

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE GOIÁS
CAMPUS SUDESTE
UNIDADE UNIVERSITÁRIA DE IPAMERI
CURSO: AGRONOMIA

ARIELLE GONÇALVES ABDALA

**PRODUTIVIDADE DE PLANTAS DE SOJA SOB DOSES DE
BRASSINOSTEROIDES**

IPAMERI - GO
2023

ARIELLE GONÇALVES ABDALA

**PRODUTIVIDADE DE PLANTAS DE SOJA SOB DOSES DE
BRASSINOSTEROIDES**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como exigência parcial para obtenção do título de Bacharel em Agronomia, pela Universidade Estadual de Goiás – Campus Sudeste – Unidade Universitária de Ipameri, sob orientação do professor Prof. Dr. Fábio Santos Matos

IPAMERI – GO
2023

Elaborada pelo Sistema de Geração Automática de Ficha Catalográfica da UEG
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

GAR69 Gonçalves Abdala , Arielle
8p Produtividade de plantas de soja sob doses de
 brassinosteroides. / Arielle Gonçalves Abdala ;
 orientador Fábio Santos Matos . -- Ipameri , 2023.
 17 p.

 Graduação - Agronomia -- Unidade de Ipameri,
 Universidade Estadual de Goiás, 2023.

 1. Regulador vegetal. 2. Graníferas. 3. Fisiologia
 da produção. I. Santos Matos , Fábio , orient. II.
 Título.

Ata de Defesa do Trabalho de Conclusão de Curso

No 14º dia do mês de junho de dois mil e vinte e três, às 10 horas, realizou-se na Universidade Estadual de Goiás, Unidade Universitária de Ipameri, sessão pública de apresentação e apreciação (Defesa) do Trabalho de Conclusão de Curso, TCC intitulado: **Produtividade de plantas de soja sob doses Brassinosteroides**, resultante de **Artigo Científico**, apresentado pela acadêmica **Arielli Gonçalves Abdala**, do curso de **Agronomia**, como exigência parcial para a obtenção do título de **Agrônomo**.

A Banca foi constituída pelos professores: **Fábio Santos Matos** (orientador), **Larissa Pacheco Borges** e **Mariana Pina da Silva Berti**.

A Banca examinadora passou a arguição pública do aluno. Encerrados os trabalhos os examinadores deram o parecer final sobre o Trabalho de Conclusão de Curso.

Parecer APROVADA pela Banca Examinadora

Nota: 9,6

Banca Examinadora:

Fábio Santos Matos (orientador) Fábio Santos Matos

Larissa Pacheco Borges Larissa Pacheco Borges

Mariana Pina da Silva Berti Mariana Pina da Silva Berti

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por me orientar, abençoar, proporcionar sabedoria e me dar força para alcançar meus objetivos e enfrentar cada obstáculo ao longo do curso.

A minha família, minha mãe Vanda e meu pai Carlos Antonio por todo apoio, incentivo e paciência que tiveram comigo no decorrer desses anos.

Aos meus amigos, em especial, Amanda, Mariana e Robson, por todo companheirismo e compreensão, foram muito importantes no meu dia a dia.

Aos professores, que me passaram todos seus conhecimentos e me auxiliaram em todo o curso.

Ao meu orientador Prof. Dr. Fábio Santos Matos e a coorientadora Dra. Larissa Pacheco, que me proporcionaram diversos ensinamentos e teve grande contribuição no meu desenvolvimento.

A todos, meus sinceros agradecimentos.

PRODUTIVIDADE DE PLANTAS DE SOJA SOB DOSES DE BRASSINOSTEROIDES

ARIELLE GONÇALVES ABDALA

RESUMO

O presente estudo teve como objetivo identificar os efeitos do brassinosteroide na produtividade de grãos em plantas de soja. O trabalho foi conduzido em dois anos consecutivos em plantio comercial de soja Monsoy 8372 IPRO com ciclo de 125 dias de crescimento indeterminado, no município de Ipameri, Goiás. O experimento seguiu o delineamento em blocos casualizados em parcela subdividida com as concentrações do regulador nas parcelas (0; 0,05; 0,1; 0,2 e 0,4 mg L⁻¹) e os estádios fenológicos de aplicação nas subparcelas (V₄, R₅, V₄ e R₅) em volume de calda de 100 L ha⁻¹. Buscou-se o máximo de uniformidade durante a aplicação através de pulverizações na área foliar de plantas de soja utilizando pulverizador manual de alta precisão de controle de vazão. O brassinosteroide incrementa a força dreno de vagens em plantas de soja e exerce efeitos positivos nas variáveis produtivas. Dessa forma, o regulador vegetal constitui importante alternativa de implementação de nova prática de manejo da espécie com uso rotineiro de Br em estágio vegetativo (V₄) e reprodutivo (R₅) na concentração de 0,2 mg L⁻¹.

