

Universidade de Brasília
Departamento de Fitopatologia

**Dinâmica temporal de urediniósporos e controle da ferrugem
asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) da soja (*Glycine max*)**

Marcello Arrais Lima

Brasília - DF

2009

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
DEPARTAMENTO DE FITOPATOLOGIA

**Dinâmica temporal de urediniósporos e controle da ferrugem
asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) da soja (*Glycine max*)**

Aprovada em: 01/07/2009

Prof. Carlos Hidemi Uesugi

Prof^a. Denise Vilela De Rezende Santiago

Prof^a. Mariana De Souza Castro

Dr. Austeclínio Lopes De Faria Neto

Prof. Luiz Eduardo Bassay Blum
Orientador

Ofereço

Aos meus pais

José Alderico Lima e Sara de Souza Arrais

Pela vida, amor e aprendizagem que proporcionaram os fundamentos para a minha caminhada evolutiva; pela segurança e dedicação que me fez compreender que no mundo existem muitos obstáculos, mas que todos eles podem ser superados; em fim, por todo o carinho e acolhimento pelo qual serei sempre grato.

As minhas irmãs

Fernanda Arrais Lima e Carolina Arrais Lima

Pelo amor, afeto e amizade que direciona a minha vida as reflexões de cada momento; e pela doação, dedicação e apoio em que sempre poderei contar.

Dedico

A minha namorada

Lívia Pereira Hartmann

Por todo seu amor, compreensão, carinho, e determinação com que supera e soluciona nossos problemas; pela paciência, pelo incentivo e por estar sempre me apoiando nas decisões importantes e espero que essa cumplicidade nunca acabe e sejamos eternos namorados.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por tudo que existe e por me oferecer tudo que é de meu merecimento.

A Universidade de Brasília e Principalmente ao programa de Pós-graduação do Departamento de Fitopatologia pela oportunidade de aperfeiçoamento proporcionado a formação.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Ensino Superior (CAPES), por conceder a bolsa inicial desse estudo.

Ao Conselho Nacional de Pesquisa (CNPq), por conceder grande parte da bolsa de estudos.

Um agradecimento especial ao professor e orientador Luiz Eduardo Bassay Blum, por sua amizade, conversas e troca de conhecimento. Em resumo, uma pessoa que enriqueceu minha orientação neste tempo que passei junto a UNB.

Aos professores do Departamento de Fitopatologia da UNB pela paciência e competência na transmissão de seus conhecimentos.

Aos professores do Departamento de Botânica, principalmente a professora Sueli, pelo acolhimento e ajuda na execução do projeto.

A todos os meus colegas fitopatologistas, pelo convívio, amizade e apoio quando necessário.

Aos funcionários da secretária, laboratório e estação experimental de biologia, pelo compromisso e dedicação.

Ao senhor João Gilioli, pelo apoio no projeto.

Aos meus amigos de Viçosa-MG e todos os outros que estão por esse Brasil.

A todos os que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização do presente trabalho.

SUMÁRIO	Pgs.
LISTA DE TABELAS	VI
LISTA DE FIGURAS	IX
1 - RESUMO GERAL	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
2 - INTRODUÇÃO GERAL	3
3 - REVISÃO DA LITERATURA	5
3.1 - Soja	5
3.2 - Nomenclatura de <i>Phakopsora pachyrhizi</i>	6
3.3 - <i>Phakopsora pachyrhizi</i> x <i>P. meibomiae</i>	6
3.4 - Origem e importância econômica	7
3.5 - Ciclo de vida	7
3.6 - SINTOMATOLOGIA	9
3.7 - EPIDEMIOLOGIA	10
3.8 - HOSPEDEIRO ALTERNATIVO	13
3.9 - RESISTÊNCIA	14
3.10- CONTROLE BIOLÓGICO	15
3.11 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	16
CAPITULO II	23
ARTIGO I	23
REAÇÃO DE GENÓTIPOS DE SOJA À FERRUGEM ASIÁTICA (<i>PHAKOPSORA</i>	

PACHYRHIZI) EM CAMPO, ESTUFA E LABORATÓRIO	23
RESUMO	24
ABSTRACT	25
1 - INTRODUÇÃO	26
2 - MATERIAL E MÉTODOS	28
2.1 - Avaliação da reação do genótipo de soja quanto à resistência da ferrugem asiática em condições de laboratório, estufa e campo.	30
2.1.1- Experimentos em estufas.	30
2.1.2 - Experimento em campo.	32
2.1.3 – Experimento em laboratório.	33
2.1.4 – Registro das variáveis climáticas em estufa e campo.	34
2.1.5 – Avaliação da reação dos genótipos à ferrugem.	35
2.1.6 - Análise estatística.	36
2 – RESULTADOS	36
3.1 - Reação dos genótipos em campo.	36
3.2 – Reação dos genótipos em estufa	41
3.3 - Reação de folhas destacadas dos genótipos em laboratório	45
4 – DISCUSSÃO	46
5 - CONCLUSÃO	52
6 - AGRADECIMENTO	52
7 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	53

CAPITULO III	68
ARTIGO II	68
VARIAÇÃO AÉREA SAZONAL E HORÁRIA DE UREDINIÓSPOROS DE <i>PHAKOPSORA PACHYRHIZI</i> AO LONGO DO CICLO CULTURAL DA SOJA	68
RESUMO	69
ABSTRACT	70
1 - INTRODUÇÃO	71
2 - MATERIAL E MÉTODOS	74
2.1 - Local da execução dos experimentos	74
2.2 - Avaliação do progresso da doença em campo, as condições ambientais associadas e a variação temporal de urediniósporos coletados no ar	74
2.2.1 – Informações gerais	74
2.2.2 - Variação temporal de urediniósporos de <i>P. pachyrhizi</i> no ar	76
2.2.3 – Avaliação das plantas infectadas por <i>P. pachyrhizi</i> ao longo do ciclo da cultura	77
2.3 - Registro e coleta das variáveis climáticas	77
2.4 – Análise estatística	78
3 – RESULTADOS	79
4 – DISCUSSÃO	87
5 - CONCLUSÃO	91
6 - AGRADECIMENTO	92
7 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	92

CAPITULO IV	114
ARTIGO III	114
ESTUDO DA VARIAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE UREDINIÓSPOROS DE <i>PHAKOPSORA PACHYRHIZI</i> EM FOLHAS DESTACADAS E PLANTA EM VASO	114
RESUMO	115
ABSTRACT	116
1 - INTRODUÇÃO	117
2 - MATERIAL E MÉTODOS	118
2.1 - Local da execução dos experimentos	118
2.2 – Estudo do efeito da concentração de urediniósporos de <i>P. pachyrhizi</i>	118
2.2.1 - Obtenção, multiplicação e preparo da suspensão do inóculo	118
2.2.2 - Teste em folhas destacadas (Bioensaio)	120
2.2.3 - Teste em planta em vaso	121
2.3 - Delineamento experimental	122
2.4 - Análise estatística	122
3 - RESULTADOS	122
3.1 - Concentração de inóculo em condição de casa de vegetação	122
3.2 - Concentração de inóculo em condição de laboratório	126
4 – DISCUSSÃO	130
5 - CONCLUSÃO	131

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO I: Revisão da literatura	Pgs.
Tabela 1 - Distribuição geográfica da ferrugem asiática (<i>Phakopsora pachyrhizi</i>) da soja (<i>Glycine max</i>).	12
CAPÍTULO II: Artigo I	
Tabela 1 – Genótipos de soja usados em experimento de estufa e campo.	58
Tabela 2 – Avaliação da reação de genótipos de soja à ferrugem asiática (<i>Phakopsora pachyrhizi</i>) no cultivo em campo (safras 2006 a 2008) determinado pela quantificação da média geral da porcentagem de área foliar lesionada e suas respectivas produtividades.	58
Tabela 3 – Avaliação da reação dos genótipos de soja à ferrugem asiática (<i>Phakopsora pachyrhizi</i>) ao longo do estágio de desenvolvimento da planta em cultivo de campo (safra 2006/07) determinado pela quantificação da média geral da porcentagem de área foliar lesionada.	59
Tabela 4 – Avaliação da reação dos genótipos de soja à ferrugem asiática (<i>Phakopsora pachyrhizi</i>) ao longo de três estádios fenológicos da planta em cultivo de campo (safra 2006/07), observando a interação genótipo e posicionamento das folhas no dossel, através da quantificação da média geral da porcentagem de área foliar lesionada.	60
Tabela 5 - Avaliação da reação dos genótipos de soja à ferrugem asiática (<i>Phakopsora pachyrhizi</i>) no estágio fenológico R4/R5 em cultivo de campo (safra 2006/07), observando a interação genótipo com o número de aplicação de fungicida (Tetraconazole), através da quantificação da média geral da porcentagem de área foliar lesionada.	61
Tabela 6 - Avaliação da reação dos genótipos de soja à ferrugem asiática (<i>Phakopsora pachyrhizi</i>) na parte superior do dossel das plantas no estágio fenológico R4/R5 em cultivo de campo (safra 2006/07), observando a interação genótipo com o número de aplicação de fungicida (Tetraconazole), através da quantificação da média geral da porcentagem de área foliar lesionada.	61
Tabela 7 - Avaliação da reação dos genótipos de soja à ferrugem asiática (<i>Phakopsora pachyrhizi</i>) ao longo do estágio de desenvolvimento da planta em cultivo de campo (safra 2007/08) determinado pela quantificação da média geral da porcentagem de área foliar lesionada.	62
Tabela 8 - Avaliação da reação dos genótipos de soja à ferrugem asiática (<i>Phakopsora pachyrhizi</i>) nos estádios fenológicos R1/R2 e R3/R4 em cultivo de campo (safra 2007/08), observando a interação genótipo com o número de	62

aplicação de fungicida (Epoconazole + Piraclostrobina), através da quantificação da média geral da porcentagem de área foliar lesionada.	
Tabela 9 – Avaliação da reação de genótipos de soja à ferrugem asiática (<i>Phakopsora pachyrhizi</i>) no cultivo em casa de vegetação (safra 2006 a 2007) determinado pela quantificação da média geral da porcentagem de área foliar lesionada e suas respectivas produtividades.	63
Tabela 10 – Avaliação da reação dos genótipos de soja à ferrugem asiática (<i>Phakopsora pachyrhizi</i>), observando a interação genótipo com o número de aplicação de fungicida (Tetraconazole) no cultivo em casa de vegetação (Safrá 2007), através da quantificação da média geral da porcentagem de área foliar lesionada.	63
Tabela 11 – Avaliação da reação dos genótipos de soja à ferrugem asiática (<i>Phakopsora pachyrhizi</i>) ao longo do estágio de desenvolvimento da planta em cultivo de casa de vegetação (safra 2006), determinado pela quantificação da média geral da porcentagem de área foliar lesionada.	64
Tabela 12 - Avaliação da reação dos genótipos de soja à ferrugem asiática (<i>Phakopsora pachyrhizi</i>) no estágio fenológico R2/R3 da planta no cultivo em casa de vegetação (Safrá 2006), observando a interação genótipo e posicionamento das folhas no dossel, através da quantificação da média geral da porcentagem de área foliar lesionada.	64
Tabela 13 – Avaliação da reação dos genótipos de soja à ferrugem asiática (<i>Phakopsora pachyrhizi</i>) ao longo do estágio de desenvolvimento da planta em cultivo de casa de vegetação (safra 2007), determinado pela quantificação da média geral da porcentagem de área foliar lesionada.	65
Tabela 14 - Avaliação da reação dos genótipos de soja à ferrugem asiática (<i>Phakopsora pachyrhizi</i>) ao longo de três estágios fenológicos da planta em cultivo de casa de vegetação (safra 2007), observando a interação genótipo e número de aplicação de fungicida (Epoconazole + Piraclostrobina), através da quantificação da média geral da porcentagem de área foliar lesionada.	66
Tabela 15 – Avaliação da reação de genótipos à ferrugem asiática (<i>Phakopsora pachyrhizi</i>) em folíolos destacados de soja em condição de laboratório, determinado pela quantificação da média geral da porcentagem de área foliar lesionada de um período de 35 dias após observação dos primeiros sinais do patógeno.	67
CAPÍTULO III: Artigo 2	
Tabela 1 - Genótipos de soja usados em experimento de campo.	97
Tabela 2 – Coeficiente de correlação de Spearman (r) entre urediniosporos capturados e o cumulativo da severidade (% área foliar lesionada) média (safra 2006/07) da ferrugem asiática (<i>Phakopsora pachyrhizi</i>) na defasagem do quinto ao nono dia antecedentes à avaliação, ao longo de cada hora do dia.	98
Tabela 3 – Coeficiente de correlação de Spearman (r) entre urediniosporos capturados e o cumulativo da severidade (% área foliar lesionada) média (safra 2007/08) da ferrugem asiática (<i>Phakopsora pachyrhizi</i>) na defasagem do quinto ao nono dia antecedentes à avaliação, ao longo de cada hora do dia.	99
Tabela 4 - Coeficiente de correlação de Spearman (r) entre os fatores climáticos e o número médio diário de esporos de <i>Phakopsora pachyrhizi</i> capturados pela armadilha de esporos (Burkard) ao longo das safras 2006/07 e 2007/08 da soja,	100- 101

Brasília, DF.	
Tabela 5 - Coeficiente de correlação de Spearman (r) entre os fatores climáticos e o cumulativo da severidade (% área foliar lesionada) média, medido através da porcentagem de área foliar lesionada (AFL) causada por <i>Phakopsora pachyrhizi</i> na safra 2006/07, correspondente a parte superior da planta de soja ao longo dos estádios fenológicos.	102
Tabela 6 - Coeficiente de correlação de Spearman (r) entre os fatores climáticos e o cumulativo da severidade (% área foliar lesionada) média, medido através da porcentagem de área foliar lesionada (AFL) causada por <i>Phakopsora pachyrhizi</i> na safra 2006/07, correspondente à parte média da planta de soja ao longo dos estádios fenológicos.	103
Tabela 7 - Coeficiente de correlação de Spearman (r) entre os fatores climáticos e o cumulativo da severidade (% área foliar lesionada) média, medido através da porcentagem de área foliar lesionada (AFL) causada por <i>Phakopsora pachyrhizi</i> na safra 2006/07, correspondente a parte inferior da planta de soja ao longo dos estádios fenológicos.	104
Tabela 8 - Coeficiente de correlação de Spearman (r) entre os fatores climáticos e o cumulativo da severidade (% área foliar lesionada) média, medido através da porcentagem de área foliar lesionada (AFL) causada por <i>Phakopsora pachyrhizi</i> na safra 2007/08, correspondente a parte superior da planta de soja ao longo dos estádios fenológicos.	105
Tabela 9 - Coeficiente de correlação de Spearman (r) entre os fatores climáticos e o cumulativo da severidade (% área foliar lesionada) média, medido através da porcentagem de área foliar lesionada (AFL) causada por <i>Phakopsora pachyrhizi</i> na safra 2007/08, correspondente a parte média da planta de soja ao longo dos estádios fenológicos.	106
Tabela 10 - Coeficiente de correlação de Spearman (r) entre os fatores climáticos e o cumulativo da severidade (% área foliar lesionada) média, medido através da porcentagem de área foliar lesionada (AFL) causada por <i>Phakopsora pachyrhizi</i> na safra 2007/08, correspondente a parte inferior da planta de soja ao longo dos estádios fenológicos.	107
Tabela 11 – Coeficiente de correlação de Spearman (r) entre a flutuação de urediniósporos e o cumulativo da severidade (% área foliar lesionada) média, avaliado pela porcentagem de área foliar lesionada (AFL) por <i>Phakopsora pachyrhizi</i> ao longo dos estádios fenológicos na safra 2006/07.	108
Tabela 12 – Coeficiente de correlação de Spearman (r) entre a flutuação de urediniósporos e o cumulativo da severidade (% área foliar lesionada) média, avaliado pela porcentagem de área foliar lesionada (AFL) por <i>Phakopsora pachyrhizi</i> ao longo dos estádios fenológicos na safra 2007/08.	108
CAPÍTULO IV: Artigo 3	
Tabela 1 – Avaliação do efeito da concentração de urediniósporos de <i>Phakopsora pachyrhizi</i> cultivados em casa de vegetação, em função da média geral da porcentagem de área foliar lesionada dos genótipos de soja MSoy-8585 e MSoy-8787.	136
Tabela 2 – Avaliação da reação de dois genótipos de soja à ferrugem asiática (<i>Phakopsora pachyrhizi</i>) cultivado em casa de vegetação, em função da média geral da porcentagem de área foliar lesionada.	137

Tabela 3 – Avaliação do efeito da concentração de urediniósporos de <i>Phakopsora pachyrhizi</i> na interação com dois genótipos de soja cultivados em casa de vegetação, em função da média geral da porcentagem de área foliar lesionada.	137
Tabela 4 – Avaliação da reação de dois genótipos de soja à ferrugem asiática (<i>Phakopsora pachyrhizi</i>) na interação da concentração de inóculo cultivados em casa de vegetação, em função da média geral da porcentagem de área foliar lesionada.	137
Tabela 5 - Avaliação do efeito da concentração de urediniósporos de <i>Phakopsora pachyrhizi</i> ao logo dos estádios de desenvolvimento da planta, determinados por meio da média da porcentagem de área foliar lesionada dos genótipos MSoy-8585 e MSoy-8787 cultivados em casa de vegetação.	138
Tabela 6 – Avaliação da reação de dois genótipos à ferrugem asiática (<i>Phakopsora pachyrhizi</i>) em função da porcentagem de área foliar lesionada em soja, cultivada em casa de vegetação quantificadas ao longo dos estádios de desenvolvimento da planta.	138
Tabela 7 – Avaliação do efeito da concentração de urediniósporos de <i>Phakopsora pachyrhizi</i> na interação de dois genótipo de soja cultivados em casa de vegetação, determinados por meio da porcentagem de área foliar lesionada em 3 estádios de desenvolvimento da planta (1º experimento).	139
Tabela 8 – Avaliação da reação de dois genótipos de soja cultivados em casa de vegetação à ferrugem asiática (<i>Phakopsora pachyrhizi</i>) na interação da concentração de inóculo, em função da porcentagem de área foliar lesionada em 3 estádios de desenvolvimento da planta (1º experimento).	139
Tabela 9 - Avaliação do efeito da concentração de urediniósporos de <i>Phakopsora pachyrhizi</i> na interação dos genótipos de soja MSoy-8585 e MSoy-8787 cultivados em casa de vegetação, determinados por meio da porcentagem de área foliar lesionada no estádio de desenvolvimento R2 da planta (2º experimento).	140
Tabela 10 - Efeito da concentração de urediniósporos de <i>Phakopsora pachyrhizi</i> nos genótipos de soja MSoy-8787 e MSoy-8008 em folíolos destacados, determinados por meio da média geral da porcentagem de área foliar lesionada e do número total de pústulas.	140
Tabela 11 – Avaliação da reação de dois genótipos de soja à ferrugem asiática (<i>Phakopsora pachyrhizi</i>) em folíolos destacados, em função da média geral da porcentagem de área foliar lesionada e do número total de pústulas.	141
Tabela 12 – Avaliação do efeito da concentração de urediniósporos de <i>Phakopsora pachyrhizi</i> dos genótipos de soja MSoy-8787 e MSoy-8008 em folíolos destacados, determinados por meio da porcentagem de área foliar lesionada e do número total de pústulas nas datas de avaliação (1º experimento).	141
Tabela 13 – Avaliação da reação de dois genótipos de soja à ferrugem asiática (<i>Phakopsora pachyrhizi</i>) em folíolos destacados, determinado por meio da porcentagem de área foliar lesionada e do número total de pústulas nas datas de avaliação (1º experimento).	142
Tabela 14 – Avaliação do efeito da concentração de urediniósporos de <i>Phakopsora pachyrhizi</i> na interação de dois genótipos de soja em folíolos destacados, em função da porcentagem de área foliar lesionada e do número total de pústulas aos 18 e 25 dias após inoculação (1º experimento).	142
Tabela 15 – Avaliação da reação de dois genótipos de soja, em folíolos destacados, à ferrugem asiática (<i>Phakopsora pachyrhizi</i>) na interação de diferentes	143

concentrações de inóculo, sobre a porcentagem de área foliar lesionada e do número total de pústulas aos 18 e 25 dias após inoculação (1º experimento).	
Tabela 16 - Avaliação do efeito da concentração de urediniósporos de <i>Phakopsora pachyrhizi</i> dos genótipos de soja MSoy-8787 e MSoy-8008 em folíolos destacados, determinados por meio da porcentagem de área foliar lesionada e do número total de pústulas nas datas de avaliação (2º experimento).	143
Tabela 17 - Avaliação da reação em dois dos genótipos de soja, em folíolos destacados, à ferrugem asiática (<i>Phakopsora pachyrhizi</i>), determinados por meio da porcentagem de área foliar lesionada e do número total de pústulas nas datas de avaliação (2º experimento).	144
Tabela 18 - Avaliação do efeito da concentração de urediniósporos de <i>Phakopsora pachyrhizi</i> na interação de dois genótipos de soja em folíolos destacados, em função da porcentagem de área foliar lesionada e do número total de pústulas aos 18 dias após inoculação (2º experimento).	144
Tabela 19 - Avaliação da reação de dois genótipos de soja, em folíolos destacados, à ferrugem asiática (<i>Phakopsora pachyrhizi</i>) na interação de diferentes concentrações de inóculo, determinados por meio da porcentagem de área foliar lesionada aos 18 dias após inoculação (2º experimento).	145

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO I: Revisão da literatura	Pgs.
Figura 1 - Dispersão da ferrugem asiática (<i>Phakopsora pachyrhizi</i>) da soja (<i>Glycine max</i>) desde sua descoberta. Fonte: http://agbiopubs.sdstate.edu/pub_description.cfm?Item=ABS205 (Agbio, 2005).	12
CAPÍTULO III: Artigo 2	
Figura 1A e B. Número de urediniósporos de <i>Phakopsora pachyrhizi</i> capturado com armadilha Burkard ao longo do ciclo da cultura de soja em 2006/07 (A) e em 2007/08 (B). As setas ilustradas na figuras A e B indicam as datas de aplicação de fungicida.	109
Figura 2A e B. Média de urediniósporos (<i>Phakopsora pachyrhizi</i>) amostrada pela armadilha caça-esporos ao longo de cada dia correspondente a safra 2006/07 (A) e 2007/08 (B).	110
Figura 3. Média diária das temperaturas máximas, mínimas e médias (A), Molhamento Foliar (B) e umidade relativa máximas, mínimas e médias e precipitação pluviométrica (C) na safra 2006/07.	111
Figura 4. Média diária das temperaturas máximas, mínimas e médias (A), Molhamento Foliar (B) e umidade relativa máximas, mínimas e médias e	112

precipitação pluviométrica (C) na safra 2007/08.	
<p>Figura 5A e B. Variação da temperatura média, umidade relativa média e molhamento foliar do somatório médio horário experimental ao longo do ciclo da cultura de soja em 2006/07 (A) e em 2007/08 (B). Os valores no eixo y posicionados do lado esquerdo das figuras correspondem às variações da temperatura média (°C) e molhamento foliar (minuto). A direita estão representados os valores correspondentes a variação da umidade relativa média (%).</p>	113

1 – RESUMO GERAL

Dinâmica temporal de urediniósporos e controle da ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) da soja (*Glycine max*)

Os objetivos do trabalho foram: (a) avaliar genótipos de soja quanto a reação à ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*); (b) verificar o progresso da doença em campo de soja associados às condições ambientais, correlacionando-as à variação temporal de urediniósporos coletados no ar; (c) determinar a influência do ambiente na infecção por *P. pachyrhizi*; e (d) avaliar a influência da concentração de urediniósporos de *P. pachyrhizi* sobre a doença. Os principais resultados são a seguir apresentados. Quanto à reação dos genótipos, resultados semelhantes em estufa e laboratório mostraram os menores valores de doença pelo genótipo GT04-9062. Todavia, em campo, o genótipo menos afetado foi o GT04-9180. Quanto a flutuação aérea de inoculo, houve grande variação na quantidade de esporos coletados entre janeiro e fevereiro de 2007 (~100-600/dia) e 2008 (~50-500/dia). A captura dos urediniósporos realizada em armadilha (Burkard) foi maior entre 11:00 (~65-80/h) e 19:00h (~35-80/h). Houve correlação positiva entre a quantidade de esporos e os fatores ambientais. Quanto a concentração de inóculo, 1×10^5 urediniósporos/ml proporcionou resultados de doença que permitiram a reação diferencial de ferrugem em genótipos com variada susceptibilidade.

Palavras-chave: Armadilha coletora de esporos, Burkard, fatores climáticos, reação de genótipos, resistência de genótipos.

Temporal dynamics of urediniospores and control of the Asian soybean (*Glycine max*) rust (*Phakopsora pachyrhizi*)

Abstract

The main objectives of this study were: (a) to evaluate the reaction of soybean (*Glycine max*) genotypes to the Asian rust (*Phakopsora pachyrhizi*); (b) to evaluate the association of rust progress to the airborne urediniospores; (c) to evaluate the effects of climate on rust progress; and, (d) to evaluate the effects of spore concentration on disease. The principal results are described as follow. The genotype GT04-9062 was less affected by the disease on laboratory and greenhouse trials. However, under commercial field conditions, the less affected one was GT04-9180. The highest amount of airborne spore collected (Burkard spore trap) was in January and February 2007 (~100-600/day) and 2008 (~50-500/day), from 11 a.m (~65-80/h) to 7 p.m. (~35-80/h). There was positive correlation between collected airborne spores and to the climate factors. The inoculum concentration of 1×10^5 spores/ml allowed an ideal amount of disease for genotype reaction comparisons.

Key words: Seven days spore trap, Burkard, soybean genotype reaction, environmental conditions, soybean reaction.

2 - INTRODUÇÃO GERAL

Em 1902, foi observada pela primeira vez no Japão a ferrugem asiática causada por *Phakopsora pachyrhizi* H. Sydow & Sydow, que mais tarde devastou os campos de soja [*Glycine max* L. (Merr.)] desse país e continua até os dias atuais a preocupar os produtores de todo o mundo (Wrather *et al*, 1997). Depois da descoberta de que *P. pachyrhizi* é o agente causal da ferrugem asiática da soja, estratégias de controle foram elaboradas na tentativa de minimizar os danos causados por esse organismo. Quando esse patógeno não é identificado em tempo hábil, o controle da doença pode não ser eficiente.

Com a ocorrência da ferrugem asiática no Brasil e de várias outras doenças, passou a haver uma forte tendência ao uso intensivo de agrotóxicos; esta prática pode promover a seleção de populações mais resistentes do patógeno, cuja população pode aumentar no plantio seguinte (Miles *et al.*, 2003; Miles *et al.*, 2005a). O uso de produtos químicos de proteção na cultura da soja, tem aumentado com fórmulas cada vez mais complexas constituídas por diferentes princípios ativos, preconizados contra uma ampla gama de patógenos, inclusive o da ferrugem. O uso de compostos químicos no manejo de pragas e doenças tem provocado acúmulo residual dos produtos comercializados e no meio ambiente, o que pode acarretar problemas para a saúde humana.

O impacto do uso de pesticidas sobre o ambiente tem aumentado a preocupação da sociedade a este respeito, principalmente com o avanço das fronteiras agrícolas, especialmente no cultivo da soja, que a cada ano aumenta sua área de plantio. O controle biológico pode representar uma forma alternativa no combate a *P. pachyrhizi*. De um modo geral, o biocontrole não inibe os fitopatógenos imediatamente, mas corresponde a uma prática econômica de manejo, quando comparado com o controle químico; seu efeito é atingido depois do estabelecimento de um nicho, seguido da interação com o organismo alvo e outras

espécies de organismos (Ghini & Bettioli, 2000). Essa complexa interação é fundamental para o sucesso no controle da doença, devendo ser analisada de modo holístico e considerada a longo prazo.

Por ser uma enfermidade de ocorrência recente e de grande impacto sobre o rendimento e rentabilidade da cultura da soja, diversos estudos estão em andamento na busca de informações a respeito da biologia, epidemiologia e formas de controle da ferrugem asiática no Brasil. Entretanto, a implementação de estratégias para o manejo dessa doença somente será possível após conhecimentos dos componentes epidemiológicos. O manejo integrado, visando à redução do número e frequência de aplicações de fungicidas em função da época de semeadura e do clima, assim como a resistência genética dos cultivares são as principais formas de controle de doenças empregados no cultivo da soja. Vale à pena ressaltar que cultivares resistentes e o controle biológico associados podem contribuir para redução da severidade da ferrugem asiática na soja, o que refletirá diretamente na diminuição do número de aplicações de fungicidas.

Capítulo I

3 - REVISÃO DA LITERATURA

3.1 - Soja

A cultura da soja tem origem na Manchúria, China; estima-se que sua domesticação tem mais de 5000 anos, pois seus primeiros cultivos datam entre 2883 e 2838 AC, quando era cultuada como um grão sagrado; atualmente é encontrada em todo o mundo (Xu *et al.*, 1989; Embrapa, 2008).

A soja é uma planta dicotiledônea pertencente à família Leguminosae, subfamília Papilionoideae e gênero *Glycine*. Está caracterizada por ser herbácea, anual, porte ereto, de crescimento morfológico diversificado, com hastes e vagens pubescentes e flores axilares. Sua altura pode variar entre 0,3 a 2 metros. Seu ciclo de vida pode variar de 80 a 200 dias conforme as variáveis ambientais e possuem $2n=40$ cromossomos (Sediyama *et al.*, 1985).

Essa leguminosa é apontada como um alimento capaz de minimizar os problemas da fome em todo o mundo. O Brasil apresenta uma extensa área agrícola e é o segundo maior produtor, perdendo somente para os produtores norte-americanos (FNP, 2006). A área cultivada na década de 70 em nosso país era de quase 7 milhões de hectares (1976/1977) e com o desenvolvimento de cultivares adaptadas ao clima tropical, passou para mais de 21 milhões (2007/08), com produções respectivas de mais de 12 milhões e 60 milhões de toneladas (Conab, 2008), correspondendo a uma área plantada aproximada de 2,5% do território brasileiro. Os principais estados produtores de soja são Mato Grosso, Paraná, Rio Grande do Sul, Goiás, Mato Grosso do Sul e Minas Gerais (IBGE, 2007).

3.2 - Nomenclatura de *Phakopsora pachyrhizi*

Phakopsora pachyrhizi pertence ao Reino Fungi, Filo Basidiomycota, Classe Urediniomycetes, Ordem Uredinales, Família Phakopsoraceae (Ono, 2000).

3.3 - *Phakopsora pachyrhizi* x *P. meibomiae*

Duas espécies de fungo podem causar a ferrugem na soja, a *Phakopsora pachyrhizi* e *P. meibomiae* (Arthur) Arthur; a primeira encontra-se dispersa por todo o mundo (Yang, 1991) e a segunda restringe-se à América Central, do Sul e Caribe (Ono *et al.*, 1992). Em condição natural, *P. pachyrhizi* pode infectar 31 espécies em 17 gêneros de leguminosas, enquanto que *P. meibomiae* é patogênica a 42 espécies em 19 gêneros de leguminosas e ambas são capazes de infectar 24 espécies de plantas em 19 gêneros (Ono, 1992; Sinclair & Hartman, 1996). Até o ano de 1992, toda ferrugem encontrada na soja era atribuída à *P. pachyrhizi*, quando Ono *et al.*, (1992) constataram que *P. meibomiae* também podia causar a doença.

A análise morfológica do teliósporo possibilitou diferir uma espécie da outra: *P. pachyrhizi* possui teliósporo organizado em duas a sete camadas, a parede do esporo é marrom amarelo pálida, com espessura variando de 1mm na parte central e pode variar em até 3 mm nas células da camada apical, enquanto que *P. meibomiae* apresenta teliósporo organizado em uma a quatro camadas, raramente cinco, o esporo tem parede de coloração canela a castanho claro, com 1,5 a 2,0 mm de espessura na porção central e camada apical com espessura de até 6 mm (Carvalho Jr. & Figueiredo, 2000). Quanto as características dos urediniósporos, observa-se apenas sutil diferença no diâmetro e no número de poros, que em *P. meibomiae* variam de 4 a 6 e em *P. pachyrhizi* de 6 a 8 (Ono *et al.*, 1992). Em condições

naturais, *P. pachyrhizi* é sem dúvida, o organismo que mais afeta a cultura da soja. Isso se deve à sua maior virulência, quando comparado com *P. meibomiae*, sendo esse o único modo de distingui-las em campo (Bonde & Brown, 1980; Bromfield *et al.*, 1980; Sinclair & Hartman, 1999; Bonde *et al.*, 2006).

Atualmente as duas espécies causadoras de ferrugem na soja podem ser identificadas por meio da técnica de real-time PCR (real-time fluorescent polymerase chain reaction), na qual amostras de DNA do fungo são diferenciadas pela região ITS (Internal transcribed spacer) (Frederick *et al.*, 2002; Sousa *et al.*, 2007; Villavicencio *et al.*, 2007).

3.4 - Origem e importância econômica

Phakopsora pachyrhizi tem seu centro de origem localizado na Ásia, onde foi considerado endêmico e foi demonstrada sua presença pela primeira vez no Japão em 1902 (Kitani & Inoue, 1960). Os esporos são disseminados eficientemente pelo vento e em meados da década de 70 espalharam-se pelo mundo (Yang, 1991). O fungo entrou no Brasil através do Paraguai em 2001, dispersou-se para todas as regiões de cultivo da soja e a partir desse período foram observados prejuízos crescentes, agravados pela insistência dos cultivos de entressafras, que propiciaram o aumento do inóculo (Yorinori *et al.*, 2004). As perdas causadas pela ferrugem no Brasil na safra 2003/2004 foram as maiores já observadas. Cerca de 70% da área cultivada com soja foi afetada, perfazendo uma perda total de 4,6 milhões de toneladas, o que levou a um prejuízo estimado em mais de 1,2 bilhões de dólares (Yorinori *et al.*, 2004).

3.5 - Ciclo de vida

As ferrugens apresentam ciclos de vida variados de acordo com os gêneros e as espécies. Estima-se que existam cerca de 7.000 espécies distribuídas em 150 gêneros de

ferrugem e duas linhas de classificação são adotadas: o sistema ontogênico que prioriza o posição do estado do esporo no ciclo de vida do organismo e o sistema morfogênico que relaciona o aspecto morfológico do esporo (Alexopoulos *et al.*, 1996; Maheshwari, 2007). As ferrugens apresentam cinco estádios de ciclo: estágio 0- o espermogonial que produz espermásias (n) e hifas receptivas (n); estágio I- o aecial que produz aeciósporos (n + n); estágio II- uredinial que produz urediniósporos (n + n); estágio III- telial que produz teliósporos (2n); e o estágio IV- o basidial que produz basidiósporos (n), sendo esses ciclos categorizados em formas: macrocíclicas, demicíclicas e microcíclicas (Hiratsuka, 1973; Cummins & Hiratsuka, 1983). Na forma macrocíclica, existem os cinco estádios reprodutivos; na demicíclica, inexistente o estágio II e na microcíclica, não se observam os estágios I e II e os teliósporos são binucleados (Alexopoulos *et al.*, 1996).

As duas espécies que causam a ferrugem na soja são parasitas obrigatórios e apenas seus estádios de urédia e télia estão descritos (Ono *et al.*, 1992). A fase uredinial é considerada a mais importante para a epidemiologia da doença, pois é quando os esporos são formados em grande quantidade, o que aumenta as chances de novas infecções, diferindo da fase de télia, que forma esporos especializados para sobrevivência do fungo em épocas em que as condições climáticas não são favoráveis ao seu desenvolvimento, sendo que o papel desta última fase na epidemiologia ainda não está claro (Vakili, 1979; Yeh *et al.*, 1981; Carmona & Gally, 2005).

O processo infeccioso começa com a germinação do uredinióspero, que, após seu contato sobre a superfície foliar, desenvolve um tubo germinativo com até 185 µm, sendo a quantidade de luz um fator determinante para este crescimento (Koch & Hoppe, 1987). Em seqüência ocorre a formação do apressório, uma espécie de ventosa que facilita a penetração diretamente sobre a epiderme da planta por uma estrutura conhecida como peg de penetração, o que desencadeia a infecção (Agbio, 2005; Magnani *et al.*, 2007). Internamente na planta

hospedeira, ocorre o desenvolvimento micelial intercelular e a formação dos haustórios, que são responsáveis pela absorção dos nutrientes (Magnani *et al.*, 2007). O período latente pode variar de 5 a 8 dias após a infecção; após 4 semanas haverá toda a produção de urédias oriundos do inóculo primário. As urédias secundárias serão formadas após 8 semanas, as quais fornecem novo inóculo e, assim, sucessivamente, o que caracteriza a doença como policíclica (Miles *et al.*, 2005b). Quatorze urédias podem ser formadas em uma única lesão, sendo que uma única urédia é capaz de produzir cerca de 2000 urediniósporos (Melching *et al.*, 1979; Yeh *et al.*, 1982a).

3.6 - SINTOMATOLOGIA

Os primeiros sintomas são pequenas manchas marrons ou marrom-acinzentadas que gradualmente mudam para marrons a marrom-escuros, antes das pústulas da ferrugem se tornarem salientes e entrarem em erupção (Yang, 1991). Como regra, os sintomas da ferrugem aparecem primeiro nas folhas inferiores, evoluindo gradativamente até o topo da planta. As lesões são de aparência angular e podem atingir de 0,5 a 5 mm², colonizando folhas, pecíolos, vagens e, às vezes, os caules das plantas de soja (Marchetti *et al.*, 1975; Sinclair & Hartman, 1999). Nas folhas, as lesões são delimitadas pelos feixes vasculares adjacentes ao ponto de infecção. Em fase posterior ao início do florescimento, correspondendo ao estágio fenológico de desenvolvimento R1 da soja, essas lesões tornam-se maiores ou mais escuras, às vezes coalescem, assumindo coloração castanha ou preta. As lesões da ferrugem ocorrem principalmente na face inferior (abaxial) da folha, mas podem ocorrer também na parte superior (adaxial). Normalmente, o número de urédias é maior sobre a parte abaxial do que na adaxial, pois o patógeno tende a se desenvolver de modo a escapar da exposição direta aos raios solares (Marchetti *et al.*, 1975). As urédias formadas em caules e pecíolos são mais alongados do que aquelas em folhas, provavelmente porque seu

desenvolvimento seja determinado pela forma do órgão (Yang, 1991). O número médio de urédias por lesão pode variar e, à medida que prossegue a esporulação, o tecido da folha ao redor das primeiras urédias adquire coloração castanho-clara (lesão do tipo TAN, “tanish”) a castanho-avermelhada (lesão do tipo RB, “redish-brown”), formando as lesões que são facilmente visíveis em ambas as faces da folha (Yorinori, 2003).

O fungo pode infectar folhas cotiledonares e jovens, produzindo os urediniósporos antes mesmo da floração (Yang, 1991). A cor dos urediniósporos de *P. pachyrhizi* varia entre hialino, bege, castanho-rosado ao castanho, o que se deve à idade da planta e aos fatores ambientais tais como luz, umidade e temperatura (Yang, 1991). O desfolhamento prematuro ocorre em plantas com altas taxas de infecção, comprometendo a formação e enchimento de vagens e o peso final dos grãos (Yang *et al.*, 1991a). A descoloração foliar da soja causada pelo patógeno deve ser cuidadosamente examinada e identificada, devido à ocorrência de sintomas semelhantes de outros patossistemas (Yorinori *et al.*, 2003).

3.7 - EPIDEMIOLOGIA

A dispersão do patógeno reflete no surgimento das doenças, principalmente quando as variáveis climáticas favorecem seu desenvolvimento nas regiões de cultivo, podendo gerar epidemias. Os urediniósporos de *P. pachyrhizi* são dispersos através do vento, o que favorece um intenso desenvolvimento da ferrugem (Yeh, *et al.*, 1982b, Isard *et al.*, 2006).

Há indício de que as correntes de vento, que percorrem os continentes (Figura 1), transportaram os esporos de *P. pachyrhizi* nativos da Ásia para todo o mundo (USDA, 2004). Depois de sua constatação em 1902 no Japão, o patógeno dispersou-se para países da Ásia, Oceania e Europa. Em seguida, no decorrer da década de 70, focos da ferrugem asiática foram observados no continente africano e, no início do século XXI, a doença propagou-se primeiro para a América do Sul, mais tarde para a América do Norte e, por fim, chegou à América

Central (Tabela 1), o que caracteriza a doença como pandêmica (Yang, 1991; Killgore & Heu, 1994; Akinsanmi *et al.*, 2001; Paiva, 2001; Pretorius *et al.*, 2001; Yorinori & Paiva, 2002; Rossi, 2003; Yorinori *et al.*, 2004; Agbio, 2005; Schneider *et al.*, 2005; Stewart *et al.*, 2005; Isard *et al.*, 2006; Rodríguez & Rios, 2006; Ojiambo, 2007). A chegada da ferrugem asiática nos Estados Unidos possivelmente ocorreu em setembro de 2004, quando o furacão Ivan atingiu primeiro a Colômbia e depois se abateu sobre a região sudeste dos Estados Unidos. Os ventos transportaram os urediniósporos de *P. pachyrhizi* por um período de 9 a 12 dias, nesse percurso, os esporos sobreviveram as condições adversas como temperatura, umidade relativa e irradiação solar (Isard *et al.*, 2005; Isard *et al.*, 2006).

As condições ambientais no processo infeccioso do patógeno sobre a planta hospedeira são considerados vitais para a compreensão dos estudos epidemiológicos. Constatada a alta virulência e agressividade de *P. pachyrhizi* na soja, iniciou-se intensa investigação sobre as características biológicas, epidemiológicas e da interação dos fatores ambientais sobre o patógeno e a planta hospedeira (Yang *et al.*, 1991a; Del Ponte *et al.*, 2006a).

Estudos sobre o efeito da radiação ultravioleta constataram que a germinação dos urediniósporos de *P. pachyrhizi* diminuiu quando estes foram expostos a uma dose de radiação ultra-violeta $\geq 1,2 \text{ MJ/m}^2$ no campo. Os esporos não germinam sob radiação solar $\geq 27.3 \text{ MJ/m}^2$ (Isard *et al.*, 2006). Outro fator determinante na sobrevivência dos esporos deste patógeno é a temperatura, pois valores inferiores a 5 °C e superiores a 30 °C reduzem sua viabilidade (Hegde *et al.*, 2002).

Na ausência de umidade, a germinação dos urediniósporos de *P. pachyrhizi* é maior sob temperatura de 20 °C, enquanto que, sob condição úmida, a temperatura de melhor germinabilidade pode variar de 14 a 22 °C. Para o processo infeccioso, a faixa de temperatura ideal é de 20 a 25 °C e umidade relativa mínima de pelo menos 6 h de molhamento; quando o

tempo de molhamento foliar se estende por um período de 10 às 12 h por semana, a chance de infecção é maior (Marchetti *et al.*, 1976). Esses resultados foram comprovados inclusive no

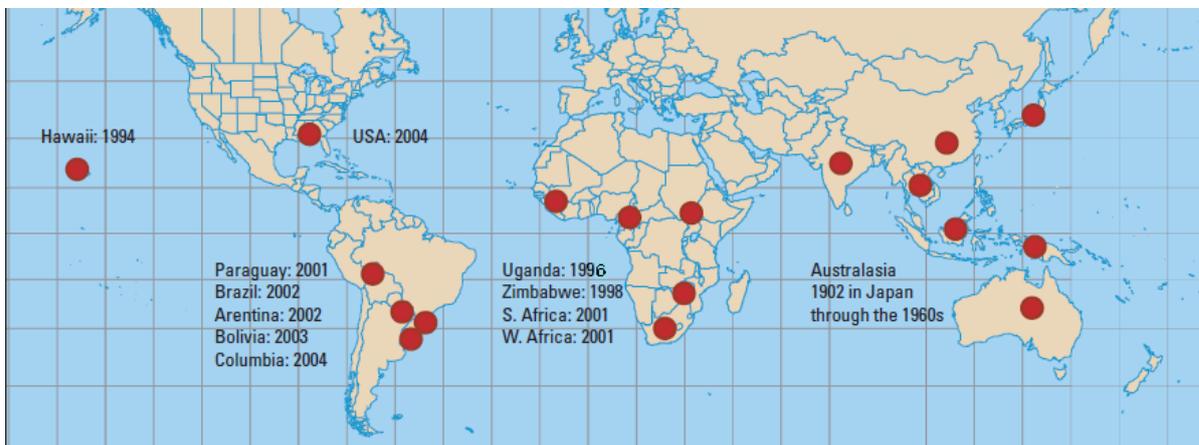


Figura 1 - Dispersão da ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) da soja (*Glycine max*) desde sua descoberta. Fonte: http://agbiopubs.sdstate.edu/pub_description.cfm?Item=ABS205 (Agbio, 2005).

Tabela 1 - Distribuição geográfica da ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) da soja (*Glycine max*).

Países	Primeira informação (ano de ocorrência)	Países	Primeira informação (ano de ocorrência)
Japão	1902	Etiópia	1976
Índia	1906	Hawaii	1994
Taiwan, China	1914	Uganda	1996
Papua Nova Guiné	1914	Zimbábue	1998
Filipinas	1914	África do sul	2001
Austrália	1934	África Ocidental	2001
Korea	1935	Paraguai	2001
China	1940	Brasil	2001
Vietnam	1948	Argentina	2003
Sri Lanka	1951	Colômbia	2004
USSR	1957	Uruguai	2004
Indonésia	1960	E.U.A	2004
Cambódia	1962	México	2005
Tailândia	1966	Congo	2007

Brasil (Del Ponte *et al.*, 2006a; Alves *et al.*, 2007). Furtado *et al.* (2008) observaram que urediniósporos de *P. pachyrhizi* desidratados e armazenados a -80°C permanecem viáveis por 7,7 meses. No campo, os urediniósporos que infectam folhas de soja jovens sobrevivem por 55 dias sob sombra, enquanto que o período mínimo de sobrevivência de 10 dias foi observado em folhas expostas ao sol, no ambiente. Dias nublados podem contribuir com o prolongamento da viabilidade do patógeno por minimizar a variação das altas temperatura e da incidência da radiação solar e ultravioleta.

