

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

AILA RIOS DE SOUZA

**EFEITO DO PERÍODO DE MOLHAMENTO FOLIAR NA OCORRÊNCIA DA
FERRUGEM ASIÁTICA (*Phakopsora pachyrhizi*) NA SOJA (*Glycine max*)**

**Uberlândia
Julho – 2008**

AILA RIOS DE SOUZA

**EFEITO DO PERÍODO DE MOLHAMENTO FOLIAR NA OCORRÊNCIA DA
FERRUGEM ASIÁTICA (*Phakopsora pachyrhizi*) NA 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
Julho – 2008**

AILA RIOS DE SOUZA

**EFEITO DO PERÍODO DE MOLHAMENTO FOLIAR NA OCORRÊNCIA DA
FERRUGEM ASIÁTICA (*Phakopsora pachyrhizi*) NA 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 23 de junho de 2008

Prof. Dr. Lísias Coelho
Membro da Banca

Prof. Dra. Maria Amélia dos Santos
Membro da Banca

Prof. Dr. Jonas Jäger Fernandes
Orientador

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo, avaliar a influência do período de molhamento foliar na infecção e severidade da ferrugem asiática da soja (*Phakopsora pachyrhizi*) em duas cultivares de soja, M-SOY 8008 RR e BRSMG-46 Conquista . O ensaio foi instalado e conduzido em casa-de-vegetação da UFU. O delineamento experimental DBC, em esquema fatorial 7x2, correspondente a 7 diferentes períodos de molhamento foliar e duas cultivares, com quatro repetições, sendo que cada repetição era composta por duas plantas. Inoculou-se no primeiro e segundo trifólio expandido (V2-V3), uma suspensão calibrada de $1,0 \times 10^5$ uredíniosporos.ml⁻¹. As avaliações consistiram na contagem do número de pústulas.cm⁻², número de lesões necróticas.cm⁻² e severidade (%), sendo as mesmas realizadas no folíolo central do primeiro e segundo trifólio de cada planta, 12 dias após a inoculação do patógeno. Realizou-se a análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância e regressão. Conclui-se que não houve interação significativa entre período de molhamento foliar e genótipo, sendo que o período de molhamento que proporcionou maior número de pústulas.cm⁻² e lesões.cm⁻² foi o de 30 h. Os genótipos avaliados diferiram apenas em número de pústulas.cm⁻² e número de lesões.cm⁻².

Palavras chave: Ferrugem asiática, soja, molhamento foliar.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	5
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	7
2.1 A Ferrugem Asiática.....	7
2.2 Efeito do ambiente na ocorrência da doença.....	9
2.3 Controle.....	13
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	14
3.1 Delineamento e parcela experimental.....	14
3.2 Substrato e tratos culturais.....	14
3.3 Obtenção do inóculo e inoculação.....	14
3.4 Avaliação da temperatura do ar.....	14
3.5 Avaliação da infecção da ferrugem asiática da soja.....	16
3.6 Análise Estatística.....	16
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	17
5 CONCLUSÕES.....	22
REFERÊNCIAS.....	23

1 INTRODUÇÃO

A soja, pertence a família Fabaceae, subfamília Papilionoideae e ao gênero *Glycine* L.; que compreende cerca de 15 espécies, sendo classificada como *Glycine max* (L) Merril. Graças às suas características nutritivas e industriais e à sua adaptabilidade a diferentes latitudes, solos e condições de climáticas, o cultivo da soja se expandiu por todo mundo e hoje é a mais importante oleaginosa cultivada no mundo. No Brasil até meados dos anos 60 a soja não tinha importância econômica dentre as culturas principais, como cana de açúcar, algodão, milho, arroz, café, laranja e feijão. No entanto, a partir do final dos anos 60, a produção de soja teve um crescimento extraordinário, alterando-se sua importância relativa no cenário nacional e internacional. A produção de soja no Brasil concentrou-se na região Centro-Sul até início dos anos 80. A partir daí, a participação da região Centro-Oeste aumentou significativamente. A expansão da área cultivada de soja no Brasil é resultado tanto da incorporação de novas áreas, nas regiões Centro-Oeste e Norte, quanto da substituição de outras culturas na região Centro-Sul (ARANTES et al., 1993).

Segundo Juliatti et al. (2005), a exploração econômica de seu potencial de rendimento (4000 kg ha^{-1}) dificilmente é alcançada. O rendimento médio mundial tem sido de 2200 kg ha^{-1} . Entre os principais fatores que limitam o rendimento, a lucratividade e o sucesso da produção de soja destacam-se as doenças. A EMBRAPA (2003) registra que a importância econômica de cada doença varia de ano para ano e de região para região, dependendo das condições climáticas de cada safra. As perdas anuais de produção por doenças são estimadas em cerca de 15 a 20%, entretanto, algumas doenças podem ocasionar perdas de quase 100%.

De acordo com Embrapa 2006, aproximadamente 40 doenças causadas por fungos, bactérias, nematóides e vírus já foram identificadas no Brasil. Esse número continua aumentando com a expansão da soja para novas áreas e como consequência da monocultura. A importância econômica de cada doença varia de ano para ano e de região para região, dependendo das condições climáticas de cada safra. As perdas anuais de produção por doenças são estimadas em cerca de 15% a 20%, entretanto, algumas doenças podem ocasionar perdas de quase 100%.

