

UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA
VETERINÁRIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

DESENVOLVIMENTO E DANOS DA FERRUGEM DA
SOJA EM CULTIVARES COM REAÇÃO
DIFERENCIADA À DOENÇA

ANDERSON LUIZ DURANTE DANELLI

Dissertação apresentada ao
Programa de Pós-graduação em
Agronomia da Faculdade de
Agronomia e Medicina Veterinária
da Universidade de Passo Fundo,
para obtenção do título de Mestre
em Agronomia - Área de
Concentração em Fitopatologia.

Passo Fundo, março de 2012

UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA
VETERINÁRIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

DESENVOLVIMENTO E DANOS DA FERRUGEM DA
SOJA EM CULTIVARES COM REAÇÃO
DIFERENCIADA À DOENÇA

ANDERSON LUIZ DURANTE DANELLI

Orientador: Prof. Ph.D. Erlei Melo Reis

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Agronomia da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Passo Fundo, para obtenção do título de Mestre em Agronomia - Área de Concentração em Fitopatologia.

Passo Fundo, março de 2012



UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM FITOPATOLOGIA



A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova a Dissertação.

"Desenvolvimento e danos da ferrugem da soja em
cultivares com reação diferenciada à doença"

Elaborada por

ANDERSON LUIZ DURANTE DANELLI

Como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em
Agronomia – Área de Fitopatologia

Aprovada em: 28/03/2012
Pela Comissão Examinadora

Dr. Erel Melo Reis
Presidente da Comissão Examinadora
Orientador

Dra. Simone Meredith Scheffer Basso
Coord. Prog. Pós-Graduação em Agronomia

Dr. Ricardo Trezzi Casa
UDESC

Dr. Hélio Carlos Rocha
Diretor FAMV

Dr. Paulo Bertagnoli
Embrapa Trigo

CIP – Catalogação na Publicação

D179d Danelli, Anderson Luiz Durante
Desenvolvimento e danos da ferrugem da soja em
cultivares com reação diferenciada à doença / Anderson
Luiz Durante Danelli. – 2012.
192 f. : il., color. ; 25 cm.

Orientador: Prof. Ph.D. Erlei Melo Reis.
Dissertação (Mestrado em Agronomia) –
Universidade de Passo Fundo, 2012.

1. Soja - Doenças e pragas. 2. Ferrugem asiática. 3.
Ferrugem da soja (Doença). I. Reis, Erlei Melo,
orientador. II. Título.

CDU: 633.34

Catalogação: Bibliotecária Schirlei T. da Silva Vaz - CRB 10/1364

A vida é como jogar uma bola na parede:
Se for jogada uma bola azul, ela voltará azul;
Se for jogada uma bola verde, ela voltará verde;
Se a bola for jogada fraca, ela voltará fraca;
Se a bola for jogada com força, ela voltará com força.
Por isso, nunca "jogue uma bola na vida" de forma
que você não esteja pronto a recebê-la.
A vida não dá nem empresta;
não se comove nem se apieda.
Tudo quanto ela faz é retribuir e transferir
aquilo que nós lhe oferecemos." ★

Albert Einstein

AGRADECIMENTOS

A Deus!

À família!

Aos meus pais Luiz e Cenira a minha irmã Andréia, meu irmão
Aguinaldo, ao meu sobrinho Alexander, e a minha noiva
Cristina, a minha sogra Maria Tereza aos meus cunhados Rafael
e Patrícia.
obrigado!

Ao professor Erlei Melo Reis!

Pela orientação, obrigado!

Ao professor Ricardo T. Casa!

Pelo incentivo, amizade e compreensão. O senhor sempre será
um exemplo de força, entusiasmo, dedicação e amor pela sua
profissão.

Á CAPES a UPF e o PPGAgro!

Pela concessão da bolsa de estudos e pela oportunidade de realizar
este curso, obrigado!

Aos meus amigos!

Rosane, Diana, Fernanda, Elaine, Camila Turra, Camila Ranzi,
Juliane, Vânia, Ricardo, Andréia, Marília, Roberto, Eduardo,
Tiago, Keli, Willian, Gian, Lucas, Felipe, Renan, Ivan, Valéria
pelas horas de descontração
obrigado!

Aos professores e a banca!

Carlos A. Forcelini, Carolina Deuner, Norimar Denardin, Paulo
Fernando Bertagnolli, pela amizade, pelo auxílio fundamental
nas análises estatísticas, na realização da dissertação e nas
sugestões
obrigado!

Aos funcionários da UPF!

Em especial a Mari pela colaboração e paciência,
obrigado!

A Sandra Zoldan e Aveline Avozani !

As minhas amigas especiais que me acolheram e me deram toda
força e apoio durante o mestrado
obrigado!

Às pessoas mais importantes da minha vida, que sempre
acreditaram em mim, que me permitiram
sonhar e contribuíram para a realização dos meus sonhos...
meus pais LUIZ E CENIRA,
minha irmã ANDRÉIA ,
meu irmão
AGUINALDO , meu querido sobrinho ALEXANDER
e minha namorada CRISTINA.

DEDICO E OFEREÇO

SUMÁRIO

	Página
SUMÁRIO	vii
LISTA DE TABELAS	x
LISTA DE FIGURAS	xviii
LISTA DE QUADROS	xxii
RESUMO	01
ABSTRACT	03
1 INTRODUÇÃO	06
2 REVISÃO DE LITERATURA	08
2.1 Ferrugem asiática da soja.....	08
2.1.1 Ocorrência.....	08
2.1.2 Danos e perdas.....	09
2.1.3 Etiologia.....	10
2.1.4 Hospedeiros.....	10
2.1.5 Ciclo das relações patógeno-hospedeiro.....	13
2.1.6 Fontes de inóculo, sobrevivência e disseminação.....	14
2.1.7 Remoção e transporte.....	15
2.1.8 Deposição, penetração e infecção.....	16
2.1.9 Colonização e reprodução.....	17
2.1.10 Sintomatologia	17
2.1.11 Condições ambientais favoráveis a infecção.....	19
2.1.12 Medidas de controle.....	21
2.1.12.1 Controle químico.....	21
2.1.12.2 Limiar de dano econômico.....	22
2.1.12.3 Uso de cultivares de ciclo precoce.....	24
2.1.12.4 Eliminação de plantas voluntárias e hospedeiros secundários.....	25
2.1.12.5 Resistência genética.....	25
2.1.12.6 Princípio científico do uso de unidades de calor na modelagem de sistemas biológicos.....	29
2.1.12.6.1 Conceitos Básicos.....	29
 CAPÍTULO I	
Progresso da ferrugem asiática da soja em cultivares com reação distinta a doença.....	33

RESUMO	33
ABSTRACT	34
1 INTRODUÇÃO	36
2 MATERIAL E MÉTODOS	38
3 RESULTADOS	42
4 DISCUSSÃO	69
5 CONCLUSÕES	73
CAPÍTULO II	
Relação entre grupo de maturação com o progresso da ferrugem asiática da soja.....	74
RESUMO	74
ABSTRACT	75
1 INTRODUÇÃO	77
2 MATERIAL E MÉTODOS	79
3 RESULTADOS	83
4 DISCUSSÃO	95
5 CONCLUSÕES	98
CAPÍTULO III	
Modelo de ponto crítico para estimar danos causados pela ferrugem asiática da soja.....	99
RESUMO	99
ABSTRACT	100
1 INTRODUÇÃO	102
2 MATERIAL E MÉTODOS	104
3 RESULTADOS	109
4 DISCUSSÃO	142
5 CONCLUSÃO	150
CAPÍTULO IV	
Quantificação dos períodos de incubação, latente e infeccioso de <i>phakopsora pachyrhizi</i> em soja por tempo cronológico e por graus – dia.....	152
RESUMO	152
ABSTRACT	154
1 INTRODUÇÃO	156
2 MATERIAL E MÉTODOS	157

3 RESULTADOS	160
4 DISCUSSÃO	170
5 CONCLUSÃO	173
REFERÊNCIAS	175

LISTA DE TABELAS

Tabela		Página
CAPÍTULO I		
1	Épocas de semeadura e cultivares de soja utilizados no ensaio do progresso da ferrugem asiática nas safras 2009/2010 e 2010/2011. Passo Fundo - RS.....	39
2	Precipitação pluvial (mm) e temperatura média do ar (°C) em Passo Fundo- RS, nas safras 2009/2010 e 2010/2011. Fonte: modificado de Embrapa Trigo.....	43
3	Épocas de semeadura, cultivares, momento da detecção da ferrugem asiática, valores de incidência foliolar (IF) e estádios fenológicos, na safra 2009/2010 e 2010/2011. Passo Fundo-RS, 2011.....	44
4	Resumo das análises de regressão não-linear, para os modelos Logístico (Log), Gompertz (Gomp) e Monomolecular (Mono), dados pela incidência foliolar da ferrugem da soja na safra 2009/2010. Passo Fundo-RS, 2011.....	47
5	Resumo das análises de regressão não-linear, para os modelos Logístico (Log), Gompertz (Gomp) e Monomolecular (Mono), dados de incidência foliolar da ferrugem da soja na safra 2010/2011. Passo Fundo-RS, 2011.....	51
6	Resumo das análises de regressão não-linear, para os modelos Logístico (Log) e Gompertz (Gomp), dados de lesões/cm ² da ferrugem da soja na safra 2009/2010. Passo Fundo-RS, 2011.....	54

7	Resumo das análises de regressão não-linear, para os modelos Logístico (Log) e Gompertz (Gomp), dados de lesões/cm ² da ferrugem da soja na safra 2010/2011. Passo Fundo-RS, 2011.....	58
8	Resumo das análises de regressão não-linear, para os modelos Logístico (Log) e Gompertz (Gomp), dados de urédias/cm ² da ferrugem da soja na safra 2009/2010. Passo Fundo-RS, 2011.....	62
9	Resumo das análises de regressão não-linear, para os modelos Logístico (Log) e Gompertz (Gomp), dados de urédias/cm ² da ferrugem da soja na safra 2010/2011. Passo Fundo-RS, 2011.....	66
CAPÍTULO II		
1	Obtento, safras, épocas de semeadura, tipo de crescimento, grupo de maturação e ciclo dos cultivares semeados na área experimental da Universidade de Passo Fundo. Passo Fundo-RS, safra 2009/2010 e 2010/2011.....	81
2	Estádios fenológicos e incidência de cultivares de soja, em duas épocas de semeadura no momento da ocorrência da ferrugem em 22/01/2010, na safra 2009/2010 e 25/01/2011 na safra 2010/2011. Passo Fundo-RS, 2011.....	85
3	Precipitação pluvial (mm) e temperatura média do ar (°C) em Passo Fundo- RS, nas safras 2009/2010 e 2010/2011. Fonte: modificado de Embrapa Trigo.....	86
4	Área abaixo da curva de progresso da incidência foliolar (AACPI), nos cultivares A 4910 RG, A 6001 RG e	

	A 8000 RG, em duas épocas de semeadura, na safra 2009/2010. Passo Fundo-RS, 2011.....	87
5	Área abaixo da curva de progresso da incidência foliolar (AACPI), nos cultivares A 4725 RG, FPS Netuno RR e BRS 246 RR em duas épocas de semeadura na safra 2010/2011. Passo Fundo-RS, 2011.....	88
6	Resumo das análises de regressão não-linear, para os modelos Logístico (Log), Gompertz (Gomp) dados de incidência foliolar da ferrugem da soja na safra 2009/2010 nos diferentes cultivares e épocas de semeadura. Passo Fundo-RS, 2011 ...	90
7	Resumo das análises de regressão não-linear, para os modelos Logístico (Log), Gompertz (Gomp) dados de incidência foliar da ferrugem da soja na safra 2010/2011 nos diferentes cultivares e épocas de semeadura. Passo Fundo-RS, 2011.....	93

CAPÍTULO III

1	Épocas de semeadura e cultivares de soja semeadas na área experimental da Universidade de Passo Fundo, safra 2009/2010 e safra 2010/2011. Passo Fundo - RS.....	104
2	Tratamentos, intervalo de aplicações e número de aplicações, para gerar o gradiente da intensidade da ferrugem asiática da soja no cultivar BRS GO 7560 e BRS 246 RR, nas safras 2009/2010 e 2010/2011. Passo Fundo-RS.....	106
3	Épocas de semeadura, cultivares, momento da detecção da ferrugem, valores de incidência foliolar (IF) e estádios fenológicos, na safra	

	2009/2010 e 2010/2011. Passo Fundo-RS, 2011.....	110
4	Equações da função de dano original e normalizada para o patossistema soja x <i>Phakopsora pachyrhizi</i> com base na incidência foliolar (I) gerados por estádios fenológicos nos cultivares BRS GO 7560 e BRS 246 RR, safra 2009/2010. Passo Fundo-RS 2011.....	113
5	Equações da função de dano original e normalizada para o patossistema soja x <i>Phakopsora pachyrhizi</i> com base na incidência foliolar (I) gerados por estádios fenológicos nos cultivares BRS GO 7560 e BRS 246 RR, safra 2010/2011. Passo Fundo-RS 2011.....	114
6	Equações da função de dano original e normalizada para o patossistema soja x <i>Phakopsora pachyrhizi</i> com base em lesões/cm ² (L) gerados por estádios fenológicos nos cultivares BRS GO 7560 e BRS 246 RR, safra 2009/2010. Passo Fundo-RS 2011.....	116
7	Equações da função de dano original e normalizada para o patossistema soja x <i>Phakopsora pachyrhizi</i> com base em lesões/cm ² (L) gerados por estádios fenológicos nos cultivares BRS GO 7560 e BRS 246 RR, safra 2010/2011. Passo Fundo-RS 2011.....	117
8	Equações da função de dano original e normalizada para o patossistema soja x <i>Phakopsora pachyrhizi</i> com base em urédias/cm ² (U) gerados por estádios fenológicos nos cultivares BRS GO 7560 e BRS 246 RR, safra 2009/2010. Passo Fundo-RS 2011.....	120

9	Equações da função de dano original e normalizada para o patossistema soja x <i>Phakopsora pachyrhizi</i> com base em urédias/cm ² (U) gerados por estádios fenológicos nos cultivares BRS GO 7560 e BRS 246 RR, safra 2010/2011. Passo Fundo-RS 2011.....	121
10	Incidência foliolar no estágio R6 safra 2009/2010. Passo Fundo/RS 2011.....	122
11	Incidência foliolar no estágio R6 na safra 2010/2011. Passo Fundo/RS 2011.....	123
12	Densidade de lesões/cm ² no estágio fenológico R6 na safra 2009/2010. Passo Fundo-RS 2011.....	123
13	Densidade de lesões/cm ² no estágio fenológico R6 na safra 2010/2011. Passo Fundo-RS 2011.....	124
14	Densidade de urédias/cm ² no estágio fenológico R6 na safra 2009/2010. Passo Fundo-RS 2011.....	124
15	Densidade de urédias/cm ² no estágio fenológico R6 na safra 2010/2011. Passo Fundo-RS 2011.....	125
16	Rendimento de grãos (Kg/ha) e dano (%) nos cultivares BRS GO 7560 e BRS 246 RR na safra 2009/2010 em resposta ao intervalo e número de aplicações do fungicida azoxistrobina + ciproconazol. Passo Fundo- RS, 2011.....	127
17	Rendimento de grãos (Kg/ha) e dano (%) nos cultivares BRS GO 7560 e BRS 246 RR na safra 2010/2011 em resposta ao intervalo e número de aplicações do fungicida azoxistrobina + ciproconazol. Passo Fundo- RS,	

	2011.....	128
18	Controle (%) da ferrugem asiática da soja nos cultivares BRS GO 7560 e BRS 246 RR, baseados na área abaixo da curva de progresso da incidência foliolar (AACPI), do número de lesões/cm ² (AACPL) de urédias/cm ² (AACPU), na safra 2009/2010, primeira época. Passo Fundo- RS, 2011.....	131
19	Controle (%) da ferrugem asiática da soja nos cultivares BRS GO 7560 e BRS 246 RR, baseados na área abaixo da curva de progresso da incidência foliolar (AACPI), do número de lesões/cm ² (AACPL) de urédias/cm ² (AACPU), na safra 2009/2010 segunda época. Passo Fundo- RS, 2011.....	132
20	Controle (%) da ferrugem asiática da soja nos cultivares BRS GO 7560 e BRS 246 RR, baseados na área abaixo da curva de progresso da incidência foliolar (AACPI), do número de lesões/cm ² (AACPL) de urédias/cm ² (AACPU), na safra 2010/2011 primeira época. Passo Fundo- RS, 2011.....	133
21	Controle (%) da ferrugem asiática da soja nos cultivares BRS GO 7560 e BRS 246 RR, baseados na área abaixo da curva de progresso da incidência foliolar (AACPI), do número de lesões/cm ² (AACPL) de urédias/cm ² (AACPU), na safra 2010/2011 segunda época. Passo Fundo- RS, 2011.....	134
22	Efeito de intervalos (dias) entre aplicações no período de proteção do fungicida azoxistrobina +	

	ciproconazol, e no progresso da ferrugem asiática da soja. Parâmetros representados pelo modelo Logístico, primeira época, safra 2009/2010. Passo Fundo-RS, 2011.....	138
23	Efeito de intervalos (dias) entre aplicações no período de proteção do fungicida azoxistrobina + ciproconazol, e no progresso da ferrugem asiática da soja. Parâmetros representados pelo modelo Logístico, segunda época, safra 2009/2010. Passo Fundo-RS, 2011.....	139
24	Efeito de intervalos (dias) entre aplicações no período de proteção do fungicida azoxistrobina + ciproconazol, e no progresso da ferrugem asiática da soja. Parâmetros representados pelo modelo Logístico, primeira época, safra 2010/2011. Passo Fundo-RS, 2011.....	140
25	Efeito de intervalos (dias) entre aplicações no período de proteção do fungicida azoxistrobina + ciproconazol, e no progresso da ferrugem asiática da soja. Parâmetros representados pelo modelo Logístico, segunda época, safra 2010/2011. Passo Fundo-RS, 2011.....	141
CAPÍTULO IV		
1	Potencial de esporulação, [Esporos/cm ² (n ^o)], de <i>Phakopsora pachyrhizi</i> dos cultivares BRS GO 7560 e BRS 246 RR sob diferentes temperaturas. Passo Fundo-RS, 2011.....	161
2	Lesões/cm ² (n ^o) de <i>Phakopsora pachyrhizi</i> nos cultivares BRS GO 7560 e BRS 246 RR, sob diferentes temperaturas. Passo Fundo-RS, 2011.....	162

3	Urédias/cm ² (n ^o) de <i>Phakopsora pachyrhizi</i> nos cultivares BRS GO 7560 e BRS 246 RR, sob diferentes temperaturas. Passo Fundo- RS, 2011.....	163
4	Urédias/lesão (n ^o) de <i>Phakopsora pachyrhizi</i> nos cultivares BRS GO 7560 e BRS 246 RR, sob diferentes temperaturas. Passo Fundo-RS, 2011.....	164
5	Efeito da temperatura (°C) na duração do período de incubação de <i>Phakopsora pachyrhizi</i> , em dois cultivares de soja BRS GO 7560 e BRS 246 RR, quantificado em graus-dia acumulado (GDA) com base na fórmula de Villa Nova et al., (1972), Passo Fundo-RS, 2011.....	165
6	Efeito da temperatura (°C) na duração do período de incubação de <i>Phakopsora pachyrhizi</i> , em dois cultivares de soja BRS GO 7560 e BRS 246 RR, quantificado em tempo cronológico, Passo Fundo-RS, 2011.....	165
7	Efeito da temperatura (°C) na duração do período latente de <i>Phakopsora pachyrhizi</i> , em dois cultivares de soja BRS GO 7560 e BRS 246 RR, quantificado em graus-dia acumulado (GDA) com base na fórmula de Villa Nova et al., (1972), Passo Fundo - RS, 2011.....	166
8	Efeito da temperatura (°C) na duração do período latente de <i>Phakopsora pachyrhizi</i> , em dois cultivares de soja BRS GO 7560 e BRS 246 RR, quantificado em tempo cronológico, Passo Fundo-RS,	

	2011.....	167
9	Efeito da temperatura (°C) na duração do período infeccioso de <i>Phakopsora pachyrhizi</i> , em dois cultivares de soja BRS GO 7560 e BRS 246 RR, quantificado em graus-dia acumulado (GDA) com base na fórmula de Villa Nova et al., (1972), Passo Fundo-RS, 2011.....	168
10	Efeito da temperatura (°C) na duração do período de infecção de <i>Phakopsora pachyrhizi</i> , em dois cultivares de soja BRS GO 7560 e BRS 246 RR, quantificado em tempo cronológico, Passo Fundo-RS, 2011.....	168

LISTA DE FIGURAS

Figura		
1	Ciclo da ferrugem asiática da soja, causada por <i>Phakopsora pachyrhizi</i>	14
CAPÍTULO I		
1	Curvas de progresso da incidência foliolar da ferrugem asiática da soja nos cultivares BRS GO 7560 primeira (A) e segunda época (C) e BRS 246 RR, primeira (B) e segunda época (D), representada pelo modelo Logístico, safra 2009/2010. Passo Fundo-RS 2011.....	46

2	Área abaixo da curva do progresso da incidência (AACPI) foliolar da ferrugem asiática da soja cultivar BRS GO 7560 e BRS 246 RR, primeira época safra 2009/2010. CV= 5 %. Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem pelo teste de Tukey a 5%.....	48
3	Área abaixo da curva do progresso da incidência foliolar (AACPI) da ferrugem asiática da soja cultivar BRS GO 7560 e BRS 246 RR, segunda época safra 2009/2010. CV=3,0 %. Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem pelo teste de Tukey a 5%.....	48
4	Curvas de progresso da incidência foliolar da ferrugem asiática da soja nos cultivares BRS GO 7560 primeira (A) e segunda época (C) e BRS 246 RR, primeira (B) e segunda época (D), representada pelo modelo Logístico, safra 2010/2011. Passo Fundo-RS 2011.....	50
5	Área abaixo da curva do progresso da incidência foliolar (AACPI) da ferrugem da soja cultivar BRS GO 7560 e BRS 246 RR, primeira época safra 2010/2011. CV=3 %. Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem pelo teste de Tukey a 5%.....	52
6	Área abaixo da curva do progresso da incidência foliolar (AACPI) da ferrugem da soja cultivar BRS GO 7560 e BRS 246 RR, segunda época safra 2010/2011. CV= 4 %. Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem pelo teste de Tukey a 5%.....	52

7	Curva de progresso do número de lesões/cm ² da ferrugem asiática em folíolos, nos cultivares BRS GO 7560 primeira (A) e segunda época (C) e BRS 246 RR, primeira (B) e segunda época (D), representada pelo modelo Logístico, safra 2009/2010. Passo Fundo-RS 2011.....	55
8	Área abaixo da curva do progresso do número de lesões/cm ² (AACPL) da ferrugem asiática da soja dos cultivares BRS GO 7560 e BRS 246 RR, primeira época, safra 2009/2010. CV=8,7%. Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem pelo teste de Tukey a 5,0%.....	56
9	Área abaixo da curva do progresso do número de lesões/cm ² (AACPL) da ferrugem asiática da soja dos cultivares BRS GO 7560 e BRS 246 RR, segunda época, safra 2009/2010. CV=10,7%. Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem pelo teste de Tukey a 5,0%.....	56
10	Curva de progresso do número de lesões/cm ² da ferrugem asiática da soja, nos cultivares BRS GO 7560 primeira (A) e segunda época (C) e BRS 246 RR, primeira (B) e segunda época (D), representada pelo modelo Logístico, safra 2010/2011. Passo Fundo-RS 2011.....	59
11	Área abaixo da curva do progresso do número de lesões/cm ² (AACPL) da ferrugem asiática da soja dos cultivares BRS GO 7560 e BRS 246 RR, primeira época, safra 2010/2011. CV=9,0%. Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem pelo teste de Tukey a 5,0%.....	60

12	Área abaixo da curva do progresso do número de lesões/cm ² (AACPL) da ferrugem asiática da soja dos cultivares BRS GO 7560 e BRS 246 RR, segunda época, safra 2010/2011. CV=9,9%. Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem pelo teste de Tukey a 5,0%.....	60
13	Curva de progresso do número de urédias/cm ² da ferrugem asiática da soja, nos cultivares BRS GO 7560 primeira (A) e segunda época (C) e BRS 246 RR, primeira (B) e segunda época (D), representada pelo modelo Logístico, safra 2009/2010. Passo Fundo-RS 2011.....	63
14	Área abaixo da curva do progresso do número de urédias/cm ² (AACPU) da ferrugem asiática da soja nos cultivares BRS GO 7560 e BRS 246 RR, primeira época, safra 2009/2010. CV=13,0 %. Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem pelo teste de Tukey a 5,0%.....	64
15	Área abaixo da curva do progresso do número de urédias/cm ² (AACPU) da ferrugem asiática da soja nos cultivares BRS GO 7560 e BRS 246 RR, segunda época, safra 2009/2010. CV= 4,0 %. Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem pelo teste de Tukey a 5,0 %.....	64
16	Curva de progresso do número de urédias/cm ² da ferrugem asiática da soja, nos cultivares BRS GO 7560 primeira (A) e segunda época (C) e BRS 246 RR, primeira (B) e segunda época (D), representada pelo modelo Logístico, safra 2010/2011. Passo Fundo-RS 2011.....	67

17	Área abaixo da curva do progresso do número de urédias/cm ² (AACPU) da ferrugem asiática da soja dos cultivares BRS GO 7560 e BRS 246 RR, primeira época, safra 2010/2011. CV=15,0 %. Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem pelo teste de Tukey a 5,0%.....	68
18	Área abaixo da curva do progresso do número de urédias/cm ² (AACPU) da ferrugem asiática da soja dos cultivares BRS GO 7560 e BRS 246 RR, segunda época, safra 2010/2011. CV=10,5 %. Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem pelo teste de Tukey a 5,0%.....	68
CAPÍTULO II		
1	Curva de progresso da incidência foliolar da ferrugem asiática da soja, nos cultivares A 4910 RG primeira (A) e segunda época (D), A 6001 RG, primeira (B) e segunda época (E) A 8001 RG primeira (C) e segunda época (F) e representada pelo modelo Logístico, safra 2010/2011. Passo Fundo-RS 2011.....	91
2	Curva de progresso da incidência foliolar da ferrugem asiática da soja, nos cultivares A 4725 RG primeira (A) e segunda época (D), FPS Netuno RR, primeira (B) e segunda época (E) BRS 246 RR primeira (C) e segunda época (F) e representada pelo modelo Logístico, safra 2010/2011. Passo Fundo-RS 2011.....	94

LISTA DE QUADROS

Quadro	
1	Hospedeiros conhecidos da ferrugem asiática da soja 12

**DESENVOLVIMENTO E DANOS DA FERRUGEM DA
SOJA EM CULTIVARES COM REAÇÃO
DIFERENCIADA À DOENÇA**

**ANDERSON LUIZ DURANTE DANELLI¹ E ERLEI
MELO REIS²**

RESUMO – A ferrugem asiática da soja (FAS) pode causar danos de até 90%. A medida preferencial de controle desta doença é a aplicação de fungicidas nos órgãos aéreos da cultura. Existem alguns cultivares comerciais resistentes a doença, como o BRS GO 7560. Neste trabalho, representou-se o desenvolvimento da FAS, a partir de modelos epidemiológicos, nos cultivares BRS GO 7560 (resistente) e BRS 246 RR (suscetível), no município de Passo Fundo-RS. Houveram diferenças entre número de lesões/cm² e urédias/cm² da ferrugem asiática da soja entre os dois cultivares. A cultivar resistente a FAS apresentou menor número de lesões e urédias do que o cultivar suscetível. Os modelos de progresso da doença Logístico e Gompertz podem ser utilizados na quantificação temporal da ferrugem asiática da soja. A incidência não foi um bom método fitopatométrico para diferenciar os cultivares. Houve relação significativa entre grupos de maturação com a ocorrência da ferrugem, em duas épocas de semeadura. Os

¹ Engenheiro agrônomo, mestrando do Programa de Pós-graduação em Agronomia (PPGAgro) da FAMV/UPF, Área de Concentração Fitopatologia.

² Orientador, Eng. Agr., Dr., professor da FAMV/PPGAgro/UPF - erleireis@upf.com.br.

grupos de maturação utilizadas em 2009/2010 foram 4.9 (A 4910 RG), 5.8 (A 6001 RG) e 7.2 (A 8000 RG). Em 2010/2011 os grupos de maturação utilizados foram 5.3 (A 4725 RG), 6.4 (FPS Netuno RR) e 7.2 (BRS 246 RR). Nos grupos de maturação menores, com os cultivares semiprecoce e precoce, o progresso da doença foi mais rápido do que os grupos de maturação maiores, com os cultivares médios e tardios. Em cultivares com hábito de crescimento indeterminado, o progresso da doença foi mais lento e em cultivares de hábito de crescimento determinado, mais rápido. O gradiente da doença foi gerado por aplicações de fungicida em diferentes estádios da cultura (R5.3, R5.4 e R5.5) e com diferentes intervalos entre as aplicações. Foi possível estimar o dano em função da relação entre a intensidade da doença e o rendimento. Os melhores critérios patométricos para obter as equações de dano foram o número de lesões/cm² e urédias/cm², embora sejam mais trabalhosos em sua determinação. O cultivar BRS GO 7560, apesar de considerado resistente, apresentou maiores danos. Aplicações de fungicida após o LDE reduziram sua eficiência. Em experimento conduzido em câmara de crescimento, na safra 2010/2011, determinou-se a duração dos períodos de incubação, latente e infeccioso e o potencial de esporulação de *Phakopsora pachyrhizi* em soja no cultivar BRS GO 7560 e BRS 246 RR através de tempo cronológico e graus-dias acumulados. O período latente não apresentou diferença significativa para os cultivares BRS GO 7560 e BRS 246 RR. O uso de graus-dias acumulados auxilia na determinação dos períodos de incubação,

latente e de infecção de vários fungos, em diferentes patossistemas. O método de folíolo destacado pode ser utilizado em trabalhos de epidemiologia visando caracterizar as fases e sub-fases da infecção.

Palavras-chave: Dano, *Glycine max*, *Phakopsora pachyrhizi*, rendimento, infecção.

SOYBEAN RUST DEVELOPMENT AND DAMAGE IN CULTIVARS WITH DIFFERENT DISEASE REACTION

ANDERSON LUIZ DURANTE DANELLI AND ERLEI MELO REIS

ABSTRACT - Asian soybean rust (ASR) can cause damage of up to 90%. The preferred measure for controlling this disease is the application of fungicides in the aerial organs of the susceptible plant. There are some cultivars resistant to disease as the BRS GO 7560. He represented the development of Asian soybean rust (ASR) from epidemiological models, the BRS GO 7560 (resistant) and BRS 246 RR (susceptible) in Passo Fundo-RS. There is difference between number and lesions/cm² urediascm² of Asian soybean rust when comparing cultivars with contrasting reactions. The cultivar resistant to ASR confirmed its resistance when comparing the number of injuries and uredia with the susceptible cultivar. The models of disease progression Logistic and Gompertz can be used to quantify

temporal Asian soybean rust. The incidence was not an appropriate phytopathometry method to differentiate cultivars. It was determined the relationship between maturity groups with the occurrence of rust in two sowing dates. The maturity groups used in 2009/2010 were 4.9 (A 4910 RG), 5.8 (A 6001 RG) and 7.2 (A 8000 RG). In 2010/2011 the maturity groups used were 5.3 (A 4725 RG), 6.4 (FPS Neptune RR) and 7.2 (BRS 246 RR). In groups with lower maturity cultivars similarly and early disease progression is faster than the maturity groups with the largest middle and late cultivars. In cultivars with indeterminate growth habit disease progression is slower and cultivars of determinate growth habit of disease progression is faster. Was generated by the damage functions for ASR. The gradient was generated by the disease fungicide applications at different stages of culture (R5. 3, R5. 4 and R 5. 5) and day interval between applications. It is possible to estimate damage to the ratio between the intensity of the disease and yield. The best criteria patométricos to develop the equations of damage were the number of lesions/cm² and uredia/cm², but are more cumbersome to run. The BRS GO 7560 though considered resistant, showed greater damage. Applications fungicide after economic damage threshold (EDT) reduce the efficiency of control. In an experiment conducted in a growth chamber in 2010/2011 harvest was determined the duration of the incubation periods, and latent infection and sporulation potential of *Phakopsora pachyrhizi* on soybean in BRS GO 7560 and BRS 246 RR through chronological time and degree cumulative days.

The latent period was not significantly different for the BRS GO 7560 and BRS 246 RR. The use of degree-days accumulated aids in the determination of the incubation periods, and latent infection of various fungi, pathosystems different, being a more accurate and less variations chronological time. The method of detached leaflet can be used in epidemiological studies to characterize the phases and sub-stages of infection.

Keywords: Damage, *Glycine max*, *Phakopsora pachyrhizi*, grain yield, infection.

1 INTRODUÇÃO

A soja [(*Glycine max* (L.) Merrill)] no mundo destaca-se como a principal cultura oleaginosa, contribuindo com 56 %, ou seja, 157 milhões de toneladas das 280 milhões de toneladas produzidas pelas sete principais oleaginosas no mundo. A soja é leguminosa de maior expressão econômica do planeta, com teor de óleo compreendido entre 20 e 22% e apresentando alto teor de proteína, de 40 a 42% nas variedades difundidas, características essas que levaram à formação de um complexo industrial destinado ao seu processamento (INDICAÇÕES TÉCNICAS, 2002).

O estado do Mato Grosso destaca-se como maior explorador da cultura no Brasil, possui uma área semeada de 6,5 milhões de hectares, com uma produtividade de 3.190 kg/ha e uma produção de 20,5 milhões de toneladas de grãos. O estado do Paraná encontra-se em segundo lugar, com uma área semeada de 4,5 milhões de hectares, produtividade de 3.360 kg/ha e produção de 15,5 milhões de toneladas. O Rio Grande do Sul está em terceiro lugar com uma área plantada de 4,1 milhões de hectares, produtividade de 2.844 kg/ha e produção de 11,7 milhões de toneladas (CONAB, 2011).

Em soja ocorrem duas doenças com o nome comum de ferrugem, uma denominada de ferrugem americana e a outra, de ferrugem asiática (FAS) causada pelo fungo *Phakopsora pachyrhizi* Sydow & Sydow. Esta última é considerada uma das doenças mais destrutivas causando danos em várias espécies de

plantas da família Fabaceae entre as quais se destaca a soja. Segundo Ogle et al. (1979), os danos relativos à FAS estão associados com a redução no número de vagens com grãos, ao número de grãos por vagem e à redução no peso de grãos.

O uso de fungicidas é a principal medida de controle utilizada para reduzir os danos causados por esta doença, muitas vezes aplicados erroneamente devido a informações ou sugestões de técnicos ou pesquisadores, que partem do princípio que a ocorrência da ferrugem depende do estágio fenológico da soja.

O desenvolvimento de cultivares resistentes é mais uma medida de controle para esta doença. A recente incorporação de genes de resistência em cultivares comerciais, resultou no lançamento de materiais como o cultivar Inox®.

O cultivar Inox foi lançada para o cerrado brasileiro como resistente, mas não imune. A doença se instala na planta, mas a diferença é a velocidade de progresso da ferrugem a qual é menor. A taxa de progresso da doença tem sido usada para determinar o nível de resistência por meio de comparação da inclinação das curvas de regressão (ALVES, 2007).

Informações sobre períodos de incubação, latente e infeccioso, potencial de esporulação, taxas de progresso entre cultivares resistentes e suscetíveis a FAS são importantes, para o agricultor que deseja reduzir custos de produção, com menos aplicações de fungicidas durante o ciclo da cultura.

Através destas informações citadas acima, os objetivos deste trabalho são: (a) Comparar os períodos de

incubação, latente infeccioso e potencial de esporulação avaliados por tempo cronológico e tempo térmico (Graus-dia (GDA)) nos cultivares BRS GO 7560 e BRS 246 RR; (b) Comparar as curvas de progresso da ferrugem por incidência foliolar, densidade de lesões e urédias, nos cultivares BRS GO 7560 e BRS 246 RR; (c) Determinar o intervalo entre aplicações de fungicidas e a resposta ao controle e em rendimento de grãos; (d) Avaliar a relação entre a ocorrência da ferrugem da soja e grupos de maturação; e (e) determinar as funções de dano para cada cultivar e o período de proteção do fungicida.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Ferrugem asiática da soja

2.1.1 Ocorrência

A FAS causada pelo fungo *P. pachyrhizi* Sydow & Sydow., foi descrita em 1902 no Japão, mas somente 12 anos mais tarde, em 1914, surgiu em caráter epidêmico em vários países no sudoeste da Ásia. Anos mais tarde, em 1976 foi descrita em Porto Rico (VAKILI, 1978) sendo a primeira constatação da ferrugem asiática da soja no ocidente. Uma das hipóteses levantadas é que o inóculo tenha se disseminado através do transporte por correntes de ar (CALDWELL & LAING, 2005). Em 1994, foi descrita no Hawai, em janeiro de 1998 foi constatada em Uganda, Kenia e Ruanda, em março de

2001 foi detectada na África do Sul, atingindo caráter epidêmico em 2002.

Na América do Sul foi descrita primeiramente no Paraguai, na safra 2001 (MOREL, 2001), sendo na safra 2001/2002 encontrada no Brasil (COSTAMILAN et al., 2002; REIS et al., 2002a) e Argentina (ROSSI, 2003), na Bolívia e no Uruguai na safra 2002/03, na Colômbia em agosto de 2004 e, nos Estados Unidos, em novembro de 2004 (ROGER & REDDING, 2004).

2.1.2 Danos e perdas

Os danos são atribuídos a redução do rendimento de grãos e a qualidade dos grãos, enquanto que as perdas são atribuídas à redução financeira por unidade de área (hectares) (BERGAMIM FILHO & AMORIM, 1996).

Os danos da ferrugem asiática da soja foram observados em vários países. Na Nigéria estudos mostraram que a desfolha precoce pode reduzir o rendimento em até 52 %, no Zimbábwe, em até 80%, na África do Sul, em até 80%, na Austrália, em até 80% e, em Taiwan, em até 91% (REIS et al., 2006a). No Paraguai, Morel (2001) cita danos de 50%.

Os maiores danos são atribuídos à desfolha das plantas e são mais severos quando a infecção ocorre logo após o início da floração (BROMFIELD, 1984). Hartman et al. (1991a)

citam que a severidade da ferrugem aumenta durante o estágio fenológico de enchimento das vagens.

As perdas relativas a ferrugem da soja no estado do Rio Grande do Sul, foram estimadas em aproximadamente US\$ 770 milhões, nas safras 2006/2007 e 2008/2009 (COSTAMILAN & FERREIRA, 2010). Na safra 2009/2010 em levantamento realizado pela Embrapa em 2.449.000 hectares, ou 61,6 % da área total de soja do Rio Grande do Sul, as perdas chegaram a US\$ 227.743.762 (COSTAMILAN & FERREIRA, 2010).

2.1.3 Etiologia

O agente causal da ferrugem asiática da soja pertence a classe Basidiomycetes, ordem Uredinales, Família Phakopsoraceae, gênero e espécie, *Phakopsora pachyrhizi* Sydow & Sydow e possui vários sinônimos como *Phakopsora sojae* Fujikuro, *Phakopsora calothea* H. Sydow, *Malupa sojae* (P. Hennings) Ono, Buritica, & Hennings comb. nov. (Anamorfo), *Uredo sojae* (REIS et al., 2006a).

