

MANEJO DE BIORREGULADOR NOS COMPONENTES DE PRODUÇÃO E DESEMPENHO DAS PLANTAS DE SOJA

BIOREGULATORS MANAGEMENT IN PARTS OF PRODUCTION AND PERFORMANCE OF SOYBEAN PLANTS

Leandro Paiola ALBRECHT¹; Alessandro de Lucca e BRACCINI²; Carlos Alberto SCAPIM²; Marizangela Rizzatti ÁVILA³; Alfredo Jr. Paiola ALBRECHT⁴; Thiago Toshio RICCI⁵

1. Professor, Doutor, Universidade Federal do Paraná – UFPR, Palotina, PR, Brasil. lpalbrecht@yahoo.com.br; 2. Professor, Doutor, Universidade Estadual de Maringá – UEM, Maringá, PR, Brasil; 3. Pesquisadora, Doutora, Instituto Agronômico do Paraná – IAPAR, Santa Tereza do Oeste, PR, Brasil; 4. Acadêmico do curso de Agronomia, UEM, Maringá, PR, Brasil; 5. Acadêmico de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Agronomia – PGA, UEM, Maringá, PR, Brasil.

RESUMO: A grande relevância no posicionamento adequado de novas tecnologias na soja, o objetivo do presente trabalho foi avaliar o desempenho das plantas e os componentes de produção, em resposta à aplicação de biorregulador na cultura da soja. Para tanto, sementes de soja da cultivar BRS 246 RR foram semeadas no mês de outubro dos anos agrícolas de 2007/2008 e 2008/2009, no delineamento experimental em blocos completos com os tratamentos casualizados, com quatro repetições. Os tratamentos, arranjados em esquema fatorial, foram compostos pela combinação do tratamento de sementes com o biorregulador (sem e com 0,500 L 100 kg⁻¹ de sementes) e cinco doses do produto (0; 0,125; 0,250; 0,375 e 0,500 L ha⁻¹) aplicadas via foliar, em dois estádios de desenvolvimento da cultura (V₅ ou R₃). O biorregulador é composto por três reguladores vegetais nas seguintes concentrações: 0,005% do ácido indolbutírico; 0,009% de cinetina e 0,005% de ácido giberélico. Foram avaliadas características agrônomicas e componentes de produção da cultura. O uso do biorregulador influenciou os componentes de produção da cultura, gerando aumentos no número de vagens que foram correspondidos por incremento na produtividade até uma dose máxima, não superior a 340 mL do produto.

PALAVRAS-CHAVE: *Glycine max*. Regulador vegetal. Plantas. Sementes.

INTRODUÇÃO

Com o intuito de alcançar maiores retornos econômicos pelo incremento na produtividade da cultura da soja, faz-se necessária a continuidade no processo de geração de informações, provenientes da pesquisa dirigida, que avalie práticas inovadoras de manejo, como o uso de biorreguladores. Reguladores vegetais ou biorreguladores possuem ampla aplicabilidade fitotécnica em inúmeras culturas e, podem ser denominadas substâncias ou associações, com a presença de análogos químicos de hormônios vegetais. Cita-se alguns exemplos de trabalhos, como em milho, por Milléo et al. (2000), Dourado Neto et al. (2004) e Ferreira et al. (2007), em feijão (ALLEONI et al., 2000), algodão (SANTOS; VIEIRA, 2005; VIEIRA; SANTOS, 2005; ALBRECHT et al., 2009) e essências florestais (PRADO NETO et al., 2007).

Várias pesquisas na própria sojicultura atestam a funcionalidade de biorreguladores (KLAHOLD et al., 2006; ÁVILA et al., 2008; CAMPOS et al., 2008; MOTERLE et al., 2008; CAMPOS et al., 2009); porém, perdem posicionamentos técnico-científicos a serem consolidados diante do seu emprego em espécies como a soja, que já atingiram elevado nível

tecnológico. Tal retrato vigorante impõe a constante reformulação, adaptação de tecnologias e a introdução racional de novas tecnologias, como o uso e manejo de biorreguladores.

Deste modo, o presente trabalho teve por objetivo avaliar o manejo na aplicação do biorregulador no desempenho agrônomico das plantas e nos componentes da produção de sementes de soja.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado no campo experimental da FEI-UEM (Fazenda Experimental de Iguatemi – Universidade Estadual de Maringá), localizando-se a uma latitude de 23°25' Sul e longitude de 51°57' a Oeste de Greenwich com altitude média de 540 m. As avaliações de produtividade e massa das sementes foram conduzidas no Laboratório de Tecnologia de Sementes do Núcleo de Pesquisa Aplicada à Agricultura (Nupagri), pertencente ao Centro de Ciências Agrárias da Universidade Estadual de Maringá (UEM).

O solo da área experimental foi classificado como Argissolo Vermelho distrófico de textura média (EMBRAPA, 1999).

Segundo a classificação de Köppen (IAPAR, 1987), o tipo climático predominante na área é o Cfa – subtropical úmido mesotérmico. Foi realizada a análise química do solo e interpretação da mesma, antes da instalação do experimento, no primeiro ano agrícola.

A adubação de sementeira (N-P-K+S+Ca+micronutrientes) foi realizada com base na análise de solo e seguindo recomendações da Embrapa (2006), objetivando produzir 3.500 kg ha⁻¹ de sementes. Foi utilizada, no experimento, a cultivar de soja BRS 246 RR, pertencente ao grupo de maturação médio, com ciclo de aproximadamente 130 dias. A sementeira foi realizada em 20/10/2007 (1º Ano) e 20/10/2008 (2º Ano), com espaçamento de 0,45 m entre as linhas, e população de 355.555 plantas ha⁻¹, em área de sementeira direta, com a cultura da aveia no inverno. As parcelas foram constituídas de seis linhas de 5 m de comprimento. Para as avaliações, utilizou-se área útil de 5,4 m². Durante o desenvolvimento da cultura, foram realizados todos os manejos fitotécnicos e fitossanitários necessários e segundo recomendações da Embrapa (2006).

O arranjo dos tratamentos, para os anos agrícolas 2007/2008 e 2008/2009, foram compostos pelo tratamento de sementes, com e sem o produto Stimulate®, além de cinco doses do Stimulate® aplicadas, via foliar, em dois estádios de desenvolvimento da cultura, ou seja, V₅ ou R₃, constituindo-se um fatorial 2 x 5 x 2 com quatro repetições. As dosagens utilizadas foram as seguintes: via tratamento de sementes – 0 e 0,500 L 100 kg⁻¹ de sementes; pulverização foliar – 0; 0,125; 0,250; 0,375 e 0,500 L ha⁻¹.

