

Ferrugem asiática e produtividade da soja sob doses de potássio e fungicida, na safra 2007/08

Asian rust and soybean yield under potassium fertilization and fungicide, in the 2007/08 crop season

Rafael Bonifácio Sabino Doreto¹; Walber Luiz Gavassoni²;
Eulene Francisco da Silva^{3*}; Marlene Estevão Marchetti²;
Lilian Maria Arruda Bacchi²; Fabio Fernando Stefanello¹

Resumo

O potássio é citado como um dos nutrientes que exerce maior influência sobre as doenças de plantas. Assim, objetivou-se com essa pesquisa avaliar o efeito da adubação potássica, sobre a incidência e severidade da ferrugem asiática e produtividade da cultura da soja, na região de Dourados-MS na safra 2007/08, com e sem fungicida. O experimento foi implantado num Latossolo Vermelho Distroférico, cultivado em sistema de semeadura direta sobre palhada de milho. O delineamento experimental utilizado foi em blocos completos casualizados, com seis repetições onde os tratamentos foram alocados em parcelas subdivididas sendo nas parcelas cinco doses de K₂O (0; 40; 80; 120 e 160 kg ha⁻¹) e subparcelas (presença e ausência de aplicação de fungicida azoxistrobina+ciproconazol). Foram avaliadas incidência e severidade da ferrugem asiática, produtividade e a massa de 100 grãos. A aplicação de fungicida foi essencial para redução da incidência e severidade da ferrugem asiática e aumento da produtividade e massa de 100 grãos. Quando não houve aplicação de fungicida, a produtividade foi reduzida em 22%, ou seja, 574,1 kg ha⁻¹. O mesmo ocorreu com a massa de 100 grãos que foi reduzida em 18,6%. A aplicação de fungicida e a dose de 80 kg ha⁻¹ de K₂O foram promissoras em diminuir os efeitos deletérios da ferrugem asiática com relação incidência no terço médio e superior e severidade no terço superior das plantas de soja.

Palavras-chave: *Phakopsora pachyrhizi*, nutrição mineral, adubação

Abstract

Potassium has a major impact on plant diseases. Thus, the objective of this research was to evaluate the effect of potassium fertilization with and without fungicide sprays on asian soybean rust incidence and severity, in Dourados – MS, Brazil, in the 2007/08 cropseason. The experiment was conducted in Oxisol (Typic Haplustox), cultivated on no-tillage system on corn mulching. The experimental design was a randomized complete block with six replications, and treatments arranged in split-plots (plots – five K₂O rates (0; 40; 80; 120 and 160 kg ha⁻¹) using as fertilizer the potassium chloride (KCl) and subplots (presence and absence of fungicide sprays with azoxystrobin+ciproconazole). The incidence and severity of asian soybean rust, yield and 100 grains weight were analyzed. Fungicide application was essential for asian soybean rust control resulting in yield increase as well as weight of 100 grains. Without chemical protection yield was reduced in 22% (574.1 kg ha⁻¹), and the weight of 100 grains decreased 18.6%. The rate of 80 kg ha⁻¹ K₂O associated with fungicide application was promising to reduce the deleterious effects of asian soybean rust considering the incidence in the middle portion and the upper third of the plants and severity in the upper third of the soybean plants.

Key words: *Phakopsora pachyrhizi*, mineral nutrition, fertilization

¹ Discente(s) de mestrado em Produção Vegetal, Faculdade de Ciências Agrárias, FCA, Universidade Federal da Grande Dourados, UFGD, Dourados, MS. E-mail: rbsdoreto@hotmail.com; fabiostefanello@hotmail.com

² Profs. da Faculdade de Ciências Agrárias, FCA/UFGD. E-mail: walbergavassoni@ufgd.edu.br; marlenemarchetti@ufgd.edu.br; lilianbacchi@ufgd.edu.br

³ Prof. do Depto. de Ciências Ambientais e Tecnológicas, Universidade Federal Rural do Semi Árido, DCAT/UFERSA. E-mail: eulenesilva@ufersa.edu.br

* Autor para correspondência

Introdução

Entre os principais fatores que limitam a produtividade, a lucratividade e o sucesso da produção de soja no Brasil estão as doenças, sendo a ferrugem asiática, causada pelo fungo *Phakopsora pachyrhizi* Syd. & P.Syd., uma das mais importantes. Plantas de soja severamente infectadas com essa doença apresentam desfolha precoce, o que compromete a formação, enchimento de vagens e a massa final dos grãos (YORINORI; LAZZAROTTO, 2004). Devido à facilidade de disseminação e a virulência do patógeno e pelo montante de perdas que tem causado, sua epidemia tem atingido níveis que freqüentemente inviabilizam a colheita, causando perdas de até 80% na produtividade da soja (KAWUKI; ADIPALA; TUKAMUHABWA, 2003).

O equilíbrio nutricional da planta pode interferir de modo expressivo na manifestação dos sintomas das doenças de plantas. Dentre os nutrientes, o potássio (K) é citado como um dos que tem maior influência sobre as doenças da soja, e o equilíbrio adequado de K resulta em diminuição do efeito das doenças por diversas razões, dentre as quais citam-se maior rigidez da estrutura dos tecidos, adequado funcionamento de estômatos e maior rapidez na recuperação de tecidos danificados por microrganismos (MARSCHNER, 1995; FAGERIA et al., 2007). Além disso, a deficiência de K prejudica a síntese de compostos de alto peso molecular na célula como proteínas, amido e celulose, e permite a acumulação de açúcares e aminoácidos, o que pode ser fonte nutricional para o ataque do patógeno à planta (FAGERIA et al., 2007).

