

# Umbral numérico de infección de *Phakopsora pachyrhizi* Sydow & Sydow en folíolos de soya

## Numerical infection threshold of *Phakopsora pachyrhizi* Sydow & Sydow to soybean leaflets

Garcés, F. R.<sup>1, 2\*</sup> y Reis, E. M.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidad Técnica Estatal de Quevedo  
Unidad de Investigación Científica y Tecnológica Quevedo, Los Ríos, Ecuador.

<sup>2</sup> Universidad de Passo Fundo  
Laboratório de Fitopatologia, CEP 99052-900

Passo Fundo, RS, Brasil. erleireis@tpo.com.br

\*Correspondencia: felipegarces23@yahoo.com

### Resumen

La roya asiática de la soya es una enfermedad importante tanto en Brasil como en el mundo; aunque han sido realizados muchos trabajos en este patosistema, no se conoce todavía una concentración ideal de inóculo para realizar investigaciones con la mencionada enfermedad en condiciones controladas. En este experimento, conducido en invernadero, se procuró identificar el umbral numérico de infección de *Phakopsora pachyrhizi* en folíolos de soya. Plantas de soya (cultivar Coodetec 214 RR) fueron inoculadas con diferentes concentraciones ( $5 \times 10^3$ ,  $10 \times 10^3$ ,  $15 \times 10^3$ ,  $20 \times 10^3$ ,  $25 \times 10^3$  y  $30 \times 10^3$ ) de uredosporas.ml<sup>-1</sup> suspensos en agua. La intensidad de la enfermedad fue evaluada cuantificando la densidad de lesiones y de uredias en un área determinada de los folíolos centrales. Los datos fueron sometidos al análisis de varianza y de regresión, el mismo que mostró significación estadística  $p < 0,01$  y explicaron la respuesta biológica y matemática. Con las ecuaciones obtenidas de número de uredias.cm<sup>-2</sup>, lesiones.cm<sup>-2</sup> y de la severidad estimada, se calculó que el número de uredosporas fue de 556 para formar una uredia.cm<sup>-2</sup>, 909 para formar una lesión.cm<sup>-2</sup> y 2,500 para alcanzar 1% de severidad. A partir de las ecuaciones obtenidas

### Abstract

Asian rust soybean is an important worldwide disease present in Brazil. Many studies have been performed in this pathosystem, but, up to now, it is not known the ideal concentration of inoculum to conduct research with soybean rust under controlled conditions. In order to identify the minimum number of *Phakopsora pachyrhizi* uredospores necessary to cause a lesion in soybean leaves, an experiment was conducted in a greenhouse. Soybean plants of cultivar Coodetec 214 RR were inoculated with different concentrations ( $5 \times 10^3$ ,  $10 \times 10^3$ ,  $15 \times 10^3$ ,  $20 \times 10^3$ ,  $25 \times 10^3$  and  $30 \times 10^3$ ) of uredospores.l<sup>-1</sup> suspended in water. Disease intensity was evaluated quantifying lesion and uredia density in soybean leaflets. Data was submitted to analysis of variance and regression. The results showed that to cause one lesion / cm<sup>-2</sup> it was necessary 526 viable uredospores, 909 to originate one uredium and 2,500 to reach 1 % rust severity. From the equations obtained in this study it is possible to select a concentration to obtain a desired density of lesions and / or uredia caused by asian soybean rust in experiments involving artificial inoculations. Also, with the resulting equation of the relationship between the number of uredia

en este trabajo, se puede seleccionar una concentración que resulte en una densidad deseada de lesiones y/o uredias de roya asiática de la soya en experimentos con inoculaciones artificiales. Asimismo, con la ecuación resultante de la relación entre número de uredias y lesiones por centímetro cuadrado, el investigador podrá escoger el método de cuantificación más razonable o confiable a su criterio, para trabajos con este patosistema.

### Palabras clave

*Phakopsora pachyrhizi*, *Glycine max* L., uredias, lesiones, regresión.

and injuries per square centimeter obtained in this study, the researcher can choose the most reasonable method or reliable quantification at her discretion, in jobs that involve the pathosystem *P. pachyrhizi* – soybean.

### Key words

Asian soybean rust, *Glycine max* L., artificial inoculations.

