

Crescimento de dois cultivares de soja submetidos a aplicações de herbicidas e fungicidas¹

Guy Mitsuyuki Tsumanuma², Saul Jorge Pinto de Carvalho³, Antonio Luiz Fancelli⁴, Marcos Silveira Bernardes⁴, Marco Antonio Tavares Rodrigues², Edson Begliomini⁵

RESUMO

Existem relatos de que a aplicação de fungicidas do grupo das estrobilurinas na cultura da soja tem trazido aumento de produtividade mesmo em locais sem incidência de doenças, indicando que as alterações de ordem fisiológica devem ser quantificadas. Este estudo foi desenvolvido com o objetivo de avaliar o crescimento de dois cultivares de soja (MG/BR46 Conquista e BRS Valiosa RR) submetidos a aplicações de herbicidas e fungicidas (estrobilurinas e/ou triazóis). Dois experimentos foram desenvolvidos em campo com esquema de tratamentos em parcelas subdivididas no tempo (5 x 12), em que nas parcelas foram alocadas cinco combinações de herbicidas (glyphosate a 720 g ha⁻¹ ou sethoxydim (230 g ha⁻¹) + bentazon + chlorimuron-ethyl (480 + 11,25 g ha⁻¹)) e fungicidas (pyraclostrobin a 75 g ha⁻¹, epoxiconazole a 50 g ha⁻¹ ou pyraclostrobin + epoxiconazole (66,5 + 25 g ha⁻¹)); e como subparcelas foram consideradas as datas de avaliação entre 30 e 120 dias após semeadura. A aplicação de herbicidas não alterou o crescimento dos cultivares de soja. A aplicação de fungicidas do grupo das estrobilurinas associado a triazóis promoveu maior acúmulo de massa de matéria seca e área foliar. Ainda a aplicação desses fungicidas em R2 (pleno florescimento) e R5.1 (enchimento de grãos) resultou em maiores valores de taxas de crescimentos absoluto e relativo, assimilatória líquida e de crescimento da cultura em período próximo ao final do ciclo da cultura, diferenciando, inclusive, dos tratamentos com aplicação somente de triazóis.

Palavras-chave: *Glycine max* (L.) Merr., estrobilurinas, triazóis, pyraclostrobin, TAL.

ABSTRACT

Effects of herbicide and fungicide applications on the growth of two soybean cultivars

Pesticide application may change crop growth and metabolism, leading to negative or positive consequences. Strobilurin fungicides have been reported to increase soybean yield even without incidence of diseases, suggesting that physiological changes should be investigated. The objective of this study was to evaluate the growth of two soybean cultivars (MG/BR46 Conquista and BRS Valiosa RR) subjected to herbicide and fungicide (strobilurin and/or triazole) applications. Two field trials were carried out with treatments arranged in a split-plot in time design (5 x 12), with five herbicide combinations (glyphosate at 720 g ha⁻¹ or sethoxydim (230 g ha⁻¹) + bentazon + chlorimuron-ethyl (480 + 11,25 g ha⁻¹)) and fungicides (pyraclostrobin a 75 g ha⁻¹, epoxiconazole a 50 g ha⁻¹ or pyraclostrobin + epoxiconazole (66,5 + 25 g ha⁻¹)) in the plots; and the dates of evaluation were considered as the split-plots, varying between 30 and 120 days after sowing. Herbicide application did not affect the growth of soybean cultivars. Application of the strobilurin

Recebido para publicação em dezembro de 2009 e aprovado em novembro de 2010

¹ Parte da tese do primeiro autor apresentada à Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" (ESALQ/USP), para a obtenção do título de Doutor em Agronomia.

² Engenheiros-Agrônomos, Doutores. BASF S.A., Divisão Agro, Av. Brigadeiro Faria Lima, n° 3600, 04538-132, São Paulo, São Paulo, Brasil. tsumanuma@yahoo.com.br, marco-antonio.tavares-rodrigues@basf.com,

³ Engenheiro-Agrônomo, Doutor. Instituto Federal do Sul de Minas Gerais, Campus Machado, Caixa Postal 1.004, 37750-971, Machado, Minas Gerais, Brasil. sjpcarvalho@yahoo.com.br (autor correspondente)

⁴ Engenheiros-Agrônomos, Doutores. Departamento de Produção Vegetal, ESALQ/USP, Caixa Postal 9, 13418-900, Piracicaba, São Paulo, Brasil. fancelli@esalq.usp.br, msbernar@esalq.usp.br

⁵ Engenheiro-Agrônomo. BASF S.A., Divisão Agro, Av. Brigadeiro Faria Lima, n° 3600, 04538-132, São Paulo, São Paulo, Brasil. edison.begliomini@basf.com

group combined with triazole fungicides increased dry mass and leaf area accumulation. The application of these fungicides on R2 and R5.1 increased AGR, RGR, NAR and CGR near to the end of the crop cycle, which was different even from the treatments with single triazole applications.

Key words: *Glycine max* (L.) Merr., NAR, pyraclostrobin, strobilurin, triazole.

INTRODUÇÃO

A análise quantitativa do crescimento é a parte da fisiologia vegetal em que se utilizam modelos e fórmulas matemáticas para a avaliação de índices de crescimento, muitos deles relacionados à atividade fotossintética (Reis & Miller, 1979). Essas análises são ferramentas importantes em estudos agronômicos, pois auxiliam na compreensão dos efeitos dos diferentes tratamentos no desenvolvimento e na produtividade das culturas. Nesse sentido, a área foliar e a massa de matéria seca são variáveis básicas nos estudos de crescimento vegetal, que devem ser obtidas em intervalos regulares de tempo (Radford, 1967; Peixoto, 1998; Benincasa, 2004). Com fundamento nessas variáveis básicas, outros indicadores do crescimento vegetal podem ser calculados, como taxas de crescimentos absoluto (TCA) e relativo (TCR), assimilatória líquida (TAL) e de crescimento da cultura (TCC).

