

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

**EFEITO DE PROGRAMAS DE APLICAÇÃO DE
FUNGICIDAS NO PROGRESSO DA FERRUGEM,
NO SEU CONTROLE E NA ÁREA FOLIAR DA SOJA**

FELIPE RAFAEL GARCÉS FIALLOS

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

Passo Fundo, abril de 2010

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

**EFEITO DE PROGRAMAS DE APLICAÇÃO DE
FUNGICIDAS NO PROGRESSO DA FERRUGEM,
NO SEU CONTROLE E NA ÁREA FOLIAR DA SOJA**

FELIPE RAFAEL GARCÉS FIALLOS

Orientador: Prof. Dr. Carlos Alberto Forcelini

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

Passo Fundo, abril de 2010

BIBLIOGRAFIA DO AUTOR

Felipe Rafael Garcés Fiallos nascido em 29/07/1982, natural de Ambato – Tungurahua, Equador, filho de Rafael Edmundo Garcés Estrella e Teresa Beatriz Fiallos Fiallos. Formado em 2005 em Agronomia pela Universidad Técnica Estatal de Quevedo – UTEQ, Los Rios, Equador. Em 2006 ingressou na UTEQ como Pesquisador Assistente, e desempenha a função de Pesquisador da Área Agrícola da Unidad de Investigación Científica y Tecnológica – UICYT desde janeiro de 2008 até atualidade. Em 2007 obteve uma bolsa por parte da Secretaría Nacional de Ciencia y Tecnologia do Equador – SENACYT para estudos de pós-graduação no exterior.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus todo poderoso por ter me dado a vida e me iluminar cada dia.

A meus pais Rafael e Teresa, embora em todo o caminho percorrido em Passo Fundo estiveram longe, mas sempre me brindaram seu amor, carinho, paciência e estar sempre perto no meu coração e mente, por outro lado a meu filho, quem de uma maneira ou de outra me deu forças para seguir adiante e alcançar meu objetivo.

Ao ex-reitor da Universidad Técnica Estatal de Quevedo, o Eng. Manuel Ház Alvarez pelo apoio para a realização do curso e também à Secretaría Nacional de Ciencia y Tecnología do Equador pela bolsa concedida.

A meu Orientador Ph. D. Carlos Alberto Forcelini pelo apoio, orientação e o conhecimento fornecido.

Ao Prof. Erlei Melo Reis, pela amizade, por ter estado sempre disposto à responder qualquer dúvida, pelos conhecimentos ministrados fora dela e também por toda a ajuda que me foi dada durante todo o trabalho de conclusão de curso.

Aos Professores Jurema Schons, Norimar Denardin, Guilherme L. Asmus, Ariano Prestes, Florindo Castoldi e Walter Boller pelos aprendizados em aula.

Ao Prof. Vilson Antonio Klein um agradecimento especial pela amizade e ajuda desde o início do curso.

A meus colegas e eternos amigos que fiz longe da minha terra natal Rodrigo, Eder, João, Marcoandré, Marcelo, Márcia e Fernanda pela

amizade e companheirismo dentro das aulas e fora delas, pois vocês foram um grande apoio, me fazendo sentir em casa.

A os funcionários do Laboratório de Micologia Cínara, Paulo e Elaine pela ajuda quando precisei.

Aos estagiários e amigos Tiago, Tiago Melara e Julio quem me ajudaram durante todo o experimento.

A todos os funcionários da FAMV que trabalham para o bom funcionamento da pós-graduação, e em especial à secretária Mari pela paciência e ajuda dada sempre que precisei.

A banca examinadora.

E a minha namorada Aline Siteneski pelo amor, apoio, compreensão, paciência, carinho e ajuda brindada durante a maioria do tempo do curso de Mestrado, pois com você me senti em casa e sempre estive ali quando eu precisei, muito obrigado mesmo.

Muito obrigado a todos!

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	vii
LISTA DE FIGURAS	ix
RESUMO	1
ABSTRACT	3
1. Introdução	6
2. Revisão de literatura	8
2.1. Ocorrência	8
2.2. Sintomatologia	9
2.3. Hospedeiros	11
2.4. Taxonomia do agente causal	12
2.5. Etiologia do agente causal	13
2.6. Efeitos dos fatores climáticos sobre a doença	13
2.7. Ciclo biológico do patógeno e da doença	17
2.8. Estratégias de controle/manejo integrado da ferrugem da soja	19
2.8.1. Controle cultural	19
2.8.2. Resistência de cultivares	21
2.8.3. Controle químico	22
2.9. Progresso e análise temporal da ferrugem da soja	24
2.10. Redução na área foliar e os componentes do rendimento da cultura soja.....	27
CAPÍTULO I	
PROGRESSO TEMPORAL DA FERRUGEM E REDUÇÃO SOBRE A ÁREA FOLIAR E OS COMPONENTES DO RENDIMENTO DE GRÃOS EM SOJA	
RESUMO	29
ABSTRACT	30
1. Introdução	32
2. Material e métodos	33
3. Resultados	37
4. Discussão	47
5. Conclusão	48
CAPÍTULO II	
CONTROLE (COMPARATIVO) DA FERRUGEM ASIÁTICA COM FUNGICIDA TRIAZOL E MISTURA DE TRIAZOL + ESTROBILURINA	
RESUMO	50
ABSTRACT	51

1. Introdução	53
2. Material e métodos	54
3. Resultados	57
4. Discussão	69
5. Conclusão	71
CAPÍTULO III	
PESO DE FOLHAS COMO FERRAMENTA PARA ESTIMAR A ÁREA FOLIAR DA SOJA	
RESUMO	73
ABSTRACT	74
1. Introdução	76
2. Material e métodos	77
3. Resultados	79
4. Discussão	82
5. Conclusão	83
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	84

LISTA DE TABELAS

Tabela		Página
CAPÍTULO I		
1	Estádios fonológicos e datas da aplicação de fungicidas. FAMV/UPF, 2009/10	34
2	Índice de área foliar (IAF) na soja (NIDERA 5909 RG) em função de diferentes programas de aplicação de fungicidas em Passo Fundo, na safra 2009-2010	39
3	Índice de área foliar sadia (IAFS) na soja (NIDERA 5909 RG) em função de diferentes programas de aplicação de fungicidas em Passo Fundo, na safra 2009-2010	40
4	Média dos estratos (inferior, médio e superior) de número de grãos.planta ⁻¹ , legumes.planta ⁻¹ e grãos.legume ⁻¹ na soja (NIDERA 5909 AG) em função de diferentes programas de aplicação de fungicidas em Passo Fundo, na safra 2009-2010	44
5	Peso de grãos.planta ⁻¹ na soja (NIDERA 5909, RG) em função de diferentes programas de aplicação de fungicidas em Passo Fundo, na safra 2009-2010	45
6	Quantidade inicial (Y_0), taxa de progresso da ferrugem asiática (r) estimados pelos modelos Logístico e Gompertz, coeficiente de determinação (R^2) e quadrado médio do resíduo (QMR), obtidos nos respectivos modelos para a severidade (%) em proporções de plantas de soja, cultivar Nidera 5909 RG. Passo Fundo/RS, Safra 2009/10	46

CAPÍTULO II

1	Estádios fonológicos e datas da aplicação de fungicidas. FAMV/UPF, 2009/10	56
2	Área abaixo a curva de progresso da incidência (AACPI) da ferrugem asiática em folíolos de soja (NIDERA 5909 RG), em função de diferentes programas de aplicação de fungicidas em Passo Fundo, na safra 2009-2010	62
3	Número final (Y max) de lesões.cm ⁻² em folíolos de plantas de soja (NIDERA 5909 RG) em função de diferentes programas de aplicação de fungicidas em Passo Fundo, na safra 2009-2010	63
4	Área abaixo a curva de progresso da ferrugem asiática (AACPFA) com base no número de lesões.cm ⁻² em folíolos de plantas de soja (NIDERA 5909 RG) em função de diferentes programas de aplicação de fungicidas em Passo Fundo, na safra 2009-2010	64
5	Número final (Y max) de urédias.cm ⁻² em folíolo plantas de soja (NIDERA 5909 RG) em função de diferentes programas de aplicação de fungicidas em Passo Fundo, na safra 2009-2010	66
6	Área abaixo a curva de progresso da ferrugem asiática (AACPFA) com base no número de urédias.cm ⁻² em folíolos de plantas de soja (NIDERA 5909 RG) em função de diferentes programas de aplicação de fungicidas em Passo Fundo, na safra 2009-2010	67
7	Número final (Y max) de urédias.lesão ⁻¹ .cm ⁻² em folíolos de plantas de soja (NIDERA 5909 RG) em função de diferentes programas de aplicação de fungicidas em Passo Fundo, na safra 2009-2010	68

LISTA DE FIGURAS

Figura		Página
CAPÍTULO I		
1	Precipitação pluvial (mm) e temperatura média (°C) do ar entre 05/12/2009 a 03/04/2010 em Passo Fundo, RS, na safra 2009/2010.	38
2	Relação entre o índice de área foliar e a AACPF da severidade da ferrugem asiática nos estratos inferior (a), médio (b), superior (c) e total da planta de soja (d), cultivar Nidera 5909 RG. Passo Fundo/RS, Safra 2009/10.	41
3	Relação entre o índice de área foliar e a severidade da ferrugem asiática nos estratos inferior (a), médio (b), superior (c) e total da planta de soja (d), cultivar Nidera 5909 RG. Passo Fundo/RS, Safra 2009/10.	42
4	Relação entre o índice de área foliar sadia e a área foliar nos estratos inferior (a), médio (b), superior (c) e total da planta de soja (d), cultivar Nidera 5909 RG. Passo Fundo/RS, Safra 2009/10.	43
CAPÍTULO II		
1	Precipitação pluvial (mm) e temperatura média (°C) do ar entre 05/12/2009 a 03/04/2010 em Passo Fundo, RS, na safra 2009/2010.	58
2	Severidade (%) da ferrugem asiática da soja, cultivar Nidera 5909 RG, nos estratos inferior, médio e superior, assim como na média da planta. Passo Fundo, RS, safra 2009/2010.	59
3	Incidência (%) (a), lesões.cm ⁻² (b) e urédias.cm ⁻² (c) da ferrugem asiática da soja, cultivar Nidera 5909 RG, nos estratos inferior, médio e superior, assim como na média da planta. Passo Fundo, RS, safra 2009/2010.	60

CAPÍTULO III

1	Relação entre o peso de matéria fresca de folhas e área foliar nos estratos inferior (a), médio (b) e superior (c) e total da planta de soja (d), cultivar Nidera 5909 RG. Passo Fundo/RS, Safra 2009/10.	80
2	Relação entre o peso de matéria seca de folhas e área foliar (AF) nos estratos inferior (a), médio (b) e superior (c) e total da planta de soja (d), cultivar Nidera 5909 RG. Passo Fundo/RS, Safra 2009/10.	81

**EFEITO DE PROGRAMAS DE APLICAÇÃO DE
FUNGICIDAS NO PROGRESSO DA FERRUGEM, NO SEU
CONTROLE E NA ÁREA FOLIAR DA SOJA**

**FELIPE RAFAEL GARCÉS FIALLOS¹ E CARLOS ALBERTO
FORCELINI²**

RESUMO – A ferrugem asiática da soja, causada por *Phakopsora pachyrhizi* Sydow & Sydow, está presente em todas as regiões de produção de soja no Brasil. No Rio Grande do Sul sua intensidade é limitada pela menor disponibilidade de chuvas na estação de verão. A safra 2009-10, entretanto, se caracterizou por ocorrência precoce e intensa da ferrugem, permitindo estudos sobre seu progresso, danos ao rendimento e controle, os quais foram conduzidos em experimento em campo com a cultivar Nidera 5909 RG, semeada em 05/12/09. O trabalho constou de 16 tratamentos, constituídos por um fungicida triazol (tebuconazol) e uma mistura de triazol + estrobilurina (epoxiconazol + piraclostrobina), aplicados uma, duas ou três vezes em diferentes estádios fenológicos das plantas (V9, R4 e R5.3), além de uma testemunha sem fungicida e um tratamento com quatro aplicações quinzenais a partir de V9. A ferrugem foi avaliada sete vezes, em intervalos semanais, através da contagem do número de

¹ Engenheiro Agrônomo, mestrando do programa de Pós-graduação em Agronomia (PPGAgro) da FAMV/UPF, Área de concentração em Fitopatologia. felipegarces@uteq.edu.ec

² Orientador, Engenheiro Agrônomo, Ph. D., professor da FAMV/PPGAgro/UPF. forcelini@upf.br

lesões e urédias.cm⁻², posteriormente convertido em severidade (%), separadamente para cada terço da planta. Com um medidor de área foliar Licor, estimou-se o índice de área foliar ao final do enchimento de grãos (R7). Os componentes do rendimento de grãos foram determinados para cada terço da planta na colheita. A severidade média final da ferrugem superou 50%. O aumento da doença ocorreu mais pela variação no número de lesões, pois a quantidade de urédias por lesão foi semelhante entre tratamentos. Houve diferenças em severidade entre os estratos da planta, que foram influenciadas pela quantidade inicial de doença, pois as taxas de progresso foram semelhantes entre os estratos (0,13 a 0,14 para o Logístico e 0,10 a 0,11 para Gompertz). O índice de área foliar (IAF) foi de apenas 1,96 nas plantas não tratadas, contra 4,40 no padrão com quatro aplicações de epoxiconazol + piraclostrobina. Programas de controle iniciados em V9, com duas ou três aplicações, diferiram da testemunha em IAF e rendimento de grãos. A mistura de epoxiconazol + piraclostrobina foi mais eficaz no controle da doença. O número de legumes e grãos por planta, assim como grãos por legume, não variaram entre os tratamentos. Só houve diferença no peso de grãos do terço superior, quando os fungicidas foram aplicados duas ou três vezes a partir de V9. Neste trabalho, também se determinaram a relação entre peso de folhas e área foliar, de plantas no estágio R7. O peso fresco foi medido logo após a colheita e o peso seco após 48 horas em estufa a 65 °C. Foram obtidas equações significativas ($p < 0,0001$ e R^2 de 0,74 a 0,97), onde a área foliar da planta (y) pode ser estimada pelo peso fresco (xf) ou seco (xs) pelas equações $y = 45,53xf + 19,03$ e $y = 176,17xs - 75,30$. Variações entre os blocos experimentais e falta de

chuva na fase de enchimento de grãos prejudicaram a estimativa dos danos causados pela ferrugem.

Palavras-chave: Índice de área foliar, Logístico, Gompertz, tebuconazol, epoxiconazol + piraclostrobina, eficácia, peso fresco, peso seco de folhas.

**EFFECT OF FUNGICIDE SPRAY PROGRAMS ON RUST
PROGRESS, DISEASE CONTROL, AND LEAF AREA OF
SOYBEANS**

**FELIPE RAFAEL GARCÉS FIALLOS AND CARLOS
ALBERTO FORCELINI**

ABSTRACT – The soybean rust, caused by *Phakopsora pachyrhizi* Sydow & Sydow, occurs in most soybean production regions of Brazil. In the State of Rio Grande do Sul the disease intensity is limited by a lower amount of rain along crop cycle. The crop season of 2009-10, however, showed earlier and more intense occurrence of disease, which allowed studies on disease progress, yield loss and control of soybean rust. An experimental field of Nidera 5909 RG soybeans was sown on 5/Dec/2009 and split into 64 plots (2.7 x 5 m) and 16 treatments comprising one triazol fungicide (tebuconazol) and a mixture of triazol + strobilurin (epoxiconazol + pyraclostrobin), which were sprayed onto plants once, twice or three times at different plant growth stages (V9, R4, and R5.3). A check treatment was kept

without fungicide and a standard treatment was sprayed four times at every 15 days. Soybean rust was assessed seven times at weekly intervals by counting the number of lesions and uredia.cm⁻² which were later converted into percent severity for each third part of the plants (lower, medium, and upper). A Licor leaf area meter was used to estimate plant leaf area index at the end of pod filling (R7). The yield components were measured for each third of the plant at the harvest. The final disease severity was over 50% on non-sprayed plots and the differences among plant parts were caused by the amount of initial disease, since the epidemic rates were similar for all thirds (0.13 to 0.14 to Logistic and 0.1 to 0.11 to Gompertz). The IAF varied from 1.96 on non-treated plots to 4.4 on the standard treatment with four sprays of epoxiconazol + pyraclostrobin. Spray programs with two or three sprays began at the stage V9 resulted in higher IAF and higher grain weight on the upper third. The number of pods or grains per plant and the number of grains per pod did not differ among treatments. Spray applications began at V9 resulted in better rust control. The mix of triazol + strobilurin was more efficacious than the triazol alone. Disease increase was mainly driven by the amount of lesions, since the number of uredia per lesion did not vary significantly among treatments. It was also evaluated the relationship between leaf weight and leaf area in plants sampled at the growth stage R7. The leaves were weighted fresh weight (soon after sampling) and for dried weight (after 48 hours of incubation at 65 °C) and related to the leaf area previously measured. The model equations were significant ($p < 0.0001$, $R^2 = 0.74$ to 0.97) and the leaf area (y) was estimated as $y = 45.53xf + 19.03$ from fresh weight (xf) and $y =$

$176.17x_s - 75.3$ for dried weight (x_s). Variation among experimental blocks and the lack of rain during pod filling influenced negatively crop loss estimates.

Key-words: Leaf area index, Logistic, Gompertz, tebuconazol, epoxiconazol + pyraclostrobin, fresh leaf weight, dried leaf weight.

1 INTRODUÇÃO

A soja [*Glycine max* (L.) Merrill] constitui uma das dez culturas de maior importância econômica a nível mundial por ser a maior fonte de concentrados protéicos e de óleo vegetal (Diaz et al, 1992). O Brasil é o segundo maior produtor mundial de soja, atrás dos Estados Unidos. Na safra 2008/09 no Brasil, a soja ocupou uma área entre 22.283 e 22.648 milhões de hectares, o que correspondeu a um aumento de 2,6 a 4,2% em relação ao ano anterior. A produção total ficou entre 62,3 e 63,3 de milhões de toneladas, sendo um recorde nacional. Os principais estados produtores de soja são Mato Grosso, Paraná e Rio Grande do Sul (CONAB, 2009).

A cultura da soja é afetada por inúmeras doenças, sendo 47 já relatadas, que podem causar um prejuízo anual de um bilhão de dólares (Yorinori, 1997). Entre estas doenças estão as ferrugens, uma denominada ferrugem americana e a outra ferrugem asiática (Ono et al., 1992). A primeira é causada pelo fungo *Phakopsora meibomiae* e foi relatada pela primeira vez no Brasil em 1979, no estado de Minas Gerais (Deslandes, 1979). Carvalho & Figueiredo (2000) relatam que a espécie presente no Brasil até o ano 2000 era *P. meibomiae*. A ferrugem asiática tem como agente causal a espécie *P. pachyrhizi* Sydow & Sydow. Hartman et al. (1999) argumentam que *P. pachyrhizi* é mais agressiva que *P. meibomiae*.

A ferrugem asiática é considerada uma das doenças mais destrutivas e a que causa maiores danos em várias espécies de plantas da família *Fabaceae*, entre as quais se destaca a soja (Reis et al., 2006a). No Brasil, há relatos de 100% de dano, como no caso de um cultivo de safrinha em Chapadão do Sul, MS (Andrade & Andrade,

2002). Segundo Henning & Godoy (2006), as perdas na safra 2002/03 atingiram 737.453.718,15 dólares americanos.

Há poucos relatos sobre danos causados pela ferrugem no Sul do Brasil, pois sua ocorrência é variável em função do clima, especialmente a distribuição de chuvas. Contudo, o conhecimento sobre os danos de uma doença é fundamental para a análise do custo/benefício das estratégias de controle. Com base nesta demanda, realizou-se um estudo com a ferrugem asiática na safra 2009-10, uma vez que esta se caracterizou pela ocorrência mais precoce e intensa da doença no Sul do Brasil.

Com este trabalho objetivou-se quantificar os efeitos da ferrugem asiática na área foliar da soja e nos seus componentes do rendimento de grãos. Também avaliou-se o controle da doença com fungicidas de dois grupos químicos (triazol e triazol + estrobilurina), uma vez que o fungo pode ter alterado sua sensibilidade aos fungicidas. Foram também estudados programas com número e época de aplicações diferentes, a fim de verificar quais são mais eficazes em situações com maior intensidade de doença.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Ocorrência

A ferrugem asiática, causada pelo fungo *Phakopsora pachyrhizi* Sydow & Sydow, foi descrita pela primeira vez no Japão, em 1902 (Hennings, 1903), sendo que em 1914 já havia se disseminado por diversos países do sudeste de Ásia.

No continente africano foi registrada pela primeira vez em Togo em 1980 (Mawuena, 1982), depois na Uganda em 1996 (Kawuki et al., 2003), seguindo em 1998 no Kênia e Ruanda (Reis & Bresolin, 2004a), Zimbábue e Zambia (Levy, 2005). Em 2001, ela foi encontrada na África do Sul, atingindo caráter epidêmico (Pretorius et al., 2001), e na Nigéria (Akinsanmi et al., 2001). Em 2007, a ferrugem foi também relatada em Ghana (Bandyopadhyay et al., 2007).

No continente americano foi reportada pela primeira vez no ano 1976 em Porto Rico (Vakili & Bromfield, 1976), seguindo pelo Hawaii em 1994 (Killgore & Heu, 1994). O primeiro relato na América do Sul ocorreu no Paraguai, em fevereiro de 2001 (Morel & Yorinori, 2002; Yorinori, 2002a; Yorinori, 2002b). No ano de 2002 a doença apareceu no Brasil (Yorinori, 2002b; Costamilan, 2002) e na Argentina (Rossi, 2003). Em 2003 ela foi relatada na Bolívia (Navarro et al., 2004) e na Colômbia (Reis et al., 2006a), progredindo em 2004 para o Uruguai (Stewart et al., 2005), 2005 no Equador (Sotomayor-Herrera, 2005), México (Cárcamo Rodríguez et al., 2006; Yáñez Morales et al., 2009) e Estados Unidos (Schneider et al., 2005). No

Rio Grande do Sul, a doença foi registrada primeiramente nos municípios de Ciríaco (Costamilan et al., 2002), Condor, Coxilha, Cruz Alta, Ijuí, Passo Fundo, Pontão, São Miguel das Missões, Sertão e Vacaria (Reis et al., 2002). Atualmente, a ferrugem asiática está presente em quase todas as regiões de cultivo de soja no Brasil.

2.2 Sintomatologia

Os sintomas causados pela ferrugem asiática, no seu estado inicial, são facilmente confundidos com outras doenças, como pústula bacteriana (*Xanthomonas axonopoides* pv. *glycines*), cretamento bacteriano (*Pseudomonas savastanoi* pv. *glycinea*) e mancha parda (*Septoria glycines*). As frutificações não são muito evidentes, de modo que o olho nu se consegue distinguir pústulas ferruginosas, que conferem o nome comum a esse grupo de doenças (Reis et al., 2006a). O mesmo autor relata que os sintomas causados pela ferrugem da soja são denominados de “lesões”, não de pústulas, como as demais ferrugens, por que ocorre a necrose do tecido foliar a cada lesão pode apresentar várias pústulas.

