

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE AGRONOMIA**

NADIA ROMINA SHNEIDER ZACARIAS

**SENSIBILIDADE DE DUAS POPULAÇÕES DE *Phakopsora pachyrhizi* AOS
FUNGICIDAS MONOSSÍTIOS E MULTISSÍTIOS**

**Uberlândia – MG
Julho – 2018**

NADIA ROMINA SHNEIDER ZACARIAS

**SENSIBILIDADE DE DUAS POPULAÇÕES DE *Phakopsora pachyrhizi* AOS
FUNGICIDAS MONOSSÍTIOS E MULTISSÍTIOS**

Trabalho de conclusão de curso apresentado
ao curso de Agronomia, da Universidade
Federal de Uberlândia, para obtenção do
grau de Engenheira Agrônoma.

Orientador: Fernando Cezar Juliatti

**Uberlândia – MG
Julho – 2018**

NADIA ROMINA SHNEIDER ZACARIAS

**SENSIBILIDADE DE DUAS POPULAÇÕES DE *Phakopsora pachyrhizi* AOS
FUNGICIDAS MONOSSÍTIOS E MULTISSÍTIOS**

Trabalho de conclusão de curso apresentado
ao curso de Agronomia, da Universidade
Federal de Uberlândia, para obtenção do
grau de Engenheira Agrônoma.

Aprovado pela Banca Examinadora em 01 de Dezembro de 2017

Prof. Dr. Fernando Cezar Juliatti

RESUMO

A ferrugem asiática da soja (FAS), causada pelo fungo *Phakopsora pachyrhizi* (Sydow & Sydow), é uma doença fúngica distribuída mundialmente e responsável por causar prejuízos na cultura da soja [*Glycine max* (L.) Merrill], em até 90% do potencial produtivo. A aplicação de fungicida é a estratégia mais utilizada para controlar esta doença, embora algumas populações do patógeno tenham demonstrado menor sensibilidade a determinados ingredientes ativos. determinados métodos foram descritos para medir a sensibilidade de um fungo a um dado fungicida, ou para monitoramento da redução ou perda da eficácia e fungitoxicidade de um produto químico. Os testes mais utilizados são a germinação de esporos in vitro, e a severidade da doença (%) em folhas de soja destacadas. Baseando-se nessas metodologias, foram realizados ensaios com populações do patógeno oriundas de Uberlândia - MG e de Chapadão do Sul - MS. Os resultados mostraram a redução da eficácia do princípio ativo benzovindiflupyr em relação à germinação e severidade da doença para a população de Chapadão do Sul - MS. O mesmo desempenho foi obtido para os ingredientes ativos fluxapyroxade, cyproconazole e tebuconazole. Os fungicidas multissítios (clorotalonil, oxicleto de cobre e mancozebe) não apresentaram modificação na sensibilidade do patógeno, e podem ser utilizados no manejo da resistência à FAS nas lavouras do Brasil associados às estrobilurinas, triazóis e carboxamidas.

Palavras-chave: Bioensaio, Ferrugem asiática da soja, Controle químico, Resistência a fungicidas.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	6
2 REVISÃO DE LITERATURA	7
2.1. Ferrugem asiática da soja	7
2.2. Controle químico	8
2.3. Limitações e dificuldades do controle químico	9
2.4. Manejo integrado	9
2.4.1. Uso de fungicidas multissítios	10
2.4.2. Associação de mistura de ativos com diferentes modos de ação	10
2.4.3. Uso de variedades resistentes	10
3 MATERIAL E MÉTODOS	11
3.1. Teste de folha destacada	12
3.2. Teste de germinação de esporos in vitro	12
3.3. Análise estatística	13
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	13
5 CONCLUSÃO	25
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	25

1 INTRODUÇÃO

A ferrugem asiática da soja (FAS), causada pelo fitopatógeno *Phakopsora pachyrhizi* (Sydow & Sydow), é uma doença fúngica distribuída em todo o mundo responsável por causar prejuízos severos à cultura da soja [*Glycine max* (L.) Merrill], levando à redução do rendimento até 90% (YORINORI et al., 2005; HARTMAN et al., 2015; GODOY et al., 2016a).

Desde sua introdução deste fungo no Brasil, teve impactos econômicos negativos na produção de soja, exigindo cerca de US \$ 2 bilhões por ano para seu controle (GODOY; BUENO; GAZZIERO, 2015).

Esta doença é caracterizada por lesões necróticas na parte abaxial das folhas do hospedeiro com numerosas uredias em cada lesão. Os esporos são hialinos e o fungo penetra diretamente através da cutícula e estômato (REIS; BRESOLIN; CARMONA, 2006).

O prejuízo causado é a redução no número de vagens, número de grãos e o peso dos grãos. Por causa da desfolhação prematura das plantas (OGLE; BYTH; McLEAN, 1979). Até agora, devido à disponibilidade limitada de variedades resistentes, a aplicação de fungicidas é a estratégia mais utilizada para o controle, embora algumas populações do patógeno tenham demonstrado maior tolerância a certos ingredientes ativos (GODOY et al., 2010). Atualmente, mais de 100 fungicidas estão registrados no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) para o controle da FAS (GODOY et al., 2016). Os ingredientes ativos registrados para controlar esta doença estão em três grupos principais de fungicidas sistêmicos, formados pelos triazóis (inibidores de desmetilação - DMI), estrobilurinas (inibidores de Quinona Oxidase- QoI) e carboxamidas (inibição da succinato desidrogenase - SDHI) (BUTZEN et al., 2005; FARIAS; ABDELNOOR; GODOY, 2014).

A partir da safra 2007/2008, observou-se que as populações de *P. pachyrhizi* em campos brasileiros apresentam menor sensibilidade aos fungicidas do grupo DMI, com uma redução na eficiência do controle da doença.

Por outro lado, os fungicidas QoI sempre tiveram menor eficácia de controle em comparação com relação aos DMIs, nunca sendo recomendado sozinho. Para evitar a resistência dos patógenos e para manter o controle químico da doença, as misturas de fungicidas DMI e QoI foram realizadas adicionadas por fungicidas multissítios. No entanto, desde a safra 2013/2014, sua eficácia reduziu devido a uma diminuição da eficiência do QoI do fungicida, no controle do fungo (FARIAS, ABDELNOOR; GODOY, 2014).

Apesar desse cenário, observou-se que o desempenho de fungicidas do grupo SDHI permaneceu eficiente. No entanto, pela primeira vez, na safra 2015/2016 e particularmente no 2016/2017, em áreas com uso intensivo de fungicidas SDHI e em condições de alta pressão, uma redução de eficácia foi detectada (FRAC, 2017). Para verificar a eficácia dos fungicidas e monitorar o comportamento de sensibilidade deste fungo e aos mecanismos de controle no mercado, foram investidos grandes esforços em estudos sobre a sensibilidade de *P. pachyrhizi*. Vários métodos foram descritos para medir a sensibilidade de um fungo a um determinado fungicida, ou para monitorar sua redução ou perda de sensibilidade, ou mesmo a fungitoxicidade de um produto químico (FRAC, 1991; RUSSEL, 2004; BLUM, 2009; BLUM; REIS, 2013; REIS; DEUNER; ZANATTA, 2015).

Analisando relatos em relação da eficácia dos fungicidas contra *P. pachyrhizi*, e a falta de informações, sobre quais o fungo apresentar redução na sensibilidade.