O Stimulate® é um biorregulador líquido da Stoller do Brasil Ltda., composto por três reguladores vegetais na seguinte concentração: 0,005% do ácido indolbutírico – IBA (análogo de auxina), 0,009% de cinetina (citocinina) e 0,005% de ácido giberélico – GA₃ (giberelina).

O tratamento de sementes com o biorregulador foi realizado por ocasião da sementeira, juntamente com a aplicação de 250 mL de fungicida (Carboxin + Thiram) e 150 mL de CoMo (15% Mo e 1,5% Co L⁻¹), para 100 kg de sementes, em que, utilizando-se sacos plásticos para o condicionamento das sementes e, por meio de agitação manual, se promoveu maior contato entre as sementes e o produto. Logo após o tratamento com fungicida + CoMo + Stimulate® foi realizada a inoculação das sementes (*Bradyrhizobium japonicum*), na dose 250 g 50 kg⁻¹ de sementes.

Para as aplicações foliares, efetuadas nos estádios V₅ e R₃, foi utilizado pulverizador costal

propelido a CO₂, com pressão constante de 2 BAR (ou 29 PSI), uma vazão de 0,65 L min.⁻¹, equipado com lança contendo 1 bico leque da série Teejet tipo XR 110 02, que, trabalhando a uma altura de 50 cm do alvo e a uma velocidade de 1 m segundo⁻¹, atingindo uma faixa aplicada de 50 cm de largura, propiciou um volume de calda de 200 L ha⁻¹. Observando que juntamente com o biorregulador foi adicionado o adjuvante (ésteres de ácido graxos com glicerol), na concentração de 0,5% da calda.

Por ocasião do estádio R₈, foram efetuadas as seguintes determinações: altura média das plantas, altura de inserção das primeiras vagens e número de vagens por planta. As plantas foram colhidas manualmente, cinco a oito dias após o estádio de desenvolvimento R₈. Após a colheita das plantas, as vagens foram debulhadas 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 das sementes nas parcelas, foram estimadas as produtividades em kg ha⁻¹, para cada tratamento. Em seguida, foi determinada a massa de 1.000 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 1.000 sementes, o grau de umidade, 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 com tratamentos casualizados, com 20 tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos foram arrançados no esquema fatorial 2 x 5 x 2 (tratamento de sementes x aplicação foliar x estádio de desenvolvimento). Os dados foram submetidos à Anova e, independente da significância pelo teste F ($P < 0,05$), nas interações, prosseguiram-se os desdobramentos necessários para diagnosticar possíveis efeitos da interação. 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 ajuste de modelos polinomiais para variáveis dependentes, em função das doses de biorregulador aplicados, via foliar, em nível de 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados de precipitação pluviométrica, temperaturas máxima e mínima e umidade relativa do ar, referentes ao período de duração do experimento foram coletados diariamente na FEI-

UEM, confeccionado também um balanço hídrico para as safras 2007/2008 e 2008/2009. Para ambas

as safras seguem as Figuras (1 e 2) relativas aos elementos climáticos.

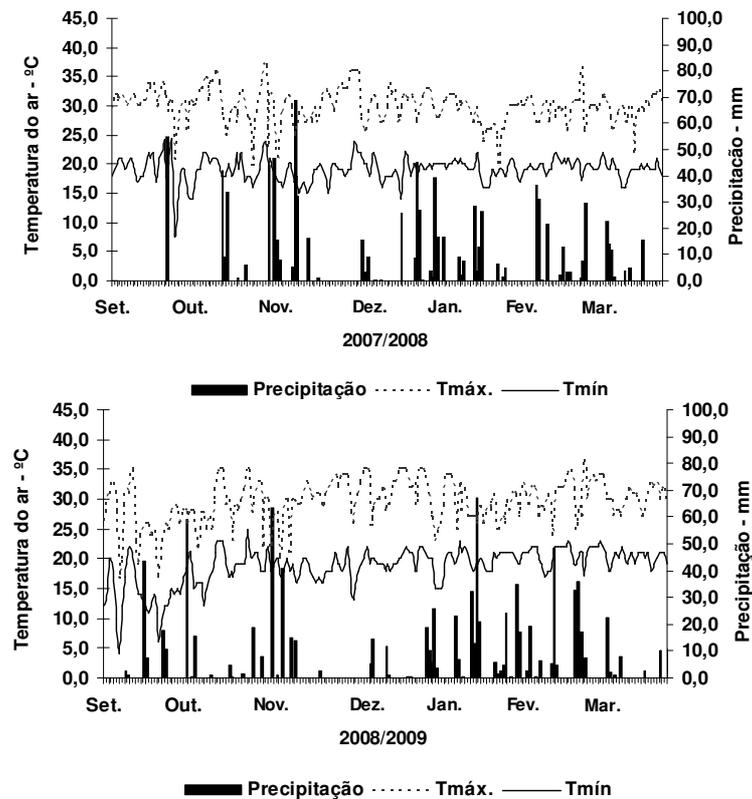


Figura 1. Dados climáticos diários de temperaturas máxima e mínima, precipitação pluvial, no ano agrícola 2007/2008 e 2008/2009, na Fazenda Experimental de Iguatemi (FEI).

