

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

DANILO MARTINS ÁVILA

RESISTÊNCIA DE GENÓTIPOS DE SOJA A FERRUGEM ASIÁTICA

**Uberlândia – MG
Junho-2010**

DANILO MARTINS ÁVILA

RESISTÊNCIA DE GENÓTIPOS DE SOJA A FERRUGEM ASIÁTICA

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
Junho – 2010**

DANILO MARTINS ÁVILA

RESISTÊNCIA DE GENÓTIPOS DE SOJA A FERRUGEM ASIÁTICA

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 01 de junho de 2010.

Prof. Dr. Nilvanira Donizete Tebaldi
Membro da Banca

Prof. Dr. Lísias Coelho
Membro da Banca

Prof. Dr. Jonas Jäger Fernandes
Orientador

RESUMO

A ferrugem asiática da soja causada por *Phakopsora pachyrhizi* tem determinado decréscimos significativos na produtividade da cultura, gerando assim uma grande demanda de informações a respeito de diferentes métodos de controle e manejo da doença. O presente trabalho teve como objetivo avaliar diferentes cultivares de soja quanto à reação a ferrugem asiática bem como a comparar o comportamento do desenvolvimento da doença no primeiro e segundo trifólio de soja. As plantas de soja no estágio V2 foram inoculadas com uma suspensão de esporos contendo 70.000 uredósporos mL⁻¹ e mantidas em câmara úmida por cerca de 24 horas após a inoculação do patógeno, período no qual as condições ambientais de temperatura e molhamento foliar foram ideais para a infecção das plantas por *Phakopsora pachyrhizi*. Após o período de incubação as plantas foram transferidas para o telado onde receberam irrigação e foram observadas diariamente. Durante a condução do experimento no telado foram coletados dados diários das temperaturas máximas e mínimas. A quantidade de doença foi avaliada pela determinação do número de pústulas cm⁻², número de lesões necróticas cm⁻² e severidade. Os dados foram avaliados estatisticamente pela utilização do softwear Sisvar pelo teste de F e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5%, e de acordo com a análise estatística, os resultados não foram significativos quanto à diferença entre cultivares, trifólios e interação entre cultivar e trifólio. A doença ocorreu em todas as cultivares avaliadas indicando que houve desenvolvimento do patógeno e que este conseguiu completar seu ciclo de vida embora as temperaturas máximas e mínimas tenham sido desfavoráveis ao desenvolvimento da doença. Pela comparação dos resultados obtidos com dados de literatura conclui-se que as cultivares podem ser classificadas como suscetíveis a *Phakopsora pachyrhiz*.

Palavras chaves: número de pústulas, número de lesões, severidade, *Phakopsora pachyrhizi*.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	5
2 REVISÃO DE LITERATURA	7
2.1 Ferrugem asiática.....	7
2.2 Efeitos ambientais sobre a ocorrência da doença	8
2.3 Controle	9
2.4 Resistência genética.....	10
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	13
3.1 Delineamento e parcela experimental.....	13
3.2 Substrato e tratos culturais.....	13
3.3 Obtenção do inóculo e inoculação.....	13
3.4 Dados climáticos	14
3.5 Avaliação da infecção da ferrugem asiática da soja.....	14
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	15
5 CONCLUSÃO.....	19
6 REFERÊNCIAS	20

1 INTRODUÇÃO

A soja pertence à família Fabaceae, subfamília Papilionoideae e ao gênero *Glycine* que compreende cerca de 15 espécies, sendo classificada como *Glycine max* (L) Merrill (EMBRAPA, 2004) e tem sua origem em uma região da China denominada de Manchúria portanto é uma das culturas mais antigas, tendo sido cultivada há mais de cinco mil anos, e espalhou-se pelo mundo através de viajantes ingleses e imigrantes japoneses e chineses.

Sua chegada no Brasil ocorreu no início do século XX, em que teve grande impulso na década de 1970 onde se teve grande quebra da safra na Rússia e a incapacidade dos Estados Unidos de suprirem o mercado mundial. Portanto, isso estimulou a produção de soja no Brasil, se tornando nesta época o segundo maior produtor de soja em escala mundial. Um outro fator importante foi o fim da extração de madeira e o aparecimento de fortes geadas prejudicando a cultura do café, no estado do Paraná, atualmente um dos maiores estados produtores fazendo com que os produtores, optassem pela cultura da soja. Os efeitos deste remanejamento de cultura, mesmo que forçado foram altamente salutares levando a agricultura, a mecanização, a evolução das técnicas de plantio, o surgimento de agroindústria, cooperativas, em que a infra-estrutura disponibilizada fez com que houvesse também uma melhoria sensível nas cidades do interior em decorrência dos melhores ganhos dos produtores com esta cultura (MISSÃO, 2006).