Tema-se como objetivo deste estudo avaliar a eficácia de treze fungicidas monossítos e multissítos disponíveis no mercado (azoxystrobina, mancozebe, prothioconazole, fluxapyroxade, tebuconazole, benzovindiflupyr, cyproconazole, trifloxystrobina, pyraclostrobina, chlorothalonil, epoxiconazole, oxicloreto de cobre e uma carboxamida padrão) no controle da FAS com base na germinação de esporos e na avaliação da severidade da doença em folhas destacadas.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Ferrugem asiática da soja

A ferrugem asiática da soja (FAS) pode ser considerada a principal doença dessa cultura, causando intensa desfolha prematura e, conseqüentemente, gerando perdas no rendimento de grãos que podem chegar até 90%, uma vez que o fitopatógeno pode atuar de maneiras diferentes de acordo com o momento de ocorrência na cultura. A FAS é originária do Continente Asiático e causada pelo fitopatógeno *Phakopsora pachyrhizi*, um parasita obrigatório, facilmente disseminado pelo vento, tornando comum a ocorrência desta doença em praticamente todas as regiões produtoras do Brasil (GODOY et al., 2009; HIKISHIMA et al., 2010; PINHEIRO et al., 2011; CRUZ et al., 2012; LIMA et al., 2012; NASCIMENTO et al., 2013; OLIVEIRA et al., 2015; KOTZ, 2016; CEREZOLLI et al., 2018).

A ferrugem asiática da soja pode ser inicialmente confundida com outras doenças devido aos seus sintomas, porém podem-se diferenciar as pústulas ferruginosas, caracterizadas como lesões necróticas com presença de pústulas em cada lesão.

Inicialmente, ocorre o aparecimento de áreas cloróticas e seus primeiros sintomas são identificados em folhas do baixeiro, no estágio reprodutivo da soja. As lesões apresentam coloração pardo-clara ou avermelhada, localizadas na parte abaxial das folhas, apresentando grande quantidade de uredosporos, responsáveis pela disseminação da doença. Em sua fase mais avançada, a FAS causa o amarelecimento das folhas e desfolha severa (CRUZ et al., 2012; SEIBT, 2017).

Sua primeira ocorrência significativa no Brasil foi registrada em 2001/2002, apresentando comportamento agressivo e altamente expansivo, elevando os gastos da produção de soja. Além disso, alguns fatores tornam a situação mais preocupante como, por exemplo, monitoramento inadequado da doença e controle tardio (GOELLNER et al., 2010; HIKISHIMA et al., 2010; MENEGHETTI et al., 2010; MESQUINI et al., 2011; SEIBT, 2017).

2.2. Controle químico

O uso de fungicidas é a alternativa mais utilizada no controle da ferrugem asiática da soja, contribuindo para a viabilidade da cultura que, na ausência de aplicações, sofre perdas significativas na produtividade. A FAS pode ser controlada por diferentes produtos com diferentes modos de ação, mas a eficácia do controle depende da pressão da doença e do momento de aplicação (CUNHA; PERES, 2010; GARDIANO et al., 2010; GOELLNER et al., 2010; HIKISHIMA et al., 2010).

Os ingredientes ativos registrados para controlar esta doença estão em três grupos principais de fungicidas sistêmicos, formados pelos triazóis, estrobilurinas e carboxamidas (BUTZEN et al., 2005; FARIAS; ABDELNOOR; GODOY, 2014).

Atualmente, existem diversos programas que auxiliam os produtores na tomada de decisão em relação ao momento de aplicação. Esses programas consideram fatores como temperatura, umidade e tempo de molhamento foliar favoráveis ao patógeno, como momento ideal de aplicação. Porém, essa prática não pode ser determinada somente a partir destes fatores (GARDIANO et al., 2010).

Apesar da eficácia dos fungicidas no controle da FAS, as condições climáticas favoráveis somadas à alta quantidade de inóculos do fungo em algumas áreas, têm elevado o número de aplicações, juntamente com o custo da produção, uma vez que a eficácia dos fungicidas no controle da ferrugem asiática depende do uso adequado e da condição de aplicação desses produtos (GARDIANO et al., 2010; NASCIMENTO et al., 2013).

2.3. Limitações e dificuldades do controle químico

Alguns fatores devem ser considerados no momento da aplicação, garantindo a qualidade do controle. As pontas de pulverização e o volume de calda são alguns desses fatores, uma vez que a doença, inicialmente, se encontra nas partes baixas da planta, dificultando a aplicação quando esta se encontra em alto desenvolvimento vegetativo, impedindo boa cobertura do fungicida (CUNHA; PERES, 2010; DEBORTOLI et al., 2012).

Para que a aplicação seja de qualidade devem-se garantir gotas maiores, até mesmo no caso de fungicidas sistêmicos, evitando deriva e proporcionando maior cobertura do fungicida, garantindo que o alvo seja atingido. Além disso, o uso de adjuvantes na calda pode melhorar a eficiência da aplicação, pois agem de maneiras diferentes, melhorando aspectos como molhamento, aderência, espalhamento, redução de espuma e dispersão da calda de pulverização (CUNHA; PERES, 2010; DEBORTOLI et al., 2012; NASCIMENTO et al., 2013).

2.4. Manejo integrado

Apesar da eficácia do controle químico sobre a ferrugem asiática da soja, o uso contínuo dos mesmos ingredientes ativos e modo de ação dos fungicidas, pode resultar em patógenos resistentes aos produtos utilizados.

Dessa forma, é de suma importância o manejo integrado desta doença, utilizando práticas culturais, como respeitar a época do vazio sanitário, e genéticas associadas a rotação de produtos químicos (MESQUINI et al., 2011; NASCIMENTO et al., 2013).

Uma alternativa no manejo integrado da FAS é a indução de resistência das plantas. Para isso, são usados produtos capazes de ativar mecanismos de defesa inerentes às plantas, que produzem respostas morfológicas, fisiológicas e/ou bioquímicas que tornam a atividade do patógeno limitada nos tecidos do hospedeiro. Os fosfitos e silicatos são produtos que

podem ser usados na indução da resistência de plantas, uma vez que são ativadores bioquímicos de enzimas de defesa vegetal, proporcionam ações tóxicas sobre determinadas espécies fúngicas e influenciam a integridade da parede celular vegetal, dificultando a infecção de fitopatógenos (MENEGETTI et al., 2010; OLIVEIRA et al., 2015).

2.4.1. Uso de fungicidas multissítios

Com a atual situação de resistência dos patógenos aos produtos encontrados no mercado, faz-se importante o uso de fungicidas com ação multissítio, capazes de agir em diferentes pontos do metabolismo do fungo simultaneamente. Esses produtos atuam no processo enzimático dos fungos, inibindo ou interferindo em diversos processos bioquímicos do patógeno. Um dos produtos mais utilizados com esse modo de ação é o Mancozebe (ditiocarbamato), conhecido por ser um fungicida protetor (KOTZ, 2016; CEREZOLLI et al., 2018).

2.4.2. Associação de mistura de ativos com diferentes modos de ação

A eficácia do controle químico da FAS depende do momento biológico e tecnologia das aplicações e do produto utilizado.

Os ingredientes ativos registrados para controlar esta doença estão em três grupos principais de fungicidas sistêmicos, formados pelos triazóis (inibidores de desmetilação - DMI), estrobilurinas (inibidores de Quinona Oxidase- QoI) e carboxamidas (inibição da succinato desidrogenase - SDHI) (BUTZEN et al., 2005; FARIAS; ABDELNOOR; GODOY, 2014).

Considerando a existência de apenas três grupos atualmente disponíveis no mercado é importante ressaltar a necessidade de rotação e uso adequado destes produtos, assim como a utilização conjunta de produtos multissítios protetores, para evitar o desenvolvimento de populações resistentes deste fungo, e como também preservar a vida útil dos fungicidas disponíveis para o controle da FAS.

2.4.3. Uso de variedades resistentes

O uso de variedades resistentes à ferrugem asiática é uma alternativa no manejo integrado dessa doença. Todavia, *P. pachyrhizi* trata-se de um fungo com alta variabilidade, o que dificulta a obtenção de variedades totalmente resistentes a esse fitopatógeno (GOELLNER et al., 2010; MENEGHETTI et al., 2010).

