



USO DE INIBIDORES DE GIBERELINAS EM FEJÓEIRO COMUM

LUAN SANTOS DE OLIVEIRA

2016

LUAN SANTOS DE OLIVEIRA

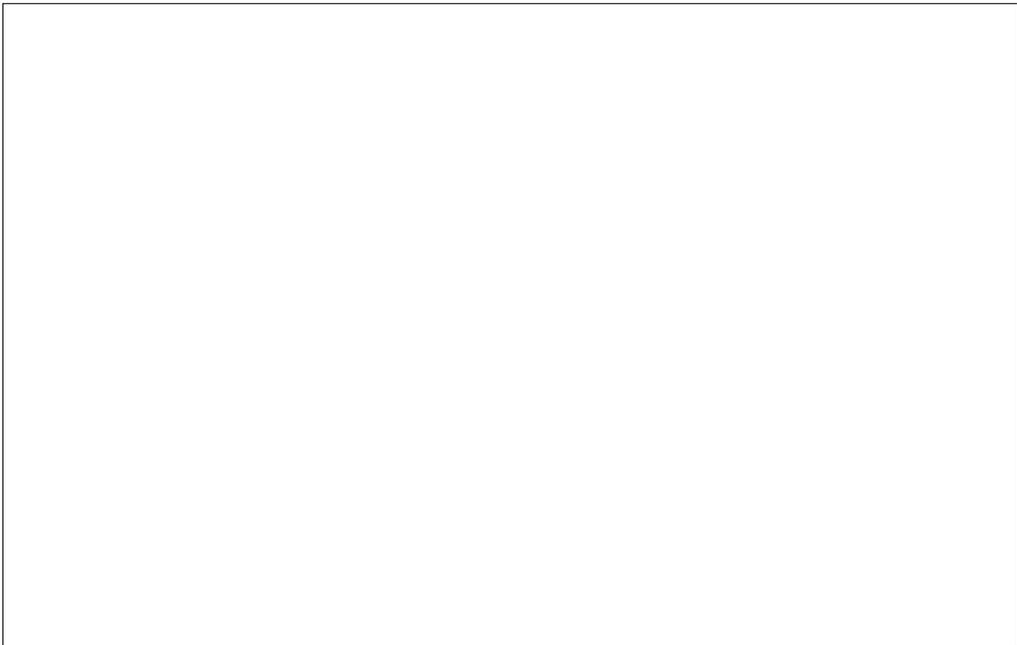
USO DE INIBIDORES DE GIBERELINAS EM FEIJOEIRO COMUM

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em Fitotecnia, para a obtenção do título de Mestre.

Orientador: Prof. D.Sc. Rogério Peres Soratto

Co-orientadora: Profa. D.Sc. Sylvana Naomi Matsumoto

**VITÓRIA DA CONQUISTA – BA
BAHIA – BRASIL**



Catálogo na fonte:
UESB – Campus Vitória da Conquista-BA

"O correr da vida embrulha tudo. A vida é assim: esquenta e esfria, aperta e daí afrouxa, sossega e depois desinquieta. O que ela quer da gente é coragem. Ela quer ver a gente aprendendo a ser capaz de ficar alegre e amar, no meio da tristeza. Todo caminho da gente é resvaloso, mas cair não prejudica demais. A gente levanta, a gente sobe, a gente volta."

João Guimarães Rosa.

DEDICO
À MINHA MÃE ELIANE AGUIAR SANTOS,
AO MEU PAI ALEXANDRE CARVALHO DE OLIVEIRA,
À POLLYANA OLIVEIRA BARBOSA,
AOS MEUS AVÓS E TIOS,
EM ESPECIAL, A JOSÉ LUIZ, MARLY E ADRIANA,
E A TODOS DA MINHA FAMÍLIA.

AGRADECIMENTOS

À minha família, pela vida, apoio e incentivo durante todas as etapas da minha trajetória acadêmica.

À Pollyana Oliveira Barbosa e sua família, por ser meu porto seguro, exemplo de honestidade, honradez, carinho, amor e união em todos os momentos em que estive ao meu lado e nos momentos em que não estive também.

À Comissão de Aperfeiçoamento Pessoal do Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de mestrado.

Ao Prof. Dr. Rogério Peres Soratto, pela atenção, por se fazer presente, embora distante, pela disponibilidade, orientação técnica e científica e pelas descontrações mesmo num processo de formação de ensino e pesquisa.

À Profa. Dra. Sylvana, por ter sido mais que co-orientadora, pelas oportunidades oferecidas e por sempre estar disposta a ouvir e contribuir com palavras que confortam, aconselhando sempre para o caminho melhor.

À equipe do Laboratório de fisiologia vegetal, pelo auxílio durante todo o período de condução dos experimentos, nas coletas e processamento de amostras.

Ao meu grande amigo e companheiro de todas as horas, Ricardo de Andrade Silva, por toda a ajuda durante o mestrado e, principalmente, pela amizade.

Aos companheiros de trabalho Virgiane, Celina, Saad, Lucialdo, André, Paula, Franclin, Carmem, Danusia, Greice, Cesar, por me ajudarem na coleta de amostras e, principalmente, pela amizade.

Aos funcionários do Departamento de Produção Vegetal, pelo auxílio direto e indireto, que permitiu a realização deste trabalho.

Por todos aqueles que colaboraram direta ou indiretamente na realização deste trabalho, reitero o meu apreço e a minha eterna gratidão.

RESUMO

OLIVEIRA, L. S. **Uso de inibidores de giberelinas em feijoeiro comum** Vitória da Conquista-BA: UESB, 2016. 73f. (Dissertação - Mestrado em Agronomia, Área de Concentração em Fitotecnia).

A aplicação de reguladores de crescimento vegetal tem sido utilizada como ferramenta para obtenção de plantas mais compactas, resistentes e com maior potencial produtivo. Assim, com o objetivo de avaliar o efeito de doses da proexadiona cálcica (PCA), paclobutrazol (PBZ) e cloreto de mepiquate (CM) sobre as características fisiológicas, o crescimento vegetativo e a produtividade de grãos do feijoeiro comum cv. BRS Ametista, foi conduzido um experimento na safra 2015/16, na Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, em Vitória da Conquista-BA. Foi adotado o delineamento em blocos casualizados, em esquema fatorial $3 \times 5 + 1$, constituído de três reguladores de crescimento (PCA, PBZ e CM), cinco doses (25, 50, 100, 200 e 400 g i.a. ha⁻¹) e um tratamento testemunha (sem aplicação de reguladores), com quatro repetições. A aplicação dos reguladores foi realizada na fase de V_{4.5}. As variáveis morfológicas foram determinadas aos 14 e 38 dias após a aplicação (DAA) dos reguladores, as características fisiológicas, aos 20 DAA, e os componentes de produção e produtividade de grãos foram determinados por ocasião da colheita. Os reguladores CM, PBZ e PCA incrementaram o índice relativo de clorofila nas folhas, a eficiência do uso da água e a eficiência instantânea de carboxilação das plantas de feijão. Apesar de ter reduzido o comprimento da haste principal aos 14 DAA, os efeitos dos reguladores de crescimento no porte das plantas não se mantiveram até o final do ciclo. A aplicação dos reguladores CM e PBZ aumentou a produção de matéria seca da parte aérea, a massa de 100 grãos e a produtividade de grãos do feijoeiro comum.

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris*, inibidores de crescimento vegetal, proexadiona cálcica, paclobutrazol, cloreto de mepiquate, produtividade.

*Orientador: Rogério Peres Soratto, D.Sc.-UESB

ABSTRACT

OLIVEIRA, L. S. **Use of gibberellin inhibitors in common bean crop.** Vitória da Conquista, Bahia: UESB, 2016. 73f. (Master - Master in Agronomy Concentration Area in Plant Science).

The application of plant growth regulators has been used as a tool to obtain plants more compact, resistant, and with greater productive potential. Thus, to evaluate the effect of the rates of prohexadione calcium (PCA), paclobutrazol (PBZ), and mepiquat chloride (MC) about the physiological traits, vegetative growth and grain yield of common bean cv. BRS Ametista, an experiment was carried in the 2015/16 growing season at the Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, in Vitória da Conquista city. design was adopted in randomized blocks in a factorial 3 x 5 + 1, with three growth regulators (PCA, PBZ, and MC), five rates (25, 50, 100, 200, and 400 g a.i. ha⁻¹), and a control (without application growth regulators), with four replications. The application of regulators was realized at V_{4.5} stage. The morphological variables were determined at 14 and 38 days after application (DAA) of the regulators, the physiological traits at 20 DAA, and the yield components and grain yield were determined at harvest. The regulators MC, PBZ, and PCA increased the relative level of chlorophyll in the leaves, the efficiency of water use, and instantaneous carboxylation efficiency of common bean plants. Despite having reduced the length main stem length at 14 DAA, the effects of growth regulators in plants sizes did not remain until the end of the cycle. The application of MC and PBZ increased the aboveground dry matter production, 100-grain weight, and grain yield of common bean.

Keywords: *Phaseolus vulgaris*, plant growth inhibitors, prohexadione-calcium, paclobutrazol, mepiquat chloride, grain yield.

*Advisor: Rogério Peres Soratto, D.Sc.-UESB

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Precipitação (■), temperaturas máximas (—) e temperaturas mínimas (—) registradas na área experimental durante o período de condução do experimento, de novembro de 2015 a fevereiro de 2016. Vitória da Conquista-BA.....25
- Figura 2.** Índice relativo de clorofila (SPAD) nas folhas do feijoeiro cv. BRS Ametista em função de doses dos reguladores de crescimento paclobutrazol (●), cloreto de mepiquate (□) e proexadiona cálcica (▲), aos 14 (A) e 38 (B) dias após aplicação. Barra vertical indica DMS pelo teste de Tukey ($P=0,05$). * e ** são significativos a 5 % e 1 % de probabilidade pelo teste t, respectivamente.....34
- Figura 3.** Assimilação líquida do carbono (A) (A) e transpiração (E) (B) nas folhas do feijoeiro cv. BRS Ametista em função de doses dos reguladores de crescimento paclobutrazol (●), cloreto de mepiquate (□) e proexadiona cálcica (▲), aos 20 dias após a aplicação. Barra vertical indica DMS pelo teste de Tukey ($P=0,05$). * e ** são significativos a 5 % e 1 % de probabilidade pelo teste t, respectivamente.....36
- Figura 4.** Concentração de CO₂ na câmara subestomática (Ci) (A) e condutância estomática (Gs) (B) nas folhas do feijoeiro cv. BRS Ametista em função de doses dos reguladores de crescimento paclobutrazol (●), cloreto de mepiquate (□) e proexadiona cálcica (▲), aos 20 dias após a aplicação. Barra vertical indica DMS pelo teste de Tukey ($P=0,05$).....38
- Figura 5.** Eficiência do uso da água (A/E) (A) e eficiência instantânea de carboxilação (A/Ci) (B) do feijoeiro cv. BRS Ametista em função de doses dos reguladores de crescimento paclobutrazol (●), cloreto de mepiquate (□) e proexadiona cálcica (▲), aos 20 dias após a aplicação. Barra vertical indica DMS pelo teste de Tukey ($P=0,05$). * e ** são significativos a 5 % e 1 % de probabilidade pelo teste t, respectivamente.....41
- Figura 6.** Temperatura foliar nas folhas do feijoeiro cv. BRS Ametista em função de doses dos reguladores de crescimento paclobutrazol (●), cloreto de mepiquate (□) e proexadiona cálcica (▲), aos 20 dias após a aplicação. Barra vertical indica DMS pelo teste de Tukey ($P=0,05$). * e ** são significativos a 5 % e 1 % de probabilidade pelo teste t, respectivamente46
- Figura 7.** Comprimento da haste principal do feijoeiro cv. BRS Ametista em função de doses dos reguladores de crescimento paclobutrazol (●), cloreto de mepiquate (□) e proexadiona cálcica (▲), aos 14 (A) e 38 (B) dias após aplicação. Barra vertical indica DMS pelo teste de Tukey ($P=0,05$). * e ** são significativos a 5 % e 1 % de probabilidade pelo teste t, respectivamente.....44
- Figura 8.** Área foliar do feijoeiro cv. BRS Ametista em função de doses dos reguladores de crescimento paclobutrazol (●), cloreto de mepiquate (□) e proexadiona cálcica (▲), aos 14 dias após a aplicação. Barra vertical indica DMS

pelo teste de Tukey ($P=0,05$). * e ** é significativo a 5 % e 1 %, de probabilidade pelo teste t respectivamente.....48

Figura 9. Matéria seca da parte aérea do feijoeiro cv. BRS Ametista em função de doses dos reguladores de crescimento paclobutrazol (●), cloreto de mepiquate (□) e proexadiona cálcica (▲), aos 14 (A) e 38 (B) dias após aplicação. Barra vertical indica DMS pelo teste de Tukey ($P=0,05$). * e ** é significativo a 5 % e 1 %, de probabilidade pelo teste t respectivamente.....50

Figura 10. Altura de inserção da 1ª vagem (A), número de vagem por planta (B), número de vagem chocha por planta (C) número de grãos por vagem (D), massa de 100 grãos (E) e produtividade de grãos (F) do feijoeiro cv. BRS Ametista em função de doses dos reguladores de crescimento paclobutrazol (●), cloreto de mepiquate (□) e proexadiona cálcica (▲). Barra vertical indica DMS pelo teste de Tukey ($P=0,05$). * e ** são significativos a 5 % e 1 % de probabilidade pelo teste t, respectivamente.....54

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Características químicas do solo, na profundidade de 0 a 0,20 m, antes da instalação do experimento.....	27
---	----

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

PCA	Proexadiona cálcica
PBZ	Paclobutrazol
CM	Cloreto de mepiquate
SPAD	Índice relativo de clorofila
DAA	Dias após a aplicação
DAE	Dias após a emergência
MS	Matéria seca
<i>A</i>	Assimilação líquida de carbono
<i>E</i>	Transpiração
<i>C_i</i>	Concentração de CO ₂ na câmara subestomática
<i>G_s</i>	Condutância estomática
<i>A/E</i>	Eficiência do uso da água
<i>A/C_i</i>	Eficiência instantânea de carboxilação

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	15
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	17
2.1 Cultura do feijão.....	17
2.2 Reguladores de crescimento.....	18
2.2.1 Paclobutrazol (PBZ).....	20
2.2.2 Proexadiona cálcica (PCA).....	21
2.2.3 Cloreto de mepiquate (CM).....	23
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	26
3.1 Local e período de realização do estudo.....	26
3.2 Cultivar.....	27
3.3 Delineamento experimental e tratamentos.....	27
3.4 Instalação e condução do experimento.....	28
3.5 Avaliações.....	29
3.5.1 Características fisiológicas avaliadas.....	30
3.5.1.1 Índice relativo de clorofila na folha.....	30
3.5.1.2 Trocas gasosas foliares.....	30
3.5.2 Características Agronômicas.....	31
3.5.2.1 Comprimento da haste principal.....	31
3.5.2.2 Área foliar.....	31
3.5.2.3 Matéria seca da parte aérea.....	31
3.5.3 Características avaliadas em final de ciclo.....	32
3.5.3.1 Altura de inserção de primeira vagem.....	32
3.5.3.2 Número total de vagem por planta e número de vagens chochas por planta.....	32
3.5.3.3 Número de grãos por vagem.....	32
3.5.3.4 Massa de 100 grãos.....	32
3.5.3.5 Produtividade de grãos.....	33
3.6 Análise estatística.....	33
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	34
5 CONCLUSÕES.....	61
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	62

1 INTRODUÇÃO

O feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) é uma das principais fontes de alimento no Brasil, uma cultura de grande relevância social e econômica, principalmente por representar uma importante fonte proteica na dieta da população. O país destaca-se por ser o maior produtor desta leguminosa, com produção média anual de 3,5 milhões de toneladas. O feijoeiro está presente em praticamente todos os estados brasileiros, dentre os quais os maiores produtores são Paraná, Minas Gerais e Mato Grosso (CONAB, 2016). O feijão é cultivado por um grande contingente de pequenos produtores, embora seja crescente o interesse de grandes produtores, que adotam técnicas avançadas de adubação, irrigação, colheita mecanizada e uso de reguladores vegetais (PELEGRIN e outros, 2009).

