convibra
www.convibra.org

IMPORTÂNCIA DOS REGULADORES VEGETAIS: BRASSINOSTEROIDE, CITOCININA E GIBERELINA NO CRESCIMENTO E PRODUTIVIDADE DE SOJA

Arielle Gonçalves Abdala[1], Larissa Pacheco Borges[1], Victor Alves Amorim[1], Lino Carlos Borges Filho[1], Millena Ramos dos Santos[1], Brunno Nunes Furtado[1], Gabriel Henrique Ferreira de Lima[1], Fábio Santos Matos[1]

[1]Universidade Estadual de Goiás, unidade de Ipameri, Rodovia GO 330, km 241, anel viário, 75780-000, e-mail: arielleabdala14@gmail.com

Resumo: O presente estudo teve como objetivo identificar os efeitos dos reguladores vegetais: brassinosteroide, citocinina e giberelina na produtividade de grãos em plantas de soja. O trabalho foi conduzido em área de produção agrícola no municipio de Ipameri, Goiás em uma única safra. O plantio da cultivar ocorreu logo após as primeiras chuvas do mês de outubro quando a precipitação acumulada somou 80 mm. O experimento seguiu o delineamento em blocos casualizados com quatro tratamentos e cinco repetições, de forma que os reguladores vegetais foram misturados nas concentrações de 2 mg L^{-1} de citocinina, 2 mg L^{-1} de giberelina e 0,1 mg L^{-1} de brassinosteroides em recipiente único e aplicados em diferentes estádios fenológicos correspondentes aos tratamentos: Controle, V_4, R_5, V_4+R_5, cinco repetições e aplicados em volume de calda de 100 L ha^{-1}. A mistura dos reguladores vegetaisincrementaram o crescimento e produtividade de plantas de soja com acréscimos de 250 kg ha^{-1} de grãos quando aplicados em V_4+R_5.

Palavras chave: *Glycine max* L., hormônios vegetais, estádio fenológico

IMPORTANCE OF PLANT REGULATORS: BRASSINOSTEROID, CYTOKININ AND GIBERELIN IN SOYBEAN GROWTH AND PRODUCTIVITY

Abstract: The present study aimed to identify the effects of plant regulators: brassinosteroids, cytokinins and gibberellins on grain yield in soybean plants. The work was carried out in an agricultural production area in the municipality of Ipameri, Goiás in a single harvest. The planting of the cultivar occurred just after the first rains in October when the accumulated precipitation amounted to 80 mm. The experiment followed a randomized block design with four treatments and five repetitions, so that the plant regulators were mixed in the concentrations of 2 mg L^{-1} of cytokinin, 2 mg L^{-1} of gibberellin and 0.1 mg L^{-1} of brassinosteroids in a single container and applied at different phenological stages corresponding to the treatments: Control, V_4, R_5, V_4 + R_5, five repetitions and applied in a 100 L ha-1 spray volume. The mixture of plant regulators increased the growth and productivity of soybean plants with increases of 250 kg ha-1 of grains when applied in V_4 + R_5.

Keywords: Glycine max L., plant hormones, phenological stage

INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max*) é considerada a mais importante espécie granífera do Brasil e está entre as culturas de maior relevância socioeconômica no mundo. Conforme dados da CONAB, (2021), houve crescimento de 3,4% da área plantada na safra 2020/2021 em comparação com a safra anterior. Com a produção de soja na safra 2019/2020 o Brasil superou os Estados Unidos

e tornou-se o maior produtor mundial de soja.

O centro-oeste é a principal região produtora de soja no Brasil, com 16,5 milhões de hectares, e devido às tecnologias de última geração, vem atingindo a maior produtividade da história. O estado de Goiás produziu 12,4 milhões de toneladas na safra 2019/2020, superior em 9% a safra anterior, com produtividade média de 3516 kg ha^{-1} (CONAB, 2020). Com alta perspectiva de crescimento do cultivo de soja no Brasil, a maior produção deve estar atrelada ao aumento de produtividade e não a ampliação da área cultivada. Portanto, novas estratégias são necessárias para incremento da produtividade, e uma técnica em potencial é o uso de reguladores vegetais para otimizar o desenvolvimento e incrementar a produtividade de grãos.