Os sintomas podem aparecer em qualquer estágio de desenvolvimento e em diferentes partes da planta, como cotilédones, folhas e hastes, sendo os sintomas foliares os mais característicos (Almeida et al., 2005). A cor das lesões varia do cinza-esverdeado ao marrom-avermelhado, com uma ou várias urédias globosas, principalmente na parte abaxial da folha (Hartman et al., 1999). Esporadicamente, as urédias podem aparecer na parte superior das folhas (Almeida et al., 2005).

A manifestação inicial da doença é observada como áreas foliares cloróticas de forma poligonal, por causa da delimitação imposta pelas nervuras, podendo atingir um tamanho de 2-5 mm² (Reis et al., 2006a; Sinclair & Backman, 1993). As primeiras lesões, em geral, são encontradas nas folhas baixas próximas ao solo quando as plantas se encontram no estágio fenológico próximo ou após o florescimento (Reis et al., 2006a).

Progressivamente, as urédias, adquirem cor castanho-clara a castanho escuro, as quais se abrem em um minúsculo poro, expelindo os uredosporos, de coloração hialina, tornam-se bege e acumulam-se ao redor dos poros ou são removidos pelo vento (Almeida et al., 2005). À medida que prossegue a esporulação, o tecido da folha ao redor das primeiras urédias adquire coloração castanho-claro, denominada de lesão susceptível e a outra castanho-avermelhada, conhecida como lesão resistente (Almeida et al., 2005; Bromfield & Hartwig, 1980b; Kochman, 1977; Bonde et al., 2006; Miles et al., 2006). Segundo Bromfield et al. (1980b), estudando distintas populações através de inoculações experimentais, encontrou que as populações do hemisfério ocidental eram menos virulentas e menos agressivas, produzindo lesões com extensas áreas necróticas e com nenhum, ou apenas um ou dois soros urediniais, entretanto as populações do fungo provenientes da Ásia produziram lesões com mais de dois soros urediniais, sem áreas necróticas. Também Melching et al. (1979) afirmam que uma população de ferrugem originária da América do Sul produziu lesões menores e com menor esporulação do que populações provenientes da Ásia.

O estágio final da epidemia da ferrugem da soja numa lavoura caracteriza-se por amarelecimento geral da folhagem com intensa desfolha, chegando até a queda completa das folhas (Reis et al., 2006a).

2.3 Hospedeiros

O agente causal da ferrugem é um organismo biotrófico, o qual sobrevive em soja verde ou outros hospedeiros. Hartman et al. (1999) relatam que, ao contrário de outras ferrugens, *P. pachyrhizi* pode naturalmente infectar uma vasta gama de espécies vegetais, incluindo 41 espécies em 17 gêneros da família *Fabaceae*. Além disso, 60 espécies de plantas pertencentes a 26 gêneros foram infectados experimentalmente sob condições controladas (Rytter et al., 1984), podendo atingir até 90 espécies (Misman & Purwati, 1985). O fungo também pode infectar e esporular em espécies pertencentes à subfamília *Papilionoideae*, família *Fabaceae*, citando-se como principais hospedeiros as espécies *Glycine max*, *G. sojae*, *Pachyrhizus erosus*, *Pueraria lobata* e *Vigna unguiculata* (CABI, 2001). Na literatura são encontradas mais referências em relação aos hospedeiros de *P. pachyrhizi*, entre os quais se destacam os seguintes: *Phaseolus vulgaris* var *vulgaris*, *Canavalia gladiata* (Poonpolgul & Surin, 1980; Stavely et al., 1985), *Phaseolus vulgaris* (Du Preez et al., 2005), *Vicia faba*, *Vigna radiata*, *V. mungo*, *Psophocarpus tetragonolobus*, *Colopogonium muconoides* (Poolpol & Pupipat, 1985), *Lablab purpureus* (Sudjadi, 1980), *Alysicarpus vaginalis*, *Securigera varia*, *Melilotus officinalis*, *Trifolium repens*, *T. incarnatum*, (Rytter et al.,

1984), *Phaseolus lunatus* var. *lunatus*, *Sesbania exaltata*, *Trigonella foenum-graicum* (Bromfield, 1984), *Phaseolus coccineus* (Lynch et al., 2006), *Pachyrhizus ahipa*, *Cajanus cajan* (Yeh et al., 1981), *Crotalaria anagyroides*, *C. spectabilis*, *Macroptilum atropurpureum* (Keogh, 1974.), *Pueraria amontana* var. *lobata* (Ono et al., 1992; Ivancovich, 2005), *Lespedeza cuneata*, *kummerowia striata*, *k. stipulaceae*, *pisum sativum*, (Sato & Sato, 1982), *Lipinus albus*, *L. angustifolius*, *L. luteus*, *Lótus* spp. (Keogh, 1974), dentre outras.

2.4 Taxonomia do agente causal

Alexopoulos et al. (1996) indicam que o fungo que causa a ferrugem asiática da soja é classificado da seguinte maneira:

Reino:	Fungos
Classe:	Basidiomycetes
Ordem:	Uredinales
Família:	Phakopsoraceae
Nome atual:	<i>Phakopsora pachyrhizi</i> Sydow & Sydow
Sinônimos:	<i>Phakopsora sojae</i> Fujikuro <i>Phakopsora calothea</i> H. Sydow <i>Malupa sojae</i> (P. Hennings) Ono, Buritica, & Hennen comb. nov. (Anamorfo) <i>Uredo sojae</i> P. Hennings

2.5 Etiologia do agente causal

A ferrugem da soja é ocasionada por duas espécies descritas, uma denominada como ferrugem asiática ou australiana, causada por *P. pachyrhizi* (forma anamórfica *Malupa sojae*), e a outra de ferrugem americana, causada por *P. meibomiae* (forma anamórfica *M. vignae*) (Hartman et al., 1999).

A fase teleomórfica de *P. pachyrhizi* apresenta teliosporos irregularmente distribuídos em camadas de 2 a 7 esporos; as paredes dos teliosporos variam do amarelo ao pardo-claro, mas também podem ser hialinos, tendo espessura de 1,0 µm até 3,00 µm nos esporos mais externos da camada (Hartman et al., 1999; Hennen & Reid, 2002; Reis et al., 2006a). Na fase anamórfica, os uredosporos medem 15-24 x 18-34 µm e ovóides, com paredes de 1,0 µm de espessura e densamente equinulados, hialinos, amarelos ou marrom-claros. Segundo Littlefield & Schimming (1989), os uredosporos maduros quando molhados podem ser globosos ou ovalados e pedicelados. Entretanto Sinclair & Backman (1993), os uredosporos podem ser expulsos em coluna através do poro central das uredias. Eles germinam dentro de 3-6 horas de incubação a 14-29 °C (Hartman et al., 1999).

2.6. Efeitos dos fatores climáticos sobre a doença

O principal objetivo da epidemiologia vegetal é entender os mecanismos que regulam o desenvolvimento das doenças. Numa cultura suscetível, o aumento da severidade da doença durante a

estação de cultivo freqüentemente é determinado pelos fatores ambientais, principalmente temperatura e molhamento. Eles estão intrínsecos em muitos fatores que afetam o patossistema epidêmico, dentre os quais são: ambiente (temperatura, duração de molhamento foliar e radiação), hospedeiro (idade da planta e da folha) e patógeno (idade dos urediosporos) (Alves et al., 2006).

Bergamin Filho et al. (1986) citado por Bergamin Filho & Amorim (1996) descrevem que o patógeno *P. pachyrhizi* pertence ao grupo de doenças do grupo tropical, tendo diferentes padrões de esporulação exibidos por patógenos em comparação ao do grupo temperado. Também, os mesmos autores relatam que este fitopatógeno pode apresentar curva de produção diária de esporos com vários picos de máxima esporulação distribuídos durante todo o período infeccioso.

O fungo *P. pachyrhizi* tem a capacidade de infectar uma planta de soja em temperaturas de 15 a 28 °C, com 6 a 12 horas de molhamento na superfície das folhas (Melching et al., 1989). Quanto à germinação dos uredosporos, foi demonstrado que o fungo é capaz de germinar entre as temperaturas de 7 e 28 °C, sendo a faixa ótima de 15 a 25 °C (Marchetti et al., 1976). Num experimento desenvolvido *in vitro*, por Carlini et al. (2009), a germinação máxima de uredosporos atingiu 96,5% em placas de petri que continham 4,0 g de extrato de folha de soja-ágar. Segundo Melching et al. (1989), quando os uredosporos são analisados em meio ágar-água, não é observada a formação de apressório devido à consistência (mole) do meio de cultura.

Num trabalho conduzido na Austrália por Kochman (1979), o período latente foi de 14 dias numa faixa de temperatura variando de 7 a 17 °C, nove dias na faixa de 17 a 27 °C e 11 dias na faixa de 22 a 32 °C. No Brasil, Reis et al., (2006a) relatam que *P. pachyrhizi* produz urédias 28 dias após a inoculação e que uma urédia individual pode produzir uredosporos durante 21 dias, paralisando o processo após 27 dias.

Em relação à formação de teliósporos por *P. pachyrhizi*, Dufresne et al. (1987) estudaram o efeito da temperatura e da intensidade de luz na produção em dois isolados (Taiwan e Porto Rico), encontrando que o isolado de proveniente de Taiwan produziu soros teliais aos 23 dias após a inoculação, enquanto que o isolado Porto Rico produziu os teliosporos após 38 dias. As condições que induziram a formação de soros teliais foram baixa intensidade de luz ($3,9 \mu E/m^2$) e temperatura de 10°C. Em outro experimento, Sousa et al. (2006) relatam que a presença de soros teliais teve início aos 15 dias a 15 °C. É importante assinalar que a formação de teliosporos é rara na maioria dos hospedeiros nas regiões tropicais, pois não tem condições favoráveis como a umidade e a temperatura (Yeh et al., 1981).

Bonde et al. (1976), Koch et al. (1983) e Zambenedetti et al. (2007a) relatam que *P. pachyrhizi*, ao contrário de outras ferrugens, apresenta penetração direta sobre a cutícula com a formação de apressório.

Isard et al., (2006) estudaram o efeito da radiação solar expressado em megajoules por metro quadrado (MJ/m^2) sobre a mortalidade de *P. pachyrhizi*, onde acharam que uredosporos expostos

a uma radiação solar de $\geq 27,3 \text{ MJ/m}^2$ não germinam. Os mesmos autores geraram uma equação linear relacionando a variável X (radiação solar dada em MJ/m^2) com a variável Y (germinação de uredosporos de *P. pachyrhizi* expostos), resultando $Y = -0.0307 X + 1.0084$.

Zambenedetti et al. (2007a) relatam que o período de incubação foi de seis dias para todos os sete genótipos avaliados. Entretanto, o período latente variou de seis a doze dias.

Para estudos epidemiológicos da ferrugem da soja, tem sido desenvolvido ao longo dos anos sistemas ou modelos que simulam e mostram o comportamento do fungo no tempo e no espaço, sejam em condições controladas ou no campo. Por exemplo, Yang et al. (1991a) produziram uma série de modelos empíricos que relacionam produção com área baixo a curva de progresso da doença (AACPD). Posteriormente, Yang et al. (1992), usando duração de área foliar sadia (HAD) como variável independente, conseguiram resultados sensivelmente superiores ao do trabalho anterior. Algo diferente foi proposto por Kim et al. (2005), que utilizaram variáveis biológicas e meteorológicas para predizer o progresso da doença antes mesmo da infecção pelo patógeno. Também Pivonia & Yang (2006) criaram um modelo geral baseado na relação do ambiente e diferentes condições do desenvolvimento da ferrugem da soja (período de latência) em diferentes tempos na região mais produtora de grãos nos Estados Unidos (Baton Rouge, LA, Charlotte, NC; Indianapolis, IN; Minneapolis, MN.).

Igualmente têm sido gerados modelos climáticos de previsão da ferrugem da soja. A continuação relata-se alguns deles: Reis et al.

(2004b) elaboraram um sistema de previsão da ferrugem da soja tomando como base dados disponíveis da literatura. O modelo baseia-se nas condições climáticas favoráveis ao processo infeccioso, como a duração de molhamento foliar contínuo e a temperatura média durante essa subfase do ciclo das relações patógeno-hospedeiro, tendo assim como resultado uma equação que mostra a interação desses dois fatores sobre a intensidade de *P. pachyrhizi* (número de lesões por cm²). Também Del Ponte et al. (2006), utilizando dados de março/2003 a maio/2004 de 34 experimentos de campo de 21 locais de Brasil, geraram quatro modelos lineares. Esse estudo coloca a importância das precipitações pluviais para influir nas epidemias da ferrugem da soja no Brasil, assim como seu uso potencial para proporcionar previsões de risco quantitativo em regiões onde a temperatura não é um fator limitante para o desenvolvimento da doença. Por outro lado Pan et al. (2006) estudaram a dispersão dos esporos de *P. pachyrhizi* e geraram um modelo integrado entre o transporte dos propágulos e o clima da região. O modelo prediz a trajetória e a concentração de esporos, informação que pode ser muito útil na previsão da doença.

2.7. Ciclo biológico do patógeno e da doença

Segundo Alexopoulos et al. (1996), de forma geral, as ferrugens pode produzir cinco estágios diferentes em seu ciclo de vida, sendo eles: estágio 0 (espermogônios produtores de espermácias e hifas receptivas), estágio 1 (aecia produzindo aeciosporos), estágio 2

(uredia produzindo uredíniosporos), estágio 3 (télia produzindo teliosporos) e estágio 4 (basídias produzindo basídiosporos).

O agente causal da ferrugem da soja, o fungo *P. pachyrhizi* é um parasita biotrófico ou também denominado de parasita obrigado. Segundo Reis et al. (2006a), biotrófico à aquele parasita que depende nutricionalmente dos tecidos vivos do hospedeiro, da célula viva, de onde extraem os nutrientes essenciais a suas atividades vitais, apresentando assim menor número de oportunidades ou mecanismos para sobrevivência do que os necrotróficos.

Reis et al. (2006a), Park et al. (2008) e Slaminko et al. (2008) indicam que uredosporos de *P. pachyrhizi* podem sobreviver no inverno de uma safra para outra em plantas de kudzú (*Pueraria lobata*), as quais servem de fonte de inóculo. Os esporos secos do fungo são disseminados pelo vento (Maude, 1996) ou por outros meios, como pessoas (Hartman & Haudenshield, 2009).

Para que ocorra a germinação, o fungo precisa de molhamento (água livre ou orvalho) e temperatura favorável. Marchetti et al., (1976) chegaram à conclusão que o melhor desenvolvimento da doença é entre 15 e 25 °C, enquanto Kochman (1979) relata que a temperatura ótima para a germinação é de 21 - 27 °C.

Bonde et al. (1976) e Koch et al. (1983) argumentam que a penetração ocorre seis horas após a deposição, diretamente através da cutícula. Zambenedetti et al. (2007a) observaram a formação de apressório entre quatro a seis horas após inoculação. O período latente pode durar 14 dias em temperatura de 7 a 17 °C, nove dias no regime de 17 a 27 °C e 11 dias no regime de 22 a 32 °C (Kochman, 1979).

A formação de lesões angulares se dá em função do crescimento das hifas do fungo ser restrito por nervuras da folha (Reis et al., 2006a). A formação das urédias se dá por uma agregação de hifas, formando o primórdio uredial (Zambenedetti, 2005).

2.8 Estratégias de controle/manejo integrado da ferrugem da soja

A ferrugem da soja é uma doença destrutiva em todos os países onde foi detectada. Embora na literatura encontram-se muitos trabalhos de controle químico, no estrangeiro e no Brasil, também se acham pesquisas ou referências sobre controle cultural e genético.

2.8.1 Controle cultural

Uma das indicações de controle cultural é aumentar a área de rotação de culturas, pois onde se pratica essa medida por um ano, com gramíneas como o milho, o sorgo e o arroz, no lugar da soja safrinha, tem sido facilitado o controle da ferrugem (Yorinori, 2004; Zambolin, 2006), pois favorece o manejo de plantas voluntárias.

O principal mecanismo de sobrevivência das parasitas biotróficos, como *P. pachyrhizi*, é o parasitismo de plantas vivas no período em que o hospedeiro principal não está sendo cultivado. Reis et al. (2006a) relatam que as plantas de soja que se desenvolvem espontaneamente nas lavouras, como resultado da perda de grãos na colheita, aumentam o período da presença de soja-verde, garantindo a sobrevivência parasitária de *P. pachyrhizi* por período determinado, razão pela qual a população destas plantas deveria ser reduzida ou

eliminada. Esta medida deve ser combinada com o vazio sanitário, proibição do cultivo de soja nos meses de julho, agosto e setembro, estabelecida a partir de 2008 na maioria dos estados produtores de soja no Brasil (Tecnologias, 2008). Outra fonte de inóculo são os hospedeiros secundários. No Rio Grande do Sul, o kudzu é um dos principais (Reis et al., 2005).

Também é necessário fazer um manejo da irrigação por aspersão, a fim de reduzir o molhamento foliar que favorece à germinação dos esporos e à penetração do fungo na planta (Reis et al., 2006a).

A utilização de cultivares de ciclo precoce diminui o tempo de exposição da planta ao patógeno, da mesma forma a realização da semeadura em épocas preferências, evitando-se semeaduras tardias (Reis et al., 2006a), pois a carga de inóculo é maior em função da multiplicação do fungo nos primeiros cultivos (Yorinori, 2004).

O arranjo populacional das plantas também pode contribuir para atenuar a ferrugem. Ferreira (2009) e Ramos (2009) observaram que maior espaçamento entre linhas de cultivo resulta em menor severidade da ferrugem e também permite melhor distribuição do fungicida durante a aplicação, facilitando o manejo da doença. Se a densidade da semeadura for alta em espaçamentos densos, haverá dificuldade de penetração da calda e, conseqüentemente poderá haver cobertura deficiente das folhas no dossel, sendo assim o controle da doença deficiente, mesmo adotando-se fungicida eficiente (Zambolin, 2006).

2.8.2 Resistência de cultivares

Tem sido difícil encontrar materiais resistentes as ferrugens, pois como descreve Van Der Plank (1968) os poucos materiais catalogados como resistentes, tem resistência vertical ou monogênica, carecem de resistência horizontal ou poligênica, devido a variabilidade das ferrugens. Não se dispendo de cultivares resistentes indicadas comercialmente, torna o controle químico a alternativa mais eficaz de controle desta doença (Navarini et al., 2007). No entanto a utilização de resistência à ferrugem da soja é uma das estratégias mais eficaz a longo prazo para controlar a doença (Shuxian, 2010).

Cinco das principais fontes de resistência à ferrugem asiática foram identificadas em soja: Rpp1 (Cheng & Chan, 1968; Mclean & Byth, 1980; Hartwig & Bromfield, 1983), Rpp2 (Hidayat & Somaatmadja, 1977), Rpp3 (Bromfield & Hartwig, 1980a; Van De Mortel, 2007), Rpp4 (Hartwig, 1986) e Rpp5 (Garcia et al., 2008). Juntas, as análises genéticas e moleculares sugerem vários alelos ou genes estreitamente ligados que governam a resistência a ferrugem da soja (Garcia et al., 2008).

Zambenedetti et al. (2007b) estudando os genótipos PI 230970 e PI 459025 apresentaram baixa porcentagem de urediniósporos germinados e baixa porcentagem de formação de apressórios. Nestes genótipos a formação de apressório começou seis horas após a inoculação, enquanto que, nos demais cultivares ocorreram quatro horas após a inoculação. Estes genótipos podem apresentar genes de resistência Rpp2 e Rpp4, respectivamente (Hartwig & Bromfield, 1983; Hartwig, 1986). Noutra pesquisa realizada por Pham et al.

(2009) encontrou que quando cada uma das fontes de resistência conhecidas (Rpp1 a -4) foi avaliada com três isolados da ferrugem da soja, os cultivares PI200492 (Rpp1) e PI462312 (Rpp3), produziram uma resposta diferencial enquanto PI230970 (Rpp2) e PI459025B (Rpp4) produziu lesões suscetíveis. Koga et al. (2008) avaliando os componentes da resistência a ferrugem asiática em 48 cultivares de soja, selecionaram alguns grupos de genótipos que podem ser considerados promissores como fontes de genes de resistência à doença.

No Brasil, para esta safra 2009/2010 foi disponibilizado aos agricultores em algumas regiões brasileiras os cultivares de soja TMG 801-INOX[®] e TMG 803-INOX[®] com resistência a ferrugem asiática da soja (FUNDAÇÃO MT, 2009).

2.8.3.3 Controle químico

Desde que a ferrugem asiática da soja chegou ao país, o uso de fungicidas foi aumentando sendo até a presente data a ferramenta mais importante controlar o fungo e evitar reduções na produtividade ou danos na produção e perdas ao produtor.

Informações sobre a eficiência de fungicidas para controle das diferentes doenças são cada vez mais necessárias para orientar a sua correta utilização no campo (Godoy et al., 2007).

Segundo o MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO (2009), os fungicidas registrados para o controle da ferrugem asiática da soja no país, até hoje, em pulverização na parte aérea da cultura, isolados e/ou em mistura são

os seguintes: azoxistrobina, ciproconazol, difenoconazol, epoxiconazol, fluquinconazol, flutriafol, metconazol, miclobutanil, picoxistrobina, propiconazol, protioconazol, tebuconazol, tetraconazol, azoxistrobina + ciproconazol, carbendazim + flutriafol, ciproconazol + picoxistrobina, ciproconazol + propiconazol, ciproconazol + trifloxistrobina, epoxiconazol + piraclostrobina, flutriafol + tiofanato metílico, propiconazol + trifloxistrobina e tebuconazol + trifloxistrobina, totalizando 54 formulações comerciais. Para o tratamento de sementes encontra-se registrado o princípio ativo fluquinconazol, em apenas uma formulação comercial.

Dentre os critérios para o uso de fungicidas por vários anos foram ajustados procurando-se a melhor resposta de controle quando a soja encontrava-se entre florescimento, formação de legume e início e meio da granação. Até hoje se discute critérios para iniciar seu controle: preventivo, primeiros sintomas, 5 % de incidência foliar, estágio de desenvolvimento (que vario muito entre indicações e opinião de pesquisadores nestes poucos anos de ocorrência da doença), no pré-fechamento das linhas de semeadura, com base em parcelas armadilhas, considerando clima e prevendo clima e infecção (Deuner et al., 2009).

Hartman et al. (1991) relatam que fungicidas aplicados de forma preventiva tem se destacado como estratégia mais eficaz no controle desta doença. Estudos realizados mostram também que, em condições severas de epidemia, são necessárias de três a cinco aplicações em intervalos de 10 dias (Sinclair & Hartman, 1995). Já (Levy, 2005) com relação a momento de aplicação, conduzindo ensaios na África, mostraram que três ou mais aplicações foram

necessárias para manter o potencial produtivo, enquanto que uma ou duas aplicações foram insuficientes para controlar a doença.

Alem da discrepância sobre o/os momento de aplicação dos fungicidas, ultimamente vem-se apregoando a aceitação da sensibilidade de fungicidas, no caso específico do tebuconazol a *P. pachyrhizi*. Em relação a esse tema, existem poucas referências indicando este fato, seja por tabu ou por afirmar essa ocorrência de maneira científica. Para isto Alvim et al. (2009a, 2009b) relatam que o fungicida tebuconazol pertencente ao grupo dos triazóis, aplicado de forma isolada apresentou menor eficácia no controle da ferrugem da soja, podendo ser atribuído a redução na sensibilidade do fungo ao fungicida.

