

Progresso temporal da ferrugem e redução sobre a área foliar e os componentes do rendimento de grãos em soja

Temporal progress of rust and reduced leaf area and yield components in soybean grain

Felipe Rafael Garcés Fiallos^{1,2,3*}, y Carlos Alberto Forcelini^{3†}

¹Bolsista da Secretaria Nacional de Ciência e Tecnologia do Equador – SENACYT. ²Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Unidad de Investigación Científica e Tecnológica, Quevedo, Los Ríos, Ecuador. ³Universidade de Passo Fundo. Laboratório de Fitopatologia, CEP 99052-900, Passo Fundo, RS, Brasil.

*Autor para correspondência: felipegarces23@yahoo.com; †forcelini@upf.tche.br

Rec.: 07.04.11 Acept.: 03.10.11

Resumo

A safra de soja 2009-10 favoreceu a uma maior intensidade da ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi* Sydow y Sydow) 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 *Glycine max* L. (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 fonológicos 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 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 estágio fonológico 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 estrato superior, quando os fungicidas foram aplicados duas ou três vezes a partir de estágio fonológico V9.

Palavras chave: Doenças fúngicas, *Glycine max*, Gompertz, índice de área foliar, logístico, produtividade da cultura, severidade, Uredinales.

Resumen

El ciclo de cultivo de soja 2009-10 favoreció una mayor intensidad de la roya asiática (*Phakopsora pachyrhizi* Sydow y Sydow) en el sur de Brasil, por tanto fue necesario evaluar el avance del hongo y su efecto en el rendimiento del cultivo. Las evaluaciones fueron realizadas en experimentos de campo con 64 parcelas (2.7 x 5 m) del cultivar *Glycine max* L. (Nidera 5909 RG), establecido el 05/12/09. Para generar gradientes de la enfermedad se utilizaron los fungicidas tebuconazol y epoxiconazol + piraclostrobina, en una, dos o tres aplicaciones en estadios fenológicos diferentes. La enfermedad fue cuantificada por el número de lesiones y urédias, posteriormente convertido para severidad (%). Se cuantificó también el

índice de área foliar (IAF) al final del llenado de granos y los componentes de rendimiento después de la cosecha. La severidad promedio final de la enfermedad superó el 50%. Las diferencias en severidad entre los estratos de la planta fueron influenciados por la cantidad inicial de la enfermedad, una vez que las tasas de progreso, determinadas por los modelos Logístico y de Gompertz, fueron semejantes entre los estratos (0.13 a 0.14 para Logístico y 0.10 a 0.11 para Gompertz). El IAF fue bajo (1.96) en las plantas no tratadas vs. 4.40 en el tratamiento con cuatro aplicaciones de epoxiconazol + piraclostrobina. Los programas de control iniciados en el estadio fenológico V9, con dos o tres aplicaciones, difirieron del testigo en el IAF. El número de vainas y granos por planta, así como de granos por vaina, no variaron entre los tratamientos. Sólo existió diferencia en el peso de granos del estrato superior, cuando los fungicidas fueron aplicados dos o tres veces a partir del estadio fenológico V9.

Palabras clave: Enfermedades fúngicas, *Glycine max*, Gompertz, índice de área foliar, Logístico, rendimiento de cultivo, severidad, Uredinales.

Abstract

The harvest of the year 2009-10 of soybean crop in Southern Brazil occurred under higher intensity of soybean rust (*Phakopsora pachyrhizi* Sydow y Sydow), which allowed studies on disease progress and crop reduction. A field experiment with 64 plots (2.7 x 5 m) of the cultivar *Glycine max* L. (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 urédias and later converted into percent severity (%). The leaf area index (LAI) 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 LAI varied from 1.96 on non-treated plots to 4.4 on the standard treatment with four sprays of epoxiconazol + pyraclostrobin. Disease control programs with two or three sprays began at the phenological stage V9 resulted in higher LAI 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. There was only difference in weight of the upper grain, when fungicides were applied two or three times from phenological stage V9.

Key words: Crop yield, fungus diseases, *Glycine max*, Gompertz, leaf area index, Logistic, severity, Uredinales.