Entre as principais doenças que afetam a cultura da soja no Brasil estão: Mancha parda ou Septoriose (*Septoria glycines* Hemmi), Mancha púrpura da semente ou Crestamento foliar (*Cercospora kikuchii* (T. Matsu. & Tomoyasu) Gardner), Antracnose (*Colletotrichum truncatum* (Schw.) Andrus & W.D. Moore), seca da haste e da vargem (*Phomopsis phaseoli*)

(Cke. & Ell) Sacc. sp. *meridionalis* – *Diaporthe phaseolorum* (Cke. & Ell.) Sacc. sp. *meridionalis*), Crestamento bacteriano (*Pseudomonas syringae* pv. *glycinea* (Coerper) Young et al.), Podridão vermelha da raiz (*Fusarium solani* (Mart.) Sacc.), “Mancha olho-de-rã ” (*Cercospora sojina* Hara) e Ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi* Syndow) (PICININI; FERNANDES, apud JULIATTI et al., 2004). Dentre estas doenças destaca-se a ferrugem asiática da soja (*Phakopsora pachyrhizi*). Na safra de 2002/2003, a ferrugem atingiu as principais áreas produtoras de soja no país e, segundo Yorinori et al. (2003), o custo devido a perdas e aplicações de fungicida, foi de pelo menos US\$ 1,126 bilhão.

A doença tornou-se epidêmica recentemente no país, portanto as medidas de controle ainda estão sendo definidas. Na falta de cultivares resistentes, o uso de fungicidas é usado como medida de controle. A determinação das condições climáticas favoráveis ao desenvolvimento da ferrugem da soja, considerando as cultivares utilizadas no Brasil e as épocas de semeadura, pode fornecer subsídios importantes para a tomada de decisão referente ao momento ideal para se fazer o controle químico.

Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito do período de molhamento foliar na ocorrência da ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) em folhas de soja de duas cultivares.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A Ferrugem Asiática

A ferrugem da soja [*Glycine max* (L.) Merrill] causada pelo fungo *Phakopsora pachyrhizi* H. Sydow & Sydow, foi constatado pela primeira vez como epidemia no continente americano no Paraguai em março de 2001 e dois meses depois no Brasil, no oeste do Paraná. Desde então, sua expansão pelas lavouras de soja foi rápida e as perdas são estimadas em 8,5 milhões de toneladas de grãos no período de 2001 a 2004. Na safra 2001/02 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 (YORINORI et al., 2002). 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).

A ferrugem asiática pode provocar redução no rendimento da soja de até 75%, principalmente em áreas 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). Reduções. No Brasil as perdas de produção podem atingir 70% em áreas não controladas (YORINORI et al., 2005). Em condições ótimas, as perdas na produtividade podem variar de 10% a 80%. As perdas em grãos provocadas pela ferrugem asiática da soja somaram aproximadamente 4,5% da safra brasileira de soja em 2006/07, o que equivale a 2,67 milhões de toneladas de grãos ou U\$ 615,7 milhões, considerando o preço médio de U\$ 230,6 a tonelada de soja. Somando-se o custo da operação de controle, cuja média nacional ficou em 2,3 aplicações por hectare, o que representa US\$1,58 bilhão, o custo total da ferrugem asiática na safra 2006/07 é de U\$ 2,19 bilhões (EMBRAPA, 2006).

O fungo é um parasita obrigatório, ou seja, precisa de um hospedeiro para sobreviver e sua disseminação a longas distâncias é feita pelo vento. Mas a disseminação de doenças 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 e plantas de 42 gêneros da família Fabaceae são hospedeiras do fungo. Os esporos do fungo sobrevivem até 50 dias. 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 doenças, a ferrugem não necessita de estômatos ou ferimentos, ela penetra diretamente através da cutícula e epiderme, tornando a infecção mais rápida e fácil (PLANTIO DIRETO, 2003; JULIATTI et al., 2004).

Os primeiros sintomas da doença iniciam no terço inferior e mediano da planta com clorose inicial e depois aparecimento de pequenos pontos escurecidos, de no máximo 1 mm de diâmetro. Para facilitar a visualização deve-se observar a folha contra a luz. Na parte de baixo da folha com o auxílio de uma lupa de 10x a 30x de aumento podem ser observadas pequenas protuberâncias, parecendo bolhas que são as estruturas de reprodução do fungo, chamadas de uredíneas. À medida que ocorre a morte dos tecidos infectados, as manchas aumentam de tamanho (1-4 mm), adquirindo coloração castanho-avermelhada. Progressivamente, as uredíneas, também chamadas de pústulas, adquirem cor castanho-clara a castanho-escura, abrem-se em um minúsculo poro, expelindo os uredíniosporos. Estes, inicialmente de coloração hialina, tornam-se bege e acumulam-se ao redor dos poros ou são carregados pelo vento. O número de uredíneas, por ponto, pode variar de um a seis. À medida que prossegue a esporulação, o tecido ao redor das primeiras uredíneas adquire coloração castanho-clara a castanho-avermelhada. As lesões são facilmente visíveis em ambas as faces da folha. Os sintomas da ferrugem asiática diferem da ferrugem americana apenas pela predominância da coloração castanho-avermelhada das lesões. O fungo, pode causar rápido amarelecimento e queda prematura de folhas, causando danos na formação das vagens e enchimento de grãos (YANG et al., 1991). Plantas severamente infectadas apresentam desfolha precoce, comprometendo a formação e o enchimento de vagens e o peso final dos grãos (YANG et al., 1991).

