

Efeito da aplicação de biorregulador no desempenho agrônômico e produtividade da soja

Lia Mara Moterle^{1*}, Renato Frederico dos Santos², Alessandro de Lucca e Braccini³, Carlos Alberto Scapim³ e Mauro Cezar Barbosa¹

¹Programa de Pós-graduação em Agronomia, Universidade Estadual de Maringá, Av. Colombo, 5790, 87020-900, Maringá, Paraná, Brasil. ²Cooperativa Agropecuária e Industrial de Itambé, Itambé, Paraná, Brasil. ³Departamento de Agronomia, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, Paraná, Brasil. *Autor para correspondência. E-mail: lmoterle@hotmail.com

RESUMO. O objetivo do trabalho foi avaliar o efeito da aplicação de biorregulador no desempenho agrônômico das plantas e na produtividade de sementes da cultura da soja cultivar CD 216. O trabalho foi desenvolvido em dois anos agrícolas (2005/06 e 2006/07). Os tratamentos foram compostos pela combinação do tratamento de sementes (0 e 500 mL 100 kg⁻¹ de sementes) com três doses de biorregulador (250; 375 e 500 mL ha⁻¹) aplicadas via foliar em dois estádios de desenvolvimento da cultura (V₅ e R₃), mais a testemunha sem aplicação. As características avaliadas foram a altura das plantas, número de vagens por planta, produtividade e massa de 1.000 sementes. As características altura das plantas e número de vagens por planta não foram influenciadas pela aplicação do biorregulador nos dois anos agrícolas. No ano agrícola de 2005/06, a maior produtividade de sementes (2.927 kg ha⁻¹) foi alcançada pela aplicação da dose de 211 mL ha⁻¹ de biorregulador via foliar no estágio R₃, associado ao tratamento de sementes. No segundo ano agrícola, não houve diferença significativa (p > 0,05) entre os tratamentos na produtividade de sementes, muito embora os resultados alcançados tenham sido superiores aos obtidos no primeiro ano. Um dos princípios básicos para melhorar a eficácia do biorregulador na cultura da soja é a condição climática adversa.

Palavras-chave: soja, sementes, biorregulador, produtividade, Stimulate®.

ABSTRACT. Effect of plant growth regulator application on agronomic traits and soybean yield. The purpose of the work was to verify the effect of the application of a plant growth regulator on the agronomic traits of plants and on soybean seed yield, cultivar CD 216. The work was developed during two agricultural years (2005/06 and 2006/07). The treatments were composed by the combination of seed treatments (0 and 500 mL 100 kg⁻¹ of seeds) with three doses of plant growth regulator (250, 375 and 500 mL ha⁻¹) applied to the leaves in two stages of the culture's development (V₅ and R₃), plus the control without application. The features evaluated were: plant height, number of seedpods per plant, yield and mass of one thousand seeds. The features of plant height and number of seedpods per plant were not influenced by the application of the plant growth regulator in the two agricultural years. In the agricultural years of 2005/06, the greater seed yield (2.927 kg ha⁻¹) was reached with the application of 211 mL ha⁻¹ of plant growth regulator to the leaves at the R₃ stage, together with seed treatment. In the second agricultural year there was no significant difference (p > 0.05) between the treatments in seed yield, although the results were superior to those obtained in the first year. One of the basic principles to improve the efficacy of the plant growth regulator in soybean crops is an adverse climatic condition.

Key words: soybean, seeds, plant growth regulator, yield, Stimulate®.

Introdução

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill), cultura típica do continente asiático, é uma das principais culturas mundialmente produzidas dado seu alto valor econômico e nutricional. Dentre os principais países produtores de soja, destacam-se os Estados Unidos, o Brasil, a Argentina, a China e a Índia, sendo que o Brasil ocupa a segunda posição no ranking de

produtores mundiais de soja (Embrapa Soja, 2004).

Dados da FAO revelaram que a produção mundial em 2004 foi em torno de 200 milhões de toneladas e que o Brasil produziu aproximadamente 50 milhões de toneladas, representando 25% da safra mundial.

A demanda anual por esta oleaginosa é crescente, tendo na indústria de moagem seu principal destino

final, absorvendo cerca de 95% do volume colhido para transformação em óleo vegetal e em farelo de soja. Acima de 30% do óleo vegetal produzido no mundo é proveniente da cultura da soja. Além disso, a soja tem um papel importantíssimo no arraçoamento animal (Os caminhos..., 2005).

Atualmente, a importância da soja também vem sendo enfatizada como alternativa na prevenção de doenças crônicas e na alimentação humana, podendo ser transformada em diversos alimentos protéicos, tais como, farinha, leite, proteína texturizada e creme, bem como para uso industrial na fabricação de derivados não tradicionais, como biodiesel, tintas, vernizes, entre outros. Isso configura um aumento na demanda do produto, além de ser alvo de exportações para outros países (Embrapa Soja, 2004).

Ademais, o Brasil é o país que representa uma das últimas fronteiras agrícolas, contando com apenas 7% da sua área ocupada, ou seja, 47 milhões de hectares de sua área territorial de 851 milhões de hectares, para a produção de grãos (Os caminhos..., 2005), o que configura elevado potencial para exploração na produção de soja. De acordo com projeções da Embrapa Soja (1998), até o final de 2010, o Brasil poderá se firmar como líder mundial na produção dessa oleaginosa chegando a produzir cerca de 57 a 75 milhões de toneladas até o final desse período.

