

Aerobiologia de *Phakopsora pachyrhizi*, agente causal da ferrugem asiática da soja, em Passo Fundo, RS

Erlei Melo Reis¹, Andrea Camargo Reis¹, Mateus Zanatta¹, Fernando Dill Hinnah²

¹Instituto Agris, Rua Manoel Vargas, 291, CEP - 99025-380, Passo Fundo, RS, Brasil; ²Smart Agri - Rua Samuel Neves 957 - Jardim Europa, CEP: 13416-404, Piracicaba, SP, Brasil
Autor correspondente: Erlei Melo Reis (erleireis@upf.com.br)
Data de chegada: 20/04/2022. Aceito para publicação em: 13/09/2022

10.1590/0100-5405/263273

RESUMO

Reis, E.M.; Reis, A.C.; Zanatta, M., Hinnah, F.D. Aerobiologia de *Phakopsora pachyrhizi*, agente causal da ferrugem asiática da soja, em Passo Fundo, RS. *Summa Phytopathologica*, v.48, n.3, p.126-130, 2022.

Em trabalho conduzido no campo na safra 2020/21 foi relacionado o momento da captura dos primeiros uredosporos de *Phakopsora pachyrhizi* disseminado pelo ar com a detecção dos sintomas/sinais da ferrugem asiática numa área de soja. Na captura dos esporos foi utilizado o coletor de esporos da Smart Agri. Os primeiros esporos de *P. pachyrhizi*, em número de três, foram coletados no dia 28 de janeiro. Os sintomas/sinais da ferrugem foram avaliados

semanalmente pela incidência foliolar, o método mais sensível, até atingir 100%. A detecção dos uredosporos ocorreu 12 dias antes do surgimento dos sintomas/sinais da ferrugem na área monitorada. A ocorrência da ferrugem pode ser prevista em função da captura dos uredosporos na área monitorada. O momento indicador da primeira aplicação de fungicida, visando ao controle da ferrugem, pode ser feito com base na detecção dos primeiros esporos de *P. pachyrhizi*.

Palavras chave: coletor de esporos, disseminação anemófila, fonte de inóculo, *Glycine max*

ABSTRACT

Reis, E.M.; Reis, A.C.; Zanatta, M., Hinnah, F.D. Aerobiology of *Phakopsora pachyrhizi*, causal agent of Asian soybean rust, in Passo Fundo, Rio Grande do Sul State, Brazil. *Summa Phytopathologica*, v.48, n.3, p.126-130, 2022.

In a study conducted in the field during the 2020/21 season, a relationship was established between the time of capturing the first *Phakopsora pachyrhizi* uredospores disseminated through the air and the detection of Asian rust symptoms/signs in a soybean area. To capture spores, a Smart Agri spore collector was used. The first three *P. pachyrhizi* spores were collected on January 28. Rust symptoms/signs were assessed weekly

based on leaflet incidence, the most sensitive method, until 100% was reached. Uredospore detection occurred 12 days before the onset of rust symptoms/signs in the monitored area. Rust occurrence can be predicted by uredospore capturing in the monitored area. The time to start fungicide spraying, aiming at rust control, can be based on the detection of the first *P. pachyrhizi* spores.

Keywords: spore collector, airborne dissemination, inoculum source, *Glycine max*.

Na safra 2020/21 no Brasil, a soja [*Glycine max* (L.) Merr.] foi cultivada numa área de 38,461 milhões de hectares (3).

Considerada a doença que causa mais dano à cultura, a ferrugem asiática da soja (FAS), causada pelo fungo *Phakopsora pachyrhizi* Sydow & Sydow, foi descrita no Japão, em 1902 sobre *Glycine max* subsp. soja Hennings, e posteriormente em Taiwan, em 1914, no hospedeiro *Pachyrhizus erosus* (L.) Urb., por Sydow & Sydow. Nas américas, foi detectada em 2001 no Paraguai (13).

