

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

REINALDO RODRIGUES PIMENTEL

**EFEITO DO PERÍODO DE MOLHAMENTO FOLIAR NA OCORRÊNCIA DA
FERRUGEM ASIÁTICA EM DUAS CULTIVARES TRANSGÊNICAS DE SOJA**

**Uberlândia – MG
Novembro – 2011**

REINALDO RODRIGUES PIMENTEL

**EFEITO DO PERÍODO DE MOLHAMENTO FOLIAR NA OCORRÊNCIA DA
FERRUGEM ASIÁTICA EM DUAS CULTIVARES TRANSGÊNICAS DE SOJA**

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
Novembro – 2011**

REINALDO RODRIGUES PIMENTEL

**EFEITO DO PERÍODO DE MOLHAMENTO FOLIAR NA OCORRÊNCIA DA
FERRUGEM ASIÁTICA EM DUAS CULTIVARES TRANSGÊNICAS DE SOJA**

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 novembro de 2011.

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

Prof. Dra. Maristela dos Santos Rey
Membro da Banca

Prof. Dr. Jonas Jäger Fernandes
Orientador

AGRADECIMENTOS

À Deus em primeiro lugar, que me deu a vida, me abençoou grandemente e me capacitou em minha jornada pela busca pelo conhecimento.

À minha mãe, que sempre me apoiou, me auxiliou, me deu forças para não desistir e me amou incondicionalmente desde o dia em que nasci.

Aos meus irmãos, Ricardo e Dorislene, que sempre estiveram ao meu lado, me incentivaram a buscar novos conhecimentos e me apoiaram nos momentos de dificuldade.

Ao meu orientador Prof. Dr. Jonas Jäger Fernandes que teve muita paciência, confiança, me apoiou e me auxiliou na conclusão de meu trabalho de conclusão de curso.

Aos membros da banca examinadora que aceitaram o convite para me avaliarem no meu trabalho de conclusão de curso.

A todos os amigos e amigas da Universidade Federal de Uberlândia pela ajuda, amizade e consideração.

RESUMO

O presente trabalho consiste na avaliação do efeito de diferentes períodos de molhamento foliar para ocorrência de ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) em dois cultivares de soja transgênicos (*Glycine max*). O experimento foi feito em casa de vegetação instalada no campus Umuarama da Universidade Federal de Uberlândia com utilização dos cultivares BRS - Favorita RR e BRS MG 750 RR que foram submetidos a diferentes períodos de molhamento foliar (12, 24, 36 e 48 horas). A semeadura foi feita 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. A inoculação foi feita em 15 de maio de 2010 no primeiro e segundo trifólios das plantas com suspensão de esporos de *P. pachyrhizi* e após dezenove dias coletou-se os folíolos centrais de tais trifólios, sendo os mesmos avaliados quanto à severidade (%), número de lesões necróticas/cm² e número de pústulas/cm². A severidade (%) foi estimada pela escala diagramática de Godoy et al. (2006) e o número de lesões necróticas/cm² e de pústulas/cm² foram estimados com o auxílio de um microscópio esteoscópico no Laboratório de Fitologia e Virologia Vegetal (LAVIV). Os dados coletados foram analisados estatisticamente utilizando o software Sisvar (FERREIRA, 2006), a 5% de significância. Os resultados obtidos mostram que, com o aumento do período de molhamento foliar, houve acréscimos na severidade (%), número de lesões necróticas/cm² e número de pústulas/cm² em ambos os cultivares. O número de lesões necróticas/cm² e o número de pústulas/cm² apresentaram os maiores valores com 48 horas de molhamento foliar. Já a severidade (%) apresentou ponto máximo aproximadamente em 41,25 horas de molhamento foliar durante a incubação logo após a inoculação. A ocorrência da doença nos dois cultivares não apresentou diferença estatística.