Resultado promissor tem sido encontrado por autores com uso da adubação potássica no manejo da ferrugem asiática. Em casa de vegetação, Balardin et al. (2006) observaram redução tanto da severidade final como da taxa de progresso da ferrugem com o aumento nos níveis de P e K, para os estádios e cultivares testados, sendo que a influência do K foi mais pronunciada que a do

fósforo. Assim, a adubação potássica poderia ser uma estratégia aditiva, no sentido de reduzir o dano da ferrugem asiática na cultura da soja. Diante disto, objetivou-se com essa pesquisa avaliar o efeito da adubação potássica sobre a incidência e severidade da ferrugem asiática, e produtividade da cultura da soja na região de Dourados-MS na safra 2007/08 com e sem fungicida.

Material e Métodos

O experimento foi implantado durante a safra 2007/2008, no município de Dourados – MS, na Fazenda Experimental da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), nas coordenadas 22° 14' de latitude Sul e 54° 49' de longitude Oeste com altitude de 450 m. O clima da região é do tipo Cwa, de acordo com a classificação de Köppen. A precipitação média anual é de 1500 mm e a temperatura média de 22°C. O solo foi classificado como Latossolo Vermelho Distroférrico.

Foram coletadas amostras de solo antes da implantação do experimento na profundidade de 0 – 20 cm, cujos resultados químicos e físicos analisados segundo metodologia da Embrapa (1997) foram: pH em CaCl₂ = 5,0; M.O. = 37 g dm⁻³; Al⁺³ trocável = 0,0 mmol_c dm⁻³, Ca = 69,2 mmol_c dm⁻³, Mg = 31 mmol_c dm⁻³, H+Al = 58 mmol_c dm⁻³; T = 163,3 mmol_c dm⁻³, V% = 64 ; Areia = 153 g kg⁻¹; Silte = 203 g kg⁻¹; Argila= 644 g kg⁻¹.

O delineamento experimental utilizado foi blocos completos casualizados com seis repetições, sendo os tratamentos arranjados em parcelas subdivididas. Nas parcelas foram colocadas as cinco doses de potássio (0; 40; 80; 120 e 160 kg ha⁻¹ de K₂O) no estádio fenológico V5, aplicado manualmente a lanço sobre a cultura, utilizando como fonte o adubo KCl. As subparcelas consistiram de presença e ausência de aplicação de fungicida, tendo sido feitas três aplicações (aos 51; 66 e 81 dias após a emergência – DAE) da mistura comercial Piori Xtra à base dos fungicidas azoxistrobina+ciproconazol na dose de 0,3 L ha⁻¹ do produto comercial, juntamente com

o óleo mineral Nimbus®, recomendado na dose de 0,5% do volume.

Na semeadura da soja realizada no dia 22/11/2007, no sistema de semeadura direta sobre palhada de milho, foi utilizada a cultivar CODETEC 214 RR, de ciclo precoce, devidamente tratada com fungicidas metalaxil+fludioxonil, (1mL de p.c. kg⁻¹ de semente) e inseticida à base de imidaclopride (2,5 mL de p.c. kg⁻¹ de semente) para controle de doenças e pragas de solo, respectivamente. Após tratamento, as sementes foram inoculadas com inoculante líquido, calculado para se obter 10⁶ células por semente. A semeadora foi regulada para se obter uma população de 350 mil plantas.ha⁻¹. As parcelas tinham 3,15 m de largura por 12,0 m de comprimento, perfazendo 37,8 m² de área total. Na semeadura foram aplicados 490 kg.ha⁻¹ de superfosfato simples.

Analisou-se a incidência e a severidade de ferrugem asiática a partir da detecção de ferrugem na bordadura, coletando-se semanalmente 20 folíolos no terço inferior, 20 no terço médio e 20 no terço superior da planta em cada subparcela. As amostras foram levadas ao Laboratório de Fitopatologia da UFGD, onde se determinou o número de folíolos com presença de ferrugem e calculou-se o percentual de incidência. A severidade foi determinada pela estimativa de área foliar afetada pela doença com uso de escala diagramática proposta por Godoy, Koga e Canteri (2006). Estimou-se a área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) para severidade no terço médio e superior através do modelo proposto por Campbell e Madden (1990).

A análise epidemiológica da incidência foi realizada somente no terço médio das plantas de soja, pois foi o único terço em que procederam cinco épocas de amostragens, as demais não foram possíveis devido à desfolha (terço inferior) e baixa incidência inicial (terço superior). Os dados de intensidade das doenças em proporção (y), originais ou as formas linearizadas dos modelos monomolecular [$y = \ln[1/(1-y)]$], logístico [$y = \ln[y/$

(1-y)]] Gompertz [$y = -\ln[-\ln(y)]$], foram ajustados ao modelo de regressão linear simples, tendo tempo em dias após emergência (DAE) como variável independente (CAMPBELL; MADDEN, 1990). Optou-se pelo modelo Gompertz, pois foi o que teve os melhores ajustes e estimou-se a taxa de progresso da doença (r), determinada pelo parâmetro b da equação de regressão.

