

EFEITO DE BIOESTIMULANTE VIA SOLO NA NUTRIÇÃO E NO RENDIMENTO DE GRÃOS DE SOJA

**João Victor de Mattos, Eduardo Fávero Caires, Marcos Altomani Neves
Dias e Vanderson Modolon Duarte**

RESUMO: A utilização de bioestimulantes de solo à base de microrganismos, sejam eles vivos ou a partir de seus metabólitos, pode ser uma alternativa potencialmente sustentável para melhorar a eficiência de uso dos fertilizantes, tornando os cultivos mais rentáveis e produtivos. O presente trabalho foi realizado com o objetivo de estudar a influência da utilização de um bioestimulante aplicado via solo na nutrição e no rendimento de grãos de soja. O experimento foi realizado no município de Ponta Grossa, PR, na Fazenda Escola “Capão da Onça” da Universidade Estadual de Ponta Grossa. O delineamento experimental empregado foi o de blocos ao acaso, com cinco repetições. Foram empregadas quatro doses do bioestimulante de solo nas parcelas (0, 2, 4 e 6 L ha⁻¹), sendo estes os tratamentos. Conclui-se com a pesquisa que a dose de 3,5 L ha⁻¹ condicionou aumento de 8% (287, 2 kg ha⁻¹) no rendimento de grãos em relação ao controle (dose 0).

Palavras-chave: Glycine max L., ativador de microbiota, bioestimulantes

INTRODUÇÃO

O uso adequado de fertilizantes minerais é um dos principais fatores para promover a segurança alimentar global nos tempos atuais. Mais de 48% das 7 bilhões de pessoas hoje, estão vivendo por causa do aumento da produção das culturas obtido pela aplicação de fertilizantes (ANDA., 2017).

A adição de nutrientes para melhoria do desenvolvimento das plantas é uma das alternativas para aumentar a produção de alimentos sem a abertura de novas áreas. Contudo, uma vez no solo, parte dos nutrientes pode não ser aproveitada pelas plantas em decorrência de perdas para o ambiente e/ou permanecer em formas indisponíveis para absorção pelas raízes (BARROW, 1983).

Características microbiológicas, abundância e atividade de microrganismos têm sido considerados importantes indicadores de fertilidade do solo e sustentabilidade, tentando explicar a multifuncionalidade dos organismos que são sensíveis a impactos produzidos no solo (OCDE, 2001).

Esse trabalho foi realizado com o objetivo de compreender melhor a influência da aplicação de bioestimulante pulverizado via solo em pré-semeadura da cultura da soja, e seus efeitos na nutrição de plantas e no rendimento de grãos.

METODOLOGIA

Descrição e características do bioestimulante

O bioestimulante (BS) utilizado na pesquisa é produzido pela Agricen Company com suas fábricas sediadas nos EUA (estado do Texas) e na Austrália (estado de Victoria), e tem projeção de ser produzido no Brasil.

O produto possui os selos “Registered Organic Input Material” da CDFA e “Registered Material For Use In Organic Agriculture” do Departamento de Agricultura do Estado de Washington. No Brasil, o produto está registrado no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) como fertilizante organomineral classe A.

O produto possui em sua composição metabólitos microbianos produzidos a partir de um processo fermentativo anaeróbico em biorreatores, utilizando comunidades de

microrganismos altamente diversificadas e protegidas em biofilmes com resíduos orgânicos (Farm Wast). O produto é biologicamente estável e contém mais de 500 componentes bioquímicos ativos, conforme representada pela espectrometria de massa.

É um produto fluido, com densidade de $1,05 \text{ g cm}^{-3}$. As principais matérias-primas constituintes do produto são nitrato de amônio, substâncias húmicas, agente acidificante e água. As garantias mínimas são de 1% de N e 6% de carbono orgânico total (p/p). A sua aplicação é recomendada em pré-semeadura ou no início do desenvolvimento das culturas, nas doses de 2 a 4 L ha⁻¹, podendo ser misturado com herbicidas.