Com base nas variáveis ambientais, os sistemas de previsão de doença têm como princípio correlacionar os dados climáticos com a interação patógeno-hospedeiro, onde descreve a possível chance do surgimento de doença. Nas últimas décadas, alguns destes modelos foram descritos para *P. pachyrhizi* (Yang *et al.*, 1991b; Yang *et al.*, 1991c; Del Ponte *et al.*, 2006a; Del Ponte *et al.*, 2006b; Isard *et al.*, 2007). Para a construção desses modelos, é preciso conhecer qual o comportamento do patógeno sobre o hospedeiro em uma dada condição de uma localidade.

3.8 - HOSPEDEIRO ALTERNATIVO

Além de infectar a soja, *P. pachyrhizi* é capaz de se multiplicar em uma grande quantidade de espécies de plantas, principalmente quando as condições climáticas favorecem seu desenvolvimento, o que aumenta suas chances de sobrevivência ano após ano, servindo os hospedeiros alternativos como reservatório de inóculo para as safras seguintes. A quantificação do inóculo produzido por essas plantas pode contribuir para o entendimento das epidemias da doença (Jurick, *et al.*, 2008). Ono *et al.* (1992) relataram que 37 espécies de plantas observadas no campo em diferentes localidades do mundo são hospedeiras de *P. pachyrhizi* e 64 espécies de plantas quando inoculadas sob condições artificiais são

colonizadas pelo fungo.

No Brasil, são encontradas algumas espécies de hospedeiras alternativas de *P. pachyrhizi* e listadas por Ono *et al.* (1992): *Alysicarpus vaginalis*, *Calopogonium mucunoides*, *Centrosema pubescens*, *Delonix regia*, *Desmodium triflorum*, *Lablab purpureus*, *Macroptilium atropurpureum*, *M. lathyroides*, *Mucuna* sp., *Phaseolus lunatus*, *P. vulgaris*, *Rhynchosia minima*, *Vigna unguiculata*, o que torna o controle mais difícil (IAC, 2007). Plantas de *Pueraria lobata* (Kudzu), que crescem nas margens das rodovias, são importantes fontes de inóculo da ferrugem (Pereira-Netto *et al.*, 1999; Yorinori *et al.*, 2005). Por termos um clima tropical, as condições climáticas ainda são consideradas quase constantes, o que favorece o desenvolvimento dessas plantas e do patógeno o ano todo.

3.9 - RESISTÊNCIA

Na tentativa de minimizar o efeito provocado pelo uso dos defensivos químicos no controle de *P. pachyrhizi*, pesquisas genéticas em plantas realizadas nos últimos anos, têm contribuído na melhoria das cultivares existentes. Isso é observado pelo aumento do retorno que as lavouras proporcionam a cada safra. Além da produtividade, a estabilidade dos genótipo em expressar seu potencial (tamanho, número de vagens e quantidade de pelos) é uma forma de assegurar sua manutenção no mercado. A resistência ou tolerância da cultivar à doenças constitui um método de controle eficiente, barato e menos agressivo ao ambiente (McLean & Byth, 1976). Entretanto, nos últimos anos, o clima vem sofrendo alterações devido às modificações no ambiente, o que pode levar a um aumento da ocorrência das doenças no campo, provocar alterações fisiológicas nas espécies e colocar em prova a resistência do potencial genético da planta (Coakley *et al.*, 1999).

Atualmente, existem cinco *loci* gênicos que conferem a resistência à ferrugem asiática da soja: Rpp1, Rpp2, Rpp3, Rpp4 e Rpp5 (Bromfield & Hartwig, 1980; McLean & Byth,

1980; Hartwig & Bromfield, 1983; Hartwig, 1986; Garcia *et al.*, 2008). Todos estes cultivares apresentam resistência qualitativa, com alelos dominantes originados de cultivares já existentes e de introduções de alelos de outras plantas (Hartman *et al.*, 2005, Calvo *et al.*, 2008; Garcia *et al.*, 2008). Calvo *et al.*, (2008) demonstraram pela primeira vez um gene recessivo que confere resistência à ferrugem asiática através da geração F2 segregada pelo cruzamento entre um acesso com gene resistente versus uma cultivar suscetível.

Devido à variabilidade de *P. pachyrhizi*, a resistência dos genes Rpp1 a Rpp4 foram quebradas (Hartman *et al.*, 2005). Em Taiwan, observou-se a existência de, pelo menos, uma raça de *P. pachyrhizi* contendo três genes de virulência (Bromfield, 1981). No Japão, foram identificadas 18 raças deste fungo oriundas de soja e plantas daninhas (Yamaoka *et al.*, 2002). Kato & Yorinori (2006) comprovaram a existência de mais de uma raça patogênica de *P. pachyrhizi* em alguns isolados coletados no Mato Grosso, Mato Grosso Sul, Goiás e Paraná.

De acordo com Hartman *et al.* (2005), os métodos atuais de melhoramento da soja visando à incorporação de genes resistentes a *P. pachyrhizi* são limitados e difíceis de serem implementados nas atuais cultivares de soja; até o momento, nenhuma cultivar comercial americana foi promissor contra o ataque do fungo. Estudos sobre variabilidade dos genótipos de soja precisam ser conduzidos, visando obter fontes de resistência quantitativa e/ou materiais tolerantes, que garantam produções maiores e riscos menores para o ser humano e para o ambiente, através da redução ou supressão de aplicações de formulações químicas.

3.10 - CONTROLE BIOLÓGICO

A agricultura sustentável, tanto na produção como no equilíbrio do ambiente, consiste em práticas de manejo das lavouras que reduzam o custo do uso de insumos. Desde a constatação da ferrugem asiática no Brasil, houve uma intensa corrida para o controle dessa doença, devido à capacidade de disseminação do patógeno, que resultou no aumento do

número de aplicações de fungicidas, feitas com intervalos de 10 e 15 dias, o que onerou a produção (Yorinori, 2006). O controle biológico é uma alternativa de manejo que permite o aumento da diversidade biológica, com efeito de diminuir a população de organismos nocivos às culturas, a custo relativo baixo, além de possibilitar a obtenção de produtos livres da contaminação agrotóxicos.

Poucos estudos ao uso de agentes biológicos no controle da ferrugem asiática estão em andamento. Sangit & Jha (2002) utilizaram *Trichothecium roseum* (Pers.) no controle de *P. pachyrhizi* e verificaram que o fungo causou 90% de inibição na germinação dos urediniósporos. Estudos utilizando microscopia eletrônica de transmissão constataram que o fungos *Verticillium psalliotae* Treschow e *V. lecanii* (Zimm.) foram capazes de inibir o processo infeccioso em grande parte dos urediniósporos do patógeno (Saksirirat & Hoppe 1990; Saksirirat & Hoppe, 1991; Saksirirat *et al.*, 1996).

3.11 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agbio. Asian Soybean Rust Tabloid. Communications, <http://agbiopubs.sdstate.edu/pub_description.cfm?Item=ABS205> 2005. Acesso 21/11/2008.
- Alexopoulos, C. J., Mims, C. W., and Blackwell, M. Introductory Mycology. 4th ed. John Wiley & Sons, Inc. New York, USA. 1996.
- Alves, M. C.; Pozza, E. A.; Ferreira, J. B.; Araújo, D. V.; Costa, J. C. B.; Deuner, C. C.; Muniz, M. F. S.; Zambenedetti, E. B. and Machado, J. C. Intensidade da ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi* H. Sydow & P. Sydow) da soja [*Glycine max* (L.) Merr.] nas cultivares Conquista, Savana e Suprema sob diferentes temperaturas e períodos de molhamento foliar. Summa Phytopathologica. v.33, p. 239-244. 2007.
- Akinsanmi, A.; Ladipo J. L. and Oyekan, P. O. First report of Soybean Rust (*Phakopsora pachyrhizi*) in Nigeria. Plant Disease, v. 85, p. 97. 2001.
- Bonde, M. R., and Brown, M. F. Morphological comparison of isolates of *Phakopsora pachyrhizi* from different areas of the world. Can. J. Microbiology, v. 26, p. 1443-1449. 1980.
- Bonde, M.R.; Nester, C.N.; Austin, C.L.; Stone, C.L. And Frederick, R.D. Evaluation of

- virulence of *Phakopsora pachyrhizi* and *P. meibomia*e isolates. *Plant Disease*, v. 90, p. 708-716. 2006.
- Bromfield, K. R.; Hartwig, E. E. Resistance to soybean rust and mode of inheritance. *Crop Science*, Madison, v. 20, p. 254-255. 1980.
- Bromfield, K. R., Melching, J. S., and Kingsolver, C. H. Virulence and aggressiveness of *Phakopsora pachyrhizi* isolates causing soybean rust. *Phytopathology*, v. 70, p. 17-21. 1980.
- Bromfield, K. R. Differential reaction of some soybean accessions to *Phakopsora pachyrhizi*. *Soybean Rust News* v.4, p.2, 1981.
- Calvo, E. S.; Kiihl, R. A. S.; Garcia, A.; Harada, A. and Hiromoto, D. M. Two major recessive soybean genes conferring soybean rust resistance. *Crop Science*, v. 48, p. 1350-1354. 2008.
- Carmona, M. A., and Gally, M. E. Asian soybean rust: incidence, severity, and morphological characterization of *Phakopsora pachyrhizi* (Uredinia and télia) in Argentina. *Plant Disease*, v. 89, p. 109. 2005.
- Carvalho, JR., A. A.; Figueiredo, M. B. A. A verdadeira identidade da ferrugem da soja no Brasil. *Summa Phytopathologica*. Botucatu, v. 26, p. 197-200, 2000.
- Coakley, S.M, Scherm, H. and Chakraborty, S. Climate change and plant disease management. *Annual Review of Phytopathology*, v.37, p. 399-426. 1999.
- Conab Companhia Nacional de Abastecimento. Central de informações agropecuárias. <<http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/BrasilProdutoSerieHist.xls>> acesso 26/11/2008.
- Cummins, G. B., and Hiratsuka, Y. Illustrated genera of rust fungi. Revised ed. The American Phytopathological Society. St. Paul, MN, USA. 1983.
- Del Ponte, E. M., Godoy, C. V., Li, X., and Yang, X. B. Predicting severity of Asian soybean rust epidemics with empirical rainfall models. *Phytopathology*, v. 96, p.797-803. 2006a.
- Del Ponte, E.M., Godoy, C.V., Canteri, M.G., Reis, E.M., and Yang, X.B. Models and Applications for risk assessment and prediction of Asian soybean rust epidemics. *Fitopatologia brasileira*. v.31, p.533-544. 2006b.
- Embrapa - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. (Embrapa soja). <http://www.cnpso.embrapa.br/index2.php>. Acessado em 1/11/2008.
- Frederick, R. D., Snyder, C. L., Peterson, G. L., and Bonde, M. R. Polymerase chain reaction assays for the detection and discrimination of the soybean rust pathogens *Phakopsora pachyrhizi* and *P. meibomia*e. *Phytopathology*, p. 217-227. 2002.

- FNP. Consultoria e Comércio. Soja. Agriannual 2006. Anuário da agricultura brasileira São Paulo. p. 460-468. 2006.
- Furtado, G. Q.; ALVES, S. A. M.; Czermainski, A. B. C. and Massola JR, N. S. Preservation of *Phakopsora pachyrhizi* Uredospores. Journal of Phytopathology, v. 156, p. 62-64. 2008.
- Garcia, A.; Calvo, E.S.; Kiihl, R.A. de S.; Harada, A.; Hiromoto, D.M. and Vieira, L.G.E. Molecular mapping of soybean rust (*Phakopsora pachyrhizi*) resistance genes: Discovery of a novel locus and alleles. Theoretical and Applied Genetics, v.117, p.545-553, 2008.
- Ghini, R. and Bettioli, W. Proteção de plantas na agricultura sustentável. Cadernos de Ciência & Tecnologia, v.17, p.61-70. 2000.
- Hartman, G. L.; Miles, M. R.; Frederick, R. D. Breeding for resistance to soybean rust. Plant Disease, v.89, p. 664-666. 2005.
- Hartwig, E.E.; Bromfield, K.R. Relationships among three genes conferring specific resistance to rust in soybeans. Crop Science, v. 23, p. 237-239. 1983.
- Hartwig, E. E. Identification of a fourth major genes conferring to rust in soybeans. Crop Science Madison, v. 26, p. 1135-1136. 1986.
- Hegde, A. K. H.; Anahosur, K. S. and Kachapur, M. R. Germination of Uredospores of *Phakopsora pachyrhizi* Causing Soybean Rust, " by G. M. Plant Pathology Newsletter, v. 20, p. 24-25. 2002.
- Hiratsuka, Y. the nuclear cyclen and the terminology of spore states in uredinales. Mycologia, v. 65, p. 432-443. 1973.
- IAC Instituto Agronômico de Campinas. Herbário do IAC. [http://herbario.iac.sp.gov.br / Relatorios/listagens/lgenero.asp](http://herbario.iac.sp.gov.br/Relatorios/listagens/lgenero.asp) - consultado em 13/08/2007.
- IBGE Produção Agrícola Municipal - Cereais, Leguminosas e Oleaginosas - 2002 – 2006. www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia_visualiza.php?id_noticia=931&id_pagina=1. Consultado em 26/07/2007.
- Isard, S. A., Gage, S. H., Comtois, P., and Russo, J. M. Principles of the atmospheric pathway for invasive species applied to soybean rust. Bioscience, v. 55, p. 851-862. 2005.
- Isard, S.A., Dufault, N.S., Miles, M.R., Hartman, G.L., Russo, J.M., De Wolf, E.D., Morel, W. The effect of solar irradiance on the mortality of *Phakopsora pachyrhizi* urediniospores. Plant Disease, v. 90, p. 941-945, 2006.
- Isard, S. A.; Russo, J. M. and Ariatti, A. The Integrated Aerobiology Modeling System applied to the spread of soybean rust into the Ohio River valley during September 2006. Aerobiologia, v. 23, p. 271–282. 2007.
- Jurick II, W. M.; , Narvaez, D. F.; Brennan, M. M.; Harmon, C. L.; Marois, J. J.; Wright, D.

- L. and Harmon, P. F. Winter Survival of the Soybean Rust Pathogen, *Phakopsora pachyrhizi*, in Florida. Plant Disease, v. 92, p. 1551-1558. 2008.
- Kato, M. and Yorinori, J. T., O. Variabilidade patogênica da *Phakopsora pachyrhizi* no Brasil. In: Reunião de pesquisa de soja da região central do Brasil, 28, 2006, Londrina. [Anais] Londrina: Embrapa Soja - Fundação Meridional - Fundação Triângulo, p. 147-149. 2006.
- Killgore, E.; Heu, R. First report of soybean rust in Hawaii. Plant Disease, St. Paul, v.78, p.1216. 1994.
- Kitani, K. and Inoue, Y. Studies on the soybean rust. Bull. Shikoku Agric. Exp. Stn. (Zentsuji, Japan). v. 5, p. 319-342. 1960.
- Koch, E.; Hoppe, H.H., Effect of light on uredospore germination and germ tube growth of soybean rust (*Phakopsora pachyrhizi* Syd.). Journal of Phytopathology, v.119, p. 64-74. 1987.
- Maheshwari, R. A scourge of mankind: From ancient times into the genomics era. Current Science, V. 93, p. 1249-1256. 2007.
- Magnani, E.B.Z.; Alves, E.; Araújo, D.V. Events pre-penetration, penetration and colonization processes by *Phakopsora pachyrhizi* in soybean leaflets. Fitopatologia Brasileira, v. 32, p. 156-160. 2007.
- Marchetti, M.A.; Uecker, F.A.; Bromfield, K.R. Uredial development of *Phakopsora pachyrhizi* in soybeans. Phytopathology, v.65, p. 822-823. 1975.
- 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*, Saint Paul, v.66, p.461- 463, 1976.
- Mclean, R. and Byth, D.E. Resistance of soybean to rust in Australia. Australian plant pathology society newsletter. Apps Newsletter, v. 5. p. 34-36. 1976.
- Mclean, R. J.; Byth, D. E. Inheritance of resistance to rust (*Phakopsora pachyrhiziz*) in soybean. Australian Journal of Agricultural Research, Collingwood, v. 31, p. 951-956, 1980.
- Melching, J.S.; Bromfield, K.R.; Kingsolver, C.H. Infection, colonization and uredospore production on Wayne soybean by four cultures of *Phakopsora pachyrhizi*, the cause of soybean rust. Phytopathology, v.69, p. 1262-1265. 1979.
- Miles, M. R., Frederick, R. D., and Hartman, G. L. Soybean Rust: Is the U.S. Soybean Crop At Risk? <http://www.apsnet.org>. 2003. Acesso em 21/11/2008.
- Miles, M.R., Hartman, G.L. and Frederick, R.D. Management of Asian Soybean Rust. Illinois Crop Protection Technology Conference. Serving agriculture and the environment. P. 23-

27. January. 2005a.
- Miles, R. M.; Frederick, R. D. and Hartman, G. L. Symptoms, Life Cycle, and Infection Process of Asian Soybean Rust (ASR). Source of information is the APSnet . p. 1-5. 2005b.
- Ojiambo, P.; Bandyopadhyay R.; Twizeyimana M.; Lema A.; Frederick R. D.; Pedley K. F.; Stone C.L. and Hartman, G. First report of rust caused by *Phakopsora pachyrhizi* on soybean in Democratic Republic of Congo. *Plant Disease*, v. 9, p. 1024–1024. 2007.
- Ono, Y.; Buritica, P.; Hennen, J.F. Delimitation of *Phakopsora*, *Physopella* and *Cerotelium* and their species on leguminosae. *Mycology Research*, V. 96, p. 825-850, 1992.
- Ono, Y. Taxonomy of the *Phakopsora ampelopsidis* species complex on vitaceous hosts in Asia including a new species, *P. euvitis*. *Mycologia*. v. 92, p. 154-173. 2000.
- Paiva, W. M. Roya de la soja. Itapúa: Ministério de Agricultura y Ganaderia, Subsecretaria de Agricultura, Dirección de Investigación Agrícola: Centro Regional de Investigación Agrícola – CRIA, 2001. (Comunicado Técnico – Reporte Oficial, Série Fitopatologia, 1).
- Pereira-Netto, A. B.; Gabriele, A. C and Pinto, H. S. Aspects of leaf anatomy of kudzu (*pueraria lobata*, leguminosae-faboideae) related to water and energy balance. *Pesquisa agropecuária brasileira.*, Brasília, v.34, p.1361-1365, 1999.
- Pretorius, Z. A., F. J. Kloppers, and R. D. Frederick. First Report of Soybean Rust in South Africa. *Plant Disease*. v. 85, p. 1288. 2001.
- Rodríguez C and Rios J. A. First Report of Asian Soybean Rust Caused by *Phakopsora pachyrhizi* from Mexico. *Plant Disease*, v.90, p. 1260, 2006.
- Rossi, R. L. First Report of *Phakopsora pachyrhizi*, the Causal Organism of Soybean Rust in the Province of Misiones, Argentina. *Plant Disease*. v. 87, p. 102. 2003.
- Saksirirat, W. and Hoppe, H. H. Light and scanning electron microscopic studies on the development of the mycoparasite *Verticillium psalliotae* Treschow on uredospores of the soybean rust (*Phakopsora pachyrhizi* Syd.). *Journal of phytopathology*, v. 128, p. 340-344 . 1990.
- Saksirirat, W. and Hoppe, H. H. Degradation of uredospores of the soybean rust fungus (*Phakopsora pachyrhizi* Syd.) by cell-free culture filtrates of the mycoparasite *Verticillium psalliotae* Treschow. *J. Phytopathol*, v. 132, p. 33-45. 1991.
- Saksirirat, W.; Kittitham, R.; Pachinburavan, A. Biological control approach of soybean rust. *Kaen Kaset: Khon Kaen Agriculture Journal*, v. 24, p. 108-115, 1996.
- Sangit, K.; Jha, D. K. *Trichothecium roseum*: a pontencial agent for the biological control of soybean rust. *Indian Phytopathology*, New Delhi, v. 55, p. 232-234, 2002.

- Schneider R. W., Hollier C. A., and Whitam H. K. First Report of Soybean Rust Caused by *Phakopsora pachyrhizi* in the Continental United States. *Plant Disease*, v. 89, p. 774. 2005.
- Sedyama, T.; Pereira, M.G.; Sedyama, C.S.; Gomes, J.L.L. *Cultura da soja: I parte*. Viçosa: UFV, 1985. 96p.
- Sinclair, J. B., and Hartman, G. L. Soybean rust workshop. College of Agricultural, Consumer, and Environmental Sciences. Natl. Soybean Res. Lab. Publ. 1. eds. 1996.
- Sinclair, J.B.; Hartman, G.L. Soybean rust. In: Hartman, G.L., Sinclair, J.B. & Rupe, J.C. (Ed.) *Compendium of Soybean Diseases*. 4ed. St. Paul. American Phytopathological Society Press. 1999. p. 25-26.
- Sousa, P. F. C.; Alves, A.; Castro, H. A.; Souza, P. E.; Almeida, A. M. R., Hochenbach, S. R. Distribuição e identificação de *Phakopsora pachyrhizi*, agente causal da ferrugem asiática da soja no estado de Minas Gerais. *Ciênc. agrotec.*, Lavras, v. 31, p. 672-677. 2007.
- Stewart S.; Guillin E. A.; and Díaz L. First Report of Soybean Rust Caused by *Phakopsora pachyrhizi* in Uruguay. *Plant Disease*. v. 89, p. 909, 2005.
- USDA - United States Department of Agriculture. Status of Scientific Evidence on Risks Associated with the Introduction into the Continental United States of *Phakopsora pachyrhizi* With Imported Soybean Grain, Seed and Meal 23 February 2004 <<http://www.usda.gov/wps/portal/usdahome>> Acessado em 21/11/2008.
- Vakili, N. G. Field survey of endemic leguminous host of *Phakopsora pachyrhizi* in Puerto Rico. *Plant disease reporter*. v. 63. p. 931-935. 1979.
- Villavicencio, A.L.C.H.; Fanaro, G.B.; Araújo, M.M.; Aquina, S.; Silva, P.V.; Mancini-Filho, J. Detection of *Phakopsora pachyrhizi* by polymerase chain reaction (PCR) and use of germination test and DNA comet assay after e-beam processing in soybean. *Radiation Physics and Chemistry*. v. 76, p. 1878-1881. 2007.
- Wrather, J.A, *et al.*, Disease loss estimates for the 10 soybean producing countries in 1994. *Plant Disease*, p. 07-110. 1997.
- Xu, B.; Zhen, H.; Lu, Q.; Zhao, S. Three new evidences of the original area of soybean: IN: *World soybean research conference, 4.*, Buenos Aires, 1989. *Proceedings*. Buenos Aires : Gráfica Editora SRL, 1989. p. 124-128. 1989.
- Yang, C.Y. Soybean rust cause by *Phakopsora pachyrhizi*. First soybean rust workshop help. March 21-27, 1991 in Wuhan, Hubei, China. P. 1-32. 1991.
- Yang, X. B., Tschanz, A. T., Dowler, W. M., and Wang, T. C. Development of yield loss models in relation to reductions of components of soybean infected with *Phakopsora pachyrhizi*. *Phytopathology*, v.81, p. 1420-1426. 1991a.

- Yang, X. B., Dowler, W. M., and Tchanz, A. T. A simulation model for assessing soybean rust epidemics. *J. Phytopathology*, v. 133, p. 187-200. 1991b.
- Yang, X. B., Tschanz, A. T., Dowler, W. M., and Wang, T. C. Development of yield loss models in relation to reductions of components of soybean infected with *Phakopsora pachyrhizi*. *Phytopathology*, v. 81, p. 1420-1426. 1991c.
- Yamaoka, Y., Fujiwara, Y., Kakishima, M., Katsuya, K., Yamada, K. & Hagiwara, H. Pathogenic races of *Phakopsora pachyrhizi* on soybean and wild host plants collected in Japan. *Journal of General Plant Pathology*, Tóquio, v.68, p. 52-56, 2002.
- Yeh, C. C., Tschanz, A. T., and Sinclair, J. B. Induced teliospore formation by *Phakopsora pachyrhizi* on soybeans and other hosts. *Phytopathology*. v. 71, p. 1111-1112. 1981.
- Yeh, C.C.; Sinclair, J.B.; Tschanz, A.T. *Phakopsora pachyrhizi*: Uredial development, uredospore production and factors affecting teliospores formation on soybeans. *Australian Journal of Agricultural Research*, 33:25-31, 1982a.
- Yeh, C. C., J. B. Sinclair, and A. T. Tschanz. *Phakopsora pachyrhizi* not transmitted by infested soybean seeds or soils. *Soybean Rust Newsletter*. v. 5, p. 44-47. 1982b.
- Yorinori, J. T and Paiva, W. M.; *Ferrugem da soja: Phakopsora pachyrhizi* Sydow. Londrina: Embrapa soja, 2002. Folder.
- Yorinori, J. T.; Paiva, W. M.; Costamilan, L. M.; Bertagnolli, P. F. *Ferrugem da soja (Phakopsora pachyrhizi): Identificação e controle*. *Informações Agronômicas* N° 104 N° 104. P. 5-8. 2003.
- Yorinori, J. T.; Nenes Júnior, J.; Lazzarotto, J. J. *Ferrugem "asiática" da soja no Brasil: evolução, importância econômica e controle*. Londrina, *Embrapa-soja*, 2004. Documentos/Embrapa-soja, n°. 247, 2004.
- Yorinori, J. T.; Paiva, W. M.; Frederick, R. D.; Costamilan, L. M.; Bertagnolli, P. F. and Hartman, G. L. Epidemics of soybean rust (*Phakopsora pachyrhizi*) in Brazil and Paraguay from 2001 to 2003. *Plant Disease*, v. 89, p. 675–677. 2005.
- Yorinori, J. T. O que aprendemos sobre a ferrugem "asiática" da soja, de 2001 a 2006, e como aprimorar o seu controle no brasil. p. 347- 352. In: 3° congresso de soja do MERCOSUL. Workshops, Argentina, 2006.

Capítulo II

Artigo I

Reação de genótipos de soja a ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) em campo, estufa e laboratório

Lima, M. A.¹ e Blum, L. E. B.²

¹Doutor em fitopatologia da Universidade de Brasília- UNB. marcelloarrais@yahoo.com.br.

²Professor adjunto do departamento de fitopatologia da Universidade de Brasília- UNB. luizblum@unb.br.

Lima, M. A. e Blum, L. E. B. Reação de genótipos de soja à ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) em campo, estufa e laboratório. (2009).

Resumo

Onze genótipos de soja foram avaliados quanto à porcentagem de área foliar lesionada (% AFL) para verificação sua reação a ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) em condição de campo, estufa e laboratório. Os experimentos de campo e estufa foram montados em blocos casualizados em esquema fatorial com 10 genótipos repetidos seis vezes. Para o experimento em laboratório, o delineamento experimental foi inteiramente casualizado com 9 genótipos com 4 repetições. Tratamento controle foi utilizado nos experimentos. A concentração de 1×10^5 esporos/ml foi aplicada nos experimentos de ambiente protegido. Em condição de campo, as infecções surgiram por meio de infecção natural. Ao longo dos estádios fenológicos foram coletadas folhas de plantas distintas completamente desenvolvidas das partes superior, média e inferior do dossel para avaliação. Para o estudo do efeito da reação dos genótipos em laboratório, folíolo bandeira da folha composta de soja foi obtido a partir do 5º nó da primeira folha completamente desenvolvida do topo da planta. Em todas os experimentos, os genótipos demonstraram ser suscetíveis a ferrugem asiática em diferentes graus. Resultados semelhantes obtidos em estufa e laboratório caracterizaram os menores índices de % de área foliar lesionada para o genótipo GT04 -9062. Em campo, o genótipo menos afetado pelo ataque do patógeno foi o GT04-9180, sendo constatado apenas nas duas últimas avaliações do ciclo da cultura em relação aos demais genótipos. Estes resultados indicam uma variação em nível de infecção do patógeno nos genótipos testados nos diferentes ambientes.

Palavras-chave: Infecção, estágio fenológico, posição do dossel, área foliar lesionada (AFL).

Lima, M. A. e Blum, L. E. B. Reaction of soybean genotypes to asian rust (*Phakopsora pachyrhizi*) under field, greenhouse and laboratory condition. (2009).

Abstract

Eleven soybean genotypes were evaluated for reaction to Asian rust (*Phakopsora pachyrhizi*). Greenhouse and field experiments were performed in blocks using a factorial design with 10 genotypes with six replications. For the laboratory experiments (detached leaf method) was used a randomized experimental design with nine genotypes and four replications. Concentration of 1×10^5 spores/ml was used in the greenhouse and laboratory experiments. In the field tests, infections occurred naturally. For disease evaluations on field and greenhouse testes, developed leaves were collected from the upper, middle and bottom plant part. In all experiments genotypes were susceptible to disease, but with different AFL (% of affected leaf area) levels. Under greenhouse and laboratory conditions genotype GT04-9062 presented the lowest AFL% rates. In the field, the least affected genotype was the GT04-9180, being found only in the last two assessments of the cycle in comparison with other genotypes. These results indicate a change in level of infection of the pathogen in the genotypes tested in different environments.

Key-words: Infection, developmental stage, position the canopy, affected leaf area (AFL).

1- INTRODUÇÃO

A soja [*Glycine max* (L.) Merrill] representa uma cultura de importante valor econômico devido à comercialização dos grãos colhidos. A produtividade média mundial da soja na safra 2006/07 foi de 235,41 milhões de toneladas de grãos produzidos em uma área de 93,95 milhões de hectares (USDA, 2008). De toda safra produzida, o Brasil destaca-se como o segundo maior produtor, com produção na safra 2006/07 de 60 milhões de toneladas de grãos colhidos em uma área de plantio de 21,3 milhões de ha (CONAB, 2008).

A ferrugem asiática causada pelo fungo *Phakopsora pachyrhizi* Syd. & Syd., é a doença mais destrutiva da cultura da soja, demonstrada pelas perdas produtivas causadas na cultura (Yorinori, 2006). Foi relatada por engano no Brasil em 1979 (Deslandes, 1979), porém, com a real constatação em 2001 causou severos danos à cultura em todo o país a partir da descoberta (Juliatti *et al.*, 2005; Yorinori, 2005). Com o progresso da doença, foi verificado em algumas lavouras, entre os anos de 2002/05, perdas de 100% da produção nos estados da Bahia, Centro-Oeste e o Norte brasileiro e o custo gasto para o controle nesse período somou mais de US \$ 5 bilhões (Costamilan, 2002, Yorinori, 2006).

Com os recursos da engenharia genética e por meio do melhoramento de plantas tradicional, o uso de cultivares com resistência a ferrugem asiática da soja seria uma estratégia eficiente e sustentável para o controle dessa doença (Mclean & Byth, 1976; Arias *et al.*, 2004). Atualmente, existem cinco genes com alelos dominantes de resistência específica a alguns isolados de *P. pachyrhizi* identificados: Rpp1, Rpp2, Rpp3, Rpp4 e Rpp5 são descritos (Bromfield *et al.*, 1980; Bromfield & Hartwig, 1980; Mclean & Byth, 1980; Hartwig & Bromfield, 1983; Hartwig, 1986; Garcia *et al.*, 2008), todos eles originados de diferentes introduções de plantas de soja (PI) e alguns cultivares (Hartman *et al.*, 2005; Garcia *et al.*, 2008). A resistência é comprovada pela comparação com cultivares suscetíveis, que apresentam lesões do tipo TAN (lesões com urédias que adquirem coloração castanho-clara)

diferente das cultivares com resistência, que quando infectadas apresentam lesões do tipo RB (Red-Brown, lesões com urédias que adquirem coloração castanho-avermelhado), que são facilmente visíveis (Hartman *et al.*, 2005). Após o processo infeccioso, estruturas específicas do patógeno irão reconhecer proteínas celulares específicas da planta hospedeira e vice-versa. Essa interação desencadeia respostas que sinalizam a defesa ou não da planta. Em plantas resistentes, um complexo protéico irá ativar um mecanismo de defesa hipersensível que causará a morte das células no ponto de penetração do fungo que será limitado no local (Maheshwari, 2007).

Devido à grande variabilidade do patógeno, todos os genótipos com genes de resistência qualitativa ou vertical, à exceção do acesso com o gene Rpp5 recém descoberto, demonstraram ser instáveis (Hartman *et al.*, 2005; Yorinori, 2005; Kato & Yorinori, 2006; Garcia *et al.*, 2008). Teste de imunidade e graus de resistência no início da década de 70 comprovou que o acesso (PI 200492) com o gene Rpp1 e cultivares derivados desse acesso apresentaram resistência à *P. pachyrhizi* em experimentos de campo conduzidos em Taiwan. Entretanto, no ano de 1976, testes conduzidos em condições de estufa com o mesmo isolado patogênico oriundo de Taiwan, demonstrou uma resposta fisiológica diferente no acesso (PI 200492) e esporulações foram confirmadas. Os autores concluíram que ocorreu uma variação patogênica do isolado de Taiwan observando o surgimento de uma nova raça do fungo (Mclean & Byth, 1976). Arias *et al.* (2004), no ano de 2003, comprovaram a quebra da resistência dos genes Rpp1 e Rpp3 em plantios de soja no estado do Mato Grosso. Embora experimentalmente não comprovado, genótipos com o gene Rpp4 tiveram indício da quebra de sua resistência em campos de soja no Paraguai (Hartman *et al.*, 2005). No Japão, foram identificados 18 raças de *P. pachyrhizi* oriundos de soja e plantas daninhas, através de testes em plantas com acessos de *Glycine soja* e alguns genótipos de soja (Yamaoka *et al.*, 2002). Em Taiwan, foi constatado uma raça patogênica do fungo com três genes de virulência

(Bromfied, 1981). No Brasil, em condições controladas, Kato & Yorinori (2006) utilizaram séries de plantas diferenciadoras de raças de *P. pachyrhizi* e concluíram a existência de mais de uma raça patogênica do fungo com os isolados coletados nos estados de Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Goiás e Paraná.

Além da resistência qualitativa em genes dominantes, recentemente descobriu-se que genes recessivos originários do cruzamento entre um acesso com resistência à ferrugem asiática e um suscetível ao patógeno a partir da geração F2, foi capaz de controlar o patógeno (Calvo *et al.*, 2008). Deslandes *et al.* (2002) retrataram, em seu trabalho, vários patógenos sendo controlados por meio de genes recessivos. Os resultados com genes recessivos em plantas homozigotas originadas a partir de um cruzamento com um gene dominante conhecido pode representar uma fonte de resistência mais duradoura do que as atualmente disponíveis (Calvo *et al.*, 2008).

As formas de resistência existentes, entre elas com o gene vertical dominante e alelos recessivos originários de um gene dominante quando manejadas, podem contribuir para o controle da ferrugem asiática reduzindo o número e tamanho das lesões, diminuindo a quantidade de pústulas e esporos formados na planta e aumento do período latente. Isto contribuiria para a diminuição da quantidade de inóculo do patógeno e do número de aplicações de fungicidas na cultura da soja (Wang & Hartman, 1992).

Diante do exposto acima, o objetivo do trabalho foi avaliar a reação de genótipos de soja quanto à resistência a ferrugem em condições de laboratório, estufa e campo.

2 - MATERIAL E MÉTODOS

Obtenções do inóculo, multiplicação, preparo da suspensão, manutenção e teste de viabilidade do isolado de *P. pachyrhizi*

Os ensaios foram conduzidos na Estação Experimental da Biologia da Universidade de

Brasília, situada no final da via L3 norte de Brasília-DF. As coordenadas do local são 15°44'07.59" de latitude Sul e 47°52'56.75" de longitude Oeste e uma altitude média de 1009 m acima do nível do mar.

O inóculo de *P. pachyrhizi* foi obtido a partir de plantas de soja infectadas em um plantio localizado em Brazlândia-DF. O isolamento e a multiplicação de inóculo foi feito conforme procedimento descrito por Casela & Ferreira, (2002), onde os urediniósporos foram transferidos de folhas de plantas infectadas para plantas de genótipos suscetíveis ao fungo. Para isso, foi preparada por meio de processo de filtragem com dupla camada de gaze, uma suspensão de concentração de 1×10^5 esporos/ml da ferrugem em água destilada esterilizada e inoculada em plantas cultivadas em estufa. À suspensão final de urediniósporos foi adicionado um espalhante adesivo (tween 20) na proporção de 0,5 ml/l de solução.

Após a multiplicação do inóculo ao longo do ciclo da planta dentro da estufa a transferência dos urediniósporos foi feita através da raspagem de folhas de soja infectadas por meio de um pincel de cerdas macias. Os esporos raspados foram armazenados em placas de Petri e acondicionados em freezer para posterior inoculação dos experimentos desse trabalho (Zambenedetti *et al.*, 2007a). Para evitar a perda de viabilidade dos urediniósporos pela armazenagem foi feita a manutenção do inóculo em estufa a cada 2 meses por meio de inoculações em plantios escalonados em genótipos suscetíveis MSoy-8866 e MSoy-8787, conforme experimentos preliminares realizados.

Em cada lote de plantas, 240 ml de suspensão (1×10^5 esporos/ml) do patógeno acrescido de espalhante adesivo (tween 20 - 0,5 ml/l) foram aplicados por meio de pulverizador costal de capacidade de 5 L. Foram plantados dois lotes de 20 m² para cada genótipo, de forma a garantir a presença da ferrugem na cultura em estufa. As plantas inoculadas para multiplicação do inóculo foram plantadas em estufa climatizada, com umidade relativa do ar próxima dos $85 \pm 5\%$ e faixa de temperatura média de 21°C.

O Inóculo foi aplicado nas plantas, quando estas atingiram o estágio fenológico R1 (Início da floração: até 50% das plantas com uma flor), período pelo qual há grande disposição de massa foliar de acordo com a escala proposta por Fehr & Caviness (1981). Eventuais pragas foram controladas com o uso de inseticidas. O manejo do solo para o cultivo da soja em estufa foi realizado por meio de adubações químicas preconizadas para a cultura (Embrapa, 2006).

A viabilidade do inóculo foi verificada através da observação da germinação dos urediniósporos de *P. pachyrhizi* armazenados em placas de Petri por meio de microscópio ótico. Uma suspensão de 1×10^5 esporos/ml foi preparada em água destilada esterilizada acrescida de espalhante adesivo (tween 20 - de 0,5 ml/l). Três gotas de 10 µl da suspensão foram depositados em placas de Petri de 9 cm de diâmetro contendo fina camada de meio Ágar - água 5%. Em seguida, as placas foram acondicionadas em temperatura ambiente (20-26 °C) no escuro por um período de 24 h. Após o período de incubação foi feita a montagem de lâminas do material incubado avaliando-se a porcentagem de germinação dos urediniósporos de ferrugem com o auxílio de microscópio ótico no aumento de 400x. Foram contados 100 urediniósporos de cada gota. A média de germinação foi de 70%.

2.1 - Avaliação da reação de genótipos de soja quanto à infecção de *P. pachyrhizi* em condições de laboratório, estufa e campo.

2.1.1- Experimentos em estufas.

Antes do plantio, em todos os experimentos conduzidos em estufa, a acidez do solo foi corrigido com aplicações de calcário dolomítico segundo recomendações técnicas (Embrapa, 2006). O preparo do solo foi feito com auxílio de um micro trator (Tobata) com enxada rotativa que percorreu a área do experimento duas vezes.

Para avaliar a reação de resistência em estufa foi feito um plantio de genótipos de soja

com crescimento determinado a indeterminado (Tabela 1). As sementes foram plantadas manualmente a uma profundidade de 4 ± 1 cm. A adubação mineral 4-30-16 (NPK) foi utilizado na proporção de 20 g/m depositada ao lado do sulco. A população das plantas de soja de cada genótipo foi ajustada para 250000 pl/ha e o espaçamento entre linha de 39 cm. Após germinação até o período de colheita da cultura foram feitas aplicações de inseticidas piretróide (Decis 25 CE), organofosforado (Tamaron BR) e avermectina (Vertimec 18 CE) no controle das pragas e capinas manuais de plantas invasoras (Anvisa, 2008). A estufa utilizada possuía reguladores ambientais automáticos que proporcionaram umidade relativa do ar próxima dos 80 ± 5 % e temperatura média de 21 °C. A irrigação foi controlada por programas de turno de rega (“Timer”) que foram acionados às 18 h no dia seguinte à aplicação dos tratamentos. O tempo de irrigação foi feito mediante a necessidade hídrica durante o desenvolvimento da cultura.

O delineamento desse experimento foi em blocos casualizados em esquema fatorial com 10 genótipos repetidos seis vezes. As parcelas foram compostas com largura de 1,53 m e comprimento de 2,18 m e 5 linhas de plantio direcionadas no sentido norte-sul. O espaçamento entre parcelas nos corredores e dentro dos blocos foi de 0,5 m. Foi empregado dois tipos de tratamento químico para controle da ferrugem: aplicação química 24 h antes da inoculação dos urediniósporos na soja (pré – inoculação) e 24 h após a inoculação dos esporos (pós – inoculação). Um tratamento controle somente com aplicação de esporos de ferrugem também foi utilizado. No primeiro experimento, o plantio foi feito no dia 21/06/2006 e a aplicação do fungicida na pré-inoculação, pós-inoculação e o tratamento controle ocorreram respectivamente nos dias 4, 6 e 5/9/2006. O fungicida utilizado foi o tetraconazole (Domark 100 CE). O plantio do segundo experimento foi feito no dia 4/4/2007 e a aplicação do fungicida na pré-inoculação, pós-inoculação e o tratamento controle ocorreram respectivamente nos dias 26, 28 e 27/5/2007. O fungicida utilizado foi o Piraclostrobin mais

epoxiconazolo (Opera®). Em ambos os experimentos, a dosagem de aplicação foi de 0,5 l/ha aplicados por meio de um pulverizador costal de capacidade de 20 l.

A inoculação dos urediniósporos de *P. pachyrhizi* nas plantas mantidas em estufa foi feita por meio de pulverizador costal de capacidade de 5 l, direcionando o bico de pulverização à uma altura de 40 cm do dossel das plantas no estágio fenológico V8/R1. Foram aplicados 37 ml da suspensão de urediniósporos de ferrugem/parcela a uma concentração de $1,0 \times 10^5$ esporos/ml. (tween 20 - 0,5 ml/l). Antes da inoculação, as plantas de soja foram molhadas durante 2 min para garantir o processo infeccioso do organismo. Em ambos os experimentos as inoculações dos urediniósporos aconteceram a partir das 18h.

2.1.2 - Experimento em campo.

Antes do plantio, a acidez do solo foi corrigida com aplicações de calcário dolomítico segundo recomendações técnicas (Embrapa, 2006). O preparo do solo foi feito com auxílio de um trator com uma aração e duas gradagens.

O plantio foi conduzido em uma área aproximada de 660 m². Dez genótipos com hábitos de crescimento variáveis foram semeados (Tabela 1). A adubação mineral 4-30-16 (NPK) foi utilizado na proporção de 50g/m depositada ao lado do sulco. As sementes foram plantadas manualmente a uma profundidade de 4 ± 2 cm. A população das plantas de soja de cada genótipo foi ajustada para 250.000 pl/ha e o espaçamento entre linhas de 50 cm. Após a germinação até o período de colheita da cultura foram feitas aplicações dos inseticidas piretróide (Decis 25 CE), organofosforado (Tamaron BR) e avermectina (Vertimec 18 CE) para o controle das pragas e feito também capinas manuais de plantas invasoras (Anvisa, 2008).

O delineamento experimental foi em blocos casualizados em esquema fatorial com 10 genótipos e 6 repetições. As parcelas foram compostas de 5 linhas de plantio com largura de

2,5 m e comprimento de 3 m. O espaçamento entre parcelas no corredor foi de 1,5m e 1 m delimitou uma parcela da outra dentro do bloco. O plantio do primeiro experimento foi em 18/10/2006 e os fungicidas aplicados em 30/11 e 8/12/2006. O plantio do segundo experimento foi em 30/10/2007 e os fungicidas aplicados nos dias 27/12/2007, 12/1 e 28/1/2008. No primeiro experimento utilizou-se um tratamento químico para controle da ferrugem com 0, 1 e 2 aplicações (dois blocos sem aplicação de fungicida; dois blocos com uma aplicação de fungicida e dois blocos com duas aplicações de fungicida) e no segundo experimento 0, 2 e 3 aplicações (dois blocos sem aplicação de fungicida; dois blocos com duas aplicações de fungicidas e dois blocos com três aplicações de fungicida). Foram utilizados respectivamente, em ambos os experimentos, os fungicidas tetraconazole (Domark 100 CE) e Piraclostrobin mais epoxiconazol (Opera®) com doses de aplicação de 0,5 l/ha. A aplicação do fungicida foi feita com pulverizador costal (20 l) a partir da constatação de 1% de tecido lesionado e as demais aplicações foram feitas respeitando o período de carência do produto (Anvisa, 2008). O início do aparecimento dos sinais do patógeno procedeu, respectivamente em ambos os experimentos, nos estádios fenológicos vegetativos V3/V4 e V7/V8 nas folhas unifolioladas. Foi feita irrigação por aspersão para completar quando necessário o déficit hídrico da cultura, principalmente no segundo experimento, onde verificou-se uma baixa ocorrência de chuvas.

Não foi realizado nenhuma inoculação artificial do patógeno.

2.1.3 – Experimento em laboratório.

Para avaliar a reação dos 9 genótipos em laboratório foram destacados folíolos de soja isentos de pragas e doenças advindas de plantas cultivadas em estufa de mesma idade cronológica, sendo eles de hábitos de crescimento determinado e indeterminado (Tabela 1).

Por ser uma folha composta, os folíolos utilizados nesse experimento foi o bandeira da folha de soja que foram destacados no terço médio da planta correspondendo a 5ª folha completamente desenvolvida a partir do topo, segundo esquema proposto por Yang (1991). Os folíolos de soja foram lavados de forma que as folhas não se danificassem. No processo de desinfestação e montagem experimental foi utilizada água destilada esterilizada. Em seguida essas foram acondicionadas em caixas plásticas (“gerbox”), forradas com papel filtro umedecido. Na parte das extremidades dos pecíolos de cada folíolo foi adicionado um pedaço de algodão umedecido. Os folíolos foram colocados abaxialmente sobre duas lâminas de vidro sobre o papel filtro, para que cada folíolo não entrasse em contato direto com o papel umedecido, evitando assim seu apodrecimento (Kamikoga, 2001).