A colheita manual foi realizada no dia 28/03/2008, coletando-se as plantas das três linhas centrais da subparcela, perfazendo área útil de 5,4 m². Após a remoção do resíduo, os grãos foram armazenados em sacos de papel em câmara fria, posteriormente pesados e determinados a massa de 100 grãos. Os valores da umidade dos grãos foram corrigidos para 13% base úmida, e a produtividade expressa em kg ha⁻¹.

Os dados de incidência e severidade não seguiram as pressuposições para análise de variância pelo teste F, procedendo-se a transformação por meio de Arc Sen ($\sqrt{x + 1/100}$). Posteriormente, foram submetidos à análise de variância pelo teste F com auxílio do aplicativo computacional SAEG 9.1 (RIBEIRO JÚNIOR, 2001). No caso de incidência e área lesionada pela ferrugem asiática, considerou-se o teste F até 10% de probabilidade por ser um experimento de campo sujeito a alta variabilidade e ter um número de repetições confiáveis. Nas médias qualitativas o teste F foi conclusivo, uma vez que eram duas variáveis (com e sem fungicida) e, as quantitativas (doses de K₂O) submetidas à análise de regressão.

Resultados e Discussão

Incidência de ferrugem asiática da soja em função de fungicida e adubação potássica

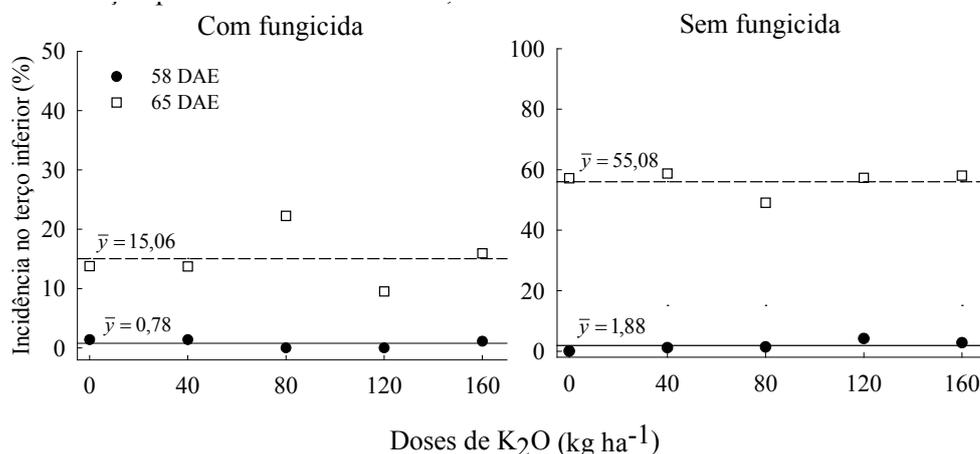
Na safra 2007/08 foram registrados 2.101 focos de ferrugem, dentre os quais, 26% detectados no Estado do Mato Grosso do Sul que apresentou 538 ocorrências. No município de Dourados-MS foram registrados 153 casos a maioria relatada no

estádio fenológico R1 até R5 (CONSÓRCIO ANTI FERRUGEM, 2008). As condições climáticas durante esta safra foram favoráveis para o desenvolvimento da cultura e da ferrugem asiática. A precipitação pluvial ao longo do ciclo da cultura foi considerada 20% acima da média normal. As temperaturas ocorridas entre dezembro/07 a março/08 caracterizaram o período como sendo uma safra de clima quente, onde temperaturas médias diárias de 22°C a 28°C foram constantemente registradas.

A ocorrência de ferrugem asiática neste experimento foi resultado de infecção natural. Os primeiros sintomas da doença foram observados em 16/01/2008 no estágio fenológico (R3), dois dias antes da primeira aplicação dos fungicidas azoxistrobina+ciproconazol (0,3 L ha⁻¹), período em que as condições climáticas eram favoráveis à ocorrência de doenças, como chuvas frequentes e temperaturas em torno de 24°C.

Na terceira semana de avaliação, aos 72 dias após a emergência DAE, notou-se que não havia folhas no terço inferior, em razão da senescência natural. Não foram observadas diferenças estatísticas significativas ($p < 0,10$) com relação ao efeito do K sobre a incidência de ferrugem neste terço das plantas (Figura 1). Apesar da aplicação do fungicida reduzir a incidência da doença no terço inferior, esta só foi significativa na segunda semana de avaliação, aos 65 DAE, com redução da incidência em 73% (Tabela 1). Com objetivo de analisar a influência do estágio fenológico e da idade da folha de soja na infecção por *P. pachyrhizi*, Furtado et al. (2009) observaram que uma vez infectada a planta com o patógeno, a incidência e a severidade da ferrugem asiática aumentam simultaneamente com o ciclo da cultura, como ocorreu neste experimento. Desta forma, na fase reprodutiva da cultura, a maior concentração de esporos propicia maiores taxas de infecção e, conseqüentemente, maior severidade da doença.

Figura 1. Incidência de ferrugem asiática no terço inferior das plantas de soja, aos 58 e 65 dias após a emergência (DAE), com e sem aplicação de fungicida azoxistrobina+ciproconazol, em função da adubação potássica. Dourados-MS, 2009.