Com frequência, a aplicação de defensivos agrícolas altera o crescimento das culturas, de modo que os métodos fisiológicos tornam-se ferramentas de análise fundamentais também nesses casos. Quando são aplicados herbicidas, os sintomas mais comuns observados são negativos, representados pela intoxicação das plantas, manifestação de fitotoxicidade, crescimento mais lento, amarelecimentos, necroses, entre outros (Young *et al.*, 2003; Freitas *et al.*, 2006; Carvalho *et al.*, 2009).

Recentemente, um novo grupo de fungicidas foi disponibilizado no mercado brasileiro, denominado genericamente de estrobilurinas. Esses produtos, além de seu elevado potencial para controle de doenças, têm demonstrado capacidade de alterar positivamente o crescimento vegetal, com modificações no ciclo, retenção de folhas, senescência e produtividade. Supõe-se que as estrobilurinas interfiram nas rotas de síntese do etileno, hormônio responsável pelos processos de abscisão foliar e maturação; na atividade da nitrato redutase; e nas taxas de respiração, transpiração e condutância estomática (Venâncio *et al.*, 2004). Dessa forma, as plantas permanecem verdes por mais tempo, o que pode resultar em maior produtividade, que não está necessariamente relacionada com o melhor controle de patógenos (Grossmann & Retzlaff, 1997; Bertelsen *et al.*, 2001).

No caso da cultura da soja (*Glycine max* (L.) Merrill), as aplicações de fungicidas foram intensificadas após as epidemias de ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi* Sydow & Sydow) ocorridas a partir de 2001 (Soares *et al.*, 2004). O uso das estrobilurinas assegurou a produtividade normal das lavouras, havendo casos em que houve incremento. Nesse sentido, Fagan (2007) comentou que a maior parte das pesquisas tem enfatizado os ganhos de produtividade oriundos da aplicação desse grupo de fungicidas sem, no entanto, discutir as reais causas dessa alteração.

Assim sendo, este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar o crescimento de dois cultivares de soja (MG/BR46 Conquista e BRS Valiosa RR) quando submetidos a aplicações de herbicidas e fungicidas (estrobilurinas e triazóis), visando mensurar o efeito desses na cinética do crescimento das plantas.

MATERIAL E MÉTODOS

Dois experimentos foram desenvolvidos em campo, em área com irrigação por aspersão, na safra 2006, no município de Assaí, Paraná (latitude 23° 34' 50", longitude 50° 81' 00" e altitude de 590 m). O solo da área experimental foi classificado como Nitossolo Eutrófico típico, com declividade média de cerca de 5% (relevo suave ondulado) e apresentando na camada de 0,0-0,2 m a seguinte análise química: pH CaCl₂ = 5,2; M.O. = 3,3%; P = 13 g dm⁻³ (Mehlich); S = 6,8 g dm⁻³; K = 5,2 mmol_c dm⁻³; Ca = 64 mmol_c dm⁻³; Mg = 20 mmol_c dm⁻³; H + Al = 29 mmol_c dm⁻³; SB = 89,2 mmol_c dm⁻³; CTC = 118,2 mmol_c dm⁻³; V = 75%; B = 0,3 mg dm⁻³; Cu = 19,5 mg dm⁻³; Fe = 59,5 mg dm⁻³; Mn = 32,5 mg dm⁻³; e Zn = 7,4 mg dm⁻³. O clima da região é correspondente a B3 r B'3 a', segundo a classificação de Thornthwaite, ou seja, mesotérmico úmido com ausência ou com pequena deficiência hídrica. Em um dos experimentos foi utilizado o cultivar de soja MG/BR 46 Conquista; no outro utilizou-se BRS Valiosa RR, sendo esta um contratipo geneticamente modificado do cultivar Conquista com a inserção do gene RR, o que permite a aplicação do herbicida glyphosate em área total.

Foram realizadas adubações de pré-semeadura com 60 kg ha⁻¹ de K₂O e de semeadura em quantidade equivalente a 16 kg ha⁻¹ de N, 96 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 48 kg ha⁻¹ de K₂O. A semeadura da soja tratada e inoculada foi realizada no dia 11 de janeiro de 2006, em área mantida sob sistema de plantio direto por cinco anos. Adotou-se espaçamento de 0,45 m, com distribuição de 20 sementes por metro, visando estande final de 18 plantas por metro ou, aproximadamente, 400.000 por hectare. As parcelas experimentais foram constituídas por quatro fileiras de soja com 10 m de comprimento, perfazendo área total de 18 m² e área útil de 7,2 m² (duas linhas centrais, retirando um metro de cada extremidade nas fileiras). Para ambos os experimentos, o delineamento experimental adotado foi o de blocos ao acaso, com quatro repetições. O esquema de tratamentos foi do tipo parcelas subdivididas no tempo (5 x 12), em que no âmbito das parcelas foram alocadas cinco combinações de herbicidas e fungicidas, e como subparcelas foram consideradas as datas de avaliação.

As combinações de herbicidas e fungicidas utilizadas foram: (1) testemunha sem aplicações, somente capinada; (2) aplicação somente de herbicida em V4; (3) uma aplicação de herbicida e uma de fungicida do grupo das estrobilurinas em V4 e duas de fungicidas do grupo das estrobilurinas + triazóis em R2 e R5.1; (4) uma aplicação de herbicida e uma de fungicida do grupo das estrobilurinas em V4 e duas de fungicidas do grupo dos triazóis em R2 e R5.1; e (5) aplicação de herbicida em V4 e duas aplicações de fungicidas do grupo das estrobilurinas + triazóis em R2 e R5.1. Os estádios V4, R2 e R5.1 referem-se à escala fenológica de Fehr & Caviness (1977) e correspondem ao terceiro trifólio expandido, pleno florescimento e enchimento de grãos, respectivamente. Os tratamentos utilizados nos dois experimentos estão detalhadamente descritos na Tabela 1.

