

# Ação *in vitro* e *in vivo* de fungicida sistêmico e multissítio sobre *Phakopsora pachyrhizi*

Luciano Hiroyuki Kajihara<sup>1</sup>, Luis Otávio Saggion Beriam<sup>2</sup>, Silvânia Helena Furlan<sup>2</sup>, Juliana Aparecida Borelli Pereira Leite<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Engenheiro agrônomo e doutor em sanidade, segurança alimentar e ambiental no agronegócio. Rua Estanislau da Silva Leme, 30, CEP13847-066, Mogi Guaçu, SP, Brasil. <sup>2</sup> Pesquisador, Instituto Biológico, Avenida Conselheiro Rodrigues Alves, 1252, Vila Mariana, CEP04014-900, São Paulo, SP, Brasil. <sup>3</sup> Aluna do Mestrado, Instituto Biológico, Avenida Conselheiro Rodrigues Alves, 1252, Vila Mariana, CEP04014-900, São Paulo, SP, Brasil.

Autor correspondente: Luciano Hiroyuki Kajihara (lucianokajihara@hotmail.com)

Data de chegada: 05/05/2021. Aceito para publicação em: 04/10/2021

10.1590/0100-5405/251869

## RESUMO

Kajihara, L.H.; Beriam, L.O.S.; Furlan, S.H.; Leite, J.A.B.P. Ação *in vitro* e *in vivo* de fungicida sistêmico e multissítio sobre *Phakopsora pachyrhizi*. *Summa Phytopathologica*, v.47, n.4, p.216-221, 2021.

O trabalho teve por objetivo avaliar a ação do fungicida sítio-específico carbendazim + tebuconazole e do fungicida multissítio clorotalonil, *in vitro*, sobre a germinação dos uredosporos de *Phakopsora pachyrhizi*, e *in vivo* sobre a severidade dos sintomas da doença em folíolos de soja. Os uredosporos de *Phakopsora pachyrhizi* empregados nos experimentos foram provenientes de Artur Nogueira-SP, coletados a partir de ensaios de campo realizados em três épocas de cultivo, dentro da safra 2016/17. Para cada época de semeadura foram utilizadas três cultivares distintas, obedecendo-se às recomendações segundo o grupo de maturação de cada uma (precoce, médio e tardio), todas suscetíveis à ferrugem asiática, perfazendo um total de 9 cultivares, ou

seja, de 9 coletas. Avaliou-se a ação do fungicida multissítio clorotalonil e sítio-específico carbendazim + tebuconazole sobre a germinação *in vitro* de uredinosporos e a severidade da doença, pelo método de folhas destacadas, *in vivo*, tratadas preventivamente, antes da inoculação. Determinou-se as concentrações letais  $CL_{50}$  e  $CL_{95}$  pelo método Probit. O fungicida multissítio clorotalonil foi mais fungitóxico *in vitro* e *in vivo* que o fungicida específico carbendazim + tebuconazole para os uredosporos de *P. pachyrhizi*, em todas as coletas referentes, independente das safras e épocas de semeadura. A partir dos testes *in vivo* e *in vitro*, há indicação de haver interação significativa dos cultivares com cada fungicida.

Palavras-chave: germinação de uredosporos, ferrugem asiática, *Glycine max*.

## ABSTRACT

Kajihara, L.H.; Beriam, L.O.S.; Furlan, S.H.; Leite, J.A.B.P. *In vitro* and *in vivo* action of systemic and multisite fungicide on *Phakopsora pachyrhizi*. *Summa Phytopathologica*, v.47, n.4, p.216-221, 2021.

The present study aimed to evaluate the action of both the site-specific fungicide carbendazim + tebuconazole and the multisite fungicide chlorothalonil, *in vitro*, on the germination of *Phakopsora pachyrhizi* uredospores and, *in vivo*, on the severity of symptoms of the disease in soybean leaflets. The uredospores of *Phakopsora pachyrhizi* used in the experiments were collected from Artur Nogueira, São Paulo State, during field trials carried out in three growing periods within the 2016/17 season. For each sowing period, three different cultivars, susceptible to Asian soybean rust, were used according to the recommendations for their respective maturation group (early, medium and late), totaling 9 cultivars,

i.e., 9 samplings. The action of both the multisite fungicide chlorothalonil and the site-specific fungicide carbendazim + tebuconazole was evaluated on the germination of uredinospores, *in vitro*, and on the disease severity, *in vivo*, by the method of detached leaves, preventively treated before inoculation. Lethal concentrations  $LC_{50}$  and  $LC_{95}$  were determined by the Probit method. The multisite fungicide chlorothalonil was more fungitoxic *in vitro* and *in vivo* than the specific fungicide carbendazim + tebuconazole to *P. pachyrhizi* uredospores in all samplings, regardless of seasons and sowing times. The *in vivo* and *in vitro* tests indicated significant interaction of the cultivars with each fungicide.

