

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE AGRONOMIA**

HELIOMAR BALEEIRO DE MELO JÚNIOR

**PERÍODO DE MOLHAMENTO FOLIAR PARA OCORRÊNCIA DE FERRUGEM
ASIÁTICA (*Phakopsora pachyrhizi*) EM DOIS CULTIVARES DE SOJA (*Glycine max*)**

**Uberlândia – MG
Setembro – 2009**

HELIOMAR BALEEIRO DE MELO JÚNIOR

**PERÍODO DE MOLHAMENTO FOLIAR PARA OCORRÊNCIA DE FERRUGEM
ASIÁTICA (*Phakopsora pachyrhizi*) EM DOIS CULTIVARES DE SOJA (*Glycine max*)**

Trabalho de conclusão de curso apresentado
ao curso de Agronomia, da Universidade
Federal de Uberlândia, para obtenção do
grau de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Jonas Jäger Fernandes

**Uberlândia – MG
Setembro – 2009**

HELIOMAR BALEEIRO DE MELO JÚNIOR

**PERÍODO DE MOLHAMENTO FOLIAR PARA OCORRÊNCIA DE FERRUGEM
ASIÁTICA (*Phakopsora pachyrhizi*) EM DOIS CULTIVARES DE SOJA (*Glycine max*)**

Trabalho de conclusão de curso apresentado
ao curso de Agronomia, da Universidade
Federal de Uberlândia, para obtenção do
grau de Engenheiro Agrônomo.

Aprovado pela Banca Examinadora em 16 de setembro de 2009

Prof. Lísias Coelho, Ph.D.
Membro da Banca

Prof. Dra. Maria Amélia dos Santos
Membro da Banca

Prof. Dr. Jonas Jäger Fernandes
Orientador

AGRADECIMENTOS

À Deus, primeiramente, pelo dom da vida, pelas bênçãos que sempre me foram confiadas, por tudo aquilo de bom que acontece diariamente em minha vida.

Aos meus pais Heliomar Baleeiro de Melo e Edna Mendes de Melo, pela confiança, pelo incentivo e apoio incondicional, e pelo eterno amor que sempre me deram.

À minha querida irmã Lais Mendes de Melo, que tanto me deu força, obrigado pela sua amizade e companheirismo.

Ao meu orientador Prof. Dr. Jonas Jäger Fernandes, uma pessoa que tenho que agradecer por toda a atenção, apoio, confiança, além de toda a paciência e aos conhecimentos passados.

Aos membros da banca examinadora: Professores Ph.D. Lísias Coelho e Dra. Maria Amelia dos Santos por aceitarem o convite de avaliarem a monografia.

À todos os docentes da Universidade Federal de Uberlândia, por todos os dias de trabalho, todos os conhecimentos adquiridos e acima de tudo pela amizade e presteza.

Aos amigos conquistados durante a vida acadêmica, os quais sempre serão pessoas de inestimável valor para mim, serão sempre pessoas a serem lembradas e reverenciadas por mim.

À todos da 40ª Turma de Agronomia, os quais estiveram comigo durante todo o curso de graduação.

RESUMO

Para determinar o menor tempo de molhamento foliar, para ocorrência de ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) em cultivares de soja (*Glycine max*), instalou-se na casa de vegetação do campus umuarama da Universidade Federal de Uberlândia um experimento testando dois cultivares (Conquista e MSOY 8008 RR) em nove tempos de molhamento foliar (0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 12, 24 horas). O experimento foi instalado em 12 de março de 2009, em vasos plásticos contendo substrato agrícola (Plantimax)[®], vermiculita expandida, húmus de minhoca, areia lavada, e solo, na proporção de 1:1:1:2:4, respectivamente. O primeiro trifólio das plantas de soja em estágio vegetativo V2 foram inoculados com solução de esporos de *Phakopsora pachyrhizi*, e após dez dias coletou-se os folíolos centrais de tais trifólios, os quais foram avaliados quanto a severidade (%), número de lesões necróticas.cm⁻² e número de pústulas.cm⁻². A severidade (%) foi estimada pela escala diagramática de Godoy et al. (2006), enquanto que o número de lesões necróticas.cm⁻² e número de pústulas.cm⁻² foram estimados com o auxílio de um microscópio esterisoscópico no Laboratório de Virologia Vegetal (LAVIV). Os resultados obtidos indicaram que o aumento no tempo de molhamento foliar propiciou acréscimos na severidade (%), número de lesões necróticas.cm⁻² e número de pústulas.cm⁻² em ambos cultivares, demonstrando assim a susceptibilidade à *Phakopsora pachyrhizi*. O cultivar MSOY 8008 RR demonstrou uma maior velocidade de ocorrência da doença. Com 12 e 24 horas de molhamento foliar o cultivar MSOY 8008 RR, mostrou valores superiores de severidade (%), número de lesões necróticas.cm⁻² e número de pústulas.cm⁻², se comparado ao cultivar Conquista. Isto também ocorreu com 6 horas de molhamento foliar, porem, apenas para a cultivar Conquista, onde para o tempo de 6 horas de molhamento foliar o número de pústulas.cm⁻² foi estatisticamente superior ao de todos os periodos de molhamento foliar menores do que 6 horas.

Palavras chave: soja, ferrugem asiática, molhamento foliar, lesões, severidade e pústulas.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	6
2 REVISÃO DE LITERATURA	8
2.1 A cultura da soja	8
2.2 A ferrugem asiática	9
2.3 Efeito do ambiente sobre a doença	11
3 MATERIAL E MÉTODOS	14
3.1 Delineamento experimental	14
3.2 Substrato	14
3.3 Obtenção do inoculo e inoculação de <i>Phakopsora pachyrhizi</i>	14
3.4 Determinação da temperatura do ar	15
3.5 Avaliação da ferrugem asiática da soja	15
3.6 Análise Estatística	15
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	17
5 CONCLUSÕES	22
REFERÊNCIAS.....	23

1 INTRODUÇÃO

A soja [*Glycine max* (L) Merrill] é um grão muito versátil que dá origem a produtos e subprodutos muito usados pela agroindústria, indústria química e de alimentos. Na alimentação humana, a soja entra na composição de vários produtos, pode ser utilizada na alimentação animal, indústria de adesivos e nutrientes, porém seu uso mais conhecido é como óleo refinado, obtido a partir do óleo bruto. Nesse processo, também é produzida a lecitina, um agente emulsificante (substância que faz a ligação entre a fase aquosa e oleosa dos produtos), muito usada na fabricação de salsichas, maioneses, entre outros produtos. Recentemente a soja vem sendo utilizada como fonte alternativa de energia, no que se diz respeito à obtenção de biodiesel (EMBRAPA, 2008).

