

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE ENGENHARIA**

THIAGO PICCIN DUARTE DE SOUZA

**EFEITO DE HORMÔNIO BRASSINOSTERÓIDE, APLICADO EM
DIFERENTES ESTÁDIOS FENOLÓGICOS, NO RENDIMENTO DE GRÃOS
DO MILHO**

**ILHA SOLTEIRA
2021**

THIAGO PICCIN DUARTE DE SOUZA

**EFEITO DE HORMÔNIO BRASSINOSTERÓIDE, APLICADO EM
DIFERENTES ESTADIOS FENOLÓGICOS, NO RENDIMENTO DE GRÃOS
DO MILHO**

Trabalho de Graduação apresentado à
Faculdade de Engenharia do Campus de
Ilha Solteira – UNESP, como parte dos
requisitos para obtenção do grau de
Engenheiro Agrônomo.

Prof. Dr. João Antonio da Costa Andrade
Orientador

ILHA SOLTEIRA

2021

FICHA CATALOGRAFICA

Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

S729e Souza, Thiago Piccin.
Efeito de hormônio brassinosteróide, aplicado em diferentes estádios fenológicos, no rendimento de grãos do milho / Thiago Piccin Souza. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2021
24 f.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Agrônômica) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, 2021

Orientador: João Antonio da Costa Andrade
Inclui bibliografia

1. Brassinosteróide. 2. *Zea mays*. 3. Reguladores vegetais.


Raiane da Silva Santos

Supervisora Técnica de Seção
Seção Técnica de Referência, Atendimento ao usuário e Documentação
Diretoria Técnica de Biblioteca e Documentação
CRB/8 - 9999

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"

FACULDADE DE ENGENHARIA - CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA

CURSO DE ENGENHARIA AGRONÔMICA

ATA DA DEFESA – TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

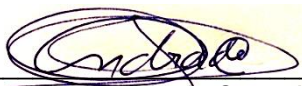
TÍTULO: "EFEITO DE HORMÔNIO BRASSINOSTERÓIDE, APLICADO EM DIFERENTES ESTÁDIOS FENOLÓGICOS, NO RENDIMENTO DE GRÃOS DO MILHO."

ALUNO: THIAGO PICCIN DUARTE DE SOUZA - RA: 141050811

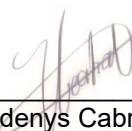
ORIENTADOR: Prof. Dr. JOÃO ANTONIO DA COSTA ANDRADE

Aprovado (X) – Reprovado () pela Comissão Examinadora com a Nota: 8,5

Comissão Examinadora:



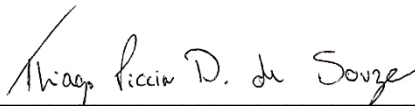
Prof. Dr. João Antonio da Costa Andrade
Presidente (Orientador)



Dr. Udenys Cabral Mendes



Dr. Jailson Vieira Aguiar



Aluno: Thiago Piccin Duarte de Souza

Ilha Solteira (SP), 14 de julho de 2021.

DEDICO

Aos meus pais, meus irmãos, à toda minha família, minha noiva e aos moradores da República 'Mata Burro' que sempre me apoiaram e me incentivaram.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente aos meus pais, Mateus e Silvia, que em todo momento me apoiaram e acreditaram em mim, sempre estiveram ao meu lado, independente dos desafios e dificuldades. Meus irmãos Mateus e Vinicius, por fazerem parte e serem essenciais nessa etapa da minha vida.

A minha noiva e futura esposa Carolina, que me acompanha desde a época de escola. Sempre me motivou e esteve ao meu lado nos momentos mais difíceis.

Aos meus amigos/irmãos de república, que na falta de uma família próxima, foram o meu apoio.

Ao meu orientador e grande amigo Dr. João Antonio da Costa Andrade, que esteve praticamente presente em todo o meu período de graduação, além de ser um ótimo profissional, também é um ótimo amigo.

Aos meus amigos que sempre estiveram comigo na saúde e na doença desde o início e permanecem até hoje.

Aos colaboradores da Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão da UNESP – Campus de Ilha Solteira, por trazerem o conhecimento de vida e por estarem sempre prontamente disponíveis.

Por fim, mas não menos importante, agradeço a todos os professores da UNESP - Campus de Ilha Solteira, que contribuíram na minha formação acadêmica. Professores dos quais tive muito orgulho de ser aluno.

A todos aqui citados, meu muito obrigado por absolutamente tudo!

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	8
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	9
3 MATERIAL E MÉTODOS	12
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	14
5 CONCLUSÃO	21
6 REFERÊNCIAS	21

RESUMO

Considerando a importância econômica, o milho (*Zea mays*) é cultivado em praticamente todos os continentes, sendo utilizado em diversas fases da indústria, produção animal e alimentação humana. Sendo assim estudos tem sido traçado para aumento da produtividade. Desta forma, tratamentos culturais que envolvam a aplicação de reguladores vegetais podem ser utilizados para atingir a produtividade esperada. Portanto, o presente trabalho teve como objetivo verificar o efeito da aplicação do hormônio Brassinosteróide na cultura do milho. Os tratamentos foram organizados em blocos ao acaso com quatro repetições, no esquema fatorial $(4 \times 3) + 1$, sendo quatro doses do hormônio, dois estádios da cultura (3 e 7 folhas desenvolvidas) mais a combinação dos mesmos e uma testemunha sem hormônio. Foram analisados os caracteres Porcentagem de plantas com perfilho, Dias para florescimento feminino, Prolificidade, Porcentagem de espigas gessadas, Comprimento de espigas, Diâmetro de espiga, Rendimento de espigas e Rendimento de grãos. A aplicação de Brassinosteróide não influenciou os caracteres agronômicos avaliados. Falta de referências bibliográficas dificultaram a escolha da fase ideal a se aplicar o hormônio, que permite concluir que são necessários mais testes com o hormônio na cultura em nível de campo, com aplicação em outros estádios, doses maiores e com híbridos diferentes.