A crescente busca por aumento da produtividade nessa cultura, muitas vezes, tem levado os produtores a adotarem o uso de maior quantidade de fertilizantes, com destaque para o nitrogênio, o qual tem resultado na obtenção de plantas com maior vigor vegetativo e maior crescimento em altura (KOLKMAN e KELLY, 2002). Tal efeito agrava-se com o uso da elevação da população de plantas por área, o que pode contribuir para o aumento do índice de acamamento das plantas, fechamento mais rápido do dossel da cultura (SOUZA e outros, 2010). Em decorrência desses fatos, pode-se aumentar a incidência de doenças, limitar a produtividade e prejudicar a qualidade dos grãos, além de dificultar a colheita mecanizada. (FAGERIA e outros, 2014)

Uma das práticas alternativas que poderia minimizar esse problema e melhorar o desempenho da cultura do feijoeiro é a aplicação de reguladores de crescimento (FERREIRA, 2013).

A redução no porte das plantas faz com que os metabólicos sejam redirecionados para as estruturas reprodutivas (GITTI e outros, 2012), além de proporcionar maior facilidade nos tratos culturais e na colheita (KAPPES

e outros, 2011). A utilização de reguladores pode interferir nos fatores de produção, qualidade e produtividade na maioria das culturas.

Os inibidores podem reduzir o crescimento apical das plantas, o que aumenta a ramificação e, conseqüentemente, o número de vagens por planta; como culminância, tem-se uma maior produtividade de grãos (ANDRADE e outros, 2013; KAPPES e outros, 2011), em função da melhor distribuição da matéria seca (MS) dos ramos para os grãos (GITTI e outros, 2012).

Alguns produtos com capacidade de reduzir o crescimento vegetativo das plantas têm sido estudados na cultura do feijão, tais como os reguladores de crescimento cloreto de mepiquate (CM), cloreto de cloromequate, cloreto de clorocolina, trinexapaque-etílico (SOUZA e outros, 2010), paclobutrazol (PBZ) (GITTI e outros, 2012), o fungicida propiconazol (ANDRADE e outros, 2013) e o ácido 2,3,5-triidobenzóico (SORATTO e outros, 2015). Porém, até o momento foi demonstrado cientificamente apenas que o cloreto de clorocolina (SOUZA e outros, 2010) e o ácido 2,3,5-triidobenzóico (SORATTO e outros, 2015) são capazes de reduzir o porte do feijoeiro sem diminuir a produtividade de grãos. Assim, ainda há a necessidade de conhecimentos mais específicos sobre a utilização de diversos reguladores de crescimento, bem como de doses específicas no cultivo do feijão.

Objetivou-se com o presente trabalho avaliar o efeito de doses dos reguladores de crescimento proexadiona cálcica (PCA), PBZ e CM, sobre as características fisiológicas, o crescimento vegetativo e a produtividade de grãos do feijoeiro comum, cv. BRS Ametista, nas condições do planalto de Vitória da Conquista.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Cultura do feijão

No gênero *Phaseolus*, o feijoeiro comum (*P. vulgaris* L.) é a espécie mais cultivada. O Brasil e a Índia destacam-se como os principais produtores mundiais dessa leguminosa. Nos últimos anos, o Brasil reduziu sua área de produção de feijoeiro comum e ocupa atualmente cerca de 3,0 milhões de hectares; entretanto, ainda assim, a produção aumentou, em decorrência do expressivo aumento da produtividade. A produção de grãos na safra 2015/2016 foi de 2,927,7 milhões de toneladas (CONAB, 2016). A Brs Ametista cultivar utilizada no experimento tem apresentado em alguns estudos uma média de produtividade em torno de 2.125 kg ha⁻¹ (MELO e outros, 2012), média está bem maior quando comparada à média brasileira, em torno de 1.126 kg ha⁻¹ (CONAB, 2016).

Típico produto da alimentação brasileira, o feijão é um dos mais importantes constituintes na dieta da população, por ser uma excelente fonte de proteínas, carboidratos, rico em Fe e fibras (CARVALHO e outros, 2014)

Essa leguminosa vem sendo explorada numa diversidade de sistemas de produção por agricultores que utilizam alta tecnologia, porém, em maiores proporções, temos os pequenos agricultores, os quais utilizam poucos recursos tecnológicos (SANTOS e outros, 2015).

As pesquisas em melhoramento vegetal na cultura do feijoeiro tem direcionado seus esforços prioritariamente no desenvolvimento de cultivares com tipo carioca, que atendam a diferentes necessidades da cadeia produtiva do feijoeiro comum; essa configura-se como uma das técnicas utilizadas em busca de maiores produtividades. Entre as principais características priorizadas nos programas de melhoramento genético, estão: a adaptação à colheita mecânica direta (MELO e outros 2010), resistência a doenças (PEREIRA, 2012), retardamento do escurecimento do grão, precocidade,

plantas com porte mais ereto e compacto, além do aumento da produtividade de grãos (MELO e outros 2010).

Em busca de potencializar a produtividade do feijoeiro, outra técnica utilizada é o uso de maior quantidade de fertilizantes junto a maiores populações de plantas, o que pode resultar na obtenção de plantas mais altas e com alto vigor vegetativo (KOLKMAN e KELLY, 2002) e contribuir para o aumento do índice de acamamento das plantas (SOUZA e outros, 2010), fechamento do dossel foliar mais rápido da cultura e favorecer o crescimento vegetativo em detrimento do crescimento reprodutivo.

Em decorrência disso, pode-se promover um microclima favorável à maior incidência de doenças em razão da alta umidade (KOLKMAN e KELLY, 2002), o que pode limitar a produtividade (VALÉRIO e outros, 1999) e prejudicar a qualidade dos grãos, além de dificultar a colheita mecanizada (SILVA e outros 2008).

Assim, o uso correto desses insumos junto a um bom manejo da cultura está entre os principais desafios no cultivo do feijoeiro.

2.2 Reguladores de crescimento

Os reguladores vegetais têm grande papel na agricultura, pois possibilitam ganhos em produtividade em várias culturas. São substâncias sintéticas que alteram a morfologia e fisiologia da planta, o que pode levar a modificações qualitativas e quantitativas no desenvolvimento vegetal (SPINELLI e outros, 2010; SOUZA, 2013). Na cultura do feijão, os reguladores vegetais são utilizados com o intuito de melhorar as características morfofisiológicas e, assim, refletir no desenvolvimento e crescimento das plantas, o que resultaria em acréscimo da produtividade.

Alguns reguladores de crescimento vegetal estão relacionados à inibição da síntese de hormônios promotores de crescimento, considerados, nessa situação, retardantes e/ou inibidores de crescimento; destaca-se o uso

dos compostos que inibem a síntese de giberelinas (TAIZ e ZEIGER, 2013), como os das classes onium, triazóis, acylcyclohexadiones.

Essas três classes são compostos quaternários, como o CM (RADEMACHER, 2000), compostos heterocíclicos que contêm nitrogênio, como, por exemplo, o PBZ (KHAN, 2009) e a classe dos acilciclohexanoedionas, qual se tem a PCA (RADEMACHER e outros, 2006). Cada classe interrompe uma das três etapas da síntese de giberelina que ocorrem nos plastídios, no retículo endoplasmático e no citoplasma (FAGAN e outros 2015).

Esses reguladores de crescimento agem como redutores do comprimento da haste e controlam de forma eficaz a altura das plantas e o crescimento vegetativo, tais como a PCA (OZBAY e ERGUN, 2015), o PBZ (KUMAR e outros, 2012) e o CM (SOUZA e outros, 2013); o que pode favorecer a redistribuição dos fotoassimilados e direcionar as partes de crescimento reprodutivo.

A utilização desses inibidores apresenta grande potencial na agricultura em razão dos seus efeitos sobre os processos fisiológicos das plantas (RESENDE e SOUZA, 2002); isso pode elevar o vigor do desenvolvimento de raízes, a resistência à restrição de disponibilidade hídrica e o aumento de taxa fotossintética, (BECKER e outros, 1999), além de incrementar o número de ramos por planta (KAPPES e outros, 2011).

Entretanto, a ação desses inibidores depende do estágio de desenvolvimento da planta, vegetativo ou reprodutivo, os quais são diferentes a depender da cultura estudada. Depende também de estímulos externos, como temperatura, pluviosidade, umidade do ar, estado nutricional da cultura, população de plantas, quantidades de aplicações dos inibidores e dose utilizada, os equipamentos e a forma para aplicação, da parte da planta que está recebendo o estímulo e do tempo da ação das moléculas dos inibidores na planta.

2.2.1 Paclobutrazol (PBZ)

O PBZ é um composto triazol amplamente utilizado como inibidor do crescimento vegetativo, que uniformiza a floração e frutificação em uma grande variedade de espécies de plantas (KUMAR e outros, 2012). Impede o crescimento das plantas por inibir a biossíntese de esteróis e giberelinas (KHALIL e RAHMAN, 1995; KHAN, 2009).

Atuam na inibição da oxidação microsomal de caureno a caurenol e caurenal, que são catalisadas pela enzima oxidase do caureno, uma oxidase do citocromo P450. Os triazóis interagem com a enzima da oxidação do caureno para o ácido caurenóico, o que provoca a redução do metabolismo da síntese de giberelinas e o crescimento vegetativo; como efeito, ocorre a indução à formação de gemas florais por meio de baixos níveis de giberelina na extremidade dos ramos (HEDDEN e GRAEBE, 1985). Além de bloquear a biossíntese de giberelinas, os compostos triazólicos inibem a síntese de esteróis e elevam a concentração de citocininas (SHARMA e outros, 2011).

As plantas tratadas com compostos triazólicos têm maior tolerância a estresses ambientais e resistência a doenças fúngicas. Modificações morfológicas de folhas, induzidas pelo tratamento com PBZ, como poros estomáticos menores e folhas mais espessas, podem oferecer barreiras físicas para algumas infecções causadas por fungos, bactérias e insetos (CHANEY, 2004).

Kuai e outros (2015) verificaram aumento significativo na taxa fotossintética líquida, resistência ao acamamento, maior número de síliquas por planta e aumento na produtividade da cultura da canola quando foi utilizado PBZ. No entanto, vários estudos têm demonstrado que a produtividade é reduzida quando quantidades excessivas de reguladores de crescimento são utilizados (ZHANG e outros, 2001; ACRECHE e SLAFER, 2011; PENG e outros, 2014). Os efeitos do PBZ sobre o crescimento das plantas e a produção de grãos podem ser irregulares, porque, em condições de campo, eles são dependentes não só das diferentes concentrações, mas, no

potencial bioquímico das plantas, da capacidade de resposta da planta, das condições climáticas e das práticas de manejo (OSWALT e outros, 2014).

Efeitos positivos do uso do PBZ sobre a massa de 100 grãos foram observados em arroz (ALVAREZ e outros, 2007). Chorbadjian e outros (2011) afirmam que o PBZ pode reduzir o crescimento de *Pinus nigra* e *Betula papyrifera*, o que possibilita disponibilidade de fotoassimilados para produção de metabólitos secundários.

Embora o uso de PBZ como regulador de crescimento seja uma prática consolidada em muitas culturas agrícolas e ornamentais, a utilização desse produto em plantas de feijão e a complexidade das interações com o meio necessitam de estudos com maior amplitude para que a efetiva recomendação de manejo seja realizada com responsabilidade e eficácia.

2.2.2 Proexadiona cálcica (PCA)

A PCA faz parte do grupo das acilciclohexanoedionas, inibe as etapas finais da biossíntese de giberelinas, que ocorrem no citosol, por meio da redução dos níveis de GA₁, uma das giberelinas mais ativas na planta, o que causa a acumulação do seu precursor GA₂₀, giberelina essa pouco ativa na planta (RADEMACHER e outros, 2006). Apresenta o nome químico cálcio 3-óxido-4-propionil-5-oxo-3-ciclohexano carboxilato, com fórmula molecular C₁₀H₁₀CaO₅, e apresenta baixa toxicidade em mamíferos, rápido catabolismo e reduzida persistência no meio ambiente (PRIVÉ e outros, 2006).

A PCA é absorvida por meio das folhas e translocada principalmente na forma acrópeta, mas também, em menor proporção, na forma basípeta. Tem sua absorção completa no período de quatro horas após a aplicação. Sua ação no metabolismo da planta em inibir as giberelinas tem duração média de três a seis semanas, máximo de oito semanas (EVANS e outros, 1999).

Em relação à sua meia-vida, segundo Rademacher e outros (2004), a duração ocorre entre dez e quatorze semanas para macieiras. Segundo

Unrath (1999), a PCA é degradada rapidamente no solo pelos microrganismos.

A PCA bloqueia a ação das enzimas dioxigenases ($GA_{20}ox$ e GA_3ox) atuantes na conversão GA_{20} para GA_1 e gera, dessa forma, um aumento nos níveis de GA_{20} , bastante móvel, porém inativa; conseqüentemente, reduz os níveis de GA_1 , que é imóvel, porém biologicamente ativo (EVANS e outros, 1999; DAVIES, 2004).

Além de inibir as giberelinas, a PCA interfere no metabolismo de flavonóides; um possível mecanismo que foi proposto é que PCA desencadeia vias biossintéticas alternativas que conduzem à produção de compostos antimicrobianos, tais como flavonóides luteoflavin e luteoforol. Desse modo, é criada uma maior resistência por parte da planta a microrganismos patogênicos como fungos e bactérias (MOLLY e outros, 2009).

Sua eficiência está relacionada à concentração aplicada, o vigor, a idade da planta e a sensibilidade do cultivar. Smit e outros (2005) obtiveram diferentes respostas em seis cultivares de pereiras, submetidas ao tratamento com PCA, sob doses que variaram entre os 50 e 250 ppm, como também aplicações que variaram de uma a três. Em estudos de Ramírez e outros (2008), a aplicação de PCA reduziu os níveis de giberelina e incrementaram os de citocinina dos meristemas apicais de plantas de tomate, em cujos tecidos foram encontrados GA_{12} , GA_{20} e zeatina; já nas plantas controle, foram encontradas GA_1 , GA_4 e GA_7 . No entanto, no mesmo estudo, a partir do oitavo dia após a aplicação do tratamento, foi evidenciado o retorno da atividade das GA's biologicamente ativas.

Fagerness e Yelverton (2000), em estudos sobre o crescimento de gramíneas sob a aplicação de trinexapaque-etílico, composto do mesmo grupo químico do PCA, obtiveram a inibição temporária do crescimento, porém o efeito desapareceu em quatro semanas após a primeira aplicação e a taxa de crescimento após o período de inibição foi maior, fato que pode anular as diferenças no final do período avaliado.

Pesquisas têm demonstrado que a rápida degradação do PCA na planta faz com que sejam necessárias mais aplicações para que haja o controle do crescimento vegetativo em fruteiras ao longo do ciclo (GREENE e SCHLOEMAN, 2010).

2.2.3 Cloreto de mepiquate (CM)

O CM faz parte do grupo dos amônios quaternários; inibe a síntese do ent-caureno e uma das enzimas que está envolvida na biossíntese de ácido giberélico, a caureno sintase (FAGAN e outros 2015). É absorvido pelas folhas, translocado de forma ascendente e descendente por meio do xilema e do floema e distribuído uniformemente por toda a planta, na qual não é degradado (REDDY e outros, 1996). Holden e outros (2004) relataram que sua translocação na planta é rápida, e cerca de 70 a 90 % penetram na planta em até oito horas após a pulverização, porém Zhao (2000) concluiu que a precipitação dentro de oito horas após sua aplicação reduz sua eficácia, por isso se faz necessário, no mínimo, doze horas para sua absorção eficaz, quando aplicado via foliar.

Em relação à sua meia-vida, tem-se, segundo Li e outros (2012), que a duração do CM em plantas de algodão está entre 2,51 e 3,85 dias e, no solo, entre 7,56 e 10,50 dias. Tian e outros (2008), ao estudarem sua degradação no solo e na planta, demonstraram que, no primeiro caso, o CM é degradado principalmente pela ação microbiana e química, porém a degradação microbiana é a principal. No segundo caso, o CM é translocado pela planta com uma elevada atividade fisiológica através da transpiração e rapidamente metabolizado durante o processo de transporte (ZHANG, 2004).