Em fitopatologia o conhecimento do montante de danos é fundamental na tomada de decisão visando ao controle de doenças (22). Embora todos reconheçam o potencial de danos, sensu Nutter et al. (15), causados à soja pela ferrugem, eles podem ser estimados em números pelas funções matemáticas relacionando o rendimento de grãos com a incidência ou severidade foliolar da ferrugem (4). O dano médio calculado com dados das safras 2006 – 2021

gerados pelo Consórcio antiferrugem foi de 64% (Reis dados não publicados).

Considerando que os danos causados pela FAS devem ser minimizados, hoje a principal medida de controle visando sua redução, é a aplicação de fungicida. O seu uso teve início há 20 anos com produtos sítio-específicos, aplicados em até 3,6 pulverizações/ha e em toda a área cultivada. Dessa prática tem resultado na acentuada redução da sensibilidade de *P. pachyrhizi* e com reflexo no rendimento de grãos (19).

Indicadores empíricos do momento para a primeira aplicação de fungicidas são os mais difundidos e utilizados pelos produtores, no entanto, a ciência recomenda aplicá-los segundo o dano causado, como justificado por Zadoks (22).

O documento oficial, Sistemas de Produção/Embrapa soja, indica que a primeira aplicação de fungicida visando ao controle da FAS, deve iniciar quando detectados os 'primeiros sintomas/sinais e preventivo na região' (21).

Considerando a indicação da detecção da presença de 'primeiros sintomas/sinais', a constatação da ferrugem com a menor intensidade possível antes de atingir o limiar de dano econômico é fundamental (14). A detecção dos primeiros sintomas/sinais exige o monitoramento de lavouras envolvendo a determinação da incidência foliolar da doença em laboratório com técnica especial e com intensidade inferior ao limiar de dano econômico (LDE). Portanto, os primeiros sintomas/sinais podem ser detectados diretamente na lavoura pelo monitoramento ou previstos pela aerobiologia.

Entre as ferramentas disponíveis para prever o início de doenças estão os sistemas de aviso da ocorrência de doenças. Estes sistemas têm como fundamento o triângulo dos fatores determinantes de doença: hospedeiro, patógeno e ambiente favorável (1). Em sua maioria tais sistemas tomam como base as condições climáticas requeridas ao processo infeccioso (18) e alguns poucos o monitoramento do patógeno (2, 17).

A aerobiologia aplicada à fitopatologia estuda os esporos de fungos presentes na atmosfera. Sua aplicação procura relacionar a presença e quantidade sazonal do inóculo na previsão de doenças (2, 17, 18).

Os esporos dos fungos patogênicos da soja podem ser classificados como secos e molhados (*sensu* Maude) (10). Os molhados são produzidos em picnídios como em *Phomopsis longicolla* Thomas & Hobbs, *Septoria glycines* Hemmi e em acérvulos como em *Colletotrichum truncata* Andrus & Moore. Nestes corpos de frutificação os conídios são envolvidos por numa mucilagem de tal maneira que são removidos pelo impacto de gotas de chuva ou diluídos e transportados pelo escoamento da água e transportados sempre veiculados a gotículas de água da chuva na forma de respingos ou aerossol produzido pelo vento. Este inóculo molhado dificilmente está presente no ar e se presente, próximo da sua fonte.

Por outro lado, os secos, como *P. pachyrhizi*, são removidos das urédias e transportados pelo vento e, portanto, coletados em amostragem do ar. O míldio, causado por *Peronospora manshurica* (Naoumoff) Sydow também produz esporos secos.

O fungo *P. pachyrhizi*, é um parasita obrigado, sobrevivendo, na entre safra, em plantas voluntárias e em hospedeiro alternativo como o kudzu [*Pueraria lobata* (Willd.) Ohwi.] as principais fontes de inóculo no Brasil.

As informações geradas pela aerobiologia permitem a detecção precoce do inóculo e, havendo sua relação com a presença inicial dos sintomas/sinais, pode servir de fundamento para um sistema de alerta da ocorrência da FAS.

Por essa razão, trabalhou-se com a hipótese de que os esporos secos, como os de *P. pachyrhizi* presentes no ar, podem ser coletados antes da ocorrência de sintomas/sinais na área monitorada, porém próximos da detecção da doença e servir na tomada de decisão quanto a aplicação de fungicida na cultura.