Para Juliatti et al. (2005), a exploração econômica do potencial de rendimento da soja (4000 kg ha⁻¹) dificilmente é alcançada, sendo o rendimento médio anual de 2200 kg ha⁻¹, e as doenças destacam-se como um dos principais fatores limitantes desse rendimento, da lucratividade e do sucesso da produção de soja.

Segundo a EMBRAPA (2003) há aproximadamente 40 doenças causadas por fungos, bactérias, nematóides e vírus identificadas no Brasil. Um dos fatores que proporciona aumento desse número é a expansão da soja para novas áreas e, como consequência, a monocultura. Dentre as várias doenças que podem se estabelecer na soja destaca-se a ferrugem asiática causada pelo fungo *Phakopsora pachyrhizi*, que pode ocasionar perdas de até 100% da produção. Yorinori et al. (2003) relatam que na safra 2002/2003, a ferrugem atingiu as principais áreas produtoras de soja no país, e o custo devido a perdas e aplicações de fungicidas girou em torno de US\$ 1,126 bilhão.

A importância da ferrugem asiática pode ser avaliada pela sua rápida expansão e pelo montante de perdas que já causou (YORINORI et al., 2003; YORINORI, 2004), atingindo redução de rendimento que inviabilizou a colheita em diversas lavouras dos Cerrados.

A doença tornou-se epidêmica no país no começo desta década. Portanto, as medidas de controle ainda estão sendo definidas e vem sendo ajustadas a cada ano. No entanto não se pode dizer que há uma medida de controle isolada. O que deve ser preconizado é uma combinação entre os métodos de controle, mas na falta de cultivares resistentes, o uso de fungicidas é uma alternativa bastante eficaz, porém deve-se monitorar essa doença em todo o ciclo da cultura com a finalidade de evitar gastos excessivos e desnecessários com fungicidas.

A determinação de condições ambientais favoráveis ao estabelecimento da doença, considerando cultivares utilizados no Brasil e épocas de semeadura, pode fornecer subsídios

importantes para o entendimento das condições climáticas favoráveis e assim prever o início da epidemia mesmo quando as condições ambientais não são favoráveis na sua plenitude, por exemplo a possibilidades de ocorrência de doença quando o período de molhamento foliar é muito curto, por exemplo, apenas algumas horas da noite.

Assim, o objetivo deste trabalho foi determinar o menor período de molhamento foliar para a ocorrência da ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) em dois cultivares de soja.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A cultura da soja

A soja é uma espécie botânica pertencente à família Fabaceae, subfamília Faboideae, é constituinte do gênero *Glycine* L., o qual compreende em torno de 15 espécies, sendo a espécie *Glycine max* a de maior importância econômica. A soja que é cultivada difere muito dos seus ancestrais, que eram plantas rasteiras que se desenvolviam na costa leste da Ásia. Sua evolução começou com o aparecimento de plantas oriundas de cruzamentos naturais entre duas espécies de soja selvagem que foram domesticadas e melhoradas por cientistas da antiga China (EMBRAPA, 2008).

O desenvolvimento da soja no Brasil iniciou-se quando os primeiros materiais genéticos foram introduzidos no país e testados no estado da Bahia em 1882. O germoplasma fora trazido dos EUA, não era adaptado para as condições de baixa latitude da Bahia (12°S) e não teve êxito na região. Uma década mais tarde (1891), novos materiais foram testados para as condições do Estado de São Paulo com latitude de (23°S) onde teve relativo êxito na produção de feno e grãos. Em 1900, a soja foi testada no Rio Grande do Sul (RS), o mais setentrional dos estados brasileiros latitudes (28°S a 34°S), onde as condições climáticas são similares àquelas prevalentes na região de origem dos materiais avaliados ou seja sul dos EUA (EMBRAPA, 2008).

De acordo com a EMBRAPA (2008) apesar do expressivo crescimento da produção ao longo dos anos 60, foi na década seguinte que a produção da soja mais cresceu e se consolidou como principal cultura do agronegócio nacional. Tal crescimento aconteceu, não apenas ao aumento da área cultivada, mas também ao incremento de produtividade alcançado.

No final dos anos 70, mais de 80% da produção brasileira de soja ainda se concentrava nos três estados da região sul, embora o Cerrado, na região central do país, sinalizasse que participaria como importante região no processo produtivo da oleaginosa, o que efetivamente ocorreu a partir da década de 1980. Em 1970, menos de 2% da produção nacional foi colhida nessa região e estava concentrada em Mato Grosso do Sul. Em 1980, essa porcentagem passou para 20%, em 1990 já era superior a 40% e, em 2007 contribuiu com 58,5% com tendências a ocupar maior espaço a cada nova safra (EMBRAPA, 2008).

A EMBRAPA (2008) registra que na safra 2007/2008 a área plantada com soja no mundo foi em torno de 90,8 milhões de hectares, com uma produção de aproximadamente 220,9 milhões de toneladas. Desses valores a América do Sul participou com 41,7 milhões de

hectares, obtendo uma produção em torno de 116,4 milhões de toneladas. O Brasil foi considerado o segundo maior produtor mundial de soja, com uma área plantada de 21,3 milhões de hectares e com uma produção chegando próximo aos 60,0 milhões de toneladas. O Mato Grosso foi o principal estado produtor de soja, com uma área plantada de aproximadamente 3,98 milhões de hectares e produção 11,896 milhões de toneladas. A CONAB (2009) relata que a área plantada com soja no Brasil na safra 2008/2009 foi aproximadamente 2% superior que na safra 2007/2008 alcançando assim em torno de 21,7 milhões de hectares.

De acordo com EMBRAPA (2009), a produtividade da soja convencional foi entre 5% e 10% superior à soja transgênica na safra 2007/2008. Na safra 2008/2009, a produtividade da soja convencional foi de 5% a 8% superior à produtividade da soja transgênica e as produtividades médias, respectivamente ficaram entre 48,5 e 58,35 sacas por hectare, o que correspondem a 2910 e 3501 kg ha⁻¹.

2.2 A ferrugem asiática

A ferrugem asiática é uma doença fúngica causada por *Phakopsora pachyrhizi*, parasita obrigatório, ou seja, precisa de um hospedeiro para viver. Sua disseminação a longas distâncias é feita pelo vento, mas de um local para outro, não é feita só de forma natural, o próprio homem pode ser um agente disseminador e transportar o fungo por acaso ou intencionalmente. Mais de 95 espécies de plantas em 42 gêneros da família Fabaceae são hospedeiras do fungo. A infecção ocorre sob temperaturas entre 15 e 28°C e umidade relativa do ar entre 75 e 80%. Ambientes com períodos prolongados de orvalho e umidade são favoráveis para o desenvolvimento da doença na lavoura. Diferente de outras ferrugens, este patógeno penetra diretamente através da cutícula e epiderme (JULIATTI et al., 2004).