2.1.4 Hospedeiros

Devido a ocorrência de duas doenças em soja com o nome comum de ferrugem, americana e asiática, houve alguns

equivocos na identificação dos principais hospedeiros da ferrugem asiática da soja (FAS).

Em 1979, Deslandes (1979) descreveu, em Lavras, Minas Gerais, a ocorrência de uma ferrugem em soja à qual denominou de ferrugem parda. Os mesmos sintomas e sinais foram encontrados em outras leguminosas, como soja perene, feijão de lima, labe-labe, feijão-fava, feijoeiro comum, caupi e desmodium. Na época o autor descreveu o agente causal da doença como *P. pachyrhizi*.

Após 21 anos, Carvalho & Figueiredo (2000) desenvolveram trabalhos sobre a etiologia da ferrugem da soja no Brasil e concluíram a ocorrência das duas ferrugens no Brasil *P. meibomiae* e *P. pachyrhizi*, que assim o relato de Deslandes (1979) referia-se a *P. meibomiae*. Trabalho realizado por Sousa et al. (2007) em Minas Gerais, para identificar o agente causal da ferrugem da soja e sua distribuição, com o auxílio de técnicas moleculares, constatou *P. pachyrhizi* em 86 amostras (100 %) de diferentes municípios, como agente etiológico da ferrugem asiática o que indica que essa espécie se encontra amplamente distribuída no Estado.

Os principais hospedeiros são a soja e o kudzú, porém citados na literatura existem mais de 90 espécies, algumas se encontram no Quadro 1 (RUPE & SCONYERS, 2008).

Quadro 1. Hospedeiros conhecidos da ferrugem asiática da soja

NOME COMUM	NOME CIENTÍFICO
Alcaçuz-selvagem	<i>Astragalus cicer</i> , <i>A. glycyphyllos</i>
Alfafa	<i>Medicago</i> spp.
Calopogônio	<i>Calopogonium mucunoides</i>
Cornichão *	<i>Lotus</i> spp.
Crownvetch (nome comum desconhecido em português)	<i>Securigera varia</i>
Ervilha	<i>Pisum sativum</i>
Ervilhaca-peluda	<i>Vicia villosa</i> subsp. <i>varia</i>
Fava	<i>Vicia faba</i>
Feijão-alado, Feijão-de-asa	<i>Psophocarpus tetragonolobus</i>
Feijão-broto *	<i>Vigna radiata</i>
Feijão-comum*	<i>Phaseolus vulgaris</i> var. <i>vulgaris</i>
Feijão-da-espanha, Feijão-trepador, Feijão-flor *	<i>Phaseolus coccineus</i>
Feijão-de-lima*	<i>Phaseolus lunatus</i> var. <i>lunatus</i>
Feijão-espada *	<i>Canavalia gladiata</i>
Feijão-fradinho, Feijão-caupi, Feijão-macassa, Feijão-de-corda, Feijão-miúdo Caupi *	<i>Vigna unguiculata</i>
Feijão-mungo, Grão-preto *	<i>Vigna mungo</i>
Feno-grego	<i>Trigonella foenum-graicum</i>
Guandu, Guando, Feijão-andu *	<i>Cajanus cajan</i>
Jacatupé, Ahip *	<i>Pachyrhizus ahipa</i> , <i>P. erosus</i>
Kudzu *	<i>Pueraria montana</i> var. <i>lobata</i>
Labe-labe, Feijão-mangalô *	<i>Lablab purpureus</i>
Lespedeza	<i>Lespedeza</i> spp., <i>Kummerowia striata</i> , <i>K.</i>

	<i>stipulaceae</i>
Manduvira, Crotalária *	<i>Crotalaria anagyroides</i> , <i>C. spectabilis</i>
Pega-pega, Carrapicho beicho-de-boi, Desmódio *	<i>Desmodium tortuosum</i>
Sesbania	<i>Sesbania exaltata</i>
Siratro *	<i>Macroptilium atropurpureum</i>
Soja *	<i>Glycine max</i>
Soja-perene *	<i>Neonotonia wightii</i>
Tremoço	<i>Lupinus spp.</i>
Trevo	<i>Alysicarpus vaginalis</i>
Trevo, Trevo-dourado	<i>Trifolium aureum</i>
Trevo-branco	<i>Trifolium repens</i>
Trevo-cheiroso, Trevo-doce	<i>Melilotus officinalis</i>
Trevo-encarnado	<i>Trifolium incarnatum</i>
Trevo-lapa	<i>Trifolium lappaceum</i>
* Inclui observações de infecções naturais no campo além de infecção sob condições artificiais	

Fonte: RUPE & SCONYERS, 2008.

2.1.5 Ciclo das relações patógeno-hospedeiro (Figura 1)

O ciclo das relações patógeno-hospedeiro são as fases ou eventos sucessivos que conduzem à ocorrência da doença, ou fazem parte do seu desenvolvimento. Cada fase apresenta características próprias e função definida (BERGAMIN FILHO et al., 1995). O fungo, agente causal da ferrugem da soja, é caracterizado como biotrófico, depende nutricionalmente dos tecidos vivos do hospedeiro, ou seja, de célula viva de onde extraem os nutrientes essenciais a suas atividades vitais.

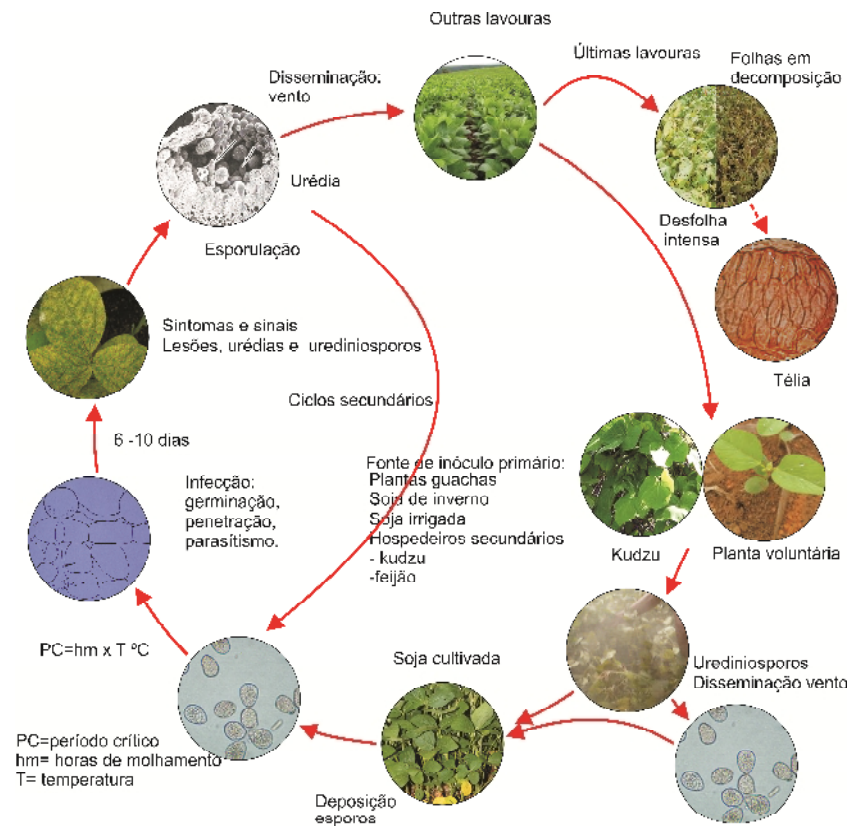


Figura 1. Ciclo da ferrugem asiática da soja, causada por *Phakopsora pachyrhizi*.

2.1.6 Fontes de inóculo, sobrevivência e disseminação

O fungo causador da ferrugem asiática da soja tem como fonte de inóculo somente plantas vivas, pois é um parasita

obrigatório. Este mantém-se viável no período da entressafra pela colonização e produção de inóculo em plantas voluntárias, lavouras de soja safrinhas e irrigadas, principalmente no Brasil Central. As plantas infectadas, nessas condições, asseguram a presença do inóculo no ar todos os dias do ano. Diariamente, a partir dessas fontes de inóculo, sendo o clima favorável à esporulação, haverá a remoção pelo vento, disseminação e deposição por sedimentação nos sítios de infecção no hospedeiro (REIS et al., 2006a). No Rio Grande do Sul (RS) de 1º a 30 de setembro é realizado o vazio sanitário que ajuda a diminuir o inóculo inicial (Embrapa Trigo), mas ao contrário desta prática adotada no RS, o estado de Santa Catarina (SC) não realiza este manejo.

2.1.7 Remoção e transporte

A remoção dos esporos das urédias pode ser de duas maneiras. Através do vento, sendo este processo facilitado devido aos esporos do fungo serem considerados secos, e a outra maneira através da água da chuva ou irrigação, que pelo impacto das gotas sobre as folhas realiza a remoção dos esporos contidos nas urédias e também através do escoamento da água sobre as folhas superiores infectando as folhas inferiores. O transporte à longa distância é realizado pelo vento, e o transporte a curta distância é realizado pela água que leva os urediniosporos aderidos a gotículas de água (REIS et al., 2006a).

2.1.8 Deposição, penetração e infecção

O principal mecanismo de deposição para o uredíniosporo é por sedimentação, podendo ser também por impacto (BERGAMIN FILHO, et al., 1995). A deposição pode ser seca ou molhada. A seca ocorre por sedimentação dos esporos sobre qualquer superfície, inclusive tecidos suscetíveis do hospedeiro. A deposição molhada ocorre quando os esporos são levados veiculados a gotículas ou respingos da água até os sítios de infecção. As gotas da chuva em movimento vertical no ar impactam com os esporos em suspensão, trazendo-os para baixo pela ação da gravidade atingindo qualquer superfície inclusive os tecidos suscetíveis do hospedeiro (BERGAMIN FILHO et al., 1995).

O fungo penetra diretamente através da cutícula e o processo inicia-se com a formação do cone apressorial no interior do apressório, ocorrendo a formação do tubo germinativo. A hifa penetra na parede da célula epidérmica do hospedeiro e alcança o espaço intercelular do parênquima palissádico no mesófilo, onde se forma o primeiro septo delimitando a hifa ou tubo de penetração da hifa primária. As células epidérmicas inicialmente invadidas pelo fungo mostram sinais claros de desorganização colapsando completamente. Nessa fase, o apressório e a hifa de penetração encontram-se colapsados e o citoplasma encontra-se presente somente na hifa intercelular (REIS et al., 2006a).

O processo infeccioso compreende as subfases de germinação do esporo, penetração e estabelecimento estável do parasitismo, tudo isso após a deposição do esporo sobre o tecido suscetível do hospedeiro. A patogênese inicia no momento em que ocorre a transferência de moléculas orgânicas do hospedeiro para o protoplasma do parasita (AGRIOS, 2005). A infecção é dependente do clima, desse modo, o processo infeccioso ocorre sob um filme de água líquida na superfície da planta e na ausência de luz.

2.1.9 Colonização e reprodução

A colonização consiste na invasão de células e tecidos do hospedeiro, após a penetração, e extração nutricional. Este processo resulta na manifestação dos sintomas da doença. A colonização é pouco influenciada pelo clima. O inóculo secundário é produzido nas urédias em folhas das plantas cultivadas na safra normal, resultando em ciclos secundários e no crescimento da doença (REIS et al., 2006a).

2.1.10 Sintomatologia

Os principais sintomas da ferrugem da soja são observados nas folhas. Normalmente, a doença se inicia pelas folhas localizadas nas partes baixas da planta. Os primeiros sintomas são caracterizados por minúsculos pontos escuros, com

coloração esverdeada à cinza-esverdeada. Estes pontos são denominados de lesões, que com o passar do tempo tornam-se necrosadas. A expansão da lesão é um importante componente no progresso da epidemia. Segundo Bromfield et al. (1980) e Melching et al. (1979) em estudos conduzidos observaram que o tamanho da lesão variou de 0,30 a 0,77 mm² duas semanas após a inoculação e, sete semanas após a inoculação o tamanho passou para 1,43 a 2,01 mm⁻² respectivamente.

As folhas basais severamente atacadas ostentam um amarelecimento que denuncia sua presença. O amarelecimento prematuro e a abscisão foliar podem ocorrer em razão do aumento da densidade de lesões (REIS, et al., 2006a).

Na face inferior das folhas podem ser observadas saliências que correspondem a estruturas de frutificação do fungo (urédias). As urédias em forma de pústulas desenvolvem-se nas lesões e liberam urediniosporos ou uredosporos através de um poro central. Geralmente as urédias formam-se na parte inferior (abaxial) das folhas, mas podem ocorrer na face superior (adaxial).

As folhas do terço inferior, com o passar do tempo tornam-se amareladas, devido ao aumento da densidade de lesões, pode ocorrer ainda à abscisão foliar. O estágio final da epidemia da ferrugem da soja numa lavoura caracteriza-se por amarelecimento geral da folhagem com intensa desfolha. Às vezes, em algumas situações, precedendo a queda completa das folhas, elas secam, enrolam-se, permanecendo presas à planta por tempo relativamente longo (REIS, et al., 2006a).

2.1.11 Condições ambientais favoráveis a infecção

A ocorrência de doenças está na dependência da interação e da interdependência dos fatores, hospedeiro, patógeno e ambiente. Por hospedeiro, entende-se a planta cultivada, o patógeno, representa o agente causal de doenças bióticas ou parasitárias e, a condição ambiental, é representada pelo conjunto de fatores climáticos e edáficos que envolvem patógeno-hospedeiro. Dos fatores climáticos, os mais importantes são, a água (horas de molhamento) e a temperatura (REIS & CASA, 2007 apud ZANATTA, 2009).

Todos os seres vivos respondem a estímulos. Os principais estímulos da natureza são a água e a temperatura do ar. Apesar da temperatura do ar ser um fator menos limitante do que a umidade no desenvolvimento de doenças e pragas é a combinação temperatura-umidade que irá condicionar o sucesso do processo infeccioso da doença (ZADOKS & SCHEIN, 1979; REIS, 2004). A temperatura do ar atua como agente moderador/amplificador dessa combinação

A temperatura age como um catalisador, retardando ou acelerando o desenvolvimento dos processos biológicos do ciclo de vida do fungo (PEREIRA et al., 2002). Nos extremos térmicos 7 °C e acima de 28 °C o processo infeccioso é paralisado com faixa ótima entre 15 a 25 °C (MELCHING et al, 1979).

Alves et al., (2006) demonstraram que a faixa ótima de desenvolvimento do fungo ficou entre 15 a 25 °C e a

temperaturas mínimas e máximas foram de 6,8 e 32,1 °C, respectivamente, também Alves (2007) obteve os limites térmicos de 9,6 a 30 °C e Carlini (2009) determinou a temperatura basal para a germinação de 6 °C e o limite térmico superior de 36 °C.

A água na forma líquida tem fundamental importância em diversos processos epidemiológicos afetando principalmente a infecção e a esporulação (HUBER & GILLESPIE, 1992 apud MOREIRA, 2009).

Na realidade o processo infeccioso é função das interações da duração do período de molhamento (DPM) com a temperatura (T) média nesse período. Essa interação é denominada de período crítico (PC). PC é o tempo em horas da duração do período de molhamento contínuo (hm) da superfície da planta a uma dada temperatura média ($PC = hm \times T$) que resulte no estabelecimento de uma relação parasitária estável (ZADOKS & SCHEIN, 1979; REIS, 2004).

Em condições de campo, as chances de infecção geralmente são maiores durante a noite e no início da manhã, pois a umidade relativa e a duração do período de molhamento foliar são maiores durante a noite (ALVES et al., 2006 apud PIVONIA E YANG, 2006).

2.1.12 Medidas de controle

2.1.12.1 Controle químico

Não há até o momento, um consenso quanto a um ou mais critério indicador para a tomada de decisão do controle químico da ferrugem da soja (BLUM, 2009).

A decisão sobre o momento da aplicação é variável, alguns autores citam aplicações de fungicidas baseadas em estádios fenológicos (ALMEIDA, et al., 2009) mais precisamente em V9 (haste principal com nove folíolos) ou pré-fechamento da cultura, R1 (início da floração), outros preventivamente, a partir do surgimento da doença ou ainda, através do controle curativo, controle erradicativo (YORINORI et al., 2004) e do limiar de ação econômica (REIS et al., 2006a).

É importante levar em consideração o manejo de fungicidas no controle da ferrugem, pois o número excessivo e desnecessário de aplicações de fungicidas pode onerar o custo de produção da soja, tornando a cultura antieconômica (ZAMBOLIM, 2006).

A Comissão Brasileira de Pesquisa de Soja (EMBRAPA SOJA) tem recomendado os fungicidas pertencentes aos grupos químicos dos triazóis e misturas de triazóis + estrobilurinas para o controle da ferrugem asiática da soja (ZANATTA, 2009). No site do Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento estão listados 54 ingrediente ativos

para a pulverização da parte aérea da cultura e um princípio ativo utilizado para o tratamento de sementes.

Após a tomada de decisão de pulverizar com fungicida a cultura, outros fatores influenciam a eficácia do controle. A adequada calibração dos equipamentos de pulverização, disponibilidade de equipamentos, tipos de bicos, pressão de pulverização, volume de calda, diâmetro de gotas, eficiência da cobertura foliolar e as condições do clima no momento da aplicação, são fatores a serem observados no momento da aplicação (ZAMBOLIM, 2006).

2.1.12.2 Limiar de dano econômico (LDE)

A metodologia descrita por Sah & Mackenzie (1987) citado por Casa et al., (2009) tem sido utilizada para obter as equações da função de dano.

O gradiente da doença muitas vezes é gerado através da utilização de fungicidas, mistura de fungicidas, doses distintas e número de aplicações em diferentes estádios fenológicos. A intensidade da doença é avaliada em diferentes estádios fenológicos. Utiliza-se o critério da incidência por ser objetivo, simples, prático e rápido (CASA et al., 2009).

O conceito de LDE refere-se a menor população do agente causal que causa dano econômico (ZADOKS, 1985). Munford & Norton (1984) definem LDE como sendo o nível de ataque de um organismo nocivo no qual o benefício do controle iguala-se ao seu custo.

Como o valor do LDE não é fixo deve ser calculado anualmente, em função da variação do preço do produto (grãos específicos) e do custo de controle (fungicida + aplicação). Para cálculo do LDE, utiliza-se como base a fórmula de Munford & Norton (1984) modificada.

$$ID = [Cc/Pp * Cd] * Ec$$

onde,

ID = intensidade da doença;

Cc = custo de controle;

Pp = preço da tonelada do produto;

Cd = coeficiente de dano (obtido nas equações de função de dano) e

Ec = eficiência do controle considerando um determinado fungicida.

Para evitar que o LDE seja ultrapassado, aplicação dos fungicidas deve ser feita com um valor inferior ao LDE. Tanto a implantação da medida de controle como a ação do fungicida, demanda tempo, por isso, a pulverização deve ser feita quando a intensidade da doença atingir o limiar de ação (LA), sugerindo-se uma redução do valor do LDE, geralmente trabalha-se com um LA de 5 % que é reduzido no valor do LDE (CASA et al., 2009).

A reaplicação do fungicida deverá ser feita sempre, de modo que o LDE não seja ultrapassado durante o desenvolvimento da cultura (CANTERI, 1998).

2.1.12.3 Uso de cultivares de ciclo precoce

Cultivares de ciclo precoce podem ser usadas como uma medida de escape a doença. Cultivares de ciclo precoce permanecem menos tempo no campo entre 113 a 126 dias, sendo este período menor que as cultivares de ciclo tardio que variam entre 128 a 142 dias (ZAMBOLIM, 2006).

A eficiência de controle da ferrugem também está relacionada ao grupo de maturação dos cultivares e a época de semeadura. Danos dessa doença podem ser menores em cultivares de ciclo precoce quando comparados aos de ciclo tardio. Além disso plantios efetuados no início da época de recomendação tendem a apresentar menor intensidade da doença, em função de que a disponibilidade de inóculo é menor (REIS et al., 2006a apud ALESSIO, 2008).

Segundo Andrade et al. (2006) o uso de cultivares de ciclo longo, aumenta o tempo de exposição do patógeno ao hospedeiro, favorecendo o ataque do patógeno. Cultivares de ciclo precoce apresentam reduções de produtividades inferiores às de ciclo tardio (ZAMBOLIM, 2006 apud OLIVEIRA et al., 2006). Em Chapadão do Sul, em trabalho realizado para quantificar a redução na produtividade de grãos em cultivares de ciclo diferenciado apresentaram redução média de 420 kg/ha em 19 cultivares de ciclo precoce, 600 kg/ha em 13 cultivares de ciclo médio e 1080 kg/ha em 10 cultivares de ciclo tardio (ANDRADE et al., 2006).

2.1.12.4 Eliminação de plantas voluntárias e hospedeiros secundários

A sobrevivência do patógeno na entressafra em soja guaxa, em lavouras irrigadas no Brasil Central ou em hospedeiros secundários como o kúdzu ou feijão (DANELLI et al., 2011), pode influenciar no surgimento mais cedo da ferrugem nas lavouras.

A eliminação de hospedeiros secundários é uma prática fundamental a fim de reduzir a fonte de inóculo primário para a próxima safra (REIS et al., 2006a).

2.1.12.5 Resistência genética

A resistência genética de plantas a fitopatógenos pode ser classificada com base no número de genes envolvidos. Algumas características podem ser controladas por vários genes, estas são chamadas de poligênicas, outras podem ser controladas por um gene e são denominadas de monogênicas. A resistência monogênica é também denominada de resistência qualitativa devido a diferença entre plantas suscetíveis e resistentes ser de fácil visualização. A resistência do tipo monogênica já foi descrita em quase todos os patossistemas. A resistência poligênica é marcante devido á presença de uma variação contínua de graus de resistência, desde extrema suscetibilidade até extrema resistência. Devido a esta característica métrica ela é também conhecida como uma resistência quantitativa.

A resistência pode ainda ser classificada como vertical ou horizontal. A resistência vertical é efetiva contra algumas raças do patógeno, o que vai agir na redução do inóculo inicial retardando o início da epidemia (BERGAMIN FILHO, 1995). Já a resistência horizontal é efetiva para todas as raças do patógeno, podendo ser influenciada pela combinação do isolado do patógeno, da cultivar e do ambiente. A resistência horizontal é controlada por vários genes onde influenciam no controle de numerosos processos fisiológicos na planta que ativam os mecanismos de defesas da planta (AGRIOS, 2005).

A presença de raças em *P. pachyrhizi* tem sido demonstrada servindo-se de uma série diferencial composta por 11 cultivares. Com essa coleção foram identificadas nove raças fisiológicas do patógeno (HARTMAN et al., 1999). Isolados deste patógeno obtidos de plantas de kudzú (*Pueraria lobata*) originaram 18 raças (YAMAOKA et al., 2002). Genes dominantes para resistência (*Rpp1* - *Rpp4*), identificados em introduções de plantas (PI's) e cultivares, são relatados na literatura (BROMFIELD & HARTWIG, 1980). Quatro genes de resistência a ferrugem da soja dominantes e independentes foram descritos na literatura: *Rpp1* (PI 200692), *Rpp2* (PI 230970), *Rpp3* (PI 462312) e *Rpp4* (PI 459025) (BROMFIELD & HARTWIG 1980, McLEAN & BITH 1980, HARTWIG, 1986). Genes de resistência também foram identificados em outros genótipos, como a FT-2, em um cultivar brasileira (ARIAS et al., 2004).

Quando a doença foi primeiramente detectada no Brasil todos estes genes eram efetivos. No entanto, em 2003, uma nova raça de *P. pachyrhizi* quebrou a resistência conferida pelos genes *Rpp1*, *Rpp3* e pelo locus identificado na cultivar FT-2, chamado de *Rpp*(FT-2). Em virtude dessa quebra de resistência não foi possível a realização de experimentos para determinar se o *Rpp*(FT-2) é um alelo de *Rpp1* ou *Rpp3*, entretanto, a genealogia deste cultivar sugere que este gene seja *Rpp1*. Atualmente, dos genes descritos na literatura, somente o *Rpp2* e o *Rpp4* permanecem resistentes (ARIAS et al.,2004).

Linhas com resistência parcial têm sido identificadas e caracterizadas por meio do período latente e do número de urédias por lesão. O principal impedimento no desenvolvimento de linhas com resistência horizontal tem sido como avaliar linhas de uma população segregante ou de acessos que possuem diferentes maturidades (ALVES, 2007).

A recente incorporação de genes de resistência em cultivares comerciais resultou no lançamento de materiais como a soja Inox® - cultivares TMG 801®, TMG 803® e BRS GO 7560® (SOUZA et al., 2009), na região centro-oeste do Brasil. O cultivar de soja BRS GO 7560 foi desenvolvido pela Embrapa Cerrados, Embrapa Soja e Embrapa Transferência de Tecnologia em parceria com a Secretaria de Agricultura, Pecuária e Abastecimento do Estado de Goiás (SEAGRO) e o CTPA (Centro Tecnológico para Pesquisas Agropecuárias). É proveniente do cruzamento [(Tracy x Abura) x (D67 x R48)] x

Embrapa 59. No entanto, a estabilidade dessa resistência é duvidosa, devido à grande variabilidade do patógeno.

Segundo Souza et al., (2009), este cultivar é portador de um gene maior que confere resistência vertical a ferrugem da soja. Avaliada para reação a esta doença em casa de vegetação e a campo, o cultivar BRS GO 7560, apresentou reação de resistência (hipersensibilidade) à doença, resultando predominantemente na formação de uma grande maioria de lesões escuras de resistência PA (pardo avermelhada). Essa reação de resistência previne a multiplicação e a esporulação do fungo, facilitando o manejo da lavoura e evitando ou minimizando os danos.

O cultivar BRS GO 7560 pertence ao grupo de maturação precoce (grupo de maturidade 7.5). Apresenta altura média de planta de 52,0 cm, peso de 100 sementes igual a 13,3 g, tipo de crescimento determinado, sendo resistente ao acamamento e à deiscência de vagens, com cor de flor roxa, pubescência marrom média, vagem marrom média, semente de tegumento amarela, hilo preta e reação positiva/negativa à peroxidase (MELO FILHO et al., 2011).

Apresenta também resistência ao cancro da haste (*Diaporthe phaseolorum* f. sp. *meridionalis* (S.G. Lehman)) e resistência à mancha olho-de-rã (*Cercospora sojina* (Hara)). Resistente a nível de campo à pústula bacteriana (*Xanthomonas axonopodis* pv *glycinea* (Dye)). Recomendam-se sementeiras entre 15 de outubro e 15 de novembro e populações variando de 360.000 a 420.000 plantas/ ha (MELO FILHO et al., 2011).

2.1.12.6 Princípio científico do uso de unidades de calor na modelagem de sistemas biológicos

O uso dos graus-dia está baseado nos seres vivos que necessitam de uma fonte externa de calor para manter a temperatura interna do corpo, sendo conhecidos como ectotérmicos. Plantas, insetos, fungos, e a grande maioria dos animais são ectotérmicos (NICOLINI, et al., 2009).

O princípio do calor acumulado tem sido usado na modelagem do desenvolvimento de plantas (MEDEIROS, et al., 2000; PRELA & RIBEIRO, 2000), de insetos (CIVIDANES & CARVALHO, 2000; CIVIDANES & SOUZA, 2003; ALMEIDA & GONÇALVES, 2007; CORREA et al., 2008), de nematóides (PINKERTON et al., 1991; MELO et al., 2006) e de fungos (MEDEIROS et al., 2000; SHÖFFEL & VOLPE, 2002; CARLINI, 2009; LANGE, 2011).

A temperatura para plantas, insetos, nematóides e fungos, determina as mudanças de estádios fenológicos e a duração do ciclo de vida desses organismos (MEDEIROS et al., 2000; SHÖFFEL & VOLPE, 2002; ALMEIDA & GONÇALVES, 2007).

2.1.12.6.1 Conceitos Básicos:

Unidade de calor (Uc): Na medida das unidades de calor usa-se a temperatura em lugar de dias, a unidade é em °C (OMETTO,1981 apud LANGE, 2011).

Grau dia (GD): A energia térmica acumulada em função do tempo é conhecida como grau-dia ou unidades de calor (Uc). Esta unidade representa o acúmulo diário da energia que se situa acima da condição mínima e abaixo da máxima exigida pelo organismo ectotérmico. A condição mínima é definida como limiar térmico inferior (Lti) ou temperatura basal (Tb). Portanto, é a energia acumulada nesse intervalo de tempo (GD), ou ainda, é a energia necessária para o organismo completar determinada fase fenológica ou mesmo o seu ciclo completo (OMETTO, 1981).

Graus-dias-acumulados (GDAs): É o somatório do acúmulo diário de energia durante um período de tempo (CARLINI, 2009).

O uso de modelos que relacionam a temperatura e o desenvolvimento dos seres vivos é estudada a algum tempo. Villa Nova et al., (1972), desenvolveram a seguinte fórmula $GD = (T_{med} - L_{Ti})$, onde: T_{med} = soma do valor da temperatura ocorrida em cada hora e dividido por 24. L_{Ti} = limiar térmico inferior. Monteith (1977) desenvolveu a seguinte equação $1/t = (T - T_b)^b$, onde t é o tempo cronológico requerido para cada evento particular do desenvolvimento, T é a temperatura média que dura o período em °C, T_b é a temperatura basal e b é o tempo térmico requerido para ocorrer o evento (CARLINI, 2009). Monteith (1977) desenvolveu a fórmula assumindo que cada sub-período tem uma taxa de desenvolvimento ($1/t$).

A equação GD: $M = [(T_{máx} + T_{mín})/2] - T_b$, onde M é os GDA no dia, $T_{máx}$ é a temperatura máxima que ocorreu no

dia, T_{\min} é a temperatura mínima ocorrida no dia e o T_b é a basal. Esta fórmula foi desenvolvida por Russele et al., (1984) para determinar os graus-dias, que considera a taxa de desenvolvimento em cada sub-período igual.

Até o momento existem poucos patossistemas que utilizam o princípio dos GDAs para quantificar a energia térmica que uma espécie necessita acumular para mudar de fase em seu ciclo de vida.

Um dos primeiros trabalhos com esse sistema foi desenvolvido em 1983 no patossistema macieira (*Malus* sp. Borkh) e *Venturia inaequalis* (Cke) Wint. (TOMERLIN & JONES 1983 apud CARLINI, 2009) que avaliou o efeito da temperatura e umidade relativa do ar no período latente de *V. inaequalis*, sendo calculado o GDA através da fórmula de Russele et al. (1984).

Em 2006 Alves & Fernandes (2006) estudaram a influência da temperatura e da umidade relativa do ar na esporulação de *Magnaporthe grisea* em trigo, desenvolveram a equação $r = 1/\text{número de horas} * [\log(y_{\text{número de horas}}) - \log(y_{\text{zero}})]$ onde y_{zero} é a média do número de conídios no início do período e $y_{\text{número de horas}}$ é a média do número de conídios no fim do período. A taxa de formação de conídios foi relacionada com o acumulado de graus dia ($t_b=10$) desde que a umidade relativa fosse maior ou igual a 93 % (KIM, 2001).

Em 2009 Carlini (2009) utilizou a fórmula de Monteith (1977) e Russele et al. (1984) para determinar os GDAs do período latente e infecção de *P. pachyrhizi* em soja.

Lange em 2011 utilizou a fórmula de Russele et al. (1984), para determinar os GDAs do período de incubação, latente e de infecção de *P. pachyrhizi* em soja. Estes autores concluíram que a temperatura influencia os períodos de incubação, latente e de infecção.

CAPÍTULO I

PROGRESSO DA FERRUGEM ASIÁTICA DA SOJA EM CULTIVARES COM REAÇÃO DISTINTA A DOENÇA

ANDERSON LUIZ DURANTE DANELLI¹ E ERLEI MELO REIS²

RESUMO – O objetivo do trabalho foi representar o desenvolvimento da ferrugem da soja, a partir de modelos epidemiológicos, nos cultivares BRS GO 7560 (resistente) e BRS 246 RR (suscetível). Os experimentos foram conduzidos nas safras 2009/2010 e 2010/2011 em duas épocas de semeadura Passo Fundo - RS. O delineamento foi em blocos ao acaso com quatro repetições. A incidência da doença foi quantificada em função do tempo. Os dados de incidência foliolar, número de lesões/cm² e urédias/cm², foram submetidos a análise de regressão não-linear, testando os modelos de progresso temporal (Logístico, Gompertz e Monomolecular) e integralizados na área abaixo da curva de progresso da doença. Existe diferença entre número de lesões/cm² e urédias/cm² da ferrugem asiática da soja ao comparar cultivares com reação contrastante. A cultivar resistente a ferrugem asiática da soja confirmou sua resistência ao comparar número de lesões e urédias com o

¹Engenheiro agrônomo, mestrando do Programa de Pós-graduação em Agronomia (PPGAgro) da FAMV/UPF, Área de Concentração Fitopatologia.

²Orientador, Eng. Agr., Dr., professor da FAMV/PPGAgro/UPF - erleireis@upf.com.br.

cultivar suscetível. Os modelos de progresso da doença Gompertz e Logístico podem ser utilizados na quantificação temporal da ferrugem asiática da soja. A incidência não foi um bom método fitopatométrico para diferenciar as cultivares.

Palavras-chave: *Glycine max*, epidemia, *Phakopsora pachyrhizi*, curvas de progresso.

SOYBEAN RUST PROGRESS IN CULTIVARS WITH DIFFERENT DISEASE REACTION

**ANDERSON LUIZ DURANTE DANELLI AND ERLEI
MELO REIS**

ABSTRACT - The objective was to represent the development of Asian soybean rust (ASR) from epidemiological models, the BRS GO 7560 (resistant) and BRS 246 RR (susceptible). The experiments were conducted during the 2009/2010 and 2010/2011 growing seasons in two sowing dates Passo Fundo - RS. The design was a randomized block design with four replications. The disease incidence was measured as a function of time. The leaflet incidences, and number of lesions/cm² uredia/cm² were subjected to analysis of nonlinear regression, testing the models of temporal progress (Logistic, Gompertz and Monomolecular) and integrated area under the disease progress curve. There was difference between number and lesions/cm²

uredia/cm² of ASR when comparing cultivars with contrasting reactions. The cultivar resistant to Asian soybean rust confirmed its resistance when comparing the number of injuries and urédia a with the susceptible cultivar. The models of disease progression Gompertz and Logistic can be used to quantify temporal ASR. The incidence was not an appropriate phytopathometry method to differentiate cultivars.

Keywords: *Glycine max*, *Phakopsora pachyrhizi*, epidemics, disease progress curves.

1 INTRODUÇÃO

A ferrugem asiática da soja (FAS) [*Glycine max* (L.) Mer.], causada pelo fungo *Phakopsora pachyrhizi* Sydow, foi detectada em 2001 no Continente Sul Americano (MOREL, 2001). A partir deste ano o fungo disseminou-se por todos os países que cultivam a soja na América do Sul e em 10 de novembro de 2004 atingiu os Estados Unidos, o maior produtor mundial de soja (ROGERS & REDDING, 2004).

Esta doença é considerada uma das mais destrutivas à cultura da soja, e em razão da sua agressividade pode causar danos de até 90%. Na Índia e Taiwan os danos chegaram a 90 %, e no sul da China 50% (OGLE et al., 1979; SINCLAIR & HARTMAN, 1995), no Brasil na safra 2003/2004 quando a doença atingiu as lavouras em quase todos os estados produtores de soja, ocasionou uma redução de 4,6 milhões de toneladas de soja com uma perda de 1,2 bilhões de dólares (YORINORI & LAZZAROTTO, 2004).

A curva de progresso de uma doença é expressa pela plotagem da proporção da doença em função do tempo, sendo a melhor maneira de representar uma epidemia. Através dela, interações entre patógeno, hospedeiro e ambiente podem ser caracterizados, estratégias de controle avaliadas, níveis futuros de doença previstos e simuladores verificados. A taxa de aumento da doença (r) e a forma da curva de progresso da doença, a área abaixo da curva de progresso da doença

(AACPD), as quantidades máximas e final da doença, e a duração da epidemia também podem ser caracterizados (BERGAMIN FILHO & AMORIM, 1996).

A FAS é considerada uma doença altamente destrutiva, essa característica está associada à suscetibilidade do hospedeiro, a virulência do patógeno, a capacidade de esporulação do agente causal, a disseminação eficiente (esporos secos pequenos transportados pelo vento) e ambiente favorável à infecção. Para o melhor entendimento da epidemiologia da FAS se faz necessário pesquisar e reconhecer sua taxa de progresso e a forma da(s) curva(s).

A obtenção de estimativas confiáveis dos prejuízos causados pelos patógenos é considerada pré-requisito essencial para o desenvolvimento de programas bem sucedidos de controle de doenças.

Nesse sentido, a utilização de modelos matemáticos e de curvas de progresso da doença tem importância crescente, uma vez que permitem o entendimento do desenvolvimento da doença por meio de avaliações da severidade no tempo (TSUMANUMA et al., 2010).

As medidas de controle utilizadas para a FAS da soja estão associadas a algumas práticas de manejo como a eliminação de plantas voluntárias e hospedeiros secundários, uso de cultivares de ciclo precoce e semeadura no início da época recomendada para cada região. No controle químico com a aplicação de fungicidas na parte aérea são utilizados

principalmente a mistura de triazóis + estrobirulinas, constituindo-se, na medida de controle mais eficiente (REIS et al., 2006a ; AZEVEDO et al., 2007). Até pouco tempo atrás não estavam disponíveis aos produtores cultivares resistentes à FAS. Com o surgimento destes cultivares há a necessidade de caracterizar suas curvas de progresso e compará-las com as cultivares suscetíveis.

O presente trabalho teve como objetivo escolher o modelo epidemiológico que melhor representa o desenvolvimento da FAS, em dois cultivares, com reação diferenciada à doença e com suas respectivas taxas de progresso.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos no campo experimental da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Passo Fundo, em Passo Fundo/RS.

O trabalho foi realizado em duas épocas de semeadura e em duas safras, sendo testados dois cultivares, o BRS GO 7560 resistente a FAS, e BRS 246 RR suscetível (Tabela1).

Tabela 1. Épocas de semeadura e cultivares de soja utilizados no ensaio do progresso da ferrugem asiática nas safras 2009/2010 e 2010/2011. Passo Fundo - RS

Safras	Épocas	Datas semeaduras	Cultivares
2009/2010	Primeira	26/11/2009	BRS GO 7560 BRS 246 RR
2009/2010	Segunda	16/12/2009	BRS GO 7560 BRS 246 RR
2010/2011	Primeira	12/11/2010	BRS GO 7560 BRS 246 RR
2010/2011	Segunda	01/12/2010	BRS GO 7560 BRS 246 RR

O tratamento de sementes foi realizado com tiametoxana (Cruiser) 0,15 L de produto comercial/100 kg de semente mais fludioxonil + metalaxil-m (Metalaxil) 0,10 L de produto comercial/100 kg de sementes. Após, realizou-se a semeadura direta utilizando uma adubação de 300 kg/ha de 05-20-20 (N- P₂O₅-K₂O). O controle de plantas daninhas para o cultivar BRS GO 7560, foi realizado com duas capinas manuais, uma no estágio vegetativo V3 (terceiro nó, segundo trifólio aberto) e outra no estágio vegetativo V8 (oitavo nó, sétimo trifólio aberto), em ambos os anos e nas duas épocas de semeaduras. No cultivar BRS 246 RR, foi realizado o controle das plantas invasoras através de duas aplicações do herbicida glifosato na dose de 3 L/ha, nos estádios vegetativos V3 e V8

ambas nos dois anos do experimento e nas duas épocas de semeadura.