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com quatro repetições. Como testemunha foi pulverizado água destilada esterilizada nos folíolos dos nove genótipos acondicionados em cada “gerbox”. O primeiro experimento foi montado em dia 30/5/2007 e o segundo no dia 4/6/2007.

Atomizou-se 1 ml da suspensão do inóculo por meio de um aspersor de jardim (0,5l) em cada unidade amostral na parte abaxial do folíolo ($1,0 \times 10^5$ esporos/ml). À suspensão final foi adicionado um espalhante adesivo (Tween 20 - 0,5 ml/l). Após a inoculação, os tratamentos foram colocados em bancadas de laboratório e durante todo o período de incubação foi medida a temperatura do ambiente.

2.1.4 – Registro das variáveis climáticas em estufa e campo.

Os dados climáticos foram registrados por uma estação meteorológica (METOS COMPACT, Pessel instruments). Nos experimentos conduzidos em estufa foram utilizados os seguintes sensores: temperatura (°C) e umidade relativa (%) do ar (Temperature and Relative

Humidity Probe Modelo A660610), que registrou a média, máxima e mínima horárias para temperatura e umidade relativa do ar; molhamento foliar (leaf wetness sensors Model IM521CD), que registrou o impulso dos sinais elétricos medidos em minutos, através do curto proporcionado pela absorção da umidade feita por um papel preso ao aparelho. Todos os sinais foram enviados para uma caixa registradora. Para os experimentos de campo foi adicionando aos demais um sensor de precipitação pluviométrica (Tipping Bucket Rain Modelo M523CD), que registrou as precipitações totais horárias em milímetros. O equipamento meteorológico em campo foi instalado no centro do experimento. Os sensores eletrônicos foram conectados à estação coletora automática de dados (METOS COMPACT) e os dados armazenados no próprio aparelho (baterias de 24 V), com placa solar leste-oeste. A coleta dos dados foi feita através da transferência das informações contidas na plataforma de dados para um computador portátil.

2.1.5 – Avaliação da reação dos genótipos à ferrugem.

Os experimentos de campo foram monitorados para presença da ferrugem, através de observações visuais com auxílio de uma lupa de bolso (20x). Esse procedimento foi executado até as plantas atingirem o estágio V6 (6º nó do trifólio completamente desenvolvido acima do 5º nó), período no qual há grande massa foliar. Após o estágio fenológico V6, nove plantas foram avaliados da seguinte forma: três folhas com desenvolvimento completo correspondentes aos terços inferiores, médios e superiores da planta, conforme ilustrado por Yang (1991), foram escolhidos e destacadas ao acaso nas três linhas internas do plantio de cada genótipo dentro da parcela. A severidade foi estimada pela porcentagem de área foliar lesionada (% AFL) de cada folíolo analisada visualmente com auxílio de um microscópio estereoscópico.

As análises visuais em campo para o primeiro experimento ocorreram nos dias 22/11,

29/11, 6/12, 18/12/2006, 10/1, 17/1 e 28/1/2007. No segundo experimento foram 18/12, 26/12/2007, 5/1, 11/1, 17/1, 23/1, 1/2, 12/2 e 22/2.

Para os testes conduzidos em estufa foram adotados os mesmos procedimentos das avaliações feitas em campo, sendo estes avaliados a partir do estágio fenológico V8/R1 após inoculação dos tratamentos. As datas de avaliação do primeiro experimento foram 10/9, 14/9, 20/9, 27/9, 11/10, 18/10, 30/10 e 8/11/2006 e do segundo foram 1/6, 6/6, 13/06, 25/6, 5/7, 11/07, 17/7 e 23/7/2007.

Para o teste de laboratório a análise consistiu em observações sob microscópio estereoscópico, contando-se o número de lesões nos folíolos com pústulas e estimada a % de severidade. As avaliações após a montagem do experimento foram feitas diariamente até o surgimento do sinal do patógeno. Após constatação, os intervalos de avaliação foram em média a cada 5 dias. A cada avaliação foi verificada a umidade do algodão e do papel filtro, completando-se quando necessário com água. Avaliações foram feitas por 35 dias.

2.1.6 - Análise estatística.

Os dados coletados em condição de estufa, campo e laboratório foram submetidos à análise de variância e as médias separadas pelo teste de Tukey ($p \leq 0.05$), sendo utilizada a sub-rotina “Análise Fatorial Anova” a exceção dos dados coletados em laboratório que utilizou o esquema de delineamento inteiramente casualizado. Todas as análises foram executadas com o auxílio do programa estatístico SAS System v 9.0.

3 - Resultados

3.1 - Reação dos genótipos em campo.

A ferrugem asiática surgiu inicialmente no terço inferior da planta durante o estágio fenológico V3/V4 para o experimento I e V7/V8 no experimento II (Tabelas 5 e 9). Provavelmente, o surgimento da doença em estágio precoce da planta no experimento I, tem relação com a alta umidade. Nesse período verificou-se intensa precipitação, diferindo do segundo experimento, onde as chuvas foram inconstantes.

Em ambos os ensaios, as condições climáticas favoreceram o desenvolvimento de *P. pachyrhizi*. A média da temperatura, umidade relativa, molhamento foliar e precipitação nos experimentos foi de 22 e 21°C, 88 e 84%, 368 e 602 minutos.dia⁻¹ e 7mm dia⁻¹ e 6 mm dia⁻¹ e para a safra 2006/07 e 2007/08, respectivamente.

A média geral da área foliar lesionada (% AFL) em todo o ciclo da cultura foi de 12,64% para a safra 2006/07 e 11,15% para 2007/08 (Tabela 2). Não foi observada nenhuma diferença significativa na média geral das avaliações entre os genótipos testados nas duas safras e nem para as interações entre os genótipos vs. número de aplicação de fungicida (NAF), genótipos vs. posição das folhas na planta (PF) e genótipos vs. NAF vs. PF. Mesmo sem diferença estatística significativa, constatou-se em ambos os experimentos, que os genótipos mais afetados pelo patógeno foram o MSoy-8787 e MSoy-8001 e os menos afetados o MSoy-8585 e GT04-9180 (Tabela 2).

Avaliações ao longo do plantio foram feitas e significativas diferenças entre genótipos foram constatadas nos estádios fenológicos na safra 2006/07. Na avaliação correspondente ao estágio fenológico V4/V5, observou-se significativa diferença ($P = 0,0118$) entre os genótipos, com destaque para o grupo MSoy-8008, GT04-8901 e MSoy-8585 que diferiu do genótipo Emgopa-313 na média da AFL (Tabela 3). Nesta avaliação não ocorreu efeito significativo nas interações entre os genótipos vs. NAF, genótipos vs. PF e genótipos vs. NAF vs. PF.

Diferença significativa na AFL entre os genótipos ($P = 0,0007$), também foi

encontrada quando as plantas atingiram o estágio fenológico R4/R5 e nas interações genótipo vs. PF ($P = 0,0227$) e genótipo vs. NAF ($P = 0,0364$). Não foi observada diferença significativa entre as interações genótipo vs. PF vs. NAF. Os genótipos MSoy-8001, MSoy-8008 e MSoy-8585 foram significativamente menos afetados na comparação com a média da AFL do genótipo MSoy-8787, com valores respectivamente iguais a 12,18,12,33 e 12,55% (Tabela 3). O efeito da interação genótipo vs. PF no estágio fenológico R4/R5 revelou significância nos valores da AFL para os genótipos em relação ao posicionamento das folhas localizadas na parte superior ($P = 0,0058$) e mediana ($P = 0,0068$) da planta. Na parte inferior a probabilidade foi igual a 0,0635. Com relação ao teste de média, somente a parte média da planta foi capaz de diferenciar os genótipos quanto à AFL. Os genótipos MSoy-8585 e MSoy-8008 apresentaram menores médias de AFL que o genótipo GT04-8091, com valores respectivos de 9,33,9,45 e 21,68% (Tabela 4). Dentro da interação genótipo vs. PF foi observado que a interação genótipo vs. NAF foi significativa ($P = 0,0046$) na parte superior da planta. A interação genótipo vs. NAF no estágio fenológico R4/R5 demonstrou significância na média da AFL para os genótipos com zero ($P = 0,0015$) e uma ($P = 0,0085$) aplicação de fungicida. Dentro da interação genótipo vs. NAF foi observado que a interação genótipo vs. PF em cada tratamento não apresentou significância. No grupo do tratamento sem fungicida, o genótipo MSoy-8585 foi o que apresentou menor média de AFL que os genótipos GT04-8091 e MSoy-8787 com médias respectivas de 12,00,23,11 e 23,88%. Ainda nesse grupo, os genótipos MSoy-8008 e GT04-9180 com médias respectivas de AFL de 12,98 e 13,15% diferiram do genótipo MSoy-8787, sendo esse o mais afetado pelo patógeno (Tabela 5). Com uma aplicação de fungicida apenas o genótipo MSoy-8008 mostrou menor AFL em relação aos genótipos Emgopa-313 e GT04-8091 com médias respectivas de 7,88, 19,76 e 20,95%. Nenhuma diferença entre as médias de AFL nos genótipos foi observada no tratamento com duas aplicações de fungicida (Tabela 5). O efeito da interação do genótipo vs. NAF na posição

superior das folhas no dossel da planta demonstrou que com zero aplicação de fungicida, houve diferença significativa na AFL entre os genótipos ($P = 0.0019$). O que não ocorreu com uma e duas aplicações de fungicida na mesma posição das folhas, que apresentaram valores de probabilidades respectivas iguais a 0,2662 e 0,5682. Os genótipos GT04-9180, MSoy-8866, MSoy-8585, GT04-8091, Emgopa-313, GT04-8901, MSoy-8008 e GT04-7643 com zero aplicação de fungicida apresentaram menores médias de AFL que o genótipo MSoy-8787 (Tabela 6).

No estágio fenológico R5/R6 os genótipos MSoy-8585, MSoy-8001, MSoy-8866, GT04-9180 e GT04-8091 apresentaram menores médias de AFL, quando comparadas com o genótipo MSoy-8787 o mais afetado do grupo com valores respectivos de 26,56, 27,87, 28,05, 28,15, 28,41 e 34,81% (Tabela 3). A análise de variância do estágio fenológico R5/R6 apresentou diferença significativa ($P = 0,0012$) entre os genótipos em relação à AFL. Observou-se também nesse estágio, que a interação genótipo *vs.* PF foi significativa ($P = 0,0007$). O efeito da interação do genótipo *vs.* PF no estágio fenológico R5/R6 revelou significativa diferença na AFL para os genótipos em relação ao posicionamento das folhas localizadas na parte superior ($P = 0,0029$), média ($P = 0,0090$) e inferior ($P = 0,0283$) da planta. Na parte superior, os genótipos MSoy-8585, GT04-8091, MSoy-8866 e GT04-9180 apresentaram médias respectivas de AFL de 1,05, 2,37, 2,42 e 2,83% diferente do genótipo mais afetado MSoy-8008 com média de 12,76 (Tabela 4). Na parte média da planta, os genótipos MSoy-8008 e MSoy-8585 foram menos afetados que o genótipo MSoy-8787 com médias respectivas de AFL de 31,25, 31,58 e 44,00%. Na parte inferior, apenas o genótipo MSoy-8001 com AFL de 39,76% diferiu do genótipo MSoy-8787 que apresentou média igual a 54,15% (Tabela 4).

Diferença significativa na AFL entre os genótipos ($P \leq 0,0001$) foi encontrada quando as plantas atingiram o estágio fenológico R7/R8 e na interação genótipo *vs.* PF ($P \leq 0,0001$).

Os genótipos GT04-9180 e GT04-8091 foram menos afetados que os genótipos Emgopa-313, MSoy-8001, MSoy-8866, MSoy-8787 e MSoy-8008. Ainda nesse grupo, o genótipo GT04-8901 diferiu dos genótipos MSoy-8787 e MSoy-8008 (Tabela 3). O genótipo MSoy-8585 com média de AFL igual a 38,25% também diferiu do genótipo MSoy-8008, sendo esse o mais afetado pelo patógeno com valor igual a 48,09 (Tabela 3). O efeito da interação do genótipo *vs.* PF demonstrou diferença significativa na AFL para os genótipos em relação ao posicionamento das folhas localizadas na parte superior ($P \leq 0,0001$) da planta. Nesta posição, os genótipos Emgopa-313, MSoy-8008 e MSoy-8001 apresentaram maiores médias de AFL e os genótipos GT04-8091 e GT04-9180 foram os menos susceptíveis (Tabela 4).

Na safra 2007/08, as avaliações feitas nesse experimento demonstraram diferença significativa entre os genótipos quanto à média de AFL para dois estádios fenológicos. Diferença significativa na AFL entre os genótipos ($P = 0,0128$) e na interação genótipo *vs.* NAF ($P = 0,0005$) foi encontrada quando as plantas atingiram o estágio fenológico R1/R2. Antes da análise de interação, os genótipos GT04-9180 e GT04-8901 com médias de AFL respectivas iguais a 0,79 e 0,95% diferiram do genótipo Emgopa-313 que apresentou uma média de 2,90% (Tabela 7). O efeito da interação do genótipo *vs.* NAF no estágio fenológico R1/R2 revelou significativa diferença nos valores da AFL para os genótipos em relação ao tratamento com zero aplicação de fungicida ($P = 0,0156$). Neste tratamento, os genótipos GT04-9180 e GT04-8901 com médias AFL respectivas de 2,12 e 2,64% diferiram do genótipo Emgopa-313 que apresentou uma média de 8,58% (Tabela 8). Dentro da interação genótipo *vs.* NAF foi observado que a interação genótipo *vs.* PF em cada tratamento não apresentou diferença estatística.

Diferença significativa na AFL entre os genótipos ($P = 0,0314$) e na interação genótipo *vs.* NAF ($P = 0,0126$) foi encontrada quando as plantas atingiram o estágio fenológico R3/R4. O genótipo GT04-9180 apresentou uma média de AFL de 6,23% que diferiu do genótipo

GT04-7643 com média de 11,07% (Tabela 7). O efeito da interação do genótipo vs. NAF no estágio fenológico R3/R4 revelou significativa diferença nos valores da AFL para os genótipos em relação ao tratamento com zero aplicação de fungicida ($P = 0,0496$). Mesmo apresentando diferença significativa para os genótipos em relação ao tratamento sem aplicação de fungicida, no teste de média os genótipos do grupo não diferiram quanto à AFL devido a diferença mínima significativa ser alta. Entretanto, o genótipo GT04-9180 foi o que mostrou menor AFL (Tabela 8). Dentro da interação genótipo vs. NAF foi observado que a interação genótipo vs. PF em cada tratamento não apresentou diferença estatística.

Mesmo nos estádios fenológicos em que os genótipos não apresentaram diferença estatística significativa, percebeu-se nesse experimento que o genótipo GT04-9180 mostrou menores médias de AFL dos estádios fenológicos de V8/R1 até o R5/R6 (Tabela 7).

3.2 – Reação dos genótipos em estufa

Após a inoculação do isolado do patógeno no estágio fenológico V8/R1 no cultivo de soja em condição de estufa, observou-se que o período latente foi de nove dias para o experimento I e dez dias para o experimento II (Tabela 13 e 15).

Em ambos os ensaios as condições climáticas favoreceram o desenvolvimento de *P. pachyrhizi*. A média da temperatura, umidade relativa e molhamento foliar respectivas em ambos os experimentos ficaram entre 20 e 21°C, 84 e 88% e 315 e 320 minutos dia⁻¹.

A média geral da % de AFL em todo o ciclo da cultura foi de 8,43% para o primeiro experimento em estufa e 1,76% para o segundo (Tabela 9). Houve diferença significativa entre as médias gerais da AFL para as avaliações ao longo do ciclo da cultura entre os genótipos testados nos dois experimentos. Para o experimento conduzido no ano de 2006, ocorreu probabilidade significativa de $<0,0001$ entre os genótipos testados. O genótipo GT04-9062 apresentou menor média geral de AFL com valor igual a 5,09% contrastando com o

genótipo MSoy-8866 que foi igual a 11,67% (Tabela 9). Não foi observada diferença significativa entre a interação genótipo vs. PF, genótipo vs. NAF e genótipo vs. PF vs. NAF.

Para o experimento conduzido no ano de 2007 foi constatado probabilidade significativa entre os genótipos de $< 0,0001$. E novamente o genótipo GT04 -9062 apresentou menor média geral de AFL com valor de 0,63%, que diferiu dos genótipos MSoy-8866 e MSoy-8787 com médias respectivas iguais a 2,58 e 3,25% (Tabela 9). Observou-se ainda nesse experimento que os genótipos Emgopa-313 e MSoy-8001 com médias gerais respectivas de AFL iguais a 0,92% e 1,18% também diferiram do genótipo mais afetado o MSoy-8787 com 3,25% (Tabela 9). Foi observada diferença significativa entre a interação genótipo vs. NAF ($P \leq 0,0001$). O que não ocorreu com as interações genotípicas vs. PF e o genótipo vs. PF vs. NAF. O efeito da interação do genótipo vs. NAF demonstrou significativa diferença nos valores da AFL para os genótipos em relação ao tratamento com zero aplicação de fungicida ($P \leq 0,0001$). No entanto, as probabilidades não foram significativas para os tratamentos pós-inoculação e pré-inoculação. No tratamento sem aplicação de fungicida, os genótipos GT04 -9062 e Emgopa-313 apresentaram as menores médias gerais de AFL com valores respectivos iguais a 0,75 e 1,07% contrastando com os genótipos MSoy-8866 e MSoy-8787 que apresentaram médias respectivas de 5,52 e 6,95%. Ainda nessa avaliação, os genótipos GT04-9180 e MSoy-8001 diferiram do genótipo MSoy-8787 por apresentarem médias gerais inferiores de AFL respectivas iguais a 1,39 e 1,71% (Tabela 10). Mesmo não apresentado significativa variação, o teste de média demonstrou uma variação dos genótipos através da diferença mínima para o tratamento pós-inoculação (Tabela 10). O genótipo GT04 -9062 apresentou uma média geral de AFL menor que o genótipo GT04-9180 com valores respectivos iguais a 0,25 e 1,91% (Tabela 10). Dentro da interação genótipo vs. NAF foi observado que a interação genótipo vs. PF em cada tratamento não apresentou diferença estatística.

As avaliações feitas ao longo do ciclo do plantio de soja em estufa no ano de 2006 demonstraram efeitos significativos em quatro estádios fenológicos distintos da planta das sete avaliações realizadas após constatação da doença (Tabela 11). No estádio fenológico R2/R3, todos os genótipos descritos para esse experimento diferiram significativamente ($P \leq 0,0001$) do genótipos MSoy-8866, que apresentou uma média de AFL igual a 0,44%. Nesta avaliação ocorreu diferença significativa na interação entre o genótipo vs. PF ($P = 0,0001$). E para as interações genótipo vs. NAF e genótipo vs. PF vs. NAF não foi verificada diferença significativa. O efeito da interação genótipo vs. PF demonstrou diferença significativa na AFL para os genótipos em relação ao posicionamento das folhas localizadas na parte média ($P = 0,0357$) e inferior ($P = 0,0006$) da planta. O que não aconteceu para a parte superior. Na parte média da planta, os genótipos Emgopa-313, MSoy-8008, MSoy-8585 e GT04-9180 apresentaram todos eles menores médias de AFL que o genótipo MSoy-8866 (Tabela 12). A exceção do genótipo GT04-8901 que não diferiu do genótipo mais afetado o MSoy-8866 com média de AFL igual a 0,35%, os demais genótipos do grupo foram menos atacados pelo patógeno na avaliação feita no terço inferior da planta (Tabela 12).

Em R5/R6, apenas o genótipo GT04 -9062 com média de AFL de 1,79% diferiu significativamente ($P = 0,0411$) do genótipo GT04-8901 com média de 8,49%, sendo esse o mais afetado do grupo (Tabela 11). Não houve diferença significativa entre as interações genótipo vs. PF, genótipo vs. NAF e genótipo vs. PF vs. NAF.

Significativa diferença ($P \leq 0,0001$) também foi encontrada quando as plantas atingiram o estádio fenológico R7/R8, onde o genótipo GT04 -9062 foi menos afetado que o genótipo MSoy-8866 com médias respectivas da AFL de 14,07 e 36,98% (Tabela 11).

Quando as plantas atingiram o último estádio, o de maturação completa (R8), significativa diferença ($P \leq 0,0001$) pode ser comprovado para o genótipo GT04 -9062, que permaneceu com menor média de AFL com valor igual a 19,64% comparada com os

genótipos MSoy-8001, MSoy-8787, GT04-7643, GT04-9180 e MSoy-8866 que apresentaram médias respectivas iguais a 33,25, 34,17, 34,67, 36,58 e 42,76%. Ainda nessa avaliação o grupo dos genótipos Emgopa-313, MSoy-8008 e GT04-8901 com médias respectivas de AFL de 25,86, 28,83 e 29,00% diferiram do genótipo mais afetado o MSoy-8866 (Tabela 11).

A exceção dos estádios fenológicos R2/R3 e R6/R7, o genótipo GT04 -9062 permaneceu com a menor média de AFL pelo ataque proporcionado por *P. pachyrhizi* (Tabela 11).

O experimento realizado em condição de estufa no ano de 2007 revelou que das sete avaliações realizadas com a constatação da doença no plantio, três estádios fenológicos distintos da planta demonstraram efeito significativo na redução da doença entre os genótipos testados (Tabela 13). No estágio fenológico R2/R3 os genótipos GT04-9062 e Emgopa-313, apresentaram significativa diferença ($P = 0,0090$) na redução da doença com respectivas médias de AFL de 0,05 e 0,03%, comparado com o genótipo MSoy-8787 que foi de 1,561 (Tabela 13). Foi observada diferença significativa entre a interação genótipo vs. NAF ($P = 0,0489$). O que não ocorreu com as interações genótipo vs. PF e genótipo vs. PF vs. NAF. O efeito da interação genótipo vs. NAF demonstrou significativa diferença nos valores da % AFL para os genótipos em relação ao tratamento com zero aplicação de fungicida ($P = 0,0203$). Nesse tratamento, foi observado que os genótipos GT04-9062, GT04-9180, Emgopa-313 e GT04-7643 apresentaram as menores médias de AFL, com valores respectivos iguais a 0, 0,03, 0,07 e 0,20%, contrastando com o genótipo MSoy-8787 que apresentou uma média de 3,75% (Tabela 14).

Significativa diferença ($P \leq 0,0001$) foi encontrada quando as plantas atingiram o estágio fenológico R7/R8, onde o genótipo GT04-9062 foi menos afetado pelo patógeno que o genótipo MSoy-8866, ambos apresentaram médias respectivas de AFL de 0,76 e 8,65% (Tabela 13). Foi observada diferença significativa entre a interação genótipo vs. NAF ($P \leq$

0,0001). O efeito da interação genótipo *vs.* NAF demonstrou significativa diferença nos valores da AFL para os genótipos em relação ao tratamento com zero aplicação de fungicida ($P = 0,0004$). Nesse tratamento, os genótipos GT04 -9062, Emgopa-313, GT04-9180, MSoy-8001 e MSoy-8008 apresentaram as menores médias de AFL com valores respectivos iguais a 1,36, 1,17, 1,91, 3,35 e 6,16, contrastando com o genótipo MSoy-8866 que apresentou uma média de 22,33% (Tabela 14).

O estágio fenológico R8 exibiu significativo efeito na AFL entre os genótipos ($P = 0,0018$) e na interação genótipo *vs.* NAF ($P = 0,0002$). Os genótipos GT04-9062 e Emgopa-313 obtiveram menores médias de AFL com valores respectivos iguais a 2,67 e 3,91 diferindo do genótipo MSoy-8787 o mais afetado do grupo com média igual a 12,34% (Tabela 13). O efeito da interação genótipo *vs.* NAF demonstrou significativa diferença nos valores da AFL para os genótipos em relação ao tratamento com zero aplicação de fungicida ($P \leq 0,0001$). No tratamento sem aplicação de fungicida, os genótipos GT04-9062, GT04-9180, Emgopa-313 e MSoy-8001 apresentaram as menores médias de AFL com valores respectivos iguais a 3,02, 3,77, 5,65 e 8,02% diferente dos genótipos GT04-7643, MSoy-8008 e MSoy-8787 com médias iguais a 18,07, 18,33 e 23,61%. Ainda nessa avaliação, os genótipos MSoy-8866, MSoy-8585 e GT04-8901 foram diferentes do genótipo MSoy-8787 por apresentarem médias de AFL iguais a 9,68, 9,78 e 11,38% (Tabela 14).

3.3 – Reação de folhas destacadas dos genótipos em laboratório

Após a inoculação do isolado do patógeno nos folíolos de soja mantidos em caixa do tipo gerbox, observou-se que o período latente foi de três dias para os dois experimentos conduzidos em laboratório. A diagnose do patógeno seguiu o mesmo modo de observação executado nos experimentos de estufa e campo.

Em ambos os ensaios as condições climáticas favoreceram o desenvolvimento de *P. pachyrhizi*. A média respectiva da temperatura e umidade relativa em ambos os experimentos foram de $22 \pm 0,5$ °C e 100%.

A média geral de todas as avaliações realizadas nos folíolos de soja destacados apresentaram valores de AFL respectivos para o primeiro e segundo experimento iguais a 1,34 e 1,56% (Tabela 15). Houve diferença significativa entre as médias gerais das notas observadas nos genótipos testados nos dois grupos experimentais. Para o experimento I, ocorreu probabilidade significativa de $< 0,0001$. Os genótipos Emgopa-313, GT04 -9062, MSoy-8866 e GT04-9180 apresentaram menores médias gerais de AFL, que os genótipos MSoy-8585, MSoy-8008, GT04-7643 e MSoy-8787 com valores respectivos de 0,01, 0,07, 0,17, 0,20, 1,98, 2,04, 2,11 e 4,76% (Tabela 15). No segundo experimento, efeito significativo ($P \leq 0,0001$) na média geral da % de AFL foi constatado para os genótipos Emgopa-313 e GT04-9062 contrastando com os genótipos MSoy-8585, MSoy-8787 e MSoy-8008 que apresentaram valores respectivos de 0,11, 0,16, 2,13, 2,28 e 4,51% (Tabela 15).

4 – Discussão

Todos os genótipos de soja testados nas condições de campo, estufa e laboratório foram suscetíveis a ferrugem asiática, mas com diferentes graus de susceptibilidade. Segundo Parlevliet (1979), os diferentes graus de infecção ou frequência de infecção não variam somente com o genótipo da planta hospedeira, mas também com os estádios de desenvolvimento da planta e dos fatores ambientais. Kawuki *et al.*, (2004), testaram 51 genótipos de soja com diferentes graus de maturação em condição de campo e concluíram que houve diferença na taxa de desenvolvimento da ferrugem asiática ao longo dos estádios de maturação da cultura. Fato esse também comprovado por Ammajamma & Patil em 2008, no qual perceberam significativa diferença na severidade da ferrugem entre os genótipos nos

estádios de crescimento da safra e na interação desses dois fatores.

Para o primeiro experimento de campo, a doença teve início no estágio V3/V4 e no segundo teve início no estágio V7/V8. Quando o processo infeccioso do patógeno *P. pachyrhizi* inicia-se em fases recentes como período vegetativo em genótipos sem resistência é observado aumento crescente de dano das mesmas em fases posteriores, principalmente quando associadas ao favorecimento do clima (Tsukahara *et al.*, 2008). O progresso da doença e a severidade variam em função da época de semeadura (Kawuki *et al.*, 2004, Silva *et al.*, 2007).

A baixa % AFL observados nos estádios fenológicos V4/V5 e V8/R1 respectivamente para o primeiro e segundo experimento de campo pode ter contribuído com a variação na caracterização dos genótipos nessas avaliações. O genótipo Emgopa-313 apresentou à maior média de % AFL na avaliação inicial do processo infecciosos e, à medida, que a doença evoluiu, constatou-se em outros estádios de desenvolvimento da planta que esse genótipo apresentou menor % AFL comparado por exemplo com o genótipo MSoy-8787. Estudos realizado por Azevedo *et al.* (2007), comprovaram que o genótipo Emgopa-313 e MSoy-8211 apresentaram resistência parcial a *P. pachyrhizi*. O início da infecção em um ponto de desenvolvimento da planta pode mascarar as características genéticas quanto à expressão de resistência contra o ataque do patógeno, devido a pouca uniformidade de infecção na área de avaliação (Ribeiro *et al.*, 2007). Além disso, a capacidade dos genótipos de soja em expressar a resistência contra o ataque da ferrugem asiática pode variar com o tempo (Brogin, 2001 citado por Ribeiro 2007). Ribeiro *et al.* (2007) concluíram que a estádios fenológicos com um maior desenvolvimento da doença foi capaz de diferenciar os genótipos quanto à resistência. Neste experimento, a melhor uniformidade de infecção para a primeira safra foi constatada quando as plantas atingiram o estágio reprodutivo e, na segunda safra, a partir do estágio fenológico R1/R2.

Alguns genótipos apresentaram sinais de redução da AFL em alguns dos estádios de desenvolvimento e possivelmente essas plantas podem apresentar em sua constituição genética genes com resistência à doença. Cabe checar se essa resistência existe, uma vez que, possivelmente, esses genótipos foram obtidas a partir de cruzamentos com outras variedades. Santos *et al.* (2007) observaram que genótipos descendentes do cruzamento entre os cultivares Cristalina RCH e IAC-100 apresentaram maiores resistências parciais à ferrugem asiática. Calvo *et al.* (2008) estudaram a base genética de resistência do cruzamento de genótipos resistentes com suscetíveis e descobriram que a taxa de segregação fenotípica para as plantas na geração F₂ e F_{2:3} apresentaram resistência em cada parente, sendo essa controlada por um único gene recessivo. Similares resultados foram observados por Pierozzi *et al.* (2008). Segundo Do Vale *et al.* (2001), a resistência quantitativa pode reduzir a variação da infecção resultando em poucas lesões e reduzir também, o crescimento do patógeno, uma vez que a infecção foi bem sucedida, causando pequenas lesões que podem esporular menos. Ainda nesse trabalho, os autores concluíram que plantas com resistência quantitativa não são raras e não há a necessidade de se conhecer o genótipo primitivo nos centro de diversidade. McIntosh (1997), observou que as fontes ideais de resistência são aquelas presentes em genótipos comerciais. A soja é uma planta autógama e a cleistogamia, ocorrência da polinização do estigma antes da abertura da flor, é responsável pela baixa taxa de alogamia nesta espécie, o que dificulta a introdução de características desejáveis como a resistência (Borém, 1999). Estudos em condição de campo realizados nos Estados Unidos sobre a taxa de alogamia em diversos genótipos de soja revelou que a taxa de fecundação cruzada pode atingir até 2,5% entre as variedades (Ahrent & Caviness, 1994). Devido à baixa taxa de cruzamento verificado em soja, os melhoristas fazem uso de técnicas como a de hibridização que aumentam as chances de introdução de novos caracteres.

O posicionamento das folhas na copa de cada genótipo testado nos dois experimentos

de campo não foi uma característica marcante para diferenciação quanto aos níveis de infecção. Apenas o primeiro experimento apresentou diferenças significativas entre os genótipos quando as plantas atingiram os estádios de desenvolvimento R4/R5, R5/R6 e R7/R8 avaliadas através da AFL (Tabela 4). Observou-se ainda que à medida que a doença aumentava ao longo do dossel da planta ocorria uma variação na AFL entre os genótipos. No estágio de desenvolvimento R5/R6 foi possível comparar os genótipos quanto aos diferentes níveis de infecção na posição do dossel. Na posição superior da planta, os genótipos GT04-8091 e GT04-9180 foram as menos susceptíveis ao ataque do patógeno e na parte média destacaram-se os genótipos MSoy-8585 e MSoy-8008 e na parte inferior somente o genótipo MSoy-8001 apresentou menor média de área lesionada. Essas observações podem ser explicadas pelo trabalho conduzido por Melching *et al.* (1988) que verificaram os efeitos dos componentes: 1) Número de infecções resultantes para uma dada quantidade de inóculo, 2) taxa de expansão das lesões, 3) período latente e 4) alta produção de esporos por unidade de área do tecido ou por lesão em plantas cultivadas em vaso. Os autores concluíram que significativos níveis de diferenças de infecções causadas por *P. pachyrhizi* estão associadas com diferença na idade das plantas (estádios fenológicos) e a idade das folhas no posicionamento do dossel ao longo do crescimento. Como exemplo, eles observaram que o número médio de lesões cm^{-2} após inoculação, diminuía à medida que as folhas foram envelhecendo. Passando de 20,3 em plantas de idade de 15 dias para 0,4 em plantas de 42 dias.

Em condição de estufa, as médias das avaliações ao longo das safras experimentais mostraram diferenças na AFL entre os genótipos. Nos dois anos de avaliação dos genótipos testados por meio de inoculação artificial, observou-se que o genótipo GT04-9062 apresentou os menores valores de AFL (Tabela 9). Constatou-se também nos estudos realizados no ano de 2007, que outros dois genótipos a Emgopa-313 com resistência parcial já descrita

(Azevedo *et al.*, 2007) e MSoy-8001 diferiram dos demais genótipos do grupo na AFL (Tabela 9). Nas avaliações em estufa também destacou o genótipo GT04-9062 que apresentou significativas diferenças na AFL entre os genótipos, com ênfase principalmente no primeiro experimento. O ensaio conduzido em 2006 demonstrou que o genótipo GT04-9062 apresentou menores médias de AFL nos estádios R2/R3, R5/R6, R7/R8 e R8. O mesmo aconteceu para o segundo ensaio realizado em 2007, a exceção do estágio R5/R6 onde não observou nenhuma diferença entre os genótipos do grupo (Tabela 11 e 13). O período latente no genótipo GT04 -9062 foi de 15 dias para o primeiro experimento em estufa e 10 dias para o segundo.

Como visto nos experimentos realizados em campo, o genótipo GT04-9062 pode apresentar em sua constituição genética resistência ao patógeno. Notou-se, também, uma relação dos estádios fenológicos da planta entre os dois ensaios com o aumento da doença. Essa relação provavelmente ocorreu devido ao maior controle experimental, diferente do experimento conduzido em campo, onde há uma maior interferência do meio. O período médio para formação das pústulas de *P. pachyrhizi* pode variar em torno do sexto ao nono dia (Godoy &Canteri, 2004, Pua & Ilag, 1980, Yeh *et al.*, 1982, Zambenedetti *et al.*,2007b). Segundo Vallavielle-Pope *et al.* (2000), o aumento do tempo na relação parasítica pode contribuir para a diminuição da quantidade de ciclos reprodutivos que um fungo pode realizar em uma safra. Com isso, cultivares de soja com período latente longos podem ser classificadas como portadoras de resistência parcial. Trabalho realizado por Martins *et al.* (2007) verificaram o uso da análise de componentes principais para caracterizar a resistência parcial e classificaram dois grupos de genótipos com base no período latente médio. Os autores concluíram que cultivares com período latente superior a quatorze dias podem apresentar resistência parcial a ferrugem asiática. Das 68 cultivares de soja testadas, elas observaram que 15 apresentaram período latente superior a 14 dias. O estágio de

desenvolvimento da planta pode interferir na investigação da resistência quanto ao período latente. Balardin *et al.* (2005), demonstraram o efeito da resistência parcial por meio de inoculação de isolado de *P. pachyrhizi* em diferentes estádios de desenvolvimento da planta e observaram, que quando inoculadas nos estádios V4 e V5, as plantas apresentaram menor sensibilidade ao patógeno que quando inoculadas nos estádios V1 e R1.

Como observado em campo, o posicionamento das folhas na copa de cada genótipo testado nos dois experimentos de estufa não foi fator conclusivo para observação de indicação de resistência. Apenas o primeiro experimento apresentou diferenças significativas quando as plantas atingiram os estádios de desenvolvimento R2/R3 (Tabela 12). Somente a parte média e inferior das plantas foi possível caracterizar os genótipos avaliadas através da AFL. Estudos realizados com inoculação de *P. pachyrhizi* em plantas de soja em vasos demonstraram que a avaliação na porção média da planta foi a mais eficiente para discriminar a resistência em termos de severidade. Os autores verificaram que a porção superior da planta apresentara menor pressão de inóculo devido à longevidade com o substrato, no qual o efeito do microclima era menor comparado com a parte inferior com maior severidade (Zambenedetti *et al.*, 2007b). Essa condição pode confundir o avaliador na diagnose quanto ao efeito da resistência ao ataque do patógeno devido às condições extremas de severidade. Outro efeito que pode ter comprometido a visualização de resistência foi a idade das folhas no posicionamento do dossel da planta como visto no experimento de campo.

As avaliações realizadas em condição de laboratório demonstraram eficiente resultados na verificação dos genótipos com características de resistência. Nos dois experimentos realizados, os genótipos Emgopa-313 e GT04-9062 obtiveram os menores índices de % AFL. O período latente observado para o genótipo Emgopa-313 foi, respectivamente, no primeiro e segundo experimento igual a 31 e 15 dias. Para o genótipo GT04 -9062 foi de 12 e 15 dias. Segundo Twizeyimana *et al.* (2007), folhas destacadas é um

método rápido para discriminar a resistência a ferrugem em um curto tempo em condição de laboratório. Os autores observaram correlação significativa no efeito da resistência da folha destacada com as folhas avaliadas em condição de estufa ($r = 0,79$; $P < 0,0001$) e campo ($r = 0,83$; $P < 0,0001$) no estágio de desenvolvimento R6. Mesmo com resultados satisfatórios, análises em condições de campo são preferíveis por considerarem a interação de fatores bióticos e abióticos (Flier *et al.*, 2003).

5 – Conclusão

De um modo geral, a ferrugem asiática pode ser controlada por aplicações de fungicidas dos grupos dos triazóis e estrobilurinas, quando em estágio inicial da doença, e as condições climáticas serem pouco favoráveis ao patógeno. No entanto, a detecção da doença no início da infecção é fator chave que determinará o sucesso da produção. Variedades com resistência a ferrugem podem aumentar o período latente e reduzir a taxa da epidemia através da diminuição do número e tamanho da lesão. Conseqüentemente, diminui a quantidade de inóculo o que reduz o número de aplicações de fungicida. Nesse trabalho, os genótipos GT04-9180, GT04-9062 e Emgopa-313 podem contribuir na redução da doença, observado pela significativa diferença nos níveis de infecção proporcionados pelo patógeno ao longo dos estádios de desenvolvimento da planta.

6 - Agradecimento

Ao CNPq pelo apoio financeiro e ao Sr. João Luiz Gilioli (Genética Tropical, Cristalina, GO) por fornecer as sementes para execução dos estudos. Ao Engenheiro Agrônomo Thiago pela colaboração na quantificação de doença.

7 - Referências bibliográficas

- Ahrent, D. K. & Caviness, C. E. natural cross-pollination of twelve soybean cultivar in Arkansas. *Crop Science*, v. 34, p. 376-378, 1994.
- Ammajamma, R. and Patil, P. V. Biochemical factors imparting rust (*Phakopsora pachyrhizi*) resistance in soybean. *Karnataka Journal of Agricultural Sciences*. v. 21, p. 65-69, 2008.
- Anvisa – Agencia nacional de vigilância sanitária.< http://www4.anvisa.gov.br/AGROSIA/asp/frm_dados_agrotoxico.asp?iVarAux=1&MarcaCod=386> acesso em 15/2/2008.
- Arias, C. A. A., Toledo, J. F. F., Almeida, L. A., Pipolo, A. E., Carneiro, G. E. S., Abdelnoor, R. V., Rachid, B. F., Ribeiro, A. S. e Nepomuceno, A. L. Melhoramento e biotecnologia: ferrugem da soja. *Anais do IV Congresso Brasileiro de Soja*. Londrina - PR, p. 97-101, 2004.
- Azevedo, L. A. S., Juliatti, F. C. e Barreto, M. Resistência de genótipos de soja à *Phakopsora pachyrhizi*. *Summa Phytopathologica* v.33, p. 252-257, 2007.
- Balardin, R. S.; Navarini, L.; Dallagnoll, L. J. Epidemiologia da ferrugem da soja In: Juliatti, F. C.; polizel, A. C.; Hamawaki, O. T. (org) In: Workshop brasileiro sobre ferrugem asiática. 1., 2005, Uberlândia, coletânea. Uberlândia: EDUFU P. 39-50, 2005.
- Borém, A. Melhoramento da soja. In: Melhoramento de espécies cultivadas. Imprensa Universitária da UFV. Viçosa-MG. p. 487-533. 1999.
- Bromfield, K. R., Hartwig, E. E. Resistance to soybean rust and mode of inheritance. *Crop Science*, Madison, v. 20, n. 2, p. 254-255. 1980.
- Bromfield, K. R., Melching, J. S. and Kingsolver, C. H. Virulence and aggressiveness of *Phakopsora pachyrhizi* isolates causing soybean rust. *Phytopathology* v.70, p.17-21. 1980.
- Bromfield, K. R. Differential reaction of some soybean accessions to *Phakopsora pachyrhizi*. *Soybean Rust News* v.4, p.2, 1981.
- Calvo, E. S.; Kiihl, R. A. S.; Garcia, A.; Harada, A. and Hiromoto, D. M. Two major recessive soybean genes conferring soybean rust resistance. *Crop Science*, v. 48, p. 1350-1354. 2008.
- Casela, C.R and Ferreira, A.S. Variability in isolates of *Puccinia polysora* in brazil. *Fitopatologia Brasileira*, v.27, n. 4, p. 414-416. 2002.
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. Central de informações agropecuárias. Quarto levantamento. Disponível em: < http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/estudo_safra.pdf > Consultado em 25 de fevereiro de 2008. 32 p.

- Costamilan, L.M., Bertagnolli, P. F., Yorinori, J. T. Perda de rendimento de grãos de soja causada por ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*). Fitopatologia Brasileira, v. 27, p. S 100, 2002: Suplemento.
- Deslandes, J. A. Ferrugem da soja e de outras leguminosas causadas por *Phakopsora pachyrhizi* no estado de Minas Gerais. Fitopatologia Brasileira, v.4, p.337-339, 1979.
- Deslandes, L.; Olivier, J.; Theulières, F.; Hirsch, J.; Dong Xin Feng, D. X.; Bittner-Eddy, P.; Beynon, J. and Marco, Y. Beynon, and Y. Marco. Resistance to *Ralstonia solanacearum* in *Arabidopsis thaliana* is conferred by the recessive RRS1-R gene, a member of a novel family of resistance genes. Proc. Natl. Acad. Sci. USA, v. 99, p. 2404–2409. 2002.
- Do Vale, F. X.; Parlevliet, J. E. and Zambolim, L. Concepts in plant disease resistance. Fitopatologia brasileira, v. 26, p. 577-589, 2001.
- Embrapa - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Tecnologias de produção de soja região central do Brasil. Embrapa Soja, Londrina-PR. P. 220. 2006.
- Fehr, W.R. and Caviness, C.E. Stage of soybean development. Ames: Iowa State University, 1981. 12 p. (Iowa Cooperative Extensive Service. Special Report, 80).
- Flier, W. G. Van den Bosch, G. B. M. and Turkensteen, L. J. Epidemiological importance of *Solanum sisymbriifolium*, *S. nigrum* and *S. dulcamara* as alternative hosts for *Phytophthora infestans*. Plant pathology v. 52, p. 595-603. 2003.
- Garcia, A.; Calvo, E.S.; Kiihl, R.A. de S.; Harada, A.; Hiromoto, D.M. and Vieira, L.G.E. Molecular mapping of soybean rust (*Phakopsora pachyrhizi*) resistance genes: Discovery of a novel locus and alleles. Theoretical and Applied Genetics, v.117, p.545-553, 2008.
- Godoy, C.V & Canteri, M.G. Efeitos protetor, curativo e erradicante de fungicidas no controle da ferrugem da soja causada por *Phakopsora pachyrhizi*, em casa de vegetação. Fitopatologia Brasileira, Brasília, v.29, p.97-101, 2004.
- Hartman, G. L., Miles, M. R. and Frederick, R. D. Breeding for resistance to soybean rust. Plant Disease v. 89, p.664-666. 2005.
- Hartwig, E. E. and Bromfield, K. R. Relationship among three genes conferring specific resistance to rust in soybean. Crop Science v. 23, p. 237-239. 1983.
- Hartwig, E. E. Identification of a fourth major genes conferring to rust in soybeans. Crop Science Madison, v. 26, n. 6, p. 1135-1136. 1986.
- Juiatti, F. C., Polizel, A. C., Balardin, R. S. e Vale, F. X. R. Ferrugem da soja – epidemia e manejo para uma doença reemergente. Revisão Anual de Patologia de Plantas, Passo Fundo, v. 13, p. 351-395, 2005.
- Kamikoga, A.T.M. Método da folha destacada para avaliar resistência da soja ao oídio 2001.