Os sintomas iniciais da doença são pequenas pústulas foliares, de coloração castanha a marrom-escura. Na face inferior da folha, pode-se observar uma ou mais urédias que se rompem liberando os uredósporos. As lesões tendem para o formato angular e podem atingir 2 a 5 mm de diâmetro, podendo aparecer em pecíolos, vagens e caules (SINCLAIR; HARTMAN, 1999). Plantas de soja severamente afetadas apresentam desfolha precoce, o que impede a completa formação dos grãos, com conseqüente redução da produtividade (YANG et al., 1991).

A primeira constatação da ferrugem asiática, causada por *Phakopsora pachyrhizi*, como epidemia no Continente Americano foi na localidade de Pirapó (Itapuá), Paraguai, em

5 de março de 2001 (MOREL PAIVA, 2001). Yorinori et al. (2002) diz que em levantamento realizado no estado do Paraná no período de 26 a 28 de maio de 2001, constatou-se ferrugem asiática em toda a região oeste e em Londrina, e relata ainda que no oeste deste estado, a doença não havia sido observada na safra de verão, porém, foi severa apenas em áreas de “safrinha” na cultivar BRSMG – 46 (Conquista). O que provavelmente possibilitou a não identificação da ferrugem durante a safra foi a dificuldade de distinção dos sintomas desta doença com as doenças de final de ciclo, como mancha parda (*Septoria glycines* Hemmil) e o crestamento foliar de *Cercospora* (*Cercospora kikuchii* Mats. & Tomoy.).

De acordo com Costamilan et al. (2002) e Yorinori (2002) no Brasil, a ferrugem asiática foi observada primeiramente em Londrina, nos primeiros plantios, em meados de janeiro de 2001, e apresentou evolução lenta devido às altas temperaturas e à pouca umidade. Yorinori et al. (2002) relatam que na safra 2001/02, a ferrugem asiática apresentou grande expansão por toda a região Sul e parte do Centro-Oeste do Brasil atingindo lavouras de Rondonópolis, Campo Verde, Primavera do Leste, Pedra Preta (Serra da Petrovina), Alto Garça e Alto Taquari, no Mato Grosso; Baús, Chapadão do Sul e São Gabriel D’ Oeste, em Mato Grosso do Sul; e Uberlândia, em Minas Gerais, correspondendo a cerca de 60% da área de soja no Brasil e reduzindo o rendimento das lavouras desses municípios em 30% a 75%. Na safra de 2003/04 e até dezembro de 2004, a ferrugem foi detectada em todas as regiões produtoras de soja do Brasil, ao Sul da linha do Equador, inclusive em Paragominas e Ulianópolis, no Pará (BENCHIMOL et al., 2004).

Para Juliatti (2005) na safra 2003/2004 ocorreram epidemias frequentes em todo o estado de Minas Gerais nas principais regiões produtoras do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba. As perdas no estado estiveram por volta de 15%. As epidemias iniciaram a partir dos pivôs centrais do perímetro irrigado. Os primeiros focos foram identificados na região de Conceição das Alagoas e Iraí de Minas.

Segundo a EMBRAPA (2009), a seca que atingiu praticamente todos os estados brasileiros, na safra 2008/2009, foi muito mais prejudicial à soja do que a própria ferrugem asiática e apesar dos estados da Bahia e Paraná terem registrados perdas de produtividade em função desta doença, na maioria dos estados brasileiros não houve perdas significativas provocadas por *Phakopsora pachyrhizi*. Ressalta, ainda, que apesar do número de focos registrados da doença pelo Consórcio Antiferrugem ter saltado de 2106 para 2884, na safra 2008/2009, a agressividade da doença foi menor do que na safra anterior.

A ferrugem asiática causada por *Phakopsora pachyrhizi* pode provocar redução no rendimento da soja de até 75%, principalmente onde o controle não é executado, ou o é, mas

de forma tardia. Além do rendimento, a doença também pode afetar o teor de proteína no grão (OGLE et al., 1979). De acordo com a EMBRAPA (2009) as perdas em grãos, ocasionadas pela ferrugem, vêm diminuindo nos últimos anos, mas ainda ocorrem. A aplicação de fungicidas, o uso de cultivares de soja moderadamente resistentes e o vazio sanitário são hoje as principais ferramentas de manejo da doença para reduzir perdas.

Embora sejam conhecidas algumas cultivares que são mais tolerantes à doença, ainda não se dispõe de cultivares suficientemente resistentes que possam dispensar o uso de fungicidas (YORINORI et al., 2002). O controle químico da ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) é uma das principais preocupações dos produtores após o florescimento da soja. No momento em que as plantas atingem o grau máximo de desenvolvimento vegetativo, com total fechamento e grande área foliar, as aplicações necessitam da máxima capacidade de penetração na massa de folhas e cobertura das mesmas, mesmo para a aplicação de fungicidas com características de ação sistêmica (ANTUNIASSI et al., 2004).

Segundo levantamentos realizados, verifica-se que os valores investidos para o controle químico da ferrugem asiática, na safra 2008/2009 foram aproximadamente R\$ 2,8 bilhões ou US\$ 1,5 bilhões, considerando o valor médio de US\$ 30,00 /aplicação/ha e 2,2 aplicações/ha, enquanto que na safra 2007/2008 o custo médio do controle químico foi de US\$ 1,97 bilhões, com um custo médio de US\$ 43,00 /aplicação/hectare (EMBRAPA, 2009).

2.3 Efeito do ambiente sobre a doença

A incidência da ferrugem asiática da soja tem variado de região para região, principalmente em função do regime hídrico, condições climáticas de entressafra e do manejo que é dado a cultura (BALARDIN et al., 2005). O sucesso da infecção do patógeno depende da seqüência de eventos determinada pela germinação de esporos, formação de apressório e penetração. Cada um desses eventos e a subsequente colonização e esporulação são influenciados por fatores bióticos como interação patógeno-hospedeiro (BROMFIELD, 1982) e fatores abióticos do ambiente (VALE et al., 1990).

A ocorrência da ferrugem está diretamente associada às condições climáticas. Temperaturas médias menores que 28° C e molhamento foliar de mais de 10 horas favorecem a infecção da planta. É por isso que nas regiões mais quentes é mais difícil o aparecimento a doença, ou quando aparece, não desenvolve de forma explosiva. As regiões com altitude superior a 700 m são mais favoráveis à ocorrência da doença devido as temperaturas noturnas mais amenas associadas ao maior número de horas de orvalho. Regiões mais baixas, porém

com chuvas bem distribuídas, também são favoráveis para um desenvolvimento mais rápido da doença (EMBRAPA, 2004).

