

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

Heliomar Baleeiro de Melo Júnior¹, Jonas Jäger Fernandes²

1. Pós-Graduando em Agronomia, do Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Uberlândia (heliomar_agro@yahoo.com.br)
2. Professor Doutor Fitopatologia Geral da Universidade Federal de Uberlândia Uberlândia - Brasil

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, porém, 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 períodos de molhamento foliar menores do que 6 horas.

PALAVRAS-CHAVE: Soja, ferrugem asiática, molhamento foliar, lesões, severidade, pústulas

LEAF WETNESS FOR OCCURRENCE OF ASIAN RUST (*Phakopsora pachyrhizi*) IN TWO SOYBEAN CULTIVARS (*Glycine max*)

ABSTRACT

To determine the shortest time of leaf wetness for the occurrence of soybean rust (*Phakopsora pachyrhizi*) in soybean (*Glycine max*), settled in the greenhouse at the Campus Umuarama Federal University of Uberlândia an experiment testing two varieties (Achievement and MSoy RR 8008) in nine intervals of leaf wetness (0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 12, 24 hours). The experiment was installed on March 12, 2009, in plastic pots containing substratum (Plantimax)®, expanded vermiculite, worm humus, sand and soil at a ratio of 1:1:1:2:4, respectively. The first trifoliolate of soybean plants in vegetative stage V2 were inoculated with spore solution of *Phakopsora pachyrhizi*, after ten days and collected the leaflets themselves trifoliolate leaves of such plants, which were assessed for severity (%), lesion number cm^{-2} and number of pustules cm^{-2} . The severity (%) was estimated by diagrammatic Godoy et al. (2006), while the number of necrotic lesions cm^{-2} and number of pustules cm^{-2} were estimated with the aid of a microscope esterisóscopico in Plant Virus Laboratory (LAVIV). The results indicated that the increase in the time of leaf wetness led to increases in severity (%), lesion number cm^{-2} and number of pustules cm^{-2} in both cultivars, thus demonstrating the susceptibility to *Phakopsora pachyrhizi*. The MSoy 8008 RR showed a higher rate of occurrence of the disease. With 12 and 24 hours of leaf wetness the MSoy RR 8008, showed higher values of severity (%), number of lesions necróticas cm^{-2} and number of pustules cm^{-2} , compared to the Conquista. This also occurred with 6 hours of leaf wetness, but only for the Conquista, where for the time of 6 hours of leaf wetness, the number of pustules cm^{-2} was statistically higher than in all the periods of leaf wetness less than 6 hours.

KEYWORDS: Soybean rust, leaf wetness, injury, severity, pustules

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, 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.

METODOLOGIA

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.

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 dois 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.

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.

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 urediniais dos folíolos frescos. Após a remoção a concentração dos uredósporos será determinada em câmara de Neubauer, e calibrados para a concentração 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 Devlps, 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. Ao término do tempo de molhamento foliar de cada tratamento todas as plantas do mesmo foram retiradas da câmara de nevoeiro e submetidas ao secamento artificial, realizado com o auxílio de um ventilador até secar completamente o filme de água sobre os folíolos das plantas e em seguida elas foram colocadas em bancadas na casa-de-vegetação onde foram irrigadas e cultivadas por 10 dias. No décimo dia, realizou-se a coleta do folíolo central da folha V1, e a avaliação da ferrugem asiática, com o auxílio de microscópio estereoscópio, no Laboratório de Virologia Vegetal, ICIAG, UFU.

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, às 10:00 h da manhã.

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).

Os dados foram processados pelo software Sisvar (FERREIRA, 2006), realizando-se análise de variância e de regressão. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey, a 0,05 de significância. Para a análise estatística, os dados foram transformados através da fórmula raiz quadrada de $(x + 0,5)$.

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 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 1), 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 *Pakopsora pachyrhizi* do que a do 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.