Plantas severamente infectadas apresentam desfolha precoce, comprometendo a formação e o enchimento de vagens e o peso final dos grãos (YANG et al., 1991). Foi constatado pela primeira vez como epidemia no continente americano no Paraguai em março de 2001 e dois meses depois no Brasil, no oeste do Paraná. Desde então, sua expansão pelas lavouras de soja foi rápida e as perdas são estimadas em 8,5 milhões de toneladas de grãos no período de 2001 a 2004. Na safra 2001/02 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

(YORINORI et al., 2002). 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).

2.2 Efeito do ambiente na ocorrência da doença

Segundo Balardin et. al (2005), 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. 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 influenciadas por fatores bióticos como interação patógeno-hospedeiro (BROMFIELDS, 1981) e fatores abióticos do ambiente (VALE et al., 1990).

Os fatores climáticos são os mais importantes entre os fatores do ambiente que influenciam as doenças de plantas e seu desenvolvimento epidêmico. Dentre os fatores meteorológicos, o mais importante deles (exceto para virose) é o molhamento foliar, produzido pelo orvalho, nevoeiro e pela chuva, necessário tanto para a infecção quanto para esporulação. A chuva pode ser importante na disseminação dos patógenos, principalmente esporos de fungos que causam lesões foliares (RIBEIRO et al., 2004).

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 a um 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 SOJA, 2004).

A umidade constitui-se num dos fatores mais importantes que influenciam no desenvolvimento das doenças das plantas. A umidade, medida em termos de quantidade e duração, é essencial para que haja infecção pela maioria dos fungos e bactérias, agentes causais de doenças. Segundo Jones (1986), entre os fatores de ambiente que influenciam as doenças de plantas, a umidade é, às vezes, o mais importante, seguido pela temperatura.

O clima também afeta a sobrevivência do inóculo, tanto entre estações de cultivo quanto dentro da estação de cultivo. A sobrevivência do inóculo entre estações de cultivo é

menor em regiões temperadas ou semi-áridas com verão seco, onde condições climáticas extremas podem destruir as estruturas de sobrevivência e infecção do patógeno. Por outro lado, nas regiões tropicais, onde se observa clima mais estável ao longo do ano, a sobrevivência do inóculo é muito maior. Condições extremas de temperatura e umidade podem afetar a planta hospedeira, além de comprometer a sobrevivência de muitos patógenos foliares e de solo. Inundações tornam o ambiente do solo anaeróbico, contribuindo para a eliminação de muitas espécies fitopatogênicas. Baixa disponibilidade de água no solo pode provocar dessecação de estruturas de alguns patógenos (RIBEIRO et al., 2004).

Para dispersão de estruturas reprodutivas, o vento exerce papel fundamental, embora muitos patógenos sejam extremamente dependentes de água para dispersão. Em alguns casos a umidade é essencial para a liberação de esporos. Alguns fitopatógenos têm sua disseminação fortemente relacionada à presença de água livre. Os respingos de chuva desempenham papel relevante na disseminação de muitas doenças no interior do dossel, especialmente com relação ao transporte das estruturas reprodutivas (RIBEIRO et al., 2004).

A germinação dos esporos e a infecção pela maioria dos fungos dependem da combinação da temperatura e duração de umidade relativa do ar próxima da saturação ou duração do molhamento foliar (RIBEIRO et al., 2004).

O período de incubação e o período latente dependem fundamentalmente da temperatura, umidade e o molhamento foliar podem apresentar algum efeito aditivo, dependendo do patógeno. O crescimento da lesão depende, principalmente, da temperatura, sendo o molhamento foliar e o conteúdo de água fatores adicionais, o que deve ser considerado quando se trabalha com culturas sob sistema de irrigação (RIBEIRO et al., 2004).

As três maiores fontes de umidade para ocorrência de doenças de plantas são: chuva, orvalho e respingos de água de irrigação por aspersão. Essas três fontes de umidade diferem em sua influência sobre várias fases do ciclo de vida do patógeno. As chuvas e irrigação por aspersão promovem a dispersão dos esporos, mas o orvalho não o faz na mesma intensidade. Todas as três fontes de umidade podem facilitar a germinação e penetração do patógeno, uma vez que esses processos não requerem longos períodos de umidade e são poucos influenciados pela luminosidade. O orvalho, mais freqüente à noite, normalmente favorece a esporulação. Na dispersão do inóculo, a água exerce efeito determinante em algumas espécies de fitopatógenos, atuando na liberação e no transporte de propágulos por impacto de gotas e, ainda, podendo levar propágulos a longas distâncias, como consequência do escoamento superficial de água e irrigação. (RIBEIRO et al., 2004)

O orvalho é um fator microclimático de grande importância em diferentes fases do

ciclo do patógeno. A duração dos períodos de orvalho é mais importante que a quantidade de água depositada, para o desenvolvimento de doenças de plantas, e há vários instrumentos desenvolvidos para mensurar sua duração (RIBEIRO et al., 2004).