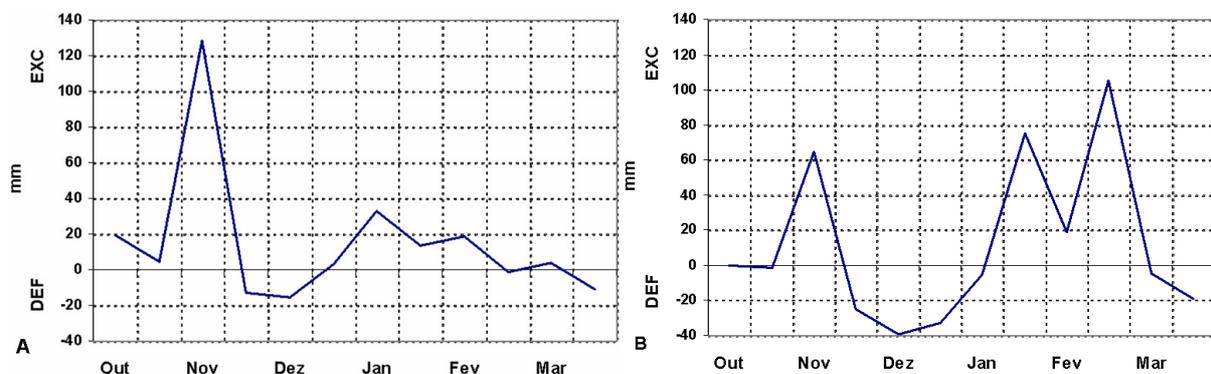


Figura 2. Balanço hídrico em dados quinzenais, ano agrícola 2007/2008 (A) e 2008/2009 (B), na Fazenda Experimental de Iguatemi (FEI).

Safra 2007/2008

Não ocorreu efeito significativo nos fatores principais e nas interações, para as variáveis: altura de inserção de primeira vagem, altura de plantas e massa de 1.000 sementes. Para número de vagens por planta e produtividade, ocorreu efeito significativo para os fatores principais tratamento de sementes e doses aplicadas via foliar. Mesmo efetuando todos os desdobramentos, não foi constatado significância ($P > 0,05$).

Observa-se na Tabela 1 a superioridade estatística do tratamento de sementes com o biorregulador, para as variáveis, número de vagens por planta e produtividade de sementes. Este fato explicita a eficiência agrônômica do uso do biorregulador em questão, no caso de tratamento de sementes, na dose de $0,500 \text{ L } 100 \text{ kg}^{-1}$ de sementes. O efeito benéfico do tratamento de sementes com biorregulador também foi identificado por Klahold et al. (2006) e Ávila et al. (2008).

Tabela 1. Desempenho das plantas e componentes de produção da soja sob efeito do uso de biorregulador via tratamento de sementes (TS) e aplicação foliar em dois estádios de desenvolvimento, no ano agrícola 2007/2008.

Tratamentos	Altura de plantas	Inserção de 1ª vagem	Número de vagens	Produtividade	Massa de 1.000 sementes
	(cm)	(cm)	(vagens planta ⁻¹)	(kg ha ⁻¹)	(g)
TS					
Sem	63,20	10,35	44,93 B	3776,25 B	133,70
Com	61,23	10,25	50,53 A	4074,78 A	133,50
Foliar					
V ₅	63,50	10,40	47,50 A	3092,90 A	133,70
R ₃	60,93	10,20	47,95 A	3116,75 A	133,50
Média Geral	62,21	10,30	47,73	3925,70	133,60
CV (%)	10,71	10,55	11,79	10,38	9,97

*Letras maiúsculas iguais, na coluna, para cada variável resposta e dentro de cada tratamento, não diferem entre si a 5% de probabilidade, pelo teste F.

A adição equilibrada de análogos de hormônios tem a possibilidade de incrementar a performance das plântulas (VIEIRA; CASTRO, 2001). Um adequado balanço hormonal favorece o desenvolvimento vegetal. Dentre as funções específicas dos fitormônios e seus análogos, verifica-se que o ácido giberélico regula a expressão do gene para síntese de α -amilase, a qual hidrolisa o amido, durante a germinação das sementes. Dessa forma, o ácido giberélico tem a função de regulação na mobilização de reservas do endosperma durante o desenvolvimento das plântulas (MARCOS FILHO, 2005).

Plântulas bem desenvolvidas potencialmente levam a um melhor crescimento e desenvolvimento inicial da cultura, o que criaria condições propícias, melhorando as características agrônomicas e também a produtividade. O que justifica os resultados apresentados por esse trabalho e podem ser retificados por informações contidas na literatura, como os trabalhos de Vieira e Castro (2001) e Ávila et al. (2008).

Algumas constatações foram obtidas por Castro e Vieira (2001), usando produto composto por reguladores vegetais de ação promotora, que verificaram na cultura da soja, plantas com sistemas radiculares mais desenvolvidos, apresentando raízes mais vigorosas com valores de massa seca, crescimento e comprimento total superiores aos encontrados nas plantas não-tratadas. Essa condição, verificadas desde o vegetativo, possibilita melhor e maior exploração dos recursos disponíveis no solo, como água e nutrientes minerais, aspecto que certamente influi positivamente na produtividade da cultura. Essas informações são de Vieira e Castro (2001), que se

identificaram em outras espécies vegetais cultivadas, como o feijão (ALLEONI et al., 2000) e o algodão (SANTOS; VIEIRA, 2005; ALBRECHT et al., 2009).

Nas Figuras 3 e 4, observa-se resposta quadrática em função das doses para as variáveis número de vagens e produtividade. Esses resultados denotam a influência do biorregulador, em que aumentos no número de vagens são acompanhados por acréscimos na produtividade.

O efeito do biorregulador levou a um ponto de máximo (PM) de 295,42 mL ha⁻¹, para a variável número de vagens, e de 339,68 mL ha⁻¹, para produtividade. O máximo da função (MF) para a variável número de vagens foi de 50,41 vagens por planta, enquanto que para produtividade (produtividade máxima) foi 4.101,04 kg ha⁻¹ ou 68 sacas de 60 kg ha⁻¹. A dose foliar obtida no ponto de máximo para produtividade de sementes foi 89,68 mL superior à dose posicionada pela Embrapa (2008) e recomendada pelo fabricante, que é de 250 mL ha⁻¹ para aplicação entre os estádios V₅ e V₆. Tal posicionamento é passível de ser revisto, em função de ensaios que forneçam resultados como os supramencionados. Doses poderão ser recomendadas em função da cultivar e época de aplicação.

Porém, doses crescentes têm um limite no tocante ao efeito promotor (ponto de máximo ou dose máxima recomendada); ultrapassando determinado limite (resposta quadrática), ocorrem efeitos fisiológicos negativos ao crescimento e desenvolvimento vegetal, provavelmente em função do desbalanço hormonal (YANG et al., 1996; COENEN; LOMAX, 1997; VIEIRA; CASTRO, 2001; LEITE et al., 2003; TAIZ; ZEIGER, 2009;

CASTRO, 2006), o que corrobora com os resultados de outros autores (VIEIRA; CASTRO, 2001; KLAHOLD et al., 2006; ÁVILA et al., 2008), que também obtiveram ou apontaram efeito desfavorável, quando do uso de altas doses do biorregulador avaliado; no entanto, os mesmos autores certificaram a eficácia do produto na

elevação do desempenho agrônômico da espécie em estudo. Portanto, certas doses talvez não beneficiem significativamente o desenvolvimento vegetal, e experimentos que forneçam resultados, como a presente pesquisa, são de válida contribuição ao definir limites no manejo de biorreguladores.