Entre os vários compostos, os brassinosteroides, as citocininas e as giberelinas são conhecidos por regular o crescimento e desenvolvimento da parte aérea e sistema radicular e aumentar a produtividade de plantas de soja pela redução do abortamento de flores e vagens (BORGES et al., 2014; PELACANI et al., 2016). A inexistência de recomendação de manejo de espécies agrícolas com o uso de reguladores vegetais em plantios comerciais visando promover vigoroso estabelecimento de plantas e fixação de flores e vagens de soja estimula as pesquisas ao desenvolvimento de técnicas inovadoras de condução de cultivos comerciais. Desta forma, o uso de reguladores vegetais pode representar importante ferramenta para incremento da produtividade da cultura da soja a fim de atender às tendências e perspectivas de crescente aumento na demanda mundial pelo grão.

O presente estudo teve como objetivo identificar os efeitos dos reguladores vegetais: brassinosteroide, citocinina e giberelina na produtividade de grãos em plantas de soja.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido em área de produção agrícola no municipio de Ipameri, Goiás em uma única safra. Esta região possui clima tropical úmido, com verão chuvoso e inverno seco. O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo (EMBRAPA, 2018). O cultivo da soja NIDERA 7200 foi realizado em solo com fertilidade corrigida de acordo com recomendação para a cultura (PROCHNOW et al., 2010).

O plantio da cultivar ocorreu logo após as primeiras chuvas do mês de outubro quando a precipitação acumulada somou 80 mm. As sementes de soja foram tratadas com fungicida e inseticida. Para a imposição dos tratamentos, inicialmente foram preparadas soluções estoques dos reguladores vegetais: citocinina (cinetina), giberelina (GA_3) e brassinosteroides (brassinolídeo). O experimento seguiu o delineamento em blocos casualizados com quatro tratamentos e cinco repetições, de forma que os reguladores vegetais foram misturados nas concentrações de 2 mg L^{-1} de citocinina, 2 mg L^{-1} de giberelina e 0,1 mg L^{-1} de brassinosteroides em recipiente único e aplicados em diferentes estádios fenológicos correspondentes aos tratamentos: Controle, V_4, R_5, V_4+R_5.

Buscou-se o máximo de uniformidade durante a aplicação através de pulverização única na área foliar de plantas de soja utilizando pulverizador de arrasto, com volume de calda de 100 L ha^{-1} (9 L/parcela). Foi adicionado óleo mineral em volume correspondente a 0,5% da calda. As parcelas experimentais foram compostas de 36 linhas de 50 m de comprimento, espaçadas de 0,5 m, ou seja, foram parcelas constituídas de 900 m^2 (18 x 50 m).

Entre o fim do estádio $R_{5.5}$ e o início do R_6, com grãos cheios preenchendo totalmente a cavidade das vagens, as seguintes análises foram realizadas: altura de planta, diâmetro do caule, número de folhas, biomassa total, razões de massa foliar, caulinar e radicular e, por fim, no estádio R_9 foram mensurados o número de vagens e a produtividade.