Palavras-chave: Regulador vegetal; graníferas; fisiologia da produção.

PRODUCTIVITY OF SOYBEAN PLANTS UNDER DOSES OF BRASSINOSTEROIDS

ARIELLE GONÇALVES ABDALA

ABSTRACT

The present study aimed to identify the effects of brassinosteroid on grain yield in soybean plants. The work was carried out in two consecutive years in commercial soybean planting Monsoy 8372 IPRO 125 days of indeterminate growth, in the municipality of Ipameri, Goiás. The experiment followed a randomized block design in a split plot with regulator concentrations in the plots (0; 0.05; 0.1; 0.2 and 0.4 mg L⁻¹) and the phenological stages of application in the subplots (V4, R5, V4 and R5) in a spray volume of 100 L ha⁻¹. Maximum uniformity was sought during application by spraying the leaf area of soybean plants using a high-precision manual sprayer with flow control. Brassinosteroids increase pod drain strength in soybean plants and have positive effects on yield variables. Thus, the plant regulator is an important alternative for implementing a new management practice for the species with the routine use of Br in the vegetative (V4) and reproductive (R5) stages at a concentration of 0.2 mg L⁻¹.

Palavras-chave: Plant regulator; grain; production physiology.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	7
MATERIAIS E MÉTODOS	9
Desenho experimental	9
Variáveis produtivas	10
Procedimentos estatísticos	10
RESULTADOS E DISCUSSÃO	11
Tabela 1	11
Figura 1	12
Figura 2	13
Figura 3	14
CONCLUSÃO	15
REFERÊNCIAS	16

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 (PREECE et al., 2017). Devido à alta versatilidade da soja na indústria, é crescente a demanda no mercado mundial para fabricação de rações na produção animal, óleos vegetais e produção de alimentos.

A Conab eleva a estimativa de produção brasileira, para a safra 2022/23, em 926 mil de toneladas, passando de 154,81 milhões de toneladas para 155,74 milhões de toneladas, motivado por aumentos de áreas e produtividades em relação ao último levantamento. Com isso, há um ajuste de 9 mil toneladas de perdas e sementes. Como na estimativa de exportação é levado em consideração o percentual médio de exportação em relação ao produzido, as exportações têm um aumento de 568 mil toneladas em relação ao último relatório, passando de 95,07 milhões de toneladas para 95,64 milhões de toneladas.

Há um aumento na estimativa de exportações de farelo de soja para a safra 2022/23. Gerando, portanto, um aumento de esmagamentos para 2023 de 388 mil toneladas em relação ao último relatório. Assim, os estoques finais de 2023 passam de 7,54 milhões de toneladas para 7,51 milhões de toneladas.

O cultivo de soja está em um elevado patamar de produtividade, no entanto, ainda abaixo do potencial genético. Dessa forma, a maior produção baseada em aumento de área é insustentável diante do óbvio caminho de obter maior produção pelo incremento da produtividade (OLIVEIRA, 2017; LIMA et al., 2019). Portanto, novas estratégias são necessárias para ultrapassar esse platô produtivo, e uma técnica em potencial é o uso de reguladores vegetais, tipo brassinosteroides como prática rotineira em cultivos agrícolas.

Os brassinosteroides (Br) são hormônios esteróis que parecem estar diretamente relacionados com o estabelecimento de plantas por interferir decisivamente no enraizamento e atividade de aquaporinas (TAIZ; ZEIGER, 2017). Este hormônio de ocorrência natural foi isolado e identificado em 1990, é pouco utilizado em pesquisas científicas e parece desempenhar fundamental papel no crescimento e permeabilidade do sistema radicular (CLOUSE; SASSE, 1998). Além disso, exerce também outras importantes funções fisiológicas de alongamento e divisão celular, geotropismo, quebra de dormência e germinação, viabilidade do grão de pólen e biossíntese de pigmentos fotossintéticos (KUTSCHERA; WANG, 2012; XIN et al., 2018).

