

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
GOIANO - CAMPUS RIO VERDE - PROGRAMA DE PÓS-  
GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS - AGRONOMIA

DESEMPENHO AGRONÔMICO DAS CULTURAS DA SOJA  
E DO MILHO SUBMETIDAS A APLICAÇÃO DE  
BIOESTIMULANTES

Autor: Luiz Fernando Gomes  
Orientador: Prof. Dr. Leonardo Nazário Silva dos Santos  
Coorientador: Marconi Batista Teixeira  
Coorientador: Vitor Marques Vidal

Rio Verde - GO  
Novembro - 2021

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
GOIANO - CAMPUS RIO VERDE - PROGRAMA DE PÓS-  
GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS - AGRONOMIA

DESEMPENHO AGRONÔMICO DAS CULTURAS DA SOJA  
E DO MILHO SUBMETIDAS A APLICAÇÃO DE  
BIOESTIMULANTES

Autor: Luiz Fernando Gomes  
Orientador: Prof. Dr. Leonardo Nazário Silva dos Santos  
Coorientador: Marconi Batista Teixeira  
Coorientador: Vitor Marques Vidal

Dissertação apresentada como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS - AGRONOMIA no Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias - Agronomia do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde – Área de concentração Produção Vegetal Sustentável no Cerrado.

Rio Verde - GO  
Novembro - 2021

Sistema desenvolvido pelo ICMC/USP  
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
**Sistema Integrado de Bibliotecas - Instituto Federal Goiano**

d                   Gomes, Luiz Fernando  
                    DESEMPENHO AGRONÔMICO DAS CULTURAS DA SOJA E DO  
MILHO SUBMETIDAS A APLICAÇÃO DE BIOESTIMULANTES /  
Luiz Fernando Gomes; orientador Leonardo Nazário  
Silva dos Santos; co-orientador Maconi Batista  
Teixeira. -- Rio Verde, 2022.  
                    34 p.

                    Dissertação (Mestrado em Mestrado em Ciências  
Agrárias - Agronomia) -- Instituto Federal Goiano,  
Campus Rio Verde, 2022.

                    1. vitaminas. 2. aumento de produtividade. 3.  
aliviadores de estresses. 4. déficit hídrico. I.  
Santos, Leonardo Nazário Silva dos, orient. II.  
Teixeira, Maconi Batista, co-orient. III. Título.

# TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610, de 19 de fevereiro de 1998, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano a disponibilizar gratuitamente o documento em formato digital no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

## IDENTIFICAÇÃO DA PRODUÇÃO TÉCNICO-CIENTÍFICA

Tese (doutorado)

Dissertação (mestrado)

Monografia (especialização)

TCC (graduação)

Artigo científico

Capítulo de livro

Livro

Trabalho apresentado em evento

Produto técnico e educacional - Tipo:

Nome completo do autor:

Matrícula:

Título do trabalho:

## RESTRIÇÕES DE ACESSO AO DOCUMENTO

Documento confidencial:      Não      Sim, justifique:

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano:      /      /

O documento está sujeito a registro de patente?      Sim      Não

O documento pode vir a ser publicado como livro?      Sim      Não


## DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O(a) referido(a) autor(a) declara:


- Que o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- Que obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autoria, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- Que cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

Local

/ /  
Data

  
Assinatura do autor e/ou detentor dos direitos autorais

Ciente e de acordo:

  
Assinatura do(a) orientador(a)



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL  
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA INSTITUTO  
FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO

Documentos 15/2022 - NREPG-RV/CPG-RV/DPGPI-RV/CMPRV/IFGOIANO

**DESEMPENHO AGRONÓMICO DAS CULTURAS DA SOJA E DO MILHO  
SUBMETIDAS À APLICAÇÃO DE BIOESTIMULANTES**

Autor: Luiz Fernando Gomes

Orientador: Dr. Leonardo Nazário Silva dos Santos

TITULAÇÃO: Mestre em Ciências Agrárias-Agronomia - Área de  
Concentração em Produção Vegetal Sustentável no Cerrado

APROVADO em, 29 de novembro de 2021.

Prof. Dr. Leonardo Nazário Silva dos Santos (Presidente)

Prof. Dr. Frederico Antônio Loureiro Soares (Avaliador interno)

Prof. Dr. Luan Peroni Venâncio (Avaliador externo)

Prof. Dr. Edson Cabral da Silva (Avaliador interno)

Documento assinado eletronicamente por:

- Edson Cabral da Silva, 2016202320140131 - Discente, em 04/02/2022 18:54:24.
- Luan Peroni Venancio, Luan Peroni Venancio - Aluno Bolsista - Instituto Federal Goiano - Campus Rio Verde (10651417000500), em 31/01/2022 10:25:31.
- Frederico Antonio Loureiro Soares, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 31/01/202208:43:06.
- Leonardo Nazario Silva dos Santos, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 31/01/202208:41:11.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 26/11/2021. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 334379  
Código de Autenticação: 90ebe7b15b



INSTITUTO FEDERAL GOIANO  
Campus Rio Verde  
Rodovia Sul Goiana, Km 01, Zona Rural, None, RIO VERDE / GO, CEP 75901-970  
(64) 3620-5600

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a **Deus**, por sempre me guiar pelos caminhos certos, iluminar cada etapa da minha vida, dando forças a todo momento para então a sonhada obtenção do título de Mestre e o mais importante: “**O conhecimento** adquirido nessa caminhada”.

A todos os professores do Instituto Federal Goiano - Campus de Rio Verde, que contribuíram para minha formação, pois esse trabalho tem um pouco de cada um.

Agradeço especialmente a todos do **Laboratório de Hidráulica e Irrigação**, ao **Polo de Inovação** e a **Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES)**, pela bolsa de estudos, ao **Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias** ao **Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde (PPGCA-AGRO)** pela estrutura e equipamentos cedidos para execução da pesquisa.

## BIOGRAFIA DO AUTOR

Luiz Fernando Gomes nasceu em Santa Helena de Goiás – GO, em 11 de abril de 1991, filho de Júlio César Gomes e Maria Alves Gomes. Cursou Engenharia Agrícola na Universidade Estadual de Goiás – Campus Santa Helena de Goiás, entre 2011 e 2015. Durante a graduação desenvolveu habilidades principalmente no uso de geotecnologias e sensoriamento remoto aplicados a agricultura. Em 2017 ingressou no IF Goiano – Campus Rio Verde, no Programa de Pós-graduação *Strictu Sensu*, Engenharia Aplicada e Sustentabilidade, desenvolveu estudos para o reaproveitamento de resíduos orgânicos para aplicação na agricultura. Em 2019 ingressou no Programa de Pós-graduação *Strictu Sensu*, Ciências Agrárias – Agronomia. As atividades profissionais estão associadas a consultoria agrícola para a produção de soja e milho, com atuação em empresas de consultoria agrícola no sudoeste goiano. Atuou em empresas sucroalcooleiras no Estado de Goiás no setor de Desenvolvimento Agrônomo e Qualidade Agrícola. Atualmente exerce função no setor sucroenergético no Oeste do Estado de São Paulo na área de reforma (preparo de solo, plantio de cana-de-açúcar e soja).