- 98 p. Tese (Titulo: Doutor em Agronomia) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba – PR. 2001.
- Kato, M. and Yorinori, J. T., O. Variabilidade patogênica da *Phakopsora pachyrhizi* no Brasil. In: Reunião de pesquisa de soja da região central do Brasil, 28, 2006, Londrina. [Anais] Londrina: Embrapa Soja - Fundação Meridional - Fundação Triângulo, p. 147–149. 2006.
- Kawuki, R. S.; Tukamuhabwa, P. and Adipala, E. Soybean rust severity, rate of rust development, and tolerance as influenced by maturity period and season. *Crop Protection*, v. 23, p. 447–455. 2004.
- Maheshwari, R. A scourge of mankind: From ancient times into the genomics era. *Current Science*, V. 93, p. 1249-1256. 2007.
- Martins, J.A.S.; Juliatti, F.C.; Santos, V.A.; Polizel, A.C.; Juliatti, F.C. Período latente e uso da análise de componentes principais para caracterizar a resistência parcial à ferrugem-da-soja. *Summa Phytopathologica*, v.33, p.364-371, 2007.
- Mcintosh, R. A. Breeding wheat for resistance to biotic stress. In: Braun, H. J., Altay, F., Kronstad, W. E., Beniwal, S. P. S and McNab, A. (Eds). *Wheat: prospects for global improvement. Preceding 5th Int. Wheat conference. 1996, Ankara, Turkey Acad. Publication. Dordrecht. The Netherlands. P. 71-86, 1997.*
- Mclean, R. and Byth, D.E. Resistance of soybean to rust in Australia. *Australian plant pathology society newsletter. Apps Newsletter*, v. 5. p. 34-36. 1976.
- Mclean, R. J. and Byth, D. E. Inheritance of resistance to rust (*Phakopsora pachyrhiziz*) in soybean. *Australian Journal of Agricultural Research*, Collingwood, v. 31, n. 5, p. 951-956, 1980.
- Melching, J. S.; Dowler, W. M.; Koogle, D. L and Royer, M. H. Effect of plant and leaf age on susceptibility of soybean to soybean rust. *Canadian Journal of Plant pathology* v.10, p. 30-35, 1988.
- Parlevliet, J. E. Components of resistance that reduce the rate of epidemic development. *Annual Review of Phytopathology*, v. 17, p. 203-222, 1979.
- Pierozzi, P. H. B.; Ribeiro, A. S.; Moreira, J. U. V.; Laperuta, L. D. C.; Rachid, B. F.; Lima, W. F.; Arais, C. A. A.; Oliveira, M. F. and Toledo, J. F. F. New soybean (*Glycine Max* Fabales, Fabales) sources of qualitative genetic resistance to Asian soybean rust caused by *Phakopsora pachyrhizi* (uredinales, Phakopsoraceae). *Genetics and molecular biology*, v. 31, p. 505-511, 2008.
- Pua, A.R.; Ilag, L.L. Ingress and pathogenic development of *Phakopsora pachyrhizi* Syd. in soybean. *Philippine Agriculturist*, Laguna, v.63, p.9-14, 1980.

- Ribeiro, A. S.; Moreira, J. U. V.; Pierozzi, P. H. B.; Rachid, B. F.; Toledo, J. F. F.; Arias, C. A. A.; Soares, R. M. and Godoy, C. V. Genetic control of Asian rust in soybean. *Euphytica* v.157, p.15–25, 2007.
- Santos, J. A.; Juliatti, E. C., Santos, V. A.; Polizel, A. C.; Juliatti, F. C. e Hamawaki, O. T. Caracteres epidemiológicos e uso de análise de agrupamento para resistência parcial á ferrugem asiática. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.42, p. 443-447, 2007.
- Silva, V. A. S.; Juliatti, F. C. e Silva, L. A. S. Interação entre resistência genética parcial e fungicidas no controle da ferrugem asiática da soja. *Pesquisa agropecuária brasileira*., Brasília, v.42, p.1261-1268, 2007.
- Tsukahara, R. Y., Hikishima, M. e Canteri, M. G. Relações entre o clima e o progresso da ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) em duas micro-regiões do Estado do Paraná. *Ciências Agrárias*, Londrina, v. 29, p. 47-52, 2008.
- Twizeyimana, M., Ojiambo, P. S., Ikotun, T., Paul, C., Hartman, G. L., and Bandyopadhyay, R. Comparison of field, greenhouse, and detached-leaf evaluations of soybean germplasm for resistance to *Phakopsora pachyrhizi*. *Plant Disease*. V.91, p.1161-1169. 2007.
- USDA. United States Department of Agriculture. The situation and outlook for world corn, soybean, and cotton markets. Fevereiro, 2008. Disponível em: < <http://usda.gov/oce/speeches/GeraldBange--ChinaNGOIC2007.doc> > Acesso em 25 de fevereiro de 2008. 28p.
- Vallavieille-Pope, C.; Giosue, S.; Munk, L.; Newton, A.C.; Niks, R.E.; Ostergard, H.; Pons-Kuhnemann, J.; Rossi, V.; Sache, I. Assessment of epidemiological parameters and their use in epidemiological and forecasting models of cereal airborne diseases. *Agronomie*, v.20, p.715-727, 2000.
- Wang, T. C. and Hartman, G. L. Epidemiology of soybean rust and breeding for host resistance. *PI. Prot Bull*. V. 34, n.1, p. 109-149, 1992.
- Yang, C.Y. Soybean rust cause by *Phakopsora pachyrhizi*. First soybean rust workshop help. March 21-27 in Wuhan, Hubei, China. P. 1-32. 1991.
- Yeh, C. C.; Sinclair, J. B. and Tschanz, A. T. *Phakopsora pachyrhizi*: uredial development, urediospore production and factors affecting teliósporo formation on soybeans. *Australian Journal of Agricultural Research* v.33, p.25-31, 1982.
- Yamaoka, Y., Fujiwara, Y., Kakishima, M., Katsuya, K., Yamada, K. & Hagiwara, H. Pathogenic races of *Phakopsora pachyrhizi* on soybean and wild host plants collected in Japan. *Journal of General Plant Pathology*, Tóquio, v.68, n.1, p. 52-56, 2002.
- Yorinori, J. T., Paiva, W. M., Frederick, R. D., Costamilan, L. M., Bertagnolli, P. F., Godoy,

- D. V., NUNES, J. J. Epidemics of soybean rust (*Phakopsora pachyrhizi*) in Brazil and Paraguay from 2001 to 2003. *Plant Disease*, v. 89, p. 675-677, 2005.
- Yorinori, J. T. Ferrugem “asiática” da soja: o desafio continua e como aprimorar o seu controle. *Anais do IV Congresso Brasileiro de Soja*. Londrina - PR, p. 102-108, 2006.
- Zambenedetti, E.B., Alves, E., Pozza, E.A and Araújo, D.V. Germinação de urediniósporos de *Phakopsora pachyrhizi* em diferentes métodos de armazenamento. *Summa Phytopathologica*, v.33, n. 1, p. 83-85. 2007a.
- Zambenedetti, E.B., Alves, E., Pozza, E.A., Araújo, D.V. and Godoy, C. V. Avaliação de parâmetros monocíclicos e da intensidade da ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) em diferentes genótipos de soja e posições de copa. *Summa Phytopathologica* v. 33, p. 178-181, 2007b.

Tabela 1 – Genótipos de soja usadas em experimento de estufa e campo.

Genótipos	Germinação (%)	Característica	Habito de crescimento	Média da altura da planta em estufa (m)	Média da altura da planta em campo (m)	Fornecedor
1. MSoy 8866	85	Convencional	Determinado	1,16	0,90	Monsanto
2. MSoy 8001	80	Convencional	Determinado	1,31	0,70	Monsanto
3. MSoy 8008	86	resistência ao Roundup	Determinado	1,07	0,67	Monsanto
4. MSoy 8585	85	resistência ao Roundup	Determinado	1,20	0,82	Monsanto
5. MSoy 8787	85	resistência ao Roundup	Determinado	1,10	0,99	Monsanto
6. GT04 8901	90	Convencional	Determinado	1,19	0,88	Genética Tropical
7. GT04 9180 ⁽¹⁾	86	Convencional	Indeterminado	1,27	1,16	Genética Tropical
8. GT04 8091	80	resistência ao Roundup	Indeterminado	-	1,10	Genética Tropical
9. GT04 9062 ⁽²⁾	78	resistência ao Roundup	Indeterminado	1,29	-	Genética Tropical
10. GT04 7643	80	resistência ao Roundup	Determinado	1,32	0,84	Genética Tropical
11. Emgopa 313	87	Convencional	Determinado	0,71	0,90	Emgopa

(1) – Genótipos utilizados nos experimentos de campo.

(2) – Genótipos utilizados nos experimentos em casa de vegetação.

Tabela 2 – Avaliação da reação de genótipos de soja à ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) no cultivo em campo (safras 2006 a 2008) determinado pela quantificação da média geral da porcentagem de área foliar lesionada e suas respectivas produtividades.

Genótipo	Média da % AFL ⁽⁴⁾ por <i>P. pachyrhizi</i>			
	2006/07	Produtividade Kg/ha	2007/08	Produtividade Kg/ha
MSoy-8001	12,55 A ⁽¹⁾	1106,8 A	12,03 A	2455,1 A
MSoy-8008	12,93 A	823 AB	10,94 A	2399,9 A
GT04-8901	11,72 A	688 ABC	10,88 A	1188,7 AB
GT04-8091	12,07 A	682 ABC	11,22 A	1903,6 AB
GT04-9180	11,36 A	404,7 BCD	10,31 A	1764,6 AB
MSoy-8585	11,24 A	324,3 CD	11,44 A	996,6 B
GT04-7643	13,38 A	289,5 CD	10,39 A	1807,5 AB
Emgopa-313	13,32 A	306,7 CD	11,55 A	1796,3 AB
MSoy-8866	13,24 A	265,8 CD	11,66 A	1174,6 AB
MSoy-8787	14,65 A	110,1 D	11,05 A	1491,5 AB
Média	12,64	500,09	11,15	1697,84
CV (%)	15,4	3,3	18,4	4,0
DMS ⁽³⁾	7,763 ns ⁽²⁾	484,91 s	7,239 ns	1312,6 s

1 - As médias seguidas da mesma letra não diferem entre si, ao nível de 5%, pelo teste de Tukey. 2 – Não significativo (ns) e significativo (s). 3 – Diferença mínima significativa. 4 – porcentagem de área foliar lesionada (% AFL)

Tabela 3 – Avaliação da reação dos genótipos de soja à ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) ao longo do estágio de desenvolvimento da planta em cultivo de campo (safra 2006/07) determinado pela quantificação da média geral da porcentagem de área foliar lesionada.

Genótipo	% AFL ⁽⁴⁾ causada por <i>P. pachyrhizi</i>						
	22/11/2006	29/11/2006	06/12/2006	18/12/2006	10/01/2007	17/01/2007	28/01/2007
GT04-9180	0 A ⁽¹⁾	0,02 A	0,08 AB	1,55 A	15,80 AB	28,15 A	33,95 A
GT04-8091	0 A	0,02 A	0,09 AB	1,56 A	19,06 AB	28,41 A	35,35 A
GT04-8901	0 A	0,01 A	0,01 A	0,63 A	13,63 AB	30,61 AB	37,17 AB
MSoy-8585	0 A	0,09 A	0,01 A	1,26 A	12,55 A	26,56 A	38,25 ABC
GT04-7643	0 A	0,02 A	0,10 AB	1,56 A	17,88 AB	31,18 AB	42,95 ABCD
Emgopa-313	0 A	0,02 A	0,18 B	1,11 A	16,16 AB	29,60 AB	46,20 BCD
MSoy-8001	0 A	0,04 A	0,08 AB	1,29 A	12,18 A	27,87 A	46,38 BCD
MSoy-8866	0 A	0,05 A	0,07 AB	2,13 A	15,53 AB	28,05 A	46,85 BCD
MSoy-8787	0 A	0,03 A	0,11 AB	1,42 A	19,11 B	34,81 B	47,10 CD
MSoy-8008	0 A	0,01 A	0,00 A	0,63 A	12,33 A	29,46 AB	48,09 D
Média	0	0,03	0,07	1,31	15,42	29,47	42,23
Estádio fenológico	V2/V3	V3/V4	V4/V5	V6/V7	R4/R5	R5/R6	R7/R8
CV (%)	.	35,7	20,3	17,1	3,90	1,80	2,10
DMS ⁽³⁾	.	ns ⁽²⁾	0,161 s	ns	6,490 s	5,777 s	9,790 s

1 - As médias seguidas da mesma letra não diferem entre si, ao nível de 5%, pelo teste de Tukey. 2 – Não significativo (ns) e significativo (s). 3 – Diferença mínima significativa. 4 – porcentagem de área foliar lesionada (% AFL).

Tabela 4 – Avaliação da reação dos genótipos de soja à ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) ao longo de três estádios fenológicos da planta em cultivo de campo (safra 2006/07), observando a interação genótipo e posicionamento das folhas no dossel, através da quantificação da média geral da porcentagem de área foliar lesionada.

Genótipo	PF ⁽⁴⁾	% AFL ⁽⁸⁾			PF	% AFL			PF	% AFL		
		10/1/2007	17/1/2007	28/1/2007		10/1/2007	17/1/2007	28/1/2007		10/1/2007	17/1/2007	28/1/2007
GT04-9180	SUP ⁽⁵⁾	0,02A ⁽¹⁾	2,83 A	2,50 A	MED ⁽⁶⁾	16,93 AB	35,53 AB	43,01 A	INF ⁽⁷⁾	30,45 A	46,10 AB	56,35 A
GT04-8901	SUP	0,17 A	6,80 AB	10,60 AB	MED	11,36 AB	42,33 AB	47,91 A	INF	29,36 A	42,70 AB	53,01 A
MSoy-8866	SUP	0 A	2,42 A	16,06 B	MED	12,30 AB	36,13AB	62,03 A	INF	34,31 A	45,60 AB	62,46 A
MSoy-8787	SUP	0,98 A	6,28 AB	16,20 B	MED	19,46 AB	44,00 B	59,21 A	INF	36,88 A	54,15 B	67,90 A
MSoy-8585	SUP	0,02 A	1,05 A	4,38 AB	MED	9,33 A	31,58 A	48,48 A	INF	28,31 A	47,06 AB	61,88 A
GT04-8091	SUP	0 A	2,37 A	1,13 A	MED	21,68 B	37,21 AB	47,36 A	INF	35, 50 A	45,66 AB	57,55 A
MSoy-8008	SUP	0,58 A	12,76 B	35, 08 C	MED	9,45 A	31,25 A	50,95 A	INF	26,96 A	44,36 AB	58,25 A
MSoy-8001	SUP	1,03 A	7,27 AB	33,26 C	MED	14,60 AB	36,60 AB	50,98 A	INF	20,93 A	39,76 A	54,91 A
GT04-7643	SUP	0,22 A	5,28 AB	4,67 AB	MED	19,58 AB	39,75 AB	60,80 A	INF	33,86 A	48,51 AB	63,38 A
Emgopa-313	SUP	0,37 A	4,68 AB	29,90 C	MED	12,41 AB	35,91 AB	47,24 A	INF	35,71 A	48,21 AB	61,46 A
Média	SUP	0,34	5,18	15,38	MED	14,71	37,03	51,80	INF	31,23	46,21	59,52
Estádio												
fenológico		R4/R5	R5/R6	R7/R8		R4/R5	R5/R6	R7/R8		R4/R5	R5/R6	R7/R8
CV (%)		15,8	1,80	3,90		4,10	1,50	2,10		2,70	1,20	1,50
DMS ⁽³⁾		1,051s ⁽²⁾	5,777s	11,91s		11,87s	11,20s	21,89ns		16,64ns	11,62s	18,07ns

1 - As médias seguidas da mesma letra não diferem entre si, ao nível de 5%, pelo teste de Tukey. 2 - Não significativo (ns) e significativo (s). 3 - Diferença mínima significativa. 4 - Posição da folha; 5 - Parte superior; 6 - Parte média; 7 - Parte inferior. 8 - porcentagem de área foliar lesionada - (% AFL)

Tabela 5 - Avaliação da reação dos genótipos de soja à ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) no estágio fenológico R4/R5 em cultivo de campo (safra 2006/07), observando a interação genótipo com o número de aplicação de fungicida (Tetraconazole), através da quantificação da média geral da porcentagem de área foliar lesionada.

Genótipo	10/1/2007					
	NAF ⁽⁵⁾	% AFL ⁽⁴⁾	NAF	% AFL	NAF	% AFL
GT04-9180	0	13,15 AB ⁽¹⁾	1	18,43 AB	2	15,81 A
GT04-8901	0	14,83 ABC	1	12,20 AB	2	13,86 A
MSoy-8866	0	18,05 ABC	1	15,40 AB	2	13,16 A
MSoy-8787	0	23,88 C	1	17,86 AB	2	15,58 A
MSoy-8585	0	12,00 A	1	15,71 AB	2	9,95 A
GT04-8091	0	23,11 BC	1	20,95 B	2	13,11 A
MSoy-8008	0	12,98 AB	1	7,88 A	2	16,13 A
MSoy-8001	0	17,33 ABC	1	9,82 AB	2	9,417 A
GT04-7643	0	22,15 ABC	1	16,63 AB	2	14,88 A
Emgopa-313	0	14,83 ABC	1	19,76 B	2	13,90 A
Média		17,23		15,47		13,58
Estádio fenológico		R4/R5		R4/R5		R4/R5
CV (%)		3,10		3,80		4,90
DMS ⁽³⁾		10,53s ⁽²⁾		11,61s		13,16ns

1 - As médias seguidas da mesma letra não diferem entre si, ao nível de 5%, pelo teste de Tukey. 2 - Não significativo (ns) e significativo (s). 3 - Diferença mínima significativa. 4 - porcentagem de área foliar lesionada - (% AFL). 5 - Número de aplicação de fungicida (NAF)

Tabela 6 - Avaliação da reação dos genótipos de soja à ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) na parte superior do dossel das plantas no estágio fenológico R4/R5 em cultivo de campo (safra 2006/07), observando a interação genótipo com o número de aplicação de fungicida (Tetraconazole), através da quantificação da média geral da porcentagem de área foliar lesionada.

Genótipo	10/1/2007					
	NAF	% AFL ⁽⁴⁾	NAF	% AFL	NAF	% AFL
GT04-9180	0	0 A ⁽¹⁾	1	0,05 A	2	0 A
GT04-8901	0	0,10 A	1	0,40 A	2	0 A
MSoy-8866	0	0 A	1	0 A	2	0 A
MSoy-8787	0	2,95 B	1	0 A	2	0 A
MSoy-8585	0	0 A	1	0,05 A	2	0 A
GT04-8091	0	0 A	1	0 A	2	0 A
MSoy-8008	0	0,55 A	1	0 A	2	1,20 A
MSoy-8001	0	1,80 AB	1	0,45 A	2	0,85 A
GT04-7643	0	0,65 A	1	0 A	2	0 A
Emgopa-313	0	0 A	1	1,05 A	2	0,05 A
Média		0,61		0,20		0,21
Estádio		R4/R5		R4/R5		R4/R5
CV (%)		8,40		19,8		31,3
DMS ⁽³⁾		2032s ⁽²⁾		1573ns		2604ns

1 - As médias seguidas da mesma letra não diferem entre si, ao nível de 5%, pelo teste de Tukey. 2 - Não significativo (ns) e significativo (s). 3 - Diferença mínima significativa. 4 - porcentagem de área foliar lesionada (% AFL)

Tabela 7 - Avaliação da reação dos genótipos de soja à ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) ao longo do estágio de desenvolvimento da planta em cultivo de campo (safra 2007/08) determinado pela quantificação da média geral da porcentagem de área foliar lesionada.

Genótipo	Média da % AFA ⁽⁴⁾ por <i>P. pachyrhizi</i>								
	18/12/2007	26/12/2007	7/1/2008	11/1/2008	17/1/2008	23/1/2008	1/2/2008	9/2/2008	22/2/2008
GT04-9180	0 A ⁽¹⁾	0,11 A	0,70 A	0,79 A	2,89 A	6,23 A	14,05 A	25,51 A	42,52 A
GT04-8091	0 A	0,10 A	2,21 A	1,11 AB	3,99 A	7,02 AB	16,69 A	24,89 A	44,93 A
GT04-8901	0 A	0,08 A	1,17 A	0,95 A	4,39 A	7,84 AB	15,49 A	23,00 A	45,04 A
MSoy-8001	0 A	0,10 A	1,40 A	1,74 AB	3,03 A	8,83 AB	17,99 A	26,32 A	48,82 A
MSoy-8008	0 A	0,02 A	0,81 A	1,73 AB	4,37 A	9,05 AB	16,17 A	23,50 A	42,86 A
Emgopa-313	0 A	0,11 A	2,28 A	2,90 B	5,02 A	9,25 AB	17,00 A	26,06 A	41,38 A
MSoy-8866	0 A	0,12 A	1,30 A	1,28 AB	3,93 A	9,72 AB	17,66 A	25,45 A	45,49 A
MSoy-8787	0 A	0,06 A	1,38 A	2,26 AB	5,15 A	9,93 AB	14,32 A	23,63 A	42,69 A
MSoy-8585	0 A	0,07 A	0,90 A	1,19 AB	4,92 A	10,50 AB	17,77 A	23,00 A	44,65 A
GT04-7643	0 A	0,16 A	0,94 A	1,20 AB	3,05 A	11,07 B	16,98 A	24,30 A	35,82 A
Média	0,0	0,09	1,31	1,52	4,07	8,95	16,41	24,56	43,42
Estádio	V6/V7	V7/V8	V8/R1	R1/R2	R2/R3	R3/R4	R4/R5	R5/R6	R7/R8
CV (%)	.	20,1	20,4	11,4	10,1	4,90	3,10	4,50	4,90
DMS ⁽³⁾	.	0,205 ns ⁽²⁾	2,893 ns	1,875 s	4,470 ns	4,754 s	5,575 ns	12,11 ns	23,12 ns

1 - As médias seguidas da mesma letra não diferem entre si, ao nível de 5%, pelo teste de Tukey. 2 - Não significativo (ns) e significativo (s). 3 - Diferença mínima significativa. 4 - porcentagem de área foliar lesionada (% AFL)

Tabela 8 - Avaliação da reação dos genótipos de soja à ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) nos estádios fenológicos R1/R2 e R3/R4 em cultivo de campo (safra 2007/08), observando a interação genótipo com o número de aplicação de fungicida (Epoconazole + Piraclostrobina), através da quantificação da média geral da porcentagem de área foliar lesionada.

Genótipo	NAF	Média da % AFL ⁽⁴⁾		NAF	Média da % AFL		NAF	Média da % AFL	
		11/1/2008	23/1/2008		11/1/2008	23/1/2008		11/1/2008	23/1/2008
GT04-9180	0	2,12 A ⁽¹⁾	18,18 A	2	0,21 A	0,32 A	3	0,05 A	0,18 A
GT04-8901	0	2,64 A	23,04 A	2	0,14 A	0,21 A	3	0,06 A	0,25 A
MSoy-8866	0	3,35 AB	28,64 A	2	0,34 A	0,45 A	3	0,15 A	0,08 A
MSoy-8787	0	6,67 AB	29,59 A	2	0,10 A	0,03 A	3	0,01 A	0,15 A
MSoy-8585	0	3,40 AB	31,01 A	2	0,14 A	0,24 A	3	0,02 A	0,24 A
GT04-8091	0	3,04 AB	20,98 A	2	0,45 A	0,07 A	3	0,06 A	0,01 A
MSoy-8008	0	4,66 AB	26,88 A	2	0,44 A	0,27 A	3	0,09 A	0,05 A
MSoy-8001	0	4,69 AB	25,75 A	2	0,26 A	0,29 A	3	0,27 A	0,49 A
GT04-7643	0	2,89 AB	32,42 A	2	0,54 A	0,51 A	3	0,17 A	0,29 A
Emgopa-	0	8,58 B	27,68 A	2	0,11 A	0,04 A	3	0,01 A	0,03 A
Média		4,20	26,41		0,27	0,24		0,09	0,17
Estádio fenológico		R1/R2	R3/R4		R1/R2	R3/R4		R1/R2	R3/R4
CV (%)		7,0	2,80		17,7	21,2		31,0	15,0
DMS ⁽³⁾		5813s ⁽²⁾	14,95s		0,948ns	1018ns		0,537ns	0,508ns

1 - As médias seguidas da mesma letra não diferem entre si, ao nível de 5%, pelo teste de Tukey. 2 - Não significativo (ns) e significativo (s). 3 - Diferença mínima significativa. 4 - porcentagem de área foliar lesionada (% AFL).

Tabela 9 – Avaliação da reação de genótipos de soja à ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) no cultivo em casa de vegetação (safras 2006 a 2007) determinado pela quantificação da média geral da porcentagem de área foliar lesionada e suas respectivas produtividades.

Genótipo	Média da % AFL ⁽⁴⁾			
	2006	Produtividade Kg/ha	2007	Produtividade Kg/ha
GT04 -9062	5,09 A ⁽¹⁾	2838,3 A	0,63 A	2456,7 AB
Emgopa-313	7,10 AB	2782,2 A	0,92 AB	2109,8 AB
MSoy-8001	8,79 AB	2161,2 A	1,18 AB	2022,8 AB
GT04-9180	9,04 AB	2487,7 A	1,59 ABC	2236,5 AB
MSoy-8585	8,09 AB	2875,3 A	1,75 ABC	2054,6 AB
MSoy-8008	7,98 AB	2079,4 A	1,82 ABC	1688,3 B
GT04-7643	8,96 AB	2268 A	1,84 ABC	2259,2 AB
GT04-8901	9,13 AB	2896,9 A	1,99 ABC	2443,6 AB
MSoy-8866	11,67 B	2218,4 A	2,58 BC	3066,1 A
MSoy-8787	8,46 AB	2375,6 A	3,25 C	2271,8 AB
Média	8,43	2498,3	1,76	2260,94
CV (%)	17,0	1,60	26,2	2,70
DMS ⁽³⁾	5,361 s ⁽²⁾	1196.3 ns	1,719 s	1179,1 s

1 - As médias seguidas da mesma letra não diferem entre si, ao nível de 5%, pelo teste de Tukey. 2 – Não significativo (ns) e significativo (s). 3 – Diferença mínima significativa. 4 – porcentagem de área foliar lesionada (% AFL)

Tabela 10 – Avaliação da reação dos genótipos de soja à ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*), observando a interação genótipo com o número de aplicação de fungicida (Tetraconazole) no cultivo em casa de vegetação (Safrá 2007), através da quantificação da média geral da porcentagem de área foliar lesionada.

Genótipo	2007					
	NAF ⁽⁴⁾	% AFL ⁽⁵⁾	NAF	% AFL	NAF	% AFL
GT04 -9062	0	0,75 A ⁽¹⁾	Pós-inoculação	0,25 A	Pré-inoculação	0,88 A
Emgopa-313	0	1,07 A	Pós-inoculação	0,56 AB	Pré-inoculação	1,13 A
GT04-9180	0	1,39 AB	Pós-inoculação	1,91 B	Pré-inoculação	1,44 A
MSoy-8001	0	1,71 AB	Pós-inoculação	1,05 AB	Pré-inoculação	0,80 A
MSoy-8585	0	3,89 ABC	Pós-inoculação	0,80 AB	Pré-inoculação	0,55 A
GT04-7643	0	4,01 ABC	Pós-inoculação	1,04 AB	Pré-inoculação	0,49 A
GT04-8901	0	4,13 ABC	Pós-inoculação	1,30 AB	Pré-inoculação	0,55 A
MSoy-8008	0	4,14 ABC	Pós-inoculação	0,64 AB	Pré-inoculação	0,69 A
MSoy-8866	0	5,52 BC	Pós-inoculação	1,06 AB	Pré-inoculação	1,18 A
MSoy-8787	0	6,95 D	Pós-inoculação	0,81 AB	Pré-inoculação	1,44 A
Média		3,36		0,94		0,91
CV (%)		20,3		24,6		34,8
DMS ⁽³⁾		4,439 s ⁽²⁾		1,507 ns		2,193 ns

1 - As médias seguidas da mesma letra não diferem entre si, ao nível de 5%, pelo teste de Tukey. 2 – Não significativo (ns) e significativo (s). 3 – Diferença mínima significativa. 4 – Número de aplicação de fungicida. 5 - porcentagem de área foliar lesionada (% AFL)

Tabela 11 – Avaliação da reação dos genótipos de soja à ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) ao longo do estágio de desenvolvimento da planta em cultivo de casa de vegetação (safra 2006), determinado pela quantificação da média geral da porcentagem de área foliar lesionada.

Genótipo	Média da % AFL ⁽⁴⁾							
	10/9/2006	14/9/2006	20/9/2006	27/9/2006	11/10/2006	18/10/2006	30/10/2006	8/11/2006
GT04 -9062	0 A ⁽¹⁾	0 A	0,04 A	0,06 A	1,79 A	5,07 A	14,07 A	19,64 A
Emgopa-313	0 A	0,01 A	0,08 A	0,10 A	3,52 AB	5,18 A	22,05 AB	25,86 AB
MSoy-8008	0 A	0,30 A	0,01 A	0,19 A	5,79 AB	5,45 A	23,25 AB	28,83 AB
GT04-8901	0 A	0,03 A	0,14 A	0,07 A	8,49 B	7,10 A	28,90 AB	29,00 AB
MSoy-8585	0 A	0,01 A	0,01 A	0,13 A	2,82 AB	5,47 A	25,17 AB	31,11 ABC
MSoy-8001	0 A	0,10 A	0,02 A	0,10 A	6,51 AB	8,07 A	22,27 AB	33,25 BC
MSoy-8787	0 A	0,02 A	0,06 A	0,22 A	2,90 AB	4,14 A	26,16 AB	34,17 BC
GT04-7643	0 A	0,01 A	0,01 A	1,28 A	3,04 AB	3,69 A	28,93 AB	34,67 BC
GT04-9180	0 A	0,01 A	0,01 A	0,27 A	3,21 AB	5,07 A	27,12 AB	36,58 BC
MSoy-8866	0 A	0,12 A	0,44 B	0,64 A	3,35 AB	9,12 A	36,98 B	42,76 C
Média	0	0,06	0,08	0,31	4,142	5,84	25,49	31,58
Estádio fenológico	V8/R1	R1/R2	R2/R3	R3/R4	R5/R6	R6/R7	R7/R8	R8
CV (%)	.	62,0	30,9	53,1	14,3	11,9	5,50	3,80
DMS ⁽³⁾	.	0,397 ns ⁽²⁾	0,271 s	1,733 ns	6,311 s	7,396 ns	14,91 s	12,75 s

1 - As médias seguidas da mesma letra não diferem entre si, ao nível de 5%, pelo teste de Tukey. 2 – Não significativo (ns) e significativo (s). 3 – Diferença mínima significativa. 4 – porcentagem de área foliar lesionada (% AFL)

Tabela 12 - Avaliação da reação dos genótipos de soja à ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) no estágio fenológico R2/R3 da planta no cultivo em casa de vegetação (Safra 2006), observando a interação genótipo e posicionamento das folhas no dossel, através da quantificação da média geral da porcentagem de área foliar lesionada.

Genótipo	20/9/2006					
	PF ⁽⁴⁾	% AFL ⁽⁸⁾	PF	% AFL	PF	% AFL
GT04 -9062	SUP ⁽⁵⁾	0,08 A ⁽¹⁾	MED ⁽⁶⁾	0,03 AB	INF ⁽⁷⁾	0,02 A
Emgopa-313	SUP	0 A	MED	0,02 A	INF	0,22 A
MSoy-8008	SUP	0 A	MED	0,02 A	INF	0,02 A
GT04-8901	SUP	0,02 A	MED	0,05 AB	INF	0,35 AB
MSoy-8585	SUP	0 A	MED	0,02 A	INF	0 A
MSoy-8001	SUP	0,02 A	MED	0,05 AB	INF	0 A
MSoy-8787	SUP	0 A	MED	0,08 AB	INF	0,10 A
GT04-7643	SUP	0 A	MED	0,03 AB	INF	0 A
GT04-9180	SUP	0 A	MED	0,02 A	INF	0 A
MSoy-8866	SUP	0 A	MED	0,33 B	INF	1,0 B
Média		0,01		0,07		0,17
Estádio fenológico		R2/R3		R2/R3		R2/R3
CV (%)		48,2		23,6		20,9
DMS ⁽³⁾		0,110 ns ⁽²⁾		0,302 s		0,699 s

1 - As médias seguidas da mesma letra não diferem entre si, ao nível de 5%, pelo teste de Tukey. 2 – Não significativo (ns) e significativo (s). 3 – Diferença mínima significativa. 4 – Posição da folha; 5 – Parte superior; 6 – Parte média; 7 – Parte inferior. 8 – porcentagem de área foliar lesionada (% AFL).

Tabela 13 – Avaliação da reação dos genótipos de soja à ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) ao longo do estágio de desenvolvimento da planta em cultivo de casa de vegetação (safra 2007), determinado pela quantificação da média geral da porcentagem de área foliar lesionada.

Genótipo	Média da % AFL ⁽⁴⁾ por <i>P. pachyrhizi</i>							
	1/6/2007	6/6/2007	13/6/2007	25/6/2007	5/7/2007	11/7/2007	17/7/2007	23/7/2007
GT04 -9062	0 A ⁽¹⁾	0,08 A	0,05 A	0,32 A	1,18 A	0,99 A	0,76 A	2,67 A
Emgopa-313	0 A	0,03 A	0,03 A	0,30 A	0,57 A	0,64 A	0,87 AB	3,91 A
GT04-7643	0 A	0 A	0,11 AB	0,46 A	0,68A	1,59 A	4,44 AB	7,48 AB
GT04-9180	0 A	0,28 A	0,13 AB	0,73 A	1,93 A	1,12 A	2,60 AB	5,92 AB
MSoy-8001	0 A	0,17 A	0,27 AB	0,21 A	0,65 A	0,90 A	1,40 AB	5,88 AB
MSoy-8866	0 A	0,17 A	0,39 AB	0,70 A	1,80 A	2,63 A	8,65 B	6,34 AB
MSoy-8008	0 A	0,02 A	0,47 AB	0,41 A	1,10 A	2,03 A	3,30 AB	7,24 AB
MSoy-8585	0 A	0,02 A	0,71 AB	1,03 A	1,46 A	1,48 A	4,52 AB	4,77 AB
GT04-8901	0 A	0,06 A	0,74 AB	0,43 A	0,92 A	2,18 A	5,71 AB	5,91 AB
MSoy-8787	0 A	0,27 A	1,56 B	0,72 A	1,82 A	3,66 A	5,66 AB	12,34 B
Média	0	0,11	0,45	0,53	1,21	1,72	4,53	6,25
Estádio fenológico	V8/R1	R1/R2	R2/R3	R4/R5	R5/R6	R6/R7	R7/R8	R8
CV (%)	.	44,9	30,5	28,3	19,9	24,4	19,5	11,6
DMS ⁽³⁾	.	0,525 ns ⁽²⁾	1,456 s	1,604 ns	2,571 ns	4,495 ns	7,883 s	7,766 s

1 - As médias seguidas da mesma letra não diferem entre si, ao nível de 5%, pelo teste de Tukey. 2 – Não significativo (ns) e significativo (s). 3 – Diferença mínima significativa. 4 - porcentagem de área foliar lesionada (% AFL)

Tabela 14 - Avaliação da reação dos genótipos de soja à ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) ao longo de três estádios fenológicos da planta em cultivo de casa de vegetação (safra 2007), observando a interação genótipo e número de aplicação de fungicida (Epoconazole + Piraclostrobina), através da quantificação da média geral da porcentagem de área foliar lesionada.

Genótipo	NAF ⁽⁴⁾	Média da % AFL ⁽⁵⁾			NAF	Média da % AFL			NAF	Média da % AFL		
		13/6/07	17/7/2007	23/7/07		13/6/07	17/7/07	23/7/07		13/6/07	17/7/07	23/7/07
GT04 -9062	0	0 A ⁽¹⁾	1,36 A	3,02 A	Pré-inoculação	0,15 A	0,46 A	4,17 A	Pós-inoculação	0 A	0,47 A	1,58 A
Emgopa-313	0	0,07 A	1,17 A	5,65 A	Pré-inoculação	0,03 A	0,91 A	3,97 A	Pós-inoculação	0 A	0,53 A	1,82 A
MSoy-8008	0	1,02AB	6,16 A	18,33 BC	Pré-inoculação	0,37 A	2,50 A	1,82 A	Pós-inoculação	0,03 A	1,24 A	3,37 A
GT04-8901	0	0,75 AB	14,68 AB	11,38 AB	Pré-inoculação	0,08 A	0,44 A	2,08 A	Pós-inoculação	1,38 A	2,01 A	3,72 A
MSoy-8585	0	1,72 AB	11,88 AB	9,78 AB	Pré-inoculação	0,18 A	1,08 A	2,70 A	Pós-inoculação	0,22 A	0,58 A	2,12 A
MSoy-8001	0	0,65 AB	3,35 A	8,02 A	Pré-inoculação	0,12 A	0,44 A	4,53 A	Pós-inoculação	0,05 A	0,40 A	0,82 A
MSoy-8787	0	3,75 B	15,29 AB	23,61 C	Pré-inoculação	0,57 A	0,56 A	10,88 A	Pós-inoculação	0,37 A	1,13 A	2,52 A
GT04-7643	0	0,20 A	9,94 AB	18,07 BC	Pré-inoculação	0,12 A	1,00 A	0,67 A	Pós-inoculação	0 A	5,32 A	4,27 A
GT04-9180	0	0,03 A	1,92 A	3,77 A	Pré-inoculação	0,27 A	0,56 A	8,60 A	Pós-inoculação	0,10 A	2,38 A	5,38 A
MSoy-8866	0	0,63 AB	22,33 B	9,68 AB	Pré-inoculação	0,48 A	0,61 A	5,97 A	Pós-inoculação	0,05 A	3,01 A	5,08 A
Média		0,88	8,81	11,13		0,24	0,86	4,54		0,22	1,71	3,07
Estádio fenológico		R2/R3	R7/R8	R8		R2/R3	R7/R8	R8		R2/R3	R7/R8	R8
CV (%)		19,3	9,0	4,40		25,6	16,9	18,4		49,6	17,7	13,4
DMS ⁽³⁾		3,357 s ⁽²⁾	15,67 s	9,797 s		1,194 ns	2,855 ns	16,45 ns		2,149 ns	5,964 ns	8,113 ns

1 - As médias seguidas da mesma letra não diferem entre si, ao nível de 5%, pelo teste de Tukey. 2 - Não significativo (ns) e significativo (s). 3 - Diferença mínima significativa.

4 - Número de aplicação de fungicida. 5 - porcentagem de área foliar lesionada (% AFL).

Tabela 15 – Avaliação da reação de genótipos à ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) em folíolos destacados de soja em condição de laboratório, determinado pela quantificação da média geral da porcentagem de área foliar lesionada de um período de 35 dias após observação dos primeiros sinais do patógeno.

Genótipos	Média da % AFL ⁽⁴⁾ por <i>P. pachyrhizi</i>	
	Experimento I	Experimento II
Emgopa-313	0,01 A ⁽¹⁾	0,11 A
GT04 -9062	0,07 A	0,16 A
MSoy-8866	0,17 A	0,85 AB
GT04-9180	0,20 A	1,29 AB
GT04-8901	0,77 AB	1,41 AB
MSoy-8585	1,98 B	2,13 B
MSoy-8008	2,04 B	4,51 C
GT04-7643	2,11 B	1,26 AB
MSoy-8787	4,76 C	2,28 B
Média	1,34	1,56
CV (%)	17,0	16,0
DMS ⁽³⁾	1,684 s ⁽²⁾	1,831 s

1 - As médias seguidas da mesma letra não diferem entre si, ao nível de 5%, pelo teste de Tukey. 2 – Não significativo (ns) e significativo (s). 3 – Diferença mínima significativa. 4 – porcentagem de área foliar lesionada (% AFL).

Capítulo III

Artigo II

Varição aérea sazonal e horária de urediniósporos de *Phakopsora pachyrhizi* ao longo do ciclo cultural da soja

Lima, M. A.¹ e Blum, L. E. B.²

¹Doutor em fitopatologia da Universidade de Brasília- UNB. marcelloarrais@yahoo.com.br.

²Professor adjunto do departamento de fitopatologia da Universidade de Brasília- UNB. luizblum@unb.br.

Lima, M. A. e Blum, L. E. B. Variação aérea sazonal e horária de urediniósporos de *Phakopsora pachyrhizi* ao longo do ciclo cultural da soja. (2009).

Resumo

A ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) é uma doença destrutiva da cultura da soja. Há poucas informações quanto à produção de inóculo do patógeno liberado ao longo do ciclo da cultura da soja no Brasil. Os objetivos do trabalho foram: avaliar o progresso da doença em campo de soja associados às condições ambientais correlacionando-as à variação temporal de urediniósporos coletados no ar e determinar a influência do ambiente na infecção causada por *P. pachyrhizi*. A determinação da variação temporal de esporos foi feita através da utilização de uma armadilha caça-esporos de sete dias ('Burkard'). Houve grande variação na quantidade de esporos coletados entre janeiro e fevereiro de 2007 e de 2008. A maior liberação dos esporos ocorreu quando as plantas atingiram o estágio fenológico R6. A captura dos urediniósporos realizada pela armadilha foi maior no período das 11:00 às 19:00 h. As variações climáticas medidas nesse estudo correlacionaram significativamente com o processo de liberação do inóculo e com a porcentagem de área foliar lesionada. E a liberação de esporos ao longo do ciclo da planta, correlacionou significativamente com o aumento da doença em campo. Além disso, o clima influenciou na porcentagem de infecção nas diferentes posições das folhas ao longo da copa da planta.

Palavra chave: Fatores climáticos, monitoramento, burkard, estágio fenológico.

Lima, M. A. e Blum, L. E. B. Air time and seasonal variation of urediniospores of *Phakopsora pachyrhizi* during the cycle of soybean. (2009).

Abstract

The Asian rust (*Phakopsora pachyrhizi*) is one of the most destructive diseases of soybean in Brazil. The dispersal of this microorganism reflects the emergence of diseases, leading to up to 100% loss in production, particularly when climate variables favour the development of the pathogen in agricultural regions. Despite its importance little is known about the inoculum production dynamics of pathogen throughout the soybean cycle in Brazil. The objectives of this study were: to assess disease progress in the soybean field associated with the environmental conditions correlated with temporal variation of urediniospores collected in air and to determine the influence of the environment on the infection caused by *P. pachyrhizi* in different positions of the soybean plant canopy. Temporal variation of spores was determined using a Burkard spore-trap game. Large variation in number of spores were found in January and February for two harvestings. The largest spores release occurred when the plants reached the R6 developmental stage. Capture of urediniospores by Burkard was highest in the period from 11:00 to 19:00 h. The variation in climate measured in this study was significantly correlated with the process of inoculum release and the percentage of leaf area injured. The release of spores over the plant cycle significantly correlated with the increase of disease in the field. Moreover, the climate influenced in the percentage of infected leaves at different positions along the crown of the plant.

Key words: Environmental conditions, monitoring, Burkard, phenological stage.

1 - INTRODUÇÃO

A ferrugem na soja (*Glycine max* L.) é causada por duas espécies de *Phakopsora* (Ono *et al.*, 1992). A primeira, *P. meibomiae* Arthur (Arthur) é conhecida como ‘ferrugem americana’. Teve seu primeiro relato no ano de 1979 no Brasil, mas inicialmente foi confundida em função da planta hospedeira como *P. pachyrhizi* (Deslandes, 1979). Segundo Carvalho e Figueiredo (2000), até o ano de 1979, o fungo *P. meibomiae* era a única espécie de ferrugem existente de ocorrência endêmica na América, sendo considerada menos agressiva e de fácil adaptação em temperaturas amenas. A segunda espécie, *P. pachyrhizi* Syd. and P. Syd., agente causal da ‘ferrugem asiática’, é uma destrutiva doença foliar encontrada nas regiões produtoras de soja em todo o mundo, devido a sua agressividade e a não limita-se a um só continente (Yang, 1991; Killgore & Heu, 1994; Yorinori *et al.*, 2005; Isard *et al.*, 2006).

Desde sua entrada no Brasil na safra 2001 a partir da fronteira com o Paraguai, a ferrugem asiática dispersou-se para todas as regiões que detém o cultivo da soja no país e a partir desse período foram observados prejuízos crescentes e agravados por cultivos de entressafras que propiciaram o aumento do inóculo (Yorinori *et al.*, 2004). Provavelmente, essa dispersão ocorreu através das rajadas de ventos existentes nas proximidades de ambos os países e as condições climáticas existentes na região favoreceram o desenvolvimento, estabelecimento e a rápida disseminação do patógeno.

Os sintomas são inicialmente observados nas folhas baixas da planta, que podem evoluir até o topo, sendo observadas em grande parte na região abaxial da folha (Sinclair & Hartman, 1999). As lesões são delimitadas pelas nervuras adjacentes no ponto de infecção e caracterizadas por pequenas manchas marrons ou marrons acinzentadas que gradualmente mudam de marrom a marrom-escuros (Marchetti *et al.*, 1975; Yang, 1991).

A ferrugem asiática é uma doença policíclica com variação de período latente entre 5 a 8 dias após a infecção. Durante as quatro primeiras semanas, toda produção de urédias causadas pela infecção do inóculo primário serão formadas, sendo o próximo ciclo causado pelo inóculo secundário completado em oito semanas e, assim, sucessivamente (Miles *et al.*, 2005). Quatorze urédias foi observado em uma única lesão e uma única urédia é capaz de produzir cerca de 2000 urediniósporos (Melching *et al.* 1979; Yeh *et al.*, 1982).

O patógeno *P. pachyrhizi* produz dois tipos de esporos um sexuado e o outro assexuado (Marchetti *et al.*, 1975; Ono *et al.*, 1992). A contribuição do primeiro tipo no processo epidemiológico ainda não é clara, mas sabe-se que pode garantir a sobrevivência do organismo em áreas onde não há a planta hospedeira e também quando as condições climáticas não são favoráveis (Yeh *et al.*, 1981; Rupe & Sconyers, 2008). Os esporos produzidos assexuadamente contribuem para o desenvolvimento da doença em plantios. Após a produção, são liberados e transportados pelo vento, sendo esse o principal mecanismo disseminador dos propágulos do fungo, e podem ser posteriormente depositados nas folhas por meio de precipitação (Isard *et al.*, 2005; Dufault *et al.*, 2007). Em contato direto com a planta, os esporos germinam, penetram e produzem novas lesões (sítios latentes), gerando assim mais esporos que atingirão outros sítios na mesma planta e nas vizinhas.

As condições climáticas influenciam diretamente no ciclo do patógeno, o que favorece o desenvolvimento da epidemia da ferrugem na soja. Segundo Del Ponte *et al.* (2006), a precipitação pluviométrica é um dos principais fatores que explica as variações da severidade da doença em condição de campo. Sabe-se que, além do ciclo de reinfecções formados pela disseminação dos urediniósporos, o local ou sítio da planta, uma vez colonizado gera novos sítios de infecção adjacentes à lesão, o qual independe da condição do clima (Melching *et al.*, 1979). Além disso, esse patógeno apresenta inúmeras plantas hospedeiras que abrigam e completam seu ciclo reprodutivo (Ono *et al.*, 1992; Jurick *et al.*, 2008).