Os objetivos desta pesquisa foram: (i) testar a eficiência do coletor Smart Agri em estudo de aerobiologia de *P. pachyrhizi*; (ii) determinar o espaço de tempo e relacionar o momento da primeira detecção do inóculo no coletor de esporos com o surgimento dos sintomas/sinais da doença na área monitorada.

MATERIAL E MÉTODO

O experimento foi conduzido na Estação experimental do Instituto Agris, rodovia ERS 324, Km 69, Passo Fundo/RS, (28°12'18" latitude, 52°29'45" longitude, e altitude 660 m a.n.m.) na safra de soja de 2020/21.

Na área monitorada, a soja, cultivar Ativa, foi semeada em 7 de dezembro de 2020 e no mesmo dia instalado o coletor de esporos Smart Agri (<https://smart.agr.br>). Esse aparelho é dotado de uma placa solar, motor e aspirador succionando 216 m³ de ar em 24 horas.

As lâminas de microscopia (25 x 76 mm), utilizadas no aparelho para a coleta dos esporos por impacto, foram expostas por sete dias, removidas e repostas nas segundas-feiras. Nessas lâminas, contendo uma área com fita adesiva de dupla-face, foi demarcada uma área de 1,0 cm² para o exame microscópico. Foi utilizado como líquido de montagem glicerina 10% em água e coberto com lamínula de 18 x 18 mm.

O exame das lâminas foi feito ao microscópio ótico Zeiss Axiostar plus, com um retículo micrométrico na ocular e 400 x de magnificação. Como não houve a necessidade de expressar as dimensões em micrômetros (µm), utilizou-se nas medidas somente as divisões do retículo.

Previamente, foram preparadas lâminas padrões com esporos removidos de folhas com sinais das doenças e utilizadas no treinamento de laboratoristas na identificação principalmente dos gêneros com esporos semelhantes de *P. pachyrhizi* e *Peronospora manshurica*.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A leitura da primeira lâmina exposta por sete dias foi feita no dia 14 de dezembro de 2021. Partículas de material orgânico, grãos de pólen, escamas de asas de lepidópteros, insetos pequenos, ácaros, estruturas de fungos como conidióforos e esporos em grande número de gêneros foram coletados.

Na identificação do gênero considerou-se como uredosporos de *P. pachyrhizi* a cor (hialinos a pardo-amarelados) a forma (globosos ou subglobosos, ovais ou elipsóides, densamente equinulados) e com comprimento ≥ 10 divisões do retículo.

Conforme citado por Ishikawa et al. (8), a identificação dos esporos coletados é feita pela varredura da lâmina em microscópio óptico com 400 x, necessitando de mão-de-obra treinada para a correta identificação dos esporos de *P. pachyrhizi*, mas mesmo assim, existindo grande dificuldade para sua identificação precisa.

No presente trabalho, o desafio dos laboratoristas foi também diferenciar com precisão os uredosporos de *P. pachyrhizi* dos conídios de *P. manshurica*, muito semelhantes. Os esporos de *Peronospora*, hialinos, quase esféricos, mediram em média no menor diâmetro 7 – 9 divisões e no maior 8 – 10 divisões no maior diâmetro com uma relação de 1 – 1,25,29. Os uredosporos de *P. pachyrhizi*, hialinos, ligeiramente ovalados, com média do menor diâmetro 9 -10 e do maior 11 – 14 divisões do retículo com relação maior/menor diâmetro de 1,325.

Os primeiros esporos de *P. pachyrhizi*, em número de três, foram coletados em 28 de janeiro, 52 dias pós o início das determinações (Fig. 1). A medida que houve o aumento

da intensidade da epidemia da FAS houve incremento correspondente do número de esporos coletados. O número máximo de uredosporos capturados foi de 740 em 20 de abril e, no período de coleta de 28 de janeiro a 20 de abril foram contabilizados 2.130 esporos.