Dada a importância da soja como fator sócio-econômico, pesquisas vêm sendo dirigidas para essa cultura, no sentido de se alcançar maiores produtividades associada à redução nos custos de produção. Nesse sentido, aliado ao conhecimento das exigências nutricionais e hídricas e o uso de cultivares com elevadas produtividades, resistentes ao acamamento, resistentes a pragas e doenças e adaptação às mais diversas condições edafoclimáticas, faz-se necessária a busca por tecnologias inovadoras que auxiliem na expressão do rendimento da cultura. Nesse contexto, entra o papel dos biorreguladores e bioestimulantes vegetais, os quais têm apresentado resultados favoráveis no aumento da produtividade de algumas culturas, tais como citros, feijão, milho, soja e algodão (Castro *et al.*, 1998; Alleoni *et al.*, 2000; Milléo *et al.*, 2000b; Vieira e Castro, 2001; Vieira e Castro, 2004; Braccini *et al.*, 2005; Ferrari *et al.*, 2008).

Os biorreguladores vegetais são substâncias sintéticas que, aplicadas exógenamente, possuem ações similares aos grupos de reguladores vegetais conhecidos (citocininas, giberelinas, auxinas, ácido abscísico e etileno) (Vieira e Castro, 2002). De acordo com Castro e Vieira (2001), essas substâncias, em baixas concentrações, inibem, promovem ou modificam processos morfológicos e fisiológicos dos vegetais.

Segundo Castro e Vieira (2001), a mistura de dois ou mais biorreguladores ou de biorreguladores com outras substâncias (aminoácidos, nutrientes e vitaminas) dá origem ao bioestimulante ou estimulante vegetal. Levando-se em conta que o Stimulate® tem em sua concentração 0,005% do ácido indolbutírico (auxina), 0,009% de cinetina (citocinina) e 0,005% de ácido giberélico (giberelina), sendo eles hormônios vegetais que atuam como mediadores de processos morfológicos e fisiológicos, acredita-se que este biorregulador pode, em função da sua composição, concentração e proporção de substâncias, incrementar o crescimento e o desenvolvimento vegetal, estimular a divisão celular podendo, também, aumentar a absorção de água e nutrientes pelas plantas (Vieira e Castro, 2002). Este produto tem sido especialmente eficiente, quando aplicado com fertilizantes foliares, sendo, também, compatível com defensivos agrícolas (Castro *et al.*, 1998).

De acordo com Castro e Melotto (1989), essas substâncias naturais ou sintéticas podem ser aplicadas diretamente nas plantas (folhas, frutos e sementes), provocando alterações nos processos vitais e estruturais, tendo por finalidade incrementar a produção, melhorar a qualidade e facilitar a colheita. Por meio dessas substâncias pode-se interferir em processos fisiológicos, tais como: a germinação das sementes, o vigor inicial das plântulas, o crescimento e o desenvolvimento radicular e foliar, e a produção de compostos orgânicos (Vieira e Castro, 2004). Esta interferência pode ocorrer pela aplicação dessas substâncias via sementes, via solo ou via foliar, porém precisam ser absorvidas para que possam exercer sua função (Castro e Melotto, 1989).

O presente trabalho teve por objetivo avaliar o efeito da aplicação de biorregulador no desempenho agrônomo das plantas e na produtividade de sementes da cultura da soja.

Material e métodos

O experimento foi conduzido nos anos agrícolas de 2005/2006 e 2006/2007 em campo experimental da Cooperativa Agropecuária e Industrial de Itambé (Estado do Paraná) localizado na latitude 23°39'40" Sul e longitude 51°59'25" Oeste, estando a uma altitude média de 428 metros. As avaliações de produtividade e da massa de mil sementes foram conduzidas no Laboratório de Tecnologia de Sementes do Núcleo de Pesquisa Aplicada à Agricultura (Nupagri), pertencente à Universidade Estadual de Maringá (UEM), Estado do Paraná.

O solo da área experimental foi classificado como

ARGISSOLO VERMELHO Eutroférico de textura argilosa (Embrapa, 1999). Segundo a classificação de Koeppen, o tipo climático predominante na área é o Cfa – subtropical úmido mesotérmico. Esse tipo de clima se caracteriza pela predominância de verões quentes, baixa frequência de geadas severas e uma tendência de concentração de chuvas no período de verão (Iapar, 1987). Os dados de precipitação pluvial, temperaturas máxima e mínima e umidade relativa do ar, referentes ao período de duração do experimento encontram-se na Tabela 1. Os resultados da análise química do solo, realizada antes da instalação do experimento, encontram-se na Tabela 2.

A área experimental foi previamente dessecada com 2,5 L ha⁻¹ do herbicida Glifosato em mistura com 0,5 L ha⁻¹ de óleo mineral. Os tratamentos culturais e adubação foram realizados conforme recomendações da Embrapa Soja (2005).

Tabela 1. Dados de temperaturas máxima e mínima, precipitação pluvial e umidade relativa do ar da manhã, no período de condução do experimento (Itambé, Estado do Paraná)¹.

Mês/Ano ²		Temperatura (°C)		Precipitação ³	Umidade
		Máxima	Mínima	Pluvial (mm)	Relativa (%)
Outubro/2005	(1)	29,4	19,5	79,1	74
	(2)	29,4	19,4	24,9	71,3
	(3)	28,3	19,6	75,0	78,6
Novembro/2005	(1)	29,3	18,6	5,0	64,3
	(2)	31,7	20,1	0,0	57,3
	(3)	30,2	19,2	95,0	68,0
Dezembro/2005	(1)	29,0	19,9	48,0	69,6
	(2)	29,6	19,4	50,0	66,6
	(3)	31,3	20,3	0,0	68,0
Janeiro/2006	(1)	30,6	21,7	51,0	73,6
	(2)	33,5	22,4	0,0	58,0
	(3)	30,4	21,0	43,0	78,6
Fevereiro/2006	(1)	31,8	22,0	106,0	73,0
	(2)	29,7	20,7	59,0	81,0
	(3)	29,1	19,3	68,0	77,3
Outubro/2006	(1)	29,3	18,6	46,0	70,6
	(2)	29,4	19,5	16,0	72,0
	(3)	31,9	19,8	27,5	58,6
Novembro/2006	(1)	28,7	19,0	34,0	72,6
	(2)	31,0	19,2	17,0	53,6
	(3)	32,1	21,5	98,0	66,0
Dezembro/2006	(1)	30,1	20,2	24,0	73,6
	(2)	32,4	22,3	125,0	65,6
	(3)	29,3	20,7	143,5	80,0
Janeiro/2007	(1)	28,8	21,6	123,0	86,6
	(2)	29,4	21,2	73,5	80,0
	(3)	29,9	21,4	50,9	79,6
Fevereiro/2007	(1)	30,9	22,0	33,0	75,0
	(2)	29,5	20,1	82,0	73,6
	(3)	31,4	20,9	57,5	71,0