Introdução

O Brasil é o segundo maior produtor mundial de soja (*Glycine max* L.), 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 y Sydow, que está presente no país desde 2002 (Yorinori *et al.*, 2002; 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, Mato Grosso do Sul (Andrade

y Andrade, 2002). Segundo Henning y Godoy (2006), as perdas na safra 2002/03 atingiram 737,453,718 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 y Schein, 1979).

Na abordagem na análise do dano ocasionado por doenças, envolve a relação com a área foliar da planta, e esta com o rendimen-

to de grãos. A perda de área foliar causada pelas doenças afeta a interceptação de luz, a capacidade fotossintética, o acúmulo de fotosintatos 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 do Sul do Brasil. Aproveitou-se a presença da doença para estudar o progresso temporal da ferrugem e redução sobre a área foliar e os componentes do rendimento de grãos em soja, assim como definir o melhor programa de controle para a doença.

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 de sementes) do inseticida fipronil e dos fungicidas piraclostrobina e tiofanato metílico. Foram utilizadas 14 sementes/m, em um espaçamento entre linhas de 0.45 m, o que resultou em uma população de 26.7 plantas/m². 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 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 lt/ha) e uma mistura de triazol + estrobilruina (epoxiconazol + piraclostrobina, Opera®, 0.5 lt/ha), esta última com um adjuvante à base de óleo mineral (Assist®, 0.5 lt/ha). Os estádios e datas dos tratamentos constam na Tabela 1. Uma testemunha foi mantida sem fungicida em parte aérea.

As pulverizações foram realizadas com um pulverizador costal pressurizado com CO₂, equipado com pontas TT 110015, regulado a uma vazão de 150 lt/ha. As aplicações foram realizadas no início da manhã ou final da tarde, sob condições de temperaturas inferiores a 30 °C, umidade relativa acima de

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

Tratamentos	Fungicida	Estádio*	Data
1	Sem aplicação		
2	Tebuconazol	V9	22/1
3		V9 + R4	22/1, 11/2
4		V9 + R4 + R5.3	22/1, 11/2, 3/3
5		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	Epoxiconazol +	V9	22/1
10	piraclostrobina	V9 + R4	22/1, 11/2
11		V9 + R4 + R5.3	22/1, 11/2, 3/3
12		V9 + R5.3	22/1, 3/3
13		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 y Caviness (1977).

60% e velocidade de ventos inferior 6 m/s. 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, foram coletadas 2 plantas 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/cm² 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 dela. 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 y 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 m² (a),

pelo número de plantas/m² (N) segundo a equação (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 (%): $IAFS = IAF \times (1 - y)$ (2).

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, 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 IAF, IAFS, componentes de rendimento (grãos e legumes por planta, grãos por legume e peso de grãos por planta), rendimento e peso de 1000 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 estrato foi analisado independentemente um do outro.

Resultados

As condições climáticas durante a safra 2009 - 10 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).

O IAF ao final do período de enchimento de grãos (Tabela 2) foi de apenas 1.96 nas plantas não tratadas, o qual ficou ainda menor (1.19) quando descontada a porcentagem de severidade, gerando o 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 IAF, 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