Palavras chave: infecção, inoculação, *Glycine max*, *Phakopsora pachyrhizi*.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	6
2 REVISÃO DE LITERATURA	7
2.1 A cultura da soja (<i>Glycine max</i>).....	7
2.2 A ferrugem Asiática	7
2.3 Efeito do ambiente na ocorrência da ferrugem asiática.....	10
3 MATERIAL E MÉTODOS	13
3.1 Delineamento experimental	13
3.2 Substrato e tratos culturais.....	13
3.3 Obtenção do inóculo e inoculação	13
3.4 Quantificação da ferrugem asiática da soja.....	14
3.5 Dados da temperatura	15
3.6 Análise Estatística	15
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	16
5 CONCLUSÕES	20
REFERÊNCIAS.....	21

1 INTRODUÇÃO

A soja consiste em um grão com diversas funcionalidades que dá origem a produtos e subprodutos bastante utilizados na agroindústria, indústria química e de alimentos, na alimentação humana e animal, na indústria de adesivos e nutrientes, e principalmente como óleo refinado. Atualmente vêm sendo utilizada na obtenção de biodiesel (EMBRAPA, 2008).

De acordo com a Embrapa (2003), um dos limitantes para a obtenção de altos rendimentos em soja são as doenças, sendo a importância econômica das mesmas variáveis de um ano para outro e de região para região dependendo das condições climáticas. São aproximadamente 40 doenças identificadas no Brasil sendo que esse número pode aumentar levando-se em consideração a expansão da soja para novas áreas e a monocultura. Segundo esta instituição a ferrugem asiática pode ocasionar perdas de até 100% da produção. Para Juliatti et al. (2005) o potencial de rendimento da soja (4000 Kg ha^{-1}) dificilmente é alcançado, sendo o rendimento médio anual de 2200 Kg ha^{-1} destacando-se as doenças como um dos principais limitantes do rendimento, da lucratividade e do sucesso da produção de soja.

Segundo Zambolim (2006) a soja é atacada por muitos patógenos (fungos, bactérias, vírus e nematóides), porém a ferrugem asiática, causada pelo fungo *P. pachyrhizi*, tem sido considerada uma das mais importantes. Na safra de 2005/2006, identificou-se a incidência da ferrugem praticamente em todas as regiões produtoras sendo que, os principais danos foram observados nas regiões Centro-Oeste (Mato grosso, Mato Grosso do Sul, Goiás).

Para Juliatti et al. (2005), a limitada disponibilidade de informações sobre as influências que as condições climáticas das diferentes regiões de cultivo da soja podem exercer sobre a severidade da doença a cada ano, torna difícil fazer uma recomendação genérica de controle que satisfaça todas as regiões. Para estes autores é fundamental que, além do acompanhamento das condições climáticas, seja feito monitoramento contínuo da situação da ferrugem na propriedade, nas lavouras vizinhas e na região de plantio da cultura.

Dessa forma, tendo em vista os danos provocados pelo fungo da ferrugem asiática (*P. pachyrhizi*), observa-se a necessidade de determinação das condições ambientais favoráveis à ocorrência da infecção por este patógeno, particularmente em termos de tempo de molhamento foliar. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito do período de molhamento foliar em dois cultivares de soja transgênica de forma a identificar as condições em que o estabelecimento de *P. pachyrhizi* é favorecido e as curvas de ocorrência da infecção deste patógeno em soja em função de diferentes períodos de molhamento foliar.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A cultura da soja (*Glycine max*)

A soja (*Glycine max*) consiste em uma espécie botânica pertencente à família Fabaceae, subfamília Faboideae e é constituinte do gênero *Glycine* L., o qual compreende em torno de 15 espécies, sendo a espécie *Glycine max* (L) Merrill a de maior importância econômica. Os ancestrais da soja 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).

Ainda de acordo com a Embrapa (2008) foi na década de 70 que a produção da soja mais cresceu e se consolidou como a principal cultura do agronegócio nacional. Tal crescimento associa-se não somente ao aumento da área cultivada, mas ao aumento da produtividade. Esta empresa 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 (MT) 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.

De acordo com a Conab (2010), na safra 2009/2010, foram cultivados 23,47 milhões de hectares e a área plantada com soja no Brasil possuía estimativa de crescimento de 2,6 % para a safra 2010/11 com produção de cerca de 68,55 milhões de toneladas. O incremento na área cultivada é observado em todas as unidades da federação, destacando-se o Estado de Mato Grosso onde houve previsão de crescimento de 147,3 mil hectares, o Estado do Paraná com 128,1 mil hectares, o Estado do Rio Grande do Sul com 79,5 mil hectares e o de Goiás, com crescimento de 56,1 mil hectares.