O fungo *Phakopsora pachyrhizi* produz diferentes tipos de infecção de acordo com a susceptibilidade ou resistência da planta em relação ao patógeno. As infecções de coloração marrom avermelhado, com pouca ou nenhuma esporulação, e a infecção do tipo imune, onde não se observa sintomas visíveis da doença, caracterizam resistência da planta ao patógeno. Atualmente, encontramos algumas cultivares resistentes disponíveis no mercado. Porém, essas variedades apresentam resistência de infecção marrom avermelhada, podendo apresentar esporulação. Dessa forma, o uso dessas cultivares é uma importante ferramenta no manejo integrado da FAS, mas como não é do tipo imune (sem esporulação), apenas proporciona melhor convivência com a doença no campo (MURITHI et al., 2015).

Várias outras práticas podem ser utilizadas no manejo integrado da ferrugem asiática da soja, como a utilização de cultivares precoces e com gene de resistência, diferentes formas de semeadura, eliminação de plantas voluntárias, entre outras. Porém, sabe-se que apenas essas práticas não são suficientes, tornando indispensável o monitoramento adequado da lavoura, o uso de fungicidas de forma preventiva, entre outros recursos que garantem a viabilidade da produção de soja no país (MADALOSSO et al., 2010; LIMA et al., 2012; CEREZOLLI et al., 2018).

3 MATERIAL E MÉTODOS

Os esporos de *P. pachyrhizi* foram obtidos a partir de amostras de folhas de soja de duas regiões diferentes do Brasil: Uberlândia, Minas Gerais (MG) e Chapadão do Sul, Mato Grosso do Sul (MS), em 2017.

Para coletar os esporos, folhas naturalmente infectadas foram escovados na parte abaxial da mesma. Os esporos coletados foram suspensos em água deionizada e a concentração calculada: Uberlândia 10^5 e Chapadão do Sul para 10^4 esporos mL^{-1} e utilizados logo após para a preparação.

Nas experiências, os 13 fungicidas seguintes foram testados em concentrações de 0,1; 1; 10; 50 e 100 mg g⁻¹ de ingrediente ativo: azoxystrobina, mancozebe, prothioconazole, fluxapyroxade, tebuconazole, benzovindiflupyr, cyproconazole, trifloxystrobina, pyraclostrobina, chlorothalonil, epoxiconazole, oxicloreto de cobre e um carboxamida padrão (controle positivo).

3.1. Teste de folha destacada

Considerando a natureza biotrófica do fungo, este ensaio foi realizado in vivo de acordo com a metodologia das folhas destacadas propostas pelo Comitê de Ação de Resistência a Fungicidas (SCHERB; MEHL, 2006). A cultivar de soja BMX- Desafio foi cultivada em estufa por 20 dias (temperaturas máxima e mínima de 40 ° C e 24 ° C, respectivamente) para obter as folhas unifolioladas.

As folhas separadas foram imersas em diferentes concentrações dos fungicidas durante aproximadamente cinco segundos, e depois colocadas em um papel de filtro saturado com água deionizada, com a superfície abaxial para cima, em caixas de acrílico (tipo Gerbox).

Após 24 horas, as suspensões de esporos de *P. pachyrhizi* das duas populações foram preparadas e pulverizadas com um aerógrafo nas folhas. Para cada fungicida e concentração, foram inoculadas quatro folhas de soja (aproximadamente 400 µL de suspensão de esporos por folha). Posteriormente, as caixas de acrílico foram incubadas em um B.O.D. Câmara no escuro por 12 horas seguido por 14 horas de luz a 22 ± 2°C.

Três semanas após a inoculação, a área foliar infectada foi estimada por pontuação visual (porcentagem de severidade -%) e pelo número de lesões e pústulas esporulantes de *P. pachyrhizi* por cm². O tratamento de controle consistiu em amostras de folhas de soja tratadas apenas com água deionizada. Este experimento foi realizado em DIC com quatro repetições.

3.2. Teste de germinação de esporos in vitro

Os efeitos dos ingredientes ativos na germinação de esporos de *P. pachyrhizi* foram testados em placas de Petri contendo meio de ágar-ágar (2%). O meio foi autoclavado e arrefecido antes da adição dos fungicidas. Cálculo considerado o principal ingrediente ativo citado antes de cada fungicida comercial e água deionizada para diluições.

As suspensões de esporos de *P. pachyrrhizi* foram preparadas em água deionizada (em concentrações previamente mencionadas para cada população) e 200 µL aplicados em cada placa e espalhados com uma alça Drigalski. Posteriormente, as placas de Petri foram incubadas no escuro por 24h a 20°C.

Após este período de incubação, a percentagem de esporos germinados foi quantificada.

3.3. Análise estatística

Os experimentos foram realizados em DIC com treze fungicidas em cinco concentrações, tanto para as populações de MG quanto de MS.

A severidade da doença e a germinação dos esporos foram convertidos em porcentagem para cada tratamento, em comparação com o controle, e submetidos a análise de regressões logarítmicas e exponenciais usando o programa estatístico R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2017) com a ajuda do ExpDes para implementação de função e execução de cálculo (FERREIRA; CAVALCANTI; NOGUEIRA, 2013).

As concentrações capazes de inibir 50 e 95% da germinação de esporos e a severidade da doença (EC50 e EC95, respectivamente) para cada população e fungicida foram calculadas com base nas equações geradas.

As médias dos tratamentos com fungicidas e suas diferenças no controle (sem aplicação química) foram comparadas pelos testes de Tukey, respectivamente, com um nível de significância de 0,05.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve diferença de sensibilidade entre as populações, já que os fungicidas conferiram uma eficácia distinta na inibição da germinação de esporos e controle de doenças (Tabelas 1, 2, 3 e 4). Concentrações mais elevadas de ingredientes ativos levaram a uma melhor resposta na redução da infecção por patógenos independentemente do local onde os esporos foram coletados. Entre os fungicidas testados, o oxiclureto de cobre apresentou menor eficácia para o controle da FAS, proporcionando uma eficácia na redução média da severidade da doença de 40,7 e 51,1% para MG e MS, respectivamente, em comparação com

os controles (sem tratamento com fungicidas). Essas médias correspondiam a 95 e 91% para prothioconazole, destacando sua eficácia.

Uma redução significativa na sensibilidade do patógeno ao fungicida benzovindiflupyr foi observada em relação ao teste de germinação de esporos para a população de Chapadão do Sul - MS, que registrou valor EC50 (concentração efetiva) acima de 6,68 mg g⁻¹. Em experimentos realizados anteriormente por Juliatti (2013) com populações sensíveis de Uberlândia - MG e Rondonópolis - MT, a concentração mínima inibitória para prevenir a germinação de esporos foi entre 0,1 e 1,0 mg g⁻¹ para benzovindiflupir, azoxistrobina e piraclostrobina. Os resultados demonstram que houve uma redução na sensibilidade do fungo a esses fungicidas em uma ordem de magnitude de 5-50 vezes. Nas últimas quatro safras, a mutação F129L foi relatada em relação a estrobilurinas (KLOSOWSKY et al., 2016) e mutações na subunidade C na posição I86F, o que reduz a sensibilidade a SDHIs (FRAC, 2017). As populações coletadas em 2015/2016 foram monitoradas, indicando uma redução na sensibilidade ao benzovindiflupir, parcialmente observada nas amostras de 2016/2017.

Programas de monitoramento intensivo estão sendo conduzidos para investigar a magnitude e relevância desses achados (FRAC, 2017). No entanto, a mudança ocorreu apenas na carboxamida benzovindiflupir, o que não resulta na presença de uma mutação cruzada no genoma do patógeno.

O significado desse resultado é a diferença de sensibilidade entre fungicidas de carboxamida. Uma análise mais detalhada dessas alterações com o seqüenciamento do genoma nas regiões afetadas pode apoiar a evidência obtida neste estudo. Juliatti, Bortolin e Bauti (2015) avaliaram a sensibilidade de *P. pachyrhizi* em bioensaios in vitro e in vivo e apontaram a necessidade de uso de fungicidas multissítios (clorotalonil, mancozebe, cúpricos, etc.) associados a fungicidas móveis penetrantes (carboxamidas, estrobilurinas e triazóis) para reduzir a seleção direcional e estabelecer estratégias para estabilizar a eficácia de controle e, assim, diminuir o processo em andamento. Os autores apontaram que fungicidas triazol e estrobilurina têm controle da FAS abaixo de 30%.

