

Fungicidas sitio-específicos combinados con Mancozeb para el control de la roya asiática de la soya

Site-specific fungicides combined with Mancozeb for the control of asian soybean rust

Guillermo Andrés Enciso-Maldonado*, Marco Maidana-Ojeda, José Arturo Schlickmann-Tank, Departamento de Protección Vegetal, Centro de Desarrollo e Innovación Tecnológica de Itapúa, Km 38 ruta 6 “Dr. Juan León Mallorquín”, Hohenau, Departamento de Itapúa, CP 6290, Paraguay; César Omar Montoya-García, Departamento de Edafología, Colegio de Posgraduados, Km 36.5 Carretera México-Texcoco, Montecillo, Texcoco, Estado de México, CP 56230, México; Héctor Jhon Páez-Ranoni, Francisco Fernández-Riquelme, Jorge Andrés Domínguez-Sanabria, Departamento de Investigación y Desarrollo, Centro Tecnológico Agropecuario del Paraguay, Km 281 ruta 7 “Dr. José Gaspar Rodríguez de Francia” Yguazú, Departamento de Alto Paraná, CP 7510, Paraguay. *Autor para correspondencia: gui77enciso@hotmail.com

Recibido: 20 de Marzo, 2019.

Aceptado: 09 de Mayo, 2019.

Enciso-Maldonado GA, Maidana-Ojeda M, Schlickmann-Tank JA, Montoya-García CO, Páez-Ranoni HJ, Fernández-Riquelme F y Domínguez-Sanabria JA. 2019. Fungicidas sitio-específicos combinados con Mancozeb para el control de la roya asiática de la soya. *Revista Mexicana de Fitopatología* 37 (No. Esp. 1) 15-21.

DOI: 10.18781/R.MEX.FIT.1903-3

Resumen. La roya asiática de la soya causada por *Phakopsora pachyrhizi* reduce el rendimiento del cultivo hasta 90%. Se ha observado pérdida de eficacia de control con fungicidas sitio-específicos, se ha propuesto combinarlos con mancozeb como estrategia antirresistencia. El objetivo fue evaluar estos fungicidas en dos fechas de siembra. El estudio se realizó en condiciones de campo en Yguazú, Paraguay, con ocho tratamientos: sin aplicación (T_1), prothioconazole y trifloxistrobin (T_2),

mancozeb (T_3), azoxistrobin y bezonvindiflupyr (T_4), fluxapyroxad, epoxiconazole y pyraclostrobin (T_5), $T_2 + T_3$ (T_6), $T_4 + T_3$ (T_7), y $T_5 + T_3$ (T_8) y dos siembras (20 de septiembre y 20 de noviembre de 2017), en un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones. El rendimiento no se modificó por la aplicación de los tratamientos. Se observó diferencia significativa por la fecha de siembra en la severidad y peso de mil semillas (PMS). El T_6 presentó menor severidad y el T_5 mayor PMS en la primera fecha de siembra. Los fungicidas sitio-específicos más mancozeb presentaron mayor porcentaje de eficacia de control de la enfermedad. La combinación de mancozeb con mezclas de fungicidas sitio-específicos es efectiva para el control de la roya asiática de la soya.

Palabras claves: *Phakopsora pachyrhizi*, *Glycine max*, multisitio, biotrófico, resistencia.

Abstract. Asian soybean rust caused by *Phakopsora pachyrhizi* reduces crop yield up to 90%. It has been observed loss of control efficacy with site-specific fungicides, it has been proposed to combine them with mancozeb as anti-resistance strategy. The objective was to evaluate these fungicides on two sowing dates. The study was conducted under field conditions in Yguazú, Paraguay, with eight treatments: no application (T₁), prothioconazole and trifloxystrobin (T₂), mancozeb (T₃), azoxystrobin and bezonvindiflupyr (T₄), fluxapyroxad, epoxiconazole and pyraclostrobin (T₅), T₂ + T₃ (T₆), T₄ + T₃ (T₇), and T₅ + T₃ (T₈) and two late sowings (September 20 and November 20, 2017), in a randomized complete block design with three repetitions. The yield was not modified by the application of the treatments. Significant difference was observed by the sowing date in the severity and weight of one thousand seeds (PMS). T₆ showed lower severity and T₅ higher PMS on the first planting date. Site-specific fungicides plus mancozeb had a higher percentage of disease control efficacy. The combination of mancozeb with mixtures of site-specific fungicides is effective for the control of asian soybean rust.