2.2 A Ferrugem Asiática

A ferrugem asiática é uma doença fúngica causada por *P. pachyrhizi* e sua disseminação de um local para outro não é feita apenas de forma natural, sendo que o homem

pode ser um agente disseminador e transportar o fungo por acaso ou intencionalmente. São mais de 95 espécies de plantas de 42 gêneros da família Fabaceae 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 doenças, a ferrugem não necessita de estômatos ou ferimentos, ela penetra diretamente através da cutícula e epiderme, tornando a infecção mais rápida e fácil (JULIATTI et al., 2004)

A sintomatologia inicial mais evidente consiste de 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 infectadas apresentam desfolha precoce, o que impede a completa formação dos grãos e conseqüente redução da produtividade (YANG et al., 1991). A ferrugem asiática causada por *P. pachyrhizi* pode reduzir o rendimento da soja em 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).

O primeiro caso de ferrugem asiática, causada por *P. pachyrhizi*, como epidemia no Continente Americano foi na localidade de Pirapó (Itapuá), Paraguai, em 5 de março de 2001 (MOREL, 2001). 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, e apresentou evolução lenta devido às altas temperaturas e à pouca umidade. Yorinori et al. (2002) em levantamento realizado no estado do Paraná no período de 26 a 28 de maio de 2001, constatou ferrugem asiática em Foz do Iguaçu, Guaíra e em Londrina. De acordo com ele, no oeste deste estado a doença não foi observada na safra de verão, porém, foi severa em áreas de “safrinha” da 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, a mancha parda (*Septoria glycines* Hemmil) e o crestamento foliar de *Cercospora* (*Cercospora Kikuchii* Mats. & Tomoy.).

Ainda segundo Yorinori et al. (2002), 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).

Segundo 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 não houve perdas significativas provocadas por *P. pachyrhizi*.

Nesta mesma publicação, esta empresa, 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 passada. Além disso, ela diz que 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. De acordo com Araújo (2009), na cultura da soja, o melhoramento genético para resistência a doenças, tem se revelado importante por propiciar ao produtor a possibilidade de optar por cultivares que resistam a condições de extrema concentração de inóculo de determinado patógeno na área e que reduzam a necessidade de aplicações de defensivos agrícolas. Esse autor destaca que os trabalhos desenvolvidos em programas de melhoramento genético, que buscam metodologias eficientes na identificação de genótipos tolerantes, têm sido conduzidos em condições de campo por meio da avaliação da produtividade relativa. Bonde et al. (2006) observaram que, embora o uso de genes de resistência possam oferecer uma oportunidade para o controle da doença em soja, sua natureza raça-específica pode criar problemas.

O controle químico da ferrugem asiática (*P. 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 no dossel da planta e cobertura das folhas, 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/hectare e

2,2 aplicações/hectare, 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 na ocorrência da ferrugem asiática

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 influenciadas por fatores bióticos como interação patógeno-hospedeiro (BROMFIELD, 1982) e fatores abióticos do ambiente (VALE et al., 1990).

Os fatores climáticos sem dúvida são os mais importantes entre os fatores do ambiente que influenciam as doenças de plantas e seu desenvolvimento epidêmico. Dentre eles estão os meteorológicos sendo o mais importante deles (exceto para virose) 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 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. 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 podendo apresentar 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 ao se trabalhar com culturas sob sistema de irrigação (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 15 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).

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. Períodos com temperaturas superiores a 30°C e pouca umidade livre, são condições desfavoráveis ao desenvolvimento da ferrugem da soja. (COODETEC, 2007).

Já para Marchetti et al. (1976), 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. 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 disseram que os efeitos críticos tanto da temperatura quanto da duração do período de molhamento foliar na frequência de infecção da ferrugem em alfafa ocorrem durante as 24 h

iniciais de molhamento que se seguem à deposição dos uredíniosporos e, além disso, que o aumento cumulativo do número de pústulas no tempo são irregulares.