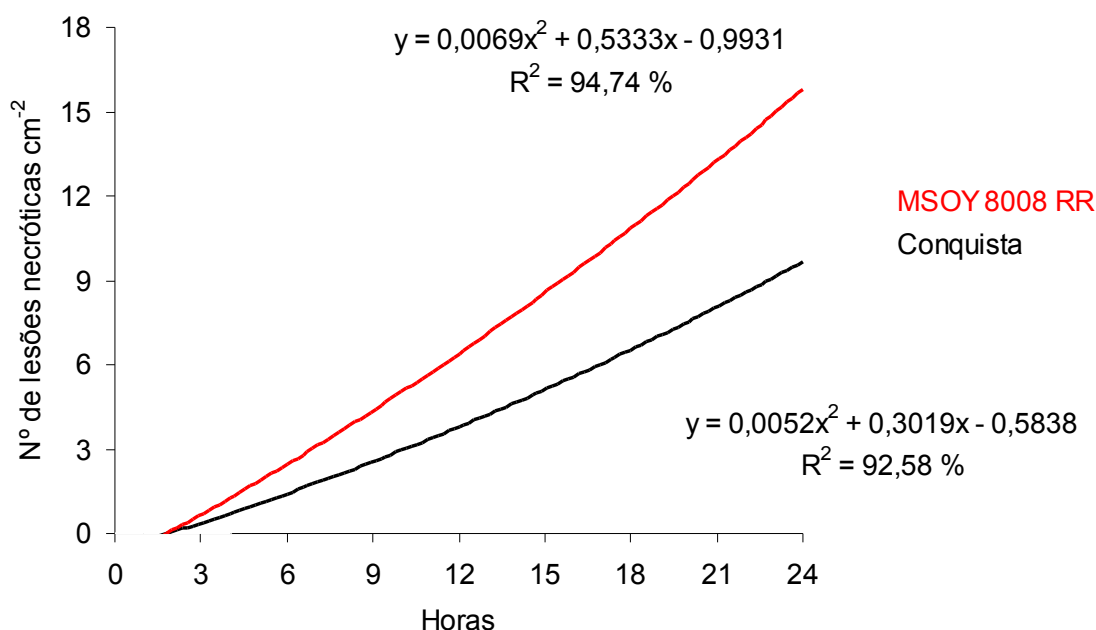


FIGURA 1 - Número de lesões necróticas cm⁻² ocasionadas pela ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) em plantas de cultivares de soja, MSOY 8008 RR e Conquista em diferentes períodos de molhamento foliar. LAVIV, UFU, Uberlândia - MG, 2009.

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 2), 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

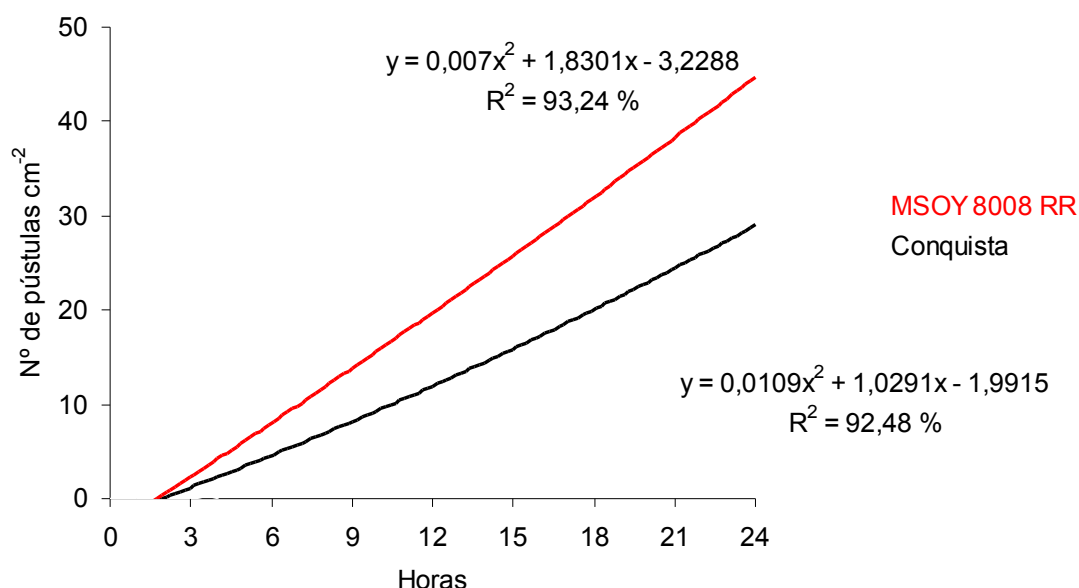


FIGURA 2 - Número de pústulas cm^{-2} em plantas dos cultivares de soja MSOY 8008 RR e Conquista inoculadas com *Phakopsora pachyrhizi* e submetidas a diferentes períodos de molhamento foliar. LAVIV, UFU, Uberlândia - MG, 2009.