Key words: *Phakopsora pachyrhizi*, *Glycine max*, multisite, biotrophic, resistance.

La roya asiática de la soya (RAS) causada por el hongo *Phakopsora pachyrhizi*, es una de las enfermedades más severas que ataca al cultivo de soya (*Glycine max*), con daños que varían entre el 10% al 90% (Yorinori *et al.*, 2005; Hartman *et al.*, 2015). La primera epidemia severa de RAS en Sudamérica fue reportada en Paraguay, durante el verano 2000/2001 en el distrito de Pirapó (Itapúa), de donde se propagó a los demás Departamentos del Paraguay en donde se cultiva soya (Morel,

2003). Posteriormente, la enfermedad fue reportada en Brasil durante la temporada de producción 2001/2002 al norte de Mato Grosso do Sul y en Rio Grande do Sul (Yorinori *et al.*, 2005).

En Paraguay, el control químico es el método más utilizado para el manejo de esta enfermedad, ya que las aplicaciones tempranas reducen la carga de esporas en las hojas inferiores protegiendo las medias y superiores. En siembras de septiembre/octubre, el número de aplicaciones es de 2 a 3 por ciclo, con 20 días de residualidad. En octubre/noviembre, la presión de inóculo aumenta, provocando la disminución de la eficacia de control, por lo que se realizan, en promedio 3 a 4 aplicaciones de fungicidas con 15 a 18 días de residualidad. En siembras de diciembre/enero, la presión de inóculo es muy alta, provocando una menor residualidad de los fungicidas, de unos 10 a 12 días, por lo que se deben realizar entre 5 a 6 aplicaciones, por ciclo de cultivo (Mesa de la Royá, 2018).

El Comité de Acción de Resistencia a Fungicidas (FRAC, 2012), señala que los principales grupos fungicidas utilizados para el control de RAS son los inhibidores de la síntesis de esteroides (DMI), los inhibidores de la quinona (QoI), y los inhibidores de la enzima succinato deshidrogenasa (SDHI). Los fungicidas DMI y QoI actúan solo en un sitio específico de reacciones bioquímicas en la célula fúngica. Por lo tanto, son vulnerables a la selección de cepas fúngicas para reducir la sensibilidad. Además, FRAC (2012), clasifica a los DMI y QoI como fungicidas de alto riesgo para el desarrollo de resistencia y, por esta razón, no recomiendan su uso de forma aislada.

Las poblaciones de *P. pachyrhizi* han perdido sensibilidad a ciertas estrobilurinas y triazoles, observándose una baja eficacia de control de la enfermedad en parcelas de producción (Reis *et al.*, 2014). La dificultad para controlar la RAS con fungicidas es cada vez más evidente, lo que demuestra

la alta adaptabilidad del hongo (Reis *et al.*, 2014; Godoy y Palaver, 2011). Como ejemplo, la eficacia del tebuconazole (DMI) se ha reducido gradualmente de 90% a 24% en diez temporadas (Godoy *et al.*, 2013). No obstante, Godoy *et al.* (2015) y Silva *et al.* (2015), reportan que el mancozeb mezclado con fungicidas sitio-específicos permite aumentar la eficiencia de control de la RAS y reducir el riesgo de resistencia por parte del patógeno.

En Paraguay existe poca información documentada sobre el efecto de la aplicación de fungicidas sitio-específicos y multisitio para el control de la roya asiática de la soya, la mayoría de las recomendaciones se obtienen a partir de las investigaciones realizadas en Brasil. El objetivo fue evaluar el efecto de la aplicación de fungicidas sitio-específicos (DMI, SDHI y QoI) y en combinación con mancozeb, sobre la severidad de RAS y la productividad de soya en dos épocas de producción.