¹Fonte: Estação Climatológica Principal de Maringá – Convênio UEM/INMET; ²(1), (2) e (3) representam os decêndios do mês; ³Precipitação coletada próxima à área experimental.

Foi utilizada no experimento, a cultivar de soja CD 216, pertencente ao grupo de maturação precoce, com ciclo médio de 112 dias. As sementes de soja foram semeadas com espaçamento de 0,45 m entre linhas, na profundidade de, aproximadamente, três centímetros e uma densidade de semeadura de 16 sementes por metro linear, em área de plantio direto. As parcelas foram constituídas de seis linhas de cinco metros de comprimento. Para as avaliações utilizou-se uma área útil de 5,4 m², em que foram consideradas apenas as duas fileiras centrais, descartando-se 1 metro de cada extremidade das fileiras como bordaduras.

Os tratamentos foram compostos pelo tratamento de sementes com biorregulador e uma testemunha não tratada (controle), além de três doses do biorregulador aplicadas via foliar em dois estádios de desenvolvimento da cultura, ou seja, V₅ e R₃, mais uma testemunha sem aplicação. As dosagens utilizadas foram as seguintes: via tratamento de sementes (0 e 500 mL 100 kg⁻¹ de sementes) e pulverização foliar (0; 250; 375 e 500 mL ha⁻¹). O biorregulador na formulação líquida é composto por três reguladores vegetais: 0,9 g L⁻¹ de cinetina (citocinina), 0,5 g L⁻¹ de ácido giberélico (giberelina) e 0,5 g L⁻¹ de ácido indol-butírico (auxina).

O tratamento de sementes com o biorregulador foi realizado por ocasião da semeadura, juntamente com a aplicação do fungicida Derosal Plus (Carbendazin + Thiram) na dose de 200 mL 100 kg⁻¹ de sementes, em que, utilizando-se sacos plásticos para o condicionamento das sementes e, por meio de agitação manual, promoveu-se maior contato entre as sementes e o produto. Para as aplicações foliares, efetuadas nos estádios V₅ e R₃, foi utilizado pulverizador costal com capacidade de 20 L, com bico 0,2 ADGA duplo leque sem indução de ar, propiciando um volume de calda de 165,3 L ha⁻¹.

Por ocasião do estádio R₈, ou seja, quando 95% das vagens apresentavam a coloração típica de vagem madura (Fehr *et al.*, 1971), foram efetuadas as seguintes determinações: altura média das plantas e número de vagens por planta.

Para a determinação da altura das plantas, foram avaliadas 10 plantas, escolhidas ao acaso na área útil das parcelas, realizando a medição com o auxílio de régua milimetrada, sendo os resultados expressos em centímetros. O número de vagens por planta foi avaliado por meio da contagem manual do número de vagens presentes nas mesmas 10 plantas escolhidas aleatoriamente na área útil de cada parcela.

Tabela 2. Resultados da análise química do solo na camada de 0 - 20 cm do solo ARGISSOLO VERMELHO Eutroférico, antes da implantação da cultura.

Profundidade (cm)	p ⁽¹⁾ mg dm ⁻³	pH ⁽²⁾ CaCl ₂ , H ₂ O	H ⁺ +Al ³⁺ -----	Al ³⁺ -----	K ⁺ ⁽¹⁾ -----	Ca ²⁺ cmol _c dm ⁻³ -----	Mg ²⁺ ⁽³⁾ -----	SB	CTC	V %	C ⁽⁴⁾ g dm ⁻³	
0 - 20	15,64	5,7	6,8	2,8	0	0,49	8,69	2,1	11,41	14,15	80,64	21,10

¹Extrator Mehlich 1; ²CaCl₂ 0,01 mol L⁻¹; ³KCl 1 mol L⁻¹; ⁴Método Walkley-Black.

As plantas foram colhidas manualmente, cinco a oito dias após o estágio de desenvolvimento R₈. Em seguida, 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 nas parcelas, foram calculadas as produtividades em kg ha⁻¹, para cada tratamento. Em seguida, foi determinada a massa de mil sementes, por meio da pesagem de oito subamostras de 100 sementes, para cada repetição de campo, com o auxílio de balança analítica com precisão de um miligrama, multiplicando-se os resultados por 10. Para o cálculo do rendimento e da massa de mil sementes, o grau de umidade das sementes, determinado por meio do método de estufa a 105±3°C (Brasil, 1992), foi corrigido para 13% base úmida.

O delineamento experimental adotado foi em blocos completos casualizados, com quatro repetições. Os tratamentos foram arrançados no esquema fatorial 2 x 4 x 2 (tratamento de sementes x aplicação foliar x estágio de desenvolvimento), para os dois anos agrícolas. Os resultados foram submetidos à análise de variância e o teste F foi conclusivo na comparação das médias dos efeitos de tratamento de sementes e de estádios fenológicos. A análise de regressão foi utilizada para verificar o comportamento das variáveis, em função das doses de biorregulador, em nível de 5% de probabilidade.

Resultados e discussão

Os resultados da análise de variância revelaram efeitos significativos, em nível de 5% de probabilidade, para o efeito principal estágio de desenvolvimento, bem como para o desdobramento das interações de segunda ordem, nas variáveis produtividade e massa de mil sementes.