Variáveis de crescimento: A mensuração da altura de planta foi realizada a partir da região de transição da raiz com o caule na base da planta rente ao solo (coleto) até o ápice do caule utilizando régua graduada. O diâmetro do caule foi mensurado na altura do coleto com paquímetro digital. O número de folhas foi obtido por contagem. As análises destrutivas foram realizadas com raízes, caule e folhas separados e colocados em estufa à 72º C para secagem até atingirem massa seca constante e, em seguida, pesados. Com os dados de massa seca foram calculadas as razões de massa radicular caulinar e foliar pela divisão da massa seca do órgão pela massa seca total da planta.
Variáveis produtivas: O número de vagens e a produtividade foram mensurados na fase reprodutiva R_9 e a última ajustada a umidade de 13%. A colheita da parcela útil foi realizada de forma mecanizada com colheitadeira de grãos John Deere-S540.
Procedimentos estatísticos: Os dados foram submetidos a análise de variância e teste de Newman-Keuls para comparação das médias. A análise multivariada foi feita por meio de regressão múltipla utilizando a seleção do modelo *forward stepwise* e variáveis canônicas utilizando o pacote candisc nos softwares R 4.0.1 (R CORE TEAM, 2020) e RBIO (BHERING, 2017).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados mostrados nas tabelas 1 e 2 demonstram que o uso dos reguladores vegetais pouco interferiu nas variáveis: número de folhas, diâmetro do caule, biomassa e razões de massa foliar e radicular, no entanto, os ligeiros incrementos na altura de planta e razão de massa caulinar nas plantas tratadas no estádio fenológico V_4 é indicativo de que os reguladores vegetais exerceram ação positiva no crescimento do caule. Segundo Matos et al. (2019) os hormônios brassinosteroides, citocinina e giberelina exercem importante função de intensificar o crescimento vegetal pelo incremento da divisão e alongamento celular.

Tabela 1. Análise de variância e teste de média para as altura de planta (AP), diâmetro de caule (DC), número de folhas (NF), número de vagens (NV) e Biomassa (Biom) de plantas de *Glycine max* submetidas ao mistura dos reguladores vegetais: brassinosteroides, citocinina e giberelina.

Fonte de Variação	**GL**	**Quadrados Médios**				
		AP (cm)	DC (mm)	NF	NV	Biom (g)
Tratamento	3	68,18**	0,30^{ns}	239,81^{ns}	40,28^{ns}	65,11^{ns}
Bloco	4	5,45^{ns}	0,45^{ns}	35,30^{ns}	101,04^{ns}	30,30^{ns}
Resíduo	12	6,48	0,43	80,45	47,79	40,74
CV (%)		2,79	9,14	33,63	20,24	12,4
Tratamento		**Médias**				
Controle		92,6 ab	7,28 a	35,7 a	35,3 a	49,02 a
V4		95,5 a	7,03 a	28,5 a	34,9 a	52,86 a
R5		86,8 c	7,03 a	21,6 a	30,0 a	48,08 a
V4+R5		91,1 bc	7,55 a	20,9 a	36,4 a	55,90 a

*significativo a 5% de probabilidade; **significativo a 1% de probabilidade; ns= não significativo pelo teste F. As médias seguidas de mesmas letras dentro da coluna não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Newman-Keuls.

Apesar da ausência de variação significativa no número de vagens verificada na tabela 1, é possível identificar importante diferença na produtividade de grãos na tabela 2. As plantas tratadas nos estádios V_4+R_5 foram as mais produtivas com 250 kg ha^{-1} superior ao tratamento controle. Segundo Borges et al. (2014) e Matos et al. (2019) o uso de regulador vegetal pode reduzir o abortamento de vagens e contribuir para o incremento da produtividade de grãos, no entanto, no presente estudo identificou-se que a aplicação em V_4+R_5 incrementa o vigor das plantas ainda no estádio vegetativo e possivelmente contribui para o menor abortamento de vagens no reprodutivo

Tabela 2. Análise de variância e teste de média para as razão da massa radicular (RMR), razão da massa caulinar (RMC), razão da massa foliar (RMF) e produtividade (Prod) de plantas de *Glycine max* submetidas ao mistura dos reguladores vegetais: brassinosteroides, citocinina e giberelina.

Fonte de Variação	**GL**	**Quadrados Médios**			
		RMR	RMC	RMF	Prod (Kg ha^{-1})
Tratamento	3	0,0003^{ns}	0,0013**	0,0002^{ns}	139004**
Bloco	4	0,0003^{ns}	0,0003^{ns}	0,0004^{ns}	39695^{ns}
Resíduo	12	0,0001	0,00008	0,0001	19714
CV (%)		6,5	1,49	6,39	5,72
Tratamento		**Médias**			
Controle		0,16 a	0,63 a	0,19 a	2400 bc
V4		0,17 a	0,64 a	0,18 a	2507 ab
R5		0,18 a	0,60 c	0,20 a	2256 c
V4+R5		0,18 a	0,62 b	0,19 a	2650 a

*Idem tabela 1.

