

Sensibilidade de populações de *Phakopsora pachyrhizi* ao fungicida prothioconazol

Karla Braga¹, Lucas Henrique Fantin¹, Claudinei Antônio Minchio¹, Luigi Bertolaccini Scolin¹,
Fernanda Neves Paduan¹, Marcelo Giovanetti Canteri¹

¹Universidade Estadual de Londrina, Departamento de Agronomia. Rod. Celso Garcia Cid. (PR 445), Km 380, CP 6001, CEP 86051-990. Londrina-PR, Brasil.

Autor para correspondência: Karla Braga (karlabraga92@gmail.com)

Data de chegada: 28/04/2019. Aceito para publicação em: 19/12/2019.

10.1590/0100-5405/223207

RESUMO

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 prothioconazol. *Summa Phytopathologica*, v.46, n.2, p.150-154, 2020.

A redução na eficiência de fungicidas sintéticos está associada a seleção de indivíduos que apresentam alterações genéticas que conferem resistência aos ingredientes ativos. A sinalização de variações na frequência de indivíduos resistentes nas populações de fungos pode ser quantificada através da concentração efetiva 50 (CE50). O objetivo do trabalho foi avaliar a sensibilidade de populações de *Phakopsora pachyrhizi* coletadas durante a safra 2017/18 em diferentes regiões produtoras de soja ao i.a prothioconazol (IDM), através da concentração efetiva que resulta em 50% de eficiência de controle (CE50). Foliolos de soja foram tratados com o i.a nas concentrações zero; 0,0625; 0,125; 0,25; 0,5; 1; 2; 4; 8 e 16 mg L⁻¹ e inoculados com uredósporos de *P. pachyrhizi* provenientes de 17 localidades distribuídas no

Brasil e Paraguai. Os folíolos inoculados foram mantidos em placas de Petri plásticas de 15cm de diâmetro com papel filtro umedecido e incubadas em câmaras de crescimento a 23° C ±2° C. A severidade da doença foi avaliada 15 dias após a inoculação. Através do ajuste log-logístico foi estimada a concentração efetiva que apresenta 50% de eficiência de controle (CE50) para cada população. Foi observada variação na sensibilidade entre as populações do fungo *P. pachyrhizi* ao fungicida prothioconazol, com valores de CE50 variando de 0,05 mg L⁻¹ a 1,04 mg L⁻¹ com média e mediana de 0,35 mg L⁻¹. De acordo com os resultados obtidos houve alteração da sensibilidade das populações de *P. pachyrhizi* ao fungicida prothioconazol conforme o local de origem das populações do fungo.

Palavras-chave: Foliolos destacados, Inibidor da desmetilação, Triazóis, Concentração efetiva 50.

ABSTRACT

Braga, K. Fantin, L.H.; Minchio, C.A.; Scolin, L.B.; Paduan, F.N.; Canteri M.G. Sensitivity of populations of *Phakopsora pachyrhizi* to the fungicide prothioconazole. *Summa Phytopathologica*, v.46, n.2, p.150-154, 2020.

Reduced efficiency of synthetic fungicides is associated with the selection of individuals presenting genetic alterations that provide resistance to active ingredients. Signs of variations in the frequency of resistant individuals among fungal populations can be quantified based on the effective concentration 50 (CE50). The objective of this study was to evaluate the sensitivity to prothioconazole (DMI) by populations of *Phakopsora pachyrhizi* collected during the 2017/18 harvest from different soybean producing regions, based on the effective concentration that results in 50% control efficiency (CE50). Soybean leaflets were treated with a.i. at the concentrations zero; 0.0625; 0.125; 0.25; 0.5; 1; 2; 4; 8 and 16 mg L⁻¹ and inoculated with *P. pachyrhizi* uredospores

from 17 localities distributed in Brazil and Paraguay. The inoculated leaflets were kept in 15cm-diameter plastic Petri dishes containing moistened filter paper and incubated in growth chambers at 23 ± 2°C. The disease severity was evaluated 15 days after inoculation. Log-logistic adjustment was employed to estimate the effective concentration that had 50% control efficiency (CE50) for each population. There was variation in the sensitivity of *P. pachyrhizi* populations to the fungicide prothioconazole, and CE50 values ranged from 0.05 mg L⁻¹ to 1.04 mg L⁻¹ with mean and median values of 0.35 mg L⁻¹. According to the obtained results, sensitivity of *P. pachyrhizi* to the fungicide prothioconazole varied with the origin of the fungal populations.

