

Biorregulador na composição química e na produtividade de grãos de soja¹

Plant growth regulator in the chemical composition and yield of soybeans

Leandro Paiola Albrecht^{2*}, Alessandro de Lucca e Braccini³, Carlos Alberto Scapim³, Marizangela Rizzatti Ávila⁴ e Alfredo Junior Paiola Albrecht⁵

RESUMO - O objetivo do presente trabalho foi avaliar a composição química e a produtividade de grãos de soja, 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). Utilizou-se um biorregulador líquido da Stoller do Brasil Ltda., denominado de Stimulate[®], 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 uso do biorregulador influenciou no incremento da produtividade; os teores de óleo e proteínas foram alterados pela ação do biorregulador, com tendência de favorecimento do conteúdo proteico.

Palavras-chave: Soja. Plantas-composição. Regulador vegetal.

ABSTRACT - The objective of this study was to evaluate the chemical composition and yield of the soybean in response to the application of plant growth regulator to a soybean crop. For this purpose, seeds of the cultivar BRS 246 RR were sown in October of the agricultural years 2007/2008 and 2008/2009, in an experimental layout of complete blocks, with randomized treatments and four replications. The treatments, arranged in factorial design, consisted of the combination of seed treatments and plant growth regulator (with and without 0.5 L 100kg⁻¹ of seeds) and five doses of the product (0, 0.125, 0.25, 0.375 and 0.5 L ha⁻¹) applied to the leaves at two stages of the crop development (V₅ or R₃). A liquid growth regulator, Stimulate[®], from Stoller of Brazil Ltda was used, consisting of three plant growth regulators in the following concentrations: 0.005% indolebutyric acid IBA - IBA (auxin analogue), 0.009% kinetin (cytokinin) and 0.005% gibberellic acid - GA₃ (gibberellin). The use of plant growth regulator had an influence on the increase in productivity; oil and protein levels were altered by the action of the regulator, which tended to favour the protein content.

Key words: Soybean. Plants-composition. Plant growth regulator.

*Autor para correspondência

¹Recebido para publicação em 25/01/2011; aprovado em 16/04/2012

Pesquisa desenvolvida com recursos do CNPq; Parte da Tese do primeiro autor

²Colegiado de Agronomia/Campus Palotina, UFPR, Palotina-PR, Brasil, 85.950-000, lpalbrecht@yahoo.com.br

³Departamento de Agronomia/UEM, Maringá-PR, Brasil, 87.020-900, albraccini@uol.com.br, cascapim@uem.br

⁴Propagação Vegetal/IAPAR, Londrina-PR, Brasil, 86.001-970, marizangela_rizzatti@hotmail.com

⁵Programa de Pós-graduação em Fitotecnia, ESALQ-USP, Piracicaba-SP, Brasil, 13.418-900, ajpalbrecht@yahoo.com.br

INTRODUÇÃO

A soja está entre as principais espécies cultivadas, juntamente com o milho, arroz e o trigo. Essa leguminosa é fonte proteica para a alimentação humana e animal, além de ser uma das principais oleaginosas, é uma “commodity” bastante expressiva para o mercado.

Em termos agrotecnológicos, aliado ao conhecimento das exigências nutricionais e hídricas e o uso de cultivares com elevadas produtividades, tolerantes e/ou resistentes a pragas e doenças e adaptadas 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 reguladores vegetais, com a capacidade que têm em favorecer o desenvolvimento ou evitar as limitações na produção. Várias pesquisas já testaram a eficácia de biorreguladores em culturas como o milho (FERREIRA *et al.*, 2007), feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) (ALLEONI; BOSQUEIRO; ROSSI, 2000), algodão (ALBRECHT *et al.*, 2009) e a própria soja (ÁVILA *et al.*, 2008; CAMPOS *et al.* 2008; CAMPOS; ONO; RODRIGUES., 2009; KLAHOLD *et al.*, 2006; MOTERLE *et al.*, 2008).

Algumas pesquisas demonstram o efeito de biorreguladores com ação promotora na cultura da soja, como os de Klahold *et al.* (2006), Campos *et al.* (2008) e Moterle *et al.* (2008), que apontam resultados concernentes ao desempenho das plantas e componentes da produção. Porém, poucos trabalhos, como o de Ávila *et al.* (2008), exploram outras variáveis. Entretanto, ainda é importante elucidar questões pertinentes ao uso de biorreguladores em soja, seja no âmbito do desempenho agrônomico ou na composição química das sementes; visando fornecer informações que permitam o melhor posicionamento de produtos à base de reguladores vegetais na obtenção de rendimentos superiores, assim como indicar tecnologias que propiciem grãos com teores de óleo e proteínas desejáveis.