Localização, caracterização e condução dos experimentos

O experimento foi realizado na Fazenda Escola Capão da Onça da Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG), localizada no município de Ponta Grossa – PR. As coordenadas geográficas do local do estudo são 25°05'29.5"S 50°03'18.8"W, apresentando altitude média de 956 m em relação ao nível do mar.

Segundo a classificação de Köppen e Geiger, a região possui clima do tipo Cfb, com temperatura média no mês mais frio abaixo de 18 °C, verões frescos, temperatura média no mês mais quente abaixo de 22 °C e sem estação seca definida (IAPAR, 2016). A precipitação pluvial média anual varia de 1600 a 1800 mm, sendo o mês de agosto o mais seco e o de fevereiro o mais chuvoso (IAPAR, 2016).

Antes da instalação do experimento, amostras de solo foram coletadas na camada de 0-20 cm de profundidade para caracterização química (Tabela 1) e física (Tabela 2) inicial do solo (TEDESCO et al., 1995). Depois de realizadas as análises de solo, foram definidas as doses de fertilizantes que compuseram os tratamentos de adubação.

Tabela 1 - Caracterização química inicial do solo antes da instalação do experimento. Profundidade 0-20 cm.

pH	M.O.	P (Mehlich 1)	K	Ca	Mg	H+Al	H	SB	CTC	Saturação por bases
CaCl ₂	g dm ⁻³	mg dm ³	----- cmol _c dm ⁻³ -----							
5,03	33	7,21	0,26	4,08	0,94	4,82	4,82	5,28	10,1	52

Tabela 2 - Caracterização granulométrica e classificação textural do solo antes da instalação do experimento. Profundidade 0-20cm.

Areia	Silte	Argila	Classe de Textura
	g kg ⁻¹		
600	15	250	Franco argilo-arenosa

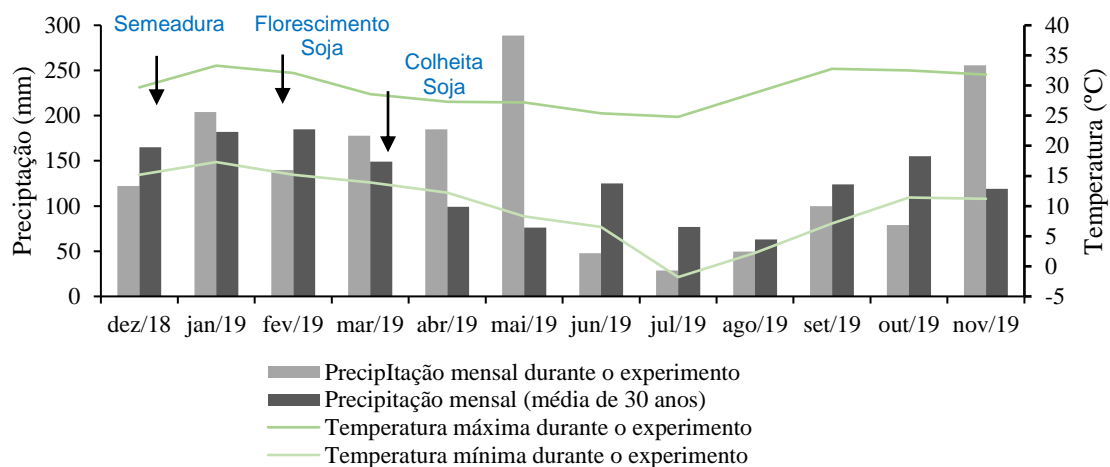
O experimento foi conduzido em campo, perfazendo um total de 20 unidades experimentais para a cultura da soja. Cada unidade experimental teve as seguintes dimensões: 6 m de comprimento por 3 m de largura. O espaçamento entre as linhas foi de 0,45 m.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso com quatro tratamentos e cinco repetições. Foram empregadas quatro doses de BS (0, 2, 4 e 6 L ha⁻¹). O BS foi aplicado em pré-semeadura da cultura da O BS foi aplicado com o auxílio de pulverizador pressurizado com CO₂ da marca Herbicat, contendo barra de aplicação de 3 m de largura, pontas de pulverização espaçadas em 0,5 m equipadas com o modelo Teejet XR 11015 e regulagem para atender a vazão de 150 L ha⁻¹. As doses do BS foram adicionadas em garrafa PET de 2 L, junto à calda contendo água, na proporção a atender a vazão de 150 L ha⁻¹.