El experimento se llevó a cabo en el campo experimental de la Fundación Nikkei – CETAPAR, Yguazú, Alto Paraná, Paraguay. En la Figura 1 se presentan los datos de las precipitaciones, temperaturas máximas, mínimas y medias diarias durante el desarrollo del cultivo de soya en los meses de septiembre de 2017 a abril de 2018

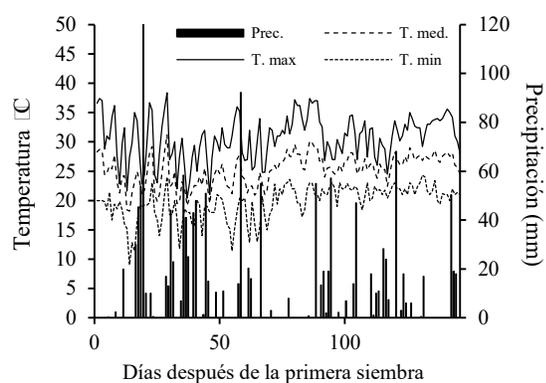


Figura 1. Condiciones meteorológicas registradas durante el periodo experimental.

provenientes de la estación meteorológica del Centro Tecnológico Agropecuario del Paraguay, Yguazú. Se registró una temperatura media de 24.9 °C, humedad relativa media de 68.7% y precipitación total de 830 mm, con mayor presencia de lluvias en noviembre, diciembre y enero con 189.2, 237.2 y 230 mm, respectivamente.

El material vegetal utilizado fue la variedad A5909 RR. Se evaluaron ocho tratamientos (Cuadro 1) y dos fechas de siembra (20 de septiembre y 20 de noviembre de 2017), en un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones, teniendo en total 48 unidades experimentales. Para ambas épocas de siembra, las aplicaciones se realizaron una vez confirmada la presencia del hongo en las parcelas. En la primera siembra se aplicaron los tratamientos a los 79, 100 y 119 días después de la siembra (dds), y en la segunda siembra a los 46, 59 y 77 dds. La unidad experimental estuvo conformada por una parcela de 5 m de largo por 2.25 m de ancho con 5 hileras distanciadas a 0.45 m (densidad 300000 plantas ha⁻¹). El espacio entre unidades experimentales fue de 0.5 m y entre bloques de 3 m.

Los tratamientos fueron aplicados con una pulverizadora manual con erogación de 100 L ha⁻¹ a presión constante (30 bar), accionada mediante

Cuadro 1. Dosis e ingrediente activo de los tratamientos estudiados.

Tratamiento	Ingrediente activo	Dosis ha ⁻¹
T ₁	SA	-
T ₂	Pr y Tr	400 cc
T ₃	M	1200 g
T ₄	Az y B	250 g
T ₅	Fl, Ep y Py	800 cc
T ₆	(Pr y T) + M	400 cc + 1200 g
T ₇	(Az y B) + M	250 g + 1200 g
T ₈	(Fl+Ep+Py) + M	800 cc + 1200 g

SA: sin aplicación, Pr: protriocanazole, Tr: trifloxistrobin, Az: azoxistrobin, B: benzovindiflupyr, Fl: fluxapyroxad, Ep: epoxiconazole, Py: pyraclostrobin, M: mancozeb.

tubo de gas carbónico (CO₂) a una velocidad de 5.04 km h⁻¹. Las aspersiones iniciaron cuando las plantas mostraron, en promedio, 0.14% de severidad en la primera época y 0.69% en la segunda época. La severidad se evaluó a los 5 días después de la aplicación (DDA) de cada tratamiento. En todas las fechas fueron colectadas 20 hojas al azar, en forma de zig zag, correspondiente al estrato medio en cada parcela. La severidad de la enfermedad fue cuantificada en el laboratorio con la ayuda de un estereoscopio y comparada con la escala diagramática de RAS propuesta por Godoy *et al.* (2006), la cual presenta seis niveles de severidad, los cuales son: 1=0.6%, 2=2%; 3=7%; 4=18%; 5=42%; 6=78.5%. A partir de la severidad se calcularon los porcentajes de eficacia de control (EC) con la siguiente fórmula: $EC = ((\text{Infección}_{\text{testigo}} - \text{Infección}_{\text{Tratamiento}}) / \text{Infección}_{\text{testigo}}) * 100$. Se determinó el rendimiento (kg ha⁻¹) y el peso de mil semillas (g), la humedad del grano fue corregida al 13%.

