **Summa Phytopathologica**, v. 45, n. 1, p. 28-32, 2019.

REIS, E. M.; REIS, A. C.; CARMONA, M. A. **Manual de fungicidas**: guia para o controle químico de doenças de plantas. 6 ed. Passo Fundo: UPF, 2010. 226 p.

REIS, E. M.; REIS, A. C.; ZANATTA, M.. Reflexo econômico e desenvolvimento da resistência de *Phakopsora pachyrhizi* a fungicidas em função do número de aplicações. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 44, n. 3, p. 289-292, 2018.

REUVENI, M. Activity of trifloxystrobin against powdery and downy mildew diseases of grapevines. **Canadian Journal of Plant Pathology**, v. 23, n. 1, p. 52-59, 2001.

RIEDERER, M.; FRIEDMANN, A. Transport of lipophilic non-electrolytes across the cuticle. **Annual plant reviews**, v. 23, p. 250-279, 2008.

RODRIGUES, E. T.; LOPES, I.; PARDAL, M. A. Occurrence, fate and effects of azoxystrobin in aquatic ecosystems: a review. **Environment international**, v. 53, p. 18-28, 2013.

ROEHRIG, R. et al. Use of surfactant with different volumes of fungicide application in soybean culture. **Engenharia agrícola**, v. 38, p. 577-589, 2018.

SAKSIRIRAT, W.; HOPPE, H.H. Teliospore germination of soybean rust fungus (*Phakopsora pachyrhizi* Syd.). **Journal of Phytopathology**, v. 132, n. 4, p. 339-342, 1991.

SANTOS, F. H. dos; SANTOS, L. A; FARIA, C. M. D. R. Translocação de triazóis e estrobilurinas no controle do oídio da soja. **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia**, Guarapuava-PR, v.11, n.1, p.87-92, 2018.

SANTOS, P. S. J. **Estudo da sistemicidade e tenacidade de epoxiconazol, piraclostrobina e fluxapiroxade em plantas de soja e videira**. 2015. Tese

(Doutorado em Fitopatologia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2016.

SATCHIVI, N. M. Modeling xenobiotic uptake and movement: A review. *In*: SATCHIVI, N. M. et al. **Retention, uptake, and translocation of agrochemicals in plants**. Washington, DC: American Chemical Society, 2014, p. 41-74.

SAUTER, H.; STEGLICH, W.; ANKE, T. Strobilurins: evolution of a new class of active substances. **Angewandte Chemie International Edition**, v. 38, n. 10, p. 1328-1349, 1999.

SCAPIN-BUFFARA, C. R. et al. Seasonal progression of leaf rust in 'Niagara Rosada' grapevine in a biannual crop system in Brazil. **European Journal of Plant Pathology**, v. 152, n. 3, p. 589-597, 2018.

SCHERM, H. et al. Quantitative review of fungicide efficacy trials for managing soybean rust in Brazil. **Crop Protection**, v. 28, n. 9, p. 774-782, 2009.

SCHNEIDER, R. W. et al. First report of soybean rust caused by *Phakopsora pachyrhizi* in the continental United States. **Plant disease**, v. 89, n. 7, p. 774-774, 2005.

SEIXAS, C. D. S.; GODOY, C. V. **Vazio Sanitário**: panorama nacional e medidas de monitoramento. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE FERRUGEM ASIÁTICA DA SOJA, 2007, Londrina. Anais... Londrina: Embrapa Soja, 2007, p. 23-33. (Embrapa Soja. Documentos, 281).

SILVA, C. M. M. S.; FAY, E. F. **Agrotóxicos e ambiente**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2004.

SILVA, T. S. **Flutriafol e azoxistrobina: uma combinação eficiente para o controle de doenças foliares fúngicas na cultura do milho**. 2018. Dissertação (Mestrado em Proteção de Plantas) - Instituto Federal Goiano, Urutaí, 2018.

SLAMINKO, T. L. et al. Multi-year evaluation of commercial soybean cultivars for resistance to Phytophthora sojae. **Plant disease**, v. 94, n. 3, p. 368-371, 2010.

SLAMINKO, T. L. et al. New legume hosts of *Phakopsora pachyrhizi* based on greenhouse evaluations. **Plant Disease**, v. 92, p. 767-771, 2008.

SMITH, S.; DIERS, B.; SPECHT, J.; CARVER, B. F. **Yield gains in major US field crops**. Madson, WI: John Wiley & Sons, 2020.

SOARES, R. M. et al. Fungicidas no controle da ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) e produtividade da soja. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34. n. 4. p. 1245-1247, 2004.

SOPA - Soybean Processors Association of India. **World Soybean Production**. Disponível em: http://www.sopa.org/statistics/world-soybean-production. Acesso em 20 set. 2021.