A semeadura da soja foi realizada no dia 21 de dezembro de 2018 com semeadora mecanizada, na densidade média de 15 sementes por metro e espaçamento de 0,45 m entre as linhas. Minutos antes da semeadura, as sementes foram inoculadas com estirpes selecionadas de *Bradyrhizobium japonicum*, SEMIA 5079 e SEMIA 5080, seguindo a recomendação descrita na bula, de 50mL para 50 kg de sementes. Todos os tratamentos receberam adubação de base com 270 kg ha⁻¹ da formulação 00-20-20 (N-P₂O₅-K₂O). Não foi realizada adubação em cobertura. Utilizou-se o cultivar Nidera 5909.

Os dados de precipitação pluvial histórica da região de Ponta Grossa (30 anos) e de precipitação pluvial e temperatura ocorridos durante o período de condução do experimento estão apresentados na Figura 1.

FIGURA 1 - Precipitação pluvial da região de Ponta Grossa (PR) (média dos 30 últimos anos) e precipitação pluvial e temperatura máxima e mínima mensal ocorridas durante o período de condução do experimento



Fonte: Mini Farm BASF S/A e Instituto das Águas do Paraná (2019)

Avaliações

Para a cultura da soja foram realizadas as seguintes avaliações biométricas:

- Número e massa de nódulos por planta: Aos 30 dias após a semeadura, coincidindo com o estágio fenológico V4, coletou-se 1 m de plantas na mesma linha de semeadura com auxílio de uma pá-cortadeira com a lâmina reta de aproximadamente 295 mm para retirar as raízes evitando ao máximo danos e perdas de nódulos. Em seguida, os nódulos foram retirados, lavados em água corrente, contados e colocados para secar em estufa com circulação forçada de ar a 60° C até atingir a massa constante para a determinação da massa por meio de pesagem.

- Altura de plantas e contagem de nós e vagens: No momento da colheita, coletaram-se 10 plantas em sequência na mesma linha de semeadura e realizou-se a medida da altura por meio de régua graduada e a contagem de nós e vagens por planta.

Massa fresca, massa seca e extração de nutrientes pela cultura de soja

Para avaliar a massa fresca, massa seca e a extração de nutrientes, coletou-se 1 metro de plantas de soja em cada parcela, respectivamente, ambas no início do florescimento. Separou-se as folhas das hastes ou caule. Em seguida, as amostras de soja foram lavadas em água deionizada e colocadas para secar em estufa com circulação forçada de ar a 60 °C até atingir massa constante. Após a secagem, as amostras de folhas e hastes ou caules foram pesadas para determinação da produção de matéria seca, e

moídas separadamente. Foram determinados os teores de N, P, K, Ca, Mg e S nas folhas e parte aérea seguindo os métodos descritos por Malavolta et al. (1997).

A extração de nutrientes pelas plantas de soja foi calculada por intermédio do produto entre a produção de matéria seca da planta inteira e o teor de nutrientes na planta inteira.

Produtividade de grãos

A produtividade de grãos de soja foi avaliada com o auxílio de colhedora de parcelas, corrigindo-se a umidade dos grãos para 130 g kg⁻¹.

Análises estatísticas

Os resultados foram submetidos à análise de variância seguindo o modelo do delineamento em blocos ao acaso. Equações de regressão foram ajustadas aos dados obtidos em função das doses de BS. Os ajustes foram realizados por meio dos modelos de regressão linear e quadrático. Adotou-se como critério para a escolha do modelo a magnitude dos coeficientes de determinação das regressões significativas a 5%. Na ausência de interação significativa entre as doses de BS, os efeitos dos tratamentos foram analisados utilizando-se as médias das observações. As análises estatísticas foram realizadas por meio software Sisvar (FERREIRA., 2010).