**Keywords:** uredospores germination, Asian soybean rust, *Glycine max*

A produção mundial de soja alcançou 337,29 milhões de toneladas na safra 2019/2020, e o Brasil retoma o posto de maior produtor mundial, ficando na frente dos Estados Unidos. Além disso, o país alcançou o posto de maior exportador mundial. Na última safra, a produção brasileira chegou a 124,84 milhões de toneladas, cultivada em uma área de 36,95 milhões de hectares, com produtividade média de 3.379 kg/ha (7).

Dentre os fatores limitantes na obtenção de altos rendimentos encontram-se as doenças. A tendência é de aumento na incidência de doenças, devido à expansão de novas áreas e a utilização de monocultura (6). As perdas anuais podem variar de 15% a 20%, porém no caso da ferrugem asiática isso pode chegar até 90%. Desde o surgimento na safra 2001/2002, a doença já causou um prejuízo de 10 bilhões de

dólares ao País (5).

Existem várias táticas de manejo de ferrugem asiática, entre elas: semeadura no início da época recomendada; uso de cultivares de ciclo precoce; controle de soja guaxa; ausência de soja na entressafra através do vazio sanitário; monitoramento constante da lavoura desde o início do ciclo; utilização de cultivares tolerantes e aplicação de fungicidas preventivamente, ou logo no aparecimento da doença (11).

Nas últimas safras tem se observado perdas de eficácia de alguns fungicidas à base de triazóis (IDMs), estrobilurinas (Qols) e carboxamidas (ISDHs) (12, 13, 14, 25). Furlan *et al.* (9) observaram que os fungicidas à base de mancozebe, clorotalonil, propinebe e cúpricos, dependendo da formulação, dose e época de aplicação, podem representar excelentes ferramentas no manejo da ferrugem asiática, com ganhos expressivos

no rendimento.

Para acompanhar a eficácia dos fungicidas e verificar o comportamento da sensibilidade de *Phakopsora pachyrhizi*, alguns estudos foram realizados com esse objetivo no Brasil (2, 3, 28).

Mancozebe é fungicida multissítio, pertence ao grupo químico dos ditiocarbamatos derivado do maneb. Tem ação múltipla, agindo na produção de energia; inibindo grande número de enzimas e possuindo baixo risco de resistência; pelo que atualmente consiste no produto mais utilizado no mercado brasileiro, dentro deste grupo químico. Na literatura é possível observar diversos trabalhos que demonstram a grande eficácia do fungicida mancozebe em associação a fungicidas específicos, bem como sendo uma importante ferramenta no manejo de resistência da ferrugem asiática (1, 4, 18, 21, 26, 27).

O fungicida clorotalonil, outro representante do grupo dos multissítios, também é amplamente recomendado no manejo de *P. pachyrhizi*, para aumento de eficácia em associação com os fungicidas específicos e para o manejo da resistência (9, 15, 16, 22, 25).

Nesse contexto, os estudos de fungitoxicidade *in vitro* e *in vivo* fornecem o conhecimento para verificar a ação dos fungicidas sobre a germinação dos esporos do fungo, e sobre a severidade da doença em folíolos tratados preventivamente, antes da inoculação.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a ação do fungicida sítio-específico carbendazim + tebuconazole e do fungicida multissítio clorotalonil, *in vitro*, sobre a germinação dos uredosporos de *P. pachyrhizi*, e *in vivo* sobre a severidade dos sintomas da doença em folíolos de soja.

## MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos *in vitro* e *in vivo* foram realizados no laboratório de Fitopatologia do Instituto Biológico / CAPSA - Campinas - SP, ambos conduzidos em condições de estufa incubadora (BOD).

Os uredosporos de *P. pachyrhizi* empregados nos experimentos foram provenientes de Artur Nogueira-SP, coletados a partir de ensaios de campo realizados em três épocas de cultivo, dentro da safra 2016/17. Para cada época de semeadura foram utilizadas três cultivares distintas, obedecendo-se às recomendações segundo o grupo de maturação de cada uma (precoce, médio e tardio), todas suscetíveis à ferrugem asiática, perfazendo um total de 9 cultivares, ou seja, de 9 coletas.

Para o teste *in vitro* foram preparadas as caldas dos fungicidas carbendazim + tebuconazole e clorotalonil nas concentrações de 0 a 16 ppm i.a. indicadas na Tabela 1, utilizando-se água destilada.