As aplicações dos tratamentos foram realizadas com pulverizador costal pressurizado por CO₂, acoplado à barra com quatro pontas de pulverização do tipo duplo leque (Mícron 110DB2), espaçadas em 0,50 m. A pressão de trabalho utilizada foi de 40 libras pol⁻², o que resultou em volume de calda proporcional a 150 L ha⁻¹. Os dados meteorológicos registrados para o local e período de condução dos experimentos estão apresentados na Tabela 2.

As avaliações do crescimento das plantas de soja foram realizadas a partir dos 30 dias após a semeadura (DAS) até os 110 DAS. Para cada parcela, nas diferentes avaliações, três plantas foram aleatoriamente amostradas e tiveram suas variáveis mensuradas. Para amostragem, as plantas foram cortadas em sua base, rente à superfície do solo. A área foliar (m² planta⁻¹) foi obtida com auxílio do medidor de área modelo LICOR LI-3100 (LI-COR, inc., Lincon, Nebraska, EUA). O material amostrado foi secado

em estufa de circulação forçada de ar a 70 °C por 72 h, quando foi mensurada, também, a massa de matéria seca da parte aérea (g planta⁻¹).

Comumente o cálculo de variáveis fisiológicas baseado em pequenos períodos resulta em erros de estimativa e dificuldade de descrever o real significado das variáveis avaliadas. Assim sendo, o crescimento da cultura da soja foi dividido em quatro períodos maiores e mais representativos, sendo estes: 30-45, 45-62, 62-75 e 75-96 DAS. Com os valores primários das variáveis massa de matéria seca da parte aérea e área foliar, foram calculadas a taxa de crescimento absoluto (TCA; g dia⁻¹), a taxa de crescimento relativo (TCR; g g⁻¹ dia⁻¹), a taxa assimilatória líquida (TAL; g m⁻² dia⁻¹) e a taxa de crescimento da cultura (TCC; g m⁻² dia⁻¹) (Radford, 1967; Calbo *et al.*, 1989; Hunt, 1990). As fórmulas utilizadas para o cálculo das diferentes taxas foram:

$$TCA = \frac{M_n - M_{n-1}}{t_n - t_{n-1}} \quad TCR = \frac{\ln M_n - \ln M_{n-1}}{t_n - t_{n-1}}$$

$$TAL = \frac{M_n - M_{n-1}}{AF_n - AF_{n-1}} \cdot \frac{\ln A_n - \ln A_{n-1}}{t_n - t_{n-1}} \quad TCC = TAL \times IAF$$

em que: M_n e M_{n-1} são as massas de matéria secas de duas amostras sucessivas (final e início dos períodos); t_n e t_{n-1} são os dias decorridos entre as duas observações; AF_n e AF_{n-1} são as áreas foliares de duas amostras sucessivas; e IAF refere-se ao índice de área foliar das plantas.

Separadamente para cada experimento, os dados foram submetidos à aplicação do teste F na análise da variância. Quando da ocorrência de efeitos significativos, as variáveis fisiológicas foram comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Para o acúmulo de massa de matéria seca e área foliar, foi ajustado o modelo de regressão não-linear do tipo logístico, também utilizado por Carvalho *et al.* (2008):

$$y = 4a \cdot \frac{\exp\left[-\left(\frac{x-b}{c}\right)\right]}{\left[1 + \exp\left[-\left(\frac{x-b}{c}\right)\right]\right]^2}$$

em que: y é a variável de interesse, x é o número de dias acumulados; e a , b , e c são parâmetros estimados da equação (a é a amplitude entre o ponto máximo e o mínimo, b é o número de dias acumulados correspondente ao ponto máximo da curva e c é a inclinação da curva).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A aplicação do teste 'F' na análise da variância indicou interação das combinações herbicidas/fungicidas com os períodos de avaliação do crescimento vegetal, justificando a decomposição da interação. O crescimento de ambos os cultivares de soja foi semelhante em todos as

combinações até os 70-80 DAS, quando se pode constatar início de diferenças. Notadamente, as aplicações de fungicida resultaram em maior massa de matéria seca no período final do ciclo (Figura 1). A combinação estrobilurina (V4) e duas aplicações de estrobilurina associada a triazol (R2 e R5.1) foi a que alcançou maiores valores (Tratamento 3, Tabela 1).

As plantas que receberam aplicações de estrobilurina associada a triazol em R2 e R5.1 também acumularam grande quantidade de massa (Figura 1), estando entre o tratamento anteriormente citado e o com aplicações de triazol em R2 e R5.1. Houve diferença no crescimento entre os tratamentos, inclusive entre as plantas que receberam aplicações de fungicidas, tendo aquelas que receberam maior número de aplicações de estrobilurinas acumulado mais massa que as que receberam aplicações de triazóis (Figura 1).

Durante o período experimental, foi detectada incidência de ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi* Sydow & Sydow) nas plantas, que pode ter contribuído para maior queda de folhas e, portanto, para menor acúmulo ao final do ciclo nos tratamentos sem fungicidas. Trata-se de uma doença de grande importância para a cultura da soja, e a

ausência de medidas de controle resulta no amarelecimento e na queda de folhas, com significativas perdas de produtividade (Soares *et al.*, 2004), que são variáveis em razão da severidade da doença. Estas observações auxiliam na explicação da maior área foliar de plantas tratadas ao final do ciclo (Figura 2); por outro lado, a manutenção da proporção $T3 > T5 > T4$ reforça a hipótese de efeito fisiológico da estrobilurina sobre o crescimento.

Na Tabela 3 estão apresentados os parâmetros do modelo logístico, o coeficiente de determinação e a aplicação do teste 'F' ao modelo. Estes dados foram utilizados na elaboração das Figuras 1 e 2 e podem servir de fundamentação para estimativas mais complexas do crescimento de cultivares de soja. Ainda alguns parâmetros oferecem adequada estimativa da resposta biológica vegetal, como os parâmetros *a* e *b*. O *a* indica a amplitude das curvas e está em concordância com a discussão anterior, em que maiores valores foram observados para os tratamentos que receberam aplicações de fungicidas, com destaque para aplicações de estrobilurina associadas a triazol (Tratamento 3, Tabela 1). Por outro lado, o parâmetro *b* é estimativa do tempo em dias para obtenção do ponto máximo da parábola, correspondendo ao ponto de inflexão.