Portanto, objetivou-se com o presente trabalho avaliar o efeito da aplicação do biorregulador Stimulate® na composição química e na produtividade de grãos de soja.

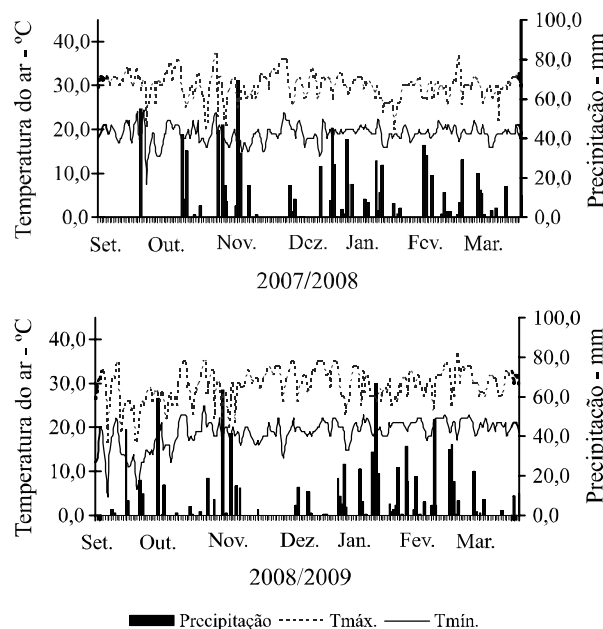
MATERIAL E MÉTODOS

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 composição química dos grãos 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 distroférrico de textura média. Segundo a classificação de Köppen, o tipo climático predominante na área é o Cfa - subtropical úmido mesotérmico. Os dados de precipitação pluvial, temperaturas máxima e mínima e umidade relativa do ar, referentes ao período de duração do experimento foram coletados diariamente na FEI-UEM (Figura 1).

Foi utilizada, no experimento, a cultivar de soja BRS 246 RR, pertencente ao grupo de maturação médio, com ciclo de aproximadamente 130 dias. A semeadura foi realizada em 20/10/2007 (1º Ano) e 20/10/2008 (2º Ano),

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)



com espaçamento de 0,45 m entre as linhas, e população de 355.555 plantas ha⁻¹, em área de semeadura direta, com a cultura da aveia no inverno. As parcelas foram constituídas de seis linhas de 5,0 m de comprimento. Para as avaliações, utilizou-se área útil de 5,4 m². Foram realizados todos os manejos nutricionais, fitotécnicos e fitossanitários necessários, seguindo as recomendações da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (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, V_5 ou R_3 , constituindo-se um fatorial $2 \times 5 \times 2$. 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 semeadura, juntamente com a aplicação de 250 mL de fungicida (Vitavax-Thiran[®] 200 SC - Carboxin + Thiram) e 150 mL de CoMo (Plantinum[®] - 15% Mo e 1,5% Co), para 100 kg de sementes. Logo após o tratamento com fungicida + CoMo + Stimulate[®], foi realizada a inoculação das sementes com o produto comercial turfoso MasterFix[®] (*Bradyrhizobium japonicum*), na dose de 250 g 50 kg⁻¹ de sementes.

Para as aplicações foliares, efetuadas nos estádios V_5 e R_3 , 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 1,0 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 Natur'1 Óleo[®] (ésteres de ácido graxos com glicerol), na concentração de 0,5% da calda.

As plantas foram colhidas manualmente, cinco a oito dias após o estágio de desenvolvimento R_8 . Partindo-se do rendimento de sementes nas parcelas, foram estimadas as produtividades em kg ha⁻¹, para cada tratamento.

A composição química dos grãos foi avaliada por meio da determinação dos teores de óleo e proteínas. Determinação de proteínas: foi realizada utilizando-se o método de Kjeldahl, na quantificação de nitrogênio total, conforme recomendação da Association of Official Analytical Chemist (1990), com modificações. Determinação de óleo: na avaliação dos lipídios totais (óleo), utilizou-se o aparelho extrator de Soxhlet e éter de petróleo como solvente, segundo o procedimento descrito nas Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz (1985).

O delineamento experimental adotado foi em blocos completos com tratamentos casualizados, com 20 tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos foram arrançados no esquema fatorial $2 \times 5 \times 2$ (tratamento de sementes x aplicação foliar x estágio 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 aplicadas, via foliar, em nível de 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Safra 2007/2008

A variável produtividade apresentou-se significativa para os efeitos principais: tratamento de sementes e doses aplicadas via foliar. Mesmo efetuando todos os desdobramentos, não foi constatado significância ($P > 0,05$). Constatou-se a superioridade estatística do tratamento de sementes com o biorregulador (4.074,78 kg ha⁻¹), para produtividade de grãos, quando comparado com o sem tratamento de sementes (3.776,25 kg ha⁻¹); já para estádios, não foi detectada diferença entre V_5 (3.092,90 kg ha⁻¹) e R_3 (3.116,75 kg ha⁻¹) ($P > 0,05$ pelo teste F). Este fato explicita a eficiência agrônômica do uso do biorregulador em questão, no caso de tratamento de sementes, na dose de 0,500 L 100 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).