## Introducción

El cultivo de soya (*Glycine max* (L.) Merrill) tiene importancia mundial por ser una oleaginosa utilizada tanto en la alimentación humana como en la animal (Garcés, 2011). Este cultivo es atacado por un sinnúmero de enfermedades; destacándose, entre ellas, la roya asiática, causada por *Phakopsora pachyrhizi* Sydow & Sydow. Este hongo biotrófico fue descrito por primera vez en Japón en 1902 (Hennings, 1903); en 1910 ya estaba presente en diversos países del sureste de Asia. En Brasil fue relatado por primera vez en la zafra de 2000/2001 (Yorinori *et al.*, 2002) y en Ecuador en 2005 (Sotomayor-Herrera, 2005), siendo desde entonces una amenaza para el cultivo en los países del continente americano y del mundo entero.

Hartman *et al.* (1999) relatan que desde 1902, la roya asiática es altamente agresiva: ha causado daños de 10 a 40% en Tailandia, 10-90% en la India, 10-50% en el sur de China, 23-90% en Taiwán y 40% en Japón. En el sur de Brasil los daños alcanzaron el 100% (Andrade y Andrade, 2002). La enfermedad reduce la actividad fotosintética por la destrucción de los tejidos foliares, ocasionando defoliación prematura, lo que se refleja en la pésima formación de los granos (Avozani *et al.*, 2010); asimismo, reduce también el índice de área foliar (Garcés, 2010). También las condiciones climáticas favorables al patógeno (temperatura entre 15 a 28°C y 6 a 12 horas de mojado en la superficie de las hojas), son condiciones aliadas a su alta virulencia y velocidad de dispersión, factores que tornan a esta enfermedad en ser altamente agresiva (Debona *et al.*, 2008).

Por ser una enfermedad importante tanto en Brasil como en el mundo entero, han sido realizados muchos trabajos en este patosistema, relacionados con la reacción de cultivares (Zambenedetti *et al.*, 2007; Koga *et al.*, 2008; Pham *et al.*, 2009; Yamanaka *et al.*, 2010), densidad poblacional (Ferreira 2009) epidemiología (Marchetti *et al.*, 1976; Kochman, 1979; Dufresne *et al.*, 1987) y control alternativo (Medice *et al.*, 2007) o químico (Hartman *et al.*, 1991; Levy, 2005; Garcés y Forcelini, 2010a, 2010b) de la enfermedad. En las investigaciones realizadas de inoculaciones artificiales en condicio-

nes controladas, han sido utilizadas diferentes concentraciones de inóculo, desde:  $10 \times 10^3$  (Alves *et al.*, 2007),  $20 \times 10^3$  (Hartman *et al.*, 1991),  $30 \times 10^3$  (Medice *et al.*, 2007; Godoy y Canteri *et al.*, 2003; Zambenedetti *et al.*, 2007),  $80 \times 10^3$  (Martins *et al.*, 2007),  $10 \times 10^4$  (Hartman *et al.*, 1992; Furtado *et al.*, 2009a; Pereira *et al.*, 2009) y  $20 \times 10^4$  (Azevedo *et al.*, 2007; Debona *et al.*, 2008; Sousa *et al.*, 2006; Furtado *et al.*, 2008), no existiendo —hasta el momento— una concentración estándar.

A pesar de esta necesidad, todavía no ha sido determinada la cantidad de esporos necesarios para causar una lesión por folíolo; por lo cual, el objetivo de esta investigación fue determinar el umbral numérico de infección de uredosporas de *P. pachyrhizi* en folíolos de soya.

## Materiales y métodos

La presente investigación se desarrolló bajo condiciones controladas (cámara climatizada) en la Universidad de Passo Fundo, en Passo Fundo, Río Grande del Sur, Brasil, entre abril y julio de 2009. Se utilizaron semillas de soya de la variedad comercial Coodec 214 RR, las cuales fueron sembradas a razón de diez semillas en recipientes plásticos (macetas) conteniendo sustrato compuesto de arena de río lavada y suelo arcilloso (1:1). A los 15 días fue realizado un raleo, dejando cinco plantas por maceta y utilizando seis de esos recipientes por cada tratamiento. Las plantas fueron mantenidas en invernadero hasta el estadio vegetativo V3, de acuerdo a la escala fenológica de soya propuesta por Fehr *et al.* (1991).