O monitoramento do inóculo disperso pelo vento pode contribuir para compreensão do potencial risco da epidemia da ferrugem asiática durante o ciclo da cultura. Através da quantificação é possível verificar sua flutuação na estação de cultivo logo após seu estabelecimento, o que contribuirá como ferramenta no manejo da doença. Além disso, pode funcionar como uma variável no emprego de sistemas de previsão de doenças. No entanto, estudos referentes à quantificação dos urediniósporos de *P. pachyrhizi* são limitados. Sistema de modelagem aerobiológica com uso de dados meteorológicos históricos demonstrou que urediniósporos do patógeno foram capazes de permanecerem viáveis no percurso do continente sul americano para o norte americano (Isard *et al.*, 2005). Experimento de campo conduzido em Dakota do Norte (E.U.A.) com amostradores de esporos do tipo ‘rotorod’ demonstraram que a concentração de urediniósporos de *Puccinia triticina* podia variar em função da direção do vento (Friesen *et al.*, 2001). Experimento realizado no município de Costa Rica no Mato Grosso do Sul na safra 2007/08 demonstrou, que a coleta de esporos feita com o auxílio de uma armadilha do tipo caça esporo, possibilitou antecipar o controle químico da ferrugem asiática da soja de 14 a 15 dias antes do maior acúmulo dos esporos na planta (Iamamoto, 2008).

Hoje as epidemias de ferrugem asiática que ocorrem no Brasil são predominantes pela dispersão dos urediniósporos por meio do vento e a viabilidade do esporo é requisito fundamental para o sucesso da infecção do patógeno no hospedeiro. No entanto, os fatores abióticos como: temperatura, umidade relativa, radiação ultravioleta e radiação solar podem comprometer seu ciclo na planta. Estudos de viabilidade sobre o efeito da radiação em condição de campo constataram que a germinação dos urediniósporos de *P. pachyrhizi* diminuiu quando os urediniósporos foram expostos a dose de radiação solar $\geq 27.3 \text{ MJ/m}^2$ e $\geq 1,2 \text{ MJ/m}^2$ para radiação ultravioleta (Isard *et al.*, 2006). Temperaturas inferiores a 5°C e superiores a 30°C reduzem a viabilidade germinativa dos esporos (Hegde, 2002). Marchetti *et*

al. (1976), demonstraram que 6 horas de molhamento foliar é o tempo mínimo para garantir o sucesso da infecção na planta. É uma das alternativas que o patógeno encontrou para garantir sua sobrevivência devido à oscilação climática é a produção em massa de esporos. O efeito da concentração de inóculo na planta hospedeira torna-se, então, outra importante variável para determinação de uma epidemia.

No sentido de abordar estas questões, os objetivos desse trabalho foram: 1) Avaliar o progresso da doença em campo associados às condições ambientais correlacionando-as à variação temporal de urediniosporos coletados no ar. e 2) Determinar a influência do ambiente na infecção causada por *P. pachyrhizi*.

2 - MATERIAL E MÉTODOS

2.1 - Local da execução dos experimentos

Os ensaios experimentais foram conduzidos na Estação Experimental de Biologia da Universidade de Brasília, Brasília, DF. As coordenadas do local são 15°44'07.59" de latitude Sul e 47°52'56.75" de longitude Oeste e uma altitude média de 1009 m.

2.2 - Avaliação do progresso da doença em campo, às condições ambientais associadas e à variação temporal de urediniosporos coletados no ar

2.2.1 – Informações gerais

Antes do plantio, a acidez do solo foi corrigida com aplicações de calcário dolomítico

segundo recomendações técnicas (Embrapa, 2006). O preparo do solo foi feito com uma aração e duas gradagens na área. A formulação da adubação mineral utilizada foi a 4-30-16 (NPK) de acordo com as recomendações técnicas (Embrapa, 2006). As sementes foram plantadas manualmente a uma profundidade de 4 ± 2 cm. A população das plantas de soja dos genótipos foi de 250000 pl/ha e o espaçamento entre linhas de 50 cm. O plantio do primeiro experimento foi feito no dia 18/10/2006 e os tratamentos aplicados nos dias 30/11 e 8/12/2006. O plantio do segundo experimento foi feito no dia 30/10/2007 e os tratamentos aplicados nos dias 27/12/2007, 12/1 e 28/1/2008. Após a germinação até o período de colheita da cultura foram feitos controles químicos de eventuais pragas e capinas manuais de plantas invasoras.

Para avaliar a variação temporal de urediniósporos de *P. pachyrhizi* e o progresso da doença da ferrugem em campo foi feito um plantio de soja em uma área aproximada de 660 m² com dez diferentes genótipos em avaliação (Tabela 1).

O delineamento experimental para avaliação dos genótipos (dados não apresentados) foi em blocos ao acaso em esquema fatorial com 10 genótipos repetidos 6 vezes. As parcelas foram compostas com largura de 2,5 m e comprimento de 3 m e 5 linhas de plantio. O espaçamento entre parcelas no corredor foi de 1,5 m e 1 m delimitou uma parcela da outra dentro do bloco. No primeiro experimento utilizou-se um tratamento químico para controle da ferrugem com 0, 1 e 2 aplicações (dois blocos sem aplicação de fungicida; dois blocos com uma aplicação de fungicida e dois blocos com duas aplicações de fungicida) e no segundo experimento 0, 2 e 3 aplicações (dois blocos sem aplicação de fungicida; dois blocos com duas aplicação de fungicida e dois blocos com três aplicações de fungicida). Foram utilizados respectivamente nos experimentos os fungicidas Tetraconazole (Domark 100 CE) e Epoxiconazole + Piraclostrobina (Opera®) com doses comerciais de aplicação de 0,5 L/ha. A aplicação dos fungicidas foi feita com pulverizador costal (20L) a partir da constatação da

doença (Tetraconazole em 29/11/06 e 10/1/07; Epoxiconazole em 27/12/07, 12/1/08 e 28/1/08)(Anvisa, 2008). O início do aparecimento dos sinais do patógeno foi detectado respectivamente em ambos os experimentos nos estádios fenológicos vegetativos V3/V4 e V7/V8 nas folhas unifolioladas. Quando necessário foi utilizado irrigação por aspersão.

2.2.2 - Variação temporal de urediniósporos de *P. pachyrhizi* no ar

A determinação da variação temporal de esporos foi feita através da utilização de uma armadilha caça-esporos de sete dias, da marca Burkard (Burkard Scientific Instruments, Rickmansworth, Herts., U.K.). A armadilha foi acoplada sobre suporte metálico, de modo que o orifício coletor ficou posicionado a 1,90 m de altura do solo. A taxa de sucção de ar foi de 10 l/min.

Dentro do aparelho, um tambor de alumínio girando a uma velocidade de 2 mm/h, o qual continha uma fita adesiva coberta com uma fina camada de graxa de silicone foi colocada ao seu redor para a captura dos urediniósporos. A fita adesiva ajustada ao tambor da armadilha foi substituída semanalmente.

Leituras diárias e horárias do número de urediniósporos capturados foram feitas a cada sete dias, mediante a montagem de sete lâminas para microscopia (uma para cada dia da semana), com pedaço de 48 mm de fita adesiva contida no tambor por lâmina. Em cada 2 mm da fita (1 hora de coleta) foi observado o número de urediniósporos ao microscópio ótico no aumento de 400x e os valores da contagem registrados a cada hora. Foi quantificado o número de esporos coletados por hora e por dia da semana e a concentração diária de urediniósporos/m³ de ar, conforme a metodologia executada por Lima *et al.* (2009). A armadilha foi colocada no centro do plantio de cada experimento.

2.2.3 – Avaliação das plantas infectadas por *P. pachyrhizi* ao longo do ciclo da cultura

Os experimentos de campo foram monitorados pela presença da ferrugem, através de observações com auxílio de uma lupa de bolso que ampliou o campo visual com aumento de 20x. Esse procedimento foi executado até o estágio fenológico V6 das plantas (6º nó do trifólio completamente desenvolvido acima do 5º nó), período no qual houve grande disposição de massa foliar. Após o estágio fenológico V6 foram avaliadas três folhas com desenvolvimento completo, correspondentes aos terços inferiores, médios e superiores da planta, conforme ilustrado por Yang (1991), escolhidas e destacados ao acaso nas três linhas internas do plantio de cada linhagem dentro da parcela. Em seguida, as folhas foram acondicionadas em sacolas de papel demarcadas e levadas ao laboratório para análise. Esse procedimento foi necessário devido à dificuldade de visualização em campo proporcionado pela densidade populacional de plantas que causou um fechamento foliar provocado pela massa vegetativa. Notas de severidade foram estimadas pela porcentagem de área foliar lesionada (% AFL) de cada folíolo analisado visualmente com auxílio de um microscópio estereoscópico. No caso de diagnose duvidosa, foram montadas lâminas para exame ao microscópico.

As análises visuais em campo para o primeiro experimento foram efetuadas nos dias 22/11, 29/11, 6/12, 18/12/2006, 10/1, 17/1 e 28/1/2007. No segundo experimento foram 18/12, 26/12/2007, 5/1, 11/1, 17/1, 23/1, 1/2, 12/2 e 22/2/2008.

2.3 - Registro e coleta das variáveis climáticas

No centro do plantio de cada ano experimental foi instalada uma estação meteorológica (METOS COMPACT, Pessel instruments) dotada dos sensores: temperatura

(°C) e umidade relativa do ar (%) (Temperature and Relative Humidity Probe Modelo A660610), que registrou as média, máxima e mínima horárias de temperaturas e umidade relativas do ar; precipitação pluviométrica (mm) (Tipping Bucket Rain Modelo M523CD); molhamento foliar (minutos) (leaf wetness sensors Model IM521CD), que registrou o impulso dos sinais elétricos medidos em minutos, através do curto proporcionado pela absorção da umidade feita por um papel preso ao aparelho. Os sensores eletrônicos foram conectados a uma estação coletora automática de dados (METOS COMPACT), sendo os dados armazenados no próprio aparelho que teve como fonte de energia por meio de baterias de 24 V alimentadas por uma placa solar que foi posicionada no sentido leste-oeste. A coleta dos dados foi feita através da transferência das informações contidas na plataforma de dados para um computador portátil.

2.4 – Análise estatística

Foram efetuados testes de correlação entre a variação temporal de urediniósporos de *P. pachyrhizi*, severidade das folhas infectadas e as variáveis climáticas, por meio do coeficiente de correlação de Spearman. O número de esporos de um dado dia foi correlacionado juntamente com a porcentagem de área foliar lesionada e às variáveis climáticas medidas no mesmo dia, bem como aos valores dos dias anteriores, por até 10 dias que antecederam à data inicial de avaliação. Este procedimento foi denominado defasagem de 0, 2, 3,... até 9 dias. Todas as análises foram executadas com o auxílio do programa estatístico SAS System v. 9.0.

3 – RESULTADOS

Urediniósporos de *P. pachyrhizi* foram observados ao longo da maior parte do ciclo da cultura de soja nos dois anos consecutivos de plantio. No primeiro experimento (2006/07) a captura do inóculo ocorreu aos 27 dias após o plantio e a quantidade do inóculo no ar começou a aumentar quando as plantas atingiram o estágio fenológico V8/R1. O pico de coleta atingiu ponto máximo quando as plantas estavam em R6/R7. Em seguida, a queda expressiva do inóculo capturado pela armadilha mecânica foi constatada possivelmente pela perda de massa foliar observada na cultura (Figura 1A).

No segundo experimento (2007/08), a captura do inóculo iniciou-se aos 28 dias após o plantio e o aumento da quantidade do inóculo ocorreu quando as plantas atingiram o estágio fenológico R2/R3. O pico da concentração de esporos capturados ocorreu quando as plantas atingiram o mesmo estágio fenológico do primeiro experimento, culminando com sua queda após essa observação (Figura 1B).

Em ambos os experimentos a mesma tendência da captura de urediniósporos do patógeno ao longo do dia foram observados pela quantificação da amostragem feita pela armadilha Burkard (Figura 2). Na safra 2006/07 o período das 11:00 às 19:00 h proporcionou maior quantidade de inóculo disperso pelo ar com 64% de urediniósporos capturados (Figura 2A). O maior pico ocorreu às 15:00 h com média de 117 esporos m^{-3} (Figura 2A). Na safra 2007/08 o período das 10:00 às 17:00 h foi o que proporcionou maior inóculo disperso pelo ar com 67% de urediniósporos capturados (Figura 2B). O maior pico ocorreu às 15:00 h com média de 91,1 esporos m^{-3} (Figura 2B).

A defasagem de 5 a 9 dias ao longo de cada hora do dia foram realizadas devido à necessidade de verificar o efeito do número de esporos capturados sobre a doença durante o

ciclo da cultura (Tabelas 2 e 3). Na safra 2006/07, o quinto dia de defasagem que antecedeu a análise da severidade foi constatado correlação positiva para às 2, 5, 8, 10, 14 e 17 h que os urediniósporos possivelmente tiveram maiores chances de causarem infecção nas plantas. No sexto dia, as 0, 14 e 16 h foram as que representaram correlação positiva. No sétimo dia de defasagem, foi observada correlação positiva para às 13, 14, 16, 17 e 20 h. Correlação positiva também foi observada no oitavo dia às 9, 10, 14, 15, 16 e 17 h. E no nono dia, correlação positiva foi verificada em 1, 10, 12 e 16 h (Tabela 2).

Na safra 2007/08, correlações positivas significativas foram observadas nas 24 horas do quinto dia de defasagem. A exceção da oitava, décima oitava, vigésima e vigésima primeira hora do sexto dia de defasagem, correlações positivas significativas foram constatadas nas demais horas. Os intervalos de duas a quatro horas e de sete às vinte e três horas do sétimo dia de defasagem demonstraram correlações positivas significativas. No oitavo dia de defasagem às duas horas da manhã foi o único período, onde não foi observado nenhuma correlação significativa na relação esporo-severidade. O nono dia de defasagem demonstrou correlação significativa as zero e duas horas e no intervalo compreendido das sete às vinte e três horas desse dia (Tabela 3).

Na safra 2006/07, nenhuma correlação foi observada entre o número de urediniósporos de *P. pachyrhizi* capturado pela armadilha Burkard com a temperatura máxima. Entretanto, a temperatura mínima demonstrou correlação positiva ($r = 0,23$ a $0,37$) em todos os nove dias da defasagem. O mesmo acontecendo com a temperatura média ($r = 0,21$ a $0,25$). Correlação positiva também foi verificada em relação à umidade relativa máxima nos dias de defasagem 0 ($r = 0,17$), 1 ($r = 0,16$), 6 ($r = 0,18$), 7 ($r = 0,19$), 8 ($r = 0,18$;) e 9 ($r = 0,19$). Para umidade relativa mínima ($r = 0,20$ a $0,30$) e umidade relativa média ($r = 0,21$ a $0,30$) todos os nove dias de defasagem demonstraram correlação positiva. O tempo de molhamento foliar demonstrou correlação positiva em todos os nove dias de defasagem ($r = 0,32$ a $0,45$). À exceção dos dias

de defasagem 2 e 3 os demais dias apresentaram correlação positiva ($r = 0,17$ a $0,26$) entre o número de urediniósporos e a precipitação pluviométrica (Tabela 4).

Na safra 2007/08, nenhuma correlação foi observada entre o número de urediniósporos de *P. pachyrhizi* capturado pela armadilha Burkard com as temperaturas máxima e média. Porém, a temperatura mínima demonstrou correlação positiva nos dias de defasagem 6 ($r = 0,17$), 8 ($r = 0,18$) e 9 ($r = 0,18$). Correlação positiva foi verificada para umidade relativa máxima nos nove dias de defasagem ($r = 0,26$ a $0,40$). O mesmo acontecendo para umidade relativa mínima ($r = 0,23$ a $0,34$), umidade relativa média ($r = 0,28$ a $0,38$) e o tempo de molhamento foliar ($r = 0,30$ a $0,38$). Correlação negativa ($r = - 0,30$ a $0,38$) foi verificada entre o número de urediniósporos e a precipitação pluviométrica para os nove dias de defasagem desse experimento (Tabela 4).

Correlações entre as variáveis climáticas e o cumulativo da severidade médias foram observadas nas folhas de soja completamente desenvolvidas ao longo do dossel das plantas no decorrer dos seus estádios fenológicos (Tabelas 5, 6, 7, 8, 9 e 10). Na safra 2006/07, a porção superior do dossel das plantas de soja, nenhuma correlação foi observada nos estádios fenológicos V2/V3 e V3/V4 para os nove dias de defasagem em relação à temperatura máxima ($T_{máx}$), temperatura mínima ($T_{mín}$), temperatura média ($T_{méd}$), umidade relativa máxima ($UR_{máx}$), umidade relativa mínima ($UR_{mín}$), umidade relativa média ($UR_{méd}$), molhamento foliar (MF) e precipitação pluviométrica (PP). Quando as plantas atingiram os estádios de desenvolvimento V4/V5 nenhuma correlação foi observada para $T_{máx}$, $T_{mín}$, $T_{méd}$, $UR_{mín}$, MF e PP. Porém, correlações positivas ($r = 1,0$) foram observadas nos períodos de defasagens de um e cinco dias para a $UR_{máx}$ e um dia para a $UR_{méd}$. No estágio fenológico V6/V7 nenhuma correlação foi observada para $UR_{máx}$. Correlações positivas ($r = 1,0$) foram observadas no oitavo dia da defasagem para a $T_{máx}$, sexto dia para a $T_{mín}$, $UR_{mín}$, $UR_{méd}$ e PP e sexto e nono dia para o tempo de MF. No entanto, foram também

observadas nessa avaliação correlações negativas ($r = -1,0$) no sexto dia de defasagem para a $T_{máx}$ e $T_{méd}$ e sétimo dia para a $UR_{mín}$. No estádio R4/R5 nenhuma correlação foi observada para $T_{méd}$, $UR_{máx}$ e $UR_{mín}$. No entanto, correlações positivas foram constatadas no oitavo dia de defasagem para a $T_{máx}$ ($r = 1,0$), sexto dia para $T_{mín}$ ($r = 1,0$), primeiro dia para a $UR_{méd}$ ($r = 0,90$), sexto e nono dia para o tempo de MF ($r = 1,0$) e quarto dia para a PP ($r = 0,98$). No estádio R5/R6 nenhuma correlação foi observada para $T_{máx}$, $T_{méd}$, $T_{mín}$, $UR_{máx}$, $UR_{mín}$ e $UR_{méd}$. Contudo, correlações positivas foram verificadas no sexto dia de defasagem para o tempo de MF ($r = 0,90$) e primeiro e segundo dia para a PP ($r = 0,81$). Em R7/R8 nenhuma correlação foi observada para $T_{máx}$, $T_{mín}$, $T_{méd}$, $UR_{máx}$, $UR_{mín}$ e MF. Entretanto, correlações positivas foram verificadas no sétimo ($r = 0,81$) e oitavo ($r = 0,87$) dias de defasagem para $UR_{méd}$ e no nono dia para a PP ($r = 0,83$) (Tabela 5).

Os mesmos resultados obtidos nos testes de correlação verificados na parte superior do dossel da planta de soja na safra 2006/07 foram constatados para o cumulativo da severidade média observado na posição mediana e as variáveis climáticas (Tabela 6). Entretanto, a posição inferior mostrou, à exceção do estádio de desenvolvimento R7/R8, diferenças em alguns pontos na interação com as variáveis climáticas testadas (Tabela 7). No estádio fenológico V3/V4, período no qual foram constatados os primeiros sinais da doença, nenhuma correlação foi observada para $T_{máx}$, $T_{méd}$, $UR_{máx}$, $UR_{mín}$, $UR_{méd}$, MF e PP. Correlação positiva ($r = 1,0$) foi verificada para a $T_{mín}$ a um dia de defasagem. Quando as plantas atingiram os estádios de desenvolvimento V4/V5 nenhuma correlação foi observada para $T_{mín}$, $T_{méd}$, $UR_{máx}$ e $UR_{méd}$. Porém, correlações positivas ($r = 1,0$) foram observadas nos períodos de defasagem de zero e dois dias para o tempo de MF e um e dois dias para a PP. Foi observado também correlação negativa ($r = -1,0$) no dia zero de defasagem para a $T_{máx}$ e $UR_{mín}$. No estádio V6/V7 a única diferença observada da posição superior e mediana do dossel foi no dia zero de defasagem para o tempo de MF que obteve correlação positiva ($r =$

1,0). Já em R4/R5 as diferenças observadas foram a não constatação de correlação com a URméd e correlação positiva ($r = 0,90$) no dia zero de defasagem para a Tmín e MF bem como para o quarto dia para a PP. Em R5/R6, as diferenças encontradas foram no primeiro e segundo dia de defasagem para a PP, no qual a correlação foi positiva ($r = 0,83$).

Na safra 2007/08, nenhuma correlação foi observada entre o cumulativo da severidade média na porção superior do dossel das plantas de soja no decorrer dos estádios fenológicos V6/V7, V7/V8, V8/R1, R1/R2 e R2/R3 para os nove dias de defasagem em relação Tmáx, Tmín, Tméd, URmáx, URmín, URméd, MF e PP. No estágio de desenvolvimento R3/R4 verificou-se que a URmáx foi a única variável que apresentou correlação positiva ($r = 1,0$) para o dia um de defasagem. Em R4/R5, nenhuma correlação foi observada para Tmín, URmáx, URmín e PP. Entretanto, correlações positivas foram constatadas ao zero dia de defasagem para o tempo de MF ($r = 0,79$), quarto dia para URméd ($r = 0,76$) e nove dias para Tmáx ($r = 0,79$) e Tméd ($r = 0,76$). Correlações negativas também foram encontradas aos zero ($r = -0,76$) e quatro ($r = -0,80$) dias de defasagem para a Tméd. No estágio R5/R6, nenhuma correlação foi observada para Tmáx, Tmín, URmín e PP. Correlações positivas foram observadas no primeiro dia de defasagem ($r = 0,72$) para a URmáx, e quinto dia para URméd ($r = 0,79$) e no tempo de MF ($r = 0,71$). Ainda nesse estágio fenológico correlação negativa ($r = -0,85$) foi verificada no quarto dia de defasagem para a Tméd. No estágio fenológico R7/R8, nenhuma correlação foi observada para Tmáx, Tmín, URmáx e URmín. Porém, correlações positivas foram verificadas no quinto dia de defasagem para a URméd ($r = 0,83$) e quarto ($r = 0,68$) e quinto ($r = 0,64$) dia para o tempo de MF. Correlações negativas também foram verificadas no quinto dia de defasagem para a Tméd ($r = -0,69$) e zero ($r = -0,67$) e um ($r = -0,80$) dia para a PP. Em R8, nenhuma correlação foi observada para Tmín, URmáx e URmín. Contudo, correlações positivas foram constatadas no quarto e quinto dia ($r = 0,71$) de defasagem respectivamente para o tempo de MF e URméd e sétimo dia ($r = 0,66$) para a

Tmáx. Ainda nesse avaliação foram observadas correlações negativas nos dias de defasagem zero ($r = -0,74$), um ($r = -0,82$) e três ($r = -0,66$) para a PP e quinto dia para a Tméd ($r = -0,77$) (Tabela 8).

Houveram diferenças, com exceção do estágio fenológico V6/V7, nos valores de correlação entre o cumulativo da severidade média e as variáveis climáticas na posição média do dossel da planta em relação à posição superior para a safra 2007/08 (Tabela 9). No estágio V6/V7, nenhuma correlação foi observada para os nove dias de defasagem em relação Tmáx, Tmín, Tméd, URmáx, URmín, URméd, MF e PP. O estágio de desenvolvimento V7/V8 nenhuma correlação foi observada para a Tmáx, Tmín, Tméd, URmáx, URmín e URméd. No entanto, correlações positivas ($r = 1,0$) foram confirmadas no segundo e oitavo dia de defasagem para o tempo de MF e sétimo dia de defasagem para a PP. No estágio V8/R1, correlações positivas ($r = 1,0$) foram constatadas no terceiro dia de defasagem para a Tméd, oitavo dia para a URmáx, segundo, quinto, sétimo e nono dia para a URmín, segundo, quinto, sexto, sétimo e oitavo dia para URméd, segundo e sexto dia para o tempo de MF e primeiro e segundo dia para a PP. Foram demonstrados também nessa avaliação correlações negativas ($r = -1,0$) no segundo, sétimo e nono dia de defasagem para a Tmáx, segundo, sexto, oitavo e nono dia para a Tméd e terceiro dia para o tempo de MF e PP. Ainda nesse estágio, nenhuma correlação foi encontrada com os dados de Tmín. Em R1/R2, nenhuma correlação foi observada para a Tmín, URmáx e PP. Porém, correlações positivas ($r = 1,0$) foram demonstradas no segundo dia de defasagem para a URmín, URméd e MF. Correlações negativas ($r = -1,0$) foram verificadas no segundo dia de defasagem para a Tmáx e Tméd. No estágio fenológico R2/R3, não foram observadas correlações com a Tméd, MF e PP. Entretanto, correlações positivas foram constatadas para a URmáx ($r = 0,89$) no segundo, oitavo e nono dia de defasagem ($r = 0,90$) respectivamente para a URméd e URmín. Também foi verificado correlações negativas ($r = -0,90$) no nono dia de defasagem para a Tmáx e

segundo dia para a Tmín. No estágio R3/R4 não foram observadas correlações com a Tmín, Tméd, URmín, URméd, MF e PP. No entanto, correlações positivas foram verificadas no primeiro dia de defasagem para a Tmáx ($r = 0,87$) e segundo dia para a URmáx ($r = 0,88$). Ainda nessa avaliação, correlação negativa ($r = -0,85$) pôde ser constatada no quarto dia de defasagem para a URmáx. Em R4/R5, dentre as variáveis climáticas testadas, somente a URmáx correlacionou positivamente ($r = 0,90$) com o cumulativo da severidade média no segundo dia de defasagem e negativamente ($r = -0,84$) no quarto dia. Em R5/R6, nenhuma correlação foi observada para a Tmáx, Tmín, URmín, URméd, e PP. Contudo, correlações positivas foram verificadas no segundo dia de defasagem para a URmáx ($r = 0,82$) e quinto dia para o tempo de MF ($r = 0,78$). Correlação negativa também foi verificada no quarto dia de defasagem para a Tméd ($r = -0,71$) e URmáx ($r = -0,74$). Em R7/R8, não foram observadas correlações com a Tmáx, Tméd e URmín. Porém, correlações positivas foram determinadas no segundo dia de defasagem para a Tmáx ($r = 0,75$) e quinto dia para a URméd ($r = 0,74$) e para o tempo de MF ($r = 0,70$). Ainda nesse estágio foi observados correlação negativa no segundo dia de defasagem para a Tmín ($r = -0,72$) e no dia zero para a PP ($r = -0,75$). Por fim, no estágio R8, nenhuma correlação foi observada com a Tmáx e URmín. Entretanto, correlações positivas foram constatadas no segundo dia de defasagem para a URmáx ($r = 0,69$), quarto dia para o tempo de MF ($r = 0,63$) e quinto dia para a URméd ($r = 0,65$). Determinou-se também nessa avaliação correlações negativas no segundo dia de defasagem para a Tmím ($r = -0,80$), quarto dia para a URmáx ($r = -0,66$), quinto dia para a Tméd ($r = -0,70$) e no dia zero ($r = -0,79$), um ($r = -0,67$) e três ($r = -0,64$) para a PP (Tabela 9).

Os mesmos resultados obtidos nos testes de correlação verificados na posição mediana do dossel da planta de soja na safra 2007/08 foram constatados para a posição inferior das folhas (Tabela 10).

Correlações entre a flutuação de urediniósporos de *P. pachyrhizi* e o cumulativo da

severidade média foram observadas nas folhas de soja completamente desenvolvidas ao longo do dossel das planta no decorrer dos seus estádios fenológicos para as safras 2006/07 e 2007/08 (Tabela 11 e 12).

Após a confirmação da doença em campo no estágio fenológico V3/V4 na safra 2006/07, nenhuma correlação significativa foi observada entre os urediniósporos capturados pela armadilha mecânica Burkard e o cumulativo da severidade média para os nove dias de defasagem nessa data (Tabela 11). No entanto, no estágio de desenvolvimento V4/V5, foi observado correlação positiva significativa ($r = 1,0$) nos dias de defasagens dois, três e quatro. O mesmo aconteceu para o nono dia de defasagem do estágio V6/V7. Em R4/R5, correlação positiva significativa foi verificada nos dias de defasagem zero, dois e quatro com mesmos valores ($r = 0,90$) e no nono dia ($r = 1,0$). No estágio R5/R6, correlações positivas significativas foram constatadas nos dias de defasagens zero ($r = 0,94$), dois ($r = 0,94$), três ($r = 0,83$), quatro ($r = 0,94$), seis ($r = 0,90$), sete ($r = 0,90$), oito ($r = 0,90$) e nove ($r = 1,0$). Ao atingir o estágio fenológico R7/R8 foram observadas correlações positivas significativas nos dias defasagens zero ($r = 0,97$), dois ($r = 0,97$), três ($r = 0,89$), quatro ($r = 0,97$), cinco ($r = 0,82$), seis ($r = 0,89$), sete ($r = 0,94$), oito ($r = 0,94$) e nove ($r = 1,0$) (Tabela 11).

Após a confirmação da doença em campo no estágio fenológico V7/V8 na safra 2007/08, correlação positiva significativa ($r = 1,0$) foi observada entre os urediniósporos capturados pela armadilha mecânica Burkard e o cumulativo da severidade média no primeiro e quinto dia de defasagem (Tabela 12). O mesmo aconteceu para o oitavo dia de defasagem do estágio V8/R1. No estágio R1/R2, nenhuma correlação significativa foi constatada para os nove dias de defasagem realizados. Entretanto, em R2/R3, foi observado correlação positiva significativa ($r = 0,98$) para os dias de defasagem um, três e quatro. Em R3/R4, correlação positiva significativa foi comprovada nos dias de defasagens zero ($r = 0,93$), um ($r = 0,99$), três ($r = 0,99$) e quatro ($r = 0,99$), sete ($r = 0,93$) e nove ($r = 0,81$). No estágio de

desenvolvimento R4/R5 dos nove dias de defasagem realizados, oito constataram correlações positivas significativas na relação esporo-severidade. E a partir dessa avaliação, os estádios fenológicos R5/R6, R7/R8 e R8 apresentaram correlações significativas positivas em todos os nove dias de defasagem (Tabela 12).

4 – DISCUSSÃO

Nos dois anos de estudos foi constatada a ocorrência de inóculo de *P. pachyrhizi* disponível no ar durante praticamente todo o ciclo da cultura da soja, sendo substancialmente produzido nos meses de janeiro e fevereiro. A chegada do patógeno na planta provocou repetidos ciclos do organismo em uma mesma safra. Nos experimentos, a produção de esporos da ferrugem asiática nos cultivos instalados foi alta quando as plantas atingiram o estágio de desenvolvimento R6. Nesses períodos, a intensa produção de urediniosporos favoreceu sua dispersão que foi confirmada através da captura feita com a armadilha mecânica.

Após o estágio R6, foi observada queda no número de esporos no ar. Possivelmente, essa variação de esporos no ar pode ser explicada devido à intensidade máxima da doença ter ocorrido até o estágio de desenvolvimento R6 e a partir desse período foi verificado uma queda no número de folhas de soja afetados pelo patógeno. Em relação à severidade, o modelo logístico foi o que melhor explica o progresso da doença e com relação a flutuação do inóculo, o modelo sigmoidal foi o mais apropriado. Estudos de campo realizados em Taiwan, demonstraram que a severidade da ferrugem asiática nas folhas de soja aumentou durante o estágio de enchimento dos grãos (Tschanz & Wang, 1980). Segundo Tschanz & Tsai (1982), plantas de soja não se tornam sensíveis à ferrugem da soja até ocorrer a floração.

A epidemia de ferrugem asiática da soja provocada por *P. pachyrhizi* é dependente de alguns fatores, entre eles, as variáveis ambientais que condicionam relevante importância

epidemiológica. Nos estudos conduzidos, foi observada uma grande influência direta da interação da temperatura, umidade relativa, duração do molhamento foliar e precipitação pluviométrica no aumento da severidade da doença ao longo do plantio. O que refletiu de modo indireto no aumento da produção de esporos após constatação da doença que culminou na sua maior frequência durante a fase reprodutiva da planta. Foram detectados 31 e 29 picos acima de 1000 urediniósporos m^{-3} respectivamente capturados ao longo do ciclo da cultura nos dois plantios consecutivos. O somatório de urediniósporos coletado ao longo de cada dia apresentou dez picos acima de 9000 esporos m^{-3} (2006/07), sendo que às 15:00h proporcionou a maior concentração do inóculo com 16384 esporos m^{-3} capturados. Em 2007/08, apenas sete picos foram observados e a maior concentração do inóculo foi constatada às 15:00h com 13861 esporos m^{-3} capturados. Nos dois experimentos respectivamente durante o ciclo da cultura, as médias diurnas (6-18 h) da temperatura média foram de 23 e 22 °C, umidade relativa média 77 e 83%, molhamento foliar 12 e 26 minutos (Figura 5A e B). Estes fatores, além dos mecanismos intrínsecos ligados ao patógeno e a planta hospedeira em conjunto, possivelmente, contribuíram no processo de multiplicação, liberação e dispersão dos esporos. Resultados semelhantes foram obtidos no experimento de Lima, *et al.*, (2009), quando estudaram a influência das variáveis ambientais na flutuação de esporângios de *Phytophthora infestans* ao longo do ano. A temperatura, a umidade relativa e o período de molhamento foliar, incluindo o orvalho contribuíram para a produção e a dispersão do inóculo quando em hospedeiro suscetível (Bashi, 1982; Phukan & Baruah, 1993). A mesma observação feita por Phukan & Baruah, (1993), foram confirmadas nesse experimento. Os autores concluíram que uma lâmina d'água contida no dossel da planta infectada pode reter os propágulos do patógeno e com o aumento da temperatura estes podem ser facilmente liberados. Sabe-se que a temperatura e a duração do molhamento foliar determinam o processo de infecção dos urediniósporos de *P. pachyrhizi* (Marchetti, *et al.*, 1976; Melching, *et al.*, 1989; Alves, *et al.*,

2005) e que a umidade relativa pode contribuir para o aumento do tamanho das lesões. Caldwell, *et al.* (2005) observaram que quando as plantas de soja foram submetidas a 95% de umidade o tamanho da lesão era maior que 85%. Por estas razões, as chances de infecções bem como o aumento da viabilidade do inóculo do patógeno são maiores durante o anoitecer até o período que antecede os primeiros raios solares (Pivonia & Yang, 2006). Radiação ultravioleta $\geq 1,2 \text{ MJ/m}^2$ e doses de radiação solar $\geq 27.3 \text{ MJ/m}^2$ acarretaram a não germinação dos esporos (Isard *et al.*, 2006). No verão do planalto central brasileiro essas doses de radiações solares podem ser verificadas entre o intervalo das 15 às 16 h (INMET, 2009).

A respeito da precipitação, Del Ponte *et al.* (2006) estudaram epidemias da ferrugem da soja no Brasil em 34 campos experimentais. Severidades de 70% foram quantificadas quando a incidência de chuvas variou entre 250-450 mm em um intervalo de 14 e 24 dias. No entanto, quando a incidência de chuvas caiu para 20 e 125 mm em 5 e 10 dias a severidade observada foi de 30%. Os autores concluíram que o efeito da chuva explicou em grande parte a severidade final da doença. Casey (1981), constatou que, dentro de um campo, a taxa de propagação da ferrugem asiática da soja pode variar de 0,15-0,45 m/dia, com valores de 0,045-0,050 para as taxas de infecção aparente.

Amostradores de esporos de *Puccinia triticina* demonstraram a ocorrência de maior liberação do inóculo no período pouco antes da colheita de trigo. Quando coletados a favor do vento a concentração máxima do inóculo obtida foi de 1663 esporos m^{-3} de ar e na direção oposta à concentração medida foi de 19 esporos m^{-3} de ar. Os autores concluíram que cerca de 10 bilhões de esporos eram liberados por hora no decorrer da epidemia (Friesen *et al.*, 2001).

No segundo experimento, correlação negativa foi demonstrada na interação da porcentagem de área foliar lesionada com a precipitação. Esse fato deve ser encarado como indicação de que mesmo uma pequena quantidade de chuvas, comparada ao ano anterior, foi

capaz de interferir no progresso da doença que refletiu na quantidade de esporos lançados no ar (Figura 3 e 4). Vários trabalhos de aerobiologia retrataram semelhante situação. Katial *et al.* (1997), investigaram a flutuação de *Cladosporium* durante 8 anos e observaram uma correlação negativa com a precipitação. Fato esse também verificado por Celenk, *et al.* (2007). Urediniósporos de *P. pachyrhizi*, após a abertura das pústulas, permanecem firmemente aderidos, possivelmente, pela presença de equinulações contidas ao redor de suas paredes. Melching *et al.* (1979), observaram que, devido à aderência dos esporos, o vento não os liberava com facilidade da planta. No entanto, com a ocorrência de chuvas, o impacto provocado pelos respingos nas folhas facilitavam a desaglutinação dos esporos que eram então liberados e transportados pelo vento (Bergamin Filho, 2006). A chuva, além de promover a liberação dos esporos, apresenta também a função de deposição do inóculo presente no ar em direção ao solo (Isard, *et al.*, 2005).

O monitoramento da dinâmica de urediniósporos de *P. pachyrhizi* do quinto ao nono dia mostrou correlações significativas com a severidade proporcionada pelo patógeno, principalmente nas observações feitas no segundo experimento (Tabela 4). Em qualquer período do dia, os esporos liberados da planta infectada mostraram-se capazes de causar doenças em locais contíguos e áreas adjacentes do plantio, o que provocou o aumento da epidemia. Miles, *et al.* (2005), verificaram que nas 4 semanas seguintes a partir do início do processo de infecção foram formadas toda a produção de urédias causada pelo inóculo primário. Em seguida, as urédias secundárias foram formadas por um período de 8 semanas e assim sucessivamente. 5 a 14 dias foi o tempo necessário para observação dos primeiros sinais do organismo, conforme características genótípicas da hospedeira (Miles, *et al.*, 2005; Azevedo, *et al.*, 2007). Uma única folha com lesões de ferrugem, pode conter uma massa de urediniósporos suficiente para causar uma epidemia (Bromfield & Hartwig, 1980). Cada lesão pode produzir uma média de mais de 12000 urediniósporos em 4 a 6 semanas após a

formação e cerca de 400 lesões podem surgir em folhas de soja (Bromfield & Hartwig, 1980).

Durante os estádios fenológicos da soja, os componentes climáticos observados aqui contribuíram de forma distinta no desenvolvimento da doença ao longo da copa da planta de soja. O somatório médio das infecções avaliadas nas folhas do terço inferior apresentou maiores números de lesões que as posicionadas nos terços superiores e médios da planta nas duas safras. Porém, foi observado que no fim do ciclo cultural, as folhas posicionadas na parte média apresentaram maior porcentagem de área foliar lesionada que a inferior. Uma explicação da maior severidade no terço inferior seria a presença do inóculo inicial atingir as folhas jovens nos primeiros estádios fenológicos e com o desenvolvimento da planta, essas folhas tornarão-se maduras e com mais lesões que as posteriormente formadas. Observou-se também, em ambos os experimentos, uma maior influência da água livre no progresso da doença como: a umidade relativa, molhamento foliar e precipitação do que o efeito da temperatura. Zambenedetti *et al.* (2007), avaliaram o efeito da intensidade da ferrugem asiática em diferentes genótipos de soja e posições de copa da planta de soja e concluíram que o substrato influenciou no período de molhamento foliar que, por sua vez, contribuiu com a severidade da doença. Resultados semelhantes aos obtidos aqui foram constatados por Del Ponte *et al.* (2006), os quais concluíram que a temperatura mostrou-se como um pobre parâmetro para a severidade final da doença com valores de coeficientes de correlação entre 0,43 e 0,47, sendo não significativos. Enquanto essa relação foi medida com a chuva a severidade foi alta com valores de coeficiente de correlação entre 0,85 e 0,95. Nesse estudo, o fator temperatura mostrou-se significativo com o desenvolvimento do patógeno no hospedeiro.

Quanto às chances da influência externa na quantificação do inóculo, os principais fatores que possivelmente pouco contribuíram nos resultados por outras fontes de esporos foi a instalação da armadilha no centro do plantio de soja e também a área experimental ser isolada de outras culturas, bem como, a altura do orifício coletor, que ficou a uma distância

média aproximada de 1,0 m da altura da cultura da soja na fase reprodutiva. Vale ressaltar aqui que nos dois experimentos, a fase reprodutiva da soja foi a que mais contribuiu com a massa de inóculo no ar.

5 - CONCLUSÃO

A presença de inóculo em quase todos os estádios de desenvolvimento e sua produção e liberação em qualquer horário do dia, bem como os fatores climáticos estar quase sempre favorável ao desenvolvimento do patógeno na soja foram evidentes. Além da contribuição do inóculo no ciclo de infecção no plantio, esse pode chegar a plantios de soja distantes do local da fonte (Isard *et al.*, 2005). Plantios sucessivos de culturas de soja ou plantas hospedeiras ao patógeno podem contribuir com o estabelecimento da doença no local. Estratégias de controle como: espaçamento ou diminuição da população de plantas, uso de genótipos com resistência, plantios em épocas determinadas, controle da irrigação, controle de plantas hospedeiras e aplicação de fungicidas no estágio inicial da doença podem contribuir com a redução da doença e conseqüentemente diminuição da flutuação do inóculo no ar.

6 - AGRADECIMENTO

Ao CNPq pelo apoio financeiro e ao Sr. João Luiz Gilioli (Genética Tropical, Cristalina, GO) por fornecer as sementes para execução dos estudos.

7 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Anvisa – Agencia nacional de vigilância sanitária.< [http://www4 .anvisa. gov. br/](http://www4.anvisa.gov.br/) AGROSIA

- [/asp/frm_dados_agrotoxico.asp?iVarAux=1&MarcaCod=386](#)> acesso em 15/2/2008.
- Alves, S. A. M.; Furtado, G. Q.; Carneiro, L. C.; Godoy, C. V. e Bergamin Filho, A. Influencia da temperatura e da duração do período de molhamento foliar no desenvolvimento da ferrugem da soja, v. 30, p.S 127, 2005.
- Azevedo, L. A. S., Juliatti, F. C. e Barreto, M. Resistência de genótipos de soja à *Phakopsora pachyrhizi*. Summa Phytopathologica v.33, p. 252-257, 2007.
- Bashi, E., Ben-Joseph, J. & Rotem, J. Inoculum potencial of *Phytophthora infestans* and the development of potato late blight epidemics. Phytopathology v.72, p.1043-1047. 1982.
- Bergamin Filho, A. Epidemiologia comparativa: ferrugem da soja e outras doenças. In: ferrugem asiática da soja. Editor: Laércio Zambolim. Ed. UFV. Viçosa. Cap. 2, p. 15-36. 2006.
- Bromfield, K. R. and Hartwig, E. E. Resistance to Soybean Rust and Mode of Inheritance. *Crop Science*. V.20, p. 254 – 255. 1980.
- Caldwell, P. M.; Nunkumar, A.; Pretorius, Z. A. e Fernandes, J. M. C. Development of *Phakopsora pachyrhizi* at different temperatures, relative humidities and leaf wetness duration. Proceedings, 9th International Workshop on Plant Disease Epidemiology. Landerneau, France. 2005.
- Carvalho, JR., A. A.; Figueiredo, M. B. A. A verdadeira identidade da ferrugem da soja no Brasil. Summa Phytopathologica. Botucatu, v. 26, p. 197-200, 2000.
- Casey, P. S. The epidemiology of soybean rust – *Phakopsora pachyrhizi* Syd. Soybean Rust Newsletter. v.4, p.3-5. 1981.
- Celenk, S.; Bicakci, A.; Erkan, P. and Aybeke, M. *Cladosporium* Link ex Fr. and *Alternaria* Nees ex Fr. Spores in the Atmosphere of Edirne. Journal Biology Environmental Science, v.1, p.127-130, 2007.
- Del Ponte, E. M., Godoy, C. V., Li, X., and Yang, X. B. Predicting severity of Asian soybean rust epidemics with empirical rainfall models. Phytopathology, v. 96, p.797-803. 2006.
- Deslandes, J. A. Ferrugem da soja e de outras leguminosas causadas por *Phakopsora pachyrhizi* no estado de Minas Gerais. Fitopatologia Brasileira, v.4, p.337-339, 1979.
- Dufault, N. S.; Isard, S. A.; Wright, D. L. and Jim J. Marois, J. J. The removal of *Phakopsora pachyrhizi* urediniospores from soybean leaves by prolonged rainfall. Symposium of the Pan-American Association of Aerobiology Penn State University, University Park, Pennsylvania. P. 21, 2007.
- Embrapa - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Tecnologias de produção de soja região central do Brasil. Embrapa Soja, Londrina-PR. P. 220. 2006.