Para o controle de insetos foi utilizado o inseticida tiametoxana + lambda-cialotrina (Engeo Pleno) na dose de 0,25 L/ha, uma aplicação realizada no estágio reprodutivo R1 (início da floração: até 50 % das plantas com um flor) e a outra no estágio R5 (início da formação de grãos), (RITCHIE et al., 1982) nos dois cultivares e safras.

As unidades experimentais foram compostas por sete linhas de 8 metros, com espaçamento entre linhas de 0,45 m. Para a avaliação da doença foram utilizadas somente as cinco linhas do centro da parcela, sendo que as três linhas centrais foram deixadas para a colheita e avaliação de rendimento de grãos e as outras duas para as avaliações foliares e uma linha de cada lado como bordadura. Os experimentos foram conduzidos segundo um esquema de blocos ao acaso com quatro repetições.

Para a avaliação da intensidade da doença foram feitas coletas semanais de cinco plantas, começando no dia 05 de janeiro nas duas safras. No Laboratório de Fitopatologia da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Passo Fundo, para avaliar a incidência da doença, foram retirados os folíolos centrais da haste principal, quantificando o número total de folíolos (NTF), separando-se aqueles que apresentavam pelo menos uma urédia aberta, com esporos visíveis (NTD), e então calculada a incidência foliar

IF= ((NTD/NTF) X 100). Para o número de lesões/cm² e urédias/cm², foram demarcados dois círculos, com um furador de rolha de diâmetro 1 cm na região central lateral de cada folíolo, e feitas as avaliações em uma lupa estereoscópica binocular de 40 X de aumento.

Os dados de incidência foliolar, número de lesões/cm² e urédias/cm², foram submetidos a análise de variação dos erros, após atendidas as exigências de normalidade foram submetidos a análise de regressão não-linear, testando os modelos de progresso temporal: Logístico ($Y = \frac{\text{alfa}}{1 + \text{beta} \cdot \exp(-\text{gamma} \cdot \text{tempo})}$), Gompertz ($Y = \text{alfa} \cdot \exp(-\text{beta} \cdot \exp(-\text{gamma} \cdot \text{tempo}))$) e Monomolecular ($Y = \text{alfa} \cdot (1 - \text{beta} \cdot \exp(-\text{gamma} \cdot \text{tempo}))$) (CAMPBELL & MADDEN, 1990), sendo utilizado o programa estatístico INFOSTAT 1.0. Onde, Y representa a intensidade da doença, $b1$ significa a assíntota máxima estimada pelo modelo, $b2$ é a constante de integração igual a 1-yo (yo = inóculo inicial), r representa a taxa de progresso da doença e t o tempo.

Para escolher o modelo no qual os dados de incidência foliolar, número de lesões/cm² e urédias/cm², ajustaram-se melhor, foi realizado a plotagem dos valores dos resíduos de cada modelo e com os valores previstos calculada a intensidade da doença estimada para cada modelo em função do tempo, sendo feita a relação com os valores reais da intensidade da doença (VALE et al., 2004).

Através dos modelos matemáticos Logístico, Gompertz e Monomolecular estimou-se os valores de R^2 e a relação entre os valores de incidência real (Y) e valores de incidência previsto (y) através da fórmula $(Y-y)^2/n$, onde o menor valor encontrado indicou que os dados de IF, número de lesões/cm² e urédias/cm² ajustam-se ao modelo.

Os dados de IF, número de lesões/cm² e urédias/cm², foram integralizados na área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) para diferenciar uma cultivar da outra em cada parâmetro fitopatométrico avaliado pela fórmula $= (x1 + x2) / 2 * (t2 - t1)$, onde **x** representa a intensidade da doença (IF (AACPI), número de lesões/cm² (AACPL) e urédias/cm² (AACPU)) e **t** representa o intervalo de tempo entre as avaliações. Os dados foram submetidos à análise de variância, e posterior comparação de médias pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

3 RESULTADOS

Durante o desenvolvimento da cultura até a maturação nas safras 2009/2010 e 2010/2011, a temperatura e a precipitação pluvial foram favoráveis ao desenvolvimento tanto da cultura quanto do fungo *P. pachyrhizi*. Na safra 2009/2010 no período de desenvolvimento da cultura nas duas épocas de semeadura a temperatura média foi de 22,6 °C, e a precipitação pluvial acumulada foi de 345 mm (Tabela 2), na safra

2010/2011 a temperatura média foi de 22,2 °C e a precipitação pluvial acumulada de 502 mm (Tabela 2).

Tabela 2. Precipitação pluvial (mm) e temperatura média do ar (°C) em Passo Fundo- RS, nas safras 2009/2010 e 2010/2011. Fonte: modificado de Embrapa Trigo.

Mês	Safra	Precipitação (mm)	Temperatura média (°C)
Dezembro	2009/2010	114,8	22,6
Janeiro	2009/2010	126,5	22,3
Fevereiro	2009/2010	103,6	23,1
Soma/Média	-	345,0	22,6
Dezembro	2010/2011	151,4	21,7
Janeiro	2010/2011	150,4	23,0
Fevereiro	2010/2011	200,2	21,8
Soma/Média	-	502,0	22,2

Na primeira época de semeadura da safra 2009/2010 (Tabela 3) a FAS foi constatada no dia 22/01/2010 nos dois cultivares BRS GO 7560, no estágio vegetativo V9 (nono nó: oitavo trifólio aberto) com 8 % de IF, e BRS 246 RR, no estágio vegetativo V10 (décimo nó: nono trifólio aberto) com uma IF de 4 %. E na segunda época de semeadura, no dia 11/02/2010 no cultivar BRS GO 7560 no estágio reprodutivo R2 (floração plena: maioria dos racemos com flor), com 8 % de IF, e no dia 25/01/2010 no cultivar BRS 246 RR no estágio vegetativo V8, com 4,2 % de IF.

Na safra 2010/2011 (Tabela 3) a FAS foi identificada, na primeira época no cultivar BRS GO 7560 no dia 25/01/2011 no estágio vegetativo V10, com 1,7 % de IF, e no cultivar BRS 246 RR no dia 03/02/2011 no estágio vegetativo V10, com 2,2 % de IF. E na segunda época de semeadura, no dia 25/01/2011 no cultivar BRS GO 7560 no estágio vegetativo V9 com 1 % de IF e no cultivar BRS 246 RR no dia 07/02/2011 com 2,3 % de IF.

Tabela 3. Épocas de semeadura, cultivares, momento da detecção da ferrugem asiática, valores de incidência foliar (IF) e estádios fenológicos, na safra 2009/2010 e 2010/2011. Passo Fundo-RS, 2011

Época e data da semeadura	Cultivares	Dia da detecção	Valores IF (%)	Estádios fenológicos
1º 26/11/2009	BRS GO 7560	22/01/2010	8,0	V9
1º 26/11/2009	BRS 246 RR	22/01/2010	4,0	V10
2º 16/12/2009	BRS GO 7560	11/02/2010	8,0	R2
2º 16/12/2009	BRS 246 RR	25/01/2010	4,2	V8
1º 12/11/2010	BRS GO 7560	25/01/2011	1,7	V10
1º 12/11/2010	BRS 246 RR	03/02/2011	2,2	V10
2º 01/12/2010	BRS GO 7560	25/01/2011	1,0	V9
2º 01/12/2010	BRS 246 RR	07/02/2011	2,3	R1

Através dos modelos matemáticos testados o modelo que permitiu um ajuste dos dados (Tabela 4, 5, 6, 7, 8 e 9) foi o Logístico, seguido de Gompertz e Monomolecular. Selecionouse o Logístico para representar as curvas de progresso da FAS.

A IF da FAS, na safra 2009/2010, na primeira época no cultivar BRS GO 7560 apresentou uma taxa de progresso de 0,150 unidades/dia (Tabela 4), alcançando 100 % de IF no dia 02/03/2010 no estádio R5.3 (Tabela 4). Trinta e nove dias após de ter sido encontrada a ferrugem, o cultivar BRS 246 RR apresentou 0,240 unidades/dia, alcançando 100 % de IF no estádio R5.3 (Tabela 4). No dia 02/03/2010 o R^2 nas duas cultivares foram muito similares, juntamente com o quadrado médio dos desvios. Na segunda época o cultivar BRS GO 7560 apresentou novamente uma taxa de 0,150 unidades/dia, chegando a 100 % de IF no estádio R5.1 (início da formação dos grãos, 10% de granação) no dia 02/03/2010, 36 dias após o surgimento da ferrugem. O cultivar BRS 246 RR, apresentou uma taxa de 0,110 unidades/dia alcançando 100 % de IF no dia 08/03/2010, no estádio R5.1, 42 dias após ter sido detectada. O R^2 e o quadrado médio do desvios também foram similares, os maiores valores de b_2 foram encontrados na primeira época nas duas cultivares (Tabela 4).

As curvas médias de progresso da proporção de IF (Figura 1), nas duas épocas de semeadura foram similares, para os dois cultivares.

Os valores da AACPI, na primeira época de semeadura (Figura 2), nos dois cultivares apresentaram diferença significativa, sendo que o cultivar BRS GO 7560 apresentou o maior valor da AACPI (2.846) e o cultivar BRS 246 RR menor valor (1.509). Na segunda época (Figura 3)

também houve diferença nos valores da AACPI entre os cultivares, o BRS GO 7560 novamente apresentou a maior média da AACPI (1.945), enquanto o BRS 246 RR apresentou a menor média (1.484).

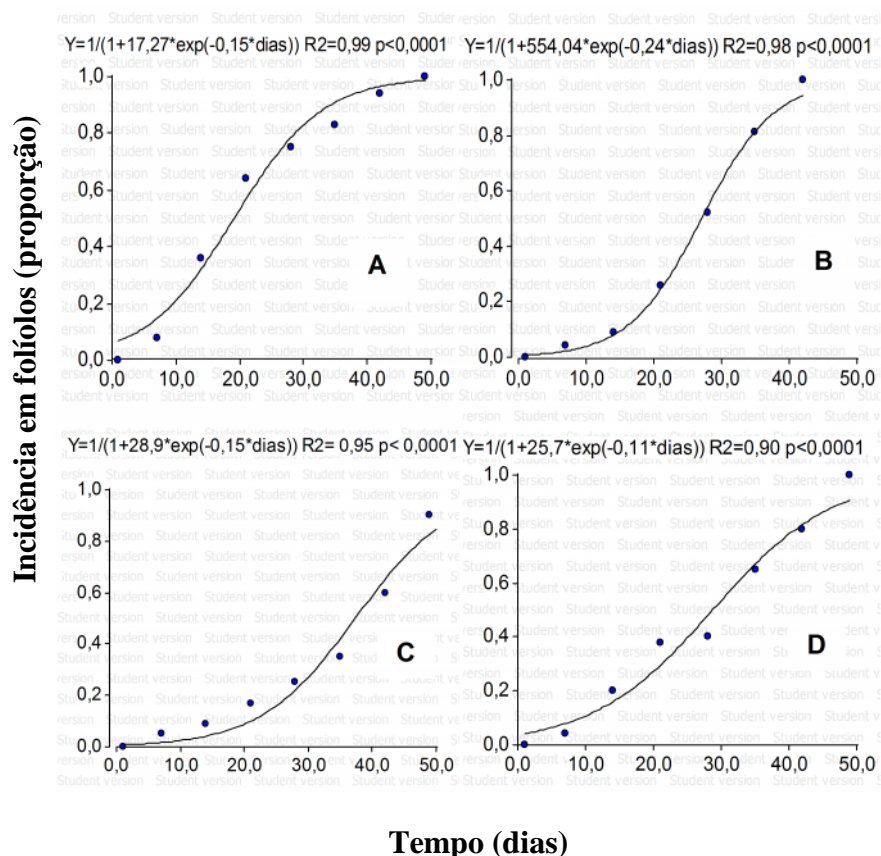


Figura 1. Curvas de progresso da incidência foliar da ferrugem asiática da soja nos cultivares BRS GO 7560 primeira (A) e segunda época (C) e BRS 246 RR, primeira (B) e segunda época (D), representada pelo modelo Logístico, safra 2009/2010. Passo Fundo-RS 2011.

Tabela 4. Resumo das análises de regressão não-linear, para os modelos Logístico (Log), Gompertz (Gomp) e Monomolecular (Mono), dados pela incidência foliolar da ferrugem da soja na safra 2009/2010. Passo Fundo-RS, 2011

Cultivares	Modelos	Época I					Época II				
		b_1	b_2	r	R^2	$(Y-y)^2/n$	b_1	b_2	r	R^2	$(Y-y)^2/n$
BRS GO 7560	Log	1	17,27	0,15	0,99	0,4422	1	28,9	0,15	0,95	0,3233
	Gomp	1	4,48	0,10	0,91	0,4535	1	6,10	0,10	0,94	0,3323
	Mono	1	1,16	0,05	0,64	0,6023	1	1,16	0,05	0,66	0,5033
BRS 246 RR	Log	1	554,04	0,24	0,98	0,2811	1	25,7	0,11	0,90	0,2024
	Gomp	1	54,9	0,17	0,98	0,2923	1	2,90	0,08	0,86	0,2156
	Mono	1	1,21	0,04	0,68	0,4644	1	1,08	0,05	0,65	0,2967

* Alfa= b_1 é a assíntota máxima estimada pelo modelo,

* Beta= b_2 é a constante de integração igual a 1-yo (inóculo inicial),

* Gama= r representa a taxa de progresso da doença,

* QMR= quadrado médio dos desvios e,

* $(Y-y)^2/n$ = Relação entre intensidade da doença real (Y) e intensidade da doença prevista(y).

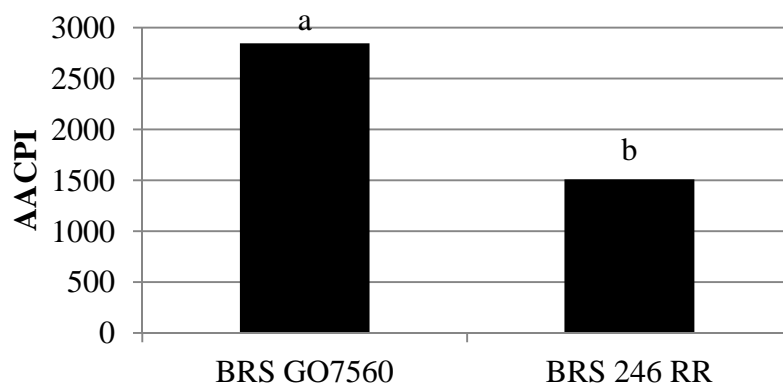


Figura 2. Área abaixo da curva do progresso da incidência (AACPI) foliolar da ferrugem asiática da soja cultivar BRS GO 7560 e BRS 246 RR, primeira época safra 2009/2010. CV= 5 %. Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem pelo teste de Tukey a 5%.

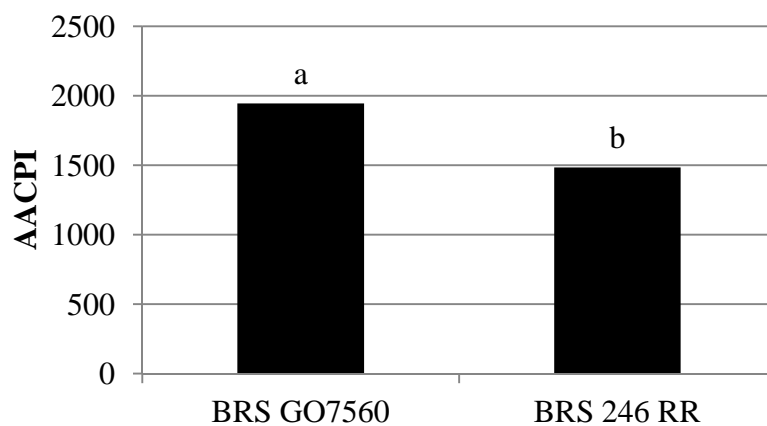


Figura 3. Área abaixo da curva do progresso da incidência foliolar (AACPI) da ferrugem asiática da soja cultivar BRS GO 7560 e BRS 246 RR, segunda época safra 2009/2010. CV=3,0 %. Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem pelo teste de Tukey a 5%.

Na safra 2010/2011, na primeira época o cultivar BRS GO 7560 apresentou um taxa de progresso de 0,170 unidades/dia, alcançando 100 % de IF no dia 07/03/2011 no estádio R5.5, 41 dias após ter sido detectada a presença do fungo. Já o cultivar BRS 246 RR apresentou 0,130 unidades/dia, alcançando 100 % de IF 39 dias após o início da epidemia no estádio R5.1, no dia 14/03/2011 (Tabela 5). Os coeficientes de determinação foram muito próximos, juntamente com o quadrado médio dos desvios.

Na segunda época o cultivar BRS GO 7560 apresentou uma taxa de 0,130 unidades/dia, chegando a 100 % de IF no estádio R5.4 no dia 07/03/2011, 43 dias após o surgimento da ferrugem. E o cultivar BRS 246 RR, apresentou uma taxa de 0,120 unidades/dia alcançando 100 % de IF no dia 07/03/2011, no estádio R5.2, 43 dias após ter sido encontrada. O coeficiente de determinação e o quadrado médio dos desvios também foram similares, e os maiores valores de b_2 foram encontrados na primeira época na cultivar BRS GO 7560, e na segunda época na mesma cultivar (Tabela 5).

As curvas médias de progresso da proporção de IF (Figura 4) nas duas épocas de semeadura foram similares. A AACPI na safra 2010/2011 no cultivar BRS GO 7560 tanto na primeira época (Figura 5) como na segunda época (Figura 6) apresentaram as menores médias, de 1.829 e 1.813 respectivamente. Já o cultivar BRS 246 RR apresentou as maiores médias nas duas épocas, com 1.985 e 1.993

respectivamente, diferindo estatisticamente com o cultivar BRS GO 7560, nas duas épocas.

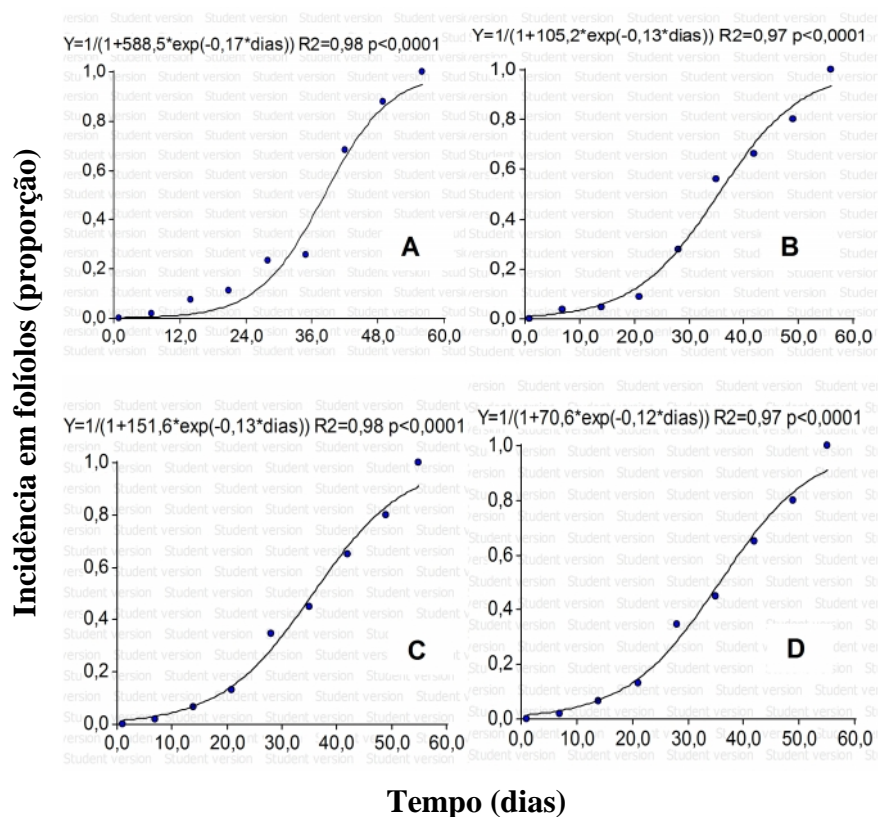


Figura 4. Curvas de progresso da incidência foliar da ferrugem asiática da soja nos cultivares BRS GO 7560 primeira (A) e segunda época (C) e BRS 246 RR, primeira (B) e segunda época (D), representada pelo modelo Logístico, safra 2010/2011. Passo Fundo-RS 2011.

Tabela 5. Resumo das análises de regressão não-linear, para os modelos Logístico (Log), Gompertz (Gomp) e Monomolecular (Mono), dados de incidência foliolar da ferrugem da soja na safra 2010/2011. Passo Fundo-RS, 2011

Cultivares	Modelos	Época I					Época II				
		b_1	b_2	r	R^2	$(Y-y)^2/n$	b_1	b_2	r	R^2	$(Y-y)^2/n$
BRS GO 7560	Log	1	588,5	0,17	0,98	0,2624	1	151,6	0,13	0,98	0,2232
	Gomp	1	19,5	0,66	0,98	0,2634	1	11,5	0,58	0,97	0,2405
	Mono	1	1,20	0,03	0,71	0,3014	1	1,42	0,24	0,82	0,6990
BRS 246 RR	Log	1	105,2	0,13	0,97	0,2673	1	70,6	0,12	0,97	0,2466
	Gomp	1	17,1	0,09	0,97	0,2751	1	11,3	0,08	0,96	0,2675
	Mono	1	1,20	0,03	0,70	0,3153	1	1,40	0,03	0,83	0,7011

* Alfa= b_1 é a assíntota máxima estimada pelo modelo,

* Beta= b_2 é a constante de integração igual a 1-yo (inóculo inicial),

* Gama= r representa a taxa de progresso da doença,e

* $(Y-y)^2/n$ = Relação entre intensidade da doença real (Y) e intensidade da doença prevista(y)

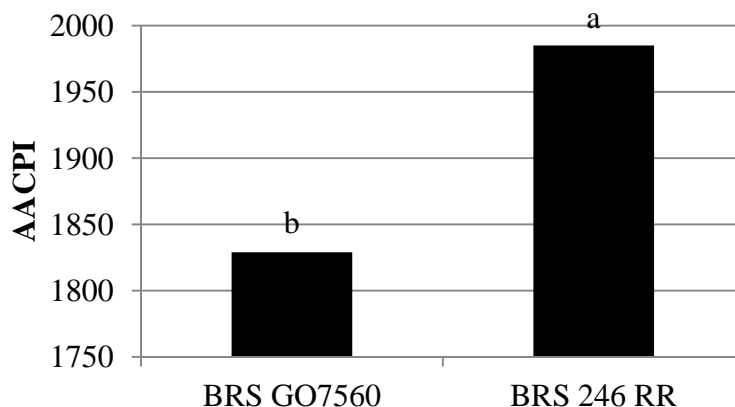


Figura 5. Área abaixo da curva do progresso da incidência foliolar (AACPI) da ferrugem da soja cultivar BRS GO 7560 e BRS 246 RR, primeira época safra 2010/2011. CV=3 %. Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem pelo teste de Tukey a 5%.

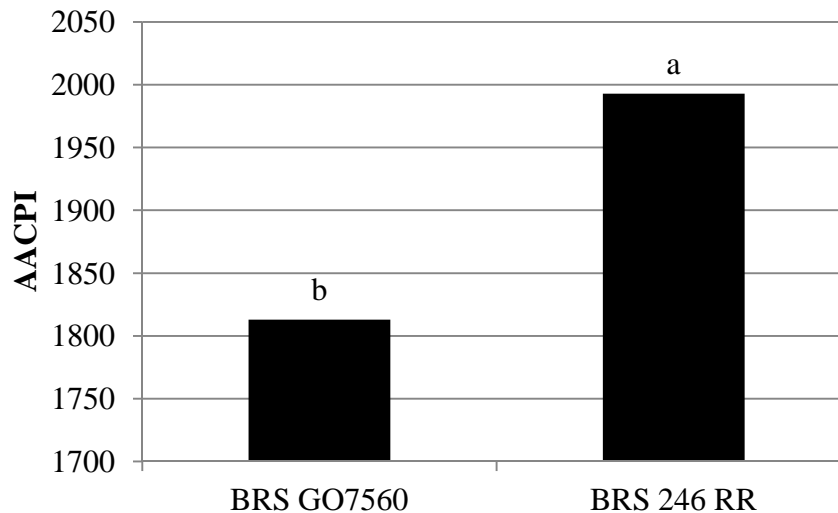


Figura 6. Área abaixo da curva do progresso da incidência foliolar (AACPI) da ferrugem da soja cultivar BRS GO 7560 e BRS 246 RR, segunda época safra 2010/2011. CV= 4 %. Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem pelo teste de Tukey a 5%.

Na avaliação do progresso do número de lesões/cm² na safra 2009/2010 (Tabela 6), na primeira época de semeadura, a maior taxa de progresso foi encontrada no cultivar BRS 246 RR, com 0,210 unidades/dia, apresentando 19,7 lesões/cm² na última avaliação e um valor de b_1 superior no BRS GO 7560, de 35. Sendo que o cultivar BRS GO 7560, apresentou uma taxa de progresso de 0,140 unidades/dia, e o número de lesões/cm² na última avaliação foi de 9,60 lesões/cm² com um valor de b_1 igual a 15. Na segunda época de semeadura o cultivar BRS GO 7560 apresentou uma taxa de progresso de 0,320 unidades/dia, com 23,3 lesões/cm², com 24 de b_1 e o cultivar BRS 246 RR 0,170 unidades/dia, com 31,6 lesões/cm², na última avaliação e com b_1 de 54 (Tabela 6).

As curvas médias de progresso das lesões (Figura 7) mostraram-se similares.

Na análise da área abaixo da curva de progresso do número de lesões/cm² (AACPL), na primeira época (Figura 8) o cultivar BRS GO 7560, obteve a média de 99,1 e o cultivar BRS 246 RR 148. Na segunda época (Figura 9) o cultivar BRS GO 7560 apresentou a menor média da AACPL com 218,2 e o cultivar BRS 246 RR a maior com 696,8. Em ambas as épocas de semeadura houve diferença significativa quando comparados os dois cultivares.

Tabela 6. Resumo das análises de regressão não-linear, para os modelos Logístico (Log) e Gompertz (Gomp), dados de lesões/cm² da ferrugem da soja na safra 2009/2010. Passo Fundo-RS, 2011

Cultivares	Época I						Época II				
	Modelos	<i>b1</i>	<i>b2</i>	<i>r</i>	<i>R</i> ²	(Y-y) ² /n	<i>b1</i>	<i>b2</i>	<i>r</i>	<i>R</i> ²	(Y-y) ² /n
BRS GO 7560	Log	14,0	33,6	0,15	0,99	0,0023	24,0	333,0	0,32	0,99	0,24
	Gomp	30,0	4,75	0,05	0,99	0,0024	26,0	21,88	0,18	0,99	0,26
BRS 246 RR	Log	35,0	262,6	0,21	0,98	0,0087	52,0	61,83	0,17	0,99	0,023
	Gomp	880	8,77	0,03	0,98	0,0088	140	5,79	0,05	0,99	0,024

* **Alfa= b1** é a assíntota máxima estimada pelo modelo,

* **Beta= b2** é a constante de integração igual a 1-yo (inóculo inicial),

* **Gama= r** representa a taxa de progresso da doença, e

* **(Y-y)²/n** = Relação entre intensidade da doença real (Y) e intensidade da doença prevista(y).

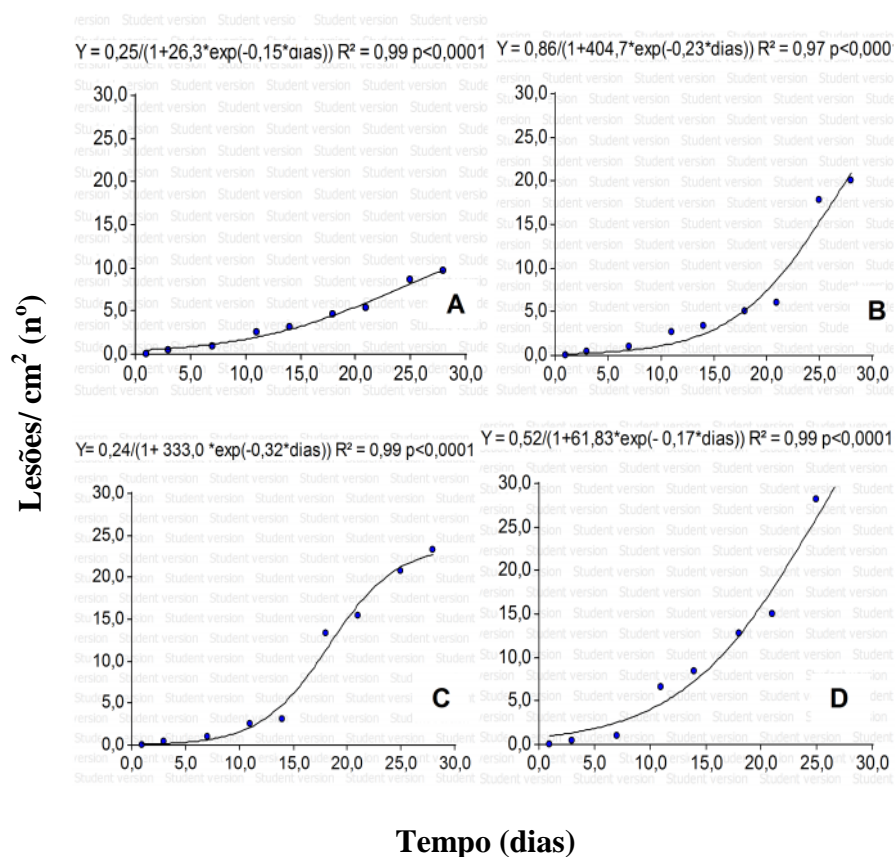


Figura 7. Curva de progresso do número de lesões/cm² da ferrugem asiática em folíolos, nos cultivares BRS GO 7560 primeira (A) e segunda época (C) e BRS 246 RR, primeira (B) e segunda época (D), representada pelo modelo Logístico, safra 2009/2010. Passo Fundo-RS 2011.

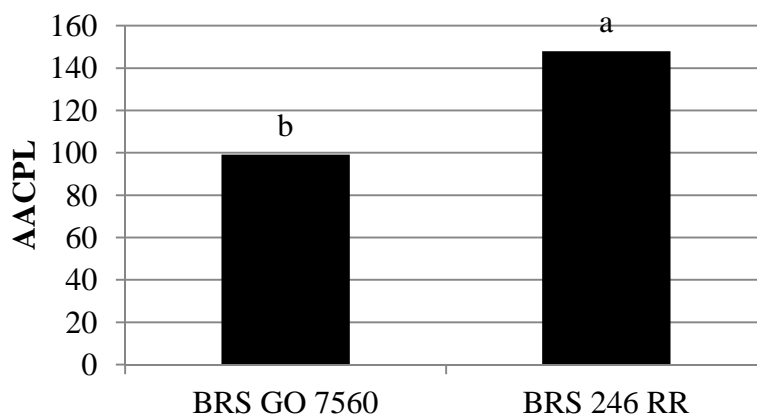


Figura 8. Área abaixo da curva do progresso do número de lesões/cm² (AACPL) da ferrugem asiática da soja dos cultivares BRS GO 7560 e BRS 246 RR, primeira época, safra 2009/2010. CV=8,7%. Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem pelo teste de Tukey a 5,0%.

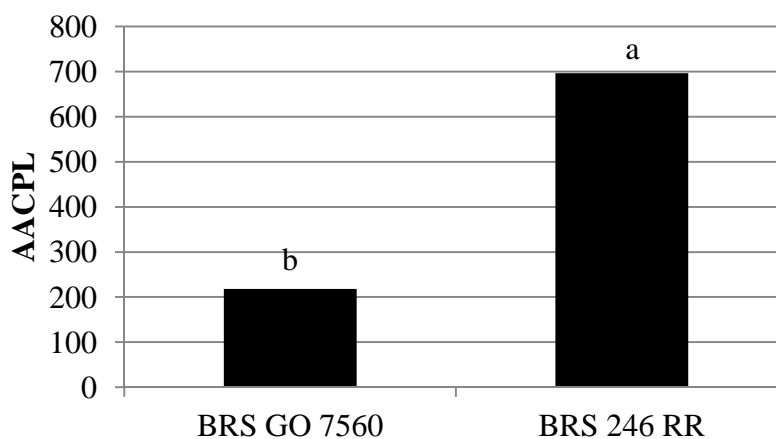


Figura 9. Área abaixo da curva do progresso do número de lesões/cm² (AACPL) da ferrugem asiática da soja dos cultivares BRS GO 7560 e BRS 246 RR, segunda época, safra 2009/2010. CV=10,7%. Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem pelo teste de Tukey a 5,0%.

Na safra 2010/2011, o número de lesões foi menor quando comparado a safra 2009/2010. Na primeira época de semeadura, o cultivar BRS GO 7560 apresentou o menor número 5,8 lesões/cm², com uma taxa de progresso de 0,190 unidades/dia (Tabela 7) e com valor 7,0 de b_1 . O cultivar BRS 246 RR também apresentou um número reduzido de lesões com 9,39 lesões/cm², com uma taxa de progresso de 0,170 unidades/dia e valor b_1 de 10. Na segunda época de semeadura o cultivar BRS GO 7560 apresentou 0,130 unidades/dia de taxa de progresso, com 5,4 lesões/cm² e valor de b_1 8, já o cultivar BRS 246 RR apresentou uma taxa de progresso de 0,200 unidades/dia, com 8,01 lesões/cm², na última avaliação e com valor 8 de b_1 (Tabela 7).

As curvas médias de progresso das lesões (Figura 10) mostraram-se muito similares, com um crescimento linearizado.

Na comparação das áreas abaixo da curva de progresso do número de lesões/cm² (AACPL), na primeira época (Figura 11) o cultivar BRS GO 7560, apresentou uma média 69,3 e o cultivar BRS 246 RR 117,1. Na segunda época (Figura 12) o cultivar BRS GO 7560 apresentou a menor média com 65,2 e o cultivar BRS 246 RR 110,9. Em ambas as épocas de semeadura houve diferença significativa quando comparadas as AACPL dos dois cultivares.

Tabela 7. Resumo das análises de regressão não-linear, para os modelos Logístico (Log) e Gompertz (Gomp), dados de lesões/cm² da ferrugem da soja na safra 2010/2011. Passo Fundo-RS, 2011

Cultivares	Modelos	Época I					Época II				
		b_1	b_2	r	R^2	$(Y-y)^2/n$	b_1	b_2	r	R^2	$(Y-y)^2/n$
BRS GO 7560	Log	7,0	30,14	0,19	0,99	0,0009	8,0	18,2	0,13	0,99	0,00072
	Gomp	10,0	4,31	0,07	0,99	0,012	14,0	3,80	0,05	0,99	0,00076
BRS 246 RR	Log	10,0	14,26	0,17	0,99	0,0021	8,0	15,7	0,20	0,99	0,00034
	Gomp	0,12	3,43	0,08	0,99	0,0023	10,0	3,50	0,11	0,99	0,00035

* Alfa= b_1 é a assíntota máxima estimada pelo modelo,

* Beta= b_2 é a constante de integração igual a 1-yo (inóculo inicial),

* Gama= r representa a taxa de progresso da doença,e

* $(Y-y)^2/n$ = Relação entre intensidade da doença real (Y) e intensidade da doença prevista(y).

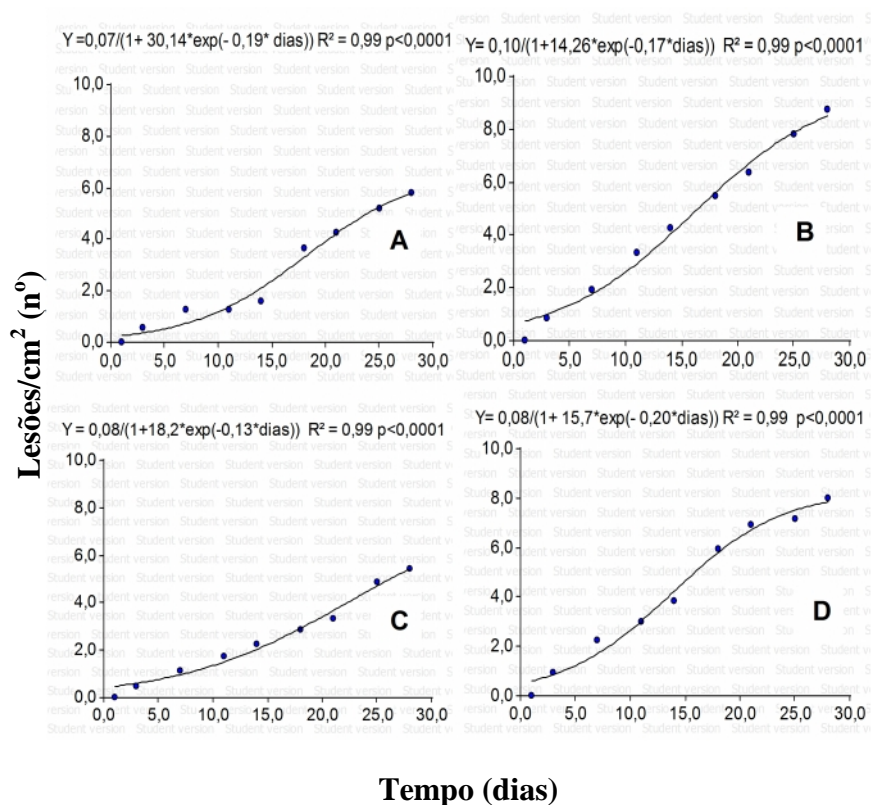


Figura 10. Curva de progresso do número de lesões/cm² da ferrugem asiática da soja, nos cultivares BRS GO 7560 primeira (A) e segunda época (C) e BRS 246 RR, primeira (B) e segunda época (D), representada pelo modelo Logístico, safra 2010/2011. Passo Fundo-RS 2011.

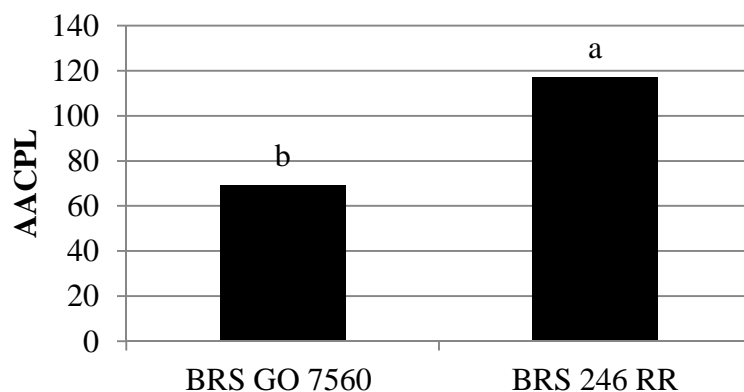


Figura 11. Área abaixo da curva do progresso do número de lesões/cm² (AACPL) da ferrugem asiática da soja dos cultivares BRS GO 7560 e BRS 246 RR, primeira época, safra 2010/2011. CV=9,0%. Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem pelo teste de Tukey a 5,0%.