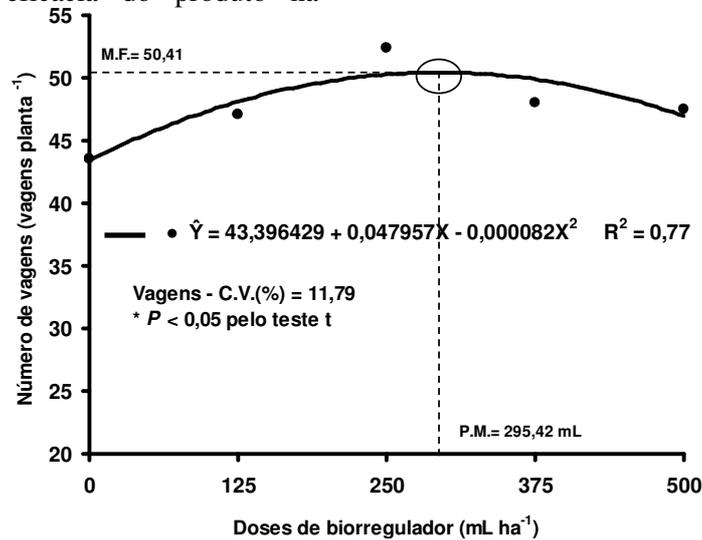


Figura 3. Regressão polinomial do número de vagens por planta em função de diferentes doses do biorregulador aplicadas, via foliar, no ano agrícola 2007/2008.

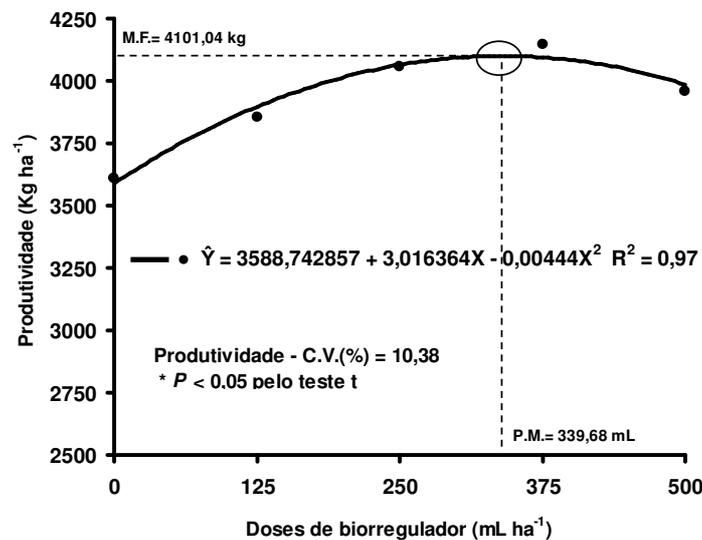


Figura 4. Regressão polinomial da produtividade em função de diferentes doses do biorregulador aplicadas, via foliar, no ano agrícola 2007/2008.

Os hormônios e, seus análogos sintéticos, os reguladores de crescimento e/ou biorreguladores, participam na regulação de muitos processos do vegetal, incluindo divisão celular, morfogênese, alongamento, biossíntese de compostos e senescência (SANCHES, 2000; TAIZ; ZEIGER, 2009); porém, muito ainda precisa-se conhecer em relação às interações entre níveis de biorreguladores

aplicados, momento de uso exógeno e reação do genótipo, em determinado ambiente.

Apesar disso, diversos autores atestam o efeito promotor do biorregulador utilizado no desempenho das plântulas (VIEIRA; CASTRO, 2001), na performance das plantas (KLAHOLD et al., 2006; CAMPOS et al., 2008) e no incremento da produtividade da soja (KLAHOLD et al., 2006; ÁVILA et al., 2008; MOTERLE et al., 2008). Neste

contexto, autores como Vieira et al. (2005) consideram que o biorregulador deveria ser incorporado no sistema de produção da soja; seguindo essa tendência, a Embrapa Soja adotou em suas recomendações técnicas o uso de biorreguladores a partir de 2008 (EMBRAPA, 2008).

Aspecto que merece atenção, na safra 2007/2008, é o fato da regularidade climática, pois o período em estudo não foi marcado por extremos nos fenômenos climáticos, nem por circunstâncias de deficiência hídrica, ou falta de água associada a elevações exacerbadas de temperatura (Figura 1). A não-ocorrência de algum tipo de estresse marcante pode ter mitigado ou atenuado o efeito promotor do regulador utilizado em determinada fase fenológica distintivamente, já que existem trabalhos na literatura que relatam os benefícios do uso de biorreguladores com ação bioestimulante, em condições ambientais desfavoráveis (CASTRO, 2006).

Safra 2008/2009

Não ocorreu efeito significativo nos principais fatores e nas interações, para as variáveis, altura de inserção de primeira vagem, altura de plantas e massa de 1.000 sementes. Para o número de vagens, houve efeito significativo para os fatores principais aplicação foliar e doses aplicadas via foliar. No caso da variável produtividade, além de

significância ($P < 0,05$) para os efeitos principais aplicação foliar e doses via foliar, também foram observados significâncias dentro dos desdobramentos na interação de segunda ordem (S x F x D). Nota-se que foram realizados todos os desdobramentos possíveis para todas as variáveis respostas averiguadas, independente do resultado da Anova inicial ($P < 0,05$).

Na Tabela 2, são visualizados os resultados referentes ao desempenho agrônomo da soja sob efeito do biorregulador avaliado. Verifica-se que houve diferença significativa para a característica número de vagens por planta entre os estádios de aplicação foliar do produto, em que aplicações realizadas no estádio vegetativo (V_5) foram superiores as feitas na fase reprodutiva (R_3).