Tabela 1. Tratamentos adotados nos experimentos desenvolvidos com os cultivares de soja MG/BR46 Conquista e BRS Valiosa RR, em Assaí, Paraná

N°	Cultivar	Estádio Fenológico			
		V4 (terceiro trifólio expandido)		R2	R5.1
		Herbicida	Fungicida	(pleno florescimento)	(enchimento de grãos)
1	MG/BR46 Conquista BRS Valiosa RR	Testemunha sem aplicações, capinada			
2	MG/BR46 Conquista BRS Valiosa RR	sethoxydim ⁽¹⁾ ; bentazon + chlorimuron-ethyl ⁽²⁾ glyphosate ⁽³⁾	—	—	—
3	MG/BR46 Conquista BRS Valiosa RR	sethoxydim; bentazon + chlorimuron-ethyl glyphosate	pyraclostrobin ⁽⁴⁾ (75 g ha ⁻¹)	pyraclostrobin + epoxiconazole (66,5 + 25 g ha ⁻¹)	pyraclostrobin + epoxiconazole (66,5 + 25 g ha ⁻¹)
4	MG/BR46 Conquista BRS Valiosa RR	sethoxydim; bentazon + chlorimuron-ethyl glyphosate	pyraclostrobin (75 g ha ⁻¹)	epoxiconazole ⁽⁵⁾ (50 g ha ⁻¹)	epoxiconazole (50 g ha ⁻¹)
5	MG/BR46 Conquista BRS Valiosa RR	sethoxydim; bentazon + chlorimuron-ethyl glyphosate	—	pyraclostrobin + epoxiconazole (66,5 + 25 g ha ⁻¹)	pyraclostrobin + epoxiconazole (66,5 + 25 g ha ⁻¹)

⁽¹⁾ Aplicação em V4 com sethoxydim a 230 g ha⁻¹ + óleo mineral (0,5% v/v); ⁽²⁾ Bentazon a 480 g ha⁻¹ + chlorimuron-ethyl a 11,25 g ha⁻¹; ⁽³⁾ Glyphosate a 720 g ha⁻¹; ⁽⁴⁾ Fungicida do grupo das estrobilurinas; ⁽⁵⁾ Fungicida do grupo dos triazóis.

Esse parâmetro indica que os tratamentos que receberam aplicações de fungicidas tiveram ciclo mais longo, principalmente quanto ao acúmulo de massa de matéria seca, com ponto de inflexão posterior aos 100 DAS (Tabela 3), conforme também observado na Figura 1.

Vale ressaltar que, segundo as Figuras 1 e 2 e a Tabela 3, as implicações da aplicação de herbicidas sobre o crescimento da soja foram mínimas, uma vez que os tratamentos 1 e 2 (Tabela 1) tiveram comportamento semelhante para acúmulo de massa de matéria seca e área foliar. Even-

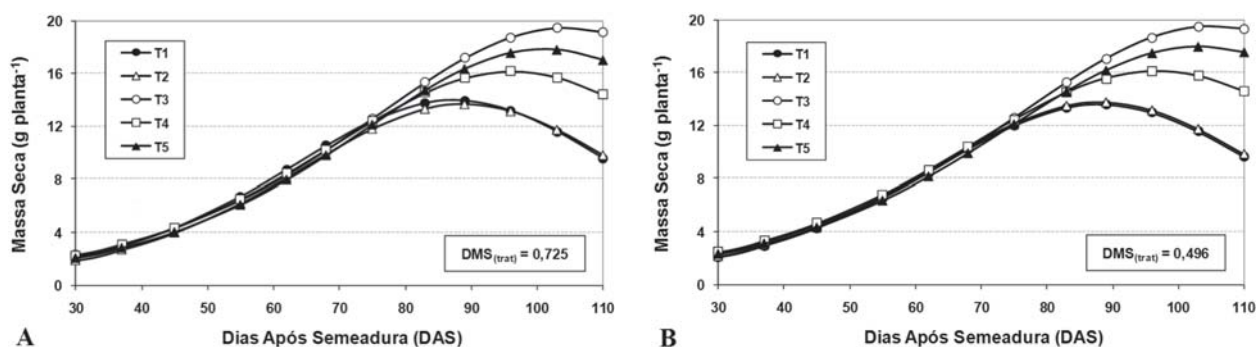


Figura 1. Acúmulo de massa de matéria seca da parte aérea por dois cultivares de soja submetidos a cinco tratamentos experimentais. A – cultivar MG/BR46 Conquista; B – cultivar BRS Valiosa RR. Para esclarecimentos sobre os tratamentos, consultar Tabela 1.

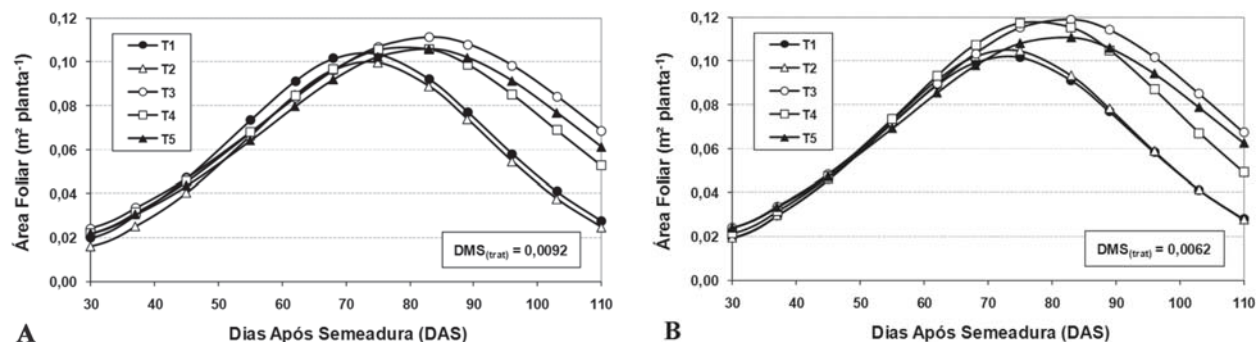


Figura 2. Acúmulo de área foliar por dois cultivares de soja submetidos a cinco tratamentos experimentais. A – cultivar MG/BR46 Conquista; B – cultivar BRS Valiosa RR. Para esclarecimentos sobre os tratamentos, consultar Tabela 1.