- Friesen, T. L.; De Wolf, E. D. and Francl, L.J. Source strength of wheat pathogens during combine harvest. *Aerobiologia*, v, 17, p. 293-299, 2001.
- Hegde, A. K. H.; Anahosur, K. S. and Kachapur, M. R. Germination of Uredospores of *Phakopsora pachyrhizi* Causing Soybean Rust," by G. M. *Plant Pathology Newsletter*, v. 20, p. 24-25. 2002.
- Iamamoto, M. M. Curva populacional de *Phakopsora pachyrhizi*, agente causal da ferrugem asiática da soja, através de armadilha caça-esporos na safra 2007-08, em Costa Rica, MS. Resumos da XXX Reunião de Pesquisa de Soja da Região Central do Brasil. XXX Reunião de Pesquisa de Soja da Região Central do Brasil. p. 145-146, 2008.
- INMET- Instituto nacional de meteorologia. (<http://www.inmet.gov.br/>) acessado em 02/04/2009.
- Isard, S. A., Gage, S. H., Comtois, P., and Russo, J. M. Principles of the atmospheric pathway for invasive species applied to soybean rust. *Bioscience*, v. 55, p. 851-862. 2005.
- Isard, S.A., Dufault, N.S., Miles, M.R., Hartman, G.L., Russo, J.M., De Wolf, E.D., Morel, W. The effect of solar irradiance on the mortality of *Phakopsora pachyrhizi* urediniospores. *Plant Disease*, v. 90, p. 941-945, 2006.
- Jurick II, W. M.; , Narvaez, D. F.; Brennan, M. M.; Harmon, C. L.; Marois, J. J.; Wright, D. L. and Harmon, P. F. Winter Survival of the Soybean Rust Pathogen, *Phakopsora pachyrhizi*, in Florida. *Plant Disease*, v. 92, p. 1551-1558. 2008.
- Katial, R. K.; Zhang, Y.; Jones, R. H. and Dyer, P. D. Atmospheric mold spore counts in relation to meteorological parameters. *International Journal Biometeorology*, v.41, p.17-22, 1997.
- Killgore, E.; Heu, R. First report of soybean rust in Hawaii. *Plant Disease*, St. Paul, v.78, p.1216. 1994.
- Lima, M. A. ; Maffia, L. A. ; Barreto, R. W. ; Mizubuti, E. S. G. *Phytophthora infestans* in a subtropical region: survival on tomato debris, temporal dynamics of airborne sporangia and alternative hosts. *Plant Pathology*, v. 58, p. 87-99, 2009.
- Marchetti, M.A.; Uecker, F.A.; Bromfield, K.R. Uredial development of *Phakopsora pachyrhizi* in soybeans. *Phytopathology*, v.65, p. 822-823. 1975.
- 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*, Saint Paul, v.66, p.461- 463, 1976.
- Melching, J.S.; Bromfield, K.R.; Kingsolver, C.H. Infection, colonization and uredospore production on Wayne soybean by four cultures of *Phakopsora pachyrhizi*, the cause of

- soybean rust. *Phytopathology*, v.69, p. 1262-1265. 1979.
- Melching, J.S.; Dowler, W. M.; Koogle, D. L.; Royer, M. H. Effects of duration, frequency, and temperature on leaf wetness periods on soybean rust. *Plant Disease*, v. 73, p.117-122, 1989.
- Miles, R. M.; Frederick, R. D. and Hartman, G. L. Symptoms, Life Cycle, and Infection Process of Asian Soybean Rust (ASR). Source of information is the APSnet . p. 1-5. 2005. (www.apsnet.org/online/feature/rust/). Acessado em 10/11/2008.
- Ono, Y.; Buritica, P.; Hennen, J.F. Delimitation of *Phakopsora*, *Physopella* and *Cerotelium* and their species on leguminosae. *Mycology Research*, V. 96, p. 825-850, 1992.
- Pivonia, S. and Yang, X. B. Relating epidemic progress from a general disease model to seasonal appearance time of rusts in the United States: implications for soybean rust. *Phytopathology* v.96, p.400-407, 2006.
- Phukan, S. N. & Baruah, C. K. Studies on the factors influencing diurnal periodicity in dispersal, deposition and infectivity of sporangia of the late blight fungus *Phytophthora infestans*. *Advanced Plant Sciences*, v.6, p.158-160, 1993.
- Rupe, J. and L. Sconyers. 2008. Soybean Rust. *The Plant Health Instructor*. <http://www.apsnet.org/education/LessonsPlantPath/sbrust/symptom.htm>. visualizado em 06/03/2009.
- Sinclair, J.B.; Hartman, G.L. Soybean rust. In: Hartman, G.L., Sinclair, J.B. & Rupe, J.C. (Ed.) *Compendium of Soybean Diseases*. 4ed. St. Paul. American Phytopathological Society Press.1999. p. 25-26.
- Tschanz, A. T. and Wang, T. C. Soybean rust development and apparent infection rates at five locations in Taiwan. *Protection Ecology*. v. 2, p. 247-250. 1980.
- Tschanz, A. T., and B. Y. Tsai. Effect of maturity on soybean rust development. *Soybean Rust Newsletter* v.5, p.38-41. 1982.
- Yang, C.Y. Soybean rust cause by *Phakopsora pachyrhizi*. First soybean rust workshop help. March 21-27 in Wuhan, Hubei, China. P. 1-32. 1991.
- Yeh, C. C., Tschanz, A. T., and Sinclair, J. B. Induced teliospore formation by *Phakopsora pachyrhizi* on soybeans and other hosts. *Phytopathology*. v. 71, p. 1111-1112. 1981.
- Yeh, C.C.; Sinclair, J.B.; Tschanz, A.T. *Phakopsora pachyrhizi*: Uredial development, uredospore production and factors affecting teliospores formation on soybeans. *Australian Journal of Agricultural Research*, 33:25-31, 1982.
- Yorinori, J. T.; Nenes Júnior, J.; Lazzarotto, J. J. Ferrugem “asiática” da soja no Brasil: evolução, importância econômica e controle. Londrina, *Embrapa-soja*, 2004.

- Documentos/Embrapa-soja, n. 247, 2004.
- Yorinori, J. T., Paiva, W. M., Frederick, R. D., Costamilan, L. M., Bertagnolli, P. F., Godoy, D. V., NUNES, J. J. Epidemics of soybean rust (*Phakopsora pachyrhizi*) in Brazil and Paraguay from 2001 to 2003. *Plant Disease*, v. 89, p. 675-677, 2005.
- Zambenedetti, E.B., Alves, E., Pozza, E.A., Araújo, D.V. and Godoy, C. V. Avaliação de parâmetros monocíclicos e da intensidade da ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) em diferentes genótipos de soja e posições de copa. *Summa Phytopathologica* v. 33, p. 178-181, 2007.

Tabela 1 – Genótipos de soja usados em experimento de campo.

Genótipos	Germinação (%)	Característica	Hábito de crescimento	Altura (m)	Fornecedor
MSoy 8866	85	Convencional	Determinado	0,90	Monsanto
MSoy 8001	80	Convencional	Determinado	0,70	Monsanto
MSoy 8008	86	Resistência ao Roundup	Determinado	0,67	Monsanto
MSoy 8585	85	Resistência ao Roundup	Determinado	0,82	Monsanto
MSoy 8787	85	Resistência ao Roundup	Determinado	0,99	Monsanto
GT04 8901	90	Convencional	Determinado	0,88	Genética Tropical
GT04 9180	86	Convencional	Indeterminado	1,16	Genética Tropical
GT04 8091	80	Resistência ao Roundup	Indeterminado	1,10	Genética Tropical
GT04 7643	80	Resistência ao Roundup	Determinado	0,84	Genética Tropical
Emgopa 313	87	Convencional	Determinado	0,90	Emgopa

Tabela 2 – Coeficiente de correlação de Spearman (r) entre urediniósporos capturados e o cumulativo da severidade (% área foliar lesionada) média (safra 2006/07) da ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) na defasagem do quinto ao nono dias antecedentes a avaliação, ao longo de cada hora do dia.

Hora	Defasagem em dias anteriores a avaliação da doença n ⁽²⁾				
	5	6	7	8	9
0	0,11 ⁽¹⁾	0,90*	0,36	0,40	0,80
1	0,60	0,70	0,80	0,95	1,0**
2	1,0**	0,22	0,40	0,26	0,40
3	0,82	0,50	0,40	0,22	0,20
4	0,58	0,62	0,67	0,80	0,95
5	0,97**	0,95	0,21	0,80	0,22
6	0,67	0,95	0,22	0,95	0,22
7	0,62	0,95	0,63	0,15	0,41
8	0,82*	0,95	0,20	0,22	0,77
9	0,66	0,80	0,46	1,0**	0,20
10	0,87*	0,80	0,67	0,94**	0,89*
11	0,77	0,80	0,60	0,67	0,87
12	0,43	0,70	0,82	0,64	0,94**
13	0,77	0,60	0,90*	0,78	0,58
14	0,83*	0,90*	0,83*	0,94**	0,49
15	0,71	0,87	0,77	0,83*	0,66
16	0,77	0,90*	0,90*	0,97**	0,90*
17	0,83*	0,49	1,0**	0,81*	0,67
18	0,77	0,87	0,50	0,80	0,67
19	0,60	0,60	0,41	0,80	0,80
20	0,36	0,56	0,90*	0,63	0,56
21	0,21	0,70	0,74	0,40	0,80
22	0,50	0,53	0,53	0,00	0,80
23	0,62	0,70	0,67	0,32	0,80

** nível de significância $\leq 1\%$, * nível de significância $\leq 5\%$, 1- valores não significativos. 2 – números de observações igual a 7

Tabela 3 – Coeficiente de correlação de Spearman (r) entre urediniósporos capturados e o cumulativo da severidade (% área foliar lesionada) média (safra 2007/08) da ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) na defasagem do quinto ao nono dia antecedentes a avaliação, ao longo de cada hora do dia.

Hora	Defasagem em dias anteriores a avaliação da doença (n ⁽²⁾)				
	5	6	7	8	9
0	0,83**	0,79**	0,57	0,75*	0,80**
1	0,85**	0,78**	0,57	0,79**	0,54
2	0,87**	0,81**	0,79**	0,55	0,75*
3	0,86**	0,87**	0,79**	0,70**	0,55
4	0,81**	0,89**	0,81**	0,81**	0,38
5	0,81**	0,88**	0,57	0,75*	0,48
6	0,70*	0,86**	0,57	0,75*	0,60
7	0,81**	0,82**	0,79**	0,70*	0,75*
8	0,76**	0,59 ⁽¹⁾	0,81**	0,85**	0,82**
9	0,70*	0,82**	0,81**	0,85**	0,82**
10	0,81**	0,89**	0,83**	0,89**	0,83**
11	0,85**	0,85**	0,79**	0,84**	0,8**
12	0,79**	0,89**	0,81**	0,81**	0,78**
13	0,73*	0,92**	0,79**	0,82**	0,92**
14	0,85**	0,90**	0,92**	0,88**	0,83**
15	0,87**	0,90**	0,94**	0,89**	0,83**
16	0,88**	0,89**	0,92**	0,86**	0,94**
17	0,89**	0,90**	0,95**	0,82**	0,91**
18	0,89**	0,60	0,86**	0,87**	0,85**
19	0,73*	0,82**	0,76*	0,89**	0,81**
20	0,73*	0,59	0,86**	0,87**	0,81**
21	0,76*	0,59	0,80**	0,85**	0,85**
22	0,81**	0,74*	0,80**	0,84**	0,79**
23	0,75*	0,85**	0,88**	0,79**	0,83**

** nível de significância $\leq 1\%$, * nível de significância $\leq 5\%$, 1- valores não significativos. 2 – números de observações igual a 10

Tabela 4 – Coeficiente de correlação de Spearman (r) entre os fatores climáticos e o número médio diário de esporos de *Phakopsora pachyrhizi* capturados pela armadilha de esporos (Burkard) ao longo das safras 2006/07 e 2007/08 da soja, Brasília, DF.

Fatores climáticos	Defasagem	Cumulativo de urediniósporos ao longo do dia pela armadilha burkard	
		Safra 2006/07 (n ⁽⁹⁾)	Safra 2007/08 (n ⁽¹⁰⁾)
TMáx (°C) ⁽¹⁾	0 a 9	-0,04 a 0,04 ⁽¹¹⁾	-0,04 a 0,08
TMin (°C) ⁽²⁾	0	0,24**	0,07
	1	0,26**	0,10
	2	0,23**	0,13
	3	0,24**	0,13
	4	0,27**	0,12
	5	0,3**	0,15
	6	0,28**	0,17
	7	0,31**	0,13
	8	0,35**	0,18*
	9	0,37**	0,18*
TMed (°C) ⁽³⁾	0	0,22**	-0,04
	1	0,23**	-0,04
	2	0,22**	-0,07
	3	0,23**	-0,06
	4	0,25**	-0,06
	5	0,21*	-0,06
	6	0,24**	-0,05
	7	0,23**	-0,08
	8	0,24**	-0,09
	9	0,25**	-0,1
URMáx (%) ⁽⁴⁾	0	0,17*	0,26**
	1	0,16*	0,26**
	2	0,16	0,30**
	3	0,16	0,32**
	4	0,12	0,33**
	5	0,15	0,36**
	6	0,18*	0,39**
	7	0,18*	0,38**
	8	0,18*	0,40**
	9	0,19*	0,40**
URMin (%) ⁽⁵⁾	0	0,25**	0,23**
	1	0,25**	0,22**
	2	0,22**	0,25**
	3	0,21**	0,27**
	4	0,21**	0,28**
	5	0,25**	0,30**
	6	0,23**	0,31**
	7	0,26**	0,32**
	8	0,29**	0,33**
	9	0,30**	0,34**
URMed (%) ⁽⁶⁾	0	0,25**	0,28**
	1	0,24**	0,28**
	2	0,22**	0,33**
	3	0,21**	0,33**
	4	0,22**	0,35**
	5	0,26**	0,36**
	6	0,25**	0,36**
	7	0,27**	0,38**
	8	0,27**	0,39**
	9	0,31**	0,38**
MF (minuto) ⁽⁷⁾	0	0,32**	0,29**
	1	0,34**	0,30**
	2	0,33**	0,31**

	3	0,34**	0,33**
	4	0,35**	0,35**
	5	0,4**	0,33**
	6	0,4**	0,32**
	7	0,42**	0,37**
	8	0,4**	0,36**
	9	0,45**	0,38**
PP (mm) ⁽⁸⁾	0	0,18*	-0,34**
	1	0,17*	-0,39**
	2	0,15	-0,37**
	3	0,15	-0,34**
	4	0,18*	-0,34**
	5	0,21*	-0,33**
	6	0,22**	-0,34**
	7	0,22**	-0,30**
	8	0,26**	-0,30**
	9	0,26**	-0,30**

* nível de significância $\leq 1\%$, ** nível de significância $\leq 5\%$. ⁽¹⁾ Temperatura máxima (°C); ⁽²⁾ Temperatura mínima (°C); ⁽³⁾ Temperatura média (°C); ⁽⁴⁾ Umidade relativa máxima (%); ⁽⁵⁾ Umidade relativa mínima (%); ⁽⁶⁾ Umidade relativa média (%); ⁽⁷⁾ Molhamento foliar (minutos); ⁽⁸⁾ Precipitação pluviométrica (mm). ⁽⁹⁾ – número de observações igual a 154. ⁽¹⁰⁾ – número de observações igual a 151. ⁽¹¹⁾ - valores não significativos

Tabela 5 - Coeficiente de correlação de Spearman (r) entre os fatores climáticos e o cumulativo da severidade (% área foliar lesionada) média, medido através da porcentagem de área foliar lesionada (AFL) causada por *Phakopsora pachyrhizi* na safra 2006/07, correspondente a parte superior da planta de soja ao longo dos estádios fenológicos.

climáticos	Defasagem	Estádio fenológico (n ⁽⁹⁾)					
		V2/V3 e V3/V4	V4/V5	V6/V7	R4/R5	R5/R6	R7/R8
TMáx (°C) ⁽¹⁾	0 a 5, 7 e 9	.	-0,87 a 0,50 ⁽¹⁰⁾	-0,74 a 0,50	-0,8 a 0,60	-0,58 a 0,39	-0,36 a 0,14
	6	.	.	-1,0**	-0,63	-0,21	-0,55
	8	.	.	1,0**	1,0**	0,00	-0,37
TMin (°C) ⁽²⁾	0 a 5, 7 a 9	.	-0,87 a 0,87	-0,87 a 0,83	-0,05 a 0,82	-0,09 a 0,72	-0,15 a 0,62
	6	.	.	1,0**	1,0**	0,70	0,54
TMed (°C) ⁽³⁾	0 a 5, 7 a 9	.	-,87 a 0	-0,74 a 0,63	-0,67 a 0,72	-0,80 a 0,72	-0,66 a 0,26
	6	.	.	-1,0**	-0,40	-0,10	-0,49
URMáx (%) ⁽⁴⁾	0, 2 a 3, 6 a 9	.	0 a 0,87	-0,24 a 0,82	-0,77 a 0,77	-0,87 a 0,87	-0,41 a 0,49
	1	.	1,0**	0,78	0,65	0,19	0,27
	5	.	1,0**	0,27	-0,46	-0,69	-0,46
URMin (%) ⁽⁵⁾	0 a 5, 8 e 9	.	-0,87 a 0,87	-0,5 a 0,74	-0,63 a 0,80	-0,51 a 0,81	0,04 a 0,54
	6	.	.	1,0**	0,80	-0,10	0,29
	7	.	.	-1,0**	-0,80	-0,46	-0,41
URMed (%) ⁽⁶⁾	0, 2 a 5 e 9	.	-0,5 a 0,87	-0,06 a 0,89	0,50 a 0,80	0,06 a 0,80	0,01 a 0,77
	1	.	1,0**	0,78	0,89*	0,71	0,51
	6	.	.	1,0**	0,80	-0,10	0,37
	7	.	.	-0,50	0,40	0,67	0,81*
	8	.	.	0,87	0,74	0,87	0,87*
MF (minuto) ⁽⁷⁾	0 a 5, 7 e 8	.	0 a 0,87	-0,50 a 0,95	0,21 a 0,87	0,14 a 0,62	-0,09 a 0,74
	6	.	.	1,0**	1,0**	0,90*	0,60
	9	.	.	1,0**	1,0**	0,82	0,32
PP (mm) ⁽⁸⁾	0, 3, 5, 7 e 8	.	-0,87 a 0	-0,5 a 0,63	-0,21 a 0,63	-0,23 a 0,82	-0,43 a 0,72
	1	.	0,87	0,74	0,67	0,81*	0,23
	2	.	0,87	0,74	0,67	0,81*	0,23
	4	.	0,87	0,95	0,97**	0,38	-0,05
	6	.	.	1,0**	0,11	0,56	0,52
	9	.	.	0,50	0,40	0,70	0,83*

** nível de significância $\leq 1\%$, * nível de significância $\leq 5\%$. ⁽¹⁾ Temperatura máxima (°C); ⁽²⁾ Temperatura mínima (°C); ⁽³⁾ Temperatura média (°C); ⁽⁴⁾ Umidade relativa máxima (%); ⁽⁵⁾ Umidade relativa mínima (%); ⁽⁶⁾ Umidade relativa média (%); ⁽⁷⁾ Molhamento foliar (minutos); ⁽⁸⁾ Precipitação pluviométrica (mm). ⁽⁹⁾ – número de observações igual a 7. ⁽¹⁰⁾ - valores não significativos

Tabela 6 - Coeficiente de correlação de Spearman (r) entre os fatores climáticos e o cumulativo da severidade (% área foliar lesionada) média, medido através da porcentagem de área foliar lesionada (AFL) causada por *Phakopsora pachyrhizi* na safra 2006/07, correspondente a parte média da planta de soja ao longo dos estádios fenológicos.

climáticos	Defasagem	Estádio fenológico (n ⁽⁹⁾)					
		V2/V3 e V3/V4	V4/V5	V6/V7	R4/R5	R5/R6	R7/R8
TMáx (°C) ⁽¹⁾	0 a 5, 7 e 9	.	-0,87 a 0,50 ⁽¹⁰⁾	-0,74 a 0,50	-0,8 a 0,60	-0,58 a 0,39	-0,36 a 0,14
	6	.	.	-1,0**	-0,63	-0,21	-0,55
	8	.	.	1,0**	1,0**	0,00	-0,37
TMin (°C) ⁽²⁾	0 a 5, 7 a 9	.	-0,87 a 0,87	-0,87 a 0,83	-0,05 a 0,82	-0,09 a 0,72	-0,15 a 0,62
	6	.	.	1,0**	1,0**	0,70	0,54
TMed (°C) ⁽³⁾	0 a 5, 7 a 9	.	-,87 a 0	-0,74 a 0,63	-0,67 a 0,72	-0,80 a 0,72	-0,66 a 0,26
	6	.	.	-1,0**	-0,40	-0,10	-0,49
URMáx (%) ⁽⁴⁾	0, 2 a 3, 6 a 9	.	0 a 0,87	-0,24 a 0,82	-0,77 a 0,77	-0,87 a 0,87	-0,41 a 0,49
	1	.	1,0**	0,78	0,65	0,19	0,27
	5	.	1,0**	0,27	-0,46	-0,69	-0,46
URMin (%) ⁽⁵⁾	0 a 5, 8 e 9	.	-0,87 a 0,87	-0,5 a 0,74	-0,63 a 0,80	-0,51 a 0,81	0,04 a 0,54
	6	.	.	1,0**	0,80	-0,10	0,29
	7	.	.	-1,0**	-0,80	-0,46	-0,41
URMed (%) ⁽⁶⁾	0, 2 a 5 e 9	.	-0,5 a 0,87	-0,06 a 0,89	0,50 a 0,80	0,06 a 0,80	0,01 a 0,77
	1	.	1,0**	0,78	0,89*	0,71	0,51
	6	.	.	1,0**	0,80	-0,10	0,37
	7	.	.	-0,50	0,40	0,67	0,81*
	8	.	.	0,87	0,74	0,87	0,87*
MF (minuto) ⁽⁷⁾	0 a 5, 7 e 8	.	0 a 0,87	-0,50 a 0,95	0,21 a 0,87	0,14 a 0,62	-0,09 a 0,74
	6	.	.	1,0**	1,0**	0,90*	0,60
	9	.	.	1,0**	1,0**	0,82	0,32
PP (mm) ⁽⁸⁾	0, 3, 5, 7 e 8	.	-0,87 a 0	-0,5 a 0,63	-0,21 a 0,63	-0,23 a 0,82	-0,43 a 0,72
	1	.	0,87	0,74	0,67	0,81*	0,23
	2	.	0,87	0,74	0,67	0,81*	0,23
	4	.	0,87	0,95	0,97**	0,38	-0,05
	6	.	.	1,0**	0,11	0,56	0,52
	9	.	.	0,50	0,40	0,70	0,83*

** nível de significância $\leq 1\%$, * nível de significância $\leq 5\%$. ⁽¹⁾ Temperatura máxima (°C); ⁽²⁾ Temperatura mínima (°C); ⁽³⁾ Temperatura média (°C); ⁽⁴⁾ Umidade relativa máxima (%); ⁽⁵⁾ Umidade relativa mínima (%); ⁽⁶⁾ Umidade relativa média (%); ⁽⁷⁾ Molhamento foliar (minutos); ⁽⁸⁾ Precipitação pluviométrica (mm). ⁽⁹⁾ – número de observações igual a 7. ⁽¹⁰⁾ - valores não significativos

Tabela 7 - Coeficiente de correlação de Spearman (r) entre os fatores climáticos e o cumulativo da severidade (% área foliar lesionada) média, medido através da porcentagem de área foliar lesionada (AFL) causada por *Phakopsora pachyrhizi* na safra 2006/07, correspondente a parte inferior da planta de soja ao longo dos estádios fenológicos.

Fatores climáticos	Defasagem	Estádio fenológico (n ⁽⁹⁾)						
		V2/V3	V3/V4	V4/V5	V6/V7	R4/R5	R5/R6	R7/R8
TMáx (°C) ⁽¹⁾	0	.	0 ⁽¹⁰⁾	-1,0**	-0,11	-0,21	0,32	0,09
	1 a 5, 7 e 9	.	. a 0,87	-0,5 a 0,50	-0,60 a 0,50	-0,80 a 0,60	-0,54 a 0,03	-0,33 a 0,11
	6	.	.	.	-1,0**	-0,63	-0,21	-0,55
TMin (°C) ⁽²⁾	8	.	.	.	1,0**	1,0**	0,00	-0,37
	0	.	0,87	0,50	0,80	0,90*	0,77	0,11
	1	.	1,0**	0,87	0,95	0,67	0,70	0,04
TMed (°C) ⁽³⁾	2 a 5, 7 a 9	.	.	-0,87 a 0,50	-0,87 a 0,40	0,10 a 0,67	-0,14 a 0,70	-0,20 a 0,62
	6	.	.	.	1,0**	1,0**	0,70	0,54
	0 a 5, 7 a 9	.	-0,87 a 0,087	-0,50 a .	-0,60 a 0,50	-0,60 a 0,60	-0,80 a 0,66	-0,66 a 0,26
URMáx (%) ⁽⁴⁾	6	.	.	.	-1,0**	-0,40	-0,10	-0,49
	0 a 9	.	-0,5 a 0,50	-0,50 a 0,87	-0,45 a 0,77	-0,77 a 0,77	-0,87 a 0,87	-0,46 a 0,49
URMin (%) ⁽⁵⁾	0	.	0,00	-1,0**	-0,11	-0,21	-0,56	0,04
	1 a 5, 8 e 9	.	-0,87 a .	-0,5 a 0,50	-0,50 a 0,60	0,30 a 0,80	-0,26 a 0,80	0 a 0,54
	6	.	.	.	1,0**	0,80	-0,10	0,29
URMed (%) ⁽⁶⁾	7	.	.	.	-1,0**	-0,80	-0,46	-0,41
	0 a 5 e 9	.	-0,50 a 0,87	0 a 0,87	0 a 0,74	0,50 a 0,87	0,09 a 0,80	-0,05 a 0,77
	6	.	.	.	1,0**	0,80	-0,10	0,37
MF (minuto) ⁽⁷⁾	7	.	.	.	-0,50	0,40	0,67	0,81*
	8	.	.	.	0,87	0,74	0,87	0,87*
	0	.	0	1,0**	1,0**	0,90*	0,60	0,75
PP (mm) ⁽⁸⁾	1, 3 a 5,7 e 8	.	. a 0,87	-0,5 a 0,50	-0,50 a 0,60	0,21 a 0,70	0,03 a 0,62	-0,18 a 0,72
	2	.	.	1,0**	0,80	0,70	0,66	0,04
	6	.	.	.	1,0**	1,0**	0,90*	0,60
PP (mm) ⁽⁸⁾	9	.	.	.	1,0**	1,0**	0,82	0,32
	0, 3, 5, 7 e 8	.	. a 0,87	-0,5 a .	-0,50 a 0,40	-0,40 a 0,63	-0,37 a 0,82	-0,52 a 0,72
	1	.	0	1,0**	0,80	0,70	0,83*	0,25
	2	.	.	1,0**	0,80	0,70	0,83*	0,25
	4	.	.	0,50	0,80	0,90*	0,31	-0,09
6	.	.	.	1,0**	0,11	0,56	0,52	
9	.	.	.	0,50	0,40	0,70	0,83*	

** nível de significância $\leq 1\%$, * nível de significância $\leq 5\%$. ⁽¹⁾ Temperatura máxima (°C); ⁽²⁾ Temperatura mínima (°C); ⁽³⁾ Temperatura média (°C); ⁽⁴⁾ Umidade relativa máxima (%); ⁽⁵⁾ Umidade relativa mínima (%); ⁽⁶⁾ Umidade relativa média (%); ⁽⁷⁾ Molhamento foliar (minutos); ⁽⁸⁾ Precipitação pluviométrica (mm). ⁽⁹⁾ – número de observações igual a 7. ⁽¹⁰⁾ - valores não significativos

Tabela 8 - Coeficiente de correlação de Spearman (r) entre os fatores climáticos e o cumulativo da severidade (% área foliar lesionada) média, medido através da porcentagem de área foliar lesionada (AFL) causada por *Phakopsora pachyrhizi* na safra 2007/08, correspondente a parte superior da planta de soja ao longo dos estádios fenológicos.

Fatores		Estádio fenológico (n ⁽⁹⁾)					
climáticos	Defasagem	V6/V7 a R2/R3	R3/R4	R4/R5	R5/R6	R7/R8	R8
TMáx (°C) ⁽¹⁾	0 a 6, e 8	.	-0,39 a 0,65	-0,67 a 0,27	-0,16 a 0,35	-0,22 a 0,41	-0,12 a 0,48
	7	.	0,65 ⁽¹⁰⁾	0,40	0,57	0,59	0,66*
	9	.	0,65	0,79*	0,51	0,63	0,33
TMin (°C) ⁽²⁾	0 a 9	.	-0,39 a 0,66	-0,68 a 0,47	-0,17 a 0,21	-0,31 a 0,27	-0,60 a 0,28
TMed (°C) ⁽³⁾	0	.	-0,65	-0,76*	-0,49	-0,35	-0,45
	1 a 3, 6 a 8	.	-0,39 a 0,65	-0,45 a 0,67	-0,52 a 0,57	-0,31 a 0,38	-0,38 a 0,38
	4	.	-0,65	-0,80*	-0,85**	-0,57	-0,58
	5	.	-0,39	-0,49	-0,55	-0,69*	-0,77**
URMáx (%) ⁽⁴⁾	0, 2 a 9	.	-0,77 a 0,63	-0,75 a 0,61	-0,61 a 0,57	-0,53 a 0,53	-0,56 a 0,50
	1	.	1,0**	0,51	0,72*	0,04	0,32
URMin (%) ⁽⁵⁾	0 a 9	.	-0,66 a 0,39	-0,67 a 0,67	-0,11 a 0,46	-0,24 a 0,53	-0,36 a 0,36
URMed (%) ⁽⁶⁾	0 a 3, 6 a 9	.	-0,65 a 0,39	-0,27 a 0,67	0,03 a 0,44	-0,28 a 0,36	-0,49 a 0,40
	4	.	0,65	0,76*	0,63	0,26	0,13
	5	.	0,39	0,67	0,79*	0,83**	0,71*
MF (minuto) ⁽⁷⁾	0	.	0,65	0,79*	0,58	0,17	-0,08
	1 a 3, 6 a 9	.	-0,66 a 0,39	-0,67 a 0,67	-0,44 a 0,25	-0,37 a 0,22	-0,33 a 0,20
	4	.	-0,13	0,40	0,60	0,68*	0,71*
	5	.	0,13	0,54	0,71*	0,64**	0,43
PP (mm) ⁽⁸⁾	0	.	0,39	-0,27	-0,54	-0,67*	-0,74*
	1	.	-0,13	-0,53	-0,70	-0,78*	-0,82**
	2, 4 a 9	.	-0,65 a 0,39	-0,67 a 0,67	-0,45 a 0,35	-0,62 a 0,18	-0,60 a 0,11
	3	.	-0,53	-0,65	-0,56	-0,62	-0,66*

** nível de significância $\leq 1\%$, * nível de significância $\leq 5\%$. ⁽¹⁾ Temperatura máxima (°C); ⁽²⁾ Temperatura mínima (°C); ⁽³⁾ Temperatura média (°C); ⁽⁴⁾ Umidade relativa máxima (%); ⁽⁵⁾ Umidade relativa mínima (%); ⁽⁶⁾ Umidade relativa média (%); ⁽⁷⁾ Molhamento foliar (minutos); ⁽⁸⁾ Precipitação pluviométrica (mm). ⁽⁹⁾ – número de observações igual a 10. ⁽¹⁰⁾ - valores não significativos

Tabela 9 - Coeficiente de correlação de Spearman (r) entre os fatores climáticos e o cumulativo da severidade (% área foliar lesionada) média, medido através da porcentagem de área foliar lesionada (AFL) causada por *Phakopsora pachyrhizi* na safra 2007/08, correspondente a parte média da planta de soja ao longo dos estádios fenológicos.

Fatores climáticos	Defasagem	Estádio fenológico (n ⁽⁹⁾)									
		V6/V7	V7/V8	V8/R1	R1/R2	R2/R3	R3/R4	R4/R5	R5/R6	R7/R8	R8
TMáx (°C) ⁽¹⁾	0, 3 a 6 e 8	.	-0,87 a 0 ⁽¹⁰⁾	-0,50 a 0,50	-0,60 a 0,40	-0,80 a 0,31	-0,20 a 0,49	-0,50 a 0,39	-0,19 a 0,48	-0,15 a 0,52	-0,19 a 0,57
	1	.	-0,87	0,50	0,60	0,80	0,87*	0,34	0,44	0,48	0,43
	2	.	-0,87	-1,0**	-1,0**	0,00	0,09	-0,07	0,21	0,38	0,45
	7	.	-0,87	-1,0**	-0,40	-0,20	0,31	0,21	0,43	0,47	0,57
	9	.	-0,87	-1,0**	-0,80	-0,90*	-0,09	0,31	0,16	0,37	0,14
TMin (°C) ⁽²⁾	0, 1, 3 a 9	.	-0,87 a 0,87	-0,87 a 0,50	-0,60 a 0,80	-0,70 a 0,50	-0,68 a -0,03	-0,71 a 0,13	-0,23 a 0,25	-0,45 a 0,35	-0,59 a 0,24
	2	.	0,00	-0,50	-0,80	-0,90*	-0,77	-0,67	-0,71	-0,72*	0,80**
TMed (°C) ⁽³⁾	0, 1 e 7	.	-0,87 a 0,50	-0,50 a 0,50	0,60 a 0,80	-0,10 a 0,60	-0,09 a 0,49	-0,39 a 0,43	-0,21 a 0,38	-0,22 a 0,25	-0,30 a 0,26
	2	.	-0,87	-1,0**	-1,0**	-0,40	-0,54	-0,57	-0,62	-0,33	-0,25
	3	.	0,00	1,0**	-0,20	0,40	-0,09	0,11	0,21	0,23	0,44
	4	.	0,87	0,50	0,20	0,10	-0,37	-0,61	-0,71*	-0,48	-0,52
	5	.	0,00	-0,50	0,00	0,20	-0,14	-0,32	-0,43	-0,60	-0,70*
	6	.	-0,87	-1,0**	-0,40	0,30	0,54	0,11	0,33	0,27	-0,08
	8	.	-0,87	-1,0**	0,20	-0,40	-0,20	-0,43	-0,26	-0,38	-0,36
	9	.	-0,87	-1,0**	-0,80	-0,70	0,03	0,36	0,19	0,22	0,03
	URMáx (%) ⁽⁴⁾	0, 1, 3, 5 a 7 e 9	.	-0,50 a 0,87	-0,87 a 0,87	-0,77 a 0,77	-0,71 a 0,71	-0,21 a 0,65	-0,42 a 0,46	-0,60 a 0,63	-0,21 a 0,32
2		.	0,87	0,87	0,77	0,89*	0,88*	0,90**	0,82*	0,75*	0,69*
4		.	0,50	.	.	-0,71	-0,85*	-0,84*	-0,74*	-0,66	-0,66*
8		.	0,00	1,0**	0,95	0,53	0,44	0,39	0,35	-0,07	-0,12
URMin (%) ⁽⁵⁾	0, 1, 3, 4, 6 e 8	.	0 a 0,87	-0,50 a 0,50	-0,40 a 0,60	-0,41 a 0,80	-0,67 a 0,49	-0,18 a 0,50	-0,24 a 0,43	-0,35 a 0,47	-0,45 a 0,50
	2	.	0,87	1,0**	1,0**	0,21	0,03	0,29	0,29	0,10	-0,03
	5	.	0,87	1,0**	0,80	-0,10	0,20	0,36	0,38	0,47	0,33
	7	.	0,87	1,0**	0,40	0,50	0,14	0,46	0,19	0,08	-0,11
	9	.	0,87	1,0**	0,80	0,90*	0,37	-0,14	0,24	0,14	0,21
URMed (%) ⁽⁶⁾	0, 1, 3, 4 e 9	.	0 a 0,87	-0,40 a 0,50	-0,20 a 0,80	-0,03 a 0,80	0,20 a 0,54	0,10 a 0,68	0,10 a 0,62	-0,24 a 0,37	-0,45 a 0,45
	2	.	0,87	1,0**	1,0**	0,40	0,37	0,36	0,42	0,19	0,04
	5	.	0,87	1,0**	0,80	-0,10	0,20	0,50	0,67	0,74*	0,65*
	6	.	0,87	1,0**	0,80	-0,10	-0,29	0,00	0,10	0,13	0,33
	7	.	0,87	1,0**	0,80	0,30	-0,26	0,21	0,10	-0,02	-0,13
	8	.	0,87	1,0**	0,80	0,90*	0,49	0,61	0,43	0,60	0,60*
	9	.	0 a 0,87	-0,50 a 0,50	-0,80 a 0,60	-0,60 a 0,72	-0,31 a 0,09	-0,57 a 0,41	-0,43 a 0,31	-0,18 a 0,02	-0,20 a -0,04
MF (minuto) ⁽⁷⁾	0, 1, 7 e 9	.	0,87 a 0,50	-0,50 a 0,60	-0,80 a 0,60	-0,60 a 0,72	-0,31 a 0,09	-0,57 a 0,41	-0,43 a 0,31	-0,18 a 0,02	-0,20 a -0,04
	2	.	1,0**	1,0**	1,0**	0,40	0,37	0,32	0,29	0,10	-0,03
	3	.	0,00	-1,0**	0,20	-0,40	-0,20	0,14	0,10	-0,17	-0,39
	4	.	-0,50	-0,50	0,40	-0,15	-0,23	0,23	0,47	0,58	0,63*
	5	.	-0,50	0,87	0,74	0,56	0,46	0,67	0,78*	0,70*	0,50
	6	.	0,87	1,0**	0,80	-0,10	-0,43	0,11	0,17	0,18	0,19
	8	.	1,0**	0,50	0,20	0,60	0,20	0,47	0,29	-0,03	-0,05
	9	.	-0,87	-0,50	-0,20	-0,60	-0,20	-0,50	-0,66	-0,75*	-
PP	0	.	0,87	1,0**	0,40	0,70	0,37	-0,14	-0,42	-0,58	-0,67*
	1	.	0,00	1,0**	0,80	0,60	0,20	-0,25	0,05	-0,27	-0,46
	2	.	-0,87	-1,0**	-0,40	-0,20	-0,46	-0,59	-0,54	-0,60	-0,64*
	3	.	-0,87	-0,50	-0,40	-0,40 a	-0,58 a	-0,74	-0,54	-0,66	-0,50
	4 a 6, 8 e 9	.	0,87 a 0,87	0,50 a 0,50	0,60 a 0,60	0,60 a 0,60	0,49 a 0,49	0,29 a 0,29	0,45 a 0,45	0,32 a 0,32	0,18 a 0,18
	7	.	1,0**	-0,50	-0,74	-0,15	0,12	0,45	0,07	-0,16	-0,30
	9	.	1,0**	-0,50	-0,74	-0,15	0,12	0,45	0,07	-0,16	-0,30

** nível de significância ≤ 1%, * nível de significância ≤ 5%. ⁽¹⁾ Temperatura máxima (°C); ⁽²⁾ Temperatura mínima (°C); ⁽³⁾ Temperatura média (°C); ⁽⁴⁾ Umidade relativa máxima (%); ⁽⁵⁾ Umidade relativa mínima (%); ⁽⁶⁾ Umidade relativa média (%); ⁽⁷⁾ Molhamento foliar (minutos); ⁽⁸⁾ Precipitação pluviométrica (mm). ⁽⁹⁾ – número de observações igual a 10. ⁽¹⁰⁾ - valores não significativos

Tabela 10 - Coeficiente de correlação de Spearman (r) entre os fatores climáticos e o cumulativo da severidade (% área foliar lesionada) média, medido através da porcentagem de área foliar lesionada (AFL) causada por *Phakopsora pachyrhizi* na safra 2007/08, correspondente a parte inferior da planta de soja ao longo dos estádios fenológicos.

Fatores		Estádio fenológico (n ⁽⁹⁾)									
climáticos	Defasagem	V6/V7	V7/V8	V8/R1	R1/R2	R2/R3	R3/R4	R4/R5	R5/R6	R7/R8	R8
TMáx (°C) ⁽¹⁾	0, 3 a 6 e 8	.	-0,87 a 0 ⁽¹⁰⁾	-0,50 a 0,50	-0,60 a 0,40	-0,80 a 0,31	-0,20 a 0,49	-0,50 a 0,39	-0,19 a 0,48	-0,15 a 0,52	-0,19 a 0,57
	1	.	-0,87	0,50	0,60	0,80	0,87*	0,34	0,44	0,48	0,43
	2	.	-0,87	-1,0**	-1,0**	0,00	0,09	-0,07	0,21	0,38	0,45
	7	.	-0,87	-1,0**	-0,40	-0,20	0,31	0,21	0,43	0,47	0,57
	9	.	-0,87	-1,0**	-0,80	-0,90*	-0,09	0,31	0,16	0,37	0,14
TMin (°C) ⁽²⁾	0, 1, 3 a 9	.	-0,87 a 0,87	-0,87 a 0,50	-0,60 a 0,80	-0,70 a 0,50	-0,68 a -0,03	-0,71 a 0,13	-0,23 a 0,25	-0,45 a 0,35	-0,59 a 0,24
	2	.	0,00	-0,50	-0,80	-0,90*	-0,77	-0,67	-0,71	-0,72*	0,80**
TMed (°C) ⁽³⁾	0, 1 e 7	.	-0,87	-0,50 a 0,50	0,60 a 0,80	-0,10 a 0,60	-0,09 a 0,49	-0,39 a 0,43	-0,21 a 0,38	-0,22 a 0,25	-0,30 a 0,26
	2	.	-0,87	-1,0**	-1,0**	-0,40	-0,54	-0,57	-0,62	-0,33	-0,25
	3	.	0,00	1,0**	-0,20	0,40	-0,09	0,11	0,21	0,23	0,44
	4	.	0,87	0,50	0,20	0,10	-0,37	-0,61	-0,71*	-0,48	-0,52
	5	.	0,00	-0,50	0,00	0,20	-0,14	-0,32	-0,43	-0,60	-0,70*
	6	.	-0,87	-1,0**	-0,40	0,30	0,54	0,11	0,33	0,27	-0,08
	8	.	-0,87	-1,0**	0,20	-0,40	-0,20	-0,43	-0,26	-0,38	-0,36
	9	.	-0,87	-1,0**	-0,80	-0,70	0,03	0,36	0,19	0,22	0,03
	URMáx (%) ⁽⁴⁾	0, 1, 3, 5 a 7 e 9	.	-0,50 a 0,87	-0,87 a 0,87	-0,77 a 0,77	-0,71 a 0,71	-0,21 a 0,65	-0,42 a 0,46	-0,60 a 0,63	-0,21 a 0,32
2		.	0,87	0,87	0,77	0,89*	0,88*	0,90**	0,82*	0,75*	0,69*
4		.	0,50	.	.	-0,71	-0,85*	-0,84*	-0,74*	-0,66	-0,66*
8		.	0,00	1,0**	0,95	0,53	0,44	0,39	0,35	-0,07	-0,12
URMin (%) ⁽⁵⁾	0, 1, 3, 4, 6 e 8	.	0 a	-0,50	-0,40	-0,41 a	-0,67 a	-0,18	-0,24	-0,35	-0,45
	2	.	0,87	1,0**	1,0**	0,21	0,03	0,29	0,29	0,10	-0,03
	5	.	0,87	1,0**	0,80	-0,10	0,20	0,36	0,38	0,47	0,33
	7	.	0,87	1,0**	0,40	0,50	0,14	0,46	0,19	0,08	-0,11
	9	.	0,87	1,0**	0,80	0,90*	0,37	-0,14	0,24	0,14	0,21
URMed (%) ⁽⁶⁾	0, 1, 3, 4 e 9	.	0 a	0,50	-0,40	-0,20 a	-0,03 a	0,20 a	0,10 a	-0,24	-0,45
	2	.	0,87	1,0**	1,0**	0,40	0,37	0,36	0,42	0,19	0,04
	5	.	0,87	1,0**	0,80	-0,10	0,20	0,50	0,67	0,74*	0,65*
	6	.	0,87	1,0**	0,80	-0,10	-0,29	0,00	0,10	0,13	0,33
	7	.	0,87	1,0**	0,80	0,30	-0,26	0,21	0,10	-0,02	-0,13
	8	.	0,87	1,0**	0,80	0,90*	0,49	0,61	0,43	0,60	0,60*
MF (minuto) ⁽⁷⁾	0, 1, 7 e 9	.	0 a	-0,50	-0,80	-0,60 a	-0,31 a	-0,57	-0,43	-0,18	-0,20
	2	.	0,87	a 0,50	a 0,60	0,72	0,09	a 0,41	a 0,31	a 0,02	a-0,04
	3	.	1,0**	1,0**	1,0**	0,40	0,37	0,32	0,29	0,10	-0,03
	4	.	0,00	-1,0**	0,20	-0,40	-0,20	0,14	0,10	-0,17	-0,39
	5	.	-0,50	-0,50	0,40	-0,15	-0,23	0,23	0,47	0,58	0,63*
	6	.	-0,50	0,87	0,74	0,56	0,46	0,67	0,78*	0,70*	0,50
PP	0	.	0,87	1,0**	0,80	-0,10	-0,43	0,11	0,17	0,18	0,19
	8	.	1,0**	0,50	0,20	0,60	0,20	0,47	0,29	-0,03	-0,05
	0	.	-0,87	-0,50	-0,20	-0,60	-0,20	-0,50	-0,66	-0,75*	-
	1	.	0,87	1,0**	0,40	0,70	0,37	-0,14	-0,42	-0,58	-0,67*
	2	.	0,00	1,0**	0,80	0,60	0,20	-0,25	0,05	-0,27	-0,46
	3	.	-0,87	-1,0**	-0,40	-0,20	-0,46	-0,59	-0,54	-0,60	-0,64*
	4 a 6, 8 e 9	.	-0,87 a 0,87	-0,50 a 0,50	-0,40 a 0,60	-0,40 a 0,60	-0,58 a 0,49	-0,74 a 0,29	-0,54 a 0,45	-0,66 a 0,32	-0,50 a 0,18
	7	.	1,0**	-0,50	-0,74	-0,15	0,12	0,45	0,07	-0,16	-0,30

** nível de significância ≤ 1%, * nível de significância ≤ 5%. ⁽¹⁾ Temperatura máxima (°C); ⁽²⁾ Temperatura mínima (°C); ⁽³⁾ Temperatura média (°C); ⁽⁴⁾ Umidade relativa máxima (%); ⁽⁵⁾ Umidade relativa mínima (%); ⁽⁶⁾ Umidade relativa média (%); ⁽⁷⁾ Molhamento foliar (minutos); ⁽⁸⁾ Precipitação pluviométrica (mm). ⁽⁹⁾ - número de observações igual a 10. ⁽¹⁰⁾ - valores não significativos

Tabela 11 – Coeficiente de correlação de Spearman (r) entre a flutuação de urediniósporos e o cumulativo da severidade (% área foliar lesionada) média, avaliado pela porcentagem de área foliar lesionada (AFL) por *Phakopsora pachyrhizi* ao longo dos estádios fenológicos na safra 2006/07.

