

# EFEITO DA SEMEADURA EM LINHAS CRUZADAS SOBRE A PRODUTIVIDADE DE GRÃOS E A SEVERIDADE DA FERRUGEM ASIÁTICA DA SOJA

## EFFECT OF SOWING IN CROSSED LINES ON GRAIN YIELD AND THE SEVERITY OF ASIAN SOYBEAN RUST

Sebastião Ferreira de LIMA<sup>1</sup>; Rita de Cássia Felix ALVAREZ<sup>1</sup>;  
Gustavo de Faria THEODORO<sup>1</sup>; Maurício BAVARESCO<sup>2</sup>; Kennedy Salomão SILVA<sup>2</sup>

1. Doutores, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul – UFMS, Chapadão do Sul, MS, Brasil. [sebastiao.lima@ufms.br](mailto:sebastiao.lima@ufms.br); 2. Acadêmicos do curso de agronomia, UFMS, Chapadão do Sul, MS, Brasil.

**RESUMO:** O arranjo espacial de plantas de soja em semeadura em linhas cruzadas pode contribuir para aumentar a produtividade de grãos da cultura, justificando seu estudo experimental. Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi de avaliar a produtividade de grãos e a severidade da ferrugem asiática na cultura da soja submetida a diferentes densidades de semeadura e adubação em linhas convencionais e cruzadas. Os tratamentos consistiram da combinação de três fatores e duas testemunhas adicionais. Para os fatores foram utilizados duas cultivares (Anta 82RR e M7211RR), duas dosagens de adubo de plantio (400 e 800 kg ha<sup>-1</sup>) e duas densidades (15 e 30 sementes por metro) em semeadura cruzada, e os dois tratamentos adicionais foram formados pela semeadura das duas cultivares em linhas não cruzadas. O delineamento experimental utilizado foi um fatorial 2 x 2 x 2 + 2, distribuídos em blocos completos casualizados com quatro repetições. A soja em linhas cruzadas apresentou maior produtividade de grãos, sendo a cultivar M7211RR superior nos dois sistemas de semeadura. A semeadura de soja cruzada é indicada com a cultivar M7211RR com 15 sementes por metro e 400 kg ha<sup>-1</sup> de adubo. A severidade da ferrugem asiática foi maior em semeadura cruzada para as duas cultivares. Em ambos os sistemas de semeadura, a severidade foi maior nos folíolos da metade inferior das plantas da cultivar Anta 82RR. O aumento do número de sementes por metro linear, no sistema de semeadura em linhas cruzadas, reduziu a severidade da doença apenas para a cultivar M7211RR.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Glycine max*. Densidade de semeadura. *Phakopsora pachyrhizi*.

### INTRODUÇÃO

Vários estudos já foram realizados com a cultura da soja (*Glycine max*) em relação à densidade de semeadura, definindo aquelas que melhor se ajustam para determinadas cultivares, no entanto, o arranjo espacial das plantas na área, em sistema de semeadura cruzada ainda não foi estudado experimentalmente. Na prática, observa-se muito este tipo de semeadura nas margens de áreas de plantio, como uma forma compensatória, mas são realizadas empiricamente.

A semeadura cruzada consiste na distribuição de sementes em linhas paralelas, como é realizada convencionalmente na soja, seguida de nova distribuição de grãos sobre a mesma área, com as novas linhas formando ângulos de 90° em relação às anteriores, ou seja, formando um gride de linhas sobre a área de cultivo. Dessa forma, seguindo uma recomendação usual para esta cultura, ocorre uma duplicação do número de sementes por hectare, da quantidade de adubo aplicado e do uso da máquina.

Um indicativo do potencial de aumento da produtividade com o uso da semeadura da soja em linhas cruzadas pôde ser verificado na safra 2009/2010, em que o produtor vencedor do desafio

nacional do Cesb (Comitê estratégico soja Brasil) alcançou a marca de 108,4 sacas de soja por hectare no Paraná, utilizando a semeadura da soja em linhas cruzadas, técnicas de manejo adequadas e contando com condições climáticas ideais (CULTIVAR, 2010).

As condições do meio aonde as plantas irão se desenvolver são fundamentais para maximizar a expressão do potencial produtivo das cultivares. Assim, alterações relacionadas com a população de plantas podem reduzir ou aumentar os ganhos em produtividade, pois essa característica é consequência da densidade das plantas nas linhas e do seu espaçamento entre as linhas. Quando as plantas estão distribuídas uniformemente na área, a população de plantas é o fator que menos influencia a produtividade de grãos (ENDRES, 1996). Dessa forma, segundo Egli (1994), para se obter maior produtividade de grãos e adaptação à colheita mecanizada, o espaçamento entre as linhas e a densidade de plantas nas linhas podem ser manipulados, com a finalidade de estabelecer o arranjo espacial mais adequado.

Testando variações no espaçamento entre linhas e diferentes densidades de plantas, Tourino et al. (2002) verificaram que a produtividade da soja

umenta com a redução do espaçamento entre linhas aliado à redução da densidade de plantas nas linhas. O espaçamento de 45 cm com a densidade de 10 plantas  $m^{-1}$  proporcionaram melhor distribuição das plantas na área. Nas menores densidades, as plantas são mais baixas, acamam menos, e apresentam maior porcentagem de sobrevivência.