RESULTADOS

A extração de nutrientes pela parte aérea das plantas de soja não foi significativamente alterada com as doses de BS aplicadas (Tabela 3).

Tabela 3 - Extração de nutrientes pela cultura da soja no estádio R1, em função das doses de bioestimulante. Safra 2018-2019.

BIOESTIMULANTE	N	P	K	Ca	Mg	S
L ha ⁻¹	----- kg ha ⁻¹ -----					
0	146,7	14,3	104,8	44,5	18,7	9,0
2	148,9	15,3	109,3	48,3	18,3	9,2
4	142,3	15,0	111,2	48,3	19,7	9,9
6	141,1	13,3	101,8	44,4	17,2	10,3
CV (%)	14,7	19,5	16,7	15,54	13,6	14,6
Efeito	ns	ns	ns	Ns	ns	ns

ns = não significativo.

Embora com indicativos de aumento nos valores absolutos, as doses de BS não interferiram significativamente no número e na massa de nódulos da cultura da soja (Tabela 4).

Destaca-se que a aplicação do BS não prejudicou a nodulação das plantas de soja, independentemente da dose empregada.

Tabela 4 - Número e massa de nódulos nas raízes de soja aos 30 dias após a semeadura. Safra 2018-2019.

BIOESTIMULANTE	Nódulos	
L ha ⁻¹	n ^o /planta	mg/planta
0	7,7	320
2	8,7	352
4	9,3	380
6	8,4	284
C.V%	30,2	28,5
Efeito	ns	ns

ns = não significativo.

A tabela 5 contém dados de massa seca de raiz e parte aérea (caules e folhas) e da massa seca total (raiz + parte aérea) coletados aos 30 dias após a semeadura da soja. Os valores de massa seca de raiz e massa seca total foram influenciados significativamente, de acordo com o modelo linear, em função das doses de BS aplicadas. De acordo com as equações de regressão ajustadas para massa seca de raiz ($y = + 172,46 + 5,93x$, $R^2 = 0,75$) e massa seca total ($y = 839,41 + 14,955x$, $R^2 = 0,78$) houve um incremento aproximado de 6 e 15 kg na massa seca de raiz e na massa seca total, respectivamente, para cada 1 L de BS aplicado. Vessey & Buss (2002) observaram que a aplicação de biofertilizantes e bioestimulantes à base de microrganismos do gênero *Bacillus sp.* aplicados na semente, na superfície de plantas ou diretamente no solo, resultou no incremento da biomassa do sistema radicular e de parte aérea em plantas de soja. Respostas semelhantes também foram encontradas nas culturas de colza (*Brassica napus*) (BASHAN; DUBROVSKY, 1996; BERTRAND et al., 2001) e batata-inglesa (*Solanum tuberosum ssp. Tuberosum*) (FROMMEL et al., 1991).

Tabela 4 - Massa seca (MS) de raiz, parte aérea e total de plantas de soja, aos 30 dias após semeadura, em função de doses do bioestimulante. Safra 2018-2019.

BIOESTIMULANTE	MS de raiz	MS da parte aérea	MS total
L ha ⁻¹		kg ha ⁻¹	
0	176,6	665,8	842,5
2	184,2	695,7	851,0
4	184,0	713,8	926,6
6	216,2	710,5	917,0
CV (%)	6,4	8,3	7,0
Efeito	L**	Ns	L*

ns = não significativo, * = significativo a $P < 0,05$ e ** = significativo a $P < 0,01$.

A formação da parte aérea da cultura desempenha papel importante no rendimento de grãos. Assim, com o passar do tempo, a maior absorção de nutrientes pelas plantas pode promover melhor desenvolvimento das plantas (MALAVOLTA, 1997).