A condição ideal de ambiente para o desenvolvimento da ferrugem da soja é o intervalo de temperatura de 16°C a 24°C e abundante formação de orvalho, sendo que, nestas condições são necessários apenas 11 a 20 dias para a produção de novas partículas infectantes ou uredíniosporos. Estes são disseminados com grande facilidade através do vento para lavouras próximas ou a longas distâncias, bem como, o número significativo de hospedeiros alternativos descritos e a presença de plantas de soja guachas no inverno, terão papel fundamental na disseminação desta enfermidade. Períodos com temperaturas superiores a 30°C e pouca umidade livre, são condições desfavoráveis ao desenvolvimento da ferrugem da soja (COODETEC, 2007).

A presença do molhamento é fundamental para a ocorrência da doença, já que a presença ou ausência da água livre na superfície foliar determina a possibilidade de germinação dos esporos e conseqüentemente, a ocorrência da infecção. Marchetti et al. (1976) demonstraram o efeito da temperatura e duração do período de molhamento na germinação e infecção por uredíniosporos de *Phakopsora pachyrhizi*. Este trabalho mostrou que o fungo foi capaz de germinar entre as temperaturas de 7° e 28°C, com faixa ótima de 15° a 25°C. Infecções ocorreram com temperaturas entre 20°C e 25°C e 6 h de duração de molhamento, sendo que taxas de infecção máximas ocorreram entre 10 a 12 h de molhamento.

Um dos parâmetros climáticos preponderantes para o estabelecimento da ferrugem asiática é a disponibilidade de água livre sobre a superfície foliar. Esta condição normalmente é encontrada no Rio Grande do Sul em todos os meses do ano, exceção ao mês de janeiro. Desta forma, a infecção inicial do patógeno é facilmente obtida (BALARDIN et al., 2005).

Estudo realizado em diferentes regiões de Uganda sobre as perdas de produção atribuídas à ferrugem asiática da soja mostrou que os graus de severidade da doença foram significativamente diferentes para cada região do estudo. As menores perdas foram observadas em regiões com temperaturas mais baixas (12,9°C) e as maiores em regiões mais quentes (KAWUKI et al., 2003). Del Ponte et al. (2006), estudaram a associação de variáveis climáticas com a severidade final da ferrugem da soja de várias epidemias de diferentes regiões do Brasil e observaram que a precipitação apresenta forte correlação com a severidade final da doença.

As condições climáticas que favorecem o desenvolvimento da ferrugem da soja são temperaturas entre 15°C e 25°C e o mínimo de 6 horas de duração do período de molhamento foliar, com ocorrência de severidades máximas entre 10 a 12 horas (MARCHETTI et al.,

1976). Sob condições brasileiras, Alves et al. (2006), em experimentos conduzidos com isolado *P. pachyrhizi* obtido no Brasil, quantificaram o efeito da temperatura e da duração do período de molhamento na germinação do fungo. Ambos os estudos demonstram que a faixa ótima para germinação do patógeno é de 15°C a 25°C e que o período de molhamento necessário para a infecção tornou-se mais longo em temperaturas desfavoráveis.

Webb e Nutter (1997) encontraram um efeito significativo da duração do período de molhamento e da temperatura no desenvolvimento das pústulas da ferrugem (*Uromyces striatus* Schroet) em alfafa (*Medicago sativa* L.). A frequência da infecção (número de pústulas por área foliar) aumentou linearmente quando a duração do período de molhamento passou de 4 a 24 h após a inoculação. Os autores concluíram que os processos monocíclicos como, frequência de infecção, período de latência e capacidade de esporulação, responderam de maneira diferente a condições específicas de temperatura e umidade. Os mesmos autores determinaram que os efeitos críticos tanto da temperatura como da duração do período de molhamento, na frequência de infecção da ferrugem em alfafa, ocorrem durante as 24 h iniciais de molhamento, que se seguem à deposição dos uredíniosporos. Esses autores argumentaram que, embora não haja uma explicação biológica para o fato do aumento cumulativo do número de pústulas no tempo ser irregular, é possível que aquelas que emergem mais cedo, possam ter o efeito de dificultar o aparecimento daquelas que resultam de infecções posteriores.

3 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na casa de vegetação e no Laboratório de Fitopatologia e Virologia Vegetal (LAVIV), do Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, MG, no período de 12 de março a 12 de abril de 2009.

3.1 Delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado em esquema fatorial 9x2 com quatro repetições. Os tratamentos consistiram de nove diferentes tempos de molhamento foliar após inoculação (0; 1; 2; 3; 4; 5; 6; 12; 24 horas) para duas cultivares de soja, BRSMG-46 Conquista e M-SOY 8008 RR. Ao final do período de molhamento foliar de cada tratamento, as plantas de soja foram mantidas em temperatura e regime de luz naturalmente encontradas na casa de vegetação. A parcela experimental foi constituída por dois vasos plásticos conduzidos com três plantas de soja cada vaso.

3.2 Substrato

As sementes de soja foram semeadas em vasos plásticos, em casa de vegetação, contendo 1 L da mistura composta pela mistura de substrato agrícola (Plantimax)[®], vermiculita expandida, húmus de minhoca, areia lavada, e solo, na proporção de 1:1:1:2:4, respectivamente.

3.3 Obtenção do inóculo e inoculação

O inóculo foi obtido pela lavagem de folhas de soja com ferrugem asiática coletadas em plantas cultivadas na Fazenda Experimental Capim Branco da Universidade Federal de Uberlândia. A lavagem será realizada com água destilada com 0,01% de Tween 20 por 3 a 4 vezes para remoção dos uredósporos de *P. pachyrhizi* presentes em soros uredinais dos folíolos frescos. Após a remoção a concentração dos uredósporos será determinada em câmara de Neubauer, e calibrados para a conexão de 60.000 uredósporos.mL⁻¹.