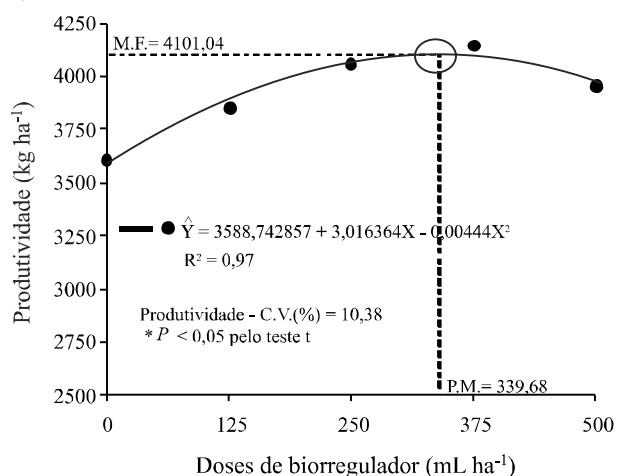
Na Figura 2, observa-se resposta quadrática em função das doses para a variável produtividade; em que o efeito do biorregulador levou a um ponto de máximo (PM) de 339,68 mL ha⁻¹, para produtividade, e máximo da função (MF) foi 4.101,04 kg ha⁻¹ ou 68 sacas de 60 kg ha⁻¹.

Porém, doses crescentes têm um limite no tocante ao efeito promotor (ponto de máximo ou dose máxima recomendada); ultrapassando determinado limite (comportamento quadrático), ocorrem efeitos fisiológicos negativos ao crescimento e desenvolvimento vegetal, provavelmente em função do desbalanço hormonal, o que corrobora com os resultados de outros autores (ÁVILA *et al.*, 2008; KLAHOLD *et al.*, 2006; VIEIRA; CASTRO, 2001), 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.

Concernente à composição química dos grãos, após análise estatística dos dados, assumindo uma probabilidade de 5% de erro, observou-se efeito significativo para praticamente todos os fatores e a interação dos mesmos, especialmente para o teor de proteínas. Quanto ao teor de óleo, mesmo não havendo efeito significativo para a interação de segunda ordem na Anova, o desdobramento da mesma permitiu a obtenção de diferenças significativas.

No desdobramento da interação tratamento de sementes dentro de cada nível de dose e estágio de desenvolvimento (Tabela 1), a variável teor de óleo

Figura 2 - Regressão polinomial da produtividade em função de diferentes doses do biorregulador aplicadas, via foliar, no ano agrícola 2007/2008



apresentou diferenças significativas dentro da dose de 375 mL ha⁻¹, quando a aplicação foi realizada no estágio V₅, e nas doses de 250 e 500 mL ha⁻¹, no estágio R₃.

Com exceção da dose que foi realizada em V₅, as demais apresentaram superioridade estatística da ausência de tratamento, em relação ao tratamento das sementes com 500 mL 100 kg⁻¹. Para a característica teor de proteínas, todas as diferenças significativas demonstraram que o tratamento de sementes com o biorregulador proporcionou menor acúmulo de proteínas, em comparação com a ausência de tratamento das sementes.

Com relação ao desdobramento para estágio de aplicação, dentro de doses e tratamento de sementes (Tabela 1), é nítida a superioridade das aplicações realizadas no estágio V₅, comparadas às efetuadas em R₃, com presença de diferença significativa para o teor de óleo. Em relação à variável teor de proteínas, esse fato não foi observado, pois quando não ocorreu tratamento de sementes, na dose de 250 mL ha⁻¹, a aplicação foliar do produto em R₃ apresentou melhor resultado que em V₅, o oposto de quando a aplicação foi com a dose de 375 mL ha⁻¹, com tratamento de sementes.