Defasagem	Estádio fenológico (n ⁽¹⁾)						
	V2/V3	V3/V4	V4/V5	V6/V7	R4/R5	R5/R6	R7/R8
0	.	0,87 ⁽²⁾	0,50	0,80	0,90*	0,94**	0,96**
1	.	0,87	0,50	-0,40	0,30	0,60	0,71
2	.	0,87	1,0**	0,80	0,90*	0,94**	0,96**
3	.	.	1,0**	0,40	0,70	0,83*	0,89**
4	.	.	1,0**	0,80	0,90*	0,94**	0,96**
5	.	.	0,50	0,20	0,60	0,77	0,82*
6	.	.	.	0,50	0,80	0,90*	0,89*
7	.	.	.	0,50	0,80	0,90*	0,94**
8	.	.	.	0,50	0,80	0,90*	0,94
9	.	.	.	1,0**	1,0**	1,0**	1,0**

** nível de significância ≤ 1%, * nível de significância ≤ 5%. ⁽¹⁾ – número de observações igual a 7. ⁽²⁾ - valores não significativos

Tabela 12 – Coeficiente de correlação de Spearman (r) entre a flutuação de urediniósporos e o cumulativo da severidade (% área foliar lesionada) média, avaliado pela porcentagem de área foliar lesionada (AFL) por *Phakopsora pachyrhizi* ao longo dos estádios fenológicos na safra 2007/08.

Defasagem	Estádio fenológico (n ⁽¹⁾)									
	V6/V7	V7/V8	V8/R1	R1/R2	R2/R3	R3/R4	R4/R5	R5/R6	R7/R8	R8
0	.	0,50	0,87	0,74	0,87	0,93**	0,96**	0,97**	0,93**	0,92**
1	.	1,0**	0,87	0,95	0,98**	0,99**	0,99**	0,99**	0,96**	0,90**
2	.	0,87	-0,50	0,40	0,10	0,37	0,61	0,74*	0,80**	0,86**
3	.	0,50	0,87	0,95	0,98**	0,99**	0,96**	0,93**	0,95**	0,96**
4	.	.	0,87	0,95	0,98**	0,99**	0,99**	0,99**	1,0**	0,99**
5	.	1,0**	0,50	0,32	0,67	0,75	0,85*	0,90**	0,93**	0,94**
6	.	-0,50	-0,87	0,77	0,22	0,58	0,74	0,83**	0,88**	0,88**
7	.	-0,50	0,87	0,74	0,87	0,93**	0,96**	0,97**	0,98**	0,91**
8	.	0,00	1,0**	0,63	0,82	0,67	0,79*	0,86**	0,90**	0,93**
9	.	-0,50	0,87	0,74	0,67	0,81*	0,88**	0,92**	0,93**	0,95**

** nível de significância ≤ 1%, * nível de significância ≤ 5%. ⁽¹⁾ – número de observações igual a 10. ⁽²⁾ - valores não significativos

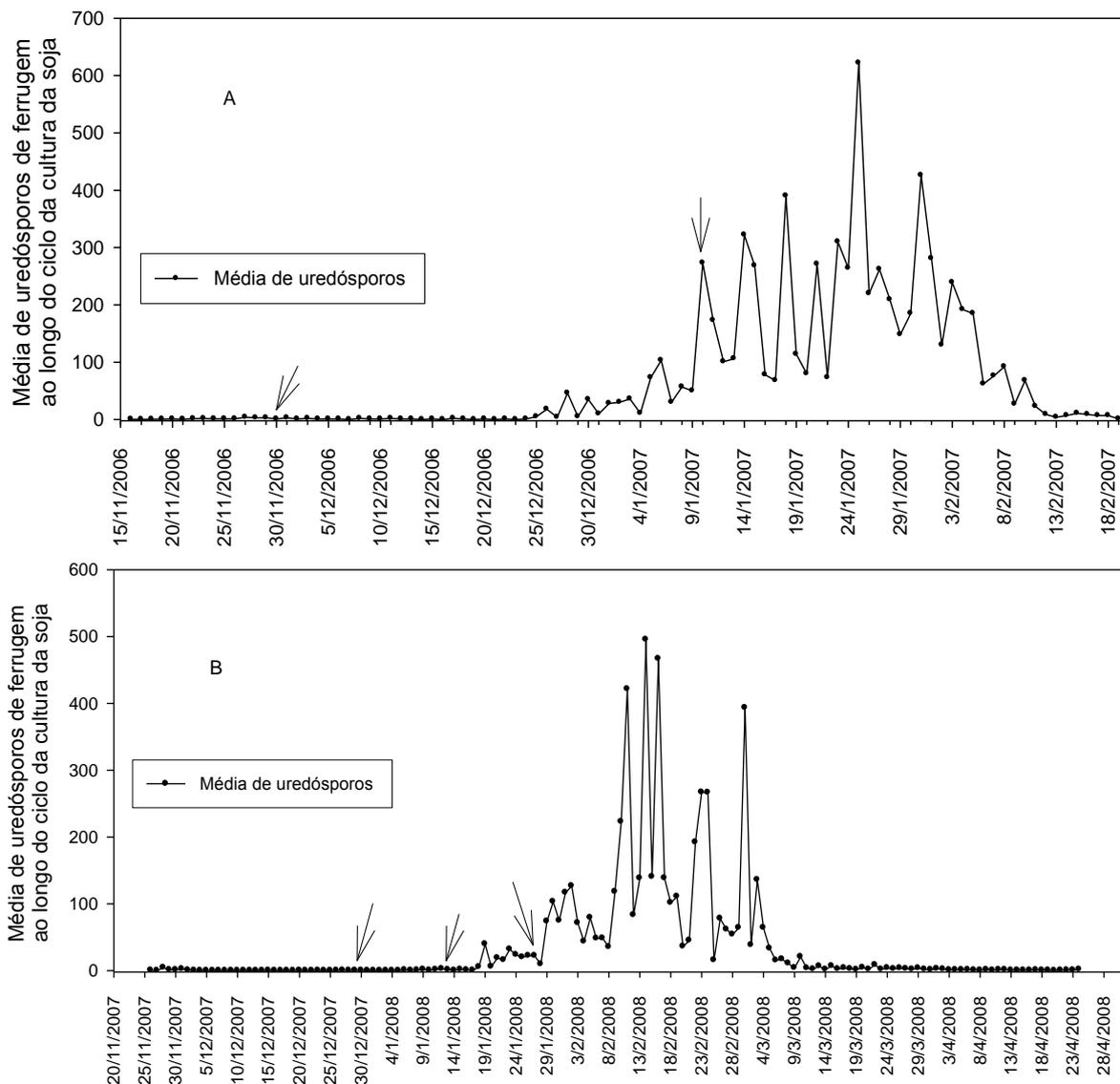


Figura 1A e B. Número de urediniósporos de *Phakopsora pachyrhizi* capturados com armadilha Burkard ao longo do ciclo da cultura de soja em 2006/07 (A) e em 2007/08 (B). As setas ilustradas nas figuras A e B indicam as datas de aplicação de fungicida.

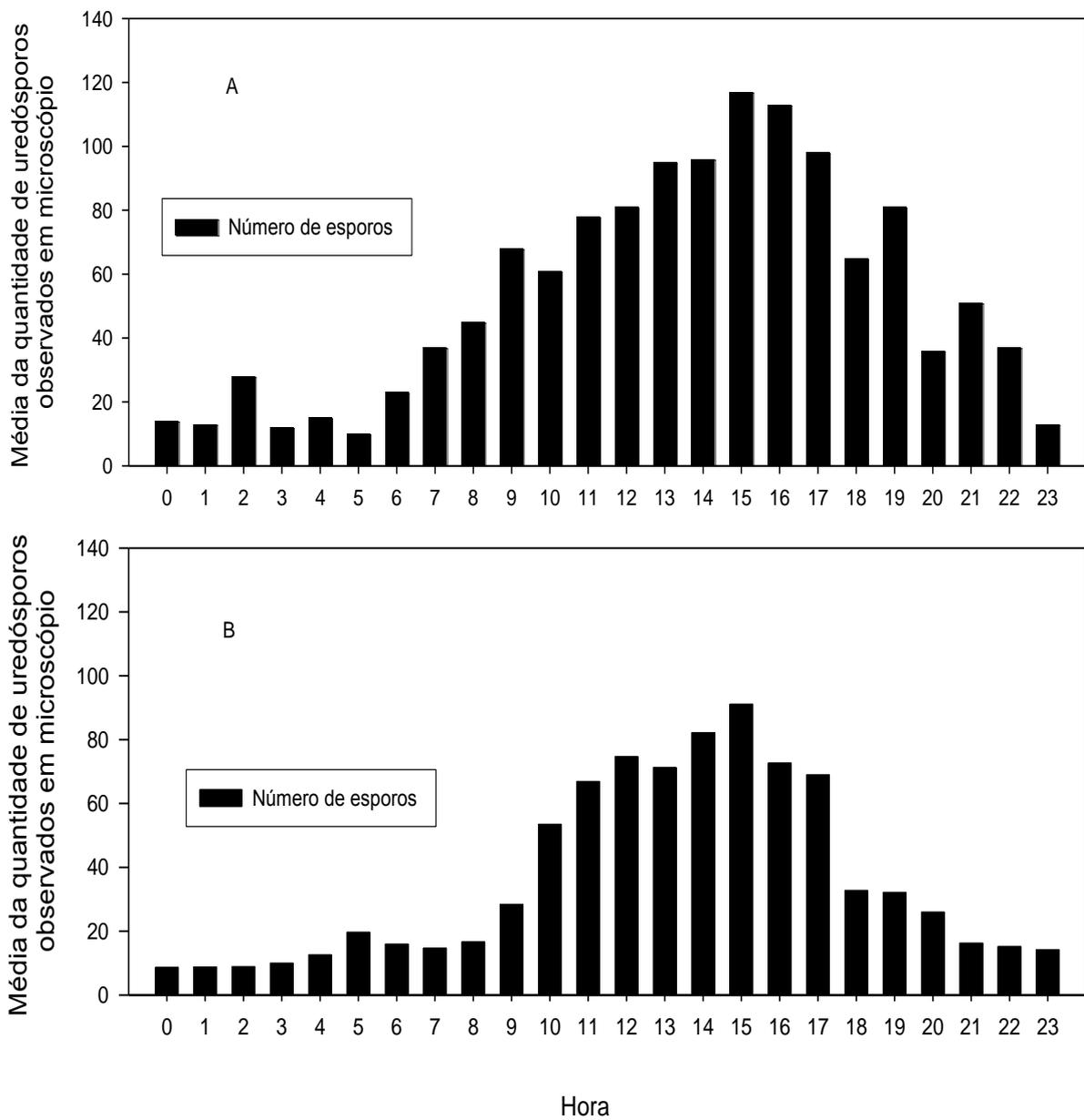


Figura 2A e B. Média de urediniósporos (*Phakopsora pachyrhizi*) amostradas pela armadilha caça-esporos ao longo de cada dia correspondente à safra 2006/07 (A) e 2007/08 (B).

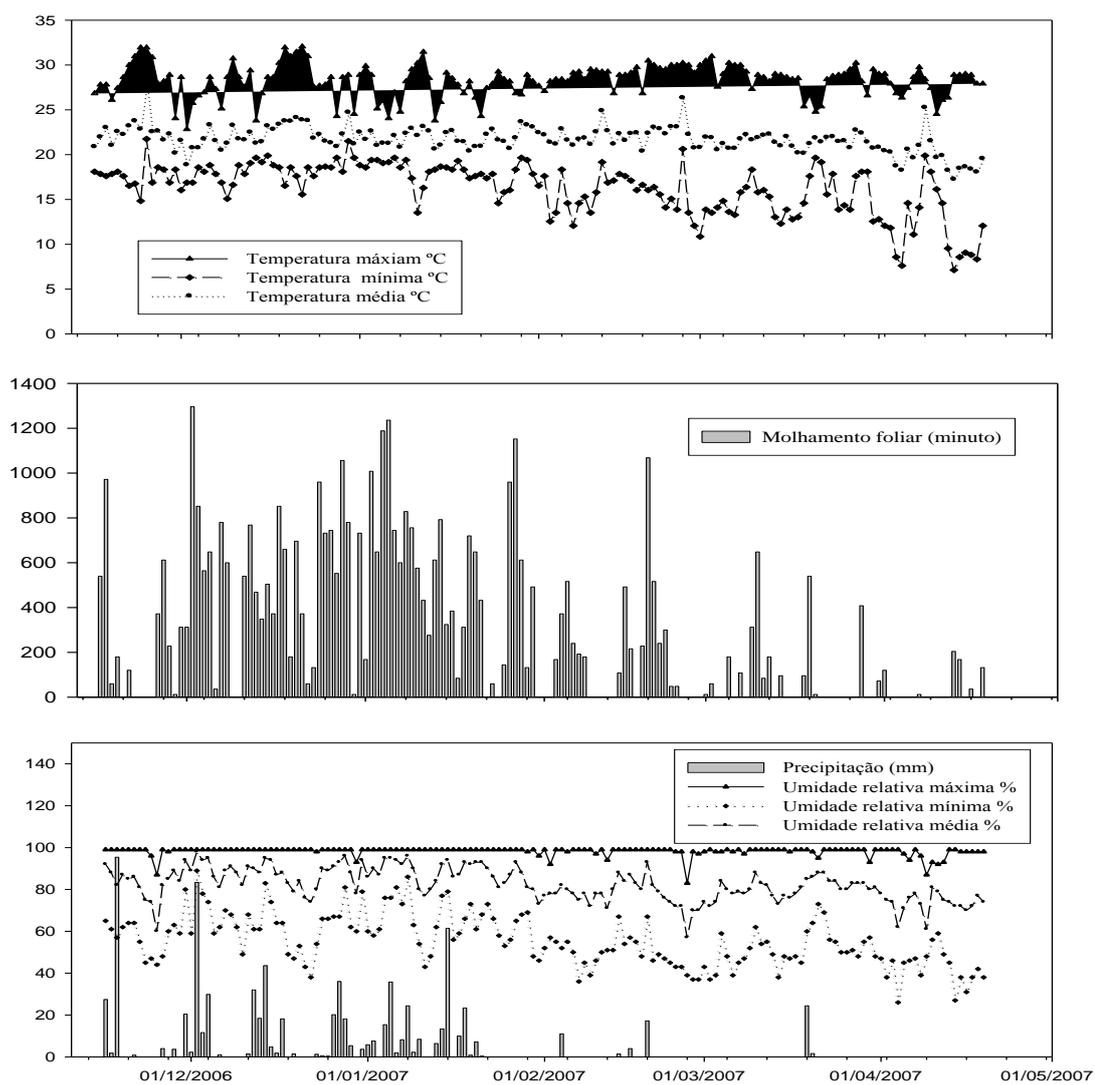


Figura 3. Média diária das temperaturas máximas, mínimas e médias (A), Molhamento Foliar (B) e umidades relativas máximas, mínimas e médias e precipitação pluviométrica (C) na safra 2006/07.

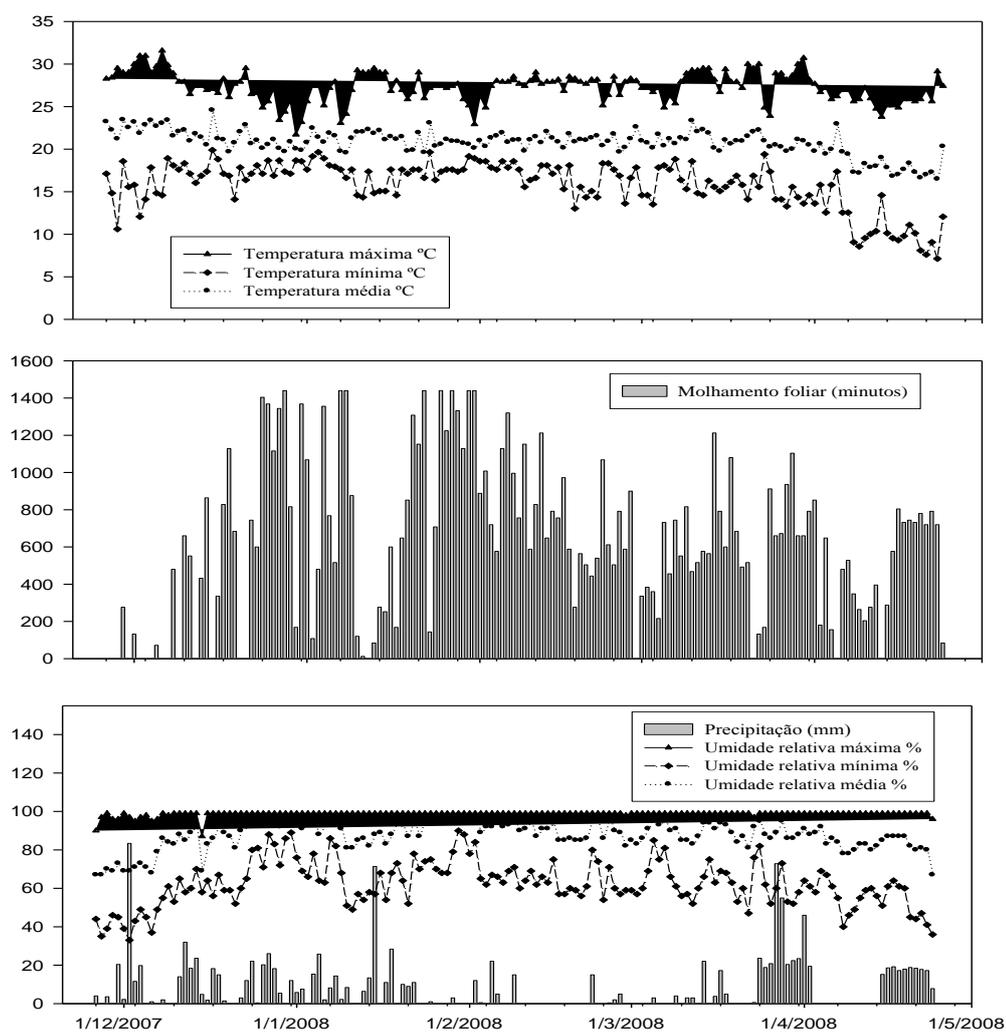


Figura 4. Média diária das temperaturas máximas, mínimas e médias (A), Molhamento Foliar (B) e umidades relativas máximas, mínimas e médias e precipitação pluviométrica (C) na safra 2007/08.

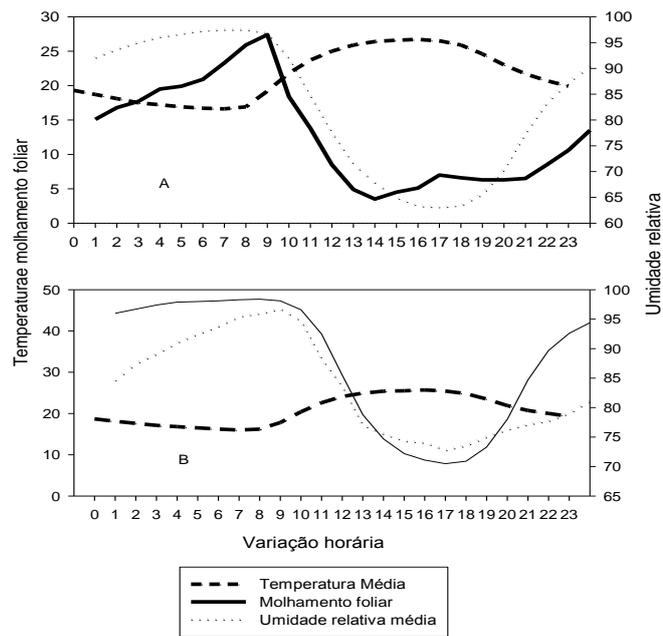


Figura 5A e B – Variação da temperatura média, umidade relativa média e molhamento foliar do somatório médio horário experimental ao longo do ciclo da cultura de soja em 2006/07 (A) e em 2007/08 (B). Os valores no eixo y posicionados do lado esquerda das figuras correspondem às variações da temperatura média (°C) e molhamento foliar (minuto). A direita estão representados os valores correspondentes à variação da umidade relativa média (%).

Capítulo IV

Artigo III

Estudo da variação da concentração de uredinósporos de *Phakopsora pachyrhizi* em folhas destacadas e planta em vaso

Lima, M. A.¹ e Blum, L. E. B.²

¹Doutor em fitopatologia da Universidade de Brasília- UNB. marcelloarrais@yahoo.com.br.

²Professor adjunto do departamento de fitopatologia da Universidade de Brasília- UNB. luizblum@unb.br.

Lima, M. A. e Blum, L. E. B. Estudo da variação da concentração de urediniósporos de *Phakopsora pachyrhizi* em folhas destacadas e planta em vaso. (2009).

Resumo

O efeito da concentração de inóculo do patógeno *P. pachyrhizi* sobre a porcentagem de área foliar lesionada (AFL) foi estudada em ensaios conduzidos em condições de casa de vegetação e laboratório. Dois tipos de genótipos com diferentes níveis de susceptibilidade foram utilizados em ambas as condições. Para inoculação feita em casa de vegetação as concentrações testadas foram 1×10^7 , 1×10^6 , 1×10^5 , 1×10^4 , 1×10^3 e 1×10^2 esporos/ml e em laboratório foram feitas as mesmas aplicações testadas em casa de vegetação com exceção da concentração 1×10^7 esporos/ml. Todas as diluições de concentrações aplicadas foram comparadas com uma testemunha não inoculada. O grau de AFL provocado pelo patógeno foi avaliado a partir do segundo e terceiro dia após a inoculação, respectivamente, para os experimentos mantidos em casa de vegetação e laboratório. Diferenças estatísticas significantes entre os tratamentos foram observadas em relação à AFL e no grau de suscetibilidade entre os genótipos. Poucas diferenças nos tratamentos aplicados foram constadas nas primeiras avaliações. Entretanto, a expressividade do efeito das concentrações foi observada nas últimas avaliações. Possivelmente, esse aumento de patogênese deve-se ao tempo que o organismo conseguiu vencer as barreiras impostas pelo tecido foliar, que foi mais rápida nos tratamentos com inóculo mais concentrado, o que refletiu na intensa esporulação em estágio fenológico avançado. A diluição da concentração igual a 1×10^5 urediniósporos/ml proporcionou bons resultados no aumento de AFL. Concentrações superiores a 1×10^5 esporos/ml apresentaram melhores resultados no aumento de AFL. Porém, houve a necessidade de adquirir uma grande quantidade de esporos para alcançar o volume da suspensão pretendido para aplicação, o que torna alguns experimentos inviáveis.

Palavra chave: Inóculo, genótipo, estágio fenológico, interação.

Lima, M. A. e Blum, L. E. B. Study about the variation in the urediniospores concentration of *Phakopsora pachyrhizi* in detached leaves and potted plant. (2009).

Abstract

The effect of inoculum concentration of the pathogen *P. pachyrhizi* on the percentage of injured leaf area (AFL) was studied in greenhouse and laboratory conditions. Two types of genotypes with different susceptibility levels were used in both conditions. For greenhouse condition the concentration of inoculum tested were 1×10^7 , 1×10^6 , 1×10^5 , 1×10^4 , 1×10^3 and 1×10^2 spores/ml and in the laboratory condition the same applications were used, except the concentration 1×10^7 spores/ml. All dilutions of concentrations applied were compared with a control. AFL degree caused by the pathogen was evaluated in the second and the third day after inoculation, for greenhouse and laboratory conditions respectively. Statistical differences between treatments were observed in the AFL and the degree of susceptibility among genotypes as well. Few differences in treatments were observed on initial assessment. However, the expressiveness of the effect of concentrations was observed in the latest evaluation. Possibly, the increase in pathogenesis is related to the time required by the organism to overcome barriers imposed by the leaf tissue. This was faster in treatments with high inoculum concentration, which reflected the intense sporulation in advanced phenological stage. The concentration 1×10^5 urediniospores/ml provided good results in increasing the AFL. Concentrations exceeding 1×10^5 spores/ml had best results in the increase of AFL. However, a large quantity of spores was needed to reach the desired volume of water for application, which makes some experiments impracticable.

Key words: Inoculum, genotype, phenological stage, interaction.

1- INTRODUÇÃO

A ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi* H. Sydow & Sydow) da soja [*Glycine max* L. (Merr.)] ocorre em diversas regiões produtoras de soja no Brasil (Yorinori *et al.*, 2004). Após sua constatação no ano de 2001, toda área cultivada por soja passou a sofrer severos prejuízos econômicos (Yorinori *et al.*, 2004). Os sintomas da doença são facilmente observados nas folhas, apesar de serem também identificados no pecíolo, caule e nas vagens da planta (Sinclair & Hartman, 1999). Nas folhas, as lesões são caracterizadas por minúsculos pontos escuros contrastando com a cor verde da folha e tendem para um formato angular com 2 a 5 mm de diâmetro (Sinclair & Hartman, 1999). Com o progresso da doença, o patógeno compromete a funcionalidade foliar, levando à sua queda precoce.

Além da compatibilidade com a planta hospedeira, a alta severidade da ferrugem asiática na soja pode ser explicada pela associação das condições climáticas que favorecem seu desenvolvimento, principalmente nos períodos de chuva. Del Ponte, *et al.* (2006), observaram uma severidade de até 70% quando a incidência da chuva atingiu uma faixa de 450 mm e em faixa de 125 mm a severidade foi de 30%. Porém, são poucas as informações epidemiológicas sobre a atuação da quantidade de inóculo na hospedeira.

As epidemias nas condições de clima subtropical são bem distintas quando comparadas as de clima temperado (Bergamin Filho & Amorim, 2001). O que pode acarretar em maior severidade e refletir no aumento do inóculo liberado. Além disso, sabe-se que o patógeno apresenta grande variabilidade, o que proporciona condições de multiplicar nova população em genótipos que apresentam resistência do tipo vertical (Hartman *et al.*, 2005). Em Taiwan, observou-se a existência, de pelo, menos uma raça de *P. pachyrhizi*, contendo três genes de virulência (Bromfield, 1981). No Japão foram identificadas 18 raças de *P. pachyrhizi* oriundas de soja e plantas daninhas (Yamaoka *et al.*, 2002). Kato & Yorinori no ano de 2006 comprovaram a existência de mais de uma raça patogênica de *P. pachyrhizi* em alguns

isolados coletados nos estados do Mato Grosso, Mato Grosso Sul, Goiás e Paraná.

O conhecimento da concentração do inóculo é imprescindível para o estudo dos métodos utilizados para a proteção da cultura da soja contra *P. pachyrhizi*, uma vez que, a quantidade de inóculo disperso, em um determinado momento pode interferir substancialmente no ciclo de infecções secundárias geradas pela deposição do inóculo primário.

Diante dos fatos apresentados, este trabalho teve por objetivo avaliar a influência da concentração de urediniósporos de *P. pachyrhizi* por meio de inoculação artificial feitas em plantas intactas e em folhas destacadas.

2 - MATERIAL E MÉTODOS

2.1 - Local da execução dos experimentos

Os ensaios experimentais foram conduzidos na Estação Experimental de Biologia da Universidade de Brasília, Brasília, DF. As coordenadas do local são 15°44'07.59" de latitude Sul e 47°52'56.75" de longitude Oeste e uma altitude média de 1009 m.

2.2 – Estudo do efeito da concentração de urediniósporos de *P. pachyrhizi*

2.2.1 - Obtenção, multiplicação e preparo da suspensão do inóculo

O inóculo de *P. pachyrhizi* foi obtido a partir de plantas infectadas em um plantio de soja localizado na região de Brazlândia-DF. O isolamento e a multiplicação de inóculo foram feitos conforme procedimento descrito por Casela & Ferreira, (2002), onde os urediniósporos

foram transferidos de folhas de plantas de soja infectadas para plantas de linhagens suscetíveis ao patógeno. Para isso foi preparada por meio de processo de filtração com dupla camada de gaze, uma suspensão de concentração de 1×10^5 esporos/ml de ferrugem em água destilada esterilizada e inoculada em plantas cultivadas em estufa. À suspensão final de urediniosporos foi adicionado um espalhante adesivo (tween 20, 0,5 ml/l).

Após a multiplicação do inóculo ao longo do ciclo da planta dentro de estufa, a transferência dos urediniosporos foi feita através da raspagem de folhas de soja infectadas por meio de um pincel de cerdas macias. Os esporos raspados foram armazenados em placas de Petri e acondicionados em freezer (-8 °C) para posterior inoculação dos experimentos desse trabalho (Zambenedetti *et al.*, 2007). Para evitar a perda de viabilidade dos urediniosporos pela armazenagem foi feita a manutenção do inóculo em estufa a cada 2 meses por meio de inoculações em plantios escalonados dos genótipos suscetíveis MSoy-8866 e MSoy-8787, conforme experimentos preliminares realizados.

Em cada lote, 240 ml de suspensão (1×10^5 esporos/ml) do patógeno acrescido de espalhante adesivo (tween 20, 0,5 ml/L) foi aplicado através de um pulverizador costal (5 L). Foram plantados dois lotes de 20 m² (30 plantas/m²) para cada linhagem, de forma a garantir a presença da ferrugem na cultura em estufa climatizada, com umidade relativa do ar próxima dos $85 \pm 5\%$ e faixa de temperatura média de 21°C.

O inóculo foi aplicado nas plantas quando essas atingiram o estágio fenológico R1 (Início da floração: até 50% das plantas com uma flor), período pelo qual há grande disposição de massa foliar, de acordo com a escala proposta por Fehr & Caviness (1981). Eventuais pragas foram controladas com o uso de inseticidas. O manejo do solo para o cultivo da soja em estufa foi realizado por meio de adubações químicas preconizadas para a cultura (Embrapa, 2006).

2.2.2 - Teste em folhas destacadas (Bioensaio)

Os folíolos de soja foram coletados de plantas cultivadas em estufa, isentas de pragas e doenças, sendo essas destacadas no terço médio correspondente ao 4º nó do estágio fenológico R1, segundo esquema proposto por Yang (1991). Os folíolos de soja foram lavados de forma que essas folhas não se danificassem. Em seguida, foram acondicionados em caixas plásticas do tipo “gerbox” forrado com um papel filtro umedecido para formação de uma câmara úmida. Na parte das extremidades dos pecíolos de cada folíolo foi envolvido um pedaço de algodão umedecido, o que garantiu sua sobrevivência ao longo do período de avaliação. Tanto para o processo de lavagem quanto para o umedecimento do papel filtro e algodão utiliza-se água destilada esterilizada. O folíolo escolhido foi o central da folha que foi colocado abaxialmente sobre duas lamínulas colocadas sobre o papel filtro. Este procedimento foi para evitar o contato do folíolo de soja com o papel umedecido, e com isso seu apodrecimento (Kamikoga, 2001). Cada folíolo contido em uma caixa foi considerado uma unidade amostral.

Em cada folha aplicou-se 1 ml do inóculo através de um pulverizador manual (500 ml), nas concentrações 1×10^2 , 1×10^3 , 1×10^4 , 1×10^5 e 1×10^6 esporos/ml. As cultivares usadas nos experimentos foram MSoy-8787 e MSoy-8008. Após a inoculação, os tratamentos foram envolvidos por uma lona plástica preta por 24 h. Após este período, a lona foi retirada e as avaliações foram feitas. A média da temperatura nos dois experimentos foi respectivamente de 25 e 26 °C. A concentração de esporos de ferrugem foi estimada e ajustada a partir da contagem do número de urediniosporos em câmara de Neubauer.

O primeiro e segundo experimentos foram montados e inoculados, respectivamente, nos dias 21/1/2008 e 1/2/2008 e os intervalos de avaliações foram 3, 7, 13, 18 e 25 dias após a inoculação. A cada avaliação no teste de bioensaio foi verificada a umidade do algodão e do papel filtro mantendo-a quando necessária com água.

A avaliação dos testes consistiu em observação sob microscópio estereoscópico (Aumento 40 X) e contagem do número de pústulas formado em cada lesão nos folíolos, bem como, estimou-se também a porcentagem de área foliar lesionada (AFL).

2.2.3- Teste em plantas em vasos

Vasos (2L) plásticos pretos com solo esterilizado e adubados (5g de 4-14-8 NPK) foram semeados com doze sementes microbiolizadas com *Rhizobium* à uma profundidade de 2 cm. As cultivares usadas nos testes foram a MSoy-8585 e MSoy-8008. Após a germinação, quatro plantas foram mantidas em cada vaso. As plantas foram acondicionadas em casa de vegetação com variação de temperatura entre 25 a 35 °C. Irrigações diárias de manutenção foram feitas nos vasos duas vezes ao dia através de uma mangueira. Cada vaso contendo quatro plantas foi considerado uma unidade amostral.

Os plantios do primeiro e segundo experimentos tiveram início, respectivamente, em 16/4/2008 e 30/4/2008 e as inoculações foram feitas nos dias 1/6/2008 e 15/6/2008. Os intervalos de avaliações em ambos os experimentos foram 2, 9, 19, 39 e 46 dias após a inoculação. O mesmo procedimento no teste de bioensaio para avaliação da doença foi adotado com exceção da contagem do número de pústulas. Das quatro plantas foram destacadas três folhas de soja ao acaso da parte mediana da planta de cada genótipo. Em seguida, as folhas foram acondicionadas em sacolas de papel demarcadas e levadas ao laboratório para análise. As notas das avaliações foram feitas nos três folíolos da folha.

As plantas, ao atingirem o estágio fenológico R1 (florescimento), foram umedecidas com água destilada esterilizada com auxílio de um pulverizador costal (20L). Em seguida, 10 ml da suspensão com urediniósporos foram aplicados com um pulverizador costal (5L). As concentrações testadas foram: 1×10^2 , 1×10^3 , 1×10^4 , 1×10^5 , 1×10^6 e 1×10^7 esporos/ml. As concentrações de esporos foram estimadas e ajustadas a partir da contagem em câmara de

Neubauer. Após a inoculação, as plantas foram envolvidas por uma lona plástica preta umedecida por 24h.

2.3 - Delineamento experimental

Os experimentos de bioensaio e em vaso foram montados em um delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições. Para o controle, folíolos destacados e plantas cultivadas nos vasos de cada genótipo foram pulverizados com água destilada esterilizada.

2.4 - Análise estatística

Os dados referentes ao estudo de concentração de inóculo coletados em condição de laboratório e casa de vegetação foram submetidos à análise de variância e as médias separadas pelo teste de LSD de Fisher ($P \leq 0,05$), sendo utilizada a sub-rotina “Análise Fatorial Anova”. Todas as análises foram executadas com o auxílio do programa estatístico SAS System v. 9.0.

3 - RESULTADOS

3.1 - Concentração de inóculo em condição de casa de vegetação

A média da porcentagem de área foliar lesionada (AFL) foi de 0,53% para o primeiro experimento e 0,45% para o segundo (Tabelas 1 e 2). Diferença significativa ($P \leq 0,0001$) na concentração foi observada nos dois experimentos. A concentração 1×10^7 esporos /ml no primeiro experimento diferiu significativamente das demais concentrações em relação à AFL. Constatou-se também que as concentrações 1×10^6 e 1×10^5 esporos /ml diferiram do tratamento controle.

Resultados semelhantes foram verificados na avaliação do segundo experimento, com exceção da concentração de 1×10^5 esporos /ml que não diferiu do tratamento controle (Tabela 2). Em relação aos dois genótipos testados, somente no primeiro experimento pôde ser comprovado a diferença significativa ($P = 0,0067$) na % AFL causada pelo patógeno. O genótipo MSoy-8585 com média de 0,39% de AFL diferiu do genótipo MSoy-8008 que apresentou média de 0,67% (Tabela 3). Constatou-se também que o primeiro experimento diferenciou significativamente ($P = 0,0039$) na interação genótipo-concentração.

A interação genótipo-concentração para somatório da média total da AFL demonstrou significativa diferença ($P \leq 0,0001$), quando a análise foi feita em função da concentração do inóculo sobre cada genótipo (Tabela 3). A concentração do inóculo em função do genótipo MSoy-8008 demonstrou diferença significativa, quando aplicado na concentração 1×10^7 esporos /ml em relação às demais concentrações. Quando feito em função do genótipo MSoy-8585, a concentração 1×10^7 esporos /ml diferiu significativamente das demais concentrações quanto à AFL. Verificou-se também que a concentração 1×10^6 esporos /ml diferiu significativamente do tratamento controle (Tabela 3).

Quando mediu-se o efeito da reação dos genótipos de soja interagindo com a agressividade do patógeno, significativa diferença ($P = 0,0380$) pode ser observada somente na concentração 1×10^7 esporos /ml. Nessa concentração, houve diferenças entre as médias de AFL para o genótipo MSoy-8585 em relação ao genótipo MSoy-8008 com valores respectivos iguais a 1,32 e 2,68% (Tabela 4).

As avaliações para verificar o efeito da concentração de inóculo em plantas de soja cultivada em casa de vegetação demonstraram diferenças significativas, quanto à AFL a partir do estágio fenológico R1 em ambos os experimentos (Tabela 5).

No primeiro experimento, diferença significativa na da % AFL entre as concentrações ($P = 0,0154$) foi encontrada quando as plantas atingiram o estágio fenológico R2. No entanto,

nenhuma diferença foi observada entre os genótipos e na interação genótipo e concentração. A concentração 1×10^7 esporos/ml proporcionou a média de 0,094% de AFL e diferiu significativamente das demais concentrações. No estágio R3, diferença significativa na % AFL ($P = <,0001$) foi constatada entre as concentrações, genótipos e na interação genótipo-concentração. A concentração 1×10^7 esporos/ml diferiu significativamente quanto a AFL das demais concentrações. Ainda nessa avaliação, a concentração 1×10^6 esporos/ml diferiu do tratamento controle (Tabela 5).

Com relação aos genótipos, à linhagem MSoy-8585 apresentou menor valor de % AFL em relação à linhagem MSoy-8008 (Tabela 6). Na interação genótipo-concentração, o efeito da interação concentração de inóculo sobre os genótipos MSoy-8008 e MSoy-8585 demonstrou diferença significativa na % AFL. A concentração 1×10^7 esporos/ml diferiu significativamente em ordem decrescente das demais concentrações na AFL para o genótipo MSoy-8008. O mesmo acontecendo com o genótipo MSoy-8585 (Tabela 7). No entanto, quando feita a verificação da interação do genótipo sobre as concentrações, observou-se diferença significativa na % de AFL apenas nas concentrações 1×10^2 , 1×10^5 e 1×10^7 esporos/ml. Em todas as três concentrações, o genótipo MSoy-8008 foi o mais afetado em termos das médias de % AFL em relação ao genótipo MSoy-8585 (Tabela 8). No estágio de desenvolvimento R6, diferença significativa na % AFL foi confirmada entre as concentrações ($P \leq,0001$), genótipos ($P = 0,0009$) e na interação genótipo-concentração ($P = 0,0078$). Para a concentração 1×10^7 esporos/ml com média de AFL de 3,99% e diferiu significativamente das demais. O mesmo acontecendo com a concentração 1×10^6 esporos/ml sobre as demais concentrações. Observou-se também, diferença significativa entre a concentração 1×10^5 esporos/ml em relação à concentração 1×10^2 esporos/ml e ao tratamento controle (Tabela 5).

Com relação aos genótipos, a mesma constatação feita em R3 foi verificada em R6. Na interação genótipo-concentração, o efeito da interação concentração de inóculo sobre os

genótipos MSoy-8008 e MSoy-8585 demonstraram diferença significativa na % AFL com mesmos valores de probabilidade igual a $<,0001$. A concentração 1×10^7 esporos/ml diferiu das demais concentrações na AFL para o genótipo MSoy-8008. Foi constatado também, que a concentração 1×10^6 esporos/ml diferiu das concentrações 1×10^4 , 1×10^3 , 1×10^2 esporos/ml e controle. A concentração 1×10^5 esporos/ml diferiu das concentração 1×10^2 esporos/ml e do tratamento controle.

Para o genótipo MSoy-8585, a concentração 1×10^7 esporos/ml também diferiu significativamente das demais concentrações. A concentração 1×10^6 esporos/ml diferiu das concentrações 1×10^3 , 1×10^2 esporos/ml e do tratamento controle. E ainda, a concentração 1×10^5 esporos/ml diferiu do tratamento controle (Tabela 7).

Diferença significativa ($P = 0,0471$) foi observada no efeito da interação concentração de inóculo sobre os genótipos na % de AFL apenas para a concentração 1×10^7 esporos/ml. Nessa concentração, o genótipo MSoy-8008 foi o mais afetado (Tabela 8). Em R7, diferença significativa na % AFL foi verificadas entre as concentrações ($P \leq 0,0001$), genótipos ($P = 0,0005$) e na interação genótipo-concentração ($P \leq 0,0001$). A concentração 1×10^7 esporos/ml apresentou o mesmo comportamento que em R3 e R6. Constatou-se também que as concentrações de 1×10^6 a 1×10^2 esporos/ml diferiram do tratamento controle (Tabela 5). Com relação aos genótipos, o mesmo comportamento foi observado em R3 e R6 (Tabela 6). Na interação genótipo-concentração, o efeito da interação concentração de inóculo sobre os genótipos MSoy-8008 e MSoy-8585 foi igual ao estágio de desenvolvimento R6.

A concentração 1×10^7 esporos/ml apresentou diferença na AFL sobre as demais concentrações para o genótipo MSoy-8008. Ainda nesse grupo, as concentrações de 1×10^6 a 1×10^2 esporos/ml diferiram do tratamento controle. Para o genótipo MSoy-8585, a média AFL da concentração 1×10^7 esporos/ml diferiu significativamente das demais concentrações. Foi verificado também, que as concentrações 1×10^6 esporos/ml e 1×10^5 esporos/ml

diferiram do tratamento controle (Tabela 7). Diferença significativa ($P = 0,0085$) na % de AFL foi observada quando feito a verificação da interação do genótipo sobre as concentrações. A concentração 1×10^7 esporos/ml foi à única que pode diferenciar os genótipos (Tabela 8).

No segundo experimento, diferença significativa na % AFL entre as concentrações ($P \leq 0,0001$) e na interação genótipo-concentração ($P = 0,0148$) foi encontrada quando as plantas atingiram o estágio R2. Porém, nenhuma diferença foi observada entre os genótipos. A concentração 1×10^7 esporos/ml (0,06% AFL) diferiu das demais (Tabela 5).

Na interação genótipo-concentração, o efeito da interação concentração de inóculo sobre os genótipos, demonstrou diferença significativa na % AFL somente para o genótipo MSoy-8008 ($P \leq 0,0001$). A concentração 1×10^7 esporos/ml (0,11% AFL) diferiu das demais concentrações (Tabela 9). Diferença significativa na % AFL entre as concentrações ($P \leq 0,0001$) foi encontrada quando as plantas atingiram o estágio R3. Contudo, nenhuma diferença significativa foi observada entre os genótipos e na interação genótipo-concentração. A concentração 1×10^7 esporos/ml (0,174% AFL) diferiu das outras concentrações.

O estágio de desenvolvimento R6 apresentou diferença significativa para as variações das concentrações ($P \leq 0,0001$) e não significativos para os diferentes genótipos e na interação genótipo-concentração. A concentração 1×10^7 esporos/ml diferiu das demais concentrações, e ainda nesse grupo, a concentração 1×10^6 esporos/ml diferiu das concentrações 1×10^3 , 1×10^2 esporos/ml e do tratamento controle. E a concentração 1×10^5 esporos/ml diferiu do controle (Tabela 5). Em R7, a concentração 1×10^7 esporos/ml apresentou o mesmo comportamento que em R3 e R6. Constatou-se também, que a concentração 1×10^6 esporos/ml diferiu do tratamento controle (Tabela 5).

3.2 - Concentração de inóculo em condição de laboratório

A porcentagem de AFL e o número de pústulas totais (NPT) após inoculação foram respectivamente iguais a 2,48% e 182 para o primeiro experimento e 1,55% e 114 para o segundo (Tabela 10). Diferença significativa ($P \leq 0,0001$) na variação da concentração foi observada nos dois experimentos. Nenhuma diferença foi encontrada entre os genótipos e na interação genótipo-concentração.

No primeiro experimento, a concentração 1×10^6 esporos/ml diferiu das outras concentrações (1×10^5 esporos/ml ao tratamento controle) na AFL. Observou-se também, que a concentração 1×10^5 esporos/ml diferiu das concentrações 1×10^3 , 1×10^2 esporos/ml e do tratamento controle. Em termos de NPT, a mesma diferença significativa pode ser observada. A concentração 1×10^6 esporos/ml proporcionou o maior número de pústulas em relação às outras concentrações (Tabela 10).

No segundo experimento, somente a concentração 1×10^6 esporos/ml diferenciou das demais concentrações (1×10^5 esporos/ml ao tratamento controle). As médias de AFL foram respectivamente iguais a 5,46, 1,60, 1,11, 0,61, 0,51 e 0%. Para o NPT, foi constatado resultado semelhantes no primeiro experimento (Tabela 10).

As avaliações para verificar o efeito da concentração de inóculo em folhas destacadas nas datas de avaliação, demonstrou a existência de diferença significativa quanto à % AFL e no número de pústulas totais (NPT) a partir dos 17 dias após a inoculação nos dois experimentos montados em laboratório. Após inoculação o intervalo do dia 28/01 a 15/02/2008 para o primeiro experimento apresentou médias respectivas de % AFL iguais a 0,03, 0,22, 2,08 e 10,07% e NPT iguais a 0,49, 3,02, 84,21 e 820,50. No segundo experimento, no intervalo de 04/02 a 26/02/2008 apresentou médias respectivas de % AFL igual a 0,03, 0,17, 0,62 e 6,93% e do NPT iguais a 0,56, 2,39, 13,70 e 553,50 (Tabela 12 e 16).

O primeiro experimento, demonstrou que as duas primeiras avaliações, após constatação dos sinais do patógeno não apresentaram nenhuma diferença significativa nos tratamentos e nem em suas interações. No dia 28/01/2008, a concentração 1×10^5 esporos/ml proporcionou maior AFL e NPT que as outras concentrações. No dia 03/02/2008, as concentrações 1×10^5 e 1×10^2 esporos/ml proporcionaram maiores AFL e para o NPT as concentrações 1×10^5 , 1×10^3 e 1×10^2 esporos/ml causaram maiores números de sinais do patógeno.