A inoculação foi realizada pela pulverização uniforme da suspensão de uredósporos na primeira folha trifoliada de plantas de soja das cultivares Conquista e M-SOY 8008 RR, ambas em estágio V1 (primeiro nó formado) com o auxílio de um atomizador Devilbs, em

casa de vegetação, no início da noite. Imediatamente após a inoculação, as plantas de todos os tratamentos foram incubadas em câmara de nevoeiro e iniciado a contagem do tempo de molhamento foliar. A termino do tempo de molhamento foliar de cada tratamento todas as plantas do mesmo foram retiradas da camara de nevoeiro e submetidas ao secamento artificial, realizado com o auxílio de um ventilador até secar completamente o filme de água sobre os foliolós das plantas e em seguida elas foram colocadas em bancadas na casa-de-vegetação onde foram irrigadas e cultivads por 10 dias. No decimo dia, realizou-se a coleta do foliolo centra da folha V1, e a avaliação da ferrugem asiática conforme descrito no item 3.5 com o auxilio de microscópio esterióscopio, no Laboratório de Virologia Vegetal, ICIAG, UFU.

3.4 Determinação da temperatura do ar

A temperatura do ar no interior da câmara de nevoeiro e da casa-de-vegetação foi determinada em termômetros de máxima e de mínima um localizado no interior da câmara de nevoeiro e outro no interior da casa-de-vegetação. As temperaturas máxima e mínima na câmara de nevoeiro foram determinadas no momento de retirada de cada tratamento deste local. Para as determinações no interior da casa-de-vegetação foi realizada uma vez por dia, aproximadamente às 10:00 h da manhã.

3.5 Avaliação da infecção da ferrugem asiática da soja

As avaliações realizadas foram: número de pústulas cm^{-2} (NUP), número de lesões necróticas cm^{-2} (NUL) e % de severidade (SEV), determinados no folíolo central do primeiro trifólio da planta de soja. Para a estimativa da severidade da ferrugem da soja utilizou-se a escala diagramática de Godoy et al. (2006) apresentada na Figura 1.

3.6 Análise Estatística

Os dados foram processados pelo software Sisvar (FERREIRA, 2006), realizando-se análise de variância e de regressão. As médias foram comparadas pelo teste e Tukey, a 5% de probabilidade. Para a análise estatística, os dados foram transformados através da fórmula raiz quadrada de $(x + 0,5)$.

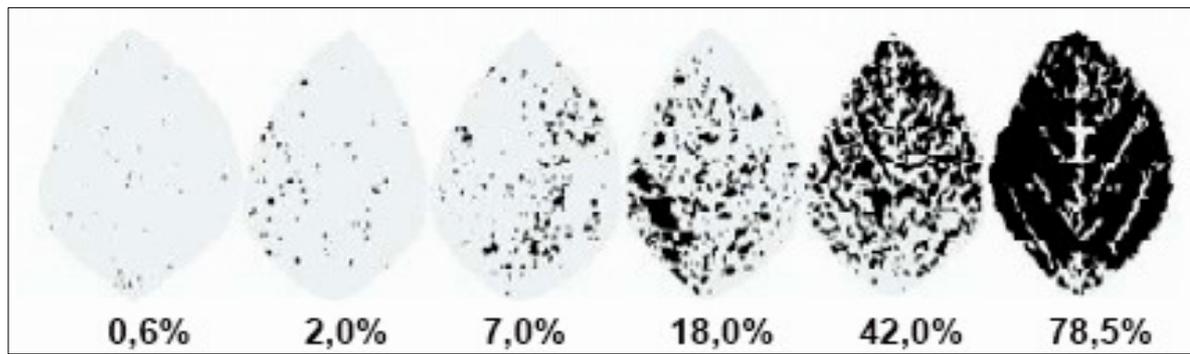


Figura 1. Escala diagramática, porcentagem de área foliar doente, para a severidade da ferrugem da soja, segundo Godoy et al. (2006)

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante o período de molhamento foliar, as temperaturas mínima e máxima do ar no interior da câmara-de-nevoeiro foram de 22° e 30°C, respectivamente. Em seguida, após a câmara-de-nevoeiro, durante o período de latência a média das temperaturas mínima e máxima no interior da casa-de-vegetação foram de 21,6° e 35,1°C, respectivamente.

Sinclair e Backman (1989) citam que o intervalo de temperatura ótima para a infecção ocorre entre 20 a 25 °C. Nessas condições, havendo disponibilidade de água livre sobre a superfície da planta, a infecção ocorrem no período de 6 horas após a deposição do esporo, e que quanto maior foi a duração do molhamento foliar, maiores foram as chances de sucesso no estabelecimento da infecção. Ainda em relação a temperatura, Bromfield et al. (1982) e Marchetti et al. (1976), reportam que períodos contínuos de molhamento foliar acima de 6 h, por chuva ou orvalho e temperaturas diárias variando de 15°C a 30°C, favoreceram o desenvolvimento da ferrugem asiática da soja.

Pela análise de variância (Tabela 1) observa-se que houve um efeito altamente significativo em relação ao período de molhamento foliar para os fatores número de pústulas cm^{-2} , número de lesões cm^{-2} e severidade (%) da ferrugem asiática. Houve também significância para o efeito de cultivar quanto ao número de pústulas cm^{-2} e de lesões cm^{-2} . Observa-se ainda que houve efeito significativo entre período de molhamento foliar e o tipo de cultivar, pois os cultivares apresentaram reações diferenciadas quanto à severidade da doença.

Tabela 1. Análise de variância do número de pústulas cm^{-2} , número de lesões necróticas cm^{-2} e severidade (%) da ferrugem asiática em dois cultivares de soja nos diferentes períodos de molhamento foliar. LAVIV, UFU, Uberlândia, 2009.

Fonte de variação	GL	Quadrado Médio		
		SEV ¹	NUL ²	NUP ³
Período de molhamento foliar (PM)	8	2,087963**	8,349039**	29,852379**
Cultivar	1	0,132905**	1,030055**	3,537772**
PM*Cultivar	8	0,039230**	0,200947**	0,546562**
Erro	54	0,007178	0,027516	0,093252
CV (%)		8,91	11,98	14,81

(1) SEV = % severidade

(2) NUL = número de lesões necróticas cm^{-2}

(3) NUP = número de pústulas. cm^{-2}

** Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste de F.

Analisando os cultivares MSOY 8008 RR e Conquista pela análise de regressão do número de lesões necróticas cm^{-2} (Figura 2), verifica-se que com o aumento do período de molhamento foliar, ocorreu aumento do número de lesões necróticas cm^{-2} , observa-se ainda que o cultivar MSOY 8008 RR, mostrou maior número de lesões necróticas cm^{-2} que o cultivar Conquista no período considerado. A maior inclinação da curva do cultivar MSOY 8008 RR indica uma maior tendência de susceptibilidade à infecção por *Phakopsora pachyrhizi* do que a da cultivar Conquista. Em ambos cultivares a maior quantidade de lesões necróticas cm^{-2} , foi observada com 24 horas de molhamento foliar, evidenciando assim, o quão é importante esse parâmetro climático para a ocorrência e o desenvolvimento da ferrugem asiática em soja, e que para maximizar a infecção deste patógeno em soja precisamos prolongar o período de molhamento foliar concordando com os resultados de Souza et al. (2008) que observou resultados crescentes do número de lesões necróticas cm^{-2} até 36 horas de molhamento foliar.