A chuva, ao contrário da irrigação por aspersão, afeta grandes áreas, ocorrendo também durante o dia, diferentemente do orvalho. Em certas condições, as chuvas pesadas e rápidas podem ser mais eficazes no desenvolvimento de epidemias que chuvas prolongadas, porque elas promovem maior dispersão dos esporos por respingos, além de remover maior quantidade de fungicida da folhagem. Os patógenos de difícil disseminação pelo vento são, geralmente, beneficiados pelas chuvas fortes. Patógenos que requerem longos períodos de umidade para a infecção são favorecidas por chuvas finas e prolongadas. Esse tipo de chuva favorece a esporulação e infecção (RIBEIRO et al., 2004).

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 *P. 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.

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).

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 cresceu 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 serem irregulares, é possível que aquelas que emergem mais cedo, possam ter o efeito de dificultar o aparecimento daquelas que resultam de infecções posteriores.

2.3 Controle

O controle da ferrugem da soja exige a combinação de várias técnicas, a fim de evitar perdas de rendimento. Recomendam-se algumas estratégias, como: semear, preferencialmente, cultivares precoces e no início da época recomendada para cada região;

evitar o prolongamento do período de semeadura, pois a soja semeada mais tardiamente (ou de ciclo longo), irá sofrer mais dano devido à multiplicação do fungo nos primeiros cultivos. Nas regiões onde não foi constatada a ferrugem, deve-se iniciar a vistoria da lavoura desde o início da safra e, principalmente, quando a soja estiver próxima da floração; nos sintomas iniciais e, havendo condições favoráveis (chuva e/ou abundante formação de orvalho), poderá haver a necessidade de aplicação de fungicida (JULIATTI et al., 2004).

Estudos mostram que em condições severas de epidemia são necessárias de três a cinco aplicações de fungicidas, em intervalos de dez dias (SINCLAIR; HARTMAN, 1996; GODOY, 2004).

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 18 de março a 16 de abril de 2008.

3.1 Delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso em esquema fatorial 7x2 com quatro repetições. Os tratamentos consistiram de sete diferentes tempos de molhamento foliar após inoculação (0; 1,5; 3; 6; 10; 20 e 30 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 pelo vaso plástico conduzido com duas plantas de soja.

3.2 Substrato e tratos culturais

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. As plântulas foram adubadas semanalmente com 0,3 a 0,5 g.vaso⁻¹ de torta de mamona e com 0,5 g.vaso⁻¹ de adubo contendo macro e micro nutrientes (15% N, 15% P₂O₅, 20% K₂O, 1,1% Ca, 4% S, 0,4% Mg, 0,05% Zn, 0,05% B, 0,1% Fe e 0,03% Mn). O controle de oídio foi realizado pela pulverização semanal de uma mistura contendo bicarbonato de sódio a 2.000 ppm e óleo mineral a 0,5% (BETTIOL; GHINI, 2004) .

3.3 Obtenção do inóculo e inoculação

Urediniósporos de *P. pachyrhizi* presentes em soros urediniais de folíolos frescos de várias cultivares de soja da Fazenda Experimental Capim Branco da Universidade Federal de Uberlândia, foram coletados e inoculados em plantas de soja, cultivares Conquista e M-SOY 8008 RR, em casa de vegetação de acordo com a metodologia adaptada de

Frederick et al., (2002).

Os urediniósporos de *Phakopsora pachyrhizi* foram coletados de folíolos de soja com sintomas visíveis de pústulas e necrose. A suspensão de uredósporos foi preparada em água destilada contendo 0,01% de Tween 20 (v:v) até a concentração de $1,0 \times 10^5$ uredósporos.ml⁻¹, a qual foi uniformemente pulverizada sobre as plantas de soja em estádios V2 (Segundo nó formado) e V3 (Terceito nó formado) conforme a Escala Fenológica de Fehr e Caviness (1977) com o auxílio atomizador Devilbss. Imediatamente após a inoculação, as plantas foram incubadas em câmara de nevoeiro. A cada período de molhamento foliar foram retiradas quatro parcelas experimentais para cada cultivar de soja e levada para a casa de vegetação e após 12 dias iniciaram as avaliações.

3.4 Determinação da temperatura do ar

A temperatura do ar no interior da camara de nevoeiro e da casa-de-vegetação foi determinada em dois termômetros de máximo e de mínimo um localizado no interior da camara de nevoeiro com temperatura máxima de 30°C e mínima de 22°C e outro no interior da casa-de-vegetação com temperatura máxima de 30° C e temperatura mínima de 20°C. As temperaturas máxima e mínima na camara de nevoeiro foram determinadas no momento de retirada de cada tratamento deste local de incubação sob molhamento foliar. Para as determinações no interior da casa-de-vegetação foi realizada uma vez por dia, aproximadamente as 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 % severidade (SEV), determinados no folíolo central do primeiro e segundo 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.