Keywords: Detached leaflets, Inhibitor of demethylation, Triazoles, Effective Concentration 50.

O fungo *Phakopsora pachyrhizi* Syd. & P. Syd, agente causal da ferrugem asiática da soja (FAS), pode ser considerado o principal patógeno da cultura no Brasil. Desde os primeiros casos da doença no país, em 2001, estimam-se custos de controle médios anuais de 2 bilhões de dólares (2, 7).

As estratégias de manejo recomendadas para o controle da doença compreendem a adoção de medidas conjuntas, que incluem a utilização de cultivares de ciclo precoce e semeadura no início da época recomendada, vazios sanitários e eliminação de plantas de soja voluntárias na entressafra (21), monitoramento da lavoura através de coletores e armadilhas (5), uso de cultivares com genes de resistência e controle

químico, com a aplicação de fungicidas via foliar (16).

Desde a constatação da doença no Brasil, as medidas supracitadas foram utilizadas sem considerar adequadamente o potencial evolutivo do fungo. Nas últimas safras, como provável reflexo à pressão de seleção imposta pela aplicação de fungicidas, foi observada redução da sensibilidade do fungo *P. pachyrhizi* aos três principais grupos químicos (triazóis, estrobilurinas e carboxamidas) registrados para o controle da doença (16).

A redução de sensibilidade foi associada a alterações pontuais e específicas, como mutações na enzima 14- α - desmetilase dependente do citocromo P450 (CYP51) que codifica a proteína alvo dos IDMs,

mutação na posição F129L do citocromo “b” para IQos e para ISDHs, foi observada mutações na subunidade C na posição I86F (18, 27, 28).

A frequência de indivíduos resistentes em uma população pode ser sinalizada através de estudos de monitoramento utilizando folhas destacadas de soja. Esse tipo de abordagem utiliza a concentração efetiva (CE) para avaliar indiretamente a frequência da população que é controlada pelo ingrediente ativo. A metodologia foi proposta por Scherb e Mehl (26) para a realização de testes da sensibilidade de *P. pachyrhizi* a fungicidas.

Monitorando a sensibilidade do fungo *P. pachyrhizi* a fungicidas IDMs, Koga, Lopes e Godoy (20), e Xavier et al. (31) observaram variações na concentração efetiva (CE50) dos fungicidas ciproconazol, metconazol, tebuconazol e protriocanazol, demonstrando que populações de *P. pachyrhizi* com diferentes níveis de sensibilidade ocorrem de forma simultânea no campo. Fantin e Canteri (4) citam que durante a mesma safra a frequência de resistentes em uma população é eventualmente alterada, assim, a frequência de indivíduos resistentes dentro da população no início do desenvolvimento difere da frequência encontrada no final do ciclo da cultura.

A hipótese do presente estudo é que houve alteração de sensibilidade de *P. pachyrhizi* ao ingrediente ativo protriocanazol e que a sensibilidade

varia em função do local de coleta. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar a sensibilidade de populações do fungo *P. pachyrhizi* coletados no intervalo de uma semana durante a safra 2017/18 em diferentes regiões produtoras de soja ao ingrediente ativo protriocanazol através da CE50.

MATERIAL E MÉTODOS

Durante a safra 2017/18, foram coletadas amostras de populações do fungo *P. pachyrhizi* presentes em folhas de plantas de soja naturalmente infectadas em 17 localidades, sendo 12 no Estado do Paraná - Brasil e cinco amostras no Departamento do Canindeyú - Paraguai (Tabela 1 e Figura 1). As coletas no Brasil e Paraguai foram realizadas no intervalo de uma semana.

