

A FERRUGEM ASIÁTICA DA SOJA CAUSADA POR *Phakopsora pachyrhizi* Sydow e Sydow

°Felipe Rafael Garcés Fiallos*.¹

*Bolsista da Secretaria Nacional de Educação Superior, Ciência, Tecnologia e Inovação de Equador – SENESCYT.
¹Unidad de Investigación Científica y Tecnológica, Universidad Técnica Estatal de Quevedo, km 7 ½ vía Quevedo-El Empalme, C. P. 73. Mocache, Los Ríos, Ecuador. °felipegarces23@yahoo.com

RESUMO

Os Estados Unidos são o principal produtor mundial de soja, seguido pelo Brasil. A cultura da soja é afetada por 47 doenças já relatadas, entre elas a ferrugem asiática causada pelo fungo biotrófico *Phakopsora pachyrhizi* Sydow e Sydow. Esta doença pode atingir até 100% de dano e causa perdas no Brasil estimadas em 737,453,718 dólares ao ano. Em função de sua importância, faz-se oportuno uma revisão bibliográfica sobre esta doença, que abordará a sua ocorrência a nível mundial, a sintomatologia, os hospedeiros, a taxonomia e a etiologia do agente causal, efeitos dos fatores climáticos sobre a doença, ciclo biológico do patógeno, progresso e análise temporal, redução na área foliar e nos componentes de rendimento da cultura da soja e as estratégias de manejo integrado da enfermidade. Foi objetivo desta revisão recopilar as informações mais relevantes sobre a ferrugem asiática de modo o mais explicativo e entendível possível para o leitor.

Palavras chaves: *Phakopsora pachyrhizi*, *Glycine max*, urédias, lesões, estratégias de manejo integrado.

ABSTRACT

The United States is the world's largest producer of soybeans, followed by Brazil. The soybean crop is affected by 47 diseases previously reported, including soybean rust caused by the biotrophic fungus *Phakopsora pachyrhizi* Sydow e Sydow. This disease can reach 100% damage and losses may reach 737,453,718 USD annually. Therefore a literature review of this disease becomes appropriate because it is very important to know about its occurrence worldwide, symptoms, hosts, taxonomy and etiologic of causal agent, effects of climatic factors over the disease, cycle of the pathogen, progress and temporal analysis of disease, reduced leaf area and yield components in soybean and control strategies disease integrated management, the aim of this review is to compile relevant information about soybean rust in the most explanatory and understandable way as possible for the reader.

Key words: *Phakopsora pachyrhizi*, *Glycine max*, biotrophic, uredia, injuries, strategies integrated management.

INTRODUÇÃO

A soja [*Glycine max* (L.) Merrill] constitui uma das dez culturas de maior importância econômica a nível mundial por ser uma das principais fontes de concentrados protéicos e de óleo vegetal (Díaz *et al.*, 1992). Os Estados Unidos são o principal produtor mundial de soja, seguido pelo Brasil. Na safra 2008-2009 a soja ocupou no Brasil, uma área entre 22,283 e 22,648 milhões de hectares, o que correspondeu a um aumento de 2.6 a 4.2% em relação ao ano anterior. A produção total ficou entre 62.3 e 63.3 de milhões de toneladas, sendo um recorde nacional. Os principais estados produtores de soja são Mato Grosso, Paraná e Rio Grande do Sul (CONAB, 2009). No Equador a cultura da soja atinge as 54,350 hectares, concentrando-se sua maior produção na província de Los Ríos (INEC, 2002).

A cultura da soja é afetada por 47 doenças já relatadas, causando um prejuízo anual de um bilhão de dólares (Yorinori, 1997). Entre estas doenças estão às ferrugens, denominadas ferrugem americana e ferrugem asiática (Ono *et al.*, 1992). A primeira é causada pelo fungo *Phakopsora meibomiae* e foi relatada pela primeira vez no Brasil em 1979, no estado de Minas Gerais (Deslandes, 1979) e Carvalho e Figueredo (2000) relatam que a espécie presente no Brasil até o ano 2000 era *P. meibomiae*. A ferrugem asiática tem como agente causal a espécie *Phakopsora pachyrhizi* Sydow e Sydow, sendo que Hartman *et al.* (1999) argumentam que *P. pachyrhizi* é mais agressiva que *P. meibomiae*.

A ferrugem asiática é considerada uma das doenças mais destrutivas e a que causa maiores danos em várias espécies de plantas da família Fabaceae,

Recibido: 23-Junio-2010. Recibido en forma corregida: 15-Agosto-2011.
Aceptado: 7-Noviembre-2011.

Publicado como ARTÍCULO DE REVISIÓN en *Ciencia y Tecnología* 4(2): 45-60, 2011

entre as quais se destaca a soja (Reis *et al.*, 2006a). No Brasil, há relatos de 100% de dano, como no caso de um cultivo de safrinha em Chapadão do Sul, MS (Andrade e Andrade, 2002). Segundo Henning e Godoy (2006), as perdas na safra 2002-2003 atingiram 737,453,718.15 dólares. No Equador ainda não se conhece os danos e perdas reais que ocasionam na cultura.

Sendo esta uma doença muito destrutiva em todos os lugares onde a soja é cultivada, os conhecimentos sobre a mesma ainda são limitantes. Em função disso, apresentamos uma revisão bibliográfica desta doença que abordará os principais aspectos da doença dando subsídios para o manejo integrado da mesma.

REVISÃO DE LITERATURA

Ocorrência

A ferrugem asiática, causada pelo fungo *P. pachyrhizi* Sydow e Sydow, foi descrita pela primeira vez no Japão, em 1902 (Hennings, 1903), sendo que em 1914 já havia se disseminado para diversos países do sudeste de Ásia.

No continente africano foi registrada pela primeira vez em Togo em 1980 (Mawuena, 1982), depois em Uganda em 1996 (Kawuki *et al.*, 2003), seguindo em 1998 no Kênia e Ruanda (Reis e Bresolin, 2004), Zimbábue e Zambia (Levy, 2005). Em 2001, foi encontrada na África do Sul e na Nigéria (Akinsanmi *et al.*, 2001), atingindo caráter epidêmico (Pretorius *et al.*, 2001). Em 2007, a ferrugem foi também relatada em Ghana (Bandyopadhyay *et al.*, 2007).

No continente americano foi reportada pela primeira vez no ano 1976 em Porto Rico (Vakili e Bromfield, 1976), seguindo pelo Hawaii em 1994 (Killgore e Heu, 1994). O primeiro relato na América do Sul ocorreu no Paraguai, em fevereiro de 2001 (Morel e Yorinori, 2002; Yorinori *et al.*, 2002a; Yorinori *et al.*, 2002b). No ano de 2002 a doença apareceu no Brasil (Yorinori *et al.*, 2002b; Costamilan *et al.*, 2002; Reis *et al.*, 2002) e na Argentina (Rossi, 2003). Em 2003 foi relatada na Bolívia (Navarro *et al.*, 2004) e na Colômbia (Reis *et al.*, 2006a), progredindo em 2004 para o Uruguai (Stewart *et al.*, 2005) e 2005 no Equador (Sotomayor-Herrera, 2005), México (Cárcamo-Rodríguez *et al.*, 2006; Yáñez-Morales *et al.*, 2009) e Estados Unidos (Schneider *et al.*, 2005). Atualmente, a ferrugem asiática está presente em todos os países onde a soja é cultivada.

Sintomatologia

Os sintomas causados pela ferrugem asiática, no seu estado inicial, são facilmente confundidos com

outras doenças, como pústula bacteriana (*Xanthomonas axonopodes* pv. *glycines*), crestamento bacteriano (*Pseudomonas savastanoi* pv. *glycinea*) e mancha parda (*Septoria glycines*). As frutificações não são muito evidentes, de modo que a olho nu se consegue distinguir pústulas ferruginosas, que conferem o nome comum a esse grupo de doenças (Reis *et al.*, 2006a). O mesmo autor relata que os sintomas causados pela ferrugem da soja são denominados de “lesões”, e não de pústulas, como as demais ferrugens, por que ocorre a necrose do tecido foliar e cada lesão pode apresentar varias pústulas (Figura 1).



Figura 1. Duas lesões mostrando várias frutificações denominadas de pústulas ferruginosas.

Os sintomas (Figura 2) podem aparecer em qualquer estágio de desenvolvimento e em diferentes partes da planta, como cotilédones, folhas e hastes, sendo os sintomas foliares os mais característicos (Almeida *et al.*, 2005). A cor das lesões varia do cinza-esverdeado ao marrom-avermelhado, com uma ou várias urédias globosas, principalmente na parte abaxial da folha (Hartman *et al.*, 1999). Esporadicamente, as urédias podem aparecer na parte superior das mesmas (Almeida *et al.*, 2005; Garcés, 2010).



Figura 2. Sintomas da ferrugem asiática em trifólios de soja [*Glycine max* (L.) Merrill].

O número de lesões e urédias numa folha (parte abaxial) podem atingir até 26 e 46 por cm² em condições controladas, respectivamente (Garcés *et al.*, 2010b), ou

232 e 375 por cm² a nível de campo (Garcés, 2010).

Segundo Garcés *et al.* (2010a) relata que 556 uredosporos são necessários para formar uma urédia, entre tanto 909 uredosporos para originar uma lesão. Estes valores foram encontrados em trabalho realizado em laboratório procurando o umbral numérico de infecção da ferrugem asiática da soja.

A manifestação inicial da doença é observada como áreas foliares cloróticas de forma poligonal, por causa da delimitação imposta pelas nervuras, podendo atingir um tamanho de 2-5 mm² (Reis *et al.*, 2006a; Sinclair e Backman, 1993). As primeiras lesões, em geral, são encontradas nas folhas baixas próximas ao solo quando as plantas se encontram no estágio fenológico próximo ou após o florescimento (Reis *et al.*, 2006a).

Progressivamente, as urédias, adquirem cor castanho-clara a castanho escuro, as quais se abrem em um minúsculo poro, expelindo os uredosporos, de coloração hialina que se tornam bege e se acumulam ao redor dos poros ou são removidos pelo vento (Almeida *et al.*, 2005). À medida que prossegue a esporulação, o tecido da folha ao redor das primeiras urédias adquire coloração castanho-claro, denominada de lesão suscetível ou TAN (tanish) e a outra castanho-avermelhada, conhecida como lesão resistente ou RB (redish-brown) (Almeida *et al.*, 2005; Bromfield e Hartwig, 1980; Kochman, 1977; Bonde *et al.*, 2006; Miles *et al.*, 2006).