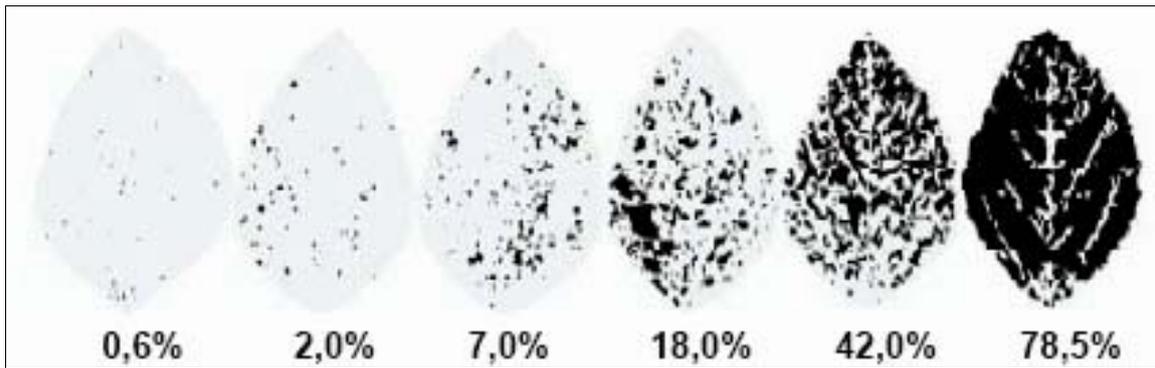


Figura 1. Escala diagramática, porcentagem de área foliar doente, para a severidade da ferrugem da soja, segundo Godoy et al. (2006)

3.6 Análise Estatística

A análise de variância e as comparações das médias foram feitas pelo teste de Tukey, a 5% de significância, regressão e a transformação de dados foi feita através da fórmula raiz quadrada de $(x + 0,5)$ utilizando o software Sisvar, desenvolvido pela Universidade Federal de Lavras (FERREIRA, 2006).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As temperaturas do ar no interior da câmara-de-nevoeiro foram de 22° a 30°C, respectivamente, temperatura mínima e máxima. No interior da casa-de-vegetação, as temperaturas observadas foram de 20° a 30°C, respectivamente, temperatura mínima e máxima.

Em sua revisão, Sinclair e Backman (1989) citaram o intervalo de temperatura ótima para a infecção entre 20 a 25 °C. Nessas condições, e havendo disponibilidade de água livre sobre a superfície da planta, a infecção ocorre no período de 6 horas após a deposição do esporo, sendo que quanto maior 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 das folhas acima de 6 h, por chuva ou orvalho e temperaturas diárias variando de 15°C a 30 °C, favorecem o desenvolvimento da ferrugem asiática da soja.

Pelo quadro de análise de variância (Tabela 1) é possível verificar 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.

Observa-se também que houve significância para o efeito de cultivar quanto ao número de pústulas.cm⁻² e de lesões.cm⁻². Ao contrário, não houve efeito significativo entre período de molhamento foliar e o tipo de cultivar, uma vez que nos tratamentos utilizados, as cultivares não apresentaram reações diferenciadas na severidade da doença. Este resultado pode configurar-se como um indicativo de que o período de molhamento foliar é favorável a ocorrência da ferrugem asiática independente de cultivar utilizada.

Os valores obtidos quanto ao número de pústulas.cm⁻² e número de lesões.cm⁻² (Tabela 2), indicam que a ocorrência da doença é máxima com 30 h de molhamento foliar, favorecendo um melhor desenvolvimento da infecção por *Phakopsora pachyrhizi*. Considerando a diferença do número de pústulas.cm⁻² e número de lesões necróticas.cm⁻², pode-se determinar que a cultivar MSOY 8008 RR apresentou menor quantidade de pústulas.cm⁻² e lesões necróticas.cm⁻² da ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) comparada a cultivar BRSMG-46 Conquista .

Avaliando a aplicação do teste de contraste entre médias dos tratamentos quanto a porcentagem de severidade (Tabela 2), pode-se verificar que a severidade máxima foi observada com o período de 30 horas de molhamento foliar, ou seja, neste período favorecemos melhores

Tabela 01. Análise de variância do número de pústulas cm^{-2} , número de lesões necróticas cm^{-2} e severidade (%) da ferrugem asiática em diferentes cultivares de soja nos diferentes períodos de molhamento foliar. LAVIV, UFU, Uberlândia, 2008.

Fonte de variação	GL	Quadrado Medio		
		NUP ¹	SEV (%) ²	NUL ³
Período de molhamento foliar (PM)	6	18,027292**	2.870702**	3,580802**
Cultivar	1	2,130927**	0.003455	0,547428**
PM*Cultivar	6	0,220422	0,047852	0,627540
Bloco	3	0,367370	0,177630**	0,596276
Erro	39	0,420763	0,059893	4,110140
CV (%)		27,44	18,08	21,85

(1) NUP = número de pústulas cm^{-2}

(2) SEV = % severidade

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

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

Tabela 02. Análise da ocorrência da ferrugem asiática da soja (*Phakopsora pachyrhizi*) em função do período de molhamento foliar*. LAVIV, UFU, Uberlândia, 2008.