El inóculo del hongo fue obtenido en el campo experimental de la Facultad de Agronomía de la UPF, durante el ciclo agrícola 2008/2009, mediante la colecta de, aproximadamente, 500g de trifolios de soya con síntomas de la roya asiática; los mismos que en el Laboratorio de Fitopatología de la UPF fueron cortados con una tijera y luego colocados en una botella de plástico, mismos que luego fueron agitados con fuerza durante un lapso de cinco minutos, hasta que todos los uredosporas se despegaran de la superficie de los folíolos. Posteriormente, la inoculación de uredosporas de *P. pachyrhizi* fue realizada en plantas de soya en el estadio V3 con concentraciones de  $5 \times 10^3$ ,  $10 \times 10^3$ ,  $15 \times 10^3$ ,  $20 \times 10^3$ ,  $25 \times 10^3$  y  $30 \times 10^3$  de uredosporas. $\text{ml}^{-1}$  suspensos en agua destilada adicionada de  $240 \mu\text{l.l}^{-1}$  de dispersante polioxietileno sorbitano (Tween 20. $\text{l}^{-1}$ ) de agua, semejante a la metodología descrita por Zanatta (2009). La cuantificación de la concentración de uredosporas fue realizada mediante el conteo de esas unidades de infección en un microscopio de luz marca Zeiss modelo Stemi 2000-C, en un volumen de  $10 \mu\text{l}$ , observándose tres repeticiones. Las plantas fueron atomizadas con la suspensión, hasta obtener el punto de escurrimiento.

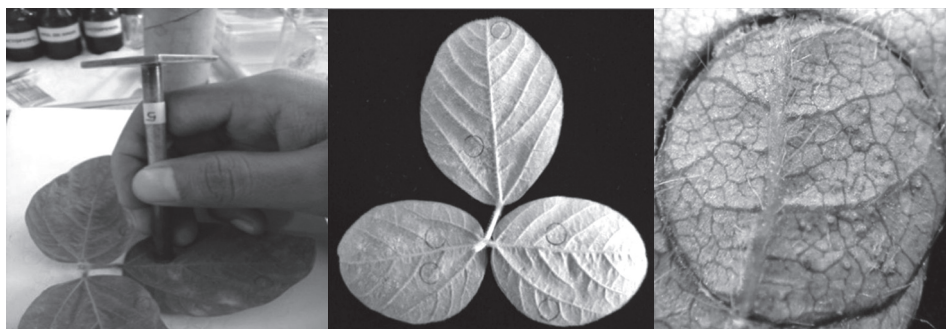
Para determinar la variabilidad de los uredosporas de cada una de las concentraciones utilizadas en el experimento, fue retirado un volumen de  $700 \mu\text{l}$ , el cual fue vertido en cajas Petri de 8.5 cm de diámetro, conteniendo agar-agua. Se utilizaron dos cajas Petri para cada suspensión (2 placas x 6 repeticiones), totalizando 12 placas. Después de seis horas de incubación (en oscuridad y a  $22^\circ\text{C}$ ), fue evaluada la germinación con microscopio. Se determinó la germinación en 100 uredosporas, siendo considera-

do como germinado el que presentaba un tubo germinativo igual o mayor que el diámetro del esporo. Las plantas inoculadas fueron mantenidas en una cámara climatizada a 23°C y con un fotoperiodo de 10 h luz y 14 h de oscuridad, durante 17 días, hasta la aparición de los síntomas. Posteriormente, fue colectado el folíolo central de un trifolío por planta (30 trifolios por cada tratamiento) ubicado en el estrato medio, totalizando 210 trifolios evaluados.

A los 17 días después de la inoculación, se cuantificó la intensidad de la roya asiática, contando el número de lesiones.cm<sup>-2</sup> y de uredias.cm<sup>-2</sup> en cada folíolo central. El conteo fue realizado en dos áreas circulares delimitadas en cada uno de los lados de los folíolos con una saca-bocado de hojas de 0.6 cm de diámetro, en el envés del folíolo (figura 1), donde presentaba mayor número de lesiones y uredias.