Em um estudo com época de semeadura e densidade populacional (10, 12 e 14 plantas  $m^{-1}$ ) em seis linhagens de soja desenvolvidas pelo Programa de Melhoramento da soja da Universidade Federal de Uberlândia UFU e quatro cultivares comerciais (Chapadões, Luziânia, Msoy 8411 e Msoy 8914), Freitas et al. (2010) verificaram que a densidade não influenciou a produtividade de grãos dos genótipos avaliados.

Informações sobre o comportamento da soja em semeadura cruzada ainda não estão disponíveis na literatura, mas são fundamentais quando se almeja essa forma de cultivo, uma vez que além de alterar a densidade de semeadura ocorre também uma mudança intensa no arranjo das plantas na área.

A soja semeada em linhas convencionais, ou seja, não cruzadas, já está sujeita ao ataque de diversos patógenos. O maior adensamento da cultura, em semeadura cruzada, estabelece um microclima diferenciado que pode favorecer o estabelecimento de alguns destes patógenos.

A ferrugem asiática, causada por *Phakopsora pachyrhizi*, é considerada a principal doença da soja por acarretar, em condições favoráveis, perdas de 80 a 90% de rendimento de grãos (ALMEIDA et al., 2005).

O controle da ferrugem asiática da soja está baseado no uso integrado de práticas culturais, aliadas ao manejo de fungicidas, principalmente para que se evite o surgimento de populações do patógeno menos sensíveis aos fungicidas existentes e proporcione a durabilidade de genes de resistência no hospedeiro (JULIATTI et al., 2010; WALKER et al., 2011). Práticas culturais, neste contexto, tornam-se importantes aliados na busca do controle da ferrugem asiática da soja.

Embora seja uma prática adotada por alguns produtores recentemente no Brasil, não existem informações sobre a influência da semeadura cruzada nos componentes de produção, rendimento de grãos e severidade da ferrugem asiática da soja.

Deste modo, o objetivo deste trabalho foi avaliar a produtividade de grãos e a severidade da ferrugem asiática na cultura da soja submetida a diferentes densidades de semeadura e adubação de plantio, em linhas de semeadura convencionais e cruzadas.

## MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido no município de Chapadão do Sul - MS, em área experimental da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul – Campus de Chapadão do Sul, localizada nas coordenadas 18° 46'17,8'' de latitude sul, 52° 37'27,7'' de longitude oeste e com altitude de 813 m. O solo da área foi classificado como Latossolo Vermelho Distrófico argiloso.

Os tratamentos consistiram na combinação do uso de duas cultivares de soja, duas dosagens de adubo de plantio e duas densidades de semeadura, com mais dois tratamentos adicionais. Foram usadas as cultivares FMT Anta 82RR e Monsoy M7211RR. A adubação foi baseada na análise de solo, sendo recomendado, para linhas em semeadura não cruzadas, 800 kg  $ha^{-1}$  de uma mistura de adubo que fornece 150 e 100 kg  $ha^{-1}$  de fósforo e potássio, respectivamente. Utilizou-se como fonte de fósforo o superfosfato simples e como fonte de potássio o cloreto de potássio. Foram semeadas 30 sementes por metro para as duas cultivares. O fator adubação de plantio foi constituído por: A1 - adubação completa, por área; A2 - o dobro da recomendação de adubação por área. As doses utilizadas foram de 400 kg  $ha^{-1}$  (A1) e 800 kg  $ha^{-1}$  (A2). Para as densidades de sementes foram utilizados: D1 – 15 sementes de soja por metro de linha, para atingir a densidade de semeadura recomendada para a cultivar por área, em linhas cruzadas; D2 – 30 sementes de soja por metro de linha, atingindo o dobro da quantidade recomendada por área, em linhas cruzadas. Os tratamentos adicionais foram formados pela semeadura das duas cultivares na densidade de semeadura e adubação recomendadas para as mesmas em linhas não cruzadas, que foram 30 sementes de soja por metro de linha e 800 kg  $ha^{-1}$  da mistura de adubo.

O experimento foi composto por um fatorial 2 x 2 x 2 + 2 tratamentos adicionais, distribuídos em blocos completos casualizados com quatro repetições, totalizando 40 parcelas. As parcelas dos tratamentos em esquema fatorial foram compostas por sete linhas de soja espaçadas de 0,45 m entre si e com onze metros de comprimento. As parcelas dos tratamentos adicionais foram formadas por 10 linhas com onze metros de comprimento e 0,45 m entre si. A área útil para a soja semeada em linhas simples foi contabilizada em três linhas da parcela, com cinco metros de comprimento, totalizando 6,75  $m^2$ . Para a semeadura cruzada a área útil foi de 5,06  $m^2$ .