Apesar de se observar certa tendência de aumento na produção de massa seca da parte aérea de plantas de soja no estágio R₁, principalmente na dose de 4 L ha⁻¹, não foi observada influência significativa das doses de BS nessas variáveis analisadas (Tabela 6).

Tabela 5 - Massa seca (MS) de caules, folhas e total da parte aérea de plantas no estágio R₁ da cultura da soja em função de doses do bioestimulante. Safra 2018-2019.

BIOESTIMULANTE	MS de caules	MS de folhas	MS total da parte aérea
L ha ⁻¹	-----	----- kg ha ⁻¹ -----	-----
0	2168,2	1673,7	3841,9
2	2343,3	1670,2	4013,5
4	2420,7	1753,5	4174,2
6	2386,9	1656,7	4073,6
CV (%)	10,7	12,8	10,8
Efeito	ns	ns	ns

ns = não significativo.

Para os componentes biométricos avaliados em pré-colheita, somente o número de nós por planta foi influenciado significativamente pelas doses de BS, conforme o modelo quadrático (Tabela 7). Segundo a equação de regressão ajustada ($y = + 12,99 + 0,4770x - 0,0825x^2$, $R^2 = 0,49$), um incremento de cerca de 6% no número de nós seria obtido com a aplicação de 2,9 L ha⁻¹ de BS. O número de vagens por planta e a altura das plantas não foram influenciados significativamente com a aplicação das doses de BS. Os valores médios obtidos foram de 41 vagens por planta e altura de 82 cm.

Tabela 6 - Análises biométricas de número de nós, número de vagens e altura de plantas de soja realizada na pré-colheita da cultura. Safra 2018-2019.

BIOESTIMULANTE	Nós	Vagens	Altura de plantas
L ha ⁻¹	nº/planta	nº/planta	cm
0	12,8	37,7	84,0
2	14,1	43,5	82,3
4	13,1	40,2	77,6
6	13,0	43,5	83,9
CV (%)	3,81	12,02	4,80
Efeito	Q*	ns	ns

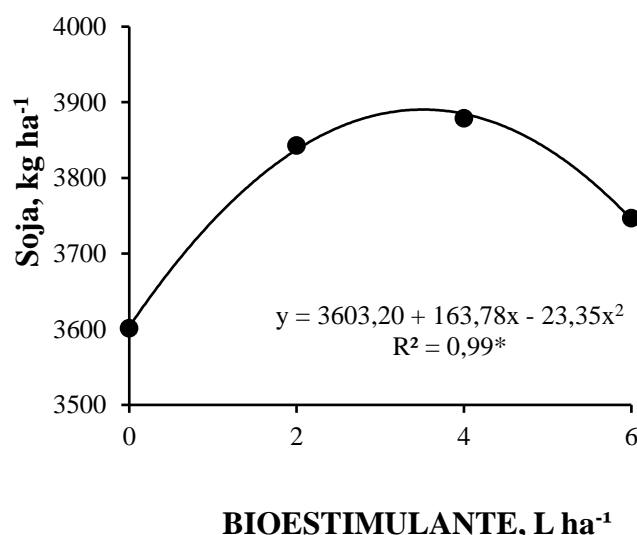
ns = não significativo e * = significativo a P < 0,05.

O rendimento de grãos de soja foi incrementado com o aumento das doses de BS, de acordo com o modelo quadrático (Figura 2). Conforme a equação de regressão ajustada, a máxima produtividade de grãos de soja (3890 kg ha⁻¹) seria alcançada com a aplicação de 3,5 L ha⁻¹ de BS, ocasionando um aumento de 8% (287,2 kg ha⁻¹) no rendimento de grãos em relação ao controle.

Esse incremento pode ter sido consequência do melhor desenvolvimento inicial da cultura em maior massa seca de raiz e massa seca total, conforme Tabela 5, proporcionando às plantas melhores condições de enfrentamento ao estresse abiótico que a cultura enfrentou pela falta de chuvas em diferentes momentos críticos e de determinação de potencial produtivo, como no início e no final do estágio vegetativo (determinação do número de nós por planta), se estendendo até o estágio de formação de vagens (R₃).