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 1 e a Figura 2, 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 milheto [*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* foi maior no 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 3, 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.

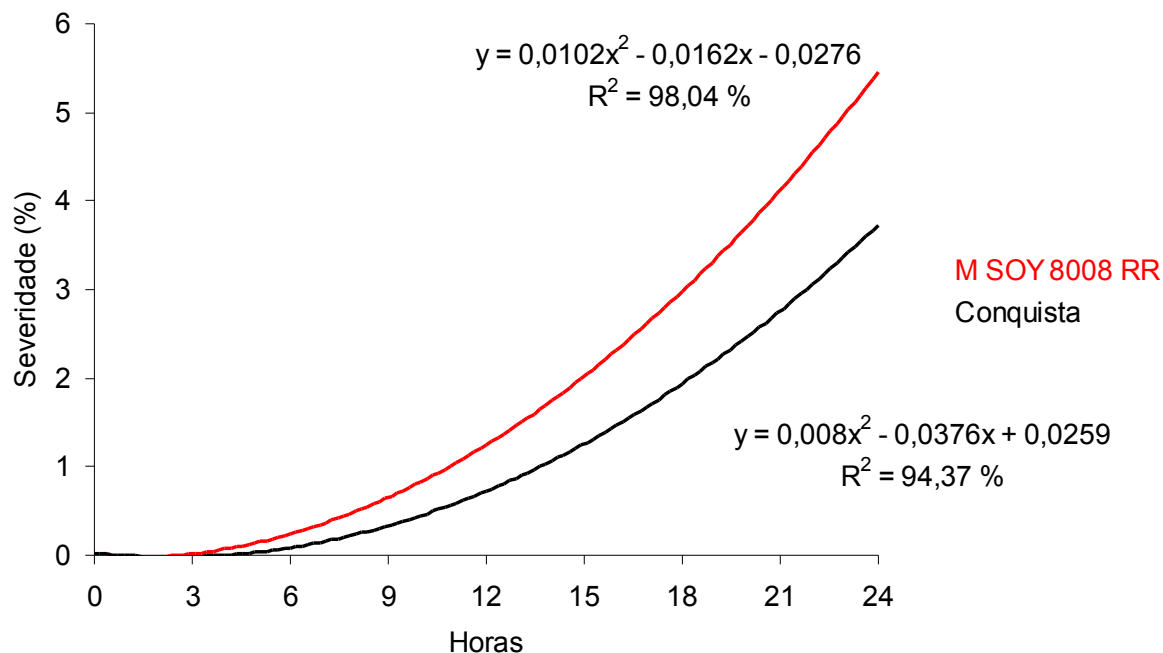


FIGURA 3 - Severidade ocasionada pela ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) nos cultivares de soja M SOY 8008 RR e Conquista, em diferentes períodos de molhamento foliar. LAVIV, UFU, Uberlândia - MG, 2009.

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.

CONCLUSÕES

O incremento do período de molhamento foliar aumentou a ocorrência da ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) quanto à severidade (%), ao número de pústulas cm^{-2} e lesões necróticas cm^{-2} nos cultivares M SOY 8008 RR e Conquista.

A velocidade de ocorrência de doença é superior no cultivar M SOY 8008 RR, o que fica claro pelas curvas mais inclinadas, que representam severidade (%), número de pústulas cm^{-2} e lesões necróticas cm^{-2} , 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 cm^{-2} e de lesões necróticas cm^{-2} do que o segundo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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).

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.

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.

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.

SINCLAIR, J. B.; BACKMAN, P. A. (Ed.). **Compendium of soybean diseases**. 3. ed. Saint Paul: APS Press, 1989. 106 p.

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.

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.; 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.