Se llevó a cabo análisis de varianza (ANOVA de dos vías ($\alpha=0.05$)) de las variables respuesta y pruebas de comparación de medias por LSD Fisher ($\alpha=0,05$), empleando el paquete estadístico de SAS 9.0.

El análisis de varianza de los datos con base al diseño experimental planteado, indicó diferencias significativas para la fecha de siembra, así como para los tratamientos en las variables de peso de mil semillas y severidad, no así para la interacción fecha de siembra tratamiento (Cuadro 2).

La RAS se manifestó a los 78 y 45 dds en la primera y segunda fecha de siembra, respectivamente, las condiciones ambientales fueron favorables para el desarrollo de la enfermedad, lo que permitió el incremento de la severidad y una mayor presión de inóculo (Figura 1 y 2). La severidad de RAS fue mayor en la segunda fecha de siembra con 58.7 % de severidad en comparación con la primera con 11.1 % (Cuadros 3 y 4).

Cuadro 2. Influencia del rendimiento, peso de mil semillas (PMS) y severidad de RAS en función de los tratamientos estudiados en las fechas de siembra.

Parámetros	Significación estadística		
	Tratamientos	Fecha de siembra	Interacción
Rendimiento	ns	*	ns
PMS	*	*	ns
Severidad	*	*	ns

Un asterisco indica significancia en * $p < 0.05$; ns: no significativo.

La infección de la RAS puede ocurrir en un rango de temperatura de 15 a 30 °C (Caldwell *et al.* 2005) y el mayor número de lesiones/cm² a temperaturas entre 21 a 24 °C con al menos un periodo de seis horas de mojado de la hoja (Nunkumar *et al.*, 2013). La mayor presencia de roya ha sido observada en áreas con temperaturas medias diarias menores a 28 °C, y periodos largos de mojado foliar ocurriendo durante la zafra (Sinclair y Backman 1989). Godoy *et al.* (2016), mencionan que en Brasil, la RAS es detectada en el mes de noviembre y a partir de entonces se incrementa en forma exponencial, obteniéndose una mayor presión de inóculo a medida que las siembras se retrasan. Maidana-Ojeda *et al.* (2019) observaron las primeras uredosporas del patógeno en el ambiente en la primera semana de noviembre en Paraguay.

Los tratamientos con aplicación de fungicidas redujeron el nivel de severidad del hongo con relación al testigo. La aplicación de mancozeb (T₈) de forma aislada dio como resultado la menor eficacia de control en ambas fechas de siembra, con 42.6 y 16.8 %, respectivamente, mientras que la mezcla de fungicidas sitio-específicos más mancozeb obtuvieron el 60 y 30 % más en la primera y segunda fecha de siembra (Cuadro 3 y 4).

Cerezolli *et al.* (2018), obtuvieron un porcentaje de severidad de 3 % con tres aplicaciones de