A ocorrência da doença está diretamente associada às condições climáticas sendo que temperaturas médias menores que 28° C e molhamento foliar de mais de 10 horas favorecem a infecção da planta. Dessa forma nas regiões mais quentes é difícil o aparecimento da doença, ou quando aparece, não desenvolve de forma explosiva. As regiões com altitude superior a 700 m, por outro lado, são mais favoráveis à ocorrência da doença devido às 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, 2004).

3 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado de março a abril de 2010 em casa de vegetação e no Laboratório de Virologia e Fitopatologia Vegetal (LAVIV), pertencentes ao Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Uberlândia, Campus Umuarama, em Uberlândia, MG.

3.1 Delineamento e parcela experimental

O experimento foi realizado em delineamento estatístico inteiramente casualizado em esquema fatorial 4x2x2 com 4 repetições. Os tratamentos consistiram nos seguintes períodos de molhamento foliar: T1: 12 horas; T2: 24 horas; T3: 36 horas; T4: 48 horas. Foram utilizados os cultivares BRS – FAVORITA RR e BRS MG 750 RR sendo os mesmos mantidos a temperatura e regime de luz natural da casa de vegetação, do Campus Umuarama, UFU. A parcela experimental foi composta por 1 vaso de 0,5 litro de substrato no qual foram semeadas 10 sementes sendo realizado posteriormente o desbaste para condução de apenas três plantas por vaso, num total de 32 vasos e de 96 plântulas inoculadas.

3.2 Substrato e tratamentos culturais

O substrato foi feito pela mistura de substrato para germinação (Plantimax)[®], vermiculita expandida, húmus de minhoca, areia lavada e solo na proporção de 1:1:1:2:4.

Para o controle de doenças, foi feito apenas o controle de oídio sendo o mesmo realizado com a pulverização de mistura de bicarbonato de sódio 2.000 ppm e óleo mineral a 0,5% (BETTIOL; GHINI, 2004).

3.3 Obtenção do inóculo e inoculação

Na obtenção do inóculo, coletou-se uredósporos de *P. Pachyrhizi*, presentes em soros urediniais de folíolos frescos obtidos de diferentes cultivares de procedência da Fazenda Experimental Capim Branco da Universidade Federal de Uberlândia, município de Uberlândia. Após a remoção dos uredósporos a concentração da suspensão obtida foi determinada em câmara de Neubauer, e calibrados para concentração de $4,3 \times 10^4$ uredósporos/ml e volume de aproximadamente 200 ml.

Com a suspensão preparada, a mesma foi uniformemente pulverizada sobre todas as

plântulas das parcelas experimentais formadas pelos cultivares BRS – FAVORITA RR e BRS MG 750 RR com o auxílio de um atomizador Devilbs, em casa de vegetação, no início da noite. Logo em seguida, as plântulas foram incubadas em câmara úmida (câmara de nevoeiro) onde ficaram pelo período de molhamento foliar determinado para cada tratamento. Com a retirada dos tratamentos da câmara úmida, as plantas foram secas com o auxílio de um ventilador e mantidas na casa de vegetação. O acompanhamento do experimento foi realizado diariamente de forma a observar o aparecimento dos sintomas típicos da ferrugem asiática da soja.

3.4 Quantificação da ferrugem asiática na soja

Com o aparecimento dos sintomas foi feita a avaliação da ferrugem asiática com o auxílio de microscópio esterioscópico no Laboratório de Virologia e Fitopatologia Vegetal da Universidade federal de Uberlândia (LAVIV). Para isso, coletaram-se os folíolos centrais (Figura 1) de dois trifólios de duas plantas de soja (1º e 2º trifólios) de cada parcela experimental, onde avaliou-se o grau de severidade em porcentagem, o número de lesões necróticas em 1 cm² de área foliar e o número de pústulas em 1 cm² de área foliar para cada folíolo, utilizando-se as médias das duas plantas como representativas da parcela. O primeiro trifólio, nesse caso, refere-se ao formado na planta após a folha unifoliolada e o segundo o formado logo após o primeiro trifólio.