Tabela 1. Germinação in vitro de esporos de *Phakopsora pachyrhizi*, com uso de diferentes concentrações de fungicidas. População de fungos de Uberlândia-MG.

Fungicidas (I.A.)	Concentração (mg g ⁻¹)				
	0.1	1	10	50	100
	Germinação (%)				
	Controle (0 mg g ⁻¹): 51,25				
Cyproconazole	18.75 ab	15.00 cde	10.00 bc	0.00 b	0.00 b
Epoxiconazole	10.00 b	16.25 cd	0.00 c	0.00 b	0.00 b
Pyraclostrobina	17.50 ab	10.00 cde	11.25 b	0.00 b	0.00 b
Oxicloreto de cobre	27.50 a	52.50 ^{ns} a	30.00 a	10.00 ab	25.00 a
Benzovindiflupyr	22.50 a	20.00 bc	5.00 bc	5.00 ab	0.00 b
Tebuconazole	17.50 ab	8.75 de	5.00 bc	0.00 b	0.00 b
Prothioconazole	21.25 a	5.00 e	5.00 bc	0.00 b	0.00 b
Fluxapyroxade	22.50 a	18.75 bcd	15.00 b	10.87 a	10.00 b
Chlorothalonil	17.50 ab	27.50 b	0.00 c	0.00 b	0.00 b
Azoxystrobina	22.50 a	10.00 cde	10.00 bc	6.25 ab	0.00 b
Trifloxystrobin	17.50 ab	10.00 cde	5.00 bc	0.00 b	0.00 b
Standard	10.00 b	10.00 cde	5.00 bc	0.00 b	0.00 b
Mancozebe	22.50 a	5.00 e	0.00 c	0.00 b	0.00 b

I.A.: ingrediente ativo; ns: não significativo de acordo com o teste de Duncan com nível de significância de 0,05; As tabelas seguidas por letras diferentes, em cada coluna, são estatisticamente diferentes pelo teste de Tukey a nível de significância de 0,05.

Tabela 2. Severidade da doença da ferrugem asiática da soja em folhas destacadas, com o uso de diferentes concentrações de fungicidas.. População de fungos de Uberlândia-MG.

Fungicidas (I.A.)	Concentração (mg g ⁻¹)				
	0.1	1	10	50	100
	Severidade (%)				
	Controle (0 mg g ⁻¹): 67.50				
Cyproconazole	47.50 ab	12.50 cd	0.00 e	0.00 b	0.00 a
Epoxiconazole	35.00 b	6.25 cd	0.00 e	0.00 b	0.00 a
Pyraclostrobina	45.00 ab	42.50 ab	32.50 bc	35.00 a	0.00 a
Oxicloreto de cobre	50.00 a	50.00 a	50.00 a	40.00 a	10.00 a
Benzovindiflupyr	10.00 cd	6.25 cd	0.00 e	0.00 b	0.00 a
Tebuconazole	35.00 b	12.50 cd	0.00 e	0.00 b	0.00 a
Prothioconazole	10.00 cd	5.00 cd	0.00 e	0.00 b	0.00 a
Fluxapyroxade	42.50 ab	35.00 b	12.50 de	1.25 b	0.00 a
Chlorothalonil	47.50 ab	47.50 ab	35.00 bc	47.50 a	0.00 a
Azoxystrobina	42.50 ab	47.50 ab	25.00 cd	0.00 b	0.00 a
Trifloxystrobin	15.00 c	15.00 c	0.00 e	0.00 b	0.00 a
Standard	0.00 d	0.00 d	0.00 e	0.00 b	0.00 a
Mancozebe	45.00 ab	42.50 ab	40.00 ab	35.00 a	5.00 a

I.A.: ingrediente ativo ; as tabelas seguidas por letras diferentes, em cada coluna, são estatisticamente diferentes pelo teste de Tukey a nível de significância de 0,05.

Tabela 3. Germinação in vitro de esporos de *Phakopsora pachyrhizi*, com o uso de diferentes concentrações de fungicidas. População fungo de Chapadão do Sul-MS.

Fungicidas (I.A.)	Concentração (mg g ⁻¹)				
	0.1	1	10	50	100
	Germinação (%)				
	Controle (0 mg g ⁻¹): 15.00				
Cyproconazole	3.75 cd	6.25 ^{ns} ab	0.00 b	0.00 b	0.00 a
Epoxiconazole	5.00 ^{ns} bcd	0.00 b	0.00 b	0.00 b	0.00 a
Pyraclostrobina	0.00 d	2.50 ab	0.00 b	1.25 ab	0.00 a
Oxicloreto de cobre	12.50 ^{ns} abc	12.50 ^{ns} a	7.50 ^{ns} b	12.50 ^{ns} a	2.50 a
Benzovindiflupyr	10.00 ^{ns} abcd	3.75 ab	10.00 ^{ns} ab	7.50 ^{ns} ab	0.00 a
Tebuconazole	20.19 ^{ns} a	2.50 ab	0.00 b	2.50 ab	0.00 a
Prothioconazole	0.00 d	2.50 ab	0.00 b	1.25 ab	1.25 a
Fluxapyroxade	16.25 ^{ns} ab	0.00 b	2.50 b	0.00 b	0.00 a
Chlorothalonil	7.50 ^{ns} bcd	0.00 b	0.00 b	0.00 b	0.00 a
Azoxystrobina	10.00 ^{ns} abcd	7.50 ^{ns} ab	5.00 ^{ns} b	2.50 a	3.75 a
Trifloxystrobin	0.00 d	3.75 ab	20.00 ^{ns} a	0.00 b	0.00 a
Standard	15.00 ^{ns} abc	0.00 b	0.00 b	0.00 b	0.00 a
Mancozebe	0.00 d	0.00 b	0.00 b	2.50 a	0.00 a

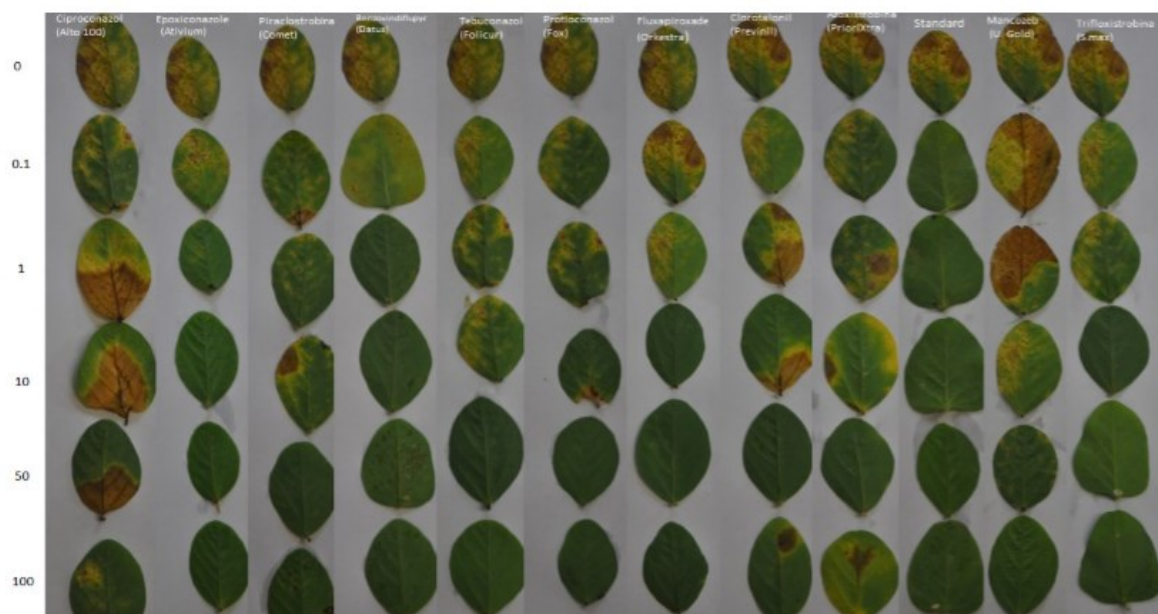
I.A.: ingrediente ativo; ns: não significativo de acordo com o teste de Duncan com nível de significância de 0,05; As tabelas seguidas por letras diferentes, em cada coluna, são estatisticamente diferentes pelo teste de Tukey a nível de significância de 0,05.