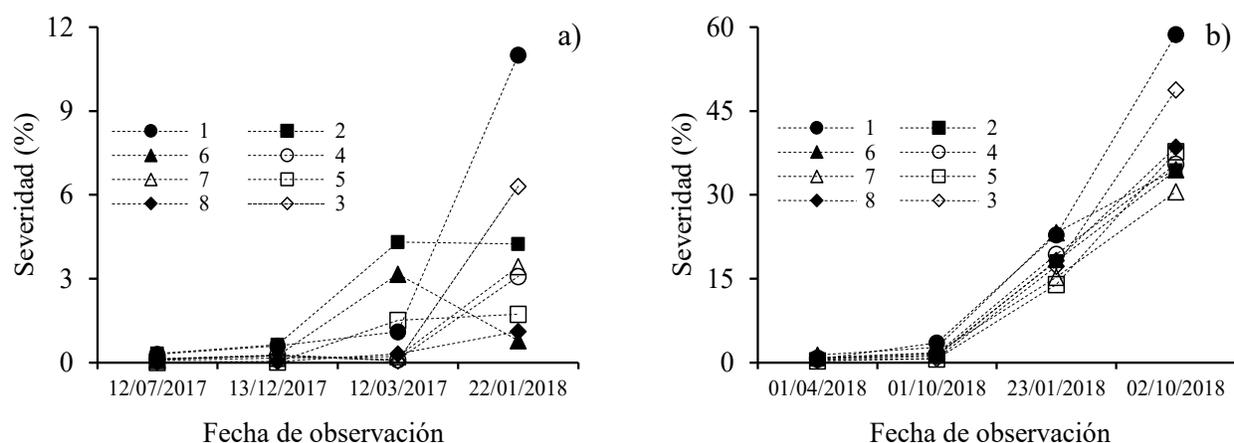


Figura 2. Desarrollo de la enfermedad en función de los tratamientos estudiados en la primera (a) y segunda (b) fecha de siembra en Yguazú, Paraguay.

mancozeb en todo el ciclo de cultivo, mientras que Godoy *et al.* (2018) encontraron valores similares a los reportados en este trabajo. La eficacia de control de un fungicida depende de varios factores como el tipo de fungicida y dosis, el momento de aplicación, la presión del inóculo, la forma de aplicación y las condiciones ambientales (Fleitas, 2015).

Se observó un incremento en la productividad en función de las mezclas de fungicidas, con incrementos entre 25 a 40 %, y 4 a 32 % en la primera y

segunda fecha de siembra. El peso de mil semillas varió de 154 a 183 y 112 a 129 g en la primera y segunda fecha de siembra, el peso de cada tratamiento fue mayor al testigo en ambas épocas de producción, sin mostrar diferencias significativas. El rendimiento obtenido en la primera fecha de siembra (4211 kg ha⁻¹) es superior a la media nacional de 2794 kg ha⁻¹ (CAPECO, 2018). Se ha reportado que al aplicar mancozeb el rendimiento de soya se incrementa con respecto a fungicidas sitio-

Cuadro 3. Rendimiento de granos, incremento del rendimiento en relación al testigo, peso de mil semillas (PMS), severidad y eficiencia de control (EC) de RAS en función de los tratamientos estudiados en la primera fecha de siembra.

Tratamiento	Rendimiento (kg ha ⁻¹)	Incremento (%)	PMS (g)	Severidad (%)	EC (%)
T ₁	3339 a	0	154.4 d	10.9 d	0.00
T ₂	4178 a	25	164.0 bcd	4.2 cd	61.5
T ₃	4444 a	38	161.0 cd	6.3 cd	92.8
T ₄	4299 a	29	177.4 ab	3.0 cd	72.0
T ₅	4021 a	40	183.3 a	1.7 b	68.7
T ₆	4614 a	20	168.8 bc	0.8 a	84.3
T ₇	4678 a	23	176.2 ab	3.4 cd	89.8
T ₈	4120 a	33	177.7 ab	1.1 b	42.6
DMSH	1649		13.9	3.2	
CV	22.6		4.7	47.6	

*Medias con misma letra en cada columna para cada tratamiento son estadísticamente similares (LSD, $\alpha=0,05$).

Cuadro 4. Rendimiento de granos, incremento del rendimiento en relación al testigo, peso de mil semillas (PMS), severidad y eficiencia de control (EC) de RAS en función de los tratamientos estudiados en la segunda fecha de siembra.

Tratamiento	Rendimiento (kg ha ⁻¹)	Incremento (%)	PMS (g)	Severidad (%)	EC (%)
T ₁	1406 a	0	112.8 a	58.7 c	0.00
T ₂	1723 a	23	116.9 a	34.4 a	37.9
T ₃	1467 a	1	116.7 a	48.8 b	41.1
T ₄	1630 a	16	129.5 a	35.4 a	39.5
T ₅	1861 a	13	124.9 a	37.7 a	47.9
T ₆	1422 a	32	115.0 a	34.5 a	35.7
T ₇	1594 a	15	119.9 a	30.5 a	34.3
T ₈	1620 a	4	116.3 a	38.5 a	16.8
DMSH	756		17.6	9.6	
CV	27.5		8.5	14.0	

*Medias con misma letra en cada columna para cada tratamiento son estadísticamente similares (LSD, $\alpha=0,05$).

específicos o sin aplicación de fungicida (Cerezolli *et al.*, 2018; Silva *et al.*, 2015). El efecto de la adición de los fungicidas multisitio a fungicidas sitio-específicos sobre la productividad varía en función de la interacción de las moléculas (Alves y Juliatti, 2018).

