



XIX Congresso Brasileiro de Agrometeorologia

23 a 28 de agosto de 2015

Lavras – MG – Brasil

Agrometeorologia no século 21:

O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros

Avaliação de sistemas de alerta para o manejo racional da ferrugem asiática da soja¹



Gustavo Castilho Beruski²; Paulo Cesar Sentelhas³; Emerson Medeiros Del Ponte⁴; Gil Miguel de Sousa Câmara⁵; André Belmont Pereira⁶; Ivan Pedro de Araújo Júnior⁷; João Victor de Mattos⁸

¹ Resumo extraído de trabalho de tese de doutorado, junto a PPG-ESA-ESALQ/USP

² Mestre em Agronomia, Doutorando, USP-ESALQ, (19)3429-4123, beruskigc@usp.br

³ Doutor em Irrigação e Drenagem, Professor Associado, USP-ESALQ, pcsentel.esalq@usp.br

⁴ Doutor em Fitopatologia, Professor Associado, UFV, delponte@ufv.br

⁵ Doutor em Fitotecnia, Professor Associado, USP-ESALQ, gil.camara@usp.br

⁶ Especialista em Proteção de Plantas, Pesquisador Fundação MT, ivanpedro@fundacaomt.com.br

⁷ Doutor em Agronomia, Professor Associado, UEPG, abelmont@uepg.br

⁸ Graduando em Agronomia, UEPG, joão.victor_mattos@hotmail.com

RESUMO: A ferrugem asiática, causada pelo fungo *Phakopsora pachyrhizi*, pode causar elevados prejuízos às lavouras de soja. O controle da doença é feito principalmente pelo uso de aplicações sequenciais de fungicidas em sistema calendarizado. O objetivo do trabalho foi avaliar o desempenho de dois sistemas de alerta, com dois limiares de ação, comparados ao calendário fixo. O experimento foi conduzido em área experimental do setor de agrometeorologia da ESALQ/USP, em Piracicaba, SP. A cultivar Brasmax Potência RR® foi semeada no dia 18/11/2014, com espaçamento entrelinhas de 0,45 m e população de 270 mil plantas ha⁻¹. O delineamento experimental foi de blocos casualizados com quatro repetições. Os tratamentos foram: 1) Testemunha (sem aplicação); 2) cinco aplicações calendarizadas a partir de R1, espaçadas em 14 dias; 3) Sistema PREC (Precipitação) limiar 1 (80% de severidade); 4) Sistema PREC limiar 2 (50% de severidade); 5) Sistema TDPM (temperatura no período de duração de molhamento foliar) limiar 1 (6 lesões cm²) e 6) sistema TDPM limiar 2 (9 lesões cm²). O fungicida aplicado foi uma mistura comercial (azoxistrobina + benzovindiflupir, 150 gramas por ha). Dados meteorológicos foram coletados em estação automática localizada junto à área experimental. As mais altas produtividades, ao redor de 5.000 kg ha⁻¹, foram observadas nos tratamentos com cinco aplicações: calendário e sistemas PREC e TDPM com os limiares mais conservadores. Os tratamentos testemunha e sistema PREC com limiar menos conservador apresentaram as menores produtividades (3.111 e 3.819 kg ha⁻¹), já que em ambos não houve aplicação de fungicida. O sistema TDPM limiar menos conservador, apresentou produtividade menor do que os outros sistemas, mesmo com cinco pulverizações, possivelmente devido ao atraso nas primeiras aplicações.

PALAVRAS-CHAVE: *Phakopsora pachyrhizi*, precipitação, molhamento foliar

Evaluation of warning systems for the rational control of soybean rust

ABSTRACT: Soybean rust, caused by fungus *Phakopsora pachyrhizi*, may cause significant damage in the soybean crop. The disease is controlled by sequential applications of fungicides following a calendar-based system. The aim of this study was to evaluate the performance of two warning systems, with two action thresholds, compared to a calendar. The experiment was conducted at the experimental area of the agrometeorology sector of ESALQ/USP, in Piracicaba, SP, Brazil. The cultivar Brasmax Potência RR® was sowed in 18th November 2014, with a row spacing of 0.45 m and a plant population of 270 thousand plants per ha. The experiment was conducted in a randomized block design with four repetitions. The treatments were: 1) unsprayed check treatment; 2) five calendar-based sprays in a 14-day interval from R1 stage; T3) PREC (precipitation) system threshold 1 (80% severity cut-off); T4) PREC system threshold 2 (50% severity cut-off); T5) TDPM system (air temperature data during leaf wetness and leaf wetness duration) threshold 1 (6 lesions cm⁻²) and T6) TDPM system threshold 2 (9