A soja é considerada uma das mais importantes fontes de proteína e óleo vegetal em todo o mundo. Nos últimos dez anos, a produção brasileira de soja superou a do milho, em que considerando na safra de 1996/97, o país produziu 23,87 milhões de toneladas e em 2006/07 atingiu a marca histórica de 58,27 milhões de toneladas. O desenvolvimento de variedades adequadas às diferentes regiões do Brasil tem sido um dos principais fatores responsáveis pelo sucesso da cultura. As conquistas nas áreas de pesquisa contribuíram diretamente para a rápida expansão da área cultivada e da produção (NASCIMENTO et al., 2009)

A utilização do grão da soja é 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, além de 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 produzido 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).

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 destaca-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%.

A ferrugem asiática 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.

Portanto o objetivo deste trabalho foi avaliar diferentes cultivares brasileiras de soja quanto a reação a ferrugem asiática causada por *Phakopsora pachyrhizi*.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Ferrugem asiática

Devido a grande expansão da cultura da soja em todo mundo ocorreu um relativo aumento do número de doenças e sua severidade, sendo que atualmente encontra-se mais de 100 espécies de patógenos relatados em todo o mundo, sendo que 35 são de grande importância, dando destaque a uma doença fúngica causada por *Phakopsora pachyrhizi*, conhecida como ferrugem asiática.

Este fungo é um parasita obrigatório, ou seja, precisa de um hospedeiro para sobreviver e sua disseminação a longas distâncias é feita pelo vento, sendo que 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 (VELLO, 2002)

Os sintomas da ferrugem asiática podem aparecer em qualquer estágio de desenvolvimento da cultura, mais característico nas folhas com o surgimento de pontos mais escuros, de coloração esverdeada a cinza-esverdeada, com correspondente aparecimento de protuberância, as urédias na face inferior da folha, sendo que para facilitar a identificação deve se usar uma lupa de 10x a 30x de aumento, e sua visualização pode ser facilitada observando a folha contra a luz. O ataque severo das plantas pelo fungo leva a queda precoce das folhas, reduzindo assim área fotossintética e comprometendo o enchimento dos grãos e reduzindo a produtividade.

No ano 2000/01, a ferrugem asiática (*P. pachyrhizi*) foi constatada no Estado do Paraná e disseminou-se rapidamente para outros Estados do Brasil. Na safra 2002, a doença foi relatada nos Estados de Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Rio Grande do Sul, Santa Catarina e São Paulo, e na safra 2003/04 ocorreu de forma generalizada, em quase todo o País, causando prejuízos consideráveis em várias regiões produtoras. De acordo com MAPA (2004), com exceção de Roraima, todos os Estados que possuem cultivo de soja já foram atingidos pela doença (MT, PR, RS, MA, GO, MS, SP, SC, DF, TO, RO, PA e BA), envolvendo uma área de 22 milhões de hectares. 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). Na safra 2006/2007, segundo dados da Embrapa

(2005), houve dano de 4,5% dos grãos em função da doença, cerca de 2,67 milhões de toneladas de soja, o que representa 615,7 milhões de dólares. Somam-se a esse número, os custos das aplicações de fungicidas necessárias para controlar a doença. Na média nacional, safra 2006/07 foram feitas 2 a 3 aplicações por hectare; o que corresponde a 1,58 bilhões de dólares gastos. No total, o chamado custo-ferrugem chega a 2,19 bilhões de dólares naquela safra (NASCIMENTO et al., 2009).