## ÍNDICE GERAL

	Página
ÍNDICE DE TABELAS .....	7
LISTA DE SÍMBOLOS, SIGLAS, ABREVIACÕES E UNIDADES.....	8
RESUMO.....	9
ABSTRACT .....	11
INTRODUÇÃO.....	13
OBJETIVOS .....	15
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	16
CAPÍTULO I – ASPECTOS AGRONÔMICOS DAS CULTURAS DA SOJA E DO MILHO SOB EFEITO DE SUBSTÂNCIAS BIOESTIMULANTES .....	17
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	19
<b>2. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	20
<b>3. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	23
<b>4. CONCLUSÃO</b> .....	32
<b>5. AGRADECIMENTOS</b> .....	32
<b>6. LITERATURA CITADA</b> .....	32
CONCLUSÃO GERAL.....	34



## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1. Resumo da análise de variância para as variáveis altura de plantas (AP), número de nós (NN), número de folhas (NF), número de grãos (NG), número de vagens (NV), clorofila a (Cl a), clorofila b (Cl b), clorofila T (Cl T), fotossíntese (F), transpiração (T), eficiência do uso da água (EUA), massa de 100 grãos (M100G) e produtividade em kg ha <sup>-1</sup> (PG) para plantas de soja cultivadas com diferentes tipos de substâncias bioestimulantes aplicada via foliar.....	25
Tabela 2. Teste de média para as variáveis altura de plantas (AP), número de nós (NN), número de folhas (NF), número de grãos (NG), massa de 100 grãos (M100G) e Produtividade em kg ha <sup>-1</sup> (PG) de plantas de soja cultivadas com diferentes tipos de vitaminas. ....	26
Tabela 3. Teste de média para as variáveis clorofila <i>a</i> (Cl <i>a</i> ), clorofila <i>b</i> (Cl <i>b</i> ), clorofila total (Cl <i>t</i> ), fotossíntese (F), transpiração (T) e eficiência do uso da água (EUA) de plantas de soja cultivadas com diferentes tipos de vitaminas.....	28
Tabela 4. Resumo da análise de variância para as variáveis altura de plantas (AP), altura da inserção da espiga (AIE), número de folhas (NF), comprimento da folha da espiga (CFE), diâmetro de colmo (DC), diâmetro de colmo na altura da inserção da espiga (DCAIE), clorofila a (Cl a), clorofila b (Cl b), clorofila T (Cl T), fotossíntese (F), transpiração (T), eficiência do uso da água (EUA) e Produtividade em kg ha <sup>-1</sup> (PG) para plantas de milho cultivadas com diferentes tipos de vitaminas.....	30
Tabela 5. Teste de média para as variáveis altura de planta (AP), diâmetro do caule na altura da inserção da espiga (DCAIE), número de folhas (NF), comprimento da folha da espiga (CFE), diâmetro de colmo (DC), diâmetro de colmo na altura da inserção da espiga (DCAIE) e Produtividade em kg ha <sup>-1</sup> (PG) de plantas de milho cultivadas com diferentes tipos de vitamina.....	31
Tabela 6. Teste de média para as variáveis clorofila a (Cl a), clorofila b (Cl b), clorofila T (Cl T), fotossíntese (F), transpiração (T) e eficiência do uso da água (EUA) de plantas de milho cultivadas com diferentes tipos de vitamina.....	32

## LISTA DE SÍMBOLOS, SIGLAS, ABREVIACÕES E UNIDADES

SIGLA/SÍMBOLO	SIGNIFICADO	UNIDADE (SI)
AP	Altura de plantas	Cm
AIE	Altura de inserção da espiga	Cm
NF	Número de folhas	-
CFE	Comprimento da folha da espiga	Cm
LFE	Largura da folha da espiga	Cm
DCAIE	Diam. de colmo na alt. da inserção da espiga	Mm
DC	Diâmetro de colmo	Mm
NN	Número de nós reprodutivos	-
NGV	Número de grãos por vagens	-
F	Fotossíntese	-
T	Transpiração	-
Cl <sub>a</sub>	Clorofila a	-
Cl <sub>b</sub>	Clorofila b	-
Cl <sub>t</sub>	Clorofila total	-
DAE	Dias após a emergência	-

## RESUMO

GOMES, LUIZ FERNANDO. Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde – GO, outubro de 2021. **Desempenho agrônômico das culturas da soja e do milho submetidas a aplicação de bioestimulantes.** Orientador: Dr. Leonardo Nazário Silva dos Santos; Coorientador: Dr. Marconi Batista Teixeira.

Dentre as diversas culturas agrícolas de importância econômica, a soja (*Glycine max* L.) e o milho (*Zea mays*) se destacam por serem as principais fontes de proteínas e carboidratos de origem vegetal na dieta humana e animal e, devido à crescente demanda, faz-se necessário empregar novas tecnologias para incrementos produtivos e qualitativos, como os bioestimulantes foliares. Objetivou-se avaliar diferentes substâncias bioestimulantes aplicadas sobre as culturas da soja e do milho, a fim de determinar o melhor desempenho agrônômico e fisiológico das plantas. Os tratamentos consistiram em aplicar tipos de vitaminas: (Ácido fólico, Betacaroteno, Biotina, Inositol, Nicotinamida, Pantotenato de cálcio, Vitamina A, B1, B2, B6, B12, C, D3, E, K2 com dose de 20 g ha<sup>-1</sup>). A aplicação ocorreu no estágio V4 e R4 na soja e as avaliações de campo 7 dias após a aplicação dos tratamentos, foram avaliados parâmetros biométricos e produtivos de altura de plantas, número de nós, número de vagens, número de folhas, número de grãos, peso médio de 100 grãos e produtividade e parâmetros fisiológicos de clorofila a, clorofila b, clorofila total, fotossíntese, transpiração, eficiência do uso da água. As aplicações no milho ocorreram no estágio V4 e posteriormente realizada as avaliações de altura de planta, altura de inserção da espiga, número de folhas, diâmetro de colmos, comprimento de colmo na altura da inserção da espiga, largura de folha da espiga. Na cultura da soja, os efeitos positivos na produtividade de grãos foram observados quando aplicado os bioestimulantes à base de Vitamina A e Biotina, pois apresentam incremento médio de

até 911,40 Kg ha<sup>-1</sup> em relação aos outros tratamentos. Os bioestimulantes à base das vitaminas Inositol, B1 e B2 forneceram as plantas de soja maior crescimento vegetativo, já os parâmetros fisiológicos apresentaram maior desempenho nos tratamentos submetidos aos bioestimulantes à base das vitaminas A e D3. Na cultura do milho, o tratamento que foi aplicado a vitamina E apresentou aumento médio de 1100 Kg ha<sup>-1</sup> na produtividade de grãos de milho. Relacionados aos parâmetros fisiológicos, as plantas de milho apresentam melhor desempenho quando aplicado as vitaminas Inositol, Nicotinamida, Vitamina C e D3. Os bioestimulantes à base das vitaminas A e Biotina são recomendadas para a cultura da soja, já para a cultura do milho, recomenda-se a aplicação de vitamina E visando maior produtividade das duas culturas estudadas.

**Palavras-chave:** vitaminas, aumento de produtividade, aliviadores de estresses, déficit hídrico.

## ABSTRACT

GOMES, LUIZ FERNANDO. Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde – GO, August 2021. **Agronomic performance of soybean and corn crops subjected to biostimulants application.** Advisor: Dr. Leonardo Nazário Silva dos Santos; Co-advisers: Dr. Marconi Batista Teixeira.