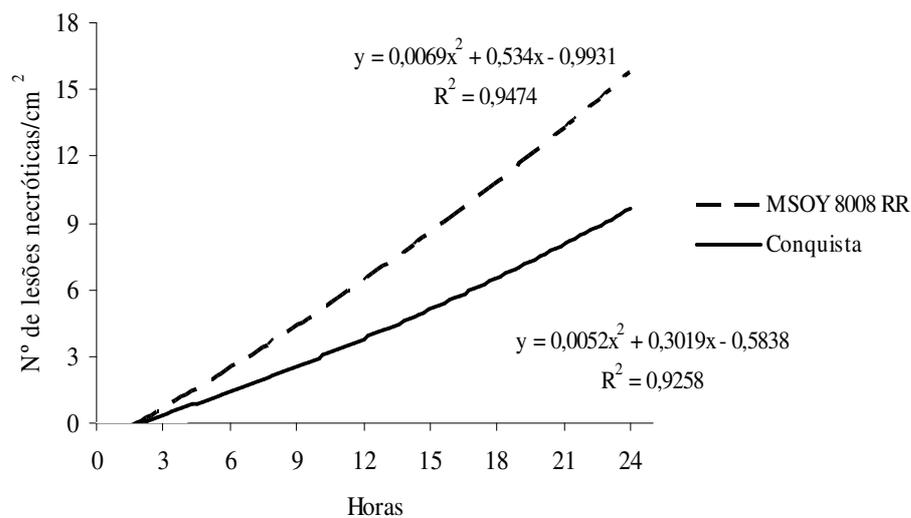


Figura 2 - Número de lesões necróticas cm^{-2} ocasionadas pela ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) em plantas de cultivares de soja, MSOY 8008 RR e Conquista em diferentes períodos de molhamento foliar. LAVIV, UFU, Uberlândia - MG, 2009.

Quando se considera a análise de regressão do número de pústulas cm^{-2} nos cultivares MSOY 8008 RR e Conquista, percebe-se que o primeiro cultivar apresentou uma quantidade superior se comparado ao cultivar Conquista (Figura 3), no período analisado. Com o aumento no tempo de molhamento foliar verificou-se acréscimos na quantidade de pústulas cm^{-2} , observando a maior quantidade de pústulas com 24 horas de molhamento foliar em ambos cultivares, também concordando com os resultados de Souza et al. (2008) que

observou resultados crescentes desta variável até 36 horas de molhamento foliar

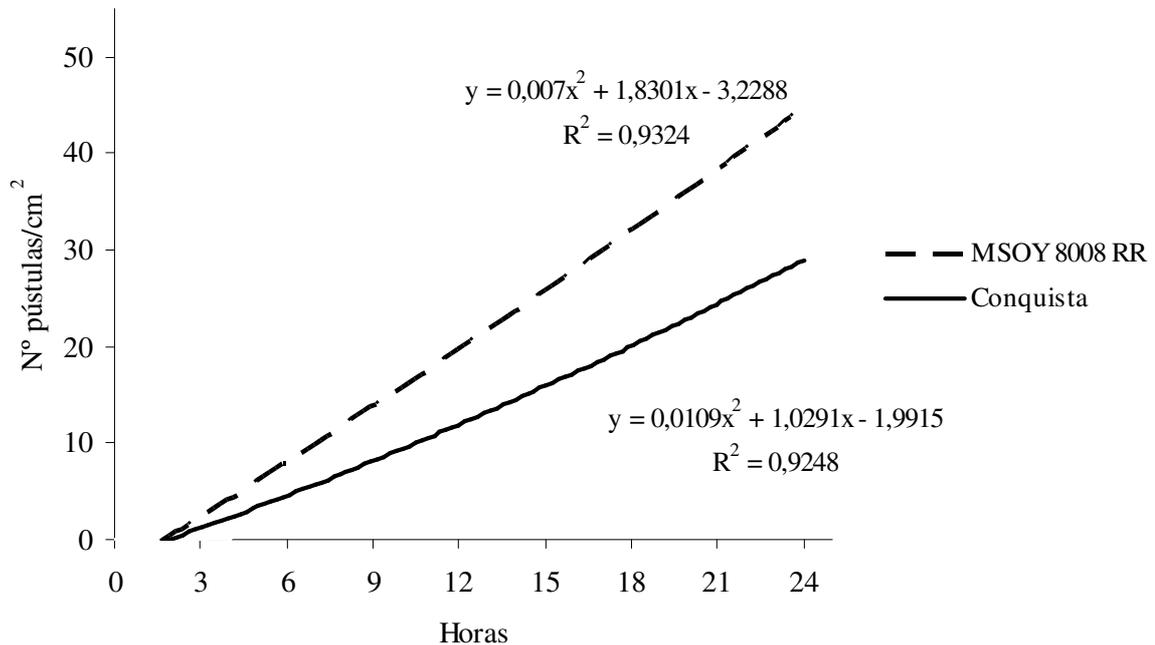


Figura 3 - Número de pústulas cm^{-2} em plantas dos cultivares de soja MSOY 8008 RR e Conquista inoculadas com *Phakopsora pachyrhizi* e submetidas a diferentes períodos de molhamento foliar. LAVIV, UFU, Uberlândia - MG, 2009.

Vale et al (1990) estudando o efeito da temperatura e duração do molhamento foliar sobre infecção de *Pakopsora pachyrhizi* no cultivar Paraná, observaram o número máximo de lesões cm^{-2} de área foliar sob temperatura de 20 °C, com 24 h de molhamento na superfície foliar. Analisando a Figura 2 e a Figura 3, observa-se que nos períodos analisados de molhamento foliar, o de 24 horas foi o que favoreceu a maior quantidade de lesões cm^{-2} de área foliar, porém não se pode afirmar que esse número indica o máximo de lesões cm^{-2} de área foliar, pois não foi testado nenhum tempo de molhamento foliar superior a 24 h. Neste sentido, considerando o trabalho de Souza et al. (2008), o aumento da quantidade lesões cm^{-2} foi crescente até 36 horas de molhamento foliar. É importante mencionar que estes autores também trabalharam com as mesmas cultivares e inóculo de *Pakopsora pachyrhizi* coletado na mesma localidade, no ano anterior, demonstrando claramente que os resultados aqui obtidos não representam o máximo de doença. Além disto, temos que considerar que a temperatura sob a qual trabalhamos variou durante o período de molhamento foliar e também durante o período de incubação, o que também pode interferir na quantidade máxima de lesões cm^{-2} .