As médias da altura das plantas, do número de vagens por planta, da produtividade e da massa de mil sementes da cultivar CD 216, em resposta ao tratamento de sementes e aplicação foliar de diferentes doses do biorregulador, em dois estádios de desenvolvimento no ano agrícola 2005/06, encontram-se na Tabela 3.

Observa-se que, para os dados de altura das plantas e número de vagens por planta, o tratamento de sementes com o biorregulador não promoveu

diferenças significativas ($p > 0,05$) na aplicação foliar do produto entre os dois estádios de desenvolvimento avaliados (V₅ e R₃), quando foram utilizadas as quatro doses do biorregulador na cultura da soja, nos dois anos agrícolas (Tabelas 4 e 5). Estes resultados contrariam aqueles obtidos por Milléo *et al.* (2000a), que observaram maior produção de vagens na cultura da soja com a aplicação de Stimulate[®] via tratamento de sementes. Fernandes *et al.* (1993), porém, observaram que houve decréscimo na altura das plantas, quando foi aplicado regulador vegetal via sementes, associado à aplicação via pulverização foliar.

Provavelmente, para o primeiro ano agrícola, o número de vagens por planta não diferiu significativamente entre o tratamento e a testemunha (Tabela 3), em virtude do estresse hídrico sofrido pela cultura no segundo decêndio de janeiro de 2006, período este que correspondeu à fase de enchimento dos grãos (Tabela 1). O déficit hídrico tem influência direta na taxa fotossintética, a qual está diretamente associada com a produção de fotoassimilados e, conseqüentemente, com a produtividade de sementes, e sua importância varia com o estágio fenológico em que se encontra a planta (Taiz e Zeiger, 2004). Este fato, provavelmente, comprometeu tanto a formação como o enchimento das vagens, em concordância com as observações realizadas por Araújo *et al.* (1996) e Alleoni *et al.* (2000).

Quanto à produtividade de sementes, observou-se que, no primeiro ano agrícola, quando as sementes não foram tratadas com biorregulador, apenas na aplicação via foliar da dose de 375 mL ha⁻¹ houve diferença significativa na referida característica, sendo que os melhores resultados foram obtidos quando o produto foi aplicado no estágio R₃. Nesse caso, a produtividade foi significativamente superior, em relação à aplicação da mesma dose no estágio V₅ (Tabela 3). Nas demais doses aplicadas via foliar não houve diferença significativa entre os estádios de desenvolvimento, quando não foi realizado o tratamento de sementes.

Todavia, quando as sementes foram previamente tratadas com o biorregulador, ainda no primeiro ano agrícola, foi possível observar que houve diferença significativa na produtividade com aplicação foliar do produto utilizando a dose de 250 mL ha⁻¹, ou

seja, a produtividade de sementes foi significativamente aumentada, quando foi realizada a pulverização foliar no estágio R₃, em comparação com o mesmo tratamento aplicado no estágio V₅ (Tabela 3). Em contrapartida, nas demais doses aplicadas via foliar, não houve diferenças significativas entre os estádios de desenvolvimento avaliados, quando foi realizado o tratamento de sementes com biorregulador.

Tabela 3. Médias da altura das plantas, número de vagens por planta, produtividade e massa de mil sementes, em resposta à aplicação foliar de diferentes doses de biorregulador, em dois estádios de desenvolvimento da cultura da soja, com e sem tratamento de sementes (Itambé, Estado do Paraná – 2005/06).

TS	Estádio	Doses (mL ha ⁻¹)			
		Zero	250	375	500
Altura das plantas (cm)					
Não tratada	V ₅	80,1 A	80,6 A	78,6 A	75,3 A
	R ₃	75,0 A	78,9 A	76,7 A	78,1 A
Tratada	V ₅	78,7 A	77,4 A	75,2 A	79,4 A
	R ₃	77,0 A	81,9 A	76,7 A	81,4 A
Número de vagens por planta					
Não tratada	V ₅	63,1 A	61,3 A	63,8 A	55,5 A
	R ₃	51,0 A	55,6 A	53,0 A	56,5 A
Tratada	V ₅	59,5 A	62,3 A	57,5 A	54,1 A
	R ₃	50,7 A	50,0 A	53,4 A	48,5 A
Produtividade de sementes (kg ha ⁻¹)					
Não tratada	V ₅	2.232 A	2.400 A	2.028 B	2.443 A
	R ₃	2.329 A	2.342 A	2.645 A	2.277 A
Tratada	V ₅	2.571 A	2.156 B	2.260 A	2.243 A
	R ₃	2.499 A	3.088 A	2.456 A	2.269 A
Massa de mil sementes (g)					
Não tratada	V ₅	119,5 A	125,1 A	127,6 A	132,0 A
	R ₃	122,2 A	124,8 A	112,5 A	126,6 A
Tratada	V ₅	128,7 A	119,8 B	121,3 A	130,9 A
	R ₃	120,0 A	137,6 A	131,3 A	124,3 A

Médias seguidas de letras maiúsculas na mesma coluna não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste F.

Por meio da análise dos dados da Tabela 3, observa-se que, quando não foi realizado o tratamento de sementes com biorregulador no primeiro ano agrícola, não houve diferença significativa na massa de mil sementes entre os estádios de desenvolvimento V₅ e R₃, em todas as doses do produto aplicadas via foliar. Entretanto, ao se realizar o tratamento de sementes com biorregulador, os resultados foram semelhantes aos obtidos na avaliação da produtividade de sementes, ou seja, houve diferença significativa na massa de mil sementes, quando o produto foi aplicado via foliar no estágio R₃, utilizando a dose de 250 mL ha⁻¹. Nas demais doses aplicadas via foliar, não houve diferenças significativas entre os estádios de aplicação. Os resultados obtidos nesse ensaio indicaram que o biorregulador apresentou

efeito benéfico em aumentar a massa de mil sementes, no tratamento em questão, que se refletiu em maior produtividade de sementes.