2.2 Efeitos ambientais sobre a ocorrência da doença

A severidade da doença está em função das variações nas condições do ambiente, de ano para ano, estação para estação e de local para local. A concentração inicial de inóculo não reflete na severidade da doença; cultivares resistentes ou tolerantes sofrem quedas de produção bem menores do que os suscetíveis; a resistência genética das cultivares pode ser perdida com o tempo e as cultivares resistentes não são necessariamente as mais produtivas. No Brasil, o patógeno *P. pachyrhizi* encontrou condições climáticas favoráveis, o que justifica a rápida disseminação nas regiões produtoras de soja e a severidade com que a ferrugem ocorreu na última safra 2006/07 em todo o país (NASCIMENTO et al., 2009).

Dentre os fatores meteorológicos, o mais importante deles 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 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 (MISSÃO, 2006)

Temperaturas médias menores que 28° C e molhamento foliar de mais de 10 horas favorecem a infecção da planta de soja por *P. pachyrhizi*. Por isso que nas regiões mais quentes torna-se 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 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 SOJA, 2004).

O clima também influencia na sobrevivência do inóculo, sendo que entre estações de cultivo esta sobrevivência 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, em regiões de clima tropical onde o clima é mais estável ao longo do ano, a sobrevivência do inóculo é muito maior.

Segundo Yorinori et al., (2003), em se tratando de disseminação, os uredósporos são facilmente disseminados pelo vento para lavouras próximas ou a longas distâncias, porém, não são transmitidos pela semente. Supõe-se que os esporos do fungo tenham atravessado o Oceano Atlântico ou Oceano Pacífico, vindo dos países do sul da África (Zimbabwe e Zâmbia, desde 1998 ou África do Sul, em 2001), onde a doença tem causado severas perdas ou da Austrália, onde a ferrugem ocorre há várias décadas. (MACIEL; POLETINE, 2004).

Os uredósporos germinam em três a seis horas sob temperaturas de 14°C a 29°C. Porém, a germinação e penetração no tecido da folha podem ocorrer à temperatura variando de 18°C a 28°C (SINCLAIR; HARTMAN, 1995).

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. 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).

2.3 Controle

A ferrugem asiática da soja, *P. pachyrhizi*, tem manifestado maiores percentuais de controle, em aplicações de fungicidas do grupo químico dos triazóis e estrobilurina quando aplicados de forma preventiva (MISSÃO, 2006).

Os mecanismos de ação dos fungicidas do grupo químico dos triazóis, inibidores da biosíntese de ergosteróis (ISE) (AZEVEDO, 2001). Já o mecanismo de ação das estrobilurinas ocorre através da inibição da respiração das mitocôndrias, por meio do bloqueio da transferência de elétrons no complexo citocromo-bc1 (REIS, 2001). Segundo Azevedo

(2003), estrobirulinas possuem um espectro de ação amplo, manifestando ação protetora, curativa e erradicante com residual prolongado (UGALDE, 2005).

É importante ainda considerar o manejo da cultura evitando semeadura da soja na época mais favorável a doença, utilizar variedades mais precoces, observar as condições de temperatura (15° C a 28° C) e período de molhamento acima de 6 horas que é favorável à infecção, e mais importante é realizar o monitoramento periódico da lavoura para detectar a presença da doença logo no início.

Na safra 2002/03, foi estudado o progresso da doença em Londrina, PR, em 18 cultivares comerciais de soja, semeadas lado a lado, em duas épocas de semeadura (novembro e dezembro). A evolução da doença e a severidade final nas cultivares variaram em função da época de semeadura. Na semeadura de novembro, a doença iniciou no estágio de início da formação da semente (R5), ocorrendo maior diferenciação na severidade final das cultivares. Na semeadura de dezembro, quando a doença iniciou no estágio de início da formação da vagem (R3) a severidade final foi maior nas diferentes cultivares (NASCIMENTO et al., 2009).

O vazio sanitário não tem como objetivo resolver o problema da ferrugem. Essa medida é uma estratégia a mais de manejo que visa reduzir o inóculo nos primeiros plantios, diminuindo assim a possibilidade de incidência da doença no período vegetativo e conseqüentemente, reduzindo o número de aplicações de fungicida para controle e o custo de produção (GODOY et al., 2006 b). Segundo o Instituto Mineiro de Agropecuária (IMA) é obrigatório o cumprimento do Vazio Sanitário para a cultura da soja em Minas Gerais no período de 01 de julho a 30 de setembro de cada ano sendo que nesse período deve se ter ausência total de plantas vivas de soja excluindo-se as áreas de pesquisa científica e de produção de semente genética, devidamente monitoradas e controladas, sendo de responsabilidade do produtor ou arrendatário a eliminação das plantas de soja dentro do estado de vigência do vazio, sendo a fiscalização feita pelo IMA que caso não seja cumprido o vazio sanitário o infrator será multado e demais sanções previstas no artigo 11 da Lei nº. 15.697, de 25 de julho de 2005, que dispõe sobre defesa sanitária vegetal no Estado (IMA, 2005).