Foi possível verificar que para os teores de proteínas, apenas quando não ocorreu o tratamento de sementes houve diferença significativa ($P < 0,05$), permitindo o ajuste de modelos quadráticos para o estágio

Tabela 1 - Teores de óleo e proteínas obtidos nas sementes produzidas na ausência e presença de tratamento de sementes e em diferentes estádios de aplicação foliar e doses do biorregulador, no ano agrícola 2007/2008

Doses (mL ha ⁻¹)	Sem tratamento de sementes		Com tratamento de sementes	
	Foliar - V ₅	Foliar - R ₃	Foliar - V ₅	Foliar - R ₃
Teor de óleo (%)				
0	20,89 Aa	19,27 Aa	21,68 Aa	19,03 Aa
125	21,15 Aa	17,61 Ab	20,76 Aa	16,77 Ab
250	18,13 Aa	18,78 Aa	19,92 Aa	13,99 Bb
375	16,89 Ba	18,34 Aa	21,90 Aa	17,53 Ab
500	20,95 Aa	22,01 Aa	20,91 Aa	17,34 Bb
Média	19,60	19,20	21,03	16,94
CV (%)	10,65			
Teor de proteínas (%)				
0	40,51 Aa	40,68 Aa	41,36 Aa	41,38 Aa
125	45,80 Aa	47,34 Aa	42,47 Ba	43,76 Ba
250	39,19 Aa	45,96 Ab	40,30 Aa	40,45 Ba
375	39,07 Aa	41,27 Aa	41,42 Aa	38,61 Bb
500	38,34 Aa	37,93 Aa	38,51 Aa	38,05 Ba
Média	40,58	42,64	40,81	40,45
CV (%)	4,17			

*Letras maiúsculas iguais, na linha, entre sem e com tratamento de sementes e, dentro de cada estágio 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

de desenvolvimento R_3 (Figura 5). Quanto aos teores de óleo, foi empregado o ajuste de modelos de regressão polinomial de resposta quadrático para aplicação do produto no estágio vegetativo V_5 , quando na ausência de tratamento de sementes (Figura 3), e para aplicação no estágio reprodutivo R_3 , no caso de ausência e presença do tratamento de sementes (Figura 3 e 4).

Com o ajuste de modelos quadráticos, as equações para teores de óleo geraram pontos de mínimo (P.M.), com seus respectivos mínimos da função (M.F.); no entanto, no que se refere aos teores de proteínas, a equação obtida propiciou

um ponto de máximo (P.M.), com seu respectivo máximo da função (M.F.) (Figura 3; 4 e 5). O P.M. para teores de óleo, quando as sementes não foram tratadas com biorregulador foram de 287,40 (V_5) e 191,48 mL ha^{-1} (R_3); para óleos, quando foi efetuado o tratamento, o P.M. foi 270,94 mL ha^{-1} (R_3); para teores de proteínas, o P.M. foi de 205,66 mL ha^{-1} , quando as sementes na ausência de tratamento de sementes com fitoregulador e com aplicação foliar no R_3 .

Esse contraste existente entre os teores de óleo e proteínas nas sementes de soja é derivada da concorrência por carbono orgânico (ALBRECHT *et al.*, 2008). Caracterizando que, para a safra em questão, o biorregulador empregado

Figura 3 - Regressão polinomial dos teores de óleo extraídos das sementes, em função de diferentes doses do biorregulador aplicadas, via foliar, em diferentes estádios de desenvolvimento e ausência de tratamento de sementes, no ano agrícola 2007/2008

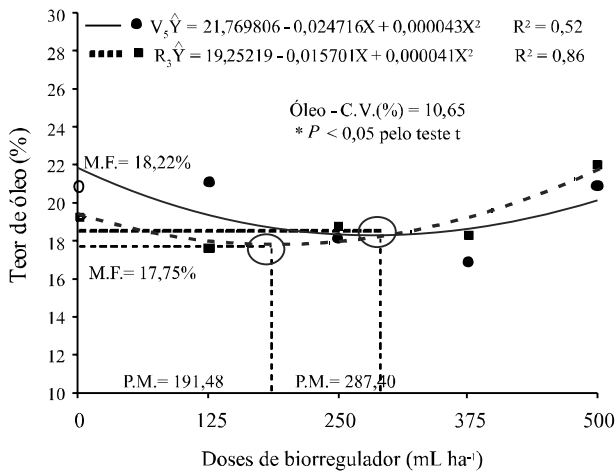


Figura 4 - Regressão polinomial dos teores de óleo extraídos das sementes, em função de diferentes doses do biorregulador aplicadas, via foliar, em diferentes estádios de desenvolvimento e na presença de tratamento de sementes, no ano agrícola 2007/2008