A inexistência de recomendação de manejo com o uso de reguladores 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 agrícolas. Desta forma, o uso do Br 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 do brassinosteróide na produtividade de grãos em plantas de soja.

MATERIAIS E MÉTODOS

Desenho experimental

O trabalho foi conduzido no município de Ipameri, Goiás, em dois anos consecutivos em plantio comercial de soja Monsoy 8372 IPRO, com o ciclo de 125 dias de crescimento indeterminado. Esta região possui clima Aw, de acordo com a classificação de Köppen, caracterizado por clima tropical úmido, com verão chuvoso e inverno seco. O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo. Após a análise química e física do solo, realizou-se correção do pH e adubação de acordo com recomendações técnicas para a cultura, adubação com fósforo e potássio. (PROCHNOW et al., 2010).

O plantio ocorreu logo após as primeiras chuvas no mês de novembro quando a precipitação acumulada nos meses de outubro e novembro superaram os 100 mm. As sementes de soja tratadas com fungicida e inseticida foram semeadas em espaçamento de 0,5 m entre linhas e 12 sementes por metro linear. Os tratos culturais, como o manejo de plantas daninhas, pragas e doenças, foram feitos conforme necessidade da cultura.

Para a imposição dos tratamentos, inicialmente foram preparadas soluções estoques utilizando um regulador análogo do brassinosteróide ($C_{28}H_{48}O_6$) (brassinolídeo) da marca comercial SIGMA[®]. A solução foi preparada pesando-se 10 mg de brassinosteróide e adicionando 2 ml de álcool etílico e o volume completado para 1 L com água destilada. O experimento seguiu o delineamento em blocos casualizados em parcela subdividida com as concentrações do regulador nas parcelas (0; 0,05; 0,1; 0,2 e 0,4 mg L⁻¹) e os estádios fenológicos de aplicação na subparcelas (V₄, R₅, V₄ e R₅) em volume de calda de 100 L ha⁻¹, nos dois anos foram realizados da mesma forma.

A aplicação do Br no fim do estágio V₃ ocorreu quando as plantas estavam com o 3^o nó e o 2^o trifólio completamente desenvolvido e possuíam em torno de 18 a 23 cm de altura, 3,0 a 3,2 mm de diâmetro do caule. Já aplicação em R₅ ocorreu no início da formação da semente com as plantas aos 75 a 110 cm de altura e pelo menos uma semente com 3 mm de comprimento. Buscou-se o máximo de uniformidade durante a aplicação através de pulverizações na área foliar de plantas de soja utilizando pulverizador manual de alta precisão de controle de vazão com volume de calda de 100 L ha⁻¹. Foi adicionado óleo mineral em volume correspondente a 0,5% da calda. As parcelas experimentais foram de 3x3 m. Todas essas avaliações foram realizadas em 10 plantas coletadas aleatoriamente em cada parcela.

Variáveis produtivas

O número de grãos e vagens por planta, massa de 100 grãos, massa de grãos por planta e produtividade foram mensurados na fase reprodutiva R₉, que é a fase que as vagens perdem a coloração verde e começa a secar, ponto de maturação de colheita, e foram ajustadas a umidade de 13%. A colheita da parcela útil foi realizada de forma manual. A produtividade foi determinada pela pesagem dos grãos colhidos, sendo a massa ajustada para 13% de umidade.

Procedimentos estatísticos

Os dados foram submetidos a análise de regressão com coeficiente de determinação (R^2) obtido pela razão da soma de quadrados da regressão pela soma de quadrados totais. A análise multivariada foi feita por meio da regressão múltipla utilizando a seleção do modelo *forward stepwise* (SOKAL; ROLF, 1995) e variáveis canônicas usando o pacote *candisc*. As análises foram realizadas utilizando o software R (R CORE TEAM, 2018) e RBIO (BHERING, 2017).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O resumo da análise de variância e teste de média para todas as variáveis analisadas é mostrado na Tabela 1. O número de vagens por planta e a produtividade de grãos apresentaram interação significativa entre doses e ano de aplicação de Br. Ainda a produtividade de grãos apresentou interação significativa entre estágio fenológico e ano de aplicação do regulador vegetal. O número de vagens, número de grãos por planta e produtividade apresentaram diferenças significativas em relação às variações das doses de Br aplicadas. Em pesquisa semelhante, Borges et al. (2019) identificaram que o uso de brassinosteróide em plantas de soja proporciona diferenças significativas no número de vagens e incrementa a produtividade de grãos.