Among the various agricultural crops of economic importance, soybean (*Glycine max* L.) and corn (*Zea mays*) stand out as the main sources of proteins and carbohydrates of vegetable origin in human and animal diet and, due to the growing demand, it is necessary to employ new technologies for productive and qualitative increments, such as the use of foliar biostimulants. The objective was to evaluate different biostimulant substances applied on soybean and corn crops, to determine the best agronomic and physiological performance of the plants. The treatments consisted of applying types of vitamins: (Folic acid, Beta-carotene, Biotin, Inositol, Nicotinamide, Calcium Pantothenate, Vitamin A, B1, B2, B6, B12, C, D3, E, K2 with a dose of 20 g ha<sup>-1</sup>). The treatments application took place at the V4 and R4 stage in soybeans and the field evaluations were carried out at seven days after it. There were evaluated biometric and productive parameters of plant height, number of nodes, number of pods, number of leaves, number of grains, average weight of 100 grains and yield and physiological parameters of chlorophyll a, chlorophyll b, total chlorophyll, photosynthesis, transpiration, water use efficiency. Applications in corn occurred at the V4 stage and later the plant height evaluations were carried out, as well as the ear insertion height, number of leaves, stem diameter, stem length at ear insertion height, ear leaf width. In soybean, positive effects on grain yield were observed when bioestimulant with Vitamin A and Biotin were applied, as they present an average increase of up to 911.40

kg ha<sup>-1</sup> in relation to other treatments. The biostimulants with vitamins Inositol, B1 and B2 provided the soybean plants with greater vegetative growth, while the physiological parameters showed greater performance in treatments submitted to biostimulants with vitamins A and D3. In corn, the treatment with vitamin E showed an average increase of 1100 kg ha<sup>-1</sup> in corn grain yield. Related to physiological vestments, corn plants perform better when applied the vitamins Inositol, Nicotinamide, Vitamin C and D3. Biostimulants with vitamins A and Biotin are recommended for soybean cultivation, while for corn it is recommended the application of vitamin E aiming at greater productivity of the two cultures studied.

**Key words:** vitamins, productivity increase, stress relievers, water deficit.

## INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max* L.) e o milho (*Zea mays*) são duas das principais plantas cultivadas mundialmente (EUGENIO *et al.*, 2020) e, com a crescente demanda por alimentos, estão cada vez mais presentes na alimentação humana e animal como fonte de proteínas e carboidratos de origem vegetal, (SILVA JUNIOR *et al.*, 2020). Nesse contexto, o cultivo de soja e milho se tornou atrativo economicamente para vários países do mundo, além de impactar positivamente toda cadeia de produção com o desenvolvimento e emprego de tecnologias de ponta.

Um dos principais desafios da agricultura, em especial a produção de grãos e cereais, está associado ao aumento da produção para atender a população crescente das próximas décadas. Portanto, o desenvolvimento de novos produtos e tecnologias são essenciais para auxiliar os produtores em períodos críticos em que fatores bióticos e abióticos como pragas, plantas daninhas, doenças e o clima podem afetar a produtividade agrícola. Fundamentado nesses fatores, o uso de ferramentas para identificação e manejo dos períodos ideais para tomada de decisão e ação do produtor são fundamentais para garantir o potencial produtivo da cultura.

A alta produtividade das culturas, como a soja e milho, é fortemente comprometida por fatores abióticos como condições climáticas extremas de temperatura, déficit hídrico, radiação solar (CAVALCANTE *et al.*, 2020). O uso de substâncias bioestimulantes foi relatado na literatura como uma opção para contribuir para a mitigação dos efeitos extremos do clima e manter a produção das culturas agrícolas. De modo geral, os bioestimulantes são especificados como mistura de substâncias (hormônios, nutrientes, reguladores vegetais, vitaminas, entre outras), que podem favorecer o crescimento vegetal, maior absorção de água e nutrientes. Essas substâncias

favorecem, principalmente a germinação de sementes, crescimento e desenvolvimento, floração, frutificação, senescência e, por fim, a produtividade da cultura (CAVALCANTE *et al.*, 2020); (KOVALSKI *et al.*, 2020); (ARAÚJO *et al.*, 2021).

Durante o desenvolvimento da cultura no campo, o monitoramento do clima, planta e solo são alicerces para as boas práticas de manejo da cultura. De modo geral, esses dados irão auxiliar nas múltiplas práticas agronômicas, melhorando o posicionamento dos produtos fitotécnicos e fitossanitários, possibilitando maior eficiência dos princípios ativos, redução de custos e maior produtividade.

Sendo assim, o uso de bioestimulantes aplicados durante o cultivo da soja e do milho pode melhorar o crescimento e desenvolvimento das culturas, portanto, o objetivo com este estudo é avaliar o desempenho agronômico das culturas de soja e milho com aplicação de diferentes bioestimulantes.



## **OBJETIVOS**

### **Geral**

Avaliar diferentes bioestimulantes aplicadas nas culturas da soja e do milho, a fim de, determinar o melhor desempenho agrônômico e fisiológico das plantas.

### **Específicos**

- I. Avaliar o crescimento das plantas de soja (primeira safra) e de milho (segunda safra) com aplicação de diferentes substâncias bioestimulantes;
- II. Avaliar o desenvolvimento das plantas de soja (primeira safra) e de milho (segunda safra) com aplicação de diferentes substâncias bioestimulantes;
- III. Avaliar a fisiologia das plantas de soja (primeira safra) e de milho (segunda safra) com aplicação de diferentes substâncias bioestimulantes;
- IV. Avaliar a produtividade das plantas de soja (primeira safra) e de milho (segunda safra) com aplicação de diferentes substâncias bioestimulantes.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, L. L. M. *et al.* Ação de bioestimulantes em cultivares comerciais de soja na região Norte do Vale Araguaia - MT. **Revista Pesquisagro**, Confresa, v. 4, n. 1, Janeiro-Junho 2021. p. 03-21.

CAVALCANTE, W. S. S. *et al.* Eficiência dos bioestimulantes no manejo do déficit hídrico na cultura da soja. **Irriga**, Botucatu, v. 25, n. 4, outubro-dezembro 2020. p. 754-763.

CHOUDHURY, F. K. *et al.* Reactive oxygen species, abiotic stress and stress combination. **The Plant Journal**, v. 90, n. 1, 2017. p. 856-867.

EUGENIO, F. C. *et al.* Estimation of soybean yield from machine learning techniques and multispectral RPAS imagery. **Remote Sensing Applications: Society and Environment**, v. 20, n. 100397, 2020.

KOVALSKI, A. R. *et al.* Avaliação do Desempenho Agronômico de Diferentes Cultivares de Soja (*Glycine max*(L.) Merrill) Com Uso de Bioestimulantes e Herbicida Hormonal. **Revista Pesquisagro**, Confresa, v. 3, n. 1, Janeiro-Junho 2020. p. 4-23.

SILVA JUNIOR, C. A. *et al.* Mapping soybean planting area in midwest Brazil with remotely sensed images and phenology-based algorithm using the Google Earth Engine platform. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 169, n. 105194, 2020.

## CAPÍTULO I – ASPECTOS AGRONÔMICOS DAS CULTURAS DA SOJA E DO MILHO SOB EFEITO DE SUBSTÂNCIAS BIOESTIMULANTES

(Normas de acordo com a Revista Bragantia)

**Resumo:** O objetivo com este estudo foi avaliar o efeito da aplicação de diferentes substâncias bioestimulantes (vitaminas) via foliar, sobre as características de crescimento, desenvolvimento e fisiologia das plantas de soja (primeira safra) e de milho (segunda safra). O experimento foi conduzido em uma área experimental de 10 ha no município de Rio Verde-GO (17°44'22,45”S e 50°57'55,19”W). A variedade de soja (Safra) “Bônus IPRO (8579RSF IPRO)” foi semeada em 15 de novembro de 2018 e o híbrido de milho (Safrinha) 2A401 PW foi semeado em 20 de março de 2019. O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso com quatro repetições e 15 tratamentos. Nos tratamentos foram testadas 15 diferentes fontes de vitaminas aplicadas isoladamente no estádio V4 e R4 na cultura da soja e no estádio V4 na cultura do milho. Os efeitos positivos na cultura da soja sob aplicação dos bioestimulantes foram observados para os tratamentos com vitaminas A e Biotina que favoreceram o incremento nas variáveis produtivas com aumento médio de produtividade de até 911,40 Kg ha<sup>-1</sup> em relação aos outros tratamentos. Por outro lado, as vitaminas Inositol, B1 e B2 quando aplicadas na cultura da soja as plantas aumentam parâmetros biométricos de número de nós, número de folhas e número de vagens já os parâmetros fisiológicos apresentaram maior desempenho nos tratamentos submetidos aos bioestimulantes à base das vitaminas A e D3. Na cultura do milho, o tratamento que foi aplicado a vitamina E apresentou aumento médio de 1100 Kg ha<sup>-1</sup> na produtividade de grãos de milho. Relacionados aos parâmetros fisiológicos as plantas de milho apresentam melhor desempenho quando aplicado as vitaminas Inositol, Nicotinamida, Vitamina C e D3. Os biostimulantes à base das vitaminas A e Biotina são recomendadas para a cultura da soja, já para a cultura do milho recomenda-se a aplicação de vitamina E visando maior produtividade das duas culturas estudadas.