2.9. Progresso e análise temporal da ferrugem da soja

Sinclair & Hartman (1995), mencionam que as curvas de progresso de doenças (CPD) são usadas para o monitoramento de epidemias da ferrugem asiática baseadas em níveis de severidade em função do tempo. Os mesmos autores relatam que essas curvas podem ser usadas para obter valores para a área abaixo a curva de progresso da doença (AACPD), onde a AACPD e CPD são usadas para a comparação de epidemias quando é estudado taxas de infecção, reações de cultivares a ferrugem, e testando a eficácia de fungicidas, irrigação e outros fatores que podem influenciar no desenvolvimento da ferrugem.

Campbell & Madden (1990) relatam muitos exemplos de trabalhos onde são utilizados modelos estatísticos para estudar e

descrever o comportamento das populações de diversas doenças em diferentes situações de ambiente. Os modelos matemáticos e estatísticos são praticamente a única alternativa para quantificar epidemias de doenças de plantas (Jesús Junior et al., 2004).

Van Der Plank (1963) descreve que na modelagem de qualquer epidemia de uma doença de plantas, consegue-se quantificar a doença, por meio da taxa de progresso (r), inóculo inicial (y_0), intensidade máxima (y_m) e final (y_f) de doença, entre outras variáveis. O mesmo autor associou a taxa de infecção ou taxa de progresso a taxa de juros, chamando-a de r e o capital c , à intensidade de doença, classificando em: patógenos monocíclicos onde a taxa de progresso (r) é menor; e policíclicos os quais produzem uma quantidade de inóculo maior em comparação aos monocíclicos.

Os modelos matemáticos e estatísticos podem ser desenvolvidos de inúmeras formas, sendo classificados em dois grupos, baseados na estratégia geral de modelagem: *empíricos* ou *descritivos* e *mecânicos* ou *explanatórios*, sendo os modelos empíricos os, mais comumente empregados na epidemiologia, principalmente devido à facilidade (Jesús Junior et al., 2004).

Os modelos matemáticos são uma das poucas ferramentas disponíveis para se comparar epidemias e distinguir variedades, tratamentos com fungicidas, técnicas de manejo, bem como gerar modelos de previsão e auxiliar na quantificação de danos e perdas (Bergamin Filho, 1995). Para o estudo do progresso de doenças, têm-se usado principalmente modelos empíricos, dentre os quais: Exponencial, Logístico, de Gompertz e Monomolecular, e modelos flexíveis como o de Weibull (Jesús Junior et al., 2004). Também são

citados os modelos de Richards, o dependente do tempo e o sigmóide duplo (Bergamin Filho & Amorim, 1996).

Deve-se mencionar que existem poucos trabalhos a nível mundial e no Brasil sobre o progresso e análise temporal da ferrugem da soja até a presente data, utilizando modelos empíricos mencionados anteriormente.

Nos Estados Unidos de América, Kim et al. (2005) visando prever a taxa infecção da infecção aparente de *P. pachyrhizi* antes de que aconteça mediante a combinação das variáveis meteorológicas e biológicas em duas cultivares: TK 5 e G 8587, geraram uma curva de progresso do modelo logístico para a melhor representação da epidemia causada pela ferrugem, tendo como resultante taxas de infecção aparente de (r^2) 0,1, 0,15 e 0,2.

Na Argentina, foi estudado o progresso da ferrugem da soja utilizando dados de severidade ($\text{urédias.folíolos}^{-1}$) e incidência em três safras (2004/05, 05/06 e 06/07) na Estação do INTA no Departamento do Paraná, para o qual foi utilizado o modelo logístico para incidência e exponencial para severidade, obtendo taxas de progresso entre 0,05 e 0,87 (Souza & Formento, 2008).

Já no Brasil, Gastaldi (2005) explicou o progresso da ferrugem com um modelo logístico com dados de severidade da ferrugem da soja. Em função do melhor ajuste, utilizou para o cálculo da taxa aparente de infecção a equação $r = (1/t) * (\ln (x/(1-x)) - \ln (x_0/ (1-x_0)))$. Da mesma forma, Tsukahara et al. (2008) explicou o desenvolvimento da ferrugem com um modelo logístico, pois foi também o que melhor que se ajustou aos dados de severidade da

doença para os dois locais testados, com coeficiente de determinação (R^2) igual a 0,95 (Arapoti) e 0,98 (Castro).

Em Campo Verde, MT, foi avaliado e explicado o progresso da doença em relação ao número de lesões.cm⁻² com um modelo linear simples, achando um incremento diário de 0,8867 de lesões.cm⁻². Para a incidência medida em folíolos foi explicado pelo modelo Monomolecular não linear, obtendo a equação $IF = 1 - (1 - 0,001) \text{EXP}(-0,098 t)$ com R^2 0,96, onde IF é a incidência em folíolos e t o tempo (Blum et al., 2004).

Já em Passo Fundo, RS, a taxa diária da ferrugem asiática foi de 0,3263 unidades ao dia, atingindo em 22 dias 96% de incidência (Reis et al., 2006b).

2.10. Redução na área foliar e os componentes do rendimento da cultura soja

Para avaliar os efeitos proporcionados pelo controle químico, relaciona-se produção com área foliar doente (severidade) ou área foliar removida (desfolha) (Vanderplank, 1963). Na quantificação de produção, a variável mais relevante do crescimento do hospedeiro é a área foliar total por unidade de área de terreno, essa variável é conhecida como índice de área foliar (IAF) (Bergamin Filho & Amorim, 1996). Na literatura encontra-se muitos trabalhos que onde foram estudados a variável IAF em diversas culturas, sendo o caso dos patossistemas feijão-*Phaeoisariopsis griseola* (Sacc.) Ferraris (Bergamin Filho et al., 1997), soja-*Phakopsoa pachyrhizi* (Yang 1991b; 1992) e muitos mais.

Entre tanto, Bromfield (1984) menciona que a ferrugem asiática da soja pode causar decréscimo no enchimento de legumes.planta⁻¹, número normal de legumes.planta⁻¹, o número de sementes.planta⁻¹, peso de sementes.planta⁻¹ e 1000 sementes..

CAPÍTULO I

PROGRESSO TEMPORAL DA FERRUGEM E REDUÇÃO SOBRE A ÁREA FOLIAR E OS COMPONENTES DO RENDIMENTO DE GRÃOS EM SOJA

**FELIPE RAFAEL GARCÉS FIALLOS¹ E CARLOS ALBERTO
FORCELINI²**

RESUMO – A safra de soja 2009-10 favoreceu a uma maior intensidade da doença no Sul do Brasil, de forma que seu progresso e redução puderam ser quantificados. As avaliações foram conduzidas em experimento de campo com 64 parcelas (2,7 x 5 m) da cultivar Nidera 5909 RG, estabelecida em 05/12/09. Para gerar gradientes de doença utilizaram-se dois fungicidas (tebuconazol e epoxiconazol + piraclostrobina), em uma, duas ou três aplicações em estádios fenológicos diferentes. A doença foi quantificada por número de lesões e urédias, posteriormente convertido para severidade (%). Quantificou-se também o índice de área foliar ao final do enchimento de grãos e os componentes do rendimento após a colheita. A severidade média final da ferrugem superou 50%. As diferenças em severidade entre os estratos da planta foram influenciadas pela

¹ Engenheiro Agrônomo, mestrando do programa de Pós-graduação em Agronomia (PPGAgro) da FAMV/UPF, Área de concentração em Fitopatologia. felipegarces@uteq.edu.ec

² Orientador, Engenheiro Agrônomo, Ph. D., professor da FAMV/PPGAgro/UPF. forcelini@upf.br

quantidade inicial de doença, uma vez que as taxas de progresso, determinadas pelos modelos Logístico e de Gompertz, foram semelhantes entre os estratos (0,13 a 0,14 para o Logístico e 0,10 a 0,11 para Gompertz). O índice de área foliar (IAF) foi de apenas 1,96 nas plantas não tratadas, contra 4,40 no tratamento com quatro aplicações de epoxiconazol + piraclostrobina. Programas de controle iniciados em V9, com duas ou três aplicações, diferiram da testemunha em IAF. O número de legumes e grãos por planta, assim como grãos por legume, não variaram entre os tratamentos. Só houve diferença no peso de grãos do terço superior, quando os fungicidas foram aplicados duas ou três vezes a partir de V9.

Palavras-chave: Índice de área foliar, severidade, Logístico, Gompertz.

**DISEASE PROGRESS AND DAMAGE OF ASIAN RUST TO
LEAF AREA AND GRAIN YIELD COMPONENTS ON
SOYBEANS**

**FELIPE RAFAEL GARCÉS FIALLOS AND CARLOS
ALBERTO FORCELINI**

ABSTRACT – The 2009-10 soybean crop in Southern Brazil occurred under higher intensity of soybean rust, which allowed studies on disease progress and crop reduction. A field experiment with 64 plots (2.7 x 5 m) of the cultivar Nidera 5909 RG sown on 5/Dec/2009

was used for the evaluations. Disease gradients were obtained by spraying the fungicides tebuconazol or epoxiconazol + pyraclostrobin once, twice or three times, at different plant growth stages. Disease progress was assessed as number of lesions and uredia and later converted into percent severity. The leaf area index (IAF) was measured at the full pod filling stage and the grain yield components at the harvest. The final disease severity was over 50% on non-sprayed plots. There were differences in disease severity among plant parts (lower, medium, and upper thirds), which were caused by varying initial disease, since the rates of disease progress determined by Logistic and Gompertz models were similar among thirds (0.13 to 0.14 to Logistic and 0.1 to 0.11 to Gompertz). The IAF varied from 1.96 on non-treated plots to 4.4 on the standard treatment with four sprays of epoxiconazol + pyraclostrobin. Spray programs with two or three sprays began at the stage V9 resulted in higher IAF and higher grain weight on the upper third. The number of pods or grains per plant and the number of grains per pod did not differ among treatments.

Key-words: Leaf area index, severity, Logistic, Gompertz.

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é o segundo maior produtor mundial de soja, atrás apenas dos Estados Unidos. Os principais estados produtores são Mato Grosso, Paraná e Rio Grande do Sul (CONAB, 2009). Contudo, a sustentabilidade da cultura é ameaçada por diversas doenças, entre as quais a ferrugem asiática, causada pelo fungo *Phakopsora pachyrhizi* Sydow & Sydow, que está presente no país desde 2002 (Yorinori et al., 2002b; 2005).

Hartman et al. (1999) relatam que os danos pela ferrugem podem variar de 10% a 90%. No Brasil, há relatos de 100% de dano, como no caso de um cultivo de safrinha em Chapadão do Sul, MS (Andrade & Andrade, 2002). Segundo Henning & Godoy (2006), as perdas na safra 2002/03 atingiram 737.453.718,15 dólares americanos.

No Sul do Brasil, a ferrugem asiática ocorre em intensidade variável, uma vez que as condições climáticas nem sempre favorecem sua presença. Por este motivo, há poucos estudos sobre seus danos à cultura da soja. A quantificação de danos causados por doenças de plantas é muito importante para o desenvolvimento de qualquer programa de controle de doenças, independentemente do método a ser empregado (Zadoks e Schein, 1979).

Na abordagem na análise do dano por doenças envolve sua relação com a área foliar da planta, e desta com o rendimento de grãos. A perda de área foliar causadas pelas doenças afeta a interceptação de luz, a capacidade fotossintética, o acúmulo de fotossintatos e o período do enchimento de grãos (Board et al., 1994).

Por este motivo, estudos sobre danos por doenças devem incluir indicadores da área foliar.

A safra de soja 2009-10 apresentou a maior quantidade de ferrugem asiática da soja até hoje registrada nas condições no Sul do Brasil. Aproveitou-se a presença da doença para estudar a redução que a mesma pode causar e, assim, definir o melhor programa de controle para a doença.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no campo experimental da FAMV/UPF, em Passo Fundo, RS, na safra de verão 2009-10. Utilizou-se a cultivar de soja Nidera 5909 RG, semeada em 05/12/09, sobre palha de trigo. As sementes foram tratadas previamente com uma formulação mista (Standak Top®, 100 mL.100 kg⁻¹ de sementes) do inseticida fipronil e dos fungicidas piraclostrobina e tiofanato metílico. Foram utilizadas 14 sementes por metro linear, em um espaçamento entre linhas de 0,45 m, o que resultou em uma população de 26,7 plantas estabelecidas por metro quadrado. As unidades experimentais tiveram área útil de 13,5 m² e população média de 360 plantas. A adubação constou da aplicação de 300 kg.ha⁻¹ da fórmula 5-25-20 (N-P₂O₅-K₂O), distribuída no sulco de semeadura.

O manejo das plantas invasoras foi realizado com uma dessecação em pré-semeadura e outras duas aplicações do herbicida glifosato (Roundup® WG). Foram também realizadas três aplicações de inseticida, a primeira com piretróide (Talcord®) + fisiológico

(Certero®), a segunda com fisiológico (Certero®) e a terceira com neonicotinóide (Engeo®) + piretróide (Talcord®).

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com 16 tratamentos e quatro repetições, os quais foram usados para gerar gradientes de doença. Utilizou-se um fungicida triazol (tebuconazol, Folicur® 200 CE, 0,5 l.ha⁻¹) e uma mistura de triazol + estrobilruina (epoxiconazol + piraclostrobina, Opera®, 0,5 l.ha⁻¹), esta última com um adjuvante à base de óleo mineral (Assist®, 0,5 l.ha⁻¹). Os estádios e datas dos tratamentos constam na Tabela 1. Uma testemunha foi mantida sem fungicida em parte aérea.

Tabela 1 - Estádios fonológicos e datas da aplicação de fungicidas. FAMV/UPF, 2009/10

Tratamentos	Fungicida	Estádio*	Data
1	Sem aplicação de fungicida		
2		V9	22/1
3		V9 + R4	22/1, 11/2
4		V9 + R4 + R5.3	22/1, 11/2, 3/3
5	Tebuconazol	V9 + R5.3	22/1, 3/3
6		R4 + R5.3	11/2, 3/3
7		R4	11/2
8		R5.3	3/3
9		V9	22/1
10		V9 + R4	22/1, 11/2
11		V9 + R4 + R5.3	22/1, 11/2, 3/3
12	Epoxiconazol +	V9 + R5.3	22/1, 3/3
13	piraclostrobina	R4 + R5.3	11/2, 3/3
14		R4	11/2
15		R5.3	3/3
16		V9 + R3 + R5.1 + R6	22/1, 6/2, 21/2, 3/3

*De acordo com Fehr & Caviness, (1977)

As pulverizações foram realizadas com um pulverizador costal pressurizado com CO₂, equipado com pontas TT 110015, regulado a uma vazão de 150 L.ha⁻¹.

As aplicações foram realizadas no início da manhã ou final da tarde, sob condições de temperaturas inferiores a 30 °C, umidade relativa acima de 60% e velocidade de ventos inferior 6 m.s⁻¹.

Os dados de temperatura e precipitação pluvial foram obtidos junto ao Centro Nacional de Pesquisa de Trigo – Embrapa Trigo.

As avaliações de incidência e severidade de doenças foram iniciadas na data da primeira aplicação de fungicida (22/1) e repetidas em 28/1, 3/2, 10/2, 17/2, 23/2, 2/3 e 9/3. Em todas as datas, duas plantas foram coletadas em cada parcela, acondicionadas em sacos plásticos, sendo posteriormente divididas em três partes iguais (estratos inferior, médio e superior), de acordo com o número de nós na haste principal. Em laboratório, os folíolos centrais foram destacados e avaliados quanto à presença de urédias e lesões de ferrugem. Para fins de incidência computaram-se os folíolos com pelo menos uma lesão. A ferrugem foi quantificada como número de lesões ou urédias por centímetro quadrado, a partir de contagens em área pré-determinada do folíolo (0,6 cm), utilizando um microscópio estereoscópico (marca ZEISS modelo Stemi 2000-C). O número de urédias.cm⁻² foi multiplicado por uma constante (0,195) (Reis, dados não publicados) para obtenção da porcentagem de severidade. Na última avaliação de ferrugem também foi realizada uma do oídio (*Erysiphe diffusa*) quantificando a área lesionada, dando um valor em função de ela.

Os valores de incidência e severidade foram integralizados como área abaixo da curva de progresso da ferrugem asiática (AACPFPA), conforme equação de integração trapezoidal descrita em Campbell & Madden, (1990).

Para análise do progresso de doença considerou-se a taxa de progresso da epidemia, a qual foi obtida com os modelos Logístico e de Gompertz, utilizando o pacote estatístico disponível em SAS 9,0 (SAS, 2002). O modelo com menor soma dos quadrados dos resíduos no conjunto das análises foi escolhido para cálculo da taxa.

As avaliações do índice de área foliar (IAF) foram realizadas no estádio R7.1. Foram coletadas duas plantas ao acaso por parcela, sendo destacadas todas as folhas, cuja área foi integralizada por um medidor de área foliar (Li-cor modelo LI-3000A).

O IAF para a única avaliação foi calculado multiplicando-se a área foliar média da planta, em m^2 (a), pelo número de plantas. m^{-2} (N) segundo a equação (1).

$$(1) \\ IAF = a \times N$$

O índice de área foliar sadio (IAFS) foi obtido utilizando a equação (1), onde y é a severidade da ferrugem asiática (%).

$$(2) \\ IAFS = IAF \cdot (1-y)$$

A colheita foi realizada em 03/04/2010 para quantificação do rendimento de grãos e peso de mil grãos. Também foram avaliados os componentes de rendimento (grãos e legumes por planta, grãos por legume e peso de grãos por planta) nos estratos inferior, médio e

superior das plantas de soja, os quais foram separados com base no número de nós na haste principal.

Com os valores de severidade da ferrugem (porcentagem final e AACPD), IAF e rendimento de grãos foram realizadas análises de regressão visando quantificar os danos pela doença. Estas análises foram realizadas com o software Excel.

Os valores resultantes de índice de área foliar (IAF), Índice de área foliar sadia (IAFS), componentes de rendimento (grãos e legumes por planta, grãos por legume e peso de grãos por planta), rendimento e peso de mil grãos foram submetidos à análise de variância, com comparação de médias pelo Scott Knott ($p = 0,05$) no programa SASM-AGRI, versão 8,2 (Canteri et al., 2001). Cada terço foi analisado independentemente um do outro.

3 RESULTADOS

As condições climáticas durante a safra 2009/2010 foram normais para o desenvolvimento da cultura e também para a ferrugem asiática. A precipitação pluvial ao longo do ciclo da cultura foi de 412,9 mm e temperatura média de 21,3 °C.

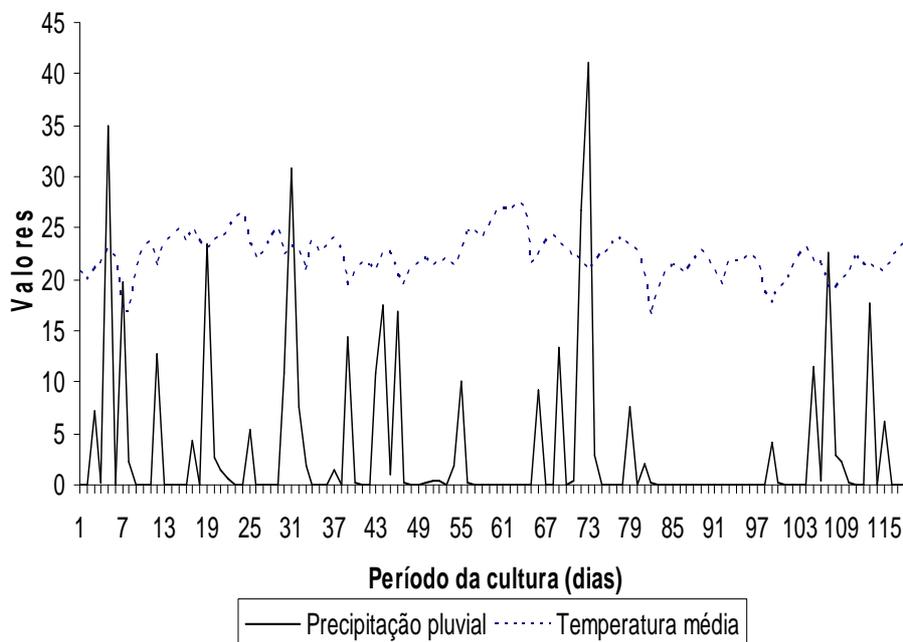


Figura 1 - Precipitação pluvial (mm) e temperatura média (°C) do ar entre 05/12/2009 a 03/04/2010 em Passo Fundo, RS, na safra 2009/2010. Fonte: modificado de <http://www.cnpt.embrapa.br/pesquisa/agromet/app/principal/agromet>.

O índice de área foliar (IAF) ao final do período de enchimento de grãos (Tabelas 2 e 3) foi de apenas 1,96 nas plantas não tratadas, o qual ficou ainda menor (1,19) quando descontada a porcentagem de severidade, gerando o índice de área foliar sadia (IAFS). A presença da ferrugem asiática em grande intensidade nesta safra e a reduzida ocorrência de chuvas nos meses de fevereiro e março foram as principais causas de desfolha nas plantas. A utilização do tratamento químico permitiu manter maior índice de área foliar, atingindo um máximo no tratamento com quatro aplicações de triazol + estrobilurina, cujo IAF foi 4,40 e o IAFS 4,19. Para ambos, os índices diferiram da testemunha, também, os programas de controle

iniciados em V9 e que envolveram duas ou três aplicações. Entre os estratos da planta, maiores valores de IAF e IAFS foram observados no superior. O estrato inferior apresentou índices maiores em relação ao médio, por que nele também foi considerada a área foliar dos ramos oriundos da base da haste.

Tabela 2: Índice de área foliar (IAF) na soja (NIDERA 5909 RG) em função de diferentes programas de aplicação de fungicidas em Passo Fundo, na safra 2009-2010

Fungicida e época de aplicação	IAF						Total	
	Estrato inferior		Estrato médio		Estrato superior			
Testemunha	0,71	b ²	0,38	b	0,87	b	1,96	b
Tebuconazol								
V9	0,72	b	0,40	b	0,93	b	2,04	b
V9 + R4	0,84	b	0,81	a	1,14	a	2,79	b
V9 + R4 + R5.3	1,11	b	0,62	b	1,02	b	2,75	b
V9 + R5.3	0,80	b	0,42	b	1,06	b	2,28	b
R4 + R5.3	0,64	b	0,42	b	0,89	b	1,95	b
R4	1,10	b	0,49	b	1,16	a	2,75	b
R5.3	0,60	b	0,45	b	1,17	a	2,21	b
Média	0,83		0,51		1,05		2,82	
Epoxiconazol + piraclostrobina								
V9	1,14	b	0,61	b	1,21	a	2,96	b
V9 + R4	1,66	a	1,14	a	1,31	a	4,11	a
V9 + R4 + R5.3	1,63	a	1,14	a	1,18	a	3,95	a
V9 + R5.3	1,51	a	0,77	a	1,08	b	3,36	a
R4 + R5.3	1,00	b	0,80	a	0,93	b	2,73	b
R4	1,11	b	0,47	b	1,18	a	2,75	b
R5.3	0,83	b	0,43	b	0,92	b	2,17	b
V9 + R3 + R5.1 + R6 ¹	1,81	a	1,22	a	1,37	a	4,40	a
Média	1,27		0,83		1,11		3,15	
C.V. (%)	47,50		54,01		20,48		25,70	
p (blocos)	ns		0,0005		0,0001		0,0001	
p (tratamentos)	0,0005		0,0001		ns		0,0001	

¹ Tratamento não foi tomado em conta para o cálculo de média entre os fungicidas,

² Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Skott-Knott a 5% de probabilidade.