Figura 1. Folíolo central do trifólio da planta de soja (círculo em vermelho)

A análise da severidade da doença foi determinada de acordo com escala diagramática para avaliação da ferrugem da soja proposta por Godoy et al. (2006). Os níveis intermediários foram determinados de acordo com a “lei do estímulo visual de Weber-Fechner” e os níveis utilizados como referência na escala diagramática foram de 0,6; 2; 7; 18; 42 e 78,5 %. Com a utilização dessa escala, estes autores afirmam que serão obtidos melhores níveis de acurácia e precisão porém com tendência a uma estimativa acima da real.

Com a obtenção dos dados, os mesmos foram analisados estatisticamente e através das médias obtidas para cada tratamento construiu-se um gráfico que correlaciona o tempo de molhamento foliar com cada uma das variáveis analisadas.

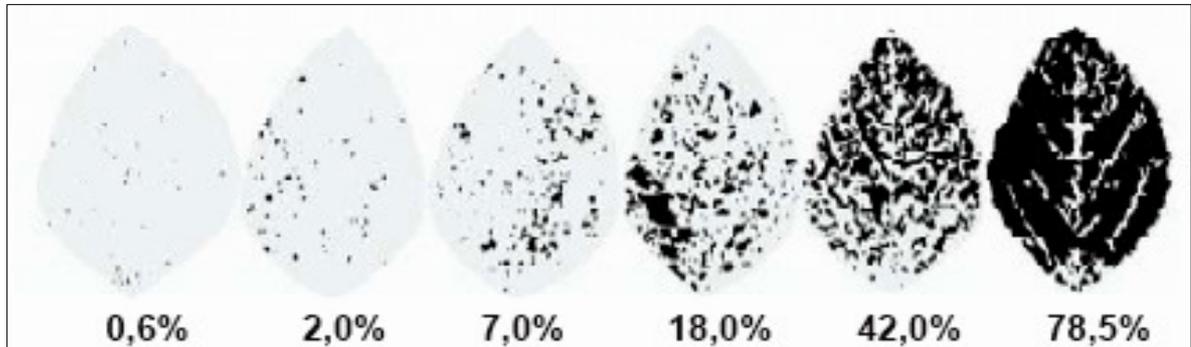


Figura 2. Escala diagramática, porcentagem de área foliar doente, para a severidade da ferrugem da soja, segundo Godoy et al. (2006)

3.5 Dados de temperatura

As temperaturas máxima e mínima do ar no interior da casa de vegetação foram anotadas durante todo o período do experimento com o auxílio de termômetro de mercúrio. A leitura do termômetro foi diária e ocorreu no período da manhã, por volta de 10:00 hs.

3.6 Análise estatística

Depois de obtidos os dados, os mesmos foram processados pelo software Sisvar (FERREIRA, 2006), para obtenção da análise de variância. Utilizou-se o teste de Tukey, a 5% de probabilidade e o teste de regressão para obtenção das curvas de desenvolvimento da doença ao longo do tempo. Para determinação do número de pústulas/cm² e número de lesões necróticas/cm², os dados foram transformados através da fórmula raiz quadrada de $(x + 0,5)$ e para a determinação da severidade (%) os dados foram transformados pela fórmula angular arco-seno da raiz quadrada de $(x/100)$.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

No período posterior à inoculação, as temperaturas máxima e mínima do ar na casa de vegetação foram anotadas obtendo-se, assim, a variação de temperatura no período em que as plantas estavam no interior da casa de vegetação (22,5 °C a 43,5 °C) e no período posterior até a coleta dos trifólios para avaliação (14 °C a 39,5 °C).

De acordo com Juliatti (2004) a infecção por *P. pachyrhizi* ocorre a temperaturas de 15 °C a 25 °C sendo períodos prolongados de orvalho e umidade favoráveis ao desenvolvimento da doença. Já para Sinclair e Backman (1989) o intervalo de temperatura ótima para a infecção ocorre entre 20 a 25 °C sendo que, nessas condições, havendo disponibilidade de água livre sobre a superfície da planta, a infecção ocorre num período de cerca de 6 horas após a deposição do esporo. Observaram ainda que quanto maior o período de molhamento foliar, maiores foram as chances do desenvolvimento e estabelecimento da doença. Portanto, embora as temperaturas na casa de vegetação não tenham sido adequadas para a infecção, como as plantas foram submetidas à câmara de nevoeiro por período superior a 6 horas em todos os tratamentos, com condições favoráveis ao fungo, a temperatura não foi limitante à infecção das plantas e desenvolvimento da doença.