**Palavras-chave:** vitaminas, aumento de produtividade, aliviadores de estresses, déficit hídrico.

## CAPÍTULO I – ASPECTOS AGRONÔMICOS DE SOJA E MILHO SOB APLICAÇÃO DE BIOESTIMULANTES

(Standards according to Bragantia Magazine)

**Abstract:** The objective of this study was to evaluate the effect of different biostimulant substances (vitamins) application via foliar, on the characteristics of growth, development, and physiology of soybean plants (first crop) and corn (second crop). The experiment was carried out in an experimental area of 10 ha in the municipality of Rio Verde-GO (17°44'22.45"S and 50°57'55.19"W). The soybean variety (Safrinha) “Bônus IPRO (8579RSF IPRO)” was sown on November 15, 2018, and the corn hybrid (Safrinha) 2A401 PW was sown on March 20, 2019. The experimental design used was randomized blocks with four replications and 15 treatments. In the treatments, 15 different sources of vitamins were tested, applied separately at the V4 and R4 stage in the soybean crop and at the V4 stage in the corn crop. The positive effects of biostimulants on soybean were observed for treatments with vitamins A and Biotin, which favored the productive variables with an average increase in productivity of up to 911.40 kg ha<sup>-1</sup> in relation to the other treatments. On the other hand, the vitamins Inositol, B1 and B2, when applied in the soybean crop, the plants increase biometric parameters of the number of nodes, number of leaves and number of pods, whereas the physiological parameters showed higher performance in treatments submitted to biostimulants based on vitamins A and D3. In corn, the treatment with vitamin E showed an average increase of 1100 kg ha<sup>-1</sup> in corn grain yield. Related to physiological vestments, corn plants perform better when applied the vitamins Inositol, Nicotinamide, Vitamin C and D3. Biostimulants based on vitamins A and Biotin are recommended for soybean cultivation, while for corn it is recommended the application of vitamin E aiming the highest productivity of the two cultures studied.

**Keywords:** vitamins, productivity increase, stress relievers, water deficit.

## 1. INTRODUÇÃO

O déficit hídrico em plantas cultivadas em sistemas não irrigados é causado por problemas exógenos, que são economicamente importantes na cultura da soja, *Glycine max* (L.) Merrill e do Milho *Zea Mays* (L.) (CARMO *et al.*, 2021), que podem contribuir para perdas na produtividade quando ocorre na fase vegetativa ou reprodutiva da cultura. A intensidade, frequência e duração da restrição hídrica associadas as características locais das plantas como sistemas radiculares pouco desenvolvidos, ataques de pragas e doenças, bem como as características locais do solo como textura e fertilidade podem comprometer boa parte da produção.

O manejo do déficit hídrico em plantas cultivadas requer identificação e integração de múltiplas práticas agronômicas, como adoção de plantas de cobertura, manejo de palhada na superfície do solo, manutenção da estrutura física e matéria orgânica no perfil do solo, adubação adequada e aplicações de substâncias aliviadoras de estresses. Os bioestimulantes são caracterizados como aliviadores de estresses que contêm a mistura de substâncias (hormônios, nutrientes, reguladores vegetais, vitaminas), que pode favorecer o crescimento vegetal, maior absorção de água e nutrientes (CAVALCANTE *et al.*, 2020); (KOVALSKI *et al.*, 2020); (ARAÚJO *et al.*, 2021). Nesse sentido, a aplicação de substâncias biostimulantes é uma das opções para contribuir para a mitigação dos efeitos negativos do clima que causam o déficit hídrico nas plantas (CAVALCANTE *et al.*, 2020).

Os efeitos das aplicações de substâncias à base de vitaminas no crescimento e desenvolvimento de plantas foram destacados na literatura (VENDRUSCOLO e SELEGUINI, 2020). De modo geral, a aplicação de vitaminas do complexo B aumentam a resistência dos tecidos vegetais, responsável pelo transporte de energia na célula vegetal, contribuindo indiretamente para o crescimento e desenvolvimento das plantas (DONG, STOCKWELL e GOYER, 2015).

Nesse sentido, o objetivo com o estudo foi de avaliar o efeito da aplicação de diferentes substâncias bioestimulantes (vitaminas) via foliar, sobre as características de crescimento, desenvolvimento e fisiologia das plantas de soja (primeira safra) e de milho (segunda safra).

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Local de estudo

O experimento foi conduzido em um campo experimental de 10 ha no município de Rio Verde, estado de Goiás, Brasil, durante a safra de 2018/19, nas coordenadas 17°44'22,45"S e 50°57'55,19"W. O experimento constituiu de uma área total 3.000 m<sup>2</sup> (20x150m), dividido em 60 parcelas de 50 m<sup>2</sup> (10x5m), cultivado em um Latossolo vermelho distrófico.

### 2.2. Cultura da Soja

#### 2.2.1 Semeadura

A variedade de soja “Bônus IPRO (8579RSF IPRO)” foi semeada em 15 de novembro de 2018 com espaçamento de 0,45 m entrelinhas e 14 plantas por metro linear, totalizando a população de plantas de 280 mil plantas ha<sup>-1</sup> em sistema de plantio direto sobre a palhada de milho da safra anterior. A semeadora utilizada foi a Jumil (Jumil Agricultura de Precisão) de 10 linhas, mecânica, equipada com mecanismo de abertura de sulco do tipo disco duplo.

#### 2.2.2 Tratos culturais

Adubação de plantio foi realizada com base na análise de solo e exigências nutricionais da cultura de acordo com Sousa e Lobato (2004). Foram aplicados 400 kg ha<sup>-1</sup> do formulado 5-25-25 no sulco de plantio. Em pré-semeadura, semeadura e durante o desenvolvimento da cultura foram feitos os tratos culturais via aplicações de produtos fitossanitários para o controle de plantas daninhas, pragas e doenças.

#### 2.2.3 Delineamento experimental e aplicação dos tratamentos

O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso com quatro repetições e 15 tratamentos. Os tratamentos consistiram em 15 diferentes fontes de vitaminas aplicadas isoladamente no estágio fenológico V4 e R4, nas duas aplicações foram utilizadas 20 g ha<sup>-1</sup> das vitaminas: T1) Ácido Fólico; T2) Betacaroteno; T3) Biotina; T4) Inositol; T5) Nicotinamina, T6) Pantotenato de Cálcio, T7) Vitamina A, T8) Vitamina B1, T9) Vitamina B2, T10) Vitamina B6, T11) Vitamina B12, T12) Vitamina C, T13) Vitamina D3, T14) Vitamina K2, T15) Vitamina E. As aplicações dos bioestimulantes foliares foram realizadas utilizando um pulverizador costal com

pressurização por CO<sub>2</sub> munido de barra de 2 m, contendo quatro pontas de pulverização do tipo TT 110.02 (0,45 m entre pontas), aplicando volume de calda equivalente a 100 L ha<sup>-1</sup>.

Foi determinada uma área útil no centro das parcelas de 1,8 m (4 linhas) de 5 metros de comprimento, onde foram coletadas as variáveis biométricas e fisiológicas no estágio reprodutivo (R5.1) da soja.