O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros

lesions cm⁻²). Fungicide used in all treatments was a commercial mixture (Azoxistrobina + Benzovindiflupir, 150 g per ha). Weather data were measured at an automatic weather station, located in the experimental area. The highest yields, around 5,000 kg ha⁻¹, were observed at calendar treatment and in PREC and TDPM systems with more conservative thresholds. The unsprayed check and PREC with the less conservative threshold had the lowest yields (3,111 e 3,819 kg ha⁻¹), once no spray was warned by them. TDPM with the less conservative threshold had yield lower than the other systems, even with five applications, likely because of the lateness in the first warnings.

KEY WORDS: *Phakopsora pachyrhizi*, precipitation, leaf wetness

INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) é cultivada em extensas áreas no Brasil e no mundo. Dentre as doenças que afetam o rendimento da cultura, a ferrugem asiática, causada pelo fungo *Phakopsora pachyrhizi* Sydow & Sydow, pode causar reduções de produtividade em até 70% (DALLA LANA, et al., 2015).

Epidemias severas de ferrugem asiática podem ocorrer quando há falhas no manejo sob condições meteorológicas favoráveis à doença, tais como chuvas frequentes (DEL PONTE; ESKER, 2008). Em decorrência da ausência de cultivares resistentes à ferrugem asiática, seu controle é feito principalmente por meio de pulverizações de fungicidas (SCHERM et al., 2007).

Os programas de manejo com fungicidas tem sido baseados no critério do calendário fixo, os quais são bastante conservadores e não levam em conta as condições ambientais. Estudos epidemiológicos, tanto em ambiente controlado como no campo, tem permitido identificar e quantificar o efeito de variáveis de ambiente, especialmente meteorológicas, no risco de ocorrência e progresso da doença. Assim, modelos matemáticos tem sido incorporados em sistemas de alerta com o objetivo de indicar o momento ideal para se realizar as aplicações de fungicidas para o controle da ferrugem asiática (DEL PONTE et al., 2006; KELLY et al., 2015).

O objetivo do presente trabalho foi adaptar e avaliar o desempenho de dois sistemas de alerta fitossanitário visando ao controle da ferrugem asiática e manutenção da produtividade da soja.

MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em área experimental no campus da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, (ESALQ/USP), no município de Piracicaba, SP (Lat. 22°42’ S, Long. 47°30’ W, Alt.: 546m). O clima local é do tipo Cwa segundo a classificação de Köppen.

A semeadura ocorreu no dia 18 de novembro de 2014, sendo utilizada a cultivar Brasmax Potência RR®. As unidades experimentais apresentaram espaçamento entrelinhas de 0,45 m e população de 270 mil plantas por ha. O delineamento experimental foi de blocos casualizados com quatro repetições.

Os dados meteorológicos foram coletados por uma estação meteorológica automática localizada ao lado da área experimental, a qual era responsável pelo registro da temperatura e umidade relativa do ar (sensor HMP35C, marca Vaisala), precipitação (pluviômetro modelo TR-525M) e duração do período de molhamento foliar (sensores cilíndricos da Weather Innovations), sendo eles acoplados a um DataLogger modelo CR-1000, o qual foi programado para realizar leituras a cada 60 segundos e armazenar médias no intervalo de 15 minutos.

Os tratamentos foram: T1) TEST - Testemunha (sem aplicação); T2) CALEND - cinco aplicações calendarizadas a partir de R1, espaçadas em 14 dias; T3) Sistema PREC_1 - precipitação com limiar 1

O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros

(80% de severidade); T4) Sistema PREC_2 – precipitação com limiar 2 (50% de severidade); T5) Sistema TDPM_1 - temperatura no período de duração de molhamento foliar com limiar 1 (6 lesões cm²); e T6) sistema TDPM_2 - temperatura no período de duração de molhamento foliar com limiar 2 (9 lesões cm²). O fungicida aplicado foi uma mistura de QoI e SDHI (azoxistrobina + benzovindiflupir, 150 gramas por ha).