**Tabela 1.** Fungicidas avaliados *in vitro* em diferentes concentrações, visando a germinação de uredosporos de *Phakopsora pachyrhizi*.

Ingrediente ativo	Formulação	Concentração ppm i.a.
carbendazim+tebuconazole	25% - SC	0; 0,25; 0,5; 1; 2; 4; 8 e 16
clorotalonil	72% - SC	0; 0,25; 0,5; 1; 2; 4; 8 e 16

Com o auxílio de pipeta, uma alíquota das caldas foi adicionada às placas de microtitulação contendo substrato de ágar-água solidificado. Uma suspensão de uredosporos de *P. pachyrhizi* calibrada para  $10^3$  esporos  $mL^{-1}$  em água destilada contendo uma gota de tween 20, foi adicionada à superfície, em volume determinado para se obter as concentrações desejadas. Foram utilizadas placas de microtitulação contendo 96 poços (assépticas por solução de hipoclorito de sódio 1%), cada um representando uma repetição. Foram incubadas com controle

de temperatura e fotoperíodo, obedecendo-se a temperatura de 24°C, o tempo de exposição de seis horas e na ausência de luz.

Os uredosporos de *Phakopsora pachyrhizi* foram coletados no mesmo dia da instalação dos testes, a partir de folíolos de soja naturalmente infectados das nove cultivares distintas.

O uredosporo de *P. pachyrhizi* foi considerado germinado quando apresentou tubo germinativo de comprimento maior ou igual ao seu diâmetro. A quantificação da germinação e a mensuração do comprimento dos tubos germinativos foram realizadas em microscópio ótico através de varredura da placa de microtitulação (20).

No teste *in vivo*, folíolos (unifoliolados) de soja da cv. BMX Potência RR foram coletados de plantas cultivadas em vasos, em condições de estufa, aos 18 dias após a emergência.

Nestas condições teve-se a certeza de que não havia presença de esporos de *P. pachyrhizi*, ou de qualquer outro patógeno. Em seguida, os folíolos de soja foram imersos nas caldas fungicidas nas concentrações indicadas na Tabela 2, durante 3 segundos e distribuídos com a face inferior para cima, em número de quatro, em placas de Petri (12 cm de diâmetro), contendo três discos de papel de filtro umedecidos em água destilada.

**Tabela 2.** Fungicidas avaliados em diferentes concentrações, pelo método de folíolos destacados, visando ao controle de *Phakopsora pachyrhizi*, *in vivo*.

Ingrediente ativo	Formulação	Concentração ppm i.a.
carbendazim+tebuconazole	25% - SC	0; 1; 2; 4; 8; 16; 32; 64; 128
clorotalonil	72% - SC	0; 1; 2; 4; 8; 16; 32; 64; 128

Após a secagem natural, os folíolos foram inoculados com a mesma suspensão de uredosporos do teste *in vitro*, calibrada para  $10^5$  esporos  $mL^{-1}$ . As placas foram acondicionadas em sacos plásticos, para obter uma câmara úmida e propiciar a germinação e penetração dos uredosporos; depois disso foram mantidas em BOD durante 14 dias a 23°- 24 °C no escuro, quando então efetuou-se a avaliação dos sintomas da doença, com base na porcentagem de severidade do tecido foliar afetado através da escala diagramática proposta por Godoy *et al.* (10). Cada placa de Petri contendo os quatro folíolos representou uma repetição, sendo três placas para cada concentração de fungicida.

Os resultados obtidos foram submetidos a cálculos de porcentagem de inibição para posterior determinação do  $CL_{50}$  e  $CL_{95}$  em programa Probit.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Analisando-se as três cultivares de soja da 1ª época de plantio, pode-se verificar que os fungicidas apresentaram ações inibitórias sobre a germinação dos uredosporos de *P. pachyrhizi* e o desenvolvimento dos sintomas de ferrugem. De forma geral, o fungicida multissítio clorotalonil foi mais fungitóxico *in vitro* (Tabela 3) e *in vivo* (Tabela 4), em comparação ao fungicida sítio-específico carbendazim + tebuconazole, para todas as amostras coletadas das três cultivares, especialmente na cv. BMX Turbo RR com valor de  $CL_{50} = 0,18$  ppm i.a. e  $CL_{95} = 1,54$  ppm i.a. e com valor *in vivo* de  $CL_{50} = 0,24$  ppm i.a. e  $CL_{95} = 6,81$  ppm i.a., indicando haver diferenças entre si.