Tabela 3: Índice de área foliar sadia (IAFS) na soja (NIDERA 5909 RG) em função de diferentes programas de aplicação de fungicidas em Passo Fundo, na safra 2009-2010

Fungicida e época de aplicação	IAFS							
	Estrato inferior		Estrato médio		Estrato superior		Total	
Testemunha	0,37	b ²	0,18	b	0,65	b	1,19	b
Tebuconazol								
V9	0,42	b	0,24	b	0,73	b	1,38	b
V9 + R4	0,59	b	0,55	b	0,98	a	2,12	b
V9 + R4 + R5.3	0,67	b	0,40	b	0,90	b	1,97	b
V9 + R5.3	0,51	b	0,29	b	0,87	b	1,67	b
R4 + R5.3	0,34	b	0,20	b	0,75	b	1,29	b
R4	0,53	b	0,27	b	1,00	a	1,80	b
R5.3	0,35	b	0,30	b	0,99	a	1,64	b
Média	0,49		0,32		0,89		1,70	
Epoxiconazol + piraclostrobina								
V9	0,95	b	0,55	b	1,09	a	2,59	b
V9 + R4	1,53	a	1,08	a	1,27	a	3,88	a
V9 + R4 + R5.3	1,37	a	1,08	a	1,10	a	3,56	a
V9 + R5.3	1,28	a	0,66	b	0,96	a	2,90	a
R4 + R5.3	0,61	b	0,64	b	0,84	b	2,09	b
R4	0,70	b	0,36	b	1,12	a	2,18	b
R5.3	0,50	b	0,30	b	0,72	b	1,52	b
V9 + R3 + R5.1 + R6 ¹	1,69	a	1,16	a	1,34	a	4,19	a
Média	0,99		0,67		1,01		2,67	
C.V. (%)	52,15		55,71		21,09		26,52	
p (blocos)								
p (tratamentos)	ns		ns		0,0005		0,0001	
	0,0001		0,0001		0,0001		0,0001	

¹ Tratamento não foi tomado em conta para o cálculo de média entre os fungicidas,

² Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Skott-Knott a 5% de probabilidade.

O índice de área foliar sadia (IAFS) foi influenciado negativamente pela área abaixo da curva de progresso da ferrugem asiática (AACPF) (Figura 2) ou pela severidade final da doença (Figura 3).

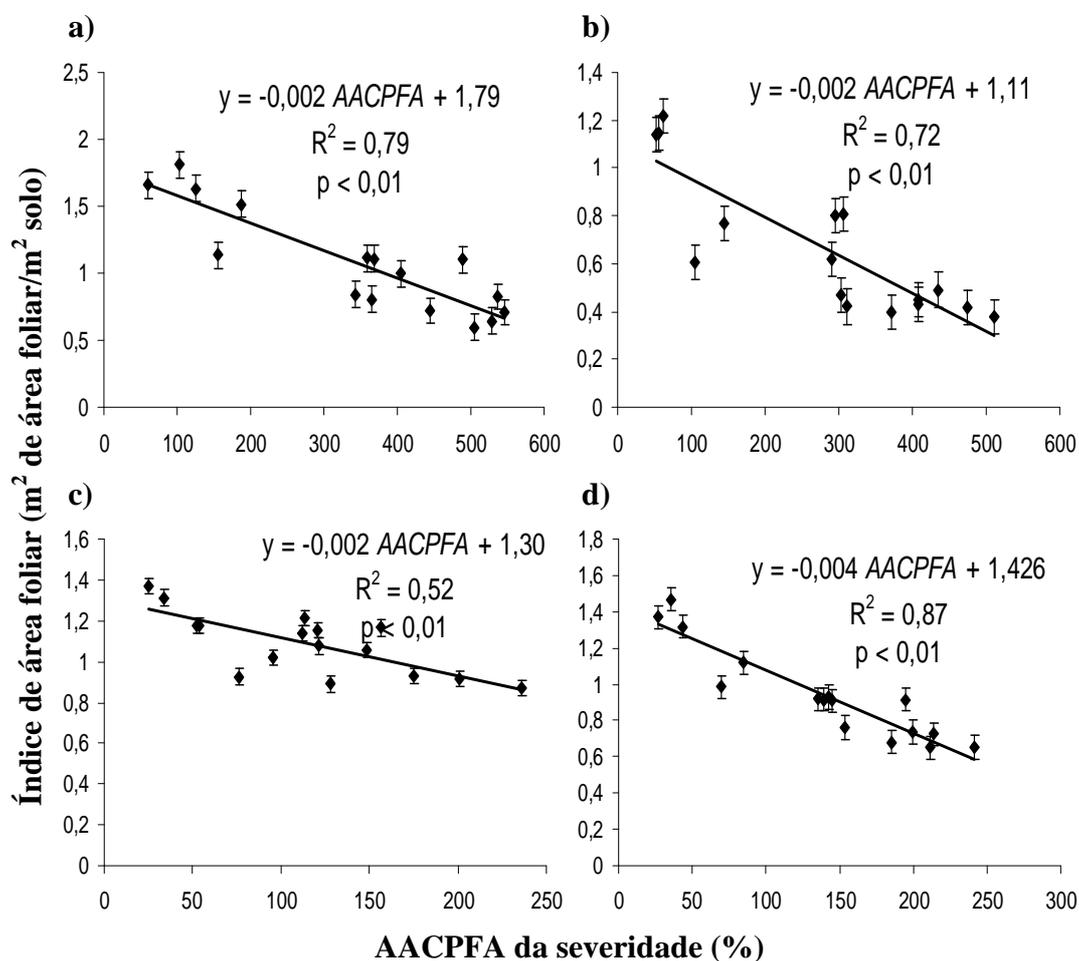


Figura 2 - Relação entre o índice de área foliar e a AACPFA da severidade da ferrugem asiática nos estratos inferior (a), médio (b), superior (c) e total da planta de soja (d), cultivar Nidera 5909 RG. Passo Fundo/RS, Safra 2009/10.

As relações entre índice de área foliar sadia (IAFS) e índice de área foliar total (AF) (Figura 4) foram significativas ($p < 0,0001$ e R^2 de 0,65 a 0,99) para a cultivar utilizada. Isso significa que a ferrugem é importante causa de desfolha, e o seu controle é importante para preservar a folha com vistas ao enchimento de grãos. Quanto maior a quantidade de ferrugem, maior o número de urédias por unidade de

área, portanto, maior interferência no metabolismo da folha e maior a perda de água, com reflexo na durabilidade dos folíolos.

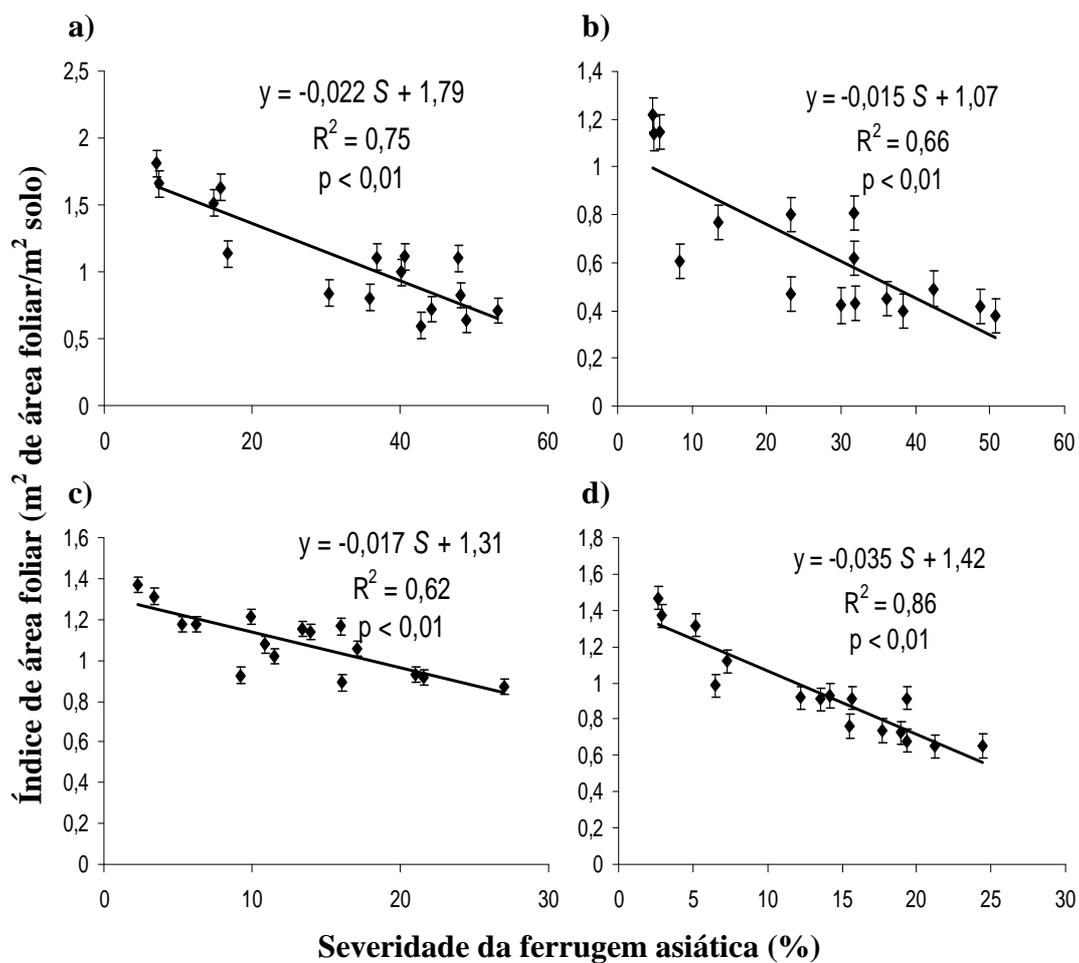


Figura 3 - Relação entre o índice de área foliar e a severidade da ferrugem asiática nos estratos inferior (a), médio (b), superior (c) e total da planta de soja (d), cultivar Nidera 5909 RG. Passo Fundo/RS, Safra 2009/10.

As relações entre índice de área foliar sadia (IAFS) e índice de área foliar total (AF) (Figura 4) foram significativas ($p < 0,0001$ e R^2 de 0,65 a 0,99) para a cultivar utilizada. Isso significa que a ferrugem

é importante causa de desfolha, e o seu controle é importante para preservar a folha com vistas ao enchimento de grãos. Quanto maior a quantidade de ferrugem, maior o número de urédias por unidade de área, portanto, maior interferência no metabolismo da folha e maior a perda de água, com reflexo na durabilidade dos folíolos.

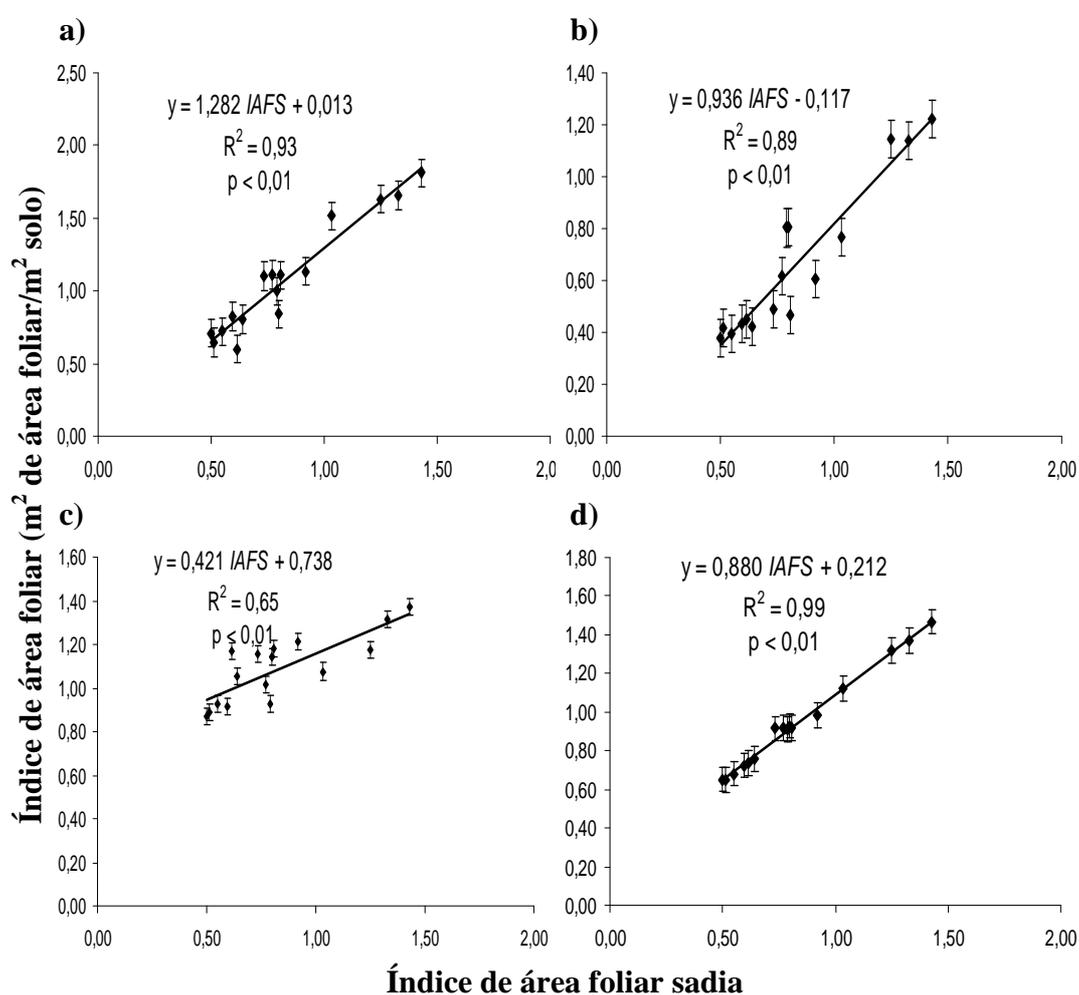


Figura 4 - Relação entre o índice de área foliar sadia e a área foliar nos estratos inferior (a), médio (b), superior (c) e total da planta de soja (d), cultivar Nidera 5909 RG. Passo Fundo/RS, Safra 2009/10.

Os componentes do rendimento de grãos, avaliados com número de legumes e grãos por planta, assim como grãos por legume, não variaram significativamente entre os diversos tratamentos, apesar das diferenças numéricas. Houve grande variação entre blocos e unidades experimentais, resultando em coeficientes de variação elevados. Na análise entre os estratos da planta, os componentes do rendimento foram muito similares entre si nas partes média e superior.

Tabela 4: Média dos estratos (inferior, médio e superior) de número de grãos.planta⁻¹, legumes.planta⁻¹ e grãos.legume⁻¹ na soja (NIDERA 5909 AG) em função de diferentes programas de aplicação de fungicidas em Passo Fundo, na safra 2009-2010

Tratamento	Número			Peso de grãos.planta ⁻¹
	grãos.planta ⁻¹	legumens.planta ⁻¹	grãos/legume ⁻¹	
Testemunha	104,30	54,63	1,80	13,08
Tebuconazol	130,07	61,59	1,88	15,49
Epoxiconazol + piraclostrobin	127,41	61,15	1,86	15,62

O terço inferior da planta tendeu a apresentar maior número de legumes e grãos nas plantas tratadas, provavelmente em função da proteção das folhas pelos fungicidas. Isso também se refletiu no peso de grãos por planta (Tabela 5), que apresentou média de 7,0 g (estrato inferior), 4,52 g (estrato médio) e 4,03 g (estrato superior) entre os fungicidas, contra 4,62 g, 4,07 g e 3,88 g da testemunha. Entre os programas de aplicação utilizados, só houve diferença significativa no peso de grãos do terço superior, onde os tratamentos iniciados em V9 e que combinaram duas, três e até quatro aplicações, apresentaram peso maior que o da testemunha sem fungicida. O número de grãos

por legume variou entre 1,8 e 1,88, não havendo diferenças significativas entre fungicidas e esquemas de aplicação. Contudo, as plantas tratadas tenderam a apresentar valor numérico maior no terço inferior, quando comparadas com a testemunha, o que poderia revelar uma influência do controle da ferrugem sobre este componente do rendimento.

Tabela 5: Peso de grãos.planta⁻¹ na soja (NIDERA 5909, RG) em função de diferentes programas de aplicação de fungicidas em Passo Fundo, na safra 2009-2010

Fungicida e época de aplicação	Peso de grãos.planta ⁻¹ (g)							
	Estrato inferior		Estrato médio		Estrato superior		Total	
Testemunha	4,62	a ²	4,07	a	3,88	b		13,08
Tebuconazol								
V9	5,91	a	4,03	a	3,19	b	13,14	a
V9 + R4	6,40	a	4,86	a	4,99	a	16,57	a
V9 + R4 + R5.3	6,97	a	4,97	a	4,33	a	16,06	a
V9 + R5.3	6,25	a	4,07	a	4,10	b	13,44	a
R4 + R5.3	8,19	a	4,26	a	3,91	b	16,06	a
R4	8,23	a	4,37	a	3,62	b	15,80	a
R5.3	7,17	a	5,10	a	3,95	b	17,37	a
Média	7,02		4,52		4,01		15,49	
Epoconazol + piraclostrobina								
V9	6,58	a	4,42	a	4,08	b	14,76	a
V9 + R4	6,53	a	4,67	a	4,49	a	16,38	a
V9 + R4 + R5.3	8,23	a	4,96	a	4,41	a	17,61	a
V9 + R5.3	6,49	a	4,46	a	4,28	a	15,39	a
R4 + R5.3	7,55	a	4,97	a	4,05	b	16,06	a
R4	7,18	a	4,22	a	3,49	b	15,38	a
R5.3	6,20	a	3,92	a	3,61	b	13,73	a
V9 + R3 + R5.1 + R6 ¹	7,51	a	5,32	a	4,76	a	17,51	a
Média	6,97		4,52		4,06		15,62	
C.V. (%)	31,80		17,88		14,85		17,32	
p (blocos)	0,0005		ns		0,0001		ns	
p (tratamentos)	ns		ns		0,0005		ns	

¹ Tratamento não foi tomado em conta para o cálculo de média entre os fungicidas,

² Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Skott-Knott a 5% de probabilidade.

As relações da AACPFPA (%) e da severidade final (%) da ferrugem asiática e do oídio com o rendimento de grãos não foram significativas, razão pela qual não são apresentadas.

As taxas de progresso (r) de doença nas plantas testemunhas (Tabela 6), em função da severidade, foram estimadas através dos modelos não lineares Logístico e Gompertz. Ambos apresentaram altos coeficientes de determinação (0,98 a 0,99) e baixos valores para o quadrado médio do erro (0,0202 a 0,0325). Por estes parâmetros, o modelo Logístico e de Gompertz representaram bem as epidemias analisadas. Entre os estratos da planta, a taxa de progresso de doença foi similar (0,13 a 0,14 para Logístico e 0,1 a 0,11 para Gompertz). Neste caso, as variações em intensidade final estiveram associadas a diferenças na quantidade inicial da ferrugem.

Tabela 6 – Quantidade inicial (Y_0), taxa de progresso da ferrugem asiática (r) estimados pelos modelos Logístico e de Gompertz, coeficiente de determinação (R^2) e quadrado médio do resíduo (QMR), obtidos nos respectivos modelos para a severidade (%) em proporções de plantas de soja, cultivar Nidera 5909 RG. Passo Fundo/RS, Safra 2009/10

Estratos	Logístico				Gompertz			
	Y_0	r	R^2	QMR	Y_0	r	R^2	QMR
Inferior	205,2	0,13	0,92	0,2539	4,60	0,10	0,93	0,2651
Médio	279,4	0,14	0,95	0,2889	4,75	0,10	0,96	0,2848
Superior	598,8	0,13	0,88	0,6647	5,95	0,11	0,88	0,6641
Média	15,76	0,06	0,99	0,0202	2,64	0,04	0,98	0,0325

4 DISCUSSÃO

Foi encontrada maior área foliar nos estratos superior e inferior da planta, e menor no terço médio. Neste trabalho, a metodologia utilizada colocou as folhas dos ramos como pertencentes ao ponto de partida do ramo, por isso a maior quantidade no terço inferior. Urosa & Ascencio (1993) utilizaram metodologia diferente, simplesmente dividiram a planta em duas partes, mesmo assim observaram maior área foliar na metade inferior, no estágio R5-R6.

A aplicação de fungicida quando realizada mais cedo (V9), e repetida mais de uma vez, resultou em maior índice de área foliar (IAF), ao contrário das aplicações mais tardias, corroborando com Navarini et al. (2007). Isso demonstra a importância do manejo da ferrugem e da época de aplicação na manutenção das folhas.

Os componentes do rendimento de grãos foram pouco influenciados pelos tratamentos utilizados, contrariando a expectativa existente no início deste trabalho. Bromfield (1984) menciona que a ferrugem asiática da soja pode causar decréscimo no enchimento de legumes.planta⁻¹, número normal de legumes.planta⁻¹, o número de sementes.planta⁻¹, peso de sementes.planta⁻¹ e peso de 1000 sementes. A cultivar utilizada neste trabalho é bastante produtiva, segundo informações de campo obtidas em outros trabalhos (dados não publicados). Contudo, a mesma mostra grande variação de porte e número de legumes entre plantas. Neste experimento, o coeficiente de variação foi elevado, possivelmente em função deste fator e de variações na fertilidade do solo, embora o mesmo tenha sido adubado com base em análise realizada previamente. O período de enchimento

de grãos também ocorreu sob má distribuição de chuvas, havendo desfolha acentuada por seca, o que limitou o potencial de rendimento de grãos nos tratamentos com melhor controle da ferrugem.

Do ponto de vista de produtividade, a melhor época para semeadura da soja é no início de novembro (Gallotti et al., 2006). Em 2009, este mês foi muito chuvoso e a semeadura somente foi possível em 05/12/09, já limitando o potencial produtivo da cultivar Nidera 5909 RG.

As taxas diárias de progresso da epidemia (r) observadas neste experimento foram baixas, 0,0443 unidades.dia⁻¹ para o modelo Logístico e 0,0608 para Gompertz. Estes valores são inferiores a outros já relatados na literatura. Nos Estados Unidos, Kim et al. (2005) observaram taxas 0,1, 0,15 e 0,2 unidades ao dia. Na Argentina, Souza & Formento (2008) obtiveram taxas de 0,05 e 0,87 unidades ao dia. No Brasil, Blum et al. (2004) acharam uma taxa de 0,098 unidades ao dia, mas obtida com base na incidência.

5 CONCLUSÃO

O progresso da ferrugem asiática apresenta taxas semelhantes entre os estratos da planta, sendo influenciado pela quantidade inicial da doença. Por este motivo, aplicações de fungicida que ocorram antes do estabelecimento da doença e reduzam sua quantidade inicial tendem a apresentar melhor resultado. A mistura de epoxiconazol + piraclostrobina é mais efetiva no controle da ferrugem do que o tebuconazol. Fatores relacionados às características da cultivar, à

distribuição de chuvas e à época de semeadura interferem nas relações entre doença, área foliar e rendimento de grãos, prejudicando as estimativas de perdas pela ferrugem. Os modelos Logístico e de Gompertz representam satisfatoriamente o progresso da ferrugem asiática em soja.