Tabela 4. Severidade da doença da ferrugem asiática da soja em folhas destacadas, com uso de diferentes concentrações de fungicidas. População fungo de Chapadão do Sul-MS.

Fungicidas (I.A.)	Concentração (mg g ⁻¹)				
	0.1	1	10	50	100
	Severidade (%)				
	Controle (0 mg g ⁻¹): 56.00				
Cyproconazole	25.00 c	42.50 a	50.00 a	0.00 b	0.00 b
Epoxiconazole	5.00 d	5.00 c	0.00 d	0.00 b	0.00 b
Pyraclostrobina	50.00 ^{ns} a	25.00 b	31.00 bc	31.00 a	0.00 b
Oxicloreto de cobre	25.00 c	25.00 b	25.00 c	31.00 a	31.00 a
Benzovindiflupyr	37.00 b	25.00 b	25.00 c	0.00 b	0.00 b
Tebuconazole	31.00 bc	25.00 b	6.00 d	0.00 b	0.00 b
Prothioconazole	25.00 c	0.00 c	0.00 d	0.00 b	0.00 b
Fluxapyroxade	31.00 bc	25.00 b	0.00 d	0.00 b	0.00 b
Chlorothalonil	25.00 c	25.00 b	25.00 c	0.00 b	0.00 b
Azoxystrobina	37.00 b	31.00 b	0.00 d	0.00 b	0.00 b
Trifloxystrobin	25.00 c	6.00 c	0.00 d	0.00 b	0.00 b
Standard	0.00 d	0.00 c	0.00 d	0.00 b	0.00 b
Mancozebe	50.00 ^{ns} a	50.00 ^{ns} a	37.00 b	25.00 a	0.00 b

I.A.: ingrediente ativo; ns: não significativo de acordo com o teste de Duncan com nível de significância de 0,05; As tabelas seguidas por letras diferentes, em cada coluna, são estatisticamente diferentes pelo teste de Tukey a nível de significância de 0,05.

Figura 1. Ferrugem da soja (população de Uberlândia) em folhas destacadas, após incubação a 22°C e 22 dias em diferentes concentrações (0 a 100 mg g⁻¹) de fungicidas. Acima (direção Esquerda / Direita): cyproconazole, epoxiconazole, pyraclostrobin, benzovindiflupyr, tebuconazole, prothioconazole, fluxapyroxade, chlorothalonil, azoxistrobina, controle padrão, mancozebe e trifloxistrobina.



Ao comparar as tabelas 1, 2, 3 e 4 com relação à formulação de fluxapyroxade, em relação aos dois locais, observa-se uma sensibilidade diferenciada entre as duas populações de *P. pachyrhizi* (de Chapadão do Sul - MS e Uberlândia - MG).

Para este fungicida, baseando os cálculos em mg g⁻¹ na carboxamida e negligenciando o outro ingrediente ativo, é observada uma EC50 = 1 mg g⁻¹ para a população de Chapadão do Sul - MS e 100 mg g⁻¹ para Uberlândia - MG. Para o fungicida epoxiconazole, a concentração mínima inibitória foi entre os valores de 0,01 a 0,03 mg g⁻¹ para os dois locais e, portanto, não sofreu alterações significativas em relação à germinação de uredosporos. Vale ressaltar que, para os fungicidas multissítios, clorotalonil, mancozebe e oxicleto de cobre, as concentrações inibitórias para matar 50% da população (EC50) atingiram valores entre 10-100 mg g⁻¹ para ambas as populações de esporos.

Esses resultados demonstram o cuidado que deve ser tomado ao reduzir a dose de fungicidas multissítios no campo e a perda ou baixa efetividade da estratégia de campo para reduzir a ação da pressão direcional em relação ao uso de fungicidas sistêmicos. Os compostos de cobre fixos ou insolúveis, como o oxicleto, apresentaram maior eficácia em concentrações iguais ou superiores a 100 mg g⁻¹ e, portanto, devem ser utilizados em

concentrações mais elevadas quando comparados aos fungicidas orgânicos multissítios, como o clorotalonil e o mancozebe, que são mais eficientes na estratégia-resistência antimicrobiana quando avaliado através da germinação dos esporos patogênicos e severidade da doença em folhas destacadas (tabelas 1, 2, 3, 4).

A figura 1 mostra o comportamento dos fungicidas testados em ordem de concentração crescente de 0 a 100 mg g⁻¹ em relação aos esporos coletados em Uberlândia - MG.

O epoxiconazole continuou a ser altamente eficaz na redução da severidade do patógeno (0,1 a 1 mg g⁻¹) para ambas as populações (MG e MS), bem como o ingrediente ativo do prothioconazole.

Benzovindiflupyr apresentou alta eficácia somente para a população de Uberlândia - MG. Em relação aos fungicidas multissítios, eles mostraram sua maior eficácia em concentrações iguais ou superiores a 100 mg g⁻¹. Semelhante ao ensaio de germinação de esporos, na avaliação da severidade os resultados mantiveram o mesmo comportamento ou tendências observadas anteriormente.

Outra informação importante observada neste trabalho foi que, uma vez que as concentrações foram calculadas a partir de amostras não isoladas de cada ingrediente ativo, mas usando o produto comercial, que foi formulado com outra molécula, é possível que a formulação e as substâncias ativas em cada produto comercial pode causar uma interferência positiva ou negativa nos estudos realizados. É sugerido e recomendado a partir destes resultados que os estudos de baseline ou de monitoramento de resistência sejam realizados com os produtos comerciais, uma vez que no campo não são utilizados mais fungicidas isolados.

As Tabelas 5, 6, 7, 8 mostram as equações de regressão ajustadas para todos os fungicidas para reduzir a germinação de uredosporos (%) e a severidade da doença (%) com base nas concentrações inibitórias (EC50 e EC95). As equações apresentaram alta precisão (R²> 80%) e algumas equações obtiveram um baixo QMR (quadrado médio de resíduo) para o ajuste adequado dos modelos. Estes revelam que essas equações têm alta semelhança entre valores observados e valores propostos.

Os modelos das tabelas 5, 6, 7, 8 variaram entre logarítmica e exponencial, e esses modelos foram apresentados em todas as variáveis para ambas as populações. Existe diferença significativa entre as sensibilidades fungicidas entre as duas populações (p <0,05).

A quantidade de i.a. (ingrediente ativo) para obter o EC50 em folhas destacadas para os fungicidas ciproconazole ($0,004 \text{ mg L}^{-1}$), piraclostrobina ($4,79 \text{ mg L}^{-1}$), benzovindiflupir ($1,83 \text{ mg L}^{-1}$), tebuconazole ($0,004 \text{ mg L}^{-1}$) fluxapyroxade ($0,05 \text{ mg L}^{-1}$) e mancozebe ($19,88 \text{ mg L}^{-1}$), foram menores na população de MG em comparação com a população de MS. Por outro lado, observou-se o oposto para o epoxiconazole ($1,54 \text{ mg L}^{-1}$), oxiclreto de cobre ($2,93 \text{ mg L}^{-1}$), prothioconazole ($0,056 \text{ mg L}^{-1}$), clorotalonil ($1,97 \text{ mg L}^{-1}$), azoxistrobina ($0,6 \text{ mg L}^{-1}$) e trifloxistrobina ($0,0001 \text{ mg L}^{-1}$). Portanto, a EC50 em folhas destacadas para os fungicidas com propriedades de proteção, como para o mancozebe, foi menor em MG, e o oxiclreto de cobre e o clorotalonil foram menores para MS.