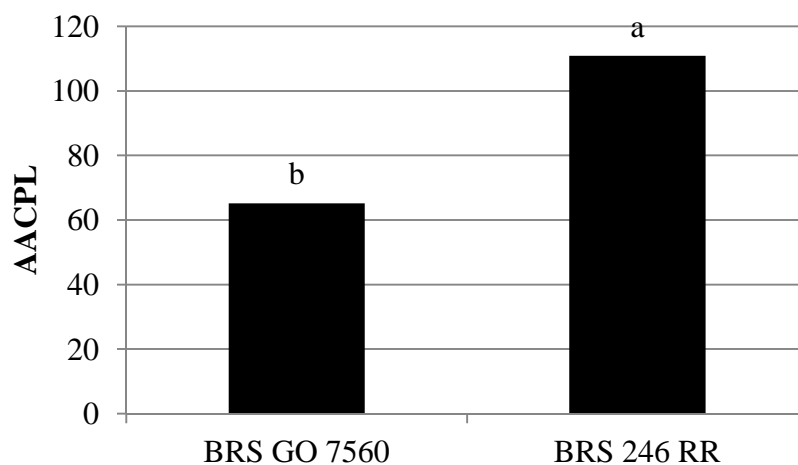


Figura 12. Área abaixo da curva do progresso do número de lesões/cm²(AACPL) da ferrugem asiática da soja dos cultivares BRS GO 7560 e BRS 246 RR, segunda época, safra 2010/2011. CV=9,9%. Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem pelo teste de Tukey a 5,0%.

Na avaliação do número de urédias/cm² nos cultivares da primeira época na safra 2009/2010 (Tabela 8), o cultivar BRS GO 7560 apresentou uma taxa de progresso da doença 0,130 unidades/dia, com a 15 urédias/cm² e b_1 de 25 e o cultivar BRS 246 RR apresentou uma taxa de 0,230 unidades/dia com 50 urédias/cm² com valor de b_1 de 86. Na segunda época de semeadura o cultivar BRS GO 7560 apresentou uma taxa de progresso de 0,270 unidades/dia e 72,91 urédias/cm² com valor de b_1 de 75 e o cultivar BRS 246 RR apresentou uma taxa de 0,140 unidades com 151,6 urédias/cm² e valor de b_1 de 252 (Tabela 8).

Na comparação das curvas de progresso do número de urédias (Figura 13) dos cultivares, nas duas épocas de semeadura, as mesmas se mostraram com um desenvolvimento similar.

Quanto a análise das áreas abaixo das curvas de progresso das urédias/cm², na primeira época (Figura 14) houve diferença entre os dois cultivares, sendo que o cultivar BRS GO 7560, apresentou a menor média 162,9 e o cultivar BRS 246 RR, apresentou a maior média 341,5. Estas diferenças confirmaram-se na segunda época (Figura 15) com o cultivar BRS GO 7560 apresentando uma média de 696,8 de AACPU, e o cultivar BRS 246 RR uma média de 722,9.

Tabela 8. Resumo das análises de regressão não-linear, para os modelos Logístico (Log) e Gompertz (Gomp), dados de urédias/cm² da ferrugem da soja na safra 2009/2010. Passo Fundo-RS, 2011

Cultivares	Modelos	Época I					Época II				
		<i>b1</i>	<i>b2</i>	<i>r</i>	<i>R</i> ²	(<i>Y-y</i>) ² / <i>n</i>	<i>b1</i>	<i>b2</i>	<i>r</i>	<i>R</i> ²	(<i>Y-y</i>) ² / <i>n</i>
BRS GO 7560	Log	25,0	26,3	0,13	0,99	0,0053	75,0	73,5	0,27	0,99	0,014
	Gomp	53,0	4,42	0,05	0,99	0,0056	87,0	7,14	0,13	0,99	0,015
BRS 246 RR	Log	86,0	404,7	0,23	0,97	0,053	252	28,54	0,14	0,99	0,52
	Gomp	5140	9,7	0,03	0,97	0,054	570	4,56	0,04	0,99	0,56

* **Alfa= b1** é a assíntota máxima estimada pelo modelo,

* **Beta= b2** é a constante de integração igual a 1-yo (inóculo inicial),

* **Gama= r** representa a taxa de progresso da doença, e

* (**Y-y**)²/**n** = Relação entre intensidade da doença real (Y) e intensidade da doença prevista(y).

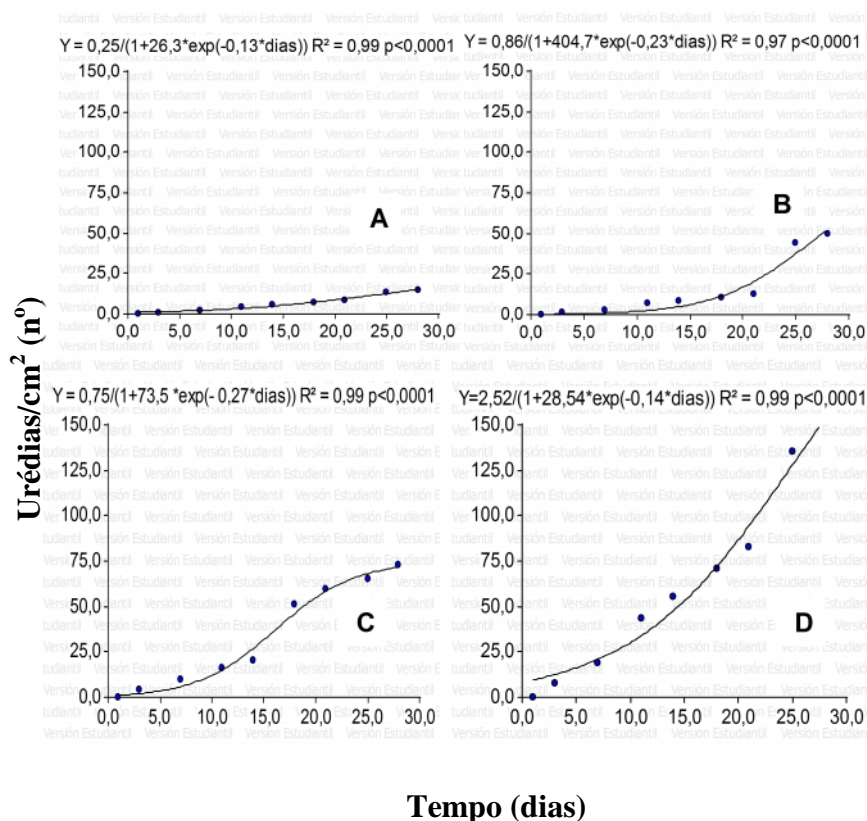


Figura 13. Curva de progresso do número de urédias/cm² da ferrugem asiática da soja, nos cultivares BRS GO 7560 primeira (A) e segunda época (C) e BRS 246 RR, primeira (B) e segunda época (D), representada pelo modelo Logístico, safra 2009/2010. Passo Fundo-RS 2011.

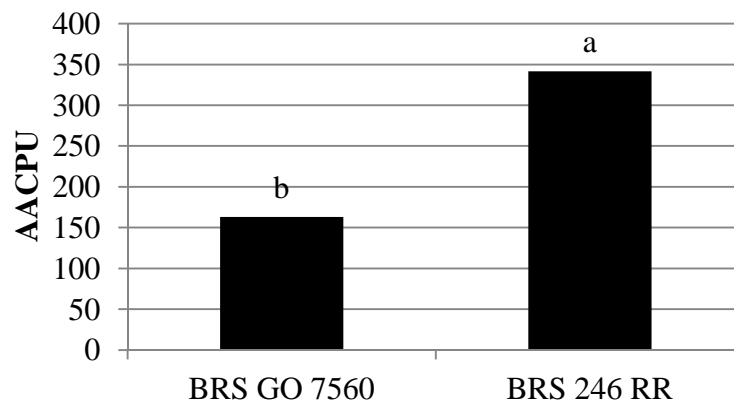


Figura 14. Área abaixo da curva do progresso do número de urédias/cm² (AACPU) da ferrugem asiática da soja nos cultivares BRS GO 7560 e BRS 246 RR, primeira época, safra 2009/2010. CV=13,0 %. Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem pelo teste de Tukey a 5,0%.

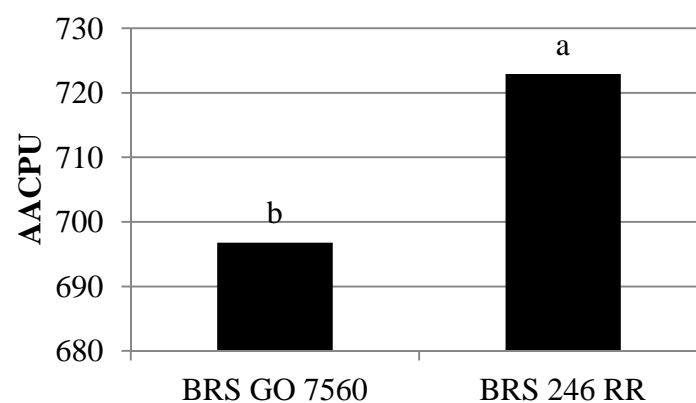


Figura 15. Área abaixo da curva do progresso do número de urédias/cm² (AACPU) da ferrugem asiática da soja nos cultivares BRS GO 7560 e BRS 246 RR, segunda época, safra 2009/2010. CV= 4,0 %. Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem pelo teste de Tukey a 5,0 %.

Na safra 2010/2011 os dados de urédias/cm², foram menores que os valores encontrados na safra 2009/2010, na primeira época o cultivar BRS GO 7560 apresentou uma taxa de progresso de 0,310 unidades/dia (Tabela 9) e 11,2 urédias/cm² com valor de b_1 igual a 10 e o cultivar BRS 246 RR apresentou uma taxa de 0,210 unidades/dia e um número de 24,2 urédias/cm², com valor de b_1 igual a 30. Na segunda época de semeadura o cultivar BRS GO 7560 apresentou uma taxa de progresso de 0,120 unidades/dia, e 12,1 urédias/cm² e valor de b_1 igual a 34 e a cultivar BRS 246 RR apresentou uma taxa de progresso de 0,170 unidades/dia e 16,5 urédias/cm² com valor de b_1 igual a 20(Tabela 9).

As curvas de progresso do número de urédias (Figuras 16) apresentaram desenvolvimento simétrico.

Para a análise da AACPU, a média da primeira época foi de 126,9 para o cultivar BRS GO 7560 (Figura 17), e de 271,9 para o cultivar BRS 246 RR. Na segunda época (Figura 18) a média da AACPU para o cultivar BRS GO 7560 foi 118,53 e para o cultivar BRS 246 RR foi de 233. Mostrando diferença significativa nas duas épocas de semeadura.

Tabela 9. Resumo das análises de regressão não-linear, para os modelos Logístico (Log) e Gompertz (Gomp), dados de urédias/cm² da ferrugem da soja na safra 2010/2011. Passo Fundo-RS, 2011

Cultivares	Época I						Época II					
	Modelos	<i>b1</i>	<i>b2</i>	<i>r</i>	<i>R</i> ²	(Y-y) ² /n	<i>b1</i>	<i>b2</i>	<i>r</i>	<i>R</i> ²	(Y-y) ² /n	
BRS GO 7560	Log	10,0	133,7	0,31	0,99	0,003	34,0	52,7	0,12	0,99	0,0032	
	Gomp	12,0	11,12	0,17	0,98	0,009	724	7,17	0,02	0,99	0,0033	
BRS 246 RR	Log	30,0	60,38	0,21	0,99	0,018	20,0	25,2	0,17	0,99	0,0075	
	Gomp	50,0	5,52	0,08	0,99	0,019	35,0	4,09	0,06	0,98	0,0078	

* **Alfa= b1** é a assíntota máxima estimada pelo modelo,

* **Beta= b2** é a constante de integração igual a 1-yo (inóculo inicial),

* **Gama= r** representa a taxa de progresso da doença,

* **(Y-y)²/n** = Relação entre intensidade da doença real (Y) e intensidade da doença prevista(y).

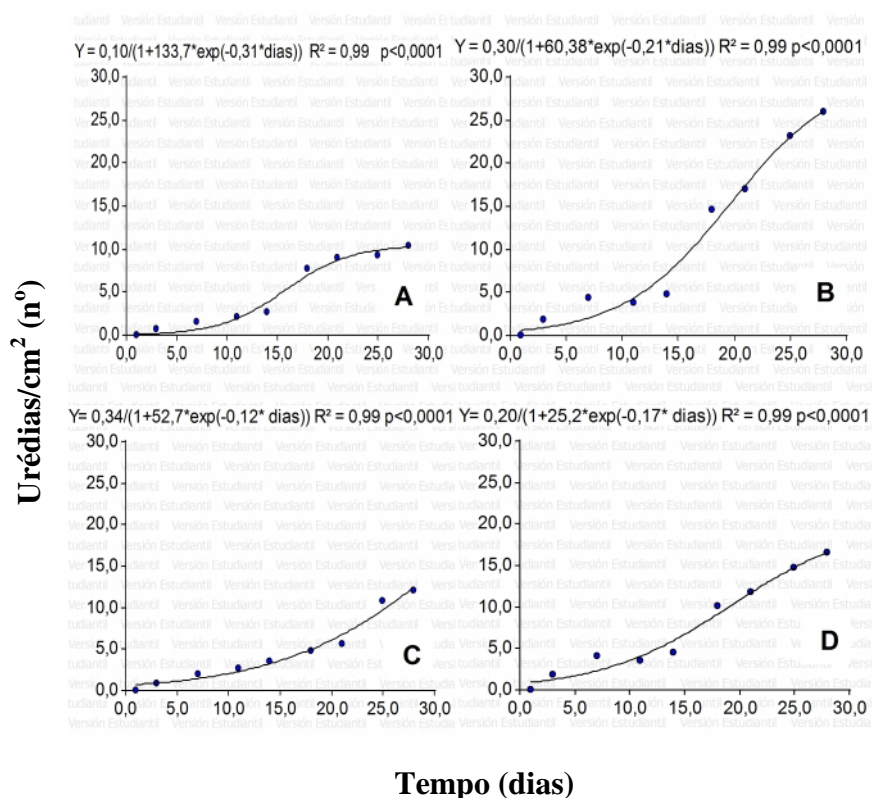


Figura 16. Curva de progresso do número de urédias/cm² da ferrugem asiática da soja, nos cultivares BRS GO 7560 primeira (A) e segunda época (C) e BRS 246 RR, primeira (B) e segunda época (D), representada pelo modelo Logístico, safra 2010/2011. Passo Fundo-RS 2011.

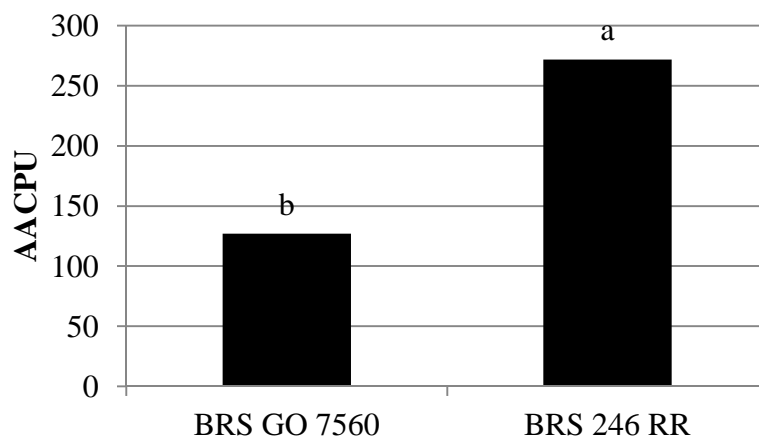


Figura 17. Área abaixo da curva do progresso do número de urédias/cm² (AACPU) da ferrugem asiática da soja dos cultivares BRS GO 7560 e BRS 246 RR, primeira época, safra 2010/2011. CV=15,0 %. Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem pelo teste de Tukey a 5,0%.

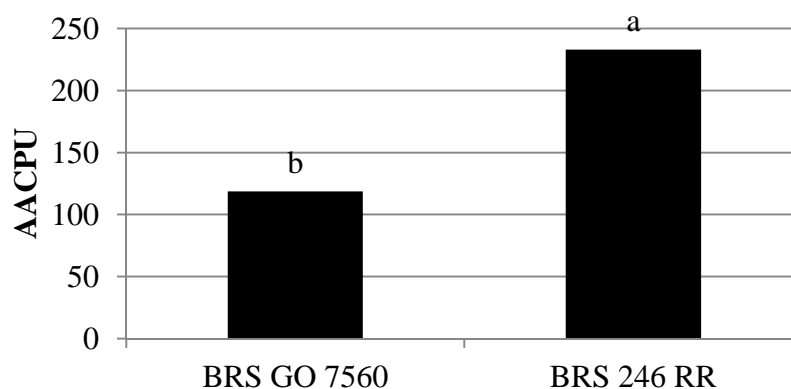


Figura 18. Área abaixo da curva do progresso do número de urédias/cm² (AACPU) da ferrugem asiática da soja dos cultivares BRS GO 7560 e BRS 246 RR, segunda época, safra 2010/2011. CV=10,5 %. Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem pelo teste de Tukey a 5,0%.

Na safra 2009/2010 o número de urédias/lesões nos cultivares da primeira época foi de 1,56 para o BRS GO 7560, e de 2,52 para o BRS 246 RR. Na segunda época o cultivar BRS GO 7560 apresentou 3,2 urédias/lesão e o cultivar BRS 246 RR 4,8 urédias/lesão.

Na safra 2010/2011 o número de urédias/lesões nos cultivares da primeira época foi de 1,92 para o cultivar BRS GO 7560, e de 2,57 para o cultivar BRS 246 RR. Na segunda época o cultivar BRS GO 7560 apresentou 2,23 urédias/lesão e o cultivar BRS 246 RR 2,05 urédias/lesão.

4 DISCUSSÃO

Os dados de precipitação pluvial e temperatura média do ar ocorridos nas duas safras (Tabela 1) demonstram que as condições foram favoráveis para o desenvolvimento da doença. Sinclair & Backman (1989), citam que o intervalo de temperatura ótima para a infecção ocorre entre 20 a 25 °C. Nessas condições, havendo disponibilidade de água livre sobre a superfície da planta, a infecção ocorre no período de 6 horas após a deposição do esporo, e quanto maior for a duração do molhamento foliar, maior será as chances de sucesso no estabelecimento da infecção. Ainda em relação a temperatura, Bromfield et al. (1980) reporta que períodos contínuos de molhamento foliar acima de 6 h, por chuva ou orvalho, e temperaturas diárias variando de 15 °C a 30 °C, favorecem o

desenvolvimento da ferrugem asiática da soja. Sendo a temperatura responsável pela velocidade de regulação dos processos biológicos envolvidos principalmente no processo de infecção.

O cultivar BRS GO 7560 pertence ao grupo de maturação (GM) 7.5 e o cultivar BRS 246 RR pertence ao GM 7.2, essa diferença nos GM, ocasionou uma diferença nos ciclos dos dois cultivares, ou seja, o cultivar suscetível teve ciclo menor.

Na safra 2010/2011 na semeadura da primeira época ocorreu um déficit pluvial no mês de novembro. A precipitação no mês foi de 60 mm e temperaturas médias de 27 °C (Embrapa Trigo) o que atrasou a emergência das plântulas, resultando no estabelecimento junto com as da segunda época. Conseqüentemente as parcelas apresentavam plantas de diferentes estádios fenológicos do mesmo cultivar e na mesma época de semeadura.

Isso pode ter levado a uma variação entre as taxas de progresso da doença, tanto para número de lesões/cm² como para número de urédias/cm². Os valores das assíntotas (b_1) também variaram (Tabela 5, 6, 7 e 8). Por isso um dos parâmetros para diferenciar uma cultivar da outra independente da época de semeadura, pode ser os valores das assíntotas.

Segundo Martins (2010), as assíntotas seriam indicadas para comparar os dois cultivares devido a variação das taxas de progresso da doença. Na pesquisa foi desenvolvido o

estudo baseado nos valores da taxa de progresso devido a falta de informações das cultivares testadas, especialmente a cultivar BRS GO 7560 resistente a ferrugem e principalmente pelos valores da assíntota devido a sua variação (b_1).

A IF quantificada pelo número folíolos, que apresentavam pelo menos uma urédia aberta, com esporos visíveis, dividido pelo número total de folíolos não foi um método adequado para diferenciar as duas cultivares, pois não levou em consideração a severidade da doença.

Utilizando o modelo Logístico na safra 2005/2006, em Passo Fundo (Reis et al., 2006b) avaliaram o desenvolvimento epidemiológico da ferrugem asiática da soja, pela IF. No trabalho o início da epidemia foi no estágio R4 e alcançou 100,0 % de IF no estágio R5.4, 22 dias após a primeira constatação, na época a taxa de progresso da incidência foi de 0,326 unidades/dia em cultivares suscetíveis a doença.

Polizel et al. (2010), avaliando resistência parcial de 111 genótipos de soja quanto a FAS sob inoculação artificial, demonstraram uma diferença entre os valores da AACPD, dividindo os materiais em 3 grupos. As médias de AACPD variaram de 285,7 a 1.675,5 onde os genótipos suscetíveis apresentaram os maiores valores médios de área abaixo da curva de progresso da severidade (AACPS) e os menores valores foram dos genótipos com resistência parcial a ferrugem asiática da soja. Balardin et al. (2005) detectaram a presença de resistência parcial em cultivares de soja à *P. pachyrhizi*

considerando a variação na taxa de progresso da doença entre diferentes cultivares de soja.

Segundo Bergamin Filho (2006) o mais adequada para quantificar a resistência dos cultivares de soja à ferrugem asiática, é o número de urédias/lesão. Em geral o número de urédias/lesão foi maior no cultivar BRS 246 RR, quando comparado com o número de urédias/lesão na cultivar BRS GO 7560.

Trabalhos desenvolvidos em casa de vegetação para verificar a presença de resistência parcial em cultivares à FAS demonstraram variação da taxa de progresso da doença entre as cultivares. Foi observado uma variação na reação dos mesmos em relação ao patógeno quando inoculadas em diferentes estádios fenológicos. De modo geral os cultivares apresentaram menor reação ao patógeno quando inoculadas entre os estádios V4 e V5. A taxa de progresso da doença quando as plantas foram inoculadas no estágio V1 variou de 0,29 a 1,16 unidades/dia, em V4 de 0,19 a 0,90 unidades/dia e em R1 de 0,52 a 0,90 unidades/dia (BALARDIN et al., 2005).

As taxas de progresso variaram entre todos os experimentos independente da cultivar e época de 0,110 a 0,320 unidades ao dia. Resultados estes próximos aos encontrados nos Estados Unidos por Kim et al. (2005) onde variaram de 0,1 a 0,2 unidades/dia, mas diferentes de Blum et al. (2004) e Garcés (2010) que relataram taxa de 0,098 e 0,043 unidades/dia respectivamente.

Os valores encontrados na assíntota (b_1) comprovam que houve diferença entre o cultivar resistente (BRS GO 7560) e o suscetível (BRS 246 RR).

5 CONCLUSÃO

Existe diferença entre número de lesões/cm² e urédias/cm² da ferrugem asiática da soja ao comparar cultivares com reação contrastante.

A cultivar resistente a ferrugem asiática da soja confirmou sua resistência ao comparar número de lesões e urédias com o cultivar suscetível.

Os modelos de progresso da doença Gompertz e Logístico podem ser utilizados na quantificação temporal da ferrugem asiática da soja.

A incidência não foi um bom método fitopatométrico para diferenciar as cultivares.

CAPÍTULO II

RELAÇÃO ENTRE GRUPOS DE MATURAÇÃO COM O PROGRESSO DA FERRUGEM ASIÁTICA DA SOJA

**ANDERSON LUIZ DURANTE DANELLI¹ E ERLEI
MELO REIS²**

RESUMO – O objetivo deste trabalho foi determinar a relação entre grupos de maturação da soja com a ocorrência da ferrugem, em duas épocas de semeadura. O trabalho foi conduzido no campo no município de Passo Fundo, RS, nas safras 2009/2010 e 2010/2011. Os grupos de maturação utilizadas em 2009/2010 foram 4.9 (A 4910 RG), 5.8 (A 6001 RG) e 7.2 (A 8000 RG) e em 2010/2011 5.3 (A 4725 RG), 6.4 (FPS Netuno RR) e 7.2 (BRS 246 RR). O delineamento experimental foi de blocos ao acaso com parcelas subdivididas com quatro repetições, sendo avaliado a incidência da doença em folíolos. Os dados foram submetidos a análise de regressão não-linear, testando os modelos de progresso temporal: Logístico e Gompertz. Posteriormente foram integralizados na área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD). Nos grupos de maturação menores, com os cultivares semiprecoce e precoce, o progresso da doença foi mais rápido do que os

¹ Engenheiro agrônomo, mestrando do Programa de Pós-graduação em Agronomia (PPGAgro) da FAMV/UPF, Área de Concentração Fitopatologia.

² Orientador, Eng. Agr., Dr., professor da FAMV/PPGAgro/UPF - erleireis@upf.com.br.

grupos de maturação maiores com os cultivares médios e tardios. Em cultivares com hábito de crescimento indeterminado, o progresso da doença foi mais lento e, em cultivares de hábito de crescimento determinado, foi mais rápido.

Palavras-chave: *Phakopsora pachyrhizi*, soja, taxa de progresso, *Glycine max*.

RELATIONSHIP BETWEEN SOYBEAN MATURATY GROUPS TO THE ASIAN SOYBEAN RUST PROGRESS

**ANDERSON LUIZ DURANTE DANELLI AND ERLEI
MELO REIS**

ABSTRACT - The objective of this work was to determine the relationship between maturity groups with the occurrence of soybean asian rust in two sowing dates. The field experiment was carried out in Passo Fundo, in 2009/2010 and 2010/2011 growing seasons. The maturity groups used in 2009/2010 were 4.9 (A 4910 RG), 5.8 (A 6001 RG) and 7.2 (A 8000 RG) and in 2010/2011 5.3 (A 4725 RG), 6.4 (FPS Neptune RR) and 7.2 (BRS 246 RR). The experimental design was a randomized blocks with split plots and four replication. The rust leaflet incidence data were analyzed using nonlinear regression, testing the models of temporal progress: Logistic and Gompertz.

Subsequently were integrated as the area under the disease progress curve (AUDPC). In lower maturity groups semiearly and early cultivars disease progression was faster than in the largest middle and late maturity groups cultivars. In cultivars with indeterminate growth habit, disease progress was the slowest and in determinate growth habit cultivar was the fastest.

Keywords: *Phakopsora pachyrhizi*, soybean, *Glycine max*, rust progress, epidemics.

1 INTRODUÇÃO

A soja [*Glycine max.* (L.) Merr.] é uma das principais espécies vegetais cultivadas no Brasil, tendo sua importância relacionada com a produção de grãos de alto teor de proteínas e de óleo.

Nas últimas cinco décadas, a soja tem apresentado uma taxa de crescimento superior a do crescimento populacional, ocupando papel fundamental na alimentação humana e animal nos cinco continentes (CARRARO, 2003).

Na safra 2010/2011 foi estimado que o Brasil produziu 75 milhões de toneladas, com uma produtividade de 3.000 kg/ha, em uma área cultivada de aproximadamente 24 milhões de hectares (CONAB, 2011).

Na safra 2001 foi identificada pela primeira vez a ferrugem asiática da soja (FAS) no Brasil (YORINORI, 2005). No ano seguinte estava disseminada em 60 % das áreas de cultivo do país, e em 2003 essa porcentagem subiu para 90 %. As perdas no primeiro ano de constatação da ferrugem da soja totalizaram 125 milhões de dólares, na safra seguinte 2002/2003, saltaram para mais de 1 bilhão e para mais de 2 bilhões na safra 2003/2004 (YORINORI, 2005 apud BERGAMIN FILHO, 2006).

A moléstia é causada pelo fungo *Phakopsora pachyrhizi* Sydow. que além da redução no rendimento de grãos, também reduz o teor de proteína no grão (OGLE et al., 1979).

Embora as plantas possam ser infectadas em todas as fases de desenvolvimento, desde a fase cotiledonar à pré-maturação, a evolução da doença é mais lenta em cultivares de ciclo tardio do que em cultivares precoces. Entretanto, a severidade em plantas de diferentes ciclos pode ser igual em um mesmo estágio, quando cultivadas em um mesmo ambiente (YORINORI, 2005).

Na maioria dos casos descritos até hoje, as ocorrências mais precoces e severas da ferrugem asiática da soja (FAS) tem coincidido com a existência de fontes de inóculo próximas as áreas cultivadas. No Brasil, foram registradas ocorrências da doença aos 30 dias após a semeadura, no município de Primavera do Leste, MT, em novembro de 2004. No Paraguai, em lavouras próximas a áreas de kúdzu, com a soja no estágio V2, foi observado infecções nos unifoliolados e no primeiro trifólio (YORINORI, 2005).

Além da classificação dos cultivares através dos ciclos, muitas pesquisadores e empresas passaram a adotar a classificação através do grupo de maturação como uma forma de diferenciar as cultivares adaptadas em faixas de latitudes, sendo incorporado o grupo de maturação ao nome das cultivares (ALLIPRANDINI et al., 2009).

Este trabalho teve como objetivo determinar a relação entre grupo de maturação com o progresso da FAS, em duas safras e duas épocas de semeadura, determinando suas curvas de progresso.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram realizados no campo experimental da Universidade de Passo Fundo-UPF nas safras 2009/2010 e 2010/2011, e as avaliações foram feitas no Laboratório de Fitopatologia/Micologia.

Nos experimentos foram utilizados seis cultivares em duas safras. Na safra 2009/2010 as cultivares utilizadas foram A 4910 RG, A 6001 RG e A 8000 RG e em 2010/2011 as cultivares utilizadas foram A 4725 RG, FPS Netuno RR e BRS 246 RR. A doença foi avaliada em duas épocas de semeadura e em cada ano do experimento. Nas safras 2009/2010 e 2010/2011, a primeira semeadura ocorreu no dia 18 de novembro, e a segunda, no dia 1 de dezembro (Tabela 1).

As sementes foram tratadas com carbenazim + tiram (Derosal plus) 200 mL/100 kg de sementes e fipronil + tiofanato metílico + piraclostrobina (Standak top) 200 mL/100 kg de sementes.

O experimento foi implantado em uma área de sucessão de culturas, sobre restos culturais de trigo. A fórmula utilizada para a adubação foi 05-20-20, (N-P₂O₅-K₂O), totalizando 300 kg/ha.

Para o controle de plantas daninhas foi feito duas aplicações de herbicida glifosato na dose de 2,5 L/ha nos estádios vegetativos V3 (terceiro nó: segundo trifólio aberto) e V8 (oitavo nó: sétimo trifólio aberto). Para o controle de insetos

e lagartas, foi utilizado o tiametoxana + lambda-cialotrina (Engeo Pleno) na dose de 0,25 L/ha, uma aplicação realizada no estágio reprodutivo R1 (início da floração: até 50 % das plantas com um flor) e a outra no estágio R5 (início da formação de grãos) (RITCHIE et al., 1982).

Tabela 1. Obtentor, safras, épocas de semeadura, tipo de crescimento, grupo de maturação e ciclo dos cultivares semeados na área experimental da Universidade de Passo Fundo. Passo Fundo-RS, safra 2009/2010 e 2010/2011

Cultivar ^b	Obtentor	Safra/época	Tipo de crescimento	Grupo de maturação	Ciclo
A 4910 RG	Nidera	1° e 2° 2009/10	Indeterminado	4.9	Superprecoce
A 6001 RG	Nidera	1° e 2° 2009/10	Determinado	5.8	Superprecoce
A 8000 RG	Nidera	1° e 2° 2009/10	Determinado	7.2	Médio
A 4725 RG	Nidera	1° e 2° 2010/11	Indeterminado	4.7	Superprecoce
FPS Netuno RR	Brasmax (Fundação Pró-sementes)	1° e 2° 2010/11	Indeterminado	6.4	Precoce
BRS 246 RR	Embrapa	1° e 2° 2010/11	Determinado	7.2	Médio

As unidades experimentais constaram de parcelas com oito metros de comprimento e sete linhas espaçadas em 0,45 m. O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso com quatro repetições, sendo a parcela as épocas de semeadura, e a subparcela as cultivares totalizando 24 parcelas.

As avaliações foram iniciadas no dia 03 de janeiro de cada safra, sendo posteriormente feitas a cada sete dias. Foram coletadas cinco plantas e levadas ao laboratório, e removidos os trifólios inseridos na haste principal.

Para avaliar a incidência da doença, foi quantificado o número total de folíolos (NTF) separando aqueles que apresentavam pelo menos uma urédia aberta, com esporos visíveis (NTD), e então calculada a incidência foliolar $IF = ((NTD/NTF) \times 100)$.

Os dados de IF, foram submetidos a análise de variação dos erros, após atendidas as exigências de normalidade os mesmos foram submetidos a análise de regressão não-linear, testando os modelos de progresso temporal: Logístico ($Y = \frac{\text{alfa}}{1 + \text{beta} \cdot \exp(-\text{gamma} \cdot \text{tempo})}$) e Gompertz ($Y = \text{alfa} \cdot \exp(-\text{beta} \cdot \exp(-\text{gamma} \cdot \text{tempo}))$) (CAMPBELL & MADDEN, 1990), sendo utilizado o programa estatístico INFOSTAT 1.0. Onde: Y representa a incidência da doença, $b1$ significa a assíntota máxima estimada pelo modelo, $b2$ é a constante de integração igual a 1-yo (y = inóculo inicial), r representa a taxa de progresso da doença e t o tempo.

Através dos modelos matemáticos Logístico e Gompertz estimou-se os valores de R^2 , quadrado médio dos desvios e a relação entre os valores de incidência real (Y) e valores de incidência previsto (y). Através dos modelos matemáticos testados o modelo que permitiu o melhor ajuste dos dados (Tabela 5 e 6) foi o Logístico, seguido de Gompertz e Monomolecular. Selecionou-se o modelo Logístico para representar as curvas de progresso da ferrugem asiática da soja.

Posteriormente os dados foram integralizados na área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD), pela fórmula, $y = (x_1 + x_2) / 2 * (t_2 - t_1)$, onde x representa a incidência foliolar (AACPI), e t representa o intervalo de tempo entre as avaliações, (CAMPBELL & MADDEN, 1990). Os dados foram submetidos à análise de variância, e posterior comparação de médias pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

3 RESULTADOS

Na safra 2009/2010, a ferrugem foi detectada em 22/01/2010. Neste dia o cultivar A 4910 RG encontrava-se no estágio R4 (maioria das vagens do terço superior com 2 a 4 cm) e a IF foi de 1. Na segunda época estava no estágio fenológico R3 (final da floração: vagens com até 1,5 cm), e com 5 % de IF (Tabela 2). O cultivar A 6001 RG estava no estágio fenológico R3, nas duas épocas de semeadura (Tabela 2), sendo que na primeira época a IF foi de 7 % e na segunda época foi de 1 %.

No cultivar A 8000 RG, a ferrugem foi detectada na primeira época em R2 (floração plena: maioria dos racemos com flores abertas) com 1 % de IF, e na segunda época em R1 (início da floração: até 50 % das plantas com uma flor) com 1,6 % de IF (Tabela 2).

Na safra 2010/2011, a ferrugem foi detectada em 25/01/2010. Neste dia o cultivar A 4725 RG, na primeira época encontrava-se no estágio fenológico R3 com 10 % de IF, e na segunda época no estágio fenológico R2, com 3,3 % de IF (Tabela 2). O cultivar FPS Netuno RR estava no estágio fenológico R1 nas duas épocas de semeadura, com 3,7 % de IF na primeira época e 6 % na segunda. O cultivar BRS 246 RR na primeira época estava no estágio fenológico R1 com 2,7 % de IF, e na segunda época em estágio fenológico V10 (décimo nó com trifólio aberto: antes do início da floração) com 1,4 % de IF (Tabela 2).

Tabela 2. Estádios fenológicos e incidência de cultivares de soja, em duas épocas de semeadura no momento da ocorrência da ferrugem em 22/01/2010, na safra 2009/2010 e 25/01/2011 na safra 2010/2011. Passo Fundo-RS, 2011

Safra	Épocas e data semeadura	Cultivares	Estádios Fenológicos	Incidência (%)
2009/2010	1º 18/11/2009	A 4910 RG	R4	1,0
	1º 18/11/2009	A 6001 RG	R3	7,0
	1º 18/11/2009	A 8000 RG	R2	1,0
	2º 01/12/2009	A 4910 RG	R3	5,0
	2º 01/12/2009	A 6001 RG	R3	1,0
	2º 01/12/2009	A 8000 RG	R1	1,6
2010/2011	1º 18/11/2010	A 4725 RG	R3	10,0
	1º 18/11/2010	FPS Netuno RR	R1	3,7
	1º 18/11/2010	BRS 246 RR	R1	2,7
	2º 01/12/2010	A 4725 RG	R2	3,3
	2º 01/12/2010	FPS Netuno RR	R1	6,0
	2º 01/12/2010	BRS 246 RR	V10	1,4

Durante o mês de janeiro de 2010 a precipitação pluvial acumulada, foi de 126,5 mm, com uma temperatura média do ar de 22,6 °C, (Tabela 3). Em janeiro de 2011 a precipitação pluvial foi de 150 mm e a temperatura média do ar foi de 23 °C (Tabela 3). Durante o desenvolvimento da cultura nas safras 2009/2010 e 2010/2011, a temperatura e a precipitação pluvial foram favoráveis ao desenvolvimento tanto

da cultura quanto do fungo *P. pachyrhizi*. Na safra 2009/2010, de dezembro a março, a temperatura média foi de 22,6 °C, e precipitação pluvial acumulada de 345 mm (Tabela 3). Na safra 2010/2011, de dezembro a março a temperatura média foi de 22,2 °C e precipitação pluvial acumulada de 502 mm (Tabela 3).

Tabela 3. Precipitação pluvial (mm) e temperatura média do ar (°C) em Passo Fundo- RS, nas safras 2009/2010 e 2010/2011. Fonte: modificado de Embrapa Trigo

Mês	Safra	Precipitação (mm)	Temperatura média (°C)
Dezembro	2009/2010	114,8	22,6
Janeiro	2009/2010	126,5	22,3
Fevereiro	2009/2010	103,6	23,1
Soma/Média	-	345,0	22,6
Dezembro	2010/2011	151,4	21,7
Janeiro	2010/2011	150,4	23,0
Fevereiro	2010/2011	200,2	21,8
Soma/Média	-	502,0	22,2

Na análise das AACPI a interação foi significativa entre os cultivares e épocas de semeadura, na safra 2009/2010 e na safra 2010/2011, demonstrando que os fatores estão relacionados. Os maiores valores da AACPI, na safra 2009/2010 ocorreram no cultivar A 4910 RG, tanto na primeira (2.594,5) como na segunda época, (2.887,7), (Tabela 4). No cultivar A 6001 RG detectou-se valores intermediários de AACPI, a menor

média foi encontrada na primeira época, (2.124,5) e a maior média na segunda época, (2.479) (Tabela 4). As menores médias de AACPI foram encontradas no cultivar A 8000 RG, tanto na primeira época (1.936), como na segunda época (1849,5), não havendo diferença estatística entre os dois (Tabela 4).