CAPÍTULO II

CONTROLE COMPARATIVO DA FERRUGEM ASIÁTICA COM FUNGICIDA TRIAZOL E MISTURA DE TRIAZOL + ESTROBILURINA

**FELIPE RAFAEL GARCÉS FIALLOS¹ E CARLOS ALBERTO
FORCELINI²**

RESUMO – Fungicidas triazóis e suas misturas com estrobilurinas são os mais utilizados no controle da ferrugem asiática em soja. Mudanças na sensibilidade do fungo aos fungicidas requerem estudos continuados sobre a eficácia destes compostos. Neste trabalho, um estudo comparativo foi realizado, onde um triazol (tebuconazole) e uma mistura de triazol + estrobilurina (epoxiconazole + piraclostrobina) foram avaliados quanto ao controle da ferrugem da soja, com aplicações em épocas (V9, R4 ou R5.3) e número (1, 2 ou 3) variáveis. Utilizaram-se 64 parcelas de campo da cultivar Nidera 5909 RG, distribuídas em blocos casualizados. A intensidade da ferrugem foi medida em cada terço da planta, através de sete contagens de lesões e urédias, posteriormente convertidas em severidade (%). Esta foi superior a 40% nas plantas testemunhas. O progresso da ferrugem foi maior no terço inferior das plantas. As aplicações realizadas a

¹ Engenheiro Agrônomo, mestrando do programa de Pós-graduação em Agronomia (PPGAgro) da FAMV/UPF, Área de concentração em Fitopatologia. felipegarces@uteq.edu.ec

² Orientador, Engenheiro Agrônomo, Ph. D., professor da FAMV/PPGAgro/UPF. forcelini@upf.br

partir do estágio V9 (haste com nove folhas) resultaram em melhor controle. A mistura de triazol + estrobilurina foi mais efetiva que o triazol. O progresso da doença ocorreu mais pelo aumento das lesões, pois o número de urédias por lesão pouco variou entre tratamentos.

Palavras-chave: Tebuconazol, epoxiconazol + piraclostrobina, eficácia.

**COMPARATIVE CONTROL OF SOYBEAN RUST BY A
TRIAZOL FUNGICIDE OR A MIX OF TRIAZOL +
STROBYLURIN**

**FELIPE RAFAEL GARCÉS FIALLOS AND CARLOS
ALBERTO FORCELINI**

ABSTRACT – Triazol and their mixtures with strobilurins are the main fungicides used to control Asian rust on soybeans. Shifting in fungal sensibility to fungicides demands continuous monitoring on the efficacy of such compounds. In this research a comparative study on rust control was carried out with the fungicide tebuconazol (triazol) and the mixture of epoxiconazol + pyraclostrobin (triazol + strobilurin), which were sprayed once, twice or three times from different plant growth stages (V9, R4, or R5.3). A total of 64 randomized plots of Nidera 5909 RG soybeans were assessed for number of lesions and uredia, later converted into percent severity for each third part of the plant (lower, medium, and upper). Rust severity

was over 40% on non-treated plants. Disease progress was higher at the lower third. Spray applications began at V9 (main stem with nine trifolia) resulted in better rust control. The mix of triazol + strobilurin was more efficacious than the triazol alone. Disease increase was mainly driven by the amount of lesions, since the number of uredia per lesion did not vary significantly among treatments.

Key-words: Tebuconazole, epoxiconazole + pyraclostrobin, fungicide efficacy.

1 INTRODUÇÃO

A ferrugem asiática da soja, causada pelo fungo *Phakopsora pachyrhizi* Sydow & Sydow, está presente no Brasil a menos de uma década, mas já se tornou a principal causa de perdas associadas a doenças. A presença da ferrugem reduz a eficiência e a duração da área foliar da soja, com conseqüências significativas no rendimento de grãos. Hartman et al. (1999) relatam que a doença tem causado danos de 10 a 40% na Tailândia, 10-90% na Índia, 10-50% no sul da China, 23-90% em Taiwan e 40% no Japão.

Há poucas opções de cultivares resistentes ou parcialmente resistentes à ferrugem asiática, razão pela qual o manejo da doença é fortemente baseado na aplicação de fungicidas. Estes, combinados com outros métodos culturais como a redução das fontes de inóculo, o uso de cultivares precoces e semeaduras antecipadas, têm permitido manter a sustentabilidade da cultura da soja no Brasil.

Os principais fungicidas utilizados no controle da ferrugem incluem compostos triazóis ou suas combinações com estrobilurinas. A utilização freqüente de triazóis, muitas vezes sob condições impróprias (aplicações erradicantes, sub-doses e tecnologia inadequada), tem resultado na redução da sensibilidade do patógeno a este grupo de fungicidas. Este comportamento já foi observado em algumas regiões de cultivo de soja no país.

No Sul do Brasil, o uso de triazóis para controle da ferrugem ainda é expressivo, uma vez que a menor ocorrência de chuvas limita o desenvolvimento da doença, permitindo controle satisfatório com este grupo de fungicidas. Nos verões sob o efeito do fenômeno “El

niño”, a presença da ferrugem se dá mais cedo e em maior intensidade, requerendo mais aplicações e a utilização de misturas de triazóis + estrobilurinas.

Dadas às mudanças ocorridas na população do patógeno, no sentido de sua menor sensibilidade aos fungicidas triazóis, torna-se necessário avaliar a eficácia de programas de aplicação baseados exclusivamente em triazóis ou em misturas de triazóis + estrobilurinas, a fim de oferecer opções seguras ao produtor, sob um cenário de “El niño” e da presença de um patógeno menos sensível ao fungicida.

Por isso, objetivou-se controle da ferrugem asiática da soja através de diferentes programas de aplicação utilizando um triazol em comparação com uma mistura de triazol + estrobirulina.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no campo experimental da FAMV/UPF, em Passo Fundo, RS, na safra de verão 2009-10. Utilizou-se a cultivar de soja Nidera 5909 RG, semeada em 05/12/09, sobre palha de trigo. As sementes foram tratadas previamente com uma formulação mista (Standak Top, 100 mL.100 kg⁻¹ de sementes) contendo o inseticida fipronil e os fungicidas piraclostrobina e tiofanato metílico. Foram utilizadas 14 sementes por metro linear, em um espaçamento entre linhas de 0,45 m, o que resultou em uma população de 26,7 plantas estabelecidas por metro quadrado. As unidades experimentais tiveram área útil de 13,5 m² e população

média de 360 plantas. A adubação constou da aplicação de 300 kg.ha^{-1} da fórmula 5-25-20 (N-P₂O₅-K₂O), distribuída no sulco de semeadura.

O manejo das plantas invasoras foi realizado com uma dessecação em pré-semeadura e outras duas aplicações do herbicida glifosato (Roundup® WG). Foram também realizadas três aplicações de inseticida, a primeira com piretróide (Talcord®) + fisiológico (Certero®), a segunda com fisiológico (Certero®) e a terceira com neonicotinóide (Engeo®) + piretróide (Talcord®).

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com 16 tratamentos e quatro repetições cada. Utilizou-se um fungicida triazol (tebuconazol, Folicur® 200 CE, $0,5 \text{ l.ha}^{-1}$) e uma mistura de triazol + estrobilruina (epoxiconazol + piraclostrobina, Opera®, $0,5 \text{ l.ha}^{-1}$), esta última com um adjuvante à base de óleo mineral (Assist®, $0,5 \text{ l.ha}^{-1}$). Os estádios e datas dos tratamentos constam na Tabela 1. Uma testemunha foi mantida sem fungicida em parte aérea. As pulverizações ocorreram por meio de pulverizador costal pressurizado com CO₂, equipado com pontas TT 110015, regulado a uma vazão de 150 L.ha^{-1} . As aplicações foram realizadas no início da manhã ou final da tarde, sob condições de temperaturas inferiores a 30 °C, umidade relativa acima de 60% e velocidade de ventos inferior 6 m.s^{-1} .

Os dados de temperatura e precipitação pluvial foram obtidos junto ao Centro Nacional de Pesquisa de Trigo – Embrapa Trigo.

Tabela 1 - Estádios fonológicos e datas da aplicação de fungicidas. FAMV/UPF, 2009/10

Tratamentos	Fungicida	Estádio*	Data
1	Sem aplicação de fungicida		
2		V9	22/1
3		V9 + R4	22/1, 11/2
4		V9 + R4 + R5.3	22/1, 11/2, 3/3
5	Tebuconazol	V9 + R5.3	22/1, 3/3
6		R4 + R5.3	11/2, 3/3
7		R4	11/2
8		R5.3	3/3
9		V9	22/1
10		V9 + R4	22/1, 11/2
11		V9 + R4 + R5.3	22/1, 11/2, 3/3
12	Epoxiconazol +	V9 + R5.3	22/1, 3/3
13	piraclostrobina	R4 + R5.3	11/2, 3/3
14		R4	11/2
15		R5.3	3/3
16		V9 + R3 + R5.1 + R6	22/1, 6/2, 21/2, 3/3

*De acordo com Fehr & Caviness, (1977)

As avaliações de incidência e severidade de doenças foram iniciadas na data da primeira aplicação de fungicida (22/1) e repetidas em 28/1, 3/2, 10/2, 17/2, 23/2, 2/3 e 9/3. Em todas as datas, duas plantas foram coletadas em cada parcela, acondicionadas em sacos plásticos, sendo posteriormente divididas em três partes iguais (estratos inferior, médio e superior), de acordo com o número de nós na haste principal. Em laboratório, os folíolos centrais foram destacados e avaliados quanto à presença de urédias e lesões de ferrugem. Para fins de incidência computaram-se os folíolos com pelo menos uma lesão. A ferrugem foi quantificada como número de lesões ou urédias por centímetro quadrado, em área pré-determinada do folíolo (0,6 cm), utilizando um microscópio estereoscópico marca

ZEISS (modelo Stemi 2000-C). O número de urédias.cm⁻² foi multiplicado por uma constante (0,195) (Reis, dados não publicados) para obtenção da porcentagem de severidade.

Os valores de incidência e severidade foram integralizados como área abaixo da curva de progresso da ferrugem asiática (AACPFPA), conforme equação de integração trapezoidal descrita em Campbell & Madden, (1990). Estes valores, assim como a severidade final (última avaliação), foram submetidos à análise de variância e à comparação das médias pelo teste de Scott Knott. Utilizou-se o software SASM-AGRI, versão 8,2.

3 RESULTADOS

As condições climáticas durante a safra 2009/2010 foram semelhantes à normal histórica para Passo Fundo-RS nos meses de dezembro e janeiro, porém abaixo da normal em fevereiro e março. No período no qual este experimento foi conduzido (05/12/09 a 03/04/10), a temperatura média foi 21,3 °C e houve um total de 412,9 mm de chuva, abaixo da normal histórica de 574,5 mm. Apesar desta condição, a ferrugem apresentou sua maior intensidade até hoje verificada no campo experimental da UPF.

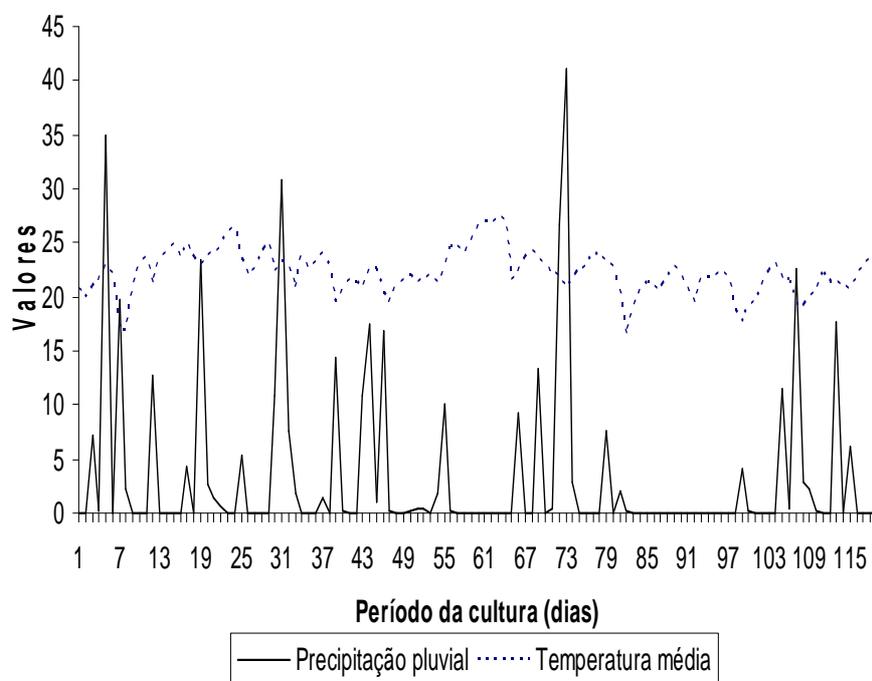


Figura 1 - Precipitação pluvial (mm) e temperatura (°C) do ar entre 05/12/2009 a 03/04/2010 em Passo Fundo, RS, na safra 2009/2010. Fonte: modificado de <http://www.cnpt.embrapa.br/pesquisa/agromet/app/principal/agromet>.

A primeira constatação da ferrugem asiática neste experimento foi em 28 de janeiro, quando as plantas estavam no estágio R1. Sua evolução nas semanas seguintes (Figura 2) foi significativa, atingindo severidade média superior a 40%. O maior progresso da doença ocorreu entre a quarta e oitava semanas. A severidade da doença foi maior no terço inferior, exceto na sétima semana, quando o terço médio apresentou maior quantidade de ferrugem.

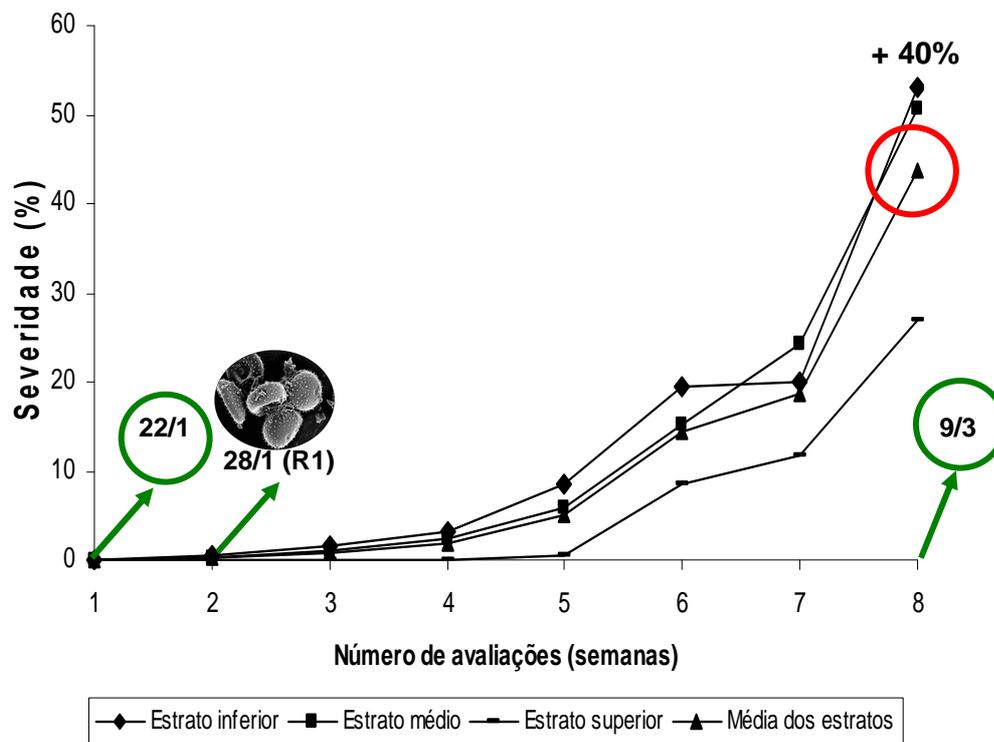


Figura 2 – Severidade (%) da ferrugem asiática da soja, cultivar Nidera 5909 RG, nos estratos inferior, médio e superior, assim como na média da planta. Passo Fundo, RS, safra 2009/2010.

A incidência da ferrugem (Figura 3) atingiu 100% na quinta semana para os estratos inferior e médio, e na sexta semana para o superior. As variáveis número de lesões.cm⁻² e de urédias.cm⁻² (Figura 3) apresentaram evolução semelhante entre si.

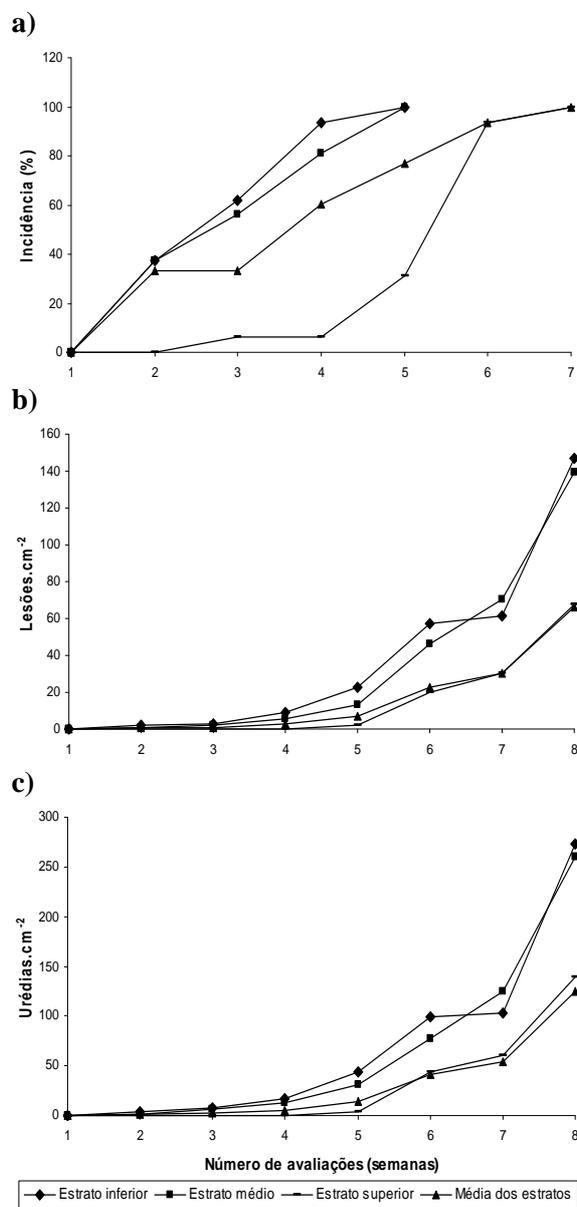


Figura 3 – Incidência (%) (a), lesões.cm⁻² (b) e urédias.cm⁻² (c) da ferrugem asiática da soja, cultivar Nidera 5909 RG, nos estratos inferior, médio e superior, assim como na média da planta. Passo Fundo, RS, safra 2009/2010.

Com relação à incidência da ferrugem, integralizada como área abaixo da curva de progresso (Tabela 2), as áreas testemunhas acumularam uma média de 2315,6 unidades, contra 2136,6 na média dos tratamentos com triazol e 1623,9 na mistura de triazol + estrobilurina. Verifica-se, portanto, que a mistura foi mais efetiva em reduzir a incidência. Na comparação entre os estratos da planta, a incidência sempre foi maior no terço inferior, sendo quase o dobro daquela verificada no terço superior. Tal comportamento é compreensível, uma vez que as folhas do terço inferior foram as primeiras a ficarem infectadas, ficando mais tempo expostas ao patógeno e acumulando mais doença ao longo do ciclo. Dentro de cada fungicida, as menores incidências estão, geralmente, associadas aos tratamentos com aplicações iniciadas em V9, as quais permitiram ao fungicida melhor distribuição pelo dossel das plantas e atuação mais cedo sobre a ferrugem. Não houve uma relação direta entre maior número de aplicações e melhor controle da doença. Houve casos em que duas aplicações a partir de R4 foram semelhantes ou inferiores a uma a partir de V9, o que reforça a importância do momento da primeira aplicação.

O número final de lesões.cm⁻² (Tabela 3) atingiu 146,8 no terço inferior, 139,2 no terço médio e 67,9 no terço superior, com média de 117,9 nas plantas testemunhas, não submetidas a aplicações de fungicida. Nas plantas tratadas o número de lesões foi menor, média de 90,2 para o triazol e de 47,9 para a mistura de triazol + estrobilurina. Entre as épocas de aplicação, os menores números de lesões foram verificados nos programas iniciados em V9, especialmente com duas ou mais aplicações.

Tabela 2 - Área abaixo a curva de progresso da incidência (AACPI) da ferrugem asiática em folíolos de soja (NIDERA 5909 RG), em função de diferentes programas de aplicação de fungicidas em Passo Fundo, na safra 2009-2010

Fungicida e época de aplicação	AACPI							
	Estrato inferior		Estrato médio		Estrato superior		Média	
Testemunha	2495,3	a ²	1528,1	a	1246,9	a	2315,6	a
Tebuconazol								
V9	2387,0	a	1196,9	b	1250,0	a	2213,3	a
V9 + R4	1868,5	b	1175,6	b	1081,3	a	1939,5	b
V9 + R4 + R5.3	2087,5	a	1184,9	b	1050,0	a	1899,8	b
V9 + R5.3	2099,0	a	1137,0	b	1418,8	a	2157,0	a
R4 + R5.3	2593,0	a	1693,6	a	1212,5	a	2243,5	a
R4	2300,8	a	1668,8	a	1253,1	a	2308,0	a
R5.3	2223,5	a	1493,8	a	1250,0	a	2195,4	a
Média	2222,8		1364,4		1216,5		2136,6	
Epoxiconazol + piraclostrobina								
V9	1440,0	b	600,9	c	1081,3	a	1570,5	c
V9 + R4	1014,0	b	490,1	c	518,8	b	946,5	d
V9 + R4 + R5.3	1253,0	b	331,8	c	750,0	b	1073,3	d
V9 + R5.3	1320,8	b	499,5	c	1162,5	a	1603,0	c
R4 + R5.3	2351,0	a	1416,1	a	1040,6	a	1917,8	b
R4	2360,0	a	1381,3	a	831,3	b	1892,5	b
R5.3	2895,3	a	1422,5	a	1331,3	a	2363,8	a
V9 + R3 + R5.1 + R6 ¹	1754,3	b	656,3	c	562,5	b	1164,3	d
Média	1804,9		877,5		959,4		1623,9	
C.V. (%)	20,76		20,26		26,52		13,74	
p (blocos)	0,0001		ns		ns		ns	
p (tratamentos)	0,0001		0,0001		0,0001		0,0001	

¹ Tratamento não foi tomado em conta para o cálculo de média entre os fungicidas,

² Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Skott-Knott a 5% de probabilidade.