A população de MG na EC50 para folhas destacadas foi mais sensível às carboxamidas benzovindiflupyr e fluxapyroxade. A EC50 inferior que obteve germinação menor para a população de MG foi para os seguintes fungicidas: ciproconazole ($0,15 \text{ mg L}^{-1}$), epoxiconazole ($0,01 \text{ mg L}^{-1}$), benzovindiflupir ($0,1 \text{ mg L}^{-1}$), tebuconazole ($0,002 \text{ mg L}^{-1}$), prothioconazole ($0,0001 \text{ mg L}^{-1}$), fluxapyroxade ($0,006 \text{ mg L}^{-1}$), azoxistrobina ($0,48 \text{ mg L}^{-1}$), trifloxistrobina ($0,003 \text{ mg L}^{-1}$) e controle (padrão) ($0,002 \text{ mg L}^{-1}$).

Para a população de MS, os fungicidas com EC50 inferior foram, piraclostrobina ($0,009 \text{ mg L}^{-1}$), oxiclreto de cobre ($10,36 \text{ mg L}^{-1}$), clorotalonil ($0,009 \text{ mg L}^{-1}$) e mancozebe ($0,0009 \text{ mg L}^{-1}$). Portanto, a EC50 para os três fungicidas com propriedades de proteção, mancozebe, oxiclreto de cobre e clorotalonil, foi menor para MS.

A população de MG foi mais sensível na EC50 para germinação de esporos com o uso das carboxamidas benzovindiflupyr e fluxapyroxade. Para as variáveis EC50 e EC95 na germinação e eficácia do esporo em folhas destacadas, a população de MG foi mais sensível para a carboxamida benzovindiflupir.

Os fungicidas com propriedades de proteção, oxiclreto de cobre e clorotalonil têm menor EC50 e EC95 na população de Chapadão do Sul, no estado de Mato Grosso do Sul.

O fungicida mancozeb mostrou dados mais mistos para menores EC50 e EC95, com variabilidade na população de MG e população de MS.

Os dados para EC95 da inibição foram globalmente mais confiáveis do que a EC50, devido à maior similaridade de eficácia observada no campo, de modo que os dados para EC50 foram geralmente superestimados. Podemos inferir a ocorrência desses fenômenos para a grande variabilidade entre as repetições. Em experimentos futuros, mais repetições devem ser usadas para garantir uma melhoria na avaliação dessas variáveis. A perda de eficácia de carboxamidas mostrada por ensaios de campo e os dados do FRAC sobre as mutações de

triagem, a partir desta informação podemos inferir que há diferença na eficácia entre ambas as regiões, para fluxapyroxade e benzovindiflupyr.

Tabela 5. Controle da doença da ferrugem em folhas destacadas de soja. A concentração efetiva (EC50) de ingredientes ativos diferentes variou de 0,004 mg L⁻¹ (cyproconazole) a 69,31 mg L⁻¹ (oxicloreto de cobre). População do fungo de Uberlândia-MG.

Fungicida (i.a)	Equação	R ² (%)	EC ₅₀	EC ₉₅	QMR
Cyproconazole	$f=9.9937*\exp(-0.1535*x)$	99.72	0.004	4.63	0.39
Epoxiconazole	$f=9.9938*\exp(-0.3072*x)$	99.72	2.13	2.15	0.39
Pyraclostrobina	$f=100.0394/(1+\exp(-(x-39.9693)/-3.3555))$	99.55	4.79	ND	74.95
Oxicloreto de cobre	$f=100.0056/(1+\exp(-(x-53.3329)/-4.0904))$	99.28	69.31	ND	119.90
Benzovindiflupyr	$f=9.9948*\exp(-0.3102*x)$	99.73	1.83	2.11	0.38
Tebuconazole	$f=9.9936*\exp(-0.1534*x)$	99.72	0.004	4.64	0.38
Prothioconazole	$f=10.0000*\exp(-0.3454*x)$	100	3.16	3.77	0
Fluxapyroxade	$f=83.1045*\exp(-0.1456*x)$	89.71	0.05	40.12	1703.56
Chlorothalonil	$f=100.8181/(1+\exp(-(x-40.0598)/-8.4424))$	91.24	23.74	99.25	1450.06
Azoxystrobina	$f=50.0065*\exp(-0.0565*x)$	99.07	2.96	37.69	34.60
Trifloxystrobin	$f=10.0000*\exp(-0.1450*x)$	99.42	0.007	4.84	0.81
Standard	NA	-	-	-	-
Mancozebe	$f=100.8170/(1+\exp(-(x-40.0859)/-7.0620))$	89.60	19.88	ND	1720.61

i.a.: ingrediente ativo; NA: não ajustado aos modelos matemáticos padrão; ND: não determinado (valores acima de 100 mg g⁻¹); QMR: quadrado médio do resíduo para o modelo ajustado.

Tabela 6. Sensibilidade de *Phakopsora pachyrhizi* (germinação de esporos) em relação a diferentes ingredientes ativos. Os valores de EC50 de todos os fungicidas testados variaram de 0,0001 mg L⁻¹ (prothioconazole) a 12,23 mg L⁻¹ (oxiclreto de cobre). População fungo de Uberlândia-MG.

Fungicida (i.a)	Equação	R ² (%)	EC ₅₀	EC ₉₅	QMR
Cyproconazole	f= 50.0287*exp(-0.1167*x)	98.38	0.15	27.91	59.95
Epoxiconazole	f= 10.0018*exp(-0.1356*x)	99.97	0.011	5.01	0.04
Pyraclostrobina	f= 50.0471*exp(-0.1221*x)	98.17	0.11	27.17	67.70
Oxiclreto de cobre	f= 104.9945/(1+exp(-(x-36.8461)/-6.4937))	87.77	12.23	ND	2024.04
Benzovindiflupyr	f= 100.0047*exp(-0.1385*x)	90.33	0.1	50.03	1600.59
Tebuconazole	f= 50.0636*exp(-0.1974*x)	99.72	0.002	18.65	10.32
Prothioconazole	f= 50.0000*exp(-0.2538*x)	97.82	0.0001	14.05	81.01
Fluxapyroxade	f=12641.59*exp(-0.2883*x)	86.77	0.006	ND	2190.42
Chlorothalonil	f= 9.9991*exp(-0.0859*x)	99.70	0.13	6.50	0.41
Azoxystrobina	f= 101.7755*exp(-0.1070*x)	92.55	0.48	59.60	1232.41
Trifloxystrobin	f= 50.0339*exp(-0.1892*x)	99.95	0.003	19.42	1.79
Standard	f=50.0835*exp(-0.2016*x)	99.55	0.002	18.27	16.62
Mancozebe	f=10.0000*exp(-0.2648*x)	99.99	1.77	2.66	0.02

i.a: ingrediente ativo; ns: não determinado (valores acima de 100 mg g⁻¹); QMR: quadrado médio do resíduo ajustado ao modelo.

Tabela 7. Controle da doença da ferrugem em folhas destacadas de soja. A concentração efetiva (EC₅₀) de diferentes ingredientes ativos variou de 0,0001 mg L⁻¹ (trifloxistrobina) a 22,78 mg L⁻¹ (mancozebe). População do fungo de Chapadão do Sul-MS.