Tabela 1. Análise de variância, teste de média números de vagens por planta (NVP), massa de grãos por planta (MGP), produtividade (PROD), número de grãos por planta (NGP) e massa de 100 grãos (M100G) em plantas de soja submetidas a diferentes concentrações de brassinosteróides em dois anos de avaliação (2019/20 e 2020/21).

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios				
		NVP	NGP	MGP (g)	M100G (g)	Prod (kg ha ⁻¹)
Bloco	2	509,60	1560,28	4072,49	12,22	641985,24
Doses (D)	5	134,16*	6141,65**	650,41 ^{ns}	0,35 ^{ns}	492366,28**
Estádio (E)	2	59,29 ^{ns}	524,95 ^{ns}	213,71 ^{ns}	1,24 ^{ns}	44755,82 ^{ns}
D*E	10	166,47 ^{ns}	684,40 ^{ns}	136,95 ^{ns}	1,39 ^{ns}	166456,40 ^{ns}
Erro 1	34	479,60	623,52	279,23	0,98	60635,67
Ano (A)	1	547,08 ^{ns}	1624,01 ^{ns}	233522,1**	210,08**	508467,34*
D*A	5	17,74*	668,18 ^{ns}	777,74 ^{ns}	2,44 ^{ns}	332271,98*
E*A	2	387,28 ^{ns}	293,04 ^{ns}	125,53 ^{ns}	0,58 ^{ns}	337999,92*
D*E*A	10	189,38 ^{ns}	750,01 ^{ns}	137,01 ^{ns}	0,81 ^{ns}	134275,28 ^{ns}
Erro 2	36	509,60	492,40	517,10	2,11	93593,64
CV(%)	-	18,2	19,6	31,1	8,1	9,5
Tratamentos		Médias				
2019/20	Interação		116,33a	16,81b	13,65b	Interação
2020/21			124,08a	20,41a	16,44a	
		Médias				
V4R5		74,67a	116,00a	62,45a	15,16a	Interação
R5		71,03a	121,29a	61,41a	15,13a	
V4		73,97a	123,33a	66,05a	14,83a	

Medias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Newman-Keuls. *Significativo a 5% de probabilidade, ** Significativo a 1% de probabilidade.

As variáveis apresentaram ajustes significativos de regressão para o ano de 2020/21 em números de vagens, no entanto, a produtividade e grãos por planta apresentaram ajustes significativos para o ano de 2019/20 (Figura 1). A maior produtividade de grãos (3216,30 kg ha⁻¹) foi obtida com 0,185 mg L⁻¹ de Br. O número máximo de vagens por planta (81,86) foi

obtido com $0,227 \text{ mg L}^{-1}$ de Br e o número máximo de grãos por planta (131,2) obtido com concentração de Br igual a $0,185 \text{ mg L}^{-1}$. Estes resultados corroboram aos encontrados por Silva et al. (2018) em pesquisa semelhante com plantas de sorgo quando recomendou a dose de $0,2 \text{ mg L}^{-1}$ de Br, por tanto, os resultados indicam que o uso de Br é prática promissora no cultivo da soja pelo incremento da produtividade com alterações das variáveis produtivas em função de modificações na força dreno de vagens.