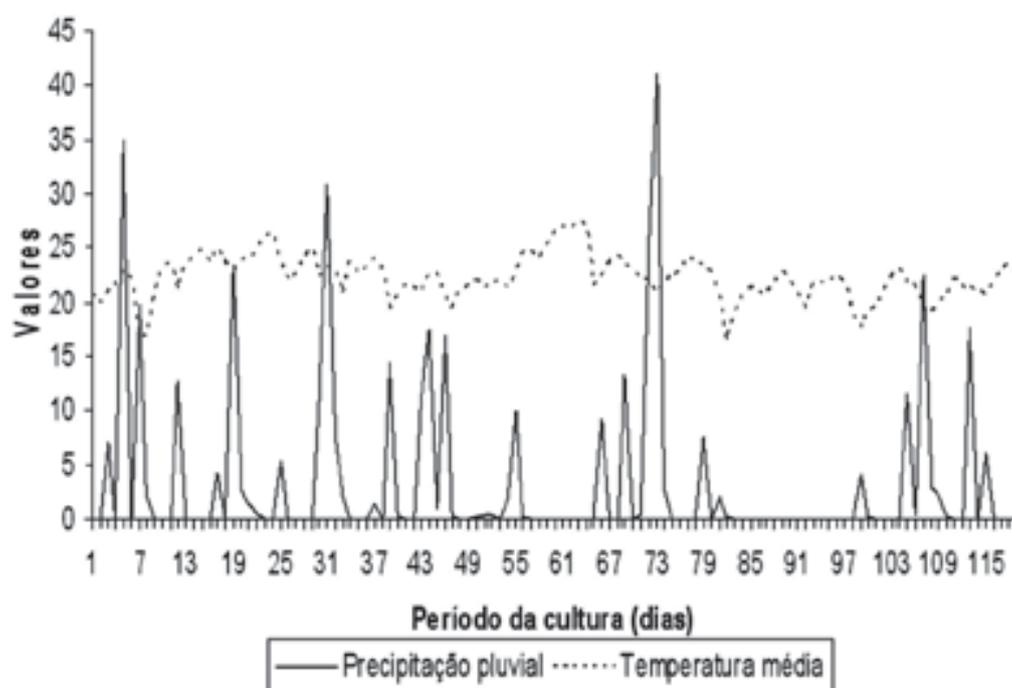


Figura 1. Precipitação pluvial (mm) e temperatura média (°C) do ar entre 05/12/2009 a 03/04/2010 em Passo Fundo, RS, na safra 2009/2010. Fonte: modificado de <http://www.cnpt.embrapa.br/pesquisa/agromet/app/principal/agromet>.

Tabela 2. Índice de área foliar (IAF) e índice de área foliar sadia (IAFS) em plantas de soja (NIDERA 5909 AG) em função de diferentes programas de aplicação de fungicidas em Passo Fundo, na safra 2009-2010

Fungicida e época de aplicação	IAF				IAFS											
	Estrato inferior	Estrato médio	Estrato superior	Total	Estrato inferior	Estrato médio	Estrato superior	Total								
Testemunha	0.71	b*	0.38	b	0.87	b	1.96	b	0.37	b	0.18	b	0.65	b	1.19	b
Tebuconazol																
V9	0.72	b	0.40	b	0.93	b	2.04	b	0.42	b	0.24	b	0.73	b	1.38	b
V9 + R4	0.84	b	0.81	a	1.14	a	2.79	b	0.59	b	0.55	b	0.98	a	2.12	b
V9 + R4 + R5.3	1.11	b	0.62	b	1.02	b	2.75	b	0.67	b	0.40	b	0.90	b	1.97	b
V9 + R5.3	0.80	b	0.42	b	1.06	b	2.28	b	0.51	b	0.29	b	0.87	b	1.67	b
R4 + R5.3	0.64	b	0.42	b	0.89	b	1.95	b	0.34	b	0.20	b	0.75	b	1.29	b
R4	1.10	b	0.49	b	1.16	a	2.75	b	0.53	b	0.27	b	1.00	a	1.80	b
R5.3	0.60	b	0.45	b	1.17	a	2.21	b	0.35	b	0.30	b	0.99	a	1.64	b
Média	0.83		0.51		1.05		2.82		0.49		0.32		0.89		1.70	
Epoxiconazol + piraclostrobina																
V9	1.14	b	0.61	b	1.21	a	2.96	b	0.95	b	0.55	b	1.09	a	2.59	b
V9 + R4	1.66	a	1.14	a	1.31	a	4.11	a	1.53	a	1.08	a	1.27	a	3.88	a
V9 + R4 + R5.3	1.63	a	1.14	a	1.18	a	3.95	a	1.37	a	1.08	a	1.10	a	3.56	a
V9 + R5.3	1.51	a	0.77	a	1.08	b	3.36	a	1.28	a	0.66	b	0.96	a	2.90	a
R4 + R5.3	1.00	b	0.80	a	0.93	b	2.73	b	0.61	b	0.64	b	0.84	b	2.09	b
R4	1.11	b	0.47	b	1.18	a	2.75	b	0.70	b	0.36	b	1.12	a	2.18	b
R5.3	0.83	b	0.43	b	0.92	b	2.17	b	0.50	b	0.30	b	0.72	b	1.52	b
V9 + R3 + R5.1 + R6 [†]	1.81	a	1.22	a	1.37	a	4.40	a	1.69	a	1.16	a	1.34	a	4.19	a
Média	1.27		0.83		1.11		3.15		0.99		0.67		1.01		2.67	
C.V. (%)	47.50		54.01		20.48		25.70		52.15		55.71		21.09		26.52	
P (blocos)	ns		0.0005		0.0001		0.0001		ns		ns		0.0005		0.0001	
P (tratamentos)	0.0005		0.0001		ns		0.0001		0.0001		0.0001		0.0001		0.0001	