Tabela 4. Área abaixo da curva de progresso da incidência foliolar (AACPI), nos cultivares A 4910 RG, A 6001 RG e A 8000 RG, em duas épocas de semeadura, na safra 2009/2010. Passo Fundo-RS, 2011

Épocas de semeadura	A 4910 RG	A 6001 RG	A 8000 RG	Média
18/11/2009	2.594,5 b	2.124,5 b	1.936,0 a	2.218,4 b
01/12/2009	2.887,7 a	2.479,0 a	1.849,5 a	2.405,5 a
Média	A 2.741,1	B 2.301,07	C 1.892,7	
CV(%) Parcela	4,0			
CV Sub-Parcela	5,0			

^zMédias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não apresentam diferença significativa pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

^yMédias seguidas de mesma letra maiúscula na linha não apresentam diferença significativa pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

Na safra 2010/2011, o cultivar A 4725 RG e o cultivar BRS 246 RR apresentaram os maiores valores de AACPI, sendo que o cultivar A 4725 RG na primeira época apresentou o menor valor (1.682,5) e o maior valor foi encontrado na segunda época (2.101,1). Já o cultivar BRS 246 RR, apresentou na primeira época o menor valor de AACPI (1.696,3) e na segunda época de semeadura, o maior valor (2.053,4) O cultivar FPS Netuno RR apresentou os menores valores de AACPI, a primeira época apresentou o menor valor

(1193,8) e a segunda época apresentou o maior valor (1.558,9). (Tabela 5).

Tabela 5. Área abaixo da curva de progresso da incidência foliolar (AACPI), nos cultivares A 4725 RG, FPS Netuno RR e BRS 246 RR em duas épocas de semeadura na safra 2010/2011. Passo Fundo-RS, 2011

Épocas de semeadura	A 4725 RG	FPS Netuno RR	BRS 246 RR	Média
18/11/2009	1.682,5 b	1.193,8 b	1.696,3 b	1.524,2 b
01/12/2009	2.101,1 a	1.558,9 a	2.053,4 a	1.904,5 a
Média	A 1.892,0	B 1.376,3	A 1.874,8	
CV(%) Parcela	3,0			
CV Sub-Parcela	4,0			

^zMédias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não apresentam diferença significativa pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

^yMédias seguidas de mesma letra maiúscula na linha não apresentam diferença significativa pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

Na safra 2009/2010, os valores da taxa de progresso da incidência no cultivar A 4910 RG (Tabela 6) na primeira época de semeadura foi de 0,180 unidades/dia, e na segunda época apresentou um valor de 0,320 unidades/dia.

O cultivar A 6001 RG (Tabela 6) apresentou 0,160 unidades/dia de taxa de progresso na primeira época e 0,230 unidades/dia na segunda época. O cultivar A 8000 RG (Tabela 6) apresentou na primeira época apresentou 0,130 unidades/dia de taxa de progresso e na segunda época 0,110 unidades/dia.

Na primeira época a curva de progresso do cultivar A 4910 RG, apresentou 100 % de IF no estágio R6 (maioria das vagens com 100 % de granação e folhas verdes) (Figura 1A).

No cultivar A 6001 RG 100 % de IF foi observado no estágio R5.5 (maioria das vagens entre 75 % e 100 % de granação) (Figura 1B), e no cultivar de A 8000 RG 100 % no estágio R6 (Figura 1C).

Na segunda época, o cultivar A 4910 RG atingiu 100% de IF no estágio R5.4 (maioria das vagens entre 50 % e 75 % de granação) (Figura 1D). O cultivar A 6001 RG atingiu 100 % no estágio R5.5, (Figura 1E). E o cultivar A 8000 RG atingiu 100 % de IF no estágio R5.4 (Figura 1F).

Tabela 6. Resumo das análises de regressão não-linear, para os modelos Logístico (Log), Gompertz (Gomp) dados de incidência foliolar da ferrugem da soja na safra 2009/2010 nos diferentes cultivares e épocas de semeadura. Passo Fundo-RS, 2011

Cultivares	Grupo de maturação	Modelos	Época I					Época II				
			Parâmetros									
			<i>b1</i>	<i>b2</i>	<i>r</i>	<i>R</i> ²	QMR	<i>b1</i>	<i>b2</i>	<i>r</i>	<i>R</i> ²	QMR
A 4910 RG	4.9	Log	1	16,35	0,18	0,93	0,01	1	3745,1	0,32	0,99	0,01
		Gomp	1	4,07	0,08	0,90	0,01	1	208,7	0,29	0,99	0,01
A 6001 RG	5.8	Log	1	20,3	0,16	0,94	0,01	1	43,24	0,23	0,96	0,003
		Gomp	1	4,47	0,07	0,92	0,01	1	7,99	0,15	0,95	0,003
A 8000 RG	7.2	Log	1	343,5	0,13	0,98	0,005	1	41,59	0,11	0,96	0,001
		Gomp	1	72,66	0,14	0,99	0,01	1	8,15	0,08	0,95	0,002

- * **Alfa= b1** é a assíntota máxima estimada pelo modelo,
- * **Beta= b2** é a constante de integração igual a 1-yo (inóculo inicial),
- * **Gama= r** representa a taxa de progresso da doença,
- * **QMR**= quadrado médio dos desvios

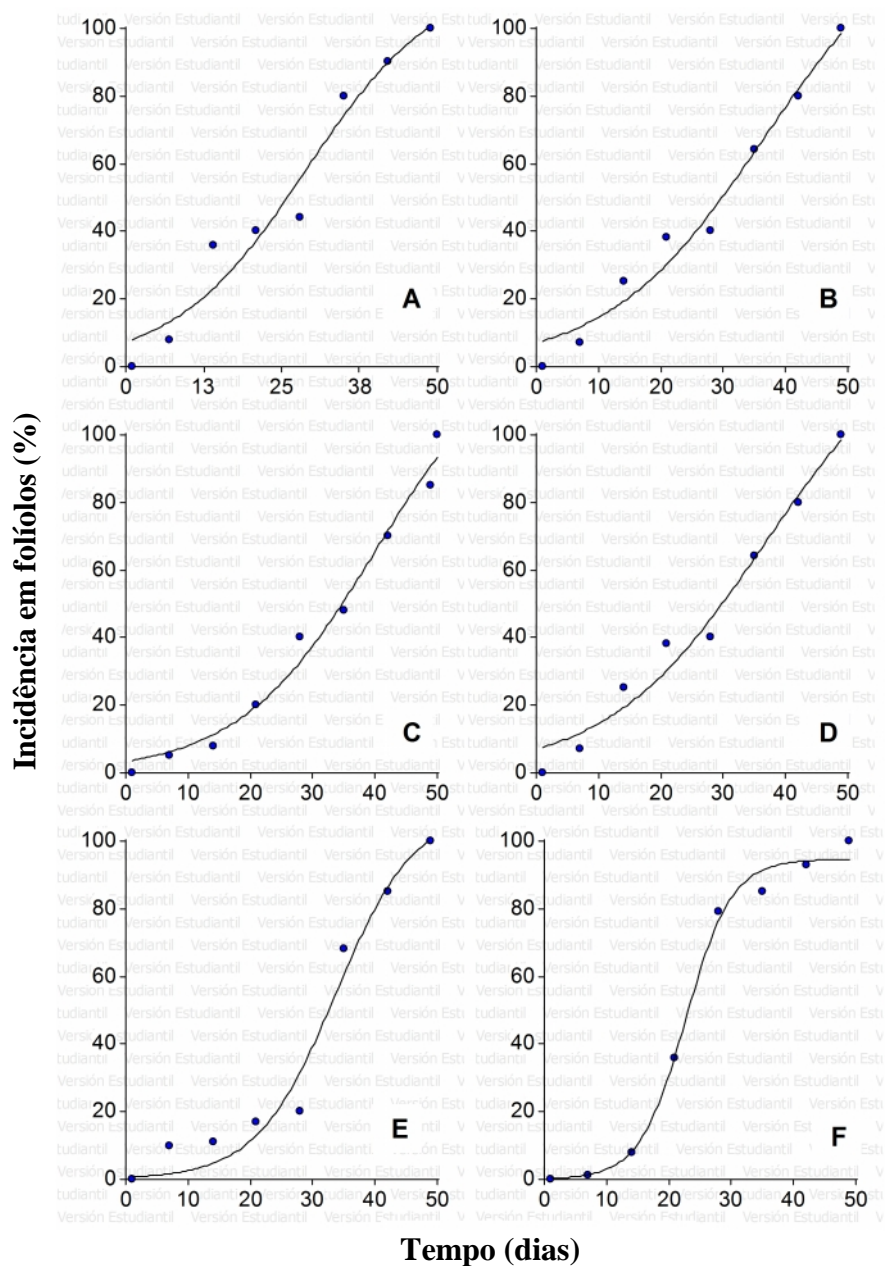


Figura 1. Curvas de progresso da incidência foliar da ferrugem asiática da soja, nos cultivares A 4910 RG primeira (A) e segunda época (D), A 6001 RG, primeira (B) e segunda época (E) A 8001 RG primeira (C) e segunda época (F) e representada pelo modelo Logístico, safra 2010/2011. Passo Fundo-RS 2011.

Na safra 2010/2011, os valores da taxa de progresso da incidência no cultivar A 4725 RG (Tabela 7) na primeira época foi de 0,290 unidades ao dia, e na segunda época de 0,230 unidades ao dia.

O FPS Netuno RR, (Tabela 7) na primeira época apresentou 0,220 unidades ao dia, e na segunda época 0,140 unidades ao dia. O cultivar BRS 246 RR, (Tabela 7) apresentou 0,270 unidades ao dia na primeira época e 0,150 unidades na segunda época.

O cultivar A 4725 RG na primeira época apresentou 100 % de IF no estágio R5.4 (Figura 2A). O cultivar FPS Netuno RR atingiu 100 % de IF no estágio R5. 5 (Figura 2B), e no cultivar de ciclo tardio 100 % no estágio R5.4 (Figura 2C).

O cultivar A 4725 RG atingiu 100 % de IF no estágio R5.5 na segunda época de semeadura (Figura 2D). O cultivar FPS Netuno RR atingiu 100 % no estágio R5.3 (Figura 2E). E o cultivar BRS 246 RR atingiu 100 % de IF no estágio R5. 5 (Figura 2F).

Tabela 7. Resumo das análises de regressão não-linear, para os modelos Logístico (Log), Gompertz (Gomp) dados de incidência foliar da ferrugem da soja na safra 2010/2011 nos diferentes cultivares e épocas de semeadura. Passo Fundo-RS, 2011

Cultivares	Grupo de maturação	Modelos	Época I					Época II				
			Parâmetros									
			<i>b1</i>	<i>b2</i>	<i>r</i>	<i>R</i> ²	QMR	<i>b1</i>	<i>b2</i>	<i>r</i>	<i>R</i> ²	QMR
A 4725 RG	4.7	Log	1	1374,1	0,29	0,99	0,003	1	498,47	0,23	0,98	0,002
		Gomp	1	150,65	0,20	0,99	0,004	1	57,01	0,17	0,98	0,001
FPS Netuno RR	6.4	Log	1	391,0	0,22	0,98	0,004	1	172,0	0,14	0,98	0,001
		Gomp	1	54,8	0,16	0,98	0,004	1	29,21	0,13	0,98	0,002
BRS 246 RR	7.2	Log	1	127,1	0,27	0,97	0,001	1	126,1	0,15	0,97	0,001
		Gomp	1	29,09	0,23	0,98	0,003	1	18,67	0,11	0,97	0,003

- * **Alfa= b1** é a assíntota máxima estimada pelo modelo,
- * **Beta= b2** é a constante de integração igual a 1-yo (inóculo inicial),
- * **Gama= r** representa a taxa de progresso da doença,
- * **QMR=** quadrado médio dos desvios.

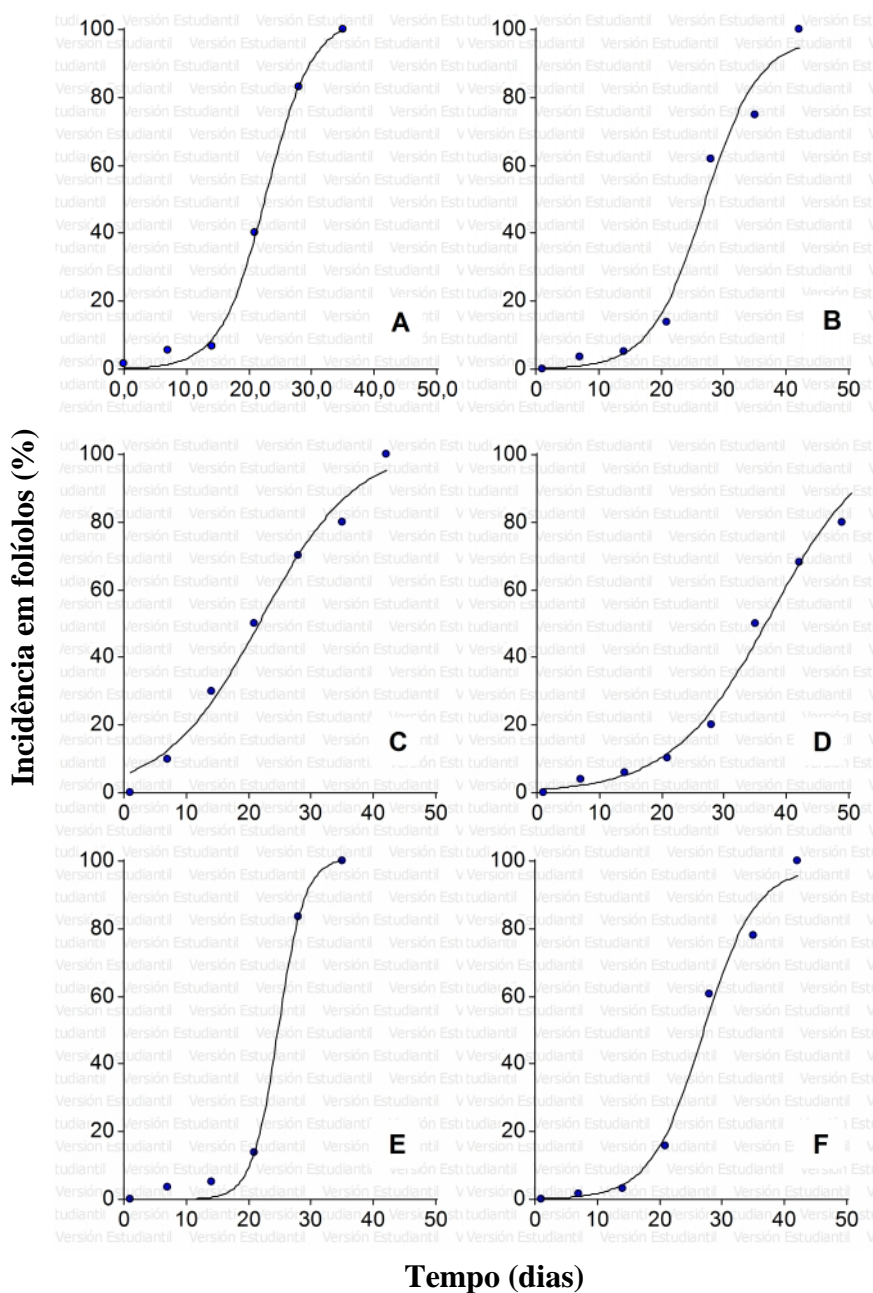


Figura 2. Curva de progresso da incidência foliolar da ferrugem asiática da soja, nos cultivares A 4725 RG primeira (A) e segunda época (D), FPS Netuno RR, primeira (B) e segunda época (E) BRS 246 RR primeira (C) e segunda época (F) e representada pelo modelo Logístico, safra 2010/2011. Passo Fundo-RS 2011.

4 DISCUSSÃO

A interação da combinação temperatura-molhamento determina o sucesso ou não do processo infeccioso da doença, no qual a temperatura atua como agente moderador/amplificador nessa combinação (PEREIRA et al., 2002). Sinclair e Backman (1989) citam que o intervalo de temperatura ótima para a infecção ocorre entre 20 a 25 °C. Nessas condições, havendo disponibilidade de água livre sobre a superfície da planta, a infecção ocorre no período de 6 horas após a deposição do esporo. Os dados de precipitação pluvial e de temperatura durante o desenvolvimento da cultura foram favoráveis para o desenvolvimento da doença (Tabela 3).

Quanto maior for a duração do molhamento foliar, maior será a chance de sucesso no estabelecimento da infecção. A temperatura age como um catalisador, retardando ou acelerando o desenvolvimento dos processos biológicos do ciclo de vida do fungo. No campo, as condições para infecção geralmente são alcançadas com maior frequência à noite e no início da manhã, pois a umidade relativa e o molhamento foliar são maiores durante estes períodos (PIVONI & YANG, 2006).

Segundo a nova classificação adotada no RS e SC, os cultivares são divididos em grupos de maturação. Os cultivares superprecoces são classificados no grupo de maturação (= ou <) 5.8, precoce de 5.9 até 6.4, semiprecoce 6.5

até 6.8, médio de 6.9 a 7.3 e tardio a partir de 7.4 (INDICAÇÕES TÉCNICAS, 2010).

Segundo Yorinori (2002), a emissão de novos trifólios nos cultivares que estão no estágio vegetativo no momento do aparecimento da doença, podem reduzir os valores da IF. Isso se aplica também aos cultivares que estão nos estádios reprodutivos, não produzindo novos trifólios, a IF será maior. Com isso o progresso da doença é mais lento nos cultivares tardios, quando comparado com os cultivares precoces e médios. Sendo que o progresso da doença é mais lento na fase vegetativa atingindo o máximo de doença na fase de enchimento de vagens, pois não há formação de novos trifólios (MOREIRA, 2009). Em estudo para avaliar o desenvolvimento da ferrugem da soja em três cultivares de ciclos distintos em três épocas de semeadura, foram encontrando os maiores valores de área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) e taxa de progresso no cultivar de ciclo precoce (MOREIRA, 2009).

As maiores taxas de progresso das doenças e AACPI foram encontradas nos grupos de maturação 4.7; 4.9; 5.8; 6.4; independente de safra e época estes resultados assemelham-se aos resultados encontrados por Moreira (2009) e Yorinori (2002), pois estes grupos (4.7; 4.9; 5.8; 6.4) agrupam cultivares superprecoces e precoces, cujo a emissão de novos trifólios é reduzida devido aos mesmos estarem em estados reprodutivos produzindo menos trifólios, quando comparados aos cultivares

dos grupos de maturação 7.2 que tem uma maior emissão de novos trifólios. Com isso o progresso da doença pode ser mais lento nos grupos de maturação com os cultivares mais tardios devido a uma maior quantidade de área foliar suscetível, sem a doença, quando comparado com os grupos de maturação com cultivares precoces.

Na safra 2010/2011 o grupo de maturação 7.2 representado pelo cultivar BRS 246 RR, apresentou uma maior taxa de progresso da doença em comparação ao cultivar FPS Netuno RR, que pertence ao grupo de maturação 6.4, isto pode ser explicado devido o cultivar BRS 246 RR ter hábito de crescimento determinado, e o cultivar FPS Netuno RR ter hábito de crescimento indeterminado.

Os cultivares com hábito de crescimento indeterminado apresentam simultaneamente sua fase vegetativa (crescimento) e reprodutiva (florescimento), ou seja, continuam crescendo, adquirindo porte mais elevado, o que permite uma grande amplitude de cultivo. As cultivares com hábito de crescimento determinado apresentam a fase vegetativa distinta da reprodutiva. O hábito de crescimento indeterminado permite manter a duração das etapas reprodutivas, ao adiantar o início das mesmas, com importante sobreposição nas etapas vegetais (florescendo e crescendo), contribuindo com o aumento no crescimento em altura. Algumas cultivares com hábito de crescimento indeterminado podem produzir 6 a 8 nós a mais com folhas, após o florescimento (SEDIYAMA, 2009). O maior

número de folíolos pode ter diluído a doença, ou seja, quanto maior a emissão de novos trifólios menores os valores da IF.

5 CONCLUSÃO

A ocorrência da doença não depende do estágio fenológico, mas concentra-se entre R1 e R3.

Nos grupos de maturação menores, com os cultivares semiprecozes e precoces, o progresso da doença é mais rápido do que os grupos de maturação maiores com os cultivares médios e tardios.

Em cultivares com hábito de crescimento indeterminado o progresso da doença é mais lento e em cultivares de hábito de crescimento determinado o progresso da doença é mais rápido.

CAPÍTULO III

MODELO DE PONTO CRÍTICO PARA ESTIMAR DANOS CAUSADOS PELA FERRUGEM ASIÁTICA DA SOJA

**ANDERSON LUIZ DURANTE DANELLI¹ E ERLEI
MELO REIS²**

RESUMO – O controle químico é uma das principais medidas de controle da ferrugem asiática da soja (FAS). O objetivo do trabalho foi gerar funções de dano FAS pela regressão entre a incidência foliolar (%), número de lesões/cm² e urédias/cm² com o rendimento de grãos para os cultivares BRS GO 7560 e BRS 246 RR em diferentes estádios fenológicos. Os experimentos foram conduzidos nas safras 2009/2010 e 2010/2011, em duas épocas de semeadura, no município de Passo Fundo, RS. O delineamento foi blocos casualizados, com quatro repetições. O gradiente da doença foi gerado por aplicações de fungicida em diferentes estádios da cultura azoxistrobina 60 g i.a./ha + ciproconazol 24 g i.a./ha (Priori Xtra) + 0,5 % do adjuvante Nimbus R5.3, R5. 4 e R5. 5. Os dados de IF de cada intervalo entre aplicações, foram submetidos a análise de regressão não-linear, representado pelo modelo Logístico. Independentemente

¹ Engenheiro agrônomo, mestrando do Programa de Pós-graduação em Agronomia (PPGAgro) da FAMV/UPF, Área de Concentração Fitopatologia.

² Orientador, Eng. Agr., Dr., professor da FAMV/PPGAgro/UPF - erleireis@upf.com.br.

do ano e época de semeadura, o número de lesões/cm² e urédias/cm² nos dois cultivares apresentaram a melhor relação com os danos e os estágios R5. 3 e R5. 4 foram os que mostraram os maiores coeficientes de dano. É possível estimar dano em função da relação entre a intensidade da doença e o rendimento. Os melhores critérios patométricos para desenvolver as equações de dano foram o número de lesões/cm² e urédias/cm², mas são mais trabalhosos para serem executados. O cultivar BRS GO 7560 apesar de considerado resistente, apresentou maiores danos. Aplicações de fungicida após o LDE reduzem a eficiência de controle.

Palavras-chave: ferrugem asiática da soja, dano, limiar de dano econômico

CRITICAL POINT YIELD MODEL TO ESTIMATE DAMAGE CAUSED BY ASIAN SOYBEAN RUST

**ANDERSON LUIZ DURANTE DANELLI AND ERLEI
MELO REIS**

ABSTRACT - Chemical control is a key measure of control of Asian soybean rust (ASR). The objective was to generate the damage functions ASR by regressing the incidence leaflets (%), and number of lesions/cm² uredia/cm² with grain yield for BRS GO 7560 and BRS 246 RR at different growth stages. The

experiments were conducted during the harvest 2009/2010 and 2010/2011, in two sowing dates in the city of Passo Fundo, RS. The design was randomized blocks with four replications. The gradient was generated by the disease fungicide applications at different stages of the culture azoxystrobina 60 g ai / ha cyproconazole + 24 g ai / ha (Priori Xtra) + 0.5% of adjuvant Nimbus R5.3, R5.4 and R5.5. The leaflets incidence data from each range of applications, were analyzed using nonlinear regression represented by logistic model. Regardless of the year and sowing date, the number of lesions/cm² uredia/cm² and in both cultivars showed the best relationship with the damage and stages R5.3 and R 5.4 showed the highest coefficients of the damage. It is possible to estimate damage to the ratio between the intensity of the disease and yield. The best criteria patométricos to develop the equations of damage were the number of lesions/cm² and uredia/cm², but are more cumbersome to run. The BRS GO 7560 though considered resistant, showed greater damage. Applications fungicide after economic damage threshold (EDT) reduce the efficiency of control.

Keywords: Asian soybean rust, damage, economic damage threshold, *Phakopsora pachyrhizi*.

1 INTRODUÇÃO

Na cultura da soja [*Glycine max* (L.) Merrill] ocorrem diversas doenças causadas por fungos, bactérias, vírus e nematóides. Entre elas a ferrugem asiática (FAS) causada pelo fungo *Phakopsora pachyrhizi* Sydow & Sydow destaca-se pela sua ocorrência generalizada e pelos danos causados. No Brasil os danos variam de 30 a 70 % (ZAMBOLIM, 2006).

Neste trabalho os termos dano e perda são usados segundo a definição de Nutter & Jenco (1993). Dano é qualquer redução na qualidade e na quantidade da produção e perda, é a redução financeira por área.

No Rio Grande do Sul/RS, a perda causada pela FAS chegou a US\$ 770 milhões, de 2006/2007 a 2008/2009 (COSTAMILAN & FERREIRA, 2010). Na safra 2009/2010 em levantamento realizado pela Embrapa em 2.449.000 hectares, ou 61,6% da área total de soja do RS, as perdas chegaram a US\$ 227.743.762,00 (COSTAMILAN & FERREIRA, 2010).

A resistência de alguns cultivares não é suficiente para reduzir os danos a nível sub-econômico. Até o presente momento a principal ferramenta para evitar danos econômicos na cultura é o uso de fungicidas aplicados na folhagem da soja. Em muitos casos, a quimioterapia tem sido mal empregada, sem a utilização de critério científico para a primeira aplicação. A pulverização nos órgãos aéreos com fungicidas sem critério técnico e econômico proporcionado pelo modelo convencional de agricultura resulta em aumentos no custo de produção e a

contaminação do agro-ecossistema (NERBASS JUNIOR et al., 2010).

Trabalhos tem sido publicados relacionando os danos causados pelas doenças de plantas com a área foliar sadia e a absorção de radiação solar pela área foliar sadia mostrando que estas variáveis apresentam correlação significativa com o rendimento (WAGGONER & BERGER, 1987; LOPES et al., 1994; BERGAMIN FILHO & AMORIM, 1996). A relação entre a produtividade e a intensidade da doença deve ser estabelecida, a fim de se obter as funções de dano, que auxiliem na tomada de decisão para a aplicação do fungicida. Com esta racionalização se pode reduzir os custos de produção por aplicações desnecessárias.

Funções de dano semelhantes tem sido obtidas em trigo, para a ferrugem da folha e para manchas foliares (INDICAÇÕES TÉCNICAS, 2011; REIS & CASA, 2007), para o oídio (REIS et al., 2002b) cevada e aveia (NERBASS JUNIOR et al., 2010).

Este trabalho teve como objetivo gerar funções de dano para a FAS pela regressão entre a incidência foliolar (%), número de lesões e urédias/cm² com o rendimento de grãos para BRS GO 7560 e BRS 246 RR, quantificar os danos das cultivares, período de proteção e controle do fungicida.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos no campo experimental da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Passo Fundo, em Passo Fundo/RS, em duas épocas de semeadura (Tabela 1) nas safras 2009/2010 e 2010/2011.

Foram utilizados dois cultivares de soja, o BRS GO 7560 resistente (SOUZA et al., 2009) á ferrugem asiática e o BRS 246 RR suscetível (Tabela 1).

Tabela 1. Épocas de semeadura e cultivares de soja semeadas na área experimental da Universidade de Passo Fundo, safra 2009/2010 e safra 2010/2011. Passo Fundo - RS

Safra	Época	Data semeadura	Cultivar
2009/2010	Primeira	26/11/2009	BRS GO 7560 BRS 246 RR
2009/2010	Segunda	16/12/2009	BRS GO 7560 BRS 246 RR
2010/2011	Primeira	12/11/2010	BRS GO 7560 BRS 246 RR
2010/2011	Segunda	01/12/2010	BRS GO 7560 BRS 246 RR

As sementes foram tratadas com tiametoxana (Cruiser) 0,15 L de produto comercial/100 kg de semente +

fludioxonil + metalaxil-m 0,10 L (Metalaxil) de produto comercial/100 kg de sementes. Utilizou-se uma adubação de 300 kg/ha de 05-20-20 (N- P₂O₅-K₂O). O controle de plantas daninhas para o cultivar BRS GO 7560, foi realizado com duas capinas manuais, uma no estágio vegetativo V3 (terceiro nó, segundo trifólio aberto) (RITCHIE et al., 1982) e outra no estágio vegetativo V8 (oitavo nó, sétimo trifólio aberto), em ambos os anos e nas duas épocas de semeadura. Já para o cultivar BRS 246 RR, foi realizado o controle através de duas aplicações do herbicida glifosato na dose de 2,0 L/ha, nos estádios vegetativos V3 e V8. Para o controle de insetos foi utilizado o inseticida tiametoxana + lambda-cialotrina (Engeo pleno) na dose de 0,25 L/ha, uma aplicação realizada no estágio reprodutivo R1 (início da floração: até 50 % das plantas com um flor) e a outra no estágio R5 (início da formação de grãos).

Para obter o gradiente de intensidade da doença com os respectivos danos no rendimento de grãos foi a utilizado diferentes intervalos de aplicação de fungicida, sendo utilizado o método de parcela experimental usando o modelo de ponto crítico citado por Bergamin Filho & Amorim (1996) e Agostinetto, (2011).

As aplicações de fungicidas foram realizadas com um pulverizador costal de precisão, com pressão constante de 30 l/pol², gerada por gás CO₂. O equipamento continha uma barra de 3 m com seis pontas de pulverização do tipo XR 110 015, espaçadas a 0,5 m. O volume de calda aplicado foi de 150 L/ha.

O fungicida utilizado foi a mistura azoxistrobina 60 g i.a./ha + ciproconazol 24 g i.a./ha (Priori Xtra) + 0,5 % do adjuvante Nimbus. A primeira aplicação foi realizada, baseada no Limiar de dano econômico (LDE) e as demais espaçadas de 10, 15, 20, 25 dias (Tabela 2).

Tabela 2. Tratamentos, intervalo de aplicações e número de aplicações, para gerar o gradiente da intensidade da ferrugem asiática da soja na cultivar BRS GO 7560 e BRS 246 RR, nas safras 2009/2010 e 2010/2011. Passo Fundo-RS

Tratamento	Intervalo (dias)	Número de aplicações
1	Testemunha	0
2	10	3
3	15	3
4	20	2
5	25	2

As unidades experimentais foram compostas por sete linhas de 8 m, com espaçamento entre linhas de 45 cm. Para a avaliação da doença foram utilizadas somente as cinco linhas centrais da parcela, três linhas do meio foram deixadas para a colheita e as outras duas para as avaliações foliares e uma linha de cada lado como bordadura. Os experimentos foram conduzidos segundo um esquema de blocos ao acaso com quatro repetições.

A coleta das cinco plantas por parcela foi realizada nos estádios R5. 3 (maioria das vagens entre 25 % e 50 % de granação), R5. 4 (maioria das vagens entre 50 % e 75 % de

granação) e R5. 5 (maioria das vagens entre 75 % e 100 % de granação).

A intensidade da FAS foi quantificada em função da incidência foliolar (IF), do número de lesões/cm² e de urédias/cm².

No Laboratório de Fitopatologia, foram destacados os folíolos centrais da haste principal e quantificado o número total de folíolos (NTF) em cada amostra, o número de folíolos doentes com a presença de pelo menos uma urédia esporulante (NFD). A incidência foliolar (IF) foi calculada pela fórmula $IF = [(NFD/NTF) \times 100]$. Para o número de lesões/cm² e urédias/cm², foram demarcados no folíolo dois círculos de 1 cm diâmetro com um furador de rolha na região central lateral de cada folíolo, avaliados sob uma lupa estereoscópica binocular de 40 X de aumento.

A última avaliação foi realizada no estágio R6 para se saber a IF final, número de lesões/cm² e urédias/cm² em cada tratamento.

A quantificação da doença foi feita em intervalos de sete dias (IF, lesões/cm² e urédias/cm²), sendo seus valores integralizados em função do tempo para a determinação da área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD). Para calcular a AACPD, utilizou-se a equação de Campbell e Madden (1990).

$= (x_1 + x_2) / 2 * (t_2 - t_1)$, onde **x** representa a intensidade da doença (incidência foliolar (AACPI), número de lesões/cm² (AACPL) e urédias/cm² (AACPU)) e **t** representa o intervalo de

tempo entre as avaliações. Os dados foram submetidos à análise de variância, e posterior comparação de médias pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A colheita foi feita mecanicamente com automotriz de parcelas. Calculou-se o rendimento em kg de grãos/ha, baseando-se na área experimental colhida.

As equações das funções de dano para cada cultivar, em cada safra e estágio fenológico da cultura foram obtidas pela análise de regressão entre a IF, número de lesões/cm² e urédias/cm² (variável independente) e o rendimento de grãos (variável dependente).

O dano causado pela FAS foi calculado em função dos diferentes intervalos e número de aplicações do fungicida. Com os valores da AACPD, quantificadas por meio da incidência (AACPI), lesões/cm² (AACPL) e urédias/cm² (AACPU), calculou-se o percentual de controle da FAS comparando-se os tratamentos com a testemunha.

Para a quantificação do período de proteção conferido pelas aplicações do fungicida, a incidência da FAS foi quantificada aos 1, 7, 14, 22, 31 e 40 dias após a primeira aplicação. Em cada parcela foram coletados cerca de 50 trifólios que receberam fungicida, destacando somente os folíolos centrais dos trifólios do terço superior das plantas. O período de proteção do fungicida foi quantificado pela IF (%) da FAS em toda a área do folíolo. Todas as avaliações foram realizadas com o auxílio de uma lupa estereoscópica binocular com 40 X de aumento.

Os dados de IF de cada intervalo entre aplicações, foram submetidos a análise de variação dos erros, após atendidas as exigências de normalidade os mesmos foram submetidos a análise de regressão não-linear, representado pelo Logístico $(Y=(\text{alfa}/(1+\text{beta}*\exp(-\text{gamma}*\text{tempo}))))$ (CAMPBELL & MADDEN, 1990), sendo utilizado o programa estatístico INFOSTAT 1.0. Onde: Y representa a incidência da doença, $b1$ significa a assíntota máxima estimada pelo modelo, $b2$ é a constante de integração igual a 1-yo ($y =$ inóculo inicial), r representa a taxa de progresso da doença e, t o tempo.

3 RESULTADOS

Nas safras de soja de 2009/2010 e 2010/2011 as condições ambientais foram favoráveis, tanto para o desenvolvimento da soja como para a doença.

Na primeira época de semeadura da safra 2009/2010 (Tabela 3) a ferrugem asiática da soja foi constatada no dia 22/01/2010 nos dois cultivares avaliados: BRS GO 7560 no estágio vegetativo V9 (nono nó: oitavo trifólio aberto) com 8 % de IF e BRS 246 RR, no estágio vegetativo V10 (décimo nó: nono trifólio aberto) com uma IF de 4 %. E na segunda época de semeadura, no dia 11/02/2010 no cultivar BRS GO 7560 no estágio reprodutivo R2 (floração plena: maioria dos racemos com flor), com 8 % de IF, e no dia 25/01/2010 no cultivar BRS 246 RR no estágio vegetativo V8, com 4,16 % de IF.

Na safra 2010/2011(Tabela 3) a ferrugem asiática da soja foi identificada, na primeira época no cultivar BRS GO 7560 no dia 25/01/2011 no estágio vegetativo V10, com 1,75 % de IF e no cultivar BRS 246 RR no dia 03/02/2011 no estágio vegetativo V10, com 2,22 % de IF. E na segunda época de semeadura, no dia 25/01/2011 no cultivar BRS GO 7560 no estágio vegetativo V9 com 1 % de IF e na cultivar BRS 246 RR no dia 07/02/2011 com 2,33 % de IF.

Tabela 3. Épocas de semeadura, cultivares, momento da detecção da ferrugem, valores de incidência foliar (IF) e estádios fenológicos, na safra 2009/2010 e 2010/2011. Passo Fundo-RS, 2011

Safra	Época e Cultivar	Dia da detecção	Valor IF (%)	Estádio fenológico
2009/2010	1º BRS GO 7560	22/01/2010	8,0	V9
	1º BRS 246 RR	22/01/2010	4,0	V10
	2º BRS GO 7560	11/02/2010	8,0	R2
	2º BRS 246 RR	25/01/2010	4,2	V8
2010/2011	1º BRS GO 7560	25/01/2011	1,7	V10
	1º BRS 246 RR	03/02/2011	2,2	V10
	2º BRS GO 7560	25/01/2011	1,0	V9
	2º BRS 246 RR	07/02/2011	2,3	R1

A primeira aplicação de fungicida em cada tratamento e em cada safra foi realizada quando a IF alcançou 20,0 % de acordo com o LA, sendo que o LDE foi de 25,0 % (ZANATTA, 2007).

Com as análises de regressão foram obtidas 56 equações da função de dano para a IF, número de lesões/cm² e urédias/cm². Além das equações (Tabela 4, 5, 6, 7, 8 e 9), foram calculados os valores de probabilidade (p) e coeficiente de determinação (R²). As funções de danos foram representadas pela equação original e também normalizadas para rendimento de 1.000 kg de grãos de soja/ha.

Na safra 2009/2010 as equações de função de dano, calculadas para a IF (Tabela 4), foram significativas para os cultivares BRS GO 7560 e BRS 246 RR e nas duas épocas de semeadura, evidenciando que a IF correlaciona-se negativamente com o rendimento de grãos.

As equações de danos geradas com a incidência foliolar e o rendimento de grãos na safra 2009/2010 geraram valores do coeficiente de dano (CD) entre 5,24 kg a 9,02 kg para 1,0 % de IF para cada 1.000 kg/ha nos diferentes estádios fenológicos e entre os dois cultivares.

Na primeira época o cultivar BRS GO 7560 apresentou o maior CD, 7,02 kg no estágio R5.3 e o menor na cultivar BRS 246 RR, no estágio R5.4 com 5,31 kg. Na segunda época o maior e o menor CD foram determinados no cultivar BRS 246 RR, com 9,02 kg e 5,24 respectivamente para cada 1,0 % de IF. Os valores de R² variaram de 0,32 a 0,99 na safra 2009/2010 (Tabela 4).

Na safra 2010/2011 as equações da função de dano, determinadas em função da IF (Tabela 5), foram significativas

nos cultivares BRS GO 7560 e BRS 246 RR e nas duas épocas de semeadura. Novamente confirmou-se que a IF correlaciona-se negativamente com o rendimento de grãos.

Na safra 2010/2011 (Tabela 5) os CD variaram de 3,63 kg a 6,81 kg para cada 1,0 % de incidência foliolar. Na cultivar BRS GO 7560 foi de 5,07 kg no estádio R5.5, para 1,0 % de IF.

Na segunda época o menor CD foi determinado no cultivar BRS GO 7560, com 3,41 kg no estádio R5. 5 e o maior no cultivar BRS 246 RR, com 5,93 kg no estádio R5.3, para 1,0 % de IF. Os valores de R^2 variaram de 0,11 a 0,91 na safra 2010/2011(Tabela 5).