Tabela 2. Temperaturas mínima, máxima e média (°C), disponibilidade hídrica (mm) e radiação solar observadas durante o período de condução dos experimentos em campo, em Assaí, Paraná

Mês	Período Dias	Temperaturas (°C)			Disponibilidade hídrica (mm)		Radiação solar MJ m ⁻² dia ⁻¹
		Mínima	Máxima	Média	Precipitação	Irrigação	
Janeiro	01 a 10	-	-	-	-	-	34,53
	11 a 20	20,5	28,7	24,6	42	20	46,55
	21 a 31	20,3	27,9	24,1	28	0	32,02
Fevereiro	01 a 10	21,8	30	25,9	35	15	36,19
	11 a 20	18,9	27,9	23,4	131	0	28,89
	21 a 28	18,8	28	23,4	36	0	34,12
Março	01 a 10	20,6	30,3	25,5	6	0	32,33
	11 a 20	18,7	29,3	24	12	18	35,69
	21 a 31	19,7	26,2	23	40	10	28,77
Abril	01 a 10	17,4	26,2	21,8	40	0	24,53
	11 a 20	15,4	25,3	20,4	0	18	31,00
	21 a 30	16,4	28,4	22,4	13	36	32,10
Maio	01 a 10	12,4	24,3	18,4	0	25	30,06
	11 a 20	12,0	23,7	17,9	18	0	26,07
	21 a 31	13,8	21,7	17,8	0	0	18,09

tualmente, a aplicação de herbicidas pode ser interpretada como a causa de sintomas de estresse permanentes, interferindo de forma definitiva no crescimento das plantas tratadas (Larcher, 2000; Carvalho *et al.*, 2009). A igualdade de crescimento das plantas com ou sem herbicida viabiliza a análise quanto ao efeito dos fungicidas, cujos tratamentos também receberam herbicidas. Ainda facilita a discussão conjunta dos dois cultivares, que receberam herbicidas diferentes e que não possuem as mesmas rotas de seletividade.

As variáveis fisiológicas de crescimento vegetal para ambos os cultivares estão apresentadas nas Tabelas 4 e 5, contemplando os quatro períodos de avaliação. A taxa de crescimento absoluto (TCA) fornece estimativa da velocidade média de crescimento das plantas ao longo do período de observação (Evans, 1972; Aguilera *et al.*, 2004). Em geral, o primeiro período de avaliação resultou em reduzidos valores de TCA, que evoluíram para ponto máximo entre o segundo e terceiro períodos. Para o cultivar MG/BR46 Conquista, observou-se manutenção da TCA para o tratamento 3, sem diferenciação entre o segundo, terceiro e

quarto períodos (Tabela 4). Elevada TCA no terceiro e quarto períodos do desenvolvimento vegetal também foi observada no tratamento 5. Essa observação sugere que a aplicação de fungicidas (estrobilurinas) mantém essa variável em maiores níveis, em contraposição ao tratamento 1, no qual se observou sensível queda após o segundo período. Para o cultivar BRS Valiosa RR, a queda da TCA para o tratamento 1 só foi identificada no quarto período. No entanto, também para este cultivar a aplicação de fungicidas contribuiu para a manutenção de maior TCA, sendo a aplicação de estrobilurina associada a triazol diferente da aplicação isolada de triazol ao final do ciclo (Tabela 5).

De acordo com Briggs *et al.* (1920), a taxa de crescimento relativo (TCR) é a medida mais apropriada para a avaliação do crescimento vegetal, uma vez que é uma estimativa da eficiência da planta em acumular matéria seca. A taxa assimilatória líquida (TAL), por sua vez, reflete a dimensão do sistema assimilador que está envolvida na produção de matéria seca, ou seja, é uma estimativa da taxa de fotossíntese líquida, sendo dependente de fatores ambientais, principalmente da radiação solar (Huxley, 1967).

Tabela 3. Parâmetros do modelo logístico⁽¹⁾, coeficiente de determinação e teste F para ajuste do acúmulo de massa de matéria seca da parte aérea (g planta⁻¹) e área foliar (m² planta⁻¹) por dois cultivares de soja submetidos a cinco tratamentos experimentais

Tratamentos ⁽²⁾	Parâmetros do Modelo				
	a	b	c	R ²	F _(mod.)
Massa de matéria seca - cultivar MG/BR46 Conquista					
Tratamento 1	13,947	87,362	17,827	0,975	198,435*
Tratamento 2	13,689	88,828	17,854	0,991	550,010*
Tratamento 3	19,460	104,418	21,498	0,980	248,205*
Tratamento 4	16,158	96,160	20,088	0,985	337,350*
Tratamento 5	17,839	101,113	20,357	0,982	268,772*
Massa de matéria seca - cultivar BRS Valiosa RR					
Tratamento 1	13,590	88,040	18,232	0,978	219,365*
Tratamento 2	13,723	88,164	18,337	0,982	275,871*
Tratamento 3	19,520	105,460	22,096	0,972	175,570*
Tratamento 4	16,085	96,761	20,962	0,973	179,543*
Tratamento 5	17,973	103,299	21,761	0,974	187,079*
Área foliar - cultivar MG/BR46 Conquista					
Tratamento 1	0,104	72,654	14,556	0,970	163,433*
Tratamento 2	0,100	73,338	13,835	0,984	312,207*
Tratamento 3	0,111	82,608	18,858	0,969	158,131*
Tratamento 4	0,107	79,165	17,240	0,978	227,407*
Tratamento 5	0,106	81,811	18,135	0,980	251,938*
Área foliar - cultivar BRS Valiosa RR					
Tratamento 1	0,102	72,969	14,665	0,972	172,653*
Tratamento 2	0,105	72,940	14,399	0,980	241,289*
Tratamento 3	0,119	81,595	17,895	0,980	250,580*
Tratamento 4	0,118	77,875	15,955	0,982	265,492*
Tratamento 5	0,111	81,040	18,209	0,980	245,110*