2.4 Resistência genética

O método mais eficiente de controle da ferrugem asiática da soja é o emprego de variedades resistentes, porém a grande variabilidade patogênica de *Phakopsora pachyrhizi* e a

escassez de fontes de resistência à doença tem dificultado a pesquisa de tais variedades resistentes. O conhecimento dessa diversidade genética é fundamental para a geração de cultivares resistentes à ferrugem. Entretanto, a associação da diversidade genética obtida pelos métodos moleculares com a ocorrência de raças ainda necessita de mais estudos. Os métodos moleculares RAPD, PCR-RFLP e AFLP podem fornecer informações úteis. No entanto, a identificação de raça é ainda um trabalho feito pelos testes biológicos tradicionais, combinando-se genótipos de soja e isolados da ferrugem. Essa foi a estratégia utilizada por Lin (1966) ao descrever a primeira constatação de raças na espécie *Phakopsora pachyrhizi* (JULIATTI et al., 2004).

Mclean e Byth (1976) demonstraram a presença de duas raças fisiológicas em Queensland, Austrália, podendo ambas ser diferenciada na cultivar Wills e acesso PI 200492. A raça 1 comportou-se como virulenta em Wills e avirulenta em PI 200492; já a raça 2 foi virulenta aos dois materiais. Bromfield et al., (1980), encontraram quatro raças fisiológicas entre isolados de *P. pachyrhizi*, a partir de diferentes regiões mundiais, utilizando três acessos de soja, cada um deles com um gene dominante para resistência.

Phakopsora pachyrhizi possuem ampla gama de hospedeiros que incluem soja, outras espécies *Glycine*, e um grande número de gêneros na família das leguminosas, com a última espécie infectando pelo menos 95 espécies da sub-família Faboidae, muitos dos quais se constituem em hospedeiros alternativos (Bromfield, 1982, citado por BALARDIN, 2005). Baseando-se em confirmações de espécies em herbário, Ono et al., (1992). Já a espécie *P. pachyrhizi* foi identificada em 17 gêneros e 31 espécies com adicional de 28 gêneros e 60 espécies confirmados como hospedeiros após inoculação (JULIATTI et al., 2004).

Esta ampla variabilidade justifica-se ao fato de ambos organismos causadores da doença apresentam diversidade genética elevada, devido às populações heterogêneas com habilidade variada para infectar e esporular; ou por apresentarem inerente plasticidade genética dentro de uma dada população (MACIEL; POLETINE, 2004).

Há inúmeros genótipos com resistência vertical, porém estes não tem sido estáveis nas diferentes regiões do Mundo devido às diferentes raças encontradas nos diferentes locais, os genes dominantes identificados para resistentes são denominados Rpp1, Rpp2, Rpp3 e Rpp4, porém estes não tornam a planta resistente às diferentes raças encontradas. No Brasil somente as fontes de resistência contendo os genes Rpp2 e Rpp4 permanecem resistentes a ferrugem asiática da soja (ZAMBOLIM, 2006).

Em 2002, na EMBRAPA Soja, foi selecionado cultivares que apresentaram baixa severidade de doença e/ou com lesões do tipo RB (“reddish brown”), significando resistência parcial.

Em Uberlândia, AZEVEDO et al., (2004), apud (JULIATTI et al., 2005), avaliaram 49 genótipos, inoculando-se artificialmente com uma concentração de $100.000 \text{ uredósporos.mL}^{-1}$, no estágio V2. Estes autores observaram que existe uma variação no backgrounds genéticos testado quanto à resistência parcial ao fungo. Eles determinaram, em dois experimentos de verão, a área abaixo da curva de progresso de doença e de acordo com o resultados obtidos por estes autores as cultivares Vencedora e Luziania apresentam menor resistência horizontal (parcial) quando comparadas com a variedade Conquista, geralmente padrão de suscetibilidade.