Segundo Wang e outros (2014), o CM diminui os ácidos giberélicos (GAs) endógenos bioativos (GA_3 e GA_4), o que leva à redução de genes de biossíntese de GA ($GhCPS$, $GhKS$, $GhGA_{20ox}$ e $GhGA_{3ox}$), por isso é

bastante utilizado na cultura do algodão. Por ser um inibidor da síntese de giberelinas, ele torna as plantas mais compactas; isso promove uma mudança na sua arquitetura, melhora a eficiência da aplicação e a distribuição dos produtos, o controle de insetos-pragas, como também proporciona melhor penetração da radiação solar; assim, cria-se um micro-clima menos favorável ao desenvolvimento de agentes patogênicos (LAMAS e outros, 2000).

Segundo Fernandez e outros (1991), o CM afeta o tamanho das raízes secundárias, de modo que as aumenta. Duan e outros (2007) relataram que esse efeito provém do aumentando do volume de auxina, zeatina e zeatina ribosídeo, razão fundamental para a indução de raízes laterais.

Em condições de estresse hídrico, plantas tratadas com CM apresentam maiores valores de clorofila, tanto quanto de assimilação de carbono, além de não sofrerem com os efeitos adversos do estresse, o que contribui também para melhorar a eficiência fotossintética (MARUR, 1998). Fernandez e outros (1992) afirmaram que a redução da expansão da área foliar está relacionada à melhora na sua conservação da água. Diversos autores descrevem que a aplicação de reguladores de crescimento pode diminuir a fotorrespiração nas plantas, o que teoricamente provoca aumento na fotossíntese líquida da folha. Resultados semelhantes foram descritos por Rosolem e outros (2013), por meio do CM.

No entanto, segundo Hodges e outros (1991), seu efeito sobre a fotossíntese manifesta-se 48 horas após a aplicação e persiste em média por 21 dias. Ainda, segundo os mesmos autores, possivelmente, a melhora da fotossíntese provém da redução da fotorrespiração.

A melhoria causada pelo CM no sistema fotossintético é muito complexa, e, muitas vezes, a taxa fotossintética é diminuída, quando ocorre a redução na atividade da ribulose-1,5-difosfato-carboxilase. Segundo Souza e outros (2007), em condições de alta temperatura, o efeito do CM foi minimizado.

A ação do CM é afetada pelas condições ambientais, principalmente a temperatura, pois, sob temperaturas não ótimas, o CM pode não interferir

no crescimento das plantas (ROSOLEM e outros, 2013). Além da temperatura, a densidade de plantas pode afetar a ação do CM (SIEBERT e STEWART, 2006). Ren e outros (2013) verificaram que, quanto maior for a densidade de plantas, maior será a influência do CM sobre a qualidade da fibra do algodão.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local e período de realização do estudo

O experimento foi conduzido de novembro de 2015 a fevereiro de 2016, em área experimental do campo agropecuário da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, no município de Vitória da Conquista, Bahia, localizada nas coordenadas 14° 53'08" de latitude Sul e 40° 48' 02" de longitude Oeste, a uma altitude de 870 metros. De acordo com Köppen, o clima da região é classificado como Cwa (tropical de altitude).

Mediante levantamento detalhado realizado por Carvalho e outros (1983) e utilizando-se o Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos (EMBRAPA, 2013), o solo da área experimental foi classificado como Latossolo Vermelho Amarelo distrófico, com textura média, topografia suavemente ondulada a plana e boa drenagem. As temperaturas máximas e mínimas e as precipitações diárias durante a execução do experimento foram registradas e estão apresentadas na Figura 1.

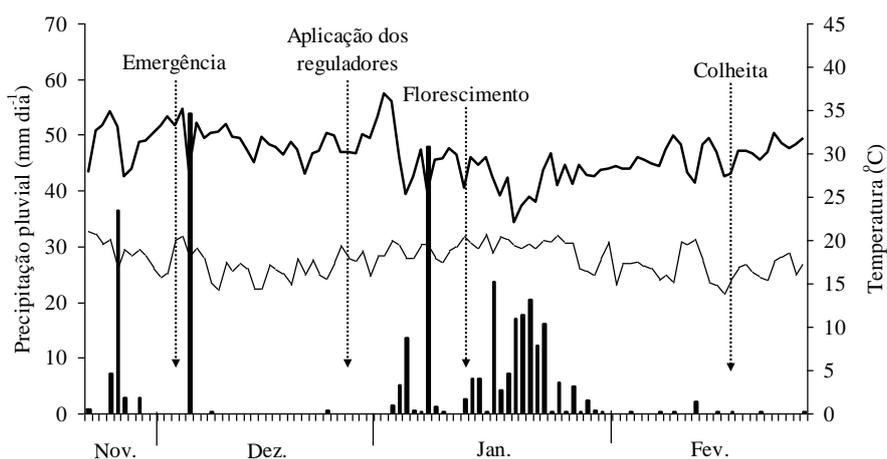


Figura 1. Precipitação (■), temperaturas máximas (—) e temperaturas mínimas (—) registradas na área experimental durante o período de condução do experimento, de novembro de 2015 a fevereiro de 2016. Vitória da Conquista-BA.

3.2 Cultivar

A cultivar de feijão utilizado no trabalho foi a BRS Ametista, registrada em 02/03/2011 no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento; apresenta ciclo normal (de 85 a 94 dias, da emergência à maturidade fisiológica). As plantas são arbustivas, com hábito de crescimento indeterminado semi-ereto (tipo III) (MELO e outros, 2012). Exigente em fertilidade do solo e responsiva à adubação. É considerada uma cultivar de alto potencial produtivo.

3.3 Delineamento experimental e tratamentos

Foi adotado delineamento experimental em blocos casualizados, em esquema fatorial $3 \times 5 + 1$, compostos por três reguladores de crescimento [proexadiona cálcica (Viviful[®]), paclobutrazol (Cultar[®]) e cloreto de mepiquate (Pix HC[®])] e cinco doses (25, 50, 100, 200 e 400 g i.a. ha⁻¹), além de um tratamento adicional sem aplicação de reguladores (testemunha), o que gerou um total de 16 tratamentos, com quatro repetições; ao todo, constituíram-se 64 parcelas experimentais. Dessa forma, o produto Viviful[®] foi aplicado nas doses 91, 182, 364, 728, 1456 g ha⁻¹, enquanto que, para os produtos Cultar[®] e Pix HC[®], foram utilizadas as doses de 100, 200, 400, 800 e 1600 mL ha⁻¹; essas doses foram adotadas utilizando referências em cultura similares como a soja.

As parcelas foram compostas por cinco fileiras de 5m de comprimento, espaçadas em 0,50 m entre si. Assim, a área total da parcela foi de 12,5 m²; foram descartadas as duas fileiras laterais e meio metro em cada extremidade da parcela, assim, totalizou-se uma área útil de 6m².

A aplicação dos reguladores foi realizada no dia 28 de dezembro de 2015, quando as plantas atingiram a fase de V_{4.5} (cinco folhas trifolioladas

totalmente expandidas); em torno dos 25 dias após a emergência (DAE), foi utilizado um pulverizador costal, pressurizado (CO₂) com pressão constante de 2 bar, munido com barra de aplicação que portava bicos tipo leque, calibrado com uma vazão de 200 L ha⁻¹ de calda. Utilizou-se anteparo plástico (lona) para evitar a deriva da calda pulverizada sobre as parcelas adjacentes.

3.4 Instalação e condução do experimento

Para recomendação da calagem e da adubação, foi realizada análise química do solo antes da instalação do experimento. Para tanto, foram coletadas amostras de solo da área experimental na profundidade de 0-0,20m e analisadas quimicamente no Laboratório de Química dos Solos da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (RAIJ e outros, 2001); os resultados estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Características químicas do solo, na profundidade de 0 a 0,20 m, antes da instalação do experimento.

pH(H ₂ O)	MO	P _{resina}	K	Ca	Mg	Al	H	CTC	V
	g dm ⁻³	mg dm ⁻³	cmol _c dm ⁻³						%
5,3	9	8	0,11	0,9	0,5	0,3	2,2	4,0	38

Inicialmente, foi realizada a limpeza com a retirada das plantas daninhas da área anteriormente cultivada com sorgo forrageiro. Posteriormente, realizou-se o preparo do solo, e foram aplicadas 2,7 toneladas ha⁻¹ de calcário dolomítico; em seguida, realizou-se uma aração e duas gradagens, uma gradagem aos 90 dias antes da semeadura e outra aos 10 dias antes da semeadura; um dia antes da semeadura foram abertos os sulcos.

A adubação mineral de semeadura constou da aplicação de 250 kg ha⁻¹ do fertilizante formulado NPK 05-30-15, em consonância com as recomendações de Ambrosano e outros (1997). As sementes foram tratadas

com o fungicida carboxin + tiram (60 + 60 g do i.a por 100 kg de sementes), com o inseticida tiametoxan (140 g do i.a por 100 kg de semente) e cobalto e molibdênio (4,5 + 45 g por 100 kg de sementes). A semeadura manual foi realizada no dia 28 de novembro de 2015, utilizando-se o espaçamento de 0,50 m e 15 sementes viáveis por metro de sulco. A emergência das plântulas ocorreu no dia 03/12/2015; posteriormente, foi feito um desbaste de plantas 7 DAE, por meio do qual se estabeleceram 10 plantas por metro linear. Em cobertura, foram aplicados 60 kg ha⁻¹ de N e 40 kg ha⁻¹ de K₂O, divididos em duas aplicações, metade na primeira aplicação realizada no dia 09 de dezembro 2015 e a segunda metade realizada no dia 23 de dezembro de 2015. Juntamente à adubação de cobertura, foi aplicado 1,0 L ha⁻¹ do complexo de nutrientes com N (73,5 g L⁻¹); Ca (14,7 g L⁻¹); S (78,6 g L⁻¹); B (14,7 g L⁻¹); Cu (0,74 g L⁻¹); Mn (73,5 g L⁻¹); Mo (1,5 g L⁻¹); Zn (73,5 g L⁻¹), com volume de calda de 200 L ha⁻¹.

Utilizou-se o sistema de irrigação por aspersão convencional para o atendimento das necessidades hídricas da cultura, com uma lâmina de 6 mm em cada período de irrigação. O controle de plantas daninhas foi feito mediante capinas manuais realizadas aos 20 e 35 DAE das plântulas. Aos 45 DAE, foi aplicado 184 g i.a. ha⁻¹ do herbicida seletivo setoxidim, com volume de calda de 200 L ha⁻¹. Os demais tratos fitossanitários foram realizados sempre que necessários, respeitando as orientações técnicas para manejo da cultura.

3.5 Avaliações

Para as avaliações, foram consideradas as três linhas centrais de cada parcela, desprezando-se 0,5m em ambas as extremidades de cada fileira. A área útil de cada parcela foi dividida em duas áreas iguais (I e II): a área I destinada às avaliações destrutivas (quando foi retirada a planta inteira) e a área II, às avaliações não destrutivas.

3.5.1 Características fisiológicas avaliadas

3.5.1.1 Índice relativo de clorofila na folha

O índice relativo de clorofila (SPAD) na folha foi determinado aos 14 e 38 dias após a aplicação (DAA) dos reguladores, a partir de um medidor portátil de clorofila (SPAD 502, Minolta, Japão). Foram medidas em dez plantas por parcela considerando a segunda ou terceira folha totalmente expandida a partir do ápice da planta em três folhas por planta.

3.5.1.2 Trocas gasosas foliares

As relações de trocas gasosas entre o ar atmosférico e folhas (assimilação líquida do carbono (A), transpiração (E), concentração de CO_2 na câmara subestomática (C_i), condutância estomática (G_s), eficiência do uso de água expressa pela razão A/E , eficiência instantânea de carboxilação expressa pela razão A/C_i e temperatura da folha) foram avaliadas aos 20 DAA dos reguladores, na segunda ou terceira folha totalmente expandida a partir do ápice da planta em três plantas por parcela, utilizando-se o analisador de gás infravermelho (IRGA, modelo-LI 6400, LI-COR, USA). As avaliações foram realizadas nos horários compreendidos entre 08:00 e 12:00h. Os tecidos foliares foram expostos à irradiância artificial correspondente àquela naturalmente interceptada pela folha: cerca de $1000 \mu \text{mol f\u00f3tons m}^{-2} \text{s}^{-1}$.

3.5.2 Características Agronômicas

3.5.2.1 Comprimento da haste principal

O comprimento da haste principal foi medido aos 14 e 38 DAA dos reguladores, considerando o comprimento da haste principal a partir do colo até ápice da maior haste da planta, com o uso de régua graduada expressando o valor em *cm*, para esta variável foram consideradas dez plantas por parcela.

3.5.2.2 Área foliar

A área foliar foi determinada aos 14 DAA dos reguladores; as folhas foram coletadas e a área foi integralizada com um medidor de área foliar (LI-3100, LI-COR, USA), com os resultados expressados em cm^2 considerando-se dez plantas por parcela.

3.5.2.3 Matéria seca da parte aérea

A MS da parte aérea foi determinada aos 14 e 38 DAA dos reguladores, obtida coletando-se a parte aérea das plantas e considerando-se todas as estruturas, caule, folhas, estruturas reprodutivas (quando presentes), que foram acondicionadas em sacos de papel e secas em estufa de circulação de ar a 70 °C, até que alcançassem peso constante; posteriormente, foi determinada a massa por meio de balança analítica. Para essa avaliação, foram consideradas dez plantas por parcela.

3.5.3 Características avaliadas em final de ciclo

3.5.3.1 Altura de inserção de primeira vagem

Foi medida a distância do nível do colo da planta à inserção da primeira vagem, com uso de régua graduada, com expressão dos resultados em *cm*, em dez plantas coletadas na área útil de cada parcela.

3.5.3.2 Número total de vagem por planta e número de vagens chochas por planta

O número total de vagem por planta e o número de vagens chochas por planta foram obtidos pela média do número total de vagens e do número de vagens chochas contadas em dez plantas e o número de plantas.

3.5.3.3 Número de grãos por vagem

O número de grãos por vagem foi determinado pela relação do número total de grãos das vagens das plantas amostradas pelo número total de vagens.

3.5.3.4 Massa de 100 grãos

A massa média de 100 grãos foi obtida a partir de uma amostragem da coleta de todas as plantas na parcela, considerando-se quatro repetições de 100 grãos por parcela, com valores corrigidos a 13 % de umidade (base úmida).

3.5.3.5 Produtividade de grãos

A produtividade de grãos foi determinada pela colheita manual das plantas presentes na área útil da parcela. As plantas de todas as parcelas foram colhidas e acondicionadas em casa de vegetação para secagem. Posteriormente, o material foi trilhado manualmente com o auxílio de varas. Os grãos debulhados foram separados da palha e colocados em sacos de papel; posteriormente, foram pesados, e a produtividade, transformada em kg ha^{-1} , com os valores corrigidos a 13 % de umidade (base úmida).

3.6 Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância, utilizando-se o sistema para análises estatísticas Sisvar. As médias de fontes, no esquema fatorial, foram comparadas pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade. Os efeitos de doses dos reguladores foram avaliados por análise de regressão e, para esse propósito, a testemunha (sem aplicação de regulador) foi considerada como a dose zero.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

De maneira geral, ocorreram acréscimos no índice SPAD, tanto na primeira quanto na segunda avaliação realizada, à medida em que as doses dos reguladores de crescimento foram aumentadas (Figuras 2A e 2B). Aos 14 DAA, foi observado aumento quadrático no índice SPAD em função das doses de todos os reguladores (Figura 2A). Na dose estimada de 230,3 g ha⁻¹ de PBZ, o índice SPAD foi de 45,8; elevação está de 30,1 % em relação à testemunha. Para o CM e a PCA, nas doses estimadas de 364,2 e 375 g ha⁻¹, foram observados os pontos de máxima, 43,2, e 49,5 e, respectivamente, elevações de 22,5 % e 39,7 % no índice SPAD, quando comparados à testemunha. Ao desdobrar os reguladores dentro das doses, verificou-se que, nas doses de 50, 100, 200 e 400 g ha⁻¹, o PBZ proporcionou valores de SPAD superiores àqueles proporcionados pelo CM.