Em experimentos conduzidos por Thakur et al. (1991), os efeitos da temperatura e da

duração do período de molhamento em panículas de milho (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.] infectadas por *Claviceps fusiformis* Lov. foram mais evidentes em genótipos suscetíveis do que em resistentes ou moderadamente resistentes. Além disto, Turechek e Stevenson (1998) demonstraram, através do modelo logístico de regressão, que a probabilidade de uma folha de noqueira (*Juglans regia* L.) ser infetada por *Cladosporium caryigenum* Ellis & Laugh foi maior na cultivar suscetível, aumentando a probabilidade com o aumento do período de molhamento foliar. Portanto, considerando que os genótipos de soja testados são suscetíveis a ferrugem da soja pode-se inferir que os resultados obtidos representam bem o efeito do molhamento foliar na ocorrência desta doença em soja.

Já na Figura 4, observa-se que houve infecção de *Phakopsora pachyrhizi* com 4 horas de molhamento foliar e que a severidade (%) da ferrugem foi crescente com o aumento de horas de molhamento foliar no período de 4 horas até 24 horas de molhamento, independentemente do cultivar analisado.

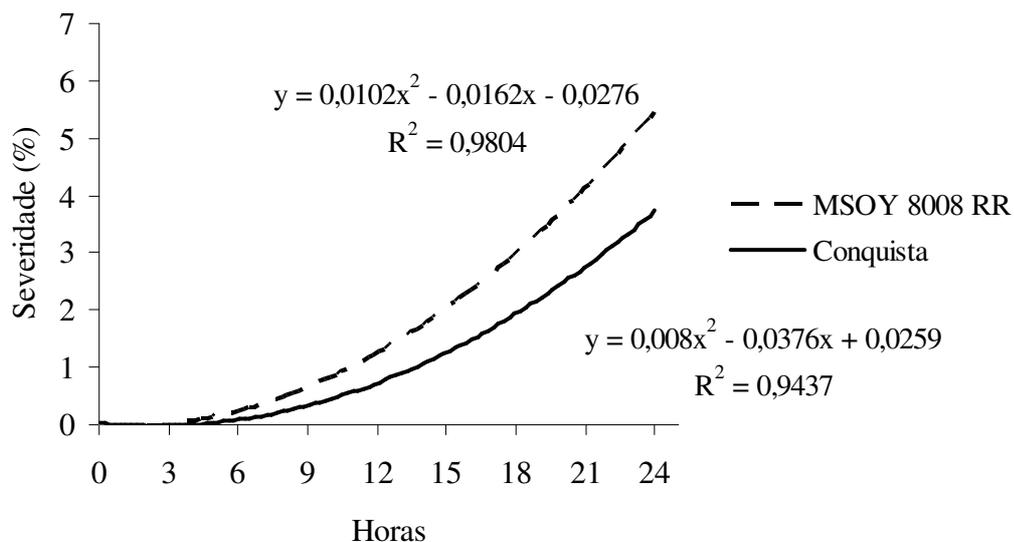


Figura 4 - Severidade ocasionada pela ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) nos cultivares de soja MSOY 8008 RR e Conquista, em diferentes períodos de molhamento foliar. LAVIV, UFU, Uberlândia - MG, 2009.

De maneira geral, o aumento do número de horas de molhamento sobre a folha da planta de soja favoreceu o agente da ferrugem asiática da soja (*P. pachyrhizi*), ocorrendo mais germinação e penetração do patógeno no limbo foliar e desta forma ampliando a quantidade de pontos de infecção da doença por centímetro quadrado.

5 CONCLUSÕES

Pelos resultados obtidos, pode-se concluir que:

O aumento do período de molhamento foliar aumentou a ocorrência da ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) quanto à severidade (%), ao número de pústulas cm² e lesões necróticas cm² nos cultivares MSOY 8008 RR e Conquista.

A velocidade de ocorrência de doença é superior no cultivar MSOY 8008 RR, o que fica claro pelas curvas mais inclinadas, que representam severidade (%), número de pústulas cm² e lesões necróticas cm², variáveis essas que atestam a ocorrência da ferrugem asiática em soja.

Os cultivares M-SOY 8008RR e Conquista foram suscetíveis a *Phakopsora pachyrhizi*, e, o primeiro apresentou maior severidade (%), número de pústulas cm² e de lesões necróticas cm² do que o segundo.

REFERÊNCIAS

- ALVES, S. A. M.; FURTADO, G. Q.; BERGAMIN, A. Influência das condições climáticas sobre a ferrugem da soja. In: ZAMBOLIM, L. (Ed.) **Manejo integrado: ferrugem da soja e doenças quarentenárias dos citros**. Viçosa: Suprema, 2006. p.37-59.
- ANTUNIASSI, U. R., CAMARGO, T. V., BONELLI, A. P. O., ROMAGNOLE, H. W. C. Avaliação da cobertura de folhas de soja em aplicações terrestres com diferentes tipos de pontas. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO DE AGROTÓXICOS, 3., 2004, Botucatu. **Anais...** Botucatu: FEPAF, 2004. p.48-51.
- BALARDIN, R. S.; NAVARINI, L.; DALLAGNOL L. J. Relato da ferrugem asiática no estado do Rio Grande do Sul, p.105. In: I WORKSHOP BRASILEIRO SOBRE FERRUGEM ASIÁTICA. Uberlândia. **Anais...** Uberlândia: EDUFU, 2005. p. 105.
- BENCHIMOL, R. L.; ANDRADE, E. B.; EL HUSNY, J. C.; BARRIGA, J. P. Ferrugem asiática da soja chega ao Pará. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO CENTRAL DO BRASIL, 26, 2004, Ribeirão Preto. **Resumos...** Londrina: Embrapa Soja, 2004. p.137. (Embrapa Soja. Documentos, 234).
- BROMFIELD, K. R. Differential reaction of some soybean accessions to *Phakopsora pachyrhizi*. **Soybean Rust Newsletter**, Shanhua, v. 4, n. 2, p. 35-39, 1982. (Abstract).
- CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Levantamento junho de 2009**. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/conabweb/download/sureg/RS/9prevarea09.pdf>>. Acesso em: 28 jul. 2009.
- COODETEC, 2007. **A soja e o ambiente**. Disponível em: <<http://www.coodetec.com.br/artigos.asp?id=23>>. Acesso em: 28 jul. 2009.
- COSTAMILAN, L. M.; BERTAGNOLLI, P. F.; YORINORI, J. T.. Perda de rendimento de grãos de soja causada por ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*). **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, DF, v. 27, p. 100, 2002. Suplemento.
- DEL PONTE, E. M.; GODOY, C. V.; LI, X.; YANG, X. B. Predicting severity of Asian Soybean rust epidemics with empirical rainfall models. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 96, n. 7, p. 797-803. 2006.
- EMBRAPA. **Tecnologia de Produção de Soja - Região Central do Brasil- 2004**. Londrina: Embrapa Soja; Embrapa Cerrados; Embrapa Agropecuária Oeste; Fundação Meridional, 2004. 239 p. (Sistemas de Produção/ Embrapa Soja; n.6).
- EMBRAPA, 2003. **Sistemas de produção**. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br>>. Acesso em: 28 jul. 2009.
- EMBRAPA, 2008. **Usos**. Disponível em: <http://www.cnpso.embrapa.br/index.php?op_page=25&cod_pai=29>. Acesso em: 28 jul. 2009.