Con base a los resultados obtenidos se concluye que la adición del mancozeb junto a los fungicidas sitio-específicos disminuye el porcentaje de severidad de RAS en Paraguay, al mismo nivel que la aplicación aislada de los fungicidas sitio-específicos, incrementando el rendimiento de granos de soya, por lo que puede incluirse como una herramienta para el manejo antiresistencia.

LITERATURA CITADA

Alves VM and Juliatti FC. 2018. Fungicidas no manejo da ferrugem da soya, processos fisiológicos e produtividade da cultura. *Summa Phytopathologica*, 44 (3): 245-251. <http://www.scielo.br/pdf/sp/v44n3/0100-5405-sp-44-3-0245.pdf>
Backman PA and Sinclair JB. 1989. Compendium of soybean diseases. The American Phytopathological Society.
Caldwell PM, Nunkumar A, Pretorius ZA and Fernandes JMC. 2005. Development of *Phakopsora pachyrhizi* at different

temperatures, relative humidities and leaf wetness duration. In: International workshop on plant disease epidemiology, 9, Landerneau, Proceedings. Bordeaux: Société Française de Phytopathologie.

CAPECO (Cámara Paraguaya de Exportadores y Comercializadores de Cereales y Oleaginosas). 2018. Consultado el 21 de junio de 2018. Disponible en <http://capeco.org.py/area-de-siembra-produccion-y-rendimiento/>
Cerezolli L, Lajús C, Cericato A, and Sordi, A. 2018. Eficiência de fungicidas multisítios utilizados na cultura da soja visando o controle da ferrugem asiática. *Anuário Pesquisa E Extensão Unoesc São Miguel Do Oeste*, 3, e17419. <https://portalperiodicos.unoesc.edu.br/apeusmo/article/view/17419>
Fleitas MC, Gerard GS y Simón MR. 2015. Eficacia residual de fungicidas sobre la roya de la hoja del trigo y su efecto sobre componentes del rendimiento y porcentaje de proteínas en grano. *Fave. Sección Ciencias Agrarias*, 14(2). <https://doi.org/10.14409/fa.v14i2.5721>
FRAC (Fungicide Resistance Action Committee). 2012. Global Crop Protection Organization. Brussels. www.gcpt.org/frac
Godoy VC, Koga LJ and Canteri MG. 2006. Diagrammatic scale for assessment of soybean rust severity. *Fitopatologia Brasileira* 31:63-68. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-41582006000100011>
Godoy CV and Palaver L. 2011. Ensaio cooperativo para avaliação da eficiência de fungicida no controle da ferrugem da soja, em Londrina, PR, na safra 2010/11. In: Reunión de pesquisa de soja da região central do Brasil. 32. São Pedro. Resumos. São Pedro.
Godoy CV, Utiamada CM, Meyer MC, Campos HD, Roese AD, Forcelini, CA, Pimenta CB, Jaccoud-Filho DS, Borges EP, Siqueri FV, Juliatti FC, Feska HR, Grigolli FJF, Nunes-Junior J, Carneiro LC, Silva LHCP da, Sato LN,