#### 2.2.4 Obtenção das variáveis em campo

As variáveis biométricas coletadas foram: altura de planta (AP), número de nós reprodutivos (NN), número de vagem por planta (NV) e número de grãos por planta (NG). Para obtenção dos dados biométricos foram coletadas quatro plantas por parcela experimental, totalizando 16 plantas por tratamento.

As análises fisiológicas foram realizadas de forma não destrutiva em quatro plantas por parcela experimental. As variáveis fisiológicas analisadas foram: fotossíntese, respiração e eficiência do uso da água, obtidas com um Analisador de Gases no Infravermelho (IRGA) modelo LCI (ADC BioScientific - Great Amwell – England) acoplado a uma fonte de luz artificial. Já as variáveis teor de Clorofila A, B e total foram determinadas utilizando um clorofilômetro da marca Falker® (Porto Alegre, Brasil) do tipo ClorofiLOG1030®, modelo CFL1030. As coletas de dados fisiológicos ocorreram sempre numa folha completamente expandida no terço superior da planta, no horário entre 07 e 10h.

### 2.3. Cultura do milho

#### 2.3.1 Semeadura

O híbrido de milho 2A401 PW foi semeado em 20 de março de 2019 com espaçamento de 0,50 m entrelinhas e três plantas por metro linear, totalizando a população de plantas de 60 mil plantas ha<sup>-1</sup>. O milho foi semeado em um Latossolo vermelho distrófico em sistema de plantio direto, segunda safra, sobre a palhada de soja. A semeadora utilizada foi a Jumil (Jumil Agricultura de Precisão) de 10 linhas, mecânica, equipada com mecanismo de abertura de sulco do tipo disco duplo.

#### 2.3.2 Tratos culturais

Adubação de plantio foi realizada com base na análise de solo e exigências nutricionais da cultura de acordo com Sousa e Lobato (2004). Foram aplicados 350 kg

ha<sup>-1</sup> do formulado 5-25-1 no sulco de plantio e 200 kg ha<sup>-1</sup> de Ureia em cobertura a lanço. Em pré-semeadura, semeadura e durante o desenvolvimento da cultura foram feitos os tratamentos culturais via aplicações de produtos fitossanitários para o controle de plantas daninhas, pragas e doenças (Tabela 4).

### 2.3.3 Delineamento experimental e aplicação dos tratamentos

O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso com quatro repetições. Nos tratamentos foram testadas 15 diferentes fontes de vitaminas aplicadas isoladamente no estágio fenológico V4, foi utilizada a 20 g ha<sup>-1</sup> nas das vitaminas: T1) Ácido Fólico; T2) Betacaroteno; T3) Biotina; T4) Inositol; T5) Nicotinamina, T6) Pantotenato de Cálcio, T7) Vitamina A, T8) Vitamina B1, T9) Vitamina B2, T10) Vitamina B6, T11) Vitamina B12, T12) Vitamina C, T13) Vitamina D3, T14) Vitamina K2, T15) Vitamina E. As aplicações dos bioestimulantes foliares foram feitas utilizando um pulverizador costal com pressurização por CO<sub>2</sub> munido de barra de 2 m, contendo quatro pontas de pulverização do tipo TT 110.02 (0,50 m entre pontas), aplicando volume de calda equivalente a 100 L ha<sup>-1</sup>.

### 2.3.4 Obtenção das variáveis em campo

As variáveis biométricas altura de planta (AP), altura da inserção da espiga (AIE), número de folhas por planta (NF), comprimento da folha da espiga (CFE), largura da folha da espiga (LFE), diâmetro de colmo (DC), diâmetro de colmo na altura da inserção da espiga (DCAIE) foram determinadas com auxílio de fita métrica e paquímetro digital. Para obtenção dos dados biométricos, foram coletadas quatro plantas por parcela experimental, totalizando 16 plantas por tratamento.

As avaliações fisiológicas foram realizadas de forma não destrutiva em quatro plantas por parcela experimental e ocorrem 20 dias após a aplicação dos tratamentos. As variáveis fisiológicas analisadas foram a fotossíntese, respiração e eficiência do uso da água, obtidas com um Analisador de Gases no Infravermelho (IRGA) modelo LCI (ADC BioScientific - Great Amwell – England) acoplado a uma fonte de luz artificial. Já as variáveis teor de Clorofila A, B e total foram determinadas utilizando um clorofilômetro da marca Falker® (Porto Alegre, Brasil) do tipo ClorofiLOG1030®, modelo CFL1030.

Ao final do ciclo foi quantificada a massa de 100 grãos e produtividade de grãos, que foi determinada, colhendo e trilhando as plantas de uma área de 2 m<sup>2</sup> de cada parcela experimental, totalizando 8 m<sup>2</sup> por tratamento.



#### 2.4 Análise estatística dos dados

Os dados observados de crescimento, desenvolvimento, produção e fisiológicos foram submetidos a análise de variância ( $p < 0,05$ ) e os casos de significância foram submetidos ao teste de média (Teste t de Skott Knott ( $p < 0,05$ ), utilizando o software estatístico SISVAR®, versão 5.7 (FERREIRA, 2011).

### **3. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

#### 3.1 Cultura da soja

Na Tabela 1 apresenta o resumo da análise de variância com os quadrados médios e os níveis de significância pelo teste F para as variáveis estudadas, para a coleta de plantas realizada no estágio fenológico da soja R5.3, referentes aos tratamentos aplicados via foliar com diferentes tipos de substâncias bioestimulantes.

Tabela 1. Resumo da análise de variância para as variáveis altura de plantas (AP), número de nós (NN), número de folhas (NF), número de grãos (NG), número de vagens (NV), clorofila a (Cl a), clorofila b (Cl b), clorofila T (Cl T), fotossíntese (F), transpiração (T), eficiência do uso da água (EUA), massa de 100 grãos (M100G) e produtividade em kg ha<sup>-1</sup> (PG) para plantas de soja cultivadas com diferentes tipos de substâncias bioestimulantes aplicada via foliar.

	Fontes de Variação			
	Vitaminas	Bloco	Resíduo	CV (%)
GL	14	3	42	-
Variáveis	Quadrados Médio			-
AP	24,07 <sup>ns</sup>	11,48 <sup>ns</sup>	18,84	5,74
NN	2,87 <sup>**</sup>	2,58 <sup>*</sup>	0,66	6,39
NF	11,61 <sup>**</sup>	2,18 <sup>ns</sup>	3,63	11,13
NG	1,33 <sup>**</sup>	0,35 <sup>ns</sup>	0,11	9,43
NV	133,87 <sup>**</sup>	41,11 <sup>ns</sup>	26,34	8,71
Cl a	3,40 <sup>ns</sup>	10,52 <sup>**</sup>	2,39	3,70
Cl b	1,01 <sup>ns</sup>	0,37 <sup>ns</sup>	0,85	6,65
Cl T	4,67 <sup>ns</sup>	10,76 <sup>ns</sup>	4,20	3,69
F	5,14 <sup>ns</sup>	30,77 <sup>**</sup>	4,34	7,35
T	4,18 <sup>**</sup>	8,49 <sup>**</sup>	1,22	9,48
EUA	0,13 <sup>**</sup>	0,14 <sup>*</sup>	0,04	9,06
M100G	0,77 <sup>**</sup>	1,14 <sup>**</sup>	0,17	2,25
PG	755845,59 <sup>**</sup>	51011,55 <sup>ns</sup>	42075,66	6,48

<sup>\*\*</sup>e<sup>\*</sup> Significativo para 1 e 5% de probabilidade, respectivamente; <sup>ns</sup> não significativo pelo teste F a 5% de probabilidade.