Moura *et al.* (19), em ensaios *in vitro*, obtiveram os valores de  $CL_{50}$  de oito fungicidas para o controle de ferrugem asiática provenientes

**Tabela 3.** Valores de  $CL_{50}$  e  $CL_{95}$  dos fungicidas para inibição *in vitro* da germinação de uredosporos de *Phakopsora pachyrhizi*, provenientes do município de Arthur Nogueira, SP, em cultivares de soja de primeira época, meados de outubro, safra 2016/2017.

Cultivares	Equações de ajustes	R <sup>2</sup>	ppm i.a. (CL <sub>50</sub> )	ppm i.a. (CL <sub>95</sub> )
<b>NA 5909 RG</b>				
carbendazim + tebuconazole	$y = 1,7713x + 5,1896$	0,8769	0,78	6,58
clorotalonil	$y = 1,7832x + 5,9846$	0,945	0,28	2,33
<b>BMX Turbo RR</b>				
carbendazim + tebuconazole	$y = 1,6052x + 5,5982$	0,8992	0,42	4,45
clorotalonil	$y = 1,7725x + 6,3064$	0,8991	0,18	1,54
<b>M 5917 IPRO</b>				
carbendazim + tebuconazole	$y = 1,464x + 5,7779$	0,8973	0,29	3,88
clorotalonil	$y = 1,7238x + 5,9796$	0,9119	0,27	2,41

**Tabela 4.** Valores de  $CL_{50}$  e  $CL_{95}$  dos fungicidas para inibição *in vivo* da severidade dos sintomas ocasionados por *Phakopsora pachyrhizi*, provenientes do município de Arthur Nogueira, SP, em cultivares de soja de primeira época, meados de outubro, safra 2016/2017.

Cultivares	Equações de ajustes	R <sup>2</sup>	ppm i.a. (CL <sub>50</sub> )	ppm i.a. (CL <sub>95</sub> )
<b>NA 5909 RG</b>				
carbendazim + tebuconazole	$y = 0,6513x + 4,8675$	0,9639	1,59	526,59
clorotalonil	$y = 1,2687x + 5,3033$	0,9064	0,57	11,31
<b>BMX Turbo RR</b>				
carbendazim + tebuconazole	$y = 0,5588x + 5,34$	0,9933	0,6	212,03
clorotalonil	$y = 1,555x + 5,3442$	0,8709	0,24	6,81
<b>M 5917 IPRO</b>				
carbendazim + tebuconazole	$y = 0,9195x + 4,1725$	0,9916	7,94	482,53
clorotalonil	$y = 1,4071x + 5,05$	0,9283	0,92	13,48

de Passo Fundo, RS, Ponta Grossa, PR e Primavera do Leste, MT. Verificaram que apenas piraclostrobina e a mistura trifloxistrobina + protriocanazol apresentaram valores de  $CL_{50}$  inferiores a 1,0 mg/L, para todos os isolados, demonstrando alta fungitoxicidade destes dois produtos.

Furlan *et al.* (8) verificaram ações inibitórias sobre a germinação dos uredosporos provenientes de Mogi Mirim – SP, e sobre os sintomas da ferrugem, onde o fungicida mancozebe apresentou a maior fungitoxicidade *in vitro*, com resultado de menor valor da  $CL_{50}$  (0,065 ppm i.a.), comparado a clorotalonil (0,16 ppm i.a.) e oxicloreto de cobre (0,15 ppm i.a.).

Reis *et al.* (24) avaliaram a sensibilidade *in vivo* de 15 isolados de *P. pachyrhizi* oriundos de várias regiões do Brasil, utilizando fungicidas IDM's (ciproconazol, epoxiconazol, tebuconazol) e IQO

(piraclostrobina). Os resultados demonstraram redução de sensibilidade de *P. pachyrhizi* ao fungicida tebuconazol; enquanto que para epoxiconazol não foi detectada alteração na sensibilidade do fungo.

Os resultados da 2ª época da safra 2016/2017 mostraram que todos os fungicidas tiveram ação inibitória sobre a germinação dos uredosporos de *P. pachyrhizi* e sobre os sintomas da ferrugem asiática (Tabela 5 e 6). Entre os fungicidas, o clorotalonil apresentou maior fungitoxicidade *in vitro*, com o resultado de menor valor da  $CL_{50}$  = 0,12 ppm i.a. e  $CL_{95}$  = 1,25 ppm i.a., comparado ao fungicida específico carbendazim + tebuconazole, em todas as cultivares testadas (Tabela 5), especialmente na cultivar M 6410 IPRO.

Blum (2) determinou a sensibilidade *in vitro* de quatro fungicidas do grupo das estrobilurinas e sete fungicidas do grupo dos inibidores

**Tabela 5.** Valores de  $CL_{50}$  e  $CL_{95}$  dos fungicidas para inibição, *in vitro*, da germinação de uredosporos de *Phakopsora pachyrhizi*, provenientes do município de Arthur Nogueira, SP, em cultivares de soja de segunda época, meados de novembro, safra 2016/2017.