[†] Tratamento não foi tomado em conta para o cálculo de média entre os fungicidas.

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

da testemunha, também, os programas de controle iniciados em estágio fonológico 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. O IAF foi influenciado negativamente pela área abaixo da curva de progresso da ferrugem asiática (AACPFA) (Figura 2) ou pela severidade final da doença (Figura 3).

As relações entre IAFS e índice de área foliar total (Figura 4) foram significativas ($P < 0.0001$, $R^2 = 0.65$ 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.

Os componentes do rendimento de grãos (Tabela 3), 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,

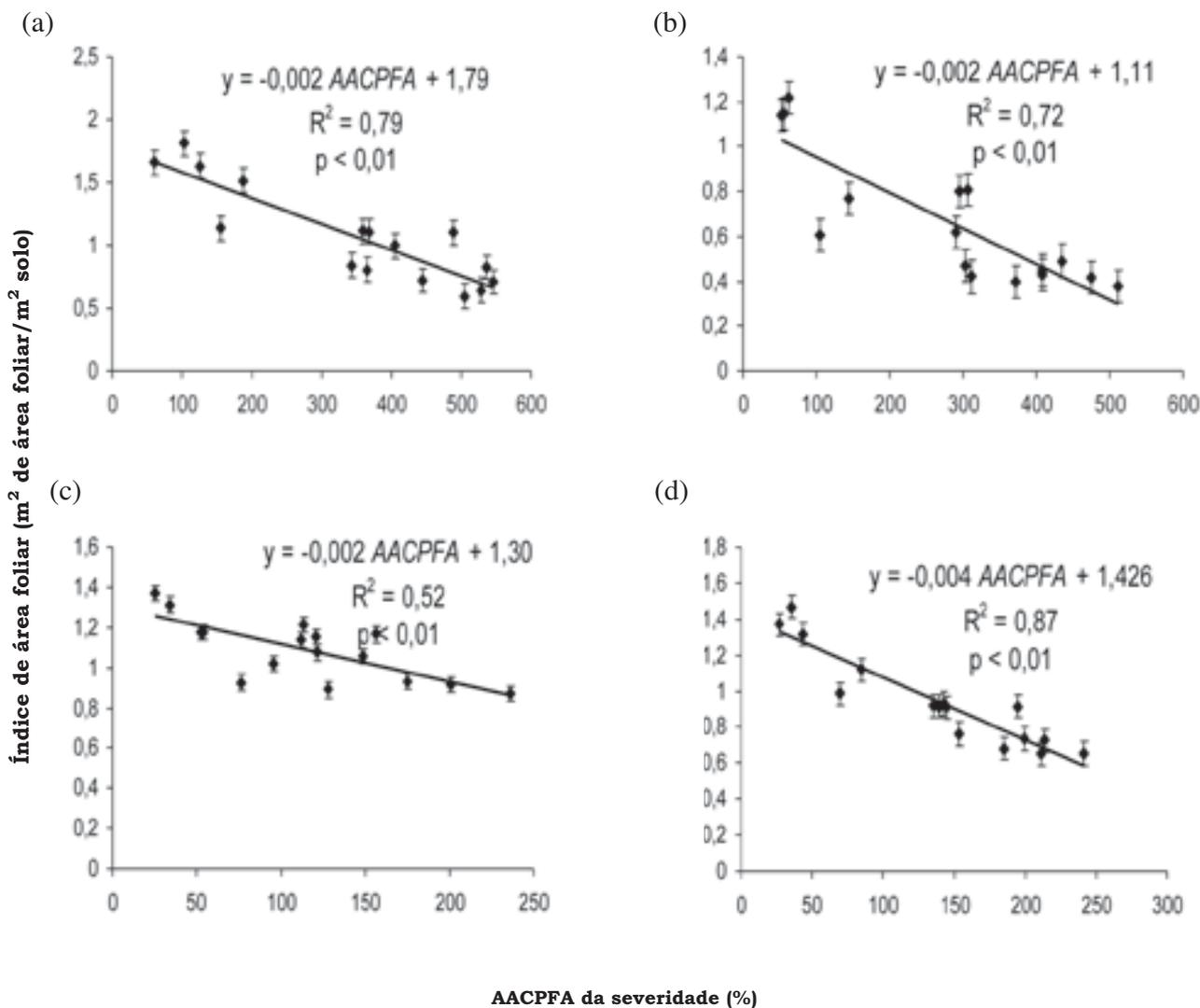


Figura 2. Relação entre o índice de área foliar e a AACPFA da severidade da ferrugem asiática nos estratos inferior (a), médio (b), superior (c) e total da planta de soja (d), cultivar Nidera 5909 RG. Passo Fundo/RS, Safra 2009/10.