Para o segundo ano agrícola (Tabela 4), observou-se que, quando as sementes não foram tratadas com biorregulador, não houve diferença significativa na produtividade em nenhum dos demais tratamentos. No entanto, a produtividade de sementes foi aumentada significativamente, quando foi realizado o tratamento de sementes conjuntamente com aplicação via foliar na dose de 500 mL ha⁻¹, no estágio R₃, em comparação com o mesmo tratamento aplicado no estágio V₅.

Por meio da análise da Tabela 4, observa-se que, quando não foi realizado o tratamento de sementes com biorregulador, houve diferença significativa na massa de mil sementes, quando o produto foi aplicado via foliar no estágio R₃, utilizando a dose de 500 mL ha⁻¹. Entretanto, ao se realizar o tratamento de sementes com o produto, não houve diferença significativa entre os estádios de desenvolvimento V₅ e R₃, em todas as doses do biorregulador aplicadas via foliar.

Tabela 4. Médias da altura das plantas, número de vagens por planta, produtividade e massa de mil sementes, em resposta à aplicação foliar de diferentes doses de biorregulador, em dois estádios de desenvolvimento da cultura da soja, com e sem tratamento de sementes (Itambé, Estado do Paraná – 2006/07).

TS	Estádio	Doses (mL ha ⁻¹)			
		Zero	250	375	500
Altura das plantas (cm)					
Não tratada	V ₅	102,8 A	100,1 A	100,6 A	99,9 A
	R ₃	101,7 A	106,4 A	105,1 A	101,6 A
Tratada	V ₅	104,8 A	101,0 A	100,8 A	102,8 A
	R ₃	103,0 A	102,9 A	100,6 A	102,5 A
Número de vagens por planta					
Não tratada	V ₅	55,8 A	55,9 A	58,3 A	51,6 A
	R ₃	50,8 A	51,1 A	53,2 A	51,3 A
Tratada	V ₅	52,9 A	52,6 A	56,6 A	51,8 A
	R ₃	53,3 A	57,1 A	50,8 A	51,8 A
Produtividade de sementes (kg ha ⁻¹)					
Não tratada	V ₅	3.646 A	3.369 A	3.464 A	3.497 A
	R ₃	3.492 A	3.520 A	3.491 A	3.454 A
Tratada	V ₅	3.632 A	3.528 A	3.549 A	3.362 B
	R ₃	3.572 A	3.548 A	3.532 A	3.655 A
Massa de mil sementes (g)					
Não tratada	V ₅	170,1 A	169,0 A	174,0 A	159,4 B
	R ₃	166,3 A	172,5 A	172,1 A	171,6 A
Tratada	V ₅	169,4 A	167,0 A	171,1 A	169,5 A
	R ₃	169,0 A	170,8 A	171,1 A	169,5 A

Médias seguidas de letras maiúsculas na mesma coluna não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste F.

As médias das características agrônomicas e dos componentes do rendimento de sementes, em resposta à aplicação foliar de diferentes doses do

bioregulador, com e sem tratamento de sementes, em dois estádios de desenvolvimento da cultura da soja no ano agrícola de 2005/06, encontram-se na Tabela 5.

Nos resultados da altura das plantas e do número de vagens por planta, observa-se que a aplicação do bioregulador via foliar nos dois estádios de desenvolvimento, ou seja, V₅ e R₃, não promoveu diferenças significativas nas referidas variáveis, quando o tratamento de sementes foi ou não realizado (Tabela 5). Resultados semelhantes foram obtidos por Castro (1981) e Laca-Buendia *et al.* (1984), porém trabalhando com outros tipos de bioreguladores. Reis Junior (2003), também observou que as alturas de planta e de inserção da 1ª vagem na cultura da soja não foram influenciadas pelo bioregulador. Contudo, Alleoni *et al.* (2000) e Milléo *et al.* (2000a), trabalhando com aplicações de Stimulate® nas culturas do feijoeiro e da soja, respectivamente, observaram aumentos significativos no número de vagens por planta, contrariando os resultados obtidos nesse trabalho.

Tabela 5. Médias da altura das plantas, número de vagens por planta, produtividade e massa de mil sementes, em resposta à aplicação foliar de diferentes doses de bioregulador, com e sem tratamento de sementes, em dois estádios de desenvolvimento da cultura da soja (Itambé, Estado do Paraná – 2005/06).

Estádio	TS	Doses (mL ha ⁻¹)			
		Zero	250	375	500
Altura das plantas (cm)					
V ₅	Não tratada	80,1 A	80,6 A	78,7 A	75,3 A
	Tratada	78,7 A	77,4 A	75,2 A	79,4 A
R ₃	Não tratada	75,0 A	78,9 A	76,7 A	78,1 A
	Tratada	77,0 A	81,9 A	76,7 A	81,4 A
Número de vagens por planta					
V ₅	Não tratada	63,1 A	61,3 A	63,8 A	55,5 A
	Tratada	59,5 A	62,3 A	57,5 A	54,1 A
R ₃	Não tratada	51,0 A	55,6 A	53,0 A	56,5 A
	Tratada	50,7 A	50,0 A	53,4 A	48,5 A
Produtividade de sementes (kg ha ⁻¹)					
V ₅	Não tratada	2.232 A	2.400 A	2.028 A	2.443 A
	Tratada	2.571 A	2.156 A	2.260 A	2.243 A
R ₃	Não tratada	2.329 A	2.342 B	2.645 A	2.277 A
	Tratada	2.499 A	3.088 A	2.456 A	2.269 A
Massa de mil sementes (g)					
V ₅	Não tratada	119,5 A	125,1 A	127,6 A	132,0 A
	Tratada	128,7 A	119,8 A	121,3 A	130,9 A
R ₃	Não tratada	122,2 A	124,8 A	112,5 B	126,6 A
	Tratada	120,0 A	137,6 A	131,3 A	124,3 A

Médias seguidas de letras maiúsculas na mesma coluna não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste F.