Fonte: Elaboração dos autores.

Tabela 1. Incidência de ferrugem asiática (%) nos terços inferior, médio e superior de plantas de soja, com e sem aplicação de fungicida azoxistrobina+ciproconazol, em cada avaliação, após a emergência plantas. Dourados-MS, 2009.

Terço da planta	DAE*	Incidência de ferrugem asiática (%)		CV
		Com fungicida	Sem fungicida	
Inferior	58	0,78 a	1,88 a	11,1
	65	15,06 b	56,05 a	12,1
	58	2,02 b	5,32 a	15,7
	65	5,11 b	55,90 a	7,3
Médio	72	16,27 b	89,58 a	9,7
	79	15,03 b	95,72 a	13,7
	86	26,23 b	98,28 a	7,9
	72	7,61 b	55,54 a	22,5
Superior	79	14,18 b	97,53 a	14,3
	86	6,92 b	94,53 a	13,6
	93	42,58 b	92,04 a	18,2

*DAE = Dias Após a Emergência das plantas. CV- coeficiente de variação dos dados. Médias seguidas pela mesma letra na linha, não diferem entre si pelo teste F ($p < 0,10$).

Fonte: Elaboração dos autores.

A aplicação de fungicida proporcionou uma redução da incidência no terço médio de 38; 91; 82; 84 e 73% aos 58; 65; 72; 79 e 86 DAE, respectivamente (Tabela 1). Observou-se que no terço médio da planta houve maior incidência de ferrugem asiática do que no terço inferior, fato que contraria os resultados obtidos por Furtado et al. (2009), os quais avaliando a incidência e severidade de ferrugem na cultura da soja encontraram maior incidência desta doença no terço inferior seguido do terço médio e superior. Segundo Furtado et al. (2009) a maior suscetibilidade das folhas mais velhas, juntamente com maiores períodos de molhamento proporcionados pelo microclima e menor irradiação nas folhas baixas das plantas de soja podem ser responsáveis pelo desenvolvimento da doença no sentido base-ápice das plantas de soja, em condições de campo. Neste experimento, a maior incidência no terço médio possivelmente ocorreu, pois a ferrugem asiática iniciou tardiamente e, as folhas da parte inferior da planta já estavam em senescência e se desprenderam logo nas duas primeiras semanas de avaliação.

Para análise epidemiológica da ferrugem asiática no terço médio da planta comparou-se diversos modelos linearizados, sendo que, o melhor ajuste

com base no coeficiente de determinação ajustado (R^{2*}) foi para o modelo de Gompertz. A taxa de crescimento da doença (r) indicou que a aplicação de fungicida foi essencial para evitar o progresso da incidência de ferrugem asiática na cultura da soja. Os efeitos da adubação potássica com a presença de fungicida foram muito semelhantes. Independentes das doses de K_2O , os valores de r variaram de 0,03 (80 kg ha^{-1} de K_2O) a 0,05 (sem adição de adubo). No entanto, na ausência do fungicida, observou-se que na dose de 80 kg ha^{-1} de K_2O ($r=0,16$) houve uma redução de 36% no progresso da incidência no terço médio das plantas de soja, em relação à testemunha ($r=0,25$) (Tabela 2).

Nas duas primeiras avaliações aos 58 DAE e 65 DAE não houve incidência de ferrugem asiática no terço superior das plantas de soja, possivelmente pela deposição de fungicida, bem como, devido ao microclima menos favorável, como menor período de molhamento na face superior e morte de uredíniosporos pela exposição aos raios solares (ZAMBENEDETTI et al., 2007). A aplicação de fungicida proporcionou uma redução da incidência da doença neste terço de 86; 85; 92 e 54% aos 72; 79; 86 e 93 DAE, respectivamente (Tabela 1). Com

relação à adubação potássica não houve efeito significativo na ausência de fungicida. Todavia, quando se aplicou o fungicida, as doses de 95 e

78 kg ha⁻¹ de K₂O auxiliaram na diminuição da incidência de ferrugem asiática aos 86 DAE e 93 DAE (ponto de mínimo) (Figura 2).

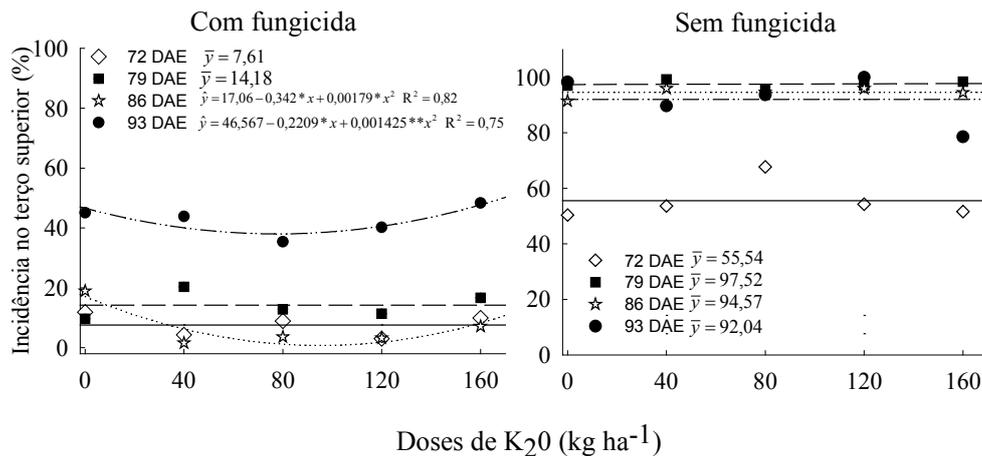
Tabela 2. Resumo da análise de regressão linear, usada no ajuste do modelo epidemiológico de Gompertz, para incidência de ferrugem asiática no terço médio das plantas de soja, sob doses de potássio, com e sem aplicação de fungicida azoxistrobina+ciproconazol. Dourados-MS, 2009.