Figura 1

Área delimitada (0.6 cm de diámetro) con el saca bocado en el envés de los folíolos para la posterior cuantificación de lesiones y de uredias.



Por otro lado, para la obtención del número de la severidad calculada (%), el número de uredias.cm<sup>-2</sup> fue multiplicado por una constante (0.195) (Reis, datos no publicados).

Los datos fueron sometidos a un análisis de regresión lineal entre las variables X (C = concentraciones de uredosporas.ml<sup>-1</sup> y lesiones.cm<sup>-2</sup>) e Y [U = número de uredias, L = lesiones.cm<sup>-2</sup>, y S = severidad (%)]. Los datos son presentados como densidad de uredias.cm<sup>-2</sup> y lesiones.cm<sup>-2</sup>.

## Resultados

El valor medio de germinación de los uredosporas fue de 19.08%. Los datos presentados fueron corregidos en función de los valores de viabilidad. En la relación entre la concentración de uredosporas (C) con lesiones.cm<sup>-2</sup> (L) y uredias.cm<sup>-2</sup> (U), fueron obtenidos valores medios desde 3.70 a 15.31 para L y de 6.68 a 29.38 para U (cuadro 1).

**Cuadro 1**  
**Valores medios de severidad de la roya asiática obtenidos para cada una de las concentraciones evaluadas en folíolos de soya.**

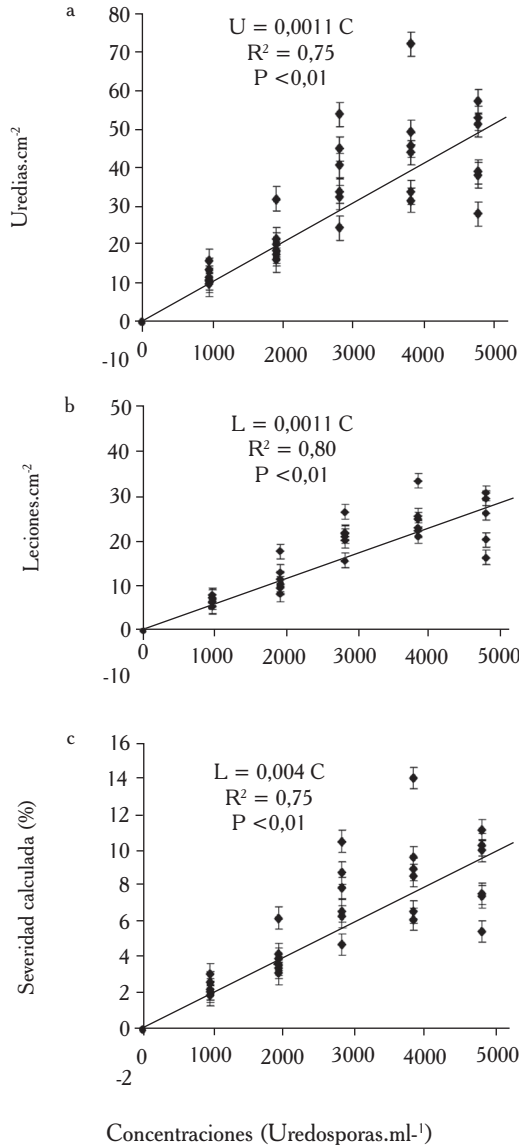
Concentraciones	Concentraciones ajustadas a la germinación	Severidad de la enfermedad	
		Lesiones.cm <sup>-2</sup>	Uredias.cm <sup>-2</sup>
5 x10 <sup>3</sup>	954	3.70	6.68
10 x10 <sup>3</sup>	1908	6.71	11.69
15 x10 <sup>3</sup>	2808	12.09	21.41
20 x10 <sup>3</sup>	3816	14.32	25.73
25 x10 <sup>3</sup>	4770	14.98	26.21
30 x10 <sup>3</sup>	5724	15.31	29.38

Cabe destacar que también fueron observadas uredias y lesiones en el haz de los folíolos, pero no fue cuantificado.