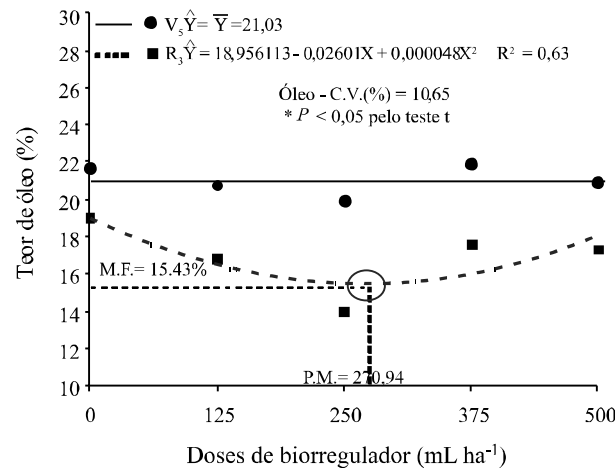
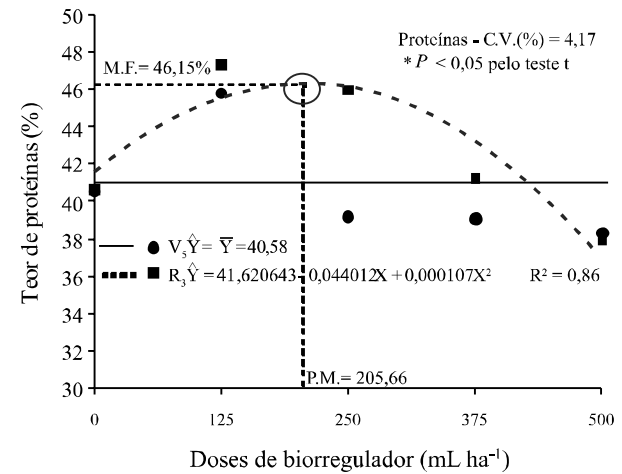


Figura 5 - Regressão polinomial dos teores de proteínas determinados nas sementes, em função de diferentes doses do biorregulador aplicadas, via foliar, em diferentes estádios de desenvolvimento e ausência de tratamento de sementes, no ano agrícola 2007/2008



promoveu alterações nos conteúdos de óleo e proteínas nas sementes de soja; com incremento relativo nos teores de proteínas e decréscimo nos teores de óleo, em doses específicas e, predominantemente nas aplicações realizadas no estágio reprodutivo e na ausência de tratamento de sementes.

Safra 2008/2009

Quanto à variável produtividade (Tabela 2), o desdobramento na análise estatística ($P < 0,05$) permitiu distinguir que a aplicação foliar no estágio V_5 foi superior àquela realizada no R_3 , na dose de 375 mL ha^{-1} , quando ocorreu 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 estágio R_3 , ou seja, o tratamento de sementes foi efetivo apenas quando realizado com dose baixa no estágio R_3 .

Os fatos supramencionados e visualizados na Tabela 2 apontam que a eficácia agrônômica do

Tabela 2 - 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 estágio e dose, não diferem entre si a 5%, 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%, pelo teste F

biorregulador avaliado se refere às 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.

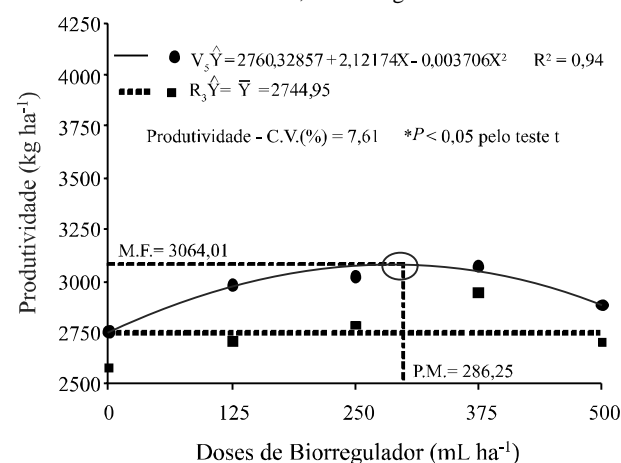
No desdobramento da interação dose dentro de cada estágio de aplicação foliar e tratamento de sementes (Dose/Estádio*TS) foi possível ajustar modelos de regressão polinomial, para a variável produtividade, nas aplicações em V_5 e sem tratamento de sementes, com resposta quadrático (Figura 6).

No tocante à produtividade, o P.M. foi igual a $286,25 \text{ mL ha}^{-1}$, e o M.F. 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 à 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.

Os resultados diferenciados expressos dentro de cada ano agrícola, provavelmente foram reflexos de um comportamento climático distinto (Figura 1). O que permite inferir um conjunto de fatores ecofisiológicos que em conjunto, ou isoladamente, podem interferir na performance de biorreguladores.

Diante dos resultados, é válido afirmar que quando efetuado o tratamento de sementes com o biorregulador, para o ano agrícola de 2008/2009, não sucedeu respostas significativas para doses, no que se refere à produtividade de sementes.