Palavras chave: Brassinosteróide; *Zea mays*; reguladores vegetais.

ABSTRACT

Considering the economic importance, corn (*Zea mays*) is grown in practically all continents and is used in different stages of industry, animal production and human food. That is why studies have been carried out to increase productivity. Thus, cultural treatments that involve the application of plant regulators, can come to achieve the expected productivity. Therefore, the present work had as objective to verify the effect of the application of the hormone Brassinosteroids in the culture of the corn. The treatments were arranged in randomized blocks with four replications, in a factorial scheme $(4 \times 3) + 1$, with four doses of the hormone, two phenological stages of plants (3 and 7 developed leaves) plus combination of the same and a control without hormone. The traits analyzed were: Percentage of plants with tiller, Days to silking, Prolificacy, Percentage of plastered ears, Ear length, Ear diameter, Ear yield and Grain yield. The application of Brassinosteroids did not influence the observed agronomic characteristics. Lack of bibliographic references made it difficult to choose the ideal phase to apply the hormone, which allows to conclude that more tests with the hormone are necessary at the field level, with application in other phenological stages, higher doses and with different hybrids.

Key words: Brassinosteroids; *Zea mays*; plant regulators.

1 INTRODUÇÃO

O milho é cultivado em praticamente todos os continentes sendo assim de grande importância econômica que vai desde a utilização na produção animal, alimentação humana e produção de biodegradáveis. Devido sua grande importância econômica e social tem-se estudado técnicas que aumentam sua produtividade e resistência de forma que não encareça o custo de produção, já que o mesmo é um cereal de investimento elevado e baixo lucro por unidade produzida, permitindo poucos erros no seu manejo.

Uma técnica que vem sendo estudada em diversas culturas com intenção de elevar a produtividade e melhorar sua qualidade é o uso de reguladores vegetais que são aplicados devido seu efeito no controle do desenvolvimento da planta, uma vez que os mesmos demonstraram ser importantes quando se trata de características quantitativas e qualitativas das culturas.

Os brassinosteroides são hormônios vegetais que desempenham um papel muito importante em vários aspectos fisiológicas das plantas, incluindo alongamento e divisão celular, diferenciação vascular, florescimento, desenvolvimento do pólen e fotomorfogênese (CLOUSE, 2011). Estes hormônios têm efeitos biológicos em pequenas concentrações e são encontrados em gimnospermas, algas, monocotiledôneas e dicotiledôneas, e sintetizados em diferentes órgãos das plantas, como folhas, botões florais, sementes, frutos, caules e raízes, podendo influenciar vários processos durante o crescimento e o desenvolvimento das plantas (GOMES, 2011).

Os brassinosteroides podem promover o alongamento celular, expansão celular, o gravitropismo, a resistência ao estresse, a diferenciação do xilema e o retardamento da abscisão das folhas (FUJIOKA; SAAKURAI, 1997). Os brassinosteroides são necessários para o crescimento normal das plantas e a deficiência na biossíntese ou na percepção destes hormônios implica plantas anãs, tipicamente verde-escuras, apresentando epinastia nas folhas com reduzida ou nenhuma fertilidade e retardo do desenvolvimento (BISHOP; KONCZ, 2002).

Sendo assim o trabalho teve como objetivo verificar o efeito da aplicação do hormônio Brassinosteróide na cultura do milho.

2 REVISÃO

Segundo Abreu (1990), a descoberta do Brassinólido foi alcançada após mais de dez anos de pesquisa. O conjunto de resultados obtidos em diferentes sistemas de teste de atividade biológica apontam para uma função reguladora dos brassinosteroides no crescimento e divisão celulares, distinta da de outras substâncias de crescimento conhecidas.

Foram denominados de brassinas os primeiros compostos no pólen de canola (*Brassica napus* L.) com atividade no estímulo do crescimento vegetal, por Mitchell et al (1970). Posteriormente foi isolado o composto de maior atividade, denominado brassinolídeo, que teve sua estrutura química elucidada.

Os hormônios vegetais desempenham um importante papel no controle do crescimento, diferenciação e desenvolvimento das plantas e quando são aplicados exogenamente são chamados de reguladores de crescimento, podendo ser sintéticos ou análogos (TAIZ e ZEIGER, 2009).

O emprego de reguladores de crescimento para otimizar as produções agrícolas pode ser uma alternativa na propagação do abacaxizeiro, uma vez que tem sido observado aumento considerável na produção e qualidade do produto colhido para várias culturas (HAYAT e AHMAD, 2011).