Aos 38 DAA, o PBZ e o CM promoveram efeitos quadráticos com pontos de máximos de índice SPAD nas doses estimadas de 336,5 e 319,58 g ha⁻¹, com aumentos respectivos de 31,3 % e 28,5 % em comparação com o tratamento testemunha (Figura 2B). A aplicação da PCA incrementou linearmente o índice SPAD, que atingiu o ponto máximo em 46,1 na dose de 400 g ha⁻¹; isso representa um aumento de 30,9 % em relação à testemunha. Somente na dose de 50 g ha⁻¹, houve diferença entre os reguladores, e o PBZ proporcionou valor de índice SPAD maior que a PCA e o CM, enquanto esses últimos não se diferiram entre si.

O índice SPAD avalia a intensidade da cor verde da folha (valor que pode ser relacionado ao teor de clorofila) sem destruí-la. Assim, os resultados obtidos estão de acordo com Bekheta e outros (2006), que afirmaram que o uso de uniconazole, um fungicida que atua como inibidor de crescimento, por pertencer ao grupo químico dos triazóis, aumenta os níveis de clorofila e cloroplastos. Gitti e outros (2012) aplicaram PBZ no feijoeiro comum e notaram que o índice de clorofila foliar foi menor na ausência do regulador. A elevação do índice SPAD pode estar relacionada ao

aumento das taxas de diferenciação de cloroplastos, aumento da biossíntese e manutenção da integridade das clorofilas, resultantes da elevação da atividade das citocininas (TAIZ e ZEIGER, 2013; SHARMA e outros, 2011). Fletcher e outros (2000) mencionam que os triazóis, como, por exemplo, PBZ, estimulam a síntese de citocininas e podem prevenir a degradação de clorofilas.

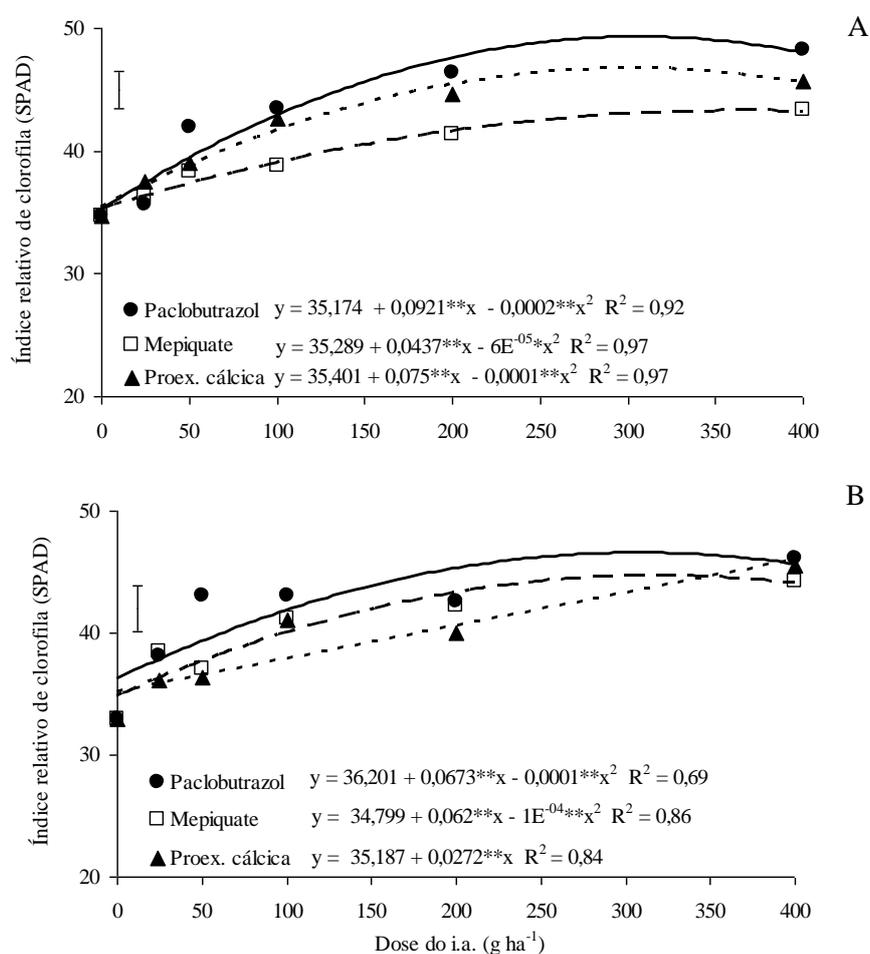


Figura 2. Índice relativo de clorofila (SPAD) nas folhas do feijoeiro cv. BRS Ametista em função de doses dos reguladores de crescimento paclobutrazol (●), cloreto de mepiquate (□) e proexadiona cálcica (▲), aos 14 (A) e 38 (B) dias após aplicação via pulverização. Barra vertical indica DMS pelo teste de Tukey ($P=0,05$). * e ** são significativos a 5 % e 1 % de probabilidade pelo teste t, respectivamente.

Chaney (2004) observou que a aplicação de inibidores de crescimento promove a síntese de fitol, terpenóide essencial para a síntese de clorofila. Essas clorofilas, com vida útil mais longa e fotossinteticamente ativas, podem favorecer a formação de fotoassimilados por maior período de tempo.

A redução da área foliar também tem sido considerada uma hipótese para elevação do índice SPAD, devido à menor capacidade de expansão das células, que proporciona maior concentração de clorofilas por área do limbo foliar (GROSSI e outros, 2005).

No presente estudo, observou-se que as plantas tratadas com as concentrações mais elevadas dos reguladores tiveram longevidade foliar quando comparadas à testemunha (dados não apresentados). As plantas que não receberam reguladores apresentaram senescência foliar, seguida de desfolha com o progresso na maturação dos frutos, enquanto as folhas das plantas tratadas com reguladores persistiram por mais tempo mesmo com o progresso de maturação de frutos, o que pode estar relacionado à manutenção das clorofilas. Esses apontamentos corroboram os dados de Kumar e outros (2012), que verificaram o mesmo efeito quando se utilizaram inibidores de giberelina em *Comelina sativa* (L.) Crantz, e atribuíram a esse efeito um potencial maior das plantas em acumular biomassa da parte aérea.

Aos 20 DAA, a assimilação líquida de carbono (A) foi afetada pela aplicação de CM e a PCA, porém não foi possível traçar uma tendência quando foi pulverizado o PBZ (Figura 3A). O aumento nas doses de CM promoveu redução na A , com ponto mínimo de $7,4 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ quando utilizado $354,4 \text{ g ha}^{-1}$, o que indica redução de 28,0 % quando comparada à testemunha. A PCA promoveu efeito contrário ao CM, constatado pela verificação de um leve aumento linear na A até $11,3 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ com a utilização da dose máxima (400 g ha^{-1}), ou seja, aumento de 12,4 % em relação à testemunha. Na dose de 200 g ha^{-1} , o CM proporcionou menor valor de A que os demais reguladores, enquanto que, na dose de 400 g ha^{-1} , a

PCA promoveu aumento, valor superior àqueles proporcionados pelo CM e o PBZ, os quais não se diferiram entre si. Por outro lado, nas doses de 25 e 50 g ha⁻¹, o PBZ promoveu menores valores de *A* que o CM e a PCA.

Alvarez e outros (2012) sugerem que o equilíbrio entre respiração e fotossíntese tem influência direta no rendimento da planta e que a aplicação de inibidores de crescimento poderia ajudar a reduzir a altura da planta, sem causar perda nas trocas gasosas, o que, eventualmente, pode ter um efeito direto sobre o rendimento de grãos. Kuai e outros (2015) verificaram aumento na taxa fotossintética de plantas de canola e atribuíram a essa característica uma das contribuições para o aumento na produtividade de grãos quando foi utilizado o PBZ. Grossmann e Retzlaff (1997) e Fagan e outros (2010), estudando cresoxime-metilo e piraclostrobina em trigo e soja, respectivamente, verificaram acréscimos significativos nos valores de *A* em plantas tratadas com os reguladores de crescimento. Esses afirmaram que muitos inibidores de crescimento podem favorecer diretamente a fotossíntese, apesar de inibir temporariamente a respiração da planta.

Ramesh e Ramprasad (2015), estudando o efeito de cloreto de cloromequate e CM, não verificaram efeito nos valores de *A* em soja. Para Bogiani e Rosolem (2011), a aplicação foliar de CM também não proporcionou alteração da *A*. Kumar e outros (2012) observaram em seus estudos com *Camelina sativa*, aos 14 e 21 DAA de PBZ, que concentrações intermediárias do inibidor de crescimento resultaram no aumento da taxa fotossintética líquida. Contudo, a ação dos inibidores como fonte de alteração da *A* é muito controverso e sem consenso na comunidade científica, fato que evidencia a necessidade de realizar mais estudos.

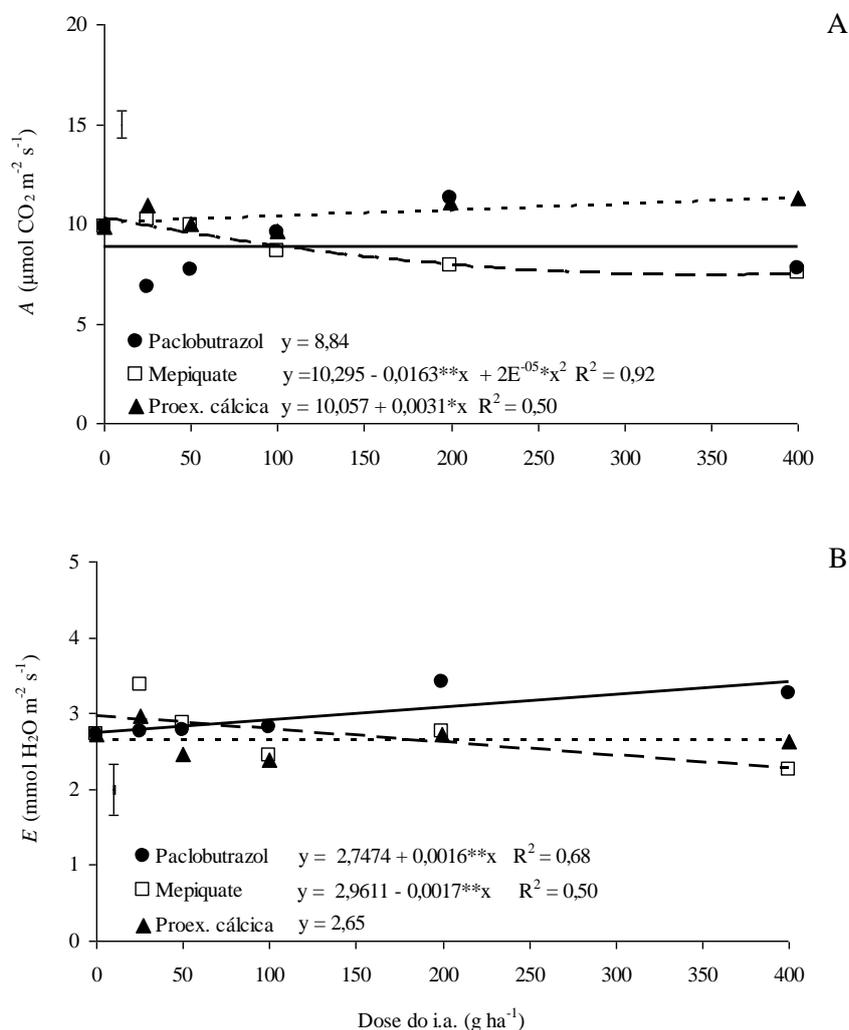


Figura 3. Assimilação líquida do carbono (A) (A) e transpiração (E) (B) nas folhas do feijoeiro cv. BRS Ametista em função de doses dos reguladores de crescimento paclobutrazol (●), cloreto de mepiquate (□) e proexadiona cálcica (▲), aos 20 dias após a aplicação. Barra vertical indica DMS pelo teste de Tukey ($P=0,05$). * e ** são significativos a 5 % e 1 % de probabilidade pelo teste t, respectivamente.

A transpiração (E) foi afetada quando utilizados o PBZ e CM, porém não foi possível traçar um modelo quando se utilizou a PCA (Figura 3B). O PBZ promoveu acréscimo da E de forma linear, com o ponto máximo em $3,39 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, 23,4 % maior do que o da testemunha. Já o CM promoveu decréscimo de forma linear da E, com $3,6 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ como ponto mínimo, na dose estimada de 400 g ha^{-1} , redução de 23,1% em relação

à verificada na testemunha. Ao desdobrar os produtos dentro de cada dose, foi possível verificar diferença significativa de E apenas entre PCA e PBZ na dose de 200 g ha⁻¹ e diferença entre CM e PBZ na dose de 400 g ha⁻¹; para essas doses, o PBZ promoveu maior E do feijoeiro quando relacionado aos demais. Nas doses 25, 50 e 100 g ha⁻¹, não ocorreu diferença entre os produtos.

Tanto para a concentração de CO₂ na câmara subestomática (C_i) como para condutância estomática (G_s), não foi possível ajustar modelos que representasse as tendências em todos os reguladores utilizados (Figuras 4A e 4B). A C_i é considerada uma variável fisiológica influenciada por fatores ambientais, como disponibilidade hídrica, luz e energia, entre outros (OMETTO e outros, 2003), como também pela G_s ; assim, a ausência de efeitos das doses dos reguladores na G_s pode ter influenciado nos resultados obtidos para a C_i , os quais não variaram significativamente entre os tratamentos.

Kumar e outros (2012) verificaram que a aplicação de PBZ aumentou os índices de E e G_s de plantas *Camelina sativa*; esses autores correlacionam o G_s a A , ou seja, a maior abertura estomática teria contribuído para a maior disponibilidade de CO₂ na câmara subestomática, o que estaria promovendo maior A , fator que implica melhor funcionamento dos estômatos em plantas tratadas com inibidores de crescimento quando comparados às testemunhas (FARQUHAR e SHARKEY, 1982).

A capacidade de difusão do CO₂ através do mesofilo, juntamente à G_s e a capacidade bioquímica (propriedades cinéticas e regulação das enzimas), são os fatores que mais limitam a fotossíntese (FLEXAS e outros, 2012). Para atingir altas produtividades, é necessária alta G_s , para permitir elevada concentração de CO₂ por unidade de área produzida (BLUM, 2009). Para maximizar o ganho de carbono, os estômatos respondem aos fatores ambientais, com o objetivo de atender às demandas da fotossíntese pelo CO₂. Entretanto, essas repostas são mais lentas que a fotossíntese, o que pode causar um desbalanço entre a G_s e a A . Assim, a taxa de assimilação

fotossintética pode ser limitada pela baixa G_s e levar à restrição da assimilação de CO_2 , essa limitação estomática pode representar até 20 % em plantas C_3 (LAWSON e outros, 2012). Os resultados obtidos no presente trabalho corroboram com Bogiani e Rosolem (2011), os quais verificaram que a aplicação de CM em algodoeiro não afetou a C_i e a G_s .