3 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na casa-de-vegetação (Bloco 4N) no telado da Fitopatologia na área Experimental do Campus Umuarama e no Laboratório de Virologia Vegetal e Fitopatologia (LAVIV), do Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, MG, no período de 18 de fevereiro a 03 de abril de 2010.

3.1 Delineamento e parcela experimental

O delineamento estatístico utilizado foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 6x2 com 5 repetições, seis tratamentos e dois trifólios, sendo eles seis cultivares de soja recomendadas para a região do Triângulo Mineiro. As cultivares utilizadas foram BRS Farovita RR, BRSMG 750 RR, BRS Valiosa, RR Vencedora, M-Soy 8199 RR e Luziania. A parcela experimental foi composta por um vaso de 0,5 litro de substrato com 2 plantas de soja no estágio vegetativo V2, (segundo trifólio completamente expandido), conforme a Escala Fenológica de Fehr e Caviness (1977).

3.2 Substrato e tratamentos culturais

As sementes de soja foram semeadas em vasos contendo meio litro da mistura contendo uma parte de areia lavada, uma parte de vermiculita expandida, uma parte de húmus de minhoca e quatro partes de solo. As plântulas foram adubadas semanalmente com aproximadamente 0,5 g/vaso 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, 0,03% Mn).

3.3 Obtenção do inóculo e inoculação

A coleta de folíolos de soja com uredósporos de *Phakopsora pachyrhizi* foi realizada em lavoura de soja com alta incidência de ferrugem asiática na Fazenda Cachoeirinha no município de Araguari no dia 16 de março, em que se coletaram folhas geralmente da região baixa da planta. Estas foram lavadas para retirada de partículas de terra e/ou poeira e armazenadas em uma câmara úmida por 24 horas para estimular a produção de uredósporos. Ao final deste tempo, este material foi usado para o preparado de uma suspensão de uredósporos em água destilada contendo aproximadamente 0,01% de Tween 20 (V./V.). Em

seguida a concentração de uredósporos foi determinada em câmara de Neubauer e a suspensão de uredósporos continha aproximadamente $70.000 \text{ uredósporos.mL}^{-1}$. Imediatamente a seguir, a suspensão de uredósporos, cerca de 1.000 ml, foi uniformemente pulverizada sobre as plantas das parcelas experimentais em estádio V2, cuidando-se para não ocorrer escorrimento foliar, e a seguir as plantas foram incubadas em câmara úmida por 24 horas. Após o término do período de incubação dos tratamentos, os vasos com as plantas foram transferidos e mantidos em telado até o momento da avaliação, 15 dias após a inoculação.

3.4 Dados climáticos

Durante o período de incubação foi observada a temperatura no momento em que as plantas foram colocadas na câmara úmida e as temperaturas máxima e mínima na hora da retirada das plantas deste local. No telado, do momento que elas foram ali colocadas até o dia da avaliação também foram coletados dados das temperaturas máximas e mínima do ar.

3.5 Avaliação da infecção da ferrugem asiática da soja

As avaliações realizadas foram: número de lesões necróticas. cm^{-2} (NUL), número de pústulas. cm^{-2} (NUP) e de severidade (SEV), determinados no folíolo central do primeiro e do 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 a) considerando-se toda a área do folíolo amostrado.