Todos os brassinosteroides de ocorrência natural são provenientes de 5 α -colestanos e fazem parte do grupo de esteroides contendo de 27 a 29 átomos de carbono, como fitoesteroides típicos (GARATE et al., 1998). Na década de 90, pelos estudos realizados com *Arabidopsis* sp., os brassinosteroides foram classificados como uma nova classe de hormônios vegetais (CLOUSE e SASSE, 1998).

Brassinosteroides abrangem uma classe de esteroides hidroxilados que ocorrem naturalmente no reino vegetal. Os brassinosteroides apresentam efeitos biológicos mesmo em baixas concentrações e são encontrados em gimnospermas, algas, monocotiledôneas e dicotiledôneas, podendo ser sintetizados em folhas, sementes, frutos, caules, botões florais e raízes, influenciando diversos processos durante o crescimento e desenvolvimento das plantas (GOMES, 2011).

As plantas são capazes de realizar a biossíntese de diversos esteroides, cujas funções hormonais são essenciais em diversos processos fisiológicos.

Dentre esses, os brassinoesteróides são hormônios fitosteróides polioxigenados de atividade reguladora do crescimento vegetal (KHRIPACH et al., 2000).

O INSTITUTO AGRONÔMICO DE CAMPINAS, IAC (2000), também relatou que após alguns anos, outros efeitos foram observados para as Brassinas, como o estímulo de rendimento, vigor de semente e eficiência de colheita. Com isso, pesquisadores do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos conseguiram sucesso ao tentar isolar esse hormônio, dando o nome de brassinolide (BL), sendo este o primeiro brassinosteroide isolado (GROVE et al., 1979).

Atualmente são conhecidos mais de 60 análogos de brassinosteroides, sendo os mais importantes o brassinolideo, o 24-epibrassinolideo, a catasterona, o 24-epicastasterone (WENDEBORN et al., 2017), além do typhaterol e teaterona (ANTUNES, 2015).

De acordo com Costa (2016) esses hormônios são encontrados em baixas concentrações nas monocotiledôneas, dicotiledôneas e gimnospermas e distribuídos praticamente por todos os órgãos das plantas, com exceção das raízes, proporcionando desenvolvimento no alongamento celular em plantas não produtoras como a *Arabidopsis* e *Pisum sativum*.

Há trabalhos que mostram que os efeitos dos brassinosteroide tem semelhança com os efeitos das auxinas, além de sua aplicação resultar em fenótipos com interações complexas entre os hormônios clássicos como ácido giberélico, ácido abscísico, etileno e citocinina (FREITAS et al., 2012).

Cutler et al. (1991) relata que o brassinolide sozinho tem um poder retardatário de abscisão foliar mais forte que a auxina (IAA), indicando que seu mecanismo de abscisão foliar é diferente do IAA. Outros trabalhos conseguiram sucesso em aumentar o rendimento em culturas de importância econômica, como arroz (LIM, 1987), cebola (KAMURO et al., 1990) e laranja (KURAISHI et al., 1991).

Na cultura do arroz, utilizando o brassinolide, foi observado um aumento de 31,5% na massa seca dos grãos e 21-22% na massa de plantas, com expressivo aumento da velocidade de crescimento da raiz e hastes (LIM, 1987). Da mesma forma, na cultura da cebola, foi encontrado aumento de 11-18% na massa de bulbos frescos (KAMURO et al., 1990). Na cultura da laranja, ocorreu a diminuição da queda fisiológica, resultando em um aumento do número de

frutos por planta, acompanhado de aumento do peso e pegamento dos frutos e da razão sólidos solúveis/acidez titulável (KURAISHI et al., 1991).

O brassinolide quando aplicado tem um efeito limitado, indicando que é necessário aplicá-lo dentro de um estágio fisiológico muito limitado ou repetir os tratamentos para obter resultados mais eficazes (CUTLER et al., 1991). Esse fator, aliado à dificuldade de translocação do brassinolide através do tecido vegetal e evaporação rápida da substância, são exemplos da falta de sucesso uniforme nas pesquisas, mostrando assim a necessidade de mais estudos.

As aplicações práticas dos brassinosteroides na agricultura têm sido avaliadas pelo aumento dos rendimentos e resistência ao stress hídrico e ambiental (ABREU, 1990).

Os resultados na literatura são bem vagos quanto a cultura do milho em si. Segundo Li e Van Staden (1998), foi obtida maior resistência à seca com 12,5 mg L⁻¹ de brassinolida em cultivares de milho resistente (PAN 6043) e sensíveis à seca (SC 701), o que pode reduzir a perda da colheita devido a seca. Esse tipo de hormônio foi pouco explorado em nível de campo e devido a isso há dúvidas sobre seus benefícios e implicações.

Entretanto quando se trata de frutíferas há resultados interessantes em culturas como abacaxi e uva que despertam o interesse no estudo.

As doses mais adequadas de aplicação dos brassinosteroides têm oscilado na faixa de 0,1 a 1 mg L⁻¹, podendo ser utilizado em misturas com diluentes sólidos, pastosos ou líquidos (VÁZQUEZ e RODRÍGUEZ, 2000).

As respostas à aplicação dos brassinosteroides sobre o crescimento e o desenvolvimento vegetal são: divisão e alongamento celular (AZPIROZ et al., 1998), crescimento das plantas (FREITAS et al., 2012), mudanças nas atividades enzimáticas, potencial de membrana, síntese de DNA, RNA e proteínas, fotossíntese, desenvolvimento de gemas vegetativas e florais (KHRIPACH et al., 2000), inibição de raízes (COLLI, 2004;) e ainda participam de processos de tolerância das plantas a estresses, como temperaturas extremas, seca, salinidade e ataque de patógenos (KRISHNA, 2003).