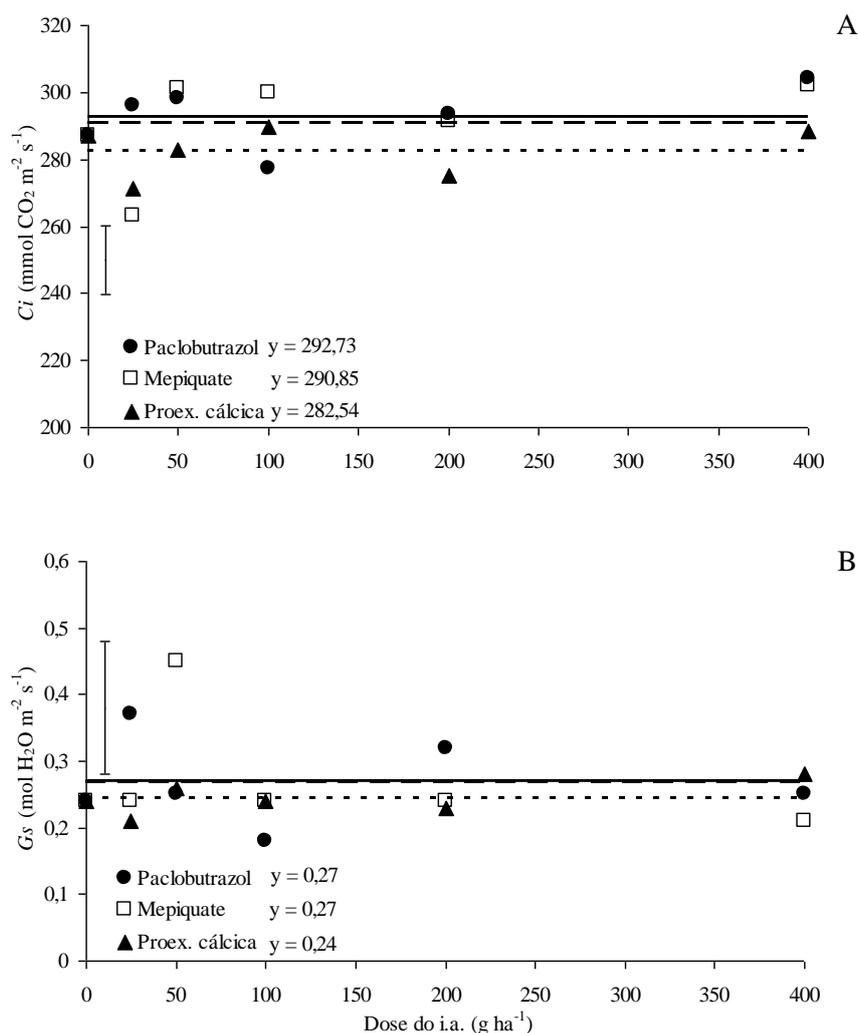


Figura 4. Concentração de CO_2 na câmara subestomática (C_i) (A) e condutância estomática (G_s) (B) nas folhas do feijoeiro cv. BRS Ametista em função de doses dos reguladores de crescimento paclobutrazol (●), cloreto de mepiquate (□) e proexadiona cálcica (▲), aos 20 DAA. Barra vertical indica DMS pelo teste de Tukey ($P=0,05$).

A produtividade de muitas culturas é influenciada por características morfológicas e fisiológicas dos órgãos fotossintetizantes, conhecidos como fonte, e dos órgãos consumidores dos produtos fotossintetizados, conhecidos como dreno. Toda a produção da biomassa depende da atividade fotossintética da fonte, mas a assimilação de CO_2 é apenas um dos fatores que influenciam no desenvolvimento vegetal (FOYER e GALTIER, 1996). Assim, aumentar a eficiência fotossintética tem sido um recurso muito utilizado para melhorar a produção de plantas cultivadas, pois, do ponto de vista fisiológico, a prática agrícola objetiva maximizar a eficiência fotossintética das culturas e canalizar seus produtos em produtividade e qualidade (LAWSON e outros, 2012; ZHU e outros, 2012).

Para a eficiência do uso da água (A/E), ajustaram-se modelos polinomiais quadráticos quando foram utilizados PBZ e CM, enquanto, quando se utilizou a PCA, foi possível ajustar um modelo linear crescente (Figura 5A). Para o PBZ e CM, a A/E foi aumentada até 4,1 e 3,8 $\mu\text{mol CO}_2$ mol H_2O , que ocorreram com as doses estimadas de 175,9 e 182,5 g ha^{-1} , respectivamente. Maiores doses desses reguladores de crescimento promoveram tendência de redução nos valores de A/E . Por outro lado, as doses da PCA aumentaram linearmente os valores de A/E ; na dose máxima (400 g i.a. ha^{-1}), a PCA proporcionou valor de A/E superior àqueles promovidos pelos demais reguladores de crescimento.

Durante as trocas gasosas, a absorção de dióxido de carbono do meio externo promove perda de água, e a diminuição dessa perda também restringe a entrada de CO_2 (SHIMAZAKI e outros, 2007). Essa interdependência, expressa pela relação entre a A e a E (Figuras 3A e 3B), indica a eficiência no uso da água (A/E), em que os valores observados relacionam a quantidade de carbono que a planta fixa por cada unidade de água que perde (TAIZ e ZEIGER, 2013; JAIMEZ e outros, 2005). Dessa forma, quanto maior for a eficiência no uso da água (A/E), maior a assimilação de carbono, enquanto as perdas de água através dos estômatos são reduzidas.

Um rígido controle sobre a G_s é essencial, para que não ocorra perda excessiva de água pela planta ou que esta não fique privada de CO_2 , pois a A/E é um dos fatores determinantes na produção das plantas. Esse controle é atingido através da sensibilidade das células-guarda para os sinais ambientais e endógenos, que incluem luz, temperatura, umidade, CO_2 , concentração interna de CO_2 na câmara subestomática, solutos celulares, íons específicos, pH e o hormônio ABA, além da quantidade de água na planta (BLUM, 2009). Assim, podemos inferir que, apesar da utilização dos inibidores de crescimento no presente trabalho não ter afetado a G_s (Figura 4B), foi determinante em favorecer uma melhor A/E (Figura 5A).

A eficiência instantânea de carboxilação (A/C_i) foi afetada pela aplicação de PBZ e a PCA, enquanto o CM não teve efeito sobre essa variável (Figura 5B). Tanto para PBZ quanto para a PCA, foram delineados modelos polinomiais quadráticos, pelos quais foi possível verificar aumento nos valores de A/C_i até os pontos de máxima de 0,05 e 0,04 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1} \text{Pa}^{-1}$, que ocorrem nas doses estimadas de 250 e 225 g ha^{-1} , respectivamente. A partir desses pontos, houve tendências de redução da A/C_i , porém a redução foi menos intensa quando se utilizou a PCA.

Na dose de 25 g ha^{-1} , o PBZ foi inferior ao CM e à PCA, quanto aos valores da A/C_i (Figura 5B). Na dose de 100 g ha^{-1} , a PCA proporcionou valor da A/C_i superior ao CM, enquanto, na dose 200 g ha^{-1} , o PBZ foi superior apenas quando comparado ao CM. Já na dose de 400 g ha^{-1} , o valor da A/C_i proporcionado pela PCA foi superior àquele proporcionado pelo PBZ. Esses resultados evidenciam a diversidade dos efeitos em relação a cada dose e reguladores utilizados. Zhang e outros (2004), apesar de terem verificado que a aplicação de uniconazol contribuiu para acréscimo na A em plantas de soja, não observaram aumento na eficiência fotoquímica do fotossistema II.

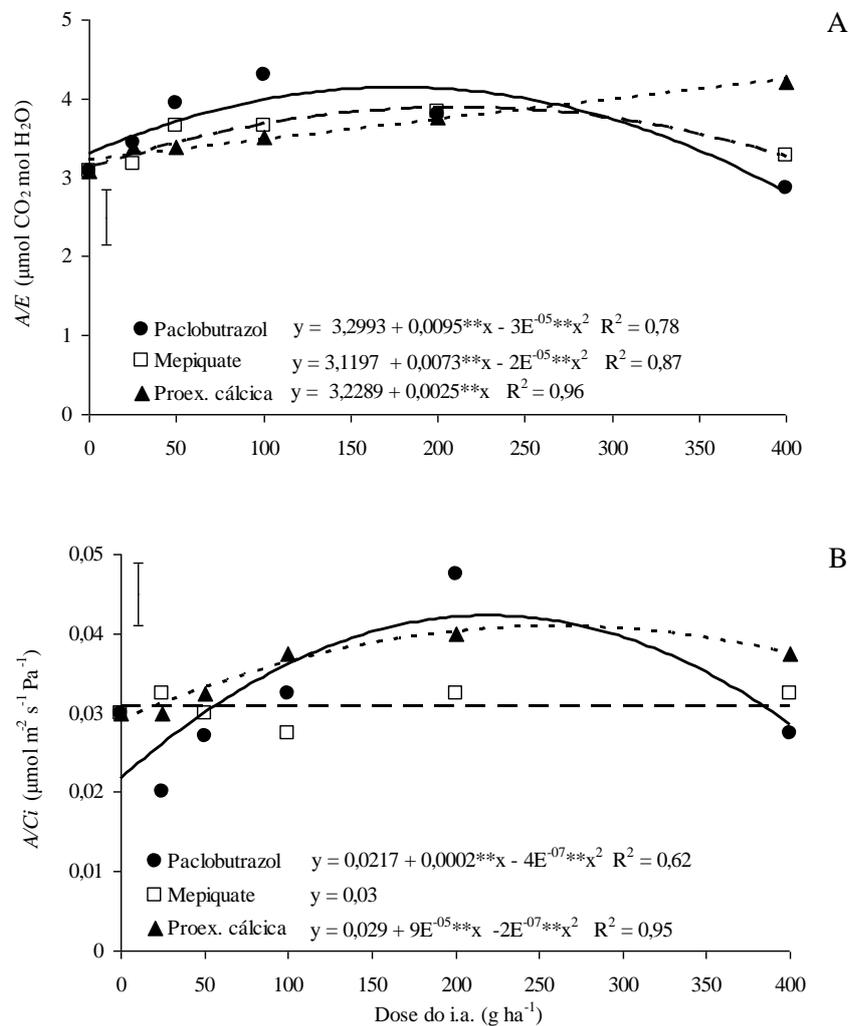


Figura 5. Eficiência do uso da água (A/E) (A) e eficiência instantânea de carboxilação (A/Ci) (B) do feijoeiro cv. BRS Ametista em função de doses dos reguladores de crescimento paclobutrazol (●), cloreto de mepiquate (□) e proexadiona cálcica (▲), aos 20 dias após a aplicação. Barra vertical indica DMS pelo teste de Tukey ($P=0,05$). * e ** são significativos a 5 % e 1 % de probabilidade pelo teste t, respectivamente.

O efeito positivo de alguns inibidores de crescimento em processos fotossintéticos dá-se em vários fatores conjugados. Gao e outros (1988) verificaram que o tratamento com inibidor de crescimento aumentou o tamanho dos cloroplastos em plantas. Para Christov e outros (1995), alguns

inibidores de crescimento induzem mudanças na atividade fotossintética de cloroplastos. Tais mudanças positivas na estrutura e função do cloroplasto podem melhorar drasticamente o processo de fixação do CO₂ nas plantas e podem estar envolvidos na melhor capacidade fotossintética das plantas, como observada no presente estudo.

Ao relacionar a variável *G_s* (Figura 4B), que não foi influenciada pelos tratamentos, com a variável *A/C_i* (Figura 5B), é possível evidenciar que as alterações na taxa de *A/C_i* não foram resultantes de uma maior abertura estomática, e sim, da maior eficiência de carboxilação. Os inibidores de crescimento atuaram na inibição da síntese de giberelinas, o que, possivelmente, favoreceu a ação das citocininas (ABBOT, 1986; MULLINS, 1996). Criado e outros (2009) indicaram que, com a maior expressão de citocininas endógenas ou aplicação exógena dessas, há um aumento na atividade da enzima ribulose 1,5-difosfato carboxilase/oxigenase (Rubisco), que otimiza a eficiência de carboxilação e leva a um maior aproveitamento do CO₂ presente na câmara subestomática. Por outro lado, em estudos de Reddy e outros (1996), apesar de o CM promover maior teor de clorofila, ocorreu redução na capacidade fotossintética, área foliar e atividade da ribulose-1,5-carboxilase/oxigenase (Rubisco) em plantas de algodão.

A temperatura foliar foi afetada pela aplicação da PCA e PBZ, enquanto, para o CM, não foi possível delinear uma tendência (Figura 6). O aumento das doses da PCA e o PBZ afetaram a temperatura foliar, e foi possível traçar modelos quadráticos para ambos, porém, com comportamentos inversos; enquanto, para a PCA, ocorreu um ponto de máxima em 30,8 °C numa dose estimada de 210 g ha⁻¹, que indica uma elevação de 4,5 % em comparação com a testemunha. Para o PBZ, verificou-se um ponto de mínima em 28,3 °C numa dose estimada de 198,8 g ha⁻¹, indicação de uma diminuição de 5,3 % em relação à testemunha. Por outro lado, não foi verificada diferença entre os reguladores nas doses de 25, 50, 100 e 400 g ha⁻¹, enquanto, na dose 200 g ha⁻¹, a PCA proporcionou

temperatura foliar superior ao PBZ. Alvarez e outros (2012), estudando os efeitos dos inibidores de crescimento PBZ, CM e trinexapaque-etílico na cultura do arroz, não verificaram efeito desses inibidores sobre as características de trocas gasosas das plantas (*A*; *E*, *Gs* e *A/E*). Resultados semelhantes foram verificados por Neves e outros (2002) na cultura de banana.

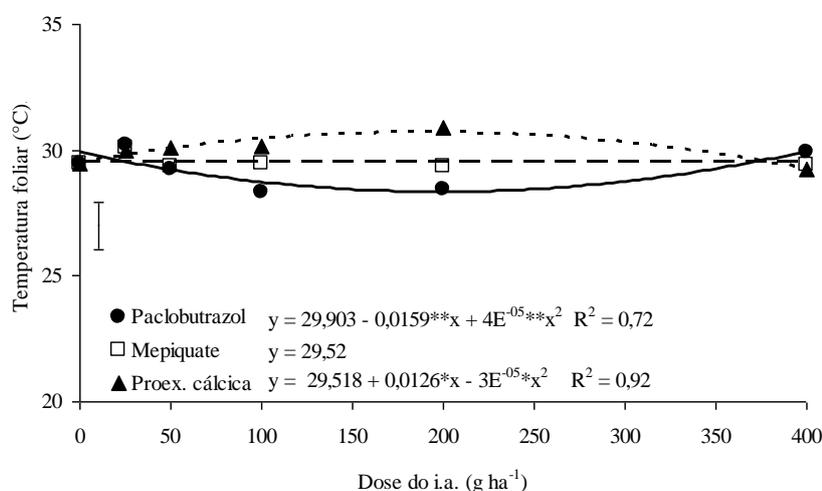


Figura 6. Temperatura foliar nas folhas do feijoeiro cv. BRS Ametista em função de doses dos reguladores de crescimento paclobutrazol (●), cloreto de mepiquate (□) e proexadiona cálcica (▲), aos 20 dias após a aplicação. Barra vertical indica DMS pelo teste de Tukey ($P=0,05$). * e ** são significativos a 5 % e 1 % de probabilidade pelo teste t, respectivamente.

O comprimento da haste das plantas pode ser considerado como uma característica agrônômica que afeta o desempenho das culturas no campo e sua adaptação à colheita mecanizada. Aos 14 DAA, o comprimento da haste do feijoeiro foi influenciado pelos inibidores de crescimento, o qual sofreu redução de forma quadrática em função do aumento das doses de PBZ, CM e PCA (Figura 7A). O PBZ e o CM promoveram maior redução da haste principal nas doses de 303,4 e 305,2 g ha⁻¹, com comprimentos mínimos de 57,4 e 64,1 cm, respectivamente. Já a PCA promoveu maior redução na dose

estimada de 384,9g ha⁻¹, com valor mínimo de 51,4 cm. O PBZ e o CM promoveram redução de 39,0 e 30,4 %, respectivamente. Enquanto que, na PCA, a redução foi de 41,3 % em relação à testemunha. Tais resultados não deixam qualquer dúvida de que o PBZ, o CM e a PCA reduzem o comprimento das hastes das plantas de feijão e, assim, tornam-nas mais compactas.