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

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

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, em que observando que o número total de nós que a planta de soja produzirá é definido em V_5 . 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 grãos 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 estádio V₅, em dose não superior a 286 mL ha⁻¹ (ponto de máximo da segunda safra), aproximando-se do posicionamento adotado pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (2008), em termos de estádio 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 estádio 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 V₅, 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 estádio V₅ apresentasse resposta significativa na análise de regressão, permitindo o ajuste de uma equação quadrática, em resposta ao incremento nas doses do biorregulador.

Em relação à composição química, na segunda safra avaliada (2008/2009), após a análise de variância, notou-se a presença de efeito significativo ($P < 0,05$) para o fator principal dose, em ambas as variáveis (óleo e proteínas). Porém, no desdobramento das interações, diferenças significativas foram obtidas dentro do desdobramento de segunda ordem, o que possibilitou gerar os resultados apresentados na Tabela 3 e nas Figuras 7, 8 e 9.

Na Tabela 3, analisando-se os teores de óleo entre ausência e presença de tratamento de sementes, houve diferença significativa apenas na testemunha (0 mL ha⁻¹) e na dose 375 mL ha⁻¹ aplicada, via foliar, no estádio vegetativo, em que a ausência de tratamento foi superior a presença de tratamento de sementes. No caso dos teores de proteínas, ocorreu o inverso, ou seja, dentro da dose de 375 mL ha⁻¹ aplicada, via foliar, em ambos os estádios de desenvolvimento, o tratamento de sementes com o biorregulador apresentou maiores valores que a ausência de tratamento.

Tabela 3 - Teores de óleo e proteínas obtidos nas sementes produzidas na ausência e presença de tratamento de sementes e 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
Teores de óleo (%)				
0	24,55 Aa	24,62 Aa	22,14 Ba	22,54 Aa
125	20,45 Aa	20,97 Aa	21,12 Aa	20,83 Aa
250	21,18 Aa	21,41 Aa	23,20 Aa	21,43 Aa
375	21,43 Aa	22,16 Aa	19,14 Bb	22,34 Aa
500	21,97 Aa	23,11 Aa	24,10 Aa	22,34 Aa
Média	21,91	22,45	21,94	21,89
CV (%)	8,14			
Teores de proteínas (%)				
0	40,13 Aa	40,23 Aa	39,65 Aa	39,85 Aa
125	39,75 Aa	40,08 Aa	39,92 Aa	39,72 Aa
250	41,49 Aa	41,18 Aa	41,64 Aa	40,80 Aa
375	39,45 Ba	39,07 Ba	41,68 Aa	40,79 Aa
500	40,26 Aa	38,92 Ab	40,03 Ba	40,09 Aa
Média	40,21	39,90	40,58	40,25
CV (%)	2,45			

*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

Figura 7 - Regressão polinomial dos teores de óleo extraídos das sementes, em função de diferentes doses do biorregulador aplicadas, via foliar, em diferentes estádios de desenvolvimento e ausência de tratamento de sementes, no ano agrícola 2008/2009

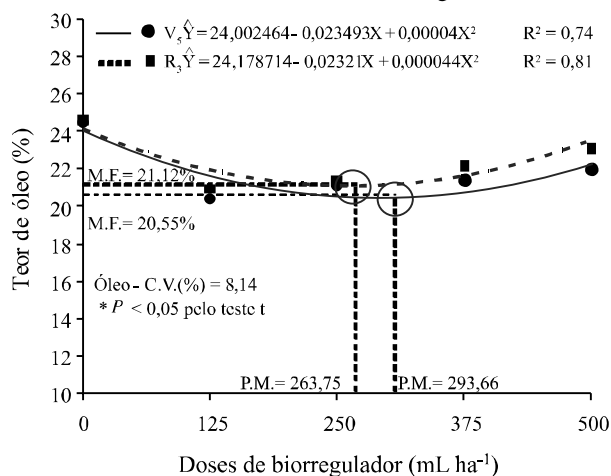
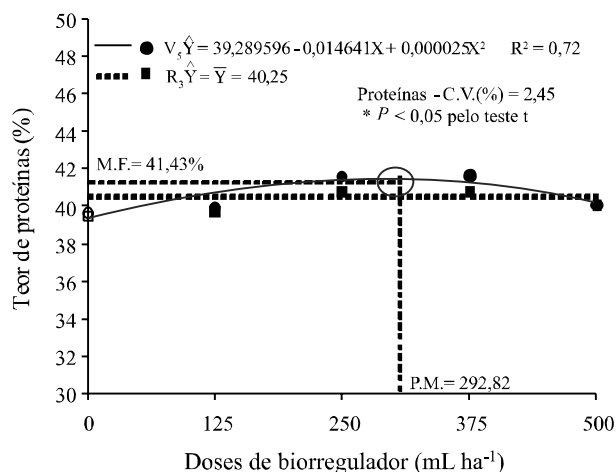