Tabela 4. Equações da função de dano original e normalizada para o patossistema soja x *Phakopsora pachyrhizi* com base na incidência foliolar (I) gerados por estádios fenológicos nos cultivares BRS GO 7560 e BRS 246 RR, safra 2009/2010. Passo Fundo-RS 2011

Época/ Cultivar	Estádio	Equação original ^Z	Equação normalizada ^Y	p	R ²
1º época BRS GO 7560	R5. 3	R= 5.159,5 - 36,208 I	R= 1.000 - 7,02 I	0,001	0,64
	R5. 4	R= 6.044,4 - 39,01 I	R= 1.000 - 6,45 I	<0,0001	0,84
	R5. 5	R= 5.238,9 - 30,007 I	R= 1.000 - 5,72 I	0,001	0,65
1º época BRS 246 RR	R5. 3	R= 4.611,3 - 32,086 I	R= 1.000 - 6,95 I	0,0001	0,99
	R5. 4	R= 5.221,2 - 27,738 I	R= 1.000 - 5,31 I	0,01	0,68
	R5. 5	R = 6.741,2 - 45,747 I	R= 1.000 - 6,78 I	0,01	0,75
2º época BRS GO 7560	R5. 3	R= 5.007,4 - 34,929 I	R= 1.000 - 6,97 I	0,01	0,32
	R5. 4	R= 5.954,7 - 38,102 I	R= 1.000 - 6,39 I	0,01	0,81
	R5. 5	R= 5.291,4 - 29,066 I	R= 1.000 - 5,49 I	0,01	0,36
2º época BRS 246 RR	R5. 3	R= 5.324,6 - 48,017 I	R= 1.000 - 9,02 I	0,01	0,44
	R5. 4	R= 4.982,3 - 27,988 I	R= 1.000 - 5,62 I	0,01	0,67
	R5. 5	R= 4.983,4 - 26,158 I	R= 1.000 - 5,24 I	0,01	0,53

^ZR: rendimento de grãos; ^YRendimento normalizado para 1.000 kg de grãos de soja/ha.

Tabela 5. Equações da função de dano original e normalizada para o patossistema soja x *Phakopsora pachyrhizi* com base na incidência foliolar (I) gerados por estádios fenológicos nos cultivares BRS GO 7560 e BRS 246 RR, safra 2010/2011. Passo Fundo-RS 2011

Época/ Cultivar	Estádio	Equação original ^Z	Equação normalizada ^Y	p	R ²
1º época BRS GO 7560	R5. 3	R= 4.467,1 - 30,246 I	R= 1.000 - 6,77 I	0,001	0,81
	R5. 4	R= 4.434,1 - 24,509 I	R= 1.000 - 5,52 I	0,001	0,84
	R5. 5	R= 4.476,2 - 22,699 I	R= 1.000 - 5,07 I	0,001	0,81
1º época BRS 246 RR	R5. 3	R = 5.775,7 - 38,325 I	R= 1.000 - 6,63 I	0,01	0,19
	R5. 4	R = 6.417,3 - 43,72 I	R= 1.000 - 6,81 I	0,01	0,79
	R5. 5	R = 6.794,8 - 44,658 I	R= 1.000 - 6,57 I	0,01	0,81
2º época BRS GO 7560	R5. 3	R =3.704,1 - 12,632 I	R= 1.000 - 3,41 I	0,01	0,11
	R5. 4	R = 4.094,3 - 16,343 I	R= 1.000 - 3,99 I	0,001	0,56
	R5. 5	R = 3.851,2 - 17,448	R= 1.000 - 4,53 I	0,01	0,91
2º época BRS 246 RR	R5. 3	R = 4.784,3 - 28,392	R= 1.000 - 5,93 I	0,001	0,88
	R5. 4	R =3.470,7 - 15,534 I	R= 1.000 - 4,47 I	0,01	0,90
	R5. 5	R= 3.472,5 - 12,599 I	R= 1.000 - 3,63 I	0,01	0,60

^ZR: rendimento de grãos; ^Y Rendimento normalizado para 1.000 kg de grãos de soja/ha.

As funções de dano obtidas para o número de lesões e urédias/cm², foram calculadas somente para os estádios R5.4 e R5.5, por não ter sido gerado o gradiente de dano nos estádios anteriores.

Na safra 2009/2010 os CD gerados para o número de lesões/cm² (Tabela 6) e o rendimento de grãos, variaram de 62,29 kg a 127,4 kg. Na primeira época o maior CD foi obtido para o cultivar BRS GO 7560, com 127,4 kg para cada 1,0 lesão/cm² no estádio R5.4, e o menor CD no cultivar BRS 246 RR com 62,29 kg para cada 1,0 lesão/cm² no estádio R5.5.

Na segunda época o maior CD foi encontrado no cultivar BRS GO 7560, com 119,20 kg para cada 1,0 lesão/cm² no estádio R5.4 e o menor dano foi encontrado no cultivar BRS 246 RR, com 68,34 kg para cada 1,0 lesão/cm² no estádio R5.5. O R² variou de 0,31 a 0,89 (Tabela 6).

Na safra 2010/2011 os CD variaram de 13,34 kg a 103,7 kg (Tabela 7). Na primeira época o maior e o menor dano foram calculados no cultivar BRS 246 RR, sendo no estádio R5.4 com 103,7 kg o maior, e o menor CD no estádio R5.5 com 25,93 kg para cada 1,0 lesão/cm². Na segunda época o maior e o menor CD foi determinado no cultivar BRS 246 RR, no estádio R5.4 apresentou um CD de 77,47 kg e no estádio R5.5 apresentou um CD de 13,34 kg para cada 1,0 lesão/cm². O R² variou de 0,79 a 0,99 (Tabela 7).

Tabela 6. Equações da função de dano original e normalizada para o patossistema soja x *Phakopsora pachyrhizi* com base em lesões/cm²(L) gerados por estádios fenológicos nos cultivares BRS GO 7560 e BRS 246 RR, safra2009/2010. Passo Fundo-RS 2011

Época/ Cultivar	Estádio	Equação original ^Z	Equação normalizada ^Y	p	R ²
1º época BRS GO 7560	R5. 4	R= 4.417,0 - 562,9 L	R= 1.000 - 127,4 L	0,001	0,84
	R5. 5	R= 4.511,8 - 386,24 L	R= 1.000 - 85,61 L	0,001	0,57
1º época BRS 246 RR	R5. 4	R= 4.477,1 - 287,7 L	R= 1.000 - 64,26 L	0,001	0,89
	R5. 5	R= 4.388,9 - 273,42L	R= 1.000 - 62,29 L	0,01	0,87
2º época BRS GO 7560	R5. 4	R= 4.360,5 - 519,79 L	R= 1.000 - 119,20 L	0,001	0,31
	R5. 5	R= 4.378,2 - 419,06 L	R= 1.000 - 95,72 L	0,001	0,73
2º época BRS 246 RR	R5. 4	R = 4.371,1 - 300,68 L	R= 1.000 - 68,78 L	0,0001	0,88
	R5. 5	R = 4.452,7 - 304,32 L	R= 1.000 - 68,34 L	0,0001	0,84

^ZR: rendimento de grãos; ^YRendimento normalizado para 1.000 kg de grãos de soja/ha.

Tabela 7. Equações da função de dano original e normalizada para o patossistema soja x *Phakopsora pachyrhizi* com base em lesões/cm² (L) gerados por estádios fenológicos nos cultivares BRS GO 7560 e BRS 246 RR, safra 2010/2011. Passo Fundo-RS 2011

Época/ Cultivar	Estádio	Equação original ^Z	Equação normalizada ^Y	p	R ²
1º época BRS GO 7560	R5. 4	R = 3.952,4 - 344,3 L	R= 1.000 - 87,11 L	0,01	0,83
	R5. 5	R = 3.837,5 - 179,4 L	R= 1.000 - 85,61 L	0,01	0,84
1º época BRS 246 RR	R5. 4	R = 4.605,8 - 477,5 L	R= 1.000 - 103,7 L	0,001	0,93
	R5. 5	R = 4.713,5 - 122,21 L	R= 1.000 - 25,93L	0,01	0,79
2º época BRS GO 7560	R5. 4	R= 3.426,6 - 92,074 L	R= 1.000 - 26,87 L	0,001	0,98
	R5. 5	R =3.387,2 - 59,333 L	R= 1.000 - 17,51 L	0,001	0,97
2º época BRS 246 RR	R5. 4	R = 3.426,3 - 265,44 L	R= 1.000 - 77,47 L	0,001	0,96
	R5. 5	R = 3.154 - 42,088 L	R= 1.000 - 13,34 L	0,001	0,99

^ZR: rendimento de grãos; ^Y Rendimento normalizado para 1.000 kg de grãos de soja/ha.

As funções de danos obtidas pela regressão entre o número de urédias/cm² e o rendimento de grãos (Tabela 8 e 9), foram significativas demonstrando que existe correlação inversa entre a densidade foliolar de urédias e o rendimento de grãos na cultura da soja.

Na safra 2009/2010 os CD (Tabela 8) gerados variaram de 26,11 kg a 110,28 kg. Na primeira época o maior CD foi obtido no cultivar BRS GO 7560 no estágio fenológico R5.4 com 74,92 kg para 1,0 urédia/cm² e o menor CD foi determinado no cultivar BRS 246 RR com 26,11 kg para 1,0 urédia/cm² em 1000 kg/ha no estágio R5.5. Na segunda época o maior CD foi determinado no cultivar BRS GO 7560 no estágio R5.4 com 110,28 kg para 1,0 urédia/cm², e o menor CD foi obtido no cultivar BRS 246 RR no estágio R5.5 com 34,42 kg para 1,0 urédia/cm². Os valores de R² variaram de 0,55 a 0,92 (Tabela 8).

Na safra 2010/2011 as equações apresentaram CDs (Tabela 9) que variaram de 5,53 kg a 58,04 kg.

Na primeira época o cultivar BRS GO 7560 apresentou o maior CD 58,04 kg para 1,0 urédia/cm² no estágio R5.4 e o menor CD foi verificado no cultivar BRS 246 RR com 12,49 kg para 1,0 urédia/cm² no estágio R5.5. Na segunda época o cultivar BRS 246 RR apresentou o maior CD com 34,42 kg para 1,0 urédia/cm² em 1000 kg no estágio R5.4. O menor CD foi verificado no cultivar BRS GO 7560 com 5,53 kg para uma

urédia/cm² para 1000 kg no estádio R5.5. O R² variou de 0,89 a 0,99 (Tabela 9).

Tabela 8. Equações da função de dano original e normalizada para o patossistema soja x *Phakopsora pachyrhizi* com base em urédias/cm²(U) gerados por estádios fenológicos nos cultivares BRS GO 7560 e BRS 246 RR, safra 2009/2010. Passo Fundo-RS 2011

Época/ Cultivar	Estádio	Equação original ^Z	Equação normalizada ^Y	p	R ²
1º época BRS GO 7560	R5. 4	R= 4.602,1 - 344,77 U	R= 1.000 - 74,92 U	0,0001	0,86
	R5. 5	R= 4.737,5 - 214,51 U	R= 1.000 - 45,28 U	0,0001	0,55
1º época BRS 246 RR	R5. 4	R= 5.247,3 - 186,89 U	R= 1.000 - 35,61 U	0,01	0,84
	R5. 5	R= 4.525,1 - 118,18 U	R= 1.000 - 26,11 U	0,01	0,82
2º época BRS GO 7560	R5. 4	R= 5.421,8 - 597,91 U	R= 1.000 - 110,28 U	0,01	0,86
	R5. 5	R= 3.851,4 - 152,2 U	R= 1.000 - 39,52 U	0,01	0,89
2º época BRS 246 RR	R5. 4	R= 4.715,2 - 162,44 U	R= 1.000 - 34,45 U	0,0001	0,89
	R5. 5	R= 4.633,0 - 159,49 U	R= 1.000 - 34,42 U	0,001	0,92

^ZR: rendimento de grãos; ^Y Rendimento normalizado para 1.000 kg de grãos de soja/ha.

Tabela 9. Equações da função de dano original e normalizada para o patossistema soja x *Phakopsora pachyrhizi* com base em urédias/cm² (U) gerados por estádios fenológicos nos cultivares BRS GO 7560 e BRS 246 RR, safra 2010/2011. Passo Fundo-RS 2011

Época/ Cultivar	Estádio	Equação original ^Z	Equação normalizada ^Y	p	R ²
1º época BRS GO 7560	R5. 4	R = 4.060,9 - 235,73 U	R= 1.000 - 58,04 U	0,01	0,89
	R5. 5	R= 3.732,7 - 113,79 U	R= 1.000 - 30,48 U	0,01	0,97
1º época BRS 246 RR	R5. 4	R = 5.074,0 - 260,74 U	R= 1.000 - 51,38 U	0,001	0,95
	R5. 5	R = 5.116,0 - 63,927 U	R= 1.000 - 12,49 U	0,01	0,89
2º época BRS GO 7560	R5. 4	R =3.360,5 - 22,845 U	R= 1.000 - 6,79 U	0,001	0,97
	R5. 5	R =3.361,1 - 18,588 U	R= 1.000 - 5,53 U	0,01	0,96
2º época BRS 246 RR	R5. 4	R = 3.813,6 - 164,73 U	R= 1.000 - 9,03 U	0,01	0,89
	R5. 5	R = 3.094,7 - 8,454 U	R= 1.000 - 34,42 U	<0,0001	0,99

^ZR: rendimento de grãos; ^Y Rendimento normalizado para 1.000 kg de grãos de soja/ha.

Na comparação entre os cultivares em relação a IF no estágio R6 na safra 2009/2010, os valores de IF encontrados na BRS GO 7560 não apresentaram diferença significativa no tratamento testemunha, mas sim em relação aos intervalos de 10, 15, 20 e 25 dias (Tabela 10). Os maiores valores de IF foram determinados no cultivar BRS GO 7560 (Tabela 10).

Tabela 10. Incidência foliolar no estágio R6 na safra 2009/2010. Passo Fundo/RS 2011

Cultivares	Intervalos das aplicações (dias)					Média
	0	10	15	20	25	
BRS GO 7560	98,0 ^{n.s.}	10,0 b	29,5 a	47,5 b	47,0 b	46,4
BRS 246 RR	100,0	34,0 a	60,5 b	79,0 a	75,0 a	69,7
Média	99,0	22,0	45,0	63,2	61,0	
CV(%)	3,5	15,0	14,0	11,0	21,0	

^zAnálise conjunta das duas épocas de cultivo na safra 2009/2010

^yMédias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5,0%.

^xn.s. não significativo.

Na safra 2010/2011 os valores de IF no estágio R6 não foram significativos entre os cultivares em todos os intervalos de aplicação. Os maiores valores de IF foram encontrados no tratamento testemunha e intervalo de 15 dias (Tabela 11).

Tabela 11. Incidência foliolar no estágio R6 na safra 2010/2011. Passo Fundo/RS 2011

Cultivares	Intervalos das aplicações (dias)					Média
	0	10	15	20	25	
BRS GO 7560	97,5 ^{n.s.}	58,2 ^{n.s.}	72,5 ^{n.s.}	55,2 ^{n.s.}	67,5 ^{n.s.}	70,2
BRS 246 RR	97,5	52,5	70,0	65,0	70,7	71,1
Média	97,5	55,3	71,2	60,1	61,0	
CV(%)	2,5	7,0	10,0	5,7	18,0	

^zAnálise conjunta das duas épocas de cultivo na safra 2010/2011

^yMédias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5,0%.

^xn.s. não significativo.

Na comparação da densidade de lesões/cm² entre as cultivares, na safra 2009/2010, aos 20 dias após a última aplicação (Tabela 12) ocorreu diferença significativa entre os cultivares, no intervalo entre aplicações de 10 dias as médias não diferiram. No tratamento testemunha o maior valor de lesões/cm² foi determinado no cultivar BRS GO 7560.

Tabela 12. Densidade de lesões/cm² no estágio fenológico R6 na safra 2009/2010. Passo Fundo-RS 2011

Cultivares	Intervalos das aplicações (dias)					Média
	0	10	15	20	25	
BRS GO 7560	26,5 a	1,6 ^{n.s.}	1,3 b	1,4 b	1,7 b	6,5
BRS 246 RR	22,8 b	2,3	4,1 a	10,2 a	8,3 a	9,5
Média	24,6	1,9	2,7	5,8	5,0	
CV(%)	3,5	12,0	19,0	8,3	4,5	

^zAnálise conjunta das 2 épocas da safra 2009/2010

^yMédias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5,0 %.

^xn.s. não significativo.

Na safra 2010/2011 houve diferença significativa para densidade de lesões no tratamento testemunha e no

intervalo entre aplicações de 20 dias. As maiores densidades foram encontradas no cultivar BRS 246 (Tabela 13).

Tabela 13. Densidade de lesões/cm² no estágio fenológico R6 na safra 2010/2011. Passo Fundo-RS 2011

Cultivares	Intervalos das aplicações (dias)					Média
	0	10	15	20	25	
BRS GO 7560	5,6 b	3,0 ^{n.s.}	2,4 ^{n.s.}	1,9 b	2,8 ^{n.s.}	3,2
BRS 246 RR	8,4 a	3,1	3,2	3,2 a	2,6	4,1
Média	7,0	3,0	2,8	2,5	2,7	
CV(%)	9,0	10,9	13,0	3,6	6,7	

^zAnálise conjunta das 2 épocas da safra 2010/2011

^yMédias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5,0%.

^xn.s. não significativo.

Na comparação de urédias/cm² entre os dois cultivares na safra 2009/2010, houve diferença significativa entre os mesmos em todos os tratamentos, sendo que os menores valores de urédias/cm², foram encontrados no cultivar BRS GO 7560, (Tabela 14).

Tabela 14. Densidade de urédias/cm² no estágio fenológico R6 na safra 2009/2010. Passo Fundo-RS 2011

Cultivares	Intervalos das aplicações (dias)					Média
	0	10	15	20	25	
BRS GO 7560	44,0 b	0,5 b	2,1 b	3,1 b	3,6 b	10,6
BRS 246 RR	100,6 a	5,7 a	9,2 a	24,8 a	20,5 a	32,2
Média	72,3	3,1	5,6	13,9	12,1	
CV(%)	6,1	6,8	4,5	13,1	6,7	

^zAnálise conjunta das 2 épocas da safra 2009/2010

^yMédias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5,0%.

^xn.s. não significativo.

Na safra 2010/2011 em relação a densidade de urédias/cm² houve diferença estatística entre os cultivares, em todos os tratamentos, sendo os menores valores encontrados no cultivar BRS GO 7560, (Tabela 15)

Tabela 15. Densidade de urédias/cm² no estágio fenológico R6 na safra 2010/2011. Passo Fundo-RS 2011

Cultivares	Intervalos das aplicações (dias)					Média
	0	10	15	20	25	
BRS GO 7560	11,7 b	5,8 b	4,3 b	4,4 b	4,7 b	6,2
BRS 246 RR	21,2 a	10,2 a	7,5 a	7,9 a	6,2 a	10,6
Média	16,5	8,0	5,9	6,1	5,4	
CV(%)	10,0	10,6	4,3	8,5	2,6	

^zAnálise conjunta das 2 épocas da safra 2010/2011

^yMédias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5,0 %.

^xn.s. não significativo.

Na safra 2009/2010 na primeira época os danos no cultivar BRS GO 7560, variaram de 1,81 % a 45,53 %. No cultivar BRS 246 RR, os danos variaram de 15,50 % a 59,21 % (Tabela 16).

Na segunda época os danos no cultivar BRS GO 7560, variaram de 0,93 % a 41,06 %. No cultivar BRS 246 RR, os danos variaram de 1,05 % a 40,28 % (Tabela 16).

Os maiores valores de rendimento foram encontrados nos tratamentos com intervalos entre as aplicações de 10 dias, independente de época ou do cultivar (Tabela 16).

Na safra 2010/2011 na primeira época, no cultivar BRS GO 7560 os valores de danos variaram entre 4,5 % e 44,27

%. No cultivar BRS 246 RR, os danos variaram de 1,07 % a 45,99 % (Tabela 17).

Na segunda época os danos no cultivar BRS GO 7560 variaram de 5,24 % a 43,27 %. No cultivar BRS 246 RR os danos variaram de 1,78 % a 49,65 % (Tabela 17).

Os maiores rendimentos de grãos foram obtidos nos tratamentos de 10 dias de intervalo entre aplicações, independente do cultivar e da época de semeadura, sendo os resultados semelhantes aos da primeira época de semeadura.

Tabela 16. Rendimento de grãos (Kg/ha) e dano (%) nos cultivares BRS GO 7560 e BRS 246 RR na safra 2009/2010 em resposta ao intervalo e número de aplicações do fungicida azoxistrobina + ciproconazol. Passo Fundo- RS, 2011

Tratamento	Safra 2009/2010							
	1º época				2º época			
Intervalo de aplicações (dia)	BRS GO 7560	Dano (%)	BRS 246 RR	Dano (%)	BRS GO 7560	Dano (%)	BRS 246 RR	Dano (%)
Testemunha	2.047,5 b	45,53	1.789,8 c	59,21	2.009,5 b	41,06	1.814,7 b	40,28
10	3.758,9 a	-	4.388,9 a	-	3.409,5 a	-	3.038,8 a	-
15	3.690,5 a	1,81	3.664,5 b	16,50	3.378,0 a	0,93	3.006,8 a	1,05
20	3.596,9 a	4,31	3.594,5 b	18,10	3.309,0 a	2,94	2.974,2 a	2,13
25	3.237,9 a	13,86	3.521,8 b	19,75	3.111,1 a	8,75	2.922,6 a	3,83
Média	3.266,3	16,4	3.391,9	28,4	3.043,4	13,4	2.751,4	11,8
CV (%)	13,0		8,6		7,65		8,6	

²Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5,0 %.

Tabela 17. Rendimento de grãos (Kg/ha) e dano (%) nos cultivares BRS GO 7560 e BRS 246 RR na safra 2010/2011 em resposta ao intervalo e número de aplicações do fungicida azoxistrobina + ciproconazol. Passo Fundo- RS, 2011

Tratamento	Safra 2010/2011							
	1º época				2º época			
Intervalo de aplicações (dia)	BRS GO 7560	Dano (%)	BRS 246 RR	Dano (%)	BRS GO 7560	Dano (%)	BRS 246 RR	Dano (%)
Testemunha	2.036,0 b	44,27	2.037,5 b	45,99	2.013,9 c	43,97	1.950,0 c	49,65
10	3.653,3 a	-	3.772,2 a	-	3.594,3 a	-	3.873,2 a	-
15	3.488,9 a	4,50	3.731,7 a	1,07	3.405,9 a	5,24	3.804,3 a	1,78
20	3.477,5 a	4,81	3.730,9 a	1,09	3.168,3 b	11,85	3.551,5 b	8,30
25	3.246,2 a	11,14	3.673,4a	2,61	3.051,1 b	15,11	3.374, 6 b	12,87
Média	3.180,4		3.389,2		3.046,7		3.310,7	
CV (%)	6,05		8,6		7,6		7,5	

^zMédias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5,0 %.

Os valores de controle da FAS foram calculados para a AACPI, AACPL e AACPU, para cada cultivar em cada época de semeadura.

Na primeira época os maiores valores de controle nos tratamentos com intervalos entre aplicações de 10 e 15 dias, no cultivar BRS GO 7560, calculados através da AACPI, foram de 49,28 % a 63,2 %. O controle mais eficiente foi obtido no tratamento com intervalo de 10 dias entre aplicações. Para a AACPL os controles variaram entre 68,43 % e 84,73 %, verificando o maior controle no tratamento com intervalo de 10 dias. Para a AACPU o maior controle variou de 64,17 % a 89,14 %, sendo o maior valor para o tratamento com intervalo de 10 dias (Tabela 18).

Para o cultivar BRS 246 RR, quando o controle foi calculado pela AACPI, os valores foram de 7,31 % e 41,0 %. O mais eficiente foi para o intervalo de 10 dias. Para AACPL o controle variou de 40,82 % a 84,56 %. O maior valor correspondeu ao tratamento com 10 dias de intervalo. Para a AACPU o controle variou de 44,31 % a 88,30 %, sendo o maior controle no tratamento de 10 dias de intervalo (Tabela 18).

Na segunda época de 2009/2010 os maiores valores de controle foram verificados em todos os tratamentos com intervalo entre 10 dias de aplicações, para ambos os cultivares (Tabela 19).

O cultivar BRS GO 7560 apresentou valores de controle para a AACPI entre 13,79 % a 61,11, entre 83,92 e 93,53 % para a AACPL e entre 90,08 a 98,63 % (Tabela 19).

O cultivar BRS 246 RR apresentou valores de controle para AACPI entre 25,27 % a 42,83, entre 71,6 % a 81,85 % para a AACPL e entre 77,64 a 88,30 para a AACPU (Tabela 19).

Na safra 2010/2011 os maiores valores de controle foram encontrados nos tratamentos com intervalo entre aplicações de 10 dias, tanto no cultivar BRS GO 7560, como no BRS 246 RR, e nas duas épocas de semeadura (Tabela 20 e 21).

O controle no cultivar BRS GO 7560 na primeira época, para a AACPI variou entre 33,10 % e 40,15 %, para a AACPL entre 32,46 % e 36,07 % e para AACPU entre 21,04 % e 37,04 (Tabela 20). Para o cultivar BRS 246 RR o controle para AACPI variou entre 32,40 % e 53,16 %, para a AACPL entre 30,74 % e 53,28 e para a AACPU entre 43,41 % e 46,48 % (Tabela 20).

Na segunda época o cultivar BRS GO 7560 apresentou valores de controle para a AACPI entre 25,35 % a 35,12 %, para a AACPL entre 33,58 % a 47,59 % e entre 39,15 % e 49,66 (Tabela 21). No cultivar BRS 246 RR os valores de controle para a AACPI variaram entre 34,99 % a 44,94 %, entre 58,15 % a 81,53 % para a AACPL e entre 44,89 % a 54,87 % para a AACPU (Tabela 21).

Tabela 18. Controle (%) da ferrugem asiática da soja nos cultivares BRS GO 7560 e BRS 246 RR, baseados na área abaixo da curva de progresso da incidência foliolar (AACPI), do número de lesões/cm² (AACPL) de urédias/cm²(AACPU), na safra 2009/2010, primeira época. Passo Fundo- RS, 2011

Intervalo entre aplicações (dia)		AACPI	Controle (%)	AACPL	Controle (%)	AACPU	Controle (%)	
Cultivar	Testemunha	1.705,7 a	-	99,05 a	-	162,91 a	-	
	10	627,8 b	63,2	15,12 b	84,73	17,68 d	89,14	
	BRS GO 7560	15	749,1 b	56,08	22,57 b	77,21	33,58 c	79,38
		20	838,5 b	50,84	30,47 b	69,23	49,95 b	69,34
		25	865,0 b	49,28	31,27 b	68,43	58,37 b	64,17
Média		957,2	54,8	39,7	74,9	64,5	75,5	
CV (%)		13,0		13,6		10,7		
Cultivar	Testemunha	1.642,7 a	-	147,7 a	-	341,5 a	-	
	10	969,1 b	41,0	22,8 c	84,56	39,94 c	88,30	
	BRS 246 RR	15	1.251,5 ab	23,81	56,03 bc	62,06	133,61 b	60,87
		20	1.279,7 ab	22,09	80,4 b	45,56	185,08 b	45,80
		25	1.522,6 a	7,31	87,4 ab	40,82	190,17 b	44,31
Média		1.333,2	23,5	78,8	58,3	178,1	59,7	
CV (%)		16,0		15,8		12,0		

²Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5,0 %.

Tabela 19. Controle (%) da ferrugem asiática da soja nos cultivares BRS GO 7560 e BRS 246 RR, baseados na área abaixo da curva de progresso da incidência foliolar (AACPI), do número de lesões/cm² (AACPL) de urédias/cm²(AACPU), na safra 2009/2010 segunda época. Passo Fundo- RS, 2011

Intervalo entre aplicações (dia)		AACPI	Controle (%)	AACPL	Controle (%)	AACPU	Controle (%)	
Cultivar	Testemunha	1.573,7 a	-	218,1 a	-	722,9 a	-	
	10	612,0 c	61,11	14,1 c	93,53	9,9 d	98,63	
	BRS GO 7560	15	1.058,5 b	32,73	23,2 bc	89,36	42,9 c	94,06
		20	1.068,6 b	32,09	28,5 bc	86,93	59,7 bc	91,74
		25	1.356,7 a	13,79	35,06 b	83,92	71,7 b	90,08
Média		1.133,9	34,9	63,79	88,4	181,4	93,6	
CV (%)		9,4		10,2		5,7		
Cultivar	Testemunha	1.915,7 a	-	185,7 a	-	696,8 a	-	
	10	1.095,1 b	42,83	33,7 b	81,85	92,9 b	86,66	
	BRS 246 RR	15	1.164,0 b	30,23	38,2 b	79,43	99,1 b	85,77
		20	1.426,7 b	25,52	46,9 b	74,74	138,5 b	80,12
		25	1.431,6 ab	25,27	52,7 b	71,6	155,8 b	77,64
Média		1.413,8	30,9	71,4	76,9	236,6	82,5	
CV (%)		7,2		10,8		9,1		

²Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5,0 %.

Tabela 20. Controle (%) da ferrugem asiática da soja nos cultivares BRS GO 7560 e BRS 246 RR, baseados na área abaixo da curva de progresso da incidência foliolar (AACPI), do número de lesões/cm² (AACPL) de urédias/cm²(AACPU), na safra 2010/2011 primeira época. Passo Fundo- RS, 2011

Intervalo entre aplicações (dia)	AACPI	Controle (%)	AACPL	Controle (%)	AACPU	Controle (%)	
Testemunha	2.184,0 a	-	69,3 a	-	126,9 a	-	
BRS GO	10	1.307,0 b	40,15	44,3 b	36,07	79,9 c	37,03
7560	15	1.310,0 b	40,01	45,3 b	34,63	80,5 c	36,56
	20	1.365,1 b	37,49	45,5 b	34,34	92,6 bc	27,03
	25	1.461,0 b	33,10	46,8 b	32,46	100,2 b	21,04
Média	1.525,4	37,7	50,2	34,4	96,1	30,4	
CV (%)	7,9		8,9		8,9		
Testemunha	2.058,5 a	-	117,1 a	-	271,8 a	-	
BRS 246	10	964,0 b	53,16	54,7 b	53,28	144,1 b	46,98
RR	15	1.277,0 b	37,96	60,3 b	48,50	150,1 b	44,77
	20	1.285,2 b	37,56	64,8 b	44,66	150,1 b	44,7
	25	1.391,5 b	32,40	81,1 ab	30,74	153,8 b	43,41
Média	1.389,8	40,3	75,6	44,3	173,9	44,9	
CV (%)	9,3		10,3		5,6		

^zMédias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5,0 %.

Tabela 21. Controle (%) da ferrugem asiática da soja nos cultivares BRS GO 7560 e BRS 246 RR, baseados na área abaixo da curva de progresso da incidência foliolar (AACPI), do número de lesões/cm² (AACPL) de urédias/cm²(AACPU), na safra 2010/2011 segunda época. Passo Fundo- RS, 2011

Intervalo entre aplicações (dia)		AACPI	Controle (%)	AACPL	Controle (%)	AACPU	Controle (%)
Cultivar BRS GO 7560	Testemunha	1.963,5	-	65,2 a	-	118,5 a	-
	10	1.274,0	35,12	34,1 b	47,69	63,2 b	46,66
	15	1.425,7	27,39	36,9 b	43,40	66,7 b	43,71
	20	1.432,2	27,05	37,3 b	42,79	67,6 b	42,95
	25	1.465,7	25,35	43,3 b	33,58	72,1 b	39,15
Média		1.521,2	28,7	43,3	41,8	77,6	43,1
CV (%)		9,0		7,0		5,1	
Cultivar BRS 246 RR	Testemunha	1.911,0	-	264,8 a	-	232,9 a	-
	10	1.052,1	44,94	48,9 b	81,53	105,1 b	54,87
	15	1.178,3	38,34	53,7 b	79,72	114,4 b	50,88
	20	1.233,0	35,48	63,1 b	76,17	116,9 b	49,80
	25	1.242,2	34,99	110,8 b	58,15	128,33 b	44,89
Média		1.323,3	38,4	108,3	73,9	139,5	50,1
CV (%)		8,6		33,0		5,7	

²Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5,0 %.

Na primeira época da safra 2009/2010 (Tabela 22), a IF no intervalo entre aplicações de 10 e 15 dias do cultivar BRS GO 7560 não ultrapassou o LDE de 25 % (ZANATTA, 2007), no intervalo entre aplicações de 20 e 25 dias. O período de proteção da mistura azoxistrobina + ciproconazol foi de 20 e 18 dias respectivamente. A taxa de progresso da doença nos tratamentos testemunha, 10, 15, 20 e 25 dias foi de 0,370; 0,01; 0,05; 0,06 e 0,06 unidades/dia respectivamente. No cultivar BRS 246 RR novamente nos intervalos entre aplicações de 10 e 15 dias a IF foram menor que o LDE de 25 %, nos intervalos entre aplicações de 20 e 25 dias, o período de proteção da mistura azoxistrobina + ciproconazol foi de 19 e 18 dias. As taxas de progresso dos tratamentos testemunha, 10, 15, 20 e 25 dias foram 0,300; 0,02; 0,100; 0,110 e 0,115 unidades/dia respectivamente (Tabela 22).

Na segunda época na safra 2009/2010 (Tabela 23), no cultivar BRS GO 7560 IF não ultrapassou o LDE de 25 % nos intervalos entre aplicações de 10 e 15 dias. O período de proteção da mistura azoxistrobina + ciproconazol nos intervalos entre aplicações de 20 e 25 dias foi de 18 e 17 dias respectivamente. As taxas de progresso dos tratamentos testemunha, 10, 15, 20 e 25 dias foram 0,290; 0,01; 0,06; 0,110 e 0,150 unidades/dia respectivamente. No cultivar BRS 246 RR a IF nos intervalos entre aplicações de 10 e 15 dias não ultrapassou o LDE de 25 %, o período de proteção da mistura azoxistrobina + ciproconazol nos intervalos entre aplicações de

20 e 25 dias foi de 17 e 16 dias respectivamente. As taxas de progresso dos tratamentos testemunha, 10, 15, 20 e 25 dias foram 0,710; 0,08; 0,09; 0,130 e 0,150 unidades/dia respectivamente.

Na safra 2010/2011 houve um atraso na primeira aplicação devido a ocorrência de chuvas no momento em que o LDE foi atingido. A primeira aplicação foi realizada com uma IF de 30 %, tendo este valor ultrapassado 5 % do LDE que era de 25%. Os 30 % de IF foram utilizados como referência para verificar o período de proteção da mistura azoxistrobina + ciproconazol.

A IF do cultivar BRS GO 7560 na primeira época da safra 2010/2011 (Tabela 24) não ultrapassou os 30 % de IF da primeira aplicação nos tratamentos com intervalos entre aplicações de 10 e 15 dias. O período de proteção da mistura azoxistrobina + ciproconazol nos intervalos entre aplicações de 20 e 25 dias foi de 16 e 15 dias respectivamente. As taxas de progresso nos tratamentos testemunha, 10, 15, 20 e 25 dias foram de 0,410; 0,05; 0,09; 0,100 e 0,150 unidades/dia respectivamente. No cultivar BRS 246 RR os intervalos entre aplicações de 10 e 15 dias não ultrapassaram os 30 % IF de da primeira aplicação. O período de proteção da mistura azoxistrobina + ciproconazol nos intervalos entre aplicações de 20 e 25 dias foi de 15 e 14 dias respectivamente. As taxas de progresso dos tratamentos testemunha, 10, 15, 20 e 25 dias

foram 0,380; 0,08; 0,09; 0,110 e 0,160 unidades/dia respectivamente (Tabela 24).

A IF do cultivar BRS GO 7560 na segunda época da safra 2010/2011 (Tabela 25) não ultrapassou os 30 % de IF da primeira aplicação nos tratamentos com intervalos entre aplicações de 10 e 15 dias. O período de proteção da mistura azoxistrobina + ciproconazol nos intervalos entre aplicações de 20 e 25 dias foi de 15 dias. As taxas de progresso nos tratamentos testemunha, 10, 15, 20 e 25 dias foram de 0,320; 0,08; 0,09; 0,100 e 0,100 unidades/dia respectivamente. No cultivar BRS 246 RR os intervalos entre aplicações de 10 e 15 dias não ultrapassaram os 30 % IF de da primeira aplicação. O período de proteção da mistura azoxistrobina + ciproconazol nos intervalos entre aplicações de 20 e 25 dias foi de 15 dias. As taxas de progresso dos tratamentos testemunha, 10 dias, 15 dias, 20 dias e 25 dias foram 0,100; 0,06; 0,07; 0,08 e 0,09 unidades/dia respectivamente (Tabela 25).

Tabela 22. Efeito de intervalos (dias) entre aplicações no período de proteção do fungicida azoxistrobina + ciproconazol, e no progresso da ferrugem asiática da soja. Parâmetros representados pelo modelo Logístico, primeira época, safra 2009/2010. Passo Fundo-RS, 2011

Cultivar	Intervalo entre aplicações (dias)	Dose mL/ha	² Dias para atingir o LDE após a 1 ^o aplicação	b_1	b_2	r	R^2	p
BRS GO 7560	Testemunha	0	-	1	4,18	0,37	0,79	0,01
	10	300	-	1	3,39	0,01	0,84	0,01
	15	300	-	1	3,08	0,05	0,86	0,001
	20	300	20	1	3,87	0,06	0,87	0,01
	25	300	18	1	3,33	0,06	0,86	0,01
BRS 246 RR	Testemunha	0	-	1	4,22	0,30	0,82	0,001
	10	300	-	1	2,17	0,02	0,84	0,01
	15	300	-	1	2,43	0,10	0,82	0,01
	20	300	19	1	2,09	0,11	0,77	0,01
	25	300	18	1	2,23	0,15	0,81	0,01

* **Alfa= b_1** é a assíntota máxima estimada pelo modelo, * **Beta= b_2** é a constante de integração igual a 1-yo (inóculo inicial),

* **Gama= r** representa a taxa de progresso da doença, * **R^2** = coeficiente de determinação, * **QMR**= quadrado médio dos desvios, **p**= probabilidade, **Z**= Limiar de Dano Econômico = 25 % de IF.

Tabela 23. Efeito de intervalos (dias) entre aplicações no período de proteção do fungicida azoxistrobina + ciproconazol, e no progresso da ferrugem asiática da soja. Parâmetros representados pelo modelo Logístico, segunda época, safra 2009/2010. Passo Fundo-RS, 2011

Cultivar	Intervalo entre aplicações (dias)	Dose mL/ha	^Z Dias para atingir o LDE após a 1 ^o aplicação	b_1	b_2	r	R^2	p
BRS GO 7560	Testemunha	0	-	1	4,95	0,29	0,85	0,01
	10	300	-	1	3,01	0,01	0,83	<0,001
	15	300	-	1	2,41	0,06	0,84	0,01
	20	300	18	1	5,05	0,11	0,88	0,01
	25	300	17	1	4,02	0,15	0,84	0,001
BRS 246 RR	Testemunha	0	-	1	6,10	0,71	0,72	0,01
	10	300	-	1	2,98	0,08	0,85	0,01
	15	300	-	1	2,79	0,09	0,84	0,01
	20	300	17	1	2,37	0,13	0,80	0,01
	25	300	16	1	2,42	0,15	0,79	0,01

* **Alfa= b_1** é a assíntota máxima estimada pelo modelo, * **Beta= b_2** é a constante de integração igual a 1-yo (inóculo inicial),

* **Gama= r** representa a taxa de progresso da doença, * **R^2** = coeficiente de determinação,* **QMR**= quadrado médio dos desvios, **p**= probabilidade, **Z**= Limiar de Dano Econômico = 25 % de IF.