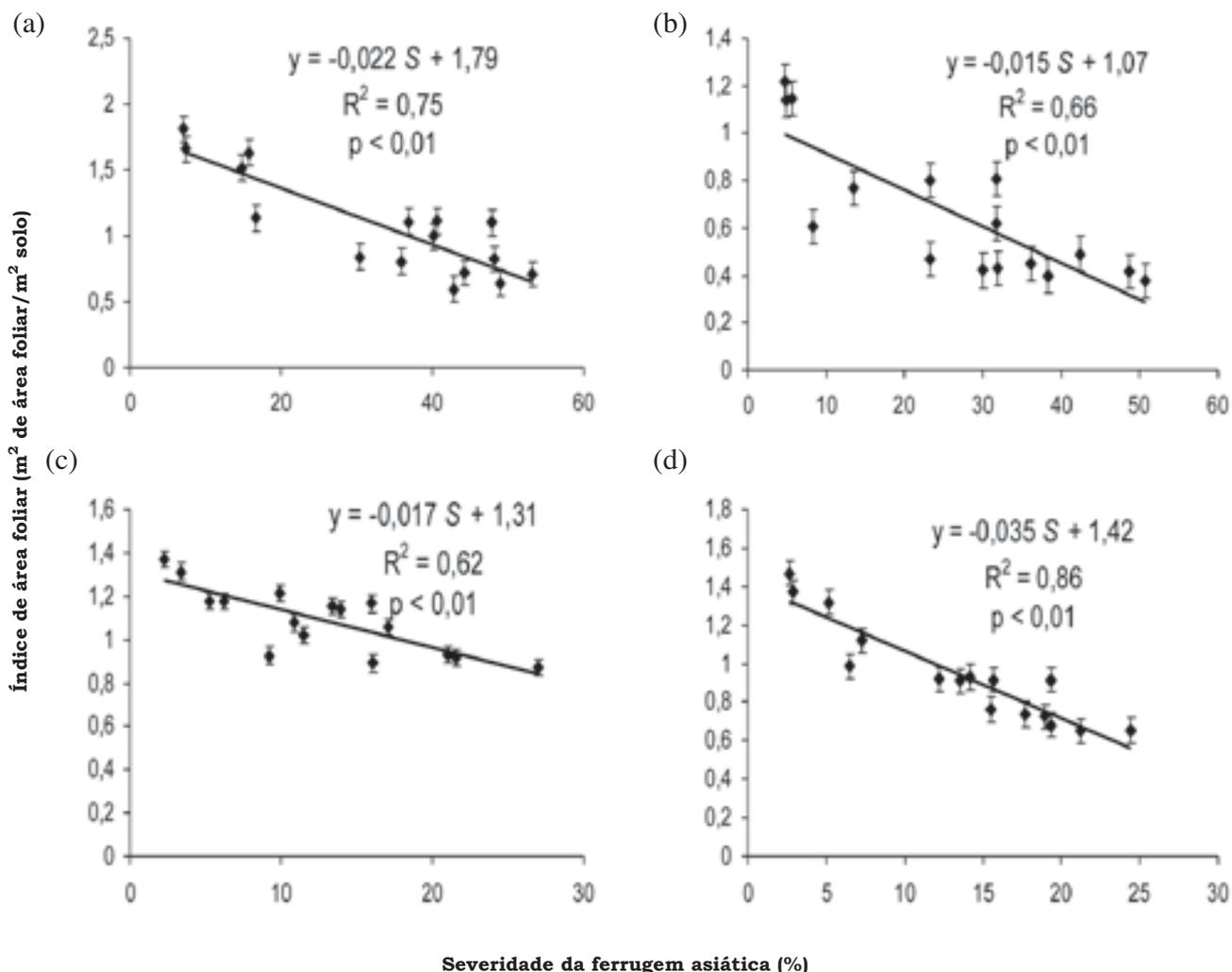


Figura 3. Relação entre o índice de área foliar e a severidade da ferrugem asiática nos estratos inferior (a), médio (b), superior (c) e total da planta de soja (d), cultivar Nidera 5909 RG. Passo Fundo/RS, Safra 2009/10.

Tabela 3. Média dos estratos (inferior, médio e superior) de número de grãos/planta, legumes/planta e grãos/legume 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
	Grãos/planta	Legumes/planta	grãos/legume	
Testemunha	104.30	54.63	1.80	13.08
Tebuconazol	130.07	61.59	1.88	15.49
Epoxiconazol + piraclorobina	127.41	61.15	1.86	15.62

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.

O estrato 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 4), que apresentou média de 7 g (estrato inferior), 4.52 g (estrato médio) e 4.03 g (estrato superior) entre os fungicidas,