O sistema de alerta denominado de PREC foi definido pela aplicação de uma equação de predição da severidade da ferrugem asiática, com base no número de eventos e nos acumulados de chuva após a detecção da doença (Del Ponte, et al. 2006). Já o sistema de alerta TDPM proposto por Reis et al. (2004) baseia-se na interação entre a temperatura durante o período em que está ocorrendo o molhamento foliar (T) e a duração do molhamento foliar (M) para definir o número de lesões da ferrugem por cm². As pulverizações para o controle da ferrugem asiática na cultura da soja foram efetuadas com um pulverizador costal pressurizado de CO₂ com barras de aplicação contendo 4 bicos, espaçados em 45 centímetros. A velocidade de aplicação foi de 4,5 km h⁻¹, de modo que o volume de calda do fungicida permanecesse em 200 litros por hectare.

Ao longo do experimento foram realizadas avaliações de severidade da ferrugem asiática, as quais foram integralizadas para a determinação da área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD). A severidade final (%) da doença, em cada tratamento, foi obtida pela última avaliação de severidade.

No dia 26/03/2015 foi realizada a colheita mecanizada, empregando-se uma colhedora de parcelas. Ao final do ciclo foram avaliadas as seguintes variáveis da cultura: produtividade (kg ha⁻¹); e massa de mil grãos (MMG). Tanto para a produtividade como para a MMG os valores obtidos foram corrigidos para o teor de água de 13%. A produtividade e a MCG foram submetidos à análise de variância e à comparação das médias ao nível de 5 % de significância.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No ciclo da cultura, a temperatura média do ar foi de 24,6 °C, a umidade relativa foi de 81 %, e a duração média do período de molhamento foliar foi de 10,7 horas dia⁻¹, condições que se encontram na faixa de favorabilidade para a ocorrência da doença (Del Ponte e Esker, 2008).

A precipitação acumulada em 146 dias foi de 827,7 mm ciclo⁻¹, sendo 41% dos dias com chuvas superiores a 0,1 mm. Analisando a cultura da soja em 21 localidades distribuídas no Brasil, durante as safras 2002/03 a 2004/05, Del Ponte et al. (2006) verificaram que em locais onde os índices pluviométricos registrados foram de 250 a 450 mm a severidade final da doença foi de 70 %. Em contrapartida, localidades em que a chuva registrada manteve-se entre 20 e 125 mm, os níveis de severidade da doença foram inferiores a 30 %.

Dado que as condições meteorológicas foram favoráveis à ocorrência da ferrugem asiática na cultura da soja, os sistemas de alerta fitossanitário PREC_2, TDPM_1 e TDPM_2 indicaram 5 aplicações, se assemelhando ao tratamento CALEND, que também contou com cinco aplicações calendarizadas a partir de R1, espaçadas em 14 dias (Tabela 1).

Tabela 1 - Datas da sequência de pulverização de fungicidas para controle de ferrugem asiática da soja segundo um calendário fixo e dois sistemas de alerta. Piracicaba, SP.

TRAT	Datas																Total de aplicações	
	18	15	22	23	29	8	13	22	31	5	6	13	19	20	27	6		10
	Nov	Dez			Jan			Fev			Mar							
	Sem.	Monit.	R1			R7												
TEST																		0
CALEND						1 ^a	2 ^a	3 ^a					4 ^a	5 ^a				5
PREC_1																		0
PREC_2							1 ^a	2 ^a	3 ^a		4 ^a			5 ^a				5
TDPM_1				1 ^a		2 ^a				3 ^a	4 ^a					5 ^a		5
TDPM_2			1 ^a			2 ^a		3 ^a		4 ^a			5 ^a					5

* o número representa a ordem da pulverização

Analisando a severidade final e a AACPD verifica-se que as aplicações de fungicidas controlaram a doença no campo (Tabela 2). Para os tratamentos com 5 pulverizações verificou-se os menores valores de severidade final e AACPD, ao passo que nos tratamentos TEST e PREC_1 a severidade final chegou a 100 % e 93,4 %, respectivamente, o que demonstra a favorabilidade das condições meteorológicas à doença durante o experimento.

Tabela 2 - Severidade final, área abaixo da curva de progresso da severidade da doença (AACPD) e médias de variáveis de produtividade nos diferentes tratamentos para o controle de ferrugem asiática da soja, Piracicaba, SP.

TRAT	Sev. Final	AACPD	TRAT	Produtividade	Massa de mil Grãos				
					kg ha ⁻¹	Gramas			
TEST	100,0	A	1926,9	A	CALEND	5032,4	a	190,0	a
PREC_1	93,4	A	1361,3	A	PREC_2	4930,6	a	183,0	a
TDPM_1	30,8	B	517,1	B	TDPM_2	4928,3	a	182,5	a
CALEND	29,8	B	373,2	B	TDPM_1	4724,5	ab	178,3	a
PREC_2	24,0	B	345,3	B	PREC_1	3819,5	bc	158,8	b
TDPM_2	20,0	B	267,4	B	TEST	3111,1	c	143,3	c
C.V.	15,5%		21,3 %		C.V.	10,6%		3,9%	

*colunas seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5% significância.