Observou-se na Tabela 1 que os resultados obtidos para os diferentes tratamentos foram significativos a 1% e 5% de probabilidade para as variáveis biométricas de número de nós (NN), número de folhas (NF), número de grãos (NG) e número de vagens (NG). Para os parâmetros fisiológicos de plantas de soja houve efeito significativo entre os tratamentos para as variáveis transpiração (T) e eficiência do uso da água (EUA). Os parâmetros produtivos massa de 100 grãos (M100G) e produtividade em kg ha<sup>-1</sup> (PG) foram significativos a 5% de probabilidade.

O número de nós reprodutivos (NN) de plantas de soja (Tabela 2) aumentou nos

tratamentos que foram submetidos a aplicação do grupo de vitaminas Ácido fólico, Biotina, Inositol, Pantonato de Cálcio, Vitamina A, B1, B2, B6 e B12. O desempenho menos favorável foi observado no grupo Betacaroteno, Nicotinamida, Vitamina C, D3, E e K2. As plantas apresentam atividades enzimáticas dependendo de várias vitaminas, dentre elas o complexo B, que indica que plantas superiores absorvem e transportam essa vitamina se cultivadas com fertilizantes orgânicos ou se as plantas estiverem em meio enriquecido com a substância (LAWRENCE *et al.*, 2018). De modo geral, o grupo B de vitaminas pode funcionar como potente antioxidante, sendo esse grupo de vitaminas particularmente ativos na extinção do oxigênio singlete, aliviando fatores estressantes que comprometem altas produtividades, podendo favorecer parâmetros indicativos de produção com o número de nós (LAWRENCE *et al.*, 2018).

Tabela 2. Teste de média para as variáveis altura de plantas (AP), número de nós (NN), número de folhas (NF), número de grãos (NG), massa de 100 grãos (M100G) e Produtividade em kg ha<sup>-1</sup> (PG) de plantas de soja cultivadas com diferentes tipos de vitaminas.

Vitamina	AP	NN	NF	NG	NV	M100G	PG
Ácido fólico	76,37	12,66a	15,83b	3,16c	50,8b	18,04b	3253,39cd
Betacaroteno	75,66	13,50b	19,00a	3,83b	53,75b	18,79ab	2910,90de
Biotina	72,62	11,66a	16,16b	3,33c	59,00b	19,28a	4002,87ab
Inositol	76,00	13,37a	19,66a	4,25a	69,83a	18,70ab	2698,90e
Nicotinamida	78,62	12,25b	17,16b	3,66b	59,50b	18,15b	3475,45c
Pantotenato de cálcio	79,87	13,12a	16,16b	3,33c	55,00b	18,94ab	2711,72e
Vitamina A	79,25	12,62a	15,00b	3,50bc	59,00b	18,47ab	4016,99a
Vitamina B1	75,87	14,37a	18,16a	2,66d	65,75a	18,87ab	3309,69cd
Vitamina B12	74,12	13,00a	16,50b	4,37a	55,50b	18,88ab	2903,45de
Vitamina B2	72,12	13,50a	16,50b	4,25a	69,50a	18,88ab	3143,49cde
Vitamina B6	74,37	12,87a	18,75a	3,87b	59,87b	18,92ab	2879,79de
Vitamina C	74,87	12,25b	18,33a	4,25a	57,62b	18,57ab	2846,18de
Vitamina D3	77,37	12,25b	16,00b	2,75d	62,00a	17,96b	3174,97cde
Vitamina E	71,87	11,12b	14,00b	2,75d	54,00b	18,06b	2669,96e
Vitamina K2	74,87	11,66b	19,50a	3,75b	53,00b	17,87b	3493,82bc

<sup>1</sup> Médias seguida de letra diferentes nas mesmas colunas diferem entre si segundo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade.

O número de folhas (NF) de plantas de soja (Tabela 2) aumentou nos tratamentos que foram submetidos a aplicação do grupo de vitaminas Betacaroteno, Vitamina B1, B6, C e K2. O desempenho menos favorável foi observado no grupo Ácido fólico, Biotina, Nicotinamida, Pantonato de Cálcio, Vitaminas A, B12, B2, D3 e E. Fatores estressantes reduzem o índice de área foliar das plantas, ou ainda favorecem o murchamento de folhas e posterior abscisão das mesmas, reduzindo o número de folhas.

O número de grãos por vagens de soja (NG) apresentou o melhor desempenho nos tratamentos à base da vitamina Inositol, Vitaminas B12, B2 e C (Tabela 2). Por outro, as plantas apresentaram redução no NG com a aplicação de Ácido fólico, Betacaroteno, Biotina, Nicotinamida, Pantonato de Cálcio, Vitaminas A, B1, B6, D3, E, K2. Dentre as vitaminas que forneceram mais número de vagens, o Inositol influencia como catalisador metabólico no crescimento de órgãos, confirmando sua função de estimular o crescimento geral de novos órgãos e estruturas. Na pesquisa de (ALMENDAGNA *et al.*, 2007) foi evidenciado que aplicações de Inositol exógeno promoveu maior peso da matéria fresca de duas espécies frutíferas (amoreira-preta e videira) os autores relatam que concentrações de 400 mL L<sup>-1</sup> de Inositol em meio de cultura é benéfico para aumento de matéria fresca das plantas estudadas.

Os parâmetros produtivos das plantas de soja como a massa de 100 grãos (M100G) foram incrementadas com a aplicação de Betacaroteno, Biotina, Inositol, Pantotenato de cálcio, Vitamina A, B1, B12, B2, B6 e C, Biotina. Já a produtividade de grãos (PG) apresentou melhor desempenho com aplicação de Biotina e Vitamina A.

Para as variáveis fisiológicas com a clorofila a, b e total, (Cl *a, b e t*) e a fotossíntese (F) não houve efeito significativo entre os tratamentos aplicados nas plantas de soja. Por outro lado, a transpiração (T) e eficiência do uso da água (EUA) foram significativos entre os tratamentos.

Tabela 3. Teste de média para as variáveis clorofila *a* (Cl *a*), clorofila *b* (Cl *b*), clorofila total (Cl *t*), fotossíntese (F), transpiração (T) e eficiência do uso da água (EUA) de plantas de soja cultivadas com diferentes tipos de vitaminas.

Vitamina	Cl <i>a</i>	Cl <i>b</i>	Cl <i>t</i>	F	T	EUA
Ácido fólico	42,55	14,37	56,92	27,59	9,66c	2,29b
Betacaroteno	42,00	13,52	55,52	28,14	11,50b	2,39a
Biotina	40,25	13,20	53,45	26,11	11,32b	2,46a
Inositol	41,25	14,21	55,46	26,88	11,31b	2,50a
Nicotinamida	41,23	14,00	55,23	27,51	10,05c	2,69a
Pantotenato de cálcio	41,83	14,35	56,18	27,90	11,44b	2,09b
Vitamina A	41,38	13,73	55,12	28,61	12,28a	2,39a
Vitamina B1	43,10	13,83	56,93	27,29	12,91a	2,07b
Vitamina B12	41,53	14,72	56,26	28,63	11,56b	2,28b
Vitamina B2	40,88	13,21	54,10	29,48	12,84a	2,09b
Vitamina B6	40,45	14,31	54,76	30,22	12,97a	2,17b
Vitamina C	41,78	14,08	55,87	29,54	12,42a	2,16b
Vitamina D3	42,20	12,92	55,12	29,06	11,81a	2,45a
Vitamina E	43,48	13,92	57,41	29,51	10,49c	2,39a
Vitamina K2	42,63	13,67	56,31	28,45	12,54a	2,26b

<sup>1</sup>Médias seguidas de letra diferentes nas mesmas colunas diferem entre si segundo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade.