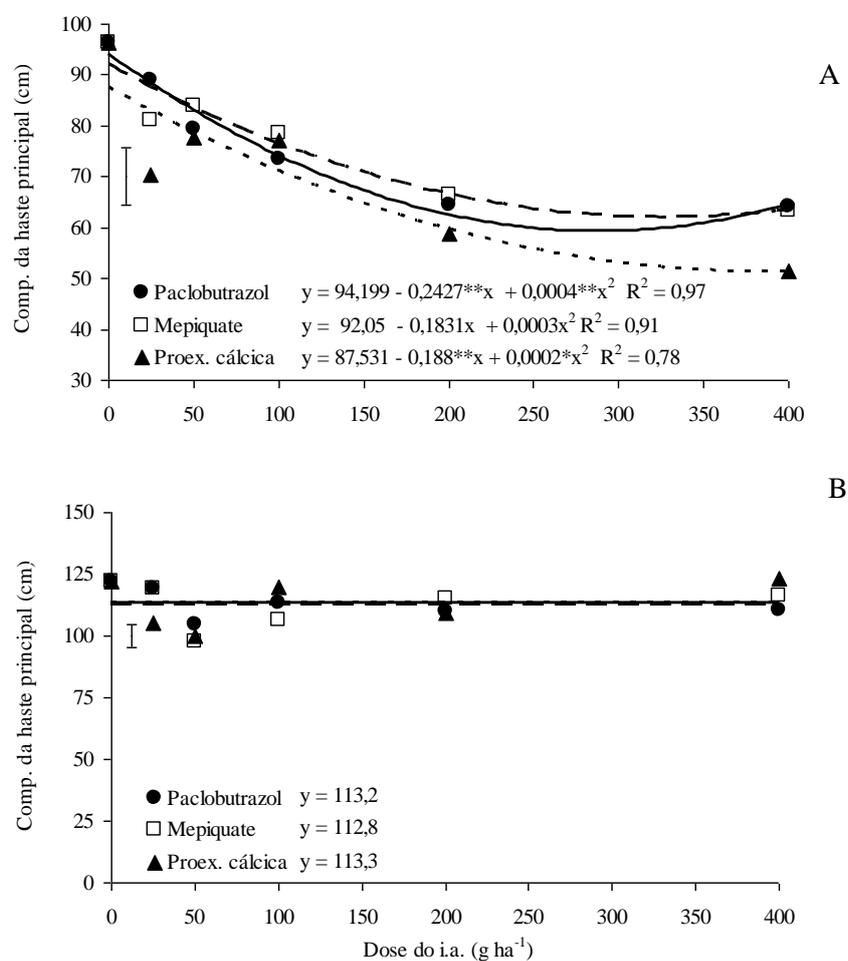


Figura 7. Comprimento da haste principal do feijoeiro cv. BRS Ametista em função de doses dos reguladores de crescimento paclobutrazol (●), cloreto de mepiquate (□) e proexadiona cálcica (▲), aos 14 (A) e 38 (B) dias após aplicação. Barra vertical indica DMS pelo teste de Tukey ($P=0,05$). * e ** são significativos a 5 % e 1 % de probabilidade pelo teste t, respectivamente.

O desdobramento dos reguladores de crescimento dentro de todas as doses permitiu verificar diferença significativa apenas entre a PCA e PBZ nas doses de 25 e 400 g ha⁻¹; nessas doses, a PCA promoveu menores comprimentos da haste principal do feijoeiro (Figura 7A). O maior efeito da PCA na diminuição em altura da planta pode estar relacionado ao tipo de ação dos reguladores utilizados. Segundo Rodrigues e outros (2009), a PCA inibe somente um tipo de giberelinas, a GA₁, o que coloca a PCA em uma classe específica de reguladores, que está mais intimamente relacionada ao controle da altura das plantas, enquanto o PBZ e o CM inibem todas as formas de giberelinas e, por esse motivo, enquadram-se numa outra classe de reguladores. Espindula e outros (2010), estudando os efeitos dos reguladores PBZ, CM e trinexapaque-etílico na elongação do colmo de trigo, verificaram efeitos semelhantes em todas as doses dos reguladores CM e PBZ, porém as doses de 125,0 e 187,5 g ha⁻¹ de trinexapaque-etílico promoveram menor comprimento do colmo. O trinexapaque-etílico também está na classe dos reguladores de crescimento que inibem somente a formação de GA₁, semelhante ao PCA.

No presente trabalho, a pulverização dos reguladores foram eficientes em reduzir a altura da haste principal avaliada aos 14 DAA (Figura 7A). Esse efeito pode ser atribuído à diminuição dos níveis de síntese do hormônio giberelina e esteróis nas plantas, o que acaba por reduzir a divisão e a elongação celular e afetar, assim, o crescimento das plantas (TAIZ e ZEIGER, 2013; KHAN, 2009; DAVIES, 2004). Soratto e outros (2015), estudando crescimento e produtividade de feijoeiro em resposta à aplicação de ácido 2,3,5-triiodobenzoico, também um inibidor de crescimento, verificaram redução no comprimento da maior haste das cultivares IAC Alvorada e IAC Jabola. Almeida e outros (2016), avaliando o efeito de PBZ aplicado via solo, observaram redução na altura das plantas de feijão em função das doses, porém, em doses superiores a 8 mg L⁻¹, resultou em fitotoxicidade. Hegazie e El-Shraiy (2007), Yin e outros (2011), Gitti e outros (2012), estudando a cultura do feijão, Peng e outros (2014), a cultura

do arroz, e Kuai e outros (2015), a cultura da canola, também verificaram redução na altura das plantas à medida que se aumentou a concentração de PBZ.

Com a diminuição no porte das plantas, pode-se aumentar a aeração da cultura e beneficiar a aplicação de defensivos agrícolas (GITTI e outros, 2012), facilitar a colheita mecanizada e aumentar a resistência ao acamamento (KUMAR e outros, 2012). Alguns estudos demonstraram que redução no crescimento vegetativo em altura pode favorecer um redirecionamento dos fotoassimilados para os frutos e promover um aumento nos componentes de produção (KUI e outros, 2015). Zheng e outros (2012) estudaram os efeitos do PBZ e observaram que, na concentração de 300 mg L⁻¹, em plantas de *Lilium* oriental, há uma redução do crescimento vegetativo, o que favoreceu o transporte de fotoassimilados para os bulbos. Entretanto, outros estudos têm indicado que a produtividade pode ser reduzida quando as plantas são compactadas com o uso excessivo de inibidores de crescimento (ZHANG e outros, 2001; ACRECHE e SLAFER, 2011; PENG e outros, 2014).

Já aos 38 DAA, não foram verificadas diferenças no comprimento da haste principal do feijoeiro em função das doses e dos reguladores (Figura 7 B). Esse resultado pode ser atribuído a uma retomada do crescimento das plantas após o término do período de ação dos inibidores e a uma retomada na síntese de GA₃ (MOUCO e outros, 2010). Também pode ser explicada por uma potencialização da síntese de citocininas endógenas. As citocininas desempenham funções específicas na planta, regulando a divisão celular nas partes aéreas e raízes, modificando a dominância apical e promovendo o crescimento de gemas laterais, retardando a senescência foliar além de promover o desenvolvimento dos cloroplastos (TAIZ e ZEIGER, 2013).

Pricinotto e Zucareli (2014), estudando PBZ, relataram redução na altura das plantas de soja poucos dias após o uso do regulador, porém, com o desenvolvimento da cultura, as plantas retomaram o crescimento; não se observaram diferenças ao compará-las com as plantas controle no final do

ciclo. Reekie e outros (2005), utilizando a PCA na cultura do morango, relataram diminuição da diferença de crescimento entre plantas tratadas e não tratadas ao longo das avaliações. Ozbay e Ergun (2015) verificaram redução de 11 % aos 35 DAA, enquanto que, aos 75 DAA, não ocorreram diferenças na altura de plantas de berinjela, em função da aplicação de PCA. Esses resultados demonstram que, ao longo do tempo, a PCA, o CM e o PBZ perdem a ação inibidora do crescimento, sugestão de que, talvez, seja necessária a realização de aplicações sequenciais. Linzmeyer Junior e outros (2008) evidenciaram que o efeito dos inibidores de síntese de giberelinas é temporário.

Os resultados do presente trabalho podem estar relacionados à mobilidade das moléculas dos inibidores de crescimento na planta. O PBZ, por exemplo, possui baixa mobilidade nos tecidos vegetais, dessa forma, conforme são gerados novos tecidos de crescimento no ápice do caule, esses não são submetidos aos efeitos do regulador, e, assim, o crescimento normal das plantas é retomado (ESPINDULA e outras, 2010), justificava, portanto, dos resultados observados neste estudo. Mouco e outros (2010) avaliaram as concentrações de GA₁ em plantas de manga tratadas com a PCA e relataram que, aos 105 DAA, sob a concentração de 1500 ppm, as plantas já haviam retomado a síntese de GA₁, porém ainda apresentavam concentrações inferiores à testemunha. Além disso, os efeitos dos reguladores sobre o crescimento das plantas podem ser irregulares, porque, em condições de campo, eles são dependentes não só do potencial bioquímico das plantas, como também de vários outros fatores, como: capacidade de resposta da planta, às condições climáticas e às práticas de manejo (OSWALT e outros, 2014).

Para o presente trabalho, pudemos verificar que, após a aplicação dos inibidores de crescimento, realizada no dia 28 de dezembro, passados poucos dias (7 a 8 DAA), ocorreu um período de maior índice pluviométrico, com chuvas praticamente todos os dias do mês de janeiro (Figura 1). Esse fato pode ter favorecido maior capacidade de absorção de

nutrientes pela planta e melhor estado hídrico, o que favoreceu a retomada do crescimento mesmo com a utilização dos inibidores de crescimento (Figura 7).

Aos 14 DAA dos reguladores de crescimento, a área foliar das plantas de feijão foi reduzida de forma linear com o aumento das doses de PBZ, o que promoveu decréscimo de 34,1 % na dose de 400 g ha⁻¹ quando comparado à testemunha. Aos resultados dos inibidores CM e PCA foram ajustados modelos quadráticos (Figura 8). Com a aplicação de CM, a área foliar das plantas de feijão decresceu 48,5 % em relação à da testemunha, até a dose estimada de 233,7 g ha⁻¹. Já a aplicação da PCA promoveu redução máxima de 35,0 % em relação à da testemunha, com a dose estimada de 300,7 g ha⁻¹.

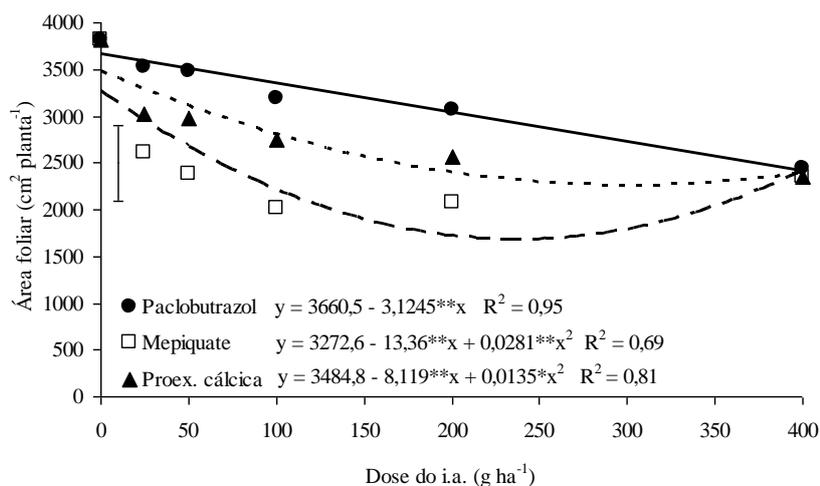


Figura 8. Área foliar do feijoeiro cv. BRS Ametista em função de doses dos reguladores de crescimento paclobutrazol (●), cloreto de mepiquate (□) e proexadiona cálcica (▲), aos 14 dias após a aplicação. Barra vertical indica DMS pelo teste de Tukey ($P=0,05$). * e ** é significativo a 5 % e 1 %, de probabilidade pelo teste t respectivamente.

O desdobramento dos reguladores de crescimento dentro de cada dose possibilitou verificar que, nas doses 25, 50, 100, e 200 g ha⁻¹, o CM promoveu menores valores de área foliar do feijoeiro, comparados aos

resultantes da aplicação do PBZ, e que a PCA apresentou valores intermediários. Na dose 400 g i.a. ha⁻¹, os produtos não se diferiram (Figura 8). Plantas compactas e com menor área foliar podem melhorar a aeração da cultura e beneficiar aplicações de defensivos agrícolas cujo alvo esteja localizado na parte inferior da planta, reduzindo obstáculos ao deslocamento das gotas de pulverização. Dodds e outros (2010) afirmaram que a arquitetura da planta torna-se mais adequada para a captura de luz e ocorre redução nos problemas com pragas e doenças. Resultados semelhantes evidenciaram que PBZ reduziu a área foliar de soja aos 7 DAA, o que também ocorreu com a fitomassa seca e fresca de plantas (CRUSCIOL e outros, 2014). Da mesma forma, a aplicação da PCA diminuiu a área foliar de plantas de tomate, quando comparada com a do controle (ALTINTAS, 2011).

É importante destacar que a menor área da folha pode reduzir a fotossíntese (DAVIS e outros, 1988). No entanto, alguns trabalhos têm evidenciado que a PCA teve um efeito positivo sobre a fotossíntese em algumas culturas, tais como morangos, mesmo quando área foliar foi reduzida (REEKIE e outros, 2005). No presente estudo, em comparação à testemunha, as folhas tratadas tinham área foliar inferior e maiores índices SPAD com base na área da folha, o que pode ter contribuído para uma melhor eficiência de carboxilação. Zhang e outros (2004) constataram que os tratamentos com uniconazole causaram reduções significativas na altura das plantas de soja e área foliar, enquanto a MS da parte aérea foi aumentada, dados que corroboram com os resultados obtidos no presente trabalho.

A MS da parte aérea aos 14 DAA não foi influenciada pelas doses dos reguladores de crescimento (Figura 9A). Esse resultado, provavelmente, ocorreu devido ao fato de as plantas estarem em plenas condições de nutrição e capacidade de crescimento, também o intervalo entre a aplicação e a avaliação pode ter sido curto, o suficiente para não terem sido detectados efeitos dos produtos sobre o acúmulo de MS.

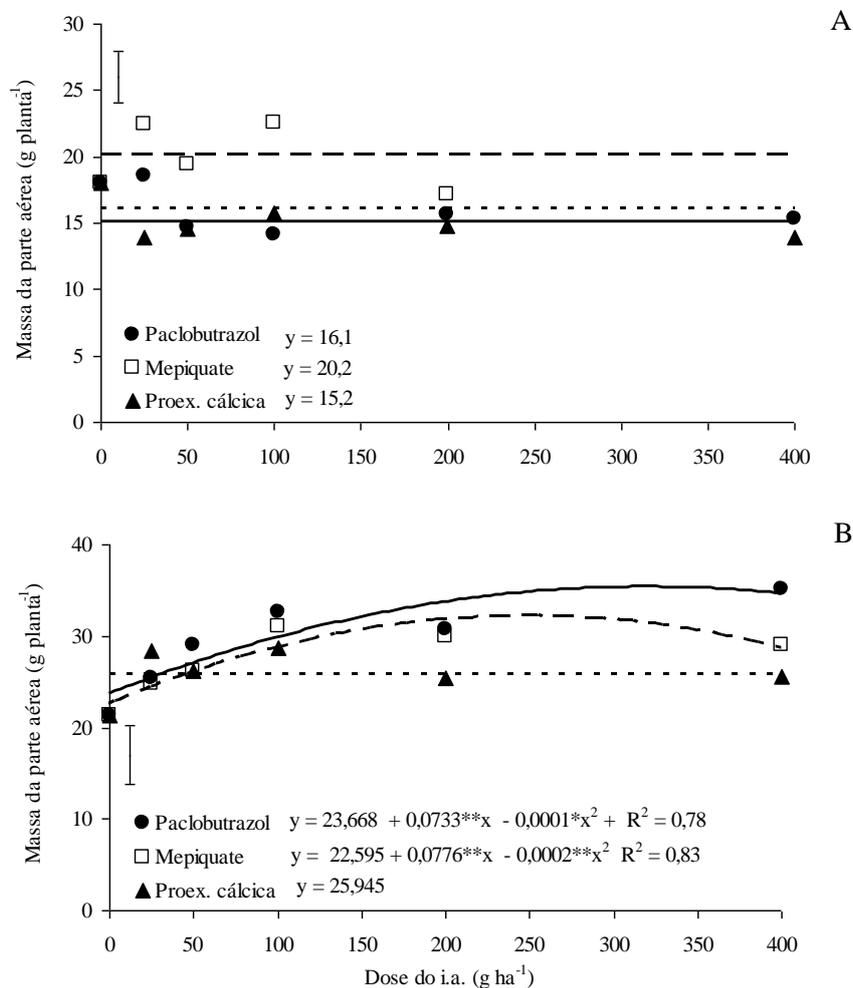


Figura 9. Matéria seca da parte aérea do feijoeiro cv. BRS Ametista em função de doses dos reguladores de crescimento paclobutrazol (●), cloreto de mepiquate (□) e proexadiona cálcica (▲), aos 14 (A) e 38 (B) dias após aplicação. Barra vertical indica DMS pelo teste de Tukey ($P=0,05$). * e ** é significativo a 5 % e 1 %, de probabilidade pelo teste t respectivamente.