O experimento foi instalado no período das águas, em 09 de dezembro de 2010, em área de

plântio direto com cobertura predominantemente de nabo forrageiro, sendo dessecada com oito dias de antecedência ao plântio, utilizando-se os produtos glifosato + 2,4-D. A semeadura foi feita com uma semeadora de cinco linhas. Os tratos culturais compreenderam uma aplicação de herbicida (Glifosato – 0,96 kg ha<sup>-1</sup>) para controle da matocompetição, duas aplicações de inseticidas (Alfacipermetrina – 11,25 g ha<sup>-1</sup> + Teflubenzuron – 11,25 g ha<sup>-1</sup>) para controle de pragas e duas aplicações de fungicidas com foco principal na ferrugem asiática. Este último controle foi realizado com duas aplicações de fungicida composto pela mistura de piraclostrobina + epoxiconazole (25 + 66,5 g ha<sup>-1</sup>). A primeira aplicação ocorreu no momento da primeira constatação da doença, em estágio fenológico R5,5 (YORINORI, 1996) e, a segunda, após 20 dias da primeira aplicação, por meio de pulverizador de barras, tratorizado, usando volume de calda de 200 L ha<sup>-1</sup>.

Para determinação da altura de planta, foram avaliadas 10 plantas ao acaso na área útil das parcelas, representada pela distância do colo até o último nó da haste principal, expressa em centímetros. O número de vagens por planta foi avaliado por ocasião da maturação em estágio fenológico R8 (FEHR; CAVINESS, 1977), contando-se o número de vagens presentes nas mesmas 10 plantas amostradas aleatoriamente na área útil de cada parcela. O número de grãos por vagem foi avaliado por ocasião da maturação, em estágio fenológico R8 (FEHR; CAVINESS, 1977), contando-se o número de grãos presentes nas mesmas 10 plantas amostradas aleatoriamente na área útil de cada parcela. A densidade final foi avaliada contando-se todas as plantas na área útil da parcela e os resultados expressos em número de plantas por hectare.

As plantas foram colhidas manualmente, cinco a oito dias após o estágio de desenvolvimento R8 (FEHR; CAVINESS, 1977), ou seja, quando 95% das vagens apresentavam a coloração típica de vagem madura. Após a colheita das plantas, as sementes foram debulhadas das vagens em máquina trilhadora estacionária, limpas com o auxílio de peneiras, secas em condições naturais e acondicionadas em sacos de papel kraft. Partindo-se do rendimento de sementes das parcelas, foram calculadas as produtividades em kg ha<sup>-1</sup>.

Para o cálculo da produtividade, o grau de umidade das sementes, determinado por meio do método de estufa a 105 ± 3°C (BRASIL, 2009), foi corrigido para 13%. Em seguida, foi determinada a massa de cem sementes, por meio da pesagem de quatro subamostras de 100 sementes, para cada

repetição de campo, com o auxílio de balança analítica com precisão de um miligrama.

Pela ocorrência de intensa precipitação pluviométrica durante a condução deste experimento, a ferrugem asiática da soja foi avaliada apenas em 11.03.2011 em estágio R 5,5 (YORINORI, 1996), em vinte plantas por parcela experimental. Em cada planta, foram amostrados casualmente três folíolos localizados na parte superior e outros três na parte inferior da mesma. Foi empregada a escala diagramática com seis níveis de severidade, proposta por Godoy et al. (2006).

As médias de severidade obtidas em cada metade das plantas foram transformadas conforme adaptação da metodologia empregada por Madalosso et al. (2010):  $X = (X_0 * 0,35) + (X_1 * 0,65)$ , onde: X = severidade/folíolos/planta; X<sub>0</sub> = severidade média na metade inferior; X<sub>1</sub> = severidade média na metade superior.

Todos os dados foram submetidos à análise de variância conforme o delineamento descrito. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, utilizando-se o programa estatístico Assistat (SILVA E AZEVEDO, 2009).

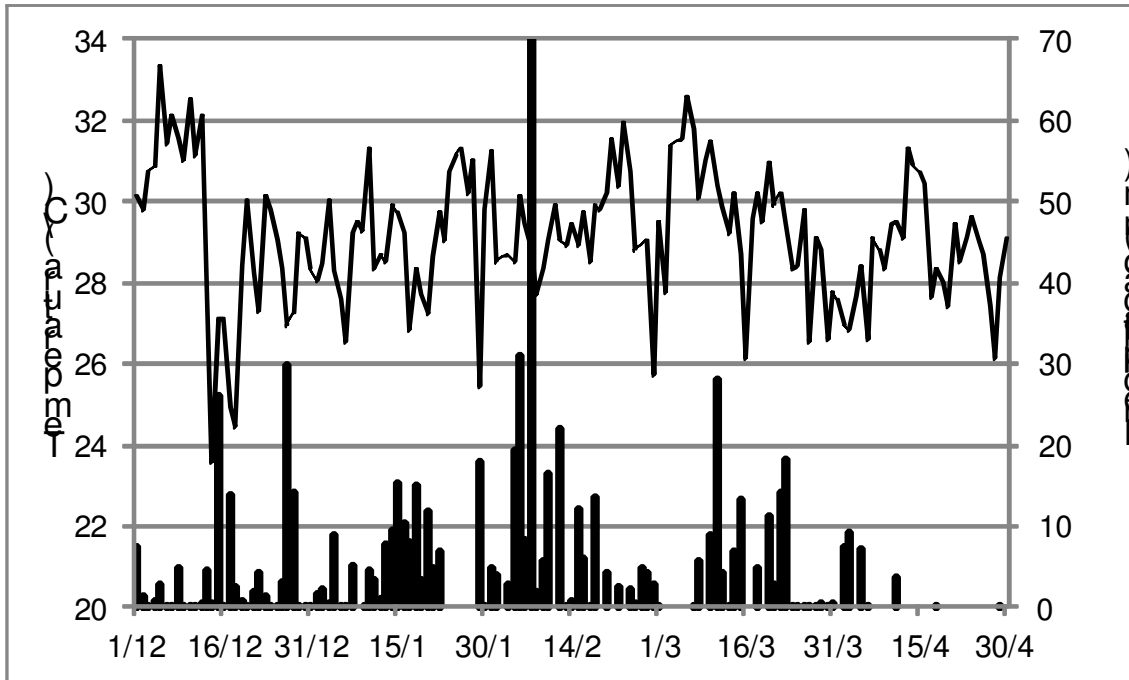
## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados de precipitação pluvial e temperatura média, referentes ao período de duração do experimento, safra 2010/2011, foram coletados diariamente da estação meteorológica do INMET de Chapadão do Sul, MS (Figura 1).