Em conformidade com os resultados analisados no primeiro ano agrícola (2007/2008), observa-se novamente que o número de vagens por planta foi a variável que melhor explicou os incrementos obtidos no rendimento com o uso do produto via pulverização foliar. Entende-se que aumentando o número de nós por planta e, por consequência, o número de vagens (SANTOS, 2008), é possível alcançar maiores produtividades, já que tais parâmetros são usados na seleção de genótipos para elevadas produtividades (CARVALHO et al., 2002).

Tabela 2. Desempenho das plantas e componentes de produção da soja sob efeito do uso de biorregulador via tratamento de sementes (TS) e aplicação foliar em dois estádios de desenvolvimento, no ano agrícola 2008/2009.

Tratamentos	Altura de plantas (cm)	Inserção de 1ª vagem (cm)	Número de vagens (vagens planta ⁻¹)	Produtividade (kg ha ⁻¹)	Massa de 1.000 Sementes (g)
TS					
Sem	60,95	11,05	30,50 A	2844,13	132,80
Com	61,05	11,20	30,65 A	1874,25	134,50
Foliar					
V_5	61,35	11,08	31,45 A	2937,48	133,70
R_3	60,65	11,18	29,70 B	2780,90	133,50
Média Geral	61,00	11,13	30,50	2859,19	133,60
CV (%)	9,01	14,85	12,03	7,61	5,07

* Letras maiúsculas iguais, na coluna, para cada variável resposta e dentro de cada tratamento, não diferem entre si a 5% de probabilidade, pelo teste F.

Quanto à variável produtividade (Tabela 3), o desdobramento na análise estatística permitiu distinguir que a aplicação foliar no estádio V_5 foi superior àquela realizada no R_3 , na dose de 375 mL ha⁻¹, quando houve tratamento de sementes. Por

outro lado, o tratamento de sementes superou a ausência de tratamento, com aplicação de 125 mL ha⁻¹ via foliar no estádio R_3 , ou seja, o tratamento de sementes foi efetivo apenas quando realizado com dose baixa no estádio R_3 .

Tabela 3. Produtividade da soja (kg ha^{-1}), na ausência e presença de tratamento de sementes, em diferentes estádios de aplicação foliar e doses do biorregulador, no ano agrícola 2008/2009.

Doses (mL ha^{-1})	Sem tratamento de sementes		Com tratamento de sementes	
	Foliar - V_5	Foliar - R_3	Foliar - V_5	Foliar - R_3
	Produtividade (kg ha^{-1})			
0	2759,00 Aa	2599,25 Aa	2767,25 Aa	2741,25 Aa
125	2984,00 Aa	2711,75 Ba	2856,75 Aa	3157,50 Aa
250	3018,00 Aa	2780,75 Aa	2952,25 Aa	2862,75 Aa
375	3073,25 Aa	2947,25 Aa	3203,75 Aa	2712,25 Ab
500	2882,25 Aa	2705,75 Aa	2878,25 Aa	2610,50 Aa
Média	2943,30	2744,95	2931,65	2816,85
CV (%)	7,61			

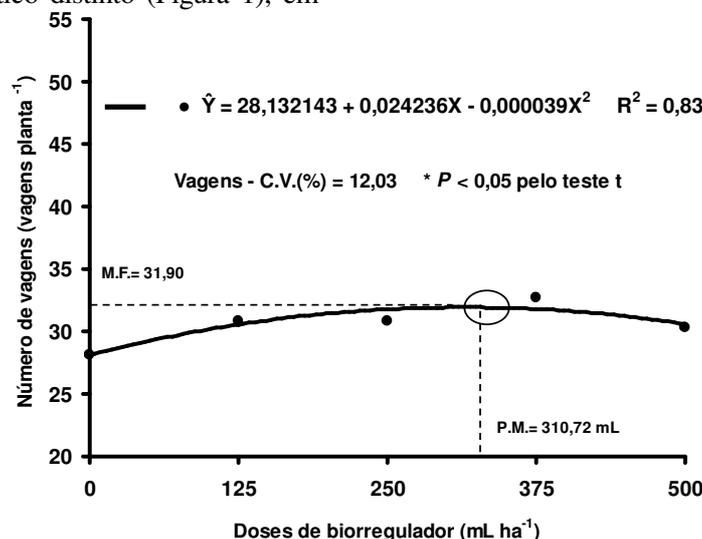
* Letras maiúsculas iguais, na linha, entre sem e com tratamento de sementes e, dentro de cada estádio e dose, não diferem entre si a 5% de probabilidade, pelo teste F. Letras minúsculas iguais, na linha, entre estádios de aplicação e, dentro de cada tratamento de sementes e dose, não diferem entre si a 5% de probabilidade, pelo teste F.

Os fatos supramencionados e visualizados na Tabela 3 apontam que a eficácia agrônômica do biorregulador avaliado se refere a condições específicas de uso, para o ano agrícola em questão (2008/2009), já que na safra anterior (2007/2008) os dados não permitiram a discriminação de diferenças ($P > 0,05$) dentro de estádios, tratamento de sementes e doses via aplicação foliar.

Os resultados diferenciados expressos dentro de cada ano agrícola, provavelmente foram reflexos de um comportamento climático distinto (Figura 1), em

que se nota, de forma nítida, a ocorrência de déficit hídrico na safra 2008/2009 (Figura 2). O que permite inferir um conjunto de fatores ecofisiológicos que em conjunto, ou isoladamente, podem interferir na performance de biorreguladores.

Na Figura 5, é possível visualizar a curva quadrática ajustada, por meio de análise de regressão, para a característica número de vagens por planta; nota-se reciprocidade de resposta para essa mesma variável na safra 2007/2008.

**Figura 5.** Regressão polinomial do número de vagens por planta em função de diferentes doses do biorregulador aplicadas, via foliar, no ano agrícola 2008/2009.

Em contrapartida, no desdobramento da interação dose dentro de cada estádio de aplicação foliar e tratamento de sementes (Dose/Estádio*TS) foi possível ajustar modelos de regressão polinomial apenas para a variável produtividade, para aplicações em V_5 e sem tratamento de sementes, com resposta quadrática (Figura 6).