3 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no ano agrícola de 2018 em condições de campo na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão (FEPE) da Faculdade de Engenharia da Universidade Estadual Paulista, Câmpus de Ilha Solteira, localizada no município de Selvíria/MS, apresentando as coordenadas geográficas de 20°20'35" S e 51°24'04" W, com altitude de 350 m.

A região apresenta médias anuais de precipitação pluvial de 1.370 mm, temperatura de 24,5 °C e umidade relativa do ar de 75%. O tipo climático da região é o Aw segundo classificação de Köppen (2004), definido como clima tropical, caracterizado por verões chuvosos e invernos secos.

Mediante levantamento detalhado realizado por Demattê (1980) e utilizando-se o Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos (SANTOS et al., 2018), o solo da área experimental foi classificado como LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico de textura argilosa. Esse solo era originalmente ocupado por vegetação de Cerrado e há quarenta e cinco anos está servindo como suporte para realização de trabalhos científicos.

A cultivar (híbrido simples) XB 9003 da Sementes Semeali, foi escolhida como planta teste para o experimento por ser um cultivar de alto potencial produtivo, indicado para áreas irrigadas. Trata-se de uma planta rústica com boa qualidade de grãos, bom enchimento de espigas, bem adaptada no cerrado brasileiro, de porte médio, ciclo super precoce, com perfilhamento moderado, alta tolerância a Cercosporiose e a Helminthosporiose e fechamento rápido das entrelinhas quando comparado com outros cultivares.

O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados, com 13 tratamentos e quatro repetições, totalizando 52 unidades experimentais. Os tratamentos foram originados de esquema fatorial (4 x 3) + 1, sendo quatro doses do hormônio, dois estádios da cultura mais a combinação dos mesmos e uma testemunha: 1) Testemunha sem aplicação; 2) 30 mg ha⁻¹ no estádio V3; 3) 30 mg ha⁻¹ no estádio de V7; 4) 30 mg ha⁻¹ nos estádios de V3 e V7; 5) 50 mg ha⁻¹ no estádio V3; 6) 50 mg ha⁻¹ no estádio de V7; 7) 50 mg ha⁻¹ nos estádios de V3 e V7; 8) 70 mg ha⁻¹ no estádio de V3; 9) 70 mg ha⁻¹ no estádio V7; 10) 70 mg ha⁻¹ nos estádios de V3 e V7; 11) 100 mg ha⁻¹ no estádio de V3; 12) 100 mg ha⁻¹ no

estádio de V7; 13) 100 mg ha⁻¹ no estádios de V3 e V7. A aplicação foi realizada com PULVERIZADOR BRUDDEN ALTA PRESSÃO SS GII.

O experimento teve início em junho de 2018, em área de plantio direto. Cada unidade experimental foi constituída por quatro linhas de 5 m da cultura, espaçadas de 0,85 m, totalizando 17,0 m² e uma área total de 884,0 m². A área útil da parcela para as avaliações foi constituída pelas duas linhas centrais, sendo eliminados como bordaduras uma linha de cada lado.

A área foi irrigada por um sistema de aspersão do tipo pivô central, com lâmina de água variando de 10-14 mm e turno de rega de aproximadamente 72 horas, quando necessário.

A semeadura foi realizada mecanicamente em sistema de plantio direto, no dia 18 de junho de 2018, com densidade de semeadura de cinco sementes por metro.

O controle de plantas daninhas foi realizado com a utilização do herbicida de pós emergência Tembotriona (101 g ha⁻¹) mais 2 L ha⁻¹ de atrazina e 2 L ha⁻¹ de óleo mineral. Demais plantas daninhas não controladas pelos herbicidas foram eliminadas manualmente, com o auxílio de enxada.

A colheita foi realizada de forma manual, no dia 19 de outubro de 2018, aos 113 dias após a semeadura. Foram colhidas as duas linhas centrais, cada uma com cinco metros de comprimento, tendo a área analisada um total de 8,5m².

Foram mensurados os seguintes caracteres:

1 – Perfilhamento (PF)– contagem do número de planas perfilhadas no estádio de 5 folhas desenvolvidas, na área útil da parcela;

2 – Florescimento feminino (FF) – Número de dias da semeadura até o momento em que 50 % das plantas da área útil da parcela apresentavam estigmas com pelo menos 3 cm de comprimento;

3 – Estande final (E) – Número de plantas na parcela, no momento da colheita;

4 – Número de espigas (NE) – Número de espigas produzidas na área útil da parcela;

5 – Número de espigas gessadas (NEG) – Número de espigas com grãos mal granados, típico de ataque mollicutes (enfezamentos);

6 – Comprimento das espigas (CE) – Média do comprimento de 10 espigas tomadas ao acaso das espigas colhidas na área útil da parcela, em centímetros;

7 – Diâmetro das espigas (DE) – Média do diâmetro de 10 espigas tomadas ao acaso das espigas colhidas na área útil da parcela, em centímetros;

8 – Massa de espigas (ME) – Massa das espigas colhidas na área útil da parcela;

9 – Massa de grãos (MG) – Massa dos grãos colhidos na área útil da parcela.