Molhamento Foliar (Horas)	Nº de pústulas/cm ²			Severidade (%)			Nº de lesões necróticas/cm ²		
	BRSMG-46 Conquista	MSOY 8008 RR	Médias	BRSMG-46 Conquista	MSOY 8008 RR	Médias	BRSMG-46 Conquista	MSOY 8008 RR	Médias
0	0,00 A	0,00 A	0,00 a	0,00 A	0,00 A	0,00 a	0,00 A	0,00 A	0,00 a
1,5	1,5 A	0,00 A	0,50 a	0,50 A	0,00 A	0,25 a	1,00 A	0,00 A	0,37 ab
3	0,75 A	0,25 A	0,75 a	0,25 A	0,25 A	0,25 a	0,50 A	0,25 A	0,50 ab
6	9,00 A	5,25 A	7,12 a	1,75 A	1,25 A	1,50 b	2,50 A	1,75 A	2,12 bc
10	9,50 A	8,00 A	8,75 b	2,00 A	1,75 A	1,87 b	2,75 A	2,00 A	2,37 c
20	20,25 B	12,50 A	16,37 c	3,00 A	3,75 A	3,37 c	5,75 B	3,50 A	4,62 d
30	19,25 A	17,25 A	18,25 c	4,25 A	5,00 A	4,62 d	5,25 A	5,50 A	5,37 d
Médias	8,61 B	6,18 A	-	1,68 A	1,71 A	-	2,53B	1,86 A	-

(*) Dados sem transformação.

Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si, ao nível de 5% de significância, pelo teste de Tukey.

condições foram disponibilizados para o desenvolvimento da infecção de *Phakopsora pachyrhizi* na planta de soja, e entre a cultivares avaliadas, não houve diferença.

De maneira geral pelas Figuras 2 e 3, observa-se que com o aumento do período de molhamento foliar observou-se ampliação do número de pústulas.cm⁻² e número de lesões necróticas.cm⁻² até 30 h de molhamento.

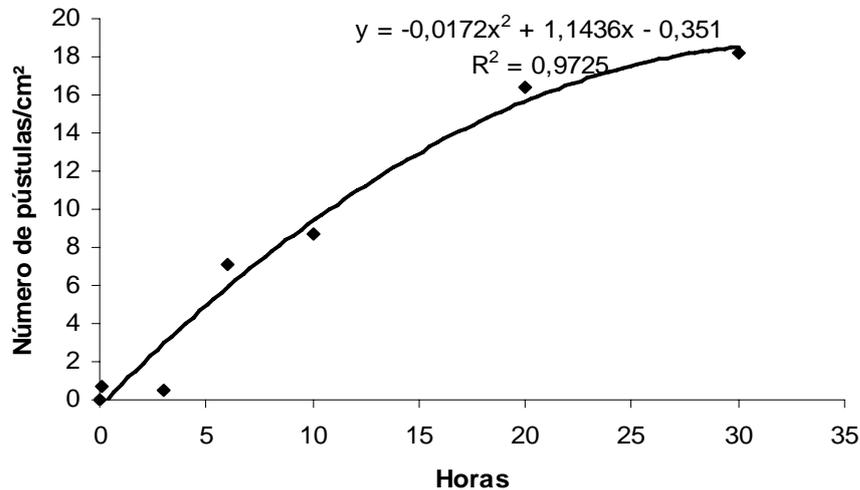


Figura 2 - Número de pústulas/cm² em soja inoculada com *Phakopsora pachyrhizi* e submetida a diferentes períodos de molhamento foliar. LAVIV, UFU, Uberlândia – MG, 2008.

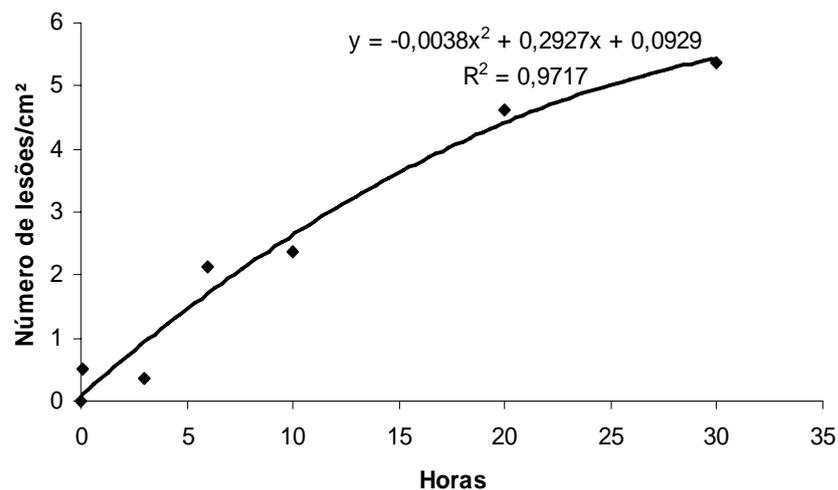


Figura 3 - Número de lesões necróticas/cm² ocasionadas pela ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) na cultura da soja em diferentes períodos de molhamento foliar. LAVIV, UFU, Uberlândia – MG, 2008.

Vale et al. (1990) estudando o efeito da temperatura e duração do molhamento foliar sobre infecção de *P. pachyrhizi* na 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.