As amostras foram coletadas em plantas de soja entre os estádios fenológicos R4 e R5, sendo 15 folhas retiradas do terço médio das plantas consideradas uma amostra composta e representativa de cada local de origem. As folhas coletadas foram acondicionadas em placas de Petri de 15cm de diâmetro com papel filtro umedecido com água destilada, identificadas e posteriormente levadas ao laboratório de Fitopatologia da Universidade Estadual de Londrina, PR.

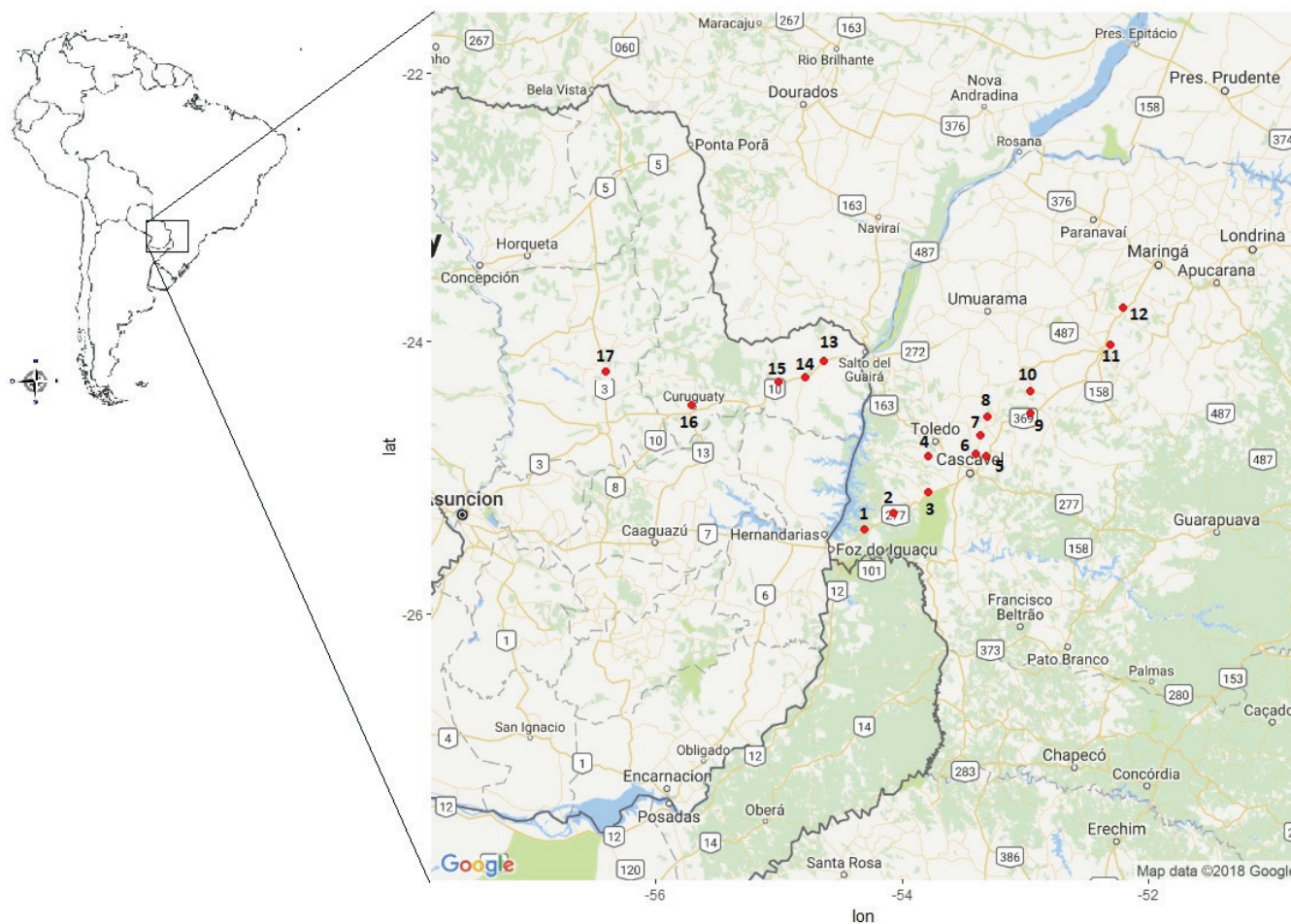


Figura 1. Pontos de coleta de folhas infectadas naturalmente por *Phakopsora pachyrhizi*. Safra 2017/18. 1 - São Miguel do Iguçu, Paraná – BR; 2 - Medianeira, Paraná – BR; 3 - Céu Azul, Paraná – BR; 4 - Toledo, Paraná – BR; 5 - Cascavel, Paraná – BR; 6 - Corbélia, Paraná – BR; 7 - Cafelândia, Paraná – BR; 8 - Nova Aurora, Paraná – BR; 9 - Ubiratã, Paraná – BR; 10 - Juranda, Paraná – BR; 11 - Campo Mourão, Paraná – BR; 12 - Engenheiro Beltrão, Paraná – BR; 13 - La Paloma, Canindeyú – PY; 14 - Katueté, Canindeyú – PY; 15 - Yhovoy, Canindeyú - PY; 16 - Curuguaty, Canindeyú – PY; 17 - Villa Ygatimí, Canindeyú – PY.

Tabela 1. Locais de origem das populações de *Phakopsora pachyrhizi* – safra 2017/18.

Localidades	Coleta	FAS* (%)	Coordenadas geográficas
Engenheiro Beltrão, Paraná - BR	26/01/2018	10%	23°47'60.0"S 52°14'56.1"W
Campo Mourão, Paraná - BR	26/01/2018	30%	24°00'33.9"S 52°22'41.7"W