Quando se compara a semeadura da soja em linhas cruzadas e linhas não cruzadas (Tabela 1), observa-se que todas as características, exceto massa de cem grãos, apresentaram diferença estatística. As características altura e população de plantas foram superiores para soja cruzada, entretanto, o número de vagens por planta e o número de grãos por vagem foram maiores para soja não cruzada, ou seja, a alta densidade de plantas por hectare e maior altura de plantas, não foram suficientes para manter o número de vagens e grãos por vagem, pelo menos igual a semeadura não cruzada. Dessa forma, a maior população de plantas foi decisivo para a maior produtividade de grãos da semeadura cruzada, mas superando a produção na semeadura não cruzada em apenas 4,8 sacos de 60 kg. Esses resultados são indicativos de que é possível aumentar a produtividade da cultura com o manejo de densidade em linhas cruzadas, já que muitos outros fatores ainda podem ser testados no sistema.

Na semeadura apenas em linhas não cruzadas, a cultivar M7211RR foi superior a cultivar Anta 82RR em 4,7 sacos por hectare para

produtividade, ficando abaixo apenas para as características população de plantas por hectare e número de grãos por vagem.



**Figura 1.** Dados climáticos diários de precipitação pluvial (■) e temperatura média (—) no ano agrícola 2010/2011, em Chapadão do Sul, MS.

**Tabela 1.** Resposta de duas cultivares de soja semeadas em linhas cruzadas (SC) e não cruzadas (SNC). Chapadão do Sul-MS, 2011

Sistemas de semeadura e cultivares	Características avaliadas <sup>(1)</sup>						
	ALT	POP	NVP	NGV	MCG	PROD	PRODI
Soja cruzada (SC)	77,9 a	705,4 a	21,3 b	2,3 b	11,7 a	3346,1 a	55,8 a
Soja não cruzada (SNC)	69,2 b	324,4 b	39,1 a	2,6 a	11,5 a	3058,6 b	51,0 b
Anta 82RR (SNC)	63,7 b	401,4 a	27,8 b	2,7 a	10,5 b	2915,3 b	48,6 b
M7211RR (SNC)	74,7 a	207,0 b	50,3 a	2,5 b	12,5 a	3201,9 a	53,4 a

<sup>(1)</sup>Características avaliadas: ALT = altura de planta; POP = população de plantas ha<sup>-1</sup>; NVP = número de vagens por planta; NGV = número de grãos por vagem; MCG = massa de cem grãos; PROD = produtividade de grãos kg ha<sup>-1</sup>; PRODI = produtividade de soja em saco ha<sup>-1</sup>. Médias seguidas das mesmas letras, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Todos os fatores estudados em semeadura cruzada (cultivares, adubação e densidade) apresentaram diferença significativa quando avaliados isoladamente em comparação aos seus níveis, exceto a altura e a produtividade dentro do fator adubação e número de vagens por planta dentro do fator densidade (Tabela 2).

Ainda na tabela 2, verifica-se que a cultivar Anta 82RR apresentou maior população de plantas e número de grãos por vagem, mas não foi suficiente para refletir na produtividade. Dessa forma, a cultivar M7211RR, que atingiu maior altura de plantas, número de vagens por planta e massa de cem grãos, obtendo um rendimento de grãos 12% superior a cultivar Anta 82RR, correspondendo a

6,9 sacos de grãos a mais por hectare.

Para o fator adubação (Tabela 2), deve-se considerar que 400 kg ha<sup>-1</sup> constitui a quantidade indicada por área, mas metade da dose recomendada para a população, por tratar-se da semeadura cruzada. Para 800 kg ha<sup>-1</sup>, a adubação é adequada para a população, entretanto, constitui o dobro do esperado para a área. Foi verificado que a maior dose de adubo resultou em maior população de plantas, maior número de grãos por vagem e massa de cem grãos, entretanto, não proporcionou aumento do rendimento da cultura. A menor dose de adubo propiciou apenas maior número de vagens por planta. Constatou-se que a maior dose de adubo por hectare contribuiu com uma produtividade de 1,9

sacos de grãos a mais do que a dose de 400 kg ha<sup>-1</sup>, embora não tenha se mostrado diferente estatisticamente. Isto indica que o aumento da adubação por área, não é recomendado nessas condições, uma vez que culmina em maior custo

devido ao uso do dobro da quantidade de adubo e da mão-de-obra e deslocamento de máquinas para o abastecimento das caixas de adubação da semeadora.