A análise de variância e as comparações das médias foram feitas pelo teste de Tukey, a 5% de significância, com a transformação de dados feita através da fórmula raiz quadrada de $(x + 0,5)$ para número de lesões necróticas cm^{-2} (NUL), número de pústulas cm^{-2} (NUP), e a fórmula: $\text{graus (arsen (raiz (x/100)))}$ para a % severidade (SEV) utilizando-se o software Sisvar, desenvolvido pela Universidade Federal de Lavras (FERREIRA, 2008).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As temperaturas mínima e máxima do ar no interior da câmara úmida foram de 20° a 28°C, respectivamente. No interior do telado de fitopatologia na área Experimental do Campus Umuarama, as temperaturas mínima e máxima observadas variaram de 18° a 38°C, respectivamente. 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 serão as chances de sucesso no estabelecimento da infecção. Portanto no interior da câmara úmida ocorreram temperaturas favoráveis para o desenvolvimento do fungo e ocorrência da infecção das plantas de soja. 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 horas, por chuva ou orvalho e temperaturas diárias variando de 15°C a 30 °C, favorecem o desenvolvimento da ferrugem asiática da soja. Neste sentido, considerando que o tempo de molhamento foliar durante o período de incubação foi 24 horas, pode-se concluir, que o tempo de molhamento foliar também favoreceu a ocorrência da infecção das plantas. Ainda podemos mencionar que, segundo Sinclair e Hartaman (1995) a ferrugem ocorre com maior severidade sob condições de prolongado período de molhamento foliar (10 a 12 horas) e temperaturas médias abaixo de 28°C. Os uredósporos germinam em três a seis horas sob temperaturas de 14°C a 29°C. Porém, a germinação e penetração no tecido da folha podem ocorrer à temperatura variando de 8°C a 28°C. De acordo com Ugalde (2005), apud SINCLAIR et al., (1989), as temperaturas consideradas ótimas ao processo de patogênese da *Phakopsora pachyrhizi* oscilam entre 20 a 25°C, pois a penetração dos uredósporos inoculados ocorre em menor tempo nesta faixa térmica, em torno de 6 horas.

Segundo Mauro (2005) aos 5 dias após a inoculação, manifestaram os sintomas de clorose nas folhas. Após 7 a 9 dias da inoculação, ocorre o aparecimento das primeiras urédias, 9 a 10 dias iniciou-se a liberação de uredósporos de dentro das urédias, de dentro do poro central, sendo que este evento pode perdurar durante um período de 3 semanas. Novas urédias poderão surgir dentro das lesões até 7 semanas após o surgimento dos primeiros sintomas. Entretanto, ainda segundo estes autores, extremos de temperaturas ambientes, inferiores a 15°C e superiores a 30°C, além do excesso de chuva poderão inibir ou retardar o desenvolvimento da ferrugem asiática.

Portanto de acordo com as temperaturas máximas e mínimas coletadas neste trabalho ocorreu durante o período de incubação condições de temperatura e molhamento foliar necessárias para a germinação e penetração do fungo na planta durante um período de 24 horas. Porém, após estas serem retiradas da incubação, as condições ambientais foram pouco favoráveis para a colonização do fungo, uma vez a temperatura mínima e máxima variaram entre 18 a 38°C, e na grande maioria as temperaturas foram altas e não favoráveis ao desenvolvimento da doença. Provavelmente, devido a estas condições ambientais pouco favoráveis os sintomas demoraram mais a aparecer e o experimento foi avaliado após 15 dias da inoculação época na qual foram feitas as leituras dos dados analisados para quantificar a doença.

Observando que a doença se manifestou e completou o seu ciclo em todas cultivares analisadas após o período de incubação, pode-se dizer que após o patógeno encontrar condições ambientais favoráveis para germinar e penetrar este conseguiu penetrar na planta e completar seu ciclo de vida nas diferentes cultivares analisadas, mesmo sob as condições ambientais não ótimas para ocorrência da Ferrugem Asiática da soja.

Observando o quadro de análise de variância (Tabela 1) é possível verificar que não houve diferenças significativas para o teste de F com relação aos cultivares, trifólios e nem para a interação entre as cultivares e trifólios para quaisquer das variáveis analisadas. Os resultados observados para variável severidade pode ter sido influenciado pelo método de avaliação, pois este método de avaliação é baseado na estimativa da severidade da ferrugem da soja utilizando se uma escala diagramática. A utilização destas escalas implica numa avaliação subjetiva e dependente do indivíduo que está analisando, bem como de sua experiência em identificação dos sintomas da doença que está avaliando, pode ter afetado os dados estatísticos. Enquanto que os métodos de avaliação do número de pústulas e de lesões são mais seguros de serem avaliados, pois estas variáveis são quantificadas pela contagem de pústulas e de lesões em um centímetro quadrado.

Os valores obtidos para número de pústulas. cm^{-2} e número de lesões. cm^{-2} e severidade da ferrugem asiática (Tabela 2), não apresentaram diferenças significativas de acordo com o teste de F, Comparando os resultados obtidos neste trabalho com os dados da literatura, onde Juliatti et al., (2005) obtiveram resultados que indicam que as cultivares Luziania e Vencedora foram mais suscetíveis do que a cultivar Conquista, os resultados deste estudo indicam que todas as cultivares testadas são suscetíveis à ferrugem asiática da soja.