Os primeiros esporos foram coletados no dia 28 de janeiro e 14 dias mais tarde, em 11/02, foi detectada a FAS com 14% de IF (Fig. 2). Sendo o progresso da IF de 10,9% ao dia (Fig. 2), pode-se inferir que a IF de 1% ocorreu dois dias antes dos 14 % IF, em 9 de fevereiro. Em 27 dias a epidemia progrediu de 1 a 100% de incidência foliar (Fig. 2).

O tempo decorrido entre a detecção dos esporos ('3') e a

ocorrência de sintomas/sinais da ferrugem (1% IF) foi de 12 dias

Os esporos coletados em maior quantidade foram os de *P. manshurica* sendo os primeiros capturados em 25 de janeiro, atingindo um pico em 25 de fevereiro e daí em diante declinando até chegar a zero 22 de março.

Provavelmente, a fonte do inóculo coletado tenha sido a área monitorada com a presença de sintomas/sinais da ferrugem e o míldio. A área foi semeada em 7 de dezembro e os primeiros esporos coletados em 28 de janeiro, 52 dias após a semeadura podendo também ser um indicador de que os esporos coletados tiveram origem dos ciclos secundários na área monitorada (Fig. 1).

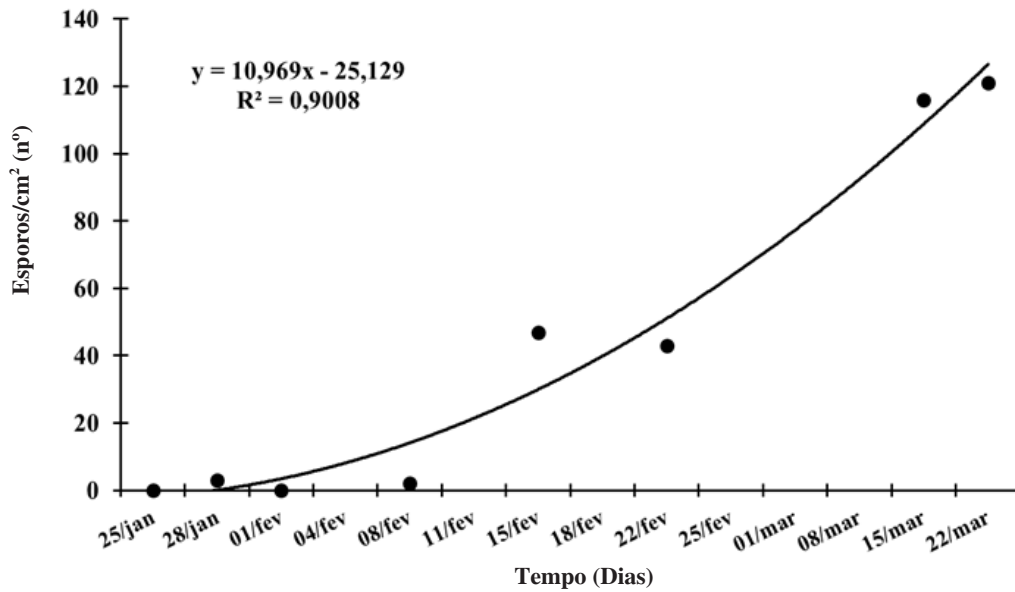


Figura 1. Relação entre o número de uredosporos de *Phakopsora pachyrhizi* coletados no ar em função do tempo de exposição.