O melhor desempenho para a fotossíntese foi nos tratamentos realizado a aplicação de vitamina A, B1, B2, B6, C, D3 e K2 (Tabela 3). A vitamina C, assim como o complexo B, têm funções antioxidantes que protegem as plantas contra os danos causados pelo estresse abiótico (ZHANG *et al.*, 2020). De modo geral, o estresse hídrico provoca a produção de espécies reativas de oxigênio (ROS), como H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, oxigênio singlete e radical ânion superóxido (O<sup>2-</sup>), que causam sinalização oxidativa (CHOUDHURY *et al.*, 2017). Foi evidenciado na literatura que a vitamina B6 atua como cofator importante, além de atuar como importante antioxidante capaz de aumentar a resistência aos estresses bióticos e abióticos. A vitamina B6 pode desempenhar papel crucial na proteção das células do estresse oxidativo porque exhibe atividade antioxidante que pode ser maior do que as vitaminas C ou E (HUANG *et al.*, 2013). Portanto, essas substâncias são importantes para aliviar os efeitos da seca e proteger e reduzir a morte

celular das plantas mantendo em alta atividade os parâmetros fisiológicos.

A eficiência do uso da água foi maior nos tratamentos que foram aplicados os bioestimulantes à base de Betacaroteno, Biotina, Inositol, Nicotinamida, Vitamina A, D3 e E (Tabela 3). Vitaminas como a Nicotinamida também é conhecida como vitamina B3 ou niacina (ABREU *et al.*, 2020), caracterizada como uma vitamina hidrossolúvel e uma coenzima atuantes em reações redox (Taiz *et al.*, 2017). Estudos realizados com plantas de feijão-fava sob estresses abióticos permitiram observar que a nicotinamida neutralizou o efeito do estresse salino, melhorou os parâmetros fisiológicos e bioquímicos e as concentrações de açúcares solúveis, prolina, aminoácidos e nitrogênio total e outros conteúdos minerais nas plantas (ABDELHAMID *et al.*, 2013).

### 3.1 Cultura do milho

Na Tabela 4 apresenta o resumo da análise de variância com os quadrados médios e os níveis de significância pelo teste F para as variáveis estudadas, para a coleta de plantas realizada na cultura do milho, referentes aos tratamentos aplicados via foliar com diferentes tipos de substâncias bioestimulantes.

Tabela 4. Resumo da análise de variância para as variáveis altura de plantas (AP), altura da inserção da espiga (AIE), número de folhas (NF), comprimento da folha da espiga (CFE), diâmetro de colmo (DC), diâmetro de colmo na altura da inserção da espiga (DCAIE), clorofila a (Cl a), clorofila b (Cl b), clorofila T (Cl T), fotossíntese (F), transpiração (T), eficiência do uso da água (EUA) e Produtividade em kg ha<sup>-1</sup> (PG) para plantas de milho cultivadas com diferentes tipos de vitaminas.

GL	Fontes de Variação			
	Vitaminas	Bloco	Resíduo	CV (%)
14	3	42	-	
Variáveis	Quadrados Médio			-
AP	336,03 <sup>ns</sup>	49,54 <sup>ns</sup>	163,91	5,76
AIE	15,57 <sup>ns</sup>	108,41 <sup>ns</sup>	35,00	6,15
NF	0,26 <sup>ns</sup>	0,36 <sup>ns</sup>	0,28	4,68
CFE	8,55 <sup>ns</sup>	8,80 <sup>ns</sup>	8,94	2,77
DC	1,36 <sup>ns</sup>	0,71 <sup>ns</sup>	1,37	5,19
DCAIE	8,39 <sup>ns</sup>	13,96 <sup>ns</sup>	6,84	10,33
Cl a	11,36*	38,07**	5,42	5,96
Cl b	11,42**	1,27 <sup>ns</sup>	2,49	11,58
Cl t	20,21 <sup>ns</sup>	53,59*	16,37	7,62
F	32,71**	6,14 <sup>ns</sup>	2,83	10,32
T	0,30**	0,08 <sup>ns</sup>	0,04	12,03
EUA	0,73 <sup>ns</sup>	3,20 <sup>ns</sup>	1,23	12,37
PG	1012890,55**	53608,98 <sup>ns</sup>	33632,92	4,24

\*\*e\* Significativo para 1 e 5% de probabilidade, respectivamente; <sup>ns</sup> não significativo pelo teste F a 5% de probabilidade.

Nota-se na Tabela 4 que os resultados obtidos para os diferentes tratamentos foram significativos a 1% e 5% de probabilidade para a variável produtiva de produtividade de grãos. Para os parâmetros fisiológicos de plantas de milho houve efeito significativo entre os tratamentos para as variáveis clorofila a (Cl a), clorofila b (Cl b) fotossíntese (F) e transpiração (T).

Para a cultura do milho, a vitamina E proporcionou aumento na produtividade de grãos em média de 1100 Kg ha<sup>-1</sup> em relação aos demais tratamentos (Tabela 5). Eventos oxidativos em alta ocorrência causam danos a lipídios, proteínas, carboidratos e

ácidos nucleicos, que dependendo da severidade deste processo de oxidação pode levar a morte celular. Jordão Junior et al. (1998) cita que os níveis de vitaminas E alteram com a ocorrência de eventos oxidativos das células e estruturas, e pode indicar a ação dessa vitamina para a proteção celular.

Tabela 5. Teste de média para as variáveis altura de planta (AP), diâmetro do caule na altura da inserção da espiga (DCAIE), número de folhas (NF), comprimento da folha da espiga (CFE), diâmetro de colmo (DC), diâmetro de colmo na altura da inserção da espiga (DCAIE) e Produtividade em kg ha<sup>-1</sup> (PG) de plantas de milho cultivadas com diferentes tipos de vitamina.

Vitamina	AP	AIE	NF	CFE	DC	DCAIE	PG
Ácido fólico	224,75	95,25	11,37	106,87	22,27	26,12	4445,76c
Betacaroteno	214,75	96,50	11,50	109,25	22,72	24,90	4371,41c
Biotina	230,37	96,87	11,50	108,00	22,74	24,84	3687,45e
Inositol	232,00	95,62	11,62	105,87	22,84	27,91	4133,51d
Nicotinamida	224,12	98,12	11,50	108,62	23,21	27,68	4192,99d
Pantotenato de cálcio	229,75	96,12	11,62	108,62	23,30	24,72	4170,19d
Vitamina A	208,87	97,00	11,00	107,75	22,58	25,58	3843,07e
Vitamina B1	215,50	96,25	11,37	107,25	21,32	23,41	5114,85b
Vitamina B12	221,25	97,50	11,25	110,87	21,71	23,98	4011,59d
Vitamina B2	204,62	93,37	11,12	107,75	22,44	22,70	3627,97e
Vitamina B6	210,12	91,12	10,87	104,75	21,61	24,12	4051,24d
Vitamina C	226,62	97,87	11,50	108,87	22,55	25,86	4341,67c
Vitamina D3	231,62	97,25	11,87	108,50	22,93	26,32	4959,22b
Vitamina E	230,12	99,12	11,25	108,12	23,07	25,72	5352,75a
Vitamina K2	228,62	95,50	11,37	106,75	22,53	25,99	4589,49c

<sup>1</sup>Médias seguida de letra diferentes nas mesmas colunas diferem entre si segundo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade.

Para a variável clorofila b (*Cl b*) as vitaminas Betacaroteno, Biotina, Inositol, Nicotinamida, Vitamina A, B6, C, D3 e K2 apresentam o melhor desempenho. Já para a fotossíntese a Nicotinamida, Vitamina C e D3 apresentaram os maiores valores para esse parâmetro. E, por fim a transpiração apresentou melhor desempenho quando aplicadas as vitaminas Inositol e Nicotinamida.



Tabela 6. Teste de média para as variáveis clorofila a (Cl a), clorofila b (Cl b), clorofila T (Cl T), fotossíntese (F), transpiração (T) e eficiência do uso da água (EUA) de plantas de milho cultivadas com diferentes tipos de vitamina.