⁽¹⁾ Modelo: $y = 4a \cdot \{ \exp[-(x-b)/c] / [1 + \exp[-(x-b)/c]]^2 \}$; * Significativo ao teste F, com 1% de significância; Todos os parâmetros diferenciaram-se de zero ao teste 't' com 1% de significância; ⁽²⁾ Para esclarecimentos sobre os tratamentos, consultar Tabela 1.

Notadamente, para ambos os cultivares de soja maiores valores de TCR e TAL foram observados no primeiro período de análise, com decréscimo ao longo do ciclo (Tabelas 4 e 5). Scott & Batchelor (1979) verificaram o mesmo, com valores maiores no início do período vegetativo, que decresceram com a evolução do ciclo. Castro (1980), avaliando efeito de reguladores vegetais em plantas de soja, encontrou variação de TCR de 0,044 a 0,092 g g⁻¹ dia⁻¹, cuja magnitude está em concordância com este trabalho.

Koller *et al.* (1970) também observaram TCRs decrescentes, de modo que cada unidade de matéria seca produzida durante as fases vegetativas subsequentes e as reprodutivas foi menos eficiente que as unidades produzidas anteriormente para novo acúmulo de matéria seca. Por outro lado, observaram aumentos na TAL após o período inicial vegetativo, sendo interpretado como resposta do aparelho fotossintético ao aumento na demanda de

assimilados, resultado do rápido desenvolvimento das sementes.

No presente trabalho, o comportamento decrescente das variáveis foi notório, contudo a TCR e a TAL dos tratamentos que envolveram aplicações de fungicidas à base de estrobilurina associada à triazol (Tratamentos 3 e 5) foram aquelas que mantiveram os maiores níveis no quarto período (Tabelas 4 e 5), indicando que nesses tratamentos as plantas estavam mais aptas a suprir a elevada necessidade de fotoassimilados. No caso do cultivar MG/BR46 Conquista, o tratamento com triazóis (Tratamento 4) teve TCR equivalente aos Tratamentos 3 e 5 na última avaliação, porém com menor TAL (Tabela 4). Em geral, a magnitude calculada para TAL foi inferior àquelas encontradas por Peixoto (1998), de 3,42 a 10,62 g m⁻² dia⁻¹; e Scott & Batchelor (1979), de 1,33 a 8,50 g m⁻² dia⁻¹; e semelhante ao trabalho de Pedro Júnior *et al.* (1985), que

Tabela 4. Taxa de crescimento absoluto (TCA), taxa de crescimento relativo (TCR), taxa assimilatória líquida (TAL) e taxa de crescimento da cultura (TCC) de plantas de soja (cv. MG/BR46 Conquista) submetidas a cinco tratamentos experimentais

Tratamentos ⁽²⁾	Períodos de Avaliação (DAS ⁽¹⁾)			
	30 - 45	45 - 62	62 - 75	75 - 96
Taxa de crescimento absoluto - TCA - g dia⁻¹				
Tratamento 1	0,1921 A b	0,2905 AB a	0,1952 C b	0,0878 C c
Tratamento 2	0,1695 A c	0,2366 B b	0,3317 A a	0,0449 C d
Tratamento 3	0,1787 A b	0,3086 A a	0,2577 B a	0,2980 A a
Tratamento 4	0,1787 A b	0,2943 AB a	0,2584 B a	0,1745 B b
Tratamento 5	0,1695 A c	0,2461 B b	0,3489 A a	0,2776 A a
F _(int) = 18,525*	CV ₁ (%) = 4,19	CV ₂ (%) = 13,49	DMS _(col) = 0,0615	DMS _(lin) = 0,0578
Taxa de crescimento relativo - TCR - g g⁻¹ dia⁻¹				
Tratamento 1	0,0772 A a	0,0457 AB b	0,0189 B c	0,0070 BC d
Tratamento 2	0,0716 A a	0,0420 B b	0,0334 A c	0,0036 C d
Tratamento 3	0,0739 A a	0,0493 A b	0,0238 B c	0,0192 A c
Tratamento 4	0,0739 A a	0,0477 AB b	0,0244 B c	0,0124 AB d
Tratamento 5	0,0716 A a	0,0432 AB b	0,0344 A c	0,0181 A d
F _(int) = 9,244*	CV ₁ (%) = 1,83	CV ₂ (%) = 8,97	DMS _(col) = 0,0071	DMS _(lin) = 0,0067
Taxa assimilatória líquida - TAL - g m⁻² dia⁻¹				
Tratamento 1	5,958 A a	4,205 A b	2,062 B c	1,095 BC d
Tratamento 2	5,661 A a	3,966 A b	3,697 A b	0,590 C c
Tratamento 3	5,856 A a	4,779 A b	2,656 B c	2,921 A c
Tratamento 4	5,856 A a	4,623 A b	2,701 B c	1,819 B d
Tratamento 5	5,661 A a	4,142 A b	3,826 A b	2,764 A c
F _(int) = 9,314*	CV ₁ (%) = 8,49	CV ₂ (%) = 11,40	DMS _(col) = 0,857	DMS _(lin) = 0,805
Taxa de crescimento da cultura - TCC - g m⁻² dia⁻¹				
Tratamento 1	12,418 A b	16,524 AB a	8,356 C c	3,054 C d
Tratamento 2	10,372 A b	13,255 C a	15,741 A a	1,404 C c
Tratamento 3	11,082 A b	18,167 A a	11,735 B b	12,345 A b
Tratamento 4	11,082 A b	17,047 A a	11,942 B b	6,686 B c
Tratamento 5	10,372 A c	13,762 BC b	16,962 A a	11,238 A bc
F _(int) = 19,314*	CV ₁ (%) = 4,72	CV ₂ (%) = 12,54	DMS _(col) = 2,943	DMS _(lin) = 2,764