O estágio final da epidemia da ferrugem da soja numa lavoura caracteriza-se por amarelecimento geral da folhagem com intensa desfolha, chegando até a queda completa das folhas (Reis *et al.*, 2006a). Na figura 3, observamos a sintomatologia progressiva da ferrugem asiática.

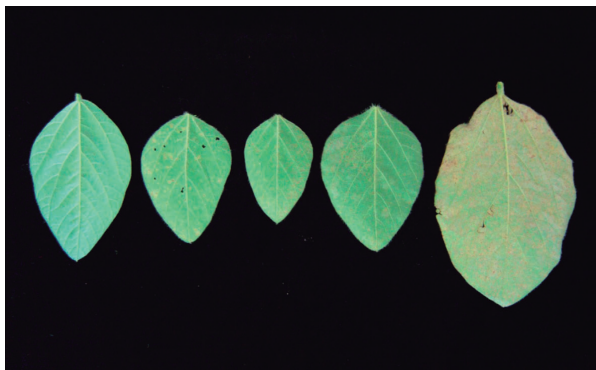


Figura 3. Sintomatologia progressiva da ferrugem asiática da soja, desde uma folha sem sintomas (A) até uma (quinta folha) com muitas lesões e pústulas ferruginosas.

Hospedeiros

O agente causal da ferrugem é um organismo biotrófico, o qual sobrevive em soja verde ou outros hospedeiros. Hartman *et al.* (1999) relatam que, ao contrário de outras ferrugens, *P. pachyrhizi* pode naturalmente infectar uma vasta gama de espécies vegetais, incluindo 41 espécies em 17 gêneros da família Fabaceae. Além disso, 60 espécies de plantas pertencentes a 26 gêneros foram infectados experimentalmente sob condições controladas (Rytter *et al.*, 1984), podendo atingir até 90 espécies (Misman e Purwati, 1985). O fungo também pode infectar e esporular em espécies pertencentes à subfamília Papilionoideae, família Fabaceae, citando-se como principais hospedeiros as espécies *Glycine max*, *G. sojae*, *Pachyrhizus erosus*, *Pueraria lobata* e *Vigna unguiculata* (CABI, 2001). Na literatura são encontradas mais referências em relação aos hospedeiros de *P. pachyrhizi*, entre os quais se destacam os seguintes: *Phaseolus vulgaris* var. *vulgaris*, *Canavalia gladiata* (Poonpolgul e Surin, 1980; Stavely *et al.*, 1985), *Phaseolus vulgaris* (Du Preez *et al.*, 2005), *Vicia faba*, *Vigna radiata*, *V. mungo*, *Psophocarpus tetragonolobus*, *Colopogonium muconoides* (Poolpol e Pupipat, 1985), *Alysicarpus vaginalis*, *Securigera varia*, *Melilotus officinalis*, *Trifolium repens*, *T. incarnatum*, (Rytter *et al.*, 1984), *Phaseolus lunatus* var. *lunatus*, *Sesbania exaltata*, *Trigonella foenum-graecum* (Bromfield, 1984), *Phaseolus coccineus* (Lynch *et al.*, 2006), *Pachyrhizus ahipa*, *Cajanus cajan* (Yeh *et al.*, 1981), *Crotalaria anagyroides*, *C. spectabilis*, *Macroptilium atropurpureum* (Keogh, 1974), *Pueraria amontana* var. *lobata* (Ono *et al.*, 1992; Ivancovich, 2005), *Lespedeza cuneata*, *Kummerowia striata*, *K. stipulaceae*, *Pisum sativum*, (Sato e Sato, 1982), *Lipinus albus*, *L. angustifolius*, *L. luteus*, *Lótus* spp. (Keogh, 1974), dentre outras.

Taxonomia

Alexopoulos *et al.* (1996) indicam que o fungo que causa a ferrugem asiática da soja é classificado da seguinte maneira:

Reino: Fungi
 Classe: Basidiomycetes
 Ordem: Uredinales
 Família: Phakopsoraceae
 Nome atual: *Phakopsora pachyrhizi* Sydow e Sydow
 Sinônimos: *Phakopsora sojae* Fujikuro
Phakopsora calothea H. Sydow
Malupa sojae (P. Hennings) Ono, Buritica, e Hennen comb. nov. (Anamorfo)
Uredo sojae P. Hennings

Etiologia

A ferrugem da soja é ocasionada por duas espécies descritas. Uma denominada como ferrugem asiática ou australiana, causada por *P. pachyrhizi* (forma anamórfica *Malupa sojae*), e a outra de ferrugem americana, causada por *P. meibomiae* (forma anamórfica *M. vignae*) (Hartman *et al.*, 1999), sendo a primeira mais agressiva que a segunda (Agrios, 2005).

A fase teleomórfica de *P. pachyrhizi* apresenta teliosporos irregularmente distribuídos em camadas de 2 a 7 esporos; as paredes dos teliosporos variam do amarelo ao pardo-claro, mas também podem ser hialinos, tendo espessura de 1.0 μm até 3.0 μm nos esporos mais externos da camada (Hartman *et al.*, 1999; Hennen e Reid, 2002; Reis *et al.*, 2006a). Na fase anamórfica, os uredosporos (Figura 4) medem 15-24 x 18-34 μm e são ovóides, com paredes de 1.0 μm de espessura e densamente equinulados, hialinos, amarelos ou marrom-claros. Segundo Littlefield e Schimming (1989), os uredosporos maduros quando molhados podem ser globosos ou ovalados e pedicelados. Para Sinclair e Backman (1993), os uredosporos podem ser expulsos em coluna através do poro central das uredias, estes, germinam dentro de 3-6 horas de incubação a 14-29° C (Hartman *et al.*, 1999).

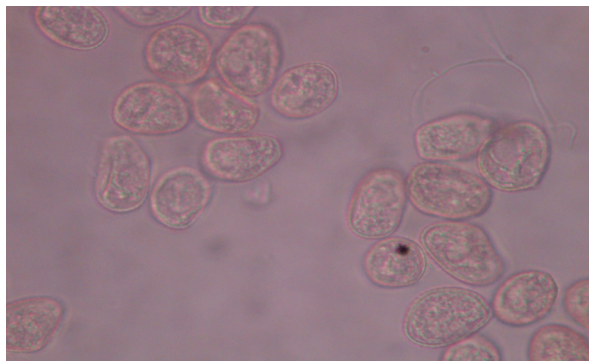


Figura 4. Uredosporos de *Phakopsora pachyrhizi* Sydow e Sydow (Bars = 10 μm).

Efeitos dos fatores climáticos sobre a doença

O principal objetivo da epidemiologia vegetal é entender os mecanismos que regulam o desenvolvimento das doenças. Numa cultura suscetível, o aumento da severidade da doença durante a estação de cultivo é determinado freqüentemente pelos fatores ambientais, principalmente temperatura e molhamento. Eles estão intrínsecos em muitos fatores que afetam o patossistema epidêmico, dentre os quais estão: ambiente (temperatura, duração de molhamento foliar e radiação), hospedeiro (idade da planta e da folha) e patógeno (idade dos uredosporos) (Alves *et al.*, 2006).

A intensidade da ferrugem asiática da soja é diretamente influenciada pela freqüência de chuvas ao longo do ciclo da cultura (Galloti *et al.*, 2006; Godoy *et al.*, 2009).

O fungo *P. pachyrhizi* tem a capacidade de infectar uma planta de soja em temperaturas de 15 a 28° C, com 6 a 12 horas de molhamento na superfície das folhas (Melching *et al.*, 1989). Quanto à germinação dos uredosporos, foi demonstrado que o fungo é capaz de germinar entre as temperaturas de 7 e 28° C, sendo a faixa ótima de 15 a 25° C (Marchetti *et al.*, 1976). Por outro lado, Nicolini *et al.* (2010a) relata que podem germinar desde 5 até 30° C, sendo a ótima 21° C, demonstrando assim que os seres pecilotérmicos são regulados pela temperatura e não pelo tempo cronológico. Num experimento desenvolvido *in vitro*, por Carlini *et al.* (2009), a germinação máxima de uredosporos atingiu 96.5% em placas de petri que continham 4.0 g de extrato de folha de soja-ágar. Segundo Melching *et al.* (1989), quando os uredosporos são analisados em meio ágar-água, não é observada a formação de apressório devido à consistência (mole) do meio de cultura.

Num trabalho conduzido na Austrália por Kochman (1979), o período latente foi de 14 dias numa faixa de temperatura variando de 7 a 17° C, nove dias na faixa de 17 a 27° C e 11 dias na faixa de 22 a 32° C. No Brasil, Reis *et al.* (2006a) relatam que *P. pachyrhizi* produz urédias 28 dias após a inoculação e que uma urédia individual pode produzir uredosporos durante 21 dias, paralisando o processo após 27 dias.

Em relação à formação de teliosporos por *P. pachyrhizi*, Dufresne *et al.* (1987) estudaram o efeito da temperatura e da intensidade de luz em dois isolados (Taiwan e Porto Rico), encontrando que o isolado proveniente de Taiwan produziu soros teliais aos 23 dias após a inoculação, enquanto que o isolado de Porto Rico produziu os teliosporos após 38 dias. As condições que induziram a formação de soros teliais foram baixa intensidade de luz (3.9 $\mu\text{E m}^{-2}$) e temperatura de 10° C. Em outro experimento, Sousa *et al.* (2006) relatam que a presença de soros teliais teve início aos 15 dias a 15° C. É importante assinalar que a formação de teliosporos é rara na maioria dos hospedeiros nas regiões tropicais, pois não há condições favoráveis como a umidade e a temperatura (Yeh *et al.*, 1981).