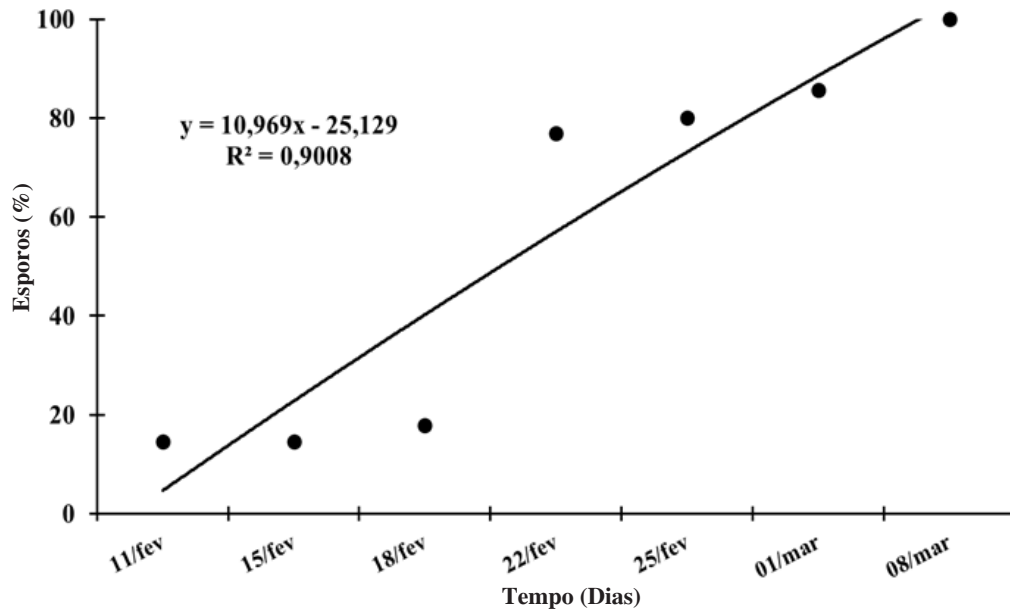


Figura 2. Linha de progresso da incidência foliar da ferrugem asiática da soja em função do tempo

Os esporos podem estar presentes no ar antes da semeadura da soja, sendo transportados pelo vento a partir de fonte de inóculo externa à área monitorada? Ou os esporos somente podem ser coletados após sua multiplicação atingindo uma densidade capaz de serem coletados considerando a sensibilidade do aparelho coletor?

Considerando a presença de apenas um ponto (aparelho coletor) de captura na área monitorada (30 ha) reforça a hipótese de que deve ser necessário uma maior densidade de esporos no ar para que venham a ser coletados. Isso, somente deve ocorrer após o estabelecimento e multiplicação do fungo, resultante dos ciclos secundários da doença e aumento da densidade de esporos no ar. O uso de apenas um coletor nessa área não deve ter tido sensibilidade suficiente para detectar os primeiros esporos depositados na soja.

Se os esporos estivessem presentes no ar em densidade detectável deveriam ser coletados antes ou após a semeadura, o que não ocorreu no presente trabalho e o foram

Estudos da disseminação anemófila dos esporos secos de patógenos da soja podem ser realizados com o coletor Smart Agri. Foram identificados e quantificados esporos de *Cercospora kikuchii* (Matsu. & Tomoyasu) Gardner, *Erysiphe difusa* (Cooke & Peck) Braun & Takam, *P. manshurica* (dados não apresentados) e *P. pachyrhizi*. No entanto, a distinção entre *P. manshurica* de *P. pachyrhizi* exigiu mais conhecimento.

De forma semelhante ao ocorrido no presente estudo, é provável que nos trabalhos da aerobiologia de *P. pachyrhizi* conduzidos no Brasil, possa estar ocorrendo dificuldades na identificação correta dos seus uredosporos com os conídios de *P. manshurica*, muito semelhantes (5, 12, 16, 20).

Num sistema de previsão de doença baseado na detecção do inóculo se deve identificar com precisão quem primeiro surge na área monitorada, o inóculo ou a doença, ou o inverso ou se ambos surgem no mesmo momento. Isso por que os fungicidas devem ser aplicados após o surgimento/detecção da ferrugem (21), porém, com uma intensidade inferior ao limiar de dano econômico (14).

E trabalhos pioneiros, tem sido utilizado coletores de esporos na detecção de uredosporos para indicar o momento da primeira aplicação de fungicidas visando ao controle da FAS (5, 6, 16, 20).

Certamente que, sendo demonstrada com precisão a relação entre primeiros esporos coletados com os primeiros sintomas/sinais na área monitorada, essa informação pode ser usada como indicador do momento da primeira aplicação de fungicidas na cultura da soja. No presente trabalho 12 dias após o surgimento da ferrugem (IF de 14%) foram detectados os primeiros uredosporos ('3') de *P. pachyrhizi*.