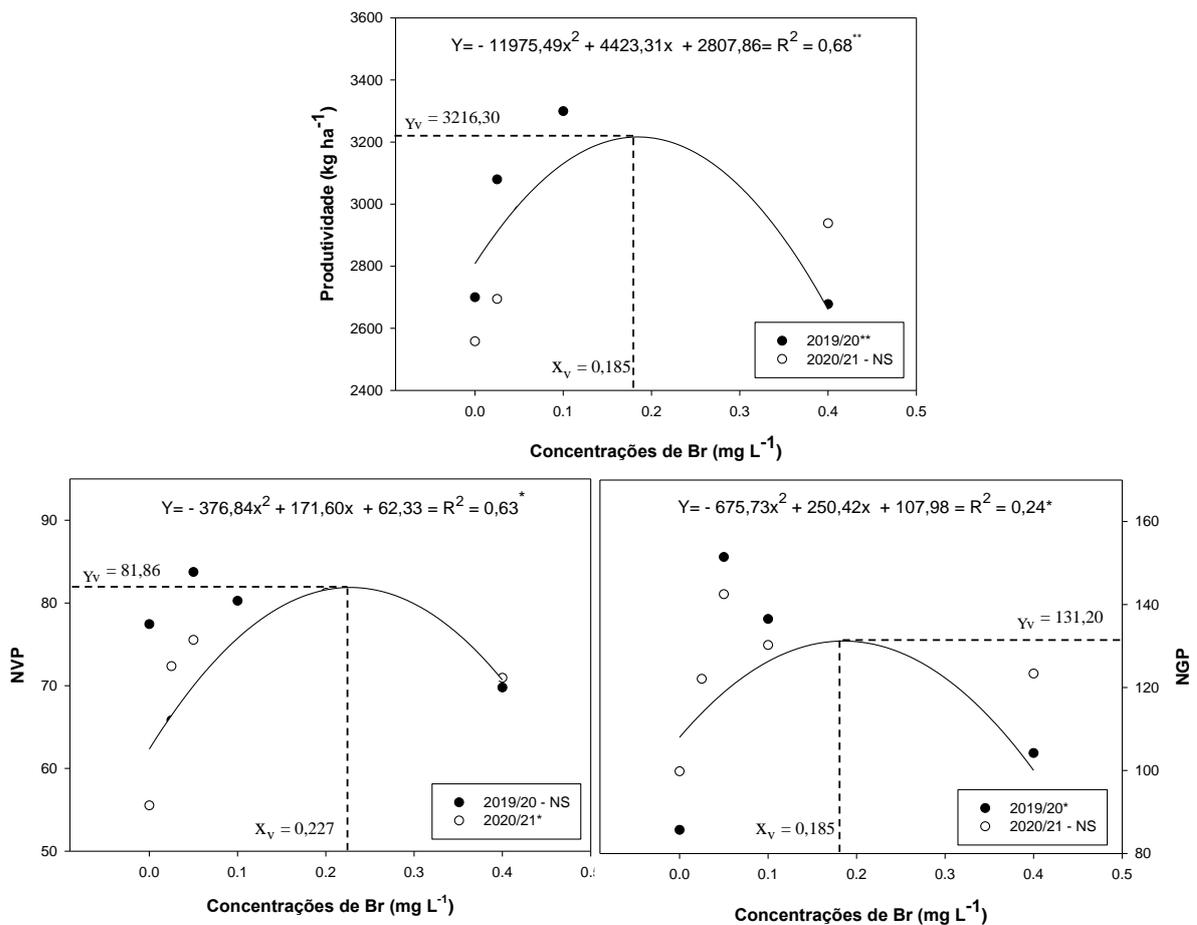


Figura 1. Análise de regressão da produtividade, número de vagens por planta (NVP) e número de grãos por planta (NGP) em plantas de soja submetidas a diferentes concentrações de brassinosteroides em dois anos de avaliação (2019/20 e 2020/21).

A produtividade sob diferentes concentrações de Br nos variados estádios fenológicos é mostrada na Figura 2. Apesar de não ter ocorrido ajuste de regressão significativo para o ano de 2019/20, no ano de 2020/21 os ajustes elucidam parte da importância deste regulador vegetal para a produção de grãos em soja. Os resultados demonstram que o uso do Br em dois estádios fenológicos simultâneos (V4R5) produziu 8% mais grãos (4,5 sacas) quando comparado com a aplicação apenas em V4. Os resultados corroboram com os encontrados por Amorim (2020); Borges et al. (2019); Rego Júnior (2021) e Silva et al. (2018) que apontam para o uso de Br na

concentração de aproximadamente $0,2 \text{ mg L}^{-1}$ em plantas de soja. Os efeitos positivos em R5 possivelmente esteja relacionado com o aumento da força dreno de vagens, enquanto em V4 o Br pode ter exercido importante papel no estabelecimento da planta com exploração de maior volume de solo.