Para número de vagens por planta, o ponto de máximo (PM) foi igual a $310,72 \text{ mL ha}^{-1}$ e o

máximo da função (MF) foi de 31,90 vagens por planta. No tocante à produtividade, o ponto de máximo foi igual a $286,25 \text{ mL ha}^{-1}$, e o máximo da função de $3.064,01 \text{ kg ha}^{-1}$ ou $51,07$ sacas de soja ha^{-1} (em V_5 e sem tratamento de sementes). Deste modo, enquanto na safra anterior a produtividade máxima foi de $4.101,04 \text{ kg ha}^{-1}$, a da safra 2008/2009, obteve uma produtividade máxima $1.037,03 \text{ kg ha}^{-1}$ menor em números absolutos. Esse

resultado explica-se, provavelmente, em virtude de atipicidade climática ocorrida nessa última safra, conforme consta no gráfico de balanço hídrico

contido na Figura 2, que aponta a ocorrência de déficit hídrico para o ano em questão.

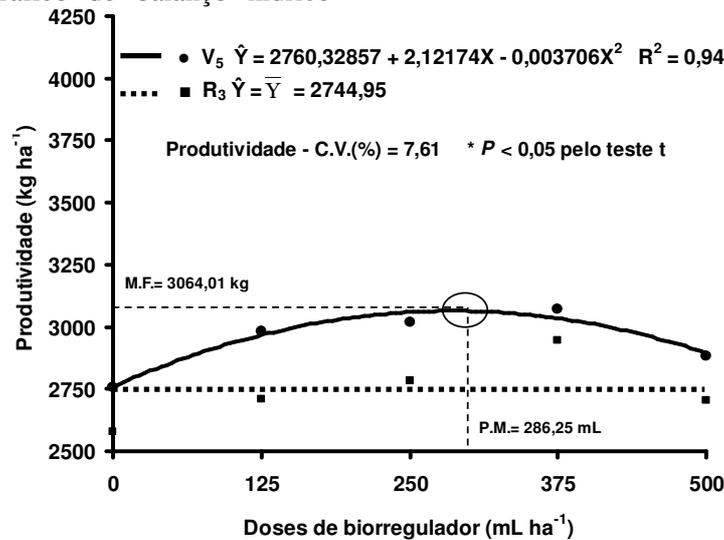


Figura 6. Regressão polinomial da produtividade de sementes (kg ha^{-1}) em função de diferentes doses do biorregulador aplicadas, via foliar, em diferentes estádios de desenvolvimento e sem tratamento de sementes, no ano agrícola 2008/2009.

Diante dos resultados, é válido afirmar que quando efetuado o tratamento de sementes com o biorregulador, para o ano agrícola de 2008/2009, não houve respostas significativas para doses, no que se refere à produtividade de sementes. Porém, aplicações foliares realizadas em V_5 ou R_3 , levaram a alteração no número de vagens por planta, em função das doses. Isso denota a efetividade da aplicação foliar do regulador de crescimento em modificar as características agrônômicas das plantas de soja.

Quanto aos estádios, é marcante o fato de que somente aplicações em V_5 promoveram incrementos na produtividade de sementes (quando as sementes não foram tratadas).

Aplicações no período vegetativo podem propiciar condições de elevação do potencial produtivo que será consolidado na fase reprodutiva. Esse aspecto pode ser entendido pelo desenvolvimento da cultura (SANTOS, 2008; NOGUEIRA et al., 2009); observando que o número total de nós que a planta de soja produzirá é definido em V_5 (BERGAMIN et al., 1999). Elementos de manejo, que no processo fisiológico de desenvolvimento favoreçam o aumento no número de nós, podem gerar maior número de racemos, por decorrência, de flores e, possivelmente de vagem com sementes. Klahold et al. (2006) constataram que a aplicação de biorregulador proporcionou incremento no número de vagens, no número de sementes e na produção por planta, na cultura da soja.

Portanto, em termos de manejo de aplicação do biorregulador na cultura da soja e com base nos resultados obtidos em 2008/2009, deve-se optar preferencialmente pela aplicação do produto via pulverização foliar e no estágio V_5 , em dose não superior a 286 mL ha^{-1} (ponto de máximo da segunda safra), aproximando-se do posicionamento adotado pela Embrapa (2008), em termos de estágio de aplicação.

Argumentos que justificariam esse posicionamento solidificam-se na hipótese confirmada de que nem sempre o tratamento de sementes seria efetivamente funcional no incremento no desempenho agrônômico, uma vez que, para o ano agrícola 2008/2009, o tratamento de sementes com o biorregulador só apresentou diferença significativa ($P < 0,05$), quando foi associado com aplicação foliar no estágio reprodutivo, na dose de 125 mL ha^{-1} .

Outra conjectura está balizada na premissa de que, se for efetuada a aplicação foliar, que a mesma seja realizada em V_5 , pois na safra 2007/2008 não foi possível distinguir qual dos estádios (entre os avaliados) foi o melhor. Contudo, ambos os estádios apresentaram resposta significativa para os tratamentos quantitativos (efeito principal significativo). No entanto, as condições ambientais proporcionaram que na safra 2008/2009 o estágio V_5 apresentasse resposta significativa na análise de regressão, permitindo o ajuste de uma equação quadrática, em resposta ao incremento nas doses do biorregulador.

A obtenção de resultados favoráveis com a aplicação foliar do produto no estágio V₅, conforme evidenciado no ano agrícola de 2008/2009 concorda com o proposto por outros autores que indicam o uso de biorreguladores e bioestimulantes com ação promotora com o propósito de atenuar o efeito deletério de algum estresse abiótico, como o hídrico ou o térmico (ZHANG; SCHMIDT, 1999; KARNOK, 2000; ZHANG; ERVIN, 2004). Desse modo, o biorregulador em questão, usado antes ou durante do estresse, poderia contribuir para mitigar os efeitos negativos das condições climáticas adversas, desde que estas condições não inviabilizem a tecnologia de aplicação do produto, a absorção e a metabolização do mesmo (SANCHES, 2000).

Contudo, os resultados apenas corroboram potencialmente, e não definitivamente, com a hipótese, sendo, portanto, necessários mais ensaios que atestem a real eficácia do uso de biorreguladores em condições de estresse abiótico. Experimentos que avaliem além de variáveis agrônomicas, caracteres fisiológicos e bioquímicos.