- Canteri MG, Madalosso M, Ito MF, Martins MC, Balardin RS, Furlan SH, Motecelli TDN, Carlin VJ, Barros VLNP de and Venancio WS. 2013. Eficiência de fungicidas para o controle da ferrugem-asiática da soja, *Phakopsora pachyrhizi*, na safra 2012/13: resultados sumarizados dos ensaios cooperativos. Embrapa Soja. Circular Técnica, 99. 7 p. <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/966125/1/CT99online.pdf>
- Godoy CV, Utiamada CM, Meyer MC, Campos HD, Forcelini, CA, Pimenta CB, Cassetari-Neto D, Jaccoud-Filho DS, Borges EP, Andrade-Junior ER, Siqueri FV, Juliatti FC, Nunes-Junior J, Silva LHCP da, Sato LN, Madalosso M, Martins MC, Balardin RS, Furlan SH, Carlin VJ and Venancio WS. 2015. Eficiência de fungicidas multissítios e fertilizantes no controle da ferrugem-asiática da soja, *Phakopsora pachyrhizi*, na safra 2014/15: resultados sumarizados dos ensaios cooperativos. Embrapa Soja. Circular Técnica, 113. 7p. <https://www.embrapa.br/>
- Godoy CV, Seixas CDS, Soares RM, Marcelino-Guimarães FC, Meyer MC and Costamilan LM. 2016. Asian soybean rust in Brazil: past, present, and future. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 51(5): 407-421. <https://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2016000500002>
- Godoy CV, Utiamada CM, Meyer MC, Campos HD, Lopes I de ON, Dias AR, Deuner CC, Pimenta CB, Borges EP, Siqueri FV, Juliatti FC, Favero F, Araújo-Júnior IP, Grigolli JF, Nunes-Junior J, Carregal LH, Sato LN, Debortoli MP, Martins MC, Balardin RS, Madalosso M, Carlin VJ and Venancio WS. 2018. Eficiência de fungicidas multissítios no controle da ferrugem-asiática da soja, *Phakopsora pachyrhizi*, na safra 2017/18: resultados sumarizados dos ensaios cooperativos. Embrapa Soja. Circular técnica, 144. 17 p. <https://www.embrapa.br/>
- Hartman GL, Sikora EJ and Rupe JC. 2005. Rust. In: Hartman GL, Rupe JC, Sikora EJ, Domier, LL, Davis JA, Steffey KL. (Ed.). *Compendium of soybean diseases and pests*. 5. ed. Saint Paul: APS Press. p. 56-59. <https://my.apsnet.org/ItemDetail?iProductCode=44730>
- Yorinori JT, Paiva WM, Frederick RD, Costamilan LM, Bertagnolli PF, Hartman GE, Godoy CV and Nunes-Junior J. 2005. Epidemics of soybean rust (*Phakopsora pachyrhizi*) in Brazil and Paraguay from 2001 to 2003. *Plant Disease* 89:675-677. <https://apsjournals.apsnet.org/doi/pdf/10.1094/PD-89-0675>
- Maidana-Ojeda M, Enciso-Maldonado G, Hauptenthal D, Kitner J, Schlickmann J. 2019. Relación entre la densidad de uredosporas y la severidad de la roya asiática en Itapúa, Paraguay. In: Altamirano-Cárdenas JR, Martínez-Solís J. and N Magaña-Lira. 2019. Memoria del VII Congreso Internacional y XXI Congreso Nacional de Ciencias Agronómicas. 23 al 26 de abril de 2019. Chapingo, Estado de México. México.
- Mesa de la Roya. 2018. Impacto Socioeconómico de la Roya Asiática en la Cadena de la Soja en Paraguay. Consultado el 18 de junio de 2018.
- Morel W. 2003. Current status of Soybean Rust in Paraguay. Primer Workshop Panamericano de la Roya de la Soja. BASF. Misiones, Argentina.
- Nunkumar A, Caldwell PM, and Pretorius ZA. 2013. Development of *Phakopsora pachyrhizi* on soybean at controlled temperature, relative humidity and moisture periods. *South African Journal of Plant and Soil*, 26(4): 225-230. <https://doi.org/10.1080/02571862.2009.10639959>
- Reis EM, Deuner E and Zanatta M. 2014. In vivo sensitivity of *Phakopsora pachyrhizi* to DMI and QoI fungicides. *Summa Phytopathologica*, 41(1), 21-24. <https://dx.doi.org/10.1590/0100-5405/1975>
- Silva LHCP, Campos HD, Silva JRC and Reis EM. 2015. Controle da ferrugem asiática da soja com mancozebe um fungicida multissítio. *Summa Phytopathologica*, 41 (1), 64-67. http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-54052015000100064&script=sci_arttext