Bonde *et al.* (1976), Koch *et al.* (1983) e Zambenedetti *et al.* (2007a) relatam que *P. pachyrhizi*, ao contrário de outras ferrugens, apresenta penetração direta sobre a cutícula com a formação de apressório. Isard *et al.* (2006) estudaram o efeito da radiação solar expressado em megajoules metro⁻¹ quadrado (MJ m⁻²) sobre a mortalidade de *P. pachyrhizi*, onde acharam que uredosporos expostos a radiação solar de ≥ 27.3 MJ m⁻² não germinam. Os mesmos autores geraram uma equação linear relacionando a variável X (radiação solar dada em

MJ m⁻²) com a variável Y (germinação de uredosporos de *P. pachyrhizi* expostos), resultando $Y = -0.0307 X + 1.0084$. No Brasil, Nicolini *et al.* (2010b) relata que o tempo de exposição a radiação solar de cinco horas não ocorreu germinação de uredosporos, sendo que a medida que o tempo de exposição aumentou, a taxa de germinação dos uredosporos diminuiu, concluindo assim que a radiação solar interfere negativamente na germinação de uredosporos da ferrugem asiática.

Zambenedetti *et al.* (2007a) relatam que o período de incubação foi de seis dias para todos os sete genótipos avaliados. Entretanto, o período latente variou de seis a doze dias.

Para estudos epidemiológicos da ferrugem da soja, tem sido desenvolvido ao longo dos anos sistemas ou modelos que simulam e mostram o comportamento do fungo no tempo e no espaço, sejam em condições controladas ou no campo. Por exemplo, Yang *et al.* (1991a) produziram uma série de modelos empíricos que relacionam produção com área baixo a curva de progresso da doença (AACPD). Posteriormente, Yang *et al.* (1992), usando duração de área foliar sadia (HAD) como variável independente, conseguiram resultados sensivelmente superiores ao do trabalho anterior. Algo diferente foi proposto por Kim *et al.* (2005), que utilizaram variáveis biológicas e meteorológicas para prever o progresso da doença antes mesmo da infecção pelo patógeno. Também Pivonia e Yang (2006) criaram um modelo geral baseado na relação do ambiente e diferentes condições do desenvolvimento da ferrugem da soja (período de latência) em diferentes tempos em regiões importantes produtoras de grãos nos Estados Unidos (Baton Rouge, LA, Charlotte, NC; Indianapolis, IN; Minneapolis, MN.).

Igualmente, vem sendo gerados modelos climáticos de previsão da ferrugem da soja. Reis *et al.* (2004) elaboraram um sistema de previsão da ferrugem da soja tomando como base dados disponíveis na literatura. O modelo baseia-se nas condições climáticas favoráveis ao processo infeccioso, como a duração de molhamento foliar contínuo e a temperatura média durante essa subfase do ciclo das relações patógeno-hospedeiro, tendo assim como resultado uma equação que mostra a interação desses dois fatores sobre a intensidade de *P. pachyrhizi* (número de lesões por cm²). Del Ponte *et al.* (2006), utilizando dados de março de 2003 a maio de 2004 de 34 experimentos de campo de 21 locais do Brasil, geraram quatro modelos lineares. Esse estudo coloca a importância das precipitações pluviárias para influir nas epidemias da ferrugem da soja no Brasil, assim como seu uso potencial para proporcionar previsões de risco quantitativo em regiões onde a temperatura não é um fator limitante para o desenvolvimento da doença. Por outro lado, Pan *et al.* (2006) estudaram a dispersão

dos esporos de *P. pachyrhizi* e geraram um modelo integrado entre o transporte dos propágulos e o clima da região. O modelo prediz a trajetória e a concentração de esporos, informação que pode ser muito útil na previsão da doença.

Ciclo biológico do patógeno e da doença

Segundo Alexopoulos *et al.* (1996), de forma geral, as ferrugens podem produzir cinco estágios diferentes em seu ciclo de vida, sendo eles: estágio 0 (espermogônios produtores de espermácias e hifas receptivas), estágio 1 (aécia produzindo aéciosporos), estágio 2 (uredia produzindo urediniosporos), estágio 3 (télia produzindo teliosporos) e estágio 4 (basídias produzindo basidiosporos).

O agente causal da ferrugem da soja, o fungo *P. pachyrhizi* é um parasita biotrófico ou também denominado de parasita obrigatório. Segundo Reis *et al.* (2006a), biotrófico é aquele parasita que depende nutricionalmente dos tecidos vivos do hospedeiro, ou seja, da célula viva, de onde extraem os nutrientes essenciais a suas atividades vitais, apresentando assim menor número de oportunidades ou mecanismos para sobrevivência do que os necrotróficos.

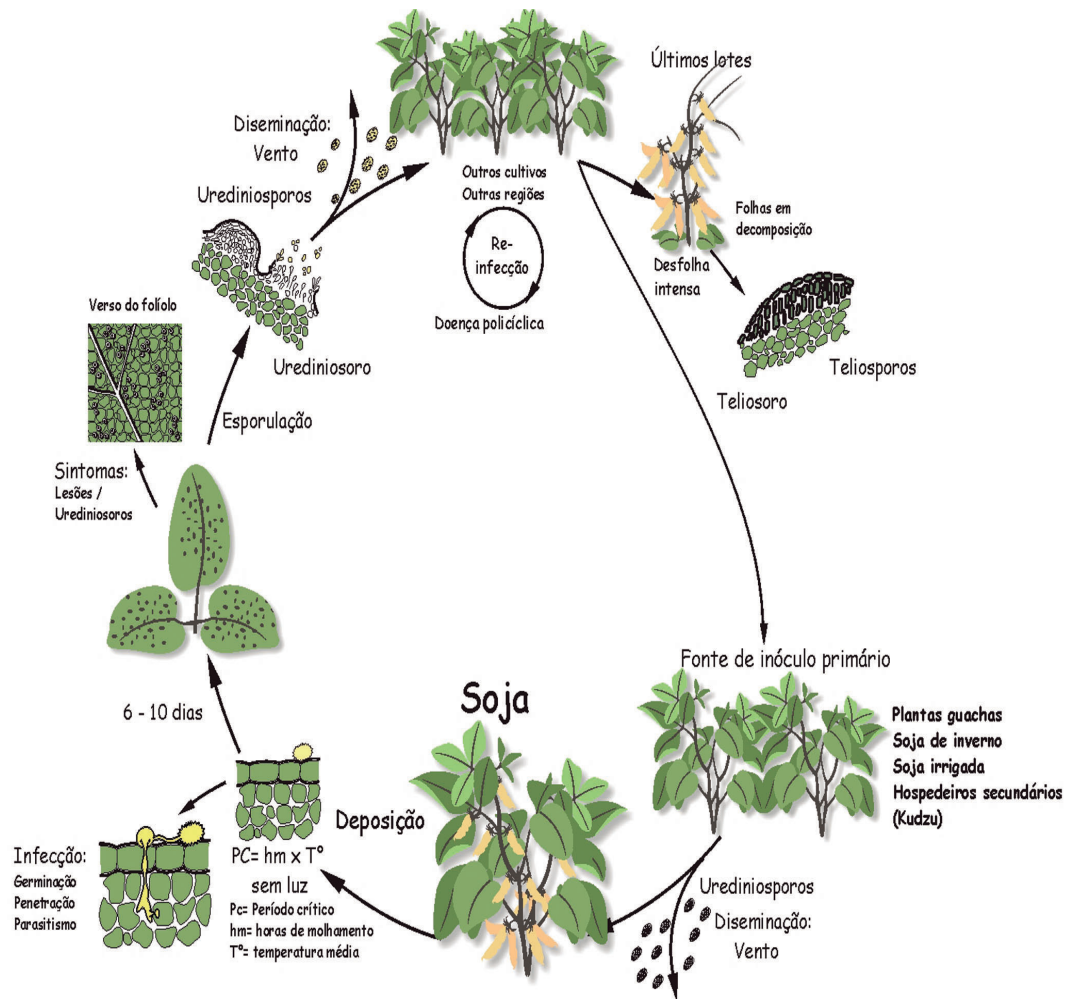
Reis *et al.* (2006a), Park *et al.* (2008) e Slaminko *et al.* (2008) indicam que uredosporos de *P. pachyrhizi* podem sobreviver no inverno de uma safra para outra em plantas de kudzu (*Pueraria lobata*), as quais servem de fonte de inóculo. Os esporos secos do fungo são disseminados pelo vento (Maude, 1996) ou por outros meios, como pessoas (Hartman e Haudenschild, 2009).

Para que ocorra a germinação, o fungo precisa de molhamento (água livre ou orvalho) e temperatura favorável. Marchetti *et al.* (1976) chegaram à conclusão que a melhor temperatura para o desenvolvimento da doença é entre 15 e 25° C, enquanto Kochman (1979) relata que a temperatura ótima para a germinação é de 21-27° C.

Bonde *et al.* (1976) e Koch *et al.* (1983) argumentam que a penetração ocorre seis horas após a deposição, diretamente através da cutícula. Zambenedetti *et al.* (2007a) observaram a formação de apressório entre quatro a seis horas após inoculação. O período latente pode durar 14 dias em temperaturas de 7 a 17° C, nove dias no regime de 17 a 27° C e 11 dias no de 22 a 32° C (Kochman, 1979).

A formação de lesões angulares se dá em função do crescimento das hifas serem restritas às nervuras da folha (Reis *et al.*, 2006a). A formação das urédias se dá por uma agregação de hifas, formando o primórdio uredial (Zambenedetti, 2005).

Para melhor esclarecimento do ciclo biológico da doença, pode-se observar a figura 5.



Ciclo da ferrugem da soja

(*Phakopsora pachyrhizi*)

Fonte : E.M. REIS - M.A. CARMONA

Figura 5. Ciclo biológico da ferrugem asiática da soja causada por *Phakopsora pachyrhizi* (Reis e Carmona, 2005 citado por Reis *et al.*, 2006a).

Progresso e análise temporal da doença

Os modelos matemáticos são uma das poucas ferramentas disponíveis para se comparar epidemias e distinguir variedades, tratamentos com fungicidas, técnicas de manejo, bem como gerar modelos de previsão e auxiliar na quantificação de danos e perdas (Bergamin Filho, 1995). Para o estudo do progresso de doenças, têm-se usado principalmente modelos empíricos, dentre os quais: Exponencial, Logístico, Gompertz e Monomolecular, e modelos flexíveis como o de Weibull (Jesus *et al.*, 2004). Também são citados os modelos de Richards, o dependente do tempo e o sigmóide duplo (Bergamin Filho e Amorim, 1996). Deve-se mencionar que existem poucos trabalhos a nível mundial e no Brasil sobre o progresso e análise temporal da ferrugem da soja até a presente data, utilizando os modelos

empíricos mencionados anteriormente.