Albrecht et al. (2009) observaram baixa produtividade média, obtida pela testemunha, em seu trabalho utilizando biorregulador na cultura do algodoeiro. Segundo os autores, esse resultado supostamente ocorreu em virtude das condições climáticas desfavoráveis observadas no decorrer do desenvolvimento da cultura, que se caracterizaram por um período de estiagem. O mesmo foi mais evidente no mês de dezembro de 2005 e início de janeiro de 2006, conforme observado nos resultados de balanço hídrico. Essas mesmas condições de estresse que desencadearam baixo rendimento da testemunha, ocasionado por um “*strain*” plástico (como queda das estruturas reprodutivas) (TAIZ; ZEIGER, 2009), proporcionaram a expressão dos efeitos benéficos da aplicação do biorregulador Stimulate[®] na cultura, apresentando comprovado efeito atenuador sobre os efeitos do estresse ambiental, segundo os autores.

Vários trabalhos que, hipotetizam por meio de resultados, a melhoria da resistência das plantas ao estresse hídrico, quando são submetidas à aplicação de produtos à base de biorreguladores ou de bioestimulantes. Os níveis das atividades das

enzimas antioxidantes superóxido dismutase (SOD), ascorbato peroxidase (APX) e catalase (CAT) têm sido determinados e, de maneira geral, aumentam com o uso de bioestimulantes (ZHANG; ERVIN, 2004; KARNOK, 2000; ZHANG; SCHMIDT, 1999). A relação íntima entre a atividade antioxidante e a tolerância ao estresse tem sido identificada em culturas como o milho (*Zea mays* L.) (MALAN et al., 1990) e tabaco (*Nicotiana tabacum*) (PERL et al., 1993).

Outro variável que tem sido melhorado nas plantas com a aplicação de bioestimulantes e/ou biorreguladores é a eficiência fotoquímica (RICHARDSON et al., 2004). A tolerância ao estresse e o incremento fotossintético podem, portanto, promover aumentos na produtividade, conforme evidenciado nos resultados do trabalho de Albrecht et al. (2009).

Considerando que o crescimento e desenvolvimento das plantas são regulados por uma série de hormônios vegetais, cujas biossíntese e degradação se produzem em resposta a uma complexa interação de fatores fisiológicos, metabólicos e ambientais (DARIO et al., 2005). A introdução de análogos desses hormônios promotores pode influenciar, condicionar, estimular e potencializar os resultados positivos, como realçado por resultados apresentados.

Portanto, o uso de biorreguladores com ação promotora, é passível de serem recomendados para uso na sojicultura, focando elevação na produtividade, conforme resultados da presente exposição. No entanto, quando a aplicação for via foliar, o que é mais indicado, doses elevadas tendem ser prejudiciais, e são mais responsivas quando aplicadas no estágio vegetativo.

CONCLUSÕES

O manejo com biorregulador na cultura da soja é determinante na definição do número de vagens por planta e por decorrência, na produtividade.

O uso do biorregulador Stimulate[®] na cultura da soja influencia na produtividade, elevando-a até a dose foliar de 339,68 mL ha⁻¹ (2007/2008) ou 286,25 mL ha⁻¹ (2008/2009) em V₅.

ABSTRACT: The great relevance in the proper positioning of new technologies in soybean, the aim of this study was to evaluate the performance of plants and yield components in response to the application of bioregulators in soybean. For this, seeds of the cultivar BRS 246 RR was planted in October of the crop years 2007/2008 and 2008/2009, the complete block experimental design with treatments design with four replications. The treatments were arranged in factorial, consisted of the combination of seed treatment with bioregulators (with and without 0.500 L⁻¹ 100 kg of seeds) and five doses (0, 0.125, 0.250, 0.375 and 0.500 L ha⁻¹) applied to leaves at two developmental stages of culture (V₅ or

R₃). The bioregulators consists of three plant growth regulators in the following concentrations: 0.005% of the IBA, 0.009% 0.005% kinetin and gibberellic acid. The agronomic characteristics and yield components of culture. Use of bioregulators influenced the yield of the crop, causing increases in the number of pods that were matched by increased productivity up to a maximum dose not exceeding 340 mL of product.

KEYWORDS: *Glycine max.* Plant growth regulator. Plant. Seeds.

REFERÊNCIAS

- ALBRECHT, L. P.; BRACCINI, A. L.; ÁVILA, M. R.; BARBOSA, M. C.; RICCI, T. T.; ALBRECHT, A. J. P. Aplicação de biorregulador na produtividade do algodoeiro e qualidade de fibra. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 10, n. 3, p. 191-198, 2009.
- ALLEONI, B.; BOSQUEIRO, M.; ROSSI, M. Efeito dos reguladores vegetais de Stimulate no desenvolvimento e produtividade do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). **Publicatio UEPG**, Ponta Grossa, v. 6, n. 1, p. 23-35, 2000.
- ÁVILA, M. R.; BRACCINI, A. L.; SCAPIM, C. A.; ALBRECHT, L. P.; TONIN, T. A.; STÜLP, M. Bioregulator application, agronomic efficiency, and quality of soybean seeds. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 65, n. 6, p. 567-691, 2008.
- BERGAMIN, M.; CANCIAN, M. A. E.; CASTRO, P. R. C. Ecofisiologia da soja. In: CASTRO, P. R. C.; KLUGE, R. A. (Org.). **Ecofisiologia de cultivos anuais: trigo, milho, soja, arroz e mandioca**. São Paulo: Nobel, 1999. p. 73-90.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes**. Brasília, DF: SNDA/DNDV/CLAV, 1992. 365p.
- CAMPOS, M. F.; ONO, E. O.; BOARO, C. S. F.; RODRIGUES, J. D. Análise de crescimento em plantas de soja tratadas com substâncias reguladoras. **Revista Biotemas**, Florianópolis, v. 21, n. 3, p. 53-63, 2008.
- CAMPOS, M. F.; ONO, E. O.; RODRIGUES, J. D. Desenvolvimento da parte aérea de plantas de soja em função de reguladores vegetais. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 56, n. 1, p. 74-79, 2009.
- CARVALHO, C. G. P.; ARIAS, C. A. A.; TOLEDO, J. F. F.; OLIVEIRA, M. F.; VELLO, N. A. Correlação e análise de trilha em linhagens de soja semeadas em diferentes épocas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 37, n. 3, p. 311-320, 2002.
- CASTRO, P. R. C. **Agroquímicos de controle hormonal na agricultura tropical**. Piracicaba: Esalq, 2006. 46p.
- COENEN, C.; LOMAX, T. L. Auxin-cytokinin interaction in higher plants: old problems and new tools. **Trends in Plant Science**, Oxford, v. 2, n. 9, p. 351-356, 1997.
- DARIO, G. J. A.; MARTIN, T. N.; DOURADO NETO, D.; MANFRON, P. A.; BONNECARRERE, R. A. G.; CRESPO, P. E. N. Influência do uso de fitorreguladores no crescimento da soja. **Revista da Faculdade de Zootecnia, Veterinária e Agronomia**, Uruguaiana, v. 12, n. 1, p. 63-70, 2005.
- DOURADO NETO, D.; DARIO, G. J. A.; VIEIRA JUNIOR, P. A.; MANFRON, P. A.; MARTIN, T. N.; GARCIA, R. A. Aplicação e influência do fitorregulador no crescimento das plantas de milho. **Revista da FZVA**, Porto Alegre, v. 11, n. 1, p. 1-9, 2004.
- EMBRAPA. **Tecnologias de produção de soja: Paraná – 2007** (Sistemas de produção, 10). Londrina: Embrapa Soja, 2006. 217p.