10 – Umidade dos grãos (U) – medida com aparelho eletrônico.

O RE foi corrigido para umidade de 13% e transformado em kg ha^{-1} pela fórmula $\text{RE} = 10.000[\text{ME}(1-\text{U}) / 0,87] / 8,5$. O mesmo foi feito com o RG.

Foram analisados estatisticamente os caracteres: a) Porcentagem de plantas com perfilho ($\text{PER} = 100\text{PF}/\text{E}$); b) Dias para florescimento feminino (FF); c) Prolificidade ($\text{PRO} = \text{NE}/\text{E}$); d) Porcentagem de espigas gessadas ($\text{EG} = 100\text{NEG}/\text{NE}$); e) Comprimento de espigas (CE); f) Diâmetro de espiga (DE); g) Rendimento de espiga em kg ha^{-1} e corrigido para 13% de umidade [$\text{RE} = 10.000[\text{ME}(1-\text{U})/0,87]/8,5$]; h) Rendimento de grãos em kg ha^{-1} e corrigido para 13% de umidade [$\text{RG} = 10.000[\text{MG}(1-\text{U})/0,87]/8,5$].

Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância, aplicando-se o teste F e, posteriormente, o teste Tukey para comparação das médias em nível de 5% de probabilidade, utilizando-se o programa estatístico SISVAR 5.3 (FERREIRA, 2011).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nota-se pela Tabela 1, que os coeficientes de variação para PRO e DFF tiveram valores de 4,66 e 3,02, que, segundo Pimentel-Gomes (1985) são considerados baixos (inferiores a 10%). Para os caracteres RE, RG e CE os valores observados foram considerados médios, estando entre 11% e 20%. Valores para EG, DE e PER foram considerados muito altos pela classificação de Pimentel-Gomes (1985) (superiores a 30%). O carácter EG, em sua maior parte é resultado de infestação por mollicutes (enfezamento) que colonizam os vasos da planta interferindo no enchimento dos grãos. Como o genótipo é o

mesmo no experimento todo, a variação desuniforme dos sintomas nas parcelas se deve à infecção desigual nas mesmas (maior ou menor escape), realizada pelo vetor da doença (*Dalbullos maydis*). Muitas vezes esses insetos atacam as plantas em reboleiras e não totalmente ao acaso. Isso pode ter sido a causa do alto coeficiente de variação para DE uma vez que EG também altera esse carácter devido a menor tamanhos dos grãos. Quanto ao PER não há uma explicação plausível para o alto coeficiente de variação, uma vez que o mesmo genótipo esteve sob as mesmas condições ambientais em todas as parcelas, não tendo sentido algumas parcelas serem preferidas em detrimento de outras, como pode ter acontecido com a infecção por mollicutes.

Na Tabela 1, nota-se que o teste F não foi significativo para todos os caracteres analisados nas fontes de variação doses (30, 50, 70 e 100 mg ha⁻¹), estádios de aplicação (V3, V7 e V3-V7) e da interação doses x estádios. Também, quando comparados com a testemunha, a aplicação não culminou em alteração significativa dos caracteres, indicando que não houve efeito significativo do hormônio brassinosteróide nesse híbrido de milho nos estádios de aplicação.

Mesmo após o teste F se mostrar não significativo em todos os caracteres, foi realizada uma regressão em função das doses, afim de analisar mais profundamente os dados, uma vez que poderia ocorrer alguma tendência de alteração sem a significância do teste F. No entanto também não houve adaptação às regressões linear e quadrática, com todos os coeficientes de regressão sendo estatisticamente iguais a zero (Tabela 2).

Tabela 1. Quadrados médios da análise de variância, média e coeficientes de variação para os caracteres rendimento de espigas (RG em kg ha⁻¹), rendimento de grãos (RG em kg ha⁻¹), prolificidade (PRO), espigas gessadas (EG em %), comprimento de espigas (CE em cm), diâmetro de espigas (DE em cm), dias para florescimento feminino perfilho (FF) e perfilhamento (PER em %).

Fontes de Variação	GL	Quadrados médios							
		RE	RG	PRO	EG	CE	DE	FF	PER
Blocos	3	228870,50	111391,90	0,0049	6,7893	8,0828	5,4543	0,4807	13,5726
Tratamentos totais ¹	(12)	351984,81	181720,30	0,0027	41,700	3,8589	2,8564	2,3525	37,9467
Doses sem Testemunha (D)	3	454723,16	336236,89	0,0025	63,1503	6,4319	6,9475	1,4444	31,6776
Estádios sem Testemunha (E)	2	638636,87	223781,09	0,0013	95,3526	1,6358	1,7758	3,0625	89,2122
D x E	6	191410,14	91088,46	0,0025	18,8025	3,6369	1,5058	2,9236	26,4736
Tratamentos ² vs Testemunha	1	433913,60	177839,91	0,0069	7,4364	1,9185	0,8477	0,2307	23,0615
Resíduo	36	379155,02	176647,83	0,0019	43,9145	4,1461	2,6565	6,4252	79,7621
Média		3834,07	2473,96	0,9575	10,5450	14,0346	4,6923	83,9807	19,3305
Coeficiente de Variação		16,06	16,99	4,66	62,84	14,51	34,74	3,02	46,20

¹ - Todos os tratamentos, incluindo a testemunha; ² - Excluindo a testemunha.