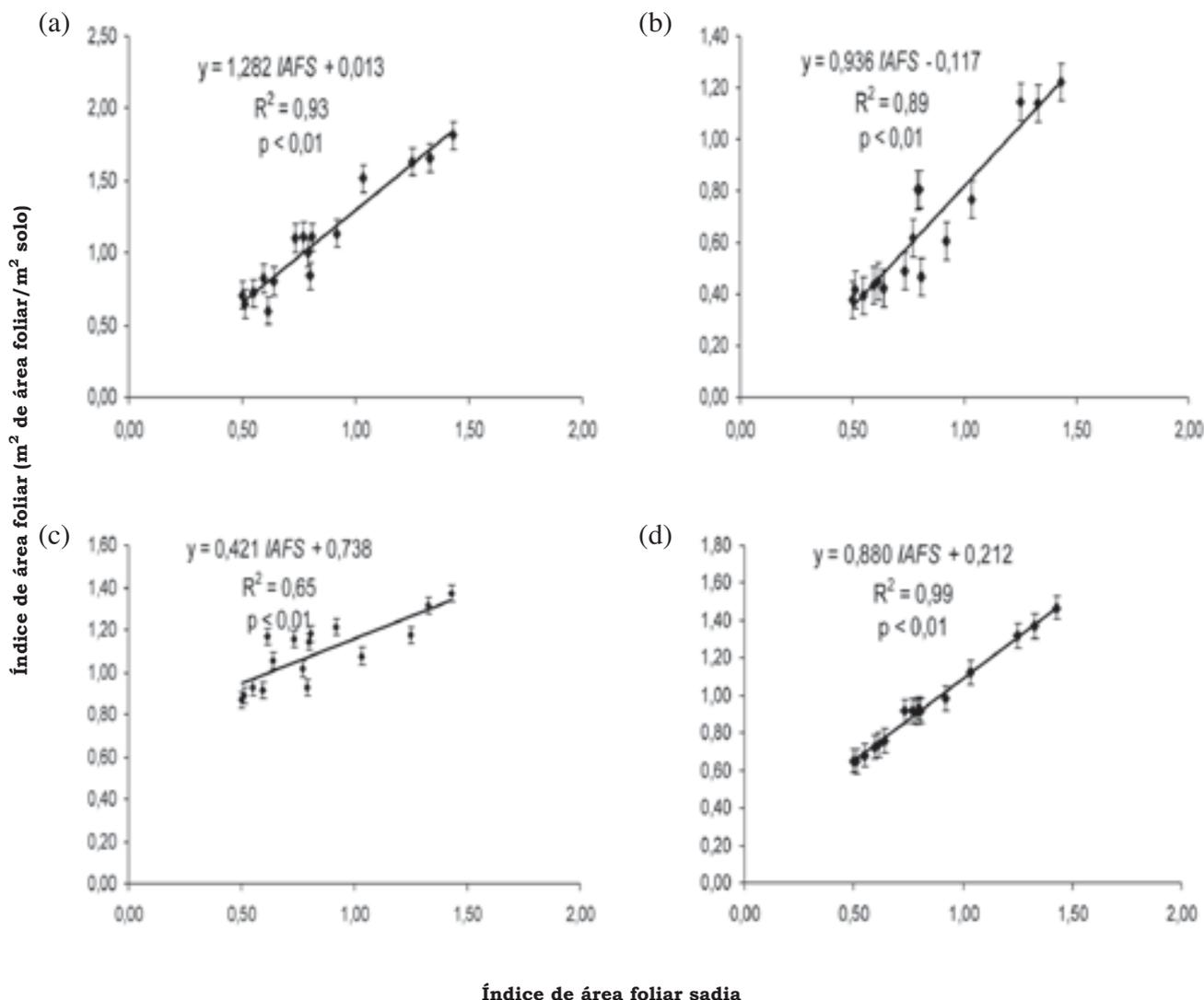


Figura 4. Relação entre o índice de área foliar sadia e a área foliar nos estratos inferior (a), médio (b), superior (c) e total da planta de soja (d), cultivar Nidera 5909 RG. Passo Fundo/RS, Safra 2009/10.

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 estrato superior, onde os tratamentos iniciados em estádios fonológicos V9 e que combinaram duas, três e até quatro aplicações, apresentaram peso maior que o da testemunha sem fungicida. No número de grãos/legume não houve diferenças estatísticas significativas entre fungicidas e esquemas de aplicação. Contudo, as plantas tratadas tenderam a apresentar valor numérico maior no estrato inferior, quando comparadas com a testemunha, o que poderia revelar uma influência do controle da ferrugem sobre este componente do rendimento. As relações da

AACPFA (%) 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 5), 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

Tabela 4. Peso de grãos/planta 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 (g)							
	Estrato inferior		Estrato médio		Estrato superior		Total	
Testemunha	4.62	a ²	4.07	a	3.88	b	13.08	a
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	
Epoxiconazol + 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.

Tabela 5. Quantidade inicial (Y₀), taxa de progresso da ferrugem asiática (r) estimados pelos modelos Logístico e de Gompertz, coeficiente de determinação (R²) 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

para Gompertz). Neste caso, as variações em intensidade final estiveram associadas a diferenças na quantidade inicial da ferrugem.

Discussão

Foi encontrada maior área foliar nos estratos superior e inferior da planta, e menor no estrato médio. Neste trabalho, a metodologia utilizada colocou as folhas dos galhos como pertencentes ao ponto de partida do ramo, por isso a maior quantidade no estrato inferior. Urosa y Ascencio (1993) utilizaram metodologia diferente, sim-

plemente 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 IAF, ao contrario 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, número normal de legumes/planta, o número de sementes/planta, peso de sementes/planta e peso de 1000 sementes. A cultivar utilizada neste trabalho é bastante produtiva, segundo informações de campo obtidas em outros trabalhos (n.p.). 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 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 y 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.