Em experimentos conduzidos por Thakur et al. (1991), foi demonstrado que os efeitos da temperatura e da duração do período de molhamento em panículas de milheto [*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.] infetadas por *Claviceps fusiformis* Lov. foram mais evidentes em genótipos suscetíveis que em genótipos resistentes ou moderadamente resistentes. Além disto, Turechek e Stevenson (1998) demonstraram, através de análise logística 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, observou-se que a severidade máxima da ferrugem continuou a aumentar até 30 h de molhamento foliar. A partir de uma infecção inicial, e sob condições favoráveis a ferrugem pode progredir rapidamente atingindo severidade elevada em menos de 20 dias (FORCELINI, 2003; IVANCOVICH, 2003 apud BALARDIN et al., 2005).

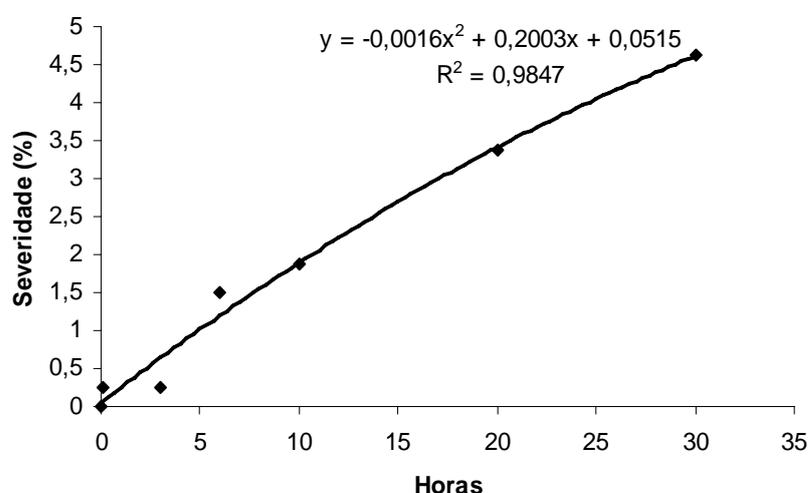


Figura 4 - Severidade ocasionada pela ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) na cultura da soja em diferentes períodos de molhamento foliar. LAVIV, UFU, Uberlândia – MG, 2008.

De maneira geral, quando aumenta o número de horas de molhamento sobre a folha da planta de soja, ocorreu favorecimento para o desenvolvimento do fungo (*Phakopsora pachyrhizi*), como, a ocorrência da germinação e penetração deste patógeno ampliando a quantidade de pontos de infecção da doença por centímetro quadrado. Através dos dados obtidos, observou-se que a ocorrência da doença ocorreu a partir de 1,5 horas de molhamento foliar. Os valores crescentes de severidade (%), do número de lesões e pústulas/cm², aumentaram de acordo com a elevação do número de horas de molhamento, sendo que neste

trabalho a quantidade máxima para todas as variáveis analisadas foram observados no tratamento com 30 horas de molhamento foliar (Figura 2, Figura 3 e Figura 4).

5 CONCLUSÕES

Pelos resultados obtidos, pode-se concluir:

A infecção por *Phakopsora pachyrhizi* em soja pode ocorrer a partir de 1,5 h de molhamento foliar.

O aumento 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.

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.
- ARANTES, N.E.; SOUZA, P.I.M. **Cultura da Soja nos cerrados**. Piracicaba: Potafós, 1993. 535p.
- BALARDIN, R. S.; NAVARINI, L.; DALLAGNOL L.J. Relato da ferrugem asiática no estado do Rio Grande do Sul. In: JULIATTI, F.C.; POLIZEL, A.C.; HAMAWAKI, O.T. (ed.). **I Workshop Brasileiro Sobre Ferrugem Asiática**. Uberlândia: EDUFU, 2005. p.105-110.
- BENCHIMOL, R.L.; ANDRADE, E.B.; AL HUSNY, J.C.; BARRIGA, J.P. Ferrugem asiática da soja chega ao Pará, p. 137. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO CENTRAL DO BRASIL, 26. Ribeirão Preto, SP, 17- 18 de agosto de 2004. **Resumos...** Londrina: Embrapa Soja. 2004. 330 p. (Documentos/ Embrapa Soja, 234)
- BERGAMIN FILHO, A.; AMORIM, L. **Doenças de plantas tropicais: epidemiologia e controle econômico**. Piracicaba: Agronômica Ceres. 1996. 289p.
- BETTIOL, W.; GHINI, R. Métodos alternativos usados com sucesso no Brasil para o controle de doenças de plantas. In: STADNIK, M.J.; TALAMINI, V. (Ed.). **Manejo Ecológico de Doenças de Plantas**. Florianópolis: CCA/UFSC 2004. 143-157p.
- BROMFIELD, K.R. Differential reaction of some soybean accessions to *Phakopsora pachyrhizi*. **Soybean Rust Newsletter**, Shanhua, v.4, n.2, 1981.
- CAMPBELL, C.L.; MADDEN, L.V. **Introduction to plant disease epidemiology**. New York. John Wiley. 1990. 532p.
- COODETEC. **Ferrugem da soja**. Disponível em <http://www.coodetec.com.br/artigos.asp?id=23>, acesso em 03/07/2007.
- DEL PONTE, E. M.; GODOY, C. V.; LI, X.; YANG, X. B. Predicting severity of Asian Soybean rust epidemics with empirical rainfall models. **Phytopathology**, St. Paul, v.96, n.7, p.797-803. 2006.
- EMBRAPA SOJA. **Tecnologia de Produção de Soja- Região Central do Brasil- 2005**. Londrina: Embrapa Soja: Embrapa Cerrados: Embrapa Agropecuária Oeste: Fundação Meridional, 2004. 239 p. (Sistemas de Produção/ Embrapa Soja; n.6).
- EMBRAPA, 2006. <http://www.cnpso.embrapa.br>, disponível em 05/08/2007.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA. Centro Nacional de Pesquisa de Soja. Boletim de Pesquisa e desenvolvimento I - **Contribuição ao desenvolvimento de linhagens de soja com resistência a patógenos**. Londrina: Embrapa soja, 2002a. 43p.
- 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: 23 de março de 2008