Juranda, Paraná - BR	26/01/2018	40%	24°25'53.5"S 52°51'13.1"W
Ubiratã, Paraná - BR	26/01/2018	55%	24°32'26.3"S 52°58'31.6"W
Nova Aurora, Paraná - BR	25/01/2018	80%	24°31'40.6"S 53°14'53.5"W
Cafelândia, Paraná - BR	25/01/2018	85%	24°37'12.8"S 53°18'36.5"W
Corbélia, Paraná - BR	25/01/2018	90%	24°46'53.3"S 53°17'23.3"W
Cascavel, Paraná - BR	26/01/2018	80%	24°54'15.3"S 53°30'27.2"W
Toledo, Paraná - BR	25/01/2018	65%	24°42'57.9"S 53°41'23.3"W
Céu Azul, Paraná - BR	25/01/2018	75%	25°08'48.7"S 53°51'55.8"W
Medianeira, Paraná - BR	26/01/2018	65%	25°16'20.9"S 54°04'19.8"W
São M.do Iguacu, Paraná - BR	25/01/2018	70%	25°22'20.3"S 54°14'53.2"W
La Paloma, Canindeyú - PY	02/02/2018	90%	24°07'00.9"S 54°38'26.3"W
Katueté, Canindeyú - PY	02/02/2018	90%	24°17'16.9"S 54°44'13.7"W
Yhovy, Canindeyú - PY	02/02/2018	90%	24°18'36.3"S 55°00'19.2"W
Curuguaty, Canindeyú - PY	01/02/2018	20%	24°27'40.5"S 55°47'08.0"W
Villa Ygatimí, Canindeyú - PY	01/02/2018	20%	24°05'11.8"S 55°35'40.1"W

*FAS= Severidade de ferrugem asiática da soja observada nas folhas no momento da coleta.

O ensaio foi desenvolvido seguindo a metodologia de folhas destacadas proposta pelo Comitê de Ação à Resistência a Fungicidas - FRAC (26). O fungicida avaliado foi o protioconazol (Proline®, Bayer CropScience), nas concentrações zero; 0,0625; 0,125; 0,25; 0,5; 1; 2; 4; 8 e 16 mg L⁻¹ e a cultivar de soja utilizada foi a BMX Potência RR.