Cultivares	Equações de ajustes	R <sup>2</sup>	ppm i.a. (CL <sub>50</sub> )	ppm i.a. (CL <sub>95</sub> )
<b>BMX Potência RR</b>				
carbendazim + tebuconazole	$y = 1,8959x + 5,6779$	0,8677	0,43	3,21
clorotalonil	$y = 1,9065x + 6,1532$	0,8885	0,24	1,81
<b>M 6410 IPRO</b>				
carbendazim + tebuconazole	$y = 1,5091x + 5,4857$	0,8306	0,28	1,93
clorotalonil	$y = 1,9564x + 6,0796$	0,8744	0,12	1,25
<b>NS 7200 IPRO</b>				
carbendazim + tebuconazole	$y = 1,5827x + 5,8379$	0,9351	0,29	3,23
clorotalonil	$y = 1,693x + 6,4046$	0,9089	0,14	1,37

**Tabela 6.** Valores de  $CL_{50}$  e  $CL_{95}$  dos fungicidas para inibição *in vivo* da severidade dos sintomas ocasionados por *Phakopsora pachyrhizi*, provenientes do município de Arthur Nogueira, SP, em cultivares de soja de segunda época, meados de novembro, safra 2016/2017.

Cultivares	Equações de ajustes	R <sup>2</sup>	ppm i.a. (CL <sub>50</sub> )	ppm i.a. (CL <sub>95</sub> )
<b>BMX Potência RR</b>				
carbendazim + tebuconazole	y = 1,3293x + 4,0727	0,895	4,98	84,37
clorotalonil	y = 1,9804x + 3,9264	0,8806	3,48	23,45
<b>M 6410 IPRO</b>				
carbendazim + tebuconazole	y = 1,4805x + 3,6907	0,909	7,66	98,19
clorotalonil	y = 1,9555x + 4,0042	0,8905	3,23	22,27
<b>NS 7200 IPRO</b>				
carbendazim + tebuconazole	y = 1,403x + 3,7584	0,8645	7,67	113,21
clorotalonil	y = 1,8824x + 4,2589	0,9157	2,47	18,4

da desmetilação, sobre a germinação e sobre o comprimento do tubo germinativo dos uredosporos de *P. pachyrhizi*. Para a variável inibição da germinação dos uredosporos, a  $CI_{50}$  para tebuconazole, respectivamente, na primeira e na segunda repetição do experimento, foi de 0,008 e 0,005 mg L<sup>-1</sup>. Para inibição do comprimento do tubo germinativo a  $CI_{50}$  foi de 0,04 e 0,06 mg L<sup>-1</sup>. Esses dados são importantes no monitoramento de sensibilidade dos fungicidas, em regiões onde o uso é bastante intenso.

Polloni *et al.* (23), ao estudarem populações de *P. pachyrhizi*, oriundas de Uberlândia/MG e Chapadão do Sul/MS, verificaram que os fungicidas multissítios clorotalonil, mancozeb e oxicloreto de cobre apresentaram valores de  $EC_{50}$  variando de 10-100 ppm, para ambas as populações. Portanto, o resultado reforçou mais uma

vez a importância do uso de multissítio nos programas de aplicação, com os fungicidas sistêmicos ou misturas, sendo importante como estratégias de anti-resistência.

Ao analisar as três cultivares da 3ª época, pode-se verificar que tanto o carbendazim + tebuconazole como clorotalonil tiveram ação inibitória sobre a germinação dos uredosporos (Tabelas 7 e 8). Além disso, novamente foi observado que o fungicida à base de clorotalonil apresentou maior fungitoxicidade *in vitro* do que o fungicida carbendazim + tebuconazole, com valores de  $CL_{50}$  = 0,19 ppm i.a. e  $CL_{95}$  = 2,06 ppm i.a. (Tabela 7) e com valores *in vivo* de  $CL_{50}$  = 2,11 ppm i.a. e  $CL_{95}$  = 17,83 ppm i.a. (Tabela 8) na cultivar de soja NS 7300 IPRO. Estes resultados demonstram haver diferença de resposta entre as cultivares de soja.

**Tabela 7.** Valores de  $CL_{50}$  e  $CL_{95}$  dos fungicidas para inibição, *in vitro*, da germinação de uredosporos de *Phakopsora pachyrhizi*, provenientes do município de Arthur Nogueira, SP, em cultivares de soja de terceira época, meados de dezembro, safra 2016/2017.