- EMBRAPA, 2009. **Soja em números (safra 2008/2009)**. Disponível em: <http://www.cnpso.embrapa.br/index.php?op_page=294&cod_pai=17> . Acesso em: 29 jul. 2009.
- FERREIRA, F. A. **Sistema SISVAR para análises estatísticas**: Universidade Federal de Lavras, 2000. Disponível em: <<http://www.dex.ufla.br/danielff/sisvarmanual.pdf>>. Acesso em: 28 jul. 2006.
- GODOY, C. V., KOGA, L. J.; CANTERI, M. G. Diagrammatic scale for assessment of soybean rust severity. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, DF, v.31, p. 63-68. 2006.
- JULIATTI F. C. Relato da ferrugem asiática em Minas Gerais. In: WORKSHOP BRASILEIRO SOBRE FERRUGEM ASIÁTICA, 1. Uberlândia: **Coletânea...** Uberlândia: EDUFU, 2005. p. 55.
- JULIATTI, F. C.; POLIZEL, C. A.; JULIATTI, Fa, C. **Manejo integrado de doenças na cultura da soja**, Uberlândia: EDUFU, 2004, 327 p.
- KAWUKI, R. S.; ADIPALA, E.; TUKAMUHABWA, P. Yield loss associated with soya bean rust (*Phakopsora pachyrhizi* Syd.) in Uganda. **Journal of Phytopathology**, Berlin, v. 151, p. 7-12, 2003.
- MARCHETTI, M. A.; MELCHING, J. S.; BROMFIELD, K. R. The effects of temperature and dew period on germination and infection by uredospores of *Phakopsora pachyrhizi*, **Phytopathology**, Sait Paul, v. 66, p. 461-463. 1976.
- MOREL PAIVA, W. **Roya de la soja**. MINISTÉRIO DE AGRICULTURA Y GANADERIA, Subsecretaria de Agricultura, Dirección de Investigación Agrícola, Centro Regional de Investigación Agrícola – CRIA, Capitan Miranda, Itapuá, Paraguay. Comunicado Técnico – Reporte Oficial, Série Fitopatologia, 1, Junio de 2001.
- OGLE, H. J.; BYTH, D. E.; McLEAN, R. Effect of rust (*Phakopsora pachyrhizi*) on soybean yield and quality in Southeastern Queensland. **Australian Journal Agricultural Research**, Victoria, v. 30, n. 6, p. 883-893, 1979.
- SINCLAIR, J. B.; BACKMAN, P. A. (Ed.). **Compendium of soybean diseases**. 3. ed. Saint Paul: APS Press, 1989. 106 p.
- SINCLAIR, J. B.; HARTMAN, G. L. Soybean rust. In: HARTMAN, G.L., SINCLAIR, J.B.; RUPE, J.C. (Ed.). **Compendium of soybean diseases**. 4. ed. Saint Paul: American Phytopathological Society. 1999. p. 25-26.
- SOUZA, A. R.; FERNANDES, J. J. Efeito do período de molhamento foliar na ocorrência da ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) na soja (*Glycine max*). In: SEMANA ACADÊMICA, 5., 2008, **Anais...** Uberlândia. Universidade Federal de Uberlândia.
- THAKUR, R. P., RAO, V. P.; KING, S. B. Influence of temperature and wetness duration on infection of pearl millet by *Claviceps fusiformis*. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 81, p. 835-838, 1991.
- TURECHEK, W. W.; STEVENSON, K. L. Effects of host resistance, temperature, leaf wetness, and leaf age on infection and lesion development of pecan Scab. **Phytopathology**,

Saint Paul, v. 88, p. 1294-1301, 1998.

VALE, F. X. R.; ZAMBOLIM, L.; CHAVES, G. M. Efeito do binômio temperatura-duração do molhamento foliar sobre a infecção por *Phakopsora pachyrhizi* em soja. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília DF, v. 15, n. 3, p. 200-202, 1990.

WEBB, D. H.; NUTTER JR., F. W. Effects of leaf wetness duration and temperature on infection efficiency, latent period, and rate of pustule appearance of rust in alfafa. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 87, p. 946-950, 1997.

YANG, X. B.; TSCHANZ, A. T.; DOWLER, W. M.; WANG, T. C. Development of yield loss models in relation to reductions of components of soybeans infected with *Phakopsora pachyrhizi*. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 81, p. 1420-1426, 1991.

YORINORI, J. T.; NUNES JR., J.; GODOY, C. V.; LAZZAROTTO, J. J. Situação da ferrugem “asiática” no Brasil, safra 2003/04. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO CENTRAL DO BRASIL, 26., Ribeirão Preto. **Resumos...** Ribeirão Preto: Embrapa Soja. p. 134-135. 2004.

YORINORI, J. T.; KIIHL, R. A. S.; ARIAS, C. A. A.; ALMEIDA, L. A.; YORINORI, M. A.; GODOY, C. V. Reação de cultivares de soja à ferrugem “asiática” (*Phakopsora pachyrhizi*). In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO CENTRAL DO BRASIL, 24, 2002, São Pedro. **Resumos...** São Pedro: Embrapa Soja. 2002. p. 149.

YORINORI, J. T.; PAIVA, W. M.. **Ferrugem da soja: *Phakopsora pachyrhizi* Sydow.** Londrina: Embrapa Soja, 2002. 136p.

YORINORI, J. T.; UTIMADA, C. M.; SATO, L. N.; MUTTA, F. T. T.; ROIM, F. B.. Perdas ocasionadas pela ferrugem da soja (*Phakopsora pachyrhizi*). **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, DF, v. 28, p. 210, 2003. Suplemento.