⁽¹⁾ Dias após semeadura; * Significativo ao teste F com 1% de significância; Médias seguidas por letras iguais, maiúsculas na coluna e minúsculas na linha não diferem entre si segundo teste de Tukey, com 5% de significância; ⁽²⁾ Para esclarecimentos sobre os tratamentos, consultar Tabela 1.

relatarem valor máximo de 3,8 g m⁻² dia⁻¹ em experimento semeado em época tardia. Assim, torna-se importante ressaltar que o período (“safrinha”) em que foi conduzido este experimento pode ter influenciado nesses valores.

Antoniazzi & Deschamps (2006) desenvolveram experimento em que foi observado crescimento semelhante de cultivares de cevada (*Hordeum vulgare* L.) submetidos a aplicações de elicitores e fungicidas, com decréscimo da TCR ao longo do ciclo. A TAL diminuiu até os 57 dias após emergência, seguido de aumento com o decorrer das avaliações. Fagan (2007), por sua vez, observaram que a aplicação da estrobilurina *pyraclostrobin* em cultivares de soja aumentou a atividade da nitrato redutase, alterou as taxas transpiratória e de condutância estomática, reduziu a respiração e inibiu as rotas de biossíntese de etileno, resultando em maior atividade fisiológica. As alterações fisiológicas provocadas pelos fungicidas do grupo das

estrobilurinas podem ter implicações diretas no rendimento da cultura, potencialmente elevando a produtividade.

A taxa de crescimento da cultura (TCC) para ambos os cultivares, teve ponto máximo próximo do segundo período de avaliação (Tabelas 4 e 5). Os valores são sensivelmente inferiores aos encontrados por Pedro Júnior *et al.* (1985), da ordem de 17, 18 e 23 g m⁻² dia⁻¹, para três cultivares de soja cultivados no Estado de São Paulo, possivelmente devido à época de semeadura dos materiais. Novamente, destacam-se os tratamentos que receberam aplicações de estrobilurina associada a triazol, cujas TCCs foram superiores à dos demais na última avaliação (Tabelas 4 e 5). Em geral, a aplicação de fungicidas do grupo das estrobilurinas (*pyraclostrobin*), associadas ou não a triazóis, foi benéfica ao crescimento da soja, com interferência no acúmulo de massa de matéria seca, área foliar e nas variáveis fisiológicas.

Tabela 5. Taxa de crescimento absoluto (TCA), taxa de crescimento relativo (TCR), taxa assimilatória líquida (TAL) e taxa de crescimento da cultura (TCC) de plantas de soja (cv. BRS Valiosa RR) submetidas a cinco tratamentos experimentais

Tratamentos ⁽²⁾	Períodos de Avaliação (DAS ⁽¹⁾)			
	30 - 45	45 - 62	62 - 75	75 - 96
Taxa de crescimento absoluto - TCA - g dia⁻¹				
Tratamento 1	0,1966 A b	0,2567 B a	0,2589 B a	0,0282 C c
Tratamento 2	0,2067 A b	0,2604 B a	0,2218 B ab	0,0604 C c
Tratamento 3	0,1792 A c	0,3085 A a	0,2312 B b	0,3141 A a
Tratamento 4	0,1792 A c	0,3077 A a	0,2558 B b	0,1847 B c
Tratamento 5	0,2067 A c	0,2488 B b	0,3074 A a	0,2989 A a
F _(int) = 43,327*	CV ₁ (%) = 3,08	CV ₂ (%) = 9,11	DMS _(col) = 0,0413	DMS _(lin) = 0,0388
Taxa de crescimento relativo - TCR - g g⁻¹ dia⁻¹				
Tratamento 1	0,0775 AB a	0,0412 B b	0,0253 AB c	0,0023 C d
Tratamento 2	0,0798 A a	0,0406 B b	0,0217 B c	0,0049 C d
Tratamento 3	0,0733 B a	0,0489 A b	0,0217 B c	0,0205 A c
Tratamento 4	0,0733 B a	0,0489 A b	0,0236 B c	0,0128 B d
Tratamento 5	0,0798 A a	0,0393 B b	0,0292 A c	0,0192 A d
F _(int) = 19,053*	CV ₁ (%) = 1,14	CV ₂ (%) = 6,28	DMS _(col) = 0,0049	DMS _(lin) = 0,0046
Taxa assimilatória líquida - TAL - g m⁻² dia⁻¹				
Tratamento 1	5,778 A a	3,789 B b	2,733 AB c	0,358 C d
Tratamento 2	6,072 A a	3,789 B b	2,278 B c	0,721 C d
Tratamento 3	5,572 A a	4,601 A b	2,274 B c	2,897 A c
Tratamento 4	5,572 A a	4,588 A b	2,479 AB c	1,786 B d
Tratamento 5	6,072 A a	3,724 B b	3,161 A bc	2,812 A c
F _(int) = 13,527*	CV ₁ (%) = 5,61	CV ₂ (%) = 9,93	DMS _(col) = 0,709	DMS _(lin) = 0,666
Taxa de crescimento da cultura - TCC - g m⁻² dia⁻¹				
Tratamento 1	12,857 A a	13,680 B a	12,097 B a	0,885 C b
Tratamento 2	13,510 A a	14,048 B a	10,376 B b	1,925 C c
Tratamento 3	11,253 A b	17,705 A a	10,858 B b	12,706 A b
Tratamento 4	11,253 A b	17,654 A a	12,163 B b	6,905 B c
Tratamento 5	13,510 A ab	13,110 B ab	15,024 A a	11,886 A b
F _(int) = 21,095*	CV ₁ (%) = 2,36	CV ₂ (%) = 11,45	DMS _(col) = 2,686	DMS _(lin) = 2,521

⁽¹⁾ Dias após semeadura; * Significativo ao teste F com 1% de significância; Médias seguidas por letras iguais, maiúsculas na coluna e minúsculas na linha, não diferem entre si segundo teste de Tukey, com 5% de significância; ⁽²⁾ Para esclarecimentos sobre os tratamentos, consultar Tabela 1.