**Tabela 2.** Resposta da soja aos efeitos de cultivar, adubação e densidade em semeadura cruzada. Chapadão do Sul-MS, 2011

Fatores	Níveis	ALT <sup>(1)</sup>	POP <sup>(2)</sup>	NVP <sup>(3)</sup>	NGV <sup>(4)</sup>	MCG <sup>(5)</sup>	PROD <sup>(6)</sup>
		(cm)	(x 1000)			g	(kg ha <sup>-1</sup> )
Cultivar	Anta 82RR	69,8 b	746,7 a	18,5 b	2,5 a	10,5 b	3139,4 b
	M7211RR	86,1 a	664,2 b	24,0 a	2,1 b	12,9 a	3552,8 a
Adubação de plantio	400 kg ha <sup>-1</sup>	77,2 a	663,0 b	22,2 a	2,4 b	11,8 b	3402,4 a
	800 kg ha <sup>-1</sup>	78,6 a	747,9 a	20,3 b	2,3 a	11,6 a	3289,8 a
Densidade de grãos	15	76,3 b	573,9 b	21,8 a	2,4 a	11,6 b	3422,6 a
	30	79,5 a	837,0 a	20,7 a	2,3 b	11,7 a	3269,6 b
CV	(%)	2,8	5,6	8,2	3,1	4,1	5,8

<sup>(1)</sup>ALT = altura de planta; <sup>(2)</sup>POP = população de plantas ha<sup>-1</sup>; <sup>(3)</sup>NVP = número de vagens por planta; <sup>(4)</sup>NGV = número de grãos por vagem; <sup>(5)</sup>MCG = massa de cem grãos; <sup>(6)</sup>PROD = produtividade de grãos kg ha<sup>-1</sup>. Médias seguidas das mesmas letras, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Em relação à densidade (Tabela 2), observa-se que o uso de 30 sementes por metro de linha proporcionou maior altura de plantas, maior população final de plantas, maior massa de cem grãos e maior acúmulo de massa seca de plantas, entretanto não resultou em maior produtividade, uma vez que o uso de 15 sementes por metro de linha propiciou uma produtividade 4,5% (3 sacos de grãos) superior. Freitas et al. (2010) e Luca e Hungria (2010), também verificaram que o aumento da densidade de semeadura não proporcionou maiores rendimentos para a cultura da soja, entretanto, essa constatação foi feita somente para a semeadura em linhas não cruzadas. Da mesma forma, Tourino et al. (2002) constataram que a redução do espaçamento entre linhas e da densidade de sementes na linha proporcionaram maior produtividade para a cultura da soja semeada em linhas não cruzadas. Por outro lado, neste experimento, como a maior densidade propiciou maior população e altura de plantas, a massa seca acumulada foi 35% superior. A população final de plantas foi maior para a maior densidade de semeadura, como era esperado, entretanto, a redução na população observada em comparação a população esperada foi 37% superior na semeadura de 30 sementes por metro de linha. De toda forma, a maior densidade de semeadura não deve ser indicada nessa situação, porque embora gere maior acúmulo de massa seca, isso não se traduz em produtividade de grãos, além do que, resulta em maiores custos de sementes e de abastecimento da semeadora.

Na Tabela 3, observa-se que todas as características avaliadas apresentaram algum tipo de interação entre os fatores Cultivar, Adubação e Densidade. Para acúmulo de massa seca, ocorreu interação apenas da cultivar x densidade, obtendo-se o máximo de massa seca com a cultivar M7211RR na densidade de 30 sementes por metro de linha.

Para produtividade, as interações cultivar x densidade e adubação x densidade foram significativas. Para a interação cultivar x densidade, o maior rendimento de grãos foi obtido com a cultivar M7211RR, indiferente da densidade de semeadura. Para a interação adubação x densidade, observa-se que na densidade de 15 sementes por metro, obtêm-se maior rendimento com adubação de 800 kg ha<sup>-1</sup> de adubo, já na densidade de 30 sementes por metro, obtêm-se maior rendimento com a adubação de 400 kg ha<sup>-1</sup> de adubo.

Os resultados referentes ao efeito do sistema de semeadura cruzada em soja e a severidade da ferrugem asiática encontram-se nas Tabelas 4 a 7. Analisando-se as médias da severidade da doença, transformadas pela conferência de pesos em função da região da planta avaliada, verificou-se significância entre o número de sementes por metro linear e as interações entre número de sementes por metro linear x cultivar e os tratamentos em esquema fatorial com os adicionais. A análise da severidade da doença sem a modificação sugerida por Madalosso et al. (2010), apenas não mostrou significância entre as doses de fertilizante e na interações genótipo e número de sementes por metro linear.