Cultivares	Equações de ajustes	R <sup>2</sup>	ppm i.a. (CL <sub>50</sub> )	ppm i.a. (CL <sub>95</sub> )
<b>Desafio RR</b>				
carbendazim + tebuconazole	y = 1,5316x + 5,8532	0,9469	0,44	3,32
clorotalonil	y = 1,8793x + 5,66	0,8505	0,27	3,26
<b>NS 7300 IPRO</b>				
carbendazim + tebuconazole	y = 1,451x + 5,6289	0,8379	0,36	4,97
clorotalonil	y = 1,6099x + 6,1339	0,9096	0,19	2,06
<b>M 7739 IPRO</b>				
carbendazim + tebuconazole	y = 1,5198x + 5,3025	0,7719	0,63	7,58
clorotalonil	y = 1,884x + 5,7771	0,9104	0,38	2,87

**Tabela 8.** Valores de  $CL_{50}$  e  $CL_{95}$  dos fungicidas para inibição *in vivo* da severidade dos sintomas ocasionados por *Phakopsora pachyrhizi*, provenientes do município de Arthur Nogueira, SP, em cultivares de soja de terceira época, meados de dezembro, safra 2016/2017.

Cultivares	Equações de ajustes	R <sup>2</sup>	ppm i.a. (CL <sub>50</sub> )	ppm i.a. (CL <sub>95</sub> )
<b>Desafio RR</b>				
carbendazim + tebuconazole	y = 1,331x + 3,9896	0,8723	5,74	98,01
clorotalonil	y = 1,857x + 4,2173	0,8939	2,34	20,16
<b>NS 7300 IPRO</b>				
carbendazim + tebuconazole	y = 1,4124x + 3,766	0,8745	7,47	108,35
clorotalonil	y = 1,7695x + 4,426	0,8946	2,11	17,83
<b>M 7739 IPRO</b>				
carbendazim + tebuconazole	y = 1,7889x + 3,4571	0,9735	7,28	60,15
clorotalonil	y = 1,8702x + 3,9124	0,9371	3,81	28,73

Juliatti *et al.* (17) ao estudarem duas populações de *P. pachyrhizi*, procedentes de Uberlândia-MG e Chapadão do Sul-MS, verificaram que o fungicida multissítio clorotalonil apresentou menores valores em folhas destacadas, na população de Chapadão do Sul,  $EC_{50} = 0,009 \text{ mg L}^{-1}$  e  $EC_{95} = 5,01 \text{ mg L}^{-1}$ , enquanto em Uberlândia os valores foram  $EC_{50} = 0,13 \text{ mg L}^{-1}$  e  $EC_{95} = 6,50 \text{ mg L}^{-1}$ .

Xavier *et al.* (28) identificaram que houve variação na  $DE_{50}$  no monitoramento realizado em diversas regiões do País, durante as safras 2009, 2010 e 2011, indicando a existência de populações com diferentes níveis de sensibilidade aos IDMs no campo, em virtude da extensa época de semeadura da soja e das aplicações frequentes de fungicidas na cultura. Para tebuconazole, os valores da  $DE_{50}$  variaram de 0,001 a 1,49 ml  $L^{-1}$ , com medianas de 0,22 ml  $L^{-1}$ , 0,25 mg  $L^{-1}$  e 0,23 mg  $L^{-1}$ , nas safras 2008/2009, 2009/2010 e 2010/2011, respectivamente.

O fungicida multissítio clorotalonil foi mais fungitóxico *in vitro* e *in vivo* que o fungicida específico carbendazim + tebuconazole para os uredosporos de *P. pachyrhizi*; em todas as coletas referentes, independente das safras e épocas de semeadura. A partir dos testes *in vivo* e *in vitro*, há indicação de haver diferença de resposta entre as cultivares de soja para o fungicida multissítio clorotalonil e sítio-específico carbendazim + tebuconazole.