Nos Estados Unidos, Kim *et al.* (2005) visando prever a taxa da infecção aparente de *P. pachyrhizi* antes de que aconteça mediante a combinação das variáveis meteorológicas e biológicas em duas cultivares: TK 5 e G 8587, geraram uma curva de progresso do modelo logístico para a melhor representação da epidemia causada pela ferrugem, tendo como resultante taxas de infecção aparente de (r^2) 0.1, 0.15 e 0.2.

Na Argentina, foi estudado o progresso da ferrugem da soja utilizando dados de severidade (urédias folíolos⁻¹) e incidência em três safras (2004-2005, 2005-2006 e 2006-2007) na Estação do INTA no Departamento do Paraná, para o qual foi utilizado o modelo logístico para incidência e exponencial para severidade, obtendo taxas de progresso entre 0.05 e 0.87 (Souza e Formento, 2008).

Já no Brasil, Gastaldi (2005) explicou o progresso da ferrugem com um modelo logístico com dados de severidade da ferrugem da soja. Em função do melhor ajuste, utilizou-se para o cálculo da taxa aparente de infecção a equação $r = (1/t) * (\ln(x/(1-x)) - \ln(x_0/(1-x_0)))$. Da mesma forma, Tsukahara *et al.* (2008) explicou o desenvolvimento da ferrugem com um modelo logístico, pois foi também o que melhor se ajustou aos dados de severidade da doença para os dois locais testados, com coeficiente de determinação (R^2) igual a 0.95 (Arapoti) e 0.98 (Castro). Por outro lado em Campo Verde, MT, Blum *et al.* (2004) avaliou e explicou o progresso da doença em relação ao número de lesões cm^{-2} com um modelo linear simples, achando um incremento diário de 0.8867 de lesões cm^{-2} . Para a incidência medida em folíolos foi explicado pelo

modelo Monomolecular não linear, obtendo a equação $IF = 1 - (1 - 0.001) \text{EXP}(-0.098 t)$ com R^2 0.96, onde IF é a incidência em folíolos e t o tempo. Já em Passo Fundo, RS, a taxa diária da ferrugem asiática foi de 0.3263 unidades ao dia, atingindo em 22 dias 96% de incidência (Reis *et al.*, 2006b). Entretanto, Garcés (2010) na mesma região, estudando o progresso da doença em função da incidência e severidade nos estratos inferior, médio e superior, e meio da planta, encontraram taxas de progresso parecidas (0.13; 0.14; 0.13 e 0.06) no modelo Logístico e (0.10; 0.10; 0.11 e 0.4) no de Gompertz (Tabela 1). Avozani *et al.* (2010) no mesmo local acharam taxas de 3.96 e 3.80 unidades ao dia nas cultivares Apolo RR e Fundacep 55 RR, respectivamente, com base na incidência da ferrugem.

Tabela 1. Quantidade inicial (Y_0), taxa de progresso da ferrugem asiática (r) estimados pelos modelos Logístico e de Gompertz, coeficiente de determinação (R^2) e quadrado médio do resíduo (QMR), obtidos nos respectivos modelos para a severidade (%) em proporções de plantas de soja, cultivar Nidera 5909 RG. Passo Fundo, RS, safra 2009-2010

Estratos	Logístico				Gompertz			
	Y_0	r	R^2	QMR	Y_0	r	R^2	QMR
Inferior	205.2	0.13	0.92	0.2539	4.60	0.10	0.93	0.2651
Médio	279.4	0.14	0.95	0.2889	4.75	0.10	0.96	0.2848
Superior	598.8	0.13	0.88	0.6647	5.95	0.11	0.88	0.6641
Média	15.76	0.06	0.99	0.0202	2.64	0.04	0.98	0.0325

Redução na área foliar e nos componentes do rendimento na cultura da soja

Na abordagem na análise do dano por doenças envolve sua relação com a área foliar da planta, e desta com o rendimento de grãos. Van der Plank (1963) menciona que para avaliar os efeitos proporcionados pelo controle químico, relaciona-se produção com área foliar doente (severidade) ou área foliar removida (desfolha). Na quantificação de produção, a variável mais relevante do crescimento do hospedeiro é a área foliar total por unidade de área de terreno, essa variável é conhecida como índice de área foliar (IAF) (Bergamin Filho e Amorim, 1996). A perda de área foliar causadas pelas doenças afeta a interceptação de luz, a capacidade fotossintética, o acúmulo de fotossintatos e o período do enchimento de grãos (Board *et al.*, 1994). Agrios (2005) menciona que a ferrugem apresenta lesões e urédias nos dois lados da folha e reduz significativamente a habilidade de realizar a fotossíntese, produzindo assim grandes danos na cultura da soja.

Na literatura encontra-se muitos trabalhos onde foram estudados a variável IAF, com o patossistema

soja-*P. pachyrhizi* (Yang 1991b, 1992; Garcés, 2010) entre outros. Garcés (2010) comprovou que a ferrugem asiática é a importante causa de desfolha na cultura da soja, quanto maior a quantidade de ferrugem, maior o número de urédias por unidade de área, portanto, maior interferência no metabolismo da folha e maior a perda de água, com reflexo na durabilidade dos.

Bromfield (1984) menciona que a ferrugem asiática da soja pode causar decréscimo no enchimento de vagens por planta, número normal de vagens por planta, número de sementes por planta, peso de sementes por planta e de 1,000 sementes. No entanto, Garcés (2010) relata que os componentes do rendimento de grãos, avaliados com número de vagens e grãos por planta, assim como grãos por vagem, não variaram significativamente entre os diversos tratamentos, apesar das diferenças numéricas, embora tenha grande variação entre blocos e unidades experimentais, resultando em coeficientes de variação elevados. Por outro lado, na análise entre os estratos da planta, os componentes do rendimento foram muito similares entre si nas partes média e superior.

Estratégias de manejo integrado

A ferrugem da soja é uma doença destrutiva em todos os países onde foi detectada, e tem sido alvo de exaustivo controle. Embora na literatura encontram-se muitos trabalhos de controle químico, existem outros tipos de controle como cultural, genético e alternativo, sendo também alvos de estudo.

Controle cultural. Uma das indicações de controle cultural é aumentar a área de rotação de culturas, pois onde se pratica essa medida por um ano, com gramíneas como milho, sorgo e arroz, no lugar da soja safrinha, tem facilitado o controle da ferrugem (Yorinori, 2004; Zambolin, 2006), pois favorece o manejo de plantas voluntárias.

O principal mecanismo de sobrevivência de fungos biotróficos, como *P. pachyrhizi*, é o parasitismo de plantas vivas no período em que o hospedeiro principal não está sendo cultivado. Reis *et al.* (2006a) relatam que as plantas de soja que se desenvolvem espontaneamente nas lavouras, como resultado da perda de grãos na colheita, aumentam o período da presença de soja-verde, garantindo a sobrevivência parasitária de *P. pachyrhizi* por período determinado, razão pela qual a população destas plantas deveria ser reduzida ou eliminada. Outra fonte de inóculo são os hospedeiros secundários. No Rio Grande do Sul, Brasil, o kudzú é um dos principais (Reis *et al.*, 2005).

Também é necessário fazer um manejo da irrigação por aspersão, a fim de reduzir o molhamento foliar que favorece a germinação dos esporos e a penetração do fungo na planta (Reis *et al.*, 2006a).

A utilização de cultivares de ciclo precoce diminui o tempo de exposição da planta ao patógeno, da mesma forma a realização da semeadura em épocas preferências, evitando-se semeaduras tardias (Reis *et al.*, 2006a), pois a carga de inóculo é maior em função da multiplicação do fungo nos primeiros cultivos (Yorinori, 2004).

O arranjo populacional das plantas também pode contribuir para atenuar a ferrugem. Ferreira (2009) e Ramos *et al.* (2009) observaram que maior espaçamento entre linhas de cultivo resulta em menor severidade da ferrugem e também permite melhor distribuição do fungicida durante a aplicação, facilitando o manejo da doença. Se a densidade da semeadura for alta em espaçamentos densos, haverá dificuldade de penetração da calda e, conseqüentemente poderá haver cobertura deficiente das folhas no dossel, sendo assim o controle da doença deficiente, mesmo adotando-se fungicida eficiente (Zambolin, 2006).

Controle genético (resistência de cultivares). Tem

sido difícil encontrar materiais resistentes às ferrugens, pois como descreve Van der Plank (1968) os poucos materiais catalogados como resistentes, tem resistência vertical ou monogênica, carecendo de resistência horizontal ou poligênica, devido à variabilidade das ferrugens. Não se dispendo de cultivares resistentes indicadas comercialmente, torna-se o controle químico a alternativa mais eficaz no controle da doença (Navarini *et al.*, 2007). No entanto, a utilização de resistência à ferrugem da soja é uma das estratégias mais eficazes a longo prazo para controlar a doença (Shuxian, 2010).

Cinco das principais fontes de resistência à ferrugem asiática foram identificadas em soja: Rpp1 (Cheng e Chan, 1968; Mclean e Byth, 1980; Hartwig e Bromfield, 1983), Rpp2 (Hidayat e Somaatmadja, 1977), Rpp3 (Bromfield e Hartwig, 1980; Van de Mortel, *et al.*, 2007), Rpp4 (Hartwig, 1986) e Rpp5 (Garcia *et al.*, 2008). Juntas, as análises genéticas e moleculares sugerem vários alelos ou genes estreitamente ligados que governam a resistência a ferrugem da soja (Garcia *et al.*, 2008).

Zambenedetti *et al.* (2007b) estudando os genótipos PI 230970 e PI 459025 apresentaram baixa porcentagem de urediniosporos germinados e de formação de apressórios. Nestes genótipos a formação de apressório começou seis horas após a inoculação, enquanto que, nos demais cultivares ocorreram quatro horas após a inoculação. Estes genótipos podem apresentar genes de resistência Rpp2 e Rpp4, respectivamente (Hartwig e Bromfield, 1983; Hartwig, 1986). Outra pesquisa realizada por Pham *et al.* (2009) encontrou que quando cada uma das fontes de resistência conhecidas (Rpp1 a Rpp4) foi avaliada com três isolados da ferrugem asiática, os cultivares PI200492 (Rpp1) e PI462312 (Rpp3), produziram uma resposta diferencial enquanto PI230970 (Rpp2) e PI459025B (Rpp4) produziu lesões suscetíveis. Koga *et al.* (2008) avaliando os componentes da resistência a ferrugem asiática em 48 cultivares de soja, selecionaram alguns grupos de genótipos que podem ser considerados promissores como fontes de genes de resistência à doença.