**Tabela 3.** Resposta da soja aos efeitos de cultivar, adubação e densidade em interações em semeadura cruzada. Chapadão do Sul-MS, 2011

Carac. <sup>(1)</sup>	F1 X F2			F1 X F3			F2 X F3		
	F1	F2		F1	F3		F2	F3	
		800	400		30	15		30	15
ALT	C1	70,2	69,4	C1	71,7	67,9	800	76,2 bB	81,1 aA
	C2	87,1	85,1	C2	87,4	84,7	400	82,9 aA	71,6 bB
POP	C1	727,6 bB	765,8 aA	C1	878,7	614,8	800	912,1 aA	583,7 aB
	C2	768,2 aA	560,1 bB	C2	795,4	533,0	400	761,9 bA	564,0 aB
NVP	C1	19,0 bA	17,9 bA	C1	18,5	18,5	800	17,4 bB	23,2 aA
	C2	21,6 aB	26,5 aA	C2	23,0	25,1	400	24,1 aA	20,3 bB
NGV	C1	2,5	2,5	C1	2,5	2,5	800	2,2 aB	2,4 aA
	C2	2,2	2,1	C2	2,1	2,2	400	2,3	2,3 bB
MCG	C1	10,3	10,6	C1	10,9 bA	10,1 bB	800	11,5	11,7
	C2	12,8	13,0	C2	12,6 aB	13,2 aA	400	12,0	11,6
PROD	C1	3031,5	3247,2	C1	2965,5 bB	3313,2 bA	800	3032,4	3547,2 aA
	C2	3548,1	3557,5	C2	3573,6 aA	3531,9 aA	400	3506,7	3298,0 bB

<sup>(1)</sup>Características avaliadas na soja, onde: ALT = altura de planta; POP = população de plantas ha<sup>-1</sup>; NVP = número de vagens por planta; NGV = número de grãos por vagem; MCG = massa de cem grãos; PROD = rendimento de grãos kg ha<sup>-1</sup>; F1 = cultivares; F2 = adubação e F3 = densidade de semeadura. Médias seguidas de mesmas letras minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, ou sem letras, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

**Tabela 4.** Severidade da ferrugem asiática, estratificada em regiões da planta de soja, em função da interação entre número de sementes m<sup>-1</sup>, cultivares de soja, dose de adubo e região de avaliação dos sintomas, em soja cultivada em linhas cruzadas. Chapadão do Sul-MS, 2011

Cultivares	Região da planta	
	Superior	Inferior
Anta 82RR	63,89 aB	74,62 aA
M7211RR	60,90 aB	65,29 bA
Densidade (sementes m <sup>-1</sup> )		
15	67,52 aA	68,15 aA
30	57,27 bB	71,77 aA
Dose de adubo kg ha <sup>-1</sup>		
400	63,55 aB	67,41 aA
800	61,23 aB	72,51 bA
CV (%)	7,83	

\* Médias seguidas de letras distintas minúsculas na coluna e maiúsculas na linha diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

**Tabela 5.** Severidade da ferrugem asiática em plantas de soja cultivadas em linhas não cruzadas ou cruzadas, com uso de 30 sementes por metro linear e 400 kg de adubo ha<sup>-1</sup>. Chapadão do Sul-MS, 2011

Cultivares	Linhas	Severidade média/planta	Região da planta	Severidade estratificada
M7211RR	Não cruzadas	51,87	Superior	33,67
			Inferior	70,08
	Cruzadas	61,80	Superior	54,46
			Inferior	69,14
Anta 82RR	Não cruzadas	60,22	Superior	48,33
			Inferior	72,11
	Cruzadas	69,52	Superior	62,82
			Inferior	76,22

**Tabela 6.** Interação entre esses fatores (densidade e cultivares) nos dados transformados de severidade\* da ferrugem asiática, em soja semeada em linhas cruzadas. Chapadão do Sul-MS, 2011

Cultivares	Número de sementes por metro linear	
	15	30
Anta 82RR	45.91 aA	43.13 aA
M7211RR	46.65 aA	36.33 bB
CV (%)	11,21	

\* Severidade/folíolos/planta = (severidade média na metade inferior\*0,35) + (severidade média na metade superior\*0,65). Médias seguidas de letras distintas minúsculas na coluna e maiúsculas na linha diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

**Tabela 7.** Severidade média da ferrugem asiática por planta, em função da interação entre número de sementes por metro linear, cultivares e doses de adubo, em soja semeada em linhas cruzadas. Chapadão do Sul-MS, 2011

Cultivares	Dose de adubo (kg ha <sup>-1</sup> )	
	400	800
Anta 82RR	71,04 aA	67,47 aA
M7211RR	59,92 bA	66,28 aB
Densidade (sementes m <sup>-1</sup> )		
15	65,30 aA	70,37 aA
30	65,66 aA	63,37 bA
CV (%)	7,83	

\* Médias seguidas de letras distintas minúsculas na coluna e maiúsculas na linha diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Constatou-se que a severidade da ferrugem asiática foi significativamente superior em plantas cultivadas em linhas cruzadas do que em linhas paralelas. A severidade nas plantas cultivadas com 30 sementes por metro linear, com 400 kg de adubo por hectare, foi em torno de 15 (Anta 82RR) e 19 % (M7211RR) superior no sistema de semeadura cruzada em relação ao sistema convencional (Tabela 5). Pode-se notar que o aumento na severidade ocorreu devido ao incremento de tecidos infectados apenas na parte inferior das plantas FMT Anta 82 RR, cultivadas em linhas cruzadas (Tabela 4). Verificou-se que houve maior severidade da ferrugem asiática da soja nos folíolos localizados na parte inferior das plantas, independentemente do genótipo e sistema de produção (Tabelas 4 e 5).