FORBES, G.A.; KORVA, J.T. The effect of using Horsfall-Barratt scale on precision and accuracy of visual estimation of potato late blight severity in the field. **Plant Pathology**, Londres, v. 43, p. 675-682. 1994.

FREDERICK, R.D.; SNYDER, C.L.; PETERSON, G.L.; BONDE, M.R. Polymerase Chain Reaction Assays for the Detection and Discrimination of the Soybean Rust Pathogens *Phakopsora pachyrhizi* and *P. meibomia*. **Phytopathology**, St. Paul, v. 92, n. 2, p. 217-227. 2002.

GODOY, C.V., CARNEIRO, S.M.T.P.G., IAMAUTI, M.T., DALLA PRIA, M., AMORIM, L., BERGER, R.D.; BERGAMIN FILHO, A. Diagrammatic scales for bean diseases: development and validation. **Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz**, Berlin, v. 104, p. 336-345. 1997.

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.

HORSFALL, J.C.; BARRAT, R.W. An improved grading system for measuring plant diseases. **Phytopathology**, St. Paul, v. 35, p. 665. 1945.

JULIATTI F.C. Relato da ferrugem asiática em Minas Gerais. In: JULIATTI, F.C.; POLIZEL, A.C.; HAMAWAKI, O.T. (ed.). **I Workshop Brasileiro sobre Ferrugem Asiática**. Uberlândia: EDUFU, 2005. p. 55 - 68.

JULIATTI, F.C.; POLIZEL, C.A.; JULIATTI, C.Fa. **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**, St. Paul, v.66, p.461-463. 1976.

NUTTER JR., F.W.; SCHULTZ, P.M. Improving the accuracy and precision of disease assessments: selection of methods and use of computer-aided training programs. **Canadian Journal of Plant Pathology**, Ontario, v. 17, p. 174-184. 1995.

OGLE, H.J.; BYTH, D.E.; McLEAN, Effect of rust (*Phakopsora pachyrhizi*) on soybean yield and quality in South- eastern Queensland. **Australian Journal of Agricultural Research**, Victoria, v.30, p. 883-893. 1979.

PLANTIO DIRETO. Disponível em: <<http://www.plantiodireto.com.br>>. Acesso em: 20 de novembro de 2003.

RIBEIRO F. X.; JUNIOR W. C. J.; ZAMBOLIM L. **Epidemiologia aplicada ao manejo de doenças de plantas**. Viçosa: Editora Perfil, 2004. 532 p.

SINCLAIR, J. B., AND HARTMAN, G. L. **Soybean Rust Workshop**, 9-11 August 1995, College of Agriculture, Consumer, and Environmental Sciences, National Soybean Research Laboratory Publication Number 1, Urbana, Illinois.

SINCLAIR, J.B.; BACKMAN, P.A. **Compendium of soybean diseases**. 3.ed. St. Paul: APS

Press, 1989. 104 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. St. Paul: American Phytopathological Society. 1999. p.25-26.

SOUSA P. F. C.; ALVES. E.; CASTRO H. A.; **Influência da temperatura no desenvolvimento de teliósporos de *Phakopsora pachyrhizi* em folíolos de soja**. Universidade Federal de Lavras (UFLA), Departamento de Fitopatologia (Mestrado em Agronomia/Fitopatologia). 231 f., 2005.

THAKUR, R.P., RAO, V.P.; KING, S.B. Influence of temperature and wetness duration on infection of pearl millet by *Claviceps fusiformis*. **Phytopathology**, St. Paul, v. 81, p. 835-838, 1991.

TURECHECK, W.W.; STEVENSON, K.L. Effects of host resistance, temperature, leaf wetness, and leaf age on infection and lesion development of pecan Scab. **Phytopathology**, St 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**, St. 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**, St. Paul, v.81, 1420-1426. 1991.

YORINORI, J.T., PAIVA, W.M.,; FREDERICK, R.D.; FERNANDEZ, P.F.T. Ferrugem da soja (*Phakopsora pachyrhizi*) no Brasil e no Paraguai, nas safras 2000/01 e 2001/02. II CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA, **Resumos...** Foz do Iguaçu, PR., 2002a. p.94.

YORINORI, J.T.; KIIHL, R.A.S.; ARIAS, C.A.A.; ALMEIDA, L.A.; YORINORI, M.A.; GODOY, C.V. Reações de cultivares de soja a ferrugem “asiática” (*Phakopsora pachyrhizi*). XXIV REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO CENTRAL DO BRASIL. **Resumos...** São Pedro, SP., 2002b. p.149.