#### AGRADECIMENTOS

Agradecemos o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Alves, V.M.; Juliatti, F.C. Fungicidas no manejo da ferrugem da soja, processos fisiológicos e produtividade da cultura. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v.44, n.3, p.245-251, 2018.
2. Blum, M.M.C. **Sensibilidade de *Phakopsora pachyrhizi* a fungicidas**. 2009. 164p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo.
3. Braga, K.; Fantin, L.H.; Minchio, C.A.; Scolin, L.B.; Paduan, F.N.; Canteri, M.G. Sensibilidade de populações de *Phakopsora pachyrhizi* ao fungicida protioconazol. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v.46, n.2, p.150-154, 2020.
4. Celestino, G.G.; Godoy, C.V. Ensaio cooperativo para avaliação da eficiência de fungicidas protetores no controle de doenças na cultura da soja. In: Jornada Acadêmica da Embrapa Soja, 11., 2016, Londrina. **Resumos expandidos**. Londrina: Embrapa Soja, 2016. p.57-62.
5. Consórcio Antiferrugem. Ferrugem da soja. Londrina: Embrapa, 2004. Disponível em: <www.consorcioantiferrugem.net>. Acesso em: 10 fev.2021.
6. Embrapa. **Tecnologias de produção de soja**: Região Central do Brasil - 2004, Londrina: Embrapa Soja, 2004.
7. Embrapa Soja. **Soja em números (safra 2019/20)**. Londrina: Embrapa, 2020. Disponível em: <https://www.embrapa.br/soja/cultivos/soja1/dados-economicos>. Acesso em: 05 maio 2021.
8. Furlan, S.H.; Leite, J.A.B.P.; Franco, D.A.S. **Ação *in vitro* e *in vivo* de fungicidas multi-sítios sobre *Phakopsora pachyrhizi***. In: Congresso Brasileiro de Soja, 7, 2015, Florianópolis. VII Congresso Brasileiro de Soja Mercosoja 2015. Londrina: Embrapa Soja, 2015. 1 CD-ROM.
9. Furlan, S.H.; Leite, J.A.B.P.; Franco, D.A.S. **Eficiência de fungicidas multi-sítios testados em rede para o controle da ferrugem asiática da soja no estado de São Paulo, 2015/16**. In: Reunião de Pesquisa de Soja, 35., 2016, Londrina. XXXV Reunião de Pesquisa de Soja. Londrina: Embrapa Soja, 2016. p.131-133.
10. Godoy, C.V.; Koga, L. J.; Canteri, M.G. Diagramatic Scale for Assessment of Soybean Rust Severity. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v.31, n.1, p.63-68, 2006.
11. Godoy, C.V. Estratégias de manejo para a ferrugem da soja. **Agroanalysis**, Rio de Janeiro, v.29, n.9, p.44-45, 2009.
12. Godoy, C.V.; Utiamada, C.M.; Meyer, M.C.; Campos, H.D.; Roesse, A.D.;