Na avaliação da produtividade de sementes obtida no primeiro ano agrícola (Tabela 5), observa-se que não houve diferença significativa em todos os

tratamentos, com exceção, da aplicação foliar de 250 mL ha⁻¹ do bioregulador no estádio fenológico R₃, em que a produtividade foi significativamente maior, quando foi realizado o tratamento prévio das sementes com o bioregulador. Os resultados obtidos indicaram que, para as condições desse trabalho e ano agrícola, o tratamento de sementes só foi efetivo em aumentar o rendimento da soja, quando foi realizado em conjunto com a pulverização foliar do produto no estádio R₃, utilizando a dose de 250 mL ha⁻¹. Esses resultados estão de acordo com Vieira e Castro (2001) e Castro *et al.* (2004), em que aplicações de Stimulate®, via tratamento de sementes, promoveram incrementos significativos na produtividade da cultura da soja.

Segundo Taiz e Zeiger (2004), hormônios e nutrientes são substâncias que controlam a relação fonte/dreno de assimilados em plantas. O maior rendimento alcançado no estádio reprodutivo R₃ pode ser explicado por esta relação. Provavelmente, quando o estimulante é aplicado nesta fase, serve como dreno para a liberação e/ou remobilização de carboidratos, originando grãos verdadeiros e influenciando positivamente na produtividade.

Em relação à característica massa de mil sementes, no primeiro ano agrícola, nota-se que não houve diferença significativa, quando as sementes foram ou não tratadas com o bioregulador, independente da dose aplicada via foliar no estádio V₅ (Tabela 5). Porém, ao se realizar a pulverização foliar do produto no estádio R₃ com a dose de 375 mL ha⁻¹, observa-se que a massa de mil sementes aumentou significativamente, quando as sementes foram concomitantemente tratadas.

Na Tabela 6 são apresentadas as médias das características agronômicas e dos componentes do rendimento de sementes, em resposta à aplicação foliar de diferentes doses do bioregulador, com e sem tratamento de sementes, em dois estádios de desenvolvimento da cultura da soja no ano agrícola de 2006/07.

A semelhança dos resultados obtidos no ano agrícola anterior, novamente não foi observada diferença significativa entre os tratamentos para as variáveis altura das plantas e número de vagens por planta (Tabela 6).

Ainda no segundo ano agrícola (Tabela 6), observa-se que independentemente de as pulverizações foliares serem realizadas em V₅ ou R₃, não houve diferença significativa em produtividade, quando foi ou não realizado o tratamento de sementes; nesse caso, supõe-se que a efetividade do bioregulador é mais pronunciada e apresenta melhores resultados quando há uma condição de estresse, como a seca que ocorreu no primeiro ano agrícola.

Tabela 6. Médias da altura das plantas, número de vagens por planta, massa de mil sementes e produtividade de sementes, em resposta à aplicação foliar de diferentes doses de biorregulador, com e sem tratamento de sementes, em dois estádios de desenvolvimento da cultura da soja (Itambé, Estado do Paraná – 2006/07).

Estádio	TS	Doses (mL ha ⁻¹)			
		Zero	250	375	500
Altura das plantas (cm)					
V ₅	Não tratada	102,8 A	100,1 A	100,6 A	99,9 A
	Tratada	104,8 A	101,0 A	100,8 A	102,8 A
R ₃	Não tratada	101,7 A	106,4 A	105,1 A	101,6 A
	Tratada	103,0 A	102,9 A	100,6 A	102,5 A
Número de vagens por planta					
V ₅	Não tratada	55,8 A	55,9 A	58,3 A	51,6 A
	Tratada	52,9 A	52,6 A	56,6 A	51,8 A
R ₃	Não tratada	50,8 A	51,1 A	53,2 A	51,3 A
	Tratada	53,3 A	57,1 A	50,8 A	51,8 A
Produtividade de sementes (kg ha ⁻¹)					
V ₅	Não tratada	3.646 A	3.369 A	3.464 A	3.497 A
	Tratada	3.632 A	3.528 A	3.549 A	3.362 A
R ₃	Não tratada	3.492 A	3.520 A	3.491 A	3.454 A
	Tratada	3.572 A	3.548 A	3.532 A	3.655 A
Massa de mil sementes (g)					
V ₅	Não tratada	170,1 A	169,0 A	174,0 A	159,4 B
	Tratada	169,4 A	167,0 A	171,1 A	169,5 A
R ₃	Não tratada	166,3 A	172,5 A	172,1 A	171,6 A
	Tratada	169,0 A	170,8 A	171,1 A	169,5 A

Médias seguidas de letras maiúsculas na mesma coluna não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste F.

Porém, em relação à massa de mil sementes, para o ano de 2006/07, observou-se que ao se realizar a pulverização foliar do produto no estádio V₅ com a dose de 500 mL ha⁻¹, a massa de mil sementes aumentou significativamente, quando as sementes foram concomitantemente tratadas.

O comportamento das variáveis produtividade e massa de mil sementes, em função das doses crescentes do biorregulador aplicado via foliar, para o ano agrícola de 2005/06, está ilustrado na Figura 1.

Em relação aos valores de produtividade de sementes frente à aplicação crescente de doses de biorregulador via foliar no primeiro ano agrícola (Figura 1A), observou-se um comportamento quadrático para a referida variável, com a aplicação foliar do produto no estádio R₃, associado com o tratamento de sementes.

A partir do ajuste da equação de regressão foi possível estimar a resposta máxima de produtividade de 2927,65 kg ha⁻¹ (máximo da função), a qual pode ser alcançada pela aplicação da dose de 211,4 mL ha⁻¹ (ponto de máximo) de biorregulador via foliar.