A avaliação nos trifólios, para número de pústulas. cm^{-2} , número de lesões. cm^{-2} e severidade (%) da ferrugem asiática (Tabela 3), não apresentaram diferenças significativas.

Tabela 1. Análise de variância do número de pústulas cm^{-2} (NUP), severidade (SEV) e número de lesões necróticas cm^{-2} (NUL) da ferrugem asiática em diferentes cultivares de soja nos diferentes trifólios. LAVIV, UFU, Uberlândia, 2010.

Fonte de variação	GL	Quadrado Médio		
		NUP	SEV (%)	NUL
Cultivar	5	7,11 ^{Ns}	4,39 ^{Ns}	0,61 ^{Ns}
Trifólios	1	1,66 ^{Ns}	0,005 ^{Ns}	0,15 ^{Ns}
Trifólios . Cultivar	5	1,66 ^{Ns}	0,92 ^{Ns}	0,17 ^{Ns}
Erro	48	3,88	1,68	0,27
CV (%)		32,27	32,92	32,37

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

Ns= não significativo

Tabela 2. Avaliação de diferentes cultivares de soja a *Phakopsora pachyrhizi* em relação ao número de pústulas (NUP)¹, severidade (SEV)¹ e número de lesões (NUL)¹.

Cultivar	NUP ¹	SEV (%) ¹	NUL ¹
BRS Favorita RR	2,45 a	12,01 a	1,80 a
BRSMG 750 RR	2,19 a	11,15 a	1,53 a
BRS Valiosa RR	2,17 a	10,27 a	1,50 a
Vencedora	2,69 a	12,38 a	1,97 a
M-Soy 8199 RR	2,85 a	12,38 a	1,96 a
BRSGO Luziania	2,22 a	10,28 a	1,41 a
DMS ⁵	1,13	1,72	0,70
CV (%) ⁶	29,96	32,92	31,53

1 Média Ponderada.

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.

Tabela 3. Avaliação de *Phakopsora pachyrhizi* em diferentes trifólios de soja quando ao número de pústulas (NUP)¹, severidade (SEV)¹ e número de lesões (NUL)¹.

Trifólio	NUP ¹	SEV (%) ¹	NUL ¹
1º	2,42 a	11,43 a	1,66 a
2º	2,47 a	11,46 a	1,76 a
DMS ⁵	0,44	0,67	0,27
CV (%)	29,96	30,84	31,53

1 Média Ponderada.

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.

entre os diferentes trifólios avaliados, ou seja, a ferrugem asiática não apresenta diferença quanto a infecção nos trifólios primários e secundários da planta de soja.

Comparando com os trabalhos feitos por Juliatti et al., 2005 para identificação de genótipos de soja resistentes, os resultados aqui obtidos indicam que as cultivares são suscetíveis á ferrugem asiática da soja, mas teve como vantagem um período de tempo menor para obtenção dos resultados, pois da semeadura até avaliação foram apenas 48 dias.

5 CONCLUSÃO

Pelos resultados obtidos, pode-se concluir:

Os genótipos de soja avaliados não diferiram estatisticamente entre si e não apresentaram resistência a ferrugem asiática causada por *Phakopsora pachyrhizi* bem como a ocorrência da doença nos dois trifólios avaliados não foi estatisticamente diferente.