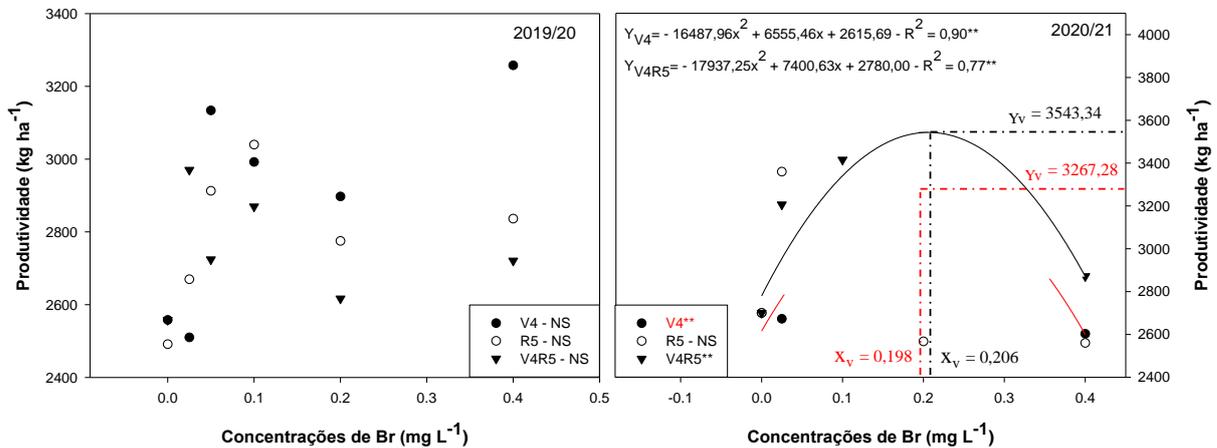


Figura 2. Análise de regressão das concentrações de brassinosteroides em plantas de soja dentro de cada estágio fenológico para a variável produtividade nos dois anos avaliados (2019/20 e 2020/21).

As análises de variáveis canônicas mostradas na Figura 3 confirmam os efeitos positivos do Br na produtividade de grãos em plantas de soja. É possível observar os tratamentos controle e concentração zero de Br à esquerda do eixo Can1 e distante das variáveis produtivas, isto indica que os tratamentos com Br tiveram correlações positivas com as variáveis produtivas; em adição, pode-se afirmar que independente da concentração de Br utilizado ou do estágio fenológico em que ocorreu a aplicação, o uso de Br exerce efeito positivo no incremento da produtividade de plantas de soja. Os resultados indicam aumento da força dreno de vagens de soja quando ocorre aplicação de Br. Os dados corroboram com os encontrados por Amorim, (2020) ao usar Br em cultivos comerciais de soja.

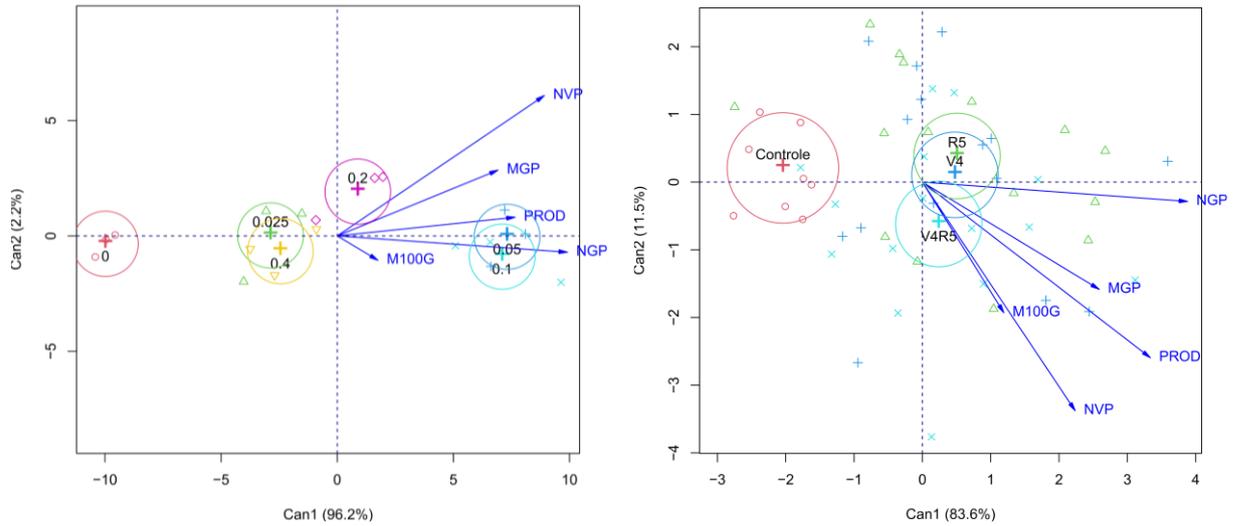


Figura 3. Análise de variáveis canônicas para todos os caracteres avaliados: números de vagens por planta (NVP), massa de grãos por planta (MGP), produtividade (PROD), número de grãos por planta (NGP) e massa de 100 grãos (M100G) em plantas de soja submetidas a diferentes concentrações de brassinosteroides em dois anos de avaliação (2019/20 e 2020/21).