EMBRAPA. **Tecnologias de produção de soja**: região central do Brasil – 2008 (Sistemas de Produção, 12). Londrina: Embrapa Soja; Embrapa Cerrados; Embrapa Agropecuária Oeste, 2008. 280p.

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação dos solos**. Embrapa, Brasília, 1999. 412p.

FERREIRA, L. A.; OLIVEIRA, J. A.; VON PINHO, É. V. R.; QUEIROZ, D. L. Bioestimulante e fertilizante associados ao tratamento de sementes de milho. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, DF, v. 29, n. 2, p. 80-89, 2007.

IAPAR. **Cartas climáticas básicas do Estado do Paraná**. Londrina: Instituto Agrônomo do Paraná, 1987. 35p.

KARNOK, K. J. Promises, promises: can biostimulants deliver? **Golf Course Management**, Worthington, v. 68, n. 8, p. 67-71, 2000.

KLAHOLD, C. A.; GUIMARÃES, V. F.; ECHER, M. M.; KLAHOLD, A.; ROBINSON L. C., BECKER, A. Resposta da soja (*Glycine max* (L.) Merrill) à ação de bioestimulante. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 28, n. 2, p. 179-185, 2006.

LEITE, V. M.; ROSOLEM, C. A.; RODRIGUES, J. D. Gibberellin and cytokinin effects on soybean growth. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 60, n. 3, p. 537-541, 2003.

MALAN, C.; GREYLING, M. M.; GRESSEL, J. Correlation between Cu/Zn superoxide dismutase and glutathione reductase, and environmental and xenobiotic stress tolerance in maize inbreds. **Plant Science**, Amsterdam, v. 69, n. 2, p. 157-166, 1990.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: Fealq, 2005. 495p.

MILLÉO, M. V. R.; VENÂNCIO, W. S.; MONFERDINI, M. A. Avaliação da eficiência agrônômica do produto Stimulate aplicado no tratamento de sementes e no sulco de plantio sobre a cultura do milho (*Zea mays* L.). **Arquivos do Instituto de Biologia**, São Paulo, v. 67, supl., p. 1-145, 2000.

MOTERLE, L. M.; SANTOS, R. F.; BRACCINI, A. L.; SCAPIM, C. A.; BARBOSA, M. C. Efeito da aplicação de biorregulador no desempenho agrônômico e produtividade da soja. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 30, supl. especial, p. 701-709, 2008.

NOGUEIRA, A. P. O.; SEDYAMA, T.; BARROS, H. B.; TEIXEIRA, R. C. Morfologia, crescimento e desenvolvimento. In: SEDIYAMA, T. (Ed.). **Tecnologia de produção e usos da soja**. Londrina: Mecenas, 2009. p. 7-16.

PERL, A.; PERL-TREVES, R.; GALILI, G.; A VIV, D.; SHALGI, E.; MALKIN, S.; GALUN, E. Enhanced oxidative-stress defense in transgenic potato expressing tomato Cu, Zn superoxide dismutases. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v. 85, n. 5, p. 568-576, 1993.

PRADO NETO, M.; DANTAS, A. C. V. L.; VIEIRA, E. L.; ALMEIDA, V. O. Germinação de sementes de jenipapeiro submetidas à pré-embebição em regulador e estimulante vegetal. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 3, p. 693-698, 2007.

RICHARDSON, A. D.; AIKENS, M.; BERL YN, G. P.; MARSHALL, P. Drought stress and paper birch (*Betula papyrifera*) seedlings: effects of an organic biostimulant on plant health and stress tolerance, and detection of stress effects with instrument-based, noninvasive methods. **Journal of Arboriculture**, Savoy, v. 30, n. 1, p. 52-61, 2004.

SANCHES, F. R. **Aplicação de biorreguladores vegetais**: aspectos fisiológicos e aplicações práticas na citricultura mundial. Jaboticabal: Funep, 2000. 160p.

SANTOS, T. L. Soja. In: CASTRO, P. R. C.; KLUGE, R. A.; SESTARI, I. **Manual de fisiologia vegetal: fisiologia dos cultivos**. Piracicaba: Agronômica Ceres, 2008. p. 157-175.

SANTOS, C. M. G.; VIEIRA, E. L. Efeito de bioestimulante na germinação de sementes, vigor de plântulas e crescimento inicial do algodoeiro. **Magistra**, Cruz das Almas, v. 17, n. 3, p. 124-130, 2005.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 819p.

VIEIRA, E. L.; SANTOS, C. M. G. Efeito de bioestimulante no crescimento e desenvolvimento inicial de plantas de algodoeiro. **Magistra**, Cruz das Almas, v. 17, n. 1, p. 1-8, 2005.

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

YANG, T.; DAVIES, P. J.; REID, J. B. Genetic dissection of the relative roles of auxin and gibberellin in the regulation of stem elongation in intact light-grown peas. **Plant Physiology**, Minneapolis, v. 110, p. 1029-1034, 1996.

ZHANG, X.; ERVIN, E. Cytokinin-containing seaweed and humic acid extracts associated with creeping bentgrass leaf cytokinins and drought resistance. **Crop Science**, Madison, v. 44, n. 5, p. 1737-1745, 2004.

ZHANG, X.; SCHMIDT, R. E. Antioxidant response to hormone-containing product in Kentucky bluegrass subjected to drought. **Crop Science**, Madison, v. 39, n. 2, p. 545-551, 1999.