Dose	Com fungicida					Sem fungicida				
	R ²	R ^{2*}	r	QMR	F ^(d)	R ²	R ^{2*}	r	QMR	F
0 kg ha ⁻¹	0,83	0,83	0,05	0,09	14,29	0,99	0,99	0,21	0,08	277,9
40 kg ha ⁻¹	0,87	0,99	0,05	0,06	20,8	0,90	0,99	0,24	1,00	29,40
80 kg ha ⁻¹	0,74	0,99	0,03	0,13	8,76	0,78	0,99	0,16	1,16	10,49
120 kg ha ⁻¹	0,61	0,99	0,04	0,1	4,75	0,95	0,99	0,35	0,99	59,9
160 kg ha ⁻¹	0,8	0,99	0,04	0,06	12,2	0,78	0,99	0,32	4,79	10,61

R^{2*}= Coeficiente de determinação ajustado; **r** = taxa de aumento da doença; **QMR** = Quadrado Médio do Resíduo; **F** = teste estatístico de Fisher.

Fonte: Elaboração dos autores.

Figura 2. Incidência de ferrugem asiática no terço superior das plantas de soja aos 72; 79; 86 e 93 dias após a emergência (DAE), com e sem aplicação de fungicida azoxistrobina+ciproconazol, em função da adubação potássica. Dourados-MS, 2009.



Fonte: Elaboração dos autores.

A redução da incidência da ferrugem asiática no terço médio e superior das plantas de soja, provavelmente, está relacionada com o papel do K nas diversas funções da planta. Em geral, esse nutriente confere maior resistência aos tecidos, aumenta a espessura das paredes celulares da epiderme e regula o funcionamento dos estômatos,

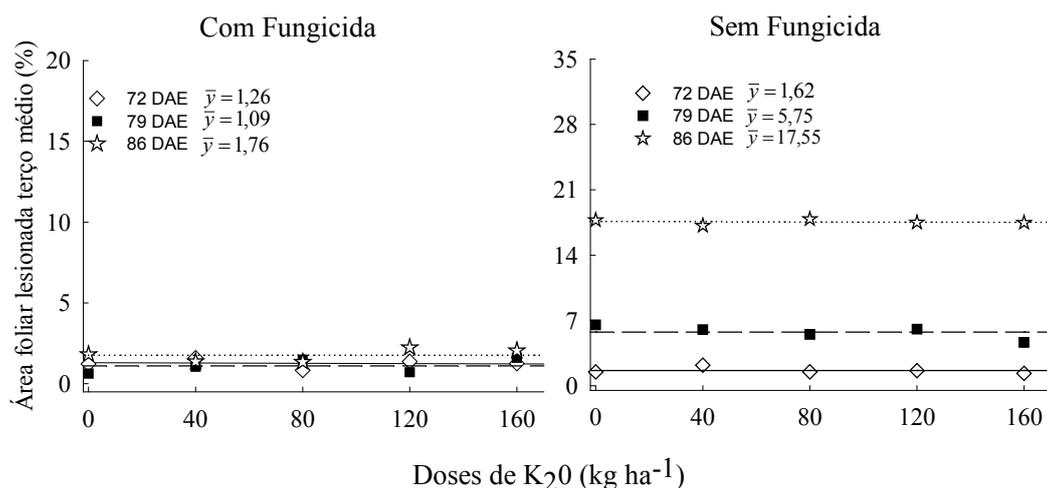
atuando na redução do potencial de inóculo e promovendo rápida recuperação das injúrias (MARSCHNER, 1995). Segundo Perrenoud (1990) o fornecimento equilibrado de K à planta, diminui a incidência de doenças em razão do aumento da resistência à penetração e desenvolvimento de alguns patógenos.

O desequilíbrio de nutrientes no solo pode predispor as plantas à infecção por microrganismos patogênicos; neste experimento observou-se que na ausência do fungicida nas doses muito elevadas de K_2O houve as maiores taxa de crescimento da incidência, $r = 0,35$ e $0,32$ para as doses de 120 e 160 $kg\ ha^{-1}$ de K_2O , respectivamente (Tabela 2). O excesso de adubação potássica pode inibir mais acentuadamente o crescimento das plantas e dispô-las à infecção por patógenos o que pode estar associado ao desbalanço catiônico, em relação ao cálcio e magnésio, além de permitir o acúmulo de açúcares e aminoácidos, o que pode ser fonte nutricional para o ataque do patógeno às plantas (PERRENOUD, 1990; MALAVOLTA, 2006; FAGERIA et al., 2007).