A avaliação da regressão múltipla na tabela 3 indica que 32% da variação da produtividade está relacionada com a razão de massa caulinar, diâmetro do caule, número de folhas e vagens e a figura 1 representa 98,4% da variação dos dados.

A razão de massa caulinar contribuiu positivamente para a produtividade de plantas de soja (tabela 3). Este resultado está em consonância com os apresentados nas tabelas 1 e 2 e com as variáveis canônicas (figura 1) em que verifica-se os vetores de altura de planta e razão de massa caulinar sendo as variáveis mais incrementadas pelo tratamento V_4+R_5. Além disso, considerando que a produtividade e biomassa estão no mesmo quadrante deste tratamento, infere-se que a maior produtividade de grãos tem forte relação com o uso dos reguladores nos estádios vegetativo e reprodutivo por exercerem forte interferência no estabelecimento, crescimento e desenvolvimento de plantas de soja.

O caule tem a importante função de sustentação da planta e é o tecido de translocação de seiva, sendo determinante na condutividade hidráulica, dessa forma, infere-se que o maior crescimento da planta de soja passa pela maior translocação de seiva no interior do vegetal. Segundo Taiz et al. (2017) a citocinina exerce importante ação na divisão celular e diferenciação de tecidos condutores (vasos do xilema) enquanto os brassinosteroides e giberelinas apresentam efeitos sinérgicos no alongamento celular.

Tabela 3. Análise de regressão múltipla para avaliar a importância das variáveis sobre a produtividade de plantas de *Glycine max* submetidas ao mistura dos reguladores vegetais: brassinosteroides, citocinina e giberelina.

		R^2= 0,32	F (04,15) =3,25		p<0,0000	
Produtividade	Beta	Std.Err. of Beta	B	Std.Err. of B	t (15)	p-level
Intercept			-2024.317	1506.889	-1.343	0.199
Razão de massa caulinar	0.487	0.193	5614.831	2220.659	2.528	0.023
Diâmetro do caule	0.392	0.193	124.754	61.477	2.029	0.061
Nº de folhas	-0.481	0.220	-9.776	4.469	-2.187	0.045
Nº de vagens	0.336	0.219	9.122	5.949	1.533	0.146