Recentemente foi realizada uma análise da reação de vários genótipos de soja a três populações de ferrugem asiática, uma proveniente de Japão e duas do Brasil, encontrando apenas dois genes de resistência, sendo eles Rpp4 presente na variedade PI459025 e Rpp5 na variedade Shiranui que conferiram resistência a três populações do fungo (Yamanaka *et al.*, 2010).

No Brasil, para a safra 2009-2010 foi disponibilizado aos agricultores em algumas regiões brasileiras os cultivares de soja TMG 801-INOX® e TMG 803-INOX® com resistência a ferrugem asiática (FUNDAÇÃO MT, 2009). No Equador ainda não

existem genótipos resistentes à doença.

Controle alternativo. Existem muitos trabalhos realizados sobre esta modalidade, mas na sua maioria *in vitro*, onde mostram resultados satisfatórios como exemplo aqueles relatados por Medice (2007), utilizando óleos essenciais de eucalipto citriodora (*Corymbia citriodora*), citronela (*Cymbopogon nardus*), nim (*Azadirachta indica*) e tomilho (*Thymus vulgaris* L.). Todos esses óleos reduziram drasticamente a germinação de urédiosporos. Também Maciel *et al.* (2009) empregando extratos aquosos de tiririca (*Cyperus rotundus*) obtidos por infusão, obtiveram inibições de até 14% na germinação de esporos. Medice (2007) realizando um experimento *in vivo*, relata que o óleo de tomilho (*Thymus vulgaris* L.) agiu sobre a germinação de urédiosporos na folha, na formação de urédias e sobre a viabilidade dos urédiosporos, reduzindo a doença em até 69.59%.

Controle químico. Com o aparecimento da ferrugem asiática, o uso de fungicidas na cultura da soja aumentou, sendo até a presente data a ferramenta, mas importante para controlar o fungo e evitar reduções na produtividade danos na produção e perdas ao produtor.

Informações sobre a eficiência de fungicidas para controle das diferentes doenças são cada vez mais necessárias para orientar a sua correta utilização no campo (Godoy *et al.*, 2007).

Segundo o MAPA (2009), os fungicidas registrados para o controle da ferrugem asiática da soja no país, até hoje, em pulverização na parte aérea da cultura, isolados e/ou em mistura são os seguintes: azoxistrobina, ciproconazol, difenoconazol, epoxiconazol, fluquinconazol, flutriafol, metconazol, miclobutanil, picoxistrobina, propiconazol, protioconazol, tebuconazol, tetraconazol, azoxistrobina+ciproconazol, carbendazim+flutriafol, ciproconazol+picoxistrobina, ciproconazol+propiconazol, ciproconazol+trifloxistrobina, epoxiconazol+piraclostrobina, flutriafol+tiofanato metílico, propiconazol+trifloxistrobina e tebuconazol+trifloxistrobina, totalizando 54 formulações comerciais. Para o tratamento de sementes encontra-se registrado o princípio ativo fluquinconazol, em apenas uma formulação comercial.

Dentre os critérios para o uso de fungicidas por vários anos foram ajustados procurando-se a melhor resposta de controle quando a soja encontrava-se entre florescimento, formação de legume e início e meio da granação. Até hoje se discute critérios para iniciar seu controle: preventivo, primeiros sintomas, 5% de incidência foliar, estágio de desenvolvimento (que variou muito entre indicações e opinião de pesquisadores nestes poucos anos de ocorrência da doença), no pré-

fechamento das linhas de semeadura, com base em parcelas armadilhas, considerando clima e prevendo clima e infecção (Deuner *et al.*, 2009).

Hartman *et al.* (1991) relatam que fungicidas aplicados de forma preventiva tem se destacado como estratégia mais eficaz no controle desta doença. Estudos realizados mostram também que, em condições severas de epidemia, são necessárias de três a cinco aplicações em intervalos de 10 dias (Sinclair e Hartman, 1995). Já (Levy, 2005) com relação a momento de aplicação, conduzindo ensaios na África, mostraram que três ou mais aplicações foram necessárias para manter o potencial produtivo, enquanto que uma ou duas aplicações foram insuficientes para controlar a doença.

A ocorrência de uma doença na fase vegetativa da soja e a necessidade de melhor distribuição do fungicida nas partes inferiores da planta levam a aplicações de fungicidas antes da fase reprodutiva (Almeida *et al.*, 2009b). Em cultivares com maior carga de vagens e grãos no terço inferior, aplicações de fungicidas nos estádios vegetativos otimizam o controle de doenças e potencializam o rendimento de grãos (Almeida *et al.*, 2009a).

Também tem que ter em conta que a eficiência de um tratamento depende não somente da quantidade do material depositado sobre a vegetação, mas também da uniformidade do alvo, sendo de maneira geral, a deposição menor nas partes baixas e internas do dossel das culturas (Cunha *et al.*, 2006).

Alem da discrepância sobre o momento de aplicação dos fungicidas, ultimamente vem-se apregoando a aceitação da sensibilidade de fungicidas, no caso específico do tebuconazol a *P. pachyrhizi*. Em relação a esse tema, existem poucas referências indicando este fato, seja por tabu ou por afirmar essa ocorrência de maneira científica. Para isto Alvim *et al.* (2009a, 2009b) e Garcés (2010) relatam que o fungicida tebuconazol pertencente ao grupo dos triazóis, aplicado de forma isolada apresentou menor eficácia no controle da ferrugem da soja, podendo ser atribuído a redução na sensibilidade do fungo ao fungicida. Já Garcés (2010) relata que aplicações realizadas antes do fechamento do espaço entre linhas de cultivo resultam em melhor controle, pois permitem distribuir o fungicida na parte inferior da planta, além de atingir a doença no seu início. O mesmo autor relata que a mistura de triazol + estrobilurina é mais efetiva que o triazol sozinho no controle da ferrugem asiática (Figura 6). A eficácia destes grupos químicos em controlar a ferrugem asiática da soja é corroborado por Godoy e Canteri (2004), Godoy *et al.* (2007), Scherm *et al.* (2009) e Viero (2008).

O monitoramento da intensidade da doença no campo juntamente com as condições climáticas

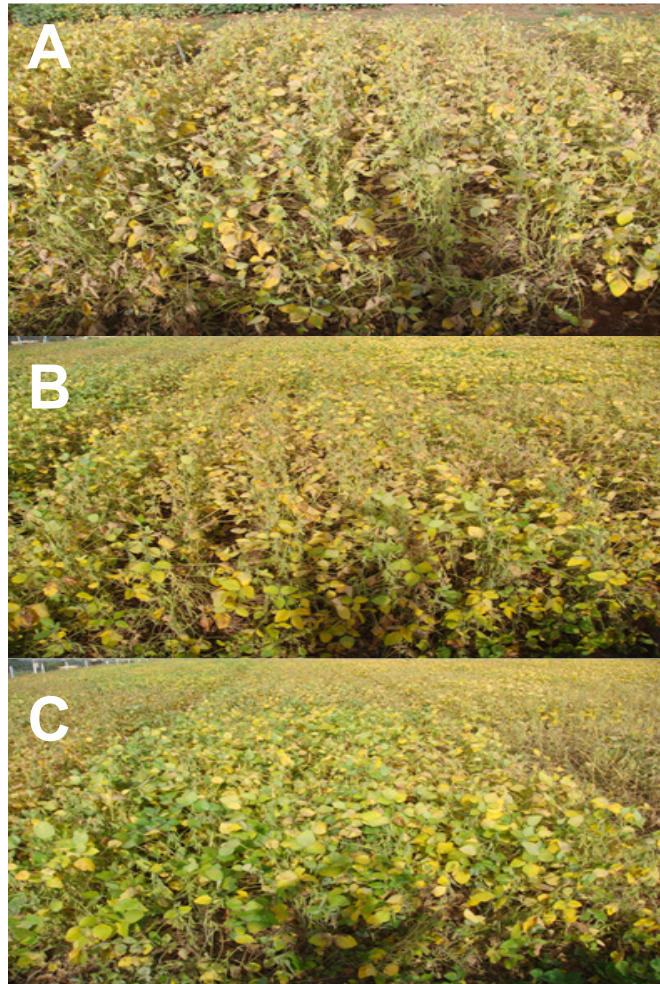


Figura 6. Tratamentos de soja: sem aplicação de fungicida (A), aplicado somente triazol (B) e uma mistura de triazol + estrobirulina (C) (Garcés, 2010).

(temperatura, umidade relativa, horas de molhamento foliar, precipitação pluviométrica, vento e outros fatores) são fundamentais no manejo integrado de doenças (MID) de plantas (Zambolim *et al.*, 2007). O mesmo autor menciona que a ferrugem asiática apresenta provável surgimento de resistência cruzada entre fungicidas. Este fato faz que se torne mais importante ainda o manejo da doença de forma integrada, utilizando todas ou a maioria das técnicas estipuladas neste artigo, obtendo assim uma baixa intensidade da doença e maior área foliar nas plantas de soja em uma lavoura, assim como altos rendimentos (kg ha^{-1}) e excelente produtividade para o produtor.

AGRADECIMENTOS

A Secretaria Nacional de Educação Superior, Ciência, Tecnologia e Inovação do Equador – SENESCYT pela bolsa concedida ao primeiro autor

para estudos de Maestria em Agronomia com Área em Fitopatologia na Universidade de Passo Fundo, RS, Brasil.