Plantas de soja foram produzidas em casa de vegetação, livres do patógeno, cultivadas em substrato comercial estéril acondicionados em bandejas de 50 x 20cm. A coleta dos folíolos foi realizada com até três semanas após a semeadura. Após isso, os folíolos de soja foram imersos nas diferentes concentrações do fungicida por três segundos e dispostos em placas de Petri de 15 cm de diâmetro sobre papel de filtro saturado com água destilada, com a face abaxial voltada para cima.

A inoculação dos folíolos de soja com as amostras do fungo das diferentes localidades foi realizada entre 16 a 20 horas após o tratamento com o fungicida, quando as superfícies foliares dos mesmos estavam inteiramente secas e o produto absorvido. A obtenção dos uredósporos foi realizada através da varredura das folhas com auxílio de um pincel e depositados em recipiente contendo água destilada. À suspensão de uredósporos foi adicionado Tween® 20 (0,1 mL L⁻¹). A face abaxial dos folíolos foi inoculada borrifando-se 0,3 mL da suspensão por folíolo com auxílio de um atomizador manual. Após isso, as placas foram mantidas no escuro durante 48 horas e transferidas em seguida para câmaras de crescimento, com temperatura de 23°C ± 2°C e 12 horas de fotoperíodo.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado para cada população, com quatro repetições de cada concentração, sendo a unidade experimental constituída por uma placa de Petri plástica de 15 cm de diâmetro contendo quatro folíolos de soja.

Após 15 dias de incubação foi avaliada a severidade da FAS, estimada de forma visual utilizando como modelo a escala diagramática de ferrugem asiática da soja proposta por Godoy, Koga e Canteri (6). Com os valores de severidade foi realizado o cálculo para determinar a concentração efetiva que apresenta 50% de eficiência de controle (CE50), sendo:

$$EC (\%) = [(Sev\ test - Sev\ trat) / Sev\ test] * 100.$$

Os testes foram realizados duas vezes. Os resultados foram ajustados ao modelo log-logístico e/ou Weibull com auxílio do software R (22), pacote “drc” (25). O modelo escolhido foi aquele que melhor se adequou aos dados obtidos. Para isso foram considerados o coeficiente de determinação ajustado e o critério de informação de Akaike (1, 3). A mesma abordagem foi utilizada por Ribeiro et al. (24).

Os valores de CE50 foram utilizados para o cálculo do fator de redução de sensibilidade (FRS), utilizado por Reis et al. (23).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foi determinada a CE50 do fungicida protioconazol para 12 das 17 populações do fungo *Phakopsora pachyrhizi* (Tabela 2). Não foi possível determinar a CE50 do fungicida para as amostras de todas as localidades em razão da severidade da doença inferior a 10% em folíolos não tratados. As médias da CE50 variaram de 0,05 mg L⁻¹ à 1,04 mg L⁻¹, com mediana de 0,35 mg L⁻¹.

De acordo com os critérios adotados por Schmitz et al. (27) ao

Tabela 2. Sensibilidade de populações de *Phakopsora pachyrhizi* ao inibidor da desmetilação protioconazol, Safra 2017/18, Londrina, Paraná.

Origem	CE50 (%)	FRS*
Engenheiro Beltrão, Paraná - BR	-	-
Campo Mourão, Paraná - BR	0,14	3,50
Juranda, Paraná - BR	0,38	9,50
Ubiratã, Paraná - BR	0,39	9,75
Nova Aurora, Paraná - BR	-	-
Cafelândia, Paraná - BR	0,07	1,75
Corbélia, Paraná - BR	-	-
Cascavel, Paraná - BR	1,04	26
Toledo, Paraná - BR	0,18	4,5
Céu Azul, Paraná - BR	-	-
Medianeira, Paraná - BR	0,20	5,0
São M. do Iguacu, Paraná - BR	0,32	8,0
La Paloma, Canindeyú - PY	0,05	1,25
Katueté, Canindeyú - PY	0,74	18,5
Yhovy, Canindeyú - PY	0,55	13,75
Curuguaty, Canindeyú - PY	-	-
Villa Ygatimí, Canindeyú - PY	0,54	13,5
Mediana	0,35	8,75

*FRS calculado a partir de CE50_{Referencia} igual a 0,04 mg L⁻¹, safra 2010/11, apresentado por Xavier et al. (31).