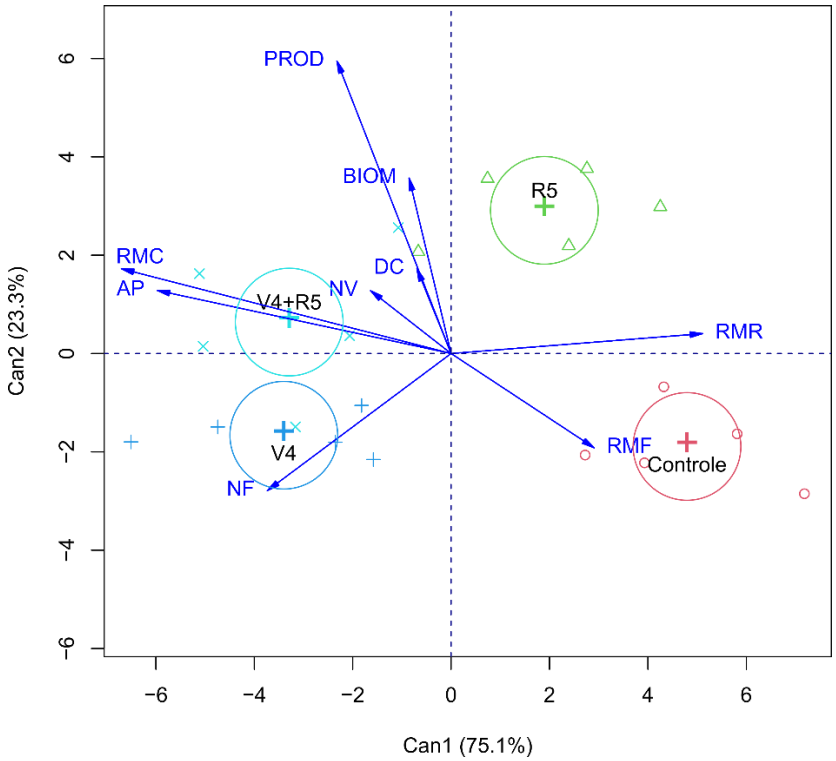

Figura 1. Análise de variáveis canônicas: produtividade (Prod), razão de massa caulinar (RMC), radicular (RMR) e foliar (RMF), número de folhas (NF), biomassa (Biom), número de vagens (NV), altura de planta (AP) e diâmetro do caule (DC) de plantas de *Glycine max* submetidas ao mistura dos reguladores vegetais: brassinosteroides, citocinina e giberelina nos estádios fenológicos: Controle, V_4, R_5, V_4+R_5.

CONCLUSÕES

A mistura dos reguladores vegetais: brassinosteroides, citocininas e giberelinas nas concentrações de 0,1 mg L^{-1}, 2 mg L^{-1} e 2 mg L^{-1} respectivamente, incrementaram o crescimento e produtividade de plantas de soja com acréscimos de 250 kg ha^{-1} de grãos quando aplicados em V_4+R_5.

REFERÊNCIAS

BHERING, L. L. Rbio: A tool for biometric and statistical analysis using the R platform. Crop Breeding and Applied Biotechnology, v.17: p.187-190, 2017.

BORGES, L. P.; TORRES JUNIOR, H. D.; NEVES, T. G.; CRUVINEL, C. K. L.; SANTOS, P. G. F.; MATOS, F. S. Does Benzyladenine Application Increase Soybean Productivity. **African Journal of Agricultural Research**. v. 9, n. 37, p. 2799-2804, 2014.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). Acompanhamento da Safra Brasileira – Grãos Safra 2019/2020: Maio de 2020. v.7, n.8, p.1-66, 2020. **Disponível em**: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos>. Acesso em: 25 de maio de 2020.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). Acompanhamento da safra brasileira – Grãos safra 2020/2021: fevereiro de 2021. v. 8, n.5. Brasília: CONAB, 2021. **Disponível em**: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos>. Acesso em 11/02/2021.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Sistema brasileiro de classificação de solos. 5. (Eds.). Brasília: Embrapa Solos, 2018. 201p.

MATOS, F.S.; BORGES, L. P.; AMARO, C. L.; DE OLIVEIRA, D. B.; DO CARMO, M. S.; TORRES JUNIOR, H. D. **Folha Seca: Introdução à Fisiologia Vegetal**. 1ª ed. Curitiba, PR: Appris, 2019. 189 p.

PELACANI, R. P.; MEERT, L.; OLIVEIRA NETO, A. M.; FIGUEIREDO, A. S. T.; RIZZARDI, D. A.; BORGHI, W. A. Efeito de biorreguladores na germinação e emergência de sementes de soja com diferentes vigores. **Revista Ciências Exatas e da Terra e Ciências Agrárias**, v. 11, n. 1, p. 62-69, 2016.

PROCHNOW, L. I.; CASARIN, V.; STIPP, S. R. Boas práticas para o uso eficiente de fertilizantes. **Instituto Internacional de Nutrição de Plantas**, v. 3, p. 05-35, 2010.

R CORE TEAM, R: A language and environment for statistical computing, R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, Disponível em: http://www,R-project,org/, Acesso em: 19 de junho ou 2020.

TAIZ L, ZEIGER E (2017) **Fisiologia vegetal**. 6rd edn. ArtMed. Porto Alegre: 858p.