Vitamina	Cl a	Cl b	Cl t	F	T	EUA
Ácido fólico	39,61	12,15b	53,05	9,85d	1,82b	9,15
Betacaroteno	40,60	14,55a	55,15	14,08c	1,90b	8,53
Biotina	40,08	14,82a	54,91	14,32c	1,60c	9,09
Inositol	40,14	14,67a	54,81	17,15b	2,09a	8,71
Nicotinamida	39,56	14,89a	54,45	20,20a	2,35a	8,96
Pantotenato de cálcio	39,30	12,90b	53,55	17,09b	1,81b	8,86
Vitamina A	39,42	13,52a	52,95	17,33b	1,69c	8,49
Vitamina B1	38,85	12,70b	51,55	18,41b	1,43c	9,40
Vitamina B12	38,35	11,70b	50,05	13,89c	1,32c	8,42
Vitamina B2	37,27	13,23b	49,56	18,15b	1,43c	9,66
Vitamina B6	38,13	14,32a	51,35	15,66c	1,68c	8,97
Vitamina C	39,43	14,47a	53,90	20,21a	1,61c	8,23
Vitamina D3	39,46	15,27a	54,73	19,17a	1,40c	9,37
Vitamina E	34,06	9,33c	49,70	13,40c	1,51c	9,13
Vitamina K2	41,20	15,91a	57,11	15,63c	1,64c	9,51

<sup>1</sup>Médias seguidas de letra diferentes nas mesmas colunas diferem entre si segundo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade.

A nicotinamida foi a vitamina que apresentou melhor desempenho relacionado aos parâmetros fisiológicos da cultura do milho, melhorou os parâmetros de clorofila b, fotossíntese e transpiração das folhas de milho. Arruda et al. 2012, refere-se a nicotinamida como uma vitamina hidrossolúvel que é parte da coenzima NAD (nicotinamida-adenina dinucleotídeo), de modo geral, os autores também citam a nicotinamida como fator importante para redução da perda de água.

Referente as duas culturas analisadas nesse estudo (soja e milho), evidencia-se que cultura na soja os efeitos positivos na produtividade de grãos foram satisfatórios quando aplicado dois grupos de vitaminas isoladamente, a Vitamina A e Biotina, pois apresentam incremento médio de até 911,40 Kg ha<sup>-1</sup> em relação aos outros tratamentos. Na cultura do milho, o tratamento que foi aplicado a vitamina E apresentou aumento médio de 1100 Kg ha<sup>-1</sup> na produtividade de grãos de milho, demonstrando também a

importância dessa vitamina no aumento de produtividade do milho.

#### 4. CONCLUSÃO

A vitamina Inositol (20 g ha<sup>-1</sup>) é recomendada para melhor desempenho dos parâmetros biométricos da cultura da soja.

Para a maior produtividade da soja, recomenda-se a aplicação das vitaminas Biotina e vitamina A isoladamente (20 g ha<sup>-1</sup>), que favorece incremento de até 911,40 Kg ha<sup>-1</sup> (15,19 sacas ha<sup>-1</sup>).

Para a cultura do milho é recomendado a aplicação de vitamina E (20 g ha<sup>-1</sup>), essa vitamina incrementa até 1100 Kg ha<sup>-1</sup> (18,33 sacas ha<sup>-1</sup>) de produtividade.

#### 5. AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa a Luiz Fernando Gomes. Ao Instituto Federal Goiano-Campus Rio Verde.

#### 6. LITERATURA CITADA

ABDELHAMID, M. A. *et al.* Interactive effects of salinity stress and nicotinamide on physiological and biochemical parameters of faba bean plant. **Acta Biológica Colombiana**, v. 18, n. 1, 2013. p. 499-510.

ABREU, M. S. *et al.* Ascophyllum nodosum e nicotinamida afetam produtividade do feijoeiro comum. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 9, 2020. p. 1-19.

ALMENDAGNA, F. *et al.* Glicina e inositol no cultivo in vitro de duas frutíferas de clima temperado. **16º Congresso Brasileiro de Floricultura e Plantas Ornamentais / 3º Congresso Brasileiro de Cultura de Tecidos de Plantas / 1º Simpósio de Plantas Ornamentais Nativas**, Goiânia, 2007. p. 738 - 741.

ARAÚJO, L. L. M. *et al.* Ação de bioestimulantes em cultivares comerciais de soja na região Norte do Vale Araguaia - MT. **Revista Pesquisagro**, Confresa, v. 4, n. 1, Janeiro-Junho 2021. p. 03-21.

CAVALCANTE, W. S. S. *et al.* Eficiência dos bioestimulantes no manejo do déficit hídrico na cultura da soja. **Irriga**, Botucatu, v. 25, n. 4, outubro-dezembro 2020. p. 754-763.

CHOUDHURY, F. K. *et al.* Reactive oxygen species, abiotic stress and stresscombination. **The Plant Journal**, v. 90, n. 1, 2017. p. 856-867.

DONG, W.; STOCKWELL, V. O.; GOYER, A. Enhancement of Thiamin Content in *Arabidopsis thaliana* by Metabolic Engineering. **Plant and Cell Physiology**, v. 56, n. 12, 2015. p. 2285-2296.

HUANG, S. *et al.* Effect of abiotic stress on the abundance of different vitamin B6 vitamers in tobacco plants. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 66, n. 1, 2013. p. 63-67.

KOVALSKI, A. R. *et al.* Avaliação do Desempenho Agronômico de Diferentes Cultivares de Soja (*Glycine max*(L.) Merrill) Com Uso de Bioestimulantes e Herbicida Hormonal. **Revista Pesquis Agro**, Confresa, v. 3, n. 1, Janeiro-Junho 2020. p. 4-23.

LAWRENCE, A. D. *et al.* Construction of Fluorescent Analogs to Follow the Uptake and Distribution of Cobalamin (Vitamin B12) in Bacteria, Worms, and Plants. **Cell Chemical Biology**, v. 25, n. 8, 2018. p. 941-951.

MOZAFAR, A. Enrichment of some B-vitamins in plants with application of organic fertilizers. **Plant Soil**, v. 167, 1994. p. 305-311.

VENDRUSCOLO, E. P.; SELEGUINI, A. Effects of vitamin pre-sowing treatment on sweet maize seedlings irrigated with saline water. **Acta Agronomica**, v. 69, n. 1, 2020. p. 20-25.

YUAN, W. *et al.* Early Prediction of Soybean Traits through Color and Texture Features of Canopy RGB Imagery. **Scientific Reports Nature Research**, v. 9, n. 14089, 2019. p. 1-17.

ZHANG, H. *et al.* Enhanced Vitamin C Production Mediated by an ABA-Induced PTP-like Nucleotidase Improves Plant Drought Tolerance in *Arabidopsis* and Maize. **Molecular Plant**, 5, 2020. p. 760-776.

JORDÃO JÚNIOR, A. A. *et al.* Peroxidação lipídica e etanol: papel da glutatona reduzida e da vitamina E. **Medicina**, Ribeirão Preto, v. 31, p. 434-449, jul./set. 1998.

## CONCLUSÃO GERAL

Biofertilizantes à base de vitaminas aplicados via foliar favorecem o crescimento, fisiologia e a produtividade da soja (Safrinha) e do milho (Safrinha).

A aplicação das vitaminas Inositol, Biotina e vitamina A isoladamente na dose (20 g ha<sup>-1</sup>), pode ser indicada para a soja.

Para a cultura do milho é recomendado a aplicação de vitamina E (20 g ha<sup>-1</sup>), essa vitamina incrementa até 1100 Kg ha<sup>-1</sup> (18,33 sacas ha<sup>-1</sup>) de produtividade.