Através da análise de variância para número de pústulas/cm², número de lesões necróticas /cm² e % severidade (Tabelas 1 e 2), observa-se que as interações entre os diferentes períodos de molhamento foliar com os cultivares e o trifólios analisados não resultaram em diferenças estatísticas significativas a 5 % de significância pelo teste de Tukey. Diferenças estatísticas foram verificadas apenas entre os períodos de molhamento foliar aos quais as plantas foram submetidas e os trifólios avaliados (1° e 2°).

Ao se analisar os cultivares utilizados no experimento, BRS – FAVORITA RR e BRS MG 750 RR, observa-se que eles foram igualmente susceptíveis a doença não havendo diferença estatística entre ambos (Tabela 1).

Quanto aos trifólios avaliados observou-se diferença estatística com maior incidência da doença no primeiro trifólio em relação ao segundo para severidade (%), número de lesões necróticas/cm² e número de pústulas/cm². Como as condições foram as mesmas e a inoculação foi feita na mesma data, com os trifólios já desenvolvidos, a diferença pode ser atribuída a irregularidades da distribuição do inóculo devido ao volume da suspensão de uredósporos.

Tabela 1. Análise de variância do número de pústulas/cm², número de lesões necróticas/cm² e severidade (%) da ferrugem asiática em dois cultivares de soja nos diferentes períodos de molhamento foliar. LAVIV, UFU, Uberlândia, 2010. Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte de variação	GL	Quadrado Médio		
		SEV ¹	NUL ²	NUP ³
Período de molhamento foliar (PM)	3	120,5525*	5,0415*	28,2253*
Cultivar	1	1,1154	0,0115	0,1157
Trifólio	1	28,5741*	1,5139*	37,9217*
PM*Cultivar	3	1,1715	0,0348	0,4917
PM*Trifólio	3	5,5968	0,1516	0,8565
Cultivar*Trifólio	1	2,8242	0,1867	0,9243
PM*Trifólio*Cultivar	3	4,3669	0,2506	1,1483
Erro	48	4,8876	0,2595	1,4347
CV(%)		29,89	18,78	20,56

(1) SEV = severidade (%)

(2) NUL = número de lesões necróticas/cm²

(3) NUP = número de pústulas/cm²

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

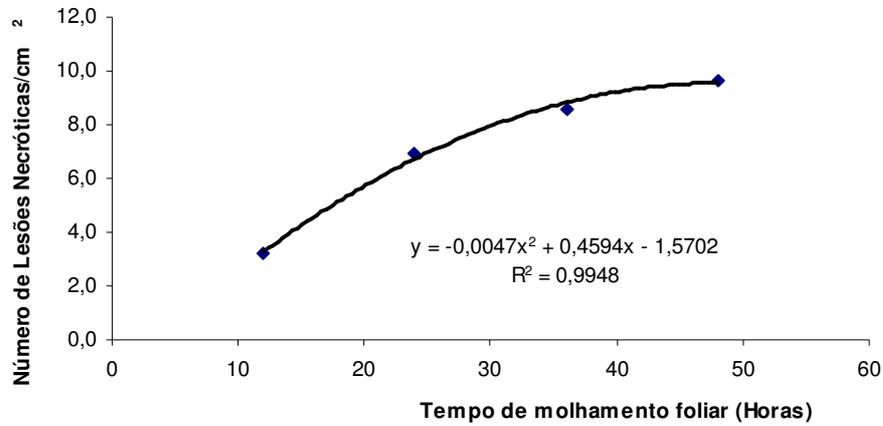
Tabela 2. Resultado da análise estatística para avaliação dos trifólios para as variáveis número de pústulas/cm², número de lesões necróticas/cm² e Severidade (%).