Nesse sentido, o efeito de bioestimulantes aparenta ser mais pronunciado em condições de estresses, como em trabalhos reportados por Aroca & Ruiz-Lozano (2009) beneficiando o crescimento e conferindo resistência de plantas de tomate e pimenta sob condições de déficit hídrico em regiões do semiárido. Há relatos na literatura de que o efeito de microrganismos e/ou substâncias promotoras de crescimento é mais proeminente em condições ambientais mais restritas ao crescimento das plantas, principalmente sob estresses hídricos e nutricionais. (SILVA & PIRES, 2017).

FIGURA 2 - Rendimento de grãos de soja em função de doses de bioestimulante de solo aplicadas em pré-semeadura. Safra 2018-2019.



* = significativo a P < 0,05.

CONCLUSÃO

Conclui-se com a pesquisa que a aplicação de BS na cultura da soja aumentou a massa seca de raiz e a massa seca total das plantas aos 15 dias após a semeadura, o número de nós na planta. Em termos de rendimento grãos, a dose de máxima eficiência técnica (3,5 L ha⁻¹) condicionou um incremento de 287,2 kg ha⁻¹, 8% frente a dose zero.

REFERÊNCIAS

ANDA. Anuário estatístico do setor de fertilizantes. Associação Nacional para Difusão de Adubos – ANDA. Vários números desde o número 1. São Paulo. Acesso em 02 ago. 2019.

AROCA, R.; RUIZ-LOZANO, J. M. Induction of plant tolerance to semi-arid environments by beneficial soil microorganisms - a review. *In*: LICHTOUSE, E. (ed.). Climate change, intercropping, pest control and beneficial microorganisms, sustainable agriculture reviews. Springer, The Netherlands, v. 2, p.121–135, 2009.

BARROW, N.J. A mechanistic model for describing the sorption and desorption of phosphate by soil. *Journal Soil Science*, v34, p.733-750, 1983

BASHAN, Y.; DUBROVSKI, J. G. *Azospirillum* spp. Participation in dry matter partitioning in grasses at the whole plant level. *Biol. Fertil. Soils*, n. 23, p. 435–440. 1996.

BERTRAND, H. *et al.* Isolation and identification of the most efficient plant growth-promoting bacteria associated with canola (*Brassica napus*). *Biol. Fertil. Soils*, n. 33, p. 152–156, 2001.

FERREIRA, D. F. Sisvar: Sistema de análise de variância. Versão 5.3. Lavras: UFLA, 2010.

FROMMEL, M. I. *et al.* Growth enhancement and developmental modifications of in vitro grown potato (*Solanum tuberosum* ssp. *tuberosum*) as affected by a nonfluorescent *Pseudomonas* sp. *Plant Physiol.* n. 96, p. 928–936, 1991.

IAPAR. Cartas climáticas do Paraná, 2016. Disponível em: www.agricultura.pr.gov.br/arquivos/File/deral/pluvio.xls. Acesso em: 05 ago. 2018.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. 2. ed. Piracicaba: Associação Brasileira de Potássio e do Fósforo, 1997. 319 p.

OCDE, O. Understanding the digital divide. Paris: OCDE, 2001.

SILVA, S. R.; PIRES, J. L. F. Resposta do trigo BRS Guamirim à aplicação de *Azospirillum*, nitrogênio e substâncias promotoras do crescimento. *Revista Ciência Agronômica*, v. 48, p. 631-638, 2017.

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNEN, K.; VOLKWEISS, S. J. Análise de solo, plantas e outros materiais. 2 ed. Porto Alegre: Departamento de Solos da UFRGS, 1995. 147p (Boletim Técnico, 5.).

VESSEY, J. K.; BUSS, T. J. *Bacillus cereus* UW85 inoculation effects on growth, nodulation, and N accumulation in grain legumes. Controlled-environment studies. *Can. J. Plant Sci.* v. 82, p. 282–290, 2002.