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 na duração de área foliar 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.

Agradecimentos

À Secretaria Nacional de Ciência e Tecnologia do Equador - SENACYT pela bolsa concedida ao primeiro autor para estudos de Mestrado em Agronomia com Área em Fitopatologia na Universidade de Passo Fundo, RS, Brasil.

Referências

- Andrade, P. J. M. y Andrade, D. F. A. 2002. Ferrugem asiática: uma ameaça à sojicultura brasileira. Dourados. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa). Circular técnica, 11.
- Blum, M. M. C.; Reis, E. M.; e Forcelini, C. A. 2004. Progresso da ferrugem da soja. Fitopatol. Brasil. 29:S248. (Resumo).
- Board, J. E.; Wier, A. T.; e Boethel, D. J. 1994. Soybean yield reductions caused by defoliation during mid to late seed filling. Agron. J. 86:1074 - 1079.
- Bromfield, K. R. 1984. Soybean rust. Monograph No. 11. American Phytopathological Society: St. Paul. 65 p.
- Canteri, M. G.; Althaus, R. A.; Virgens Filho, J. S.; Giglioti, E. A.; e Godoy, C. V. 2001. SASM - Agri: Sistema para análise e separação de médias em experimentos agrícolas pelos métodos Scoft - Knott, Tukey e Duncan. Rev. Brasil. Agrocomp. 1(2):18 - 24.
- Campbell, C. L. y Madden, L. V. 1990. Introduction to plant disease epidemiology. Nueva York: John Wiley & Sons. 532 p.
- 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].
- Fehr, W. y Caviness, S. E. 1977. Stages of soybean development. Iowa Coop. Ext. Service, Iowa Agric. Home. Exp. Stn. Spec. Rep. Special Report 80.
- Hartman, G. L.; Sinclair, J. B.; e Rupe, J. C. 1999. Compendium of soybean diseases. 4. ed. Minnesota: APS Press. 100p.

- Kim, K. S.; Wang, T. C.; e Yang, X. B. 2005. Simulation of apparent infection rate to predict severity of soybean rust using a fuzzy logic system. St. Paul. *Phytopat.* 95:1122 - 1131.
- Navarini, L.; Dallagnol, L. J.; Balardin, R. S.; Moreira, M. T.; Meneghetti, R. C.; e Madolosso, M. G. 2007. Controle químico da ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi* Sydow) na cultura da soja. São Paulo. *Summa Phytopat.* 33(2):182 - 186.
- SAS/STAT Versão 9.0 do sistema SAS para Windows, copyright 2002 SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.
- Souza, J. e Formento, A. N. 2008. Progreso de la roya asiática de la soja (*Phakopsora pachyrhizi*) en Entre Ríos. Em: INTA. (Org.). Actualización Técnica Cosecha Gruesa. Entre Ríos. INTA-Argentina. p. 23 - 27.
- Urosa, R. e Ascencio, J. 1993. Arquitectura y caracterización fisiológica de la cobertura de plantas de soja *Glycine max* L. Merr. var júpiter en condiciones de campo. *Agron. Trop.* 43:145 - 172.
- Yorinori, J. T.; Paiva, W. M.; Frederick, R. D.; e Fernandez, P. F. T. 2002. Ferrugem da soja (*Phakopsora pachyrhizi*) no Brasil e no Paraguai, nas safras 2001/01 e 2001/02. Em: Congresso Brasileiro de Soja, 2002. Foz de Iguaçu, PR. Anais. p. 94.
- Yorinori, J. T.; Paiva, W. M.; Frederick, R. D.; Costamilan, L. M.; Bertagnolli, P. F.; Hartman, G. E.; Godoy, C. V.; e Nunes J. J. 2005. Epidemics of soybean rust (*Phakopsora pachyrhizi*) in Brazil and Paraguay from 2001 to 2003. *Plant Dis.* 89:675 - 677.
- Zadoks, J. C. e Schein, R. D. 1979. Epidemiology and plant disease management. Nueva York. Oxford University Press. 427 p.