O brassinosteróide incrementa a força de drenagem de vagens em plantas de soja e exerce efeitos positivos nas variáveis produtivas.

CONCLUSÃO

O regulador vegetal constitui importante alternativa de implementação de nova prática de manejo da espécie com uso rotineiro de Br em estágio vegetativo (V4) e reprodutivo (R5) na concentração de 0,2 mg L⁻¹.

REFERÊNCIAS

AMORIM, V. A. Importância do brassinosteróide na produtividade de soja. **Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) Unidade Universitária de Ipameri**. Universidade Estadual de Goiás, 2020. p. 19.

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.; FURTADO, B. N.; PARREIRA, G. S.; LIMA, G. H. F.; VALADAO, W. A.; FILHO, L. C. B.; AMORIM, V. A. ; MATOS, F. S. Produtividade da soja sob diferentes doses de brassinosteróide. **II Workshop do Programa de pós-graduação em Biocombustíveis**. Uberlândia, 2019.

CLOUSE, S. D.; SASSE, J. Brassinosteroids: essential regulators of plant growth and development. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, v. 49, n. 1, p. 427-451, 1998.

CONAB. COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Acompanhamento da Safra Brasileira – Grãos Safra 2022/2023: Junho 2023. v. 7, n. 8, p. 1-66, 2023. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos>>. Acesso em: 28 junho 2023.

CONAB. COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. 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 fev. 2021.

FAO. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. Agricultural Outlook: Brazil projected to overtake the United States as the largest soybean producer by 2026. Disponível em: <<http://www.fao.org/americas/noticias/ver/en/c/904161/>>. Acesso em: 01 nov. 2020.

JÚNIOR, J. S. R. Desempenho Agrônômico do Sorgo Granífero Submetido ao Regulador Vegetal Brassinosteróide. **Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal), Unidade Universitária de Ipameri**. Universidade Estadual de Goiás, 2021. p.30.

KUTSCHERA, U.; WANG, Z. Brassinosteroid action in flowering plants: a Darwinian Perspective (Darwin review). **Journal of Experimental Botany**, v. 1, n. 1, p. 1-12, 2012.

LIMA, M.; JUNIOR, C. A. S.; RAUSCH, L.; GIBBS, H. K.; JOHANN, J. A. Demystifying sustainable soy in Brazil. **Land Use Policy**, v. 82, p. 349-352, 2019.

NETO, A. A. DE. O. A produtividade da soja: análise e perspectivas. Brasília, DF: **Compêndio de estudos Conab**, v. 10, p. 35, 2017.

PREECE, K. E.; HOOSHYAR, N.; ZUIDAM, N. J. Whole soybean protein extraction processes: a review. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 43, p. 163-172, 2017.

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. A language and environment for statistical computing, R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Disponível em: <<http://www.R-project.org/>>. Acesso em: 30 out. 2018.

SILVA, F. O.; FREITAS, I. A. S.; HILTON, D. T. J.; SIMAO, K. G.; MATOS, F.S. Análise de produtividade em plantas de sorgo granífero submetido a diferentes doses de brassinosteróide. **2º Simpósio de Ecofisiologia Aplicada à Agricultura**. Botucatu, 2018.

SOKAL, R. R.; ROLF, F. J. **Biometry**. Third edition. W. H. Freeman, New York, 1995.

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

USDA. UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE-ECONOMIC RESEARCH SERVICE. Overview, 2020. Disponível em <<https://www.ers.usda.gov/data-products/oil-crops-yearbook/oil-crops-yearbook/#So%20and%20Soybean%20Products>>. Acesso em: 01 nov. 2020.

XIN, P.; LI, B.; YAN, J.; E CHU, J. Perseguindo extrema sensibilidade para determinação de brassinosteróides endógenos através da pesca direta a partir de matrizes vegetais e eliminando a maioria das interferências com nanopartículas magnéticas de afinidade com boronato. **Química analítica e bioanalítica**, v. 410, n. 4, p. 1363-1374, 2018.