Trifólio	Número de Lesões necróticas/cm ²	Número de Pústulas/cm ²	Severidade (%)
1º	43,0072 b	7,7157 b	1,9814 b
2º	25,0682 a	6,0469 a	1,3791 a

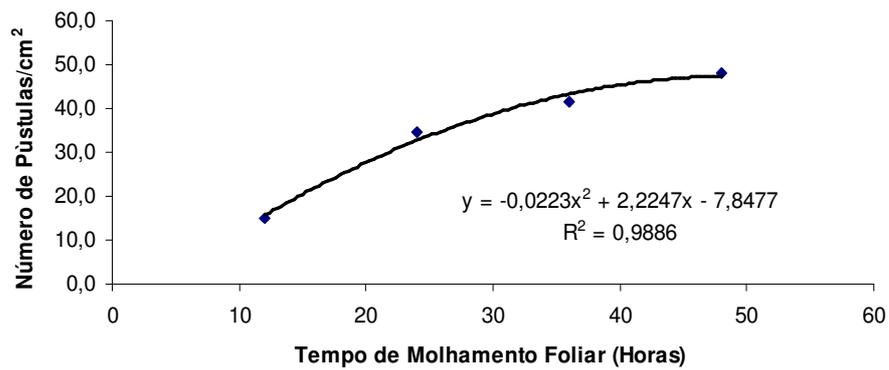
Quando se considera a análise de regressão do número de lesões/cm² (Figura 3 (A)) e do número de pústulas/cm² (Figura 3 (B)) nos cultivares BRS – FAVORITA RR e BRS MG 750 RR, observa-se que quanto maior o período de molhamento foliar, maior o número de pústulas e lesões nas folhas de soja sendo que os maiores valores pelas curvas ocorreram a 48 horas de molhamento foliar. Souza et al. (2008) observaram resultados crescentes desta variável até 36 horas de molhamento foliar. Já de acordo com dados coletados por Vale et al. (1990) no Paraná, o máximo de lesões necróticas/cm² de área foliar ocorreu sob temperatura de 20 °C, com 24 horas de molhamento na superfície foliar. Como a variação em da temperatura na casa de vegetação durante o período de desenvolvimento da doença foi grande (14,0 °C a 43,5 °C), é possível que tenha ocorrido interferência desse fator sobre os resultados. Já na Figura 3 (C), observa-se que a severidade (%) da ferrugem foi crescente com o aumento de horas de molhamento foliar até cerca de 41,25 horas quando começou a declinar de acordo

com a curva obtida.

(A)



(B)



(C)

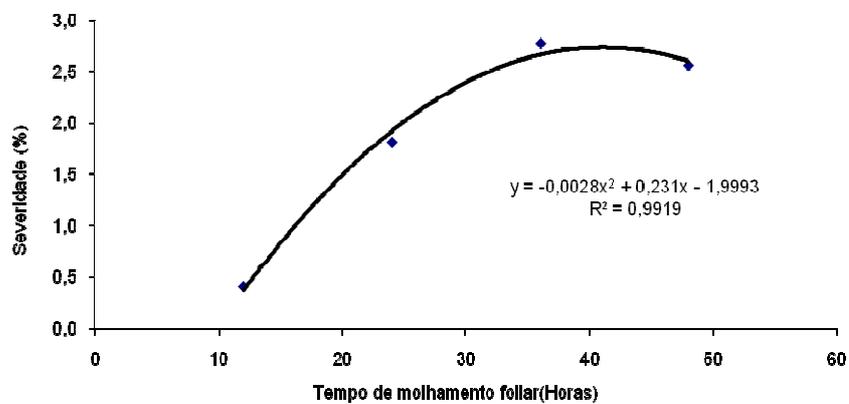


Figura 3. Análise de regressão para quantificação da ferrugem asiática (*P. pachyrhizi*) nos cultivares de soja BRS – FAVORITA RR e BRS MG 750 RR em diferentes períodos de molhamento foliar. LAVIV, UFU, Uberlândia - MG, 2010: (A) - Número de Lesões/cm²; (B) - Número de pústulas/cm²; (C) - Severidade (%).