Fungicida (i.a)	Equação	R ² (%)	EC ₅₀	EC ₉₅	QMR
Cyproconazole	$f = 50.1097 * \exp(-0.0448 * x)$	99.44	5.33	40.05	20.67
Epoxiconazole	$f = 10.0000 * \exp(-0.03597 * x)$	99.42	1.54	1.65	0.81
Pyraclostrobina	$f = 100.0000 / (1 + \exp(-(x - 35.9362) / -5.1686))$	90.33	6.18	99.84	1600.01
Oxicloreto de cobre	$f = 50.0290 * \exp(-0.0567 * x)$	97.26	2.93	37.67	87.08
Benzovindiflupyr	$f = 50.0290 * \exp(-0.0567 * x)$	97.65	2.93	37.67	87.08
Tebuconazole	$f = 49.9962 * \exp(-0.1660 * x)$	99.95	0.012	21.80	1.77
Prothioconazole	$f = 1.0001 * \exp(-0.0574 * x)$	99.99	0.056	0.75	0.0001
Fluxapyroxade	$f = 10.0005 * \exp(-0.0665 * x)$	99.61	0.35	7.17	0.55
Chlorothalonil	$f = 50.0008 * \exp(-0.0646 * x)$	96.77	1.97	36.19	119.96
Azoxystrobina	$f = 9.9995 * \exp(-0.0560 * x)$	99.60	0.60	7.55	0.56
Trifloxystrobin	$f = 10.0000 * \exp(-0.2379 * x)$	99.99	0.0001	3.04	0.02
Standard	NA	-	-	-	-
Mancozebe	$f = 102.6292 * \exp(-0.0301 * x)$	92.32	22.78	88.28	1271.86

i.a.: ingrediente ativo; NA : não ajustado aos modelos matemáticos padrão; QMR:quadrado médio do resíduo para o modelo ajustado.

Tabela 8. Sensibilidade de *Phakopsora pachyrhizi* (germinação de esporos) em relação a diferentes ingredientes ativos. Os valores de EC₅₀ de todos os fungicidas testados variaram de 0,0009 mg L⁻¹ (mancozebe) a 10,36 mg L⁻¹ (oxiclreto de cobre). População do fungo de Chapadão do Sul-MS.

Fungicida (i.a)	Equação	R ² (%)	EC ₅₀	EC ₉₅	QMR
Cyproconazole	f= 10.0000*exp(-0.6906*x)	99.27	1.00	5.01	1.01
Epoxiconazole	f= 1.0000*exp(-0.0691*x)	100	0.031	0.70	0.0001
Pyraclostrobina	f= 10.0000*exp(-0.1382*x)	100	0.009	5.01	0.0001
Oxiclreto de cobre	f= 96.4741/(1+exp(-(x-23.2995)/-12.6140))	84.70	10.36	78.15	2532.18
Benzovindiflupyr	f= 102.0414*exp(-0.0545*x)	98.00	6.68	77.70	330.64
Tebuconazole	f= 10.0000*exp(-0.0695*x)	100	0.30	7.06	0.0005
Prothioconazole	f= 10.0000*exp(-0.1740*x)	99.42	0.0016	4.18	0.81
Fluxapyroxade	f= 10.0015*exp(-0.0705*x)	99.96	0.29	7.03	0.05
Chlorothalonil	f= 10.0000*exp(-0.1382*x)	99.99	0.009	5.01	0.02
Azoxystrobina	f= 332.6498*exp(-0.0828*x)	83.00	5.29	ND	2813.27
Trifloxystrobin	f= 10.0000*exp(-0.0921*x)	100	0.10	6.30	0
Standard	f= 1.0001*exp(-0.0464*x)	99.98	0.098	0.79	0.0002
Mancozebe	f= 1.0000*exp(-0.1382*x)	100	0.0009	0.50	0

i.a.: ingrediente ativo; ND: não determinado (valor acima de 100 mg g⁻¹); QMR:quadrado médio do resíduo para o modelo ajustado.

5 CONCLUSÃO

Observou-se uma redução da eficácia de benzovindiflupir em relação à germinação de esporos e à severidade da doença para a população de Chapadão do Sul - MS. O mesmo padrão foi encontrado para fluxapyroxade, cyproconazole e tebuconazole. Os fungicidas multissítios (clorotalonil, oxiclreto de cobre e mancozeb) podem ser utilizados no manejo da resistência contra a ferrugem asiática da soja, nos campos do Brasil associados a estrobilurinas, triazóis e carboxamidas. A eficácia do principal ingrediente ativo testado depende da formulação e de outras moléculas usadas no produto comercial.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BLUM, M. M. C.; REIS, E. M. Phakopsora pachyrhizi in vitro sensitivity to fungicides. *Summa Phytopathologica*, Botucatu, v. 39, n. 3, p. 215-216, 2013.
- BLUM, M. M. C. Sensibilidade de Phakopsora pachyrhizi a fungicidas. 2009. 174f. Ph.D. Thesis, Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo. 2009.
- BUTZEN, S.; MARCON, A.; MCINNES, B.; SCHUH, W. Asian soybean rust: fungicide application technology. *Crop Insights*, Johnston, v. 15, n. 1, p. 1-6, 2005.
- CEREZOLLI, Leandro et al. Eficiência de fungicidas multisítios utilizados na cultura da soja visando o controle da ferrugem asiática. **Anuário Pesquisa e Extensão Unoesc São Miguel do Oeste**, v. 3, 2018.
- CRUZ, Maria Fernanda Antunes da et al. Silício no processo infeccioso de Phakopsora pachyrhizi em folíolos de plantas de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 47, n. 1, p.142-145, jan. 2012.
- CUNHA, João Paulo Arantes Rodrigues da; PERES, Thiago Cintra Manssano. Influência de pontas de pulverização e adjuvante no controle químico da ferrugem asiática da soja. **Acta Scientiarum: Agronomy**, Maringá, v. 32, n. 4, p.597-602, dez. 2010.
- DEBORTOLI, Mônica Paula et al. Espectro de gotas de pulverização e controle da ferrugem-asiática-da-soja em cultivares com diferentes arquiteturas de planta. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 47, n. 7, p.920-927, jul. 2012.
- FARIAS, J. R. B.; ABDELNOOR, R. V.; GODOY, C. V. Risco do surgimento e do aumento de populações resistentes a fungicidas do fungo causador da Ferrugem-Asiática da soja. Londrina: Embrapa Soja, Nota técnica, 2014. 2p.
- FERREIRA, E. B.; CAVALCANTI, P. P.; NOGUEIRA, D. A. ExpDes.pt: Experimental Designs package (Portuguese). 2013.
- FRAC - Fungicide Resistance Action Committee. Informação sobre carboxamidas em ferrugem da soja. FRAC Internacional, Informativo 01/2017, SDHI-Working Group, 2017. Available at: http://media.wix.com/ugd/85b1d3_060a6876562140b693f03708057acff2.pdf. Accessed on: 22 Apr. 2017.
- FRAC - Fungicide Resistance Action Committee. Methods for monitoring fungicides resistance. EPPO Bulletin, West Sussex, v. 21, p. 291-354, 1991. GODOY, C. V.; BUENO, A. F.; GAZZIERO, D. L. P. Brazilian soybean pest management and threats to its sustainability. *Outlooks on Pest Management*, Saffron Walden, v. 26, p. 113-117, 2015.
- GARDIANO, C.G. et al. Manejo químico da ferrugem asiática da soja, baseado em diferentes métodos de monitoramento. **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v. 77, n. 3, p.497-504, set. 2010.
- GODOY, Cláudia V. et al. Eficiência do controle da ferrugem asiática da soja em função do momento de aplicação sob condições de epidemia em Londrina, PR. **Tropical Plant Pathology**, Brasil, v. 34, n. 1, p.56-61, fev. 2009.

GODOY, C. V.; SEIXAS, C. D. S.; SOARES, R. M.; MARCELINO-GUIMARÃES, F. C.; MEYER, M. C.; COSTAMILAN, L. M. Asian soybean rust in Brazil: past, present, and future. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 51, n. 5, p. 407-421, 2016a.

GODOY, C. V.; UTIAMADA, C. M.; MEYER, M. C.; CAMPOS, H. D.; FORCELINI, C. A.; PIMENTA, C. B.; BORGES, E. P.; ANDRADE JUNIOR, E. R.; SIQUERI, F. V.; JULIATTI, F. C.; FAVERO, F.; FEKSA, H. R.; GRIGOLLI, J. F. J.; NUNES JUNIOR, J.; CARNEIRO, L. C.; SILVA, L. H. C. P.; SATO, L. N.; CANTERI, M. G.; VOLF, M. R.; DEBORTOLI, M. P.; GOUSSAIN, M.; MARTINS, M. C.; BALARDIN, R. S.; FURLAN, S. H.; MADALOSSO, T.; CARLIN, V. J.; VENANCIO, W. S. Eficiência de fungicidas para o controle da ferrugem-asiática da soja, *Phakopsora pachyrhizi*, na safra 2015/16: resultados sumarizados dos ensaios cooperativos. Londrina: Embrapa Soja, Circular Técnica n.119, 2016b. 6p.