Embora com o mesmo número de aplicações verificou-se diferenças na produtividade e na MMG para os diferentes sistemas de alerta para o controle de ferrugem asiática da soja (Tabela 2). Os tratamentos CALEND, PREC_2, TDPM_2 apresentaram as maiores produtividades, com valores próximos de 5.000 kg ha⁻¹, não diferindo estatisticamente entre si ($p < 0,01$). Os tratamentos PREC_2 E TDPM_2 apresentaram os limiares de aplicação mais conservadores, fato que determinou aplicações de maneira preventiva na área, possibilitando incrementos na produção, comparados aos tratamentos baseados nos sistema de alerta com limiares mais brandos.

O sistema de alerta TDPM_1 apresentou produtividade menor do que nos tratamentos CALEND, PREC_2, TDPM_2, mesmo sendo efetuadas 5 pulverizações, o que pode estar associado ao atraso na terceira aplicação. Nos tratamentos CALEND, PREC_2, TDPM_2, a terceira pulverização ocorreu após



XIX Congresso Brasileiro de Agrometeorologia

23 a 28 de agosto de 2015

Lavras – MG – Brasil

Agrometeorologia no século 21:



O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros

14 a 18 dias, enquanto que no tratamento TDPM_1 essa foi recomendada apenas 28 dias após a segunda (Tabela 1). Considerando que o período de atuação do produto utilizado para o controle da ferrugem é de 14 dias após a aplicação, verifica-se que nas parcelas do tratamento TDPM_1, as plantas ficaram desprotegidas por um período de 14 dias. As menores produtividades foram obtidas em TEST e PREC_1, o que está relacionado ao fato de que em ambos não ocorreram pulverizações.

Analisando a MMG verificou-se que as médias dos tratamentos CALEND, TDPM_1, TDPM_2 e PREC_2 não diferiram estatisticamente entre si ($p < 0,05$). Ao contrário da produtividade em TDPM_1 em que a MMG foi maior, com valor de 183,0 g, o que pode ser explicado pelo maior acúmulo de biomassa em cada grão produzido, visto que a produtividade foi menor. Os valores de MMG nos tratamentos TEST e PREC_1, assim como para a produtividade, foram os menores, o que se deveu ao fato do controle de ferrugem asiática não ter sido realizado nesses casos.

CONCLUSÕES

Os sistemas de alerta, tanto com base somente na chuva ou na combinação de temperatura e molhamento foliar, não reduziram o número de aplicações em relação ao calendário fixo, mantendo similares as produtividades da cultura. Isso se deveu ao fato das condições meteorológicas, ao longo do ciclo da cultura, terem sido amplamente favoráveis à proliferação da doença. Os sistemas apresentados neste estudo devem ser avaliados em outros anos e locais sob condições menos favoráveis à doença para verificar se irão indicar um número reduzido de aplicações, ainda mantendo os níveis de produtividade similares ao calendário fixo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

DALLA LANA, F. et al. Meta-Analysis of the relationship between crop yield and soybean rust severity. **Phytopathology**, v. 105, p. 307-315, 2015.

DEL PONTE E. M.; ESKER P. D. Meteorological factors and Asian Soybean Rust epidemics - a systems approach and implications for risk assessment. **Scientia Agricola**, v. 65, special issue, p. 88-97, 2008.

DEL PONTE, E.M. et al. Predicting severity of Asian soybean rust epidemics with empirical rainfall models. **Phytopathology**, v. 96, p. 797-803, 2006.

DELPONTE, E.M., et al. Models and applications for risk assessment and prediction of Asian soybean rust epidemics. **Fitopatologia Brasileira**, v. 31, p.533-544, 2006.

KELLY, H. M. et al. Decision models for fungicide applications for Soybean Rust. **Plant Health Research**, v. 16, p. 80-83, 2015.

REIS, E.M. et al. Modelo climático para previsão da ferrugem da soja. **Summa Phytopathologica**, v. 30, n. 2, p. 290-292, 2004.

SCHERM, H. et al. Quantitative review of fungicide efficacy trials for managing soybean rust in Brazil. **Crop Protection**, v. 28, p. 774-882, 2009.