classificar a sensibilidade de isolados do fungo a outros fungicidas IDMs (ciproconazol, tebuconazol, epoxiconazol e metconazol) as populações de *P. pachyrhizi* provenientes dos municípios de La Paloma e Cafelândia, podem ser classificadas como sensíveis (<0,1 mg L⁻¹) ao fungicida protioconazol, com CE50 de 0,05 e 0,07 mg L⁻¹, respectivamente. As populações oriundas de Campo Mourão, Juranda, Ubiratã, Toledo, Medianeira e São Miguel do Iguacu apresentaram valores entre 0,14 a 0,39 mg L⁻¹, sendo consideradas entre sensíveis e moderadamente sensíveis (0,1 a 0,5 mg L⁻¹). As amostras de Cascavel, Katueté, Yhovy e Villa Ygatimí foram classificadas como moderadamente ou altamente resistentes ao fungicida (0,5 a 4-7), com CE50 entre 0,54 e 1,04 mg L⁻¹.

Xavier et al. (31) avaliando a sensibilidade de populações de *P. pachyrhizi* coletadas em diversas regiões do Brasil a fungicidas IDMs, obtiveram valores de CE50 para protioconazol variando de 0,000001 mg L⁻¹ a 0,39 mg.L⁻¹, com medianas de 0,05 mg L⁻¹ e 0,04 mg L⁻¹, nas safras 2009/10 e 2010/11, respectivamente. Anteriormente, na safra 2008/09, não houve distribuição dos valores de CE50 para o fungicida protioconazol em estudo de monitoramento realizado por Koga, Lopes e Godoy (20), pois na concentração de 0,25 mg L⁻¹, as populações das amostras avaliadas não desenvolveram sintomas da FAS. No presente estudo, a média e mediana obtida entre as populações foi de 0,35 mg L⁻¹, indicando a alteração de sensibilidade do fungo ao ingrediente ativo avaliado. De acordo com o FRS, todos os locais testados apresentaram alteração na sensibilidade a protioconazol, considerando CE50 de referência apresentada por Xavier et al. (31). Reis et al. (23) citam que

valores >1 representam alteração de sensibilidade. O FRS variou de 1,25 a 26, com mediana de 8,75 (Tabela 2).

Os resultados apresentados pelo presente estudo e por Xavier et al. (31) corroboram com a redução na eficiência de controle da FAS observada a campo, conforme Godoy et al. (8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16). Neste período, a eficiência de controle de duas e três aplicações da mistura protioconazol + trifloxistrobina foi de 81% para safra 2009/10, 78% safra 2010/11, 75% safra 2011/12, 76% safra 2012/13, 76% safra 2013/14, 74% safra 2014/15, 68% 2015/16, 65% safra 2016/17 e 63% para a safra 2017/18.

Seguindo a mesma abordagem e metodologia, a sensibilidade de *P. pachyrhizi* aos IDMs de primeira geração como tebuconazol, ciproconazol, epoxiconazol, metconazol e outros triazóis, também apresentaram redução ao longo das safras, (17, 19, 27, 31). Em geral, os valores de sensibilidade apresentam variabilidade entre os ingredientes ativos e localidade das populações.

Assim como o observado para outros fungicidas IDMs, houve variação da sensibilidade entre as populações provenientes das diferentes regiões produtoras. No presente estudo, as amostras oriundas do Brasil foram coletadas entre os dias 25 e 26/01/2018, e as amostras do Paraguai nos dias 01 e 02/02/2018, com o objetivo de diminuir a variação da CE50 em razão do intervalo de coleta. Entre os eventuais fatores que possam estar ligados a variação de sensibilidade, está a diferença de agressividade das populações.

Considerando um fungo com características necrotróficas, o mesmo foi observado para *Corynespora cassiicola* Berk. & M. A. Curtis (Wei, 1950), também parte do complexo de doenças da soja. Xavier (30) e Teramoto et al. (29) avaliando a sensibilidade do fungo a fungicidas com diferentes modos de ação, inclusive ao i.a protioconazol, observaram a variação da CE50 entre os isolados do fungo coletados em diversas regiões do Brasil.