Tabela 2 – Coeficientes de regressão em função de dos caracteres rendimento de espigas (RG em kg ha⁻¹), rendimento de grãos (RG em kg ha⁻¹), prolificidade (PRO), espigas gessadas (EG em %), comprimento de espigas (CE em cm), diâmetro de espigas (DE em cm), dias para florescimento feminino perfilho (FF) e perfilhamento (PER em %) em função das doses de brassinesteroide aplicadas.

Caracteres	b ₀	b ₁	b ₀	b ₁	b ₂
RE	3967,83**	-2,5621	3463,72**	15,6642	-0,1388
RG	2686,15**	-3,6651	2505,93**	2,8509	-0,0496
PRO	0,0596**	0,00005	0,8927**	0,0021	-0,00001
EG	13,4030**	-0,0440	18,0222**	-0,2109	0,0012
CE	14,3325**	-0,0056	17,1894**	-0,1089	0,0007
DE	4,5802**	0,0023	1,6831**	0,1071	-0,0007
FF	83,7468**	0,0040	82,7663**	0,0395	-0,0002
PER	18,4965**	0,0102	27,3098**	-0,3083	0,0024

** - Significativamente diferente de zero pelo teste t.

Pelos dados da Tabela 3 pode-se notar que o RG se destaca como sendo muito abaixo da média da segunda safra brasileira que é de 5.641 kg ha⁻¹ (CONAB, 2021). Um dos possíveis motivos para tal leitura é o enfezamento causado por mollicutes, muito intenso nessa época do ano (segunda safra) na região, refletindo assim em alta porcentagem de espigas gessadas, que é um dos efeitos desse tipo de doença. Além disso deve ser considerado que a semeadura em junho não é ideal (muito tardia) para a segunda safra. Por isso o híbrido utilizado não se comportou bem em termos de rendimento de grãos.

Uma das possíveis explicações para o não efeito dos tratamentos pode ser os estádios não adequados. Não há referências em aplicação desse tipo de hormônio no milho em condições de campo e a escolha desses estádios ocorreu em função de serem momentos importantes de definição do potencial de rendimento da cultura. O estágio de 3 folhas desenvolvidas antecede a diferenciação floral que ocorre no estabelecimento da quarta folha, com 7 folhas há a definição do número de fileiras de grãos das espigas (FANCELLI e DOURADO NETO, 2000). Vale ressaltar que os brassinolídeos tem efeito limitado, sendo necessário aplicá-lo dentro de um estágio fisiológico muito limitado ou repetir os tratamentos para obter resultados mais eficazes (CUTLER, 1991). Sugestões para próximos experimentos são combinações de aplicações contínuas a partir da emergência.

Outro problema enfrentado no experimento foi também a falta de referências na literatura em relação às doses adequadas para aplicação em nível de campo. Procurou-se abranger uma faixa variável quanto às doses, mas entende-se que isso precisa ser ampliado em futuras avaliações. Kočová et al. (2010) pulverizaram brassinosteróides nas folhas de duas linhagens e seu híbrido, verificando ausência de efeito significativo na eficiência do transporte fotossintético de elétrons e no conteúdo de clorofilas ou carotenóides.

Outro fator que deve ser considerado é a forma de aplicação do brassinosteróide. Alternativas como o tratamento de sementes podem ser efetivos. Li e Van Staden (1998) verificaram aumento da resistência à seca em milho no tratamento com 5 mg L⁻¹ de uniconazol, 12,5 mg L⁻¹ de brassinolídeo e 25 mg L⁻¹ de metil jasmonato. Esses tratamentos diminuíram o conteúdo relativo de água nas plantas de uma cultivar sensível à seca. Trabalho com sementes de sorgo tratadas com brassinosteróides também mostrou aumento da emergência

e crescimento das plântulas sob estresse osmótico (Vardhini et al., 2011).

Tabela 3 – Médias dos caracteres rendimento de espigas (RG em kg ha⁻¹), rendimento de grãos (RG em kg ha⁻¹), prolificidade (PRO), espigas gessadas (EG em %), comprimento de espigas (CE em cm), diâmetro de espigas (DE em cm), dias para florescimento feminino perfilho (FF) e perfilhamento (PER em %) em diferentes doses (mg ha⁻¹) e estádios (número de folhas desenvolvidas) de aplicação de brassinesteróide.

Dose	Está- dio	Caracteres							
		RE	RG	PRO	EG	CE	DE	FF	PER
0	---	4150	2676	0,997	9,23	14,70	4,25	83,75	21,63
30	V3	3841	2803	0,947	17,58	14,10	4,45	82,50	19,79
30	V7	4211	2707	0,945	8,29	14,35	4,35	83,50	17,27
30	V3/V7	3584	2295	0,950	10,32	14,75	4,50	84,75	24,17
50	V3	3747	2351	0,940	13,37	14,55	4,35	85,00	12,11
50	V7	4001	2581	0,955	9,92	14,30	4,40	84,25	20,45
50	V3/V7	3358	2173	0,947	15,12	14,20	4,25	84,00	19,87
70	V3	3893	2517	1,012	9,79	11,60	6,80	84,75	17,87
70	V7	4233	2691	0,952	6,53	12,35	6,35	82,75	16,05
70	V3/V7	4007	2567	0,962	6,74	14,70	4,45	84,25	20,09
100	V3	3904	2304	0,930	12,28	14,45	4,30	83,75	18,75
100	V7	3494	2228	0,922	8,93	14,80	4,35	83,75	20,37
100	V3/V7	3414	2262	0,985	8,94	13,60	4,20	84,75	22,82