De maneira geral, o aumento do número de horas de molhamento sobre a folha da planta de soja favoreceu a infecção do agente causal da ferrugem asiática da soja (*P. pachyrhizi*), ocorrendo, desta forma, maior germinação e penetração do patógeno no limbo foliar com conseqüente aumento da quantidade de pústulas/cm², lesões necróticas/cm² e severidade (%) da doença.

5 CONCLUSÕES

Pelos resultados obtidos, as seguintes conclusões podem ser feitas:

Com o aumento do período de molhamento foliar houve aumento na ocorrência da ferrugem asiática (*P. pachyrhizi*) quanto à severidade (%), ao número de pústulas/cm² e lesões necróticas /cm² nos dois cultivares analisados BRS – FAVORITA RR e BRS MG 750 RR.

O número de lesões necróticas/cm² e o número de pústulas/cm² apresentaram os maiores valores com 48 horas molhamento foliar, e a severidade da ferrugem apresentou ponto de máximo aproximadamente em 41,25 horas de molhamento foliar durante a incubação logo após a inoculação.

A ocorrência da doença nos dois cultivares não apresentou diferença estatística.

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.
- ARAÚJO, M. M. **Caracterização de linhagens de soja resistentes ou tolerantes à ferrugem asiática**. 2009. 77 f. Dissertação (mestrado em Agronomia). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Piracicaba. 2009.
- BALARDIN, R. S.; NAVARINI, L.; DALLAGNOL L.J. Relato da ferrugem asiática no estado do Rio Grande do Sul. In: WORKSHOP BRASILEIRO SOBRE FERRUGEM ASIÁTICA, 1., 2005, Uberlândia. **Anais...** Uberlandia: EDUFU, 2005. p. 105-108.
- 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).
- 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. p. 143-157.
- BONDE, M. R.; NESTER, S. E.; AUSTIN, C.N.; STONE, C. L.; FREDERICK, R.D.; HARTMAN, G. L.; MILES, M. R. Evaluation of virulence of *Phakopsora pachyrhizi* and *P. meiomyiae* isolates. **Plant Disease**, Saint Paul, v. 90, n.6, p. 708-716, 2006.
- 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 janeiro de 2010**. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/11_01_06_08_41_56_boletim_graos_4o_lev_safra_2010_2011.pdf>. Acesso em: 23 de novembro. 2011.
- 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, 2003. **Sistemas de produção**. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br>>. Acesso em: 28 jul. 2009.

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, 2008. **Usos da soja**. 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.

EMBRAPA SOJA. **Tecnologias de produção de Soja-região Central do Brasil 2009 e 2010**. Disponível em: <<http://www.cnpso.embrapa.br/download/Tecnol2009.pdf>>. Acesso em 06 de setembro de 2010.

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.

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**, Saint Paul, v. 92, n. 2, p. 217-227, 2002.

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, 2005, Uberlândia: **Coletânea...** Uberlândia: EDUFU, 2005, p. 55.

JULIATTI, F. C.; POLIZEL, C. A.; JULIATTI, Fa, C. **Manejo integrado de doenças na cultura da soja**, 2004, Uberlândia: EDUFU, 327 p.

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, W. **Roya de la soja**. Itapúa. Ministério de Agricultura e Ganaderia. 2001. 81 p. (Comunicado técnico: Reporte oficial. Serie Fitopatologica nº1).

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.

RIBEIRO F. X.; JUNIOR W. C. J.; ZAMBOLIM L. Epidemiologia aplicada ao manejo de doenças de plantas. Viçosa: Perfil, 2004, 532 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. American Phytopathological Society, Sait Paul, 1999, p. 25-26.

VALE, F. X. R.; ZAMBOLIM, L.; CHAVES, G. M. Reaction of soybean cultivars to *Phakopsora pachyrhizi* Sydow. **Soybean Rust Newsletter**, Saint Paul, v.7, p. 10-13, 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.; 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...** Londrina: Embrapa Soja. 2002. p. 149.

ZAMBOLIM, L. **Ferrugem Asiática da Soja**. Viçosa: Suprema Gráfica e Editora Ltda. 2006. 140 p.