Quando se analisa o efeito dos reguladores dentro de cada dose, aos 14 DAA, verifica-se que, na dose de 25 g ha⁻¹, o PBZ e o CM apresentam maior MS que a PCA (Figura 9A). Nas doses de 50 e 100 g ha⁻¹, o CM promoveu maiores MS da parte aérea que a PCA. Já nas doses de 200 e 400 g ha⁻¹, não houve diferenças entre os produtos.

Aos 38 DAA, ajustaram-se modelos polinomiais quadráticos para PBZ e CM, enquanto, para a PCA, não foi possível ajustar um modelo que representasse uma tendência para MS da parte aérea (Figura 9B). A aplicação de PBZ e CM incrementaram a MS da parte aérea das plantas de feijão até as doses máximas estimadas de 366,3 e 194,0 g ha⁻¹, respectivamente. Já o aumento nas doses da PCA não interferiu na MS da parte aérea da cultura. A avaliação dos produtos dentro de cada dose indicou que, apenas na dose de 400 g ha⁻¹, houve diferença entre eles: a MS da parte aérea é maior com a aplicação de PBZ, em comparação com a PCA. Koutroubas e outros (2014) relatam aumento no acúmulo de MS da parte aérea das plantas de girassol quando submetidas à aplicação dos reguladores de crescimento CM, PBZ e cloreto chlormequat. Esses autores sugeriram ter ocorrido um efeito positivo desses inibidores de crescimento na quantidade de fotoassimilados que estavam disponíveis para a translocação dos órgãos vegetativos para reprodutivos, causa da modificação do padrão de partição de MS pelo aumento da proporção atribuída aos órgãos reprodutivos.

Alguns estudos demonstraram que o aumento da MS da parte aérea está associado à translocação de MS para os grãos durante o período de enchimento (PAPAKOSTA e GAGIANAS, 1991; KOUTROUBAS e outros, 2004). A distribuição dos fotoassimilados na planta é um fator muito importante, pois os carboidratos são utilizados durante o metabolismo para o crescimento, diferenciação de órgãos, produção e amadurecimento de frutos, dentre outros processos metabólicos. Assim, para a produção de frutos de qualidade, com níveis adequados de açúcar, é necessário um balanço entre o que é produzido fotossinteticamente pelas folhas (fonte) e o que é consumido ou armazenado (drenos) (HOWELL, 2001).

Kuai e outros (2015), trabalhando com o PBZ em canola, relataram aumento de 14,1 % na MS da parte aérea quando comparados à testemunha sem inibidor. Kumar e outros (2012) relataram aumento na MS em *Camelina sativa*, quando foi utilizado o PBZ. Yin e outros (2011), estudando o efeito de reguladores de crescimento no feijoeiro, observaram acúmulo de MS

quando foram utilizados os inibidores, o que corrobora os resultados do presente estudo. O CM, quando aplicado em soja, resultou em MS total superior à testemunha, devido ao maior acúmulo de fotoassimilados, mesmo com a inibição do crescimento vertical das plantas (CAMPOS, 2005). De maneira similar, em mostarda etíope (*Brassica carinata*), o PBZ aumentou a MS total das plantas (SETIA e outros, 1995). Soratto e outros (2015) verificaram que a utilização do inibidor ácido 2,3,5-triodobenzóico não interferiu na produção de MS das plantas de feijão. Ramesh e Ramprasad (2015) verificaram aumento em MS das folhas quando utilizaram CM e cloreto de cloromequate em soja.

Resultados contrários foram observados por Gitti e outros (2012), os quais observaram reduções de MS da parte aérea do feijoeiro com a aplicação do PBZ. Resultados semelhantes foram obtidos por Bogiani e Rosolem (2011), que verificaram diminuição da MS da parte aérea do algodoeiro quando submetido à aplicação de CM. Em batata, embora o PBZ tenha diminuído a produção de MS total, melhorou o rendimento, dividindo mais assimilados aos tubérculos, enquanto a MS aérea diminuiu (TEKALIGN e HAMMES, 2004).

A altura de inserção da primeira vagem é considerada um dos componentes de produção importante em sistemas tecnificados de cultivo de feijão comum, pois interfere na eficiência da colheita mecanizada. Quando as vagens estão muito próximas do solo, há a possibilidade de não serem alcançadas pela plataforma de colheita e sofrerem interferência na sua produtividade (MOURA e outros, 2013). Assim, tratamentos que elevem ou não reduzam a altura de inserção da primeira vagem são fatores importantes para a colheita mecanizada. Houve resposta linear decrescente da altura de inserção da 1ª vagem quando foi pulverizado o PBZ, porém efeito oposto foi observado para a aplicação de PCA, com resposta linear crescente nesse caso (Figura 10A). O CM proporcionou resposta quadrática. A redução na altura de inserção da 1ª vagem provocada pelo PBZ foi da ordem de 25,8 % na maior dose estudada, em comparação à testemunha. Tal efeito sugere que,

em sistemas mecanizados de colheita do feijão, a aplicação de PBZ deve ser realizada de forma criteriosa.

A PCA, contrariamente ao PBZ, elevou em 28,8 % a altura de inserção da 1ª vagem na maior dose estudada, indício de que esse regulador pode auxiliar no processo de colheita mecanizada, e, mesmo reduzindo o porte das plantas (Figura 7A), manteve a altura de inserção da 1ª vagem favorável a colheita mecanizada. O CM incrementou na altura de inserção da 1ª vagem na ordem de 16,1 %, na dose estimada de 213,0 g ha⁻¹; a partir dessa dose, há uma redução na medida.

Ao desdobrar os produtos dentro de cada dose, verifica-se que, na dose de 25 e 100 g ha⁻¹, ocorre diferença apenas entre a PCA e o PBZ; o PBZ proporcionou valores de altura de inserção da 1ª vagem superiores ao PCA (Figura 10A). Já na dose de 200 g ha⁻¹, o CM promoveu altura de inserção da 1ª vagem maiores que o PBZ. Nas maiores doses administradas, não ocorreram diferenças entre o PBZ e o CM, porém estes diferiram-se da PCA; esta atingiu valores superiores em altura de inserção da 1ª vagem.

O número de vagens por planta é um dos componentes de produção que mais impactam na produtividade de grãos, e, ao estudar o efeito das doses dos reguladores de crescimento sobre esta variável, não foi possível ajustar modelos que representassem tendências para os produtos estudados (Figura 10B). Por outro lado, o desdobramento dos produtos dentro de cada dose permitiu verificar que, na dose de 25 g ha⁻¹, o PBZ proporcionou número de vagens por planta superior ao dos demais reguladores. Nas doses de 50 e 200 g ha⁻¹, não houve diferença significativa entre PBZ e CM, porém foram superiores à PCA. Já quando se utilizou a dose de 400 g ha⁻¹, o CM proporcionou número de vagens por planta maior que a PCA.

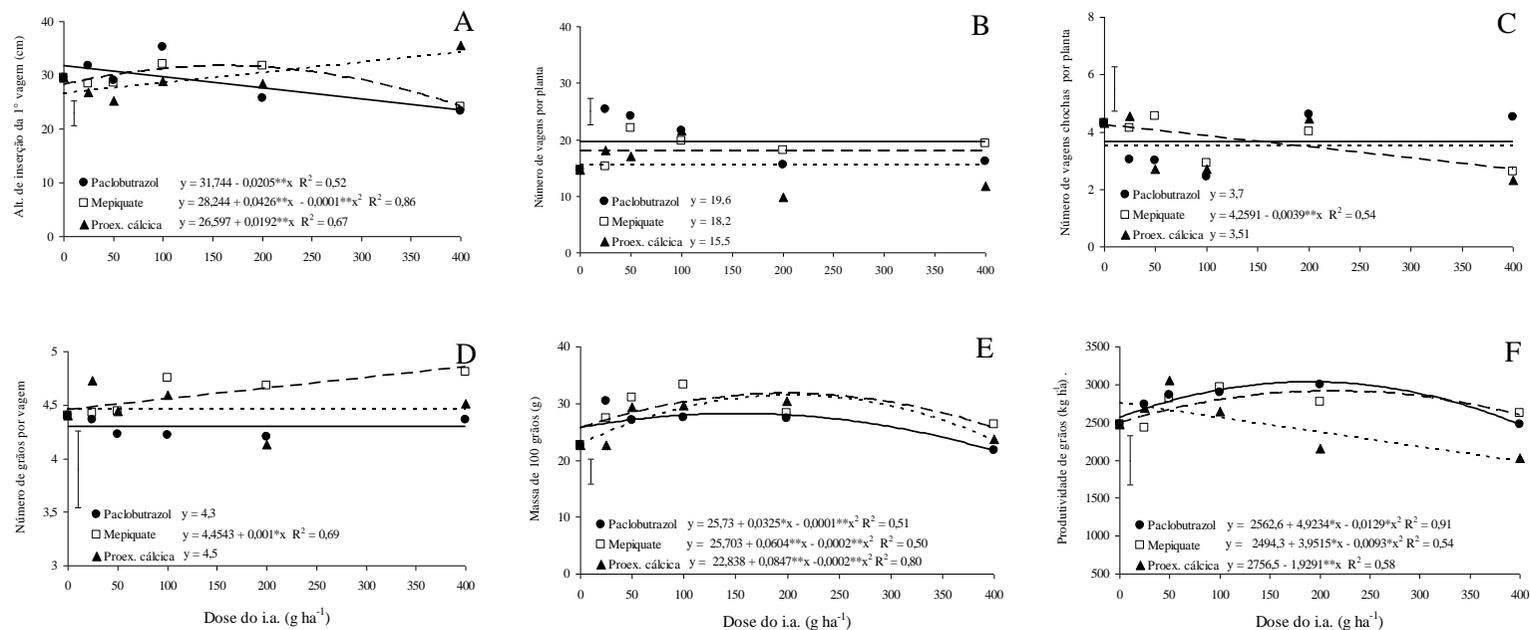


Figura 10. Altura de inserção da 1ª vagem (A), número de vagem por planta (B), número de vagem chocha por planta (C) número de grãos por vagem (D), massa de 100 grãos (E) e produtividade de grãos (F) do feijoeiro cv. BRS Ametista em função de doses dos reguladores de crescimento paclobutrazol (●), cloreto de mepiquate (□) e proexadiona cálcica (▲) aplicação via pulverização. Barra vertical indica DMS pelo teste de Tukey ($P=0,05$). * e ** são significativos a 5% e 1% de probabilidade pelo teste t, respectivamente.

A PCA e o PBZ proporcionaram o mesmo desempenho da planta observado para o número de vagens chochas no estudo das doses, ou seja, não foi possível ajustar modelos para o efeito das doses desses produtos (Figura 10C). No entanto, as doses de CM reduziram linearmente o número de vagens chochas por planta. Esse resultado indica que o CM possui a capacidade de diminuir o abortamento de flores do feijoeiro e a formação dos grãos, enquanto a PCA e PBZ parecem não interferir no processo, na cultura do feijão. Na dose 50 g ha⁻¹, o CM promoveu maior número de vagens chochas que a PCA e o PBZ, os quais não se diferiram entre si (Figura 10C). Já na dose de 400 g ha⁻¹, o PBZ proporcionou maior número de vagens chochas que a PCA e o CM.

Em consonância com os resultados observados para o número de vagens chochas, o número de grãos por vagem não foi afetado pelas doses dos reguladores PBZ e a PCA (Figura 10D). Entretanto, o CM incrementou em 9 % no número de grãos por vagem até a maior dose estudada. Contudo, não houve diferença entre os produtos em nenhuma dose estudada após o desdobramento.

De maneira geral, ocorreram acréscimos na massa de 100 grãos até pontos de máxima; a partir disso, delinearam-se modelos polinomiais de segunda ordem para todos os reguladores utilizados (Figura 10E). O PBZ promoveu aumento 10,3 % na massa de 100 grãos em relação à testemunha, sendo o ponto de máxima estabelecido em 28,4 g na dose estimada de 162,5 g ha⁻¹. Para o CM e a PCA, os acréscimos em comparação com a testemunha foram de 17,7 e 39,2 %, respectivamente. O CM proporcionou máximo valor de massa de 100 grãos de 30,26 g com a dose estimada de 151,0 g ha⁻¹, enquanto a PCA promoveu acréscimos até 31,8 g, com a dose estimada de 211,8 g ha⁻¹. Desdobrando os reguladores dentro de cada dose, verificou-se que, na dose de 25 g ha⁻¹, o PBZ proporcionou maior massa dos grãos que a PCA. Já nas doses de 100 e 400 g ha⁻¹, ocorreram diferenças apenas entre o PBZ e o CM: o CM proporcionou valores em massa de 100 grãos superiores àqueles alcançados quando se utilizou o PBZ.

Gitti e outros (2012), estudando aplicação de PBZ e o uso de diferentes doses de nitrogênio na cultura do feijão, verificaram maiores valores na massa de 100 grãos em todas as doses de nitrogênio com a presença do regulador de crescimento. Kappes e outros (2011), estudando o efeito de PBZ, CM e trinexapaque-etílico em crotalária, verificaram que a massa de mil sementes não foi afetada pelos reguladores.

O aumento da massa de 100 grãos foi acompanhado pelo aumento da produtividade de grãos, especialmente quando se utilizou os reguladores PBZ e CM (Figura 10F), enquanto a aplicação da PCA proporcionou decréscimo na produtividade de grãos. Os acréscimos na produtividade apresentaram efeito quadrático tanto para PBZ quanto para o CM, com aumento de 18,3 % e 16,8 % em relação à testemunha. Os pontos de máximas produtividades de grãos foram 3.032 kg ha⁻¹, quando utilizado PBZ, e 2.914,0 kg ha⁻¹, quando utilizado CM, e essa máxima em produtividade foi alcançada nas doses estimadas de 190,8 g ha⁻¹ e 212,4 g ha⁻¹ para o PBZ e CM, respectivamente. Já a PCA promoveu decréscimo linear na produtividade de grãos, com redução de 28,0 %, quando comparada à testemunha. Apesar dessa redução, é importante destacar que, até a dose de 50 g ha⁻¹, a aplicação da PCA proporcionou importante tendência de aumento na produtividade de grãos. Esse efeito pode ser atribuído, principalmente, ao aumento de massa de 100 grãos. Possivelmente, menores doses de PCA poderiam ter proporcionado efeito significativo na produtividade de grãos do feijoeiro. Ozbay e Ergun (2015) verificaram redução na produtividade de berinjela quando utilizado PBZ em doses superiores a 100 mg L⁻¹, enquanto doses inferiores não promoveram diferença em produtividade.

Apenas na dose de 200 g ha⁻¹, ocorreu diferença entre o PBZ e a PCA: o PBZ promoveu maior produtividade de grãos (3.003 kg ha⁻¹) que a PCA (2.155 kg ha⁻¹) (Figura 10F).

O aumento na produtividade de grãos do feijoeiro no presente trabalho é atribuído, principalmente, ao aumento na massa de 100 grãos quando utilizado o PBZ e CM (Figuras 10E e 10F). Esse efeito pode estar relacionado à ação dos reguladores em favorecer o enchimento dos grãos pela redistribuição de fotoassimilados. Além disso, também foi possível observar algum aumento no número de vagens e diminuição de vagens chocha quando pulverizado CM (Figuras 10B e 10C). Ramesh e Ramprasad (2015) atribuíram o acréscimo de produtividade de grãos de soja ao aumento de biossíntese de proteína junto ao redirecionamento em função do enchimento dos grãos, promovida pela aplicação de CM e cloreto de cloromequate. A aplicação de inibidores resultou no aumento do teor de proteína em grãos de canola (KUMAR e outros, 2012).