O constante monitoramento da sensibilidade do fungo *P. pachyrhizi* aos i.a e suas misturas são importantes, principalmente em regiões produtoras onde a demanda pelo uso de fungicidas na cultura é excessiva. Assim, é possível detectar eventuais reduções de sensibilidade do fungo aos principais produtos utilizados, permitindo a elaboração de estratégias para prolongar a vida efetiva dos fungicidas e eficiência de controle da doença.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao apoio financeiro fornecido pela CAPES e Fundação Araucária, PR.

REFERÊNCIAS

1. Akaike, H. A. New Look at the Statistical Model Identification. **IEEE Transactions on Automatic Control**, Boston, v. 19, n. 6, p. 716-723, 1974.
2. Consórcio Antiferrugem. Conheça a ferrugem: Tabela de custo. Disponível em: <http://www.consorcioantiferrugem.net>. Acesso em: 25 abr. 2018.
3. Draper, N. R.; Smith, H. **Applied regression analysis**. 3rd ed. reprint. New York: John Wiley, 2014. 736 p.
4. Fantin, L. H.; Canteri, M. G. **Computational simulation as a tool for fungicide resistance management**. In: Pérez-Rodríguez, P.; Soto-Gomes, D.; De La Calle, I. Fungicides: perspectives, resistance management and risk assessment. New York: Nova Science, 2018. 320 p.
5. Fantin, L. H.; Felício, A. L. S. M.; Braga, K.; et al. Spectral characterization and quantification of *Phakopsora pachyrhizi* urediniospores by Fourier transformed infrared with attenuated total reflectance. **European Journal of Plant Pathology**, Netherlands, v. 153, n. 4, p. 1-9, 2019.
6. Godoy, C. V.; Koga, L. J.; Canteri, M. G. Diagrammatic scale for assessment of soybean rust severity. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 31, p. 63-68, 2006.
7. Godoy, C. V.; Seixas, C. D. S.; Soares, R. M.; et al. Asian soybean rust in