Estas informações estão em concordância com Madalosso et al. (2010), ao avaliar a resposta de cultivares de soja, submetidas a diferentes espaçamentos entrelinhas e programas de controle sob pressão natural de *Phakopsora pachyrhizi*, durante as safras 07/08 e 08/09. A redução do espaçamento entrelinhas e o sombreamento criado por esta prática permitiu melhores condições para o estabelecimento e progresso da ferrugem asiática para as duas cultivares e menor eficácia de controle. Segundo Dias et al. (2011), a ferrugem asiática da soja ocorre preferencialmente no dossel inferior ou em áreas sombreadas na lavoura de soja provavelmente porque a luz solar é um elicitador de

processos fisiológicos de resistência, como o acúmulo de fitoalexinas, principalmente em cultivares com algum nível de resistência à *Phakopsora pachyrhizi*.

Houve diferença significativa entre as médias de severidade em função da cultivar empregada, uma vez que o mais suscetível à doença foi o FMT Anta 82 RR (Tabela 6). Observando-se a severidade estratificada nas regiões das plantas avaliadas, percebe-se que a diferença entre as cultivares ocorreu apenas na metade inferior das plantas (Tabela 7).

Observou-se que, no sistema de semeadura em linhas cruzadas, o aumento do número de sementes por metro linear reduziu a severidade da doença apenas na cultivar M7211RR (Tabela 6). Porém, não houve influência significativa nos valores médios de severidade, não transformada, com a mudança do número de sementes por metro linear (Tabela 7). Por outro lado, houve interação entre o uso de menor número de sementes e a maior dose do fertilizante. A análise dos dados estratificados (Tabela 4) indicou a ocorrência de maior severidade da ferrugem asiática da soja apenas na metade superior das plantas quando ocorreu o seu cultivo com uma menor população de plantas. Isto provavelmente explica a diferença dos resultados obtidos quando as médias são transformadas pela fórmula de Madalosso et al. (2010), pois confere menor peso nos valores de

severidade obtidos nas folhas localizadas na metade inferior das plantas.

Quando houve menor número de sementes por metro linear, a existência de um aumento da severidade da ferrugem nas folhas superiores foi possivelmente em função da facilitação do deslocamento de correntes de vento ascendentes a partir das folhas infectadas localizadas na parte inferior da planta. Esta hipótese ressalta a importância do vento como agente de disseminação de *Phakopsora pachyrhizi* em pequenas distâncias, contribuindo com processos de auto e aloinfecção em soja cultivada em sistema de semeadura cruzada.

Sabe-se da notável influência deste agente na dispersão de *Phakopsora pachyrhizi* entre Estados e municípios do Brasil e dos Estados Unidos (YORINORI, 2002; KRUPA et al., 2006). Estas observações estão em conformidade com Burdon e Chilvers (1982), que informaram que mudanças na densidade de cultivo da planta hospedeira podem ser acompanhadas por mudanças diretas e/ou indiretas na intensidade de doenças, por meio de interações com o ambiente.

## CONCLUSÕES

A semeadura em linhas cruzadas é mais produtiva do que em linhas não cruzadas. Em linhas cruzadas, o uso de altas densidades de sementes e altas doses de adubo não geraram resultados satisfatórios. Nestas condições, a semeadura de soja cruzada é indicada com a cultivar M7211RR com 15 sementes por metro e 400 kg ha<sup>-1</sup> de adubo.

A severidade da ferrugem asiática é significativamente superior em soja, cultivar Anta 82RR, nos folíolos da metade inferior da planta, semeada em sistema de linhas cruzadas do que em linhas paralelas. O aumento do número de sementes por metro linear, no sistema de semeadura em linhas cruzadas, reduz a severidade transformada da doença apenas na cultivar M7211RR. O aumento da quantidade de fertilizante na linha de cultivo favorece a severidade da ferrugem asiática da soja na cultivar M7211RR.

---

**ABSTRACT:** The spatial arrangement of soybean planted in line crossed can to increase grain yield, justifying its experimental study. Thus, the aim of this work was to evaluate the grain yield and rust severity on soybeans cultivated under different seed densities and fertilizer rates on conventional and crossed sowed lines. The treatments consisted of combination on three factors and two additional witnesses. The factors were two cultivars (Anta 82RR and M7211RR), two fertilizer rates of planting (400 e 800 kg ha<sup>-1</sup>) and two seed densities (15 e 30 seeds per meter) in the crossed sowed lines. The additional treatments were formed by the two cultivars in the conventional sowing lines. The experimental design was a randomized complete blocks in a factorial scheme 2 x 2 x 2 + 2, with four replications. The soybean cultivated in crossed sowed lines showed higher grain yield, with de M7211 cultivar higher in both sowing lines types. It was recommended the use of the cultivar M7211RR, 15 seeds per meter and 400 kg ha<sup>-1</sup> of the fertilizer. The severity of soybean rust was higher in plants under crossed sowed lines, to both cultivars. The severity was higher in leaves located in the lower half of the cultivar Anta 82RR plants. The increase in the number of seeds per meter in the crossed sowed lines reduced the severity of the disease only to M7211RR cultivar.