Severidade da ferrugem asiática da soja em função de fungicida e adubação potássica

A severidade da ferrugem asiática, estimada por meio da escala diagramática proposta por Canteri, Godoy e Koga (2006), foi avaliada a partir dos 72 DAE no terço médio e aos 79 DAE no terço superior, em razão da baixa severidade nas semanas anteriores. As doses crescentes de K_2O não apresentaram diferença estatística ($p < 0,05$) sobre a área foliar lesionada no terço médio, e quando se aplicou fungicida, a máxima severidade foi de 1,8% aos 86 DAE (Figura 3).

Figura 3. Área foliar lesionada por ferrugem asiática no terço médio das plantas de soja, aos 72; 79 e 86 dias após a emergência (DAE), com e sem aplicação de fungicida azoxistrobina+ciproconazol, em função da adubação potássica. Dourados-MS, 2009.

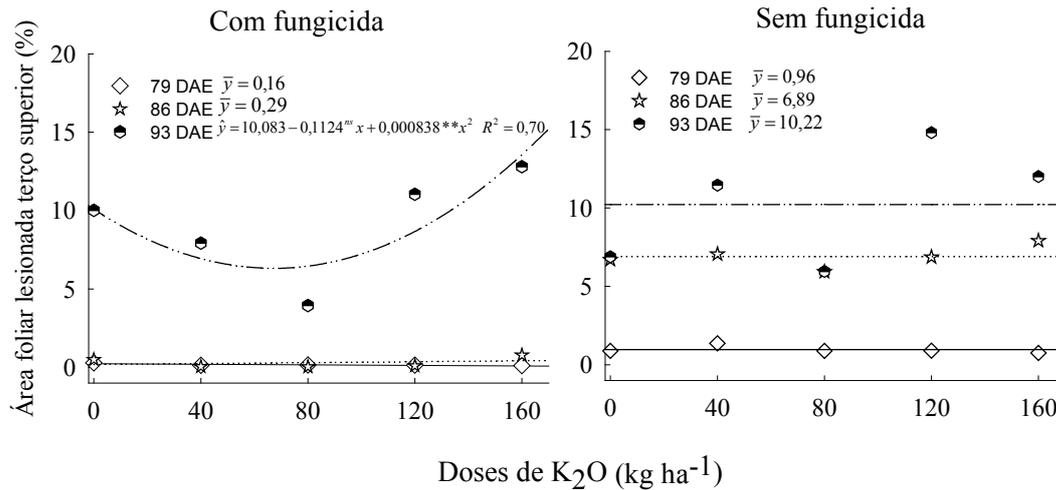


Fonte: Elaboração dos autores.

No terço superior, o efeito da adubação potássica foi mais evidente, principalmente quando associado à aplicação de fungicida. Com a dose de 67 $kg\ ha^{-1}$ de K_2O observou-se decréscimo na área foliar lesionada para 6,31% aos 93 DAE das plantas (Figura 4). Observou-se que neste terço doses maiores de K, 120 e 160 $kg\ ha^{-1}$ de K_2O , contribuíram

para o aumento da severidade em 11% e 13%, respectivamente. O excesso de K é capaz de levar ao desequilíbrio das relações K:Mg e K:Ca, que pode reduzir a formação da lamela média pela falta de Ca, além disso, o excesso de K pode afetar a membrana plasmática, causando vazamento de solutos além de distúrbios na formação de proteínas, no uso do ATP para sínteses em geral (MALAVOLTA, 2006).

Figura 4. Área foliar lesionada por ferrugem asiática no terço superior das plantas de soja, aos 79; 86 e 93 dias após a emergência (DAE), com e sem aplicação de fungicida azoxistrobina+ciproconazol, em função da adubação potássica. Dourados-MS, 2009.



Fonte: Elaboração dos autores.

Analisando a ferrugem na soja, Balardin et al. (2006) observaram que tanto a severidade quanto a taxa de progresso da ferrugem foram reduzidos com o aumento dos níveis de P e K, para os estádios e cultivares testados. Segundo esses autores, a influência do K foi mais pronunciada que a do P, quando observadas à severidade e a taxa de progresso da ferrugem, ambos em baixas quantidades.

Assim como ocorrido com a incidência, a aplicação de fungicida foi essencial reduzindo a

severidade de acordo com as avaliações. No terço médio houve redução na área foliar lesionada pela ferrugem asiática em 22% 81% e 90% pela aplicação de fungicida aos 72 DAE; 79 DAE e 86 DAE, respectivamente (Tabela 3). No terço superior, houve redução na severidade de 83% na quarta avaliação aos, 79 DAE e 96% na quinta avaliação, aos 86 DAE, sendo que na sexta avaliação não houve diferença estatística entre as médias, mediante aplicação de fungicida (Tabela 3).

Tabela 3. Área foliar lesionada pela ferrugem asiática nos terços médio e superior das plantas de soja, com e sem aplicação de fungicida azoxistrobina+ciproconazol, em cada avaliação, após a emergência das plantas. Dourados-MS, 2009.