- Brazil: past, present, and future. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 51, p. 407-421, 2016.
8. Godoy, C. V.; Utiamada, C. M.; Silva, L. H. C. P.; et al. **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, 2010. 8 p. (Circular Técnica, 80).
 9. Godoy, C. V.; Utiamada, C. M.; Silva, L. H. C. P.; et al. **Eficiência de fungicidas para o controle da ferrugem asiática da soja, *Phakopsora pachyrhizi*, na safra 2010/11**: Resultados sumarizados dos ensaios cooperativos. Londrina: Embrapa Soja, 2011. 8 p. (Circular Técnica 87).
 10. Godoy, C. V.; Utiamada, C. M.; Meyer, M. C.; et al. **Eficiência de fungicidas para o controle da ferrugem asiática da soja, *Phakopsora pachyrhizi*, na safra 2011/12**: Resultados sumarizados dos ensaios cooperativos. Londrina: Embrapa Soja, 2012. 8 p. (Circular Técnica 93).
 11. Godoy, C. V.; Utiamada, C. M.; Meyer, M. C.; et al. **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. 8 p. (Circular Técnica, 99).
 12. Godoy, C. V.; Utiamada, C. M.; Meyer, M. C.; et al. **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. 8 p. (Circular Técnica, 103).
 13. Godoy, C. V.; Utiamada, C. M.; Meyer, M. C.; et al. **Eficiência de fungicidas para o controle da ferrugem-asiática da soja, *Phakopsora pachyrhizi*, na safra 2014/15**: Resultados sumarizados dos ensaios cooperativos. Londrina: Embrapa Soja, 2015. 6 p. (Circular Técnica, 111).
 14. Godoy, C. V.; Utiamada, C. M.; Meyer, M. C.; et al. **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. 6 p. (Circular Técnica, 119).
 15. Godoy, C. V.; Utiamada, C. M.; Meyer, M. C.; et al. **Eficiência de fungicidas para o controle da ferrugem-asiática da soja, *Phakopsora pachyrhizi*, na safra 2016/17**: Resultados sumarizados dos ensaios cooperativos. Londrina: Embrapa Soja, 2017. 6 p. (Circular técnica, 129).
 16. Godoy, C. V.; Utiamada, C. M.; Meyer, M. C.; et al. **Eficiência de fungicidas para o controle da ferrugem-asiática da soja, *Phakopsora pachyrhizi*, na safra 2017/2018**: Resultados sumarizados dos ensaios cooperativos. Londrina: Embrapa Soja, 2018. 8 p. (Circular técnica, 138).
 17. Juliatti, F. C.; Polloni, L. C.; Morais, T. P.; et al. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 33, n. 4, p. 933-943, 2017.
 18. Klosowski, A. C.; May De Mio, L. L.; Miessner, S.; et al. Detection of the F129L mutation in the cytochrome b gene in *Phakopsora pachyrhizi*. **Pest Management Science**, Hoboken, v. 72, p. 1211-1215, 2016.
 19. Klosowski, A. C.; Castellar, C.; Stammler, G.; May De Mio, L. L. Fungicide sensitivity and monocyclic parameters related to the *Phakopsora pachyrhizi*-soybean pathosystem from organic and conventional soybean production systems. **Plant Pathology**, Oxford, v. 67, n. 8, p. 1697-1705, 2018.
 20. Koga, L. J.; Lopes, I. O. N.; Godoy, C. V. Sensitivity monitoring of *Phakopsora pachyrhizi* populations to triazoles in Brazil. In: **International Reinhardbrunn Symposium**, th. 16., 2010, Friedrichroda, Germany. Modern fungicides and antifungal compounds: program and abstracts. Bonn: University of Bonn, 2010.
 21. Minchio, C. A.; Fantin, L. H.; Caviglione, J. H.; et al. Predicting Asian Soybean Rust Epidemics Based on Off-Season Occurrence and El Niño Southern Oscillation Phenomenon in Paraná and Mato Grosso States, Brazil. **Journal of Agricultural Science**, Canadá, v. 10, n. 11, 2018.
 22. R Core Team (2018). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Available online at <https://www.R-project.org/>.
 23. Reis, E. M.; Deuner, E.; Zanatta, M. Sensibilidade de *Phakopsora pachyrhizi* a fungicidas triazóis e estrobilurina in vivo. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 41, n.1, p. 21-24, 2015.
 24. Ribeiro, T. D.; Savian, T. V.; Fernandes, T. J.; Muniz, J. A. The use of the nonlinear models in the growth of pears of 'Shinseiki' cultivar. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.48, n. 1, 2018.
 25. Ritz, C.; Aty, F.; Streibig, J. C.; Gerhard, D. Dose-Response Analysis Using R. **Plos One**, San Francisco, v. 10, p. 12, 2015.
 26. Scherb C. T.; Mehl, A. Detached leaf monitoring method. 2006. Basel: FRAC Available in: <http://www.frac.info/monitoring-methods>. Access in: 21 Jan. 2018.
 27. Schmitz, H. K.; Medeiros, C. A.; Craig, I. R.; And Stammler, G. Sensitivity of *Phakopsora pachyrhizi* towards quinone-outside-inhibitors and demethylation-inhibitors, and corresponding resistance mechanisms. **Pest Management Science**, Hoboken, v. 70, p. 378-388, 2014.
 28. 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**, Switzerland, v. 125, p. 21-26, 2017.
 29. Teramoto, A.; Meyer, M. C.; Suassuna, N. D.; Cunha, M. G. In vitro sensitivity of *Corynespora cassiicola* isolated from soybean to fungicides and field chemical control of target spot. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 43, n. 4, p. 281-289, 2017.
 30. Xavier, S. A.; Canteri, M. G.; Barros, D. C. M.; Godoy, C. V. Sensitivity of *Corynespora cassiicola* from soybean to carbendazim and prothioconazole. **Tropical Plant Pathology**, Brasília, v. 38, n. 5, p. 431-435, 2013.
 31. Xavier, S. A.; Koga, L. J.; Barros, D. C. M.; et al. 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.