Aumentos na produtividade de sementes também foram encontrados em diversos outros trabalhos realizados com Stimulate® (Vieira e Castro, 2001; Milléo, 2002; Rodrigues e Domingues, 2002; Castro

et al., 2004) e com Stimulate® 10X (Braccini *et al.*, 2005) na cultura da soja.

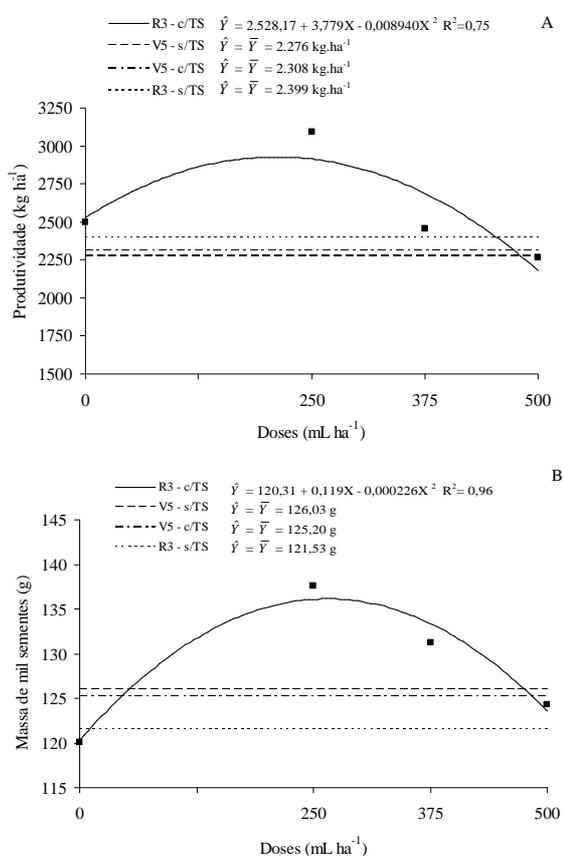


Figura 1. Produtividade (A) e massa de mil sementes (B) na cultura da soja, em função do aumento nas doses de biorregulador via aplicação foliar (Itambé, Estado do Paraná – 2005/06).

Nota-se que os dados de massa de mil sementes para o primeiro ano agrícola apresentaram comportamento semelhante aos resultados obtidos na avaliação da produtividade, ou seja, o maior rendimento poderia ser justificado pelo aumento na massa de mil sementes. O tratamento de aplicação do biorregulador via foliar no estádio R₃, associado ao tratamento de sementes, permitiu o ajuste de equação de regressão quadrática para a característica massa de mil sementes (Figura 1B). A partir da equação de regressão ajustada foi possível estimar a resposta máxima da massa de mil sementes em 136,16 g, a qual foi alcançada pela aplicação da dose de 265 mL ha⁻¹ de biorregulador via foliar (ponto de máximo).

Para o segundo ano agrícola (2006/07) não foi observada diferença significativa da aplicação foliar de doses crescentes do biorregulador, tanto para os dados de produtividade como para a massa de mil sementes (Tabela 7). Observa-se, contudo, que os resultados

obtidos no segundo ano agrícola para as duas características avaliadas foram superiores aqueles do primeiro ano, em virtude das condições climáticas mais favoráveis observadas em 2006/07 (Tabela 1).

Tabela 7. Produtividade e massa de mil sementes na cultura da soja, em função do aumento nas doses de biorregulador via aplicação foliar (Itambé, Estado do Paraná – 2006/07).

Tratamentos	Médias	
	Produtividade (kg ha ⁻¹)	Massa de mil sementes (g)
V ₅ - s/TS	$\hat{Y} = \bar{Y} = 3.494$	$\hat{Y} = \bar{Y} = 168,1$
V ₅ - c/TS	$\hat{Y} = \bar{Y} = 3.518$	$\hat{Y} = \bar{Y} = 169,2$
R ₃ - s/TS	$\hat{Y} = \bar{Y} = 3.489$	$\hat{Y} = \bar{Y} = 170,6$
R ₃ - c/TS	$\hat{Y} = \bar{Y} = 3.576$	$\hat{Y} = \bar{Y} = 170,1$

Portanto, a partir dos resultados obtidos é possível inferir que um dos princípios básicos para melhorar a eficácia do biorregulador na cultura da soja foi a condição climática adversa, ou seja, a ocorrência de veranico no primeiro ano em estudo.

Os resultados dos dois anos agrícolas demonstraram que há a necessidade de mais estudos em relação à eficácia do uso do biorregulador na cultura da soja.

Conclusão

As características altura das plantas e número de vagens por planta não foram influenciadas pela aplicação do biorregulador nos dois anos agrícolas.

No ano agrícola de 2005/06, a maior produtividade de sementes (2.927 kg ha⁻¹) foi alcançada pela aplicação da dose de 211 mL ha⁻¹ de biorregulador via foliar no estágio R₃, associado com o tratamento de sementes.

No segundo ano agrícola não houve diferença significativa ($p > 0,05$) entre os tratamentos na produtividade sementes, muito embora os resultados alcançados tenham sido superiores aos obtidos no primeiro ano.

Um dos princípios básicos para melhorar a eficácia do biorregulador na cultura da soja é a condição climática adversa.

Referências

ALLEONI, B. et al. Efeito dos reguladores vegetais de Stimulate no desenvolvimento e produtividade do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). *Publ. UEPG*, Ponta Grossa, v. 6, n. 1, p. 23-35, 2000.

ARAÚJO, R.S. et al. *Cultura do feijoeiro comum no Brasil*. Piracicaba: Potafós, 1996.