CONCLUSÕES

A aplicação de herbicidas não altera o crescimento dos cultivares de soja (MG/BR46 Conquista e BRS Valiosa RR).

A aplicação do fungicida do grupo das estrobilurinas (pyraclostrobin) interfere no crescimento da cultura, promovendo maior acúmulo de massa de matéria seca e área foliar, além de maior período de manutenção da área fotossinteticamente ativa.

A aplicação da estrobilurina associada a triazol em R2 (pleno florescimento) e R5.1 (enchimento de grãos) resulta em maiores valores de TCA, TCR, TAL e TCC em período próximo ao final do ciclo da cultura, diferenciando, inclusive, dos tratamentos com aplicação somente de triazóis.

AGRADECIMENTOS

À empresa Sementes Ma Shou Tao, à Capes e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, por concessão de bolsas.

REFERÊNCIAS

- Aguilera DB, Ferreira FA & Cecon PR (2004) Crescimento de *Siegesbeckia orientallis* sob diferentes condições de iluminação. *Planta Daninha*, 22:43-51.
- Antoniazzi N & Deschamps C (2006) Análise de crescimento de duas cultivares de cevada após tratamento com elicitores e fungicidas. *Ciência Rural*, 34:1065-1071.
- Benincasa MMP (2004) Análise de crescimento de plantas: noções básicas. Jaboticabal, FUNEP. 42p.
- Bertelsen JR, Neergaard E & Smedegaard-Petersen V (2001) Fungicidal effects of azoxystrobin and epoxiconazole on phyllosphere fungi, senescence and yield of winter wheat. *Plant Pathology*, 50:190-250.
- Briggs GE, Kidd R & West C (1920) A quantitative analysis of plant growth. Part II. *Annals of Applied Biology*, 7:202-223.
- Calbo AG, Silva WLC & Torres AC (1989) Comparação de modelos e estratégias para análise de crescimento. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, 1:1-7.
- Carvalho SJP, López-Ovejero RF & Christoffoleti PJ (2008) Crescimento e desenvolvimento de cinco espécies de plantas daninhas do gênero *Amaranthus*. *Bragantia*, 67:317-326.
- Carvalho SJP, Nicolai M, Ferreira RR, Figueira AVO & Christoffoleti PJ (2009) Herbicide selectivity by differential metabolism: considerations for reducing crop damages. *Scientia Agrícola*, 66:136-142.
- Castro PRC (1980) Efeitos de reguladores de crescimento em soja (*Glycine max* (L). Merrill cv. Davis). Tese de Livre Docência. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba. 173p.
- Evans GC (1972) The quantitative analysis of plant growth. London, Blackwell Scientific. 734p.
- Fagan EB (2007) A cultura da soja: modelo de crescimento e aplicação da estrobilurina piraclostrobina. Tese de Doutorado. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba. 83p.
- Fehr WR & Caviness CE (1977) Stages of soybean development. Ames, Iowa State University. 12p.
- Freitas RS, Tomaz MA, Ferreira LR, Berger PG, Pereira CJ & Cecon PRV (2006) Growth of cotton treated with trifloxysulfuron-sodium. *Planta Daninha*, 24:123-129.
- Grossmann K & Retzlaff G (1997) Bioregulatory effects of the fungicidal strobilurin kresoxim methyl in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Pesticide Science*, 50:11-20.
- Hunt R (1990) Basic growth analysis: plant growth analysis for beginners. London, Unwin Hyman. 112p.
- Huxley PA (1967) The effects of artificial shading on some growth characteristics of arabica and robusta coffee seedlings. I. The effects of shading on dry weight, leaf area and derived growth data. *Journal of Applied Ecology*, 4:291-308.
- Koller HR, Nyquist WE & Chorush IS (1970) Growth analysis of the soybean community. *Crop Science*, 10:407-412.
- Larcher W (2000) *Ecofisiologia vegetal*. São Carlos, RiMa. 531p.
- Pedro Júnior MJ, Mascarenhas HAA, Tisseli Filho O & Angelocci LA (1985) Análise de crescimento em soja. *Turrialba*, 35:323-327.
- Peixoto CP (1998) Análise de crescimento e rendimento de três cultivares de soja em três épocas de semeadura e três densidades de plantas. Tese de Doutorado. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba. 151p.
- Radford PJ (1967) Growth analysis formulae – their use and abuse. *Crop Science*, 7:171-175.
- Reis GG & Miller MW (1979) Análise de crescimento de plantas: mensuração do crescimento. Belém, FCAP. 39p. (FCAP, Informe Didático 1).
- Scott H & Batchelor JT (1979) Dry weight and leaf area production rates of irrigated determinate soybeans. *Agronomy Journal*, 71:776-782.
- Soares RM, Rubin SAL, Wielewicki AP & Ozelame JG (2004) Fungicidas no controle da ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) e produtividade da soja. *Ciência Rural*, 34:1245-1247.
- Venâncio WS, Rodrigues MAT, Begliomini E & Souza NL (2004) Physiological effects of strobilurin fungicides on plants. *Publication UEPG*, 9:59-68.
- Young BG, Young JM, Matthews JL, Owen MDK, Zelaya IA, Hartzler RG, Wax LM, Rorem KW & Bollero GA (2003) Soybean development and yield as affected by three postemergence herbicides. *Agronomy Journal*, 95:1152-1156.