Tabela 24. Efeito de intervalos (dias) entre aplicações no período de proteção do fungicida azoxistrobina + ciproconazol, e no progresso da ferrugem asiática da soja. Parâmetros representados pelo modelo Logístico, primeira época, safra 2010/2011. Passo Fundo-RS, 2011

Cultivar	Intervalo entre aplicações (dias)	Dose mL/ha	^z Dias para atingir o LDE após a 1 ^o aplicação	b_1	b_2	r	R^2	p
BRS GO 7560	Testemunha	0	-	1	4,49	0,41	0,76	0,001
	10	300	-	1	1,99	0,05	0,83	0,01
	15	300	-	1	2,52	0,09	0,83	0,01
	20	300	16	1	2,74	0,10	0,84	0,01
	25	300	15	1	3,25	0,15	0,82	0,01
BRS 246 RR	Testemunha	0	-	1	4,31	0,38	0,78	0,001
	10	300	-	1	3,46	0,08	0,86	0,01
	15	300	-	1	1,91	0,09	0,81	0,01
	20	300	15	1	2,0	0,11	0,79	0,01
	25	300	14	1	5,19	0,16	0,86	0,01

* **Alfa= b_1** é a assíntota máxima estimada pelo modelo, * **Beta= b_2** é a constante de integração igual a 1-yo (inóculo inicial),

* **Gama= r** representa a taxa de progresso da doença, * **R^2** = coeficiente de determinação, * **QMR**= quadrado médio dos desvios, **p**= probabilidade, **Z**= Limiar de Dano Econômico = 30 % de IF.

Tabela 25. Efeito de intervalos (dias) entre aplicações no período de proteção do fungicida azoxistrobina + ciproconazol, e no progresso da ferrugem asiática da soja. Parâmetros representados pelo modelo Logístico, segunda época, safra 2010/2011. Passo Fundo-RS, 2011

Cultivar	Intervalo entre aplicações (dias)	Dose mL/ha	^z Dias para atingir o LDE após a 1 ^o aplicação	b_1	b_2	r	R^2	p
BRS GO 7560	Testemunha	0	-	1	4,11	0,32	0,81	0,0001
	10	300	-	1	2,10	0,08	0,82	0,01
	15	300	-	1	2,25	0,09	0,82	0,01
	20	300	15	1	2,25	0,10	0,82	0,01
	25	300	15	1	2,31	0,10	0,82	0,01
BRS 246 RR	Testemunha	0	-	1	3,12	0,17	0,81	0,01
	10	300	-	1	2,77	0,06	0,85	0,01
	15	300	-	1	2,45	0,07	0,84	0,01
	20	300	15	1	2,38	0,08	0,83	0,01
	25	300	15	1	2,30	0,09	0,83	0,01

* **Alfa= b_1** é a assíntota máxima estimada pelo modelo, * **Beta= b_2** é a constante de integração igual a 1-yo (inóculo inicial),

* **Gama= r** representa a taxa de progresso da doença, * **R^2** = coeficiente de determinação, * **QMR**= quadrado médio dos desvios, **p**= probabilidade, **Z**= Limiar de Dano Econômico = 30 % de IF.

4 DISCUSSÃO

Em soja foram publicados alguns trabalhos sobre funções de danos da FAS como o realizado em Taiwan por Hartman et al. (1991). Os autores obtiveram equações, geradas em função da aplicação de fungicidas em diferentes doses em estádios fenológicos em dois cultivares de soja. Algumas das funções geradas foram: $R = 97,41 - 0,69 S$ com $R^2 = 86$, $R = 68,91 - 0,49 S$ com $R^2 = 0,90$, $R = 113,32 - 0,83 S$ com $R = 0,93$, e $R = 75,45 - 1,07 S + 0,006 S^2$ com $R^2 = 0,75$, onde R é o rendimento de grãos e S a severidade foliar da FAS.

Na safra 2006/2007 em Passo Fundo foram geradas duas funções de dano para a FAS na cultivar CD 214 nos estádios fenológicos R5.3, $R = 3055,63 - 78,29 L$ com $R^2 = 0,64$ e $p = 0,000002$ e R6, $R = 3186,5 - 25,13 L$ com $R^2 = 0,81$ e $p = 0,0002$ onde o R é o rendimento e o L é o número de lesões/cm² o dano máximo no experimento foi de 56, 56 % (ZANATTA, 2007), semelhantes aos encontrados no cultivar BRS GO 7560 e no BRS 246 RR nas safras 2009/2010 e 2010/2011.

O momento da ocorrência da FAS nas safras 2009/2010 e 2010/2011 coincidiram com o detectado por Nicolini et al. (2009), que desenvolveram um sistema de aviso baseado em unidades de calor acumuladas (GDAs). Os autores relatam a ocorrência da FAS por decêndios e meses na região de Passo Fundo, Planalto Médio do Rio Grande do Sul. A FAS historicamente ocorreu após o dia 10 de janeiro e antes do dia 10

de março, no período estudado de 2005 a 2009. Em janeiro a frequência de ocorrência da incidência foi de 26,3 %, em fevereiro sobe para 63,3 % e em março cai para 10,5%. A maior concentração de ocorrência foi no primeiro decêndio de Fevereiro com 31,5 %. Ainda segundo Nicolini et al., (2009) de 17/02/06 a 17/02/09 em Passo Fundo nos cultivares BRS 244, CD 219, CD 214, CD 219 e Fundacep 55 a detecção da FAS ocorreu de V9 a R5.1 demonstrando que sua ocorrência não depende do estágio fenológico da soja.

A evolução da FAS nos cultivares de soja variam em função da época de semeadura (NASCIMENTO, 2007). Por outro lado, plantios no final da época recomendada tendem a apresentar maior dano devido ao fato de completarem o ciclo sob elevada pressão de inóculo (BALARDIN, 2002).

Através dos coeficientes de determinação, os métodos patométricos que apresentaram a melhor relação com os dados de rendimento, foram as variáveis lesões/cm² e urédias/cm², sendo, este o primeiro trabalho que desenvolveu funções de dano utilizando estas duas variáveis. Nerbass Junior et al., (2010) trabalhando com equações de função de dano para a cultura da aveia, relataram que a variável incidência mostrou maior relação com os danos obtidos, e Agostinetto (2011) em cevada obteve a melhor relação dos dados quando relacionou a variável severidade com o rendimento.

As funções de dano obtidas pela relação inversa da incidência foliolar, lesões/cm² e urédias/cm², com o rendimento

de grãos apresentaram os maiores CD para estádios iniciais do desenvolvimento da cultura, coincidindo com os resultados relatados por Cook et al.,(1999) na cultura do trigo, por Nerbass Junior et.al., (2010) na cultura da aveia e na cultura da cevada por Agostinetti (2011).

Comparando-se os CDs do cultivar BRS GO 7560 com os da BRS 246 RR, os menores valores não ocorreram na cultivar resistente a FAS.

Segundo Souza et al., (2009), o cultivar BRS GO 7560 é portador de um gene maior que confere resistência vertical a FAS. É preciso ressaltar, entretanto, que sob alta densidade de inóculo e ambiente favorável, esse cultivar poderá apresentar algumas lesões de suscetibilidade (Pardas) e também, alguma esporulação, mesmo que baixa. Outro aspecto importante a ser lembrado é que, assim como ocorre em outras doenças controladas através da resistência vertical, existe a possibilidade de sua quebra no decorrer dos anos de cultivo pelo surgimento de novas raças.

O princípio de controle integrado de doenças fundamentado no LDE sugere que a aplicação de fungicidas seja realizada no limiar de ação (LA). Portanto, a medida de controle deve ser implementada de modo a evitar que a doença ultrapasse o LDE. Pode-se deduzir que o valor do LDE não é fixo. Por isso, deve ser calculado anualmente e para cada situação em função das variações dos preços da soja, do fungicida, do custo

da aplicação e da eficiência do fungicida (BOHATCHUK et al., 2008).

Através das equações de dano pode-se calcular o LDE, e usar esse valor na tomada de decisão em relação à necessidade ou não do controle químico de uma determinada doença com base econômica (CASA et al., 2009)

Aplicando a fórmula modificada de Munford & Norton (1984) pode-se calcular o LDE, pela fórmula $ID = Cc / (Pp \times Cd) \times Ec$, onde I = incidência da doença, Cc = custo de controle por hectare (fungicida, combustível, amassamento, mão-de-obra do operador) Pp = preço de venda do produto (soja), Cd = coeficiente de dano, obtido a partir das funções de dano e Ec = eficiência do controle do fungicida.

Considerando o custo de controle (Cc) na cultura da soja R\$ 110,0/hectare (Fonte: Cooperativa Colheita/Sarandi-RS, 2012; BOLLER, 2009), (Pp) o preço de 1 tonelada de soja a US\$ 430,00/ton (dólar R\$ 1,78 = R\$ 765,4) , (Ec) a eficiência do fungicida, nesse caso, de 61,11% ou 0,61 (Tabela 19 considerando três aplicações) e o coeficiente de dano (Cd) obtido da equação de função de dano retirado da Tabela 5 para o estádio R5.3 na safra de 2009/2010, primeira época de semeadura no cultivar BRS GO 7560, $R = 1.000 - 7,02 I$ com $p = 0,001$ e $R^2 = 0,64$ considerando o rendimento potencial (Rp) de uma lavoura de soja de 2,8 t/ha tem-se: $7,02 \times 2,8 (1000 - 7,02)$. Como o cálculo é feito por toneladas de soja, tem-se um

$Cd = 0,019656$. Substituindo estes valores na fórmula tem-se ID:
 $(110 / 765,4 \times 0,019656) \times 0,61 = 4,5$ % de incidência.

A aplicação na soja com base no LDE neste caso corresponde a uma incidência da FAS, no estádio R5.3 de 4,5 %. Isto significa que para cada 4,5 % de IF em cultivar com resistência semelhante a BRS GO 7560, tem-se uma perda de R\$ 110,0/ha.

Segundo Souza et al., (2009) citam que em São Paulo, nas safras 2005/2006 e 2006/2007, em três municípios (Igarapava, Ituverava e Barretos) em cinco ambientes, o rendimento médio de grãos do BRS GO 7560 foi de 2.734 kg/ha, sendo 2% superior à M-SOY 6101 RR (2.690 kg/ha) e 7% inferior à Emgopa 316 (2.936 kg/ha). Melo Filho, et al., (2011) encontrou valores de produtividade semelhantes ao encontrado por Souza et al., (2009), quando testaram a cultivar no estado do Mato Grosso. O rendimento médio de grãos BRS GO 7560, nos cinco ambientes, foi de 2118 kg/ha, sendo 2,6% e 8,6% superior aos padrões M-SOY 6101 RR e EMGOPA 316, respectivamente. O maior rendimento de grãos obtido pelo BRS GO 7560 foi em Campos de Júlio na safra 2006/2007, 2.419 kg/ha.

Em trabalho realizado por Agostini, et al., (2010) para avaliar o desenvolvimento do cultivar BRS GO 7560 com o uso do fungicida azoxistrobina + ciproconazol no município de Passo Fundo-RS, verificaram que não houve diferença de produtividade entre os tratamentos. No tratamento testemunha a

produtividade foi de 2.059 kg/ha, com duas aplicações uma em R1 e outra 21 dias após a primeira a produtividade foi de 2.375,3 kg/ha, com duas aplicações uma em R3 e outra 21 dias após 2.362,3 kg/ha, com duas aplicações uma em R4 e outra 21 dias após a primeira 2.094,6 kg/ha, e com três aplicações uma em R1 outra 14 dias após a primeira e a última 21 dias após a segunda a produtividade foi de 2.2066,3 kg/ha. Os resultados encontrados por Agostini, et al., (2010), diferem dos encontrados no presente trabalho, onde houve um incremento de produtividade nos tratamentos que receberam aplicações de fungicida, sendo que na maioria das vezes os valores de controle da FAS no cultivar BRS GO 7560 foram superiores ao da cultivar BRS 246 RR, consequência da resistência da cultivar somada a adição de fungicida e ao acamamento que proporcionou a distribuição das gotas nas folhas da parte inferior da planta. As menores porcentagem de controle da FAS, na safra 2010/2011, podem ser consequência da primeira aplicação que foi realizada após o LDE.

O período de proteção de fungicidas utilizados para o controle da FAS foi estudado por Zanatta (2009). Determinou-se que, o período de proteção dos fungicidas flutriafol, tebuconazol e ciproconazol + trifloxistrobina foi de 14 dias e, para os fungicidas epoxiconazol + piraclostrobina, ciproconazol + azoxistrobina e ciproconazol + picoxistrobina 25 dias, no experimento após a aplicação dos fungicidas o clima foi

desfavorável para a doença o que pode explicar os 25 dias de efeito protetor.

Em trabalho realizado em casa-de-vegetação 14 dias após a aplicação preventiva do fungicida carbendazim a intensidade da FAS foi semelhante a testemunha, nas parcelas onde foi aplicado fungicidas do grupo dos triazóis e estrubirulinas e mistura de ambos o controle 14 dias após a aplicação foi superior a 60 % (GODOY et al.; 2004 apud ZANATTA, 2009).

Já em dois experimentos conduzidos por Singer & Yorinori (2007) em casa-de-vegetação, o período de proteção das misturas de triazóis + estrobilurinas foi superior a 18 dias e alguns triazóis acima de 21 dias. Em 23 ensaios que utilizaram o fungicida azoxistrobina + ciproconazol o controle médio da severidade da ferrugem foi de 73 %, com uma produtividade média de 2.677 kg/ha (GODOY et al., 2009).

No trigo em trabalho realizado por Reis et al.,(2008), para verificar a eficiência e persistência de fungicidas no controle do oídio do trigo via tratamento de sementes, verificou-se que o período de proteção conferido pelos fungicidas foi menor para o produto difenoconazole, aumentando o período com o flutriafol e, posteriormente, com o triticonazole. O maior período de proteção foi obtido com o fungicida triadimenol.

Em trabalho realizado por Viero & Forcelini (2007) para estudar o período de proteção da mistura de fungicida

epoxiconazol + piraclostrobina e do fungicida tebuconazol, encontraram valores de 14 e 21 dias, respectivamente.

Fazendo-se uma análise entre os rendimentos e controle, o intervalo entre aplicações seria entre 10 e 15 dias. Isso pode ser explicado devido a formação do maior número de folhas que não receberam fungicida em aplicações, mais espaçadas no caso de 20 e 25 dias.

Analisando economicamente (custo e benefício) devido aos custos de uma aplicação de fungicida considerando o preço do saco da soja de R\$ 43,00 (14 janeiro de 2012, em Passo Fundo, RS) o custo de uma aplicação de R\$ 110,00/ha (incluindo fungicida, amassamento da lavoura, combustível e salário do tratorista) (BOLLER, 2009). Fazendo-se duas aplicações se gastam R\$ 212,00/ha ou 5,2 sacos; três aplicações R\$ 318,00/ha ou 7,85 sacos e quatro aplicações R\$ 424,00/ha ou 10,5 sacos.

Tomando como exemplo o cultivar BRS GO 7560 na safra 2009/2010 na primeira época de semeadura a testemunha produziu 2047,5 kg/ha, o tratamento de 10 dias teve um incremento em kg/ha de 1711,4 em relação a testemunha o de 15 dias 1643,0; 20 dias de 1549,4 e 25 dias 1190,4 kg/ha. Com um custo de 7,85 sacos/ha ou 471,0 kg/ha com três aplicações de fungicida e com duas aplicações o custo foi de 5,2 sacos/ha ou 312 kg/ha. Com isso o tratamento de 10 dias (3 aplicações) entre intervalo de aplicações se igualaria ao tratamento de 20 dias (2 aplicações), ou seja para a

sustentabilidade econômica da cultura e levando-se em consideração os resultados encontrados no trabalho o intervalo entre aplicações mais viável seria o de 20 dias.

Em milho o uso de fungicidas influencia na produtividade, híbridos suscetíveis apresentam melhores resultados do que híbridos resistentes (BONALDO et al., 2010). Estes resultados em milho e a adaptação das cultivares ao clima da região podem explicar as maiores médias de produtividade no cultivar BRS 246 RR, sendo que o cultivar BRS GO 7560 está sendo indicada para os Estados de Minas Gerais, de São Paulo, de Goiás e para o Distrito Federal (SOUZA et al., 2009).

5 CONCLUSÃO

É possível estimar dano em função da relação entre a intensidade da doença e o rendimento.

Os melhores critérios patométricos para desenvolver as equações de dano foram o número de lesões/cm² e urédias/cm², mas são mais trabalhosos para serem executados.

Com este trabalho gerou-se as equações de dano que podem ser utilizadas no cálculo do LDE, e que este é uma opção indicadora do momento para realizar o controle químico da FAS mantendo a sustentabilidade econômica e ambiental da atividade agrícola.

O cultivar BRS GO 7560 apesar de considerado resistente, apresentou maiores danos.

O período de proteção conferido pelo fungicida azoxistrobina+ ciproconazol foi de 20 dias.

Aplicações de fungicida após o LDE reduzem a eficiência de controle.

CAPÍTULO IV

QUANTIFICAÇÃO DOS PERÍODOS DE INCUBAÇÃO, LATENTE E INFECCIOSO DE *Phakopsora pachyrhizi* EM SOJA POR TEMPO CRONOLÓGICO E POR GRAUS - DIA

ANDERSON LUIZ DURANTE DANELLI¹ E ERLEI MELO REIS²

RESUMO – Em experimento conduzido em câmara de crescimento na safra 2010/2011 determinou-se a duração dos períodos de incubação, latente e infeccioso e o potencial de esporulação de *Phakopsora pachyrhizi* em soja no cultivar BRS GO 7560 e BRS 246 RR através de tempo cronológico e graus-dias acumulados. Folíolos de soja destacados foram acondicionados em caixas de gerbox do tipo acrílico e inoculados com 20.000 uredosporos/mL. O experimento foi conduzido em blocos ao acaso com cinco repetições. Os gerboxes foram incubados sob fotoperíodo de 12 horas, nas temperaturas de 15, 20, 25 e 30 °C por 30 dias. As avaliações do número de lesões/cm², urédias/cm² e o número de urédias por lesão foram feitas aos 5, 10, 15, 20, 25 e 30 dias após a o início da esporulação. Discos recortados dos folíolos foram

¹Engenheiro agrônomo, mestrando do Programa de Pós-graduação em Agronomia (PPGAgro) da FAMV/UPF, Área de Concentração Fitopatologia.

²Orientador, Eng. Agr., Dr., professor da FAMV/PPGAgro/UPF - erleireis@upf.com.br.

transferidos para tubos de ensaio com 10 mL de água destilada com 0,01 mL/L de Tween 20, sendo agitados por cinco minutos. Com o auxílio de uma micropipeta retirou-se uma alíquota de 0,01 mL da suspensão depositando-se três gotas separadas sobre uma lâmina de microscopia. A contagem dos esporos foi feita por varredura sob microscópio. Para o cálculo dos graus-dia, foi utilizado a fórmula de Villa Nova et al., (1972). O período latente não apresentou diferença significativa para os cultivares BRS GO 7560 e BRS 246 RR. O uso de graus-dias acumulados auxilia na determinação dos períodos de incubação, latente e de infecção de vários fungos, em diferentes patossistemas, sendo um método mais preciso e com menos variações que o tempo cronológico. O uso de unidades de calor pode ser útil ao aperfeiçoamento dos sistemas de aviso de doenças de plantas e, possivelmente, mais preciso do que os até hoje utilizados baseados no período crítico para a infecção e disponibilidade do inóculo. O método de folíolo destacado pode ser utilizado em trabalhos de epidemiologia visando caracterizar as fases e sub-fases da infecção.

Palavras-chave: *Glycine max*, temperatura, ferrugem asiática, infecção.

**QUANTIFICATION OF INCUBATION, LATENT AND
INFECTION PERIODS OF *Phakopsora pachyrhizi* IN
SOYBEAN BY CHRONOLOGICAL TIME AND DEGREE
DAYS**

**ANDERSON LUIZ DURANTE DANELLI AND ERLEI
MELO REIS**

ABSTRACT- In an experiment conducted in a growth chamber in 2010/2011 growing season the duration of the incubation periods, and latent infection and sporulation potential of *Phakopsora pachyrhizi* on soybean in BRS GO 7560 and BRS 246 RR through chronological time and degree cumulative days were determined. Soybean leaflets were placed in acrylic-type boxes and inoculated with uredospores 20,000/mL. The experiment was conducted in randomized blocks with five replications. The gerboxes were incubated under 12 h photoperiod, at 15, 20, 25 and 30°C for 30 days. The number of lesion/cm², and the number uredia/cm², and lesions/cm² were taken at 5, 10, 15, 20, 25 and 30 days after the sporulation began. Leaflet discs were cut and transferred to test tubes with 10 mL of distilled water containing 0.01 ml/L Tween 20, and shaken for five minutes. With a micropipette 0.01 ml spore , three separate drops suspension was poured on a microscope slide. The spore count was performed by scanning the drops under a microscope. Degree-days calculation was done using

the Villa New et al. (1972) formula. The latent period was not significantly different for BRS GO 7560 and BRS 246 RR cultivars. The accumulated degree-days may be used to quantify those parameter. The use of heat units can be useful in improving the warning systems of plant diseases, and possibly more accurate than those used so far based on the critical period for infection and availability of the inoculum. The method of detached leaflet can be used in epidemiological studies to characterize the phases and sub-phases of infection.

Key words: *Glycine max*, temperature, asian soybean rust, infection.

1 INTRODUÇÃO

A ferrugem asiática da soja (FAS) causada pelo fungo *Phakopsora pachyrhizi* Sydow, vem reduzindo a produtividade em várias regiões produtoras de grãos (INDICAÇÕES TÉCNICAS, 2002), sendo que na região do Planalto do Rio Grande do Sul ocorreram reduções de até 48% (BALARDIN, 2002).

A principal estratégia de controle da FAS é a aplicação de fungicida nos órgãos aéreos das plantas. Em cultivares resistentes o patógeno não consegue se desenvolver plenamente ocorrendo uma diminuição do número e tamanho das lesões, redução da produção de uredíniosporos e do aumento dos períodos latente e infeccioso. Isso faz com que a população do patógeno seja reduzida, diminuindo a quantidade de inóculo e, conseqüentemente, a doença (AZEVEDO, 2007).

Os seres vivos respondem a estímulos que são considerados sinais do ambiente, como água, luz e temperatura (ZADOKS & SCHEIN, 1979). Muitos microorganismos tem a capacidade de manter sua temperatura corporal constante, sendo classificados como endotérmicos, outros não demonstram essa capacidade e são conhecidos como exotérmicos.

Os fungos apresentam a temperatura regulada pelo calor do ambiente o qual determina a duração do seu ciclo de vida e a mudança de fase desses organismos (MACHARDY & GADOURY, 1985; SHÖFFEL & VOLPE, 2002).

Partindo do princípio, que as fases do ciclo dos patógenos de plantas são afetadas pelo ambiente, e que para completarem cada estágio fisiológico em seu ciclo de vida, necessitam acumular certa quantidade de calor, normalmente expressa em graus-dia (GD), pode-se desenvolver com isso sistemas de aviso de doenças baseados no somatório do acúmulo diário de energia durante um período de tempo (OMETTO, 1981).

Este trabalho teve por objetivos determinar os períodos de incubação, latente e infeccioso de dois cultivares de soja com reação diferenciada a FAS através de unidades de calor expressas em graus-dias acumulados e por tempo cronológico mensurado em dias.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido no Laboratório de Fitopatologia-Micologia da Universidade de Passo Fundo- UPF, Passo Fundo/RS. O inóculo de *P. pachyrhizi* utilizado no experimento foi coletado em plantas de soja do município de Passo Fundo, e mantido por inoculações em plantas de soja em casa-de-vegetação.

Em câmara climatizada a 25 °C e fotoperíodo de 12 horas foram cultivados em vasos plásticos, o cultivar BRS GO 7560 e BRS 246 RR, de onde foram retirados os trifólios indenes para inoculação.

Para realização do experimento foram utilizados trifólios de soja que foram acondicionadas em caixas de acrílico do tipo gerbox (11 x 11 x 3,5 cm de altura) contendo no fundo uma espuma de nylon de aproximadamente 0,5 cm de espessura e coberta com uma folha de papel alumínio. Com o auxílio de uma pinça foi feito um orifício na folha de alumínio e na espuma para introduzir o pecíolo da folha. Em cada caixa foi transferido 20 mL de uma solução nutritiva de Murashige-Skoog-MS (1962), contendo macro e micronutrientes e vitaminas. Os recipientes foram mantidos em câmara de crescimento a 25 °C com fotoperíodo de 12 horas até o completo enraizamento.

Para a inoculação foram utilizados folíolos com abundante esporulação de *P. pachyrhizi*, introduzidos em uma garrafa plástica contendo 200 mL de água, e 0,01 mL/L de Tween 20, agitando-se em seguida manualmente a suspensão para a remoção dos esporos. Logo após, fez-se a contagem dos esporos pela varredura da lâmina de microscopia contendo uma gota de volume conhecido. A concentração da suspensão foi ajustada para um mínimo de 20.000 uredosporos/mL (AZEVEDO et al., 2007).

Os trifólios contidos nos gerboxes foram inoculados manualmente, com o auxílio de um borrifador de plástico manual.

Após a inoculação, as caixas foram colocadas em câmara climatizada do tipo D. B. O. (Demanda Biológica de

Oxigênio), permanecendo no escuro por 8 horas para a germinação e penetração dos uredosporos. Decorrido o tempo os gerboxes foram transferidos para câmara climatizada, sob fotoperíodo de 12 horas (8 lâmpadas de luz branca de 40 Watts de potência), distantes 30 cm das caixas e recebendo a solução nutritiva a cada três dias.

Foram testadas temperaturas constantes de 15, 22, 25, 30 °C. As avaliações foram realizadas diariamente sob lupa (Zeiss Stemi) com aumento de 40 X, observando-se o surgimento dos domos (urédias fechadas) e início da esporulação (urédias abertas com esporos visíveis). As avaliações foram feitas aos 5, 10, 15, 20 e 25 e 30 dias após o início da esporulação. Para cada repetição foram marcados, com o auxílio de um furador de rolha com 1,0 cm de diâmetro, dois círculos nos folíolos, sendo um do lado direito e outro do lado esquerdo, totalizando seis círculos por folha. Nesta área foi quantificado o número de lesões e de urédias/cm² e o número de urédias por lesão.

Os discos dos folíolos foram transferidos para tubos de ensaio com 10 mL de água destilada com Tween 20, sendo agitados manualmente. Com o auxílio de uma micropipeta retirou-se uma alíquota de 0,01 mL e depositou-se três gotas sobre uma lâmina de microscopia. A quantificação dos esporos foi realizada por contagem de varredura sob microscópio. Os dados foram expressos como número de uredosporos/cm², lesões/cm², urédias/cm² e o número de urédias por lesão.

Para o cálculo dos graus-dia, foi utilizado o método segundo Villa Nova et al., (1972), sendo: $GD = (T_{med} - LT_i)$, onde:

$GD =$ graus dia

$T_{med} =$ soma do valor da temperatura ocorrida em cada hora e dividido por 24 (temperatura média diária).

$LT_i =$ limiar térmico inferior.

A temperatura base (LT_i) de 6 °C utilizada foi a obtida por Carlini (2009). O potencial de esporulação foi determinado pela contagem do número de esporos, por cm^2 . O período latente foi considerado desde o momento da deposição dos esporos sobre a superfície da folha até o aparecimento dos primeiros urediniosporos. O período infeccioso foi considerado a partir do final do período latente até aos 30 dias finais do experimento ao iniciar a senescência dos folíolos.

O experimento foi conduzido em blocos inteiramente casualizados com cinco repetições para cada temperatura, os dados do potencial de esporulação, período de incubação e latente foram submetidas a um fatorial 2 x 2, sendo um fator as cultivares e o outro as temperaturas. As médias foram comparadas por Tukey a 5 % de significância.

3 RESULTADOS

O potencial de esporulação entre os cultivares BRS GO 7560 e BRS 246 RR, apresentaram interação significativa

(Tabela 1). As maiores médias de esporos/cm² foram verificadas no cultivar BRS 246 RR. Na temperatura de 15 °C o número de esporos produzidos não diferiu entre os dois cultivares, sendo que o BRS GO 7560 apresentou 2.756,6 esporos/cm² e o cultivar BRS 246 RR apresentou 2.942,2 esporos/cm². Na temperatura de 22 °C o número de esporos diferiu entre os cultivares, sendo que o BRS GO 7560 apresentou o menor número 2.500,2/cm² e o cultivar BRS 246 RR o maior número de 8.456,3/cm². Na temperatura de 25 °C ocorreu diferença estatística entre os cultivares, o BRS GO 7560 apresentou a menor média de esporos/cm² 4.012,8 e o cultivar BRS 246 RR a maior com 7.348,4/cm². Em relação as temperaturas também ocorreu diferença significativa, nos dois cultivares, no BRS 246 RR o maior número de esporos foi verificado na temperatura de 22 °C e no BRS GO 7560 na temperatura de 25 °C.

Tabela 1. Potencial de esporulação, [Esporos/cm² (n°)], de *Phakopsora pachyrhizi* dos cultivares BRS GO 7560 e BRS 246 RR sob diferentes temperaturas. Passo Fundo-RS, 2011

Temperaturas (°C)	Esporos/cm ² (n°)		Média
	BRS GO 7560	BRS 246 RR	
15	A 2.756,6 b	A 2.942,2 b	2.849,4
22	B 2.500,2 c	A 8.456,3 a	4.717,7
25	B 4.012,8 a	A 7.348,4 c	5.680,6
30	A 0,0 d	A 0,0 d	0,0
Média	B 2.317,4	A 4.686,7	
CV %		12,5	

^zMédias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não apresentam diferença significativa pelo teste de Tukey a 5,0 % de probabilidade.

^yMédias seguidas de mesma letra maiúscula na linha não apresentam diferença significativa pelo teste de Tukey a 5,0 % de probabilidade.

Quanto ao número de lesões/cm² não ocorreu interação significativa entre os cultivares e as temperaturas (Tabela 2). As médias entre os cultivares foram semelhantes, no cultivar BRS GO 7560 de 17,9 lesões/cm² e no cultivar BRS 246 RR 18,4 lesões/cm². Na média das temperaturas houve diferença significativa. Na temperatura de 15 °C foi verificado a menor média 21,8 lesões/cm² e nas temperaturas de 22 °C e 25 °C, as maiores médias 24,9 e 25,7 lesões/cm² respectivamente.

Tabela 2. Lesões/cm² (nº) de *Phakopsora pachyrhizi* nos cultivares BRS GO 7560 e BRS 246 RR, sob diferentes temperaturas. Passo Fundo-RS, 2011

Temperaturas (°C)	Lesões/cm ² (nº)		
	BRS GO 7560	BRS 246 RR	Média
15	22,6	21,1	21,8 c
22	24,6	25,3	24,9 a
25	24,4	27,1	25,7 a
30	0,0	0,0	0,0 d
Média	A 17,9	A 18,4	
CV %	8,5		

^zMédias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não apresentam diferença significativa pelo teste de Tukey a 5,0 % de probabilidade.

^yMédias seguidas de mesma letra maiúscula na linha não apresentam diferença significativa pelo teste de Tukey a 5,0 % de probabilidade.

Em relação ao número de urédias/cm² a interação foi significativa (Tabela 3).

Os menores números de urédias ocorreram no cultivar BRS GO 7560 e os maiores no BRS 246 RR.

O cultivar BRS GO 7560 nas temperaturas de 15, 22 e 25 °C apresentou 81,5; 168,8 e 231,6 urédias/cm² respectivamente, e no cultivar BRS 246 RR nas temperaturas de

15, 22 e 25 °C o número de urédias/cm² foi de 141,5; 291,5 e 372,7 urédias/cm² respectivamente.

Tabela 3. Urédias/cm² (n^o) de *Phakopsora pachyrhizi* nos cultivares BRS GO 7560 e BRS 246 RR, sob diferentes temperaturas. Passo Fundo- RS, 2011

Temperaturas (°C)	Urédias/cm ² (n ^o)		
	BRS GO 7560	BRS 246 RR	Média
15	B 81,5 c	A 141,5 c	111,5
22	B 168,8 b	A 291,5 b	230,1
25	B 231,6 a	A 372,7 a	302,2
30	A 0,0 d	A 0,0 d	0,0
Média	B 120,5	A 201,5	
CV %	9,5		

^zMédias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não apresentam diferença significativa pelo teste de Tukey a 5,0 % de probabilidade.

^yMédias seguidas de mesma letra maiúscula na linha não apresentam diferença significativa pelo teste de Tukey a 5,0 % de probabilidade.

Para o número de urédias/lesão ocorreu diferença significativa (Tabela 4). O menor número de urédias por lesão foi encontrada no cultivar BRS GO 7560. Na temperatura de 15 °C o cultivar BRS GO 7560 apresentou 3,6 urédias/lesão e o cultivar BRS 246 RR apresentou 6,7 urédias/lesão. Na temperatura de 22 °C o cultivar BRS GO 7560 apresentou 6,8 urédias/lesão e o cultivar BRS 246 RR apresentou 11,5 urédias/lesão. Na temperatura de 25 °C o cultivar BRS GO 7560 apresentou 9,5 urédias/lesão e o cultivar BRS 246 RR foi verificado 13,7 urédias/lesão. O maior número de urédias/lesão foi encontrado na temperatura de 25 °C.

Tabela 4. Urédias/lesão (n°) de *Phakopsora pachyrhizi* nos cultivares BRS GO 7560 e BRS 246 RR, sob diferentes temperaturas. Passo Fundo-RS, 2011

Temperaturas (°C)	Urédias/lesão (n°)		Média
	BRS GO 7560	BRS 246 RR	
15	B 3,6 c	A 6,7 c	5,1
22	B 6,8 b	A 11,5 b	9,1
25	B 9,5 a	A 13,7 a	11,6
30	A 0,0 d	A 0,0 d	0,0
Média	B 5,0	A 8,0	
CV %	11,5		

^zMédias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não apresentam diferença significativa pelo teste de Tukey a 5,0 % de probabilidade.

^yMédias seguidas de mesma letra maiúscula na linha não apresentam diferença significativa pelo teste de Tukey a 5,0 % de probabilidade.

No experimento onde se avaliou o efeito da temperatura na duração do período de incubação, em graus-dia (GDA), (Tabela 5) a interação não foi significativa. A 30 °C não ocorreu a infecção da ferrugem asiática nos trifólios avaliados. Nas duas cultivares estudadas os menores valores de graus-dias acumulados foram encontrados na temperatura de 15 °C e os maiores na temperatura de 25 °C. O efeito da temperatura no período de incubação, avaliado por tempo cronológico, apresentou interação significativa (Tabela 6), o menor número de dias foi encontrado na temperatura de 25 °C, nos dois cultivares, e o maior nas temperaturas de 15 °C nos dois cultivares.

Tabela 5. Efeito da temperatura (°C) na duração do período de incubação de *Phakopsora pachyrhizi*, em dois cultivares de soja BRS GO 7560 e BRS 246 RR, quantificado em graus-dia acumulado (GDA) com base na fórmula de Villa Nova et al., (1972), Passo Fundo-RS, 2011

Cultivar	Período incubação (GDA)				
	Temperatura (°C)				
	15 °C	22 °C	25 °C	30 °C	Média
BRS GO 7560	125,1	140,3	143,7	0,0	102,2 ^{n.s.}
BRS 246 RR	142,3	144,1	148,2	0,0	108,6
Média	A 133,7	A 142,2	A 145,5	B 0,0	
CV %	11,3				

²Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não apresentam diferença significativa pelo teste de Tukey a 5,0 % de probabilidade.

³Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha não apresentam diferença significativa pelo teste de Tukey a 5,0 % de probabilidade.

^xn.s. não significativo

Tabela 6. Efeito da temperatura (°C) na duração do período de incubação de *Phakopsora pachyrhizi*, em dois cultivares de soja BRS GO 7560 e BRS 246 RR, quantificado em tempo cronológico, Passo Fundo - RS, 2011

Cultivar	Período incubação (Dias)				
	Temperatura (°C)				
	15 °C	22 °C	25 °C	30 °C	Média
BRS GO 7560	A 13,9 a	B 8,7 a	B 7,5 b	C 0,0 a	7,5
BRS 246 RR	A 16,0 a	B 7,7 a	B 7,0 a	C 0,0 a	7,6
Média	A 14,9	C 8,2	B 7,25	D 0,0	
CV %	19,0				

²Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não apresentam diferença significativa pelo teste de Tukey a 5,0% de probabilidade.

³Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha não apresentam diferença significativa pelo teste de Tukey a 5,0% de probabilidade.

Quanto a duração do período latente avaliado por GDA não apresentou interação significativa (Tabela 7). Os

maiores valores de GDA foram encontrados na temperatura de 25 °C, e os menores na temperatura de 15 °C. Na avaliação por tempo cronológico a interação não foi significativa (Tabela 8), o maior número de dias foi verificado na temperatura de 15 °C e o menor na temperatura de 25 °C.

Tabela 7. Efeito da temperatura (°C) na duração do período latente de *Phakopsora pachyrhizi*, em dois cultivares de soja BRS GO 7560 e BRS 246 RR, quantificado em graus-dia acumulado (GDA) com base na fórmula de Villa Nova et al., (1972), Passo Fundo - RS, 2011

Cultivar	Período latente (GDA)				
	Temperatura (°C)				
	15 °C	22 °C	25 °C	30 °C	Média
BRS GO 7560	153,0	164,3	190,6	0,0	126,9 ^{n.s}
BRS 246 RR	148,6	168,3	191,3	0,0	127,1
Média	B 150,8	B 166,3	A 190,9	C 0,0	
CV %	11,1				

^zMédias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não apresentam diferença significativa pelo teste de Tukey a 5,0 % de probabilidade.

^yMédias seguidas de mesma letra maiúscula na linha não apresentam diferença significativa pelo teste de Tukey a 5,0 % de probabilidade.

^x n.s. não significativo

Tabela 8. Efeito da temperatura (°C) na duração do período latente de *Phakopsora pachyrhizi*, em dois cultivares de soja BRS GO 7560 e BRS 246 RR, quantificado em tempo cronológico, Passo Fundo-RS, 2011

Cultivar	Período latente (Dias)				Média
	Temperatura (°C)				
	15 °C	22 °C	25 °C	30 °C	
BRS GO 7560	17,0	10,2	8,0	0,0	9,3 ^{n.s.}
BRS 246 RR	19,0	9,3	8,0	0,0	9,5
Média	A 18,0	B 9,7	B 8,0	C 0,0	
CV %	13,0				

^zMédias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não apresentam diferença significativa pelo teste de Tukey a 5,0 % de probabilidade.

^yMédias seguidas de mesma letra maiúscula na linha não apresentam diferença significativa pelo teste de Tukey a 5,0 % de probabilidade

^xn.s. não significativo

O período de infecção não apresentou interação significativa, para GDA, os maiores valores foram encontrados na temperatura de 25 °C, nos dois cultivares e os menores valores foram encontrados na temperatura de 15 °C (Tabela 9). Na análise do tempo cronológico para o período de infecção a interação não foi significativa (Tabela 10), o maior número de dias foi verificado na temperatura de 25 °C, e o menor encontrado na temperatura de 15 °C.

Tabela 9. Efeito da temperatura (°C) na duração do período infeccioso de *Phakopsora pachyrhizi*, em dois cultivares de soja BRS GO 7560 e BRS 246 RR, quantificado em graus-dia acumulado (GDA) com base na fórmula de Villa Nova et al., (1972), Passo Fundo-RS, 2011

Cultivar	Período infecção (GDA)				
	Temperatura (°C)				
	15 °C	22 °C	25 °C	30 °C	Média
BRS GO 7560	117,0	315,73	418,0	0,0	212,7 ^{n.s.}
BRS 246 RR	99,0	331,73	418,0	0,0	212,2
Média	C 108,9	B 323,73	A 418,0	D 0,0	
CV %	10,0				

^zMédias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não apresentam diferença significativa pelo teste de Tukey a 5,0 % de probabilidade.