LITERATURA CITADA

- Agrios, G. N. 2005. Plant Pathology (5th Ed.). Amsterdam, Elsevier Academic Press.
- Akinsanmi, O. A., J. L. Ladipo, P. O., and Oyekan, 2001. First report of soybean rust (*Phakopsora pachyrhizi*) in Nigeria. Plant Disease 85(1):97.
- Alexopoulos, G. J., C. W. Mims and M. Blackwell. 1996. Introductory Mycology (4th Ed.). New York, Jhon Wiley e Sons.
- Almeida, A. M. R., L. P. Ferreira, J. T. Yorinori, J. F. V. Silva, A. A. Henning, C. V. Godoy, L. M. Costamilan, e M. C. Meyer. 2005. Doenças de soja. Em: Kimati, H., L. Amorim, J. A. M. Rezende, A. Bergamin Filho e L. E. A. Camargo

- (Eds.) Manual de Fitopatologia. Vol. 2 (4ta Ed.). Piracicaba, Livrocerep. p. 376-399
- Almeida R., C. A. Forcelini, e F. R. Garcés. 2009a. Análise de distribuição dos componentes de rendimento na planta como critério para a época de aplicação de fungicidas em soja. *Tropical Plant Pathology* 34 (Suplemento): S79 (Resumo).
- Almeida R., C. A. Forcelini, e F. R. Garcés. 2009b. Controle de doenças em soja através de aplicações antecipadas de fungicida. *Tropical Plant Pathology* 34 (Suplemento): S79 (Resumo).
- Alves, S. A. M., G. Q. Furtado, e A. Bergamin Filho. 2006. Influência das condições climáticas sobre a ferrugem da soja. Em: Zambolim, L. (Org.). *Ferrugem Asiática da Soja*. Visconde do Rio Branco, MG, Suprema Gráfica e Editora. p. 37-59.
- Alvim Jr., M. G., F. C. Juliatti, M. S. Alvim, F. O. S. Parreira, P. S. Silva, B. C. M. Juliatti, A. A. Rezende, J. A. S. Martins, e E. Sagata. 2009a. Avaliação de fungicidas registrados no MAPA no controle da ferrugem da soja. *Tropical Plant Pathology* 34 (Suplemento): S84 (Resumo).
- Alvim, M. S., F. C. Juliatti, M. G. Alvim Jr., F. O. S. Parreira, P. S. Silva, B. C. M. Juliatti, A. A. Rezende, e E. Sagata 2009b. Novos fungicidas no controle da ferrugem na cultura da soja. *Tropical Plant Pathology* 34 (Suplemento): S98 (Resumo).
- Andrade, P. J. M., e Andrade, D. F. A. 2002. Ferrugem asiática: uma ameaça a sojicultura brasileira. Dourados, EMBRAPA. (Circular técnica, 11).
- Avozani, A., E. M. Reis, A. L. D. Danelli, R. B. Tonin, F. Nicolini, e F. R. Garcés. 2010. Progresso da ferrugem da soja na safra 2009/10 em Passo Fundo/RS. *Tropical Plant Pathology* 34 (Suplemento): S139 (Resumo).
- Bandyopadhyay, R., P. S. Ojiambo, M. Twizeyimana, B. Asafo-Adjei, R. D. Frederick, K. F. Pedley, C. L. Stone, and G. L. Hartman. 2007. First Report of Soybean Rust Caused by *Phakopsora pachyrhizi* in Ghana. *Plant Disease* 91(8): 1057-1057.
- Bergamin Filho, A. 1995. Curvas de progresso da doença. Em: Bergamin Filho, A., H. Kimati e L. Amorim. (Eds.) Manual de Fitopatologia: Princípios e conceitos. São Paulo, Ceres. Vol. 1.
- Bergamin Filho, A., e L. Amorim. 1996. Doenças de Plantas Tropicais: Epidemiologia e Controle Econômico. São Paulo, Ceres.
- Blum, M. M. C., E. M. Reis, e C. A. Forcelini, C. A. 2004. Progresso da ferrugem da soja. *Fitopatologia Brasileira* 29 (Suplemento): S248 (Resumo).
- Board, J. E., A. T. Wier, and D. J. Boethel. 1994. Soybean yield reductions caused by defoliation during mid to late seed filling. *Agron. J.* 86:1074-1079.
- Bonde, M. R., J. S. Melching and K. R. Bromfield. 1976. Histology of the suscept-pathogen relationship between *Glycine max* and *Phakopsora pachyrhizi* the cause of soybean rust. *Phytopathology* 66:1290-1294.
- Bonde, M. R., S. E. Nester, C. N. Autin, C. L. Stone, R. D. Frederick, G. L. Hartman, and M. R. Miles. 2006. Evaluation of virulence of *Phakopsora pachyrhizi* and *P. meibomia* isolates. *Plant Disease* 90(6):708-716.
- Bromfield, K. R. 1984. Soybean Rust. Monograph No. 11. St. Paul, American Phytopathological Society.
- Bromfield, K. R., and E. E. Hartwig. 1980. Resistance to soybean rust and mode of inheritance. *Crop Science* 20:254-255.
- CABI (Centre for Agricultural Bioscience International). 2001. *Phakopsora pachyrhizi*. From Crop Protection Compendium, a CD-ROM available from CAB International, Wallingford, Oxon OX10 8DE. E-mail: cabi@cabi.org
- Cárcamo-Rodríguez, A., J. Aguilar-Ríos, and J. R. Hernández. 2006. First Report of Asian Soybean Rust Caused by *Phakopsora pachyrhizi* from Mexico. *Plant Disease* 90(9):1260-1260.
- Carlini, R. C., M. M. Muliterno, F. R. Garcés, e E. M. Reis. 2009. Efeito da concentração de folhas de soja em substratos para a germinação e crescimento do tubo germinativo de *Phakopsora pachyrhizi*. *Tropical Plant Pathology* 34 (Suplemento): S117 (Resumo).
- Carvalho Jr., A. A., e M. B. A. Figueiredo. 2000. A verdadeira identidade da ferrugem da soja no Brasil. *Summa Fitopatológica* 26:197-200.
- Cheng, Y. W., and K. L. Chan. 1968. The breeding of rust resistant soybean Tainung 3. *J. Taiwan Agr. Res.* 17:30-34.
- CONAB (Companhia Nacional de Abastecimento BR). 2009. Acompanhamento da safra brasileira 2008-2009 – Intenção de plantio, primeiro levantamento. Out. 2009. (em línea). Consultado 14 Out. 2009. Disponível em http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/1graos_09.10.pdf
- Costamilan, L. M., P. F. Bertagnolli, e J. T. Yorinori. 2002. Perda de rendimento de grãos de soja causada por ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*). *Fitopatologia Brasileira* 27 (Suplemento): S100 (Resumo).
- Cunha, J. P. A. R., E. F. Reis, e R. O. Santos. 2006. Controle químico da ferrugem asiática da soja em função de ponta de pulverização e de volume de calda. *Ciência Rural* 36(5):1360-1366.
- Del Ponte, E. M., C. V. Godoy, X. Li, and X. B. Yang. 2006. Predicting severity of Asian soybean rust epidemics with empirical rainfall models.

- Phytopathology 96:797-803.
- Deslandes J. A. 1979. Ferrugem da soja e de outras leguminosas causadas por *Phakopsora pachyrhizi* no Estado de Minas Gerais, Fitopatologia Brasileira 4:337-339.
- Deuner, C., F. Nicolini, e R. C. Carlini. 2009. Histórico de evolução ao dos critérios de aplicação de fungicidas usados na cultura da soja, no Brasil. Em: Reis, E. M. (Org.). Critérios Indicadores do Momento para Aplicação de Fungicidas visando ao Controle de Doenças em Soja e Trigo. Passo Fundo, Aldeia Norte. p. 27-30.
- Díaz, H., I. Busto, O. Velázquez, M. Fernández, J. González, y J. Ortega. 1992. El cultivo de la soja para granos y forrajes. Costa Rica, CIDA. (Boletín Técnico).
- Du Preez, E. D., N. C. Van Rij, K. J. Lawrance, M. R. Miles, and R. D. Frederick. 2005. First report of soybean rust caused by *Phakopsora pachyrhizi* on dry beans in South Africa. Plant Disease 89:206.
- Dufresne, L. A., G. A. Bean, M. R. Bonde, and R. W. Goth. 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.
- Ferreira, M. C. 2009. Aplicações de fungicida para o controle da ferrugem asiática da soja e interações com diferentes arranjos espaciais da cultura. Dissertação de Mestrado em Agronomia. Fitopatologia. Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo.
- FUNDAÇÃO DE APOIO A PESQUISA AGROPECUÁRIA DE MATO GROSSO – FUNDAÇÃO MT. Cultivares de sojas convencionais. (em línea). Consultado 15 dezembro 2009. Disponível em <http://www.fundacaomt.com.br/soja/>
- Galloti, G. J. M., A. A. Balbinot Jr., e R. L. Backes. 2006. Efeito da época de semeadura e da aplicação de fungicidas no progresso da ferrugem asiática, oídio e doenças de final de ciclo na cultura da soja. Ciências Agroveterinárias 4(2): 87:93.
- Garcés, F. R. 2010. Efeito de programas de aplicação de fungicidas no progresso da ferrugem, no seu controle e na área foliar da soja. Dissertação de Mestrado em Agronomia/Fitopatologia. Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo. 100 p.
- Garcés, F. R., E. M. Reis, C. De. A. Cardoso, e C. A. Forcelini. 2010a. Umbral numérico de infección de *Phakopsora pachyrhizi* en el cultivo de soya. Tropical Plant Pathology 35 (Suplemento): S168 (Resumo).
- Garcés, F. R., E. M. Reis, E. Deuner, F. Nicolini, R. B. Tonin, e A. Avozani. 2010b. Severidad de *Phakopsora pachyrhizi* en el cultivo de soya en condiciones de invernadero. Tropical Plant Pathology 35 (Suplemento): S169 (Resumo).
- Garcia, A., E. S. Calvo, R. A. Souza de Kiihl. A. Harada, D. M. Hiromoto, and R. G. E. Vieira. 2008. Molecular mapping of soybean rust (*Phakopsora pachyrhizi*) resistance genes: discovery of a novel locus and alleles. Theor. Appl. Genet. 117: 545-553.
- Gastaldi, L. F. 2005. Eficiência de fungicidas e efeito do ambiente na severidade da ferrugem asiática causada por *Phakopsora pachyrhizi* em soja. Dissertação de Mestrado em Agronomia. Universidade Estadual de Londrina, Londrina.
- Godoy, C. V., e M. G. Canteri. 2004. Efeito protetor, curativo e erradicante de fungicidas no controle da ferrugem da soja causada por *Phakopsora pachyrhizi*, em casa de vegetação. Fitopatologia Brasileira 29: 97-101.
- Godoy, C. V., C. B. Pimenta, D. S. Miguel-Wruck, E. U. Ramos Jr., F. V. Siqueri, H. R. Feksa, I. Dos Santos, I. O. N. LOPES, J. Nunes Jr., M. A. Ito, M. M. Yamamoto, M. F. Ito, M. C. Meyer, M. Dias, M. C. Martins, N. S. Almeida, N. S. Andrade, P. J. M. Andrade, P. I. M. Souza, R. S. Balardin, R. Barros, S. A. Silva, S. H. Furlan, e W. L. Gavassoni. 2007. Eficiência de fungicidas para controle da ferrugem asiática da soja, *Phakopsora pachyrhizi*, na safra 2006/07. Resultados sumarizados dos ensaios em rede. Londrina, EMBRAPA-Soja. (Circular Técnica, 42).
- Godoy, C. V., A. M. Flausino, L. C. M. Santos, e E. M. Del Ponte. 2009. Eficiência do controle da ferrugem asiática da soja em função do momento de aplicação sob condições de epidemia em Londrina, PR. Tropical Plant Pathology 34: 56-61.
- Hartman, G. L., and J. S. Haudenschild. 2009. Movement of *Phakopsora pachyrhizi* (soybean rust) spores by non-conventional means. European Journal Plant Pathology 123: 225–228.
- Hartman, G. L., J. B. Sinclair, and J. C. Rupe. 1999. Compendium of Soybean Diseases (4ta Ed.). APS Press, Minnesota.
- Hartman, G. L., T. C. Wang, and A. T. Tschanz. 1991. Soybean rust development and the quantitative relationship between rust severity and soybean yield. Plant Disease 75: 596-600.
- Hartwig, E. E. 1986. Identification of a fourth major gene conferring resistance to soybean rust. Crop Science 26: 1135-1136.
- Hartwig, E. E., and K. R. Bromfield. 1983. Relationships among three genes conferring specific resistance to rust in soybeans. Crop Science 23: 237-239.