Tabela 3 - Número final (Y max) de lesões.cm⁻² em folíolos de plantas de soja (NIDERA 5909 RG) em função de diferentes programas de aplicação de fungicidas em Passo Fundo, na safra 2009-2010

Fungicida e época de aplicação	Y max (lesões.cm ⁻²)							
	Estrato inferior		Estrato Médio		Estrato superior		Média	
Testemunha	146,8	a ²	139,2	a	67,9	a	117,9	a
Tebuconazol								
V9	141,7	a	115,1	b	52,8	a	103,2	a
V9 + R4	100,5	b	92,9	c	33,2	b	75,5	b
V9 + R4 + R5.3	112,5	b	85,3	c	27,6	c	75,1	b
V9 + R5.3	100,0	b	92,5	c	38,6	b	77,1	b
R4 + R5.3	136,1	a	147,8	a	36,2	b	106,7	a
R4	158,8	a	123,6	b	33,8	b	105,4	a
R5.3	120,4	b	105,6	c	38,8	b	88,3	b
Média	124,3		108,9		37,3		90,2	
Epoconazol + piraclostrobina								
V9	47,5	c	23,1	f	26,7	c	32,4	c
V9 + R4	23,1	d	14,3	f	6,9	d	14,8	c
V9 + R4 + R5.3	48,9	d	18,6	f	9,3	d	25,6	c
V9 + R5.3	43,3	d	37,8	e	25,1	c	35,4	c
R4 + R5.3	121,3	c	60,7	d	22,0	c	68,0	b
R4	117,6	c	71,0	c	11,6	d	66,7	b
R5.3	140,0	b	84,7	c	53,0	d	92,6	a
V9 + R3 + R5.1 + R6 ¹	22,9	d	14,2	f	4,5	d	13,8	c
Média	77,4		44,3		22,1		47,9	
C.V. (%)	22,27		18,70		36,39		19,70	
p (blocos)	0,0005		0,0005		0,0005		ns	
p (tratamentos)	0,0001		0,0001		0,0001		0,0001	

¹ Tratamento não foi tomado em conta para o cálculo de média entre os fungicidas,

² Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Skott-Knott a 5% de probabilidade.

Com relação ao número acumulado de lesões.cm⁻², integralizado como área abaixo da curva de progresso (Tabela 4), as áreas testemunhas acrescentaram uma média de 666,4 unidades, o triazol com 492,6 e a mistura de triazol + estrobilurina com 282,9 unidades. Novamente, o terço inferior foi que acumulou maior número de lesões ao longo do ciclo da soja. No caso do triazol, somente os

tratamentos iniciados em V9 e repetidos mais de uma vez diferiram da testemunha. No caso da mistura de triazol + estrobilurina, também as aplicações iniciadas em R4 resultaram em menos lesões que a testemunha sem fungicida.

Tabela 4 - Área abaixo a curva de progresso da ferrugem asiática (AACPFa) com base no número de lesões.cm⁻² em folíolos de plantas de soja (NIDERA 5909 RG) em função de diferentes programas de aplicação de fungicidas em Passo Fundo, na safra 2009-2010

Fungicida e época de aplicação	AACPFa							
	Estrato inferior		Estrato médio		Estrato superior		Média	
Testemunha	1402,7	a ²	1441,9	A	592,9	a	666,4	a
Tebuconazol								
V9	1213,6	a	1055,9	a	428,2	a	530,2	a
V9 + R4	918,6	b	829,3	b	257,4	b	395,4	b
V9 + R4 + R5.3	923,9	b	771,5	b	224,1	c	377,2	b
V9 + R5.3	919,7	b	905,0	b	340,9	b	422,1	b
R4 + R5.3	1322,8	a	1352,0	a	296,9	b	579,9	a
R4	1294,3	a	1239,3	a	302,7	b	574,0	a
R5.3	1350,5	a	1186,9	a	390,3	b	569,3	a
Média	1134,7		1048,6		320,1		492,6	
Epoxiconazol + piraclostrobina								
V9	386,3	c	275,3	c	277,7	b	184,1	c
V9 + R4	154,0	c	139,7	c	74,7	c	73,2	c
V9 + R4 + R5.3	301,9	c	158,5	c	102,8	c	115,2	c
V9 + R5.3	390,7	c	386,5	c	294,7	b	211,3	c
R4 + R5.3	1163,1	a	792,8	b	175,7	c	414,1	b
R4	1007,7	b	853,1	b	109,7	c	387,0	b
R5.3	1367,2	a	1161,7	a	497,8	a	595,1	a
V9 + R3 + R5.1 + R6 ¹	272,4	c	172,8	c	56,7	c	98,4	c
Média	681,6		538,2		219,0		282,9	
C.V. (%)	23,59		23,18		39,50		20,59	
p (blocos)	0,0001		0,0001		ns		0,0005	
p (tratamentos)	0,0001		0,0001		0,0001		0,0001	

¹ Tratamento não foi tomado em conta para o cálculo de média entre os fungicidas,

² Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Skott-Knott a 5% de probabilidade.

O número de final de urédias.cm⁻² (Tabela 5) atingiu número máximo de 223,9 na média da testemunha. Também para esta variável o número foi maior no terço inferior da planta. O triazol reduziu o número médio de urédias para 160,9 e a mistura para 87,2. Todos os programas de aplicação diferiram da testemunha, especialmente quando utilizada a mistura, em tratamentos iniciados em V9 e repetidos mais de uma vez.

Na integralização de urédias.cm⁻² (Tabela 6), as áreas testemunhas acumularam uma média de 1237,7 unidades, contra 898,27 na média dos tratamentos com triazol e 525,9 na mistura de triazol + estrobilurina. Verifica-se, portanto, que a mistura foi mais efetiva em reduzir a doença. Na comparação entre os estratos da planta, o número de urédias.cm⁻² sempre foi maior no terço inferior, sendo mais do dobro daquela verificada no terço superior. Tal comportamento é compreensível, uma vez que as folhas do terço inferior foram as primeiras a ficarem infectadas, ficando mais tempo expostas ao patógeno e acumulando mais doença ao longo do ciclo. As aplicações dos fungicidas a partir de V9, seguidas por mais uma ou duas aplicações, foram as que apresentaram menor somatório de urédias, portanto, melhor controle da ferrugem.

O número de urédias por lesão (Tabela 7) na avaliação final foi similar entre testemunha (1,90), triazol (1,89) e triazol + estrobilurina (2,00). Para esta variável, houve uma inversão entre os estratos da planta, onde o superior tendeu a apresentar maior número que os demais.

Tabela 5 - Número final (Y max) de urédias.cm⁻² em folíolos de plantas de soja (NIDERA 5909 RG) em função de diferentes programas de aplicação de fungicidas em Passo Fundo, na safra 2009-2010

Fungicida e época de aplicação	Y max (de urédias.cm ⁻²)							
	Estrato inferior		Estrato médio		Estrato superior		Média	
Testemunha	272,8	a ²	260,4	a	138,5	a	223,9	a
Tebuconazol								
V9	227,1	a	196,2	b	107,9	a	177,1	b
V9 + R4	156,0	b	162,5	c	71,3	b	129,9	c
V9 + R4 + R5.3	208,5	b	163,1	c	58,8	c	143,5	c
V9 + R5.3	184,5	b	153,5	c	87,7	b	141,9	c
R4 + R5.3	250,9	a	249,8	a	82,3	b	194,3	b
R4	245,9	a	217,2	b	68,8	b	177,3	b
R5.3	219,3	a	185,2	c	82,0	b	162,2	b
Média	213,2		189,6		79,8		160,9	
Epoxiconazol + piraclostrobina								
V9	85,7	c	42,4	e	51,0	c	59,7	d
V9 + R4	38,3	c	24,9	e	17,5	d	26,9	d
V9 + R4 + R5.3	80,4	c	29,0	e	32,0	d	47,1	d
V9 + R5.3	75,6	c	69,6	e	55,5	c	66,9	d
R4 + R5.3	205,6	b	118,9	d	47,3	c	123,9	c
R4	189,1	b	119,5	d	26,9	d	111,8	c
R5.3	247,3	a	163,4	c	110,8	a	173,9	b
V9 + R3 + R5.1 + R6 ¹	36,2	c	24,3	e	11,6	d	24,0	d
Média	131,7		81,1		48,7		87,2	
C.V. (%)	22,24		20,63		36,74		20,54	
p (blocos)	0,0001		0,0005		ns		0,0001	
p (tratamentos)	0,0001		0,0001		0,0001		0,0001	

¹ Tratamento não foi tomado em conta para o cálculo de média entre os fungicidas,

² Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Skott-Knott a 5% de probabilidade.

Tabela 6 - Área abaixo a curva de progresso da ferrugem asiática (AACPFA) com base no número de urédias.cm⁻² em folíolos de plantas de soja (NIDERA 5909 RG) em função de diferentes programas de aplicação de fungicidas em Passo Fundo, na safra 2009-2010

Fungicida e época de aplicação	AACPFA (de urédias.cm ⁻²)			
	Estrato inferior	Estrato médio	Estrato superior	Média
Testemunha	2797,0 a ²	2620,0 a	1211,3 a	1237,7 a
Tebuconazol				
V9	2279,2 a	1908,7 b	898,3 a	949,7 a
V9 + R4	1759,0 b	1569,6 b	575,5 b	729,0 b
V9 + R4 + R5.3	1841,5 b	1490,4 b	489,3 c	713,5 b
V9 + R5.3	1871,3 b	1594,0 b	762,5 b	789,3 b
R4 + R5.3	2710,6 a	2432,6 a	657,1 b	1083,1 a
R4	2504,5 a	2231,5 a	619,6 b	1000,1 a
R5.3	2586,3 a	2091,2 a	802,0 b	1023,2 a
Média	2221,8	1902,6	686,3	898,3
Epoxiconazol + piraclostrobina				
V9	800,2 c	535,6 c	580,8 b	358,0 c
V9 + R4	309,8 c	268,0 c	171,9 c	140,0 d
V9 + R4 + R5.3	640,3 c	282,9 c	267,8 c	222,3 c
V9 + R5.3	962,3 c	739,6 c	621,5 b	433,8 b
R4 + R5.3	2074,6 b	1515,6 b	391,8 c	743,6 b
R4	1889,4 b	1554,2 b	275,8 c	694,5 b
R5.3	2749,6 a	2088,2 a	1030,7 a	1095,9 a
V9 + R3 + R5.1 + R6 ¹	530,5 c	316,0 c	128,7 c	182,2 d
Média	1346,6	997,7	477,2	526,9
C.V. (%)	18,18	22,31	37,56	20,24
p (blocos)	0,0005	0,0005	ns	0,0005
p (tratamentos)	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001

¹ Tratamento não foi tomado em conta para o cálculo de média entre os fungicidas,

² Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Skott-Knott a 5% de probabilidade.

Tabela 7 - Número final (Y max) de urédias.lesão⁻¹.cm⁻² em folíolos de plantas de soja (NIDERA 5909 RG) em função de diferentes programas de aplicação de fungicidas em Passo Fundo, na safra 2009-2010

Fungicida e época de aplicação	Y max (de urédias.lesão.cm ⁻²)							
	Estrato inferior		Estrato médio		Estrato superior		Média	
Testemunha	1,84	b ²	1,86	a	2,01	b	1,90	a
tebuconazol								
V9	1,60	a	1,70	a	2,07	b	1,79	a
V9 + R4	1,56	a	1,76	a	2,20	b	1,84	a
V9 + R4 + R5.3	1,86	b	1,92	a	2,20	b	2,00	a
V9 + R5.3	1,87	b	1,66	a	2,27	b	1,93	a
R4 + R5.3	1,84	b	1,70	a	2,32	b	1,95	a
R4	1,55	a	1,75	a	2,09	b	1,80	a
R5.3	1,80	b	1,76	a	2,24	b	1,93	a
Média	1,73		1,75		2,20		1,89	
Epoxiconazol + piraclostrobina								
V9	1,78	b	1,77	a	2,13	b	1,89	a
V9 + R4	1,66	a	1,76	a	2,60	b	2,01	a
V9 + R4 + R5.3	1,65	a	1,63	a	3,42	a	2,23	a
V9 + R5.3	1,76	b	1,86	a	2,22	b	1,95	a
R4 + R5.3	1,73	b	2,00	a	2,41	b	2,05	a
R4	1,61	a	1,69	a	2,45	b	1,92	a
R5.3	1,77	b	1,93	a	2,12	b	1,94	a
V9 + R3 + R5.1 + R6 ¹	1,58	a	1,83	a	2,85	a	2,09	a
Média	1,71		1,81		2,48		2,00	
C.V. (%)	8,99		12,06		20,69		9,97	
p (blocos)	0,0001		ns		0,0001		0,0001	
p (tratamentos)	0,0005		ns		0,0005		ns	

¹ Tratamento não foi tomado em conta para o cálculo de média entre os fungicidas,

² Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Skott-Knott a 5% de probabilidade.

3 DISCUSSÃO

A intensidade da ferrugem asiática da soja é diretamente influenciada pela frequência de chuvas ao longo do ciclo da cultura (Del Ponte et al., 2006; Galloti et al., 2006; Godoy et al., 2009a). Em estudo conduzido por Del Ponte et al. (2006), a relação entre a severidade final da ferrugem e a quantidade de chuvas (mm) foi linear, enquanto a influencia da temperatura foi heterogênea. A safra de soja 2009-10 se caracterizou por volume de chuvas menor que a normal histórica para região, contudo a severidade da ferrugem foi a maior até hoje verificada no campo experimental da UPF e na região. Provavelmente, a maior disponibilidade de inóculo do patógeno e o atraso na semeadura da soja contribuíram para as epidemias verificadas.

Nas avaliações realizadas neste trabalho foram encontradas até 232 lesões.cm⁻², número que é maior ao verificado em outros trabalhos ou relatos: 168 lesões.folha⁻² (Sinclair & Hartman, 1995), 15,33 (Reis & Bresolin, 2004a), 40 e 200 (Reis, et al., 2006a). Por outro lado, o máximo número de urédias neste experimento (375 urédias.cm⁻²) também foi maior aos relatados por Medice et al. (2007) (6,63) e Navarini et al. (2007) (21,7), porém menor ao encontrado por Meneghetti (2009) (392). É importante destacar que foram encontradas urédias também na parte superior dos folíolos, o que é raro, mas que havia sido relatado por Almeida et al. (2005).

O progresso e a intensidade da ferrugem foi sempre maior no estrato inferior das plantas, provavelmente em função de período mais prolongado de água livre sobre as folhas. Apesar da falta de chuvas

em fevereiro e março, a doença apresentou intensidade crescente. Isso pode ser atribuído à presença de orvalho, especialmente em março, quando as temperaturas noturnas foram menores. É normal a presença de esporos liberados nas adjacências das urédias, os quais podem utilizar a água livre do orvalho para estabelecer novas infecções. O número de urédias também pode aumentar, dentro de uma mesma lesão, pela expansão da infecção internamente nos tecidos.

Neste trabalho foi utilizado o fungicida tebuconazol, como representante dos triazóis, e a mistura de epoxiconazol (triazol) e piraclostrobina (estrobilurina). Vários autores já relataram a eficácia destes grupos químicos em controlar a ferrugem asiática da soja (Godoy & Canteri, 2004; Godoy et al., 2007 e 2009b; Scherm et al., 2009; Viero, 2008). Contudo, verificou-se grande superioridade da mistura em relação ao triazol sozinho, com diferenças maiores que aquelas observadas anteriormente por Viero (2008), para os mesmos fungicidas. Este comportamento suporta a suspeita de redução da sensibilidade do agente causal da ferrugem aos triazóis, como já observado em outras regiões do Brasil.

Entre os programas de aplicação utilizados, variando número e época de tratamentos, melhores resultados foram obtidos com o início mais cedo (estádio V9) e com a repetição em duas ou três oportunidades. Esta primeira aplicação ocorreu no dia 22/1/10, enquanto os primeiros sintomas da ferrugem foram detectados seis dias após. Portanto, a mesma já foi curativa e o rápido desenvolvimento da ferrugem comprometeu seu controle pelos programas de aplicação iniciados mais tarde, em 11/2/10 ou mesmo 3/3/10. A aplicação no estágio V9 teve também a vantagem de

distribuir melhor os fungicidas no dossel das plantas, atingindo inclusive o terço inferior, onde contabilizou maior intensidade de ferrugem. Segundo Cunha et al. (2006), a eficiência do tratamento depende não somente da quantidade do material depositado sobre a vegetação, mas também da uniformidade do alvo, sendo de maneira geral, a deposição menor nas partes baixas e internas do dossel das culturas.

Sinclair & Hartman (1995) mostraram que condições severas de epidemias podem requerer de três a cinco aplicações, em intervalos de 10 dias. Levy (2005), em Zimbábue verificou a necessidade de três e até quatro aplicações para manter o potencial produtivo da soja; uma ou duas aplicações na fase de enchimento de grãos foram insuficientes. No Brasil, o número médio de aplicações varia muito entre regiões e entre safras em função da pressão da doença, desde o mínimo de um até o máximo de sete aplicações.

O número de urédias por lesão pouco variou entre testemunha, triazol e a mistura de triazol + estrobilurina. Portanto, as diferenças em intensidade da ferrugem verificadas entre os tratamentos foram devidas ao número de lesões, o qual foi menor sob ação da mistura.

4 CONCLUSÃO

A ferrugem atinge maior intensidade no estrato inferior das plantas, provavelmente em função do seu estabelecimento mais cedo e maior duração do molhamento foliar. Por este motivo, aplicações realizadas antes do fechamento do espaço entre linhas de cultivo

resultam em melhor controle, pois permitem distribuir o fungicida na parte inferior da planta, além de atingir a doença no seu início. A mistura de triazol + estrobilurina é mais efetiva que o triazol sozinho no controle da ferrugem asiática. O progresso da doença ocorre mais pelo aumento das lesões, pois o número de urédias por lesão pouco varia entre plantas tratadas ou não com fungicida.

CAPÍTULO III

PESO DE FOLHAS COMO FERRAMENTA PARA ESTIMAR A ÁREA FOLIAR DA SOJA

FELIPE RAFAEL GARCÉS FIALLOS¹ E CARLOS ALBERTO
FORCELINI²

RESUMO – Quantificações da área foliar da planta são importantes em estudos de danos por doenças, porém sua determinação requer o uso de equipamentos nem sempre disponíveis a todos. A utilização de determinações indiretas, como o peso de matéria fresca ou seca poderia ajudar neste processo. Neste trabalho, avaliou-se a relação entre peso de folhas e área foliar, a partir de plantas colhidas no estádio R7.1, em 64 parcelas de campo com a cultivar de soja Nidera 5909 AG. O peso fresco foi medido logo após a colheita, o peso seco após 48 horas de secagem a 65 °C e a área foliar através de um integralizador digital Licor. Foram obtidas equações significativas ($p < 0,0001$ e R^2 de 0,74 a 0,97) para cada terço e para a planta inteira. Na média da planta, a relação da área foliar foi de $y = 45,53x + 19,03$ para peso fresco e $y = 176,17x - 75,30$ para peso seco. Esta ferramenta mostra-se potencialmente viável para estimar a área foliar da planta.

¹ Engenheiro Agrônomo, mestrando do programa de Pós-graduação em Agronomia (PPGAgro) da FAMV/UPF, Área de concentração em Fitopatologia. felipegarces@uteq.edu.ec

² Orientador, Engenheiro Agrônomo, Ph. D., professor da FAMV/PPGAgro/UPF. forcelini@upf.br

A utilização do peso seco é mais trabalhosa, mas não requer pesagem das folhas imediatamente após a coleta. A utilização futura desta ferramenta requer estudos adicionais com outras cultivares, a fim de verificar se o comportamento é similar.

Palavras-chave: peso de folhas, estratos da planta, ferrugem asiática da soja.

**WEIGHT OF LEAVES AS A TOOL TO ESTIMATE LEAF
AREA OF SOYBEAN**

**FELIPE RAFAEL GARCÉS FIALLOS AND CARLOS
ALBERTO FORCELINI**

ABSTRACT – Measurements of leaf area are important in yield loss studies, but the equipment needed for this purpose may not be available to all. Therefore the use of indirect comparisons with weight of fresh or dried leaves may help in estimating leaf area. This research studied the relationship between leaf weight and leaf area in plants sampled at the growth stage R7.1 from 64 field plots of Nidera 5909 AG soybeans. The leaves were weighted soon after sampling for fresh weight and again after 48 hours of drying at 65 °C for dried weight. Leaf area was measured by a Licor digital leaf area meter. The model equations were significant ($p < 0.0001$, R^2 0.74 to 0.97) for each plant part (lower, medium, or upper third) and for the whole plant. In average, leaf area (y) was estimated as $y = 45.53x + 19.03$ from fresh

weight (x) and as $y = 176.17x - 75.3$ for dried weight (x). This tool was shown potentially viable to estimate plant leaf area. The method based on dried weight is more labor consuming but does not require leaves being weight soon after sampling. The use of such comparisons for other soybean cultivars may require additional validation studies.

Key words: fresh and dry weight of leaves, thirds of the plant, asian soybean rust.

1 INTRODUÇÃO

Quantificações da área foliar agregam informações importantes à análise de danos por doenças. Segundo Waggoner & Berger (1987), os índices de área foliar tem melhor correlação com o rendimento da planta do que propriamente a severidade da doença. Medições da área foliar ao longo do ciclo da cultura, ou em períodos específicos, também permitem determinar a duração da área foliar e assim compreender melhor os efeitos das doenças sobre o rendimento da planta.

O crescimento do hospedeiro pode ser quantificado por dois fatores: peso seco e área foliar total da planta (Seem, 1988 citado por Bergamin Filho & Amorim, 1996). Na quantificação de produção, a variável mais relevante de crescimento do hospedeiro é a área foliar por unidade de área de terreno, conhecido como índice de área foliar (IAF) (Bergamin Filho & Amorim, 1996). O cálculo do índice de área foliar (IAF) de uma cultura requer informações sobre a densidade de plantas por metro quadrado e sobre a área foliar média de cada planta. A densidade é facilmente obtida a partir da contagem do número de plantas em pontos diferentes da lavoura. Contudo, a obtenção da área foliar média da planta é processo mais trabalhoso. O método mais preciso é por meio de aparelhos integralizadores de área foliar LICOR (modelo LINCON, 2000), os quais possuem um sensor conectado a uma correia por onde as folhas são conduzidas e medidas. Há também formas indiretas que permitem estimar a área foliar de uma cultura através da sua refletância, sendo para medir a intensidade de radiação incidente e refletida, sobre a copa, de oito comprimentos de onda

utilizando o radiômetro de múltiplo espectro (Aquino et al., 1992, citados por Bergamin Filho & Amorim, 1996), ou também medindo a intercepção de luz na copa da cultura ou que atravessa o dossel medido com solarímetros (Burstall & Harris, 1983 citados por Bergamin Filho & Amorim, 1996; Díaz et al., 2005).

A necessidade desses equipamentos limita a utilização da área foliar como variável em estudos de danos por doenças, apesar da sua importância. Por isso, métodos mais simples poderiam ser empregados, desde que calibrados através de um integralizador de área foliar. O peso fresco ou seco das folhas potencialmente pode ser útil para tais determinações.

Neste trabalho, avaliou-se a relação dos pesos fresco e seco com a área foliar de plantas de soja. Objetivou-se verificar se esta técnica simples e de baixo custo pode ser utilizada para estimar o índice de área foliar.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Para condução deste trabalho, utilizaram-se folhas de soja da cultivar Nidera 5909 RG, cultivada no campo experimental da FAMV/UPF, em Passo Fundo, RS. A cultura foi estabelecida em 05/12/2009, através de semeadura direta sobre restos culturais de trigo. Utilizou-se um espaçamento de 0,45 m entre linhas e uma densidade de 14 sementes por metro linear. As sementes foram tratadas com uma mistura comercial (Standak Top®, 100 mL.100 kg⁻¹ de semente) do inseticida fipronil e dos fungicidas piraclostrobina e

tiofanato metílico. A adubação foi realizada com 300 kg.ha^{-1} da fórmula 5-25-20 (N-P₂O₅-K₂O). Os demais tratos culturais de acordo com as indicações técnicas para a soja.