BRACCINI, A.L. et al. Emergência das plântulas e componentes da produção de sementes em resposta a diferentes doses e formas de aplicação do bioestimulante Stimulate 10X na cultura da soja. *In: REUNIÃO DE*

PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO CENTRAL DO BRASIL, 27., 2005, Cornélio Procópio. *Resumos expandidos...* Londrina: Embrapa Soja, 2005. p. 565-566.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. *Regras para análise de sementes*. Brasília: SNDA/DNDV/CLAV, 1992.

CASTRO, P.R.C. Efeitos de fitorreguladores na produtividade da soja (*Glycine max* cv. Davis) em competição. *An. Esc. Super. Agric. Luiz Queiroz*, Piracicaba, v. 38, n. 1, p. 289-298, 1981.

CASTRO, P.R.C.; MELOTTO, E. Bioestimulantes e hormônios aplicados via foliar. *In: BOARETO, A.E.; ROSOLEM, C.A. (Ed.). Adubação foliar*. Campinas: Fundação Cargill, 1989. v. 1, cap. 8, p. 191-235.

CASTRO, P.R.C.; VIEIRA, E.L. *Aplicações de reguladores vegetais na agricultura tropical*. Guaíba: Agropecuária, 2001.

CASTRO, P.R.C. et al. Efeitos de Stimulate e de micro-citros no desenvolvimento vegetativo e na produtividade da laranjeira 'Pêra' (*Citrus sinensis* L. Osbeck). *Sci. Agric.*, Piracicaba, v. 55, n. 2, p. 338-341, 1998.

CASTRO, P.R.C. et al. Produtividade da soja tratada com Stimulate. *In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO CENTRAL DO BRASIL*, 26., 2004, Ribeirão Preto. *Resumos...* Ribeirão Preto: UFU, 2004. p. 114-114.

EMBRAPA SOJA. *Recomendações técnicas para a cultura da soja no Paraná 1998/99*. Londrina: Embrapa Soja, 1998. (Embrapa Soja. Documentos, 119).

EMBRAPA SOJA. *Tecnologias de produção de soja – Paraná – 2005*. Londrina: Embrapa Soja, 2004. (Sistemas de Produção/Embrapa Soja, n. 5).

EMBRAPA. Sistema brasileiro de classificação dos solos. Brasília: Embrapa, 1999.

FEHR, W.R. et al. Stage of development description for soybean, *Glycine max* (L.) Merrill. *Crop Sci.*, Madison, v. 11, n. 6, p. 929-931, 1971.

FERNANDES, A.A.H. et al. Ação do Agrostemina sobre a altura e o número de folhas de plantas de soja (*Glycine max* L. Merrill cv. IAC-8). *Sci. Agric.*, Piracicaba, v. 50, n. 1, p. 6-12, 1993.

FERRARI, S. et al. Desenvolvimento e produtividade do algodoeiro em função de espaçamentos e aplicação de regulador de crescimento. *Acta Sci. Agron.*, Maringá, v. 30, n. 3, p. 365-371, 2008.

IAPAR. Cartas climáticas básicas do Estado do Paraná. Londrina, 1987.

LACA-BUENDIA, J.P. et al. Efeito de bioestimulante na cultura da soja. *In: SEMINÁRIO NACIONAL DE PESQUISA DE SOJA*, 3., 1984, Londrina. *Anais...* Londrina: Embrapa/Centro Nacional de Pesquisa de Soja, 1984. p. 27-33.

MILLÉO, M.V.R. Avaliação da eficácia agrônômica de diferentes doses e formas de aplicação de Stimulate na cultura da soja. Ponta Grossa: UEPG, 2002. (Relatório técnico).

MILLÉO, M.V.R. et al. Avaliação da eficiência agrônômica do produto Stimulate aplicado no tratamento de sementes e em pulverização foliar sobre a cultura da soja (*Glycine max* L.). *Arq. Inst. Biol.*, São Paulo, v. 67 (supl.), p. 1-145, 2000a.

MILLÉO, M.V.R. *et al.* Avaliação da eficiência agronômica do produto Stimulate aplicado no tratamento de sementes e no sulco de plantio sobre a cultura do milho (*Zea mays* L.). *Arq. Inst. Biol.*, São Paulo, v. 67 (supl.), p. 1-145, 2000b.

REIS JÚNIOR, R.A. Avaliação agronômica do Stimulate na cultura da soja. [S.l.: s.n], 2003. Disponível em: <http://www.fundacaochapadao.com.br/texto/Soja_Stoller%2002-03.pdf>. Acesso em: 10 mar. 2006.

OS CAMINHOS da soja. *Rev. Rural*, São Paulo, n. 85, 2005. Disponível em: <<http://www.revistarural.com.br/edicoes/2005>>. Acesso em: 10 mar. 2006.

RODRIGUES, J.D.; DOMINGUES, M.C.S. *Incrementos de produtividade na cultura da soja (Glycine max L. Merrill) cultivar IAC-18 com a aplicação do biorregulador Stimulate*. Botucatu: Unesp. Instituto de Biociências, 2002. (Relatório técnico).

TAIZ, L.; ZEIGER, E. *Fisiologia vegetal*. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004.

VIEIRA, E.L.; CASTRO, P.R.C. Ação de bioestimulante na germinação de sementes, vigor de plântulas, crescimento radicular e produtividade de soja. *Rev. Bras. Sementes*, Brasília, v. 23, n. 2, p. 222-228, 2001.

VIEIRA, E.L.; CASTRO, P.R.C. *Ação de Stimulate no desenvolvimento inicial de plantas de algodoeiro (Gossypium hirsutum L.)*. Piracicaba: USP, Departamento de Ciências Biológicas, 2002.

VIEIRA, E.L.; CASTRO, P.R.C. *Ação de bioestimulante na cultura da soja (Glycine max (L.) Merrill)*. Cosmópolis: Stoller do Brasil, 2004.

Received on July 06, 2007.

Accepted on October 16, 2007.

License information: This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.