Terço da planta	DAE	Com fungicida	Sem fungicida	CV*	Média
Médio	72	1,26 b	1,62 a	3,9	1,44
	79	1,10 b	5,75 a	4,5	3,42
	86	1,76 b	17,55 a	3,5	9,65
Superior	79	0,16 b	0,96 a	3,6	0,56
	86	0,29 b	6,89 a	4,3	3,59
	93	11,06 a	10,22 a	6,9	10,64

*CV- coeficiente de variação dos dados transformados por meio de Arc Sen ($\sqrt{x + 1/100}$), submetidos à análise de variância. Médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem significativamente pelo teste F ($p < 0,05$).

Fonte: Elaboração dos autores.

Outra medida de severidade utilizada foi a estimativa da área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD). A área abaixo da curva de progresso da severidade de ferrugem asiática, não foi estatisticamente ($p < 0,05$) afetada pelas doses crescentes de K, sendo influenciada exclusivamente pelo fungicida (Tabela 4). A aplicação de fungicida reduziu a área abaixo da curva de progresso da doença em 12% e 11% no terço médio e superior,

respectivamente. Quando não se aplicou fungicida, na última avaliação não havia mais folhas no terço médio, em razão da desfolha intensa provocada pela alta incidência e severidade da ferrugem asiática na soja. A resposta positiva ao fungicida, concorda com os resultados de Barros et al. (2008) que encontraram significância com uma, duas ou três aplicações do fungicida pyraclostrobin + epoxiconazole.

Tabela 4. Área abaixo da curva de progresso da doença nos terços médio e superior de plantas de soja, com e sem aplicação de fungicida azoxistrobina+ciproconazol. Dourados-MS, 2009.

AACPD	Terço da planta	Com fungicida	Sem fungicida	Média
	Médio	15,41 b	17,60 a	16,50
Superior	15,33 b	17,19 a	16,26	

Médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem significativamente pelo teste F ($p < 0,05$).

Fonte: Elaboração dos autores.

Neste trabalho, o potássio foi promissor na redução da incidência e severidade de ferrugem asiática na cultura da soja, todavia, são necessários mais estudos englobando diversos locais, e com maiores quantidades de cultivares para se enfatizar que a nutrição mineral pode ser uma prática promissora como estratégia no manejo dessa doença.

Produtividade e massa de 100 grãos em função de fungicida e adubação potássica

A adubação potássica associada com a aplicação de fungicida interferiu de modo significativo na produtividade de grãos ($p < 0,05$). Quando não houve aplicação de fungicida, a produtividade foi reduzida em 22%, ou seja, 574 kg ha⁻¹. O mesmo ocorreu com a massa de 100 grãos que reduziu 2,2g; o que corresponde a 18,6% (Tabela 5).

Tabela 5. Produtividade e massa de 100 grãos de soja, em função da aplicação de fungicida zoxytrobina+ciproconazol. Dourados – MS, 2009.

Fungicida	Produtividade (kg ha ⁻¹)	Massa de 100 grãos
Com	2611,74 a	11,85 a
Sem	2037,60 b	9,64 b
Média	2324,67	10,75

Média seguida de mesma letra na coluna não diferente entre si ao nível de 5% de probabilidade.

Fonte: Elaboração dos autores.

Godoy et al. (2009) testaram o fungicida azoxistrobina+ciproconazol nas safras 2005/06 e 2006/07, no município de Londrina-PR, e observaram redução na produtividade no tratamento testemunha, comparativamente ao melhor

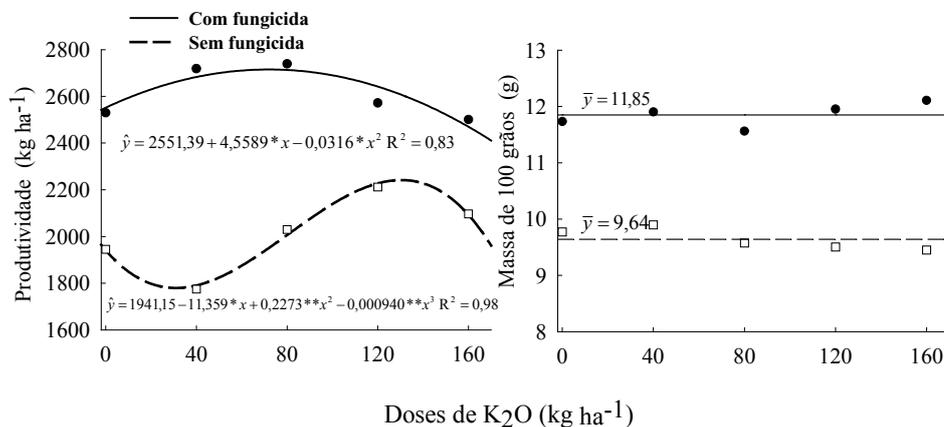
tratamento de 89% e 70%, na primeira e segunda safra, respectivamente. Silva Júnior et al. (2009) obtiveram acréscimos de 13% na massa de 100 grãos e 125% na produtividade com aplicações de pyraclostrobin + epoxiconazole, fungicida que

apresentou menor severidade da doença, aplicados no estádio R1 + R5. Soares et al. (2004) também relataram incrementos de 12% na massa de 100 grãos, com a utilização do mesmo fungicida.

Quando não houve aplicação de fungicida, foi necessária adubação potássica maior que 90 kg ha⁻¹

de K₂O, para obter produtividade acima de 2.100 kg ha⁻¹, e com a aplicação de fungicida, a dose de 72 kg ha⁻¹ de K₂O (Figura 5) foi suficiente para se obter a produtividade máxima de 2.715,8 kg ha⁻¹ de grãos, no entanto, a massa de 100 grãos não foi influenciada de modo significativo pela adubação.