A área experimental continha 64 parcelas, cada qual com área útil de $13,5 \text{ m}^2$ e média de 360 plantas estabelecidas. Tais parcelas foram submetidas a uma, duas ou três aplicações dos fungicidas tebuconazol (Folicur® CE, $0,5 \text{ l.ha}^{-1}$) ou epoxiconazol + piraclostrobina (Opera®, $0,5 \text{ L.ha}^{-1}$) em parte aérea, além de uma testemunha não tratada e de um padrão com quatro aplicações da mistura acima. As aplicações foram iniciadas no estágio fenológico V9 (haste principal com nove trifólios expandidos) (Fehr & Caviness, 1977), e objetivaram gerar gradientes de doença, de área foliar e de rendimento de grãos na área experimental.

No estágio fenológico R7.1 (início a 50% de amarelecimento de folhas e legumes) (Fehr & Caviness, 1977), duas plantas foram coletadas em cada uma das 64 parcelas e seus folíolos destacados e imediatamente acondicionados em sacos plásticos fechados, mantidos à sombra. Logo após a coleta, os folíolos foram pesados em balança digital (Sartorius) para determinação do peso fresco. Posteriormente, os folíolos tiveram sua área medida através de um integralizador digital de área foliar (Li-cor modelo LI-3000A). Após, os mesmos foram acondicionados em sacos de papel (capacidade de 5 kg) e secos em estufa de circulação forçada de ar, a $65 \text{ }^\circ\text{C}$, por 48 horas, para determinação do peso seco, em gramas. Estas avaliações foram realizadas por terço da planta (inferior, médio ou superior), os quais foram definidos dividindo-se o número de nós da planta por três.

Os dados foram expressos como área foliar média (cm²) e peso médio (g) por planta. A análise estatística foi por regressão linear, utilizando a área foliar medida pelo integralizador como variável dependente (y) e os pesos fresco e seco como variáveis independentes (x). As análises foram realizadas em Microsoft Excel.

2 RESULTADOS

As relações entre peso de matéria fresca e área foliar (Figura 1) foram significativas ($p < 0,0001$ e R^2 de 0,74 a 0,97) para a cultivar utilizada. Com base nas equações geradas, cada grama em peso fresco representa uma variação de 33,01 a 46,50 cm² na área foliar. Esta variação foi menor no estrato inferior (33,01) e maior no médio (45,21) e superior (46,50), sendo 45,53 no total da planta.

Em relação ao peso de matéria seca (Figura 2) as equações também foram altamente significativas, e as variações em área foliar para cada unidade de peso subiram para 104,65 (estrato inferior), 168,50 (estrato médio), 196,53 (estrato superior) e 176,17 (planta inteira).

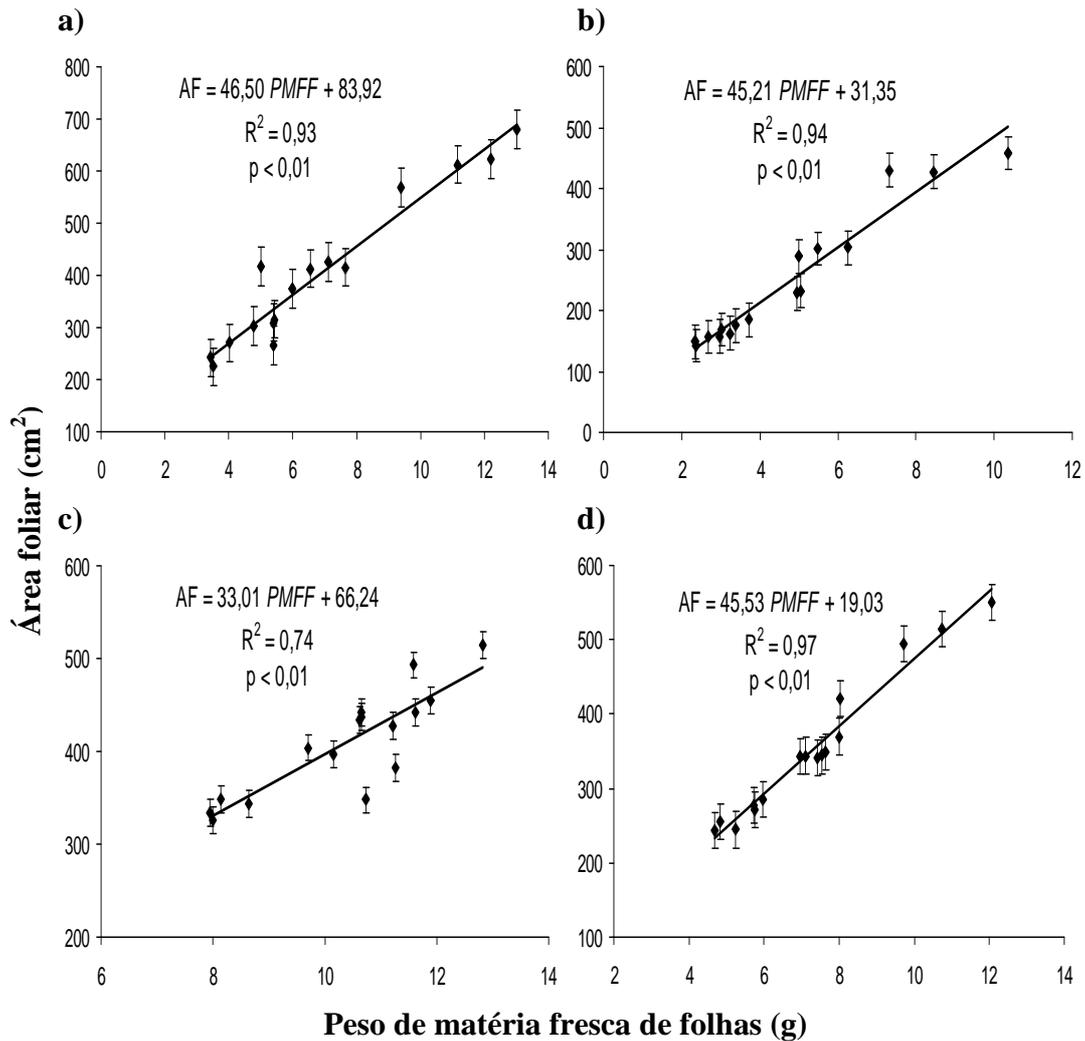


Figura 1 - Relação entre o peso de matéria fresca de folhas e a área foliar nos estratos inferior (a), médio (b) e superior (c) e total da planta de soja (d), cultivar Nidera 5909 RG. Passo Fundo/RS, Safra 2009/10.

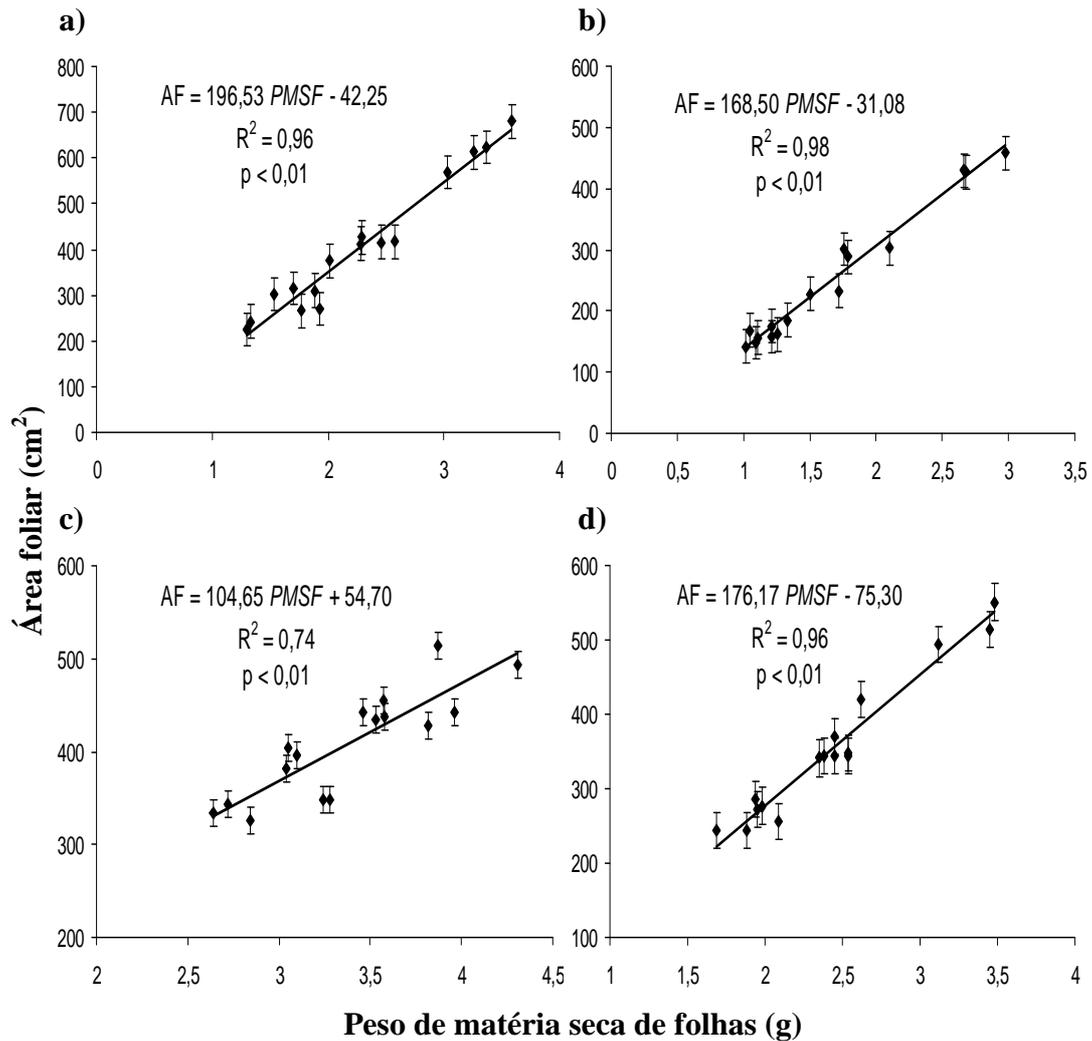


Figura 2 - Relação entre o peso de matéria seca de folhas e área foliar (AF) nos estratos inferior (a), médio (b) e superior (c) e total da planta de soja (d), cultivar Nidera 5909 RG. Passo Fundo/RS, Safra 2009/10.

3 DISCUSSÃO

A relação do peso de matéria fresca ou seca com a área foliar permite que esta ferramenta possa ser usada em trabalhos semelhantes. Contudo, há poucas referências ao seu uso, mesmo em outras culturas. Um deles foi desenvolvido por Barrantes & Gracia (1989), os quais observaram boa correlação entre peso de matéria seca de folhas e área foliar em *Pinus sylvestris*.

Neste trabalho, realizou-se esta comparação entre peso de folha e área foliar apenas em um estágio de crescimento, pois o objetivo era verificar a quantidade de área foliar remanescente após a completa formação dos grãos, em plantas de soja que foram submetidas a diferentes situações de manejo da ferrugem asiática. Se o desejo for quantificar a área foliar da planta ao longo do seu ciclo, sugere-se que as coletas sejam realizadas em diferentes momentos, pois a relação entre peso e área pode variar conforme o estágio da planta.

Uma desvantagem deste método, apontada por Bergamin Filho (1996), é que ele implica em amostragem destrutiva, requerendo unidades experimentais maiores, a fim de não comprometer outras variáveis que estejam sendo avaliadas nas mesmas áreas. O autor contrapõe que métodos baseados no uso de radiômetros ou solarímetros evitariam este problema.

4 CONCLUSÃO

A relação dos pesos fresco ou seco com a área foliar é significativa, podendo ser utilizada para estimar a área foliar da planta e, conseqüentemente, o índice de área foliar da cultura. A utilização do peso seco mostra-se mais viável, pois não requer pesagem das plantas imediatamente após a coleta. A utilização futura desta ferramenta requer estudos adicionais com outras cultivares, a fim de verificar se o comportamento é similar.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AKINSANMI, O. A.; LADIPO, J. L.; OYEKAN, P. O. First report of soybean rust (*Phakopsora pachyrhizi*) in Nigeria. *Plant Disease*, v. 85, n. 1, p. 97, 2001.

ALEXOPOULOS, G. J.; MIMS, C. W.; BLACKWELL, M. *Introductory Mycology*. 4^o Edition. New York: Jhon Wiley e Sons, 1996.

ALMEIDA, A. M. R.; FERREIRA, L. P.; YORINORI, J. T.; SILVA, J. F. V.; HENNING, A. A.; GODOY, C. V.; COSTAMILAN, L. M.; MEYER, M. C. Doenças de soja. In: KIMATI, H.; AMORIM, L.; REZENDE, J. A. M.; BERGAMIN FILHO, A.; CAMARGO, L.E.A. (Eds.) *Manual de Fitopatologia*. v. 2, 4^o edição. Piracicaba: Livrocere, 2005. p. 576 - 577.

ALVES, S. A. M., FURTADO, G. Q.; BERGAMIN FILHO, A. Influência das condições climáticas sobre a ferrugem da soja. In: Zambolim, L. (Org.). *Ferrugem Asiática da Soja*. Visconde do Rio Branco, MG: Suprema Gráfica e Editora, 2006. p. 37-59.

ALVIM, M. S.; JULIATTI, F. C.; ALVIM, J. R., M. G.; PARREIRA, F. O. S.; SILVA, P. S.; JULIATTI, B. C. M.; REZENDE, A. A.; MARTINS, J. A. S.; SAGATA, E. Avaliação de fungicidas registrados no MAPA no controle da ferrugem da soja. *Fitopatologia Brasileira*, Brasília, v. 34, p. S84, 2009a. Resumo n. 300 em *Tropical Plant Pathology*.

ALVIM, M.S.; JULIATTI, F.C.; ALVIM, J.R., M.G.; PARREIRA, F.O.S., SILVA, P.S., JULIATTI, B.C.M., REZENDE, A.A.; SAGATA, E. 2009b. Novos fungicidas no controle da ferrugem na cultura da soja. *Fitopatologia Brasileira*, v. 34, p. S98, 2009b. Resumo n. 355 em *Tropical Plant Pathology*.

ANDRADE, P. J. M.; ANDRADE, D. F. A. *Ferrugem asiática: uma ameaça a sojicultura brasileira*. Dourados: EMBRAPA, 2002. (Circular técnica, 11).

BANDYOPADHYAY, R.; OJIAMBO, P. S.; TWIZEYIMANA, M.; ASAFO-ADJEI, B. FREDERICK, R. D.; PEDLEY, K. F.; STONE, C. L.; HARTMAN G. L. First Report of Soybean Rust Caused by *Phakopsora pachyrhizi* in Ghana. *Plant Disease*, v. 91, n. 8, p. 1057-1057. 2007.

BARRANTES, O.; GRACIA, C. A. Estimación del area foliar a partir de la superficie de albura en *Pinus sylvestris*. *Options Méditerranéennes-Serie Séminaires*, v. 3, p. 53-56. 1989.

BERGAMIN FILHO, A.; CARNEIRO, S. M. T. P. G.; GODOY, C. V.; AMORIM, L.; BERGER, R. D.; HAU, B. Angular leaf spot of phaseolus beans: relationships between disease, healthy leaf area, and yield. *Phytopathology*, Saint Paul, v. 87, p. 506-515, 1997a.

BERGAMIN FILHO, A. Curvas de progresso da doença. In: BERGAMIN FILHO, A.; KIMATI, H.; AMORIM, L. (Eds.) *Manual de Fitopatologia: Princípios e conceitos*. São Paulo: Ceres, v. 1. 1995. p. 602-626.

BERGAMIN FILHO, A.; AMORIM, L. *Doenças de Plantas Tropicais: Epidemiologia e Controle Econômico*. São Paulo: Ceres, 1996.

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

BOARD, J. E.; WIER A. T.; BOETHEL D. J. Soybean yield reductions caused by defoliation during mid to late seed filling. *Agron. J.*, v. 86, p. 1074-1079, 1994.

BONDE, M. R.; MELCHING, J. S.; BROMFIELD, K. R. Histology of the suscept-pathogen relationship between *Glycine max* and *Phakopsora pachyrhizi* the cause of soybean rust. *Phytopathology*, v. 66, p. 1290-1294, 1976.

BONDE, M. R.; NESTER, S. E.; AUTIN, C. N.; STONE, C. L.; FREDERICK, R. D.; HARTMAN, G. L.; MILES, M. R. Evaluation

of virulence of *Phakopsora pachyrhizi* and *P. meibomia* isolates. *Plant Disease*, Sant Paul, v. 90, n. 6, p. 708-716, 2006.

BROMFIELD, K. R. *Soybean Rust. Monograph No. 11*. ed. American Phytopathological Society: St. Paul, 1984.

BROMFIELD, K. R.; HARTWIG, E. E. Resistance to soybean rust and mode of inheritance. *Crop Sci.*, v. 20, p. 254-255, 1980a.

BROMFIELD, K. R.; MELCHING, J. S.; KINGSOLVER, C. H. Virulence and aggressiveness of *Phakopsora pachyrhizi* isolates causing soybean rust. *Phytopathology*, St. Paul, v. 70, p. 17-21, 1980b.

CÁRCAMO RODRÍGUEZ, A; AGUILAR RIOS, J.; HERNÁNDEZ, J. R. First Report of Asian Soybean Rust Caused by *Phakopsora pachyrhizi* from Mexico. *Plant Disease*, St. Paul, v. 90, n. 9, p. 1260-1260, 2006.

CANTERI, M. G.; ALTHAUS, R. A.; VIRGENS FILHO, J. S.; GIGLIOTI, E. A.; GODOY, C. V. SASM - Agri: Sistema para análise e separação de médias em experimentos agrícolas pelos métodos Scoft - Knott, Tukey e Duncan. *Revista Brasileira de Agrocomputação*, v. 1, n. 2, p.18-24, 2001.

CARLINI, R. C.; MULITERNO M. M.; GARCÉS, F. R.; REIS, E. M. Efeito da concentração de folhas de soja em substratos para a germinação e crescimento do tubo germinativo de *Phakopsora pachyrhizi*. *Tropical Plant Pathology*, v. 34, p. S117, 2009. Resumo n. 421 em *Fitopatologia Brasileira*.

CARVALHO JR., A. A.; FIGUEREIDO M. B. A. A verdadeira identidade da ferrugem da soja no Brasil. *Summa Fitopatológica*, São Paulo, v. 26, p. 197-200, 2000.

CABI. 2001. *Phakopsora pachyrhizi*. From *Crop Protection Compendium*, a CD-ROM available from CAB International, Wallingford, Oxon OX10 8DE. E-mail: cabi@cabi.org

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

CHENG, Y. W.; CHAN, K. L. The breeding of rust resistant soybean Tainung 3. *J. Taiwan Agr. Res.*, v. 17, p. 30-34, 1968.

CONAB 2009 – Acompanhamento da safra brasileira 2008/2009 – Intenção de plantio, primeiro levantamento. Outubro de 2009. Disponível em: <
http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/1graos_09.10.pdf
>. Acesso em: 14 de Outubro de 2009.

COSTAMILAN, L. M.; BERTAGNOLLI, P. F.; YORINORI, J. T. Perda de rendimento de grãos de soja causada por ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*). v. 27, p. S100, 2002. Resumo em *Fitopatologia Brasileira*.

CUNHA, J. P. A. R.; REIS, E. F.; SANTOS, R. O. Controle químico da ferrugem asiática da soja em função de ponta de pulverização e de volume de calda. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 36, n. 5, p. 1360-1366, 2006.

DEL PONTE, E. M.; GODOY, C. V.; LI, X.; YANG, X. B. Predicting severity of Asian soybean rust epidemics with empirical rainfall models. *Phytopathology*, St. Paul, v. 96, p. 797-803, 2006.

DEUNER, C.; NICOLINI, F.; & CARLINI, R. C. Histórico de evolução ao dos critérios de aplicação de fungicidas usados na cultura da soja, no Brasil. In: REIS, E. M. (Org.). *Critérios Indicadores do Momento para Aplicação de Fungicidas visando ao Controle de Doenças em Soja e Trigo*. Passo Fundo: Aldeia Norte, 2009. p. 27-30.

DESLANDES J. A. Ferrugem da soja e de outras leguminosas causadas por *Phakopsora pachyrhizi* no Estado de Minas Gerais, *Fitopatologia Brasileira*, v. 4, p. 337-339, 1979.

DÍAZ, C. G.; PLOPER, L. D.; GALVEZ, M. R.; GONZALEZ, B. Efecto de las enfermedades de fin de ciclo en el crecimiento de distintos genotipos de soja relacionado a la fecha de siembra. *Agriscientia*, v. 21, n. 1, p. 1-7, 2005.

DÍAZ, H.; BUSTO, I.; VELÁZQUES, O.; FERNÁNDEZ, M.; GONZÁLEZ, J.; ORTEGA, J. *El cultivo de la soya para granos y forrajes*. Costa Rica: CIDA, 1992. (Boletín Técnico)

DUFRESNE, L. A.; BEAN, G. A.; BONDE, M. R.; GOTH, R. W. Effects of temperature and light intensity on telia development by Puerto Rico and Taiwan isolates of *Phakopsora pachyrhizi*, the soybean rust fungus. *Plant Disease*, St. Paul, v. 71, n. 7, p. 629-631, 1987.

DU PREEZ, E. D., VAN R.I.J, N, C.; LAWRENCE, K. J.; MILES, M. R.; FREDERICK, R. D. First report of soybean rust caused by *Phakopsora pachyrhizi* on dry beans in South Africa. *Plant Disease*, St. Paul, v. 89, p. 206, 2005.

FEHR, W.; CAVINESS, S. E. Stages of soybean development. Iowa Coop. Ext. Service, Iowa Agric. Home. Exp. Stn. Spec. Rep. Special Report 80, 1977.

FERREIRA, M. C. *Aplicações de fungicida para o controle da ferrugem asiática da soja e interações com diferentes arranjos espaciais da cultura*. 2009. Dissertação, (Mestrado em Agronomia/Fitopatologia) - Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2009.

FUNDAÇÃO DE APOIO A PESQUISA AGROPECUÁRIA DE MATO GROSSO – FUNDAÇÃO MT. Cultivares de sojas convencionais. Disponível em: <http://www.fundacaomt.com.br/soja/>. Acesso em: 15 de dezembro.

GALLOTI, G. J. M.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; BACKES, R. L. Efeito da época de semeadura e da aplicação de fungicidas no progresso da ferrugem asiática, oídio e doenças de final de ciclo na cultura da soja. *Ciências Agroveterinárias*, Lages, v. 4, n. 2, p. 87:93, 2006.

GARCIA, A.; CALVO, E. S.; SOUZA KIIHL. De, R. A.; HARADA, A.; HIROMOTO, D. M.; VIEIRA R. G. E. Molecular mapping of

soybean rust (*Phakopsora pachyrhizi*) resistance genes: discovery of a novel locus and alleles. *Theor Appl Genet*, v. 117, p. 545-553, 2008.