GODOY, C. V.; UTIAMADA, C. M.; SILVA, L. H. C. P.; SIQUERI, F. V.; HENNING, A. A.; ROESE, A. D.; FORCELINI, C. A.; PIMENTA, C. B.; NUNES, C. D. M.; JACCOUD FILHO, D. S.; MIGUEL-WRUCK, D. S.; RAMOS JUNIOR, E. U.; BORGES, E. P.; DEL PONTE, E. M.; JULIATTI, F. C.; FEKSA, H. R.; CAMPOS, H. D.; NUNES JUNIOR, J.; SILVA, J. R. C.; NAVARINI, L.; CARNEIRO, L. C.; SATO, L. N.; PRADO, M. D. R.; CANTERI, M. G.; MADALOSSO, M.; ITO, M. A.; CUNHA, M. G.; ITO, M. F.; MEYER, M. C.; CASTRO E MELO, R. A.; BALARDIN, R. S.; IGARASHI, S.; SILVA, S. A.; FURLAN, S. H.; NORA, T. D.; CARLIN, V. J. Eficiência de fungicidas para o controle da ferrugem asiática da soja, *Phakopsora pachyrhizi*, na safra 2009/10: resultados sumarizados dos ensaios cooperativos. Londrina: Embrapa Soja, Circular Técnica n.69, 2010. 8p. <https://doi.org/10.1590/S0100204X2016000500002>

GOELLNER, Katharina et al. *Phakopsora pachyrhizi*, the causal agent of Asian soybean rust. **Molecular Plant Pathology**, [s.l.], v. 11, n. 2, p.169-177, mar. 2010. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1364-3703.2009.00589.x>.

HARTMAN, G. L.; RUPE, J. C.; SIKORA, E. J.; DOMIER, L. L.; DAVIS, J. A.; STEFFEY, K. L. Compendium of soybean diseases and pests. Fifth edition. Saint Paul: APS Press, p. 56-59, 2015.

HIKISHIMA, Marceli et al. Quantificação de danos e relações entre severidade, medidas de refletância e produtividade no patossistema ferrugem asiática da soja. **Tropical Plant Pathology**, Brasil, v. 35, n. 2, p.96-103, abr. 2010.

JULIATTI, F. C. Bioensaio com populações menos sensíveis da ferrugem da soja em Minas Gerais e Mato Grosso e fungicida Opera® (Epoconazole + Piraclostrobina) – 10 anos de contribuições para o manejo de doenças na cultura. São Paulo: Top Ciência Basf, 2013. 12p.

JULIATTI, F. C.; BORTOLIN, D.; BAUTI, N. Só restaram as carboxamidas para o manejo de doenças na cultura da soja? O que fazer? 2015. Available at: https://www.researchgate.net/profile/Juliatti_Cezar/publication/280611980_So_restaram_as_carboxamidas_para_o_manejo_de_doencas_na_cultura_da-sojanovo/links/55be955808ae092e96651411/So-restaram-as-carboxamidas-para-o-manejo-de-doencas-na-cultura-da-sojanovo.pdf?origin=publication_detail. Accessed on: 02 May 2017. 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*, Sussex, v. 72, p. 1211-1215, 2016. <https://doi.org/10.1002/ps.4099>

KOTZ, Josias Emanuel Schardong. **EFEITO DA APLICAÇÃO DE FUNGICIDA PROTETOR MULTISSÍTIO EM DIFERENTES ÉPOCAS NA CULTURA DA SOJA**. 2016. 56 f. TCC (Graduação) - Curso de Agronomia, Universidade Federal da Fronteira Sul, Cerro Largo, 2016.

LIMA, Sebastião Ferreira de et al. Efeito da semeadura em linhas cruzadas sobre a produtividade de grãos e a severidade da ferrugem asiática da soja. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 28, n. 6, p.954-962, dez. 2012.

MADALOSSO, Marcelo Grippa et al. Cultivares, espaçamento entrelinhas e programas de aplicação de fungicidas no controle de *Phakopsora pachyrhizi* Sidow em soja. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 40, n. 11, p.2256-2261, 2010.

MENEGHETTI, Rosana Ceolin et al. Avaliação da ativação de defesa em soja contra *Phakopsora pachyrhizi* em condições controladas. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 4, p.823-829, ago. 2010.

MESQUINI, Renata Moreschi et al. Controle e progresso temporal da ferrugem asiática da soja sob controle alternativo em campo. **Summa Phytopathol**, Botucatu, v. 37, n. 1, p.24-29, 2011.

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**, [s.l.], v. 65, n. 2, p.176-188, 28 out. 2015. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/ppa.12457>.

NASCIMENTO, Jackeline Matos do et al. Pontas de pulverização e horários de aplicação no controle químico de ferrugem asiática da soja. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, n. 5, p.2037-2048, 17 out. 2013. Universidade Estadual de Londrina. <http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2013v34n5p2037>.

OGLE, H. J.; BYTH, D. E; McLEAN, R. Effect of rust *Phakopsora pachyrhizi* on soybean yield and quality in Southeastern Queensland. *Australian Journal Agricultural Research*, Queensland, v. 30, p. 883-893, 1979. <https://doi.org/10.1071/AR9790883>.

OLIVEIRA, Gustavo Migliorini de et al. Fosfito e silicato de potássio no controle da ferrugem asiática da soja (*Phakopsora pachyrhizi* Syd. & P. Syd). **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 10, n. 1, p.60-65, 27 mar. 2015. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*. <http://dx.doi.org/10.5039/agraria.v10i1a4771>.

PINHEIRO, Jadir Borges et al. Severidade da ferrugem da soja em função do suprimento de potássio e cálcio em solução nutritiva. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 58, n. 1, p.43-50, fev. 2011.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org>. 2017.

REIS, E. M; BRESOLIN, A. C. R.; CARMONA, M. Doenças da soja I: Ferrugem asiática. Passo Fundo: Ed. Universidade de Passo Fundo, 2006. 48p.

REIS, E. M.; DEUNER, E.; ZANATTA, M. In vivo sensitivity of *Phakopsora pachyrhizi* to DMI and QoI fungicides. *Summa Phytopathologica*, Botucatu, v. 41, n. 1, p. 21-24, 2015.

RUSSEL, P. E. Sensitivity baselines in fungicide resistance research and management. Cambridge: FRAC, n. 3, 2004. 60p.

SEIBT, Jonas Augusto. **MOLHAMENTO FOLIAR APÓS A APLICAÇÃO DE FUNGICIDAS NO CONTROLE DA FERRUGEM ASIÁTICA DA SOJA**. 2017. 40 f. TCC (Graduação) - Curso de Agronomia, Universidade Federal da Fronteira Sul, Cerro Largo, 2017.

SCHERB, C. T.; MEHL, A. *Phakopsora pachyrhizi*: detached leaf test. 2006. Available at: <http://www.frac.info/docs/default-source/monitoring-methods/approved-methods/phakpa-detached-leaf-monitoringmethod-bcs-2006-v1.pdf?sfvrsn=4>. Accessed on: 13Apr. 2017.

YORINORI, J. T.; PAIVA, W. M.; FREDERICK, R. D.; COSTAMILAN, L. M.; BERTAGNOLLI, P. F.; HARTMAN, G. E.; GODOY, C. V.; NUNES JUNIOR, J. Epidemics of soybean rust (*Phakopsora pachyrhizi*) in Brazil and Paraguay. *Plant Disease*, Saint Paul, v. 89, p. 675-677, 2005. <https://doi.org/10.1094/>