Las ecuaciones obtenidas fueron para el número de uredias.cm<sup>-2</sup> (U):  $U = 0.0019 C$  con  $R^2 = 0.75$ , para el número de lesiones.cm<sup>-2</sup> (L):  $L = 0.0011 C$  con  $R^2 = 0.80$  y para la severidad calculada (%) (SC):  $SC = 0.0004 C$  con  $R^2 = 0.75$ , donde C es la concentración de uredosporas (figura 2).

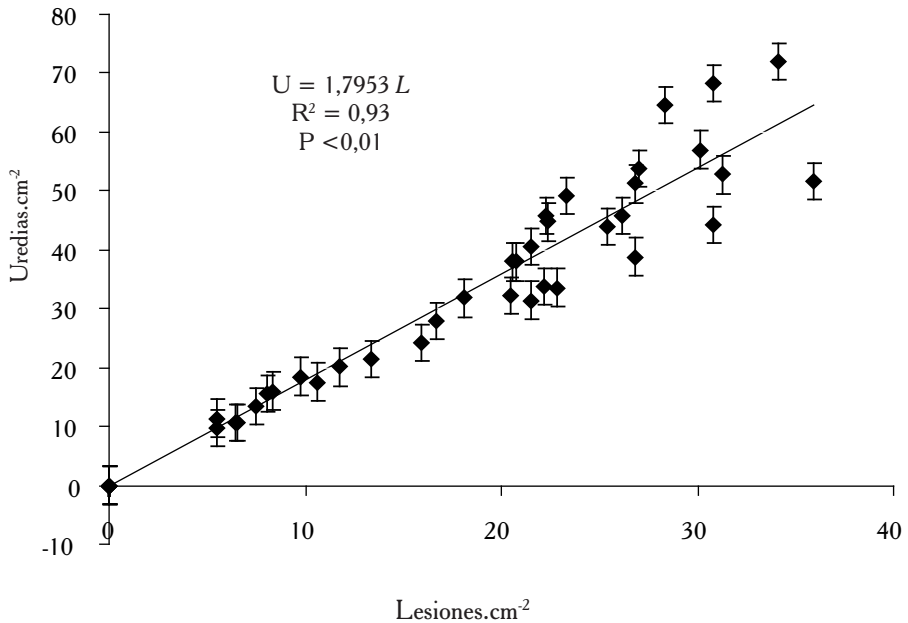
Figura 2

Relación entre la intensidad de la roya asiática de la soya evaluada como número de uredias.cm<sup>2</sup> (a), lesiones.cm<sup>2</sup> (b) y severidad calculada (%) (c) en función de diferentes concentraciones de uredosporas.ml<sup>-1</sup>.



En la relación entre uredias.cm<sup>2</sup> en función de lesiones.cm<sup>2</sup>, se obtuvo la siguiente ecuación:  $U = 1.7953 L$  con  $R^2 = 0.93$ , donde L es lesión (figura 3).

Figura 3  
Relación entre número de uredias.cm<sup>-2</sup> (U) en función  
del número de lesiones.cm<sup>-2</sup> (L).



Todas las ecuaciones obtenidas en el presente trabajo fueron significativas a  $p < 0,01$  y explicaron la respuesta biológica y matemática. Se evidenció, también, que la intensidad de la enfermedad aumentó linealmente con el incremento de la concentración de inóculo.

Se observó, asimismo, que hubo mayor variación (CV) en concentraciones mayores, lo que podría significar una competición entre los uredosporas para colonizar los folíolos; contrariamente, en las concentraciones de hasta 10,000 uredosporas.ml<sup>-1</sup>, los datos presentan mayor uniformidad ( $< CV$ ).

Con las ecuaciones generadas de número de uredias.cm<sup>-2</sup> y lesiones.cm<sup>-2</sup> y la severidad calculada, son necesarios 556 uredosporas viables para originar una uredia.cm<sup>-2</sup>, 909 uredosporas para formar una lesión.cm<sup>-2</sup> y 2,500 uredosporas para alcanzar 1% de severidad.

## Discusión

El valor medio de germinación de los uredosporas obtenido en este trabajo (9.08%), difiere con otras investigaciones realizadas, como las de Furtado *et al.* (2009a), con un 36%); Furtado *et al.* (2009b), con 40.7%, así como Furtado *et al.* (2008), con un 50.6 %. Probablemente, estas diferencias se deben a los lugares donde fueron colectados los uredosporas, ya que se ha constatado la existencia de variabilidad entre aislados de la roya asiática, cuyo ejemplo es el trabajo realizado por Yamanaka *et al.* (2010).