GASTALDI, L. F. *Eficiência de fungicidas e efeito do ambiente na severidade da ferrugem asiática causada por Phakopsora pachyrhizi em soja*. 2005. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual de Londrina, Londrina. 2005.

GODOY, C. V.; CANTERI, M. G. Efeito protetor, curativo e erradicante de fungicidas no controle da ferrugem da soja causada por *Phakopsora pachyrhizi*, em casa de vegetação. *Fitopatologia Brasileira*, v. 29, p. 97-101, 2004.

GODOY, C. V.; PIMENTA, C. B.; MIGUEL-WRUCK, D. S., RAMOS JUNIOR, E. U.; SIQUERI, F. V.; FEKSA, H. R.; DOS SANTOS, I.; LOPES, I. O. N.; NUNES JUNIOR, J.; ITO, M. A.; IAMAMOTO, M. M.; ITO, M. F.; MEYER, M. C.; DIAS, M.; MARTINS, M. C.; ALMEIDA, N. S.; ANDRADE, N. S.; ANDRADE, P. J. M.; SOUZA, P. I. M.; BALARDIN, R. S.; BARROS, R.; SILVA, S. A.; FURLAN, S. H.; GAVASSONI, W. L. *Eficiência de fungicidas para controle da ferrugem asiática da soja, Phakopsora pachyrhizi, na safra 2006/07. Resultados sumarizados dos ensaios em rede*. Londrina: EMBRAPA-Soja, 2007. (Circular Técnica, 42).

GODOY, C. V.; FLAUSINO, A. M.; SANTOS, L. C. M.; DEL PONTE, E. M. Eficiência do controle da ferrugem asiática da soja em função do momento de aplicação sob condições de epidemia em Londrina, PR. *Tropical Plant Pathology*, v. 34, p. 56-61, 2009a.

GODOY, C. V.; SILVA, L. H. C. P. da; UTIAMADA, C. M.; SIQUERI, F. V.; LOPES, I. de O. N.; ROESE, A. D.; MACHADO, A. Q.; FORCELINI, C. A.; PIMENTA, C. B.; NUNES, C. D. M.; CASSETARI NETO, D.; JACCOUD FILHO, D. S.; FORNAROLLI, D. A.; MIGUEL-WRUCK D. S.; RAMOS JÚNIOR, E. U.; BORGES, E. P.; JULIATTI, F. C.; FEKSA, H. R.; CAMPOS, H. D.; NUNES JÚNIOR, J.; SILVA, J. R. C.; COSTAMILAN, L. M.; CARNEIRO, L. C.; SATO, L. N.; CANTERI, M. G.; ITO, M. A.; IAMAMOTO, M. M.; ITO, M. F.; MEYER, M. C.; COSTA, M. J. N. da; DIAS, M. D.; MARTINS, M. C.; LOPES, P. V. L.; SOUZA, P. I. M.; BARROS, R.;

BALARDIN, R. S.; IGARASHI, S.; SILVA, S. A. da; FURLAN, S. H.; CARLIN, V. J. *Eficiência de fungicidas para controle da ferrugem asiática da soja, Phakopsora pachyrhizi, na safra 2008/09. Resultados sumarizados dos ensaios cooperativos*. Londrina: EMBRAPA-Soja, 2009b. (Circular Técnica, 69).

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

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

HARTMAN, G. L.; HAUDENSHIELD, J. S. Movement of *Phakopsora pachyrhizi* (soybean rust) spores by non-conventional means. *Eur J Plant Pathol*, v. 123, p. 225-228, 2009.

HARTMAN, G. L.; SINCLAIR, J. B.; RUPE, J. C. *Compendium of Soybean Diseases*. 4. ed. Minnesota: APS Press, 1999.

HARTMAN, G. L., WANG, T. C.; TSCHANZ, A. T. Soybean rust development and the quantitative relationship between rust severity and soybean yield. *Plant Dis*, St. Paul, v. 75, p. 596-600, 1991.

HENNEN, J.; REID, F. NPAG Data: *Phakopsora Pachyrhizi* Australasian Soybean Rust. Draft - December 9, 2002.

HENNING, A. A.; GODOY, C. V. Situação da ferrugem da soja no Brasil e no mundo. In: ZAMBOLIM, L. (Org.). *Ferrugem Asiática da Soja*. Visconde do Rio Branco, MG.: Suprema Gráfica e Editora, 2006. p. 1-14.

HENNINGS, V. P. [A few new Japanese Uredinaceae]. *Hedwigia*, v. 42, p. S107-108, 1903.

HIDAYAT, O. O.; SOMAATMADJA, S. Screening of soybean breeding lines for resistance to soybean rust (*Phakopsora pachyrhizi* Sydow). *Soybean Rust Newsl*, v. 1, p. 9-22, 1977.

ISARD, S. A.; DUFAULT, N. S.; MILES, M. R.; HARTMAN, G. L.; RUSSO, J. M.; DE WOLF, E. D.; MOREL, W. The effect of solar irradiance on the mortality of *Phakopsora pachyrhizi* urediniospores. *Plant Dis*, St. Paul, v. 90, p. 941-945, 2006.

IVANCOVICH, A. Soybean rust in Argentina. *Plant Disease*, St. Paul, v. 89, n. 6, p. 667-668, 2005.

JESUS JUNIOR, W. C.; POZZA E. A.; VALE, F. X. R.; MORA-AGUILERA, G. Análise Temporal de Epidemias. In: VALE, F. X. R.; JESÚS JUNIOR, W. C.; ZAMBOLIM, L. (Eds.). *Epidemiologia Aplicada ao Manejo de Doenças de Plantas*. Viçosa: Perffil Editora, 2004. p. 127- 191.

KAWUKI, R. S.; ADIPALA, E.; TUKAMUHABWA, P. Yield loss associated with soya bean rust (*Phakopsora pachyrhizi* Syd.) in Uganda, *Journal of Phytopathology*, v. 151, p. 7-12, 2003.

KEOGH, R. C. Studies on *Phakopsora pachyrhizi* Syd.: The causal agent of soybean rust. 1974. Dissertation (Master to Agronomy) - University of Sydney, Sydney, 1974.

KILLGORE, E.; HEU, R. First report of soybean rust in Hawaii. *Plant Dis.*, St. Paul, v. 78, p. 1216, 1994.

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.

KOCH, E.; EBRAHIN-NESBAT, F.; HOPPE, H. H. Light and electron microscopic studies on the development of soybean rust (*Phakopsora pachyrhizi* Syd.) in susceptible soybean leaves. *Journal of Phytopathology*, v. 106, p. 302-320, 1983.

KOCHMAN, J. K. Soybean rust in Australia. In: FORD, R. E. & SINCLAIR, J. B. (Eds.). *Rust of soybean – The problem and research needs*. n. 12. Urbana: University of Illinois, 1977. p. 44-48.

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

KOGA, L. J.; CANTERI, M. C.; CALVO, E. S.; UNFRIED, J. R.; GARCIA, A.; HARADA, A.; KIIHL, R. A. S. Análise multivariada dos componentes da resistência à ferrugem-asiática em genótipos de soja. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 43, n. 10, p. 1277-1286, 2008.

LEVY, C. Epidemiology and chemical control of soybean rust in Southern Africa. *Plant Dis.*, St. Paul, v. 89, p. 669-674, 2005.

LITTLEFIELD, L. J.; SCHIMMING W. K. Size and shape of Urediniospores as influenced by ambient relative humidity. *Mycotaxon*, v. 36, p. 187-204, 1989.

LYNCH, T. N.; MAROIS, J. J.; WRIGHT, D. L.; HARMON, P. F.; HARMON, C. L.; MILES, M. R.; HARTMAN, G. L. First report of soybean rust caused by *Phakopsora pachyrhizi* on *Phaseolus* spp. in the United States. *Plant Disease*, St. Paul, v. 90, p. 970, 2006.

MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Disponível em: <<http://extranet.agricultura.gov.br/sislegis-consulta/consultarLegislacao.do?Operação=visualizar&id=16534>>. Acesso em: 21 agost. 2009.

MARCHETTI, M. A.; MELCHING, J. S.; BROMFIELD, K. R. The effects of temperature and dew period on germination and infection by uredospores of *Phakopsora pachyrhizi*. *Phytopathology*, St. Paul, v. 66, p. 461-463, 1976.

MAUDE, R. B. *Seedborne disease and their control. Principles and practice*. Oxon: CAB International, 1996.

MAWUENA, G. Preliminary observations on soybean rust incidence in Togo. *Soybean Rust Newsletter*, v. 5, p. 20-21, 1982.

MCLEAN, R. J.; BYTH, D. E., Inheritance of resistance to rust (*Phakopsora pachyrhizi*) in soybean. *Aust. J. Agric. Res.*, Sidney, v. 31, p. 951-956, 1980.

MEDICE, R. *Produtos alternativos no manejo da ferrugem asiática (Phakopsora pachyrhizi) da soja*. 2007. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitopatologia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2007.

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 Disease*, St. Paul, v. 73, p. 117-122, 1989.

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

MENEGHETTI, R. S. *Avaliação do fosfito de potássio sobre o progresso de Phakopsora pachyrhizi em soja*. 2009. Dissertação (Doutorado em Agronomia/Produção Vegetal) - Faculdade de Agronomia, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2009.

MISMAN, R.; PURWATI, E. S. A study on host plant types of soybean rust fungi (*Phakopsora pachyrhizi* Syd.) on various types of legumes. *Bull. Ilmaih Unsoed*, v. 11, p. 68-82, 1985.

MILES, M. R.; FREDERICK, R. D.; HARTMAN, G. L. Evaluation of soybean germplasm for resistance to *Phakopsora pachyrhizi*. *Plant Management Network*, 2006. Publication on-line: <http://www.plantmanagementnetwork.org/pub/php/research/2006/germplasm/>

MOREL, W.; YORINORI, J. T. *Situación de la roya de la soja en el Paraguay*. Capitan Miranda: Centro Regional de Investigación Agrícola-CRIA,, 2002. (Boletín Divulgativo, 44)

NAVARINI, L.; DALLAGNOL, L. J.; BALARDIN, R. S.; MOREIRA, M. T.; MENEGHETTI, R. C.; MADOLLOSO, M. G.

Controle químico da ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi* Sydow) na cultura da soja. *Summa Phytopathologica*, v.33, n. 2, p. 182-186, 2007.

NAVARRO, J. C.; NAKASATO, R.; UTIAMADA, C. M.; YORINORI, J. T. First report of Asian soybean rust in Bolivia. World Soybean Research Conference, 7., International Soybean Processing and Utilization Conference, 4., Congresso Brasileiro de Soja (Brazilian Soybean Congress), 3. Foz do Iguaçu, PR. *Anais...* 2004. p. 85- 86.

ONO, Y.; BURITICA, P.; HENNEN, J. F. Delimitation of *Phakopsora*, *Physopella* and *Cerotelium* and their species on *Leguminosae*. *Mycol Res*, v. 96, n. 10, p. 825-850, 1992.

PAN, Z.; YANG, X. B.; PIVONIA, S.; XUE, L.; PASKEN, R.; ROADS, J. Long-term prediction of soybean rust entry into the continental United States. *Plant Disease*, St. Paul, v. 90, p. 840-846, 2006.

PARK S.; CHEN Z.-Y.; CHANDA A. K.; SCHNEIDER R. W.; HOLLIER, C. A. Viability of *Phakopsora pachyrhizi* urediniospores under simulated Southern Louisiana winter temperature conditions. *Plant Disease*, St. Paul, v. 92, n. 10, p. 1456-1462, 2008.

PHAM, T. A.; MILES, M. R.; FREDERICK, R. D.; HILL, C. B.; HARTMAN, G. L. Differential response of resistant soybean genotypes to ten isolates of *Phakopsora pachyrhizi*. *Plant Dis.*, St. Paul, v. 93, p. 224-228, 2009.

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. *Phytopathology*, St. Paul, v. 96, p. 400-407, 2006.

POOLPOL, U.; PUIPAT, U. Morphology, development, induced teliospore formation and host range of *Phakopsora pachyrhizi* Syd. *Soybean Rust Newsletter*, v. 7, p. 26-27, 1985.

POONPOLGUL, S.; SURIN, P. Study of host range of soybean rust fungus in Thailand. *Soybean Rust Newsletter*, v. 3, p. 30-31, 1980.

PRETORIUS, Z. A.; KLOPPERS F. J.; FREDERICK R. D. First report of soybean rust in South Africa. *Plant Disease*, St. Paul, v. 85, n. 12, p. 1288, 2001.

RAMOS, J. P.; DOMINGUES, L. S.; DEBONA, D.; FAVENA, D. D.; MANFIO, A.; LENZ, G.; BALARDIN, R. S. Arranjo populacional no manejo da ferrugem asiática da soja. *Fitopatologia Brasileira*, v. 34, p. S49, 2009. Resumo n. 178 em *Tropical Plant Pathology*.

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*, v. 27, p. S198, 2002. Resumo.

REIS, E. M.; BRESOLIN, A. C. R. Ferrugem da soja: revisão e aspectos técnicos. In: REIS, E. M. (Eds.). *Doenças na Cultura da Soja*. Passo Fundo: Aldeia Norte, 2004a. p. 55-70.

REIS, E. M.; SARTORI, A. F.; CAMARA, R. K. Modelo climático para a previsão da ferrugem da soja. *Summa Phytopathologica*, v. 30, p. 290-292, 2004b.

REIS, E. M.; SCHEER, O.; ROVEDOR, J. Kudzú (*Pueraria lobata*) hospedeiro secundário de *Phakopsora pachyrhiz*, no Brasil. *Fitopatologia Brasileira*, v. 30, p. 130. 2005. Resumo.

REIS, E. M.; REIS, A. C.; CARMONA, M. *Doenças da soja I: Ferrugem asiática*. Passo Fundo: Universidade de Passo Fundo, 2006a.

REIS, E. M.; ZANATTA, M.; MOREIRA, E.N.; BOGORNÍ, R.; REMOR, L.; BARUFFI, D. A. Curva de progresso da ferrugem da soja em Passo Fundo-RS. *Fitopatologia Brasileira*, v. 31, p. S139, 2006b. Resumo.

RYTTER, J. L.; DOWLER, W. M.; BROMFIELD, K. R. Additional alternative hosts of *Phakopsora pachyrhizi*, causal agent of soybean

rust. *Plant Dis.*, St. Paul, v. 68, p. 818-819, 1984.

ROSSI, R. L. First report of *Phakopsora pachyrhizi*, the causal organism of Soybean Rust in the province of Misiones, Argentina. *Plant Disease*, St. Paul, v. 87, p. 102, 2003.

SAS/STAT[®] Versão 9.0 do sistema SAS para Windows, copyright 2002 SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.

SHUXIAN, LI. Identification of New Sources of Resistance to Soybean Rust. In: GISI, U.; CHET, LL.; GULLINO, M. L. (Eds.) *Recent Developments in Management of Plant Diseases*. Netherlands: Springer Netherlands, 2010. p. 357-373.

SATO, T.; SATO, S. Infective ability of soybean rust to several leguminous plants. *Soybean Rust Newsletter*, v. 5, p. 22-26, 1982.

SCHNEIDER, R. W.; HOLLIER, C. A.; WHITAM, H. K. First report of soybean rust caused by *Phakopsora pachyrhizi* in the continental United States. *Plant Dis.*, St. Paul, v. 89, p. 774, 2005.

SCHERM, H.; CHRISTIANO, R. S. C.; ESKER, P. D.; DEL PONTE, E. M.; & GODOY, C. V. Quantitative review of fungicide efficacy trials for managing soybean rust in Brazil. *Crop Protection*, v. 28, p. 774-782, 2009.

SINCLAIR, J. B.; BACKMAN, P. A. *Compendium of Soybean Diseases*. 3. ed. St. Paul: American Phytopathological Society, 1993.

SINCLAIR, J. B.; HARTMAN, G. L. *Soybean Rust Workshop*. Urbana: Illinois Proceedings, 1995.

SLAMINKO, T. L.; MILES, M. R.; FREDERICK, R. D.; BONDE, M. R.; HARTMAN, G. L. New legume hosts of *Phakopsora pachyrhizi* based on greenhouse evaluations. *Plant Disease*, St. Paul, v. 92, n. 5, p. 767-771, 2008.

SOTOMAYOR-HERRERA, I. *La roya de la soya, estrategias de manejo*. Quevedo-Ecuador: INIAP, 2005. (Boletín divulgativo, 330).

STAVELY, J. R.; RYTTER, J. L.; ROYER, M. H. Virulence of the soybean rust pathogen, *Phakopsora pachyrhizi* on *Phaseolus vulgaris* cultivars. *Annu Rep Bean Improv Coop*, v. 28, p. 35-36, 1985.

SOUZA J.; FORMENTO, A. N., Progreso de la roya asiática de la soja (*Phakopsora pachyrhizi*) en Entre Ríos. In: INTA. (Org.). *Actualización Técnica Cosecha Gruesa*. Entre Ríos: INTA, 2008. p. 23-27.

SOUSA, P. F. C.; ALVES, E.; CASTRO, H. A. Influência da temperatura no desenvolvimento de teliósporos de *Phakopsora pachyrhizi* em folíolos de soja. *Summa Phytopathologica*, v. 32, n.3, p. 227-231, 2006.

SUDJADI, M. Host range study for soybean rust in Indonesia. *Soybean Rust Newsletter*, v. 3, p. 32-34, 1980.

STEWART, S.; GUILLIN, E. A.; DÍAZ L. First Report of Soybean Rust Caused by *Phakopsora pachyrhizi* in Uruguay. *Plant Disease*, v. 89, n. 8, p. 909, 2005.

TECNOLOGIAS DE PRODUÇÃO DE SOJA - REGIÃO CENTRAL DO BRASIL – 2009 E 2010. Londrina: Embrapa-Soja; Embrapa-Cerrados; Embrapa-Agropecuária Oeste, 2008.

TSUKAHARA, R. Y.; HIKISHIMA, M.; CANTERI, M. G. Relações entre o clima e o progresso da ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) em duas micro-regiões do Estado do Paraná. *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina, v. 29, n. 1, p. 47-52, 2008

U ROSA, R.; ASCENCIO, J. Arquitectura y caracterización fisiológica de la cobertura de plantas de soja *Glycine max* L. Merr. var júpiter en condiciones de campo. *Agronomía Tropical*, v. 43, p. 145-172, 1993.

VAKILI, N. G.; BROMFIELD, K. R. *Phakopsora* rust on soybean and other legumes in Puerto Rico. *Plant Dis.*, St. Paul, v. 60, p. 995-999, 1976.

VAN DE MORTEL, M.; SCHNEIDER, K. T.; BANCROFT, T.; NETTLETON, D.; FREDERICK, R. D.; BAUM, T. J.; WHITHAM, S. A. Gene expression in a soybean cultivar containing the Rpp3 gene for resistance to *Phakopsora pachyrhizi*. *Phytopathology*, v. 97, p. S117, 2007. Abstract n. 7.

VAN DER PLANK, J. E. *Plant Diseases: Epidemics and Control*. New York & London: Academic Press, 1963.

VAN DER PLANK, J. E. *Disease Resistance in Plants*. 1. ed. New York & London: Academic Press, 1968.

VIERO, V. C. *Epidemiologia comparativa entre a ferrugem asiática da soja e a ferrugem da folha do trigo*. 2008. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitopatologia) - Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2008.

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

YANG, X. B.; DOWLER, W. M.; TSCHANZ, A. T. A simulation model for assessing soybean rust epidemics. *Journal of Phytopathology*, v. 133, p. 187-200, 1991a.

YANG, X. B., TSCHANZ, A. T.; DOWLER, W. M.; WANG, T. C. Development of yield models in relation to reduction of components of soybean infected with *Phakopsora pachyrhizi*. *Phytopathology*, St. Paul, v. 81, p. 1420-1426, 1991b.

YANG, X. B., DOWLER, W. M., TSCHANZ, A. T.; WANG, T. C. Comparing the effects of rust on plot yield, plant yield, yield components, and vegetative parts of soybean. *Journal of Phytopathology*, v. 136, p. 46-56, 1992.

YÁÑEZ MORALES, MA. DE JESÚS.; MARTÍNEZ ALANIS, I.; SOTO ROCHA, M. J.; MALVICK, D. K.; KURLE, J. E.; FLOYD, C. M.; KRUPA, S. V. Soybean Rust Caused by *Phakopsora pachyrhizi* detected in the State of Campeche on the Yucatan Peninsula, Mexico. *Plant Disease*, St. Paul, v. 93, n. 8, p. 847, 2009.

YEH, C. C.; TSCHANZ, A. T.; SINCLAIR, J. B. Induced teliospore formation by *Phakopsora pachyrhizi* on soybeans and other hosts. *Phytopathology*, St. Paul, v. 71, p. 1111-1112, 1981.

YORINORI, J. T. Controle integrado de doenças de soja. In: EMBRAPA. *Resultados de pesquisa de soja, 1997*. Londrina: EMBRAPA – CNPSo, 1997. p. 83.

YORINORI, J. T.; MOREL, P. W.; FREDERICK, R. D.; COSTAMILIAN, L. M.; BERTAGNOLLI, P. F. Epidemia de ferrugem da soja (*Phakopsora pachyrhizi*) no Brasil e no Paraguai, em 2001 e 2002. *Fitopatologia Brasileira*, v. 27, p. S178, 2002a. Resumo.

YORINORI, J. T., PAIVA, W. M., FREDERICK, R. D., FERNANDEZ, P. F. T. Ferrugem da soja (*Phakopsora pachyrhizi*) no Brasil e no Paraguai, nas safras 2001/01 e 2001/02. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA, 2002. Foz de Iguaçu, PR. Anais... 2002b. p.94.

YORINORI, J. T. Ferrugem da soja: ocorrência no Brasil e estratégias de manejo. In: REIS, E. M. (Ed.). *Doenças na Cultura da Soja*. Passo Fundo: Aldeia Norte, 2004. p. 77-84.

YORINORI, J. T., PAIVA, W. M., FREDERICK, R. D., COSTAMILAN, L. M., BERTAGNOLLI, P. F., HARTMAN, G. E., GODOY, C. V., & NUNES JUNIOR, J. Epidemics of soybean rust (*Phakopsora pachyrhizi*) in Brazil and Paraguay from 2001 to 2003. *Plant Dis.*, St. Paul, v. 89, p. 675-677, 2005.

ZADOKS, J. C.; SCHEIN, R. D. *Epidemiology and plant disease management*. New York: Oxford University Press, 1979.

ZAMBENEDETTI, E. B. *Preservação de Phakopsora pachyrhizi Sydow & Sydow e aspectos epidemiológicos e ultra-estruturais da sua interação com a soja (Glycine max (L.) Merrill)*. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitopatologia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2005.

ZAMBENEDETTI, E. B., ALVES, E.; ARAÚJO, D. V. Eventos dos processos de pré-penetração, penetração e colonização de *Phakopsora*

pachyrhizi em folíolos de soja. *Fitopatologia Brasileira*, v. 32, p. 156-160, 2007a.

ZAMBENEDETTI, E. B., ALVES, E., POZZA, E. A. & 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*, v. 33, n. 2, p. 178-181, 2007b.

ZAMBOLIM, L. 2006. Manejo Integrado da Ferrugem Asiática da Soja. In: ZAMBOLIM, L. (Org.). *Ferrugem Asiática da Soja*. Visconde do Rio Branco: Suprema Gráfica e Editora, 2006. p. 73-98.