SPECHT, J. E. et al. Soybean. In: **Yield Gains in Major U.S. Field Crops.** Madson, WI: John Wiley & Sons, 2014. p. 311–356.

SUGIYAMA, A. et al. Do soybeans select specific species of *Bradyrhizobium* during growth? **Communicative & Integrative Biology**, v. 8 n. 1, 2015.

SUTY-HEINZE, A. et al. Bixafen – The New Cereal Fungicide with Yield Boosting Effects. *In*: DEHNE, H. W.; DEISING, H. B.; GISI, U.; KUCK, K. H.; RUSSELL, P. E.; LYR, H. (Eds.) **Modern Fungicides and Antifungal Compounds VI**. Braunschweig, Germany: Deutsche Phytomedizinische Gesellschaft, 2011. p.69-74.

TOMLIN, C. D. et al. **The pesticide manual**. 12 ed Farnham, UK: British Crop Production Council, 2000.

TOMLIN, C. D. et al. **The pesticide manual**: A world compendium. 15 ed. Alton: British Crop Production Council, 2009.

TORRES, F. Z. V. **Translocação do inseticida tiametoxam no floema de mamoneira e cafeeiro**. 2009. Tese (Doutorado em Agronomia/Entomologia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2009.

TRAN, Q. M. et al. The quinone binding site in *Escherichia coli* succinate dehydrogenase is required for electron transfer to the heme b. **Journal of Biological Chemistry**, v. 281, n. 43, p. 32310-32317, 2006.

TREMBLAY, A. et al. Analysis of *Phakopsora pachyrhizi* transcript abundance in critical pathways at four time-points during infection of a susceptible soybean cultivar using deep sequencing. **BMC genomics**, v. 14, n. 1, p. 1-17, 2013.

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.

USDA. United States Department of Agriculture. **Grain**: World Markets and Trade - Relatório mensal: Produção mundial, mercados e comércio - fev/2021. Informativo.

VENÂNCIO, W. S. et al. Novos fungicidas - produtos naturais e derivados sintéticos: estrobilurinas e fenilpirroles. **Revisão Anual de Patologia de Plantas**, v. 7, p. 103-155, 1999.

WANG, C. J.; LIU, Z. Q. Foliar uptake of pesticides—present status and future challenge. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 87, n. 1, p. 1-8, 2007.

WANG, F. et al. Chemical factors affecting uptake and translocation of six pesticides in soil by maize (*Zea mays* L.). J**ournal of Hazardous Materials**, v. 405, p. 124269, 2021.

WHITE, A. D. et al. Evaluation of methods to quantify herbicide penetration in leaves. **Weed technology**, v. 16, n. 1, p. 37-42, 2002.

WOLTERS, A.; KLEIN, M.; VEREECKEN, H. An improved description of pesticide volatilization: Refinement of the Pesticide Leaching Model (PELMO). J**ournal of environmental quality**, v. 33, n. 5, p. 1629-1637, 2004.

XAVIER, S. A. et al. Older leaf tissues in younger plants are more susceptible to soybean rust. **Acta Scientarium**, v. 39, n.1, p,17-24, 2017.

XIONG, L. et al. Succinate dehydrogenase: an ideal target for fungicide discovery. *In* MAIENFISCH, P.; STEVENSON, T. M. **Discovery and Synthesis of Crop Protection Products**, Washington, DC: ACS Publications, 2015, p. 175-194,

YANG, X. B. et al. Analysis and quantification of soybean rust epidemics from seventy-three sequential planting experiments. **Phytopathology**, v. 80, n. 12, p. 1421-1427, 1990.

YANKOVSKAYA, V. et al. Architecture of succinate dehydrogenase and reactive oxygen species generation. **Science**, v. 299, n. 5607, p. 700-704, 2003.

YORINORI, J. T. et al. Epidemics of soybean rust (*Phakopsora pachyrhizi*) in Brazil and Paraguay. **Plant Disease**, v. 89, p. 675-677, 2005.

YPEMA, H. L.; GOLD, R. E. Kresoxim-methyl: modification of a naturally occurring compound to produce a new fungicide. **Plant Disease**, v. 83, n. 1, p. 4-19, 1999.

ZABKIEWICZ, J. A. Spray formulation efficacy - holistic and futuristic perspectives. **Crop Protection**, v. 26, n. 3, p. 312-319, 2007.

ZAMBOLIM, L.; JULIATTI, F. C.; GUERRA, W. How to cope with the vulnerability of site specific fungicides on the control of Asian soybean rust. **International Journal of Research in Agronomy**, v. 4, p. 14-25, 2021.