- Hennen, J., and F. Reid. 2002. NPAG Data: *Phakopsora Pachyrhizi* Australasian Soybean Rust. Draft - December 9.
- Hennings, V.P. 1903. [A few new Japanese Uredinaceae]. *Hedwigia* 42: S107-108.
- Henning, A. A., e C. V. Godoy. 2006. Situação da ferrugem da soja no Brasil e no mundo. Em: Zambolim, L. (Org.). *Ferrugem Asiática da Soja*. Suprema Gráfica e Editora, Visconde do Rio Branco. p. 1-14.
- Hidayat, O. O., and S. Somaatmadja. 1977. Screening of soybean breeding lines for resistance to soybean rust (*Phakopsora pachyrhizi* Sydow). *Soybean Rust News* 1: 9-22.
- INEC, MAG, SICA. 2002. III CENSO NACIONAL AGROPECUARIO. Resultados Nacionales y Provinciales. Instituto Nacional y Estadística del Ecuador-INEC, Ministerio de Agricultura y Ganadería-MAG, Servicio de Servicio y Censo Agropecuario-SICA. Quito, Ecuador.
- Isard, S. A., N. S. Dufault, M. R. Miles, G. L. Hartman, J. M. Russo, E. D. De Wolf, and W. Morel. 2006. The effect of solar irradiance on the mortality of *Phakopsora pachyrhizi* urediniospores. *Plant Disease* 90: 941-945.
- Ivancovich, A. 2005. Soybean rust in Argentina. *Plant Disease* 89(6): 667-668.
- Jesus Jr. W. C., E. A. Pozza, F. X. R. Vale, e G. Mora-Aguilera. 2004. Análise Temporal de Epidemias. Em: Vale, F. X. R., W. C. Jesus Jr., e L. Zambolim. (Eds.). *Epidemiologia Aplicada ao Manejo de Doenças de Plantas*. Perfil Editora, Viçosa.
- Kawuki, R. S., E. Adipala, and P. Tukamuhabwa. 2003. Yield loss associated with soya bean rust (*Phakopsora pachyrhizi* Syd.) in Uganda, *Journal of Phytopathology* 151: 7-12.
- Keogh, R. C. 1974. Studies on *Phakopsora pachyrhizi* Syd.: the causal agent of soybean rust. 1974. Dissertation of Master to Agronomy. University of Sydney, Sydney.
- Killgore, E., and R. Heu. 1994. First report of soybean rust in Hawaii. *Plant Disease* 78: 1216.
- Kim, K. S., T. C. Wang, and X. B. Yang. 2005. Simulation of apparent infection rate to predict severity of soybean rust using a fuzzy logic system. *Phytopathology* 95: 1122-1131.
- Koch, E., F. Ebrahim-Nesbat, and H. H. Hoppe. 1983. Light and electron microscopic studies on the development of soybean rust (*Phakopsora pachyrhizi* Syd.) in susceptible soybean leaves. *Journal of Phytopathology* 106: 302-320.
- Kochman, J. K. 1977. Soybean rust in Australia. In: Ford, R. E., and J. B. Sinclair. (Eds.). *Rust of soybean – The problem and research needs*. Nº 12. University of Illinois, Urbana.
- 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., M. C. Canteri, E. S. Calvo, J. R. Unfried, A. Garcia, A. Harada, and R. A. S. Kiihl. 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.
- Littlefield, L. J., and W. K. Schimming. 1989. Size and shape of Urediniospores as influenced by ambient relative humidity. *Mycotaxon* 36: 187-204.
- Lynch, T. N., J. J. Marois, D. L. Wright, P. F. Harmon, C. L. Harmon, M. R. Miles, and G. L. Hartman. 2006. First report of soybean rust caused by *Phakopsora pachyrhizi* on *Phaseolus* spp. in the United States. *Plant Disease* 90: 970.
- Maciel, P, H, F, Z, A., C. A. Viecelli, F. Mioranza, e T. Dalla Nora. 2009. Controle in vitro de *Phakopsora pachyrhizi* por extratos de *Cyperus rotundus*. *Tropical Tropical Plant Pathology* 34 (Suplemento): S32 (Resumo).
- MAPA. 2009. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. (em linha). Consultado 21 agosto 2009. Disponível em: <http://extranet.agricultura.gov.br/sislegis-consulta/consultarLegislacao.do?Operação=visualizareid=16534>.
- Marchetti, M. A., J. S. Melching, and K. R. Bromfield. 1976. The effects of temperature and dew period on germination and infection by uredospores of *Phakopsora pachyrhizi*. *Phytopathology* 66: 461-463.
- Maude, R. B. 1996. Seedborne disease and their control. Principles and practice. CAB International, Oxon.
- Mawuena, G. 1982. Preliminary observations on soybean rust incidence in Togo. *Soybean Rust Newsletter* 5: 20-21.
- Mclean, R. J., and D. E. Byth. 1980. Inheritance of resistance to rust (*Phakopsora pachyrhizi*) in soybean. *Aust. J. Agric. Res.* 31: 951-956.
- Medice, R. 2007. Produtos alternativos no manejo da ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) da soja. Dissertação de Mestrado em Agronomia/Fitopatologia. Universidade Federal de Lavras, Lavras.
- Melching, J. S., W. M. Dowler, D. L. Koogle, and M. H. Royer. 1989. Effects of duration, frequency, and temperature of leaf wetness periods on soybean rust. *Plant Disease* 73:117-122.

- Miles, M. R., R. D. Frederick, and G. L. Hartman. 2006. Evaluation of soybean germplasm for resistance to *Phakopsora pachyrhizi*. *Plant Management Network*, 2006. (en línea). Consulting 12 July 2009. Publication in: <http://www.plantmanagementnetwork.org/pub/php/research/2006/germplasm/>
- Misman, R., and E. S. A. Purwati. 1985. A study on host plant types of soybean rust fungi (*Phakopsora pachyrhizi* Syd.) on various types of legumes. *Bull. Ilmiah Unsoed* 11:68-82.
- Morel, W., and J. T. Yorinori. 2002. Situación de la roya de la soja en el Paraguay. Centro Regional de Investigación Agrícola-CRIA, Capitan Miranda. (Boletín Divulgativo, 44). 4 p.
- Navarini, L., L. J. Dallagnol, R. S. Balardin, M. T. Moreira, R. C. Meneghetti, e M. G. Madolosso. 2007. Controle químico da ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi* Sydow) na cultura da soja. *Summa Phytopathologica* 33(2):182-186.
- Navarro, J. C., R. Nakasato, C. M. Utiamada, and J. T. Yorinori. 2004. First report of Asian soybean rust in Bolivia. World Soybean Research Conference, VII International Soybean Processing and Utilization Conference, IV Brazilian Soybean Congress. (Supplement): 85- 86 (Abstract).
- Nicolini, F., E. M. Reis, S. M. Zoldan, A. L. D. Danelli, M. Zanatta, A. Avozani, R. B. Tonin, e F. R. Garcés. 2010a. Efeito de temperaturas na germinação de uredosporos de *Phakopsora pachyrhizi*. *Tropical Plant Pathology* 35 (Suplemento): S143 (Resumo).
- Nicolini, F., E. M. Reis, S. M. Zoldan, A. L. D. Danelli, M. Zanatta, A. Avozani, R. B. Tonin, e F. R. Garcés. 2010b. Efeito da radiação solar na germinação de uredosporos da ferrugem da soja. *Tropical Plant Pathology* 35 (Suplemento): S143 (Resumo).
- Ono, Y., P. Buritica, and J. F. Hennen. 1992. Delimitation of *Phakopsora*, *Physopella* and *Cerotelium* and their species on Leguminosae. *Mycol Res.* 96(10):825-850.
- Pan, Z., X. B. Yang, S. Pivonia, L. Xue, R. Pasken, and J. Roads. 2006. Long-term prediction of soybean rust entry into the continental United States. *Plant Disease* 90:840-846.
- Park, S., Z. Y. Chen, A. K. Chanda, R. W. Schneider, and C. A. Hollier. 2008. Viability of *Phakopsora pachyrhizi* urediniospores under simulated Southern Louisiana winter temperature conditions. *Plant Disease* 92(10):1456-1462.
- Pham, T. A., M. R. Miles, R. D. Frederick, C. B. Hill, and G. L. Hartman. 2009. Differential response of resistant soybean genotypes to ten isolates of *Phakopsora pachyrhizi*. *Plant Disease* 93:224-228.
- Pivonia, S., and X. B. Yang. 2006. Relating epidemic progress from a general disease model to seasonal appearance time of rusts in the United States: Implications for soybean rust. *Phytopathology* 96:400-407.
- Poolpol, U., and U. Pupipat. 1985. Morphology, development, induced teliospore formation and host range of *Phakopsora pachyrhizi* Syd. *Soybean Rust Newsletter* 7:26-27.
- Poonpolgul, S., and P. Surin. 1980. Study of host range of soybean rust fungus in Thailand. *Soybean Rust Newsletter* 3:30-31.
- Pretorius, Z. A., F. J. Kloppers, and R. D. Frederick. 2001. First report of soybean rust in South Africa. *Plant Disease* 85(12):1288.
- Ramos, J. P., L. S. Domingues, D. Debona, D. D. Favena, A. Manfio, G. Lenz, e R. S. Balardin. 2009. Arranjo populacional no manejo da ferrugem asiática da soja. *Tropical Plant Pathology* 34 (Suplemento): S178 (Resumo).
- Reis, E. M., R. T. Casa, e C. Michel. 2002. Ocorrência de epidemia da ferrugem da soja no Rio Grande do Sul na safra 2001/2002. *Fitopatologia Brasileira* 27 (Suplemento): S198 (Resumo).
- Reis, E. M., e A. C. R. Bresolin. 2004. Ferrugem da soja: revisão e aspectos técnicos. Em: Reis, E. M. (Ed.). *Doenças na Cultura da Soja*. Aldeia Norte, Passo Fundo. p. 55-70.
- Reis, E. M., A. F. Sartori, e R. K. Camara. 2004. Modelo climático para a previsão da ferrugem da soja. *Summa Phytopathologica* 30:290-292.
- Reis, E. M., O. Scheer, e J. Rovedor. 2005. Kudzú (*Pueraria lobata*) hospedeiro secundário de *Phakopsora pachyrhiz*, no Brasil. *Fitopatologia Brasileira* 30 (Suplemento): S130 (Resumo).
- Reis, E. M., A. C. R. Bresolin, e M. Carmona. 2006a. Doenças da soja I: Ferrugem asiática. Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo.
- Reis, E. M., M. Zanatta, E. N. Moreira, R. Bogorni, L. Remor, e D. 2006b. A. Curva de progresso da ferrugem da soja em Passo Fundo-RS. *Fitopatologia Brasileira* 31 (Suplemento): S139 (Resumo).
- Rossi, R. L. 2003. First report of *Phakopsora pachyrhizi*, the causal organism of Soybean Rust in the province of Misiones, Argentina. *Plant Disease* 87:102.
- Rytter, J. L., W. M. Dowler, and K. R. Bromfield. 1984. Additional alternative hosts of *Phakopsora pachyrhizi*, causal agent of soybean rust. *Plant Disease* 68:818-819.
- Sato, T., and S. Sato. 1982. Infective ability of soybean rust to several leguminous plants. *Soybean Rust Newsletter* 5:22-26.