Figura 5. Produtividade e massa de 100 grãos de soja, em função da adubação potássica, com e sem aplicação de fungicida azoxistrobina+ciproconazol. Dourados-MS, 2009.



Fonte: Elaboração dos autores.

Conclusões

Nas condições em que foi realizado o trabalho, conclui-se que:

Independente da adubação potássica a aplicação de fungicida é essencial para redução da incidência e severidade da ferrugem asiática e aumento da produtividade e massa de 100 grãos na cultura da soja.

A dose de 80 kg ha⁻¹ de K₂O aditivamente à pulverização do fungicida é promissora para reduzir a incidência nos terços médio e superior e, severidade da ferrugem asiática no terço superior das plantas de soja.

Agradecimentos

À Capes, pela concessão da bolsa de Pós-Graduação e à Universidade Federal da Grande Dourados, pela oportunidade de desenvolver a pesquisa.

Referências

- BALARDIN, R. S.; DALLAGNOL, L. J.; DIDONÉ, H. T.; NAVARINI, L. Influência do fósforo e do potássio na severidade da ferrugem da soja *Phakopsora pachyrhizi*. *Fitopatologia Brasileira*, Brasília, v. 31, n. 5, p. 462-467, 2006.
- BARROS, H. B.; SEDIYAMA, T.; REIS, M. S.; CECON, P. R. Efeito do número de aplicações de fungicidas no controle da ferrugem asiática da soja. *Acta Scientiarum Agronomy*, Maringá, v. 30, n. 2, p. 239-245, 2008.

- CAMPBELL, C. L.; MADDEN, L. V. Crop loss assessment and modeling. In: CAMPBELL, C. L.; MADDEN, L. V. (Ed.). *Introduction to plant disease epidemiology*. New York: John Wiley & Sons, 1990. p. 393-422.
- CONSÓRCIO ANTIFERRUGEM. *Monitorando a dispersão da ferrugem asiática no Brasil: tabela de custo*. 2008. Disponível em: <<http://www.consorcioantiferrugem.net>>. Acesso em: 27 maio 2009.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). Manual de métodos de análises de solo. 2. ed. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura e do Abastecimento, 1997. 212 p.
- FAGERIA, N. K.; PRABHU, A. S.; HUBER, D. M.; RODRIGUES, F. A. Potassium and plant diseases. In: DATNOFF, L. E.; ELMER, W. H.; HUBER, D. M. (Ed.). *Mineral nutrition and plant disease*. Saint Paul: APS PRESS, 2007. p. 57-78.
- FURTADO, G. Q.; ALVES, S. A. M.; CARNEIRO, L. C.; GODOY, C. V.; MASSOLA JÚNIOR, N. S. Influência do estágio fenológico e da idade dos trifólios de soja na infecção de *Phakopsora pachyrhizi*. *Tropical Plant Pathology*, Brasília, v. 34, n. 2, p. 118-122, 2009.
- 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*, Brasília, v. 34, n. 1, p. 59-61, 2009.
- GODOY, C. V.; KOGA, L. J.; CANTERI, M. G. Diagramatic scale for assessment of soybean rust severity. *Fitopatologia Brasileira*, Brasília, v. 31, n. 1, p. 63-68, 2006.
- KAWUKI, R. S.; ADIPALA, E.; TUKAMUHABWA, P. Yield loss associated with soya bean rust (*Phakopsora pachyrhizi* Syd.) in Uganda. *Journal of Phytopathology*, Berlin, v. 151, n. 1, p. 7-12, 2003.
- MALAVOLTA, E. *Manual de nutrição mineral de plantas*. São Paulo: Ceres. 2006. 638 p.
- MARSCHNER, H. *Mineral nutrition of higher plants*. San Diego: Academic Press, 1995. 889 p.
- PERRENOUD, S. *Potassium and plant health*. 2. ed. Bern: International Potash Institute, 1990. 363 p.
- RIBEIRO JÚNIOR, J. I. *Análises estatísticas no SAEG*. Viçosa: UFV, 2001. 301 p.
- SILVA JÚNIOR, J.; REZENDE, P. M.; CARVALHO, E. A.; ALVES, E.; POZZA, E. A. Efeito de fungicidas sistêmico e protetores aplicados em diferentes estágios fenológicos no controle da ferrugem asiática da soja. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v. 33, n. 3, p. 705-712, 2009.
- SOARES, R. M.; RUBIN, S. A. L.; WIELEWICKI, A. P.; OZELAME, J. G. Fungicidas no controle da ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) e produtividade da soja. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 34, n. 4, p. 1245-1247, 2004.
- YORINORI, J. T.; LAZZAROTTO, J. J. *Situação da ferrugem asiática da soja no Brasil e na América do Sul*. Londrina: Embrapa Soja, 2004. 27 p. (Documentos. Embrapa Soja, 236). Disponível em: <<http://www.cnpsa.embrapa.br/download/alerta/documentos236.pdf>>. Acesso em: 27 maio 2009.
- 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*, Botucatu, v. 33, n. 2, p. 178-181, 2007.