**KEYWORDS:** *Glycine max*. Seed density. *Phakopsora pachyrhizi*.

---

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, A. M. R.; FERREIRA, L. P.; YORINORI, J. T. et al. Doenças da soja (*Glycine max*). In: KIMATI, H.; AMORIM, L.; REZENDE, J.A.M. et al. (Ed.) **Manual de Fitopatologia: doenças das plantas cultivadas**, v. 2, 4. ed., São Paulo: Agronômica Ceres, 2005. p. 569-588.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília: MAPA/ACS, 2009. 399 p.

BURDON, J. J.; CHILVERS, G. A. Host density as a factor in plant disease ecology. **Annual Review of Plant Pathology**, v. 20, p. 143-166, 1982.

CULTIVAR. Produtividade máxima. Revista cultivar – grandes culturas, ano 12, n. 136, p. 34. 2010.



- DIAS, A. P. S.; LI, X.; HARMON, P. F.; HARMON, C. L.; YANG, X. B. Effects of shade intensity and duration on Asian soybean rust caused by *Phakopsora pachyrhizi*. **Plant Disease**, St. Paul, v. 95, n. 4, p. 485-489, 2011.
- EGLI, D. B. Mechanisms responsible for soybean yield response to equidistant planting patterns. **Agronomy Journal**, Madison, v. 86, n. 6, p. 1046-1049, 1994.
- ENDRES, V. C. Espaçamento, densidade e época de semeadura. In: EMBRAPA. Centro de Pesquisa Agropecuária do Oeste (Dourados, MS). Soja: **recomendações técnicas para Mato Grosso do Sul e Mato Grosso**. Dourados, 1996. p. 82-85. (Circular Técnica, 3).
- FEHR, W. R.; CAVINESS, C. E. **Stages on soybean development**. Ames: Iowa State University/Cooperative Extension Service, 1977. 11 p. (Special Report, 80).
- FREITAS, M. C. M.; HAMAWAKI, O. T.; BUENO, M. R.; MARQUES, M. C. Época de semeadura e densidade populacional de linhagens de soja UFU de ciclo semitardio. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 26, n. 5, p. 698-708, 2010.
- GODOY, C. V.; KOGA, L. J.; CANTERI, M. G. Diagrammatic scale for assessment of soybean rust severity. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 31, n. 1, p. 63-68, 2006.
- JULIATTI, F. C.; BALARDIN, R. S.; MARTINS, J. A. S.; REZENDE, A. A.; LENTZ, G. Resistência genética da soja à *Phakopsora pachyrhizi* e uso de fungicidas no manejo sustentável da doença. **Revisão Anual de Patologia de Plantas**, Passo Fundo, v. 8, n.1, p. 77-118, 2010.
- KRUPA, S.; BOWERSOX, V.; CLAYBROOKE, R.; BARNES, C. W.; SZABO, L.; HARLIN, K.; KURLE, J. Introduction of Asian soybean rust urediniospores into the Midwestern United States – a case study. **Plant Disease**, St. Paul, v. 90, n. 9, p. 1254-1259, 2006.
- LUCA, M. J. de; HUNGRIA, M. Nodulação e rendimento da soja em diferentes densidades de plantas. In.: FERTIBIO, Guarapari, 2010. **Anais...** Guarapari, 2010.
- MADALOSSO, M. G.; DOMINGUES, L. S.; DEBORTOLI, M. P.; LENZ, G.; BALARDIN, R. S. Cultivares, espaçamento entrelinhas e programas de aplicação de fungicidas no controle de *Phakopsora pachyrhizi* Sidow em soja. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 40, n. 11, p. 2256-2261, 2010.
- SILVA, F. de A. S.; AZEVEDO, C. A. V. de. Principal Components Analysis in the Software Assistat-Statistical Attendance. In: **WORLD CONGRESS ON COMPUTERS IN AGRICULTURE**, 7, Reno-NV-USA: American Society of Agricultural and Biological Engineers, 2009.
- TOURINO, M. C. C.; REZENDE, P. M.; SALVADOR, N. Espaçamento, densidade e uniformidade de semeadura no rendimento dos grãos e características agrônômicas da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 8, p. 1071-1078. 2002.
- WALKER, D. R.; BOERMA, H. R.; PHILLIPS, D. V.; SCHNEIDER, R. W.; BUCKLEY, J. B.; SHIPE, E. R.; MUELLER, J. D.; WEAVER, D. B.; SIKORA, E. J.; MOORE, S. H.; HARTMAN, G. L.; MILES, M. R.; HARRIS, D. K.; WRIGHT, D. L.; MAROIS, J. J.; NELSON, R. L. Evaluation of USDA soybean germplasm accessions for resistance to soybean rust in the Southern United States. **Crop Science**, Madison, v. 51, n. 2, p. 678-693, 2011.
- YORINORI, J. T. **Asian rust of soybean (*Phakopsora pachyrhizi*): occurrence in Brasil and management strategies**. Embrapa Soja, p. 73-83, 2002. (Documentos, 186).
- YORINORI, J. T. **Cancro da haste da soja: epidemiologia e controle**. Londrina: EMBRAPA-CNPSo, 1996. 75 p. (Circular Técnica, 14).