- Schneider, R. W., C. A. Hollier, and H. K. Whitam. 2005. First report of soybean rust caused by *Phakopsora pachyrhizi* in the continental United States. *Plant Disease* 89:774.
- Scherm, H., R. S. C. Christiano, P. D. Esker, E. M. Del Ponte, e C. V. Godoy. 2009. Quantitative review of fungicide efficacy trials for managing soybean rust in Brazil. *Crop Protection* 28:774-782.
- Shuxian, L. I. 2010. Identification of New Sources of Resistance to Soybean Rust. In: Gisi, U., L. L. Chet, and M. L. Gullino. (Eds.) *Recent Developments in Management of Plant Diseases*. Springer, Netherlands. p. 357-373.
- Sinclair, J. B., and P. A. Backman. 1993. *Compendium of Soybean Diseases* (3th Ed.). American Phytopathological Society, St. Paul.
- Sinclair, J. B. and G. L. Hartman. 1995. *Soybean Rust Workshop*. Illinois Proceedings, Urbana.
- Slaminko, T. L., M. R. Miles, R. D. Frederick, M. R. Bonde, and G. L. Hartman. 2008. New legume hosts of *Phakopsora pachyrhizi* based on greenhouse evaluations. *Plant Disease* 92(5):767-771.
- Sotomayor-Herrera, I. 2005. La roya de la soya, estratégias de manejo. INIAP-Pichilinge, Quevedo. (Boletín divulgativo, 330). 4 p.
- Sousa, P. F. C., E. Alves, e H. Castro. 2006. A influência da temperatura no desenvolvimento de teliosporos de *Phakopsora pachyrhizi* em folíolos de soja. *Summa Phytopathologica* 32(3):227-231.
- Souza J., y A. N. Formento, A. N., 2008. Progreso de la roya asiática de la soja (*Phakopsora pachyrhizi*) en Entre Ríos. En: INTA. (Org.). *Actualización Técnica Cosecha Gruesa*. INTA, Entre Ríos. p. 23-27.
- Stavelly, J. R., J. L. Rytter, and M. H. Royer. 1985. Virulence of the soybean rust pathogen, *Phakopsora pachyrhizi* on *Phaseolus vulgaris* cultivars. *Annu. Rep. Bean Improv. Coop.* 28:35-36.
- Stewart, S., E. A. Guillin, and L. Díaz. 2005. First Report of Soybean Rust Caused by *Phakopsora pachyrhizi* in Uruguay. *Plant Disease* 89(8):909.
- Tsukahara, R. Y., M. Hikishima, and M. G. Canteri. 2008. Relações entre o clima e o progresso da ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) em duas micro-regiões do Estado do Paraná. *Semina: Ciências Agrárias* 29(1):47-52.
- Vakili, N. G. and K. R. Bromfield. 1976. *Phakopsora* rust on soybean and other legumes in Puerto Rico. *Plant Disease* 60:995-999.
- Van de Mortel, M., K. T. Schneider, T. Bancroft, D. Nettleton, R. D. Frederick, T. J. Baum, and S. A. Whitham. 2007. Gene expression in a soybean cultivar containing the Rpp3 gene for resistance to *Phakopsora pachyrhizi*. *Phytopathology* 97 (Supplement): S117 (Abstract).
- Van der Plank, J. E. 1963. *Plant Diseases: Epidemics and Control*. Academic Press, New York e London.
- Van der Plank, J. E. 1968. *Disease Resistance in Plants* (1th Ed.). Academic Press, New York e London.
- Viero, V. C. 2008. Epidemiologia comparativa entre a ferrugem asiática da soja e a ferrugem da folha do trigo. *Dissertação de Mestrado em Agronomia/Fitopatologia*. Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo.
- Yamanaka, N., Yamaoka, Y., Kato, M., Lemos, N. G., Passianotto, A. L. L., Santos, J. V. M., Benitez, E. R., Abdelnoor, R. V., Soares, R. M., 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.
- Yang, X. B., W. M. Dowler, and A. T. Tschanz. 1991a. A simulation model for assessing soybean rust epidemics. *Journal of Phytopathology* 133:187-200.
- Yang, X. B., A. T. Tschanz, W. M. Dowler, and T. C. Wang. 1991b. Development of yield models in relation to reduction of components of soybean infected with *Phakopsora pachyrhizi*. *Phytopathology* 81:1420-1426.
- Yang, X. B., W. M. Dowler, A. T. Tschanz, and T. C. Wang. 1992. Comparing the effects of rust on plot yield, plant yield, yield components, and vegetative parts of soybean. *Journal of Phytopathology* 136: 46-56.
- Yáñez-Morales, MA. de Jesús., I. Martínez-Alanis, M. J. Soto Rocha, D. K. Malvick, J. E. Kurle, C. M. Floyd, and S. V. Krupa. 2009. Soybean Rust Caused by *Phakopsora pachyrhizi* detected in the State of Campeche on the Yucatan Peninsula, Mexico. *Plant Disease* 93(8):847.
- Yeh, C. C., A. T. Tschanz, and J. B. Sinclair. 1981. Induced teliospore formation by *Phakopsora pachyrhizi* on soybeans and other hosts. *Phytopathology* 71:1111-1112.
- Yorinori, J. T. 1997. Controle integrado de doenças de soja. Em: EMBRAPA. *Resultados de pesquisa de soja, 1997*. EMBRAPA – CNPSo, Londrina. p. 83.
- Yorinori, J. T., P. W. Morel, R. D. Frederick, L. M. Costamilan, and P. F. Bertagnolli. 2002a. Epidemia de ferrugem da soja (*Phakopsora pachyrhizi*) no Brasil e no Paraguai, em 2001 e 2002. *Fitopatologia Brasileira* 27 (Suplemento): S178 (Resumo).

- Yorinori, J. T., W. M. Paiva, R. D. Frederick, and P. F. T. Fernandez. 2002b. Ferrugem da soja (*Phakopsora pachyrhizi*) no Brasil e no Paraguai, nas safras 2001/01 e 2001/02. Anais Congresso Brasileiro de Soja 2002:94 (Resumo).
- Yorinori, J. T. 2004. Ferrugem da soja: ocorrência no Brasil e estratégias de manejo. Em: Reis, E. M. (Ed.). Doenças na Cultura da Soja. Aldeia Norte, Passo Fundo. p. 77-84.
- Zambenedetti, E. B. 2005. Preservação de *Phakopsora pachyrhizi* Sydow e Sydow e aspectos epidemiológicos e ultra-estruturais da sua interação com a soja (*Glycine max* (L.) Merrill). Dissertação de Mestrado em Agronomia/ Fitopatologia. Universidade Federal de Lavras, Lavras.
- Zambenedetti, E. B., E. Alves, e D. V. 2007a. Araújo. Eventos dos processos de pré-penetração, penetração e colonização de *Phakopsora pachyrhizi* em folíolos de soja. Fitopatologia Brasileira 32:156-160.
- Zambenedetti, E. B., E. Alves, E. A. Pozza, e D. V. Araújo, e C. V. Godoy. 2007b. Avaliação de parâmetros monocíclicos e da intensidade da ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) em diferentes genótipos de soja e posições de copa. Summa Phytopathologica 33(2):178-181.
- Zambolim, L. 2006. Manejo Integrado da Ferrugem Asiática da Soja. Em: Zambolim, L. (Org.). Ferrugem Asiática da Soja. Suprema Gráfica e Editora, Visconde do Rio Branco. p. 73-98.
- Zambolim, L., W. S. Venâncio e S. H. Furlan de Oliveira. 2007. Manejo de Resistência de Fungos a Fungicidas. Suprema Gráfica e Editora, Visconde do Rio Branco.