La aparición de uredias y lesiones también fue confirmado por Almeida *et al.* (2005) y Garcés (2010).

El alto coeficiente de asociación en la relación entre uredias.cm<sup>2</sup> en función de lesiones.cm<sup>2</sup>, es mayor a otras investigaciones realizadas en diferentes patosistemas; entre ellos, tenemos 0.58-0.84 en *Drechslera teres-Triticum aestivum* (Reis *et al.*, 1995) y 0.42- 0.62 en *Puccinia recondita f. sp. tritici-Triticum aestivum* (Reis *et al.*, 1996) y similar al de Seem y Gilpatrick (1980) en *Podosphaera leucotrich-Malus pumila*, quienes obtuvieron un R<sup>2</sup> arriba de 90.

El aumento lineal de la enfermedad con el incremento de la concentración de inóculo, es semejante a lo relatado por Zadoks y Schein (1979), en un trabajo con la roya del frijol causado por el hongo *Uromyces appendiculatus* (Pers.) Unger.

## Conclusiones

A partir de las ecuaciones obtenidas en este trabajo, se puede seleccionar una concentración que resulte en una densidad deseada de lesiones y/o uredias de roya asiática de la soya, en experimentos que envuelvan inoculaciones artificiales.

Con la ecuación resultante de la relación entre número de uredias y lesiones por centímetro cuadrado obtenida en el presente trabajo, el investigador podrá escoger el método de cuantificación más razonable o confiable a su criterio en trabajos que envuelvan el patosistema *Phakopsora pachyrhizi*-soya.

## Agradecimientos

A la Secretaría Nacional de Educación Superior, Científica, Tecnología e Innovación (SENESCYT), por la beca concedida para estudios del primer autor en la Maestría en Agronomía con Área en Fitopatología en la Universidad de Passo Fundo, RS, Brasil.

## Literatura citada

- Almeida, A. M. R.; Ferreira, L. P.; Yorinori, J. T.; Silva, J. F. V.; Henning, A. A.; Godoy, C. V.; Costamilan, L. M. e Meyer, M. C. (2005). Doenças de soja. Em: Kimati, H.; Amorim, L.; Rezende, J. A. M.; Bergamin Filho, A. e Camargo, L. E. A. *Manual de fitopatologia*. Vol. 2. 4<sup>o</sup> edição Brasil. Editorial Ceres. 576–577 pp.
- Alves, M. C.; Pozza, E. A.; Ferreira, J. B.; Araújo, D. V.; Costa, J. C. B.; Deuner, C. C.; Muniz, M. F. S.; Zambenedetti, E. B. e Machado, J. C. (2007). Intensidade da ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi* H. Sydow & P. Sydow) da soja [*Glycine max* (L.) Merr.] nas cultivares Conquista, savana e suprema sob diferentes temperaturas e períodos de molhamento foliar. *Summa Phytopathologica*. 33(3): 239-244.
- Andrade, P. J. M. e Andrade, D. F. A. (2002). *Ferrugem asiática: uma ameaça à sojicultura brasileira*. Editorial Embrapa. Brasil. (Circular técnica, 11). 11 pp.
- Avozani, A.; Reis, E. M.; Danelli, A. L. D.; Tonin, R. B.; Nicolini, F. e Garcés, F. R. (2010). Progresso da ferrugem da soja na safra 2009/10 em Passo Fundo/RS. *Tropical Plant Pathology*. 35(Suplemento): S139.
- Azevedo, L. A. S., Juliatti, F. C. e Barreto, M. (2007). Resistência de Genótipos de Soja à *Phakopsora pachyrhizi*. *Summa Phytopathologica*. 33(3):252-257.
- Debona, D.; Navarini, L.; Favera, D. D. e Balardin, R. S. (2008). Efeito de níveis de cálcio e sombreamento em plantas de soja sobre infecção por *Phakopsora pachyrhizi*. *Tropical Plant Pathology*. 33(5):388-389.