REFERÊNCIAS

- AZEVEDO, L. A. S. **Fungicidas protetores** – Fundamentos para o uso racional. São Paulo, 2003.319 p.
- AZEVEDO, L. A. S.. **Proteção integrada de Plantas com Fungicidas**; teoria, prática de manejo. São Paulo, 2001.230 p.
- AZEVEDO, L. A. S.; JULIATTI, F.C.; POLIZEL, A.C.; BARRETO, M.; JULIATTI, F.Ca. Comportamento de genótipos de soja quanto à severidade da ferrugem asiática. **Fitopatologia Brasileira**, Passo Fundo, RS, v. 29, p. S113, 2004.
- BALARDIN, R. S.; NAVARINI, L.; DALLAGNOL L.J. Relato da ferrugem asiática no estado do Rio Grande do Sul. In: I WORKSHOP BRASILEIRO SOBRE FERRUGEM ASIÁTICA, 1, 2005, **Anais...** Uberlândia: EDUFU , 2005, p.105.
- 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.
- BROMFIELD, K.R. Differential reaction of some soybean accessions to *Phakopsora pachyrhizi*. **Soybean Rust Newsletter**, Shanhua, v.4, n.2, 1982, (Abstract).
- BROMFIELD, K.R; MELCHING, J. S.; KINGSOVER, C. H. Virulence and aggressiveness of *Phakopsora pachyrhizi* isolates causing soybean rust. **Phytopathology**, Shanhua, v.70, p.17-21, 1980.
- 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, 2003. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br>>. Acesso em 15 de setembro de 2009.
- EMBRAPA, 2008. Disponível em: <<http://www.cnpso.embrapa.br>>. Acesso em 15 de setembro de 2009.
- 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, 2002. 43p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Tecnologias de Produção de Soja** – Região Central do Brasil 2004. Londrina: Embrapa Soja. 2004, 237p.
- 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
- 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., KOGA, L.J.; CANTERI, M.G. Diagrammatic scale for assessment of soybean rust severity. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, DF, v.31, p.63-68. 2006 a.

GODOY, C.V.; SEIXAS, C.D.S.; SOARES, R.M.; HENNING, A.A. Embrapa Soja, Londrina: Abril, 2006 b, 231p.

IMA, 2005. Disponível em: <<http://www.ima.mg.gov.br/>>. Acesso em 25 de Setembro de 2009.

JULIATTI, F. C.; POLIZEL, A. C.; JULIATTI, F. C.; MOURA, E. A.; AZEVEDO, L.A. Uso da resistência parcial e efeito preventivo e curativo de fungicidas no controle da ferrugem asiática. In: JULIATTI, F. C.; POLIZEL, A. C.; HAMAWAKI, O. T. In: I WORDSHOP BRASELEIRO SOBRE A FERRUGEM ASIÁTICA, 1, 2005. **Anais...** Uberlândia: EDUFU, 2005, p. 115-133.

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

MACIEL, C. D. de G.; POLETINE, J. P. Importância econômica e generalidades para o controle da ferrugem asiática na cultura da soja. **Revista Científica Eletrônica Agronomia, Garça**, v. 5, 2004, p.1-15.

MAPA, 2004. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/>>. Acesso em 25 de Setembro de 2009.

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.

McLEAN, R. J.; BYTH, D.E. Inheritance of resistance to rust (*Phakopsora pachyrhizi*) in soybeans. **Australian Journal Agriculture Research**, Melbourne, v.31, p.951-956, 1980.

MISSÃO, M. R. **SOJA**: Origem, classificação, utilização e uma visão abrangente do mercado. **Revista de Ciências Empresariais**, v.15, p. 1-10, 2006.

NASCIMENTO, J. F.; VIDA, J. B.; e TESSMANN, D. J. **Ferrugem asiática da soja** Disponível em: <http://www.amea.org.br/pesquisadoc/SojaxFerrugem%20pdf>. Acesso em 15 de Setembro de 2009.

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.

REIS, E.M.; FORCELINI, C.A.; REIS, A.C. **Manual de fungicidas**: guia para o controle químico de doenças de plantas. 4ª. Ed. Florianópolis: Insular, 2001. 176p.

RIBEIRO F. X.; JUNIOR W. C. J.; ZAMBOLIM L. **Epidemiologia aplicada ao manejo de doenças de plantas**. Viçosa: Editora Perfil, 2004, 225 p.

SINCLAIR, J. B.; HARMAN, G. L. Management of Soybean Rust. In: SOYBEAN RUST WORKSHOP, 1995, Urbana. **Proceedings...** Urbana: APS, 1995. p 9-11.

SINCLAIR, J.B.; BACKMAN, P.A. **Compendium of soybean diseases**. 3.ed. St. Paul: APS Press, 1989, p. 24-27.

UGALDE, M. G. **Controle de ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi* Sidow) na cultura da soja**. 2005. 79f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal)-Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2005.

VELLO, N. A.; BROGIN, R. L.; ARIAS, C. A. A. Estratégias de melhoramento para o controle de ferrugem da soja. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA, 2. 2002. **Anais...** Foz do Iguaçu, 2002, p. 188.

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. S210, 2003.

ZAMBOLIM, L. **Ferrugem asiática da soja**. Viçosa: UFV, 2006, 140 p.