Diferenças significativas nas concentrações (AFL com $P \leq 0,0001$; NPT com $P = 0,0007$), genótipos (AFL com $P = 0,0067$; NPT com $P = 0,0220$) e interação genótipo-concentração (AFL com $P = 0,0026$; NPT com $P = 0,0023$) foram verificadas no dia 8/2/2008. Somente a concentração 1×10^6 esporos/ml diferiu das outras concentrações (1×10^5 esporos/ml ao controle) e exibiu maior % de AFL e NPT (Tabela 12). Para os genótipos, a linhagem MSoy-8787 mostrou maior % de AFL e NPT (Tabela 13). Na interação genótipo-concentração, o efeito da interação concentração de inóculo sobre os genótipos, demonstrou diferença significativa na AFL para o genótipo MSoy-8008 ($P = 0,0361$). Para a linhagem MSoy-8787 a diferença significativa foi constatada na % de AFL ($P = 0,0005$) e no NPT ($P = 0,0044$). Em ambos os genótipos, a concentração 1×10^6 esporos/ml proporcionou maior média de AFL e NPT que as outras concentrações (Tabela 14).

O efeito da interação genótipo sobre as concentrações, demonstrou diferença significativa ($P = 0,0229$) somente para a concentração 1×10^2 esporos/ml em relação à AFL. O genótipo MSoy-8787 apresentou maior média de AFL (Tabela 15). No dia 15/2/2008, diferenças significativas nas concentrações (AFL e NPT com $P \leq 0,0001$), genótipos (AFL com $P = 0,0087$; NPT com $P = 0,0002$) e interação genótipo-concentração (AFL com $P = 0,0119$; NPT com $P \leq 0,0001$) foram verificadas. A média da concentração 1×10^6 esporos/ml diferiu das outras concentrações (1×10^5 esporos/ml ao controle) em termos de AFL e na

formação do NPT. Ainda nessa avaliação, foi observado que a média da % de AFL e do NPT causados pela concentração 1×10^5 esporos/ml, também pôde diferir das outras concentrações (1×10^4 esporos/ml ao controle). A média da % de AFL causada pela concentração 1×10^4 esporos/ml foi capaz de diferir das concentrações subseqüentes. O mesmo acontecendo com a concentração 1×10^3 esporos/ml (Tabela 12). Com relação aos genótipos, o mesmo resultado verificado no dia 08/02/2008 foi constatado (Tabela 13). Na interação genótipo-concentração, o efeito da interação concentração de inóculo sobre os genótipos, demonstrou diferença significativa ($P \leq 0,0001$) na % AFL e na formação do NPT para o genótipo MSoy-8008 e genótipo MSoy-8787. Para o genótipo MSoy-8008, a média da AFL e do NPT proporcionados pela concentração 1×10^6 esporos/ml diferiu das outras concentrações (1×10^5 esporos/ml ao controle).

Ainda nessa avaliação, foi observado que a média da % de AFL e do NPT provocados pela concentração 1×10^5 esporos/ml diferiu das concentrações subseqüentes e que, a média da % de AFL causados pela concentração 1×10^4 esporos/ml diferiu do tratamento controle. Para o genótipo 8787, resultados semelhantes observados no genótipo MSoy-8008 foram verificados nas concentrações 1×10^6 e 1×10^5 esporos/ml. A média da % de AFL provocados pela concentração 1×10^4 esporos/ml pode diferir das concentrações 1×10^3 , 1×10^2 esporos/ml e o controle. Constatou-se também que as médias da % de AFL das concentrações 1×10^3 e 1×10^2 esporos/ml diferiram do tratamento controle (Tabela 14).

O efeito da interação do genótipo sobre as concentrações, demonstrou diferença significativa na AFL ($P = 0,0069$) e na formação do NPT ($P = 0,0072$) somente para a concentração 1×10^6 esporos/ml. Nessa concentração, o genótipo MSoy-8787 mostrou maior média de AFL e NPT (Tabela 15).

O segundo experimento demonstrou que as avaliações realizadas nos dias 4/2 e 9/2/2008 não apresentaram nenhuma diferença significativa entre os tratamentos e suas

interações pela análise de variância. Porém, no dia 14/2/2008, diferença significativa ($P = 0,0472$) na média do NPT entre os genótipos foi observada e nenhuma diferença significativa foi encontrada entre as concentrações e na interação genótipo-concentração. O genótipo MSoy-8787 obteve maior média do NPT com valor igual a 3,70 (Tabela 17). No dia 19/02/2008, diferença significativa na % de AFL foi verificada para as diferentes variações das concentrações ($P = 0,0277$), genótipos ($P = 0,0287$) e interação genótipo-concentração ($P = 0,0155$). A concentração 1×10^6 esporos/ml diferiu das concentrações subseqüentes por proporcionar valores de AFL e NPT significativos iguais a 1,73% e 52,63 pústulas (Tabela 16).

Quanto aos genótipos, a linhagem MSoy-8787 apresentou maior AFL (Tabela 17). Na interação genótipo-concentração, o efeito da interação concentração de inóculo sobre os genótipos, demonstraram diferenças significativa ($P \leq 0,0001$) na % de AFL para o genótipo MSoy-8787. A concentração 1×10^6 esporos/ml com média de 3,45% diferiu das outras concentrações por proporcionar maior AFL (Tabela 18). O efeito da interação concentração de inóculo sobre os genótipos, demonstrou diferença significativa na % AFL para as concentrações 1×10^2 esporos/ml ($P = 0,0170$) e 1×10^6 esporos/ml ($P = 0,0496$). Em ambas as concentrações, o genótipo MSoy-8787 apresentou os maiores valores de AFL (Tabela 19).

4 – DISCUSSÃO

Poucos estudos foram efetuados sobre a resposta de genótipos de soja à diferentes concentrações de inóculo de *P. pachyrhizi*. Ugalden, (2005), conduziu experimentos com plantas cultivadas em vaso em estufa e demonstrou que as aplicações das concentrações 1×10^6 e 1×10^5 esporos/ml de *P. pachyrhizi* não diferiram no estabelecimento da patogênese. Diferentes resultados foram demonstrados por Angelotti *et al.* (2008), onde concluíram que o aumento da concentração do inóculo relacionou com o efeito gradual nas infecções causados

por *Phakopsora euvitis* em folhas de videira. O que demonstra que o número de infecção contido em uma superfície da planta é proporcional ao nível de inóculo utilizado (Rodriguez-Galvez & Mendgen, 1995). Assim, os resultados referentes à média geral da AFL, nos dois experimentos em casa de vegetação refletiram um efeito gradativo no incremento do inóculo aplicado. Porém, o teste de média não demonstrou o efeito da proporcionalidade entre os tratamentos. Fato este que pode ser interpretado pelo valor do quadrado médio do erro experimental. No entanto, o primeiro experimento demonstrou que a partir da concentração 1×10^4 esporos/ml, houve efeito significativo na AFL proporcionado pelo aumento de inóculo e no segundo experimento essa observação foi comprovada a partir da concentração 1×10^5 esporos/ml. Isso retrata que inoculações feitas com baixas concentrações pode levar a interpretações errôneas a respeito das avaliações nos nível de infecções foliares em casa de vegetação.

Ao longo dos estádios de desenvolvimento da planta, este estudo demonstrou que o efeitos dos níveis de concentração de inóculo mostraram-se com maior expressividade no estágio R6 com a aplicação de 1×10^5 esporos/ml. De um modo geral, nesse estágio em relação ao anterior, houve um acréscimo quase que três vezes o aumento médio da AFL. Provavelmente, o aumento na patogênese em estágio tão avançado de desenvolvimento da planta, ocorreu devido à lenta colonização interna dos tecidos do hospedeiro, que culminou em maior liberação de urédias do patógeno no estágio R6. Cabe ressaltar que apenas uma única inoculação foi feita. Além disso, observou-se que as condições do ambiente foram pouco favoráveis ao desenvolvimento do organismo, quando comparadas com as condições de campo. Melching *et al.* (1979), observaram a evolução do desenvolvimento da doença da ferrugem asiática, na face superior e inferior das folhas de soja e concluíram que o número médio de urédias por lesão, aumentou em 8 vezes seu valor em 7 semanas, após uma única inoculação na parte abaxial da folha. Por outro lado, na parte adaxial esse aumento foi de

apenas 2 vezes. As condições macro-microclimáticas podem favorecer o aumento no número de infecções geradas pelo inóculo primário, principalmente em relação ao fator água, seja ele como: período de molhamento, umidade relativa e precipitação pluviométrica. Nesse experimento, o maior efeito da água observado foi no período noturno provocado pelo orvalho. Caldwell *et al.* (2005), estudaram o efeito da temperatura sobre o desenvolvimento da doença e observaram que temperaturas de 15 e 30 °C paralisaram seu desenvolvimento. Os autores verificaram também que quando as plantas de soja foram submetidas a 95% de umidade relativa o tamanho das lesões eram maiores do que aquelas submetidas a 85%. Alves *et al.* (2005), testaram a interação de diferentes temperaturas e períodos de molhamento foliar. Eles observaram, que a frequência de infecção proporcionada pela deposição do inóculo primário foi maior em período de 24h de molhamento, do que em intervalos inferiores a este. Casey em 1981, demonstrou em condição favoráveis de campo que a taxa de desenvolvimento aparente de infecção variou de 0,045 a 0,050 m/dia.

As avaliações realizadas pelo método da folha destacada, mostraram resultados pouco semelhantes aos experimentos conduzidos em casa de vegetação.

No primeiro experimento em condição de laboratório, houve efeito significativo no somatório médio da AFL ao longo das avaliações proporcionado pelo aumento de inóculo a partir da concentração 1×10^4 esporos/ml. No entanto, o segundo experimento, apenas a concentração 1×10^6 esporos por/ml, indicou a diferenciação entre as demais concentrações. Essa diferença entre os dois experimentos, pode ser explicada pelo quadrado médio do erro que foi menor no primeiro experimento com folha destacada. Entretanto, quando feitas as análises nas datas das avaliações, a última avaliação dos dois experimentos apresentam valores de quadrado médio do erro bem inferiores ao valores da média geral. Isso possibilitou diferenciar as concentrações aplicadas. No primeiro experimento, o efeito gradual do aumento do inóculo foi observado a partir da concentração 1×10^3 esporos/ml, que nesse caso não

diferiu da concentração 1×10^2 esporos/ml. Enquanto que no segundo experimento, esse efeito só foi observado a partir da concentração 1×10^4 esporos/ml. Twizeyimana, *et al.* (2007), estudaram o efeito da concentração de inóculo em folhas destacadas em germoplasmas de soja visando a resistência à *P. pachyrhizi*. Os autores concluíram que o número total de pústulas e esporos aumentaram linearmente, com níveis crescentes da concentração de inóculo em apenas uma única avaliação feita aos 17 dias após inoculação.

A verificação do somatório médio da AFL ao longo das avaliações, possibilitou a diferenciação entre os genótipos em casa de vegetação. O genótipo MSoy-8585 foi o menos suscetível ao ataque do patógeno. Em condição de laboratório, a análise de variância não possibilitou a diferenciação entre os genótipos. Porém, quando a AFL pelo patógeno foi analisada pelas datas das avaliações, os dois ambientes diferenciaram os genótipos. Em casa de vegetação, o genótipo MSoy-8585 permaneceu menos suscetível. Em laboratório, o genótipo menos suscetível foi o MSoy-8008. Isso explica o efeito da resposta de infecção, ou seja, quanto menos suscetível for o genótipo maiores níveis de concentração são necessários para aumentar a chance de causar infecção.

5 – CONCLUSÃO

A concentração de inóculo de *P. pachyrhizi* constitui importante fator na determinação da intensidade de esporulação. A colonização do tecido foliar pelo micélio do patógeno foi mais rápida nos tratamentos com inóculo mais concentrados, o que refletiu na intensa esporulação em estágio fenológico avançado. Os dados analisados por datas de cada avaliação, foram determinantes na verificação do aumento do patógeno em função da diluição das concentrações aplicadas. Quando os dados foram somados e os valores médios analisados, informações relevantes sobre o progresso epidemiológico foram pouco conclusivos,

principalmente sobre a taxa de infecção. Pode-se concluir que a concentração de inóculo afetou significativamente o grau de severidade e que em média, a suspensão de 1×10^5 urediniósporos/ml proporcionou bons resultados no aumento de AFL. Concentrações superiores a 1×10^5 esporos/ml apresentaram melhores resultados no aumento de AFL. Porém, houve a necessidade de adquirir um grande quantidade de esporos para alcançar o volume de suspensão pretendido para aplicação. E ainda, a contagem de concentrações e urediniósporos superiores a 1×10^5 esporos/ml, diminuiu o campo de visibilidade no hemacitômetro, o que pôde ocasionar erros na resultado final da diluição por esse tipo de aferição.

6 - AGRADECIMENTO

Ao CNPq pelo apoio financeiro e ao Sr. João Luiz Gilioli (Genética Tropical, Cristalina, GO) por fornecer as sementes para execução dos estudos. Aos Funcionários da estação experimental de biologia pelo apoio técnico.

7 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Angelotti, F.; Scapin, C. R.; Tessmann, D. J.; Vida, J. B; Rafael Augusto Vieira, R. A. e Souto, E. R. Resistência de genótipos de videira à ferrugem. Pesquisa Agropecuária Brasileira. v,43, p. 1129-1134. 2008.
- Alves, S. A. M.; Furtado, G. Q.; Carneiro, L. C.; Godoy, C. V. e Bergamin Filho, A. Influencia da temperatura e da duração do período de molhamento foliar no desenvolvimento da ferrugem da soja, v. 30, p.S 127, 2005.
- Bergamin Filho, A. e Amorim, L. Epidemiologia comparativa entre os patossistemas temperado e tropical: conseqüências para a resistência a fungicidas. Fitopatologia Brasileira, v. 26, p.119-127. 2001.
- Bromfield, K. R. Differential reaction of some soybean accessions to *Phakopsora pachyrhizi*. Soybean Rust News v.4, p.2, 1981.

- Caldwell, P. M.; Nunkumar, A.; Pretorius, Z. A. e Fernandes, J. M. C. Development of *Phakopsora pachyrhizi* at different temperatures, relative humidities and leaf wetness duration. Proceedings, 9th International Workshop on Plant Disease Epidemiology. Landerneau, France. 2005.
- Casela, C.R and Ferreira, A.S. Variability in isolates of *Puccinia polysora* in Brazil. Fitopatologia Brasileira, v.27, n. 4, p. 414-416. 2002.
- Casey, P. S. The epidemiology of soybean rust – *Phakopsora pachyrhizi* Syd. Soybean Rust Newsl. 4:3-5. 1981.
- Del Ponte, E. M., Godoy, C. V., Li, X., and Yang, X. B. Predicting severity of Asian soybean rust epidemics with empirical rainfall models. Phytopathology, v. 96, p.797-803. 2006.
- Embrapa - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Tecnologias de produção de soja região central do Brasil. Embrapa Soja, Londrina-PR. P. 220. 2006.
- Fehr, W.R. and Caviness, C.E. Stage of soybean development. Ames: Iowa State University, 1981. 12 p. (Iowa Cooperative Extensive Service. Special Report, 80).
- Hartman, G. L.; Miles, M. R.; Frederick, R. D. Breeding for resistance to soybean rust. Plant Disease, v.89, p. 664-666. 2005.
- Kato, M. and Yorinori, J. T., O. Variabilidade patogênica da *Phakopsora pachyrhizi* no Brasil. In: Reunião de pesquisa de soja da região central do Brasil, 28, 2006, Londrina. [Anais] Londrina: Embrapa Soja - Fundação Meridional - Fundação Triângulo, p. 147–149. 2006.
- Kamikoga, A.T.M. Método da folha destacada para avaliar resistência da soja ao oídio 2001. 98 p. Tese (Título: Doutor em Agronomia) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba – PR. 2001.
- Melching, J.S.; Bromfield, K.R.; Kingsolver, C.H. Infection, colonization and uredospore production on Wayne soybean by four cultures of *Phakopsora pachyrhizi*, the cause of soybean rust. Phytopathology, v.69, p. 1262-1265. 1979.
- Rodriguez-Galvez, E., and Mendgen, K. The infection process of *Fusarium oxysporum* in cotton root tips. Protoplasma, v.189, p.61-72,1995.
- Sinclair, J.B.; Hartman, G.L. Soybean rust. In: Hartman, G.L., Sinclair, J.B. & Rupe, J.C. (Ed.) Compendium of Soybean Diseases. 4ed. St. Paul. American Phytopathological Society Press.1999. p. 25-26.
- Twizeyimana, M., Ojiambo, P. S., Ikotun, T., Paul, C., Hartman, G. L., and Bandyopadhyay, R. Comparison of field, greenhouse, and detached-leaf evaluations of soybean germplasm for resistance to *Phakopsora pachyrhizi*. Plant Disease. v. 91, p.1161-1169. 2007.
- Ugalde, M. G. Controle da ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi* Sidow) na cultura da

- soja. 2005. (Título: Mestre em Agronomia) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria – RS. 2005.
- Yamaoka, Y., Fujiwara, Y., Kakishima, M., Katsuya, K., Yamada, K. & Hagiwara, H. Pathogenic races of *Phakopsora pachyrhizi* on soybean and wild host plants collected in Japan. *Journal of General Plant Pathology*, Tóquio, v.68, p. 52-56, 2002.
- Yang, C.Y. Soybean rust cause by *Phakopsora pachyrhizi*. First soybean rust workshop help. March 21-27 in Wuhan, Hubei, China. P. 1-32. 1991.
- Yorinori, J. T.; Nenes Júnior, J.; Lazzarotto, J. J. Ferrugem “asiática” da soja no Brasil: evolução, importância econômica e controle. Londrina, *Embrapa-soja*, 2004. Documentos/Embrapa-soja, n. 247, 2004.
- Zambenedetti, E.B., Alves, E., Pozza, E.A and Araújo, D.V. Germinação de urediniosporos de *Phakopsora pachyrhizi* em diferentes métodos de armazenamento. *Summa Phytopathologica*, v.33, n. 1, p. 83-85. 2007.

Tabela 1 – Avaliação do efeito da concentração de urediniosporos de *Phakopsora pachyrhizi* cultivados em casa de vegetação, em função da média geral da porcentagem de área foliar lesionada dos genótipos de soja MSoy-8585 e MSoy-8787.

Concentração do inoculo em esporos/ml	1º experimento % AFL ⁽⁴⁾	2º experimento % AFL
1 x 10 ⁷	2,00 A ⁽¹⁾	1,79 A
1 x 10 ⁶	0,54 B	0,45 B
1 x 10 ⁵	0,40 B	0,31 BC
1 x 10 ⁴	0,31 BC	0,23 BC
1 x 10 ³	0,25 BC	0,21 BC
1 x 10 ²	0,20 BC	0,18 BC
Controle	0,00 C	0,00 C
Média	0,53	0,45
CV%	15,6	16,6
DMS ⁽³⁾	0,368 s ⁽²⁾	0,336 s

1 - As médias seguidas da mesma letra não diferem entre si, ao nível de 5%, pelo teste de Fisher. 2 – Não significativo (ns) e significativo (s).

3 – Diferença mínima significativa. 4 – porcentagem de área foliar lesionada (% AFL)

Tabela 2 – Avaliação da reação de dois genótipos de soja à ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) cultivado em casa de vegetação, em função da média geral da porcentagem de área foliar lesionada.

Genótipo	1º experimento % AFL ⁽⁴⁾	2º experimento % AFL
MSoy-8585	0,39 A ⁽¹⁾	0,43 A
MSoy-8008	0,67 B	0,48 A
Média	0,53	0,45
CV%	15,6	16,6
DMS ⁽³⁾	0,196 s ⁽²⁾	0,179 ns

1 - As médias seguidas da mesma letra não diferem entre si, ao nível de 5%, pelo teste de Fisher. 2 – Não significativo (ns) e significativo (s).
3 – Diferença mínima significativa. 4 – porcentagem de área foliar lesionada (% AFL)

Tabela 3 – Avaliação do efeito da concentração de urediniósporos de *Phakopsora pachyrhizi* na interação com dois genótipos de soja cultivados em casa de vegetação, em função da média geral da porcentagem de área foliar lesionada.

Concentração do inóculo em esporos/ml	% AFL ⁽⁴⁾	
	MSoy-8008	MSoy-8585
1 x 10 ⁷	2,68 A ⁽¹⁾	1,32 A
1 x 10 ⁶	0,60 B	0,48 B
1 x 10 ⁵	0,48 B	0,33 BC
1 x 10 ⁴	0,36 B	0,26 BC
1 x 10 ³	0,31 B	0,18 BC
1 x 10 ²	0,24 B	0,17 BC
Controle	0,00 B	0,00 C
Média	0,667	0,391
CV%	14,4	17,0
DMS ⁽³⁾	0,608 s ⁽²⁾	0,422 s

1 - As médias seguidas da mesma letra não diferem entre si, ao nível de 5%, pelo teste de Fisher. 2 – Não significativo (ns) e significativo (s).
3 – Diferença mínima significativa. 4 – porcentagem de área foliar lesionada (% AFL)

Tabela 4 – Avaliação da reação de dois genótipos de soja à ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) na interação da concentração de inóculo cultivados em casa de vegetação, em função da média geral da porcentagem de área foliar lesionada.

Genótipo	% AFL ⁽⁴⁾ p/ as concentrações em esporos/ml	
	1 x 10 ² a 1 x 10 ⁶	1 x 10 ⁷
MSoy-8585	0,17 a 0,48 A ⁽¹⁾	1,32 A
MSoy-8008	0,24 a 0,60 A	2,68 B
Média	0,205 a 0,54	2,00
CV%	13,2 a 11,3	9,90
DMS ⁽³⁾	0,24 a 0,395 ns ⁽²⁾	1,276 s

1 - As médias seguidas da mesma letra não diferem entre si, ao nível de 5%, pelo teste de Fisher. 2 – Não significativo (ns) e significativo (s).
3 – Diferença mínima significativa. 4 – porcentagem de área foliar lesionada (% AFL)

Tabela 5 - Avaliação do efeito da concentração de urediniósporos de *Phakopsora pachyrhizi* ao longo dos estádios de desenvolvimento da planta, determinados por meio da média da porcentagem de área foliar lesionada dos genótipos MSoy-8585 e MSoy-8787 cultivados em casa de vegetação.

Concentração do inoculo em esporos/ml	1º experimento					2º experimento				
		% AFL ⁽⁴⁾					% AFL			
1 x 10 ⁷	0	0,094 A ⁽¹⁾	1,96 A	3,99 A	3,97 A	0	0,06 A	1,74 A	3,08 A	4,08 A
1 x 10 ⁶	0	0,011 B	0,36 B	1,45 B	0,89 B	0	0,00 B	0,17 B	1,26 B	0,83 B
1 x 10 ⁵	0	0,004 B	0,24 BC	0,95 C	0,83 B	0	0,00 B	0,08 B	0,91 BC	0,57 BC
1 x 10 ⁴	0	0,005 B	0,13 BC	0,81 CD	0,63 B	0	0,00 B	0,06 B	0,69 CD	0,43 BC
1 x 10 ³	0	0,004 B	0,12 BC	0,62 CD	0,51 B	0	0,00 B	0,04 B	0,63 CD	0,41 BC
1 x 10 ²	0	0,012 B	0,09 BC	0,42 DE	0,50 B	0	0,00 B	0,03 B	0,46 CD	0,39 BC
Controle	0	0,000 B	0,00 C	0,00 E	0,00 C	0	0,00 B	0,00 B	0,00 E	0,00 C
Média	0	0,018	0,414	1,177	1,047	0	0,01	0,303	1,004	0,962
Estádio fenológico	R1	R2	R3	R6	R7	R1	R2	R3	R6	R7
CV%	.	29,0	8,40	3,70	3,80	.	25,4	10,9	3,90	5,90
DMS ⁽³⁾	.	0,055 s ⁽²⁾	0,357 s	0,444 s	0,407 s	.	0,025 s	0,340 s	0,407 s	0,576 s

1 - As médias seguidas da mesma letra não diferem entre si, ao nível de 5%, pelo teste de Fisher. 2 - Não significativo (ns) e significativo (s).

3 - Diferença mínima significativa. 4 - porcentagem de área foliar lesionada (% AFL)

Tabela 6 - Avaliação da reação de dois genótipos à ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) em função da porcentagem de área foliar lesionada em soja, cultivada em casa de vegetação quantificadas ao longo dos estádios de desenvolvimento da planta.

Genótipo	1º experimento					2º experimento
		% AFL ⁽⁴⁾				
MSoy-8585	0	0,01 A ⁽¹⁾	0,15 A	0,97 A	0,84A	0 a 0,855 A
MSoy-8008	0	0,03 A	0,67 B	1,39 B	1,25B	0 a 1,1069 A
Média	0	0,02	0,41	1,18	1,045	0 a 0,962
Estádio fenológico	R1	R2	R3	R6	R7	R1, R2, R3, R6 e R7
CV%	0	1,80	4,14	11,77	10,47	0 a 5,90
DMS ⁽³⁾	,	0,029 ns ⁽²⁾	0,190 s	0,237 s	0,217 s	0 a 0,308 ns

1 - As médias seguidas da mesma letra não diferem entre si, ao nível de 5%, pelo teste de Fisher. 2 - Não significativo (ns) e significativo (s).

3 - Diferença mínima significativa. 4 - porcentagem de área foliar lesionada (% AFL)

Tabela 7 – Avaliação do efeito da concentração de urediniósporos de *Phakopsora pachyrhizi* na interação de dois genótipos de soja cultivados em casa de vegetação, determinados por meio da porcentagem de área foliar lesionada em 3 estádios de desenvolvimento da planta (1º experimento).

Concentração do inoculo em esporos/ml	% AFL ⁽⁴⁾			% AFL		
	MSoy-8008			MSoy-8585		
1 x 10 ⁷	3,25 A ⁽¹⁾	4,83 A	5,19 A	0,68 A	3,15 A	2,75 A
1 x 10 ⁶	0,58 B	1,54 B	0,88 B	0,15 B	1,36 B	0,90 B
1 x 10 ⁵	0,38 B	1,19 BC	0,82 B	0,10 B	0,72 BC	0,85 B
1 x 10 ⁴	0,20 B	0,95 CD	0,68 B	0,06 B	0,67 BCD	0,59 BC
1 x 10 ³	0,18 B	0,74 CD	0,65 B	0,05 B	0,50 CD	0,45 BC
1 x 10 ²	0,15 B	0,48 DE	0,54 B	0,03 B	0,37 CD	0,36 BC
Controle	0,00 B	0,00 E	0,00 C	0,00 B	0,00 D	0,00 C
Média	0,677	1,39	1,255	0,153	0,967	0,843
Estádio fenológico	R3	R6	R7	R3	R6	R7
CV%	6,20	2,80	2,20	17,1	4,90	5,80
DMS ⁽³⁾	0,970 s ⁽²⁾	0,919 s	0,657 s	0,617 s	1,096 s	1,133 s

1 - As médias seguidas da mesma letra não diferem entre si, ao nível de 5%, pelo teste de Fisher. 2 – Não significativo (ns) e significativo (s). 3 – Diferença mínima significativa. 4 – porcentagem de área foliar lesionada (% AFL)

Tabela 8 – Avaliação da reação de dois genótipos de soja cultivados em casa de vegetação à ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) na interação da concentração de inoculo, em função da porcentagem de área foliar lesionada em 3 estádios de desenvolvimento da planta (1º experimento).

Genótipo	% AFL ⁽⁴⁾ p/ a Concentração 1 x 10 ² esporos/ml		% AFL p/ a Concentração 1 x 10 ³ , 1 x 10 ⁴ e 1 x 10 ⁶ esporos/ml		% AFL p/ a Concentração 1 x 10 ⁵ esporos/ml		% AFL p/ a Concentração 1 x 10 ⁷ esporos/ml	
	MSoy-8585	0,033 A ⁽¹⁾	0,37 e 0,45 A	0,058 a 1,37 A	0,105 A	0,73 e 0,86 A	0,68 A	3,15 A
MSoy-8008	0,152 B	0,48 e 0,54 A	0,188 a 1,54 A	0,383 B	0,84 e 1,19 A	3,25 B	4,83 B	5,19 B
Média	0,093	0,43 e 0,49	0,12 a 1,45	0,24	0,84 e 0,96	1,97	3,99	3,97
Estádio fenológico	R3	R6 e R7	R3, R6 e R7	R3	R6 e R7	R3	R6	R7
CV%	5,60	9,0 e 2,50	9,20 a 1,60	4,70	4,00 e 3,40	4,30	2,30	2,20
DMS ⁽³⁾	0,091 s ⁽²⁾	0,670 e 0,224 ns	0,167 a 0,582 ns	0,201 s	0,666 e 0,497 ns	1,473 s	1,650 s	1,552 s

1 - As médias seguidas da mesma letra não diferem entre si, ao nível de 5%, pelo teste de Fisher. 2 – Não significativo (ns) e significativo (s). 3 – Diferença mínima significativa. 4 – porcentagem de área foliar lesionada (% AFL)

Tabela 9 - Avaliação do efeito da concentração de urediniósporos de *Phakopsora pachyrhizi* na interação dos genótipos de soja MSoy-8585 e MSoy-8787 cultivados em casa de vegetação, determinados por meio da porcentagem de área foliar lesionada no estágio de desenvolvimento R2 da planta (2º experimento).

Concentração do inoculo em esporos/ml	% AFL ⁽⁴⁾	
	MSoy-8008	MSoy-8585
1 x 10 ⁷	0,11 A ⁽¹⁾	0,03 A
1 x 10 ⁶	0,00 B	0,00 A
1 x 10 ⁵	0,00 B	0,00 A
1 x 10 ⁴	0,00 B	0,00 A
1 x 10 ³	0,00 B	0,00 A
1 x 10 ²	0,00 B	0,00 A
Controle	0,00 B	0,00 A
Média	0,02	0,004
Estádio fenológico	R2	R2
CV%	18,10	52,90
DMS ⁽³⁾	0,041s ⁽²⁾	0,031 ns

1 - As médias seguidas da mesma letra não diferem entre si, ao nível de 5%, pelo teste de Fisher. 2 - Não significativo (ns) e significativo (s).
3 - Diferença mínima significativa. 4 - Número de pústulas Totais (NPT).

Tabela 10 - Efeito da concentração de urediniósporos de *Phakopsora pachyrhizi* nos genótipos de soja MSoy-8787 e MSoy-8008 em folíolos destacados, determinados por meio da média geral da porcentagem de área foliar lesionada e do número total de pústulas.

Concentração do inoculo em esporos/ml	1º experimento		2º experimento	
	% AFL ⁽⁴⁾	NPT ⁽⁵⁾	% AFL	NPT
1 x 10 ⁶	8,25 A ⁽¹⁾	787,7 A	5,46 A	525,5 A
1 x 10 ⁵	3,76 B	219,3 B	1,60 B	99,8 B
1 x 10 ⁴	1,30 BC	46,7 B	1,11 B	33,1 B
1 x 10 ³	0,84 C	18,9 B	0,61 B	14,0 B
1 x 10 ²	0,73 C	17,3 B	0,51 B	11,9 B
Controle	0,00 C	0,0 B	0,00 B	0,0 B
Média	2,48	182	1,55	114
CV%	25,60	35,40	31,60	46,0
DMS ⁽³⁾	2,81 s ⁽²⁾	283,5 s	2,166 s	231,51s

1 - As médias seguidas da mesma letra não diferem entre si, ao nível de 5%, pelo teste de Fisher. 2 - Não significativo (ns) e significativo (s).
3 - Diferença mínima significativa. 4 - Número de pústulas Totais (NPT). 5- Número de pústulas Totais (NPT).

Tabela 11 – Avaliação da reação de dois genótipos de soja à ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) em folíolos destacados, em função da média geral da porcentagem de área foliar lesionada e do número total de pústulas.

Genótipo	1º experimento		2º experimento	
	% AFL ⁽⁴⁾	NPT ⁽⁵⁾	% AFL	NPT
MSoy-8787	2,89 A ⁽¹⁾	237,53 A	1,749 A	153,19 A
MSoy-8008	2,06 A	125,77 A	1,352 A	74,90 A
Média	2,47	182	1,55	114,0
CV%	25,60	35,40	31,6	46,0
DMS ⁽³⁾	1,619 ns ⁽²⁾	163,7 ns	1250 ns	133,66 ns

1 - As médias seguidas da mesma letra não diferem entre si, ao nível de 5%, pelo teste de Fisher. 2 – Não significativo (ns) e significativo (s).

3 – Diferença mínima significativa. 4 – porcentagem de área foliar lesionada (% AFL). 5- Número de pústulas Totais (NPT).

Tabela 12 – Avaliação do efeito da concentração de urediniósporos de *Phakopsora pachyrhizi* dos genótipos de soja MSoy-8787 e MSoy-8008 em folíolos destacados, determinados por meio da porcentagem de área foliar lesionada e do número total de pústulas nas datas de avaliação (1º experimento).

Concentração do inoculo em esporos/ml	% AFL		NPT		% AFL		NPT		% AFL		NPT	
	% AFL ⁽⁴⁾	NPT ⁽⁵⁾	% AFL	NPT	% AFL	NPT	% AFL	NPT	% AFL	NPT		
1 x 10 ⁶	0,037 AB	0,5 AB	0,15 AB	2,37 AB	7,43 A	410,25	33,62 A	3525,3 A				
1 x 10 ⁵	0,087 A ⁽¹⁾	1,625 A	0,40 A	4,75 A	2,20 B	44,13 B	16,12 B	1045,9 B				
1 x 10 ⁴	0,000 B	0 B	0,12 AB	2,25 AB	1,05 B	15,00 B	5,56 C	216,4 C				
1 x 10 ³	0,025 AB	0,375 B	0,28 AB	4,37 A	0,96 B	15,88 B	2,75 D	69,8 C				
1 x 10 ²	0,037 AB	0,5 AB	0,37 A	4,37 A	0,82 B	20,00 B	2,37 DE	65,9 C				
Controle	0,000 B	0 B	0,00 B	0,00 B	0,00 B	0,00 B	0,00 E	0,0 C				
Média	0,03	0,49	0,22	3,02	2,08	84,21	10,07	820,50				
Data de avaliação	24/01/2008	28/01/2008	03/02/2008	08/02/2008	15/02/2008							
CV%	24,50	24,40	13,50	12,60	11,60	22,90	2,50	4,30				
DMS ⁽³⁾	0,078 ns ⁽²⁾	1,24 ns	0,305ns	3,864 ns	2,461 s	195,71 s	3,871 s	361,9 s				

1 - As médias seguidas da mesma letra não diferem entre si, ao nível de 5%, pelo teste de Fisher. 2 – Não significativo (ns) e significativo (s).

3 – Diferença mínima significativa. 4 – porcentagem de área foliar lesionada (% AFL). 5- Número de pústulas Totais (NPT).

Tabela 13 – Avaliação da reação de dois genótipos de soja à ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) em folíolos destacados, determinado por meio da porcentagem de área foliar lesionada e do número total de pústulas nas datas de avaliação (1º experimento).

Genótipo	% AFL NPT		% AFL ⁽⁴⁾ NPT ⁽⁵⁾		% AFL NPT		% AFL NPT		% AFL NPT	
	MSoy-8008	.	.	0,016 A ⁽¹⁾	0,29 A	0,19 A	3,00 A	1,07 A	17,54 A	9,04 A
MSoy-8787	.	.	0,045 A	0,70 A	0,25 A	3,04 A	3,08 B	150,88 B	11,10 B	1033,0 B
Média	.	.	0,030	0,49	0,22	3,02	2,08	84,21	10,07	820,50
Data de avaliação	24/01/2008		28/01/2008		03/02/2008		08/02/2008		15/02/2008	
CV%	.	.	24,50	24,40	13,50	12,60	11,60	22,90	2,50	4,30
DMS ⁽³⁾	.	.	0,045 ns ⁽²⁾	0,717 ns	0,176 ns	2,231 ns	1,420 s	112,99 s	1,506 s	208,94 s

1 - As médias seguidas da mesma letra não diferem entre si, ao nível de 5%, pelo teste de Fisher. 2 – Não significativo (ns) e significativo (s).

3 – Diferença mínima significativa. 4 – porcentagem de área foliar lesionada (% AFL). 5 - Número de pústulas Totais (NPT).

Tabela 14 – Avaliação do efeito da concentração de urediniósporos de *Phakopsora pachyrhizi* na interação de dois genótipos de soja em folíolos destacados, em função da porcentagem de área foliar lesionada e do número total de pústulas aos 18 e 25 dias após inoculação (1º experimento).

Concentração do inoculo em esporos/ml	Linhagem MSoy-8008				Linhagem MSoy-8787			
	% AFL ⁽⁴⁾	NPT ⁽⁵⁾	% AFL	NPT	% AFL	NPT	% AFL	NPT
1 x 10 ⁶	2,75 A ⁽¹⁾	44,50 A	29,25 A	2630,0 A	12,12 A	776,0 A	38,00 A	4420,5 A
1 x 10 ⁵	1,62 AB	28,75 AB	15,00 B	799,8 B	2,77 B	59,5 B	17,25 B	1292,0 B
1 x 10 ⁴	1,10 AB	7,50 B	5,50 C	140,5 C	1,12 B	22,5 B	5,62 C	292,3 C
1 x 10 ³	0,52 AB	17,25 AB	2,25 CD	41,0 C	0,82 B	14,5 B	2,50 D	90,8 C
1 x 10 ²	0,42AB	7,25 B	2,25 CD	36,8 C	1,67 B	32,8 B	3,25 D	102,8 C
Controle	0,00 B	0,00 B	0,00 D	0,0 C	0,00 B	0,0 B	0,00 E	0,0 C
Média	1,06	17,54	9,04	608,01	3,08	150,88	11,10	1033,06
Data de avaliação	08/02/2008		15/02/2008		08/02/2008		15/02/2008	
CV%	10,60	12,80	3,60	6,40	10,40	18,0	1,30	3,10
DMS ⁽³⁾	1,698 s ⁽²⁾	33,51 s	4,912 s	578,34 s	4,807 s	611,24 s	2,261 s	721,84 s

1 - As médias seguidas da mesma letra não diferem entre si, ao nível de 5%, pelo teste de Fisher. 2 – Não significativo (ns) e significativo (s).

3 – Diferença mínima significativa. 4 – porcentagem de área foliar lesionada (% AFL). 5 - Número de pústulas Totais (NPT).

Tabela 15 – Avaliação da reação de dois genótipos de soja, em folíolos destacados, à ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) na interação de diferentes concentrações de inóculo, sobre a porcentagem de área foliar lesionada e do número total de pústulas aos 18 e 25 dias após inoculação (1º experimento).

Genótipo	1 x 10 ² esporos/ml		1 x 10 ³ a 1 x 10 ⁶ esporos/ml		1 x 10 ² a 1 x 10 ⁵ esporos/ml		1 x 10 ⁶ esporos/ml	
	% AFL ⁽⁴⁾	NPT ⁽⁵⁾	% AFL	NPT	% AFL	NPT	% AFL	NPT
MSoy-8008	0,42 A ⁽¹⁾	7,25 A	0,52 a 2,75 A	7,50 a 44,5 A	2,0 a 15 A	37 a 800 A	29 A	2630 A
MSoy-8787	1,67 B	32,75 A	0,82 a 12,12 A	14,50 a 776,0 A	2,5 a 17 A	91 a 1292 A	38 B	4421 B
Média	1,05	20,0	0,82 a 7,43	15,00 a 410,25	2,4 a 16	66 a 1046	34	3525
Data de avaliação	08/02/2008				15/02/2008			
CV%	5,50	7,80	7,10 a 9,50	10,2 a 11,4	2,0 a 9,0	5,0 a 12,0	1,0	2,0
DMS ⁽³⁾	1,0 s ⁽²⁾	27 ns	1,0 a 9,4 ns	27 a 812 ns	2,0 a 8,5 ns	107 a 1008 ns	5,3 s	1099 s

1 - As médias seguidas da mesma letra não diferem entre si, ao nível de 5%, pelo teste de Fisher. 2 – Não significativo (ns) e significativo (s). 3 – Diferença mínima significativa. 4 – porcentagem de área foliar lesionada (% AFL). 5 - Número de pústulas Totais (NPT).

Tabela 16 - Avaliação do efeito da concentração de urediniosporos de *Phakopsora pachyrhizi* dos genótipos de soja MSoy-8787 e MSoy-8008, determinados por meio da porcentagem de área foliar lesionada e do número total de pústulas em laboratório nas datas de avaliação (2º experimento).

Concentração do inóculo em esporos/ml	% AFL ⁽⁴⁾	NPT ⁽⁵⁾	08/02/2008		14/02/2008		19/02/2008		26/02/2008	
			% AFL	NPT	% AFL	NPT	% AFL	NPT	% AFL	NPT
1 x 10 ⁶	.	.	0,05 A ⁽¹⁾	0,63 A	0,33 A	4,25 AB	1,73 A	52,63 A	25,18 A	2570,0 A
1 x 10 ⁵	.	.	0,01 A	0,25 A	0,15 A	1,87 AB	0,37 B	6,38 AB	7,50 B	490,3 B
1 x 10 ⁴	.	.	0,09 A	1,63 A	0,36 A	5,00 A	0,97 AB	15,00 AB	4,12 BC	143,9 B
1 x 10 ³	.	.	0,00 A	0,00 A	0,05 A	0,62 AB	0,06 B	1,25 B	2,43 C	68,3 B
1 x 10 ²	.	.	0,04 A	0,88 A	0,13 A	2,62 AB	0,57 B	7,38 AB	2,32 C	48,6 B
Controle	.	.	0,00 A	0,00 A	0,00 A	0,00 B	0,00 B	0,00 B	0,00 C	0,0 B
Média	.	.	0,03	0,56	0,17	2,39	0,62	13,7	6,93	553,5
Data de avaliação	04/02/2008		09/02/2008		14/02/2008		19/02/2008		26/02/2008	
CV%	.	.	32,90	33,10	20,90	18,40	17,50	34,10	6,60	11,20
DMS ⁽³⁾	.	.	0,105 ns ⁽²⁾	1,892 ns	0,367 ns	4,48 ns	1,105 s	47,72 s	4,665 s	630,45 s

1 - As médias seguidas da mesma letra não diferem entre si, ao nível de 5%, pelo teste de Fisher. 2 – Não significativo (ns) e significativo (s).

3 – Diferença mínima significativa. 4 – porcentagem de área foliar lesionada (% AFL). 5 - Número de pústulas Totais (NPT).

Tabela 17 - Avaliação da reação em dois dos genótipos de soja, em folíolos destacados, à ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*), determinados por meio da porcentagem de área foliar lesionada e do número total de pústulas nas datas de avaliação (2º experimento).

Genótipo	% AFL ⁽⁴⁾	NPT ⁽⁵⁾	% AFL	NPT	% AFL	NPT	% AFL	NPT	% AFL	NPT
MSoy-8008	.	.	0,05 A ⁽¹⁾	0,208 A	0,07 A	1,08 A	0,26 A	4,17 A	5,46 A	346,5 A
MSoy-8787	.	.	0,012 A	0,916 A	0,27 A	3,70 B	0,97 B	23,3 A	8,39 B	760,5 B
Média	.	.	0,03	0,56	0,17	2,39	0,62	13,74	6,93	553,5
Data de avaliação	04/20/2008		09/02/2008		14/02/2008		19/02/2008		26/02/2008	
CV%	.	.	32,90	33,10	20,90	18,40	17,50	34,10	6,60	11,20
DMS ⁽³⁾	.	.	0,06ns ⁽²⁾	1,092 ns	0,211 ns	2,591 s	0,637 s	27,55 ns	2,693 s	363,99 s

1 - As médias seguidas da mesma letra não diferem entre si, ao nível de 5%, pelo teste de Fisher. 2 - Não significativo (ns) e significativo (s).

3 - Diferença mínima significativa. 4 - porcentagem de área foliar lesionada (% AFL). 5 - Número de pústulas Totais (NPT).

Tabela 18 - Avaliação do efeito da concentração de urediniósporos de *Phakopsora pachyrhizi* na interação de dois genótipos de soja em folíolos destacados, em função da porcentagem de área foliar lesionada e do número total de pústulas aos 18 dias após inoculação (2º experimento).

Concentração do inóculo em esporos/ml	MSoy-8787	MSoy-8008
	% AFL ⁽⁴⁾	% AFL
1 x 10 ⁶	3,45 A ⁽¹⁾	0,02 A
1 x 10 ⁵	0,60 B	0,15 A
1 x 10 ⁴	0,80 B	1,15 A
1 x 10 ³	0,02 B	0,10 A
1 x 10 ²	1,00 B	0,15 A
Controle	0,00 B	0,00 A
Média	0,98	0,26
Data de avaliação	19/02/2008	
CV%	13,50	29,8
DMS ⁽³⁾	1,971 s ⁽²⁾	1,163 ns

1 - As médias seguidas da mesma letra não diferem entre si, ao nível de 5%, pelo teste de Fisher. 2 - Não significativo (ns) e significativo (s).

3 - Diferença mínima significativa. 4 - porcentagem de área foliar lesionada (% AFL).

Tabela 19 - Avaliação da reação de dois genótipos de soja, em folíolos destacados, à ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) na interação de diferentes concentrações de inóculo, determinados por meio da porcentagem de área foliar lesionada aos 18 dias após inoculação (2º experimento).

Genótipo	% AFL ⁽⁴⁾				
	1 x 10 ² esp./ml	1 x 10 ³ esp./ml	1 x 10 ⁴ esp./ml	1 x 10 ⁵ esp./ml	1 x 10 ⁶ esp./ml
MSoy-8008	0,15 A ⁽¹⁾	0,03 A	0,80 A	0,15 A	0,02 A
MSoy-8787	1,00 B	0,10 A	1,15 A	0,60 A	3,45 B
Média	0,57	0,06	0,98	0,37	1,74
Data de avaliação	19/02/2008				
CV	6,30	16,90	17,40	11,50	11,30
DMS ⁽³⁾	0,64 s ⁽²⁾	0,18 ns	2,94 ns	0,75 ns	3,42s

1 - As médias seguidas da mesma letra não diferem entre si, ao nível de 5%, pelo teste de Fisher. 2 - Não significativo (ns) e significativo (s).

3 - Diferença mínima significativa. 4 - porcentagem de área foliar lesionada (% AFL).