Os dados aqui gerados oferecem suporte para se concluir que os primeiros esporos somente foram coletados após a ocorrência da FAS na área monitorada. Como nessa área não haviam plantas de soja voluntárias se infere que o inóculo primário tenha origem fora da área monitorada. Porém, com densidade muito baixa para iniciar a epidemia, mesmo assim se a fonte de inóculo tenha sido fora da área monitorada, deveria ser coletado imediatamente após a semeadura. Passaram-se 52 dias desde a semeadura (7 de dezembro de 2020) até a detecção dos primeiros '3' uredosporos em 28 de janeiro de 2021. Esse fato é uma forte evidência de que o inóculo foi resultante de ciclos secundários

da doença na área monitorada.

O coletor succionando 216 m³ de ar em 24 h necessitou aspirar 13.034 m³ para coletar os primeiros '3' uredosporos. Outra hipótese que se pode aceitar é de que o coletor possa ser ainda pouco sensível e que há a necessidade de aumento da densidade de uredosporos no ar, sucessão de ciclos secundários, até atingir uma densidade mínima detectável em sua proximidade para serem coletados, o que pode ter ocorrido neste trabalho.

Em futuros estudos que visem melhorar a precisão da aerobiologia de patógenos da soja se sugere, paralela e semanalmente, quantificar e identificar os esporos no ar e a doença pela incidência foliolar traçando as curvas de progresso para se entender a dinâmica das duas variáveis. No estabelecimento desta relação sugere-se não usar a severidade (7), mas sim a incidência foliolar mais sensível.

Conforme Seixas et al. (21), a primeira aplicação de fungicida pode ser feita '*no aparecimento dos sintomas*' momento esse que pode ser baseado na detecção de esporos. Sugere-se, também, que nessa indicação '*aparecimento*' seja expressa em número e tomado por exemplo, o limiar de dano econômico (LDE) (14, 22).

Uma vez validado este sistema de aviso, os produtores devem ser orientados para não aplicarem fungicidas '*preventivamente*', ou com base na '*incidência de outras doenças*' (22) e/ou '*lavoura próxima do fechamento das entrelinhas*' (21).

A hipótese formulada de que os esporos de *P. pachyrhizi* capturados pelo coletor tem origem fora da área monitorada não foi confirmada. Porém, se pode inferir que os primeiros uredosporos detectados tiveram origem de ciclos secundários da FAS na área monitorada.

REFERÊNCIAS

1. Agrios, G.N. **Plant pathology**. 5th ed. New York: Academic Press, 2004. 635p.
2. Berger, R.D. A celery early blight spray program based on disease forecasting. **Proceedings of Florida Agricultural Experiment Station**, Gainesville, v.82, p.107-111, 1969.
3. CONAB. **Acompanhamento da Safra Brasileira**: grãos, Brasília, DF, v.8, n.6, p. 63, mar. 2021. Safra 2020/21, sexto levantamento. Disponível em: < <https://www.conab.gov.br/info-agro/safra/graos/boletim-da-safra-de-graos>>. Acesso em: 20/9/22.
4. Danelli, A.L.D.; Reis, E.M.; Boaretto, C. Critical-point model to estimate yield loss caused by Asian soybean rust. **Summa Phytopathologica**, Botucatu. v.41, n.4, p.262-269, 2015.
5. Gardiano, C.G.; Balan, M.G.; Falkoski Filho, J.; Camargo, L.C.M.; Oliveira, M.; Igarashi, W.T.; Sudo, L.T.; Igarashi, S.; Abisaab, O.J.G.; Canteri, M.G. Manejo químico da ferrugem asiática da soja, baseado em diferentes métodos de monitoramento. **Arquivos do Instituto Biológico**, v.77, n.3, p.497-504, 2010.
6. Gheller, J.A.; Haas, I.J.; Harger, N.; Seixas, C.D.S.; Oliveira, F.T. **Monitoramento de *Phakopsora pachyrhizi* para tomada de decisão do controle da ferrugem-asiática da soja: relato da experiência da Emater/PR na safra**