- Forcelini, C.A.; Pimenta, C.B.; Jaccoud Filho, D.S.; Borges, E.P.; Siqueri, F.V.; Juliatti, F.C.; Feksa, H.R.; Grigolli, J.F.J.; Nunes Junior, J.; Carneiro, L.C.; Silva, L.H.C.P.; Sato, L.N.; Canteri, M.G.; Madalosso, M.; Ito, M.F.; Martins, M.C.; Balardin, R.S.; Furlan, S.H.; Montecelli, T.D.N.; Carlin, V.J.; Barros, V.L.N.P.; Venâncio, W.S. **Eficiência de fungicidas para o controle da ferrugem-asiática da soja, *Phakopsora pachyrhizi*, na safra 2012/13**: resultados sumarizados dos ensaios cooperativos. Londrina: Embrapa Soja, 2013. (Circular Técnica, 99).
13. Godoy, C.V.; Utimada, C.M.; Meyer, M.C.; Campos, H.D.; Pimenta, C.B.; Cassetari Neto, D.; Jaccoud Filho, D.S.; Borges, E.P.; Andrade Junior, E.R.; Siqueri, F.V.; Juliatti, F.C.; Feksa, H.R.; Grigolli, J.F.J.; Nunes Junior, J.; Carneiro, L.C.; Silva, L.H.C.P.; Sato, L.N.; Canteri, M.G.; Madalosso, M.; Ito, M.F.; Martins, M.C.; Balardin, R.S.; Furlan, S.H.; Montecelli, T.D.N.; Carlin, V.J.; Barros, V.L.N.P.; Venâncio, W.S. **Eficiência de fungicidas para o controle da ferrugem-asiática da soja, *Phakopsora pachyrhizi*, na safra 2013/14**: resultados sumarizados dos ensaios cooperativos. Londrina: Embrapa Soja, 2014. (Circular Técnica, 103).
  14. Godoy, C.V.; Utiamada, C.M.; Meyer, M.C.; Campos, H.D.; Forcelini, C.A.; Pimenta, C.B.P.; 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.; Venâncio, 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, 2016. (Circular Técnica, 119).
  15. Godoy, C.V.; Utiamada, C.M.; Meyer, M.C.; Campos, H.D.; Lopes, I.O.N.; Forcelini, C.A.; Pimenta, C.B.P.; Filho, D.S.J.; Moreira, E.N.; Andrade, E.R.; Borges, E.P.; Siqueri, F.V.; Juliatti, F.C.; Favero, F.; Araújo Junior, I.P.; Junior, J.N.; Silva, L.H.C.P.; Sato, L.N.; Beluffi, L.M.R.; Goussain, M.; Volf, M.R.; Debortoli, M.P.; Martins, M.C.; Balardin, R.S.; Furlan, S.H.; Madalosso, T.; Carlin, V.J.; Venâncio, W.S. **Eficiência de fungicidas multissítios e produtos biológicos no controle da ferrugem-asiática da soja, *Phakopsora pachyrhizi*, na safra 2016/17**: resultados sumarizados dos ensaios cooperativos. Londrina: Embrapa Soja, 2017. (Circular Técnica, 131).
  16. Juliatti, F.C.; Nascimento, F.G.; Araújo, V.C.; Juliatti, B.C.M.; Vieira, R.B. Fungicidas protetores, aplicados de forma isolada, no controle de ferrugem asiática e oídio na cultura da soja, safra 2015-2016. In: Reunião de Pesquisa de Soja, 35., 2016, Londrina. **Resumos expandidos**. Londrina: Embrapa Soja, 2016. p.113-115.
  17. Juliatti, F.C.; Polloni, L.C.; Morais, T.P.; Zacarias, N.R.S.; Silva, E.A.; Juliatti, B.C.M. Sensitivity of *Phakopsora pachyrhizi* populations to dithiocarbamate, chloronitrile, triazole, strobilurin, and carboxamide fungicides. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.33, n.4, p.933-943, July/Aug. 2017.
  18. Marques, L.N. **Mancozebe associado ao patossistema *Phakopsora pachyrhizi* x *Glicine max***: respostas fisiológicas das plantas. 2017. 100p. Tese (Doutorado em agronomia) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.
  19. Moura, B.; Boller, W.; Deuner, C.C. *In vitro* determination of fungicide inhibitory concentration for *Phakopsora pachyrhizi* isolates. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v.42, n.2, p.170-171, 2016.
  20. Nascimento, J.M.; Gavassoni, W.L.; Bacchi, L.M.A.; Melo, E.P. Germinação de uredosporos de *Phakopsora pachyrhizi* e *Puccinia kuehnii* sob diferentes adjuvantes. **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v.82, n.1, p.1-6, 2015.
  21. Ortis, R.B.P. **Multi-site fungicides associated with DMIs and QoIs: A new strategy to control Asian soybean rust**. 2015. 43p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
  22. Parreira, J.B.; Silva, G.B.; Goussain, M.; Marchioro, F.L.; Goussain, R.C.S.; Masetto, A.J.; Silva, V.L. Controle químico de ferrugem asiática na cultura da soja (*Glicine max*) - Safra 16/17. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v.44, fev. 2018, suplemento. Edição dos resumos do 42º Congresso Paulista de Fitopatologia, 2018, Marília. Inovações Tecnológicas na Fitopatologia.
  23. Polloni, L.C.; Nascimento, L.S.; Morais, T.P.; Juliatti, F.C. Avaliação *in vitro* da sensibilidade das populações de *Phakopsora pachyrhizi* aos fungicidas multissítios, triazóis, estrobilurinas e carboxamidas. In: Anais do II Workshop Brasileiro de Ferrugem da Soja, 2, 2017, Uberlândia. **Anais...** Uberlândia:UFU, 2017. p.17.
  24. 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.

25. Silva, L.H.C.P.; Campos, H.D.; Silva, J.R.C.; Reis, E.M. Controle da ferrugem asiática da soja com mancozebe e um fungicida multissítio. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v.41, n.1, p.64-67, 2015.
26. Simões, K.; Hawlik, A.; Rehfus, A.; Gava, F.; Stammler, G. First detection of a SDH variant with reduced SDHI sensitivity in *Phakopsora pachyrhizi*. **Journal of Plant Diseases and Protection**, Heidelberg, v.125, n.1, p.21-26, 2018.
27. Vieira, L.F.; Castellar, V.L.; Godoy, C.V. Eficiência de fungicidas multissítios em mistura com fungicidas sítio-específicos no controle da ferrugem-asiática da soja. In: Jornada Acadêmica da Embrapa Soja, 13., 2018, Londrina, PR. **Resumos expandidos**. Londrina: Embrapa Soja, 2018. p.115-122.
28. Xavier, S.A.; Koga, L.J.; Barros, D.C.M.; Canteri, M.G.; Lopes, I.O.N.; Godoy, C.V. Variação da sensibilidade de populações de *Phakopsora pachyrhizi* a fungicidas inibidores da desmetilação no Brasil. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v.41, n.3, p.191-196, 2015.