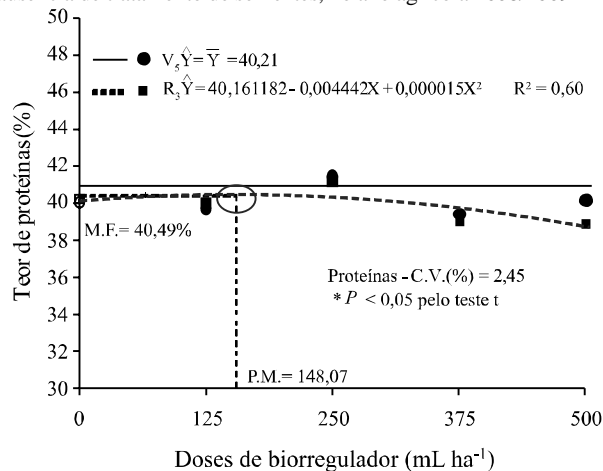
Figura 9 - Regressão polinomial dos teores de proteínas determinados nas sementes, em função de diferentes doses do biorregulador aplicadas, via foliar, em diferentes estádios de desenvolvimento e na presença de tratamento de sementes, no ano agrícola 2008/2009



Em relação à diferença entre os estádios de aplicação foliar, para os teores de óleo, ocorreu apenas uma diferença. A aplicação foliar realizada no estágio R_3 foi superior à realizada na fase vegetativa, dentro da dose de 375 mL ha⁻¹ e na presença do tratamento de sementes. O oposto em termos de superioridade foi observado nos teores de proteínas, porém, dentro da dose de 500 mL ha⁻¹ e na ausência de tratamento das sementes com biorregulador.

Na safra 2008/2009, conforme ilustrado na Figura 7 para os teores de óleo, a análise de regressão permitiu o ajuste de equações quadráticas para os dois estádios de desenvolvimento, em função do aumento nas doses do produto,

Figura 8 - Regressão polinomial dos teores de proteínas determinados nas sementes, em função de diferentes doses do biorregulador aplicadas, via foliar, em diferentes estádios de desenvolvimento e ausência de tratamento de sementes, no ano agrícola 2008/2009



porém, somente na ausência do tratamento de sementes. Os pontos de mínimo foram de 293,66 e 263,75 mL ha⁻¹, para os estádios V_5 e R_3 , respectivamente.

Visualiza-se, nas Figuras 8 e 9, o ajuste quadrático significativo para teores de proteínas, em função das doses do produto, dentro de aplicações foliares realizadas no estágio reprodutivo e na ausência de tratamento de sementes (Figura 8, com P.M. em 148 mL ha⁻¹) e, em função das doses do produto, dentro de aplicações realizadas no estágio vegetativo, porém, com tratamento de sementes (Figura 9, com P.M. em 292,82 mL ha⁻¹).

Os resultados obtidos nessa última safra caracterizam bem a correlação negativa existente entre os teores de óleo e de proteínas, na composição química das sementes de soja, corroborando com Albrecht *et al.* (2008). Interpretando os resultados e associando os mesmos com as condições climáticas vigentes na época (Figura 1), supõe-se a interferência decisiva do clima nas tendências reinantes. Por meio do trabalho de Albrecht *et al.* (2008), conjectura-se que o déficit hídrico, em geral, associa-se a baixos teores de proteínas, ao passo que, elevadas temperaturas relacionam-se a incrementos no conteúdo de óleo. No entanto, as combinações de baixa disponibilidade hídrica e altas temperaturas nos estádios reprodutivos podem desencadear elevações nos teores de proteínas, o que é o oposto quando esse tipo de estresse ocorre na fase vegetativa. Isso auxilia na compreensão dos resultados, especialmente no fato de que as médias de óleo estiveram em torno de 22% para o ano de 2008/2009, enquanto que na safra anterior, próximo de 19%, já que é factível perceber estresse hídrico associado a temperaturas elevadas na fase inicial da cultura e precipitação elevada e altas temperaturas na fase de enchimento das sementes na safra 2008/2009. Estes resultados estão de acordo com Rao *et al.* (1993).