- 2016/17.** Londrina: Embrapa Soja, 2017. 16p. (Embrapa Soja Circular Técnica, 134).
7. Godoy, C.V.; Koga, L.; Canteri, M.G. Diagrammatic scale for assessment of soybean rust severity. *Fitopatologia Brasileira*, v.31, n.1, p.63-68, 2006.
 8. Ishikawa, M.S.; Igarashi, S.; Fonseca, I.C.B. Viabilidade técnica do kit QuickStix™ na identificação de *Phakopsora pachyrhizi* capturados com coletor de esporos. *Arq. Inst. Biol.*, São Paulo, v.81, n.4, p.351-359, 2014.
 9. Marchetti, M.A.; Melching, J.S.; Bromfield, K.R. The effects of temperature and dew period on germination and infection by uredosporos of *Phakopsora pachyrhizi*. *Phytopathology*, St. Paul, v.66, p.461-463, 1976.
 10. Maude, R.B. Seedborne diseases and the control principles and practice. Oxon: CAB Internacional, 1996. p. 70-88.
 11. Melching, J.S.; Bromfield, D.K.; Kingsolver, C.H. Infection, colonization and uredosporos production on Wayne soybean by four cultures of *Phakopsora pachyrhizi*. *Phytopathology*, St. Paul, v.65, p.822-823, 1979.
 12. Minchio, C.A.; Canteri, M.G.; Rocha, J.A. Interação hospedeiro, condições ambientais e presença de uredosporos no ar no controle de *Phakopsora pachyrhizi*. VI Congresso brasileiro de soja. Cuiabá, MT. 2012. Resumos 11-14 de julho. P. 148.
 13. Morel, P.W. *Roya de la soja*. Itapúa: Ministério de Agricultura y Ganaderia, 2001. Comunicado técnico – Reporte Oficial. (Série Fitopatologia, 1).
 14. Munford, J.D.; Norton, G.A. Economics of decision making in pest management. *Annual Review of Entomology*, Palo Alto, v.29, p.157-174, 1984.
 15. Nutter, F.W.; Teng, P.S.; Royer, M.H. Terms and concepts for yield, crop loss, and disease thresholds. *Plant Disease*, v.77, p.211-215. 1993.
 16. Oliveira, G.M.; Heling, A.L.; Possamai, E.J.; Seixas, C. D. S.; Conte, O.; Igarashi, W. T.; Igarashi, S. Coletor de esporos: descrição, uso e resultados no manejo da ferrugem asiática da soja. Londrina: Embrapa Soja, 2020. (Circular técnica, 167).
 17. Reis, E. M.; Santos, H.P. População de *Helminthosporium sativum* no ar quantificado através de uma armadilha tipo cata-vento. *Fitopatologia Brasileira*, v.10, p.515-519, 1985.
 18. Reis, E.M. *Previsão de doenças de plantas*. Passo Fundo: Universidade de Passo Fundo, 2004.
 19. Reis, E. M.; Zanatta, M.; Reis, A. C. Reduced Asian soybean rust control by commercial fungicides co-formulations in the 2018-2019 growing season in Southern Brazil. *Journal of Agricultural Science*, v.13, n.4, p.1 -7, 2021.
 20. Sarto, S.A.; Duarte Junior, J.B.; Stangarlin, J.R.; Kuhn, O.J.; Costa, A.C.T.; Sarto, M.V.M. Utilização do coletor de uredosporos como indicador do momento da aplicação de fungicidas para o controle da ferrugem asiática na cultura da soja. In: VI Congresso Brasileiro de Soja, Resumos... Cuiabá: Embrapa, 2012. p.146.
 21. Seixas, C.D.S. [et al.] editores técnicos. *Tecnologias de Produção de Soja – Londrina* : Embrapa Soja, 2020. 347 p. - (Sistemas de Produção / Embrapa Soja, ISSN 2176-2902 ; n. 17). Seixas, C. D. S.; Neumaier, N.; Junior, B.; Alvadi, A.; Krzyzanowski, F.; Leite, C.V.; Campos, R.M.V.B. . VI. Série. CDD: 633.34 (21. ed.).
 22. Zadoks, J.C. On the conceptual basis of crop loss assessment: the threshold theory. *Annual Review of Phytopathology*, v.23, p.455-473, 1985.