Também, embora com baixa probabilidade, é necessário considerar a hipótese de que o genótipo utilizado (híbrido XB 9003) não responda à aplicação de brassinesteróides. Embora não seja para brassinesteróides, Carvalho et al. (2015) encontraram interação significativa entre híbridos e doses de um composto hormonal com cinetina, ácido giberélico e ácido indolbutírico, para caracteres relacionados à germinação de sementes e plântulas (primeira contagem, porcentagem de germinação, comprimento da parte aérea, comprimento radicular, massa seca da parte aérea e massa seca de plântulas. A avaliação de outros genótipos deve ser considerada em trabalhos futuros, como também enfatizado por Li e Van Staden (1998).

A possibilidade dos brassinesteróides não influenciarem os caracteres agrônômicos importantes no rendimento do milho também é uma opção, embora haja evidência de que isso possa ocorrer, uma vez que estão envolvidos na masculinidade do pendão do milho, como foi verificado por Hartwig et al. (2011). Mas isso pode ter sido uma cooptação na planta monoica de milho para desempenhar uma função de determinação do sexo não encontra em plantas com flores bissexuais. Essa adaptação evolutiva para a separação dos órgãos masculinos e femininos do milho, pode não ter relação com o rendimento de grãos e os outros caracteres agrônômicos aqui estudados, como também verificado por Kočová et al. (2010), que não detectou efeito desses hormônios na atividade fotossintética na eficiência do transporte fotossintético de elétrons e no conteúdo de clorofilas ou carotenoides. Por outro lado, Li e Van Staden (1998) encontraram evidências de que os reguladores de crescimento de plantas podem ser usados como um pré-tratamento de sementes, a fim de reduzir perdas da cultura devido à seca.

Todos esses fatores citados acima mostram que são necessários mais testes com o hormônio na cultura do milho a nível de campo, outros estádios, doses maiores e até mesmo outra época do ano com híbridos diferentes podem mostrar alguns genótipos que reajam de forma positiva com o brassinosteróide.

5 CONCLUSÃO

Nas condições experimentais consideradas a aplicação de brassinesteroides na cultura do milho não influenciou os caracteres agronômicos considerados.

REFERENCIAS

ABREU, P. BRASSINOSTERÓIDES: UM NOVO GRUPO DE FITO-HORMONAS, **Química Nova**, v. 14, p. 44-48, 1990.

ANTUNES, J.V.M. **Efeito do 24-epibrassinolídeo na modulação do perfil de constituintes voláteis e nas atividades biológicas e antioxidante dos óleos essenciais das folhas de *Mentha pulegium* e de *Mentha piperita* (Lamiaceae)**. 2015. 115p. Dissertação (Mestrado em Ciências), Universidade Estadual de Campinas, 2015.

AZPIROZ, R.; WU, Y.; LOCASCIO, J.C.; FELDMANN, K.A. An Arabidopsis brassinosteroid-dependent mutant is blocked in cell elongation. **The Plant Cell**, Tucson, v.10, p.219-230, 1998.

BISHOP, G.J.; KONCZ, C. Brassinosteroids and Plant Steroid Hormone Signaling. **The Plant Cell**, v. 14, suppl. 1, p. 97- 110, 2002.

CARVALHO, I.R.; KORCELSKII, C.; PERUZZO, S.T.; FOLLMANN, D.N.; NARDINO, M.; SOUZA, V.Q.; KULCZYNSKI, S.M.; CARON, B.O. Efeitos fisiológicos atribuídos ao teste de frio e adição de reguladores vegetais em híbridos de milho. **Scientia Plena** v. 11, n. 3, p. 1-9, 2015.

CLOUSE, S. D. Brassinosteroid signal transduction: from receptor kinase activation to transcriptional networks regulating plant development. **Plant Cell**, v. 23, p. 1219-1230, 2011.

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

COLLI, S. Outros reguladores: brassinosteróides, poliaminas, ácido jasmônico e salicílico. In: KERBAUY, G.B. **Fisiologia vegetal**. São Paulo: Guanabara Koogan, p. 333-340, 2004.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos**. Brasília, DF, v. 8, safra 2020/21, n. 6, sexto levantamento, mar. 2021.

COSTA, R. C. L. Outros hormônios vegetais: Brassinosteróides, Poliaminas, Ácido Jasmônico e Salicílico. UFRA, 2016. Disponível em: <<http://docplayer.com.br/32795038-Outros-hormonios-vegetais-brassinosteroides-poli-aminas-acido-jasmonico-e-salicilico.html>>. Acesso em 15 de junho de 2020.

CUTLER, H. G.; YOKOTA, T.; ADAM, G. **Brassinosteroids – chemistry, bioactivity and applications**. Washington: American Chemical Society, p. 316-317, 1991.

DEMATTE, J. L. I. **Levantamento detalhado dos solos do “Campus Experimental de Ilha Solteira”**. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. 1980, p. 11-31.

FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. **Produção de Milho**. Guaíba: Agropecuária, 2000. 360 p.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia** (UFLA), v. 35, n.6, p. 1039-1042, 2011.

FREITAS, S. J.; SANTOS, P.C; CARVALHO, A.J.C.; BERILLI, S.S.; GOMEZ, M.M.A. Brassinosteróide e adubação nitrogenada no crescimento e estado

nutricional de mudas de abacaxizeiro provenientes do seccionamento de caule. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 34, n. 2, p. 612-618, 2012.

FUJIOKA, S., SAKURAI, A. Biosynthesis and metabolism of brassinosteroids. *Physiologia Plantarum*, **Copenhagen**, v.100, p710-715. 1997

GARATE, J. L. M.; MAGALHAES, G. C.; ROMEIRO, L. A. S. Síntese de análogo de brassinosteróide a partir de vespertina. **Química Nova**, vol.21, n.6. 1998.

GOMES, M. M. A. Physiological effects related to brassinosteroid application in plants. In: HAYAT, S.; AHMAD, A. **Brassinosteroids: a class of plant hormone**. New York: Springer, p.119-142, 2011.

GROVE, M. D.; SPENCER, G.F.; ROHWEDDER, W.K.; MANDAVA, N.; WORLEY, J.F.; WARTHEN Jr., J.D.; STEFFENS, G.L.; ANDERSON, J.L.F.; COOK Jr., J.C. Brassinolide, a plant growth-promoting steroid isolated from 21 *Brassica napus* pollen. **Nature**, v. 281, p. 216–17, 1979.

HARTWIG, T.; CHUCK, G.S.; FUJIOKA, S.; KLEMPIEN, A.; WEIZBAUER, R.; PRASAD,; POTLURI, D.P.V.; CHOE, S.; JOHAL, G.S.; SCHULZ, B. Brassinosteroid control of sex determination in maize. **PNAS**, v. 108, n. 49, p. 19814–19819, 2011.

HAYAT, S.; AHMAD, A. *Brassinosteroids: a class of plant hormone*. Dordrecht, Heidelberg, London, New York: **Springer**, v. 1, 2011.

KAMURO, Y.; KAKIUCHI, T.; TAKATSUTO, S. (22R,23R,24S)-22,23-Epoxy-2a,3a15 isopropylidenedioxy-B-homo-7-oxa-5a-stigmastan-6-one and plant growth regulating 16 method containing the same, **Fujisawa Pharmaceutical CO., Ltd.**, Osaka,1990.

KHRIPACH, V.; ZHABINSKII, V.; DE GROOT, A. Twenty years of brassinosteroids: Steroidal plant hormones warrant better crops for the XXI century. **Annals of Botany**, v. 86, p. 441-447, 2000.

KOČOVÁ, M.; ROTHOVÁ, O.; HOLÁ, D.; KVASNICA, M.; KOHOUT, L. The effects of brassinosteroids on photosynthetic parameters in leaves of two field-grown maize inbred lines and their F1 hybrid. **Biologia Plantarum**, v. 54, n. 4, p. 785-788, 2010.

KRISHNA, P. Brassinosteroid-mediated stress responses. **Journal of Plant Growth Regulation**, Heidelberg, v. 22, n. 4, p. 289-297, 2003.

KURAISHI K.; SUGIYAMA K.; YAMAKI K.; YAMANAKA Y.; YOKOTA K.
Method of decreasing physiological drop from fruit trees using brassinolide. US Patent 5,071,466, 1991.

LI, L.; VAN STADEN, J. Effects of plant growth regulators on drought resistance of two maize cultivars. **South African Journal of Botany**, v. 64, n. 2, p. 116-120, 1998.

LIM, U. K. Effect of brassinolide treatment on shoot growth, photosynthesis, respiration and photorespiration of rice seedlings. **Agricultural Research of Seoul National University**, v. 12, p. 9-14, 1987.

MITCHELL, J. W.; MANDAVA, N. B.; WORLEY, J. F.; PLIMMER, J. R.; SMITH, M. V. Brassins: A new family of plant hormones from rape pollen. **Nature**, v. 255, p. 1065-1066, 1970.

PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de Estatística Experimental**. Livraria Nobel, Piracicaba, v.12, p. 467, 1985.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; CUNHA, T. J. F.; OLIVEIRA, J. B. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5. ed. rev. e ampl. Brasília: Embrapa, 2018

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5ª ed. Porto Alegre: Artmed, p. 954, 2009.

VARDHINI, B. V.; SUJATHA, E.; RAO, S. S. R. Brassinosteroids: alleviation of water stress in certain enzymes of sorghum seedlings, *Journal of Phytology*, v. 3, n. 10, p. 38-43, 2011.

VÁZQUEZ, M.C.N.; RODRÍGUEZ, R.C.M. **Brasinoesteroides: nuevos reguladores del crecimiento vegetal con amplias perspectivas para la agricultura**. Campinas: IAC, p. 83, 2000.

WENDEBORN, S.; LACHIA, M.; JUNG, P. M. J.; LEIPNER, J.; BROCKLEHURST, D.; De MESMAEKER, A.; MONDIÈRE, R. Biological Activity of Brassinosteroids - Direct Comparison of Known and New Analogs in planta. **Helvetica Chimica Acta**, v.100, p. 5, 2017.