- Dufresne, L. A.; Bean, G. A.; Bonde, M. R. y Goth, R. W. 1987. Effects of temperature and light intensity on telia development by Puerto Rico and Taiwan isolates of *Phakopsora pachyrhizi*, the soybean rust fungus. *Plant Disease*. 71(7): 629-631.
- Fehr, W. R.; Caviness, C. E.; Burmood, D. T. y Pennington, J. S. (1991). Stage of development description for soybean (*Glycine max* (L) Merrill). *Crop Science*. 11(6): 920-931.
- Ferreira, M. C. (2009). *Aplicações de fungicida para o controle da ferrugem asiática da soja e interações com diferentes arranjos espaciais da cultura*. Tesis de maestría. PPGAGRO. Universidad de Passo Fundo, Passo Fundo. Estado de Río Grande del Sur. Brasil. 62 pp.
- Furtado, G. Q.; Alves, S. A. M.; Czermainski, A. B. C. y Massola Jr., N. S. (2008). Preservation of *Phakopsora pachyrhizi* uredospores. *Phytopathology*. 156:62-64.
- Furtado, G. Q.; Alves, S. A. M.; Carneiro, L. C.; Godoy, C. V. e Sidnei, N. (2009a). Influência do estágio fenológico e da idade dos trifólios de soja na infecção de *Phakopsora pachyrhizi*. *Tropical Plant Pathology*. 34(2):118-122.
- Furtado, G. Q.; Alves, S. A. M.; Godoy, C. V.; Salatino, M. L. F. e Massola, Jr. N. S. (2009b). Influência da luminosidade e da camada de cera epicuticular de superfícies de folhas de soja na infecção de *Phakopsora pachyrhizi*. *Tropical Plant Pathology*. 34(5):306-312.
- Garcés, F. R. (2010). *Efeito de programas de aplicação de fungicidas no progresso da ferrugem, no seu controle e na área foliar da soja*. Tesis de Maestría. PPGAGRO. Universidad de Passo Fundo, Passo Fundo. Estado de Río Grande del Sur. Brasil.
- Garcés, F. R. (2011). Peso de hojas como herramienta para estimar el área foliar en soja. *Ciencia y Tecnología*. 4(1):13-18.
- Garcés, F. R. y Forcelini, C. A. 2010a. Control químico de la roya asiática de la soja en el Planalto Medio, RS., Brasil. *Agronomía Mesoamericana*. 22(2): 387-395.
- Garcés, F. R. y Forcelini, C. A. 2010b. Progreso temporal da ferrugem e redução sobre a área foliar e os componentes do rendimento de grãos em soja. *Acta Agronômica*. 60(2): 147-157.
- Godoy, C. V. e Canteri, M. G. (2004). Efeitos protetor, curativo e erradicante de fungicidas no controle da ferrugem da soja causada por *Phakopsora pachyrhizi*, em casa de vegetação. *Fitopatologia Brasileira*. 29(1):097-101.
- Hartman, G. L.; Wang, T. C. y Tschanz, A. T. (1991). Soybean rust development and the quantitative relationship between rust severity and soybean yield. *Plant Disease*. 75:596-600.
- Hartman, G. L.; Wang, T. C. y Himowitz, T. (1992). Sources of resistance to soybean rust in perennial *Glycine* species. *Plant Disease*. 76:396-399.
- Hartman, G. L.; Sinclair, J. B. y Rupe, J. C. (1999). *Compendium of Soybean Diseases*. 4. Ed. St. Editorial American Phytopathological Society-APS. United States of America. 100 pp.
- Hennings, V. P. (1903). A few new Japanese Uredinaceae. *Hedwigia*. 42:107-108.
- Kochman, J. K. 1979. The effect of temperature on development of soybean rust (*Phakopsora pachyrhizi*). *Australian Journal of Agricultural Research*. 30: 273-277.
- Koga, L. J.; Canteri, M. C.; Calvo, E. S.; Unfried, J. R.; Garcia, A.; Harada, A. and Kühn R. A. S. 2008. Análise multivariada dos componentes da resistência à ferrugem-asiática em genótipos de soja. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. 43(10): 1277-1286.
- Levy, C. (2005). Epidemiology and chemical control of soybean rust in Southern Africa. *Plant Disease*. 89: 669-674.
- Marchetti, M. A.; Melching, J. S. and Bromfield, K. R. (1976). The effects of temperature and dew period on germination and infection by uredospores of *Phakopsora pachyrhizi*. *Phytopathology*. 66: 461-463.
- Martins, J. A. S.; Juliatti, F. C.; Santos, V. A., Polizel, A. C. e Juliatti, F. C. (2007). Período latente e uso da análise de componentes principais para caracterizar a resistência parcial à ferrugem da soja. *Summa Phytopathologica*. 33(4):364-371.
- Medice, R.; Alves, E.; Tadeu de Assis, R. T.; Magno J. R. G. e Leite-Lopes, E. A. das G. (2007). Óleos essenciais no controle da ferrugem asiática da soja *Phakopsora pachyrhizi* Syd. & P. Syd. *Ciênc. Agrotec*. 31(1):83-90.