^yMédias seguidas de mesma letra maiúscula na linha não apresentam diferença significativa pelo teste de Tukey a 5,0 % de probabilidade.

^xn.s. não significativo

Tabela 30. Efeito da temperatura (°C) na duração do período de infecção de *Phakopsora pachyrhizi*, em dois cultivares de soja BRS GO 7560 e BRS 246 RR, quantificado em tempo cronológico, Passo Fundo-RS, 2011

Cultivar	Período infecção (Dias)				
	Temperatura (°C)				
	15 °C	22 °C	25 °C	30 °C	Média
BRS GO 7560	13,0	19,7	22,0	0,0	13,6 ^{n.s.}
BRS 246 RR	11,0	20,7	22,0	0,0	13,4
Média	B 12,0	A 20,2	A 22,0	C 0,0	
CV %	9,9				

^zMédias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não apresentam diferença significativa pelo teste de Tukey a 5,0 % de probabilidade.

^yMédias seguidas de mesma letra maiúscula na linha não apresentam diferença significativa pelo teste de Tukey a 5,0 % de probabilidade

^xn.s. não significativo

Na avaliação dos períodos de incubação, latente e infeccioso, a medida que a temperatura foi reduzida (15 °C), o acúmulo dos GD também diminuiu, conseqüentemente, demorando mais para surgir os primeiros sintomas e sinais. Nas temperaturas de 22 °C e 25 °C o acúmulo dos graus-dia foi maior, reduzindo o número de dias para o aparecimento dos primeiros sinais.

O período de incubação avaliado por tempo cronológico para o cultivar BRS GO 7560 e BRS 246 apresentou o maior período em dias, na temperatura de 15 °C e os menores períodos em dias nas temperaturas de 22 °C e 25 °C.

O período latente nas temperaturas de 15, 22 e 25 °C no cultivar BRS GO 7560 foi de 17,0; 10,2 e 8,0 dias respectivamente e no cultivar BRS 246 RR de 19,0; 9,3 e 8,0 dias respectivamente. Os maiores períodos latentes foram encontrados na temperatura de 15 °C e os menores nas temperaturas de 22 e 25 °C.

O período de infeccioso nas temperatura de 15, 22 e 25 °C no cultivar BRS GO 7560 foi de 13,0; 19,7 e 22,0 dias respectivamente e no cultivar BRS 246 RR de 11,0; 20,7 e 22,0 dias respectivamente. Os maiores períodos latentes foram encontrados nas temperaturas de 22 e 25 °C e os menores na temperatura de 15 °C.

4 DISCUSSÃO

Na comparação entre os cultivares BRS GO 7560 e BRS 246 RR, o número de esporos/cm², o número de urédias/cm² e urédias/lesão foram os parâmetros analisados que apresentaram as maiores diferenças entre os cultivares, onde o cultivar BRS GO 7560 apresentou os menores valores. Segundo Souza et al., (2009), o cultivar BRS GO 7560 é portador de um gene maior que confere resistência vertical à ferrugem da soja, e que sob alta densidade de inóculo, essa cultivar poderá apresentar algumas lesões de suscetibilidade de coloração parda, o que pode ser um indicativo do número de lesões encontrado no presente trabalho. Outro aspecto importante a ser lembrado é que pode ocorrer a “quebra” de resistência no decorrer dos anos de cultivo.

Vale salientar que uma variável mais adequada para quantificar a resistência dos cultivares de soja a ferrugem, seria a relação do número de urédias por lesão (BERGAMIM FILHO, 2006), o que com o presente trabalho confirma a resistência do cultivar BRS GO 7560 quando comparada com o cultivar BRS 246 RR.

Em trabalho realizado por Azevedo et al., (2007) a média do número de urédias/cm² variou de 4,54 a 7,88, onde os cultivares Emgopa 313, Nambu e M-SOY 8211 apresentaram os menores valores.

A resistência parcial a ferrugem da soja foi estudada por Vale et al., (1999) apud Azevedo et al.,(2007) e poucos cultivares apresentam resistência. Em 2002, na Embrapa Soja, selecionaram-se os cultivares que apresentaram baixa severidade de doença e ou lesões tipo PA (pardo-avermelhada), significando resistência parcial. Yorinori (2004) apud Azevedo et al., (2007) testou 432 genótipos de soja com isolados de *P. pachyrhizi* obtidos em 2002 (raça do Centro Sul) e observou que alguns se mostraram resistentes como: BRMS Bacuri, FT 2001, KIS 601, BRS 134, CS 201, FT 2, FT 3 e FT 17. Porém, todos esses genótipos apresentaram-se como suscetíveis em 2003.

O uso dos graus-dia (GDA) em fitopatologia é recente, a maioria dos trabalhos realizados até então só quantificara os diferentes períodos em dias para o fungo *P. pachyrhizi*, (CARLINI, 2009). Um dos primeiros trabalhos realizados na área da Fitopatologia utilizando graus-dia acumulados foi o de Tormelin & Jones (1983), quando desenvolveram um sistema de aviso da maturação de ascósporos de *Venturia inaequalis* (Cke) Wint. Os mais recentes trabalhos que utilizaram graus-dia em Fitopatologia foram o de Carlini (2009), Nicolini et al. (2009) e Lange et al. (2011) no patossistema soja *P. pachyrhizi*.

Segundo Carlini (2009) através da fórmula de Monteith (1977) os GDAs encontrados nas temperaturas 10, 15, 20 e 25 °C foram 150, 158, 207 e 278 respectivamente para o período latente e para o infeccioso 32, 135, 362, 487

respectivamente. Através da fórmula de Russelle et al.(1984) os GDAs para o período latente foram de 126, 199, 203 e 273 e para o período infeccioso 31,5 ; 133; 304,5 e 409 para as temperaturas de 10, 15, 20 e 25 °C respectivamente. O período latente variou de 14 a 28 dias e o período infeccioso de 7 a 21 dias.

No trabalho de Lange et al. (2011) o cálculo GDAs foi realizado com a fórmula de Russelle et al. (1984), para o período de incubação nas temperaturas de 15, 20, 25 e 30 °C na maior temperatura não ocorreu a infecção os GDAs foram de 117,42; 138,98; 159,07 e 0 respectivamente. Para o período latente os GDAs foram de 175,29; 359,20; 461,85 e 0. Já para o período de infecção os GDAs acumulados foram de 21,15; 31,57; 31,06 e 0. No trabalho realizado por Lange et al., (2011) a temperatura basal foi diferente para cada período levando em consideração a fórmula de Monteith (1977) onde assume que cada sub-período tem uma taxa de desenvolvimento. O período de incubação variou de 7,13 a 10,53 dias, o período latente de 9,39 a 11,98 dias e o período infeccioso de 14,11 a 20,96 dias. Já Balardin et al., (2005) em estudo com 23 cultivares o tempo de incubação variou de 9 a 22 dias.

Em trabalho realizado por Zambenedetti et al. (2007) para estudar parâmetros monocíclicos e o progresso da ferrugem da soja em diferentes genótipos, em casa-de-vegetação com os cultivares Uirapuru e BRS 134 Pintado, BRS 154, BRS 215, FT 2, BRS 231 e uma PI 459025 com gene de resistência

Rpp4, o período de incubação foi de seis dias para todos genótipos avaliados. Entretanto, o período latente variou de 6 a 12 dias.

Em trabalho realizado no Japão por Kitani & Inoue, (1960), o período latente foi de 13 dias a 18 °C e na Austrália, em regime de temperatura variando de 7 a 17 °C o período latente foi de 14 dias e variando as temperaturas de 17 a 27 °C foi de 9 dias e 11 dias no regime de temperatura variando de 22 a 32 °C (KOCHMAN,1979).

O efeito da temperatura no período latente também foi estudado por Alves et al., (2006), o menor período latente foi de 9 dias a temperatura de 22,5 °C.

5 CONCLUSÕES

O período latente não apresentou diferença significativa para os cultivares BRS GO 7560 e BRS 246 RR.

O uso de graus-dias acumulados auxilia na determinação dos períodos de incubação, latente e de infecção de vários fungos, em diferentes patossistemas, sendo um método mais preciso e com menos variações que o tempo cronológico.

O uso de unidades de calor pode ser útil ao aperfeiçoamento dos sistemas de aviso de doenças de plantas e, possivelmente, mais preciso do que os até hoje utilizados baseados no período crítico para a infecção e disponibilidade do inóculo.

O método de folíolo destacado pode ser utilizado em trabalhos de epidemiologia visando caracterizar as fases e sub-fases da infecção.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGOSTINETTO, L. Danos e controle químico da mancha marrom e do oídio da cevada. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Produção vegetal) – CAV, Centro de Ciências Agroveterinárias da Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, 2011.

AGOSTINI, R. W.; DEUNER, C.C.; GHISSI, V. C.; GUTERRES, L.E. Aplicação de fungicida em cultivar de soja resistente à ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) In: XX Mostra de Iniciação Científica, 2010. Passo Fundo: Universidade de Passo Fundo, 2010. CD-ROM.

AGRIOS, G.N. Plant Pathology. Burlington, MA: Elsevier Academic, 2005, 922p.

ALESSIO, D. Momento e número de aplicações de fungicidas e seu efeito sobre a duração da área foliar sadia e o rendimento de grãos em soja Passo Fundo, 2008. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitopatologia)- Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária - Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2008.

ALMEIDA, F.S.; GONÇALVES, L. Efeitos da temperatura e do alimento no desenvolvimento de *Dysdercus maurus* Distant (Hemiptera, Pyrhocoridae). *Revista Brasileira de Entomologia.*, 51(4): 506-511, 2007.

ALMEIDA, R.; FORCELINI, C. A. ; GARCEZ, F. Controle de doenças em soja através de aplicações antecipadas de fungicidas. In: Congresso Brasileiro de Fitopatologia, 2009, Rio de Janeiro. *Tropical Plant Pathology.*, Sociedade Brasileira de Fitopatologia, Brasília, v. 34. p. 79-79.2009.

ALLIPRANDINI, L. F.; ABATTI, C.; BERTAGNOLLI, P. F.; CAVASSIM, J. E.; GABE, H. L.; KUREK, A.; MATSUMOTO, M. N.; OLIVEIRA, M. A. R. de; PITOL, C.; PRADO, L. C.; STECKLING, C. Understanding soybean maturity groups in Brazil: environment, cultivar classification, and stability. *Crop Science, Madison*, v. 49, n. 3, p. 801-808, 2009.

ALVES, K. J. P.; FERNANDES, J. M. C. Influência da temperatura e da umidade relativa do ar na esporulação de *Magnaporthe grisea* em trigo. *Fitopatologia Brasileira*, vol.31, nº6, Brasília Nov./Dec. 2006.

ALVES, S.A.M. Quantificação de parâmetros da pré-penetração e monocíclicos relacionados ao patossistema *Phakopsora pachyrhizi* - soja, 2007. Tese (Doutorado em Agronomia) Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2007.

ANDRADE, P. J. M.; ARARIPE A. D. F. A. Controle da ferrugem asiática da soja. In: ZAMBOLIM.(Edt.). Ferrugem asiática da soja. 1º Ed. Viçosa-MG, 2006. p.61- 72.

ARIAS, C.A.A.; RIBEIRO, A.S.; YORINORI, J.T.; BROGIN, R.L.; OLIVEIRA, M.F.; TOLEDO, J.F.F. Inheritance of resistance of soybean to rust (*Phakospora pachyrhizi* Sidow). Anais, VII World soybean research conference, Foz do Iguaçu, PR. 2004. p-100.

AZEVEDO, L.A.S.; JULIATTI, F.C.; BARRETO, M. Resistência de genótipos de soja à *Phakopsora pachyrhizi*. *Summa phytopathologica.*, v.33, nº 3, 2007, p.252-257.

BALARDIN, R.S. Doenças da soja. Santa Maria: Ed. Autor, 2002. 107p.

BALARDIN, R.S.; NAVARINI, L.; DALLAGNOL, L.J. Epidemiologia da soja. In JULIATTI, F.C.; POLIZEL, A.C.; HAMAWAKI, O.T. Orgs. I Workshop Brasileiro sobre a Ferrugem asiática. Uberlândia/MG, Ed. Edufu, 2005, 39-53p.

BERGAMIN FILHO, A.; AMORIM, L. Doenças de plantas tropicais: epidemiologia e controle econômico. São Paulo: Ed. Agronômica Ceres, 1996, 289 p.

BERGAMIN FILHO, A. Curvas de progresso da doença. In: BERGAMIN FILHO, A.; KIMATI, H.; AMORIM, L., A. Manual de fitopatologia: princípios e conceitos. Volume 1: Terceira edição. Editora Agronômica Ceres Ltda, 1995. 919p.

BERGAMIN, FILHO. A. Epidemiologia comparativa: ferrugem da soja e outras doenças. In: ZAMBOLIM.(Edt.). Ferrugem asiática da soja.1º Ed. Viçosa-MG, 2006.p.15-32.

BLUM, M. M. C. Sensibilidade de *Phakopsora pachyrhizi* a fungicidas. 2009. Tese (Doutorado em Agronomia/Fitopatologia) – Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2009.

BLUM, M. M. C.; REIS, E. M.; FORCELINI, C. A. Progresso da ferrugem da soja. *Fitopatologia Brasileira.*, v. 29, S248, 2004. (Resumo)

BOLLER, W. Aspectos econômicos da aplicação de fungicidas em órgãos aéreos. In: Reis, E. M. Org. Critérios indicadores do momento para aplicação de fungicidas em soja e trigo. Passo Fundo, Aldeia Norte, 2009, v. 1, p. 31-45.

BOHATCHUK, D. A.; CASA, R. T.; BOGO, A.; KUHNEM, J. P. R.; REIS, E. M. MOREIRA, E. E. N. Modelo de ponto crítico para estimar danos de doenças foliares do trigo em patossistema múltiplo. *Tropical Plant Pathology.*, 33: 354-360, 2008.

BONALDO, S. M.; DE PAULA, D. L., CARRÉ-MISSIO, V. Avaliação da aplicação de fungicida em milho “safrinha” no Município de Boa esperança Paraná. *Campo Digit@l.*, v.5, n.1, p.1-7, Campo Mourão, dez., 2010.

BROMFIELD, K. R. Soybean rust. *The American Phytopathological Society*. Monograph n° 11. St. Paul, 1984. p. 65.

BROMFIELD, K.R; MELCHING, J.S.; KINGSOVER, C.H. Virulence and aggressiveness of *Phakopsora pachyrhizi* isolates causing soybean rust. *Phytopathology.*,70:17-21, 1980.

BROMFIELD, K.R; HARTMIG, E.E. Resistance to soybean rust and mode of inheritance. *Crop Science*, Madison, v.20, n.2, p. 254-255, 1980.

CALDWELL, P.; LAING, M. Soybean rust – A new disease on the move. 2002. Capturado na internet. Characterization of *Phakopsora pachyrhizi* (Uredinia and telia) in Argentina. *Plant Disease* 89:109, 2005.

CAMPBELL,C.L.; MADDEN, L. V. Introduction to Plant Disease Epidemiology. New York. John Wiley & Sons 1990,532p.

CANTERI, M. G. Uso de medidas da área foliar sadia e refletância no manejo da mancha angular do feijoeiro. 1998. Tese (Doutorado em Agronomia/Fitopatologia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiros” - Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1998.

CARLINI, R.C. Germinação de uredosporos e período latente de *Phakopsora pachyrhizi* determinado por tempo cronológico e unidades de calor. 2009. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitopatologia) – Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2009.

CARRARO, I. M. Novos Desafios da Soja Brasileira: Encontro Técnico 7. Cascavel: COODETEC/BAYER Crop Science, 2003. 114p.

CARVALHO, A. A.; FIGUEIREDO, M. B. A verdadeira identidade da ferrugem da soja no Brasil. *Summa Phytopathologica*, Botucatu, v. 26, p. 197-200, 2000.

CASA, R. T.; REIS, E. M.; BLUM, M. M. C. Critério: limiar de dano econômico (LDE) e quantificação de dano. In: Erlei Melo Reis. (Org.). Critérios indicadores do momento para aplicação de fungicidas visando ao controle de doenças em soja e trigo. 1 ed. Passo Fundo: Aldeia Norte Editora, 2009, v. 1, p. 66-78.

CIVIDANES, F.J.; CARVALHO, D.R. Uso de graus-dia para a previsão de ocorrência de ninfas e adultos de *Piezodorus guildinii* (West.) (Heteroptera: Pentatomidae) em soja. *Anais da Sociedade Brasileira de Entomologia*, 29(2): 269-275, 2000.

CIVIDANES, F.J.; SOUZA, V.P. Exigências térmicas e tabelas de vida de fertilidade de *Myzus persicae* (Sulzer) (Homoptera: Aphididae) em laboratório. *Neotropical Entomology*, 32(3): 413-419, 2003.

COMPANHIA NACIONAL DO ABASTECIMENTO. Safras e grãos. Brasília, DF. Disponível em <<http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1253&t=2>>. Acesso em 08/12/11

COOK, R. J.; HIMS, M. J.; VAUGHAN, T. B. Effects of fungicide spray timing on winter wheat disease control. *Plant Pathology*, v. 48, p. 33 – 50, 1999.

CORREA, L.R.B.; SANTA-CECÍLIA, L.V.C.; SOUZA, B.; CIVIDANES, F.J. Efeito de diferentes temperaturas e exigências térmicas da cochonilha-branca *Planococcus citri* (Risso,1813) (Hemiptera: Pseudococcidae) em cafeeiro. *Arq. Inst. Biol.* 75(1): 53-58, 2008.

COSTAMILAN, L. M.; FERREIRA, P. E. P. Estimativa de perdas causadas pela ferrugem de soja no Rio Grande do Sul, safra 2009/10. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2010. 11 p. html. (Embrapa Trigo. Documentos Online, 121). Disponível em: <http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p_do121.htm> Acesso 11/01/2012.

COSTAMILAN, L.M. BERTAGNOLLI, P. F.; YORINORI, J. T. Perda de rendimento de grãos de soja causada pela ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*). *Fitopatologia Brasileira* 27: 100. 2002. (Resumo).

DANELLI, A. L. D.; REIS, E.M.; DEUNER, C.C.; AVOZANI, A.; ZOLDAN, S. M.; TONIN, R. B.; RANZI, C.; CAMERA, J. N; VIANA, E.; BRUSTOLIN, R.; ROSSI, R. L. Ocorrência de *Phakopsora pachyrhizi* em feijão no Rio Grande do Sul In: XLIV Congresso Brasileiro de Fitopatologia, 2011, Bento Gonçalves. *Tropical Plant Pathology*, v.36. p.302 – 302, 2011.

DESLANDES, J.A. Ferrugem da soja e de outras leguminosas causada por *Phakopsora pachyrhizi* no estado de Minas Gerais. *Fitopatologia Brasileira*, 4:337-339, 1979.

EMBRAPA AGROMETEROLOGIA .Acesso em 17/11/2011. <http://www.cnpt.embrapa.br/pesquisa/agromet/app/principal/agromet.php?ano=2010>.

GARCÉS, F.F.R. Efeito do programa de aplicações de fungicidas no progresso da ferrugem da soja no seu controle e na área foliar. 2010. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitopatologia) – Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2010.

GODOY, C. V.; DA SILVA, L. H. C. P. ; UTIAMADA; C. M., SIQUERI, F. V.; LOPES, I. D. O. N.; ROESE, A. D.; MACHADO, A. Q.; FORCELINI, C. A.; PIMENTA, C. B. C.; NUNES, D. M. Eficiência de fungicidas para controle da ferrugem asiática da soja, *Phakopsora pachyrhizi*, na safra 2008/09. Resultados sumarizados dos ensaios cooperativos. Reunião do Consórcio Antiferrugem Safra 2008/09. Documento 315, 2009, p. 71-88. (Resumos).

GODOY, C.V.; DEL PONTE, E.M.; CANTERI, M. Epidemiologia da ferrugem da soja. In.: II Workshop de Epidemiologia. Campos do Jordão. 2007. p.77-81. (Resumos).

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.

HARTIWIG, E.E.; BROMFIELD, K.R. Relationships among three genes conferring specific resistance to rust in soybeans. *Crop Science, Madison*, v.23, n.1, p 237- 239, 1983.

HARTIWIG, E.E. Identification of a fourth major gene conferring resistance to soybean rust. *Crop Science, Madison*, v.26, n.4, p 1135- 1136, 1986.

HARTMAN, G. L.; WANG, T. C. ; HYMOWITZ, T. Sources of resistance to soybean rust in perennial *Glycine* species. *Plant Disease.*, 4:396-399, 1991.

HARTMAN, G.; SINCLAIR, J.; RUPE, J. Compendium of soybean diseases. APS Press, 1999.

HARTMAN, G.L.; WANG, T.C.; TSCHANZ, A.T. Soybean rust development and the qualitative relationship between rust severity and soybean yield. *Plant disease.*, 75:596-600. 1991.

HUBER, L.; GILLESPIE, T.J. Modelling leaf wetness in relation to plant disease epidemiology. *Annual Review of Phytopathology.*, v.30, p. 553 – 557,1992.

INDICAÇÕES TÉCNICAS PARA A CULTURA DA SOJA NO RIO GRANDE DO SUL E EM SANTA CATARINA 2002/2003. Reunião de Pesquisa de soja da Região Sul, 30. Cruz Alta: FUNDACEP/FECOTRIGO, 2002. 140p

INDICAÇÕES TÉCNICAS PARA A CULTURA DA SOJA NO RIO GRANDE DO SUL E EM SANTA CATARINA 2008/2009. Reunião de Pesquisa da soja da Região Sul, 36. , 2008, Porto Alegre. Porto Alegre: Fepagro, 2008. 144 p.

INDICAÇÕES TÉCNICAS PARA A CULTURA DA SOJA NO RIO GRANDE DO SUL E EM SANTA CATARINA 2009/2010. Reunião de Pesquisa da soja da Região Sul, 38, 2010, Porto Alegre. Porto Alegre: UFRGS, 2010.

INDICAÇÕES TÉCNICAS DA COMISSÃO SUL-BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO E TRITICALE – 2011. Reunião da Comissão Sul – Brasileira de Pesquisa de Trigo, Dourados - MS, Agosto, 2011, 157 p.

KIM, K. S.; WANG, T. C.; YANG, X. B. Simulation of apparent infection rate to predict severity of soybean rust using a

fuzzy logic system. *Phytopathology*, St. Paul, v. 95, p. 1122-1131, 2005.

KIM, K.R. Weather – Driven models for rice leaf blast and their implementation to fore cast disease development on the near real – time basis. (Doctoral Thesis). Seoul. 2001.

KITANI, K.; INOUE, Y. Studies on soybean rust and its control measure. Part 1. Studies on the soybean rust. *Shikoku National Agricultural Experiment Station Bulletin*. v.5, p. 319-342, 1960.

KOCHMAN, J. K. The effect of temperature on development of soybean rust (*Phakopsora pachyrhizi*). *Australian Journal Agricultural Research*. 30:273-277. 1979.

LANGE, M.S.; DEUNER, C. C.; GHISSI, V.C. ; BELEDELLI, G.L.; DANELLI, A. ; REIS, E.M. . Efeito da temperatura nas fases do ciclo biológico de *Phakopsora pachyrhizi*. In: XIV Congresso Brasileiro de Fitopatologia, 2011, Bento Gonçalves-RS. *Tropical Plant Pathology*., v. 36. p. 210-210, 2011.

LOPES, D.B.; BERGER , R.D. Absorção da área foliar sadia (HAA): uma nova abordagem para a quantificação de dano e para o manejo integrado de doença. *Summa Phytopathologica*., v.20, p.143- 151, 1994.

MACHARDY, W. E.; GADOURY, D. M. Forecasting the seasonal maturation of ascospores of *Venturia inaequalis*. *Phytopathology*. v. 75 n. 4, 1985.

MARTINS, T. D. Aspectos epidemiológicos da ferrugem alaranjada da cana-de-açúcar. 2010. Tese (Doutorado/ Agronomia/Epidemiologia) Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2010.

MAUDE, R. B. Seed borne disease and their control. Principles and practice. CAB International, Wallingford, 1996. 280p.

McLEAN, R. J.; BYTH, D.E. Inheritance of resistance to rust (*Phakopsora pachyrhizi*) in soybeans. Australian Journal of Research, Melbourne, v.31,n.5, p.951-956, 1980.

MEDEIROS, G.A.; ARRUDA, F. B.; SAKAI, E.; BONI, N. R. Crescimento vegetativo e coeficiente de cultura do feijoeiro relacionados a graus-dias acumulados. *Pesquisa Agropecuária Brasileira.*, 35(9): 1733-1742, 2000.

MELCHING, J.S.; BROMFIELD, K.R.; KINGSOLVER, C.H. Infection, colonization and uredospore production on Wayne soybean by four cultures of *Phakopsora pachyrhizi*. *Phytopathology.*, 69:1262-1265, 1979.

MELCHING, J.S.; DOWLER, W.M.; KOOGLE, D.L.; ROYER, M.H. Effects of duration, frequency, and temperature of leaf wetness periods on soybean rust. *Plant concept for yield, crop and diseases thersholds. Plant Disease.*, v.77, 211-215, 1993.

MELLO FILHO, O.L.; NUNES JÚNIOR, J.; NEIVA, L.C.S.; NUNES, M.R.; TOLEDO, R.M.C.P.; VIEIRA, N.E.; FARIAS NETO, A.L.; MOREIRA, C.T.; BORGES, A.O.; COUTO, M.B.; MONTEIRO, P.M.F.O.; BROGIN, R.L.; MEYER, M.C.; SEII, A.H.; CÂMARA, A.R.; VAZ BISNETA, M. Extensão de registro da cultivar de soja BRSGO 7560 para Mato Grosso. Resumos da XXXII Reunião de Pesquisa de Soja da Região Central do Brasil - São Pedro, SP, agosto de 2011. p. 280-281.

MELO, L.A.M.P.; TENENTE, R.C.V.; OLIVEIRA, M.R.V. Cálculo de graus-dia acumulados para subsidiar ações de gerenciamento de risco de pragas. Comunicado Técnico 145, Brasília – DF, out. 2006, 13p.

MONTEITH, J. L. Climate. In *Ecophysiology of tropical crops*. Academic Press. p. 1-25, 1977

MOREIRA, N. E. Ferrugem asiática da soja: comparação de sistemas de aviso e a ocorrência em diferentes estádios fenológicos. 2009. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitopatologia) – Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2009.

MOREL, W. Roya de la soja. Comunicado técnico – Reporte oficial. Serie Fitopatológica nº1 – Junho de 2001. Ministerio de Agricultura y Ganaderia. Subsecretaria de Agricultura. Dirección de Investigación Agrícola. Centro de Investigación Agrícola (CRIA) Capitán Miranda, Itapúa, Paraguay.

MUNFORD, J. D.; NORTON, G. A. Economic of decision making in pest management. *Annual Review Entomology* v.29: 157 -174.1984.

MURASHIGE T. & SKOOG F.; A revised médium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. *Physiologia plantarum*. Kopenhagem. V. 15, p 473 – 497, 1962.

NASCIMENTO, J.F.; BASTISTA VIDA, J.; TESSMANN, D.J. Ferrugem asiática da soja. 2007, p. 10. (Documento online). Disponível:<http://www.amea.org.br/pesquisa_doc/SojaxFerrugem%20.pdf>. Acesso 11/01/2012.

NERBASS FILHO, J. M.; CASA, R. T.; KUHNEM JÚNIOR, P. R.; GAVA, F.; BOGO, A. Modelos de pontos críticos para relacionar o rendimento de grãos de aveia branca com a intensidade de doença no patossistema múltiplo ferrugem da

folha – Helminthosporiose. *Ciência Rural.*, vol.40, n°1, Santa Maria Jan./Feb. 2010

NICOLINI, F.; TSUKAHARA, R.Y. ; CARLINI, R.C.; DEUNER, C. C. Critérios baseados em sistemas de aviso: modelo baseado em unidades de calor. In: Critérios indicadores do momento para aplicação de fungicidas visando ao controle de doenças em soja e trigo. Passo Fundo: Aldeia Norte Editora. v.1, p. 116-128, 2009.

NUTTER, F. W. ; JENCO, J. H. Development of a critical-point yield loss model to estimate yield losses in corn caused by *Cercospora zea-maydis*. *Phytopathology*, 82:990-994, 1993.

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

OLIVEIRA, A.C.B.; GODOY, C.V.; MARTINS, M.C. Avaliação de cultivares de soja à ferrugem asiática no oeste da Bahia. *Fitopatologia Brasileira.*, v.30, p. 658-662, 2005.

OMETTO, J. C. Bioclimatologia vegetal. São Paulo: Ed. Agronômica Ceres, p. 440, 1981.

PINKERTON, J.N.; SANTO, G.S.; MOJTAHEDI, H. Population dynamics of *Meloidogyne chitwoodi* on *Russet Burbank* potatoes in relation to degree-day accumulation. *Journal of Nematology* 23:283-290, 1991.

PEREIRA, A.R.; ANGELOCCI, L.R.; SENTELHAS, P.C. Agrometeorologia – Fundamentos e aplicações práticas. Livraria e Editora Agropecuária, 2002. 478-p.

PIVONIA, S.; 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. *Plant disease.*, v.96, p.400-407, 2006.

POLIZEL, A.C.; JULLIATI, F.C.; JULLIATI, F.C. Resistência parcial de genótipos de soja quanto a ferrugem asiática sob inoculação artificial. ENCICLOPÉDIA BIOSFERA, Centro Científico Conhecer - Goiânia, vol.6, N.11; 2010, 11p

PRELA, A. P.; RIBEIRO, A. M. A. Soma de graus-dia para o sub-período semeadura-maturação do amendoazeiro. *Revista Brasileira de Agrometeorologia* 8(2): 319-322, 2000.

REIS, E. M.; CASA, R. T.; MICHEL, C. Ocorrência de epidemia da ferrugem da soja no Rio Grande do Sul na safra 2001/2002. *Fitopatologia Brasileira.*, 27:198-199. 2002a (Suplemento).

REIS, E.M.; HOFFMANN, L. L.; BLUM, M.M. Modelo de ponto crítico para estimar os danos causados pelo oídio em cevada. *Fitopatologia Brasileira.*, v. 27, p. 644 – 646, 2002b.

REIS, E. M. Previsão de doenças de plantas. Passo Fundo: Editora Universidade de Passo Fundo. 2004. 316p.

REIS, E. M.; ZANATTA, M.; BOGORNÍ, R.; REMOR, L.; BARUFFI, D. A. Curva de progresso da ferrugem da soja em Passo Fundo/RS. *Fitopatologia Brasileira.*, 31:139, 2006b. (Suplemento).

REIS, E. M.; BRESOLIN, A. C. R.; CARMONA, M. Doenças da soja I: Ferrugem asiática. Passo Fundo Ed. Universidade de Passo Fundo, 2006a. 48p.

REIS, E.M., CASA, R.T. Doenças dos Cereais de Inverno: diagnose, epidemiologia e controle. 2 ed. Lages: Graphel, 2007. 176p.

REIS, E. M.; MOREIRA, E. N.; CASA, R. T.; BLUM, M. M. C.; Eficiência e persistência de fungicidas no controle do oídio do trigo via tratamento de sementes. *Summa phytopathologica.*, vol.34 n^o.4 Botucatu Oct./Dec. 2008.

RITCHIE, S.; HANWAY, J.J.; THOMPSON, H.E., 1982. How a Soybean Plant Develops. Ames, Iowa State University of Science and Technology, Coop. Ext. Serv. 20p. (Special Report, 53) - Adaptado por José Tadashi Yorinori, 1996, Embrapa Soja, Londrina.

ROGER, J.; REDDING, J. USDA confirms soybean rust in United States. USDA APHIS News, Release N^o. 0498.04. (Documento online). Disponível em <<http://www.usda.gov/wps/portal>>2004.

ROSSI, R. First report of *Phakopsora pachyrhizi* the causal organism of soybean rust in the province of Misiones, Argentina. *Plant Disease* 87:102. 2003.

RUSSELE, M.P.; WILHELMY, W.; OLSONZ. R.A.; POWER, J.F. Growth analysis based on degree days. *Crop Science*, v.24, n.1, p.28-32, 1984.

RUPE, J.; L. SCONYERS. Ferrugem asiática da soja. Portuguese translation by CHERUBINI, R. A.; DEL PONTE, E.M 2008. *The Plant Health Instructor*. DOI: 10.1094/PHI-I-2008-1015-01.

SAH, D. N.; MACKENZIE, D.R. Methods of generating different levels of disease epidemics in loss experiments. In TENG, P.S. (Ed.) *Crop loss assesment and pest management*. St. Paul, MN: American Phytopathological Society, p.90-95,1987.

SEDIYAMA, T.; TEIXEIRA, R.C.; BARROS, H.B. Cultivares. In: SEDIYAMA, T. (Ed.). Tecnologias de produção e usos da soja. Londrina: Mecenas, 2009. p.77-91.

SHÖFFEL, E. R.; VOLPE, C. A. Relação da soma térmica efetiva e o crescimento da soja. *Revista Brasileira de Agrometeorologia.*, Santa Maria, v. 10, n. 1, p. 89-96, 2002.

SINCLAIR, J.B. ; HARTAMN, G. L. Soybean rust workshop, 9 – 11 August 1995. College of Agricultural, Consumer, and Environmental Sciences, National Soybean Research Laboratory Publication Number 1, Urbana, Illinois. 68 p. 1995.

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

SINGER, A. C.; YORINORI, J. T. Eficácia do prothioconazole (Proline 250 EC) em comparação com outros fungicidas recomendados no controle da ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*). *Fitopatologia Brasileira.*, v.32, p. 326, 2007. Suplemento.

SOUSA, P. F. C.; ALVES; DE CASTRO, H. A.; DE SOUZA P. E.; ALMEIDA, Á. M. R. D.; HOCHENBACH, S. R. Distribuição e identificação de *Phakopsora pachyrhizi*, agente causal da ferrugem da soja no estado de Minas Gerais. *Ciência Agrotécnica.*, vol.31 n°3 Lavras, 2007.

SOUZA, P. I.M.; TOLEDO, J. F. F.; MOREIRA, C. T.; FARIAS NETO, A.; DA SILVA, S.A.; ARANTES, N. E.; MELLO FILHO, O.; CARNEIRO, G. E. S.; MONTEIRO, P. M. F. O. Variedade de soja resistente à ferrugem (BRS GO 7560): posicionamento da nova tecnologia. In: REUNIÃO DO CONSÓRCIO ANTIFERRUGEM SAFRA 2008-2009, 2009, Londrina, PR. (Resumos) p. 89-92.

TOMERLIN, J.R.; JONES, A.L. Effect of temperature and relative humidity on the latent period of *Venturia inaequalis* in apple leaves. *Phytopathology.*, 73(1): 51-54, 1983.

TSUMANUMA, M.G; SOARES, A.R.; FANCELLI, L.A.; RODRIGUES, T.A.M.; BEGLIOMINI, E. Efeito de herbicidas e fungicidas nas curvas de progresso e quantificação de danos causados pela ferrugem asiática da soja. *Ciência Rural.*, Santa Maria, v40, n 7, p. 1485-1491, 2010.

VAKILI, N.G. (ed.) Proc. Workshop on soybean rust in the Western Hemisphere, Mayagüez, 14-17 November. Puerto Rico, USDA-ARS, Mayagüez Institute of Tropical Agriculture. 1978.

VALE, F. X. R.; ZAMBOLIM, L.; CHAVES, G.M. Efeito do binômio temperatura-duração do molhamento foliar sobre a infecção por *Phakopsora pachyrhizi* em soja. *Fitopatologia Brasileira.*, Brasília v.15, p.2000-2002, 1999.

VALE, F.X.R.; CINTRA, W.J.J.; ZAMBOLIM, L., Epidemiologia aplicada ao manejo de doenças de plantas. Belo Horizonte. Editora: Perffil, 2004. 531p.

VERNETTI, F.J. Soja: Genética e melhoramento. Campinas - SP: Fundação Cargill, 1983. 2 v.

VIERO, V.C.; FORCELINI, C.A. Aplicações curativas de fungicidas e seus efeitos sobre infecções latentes da ferrugem asiática em soja. *Fitopatologia Brasileira.*, v.32, 2007. (Suplemento).

VILLA NOVA, N.A.; PEDRO Jr. M.J.; PEREIRA, A.R.; OMETTO, J.C. Estimativa de graus-dia acumulados acima de qualquer temperatura base em função das temperaturas máxima e mínima. *Ciências da Terra.*, 30:1-8, 1972.

WAGGONER, P.E.; BERGER, R.D. Defoliation, disease and growth. *Phytopathology.*, St. Paul, v.77, n.3, p.393-398, 1987.

YAMAOKA, C.Y.; FUJIWARA, Y.; KAKISHIMA, M.; KATSUYA, K.; HAGIWARA, H. Pathogenic races of *Phakopsora pachyrhizi* on Soybean and wild host plants collected in Japan. *Journal of and Plant Pathology, Japan*, v.68, n.1, p. 52-56, 2002.

YORINORI, J. T. A. Ferrugem asiática da soja no continente Americano: Evolução importância econômica e estratégias de controle. In: JULIATTI, F.C.; POLIZEL, A.C. & HAMAWAKI, O.T. (eds.) I Workshop Brasileiro sobre a ferrugem asiática da soja. Uberlândia- MG: EDUFU, 232 p. 2005.

YORINORI, J. T. Ferrugem asiática da soja (*Phakopsora pachyrhizi*): ocorrência no Brasil e estratégias de manejo. II Encontro brasileiro sobre doenças da cultura da soja. Editora Aldeia Norte p. 47-54. 2002.

YORINORI, J.T. Soybean rust: general overview. In: World Soybean Research Conference, 2004, Foz do Iguaçu. Proceedings. Londrina: Embrapa Soja, 2004.p. 1299-1307

YORINORI, J.T.; LAZZAROTTO, J.J. Situação da ferrugem asiática da soja no Brasil e na América do Sul. Londrina: Embrapa Soja, 2004. 27p. (Documentos, 236).

YORINORI, J. T.; NUNES JUNIOR, J.; LAZZAROTTO, J. J. Ferrugem “asiática” da soja no Brasil: evolução, importância econômica e controle. Londrina: Embrapa Soja, 2004. 36 p.

ZADOKS, J.C.; SCHEIN, R.D. *Epidemiology and Plant Disease Management*. New York. Oxford University Press. 1979. p.427.

ZADOKS, J. C. On the conceptual basis of crop loss assessment: the threshold theory. *Annual Review of Phytopathology.*, v.23, p. 455-473,1985.

ZAMBENEDETTI, E. B.; ALVES, E.; POZZA, E. A.; DE ARAÚJO D. V.; 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.*, vol.33 n°.2 Botucatu,2007.

ZAMBOLIN, L. Manejo integrado da ferrugem asiática da soja. In: Ferrugem asiática da soja. Viçosa-MG, UFV, DFP, 2006. 140p.

ZANATTA, M.; REIS, E.M.; ZANATTA, T.; BOGORNÍ, R.; REMOR, L.; BARUFFI, D.A. Modelo de ponto crítico para estimar os danos causados por *Phakopsora pachyrhizi* em soja. *Fitopatologia Brasileira.*, Vol. 32, Suplemento, Maringá/Paraná Agosto, p-227(592),2007.

ZANATTA, T. Efeito de fungicidas no processo infeccioso de *Phakopsora pachyrhizi*. 2009. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitopatologia)–Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2009.