Aplicações nos estádios reprodutivos tendem a possibilitar maior quantidade de resultados significativos, porém não é uma regra. Conjecturando sobre tratamento de sementes, fica constatado que a presença de tratamento com o biorregulador em sementeira não foi eficiente no sentido de aumentar o conteúdo de proteínas e óleo, em diversos tratamentos, em aparente contradição com resultados de Ávila *et al.* (2008). Contudo, alguns tratamentos com a presença do biorregulador nas sementes, no processo de sementeira, proporcionaram incremento nos teores de proteínas, o que corrobora com Ávila *et al.* (2008).

A composição química é afetada pelo genótipo e pelo ambiente, e pela interação deles (ALBRECHT *et al.*, 2008); o resultado dessa interação é passível de ser modificada por manejos agrotecnológicos (ALBRECHT *et al.*, 2008; MARCOS FILHO, 2005). E que o uso de biorreguladores pode ser uma tática a ser implementada, que viabilize melhoria no conteúdo químico das sementes, já que hormônios vegetais são imprescindíveis na formação e desenvolvimento das sementes (ÁVILA *et al.*, 2008; HUIZEN; OZGA; REINECKE, 1996; NASCIMENTO; MOSQUIM, 2004).

Inferese-se que a ação do biorregulador avaliado, por ter ação fisiológica direta, propicie modificações no metabolismo, direcionando as reações anabólicas no sentido de permitir condições para maior acúmulo de proteínas em detrimento dos teores de óleo. Caso a comercialização do produto, na forma de grão, seja considerada a composição química e valorizada a presença de altos níveis proteicos, a margem líquida sobre a venda seria incrementada quando do uso do biorregulador em dose ótima, focando a expressão de maiores teores de proteínas.

CONCLUSÃO

O uso do biorregulador Stimulate® na cultura da soja influencia na produtividade, elevando-a até à dose foliar de 339,68 mL ha⁻¹ (2007/2008) ou 286,25 mL ha⁻¹ (2008/2009) em V₅. Os teores de óleo e proteínas podem ser alterados pela ação do biorregulador, com possibilidade de incremento do conteúdo proteico.

REFERÊNCIAS

ALBRECHT, L. P. *et al.* Teores de óleo, proteínas e produtividade de soja em função da antecipação da sementeira na região oeste do Paraná. **Bragantia**, v. 67, n. 04, p. 865-873, 2008.

ALBRECHT, L. P. *et al.* Aplicação de biorregulador na produtividade do algodoeiro e qualidade de fibra. **Scientia Agraria**, v. 10, n. 03, 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**, v. 06, n. 01, p. 23-35, 2000.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMIST. **Official methods of the Association of Official Analytical Chemist**. 15. ed. Washington, D.C.: AOAC, 1990. p. 209-230. v. 1.

ÁVILA, M. R. *et al.* Bioregulator application, agronomic efficiency, and quality of soybean seeds. **Scientia Agrícola**, v. 65, n. 06, p. 567-691, 2008.

CAMPOS, M. F. *et al.* Análise de crescimento em plantas de soja tratadas com substâncias reguladoras. **Revista Biotemas**, v. 21, n. 03, 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**, v. 56, n. 01, p. 74-79, 2009.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Tecnologias de produção de soja**: Paraná – 2006. Londrina: Embrapa Soja, 2006. (Sistemas de produção, 10).

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Tecnologias de produção de soja**: região central do Brasil - 2008. Londrina: Embrapa Soja; Embrapa Cerrados; Embrapa Agropecuária Oeste, 2008. (Sistemas de Produção, 12).

FERREIRA, L. A. *et al.* Bioestimulante e fertilizante associados ao tratamento de sementes de milho. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 29, n. 02, p. 80-89, 2007.

HUIZEN, R. V.; OZGA, J. A.; REINECKE, D. M. Influence of auxin and gibberellin on in vivo protein synthesis during early pea fruit growth. **Plant Physiology**, v. 112, n. 01, p. 53-59, 1996.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz**: métodos químicos e físicos para análise de alimentos. São Paulo, 1985. p. 533. v. 1.

KLAHOLD, C. A. *et al.* Resposta da soja (*Glycine max* (L.) Merrill) à ação de bioestimulante. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 28, n. 02, p. 179-185, 2006.

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

MOTERLE, L. M. *et al.* Efeito da aplicação de biorregulador no desempenho agrônomo e produtividade da soja. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 30, p. 701-709, 2008. Suplemento.

NASCIMENTO, R.; MOSQUIM, P. R.; Crescimento e teor de proteínas em sementes de soja sob influência de hormônios vegetais. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 27, n. 03, p. 573-579, 2004.

RAO, A. C. S. *et al.* Cultivar and climatic effects on the protein content of soft white winter wheat. **Agronomy Journal**, v. 85, p. 1023-1028, 1993.

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**, v. 23, n. 02, p. 222-228, 2001.