- Pereira, S. C.; Rodrigues, F. A.; Carré-Misso, V.; Oliveira, M. G. A. e Zambolim, L. (2009). Aplicação foliar de silício na resistência da soja à ferrugem e na atividade de enzimas de defesa. *Tropical Plant Pathology*. 34(3):164-170.
- Pham, T. A.; Miles, M. R.; Frederick, R. D.; Hill, C. B. y Hartman, G. L. (2009). Differential response of resistant soybean genotypes to ten isolates of *Phakopsora pachyrhizi*. *Plant Disease*. 93: 224-228.
- Reis, E. M.; Gassen, F.; Casa, R.T. e Silva, M. S. (1995). Relação entre a incidência e a severidade da mancha-em-rede da cevada, causada por *Drechslera teres*. *Fitopatologia Brasileira*. 20:601-604.
- Reis, E. M.; Casa, R. T. e Forcelini, C. A. (1996). Relação entre a severidade e a incidência da ferrugem da folha do trigo, causada por *Puccinia recôndita* f. sp. tritici. *Fitopatologia Brasileira*. 21:369-372.
- Seem, R. C. y Gilpatrick, J. D. (1980). Incidence and severity relationships of secondary infections of powdery mildew on apple. *Phytopathology*. 70:851-854.
- Sousa, P. F. C.; Alves, E. e Castro, H. A. (2006). Influência da temperatura no desenvolvimento de teliosporos de *Phakopsora pachyrhizi* em folíolos de soja. *Summa Phytopathologica*. 32 (3):227-231.
- Sotomayor-Herrera, I. (2005). *La roya de la soja, estrategias de manejo*. Editorial INIAP. Ecuador (Boletín divulgativo, n.330). 4 pp.
- Yamanaka, N.; Yamaoka, Y.; Kato, M.; Lemos, N. G.; Passianotto, A. L. L.; Santos, J. V. M.; Benítez, E. R.; Abdelnoor, R. V.; Soares, R. M. y Suenaga, K. (2010). Development of classification criteria for resistance to soybean rust and differences in virulence among Japanese and Brazilian rust populations. *Tropical Plant Pathology*. 35(3):153-162.
- Yorinori, J. T.; Paiva, W. M.; Frederick, R. D. e Fernandez, P. F. T. (2002). Ferrugem da soja (*Phakopsora pachyrhizi*) no Brasil e no Paraguai, nas safras 2001/01 e 2001/02. En: *Congresso Brasileiro De Soja, 2002*, Foz de Iguaçu, PR. Anais. 94 pp.
- Zadoks, J. C. y Schein, R. D. (1979). *Epidemiology and plant disease management*. Editorial Oxford University Press, Inc. United States of America. 427 pp.
- Zambenedetti, E. B.; Alves, E.; Pozza, E. A.; Araújo, D. V. e Godoy, C. V. (2007). Avaliação de parâmetros monocíclicos e da incidência da ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) em diferentes genótipos de soja e posições de copa. *Summa Phytopathologica*. 33(2):178-181.
- Zanatta, T. (2009). *Efeito da aplicação de fungicidas no processo infeccioso de Phakopsora pachyrhizi, em soja*. Tesis de Maestría. PPGAGRO. Universidad de Passo Fundo, Passo Fundo. Estado de Río Grande del Sur. Brasil. 119 pp.

Recibido: Agosto 13, 2011

Aceptado: Enero 14, 2012