Vários atributos, tanto morfológicos quanto fisiológicos e bioquímicos, podem ser relacionados ao aumento em produtividade. No presente estudo, os resultados sugerem que o efeito de melhoria de algumas variáveis pode estar relacionado ao aumento de produtividade de grãos da cultura do feijão. O potencial de produtividade (fitomassa da planta) e econômico (sementes ou grãos) requer um adequado balanço entre fonte e dreno, os quais determinam o tamanho do aparelho fotossintético e a duração de sua atividade, a taxa de fotossíntese líquida e a eficiência do aparelho fotossintético, a taxa de transporte e distribuição dos fotoassimilados para os órgãos reprodutivos, o número e tamanho de frutos e a sua capacidade de acumular fotoassimilados (FLOSS, 2008). Assim, ao se fazer um paralelo entre a A/C_i e a A/E (Figuras 5A e 5B), pôde-se verificar que houve acréscimos nessas variáveis em doses no intervalo de 150 a 250 g ha⁻¹ dos reguladores. É possível ainda fazer um paralelo entre essas duas variáveis citadas e a massa de 100 grãos e produtividade (Figuras 10E e 10F) e observar que, para o mesmo intervalo de doses, houve efeitos similares,

promovidos pelo uso dos reguladores de crescimento, que evidenciam acréscimos. Dessa forma, seria possível atribuir os aumentos da massa de 100 grãos e da produtividade de grãos ao melhor desempenho da planta tanto em *A/Ci* quanto em *A/E*.

O presente estudo indica interessante potencial de uso dos reguladores de crescimento CM, PBZ e PCA no controle do crescimento vegetativo e consequentes vantagens em aumentar a massa dos grãos e a produtividade da cultura do feijão comum. Contudo, outros estudos com doses menores, especialmente da PCA, e maior número de aplicações precisam ser realizados.

5 CONCLUSÕES

Nas condições do presente estudo, observou-se que os reguladores de crescimento CM, PBZ e PCA incrementam o índice relativo de clorofila nas folhas, a eficiência do uso da água e a eficiência instantânea de carboxilação das plantas de feijão.

Apesar de ter reduzido o comprimento da haste principal aos 14 DAA, os efeitos dos reguladores no porte da planta não se mantiveram até o final do ciclo.

A aplicação dos reguladores CM e PBZ aumentou a produção de MS da parte aérea, a massa de 100 grãos e a produtividade de grãos do feijoeiro comum.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABBOTT, D.L. A tree physiologist's view of growth regulators. **Acta Horticulturae**, Leuven, v.179, n. 43, p. 293-301, 1986.
- ACRECHE, M.M.; SLAFER, G.A. Lodging yield penalties as affected by breeding in Mediterranean wheats. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 122, n. 1, p. 40-48, 2011.
- ALMEIDA, O.; DE, M.; MELO, H. C. D.; PORTES, T. D. A. Growth and yield of the common bean in response to combined application of nitrogen and paclobutrazol. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 29, n. 1, p. 127 -132, 2016.
- ALTINTAS, S. Effects of prohexadione-calcium with three rates of phosphorus and chlormequat chloride on vegetative and generative growth of tomato. **African Journal of Biotechnology**, Nairobi, v.75, p.17142-17151, 2011.
- ALVAREZ, R. C. F.; CRUSCIOL, C. A. C.; NASCENTE, A. S.; RODRIGUES, J. D.; HABERMANN, G. Gas exchange rates, plant height, yield components, and productivity of upland rice as affected by plant regulators. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 47, n. 10, p. 1455-1461, 2012.
- ALVAREZ, R. C. F.; CRUSCIOL, C. A. C.; RODRIGUES, J. D.; ALVAREZ, A. C. C. Aplicação de reguladores na cultura do arroz de terras altas. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 29, n. 2, p. 241-249, 2007.
- AMBROSANO, E.J.; TANAKA, R.T.; MASCARENHAS, H.A.A.; QUAGGIO, J. A.; CANTARELLA, H. Leguminosas e oleaginosas. In: Van RAIJ, B.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2.ed. Campinas: IAC, 1997. p.187-203 (Boletim Técnico,100).
- ANDRADE, J.P.R.; TEIXEIRA, C. M.; ANDRADE, M. J. B DE. Controle de crescimento do feijoeiro semeado no verão/outono com aplicação do fungicida propiconazol. In: Seminário de Iniciação Científica e Tecnológica, 10, 2013, Belo Horizonte, MG. **Anais...** Belo Horizonte: EPAMIG, 2013. p.5.

BECKER, W. D.; HOPPER, N. W.; MCMICHAEL, B. L.; JIVIDEN, G. M. Seed applied plant growth regulators effects on cotton germination, emergence and growth. In: BELTWISE COTTON CONFERENCE, 1999, Orlando, **Anais...** AGRIS, Florida, 1999. p. 625-627.

BEKHETA, M. A.; SHABAZ, R.; LIEBEREI, R. Uniconazole induced changes of stress responses of *Vicia faba* L. polyphenol oxidase activation pattern serves as an indicator for membrane stability. **Journal of Applied Botany and Food Quality**, Quedlinburg, v. 80, n. 2, p. 129-134, 2006.

BLUM, A. Effective use of water (EUW) and not water-use efficiency (WUE) is the target of crop yield improvement under drought stress. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 112, n. 2/3, p. 119-123, 2009.

BOGIANI, J. C.; ROSOLEM, C. A. Resposta de crescimento, matéria seca e fotossíntese do algodoeiro pelo uso de cloreto de mepiquat. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, Campina Grande, v. 15, n. 1, p. 9-16, 2011.

CAMPOS, M.F. **Efeitos de reguladores vegetais no desenvolvimento de planta de soja (*Glycine max* (L.) Merrill)**. 2005, 131f. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas) Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” Botucatu.

CARVALHO, J. J.; SAAD, J.C.C.; BASTOS, A.V.S.; SARA, S. N.; SOARES, F. A. L.; VIDAL, V. M. Teor e acúmulo de nutrientes em grãos de feijão comum em semeadura direta, sob déficit hídrico. **Irriga**, Botucatu, Edição Especial, v.1, n.1, p. 104-117, 2014.

CARVALHO, W.A.; ESPINDOLA, C.R.; PACCOLA, A.A. Levantamento de solos da Fazenda Lageado – Estação Experimental “Presidente Médice”. **Boletim Científico da Faculdade de Ciências Agrônômicas**, Botucatu, 95p. 1983.

CHANEY, W. R. Paclobutrazol: more than just a growth retardant. In: PRO-HORT CONFERENCE, 2004, Peoria, Illinois. **Anais eletrônicos...**Peoria Purdue University - Daniel Center, 2004. Disponível em: <http://www.prohort.org/TreeGrowth.pdf>. Acesso em 24 de fevereiro de 2016.

CHORBADJIAN, R. A.; BONELLO, P.; HERMS, D. A. Effect of the growth regulator paclobutrazol and fertilization on defensive chemistry and herbivore resistance of Australian pine (*Pinus nigra*) and Paper birch (*Betula papyrifera*). **Arboriculture and Urban Forestry**, Champaign, v. 37, n. 6, p. 278-287, 2011.

CHRISTOV, C. TSVETKOV, I.; KOVACHEV, V. Use of paclobutrazol to control vegetative growth and improve fruiting efficiency of grapevines (*Vitis vinifera* L.). **Bulgarian Journal Plant Physiology**, Sofia, v. 21, n. 4, p. 64-71, 1995.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Indicadores da Agropecuária. Série histórica de grãos: safra 1976/77 a 2015/ 16.** Disponível em: http://www.conab.gov.br/conabweb/.versao_final.pdf.>> Acesso em: 25 de dezembro de 2015.

CRIADO, M. V. et al. Cytokinin-induced changes of nitrogen remobilization and chloroplast ultrastructure in wheat (*Triticum aestivum*). **Journal of Plant Physiology**, v. 166, n. 16, p. 1775-1785, 2009.

CRUSCIOL, G. C. D.; KOYANAGUI, M. T.; BATISTA, T. B.; BINOTTI, F. F. S.; COSTA, M. L. N. Aplicação de ácido giberélico e paclobutrazol na cultura da soja. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia, v. 1, n. 2, p. 72-79, 2014.

DAVIES, P.J. **Plant hormones: biosynthesis, signal transduction and action!**. 3. ed. Dordrecht: Kluwer, p. 775, 2004.

DAVIS, T.D.; STEFFENS, G.L.; SANKHLA, N. Triazole plant growth regulators. **Horticultural Reviews**, Korbeek, v.10, n. 3, p.63-105, 1988.

DODDS, D.M.; BANKS, J.C.; BARBER, L.T.; BOMAN, R.K.; BROWN, S.M.; EDMISTEN, K.L.; FAIRCLOTH, J.C.; JONES, M.A.; LEMON, R.G.; MAIN, C.L.; MONKS, C.D.; NORTON, E.R.; STEWART, A.M.; NICHOLS, R.L. Beltwide evaluation of commercially available plant growth regulators. **Journal of Cotton Science**, Baton Rouge, V. 14, n.1, p. 119-130. 2010.

DUAN, L.; LI, Z.; TIAN, X.; ZHAI, Z.; HE, Z. Effects of mepiquat chloride on lateral roots initiation of cotton seedling and its mechanism. In: 4th INTERNATIONAL CROP SCIENCE CONGRESS, 2007, Brisbane. Australia. **Anais eletrônicos...** Brisbane: RA Fischer,2007. Disponível em <http://www.regional.org.au/au/asa/2004/poster/1/3/1/719_duan.htm>. Acesso em 25 de dezembro de 2015.

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. Brasília, 2013. 353p.

ESPINDULA, M. C.; ROCHA, V. S.; DE SOUZA, L. T.; DE SOUZA, M. A.; GROSSI, J. A. S. Efeitos de reguladores de crescimento na elongação do colmo de trigo. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 32, n. 1, p. 109-116, 2010.

- EVANS, J. R.; EVANS, R. R.; REGUSCI, C. L. Mode of action, metabolism, and uptake of BAS 125W, prohexadione-Calcium. **HortScience**, Alexandria, v. 34, n. 7, p. 1200-1201, 1999.
- FAGAN, E. B.; ONO, E. O.; RODRIGUES, J. D.; CHALFUN JUNIOR, A.; DOURADO NETO, D. **Fisiologia Vegetal: Reguladores Vegetais**. São Paulo: Andrei, 2015.
- FAGAN, E.B.; DOURADO NETO, D.; VIVIAN, R.; FRANCO, R.B.; YEDA, M.P.; MASSIGNAM, L.F.; OLIVEIRA, R.F. de; MARTINS, K.V. Efeito da aplicação de piraclostrobina na taxa fotossintética, respiração, atividade da enzima nitrato redutase e produtividade de grãos de soja. **Bragantia**, Campinas, v.69, n 4, p.771-777, 2010.
- FAGERIA, N. K.; MELO, L. C.; FERREIRA, E. P. B.; OLIVEIRA, J. P.; KNUPP, A. M. Dry matter, grain yield, and yield components of dry bean as influenced by nitrogen fertilization and rhizobia. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, Philadelphia, v.45, n.1, p.111-125, 2014.
- FAGERNESS, M. J.; YELVERTON, F. H. Tissue production and quality of 'tifway' bermudagrass as affected by seasonal application patterns of trinexapac-ethyl. **Crop Science**, Madison, v. 40, n. 2, p. 493-497, 2000.
- FARQUHAR, G. D.; SHARKEY, T.D. Stomatal conductance and photosynthesis. **Annual Review of Plant Biology**, Palo Alto, v 33, n. 1, p.317-345, 1982.
- FERNANDEZ, C.J.; COTHREN, J.T.; MCINNES, K.J. Carbon and water economies of wellwatered and water deficient cotton plants treated with mepiquat chloride. **Crop Science**, Madison, v.32, n.1, p.175-80, 1992.
- FERNANDEZ, C.J.; COTHREN, J.T.; MCINNES, K.J. Partitioning of biomass in well-watered and water-stressed cotton plants treated with mepiquat chloride. **Crop Science**, Madison, v.31, n.5, p.1224-1228, 1991.
- FERREIRA, M.M.R. **Reguladores vegetais e nitrogênio em cobertura em feijoeiro de inverno no sistema plantio direto**. 2013. 63 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira.
- FLETCHER R.A.; GILLEY, A.; SANKHLA, N.; DAVIS, T.D. Triazoles as plant growth regulators and stress protectants. **Horticulture Review**, Nanjing, v. 24, n.1, p. 55-137, 2000.

FLEXAS, J.; BARBOUR, M. M.; BRENDEL, O.; CABRERA, H. M.; CARRIQUÍ, M.; DÍAZ-ESPEJO, A.; DOUTHE, C.; DREYER, E.; FERRIO, J. P.; GAGO, J. Mesophyll diffusion conductance to CO₂: An unappreciated central player in photosynthesis. **Plant Science**, Limerick, v. 193-194, p. 70-84, 2012.

FLOSS, E.L. **Fisiologia das plantas cultivadas: o estudo do que está por trás do que se vê**. 4. Ed. Passo Fundo: UPF, 2008.733p

FOYER, C. H.; GALTIER, N. Source-sink interaction and communication in leaves. In: ZAMSKI, E.; SCHAFFER, A. A. (Ed.). **Photoassimilate distribution in plants and crops: Source-sink relationships**. New York: Marcel Dekker INC, cap. 13, p.331- 340, 1996.

GAO, J.; HOFSTRA, G.; FLETCHER, R. A. Anatomical changes induced by triazoles in wheat seedlings. **Canadian Journal of Botany**, Ottawa, v. 66, n. 6, p. 1178-1185, 1988.

GITTI, D. C.; ARF, O.; BUZETTI, S.; FERREIRA, M. M. R.; KAPPES, C.; KANEKO, F. H.; RODRIGUES, R. A. F. Aplicação de paclobutrazol e doses de nitrogênio em feijão de inverno cultivado em sistema plantio direto. **Scientia Agraria Paranaensis**, Marechal Cândido Rondon, v.11, n.3, p.35-46, 2012.

GREENE, D.W.; SCHLOEMANN, S.G. Prohexadione-calcium inhibits runner formation and enhances yield of strawberry. **Journal of the American Pomological Society**, University Park, v.64, n. 2, p.125-139, 2010.

GROSSI, J. A. S.; MORAES, P. J.; TINOCO, S. A.; BARBOSA J. G.; FINGER, F.; CECON P. R. Effects of paclobutrazol on growth and fruiting characteristics of 'Pitanga' ornamental pepper. **Acta Horticulturae**, Leuven, v.683, n.1, p.333-336, 2005.

GROSSMANN, K.; RETZLAFF, G. Bioregulatory effects of the fungicidal strobilurin kresoxim methyl in wheat (*Triticum aestivum* L.). **Pesticide Science**, Koganei, v.50, n. 2, p.11-20, 1997.

HEDDEN, P; GRAEBE, J. E. Inhibition of gibberellin biosynthesis by paclobutrazol in cell-free homogenates of Cucurbita maxima endosperm and Malus pumila embryos. **Journal of Plant Growth Regulation**, New York, v. 4, n. 1-4, p. 111-122, 1985.

HEGAZIE, A. M. ; EL-SHRAIY, A. M. Impact of salicylic acid and paclobutrazol exogenous application on the growth, yield and nodule formation of common bean. **Australian Journal of Basic and Applied Sciences**, Canberra, v. 1, n. 4, p. 834-840, 2007.

HODGES, H.F.; REDDY, V.R.; REDDY, K.R. Mepiquat chloride and temperature effects on photosynthesis and respiration of fruiting cotton. **Crop Science**, Madison, v.31, n.5, p.1302-1308, 1991.

HOLDEN, J. **The use of Pix as a cotton management tool**. Australian Cotton CRC. 2004. Disponível em: <<http://www.cotton.crc.org/au/publicat/agro/pix.htm>>. Acesso em: 25 abr. 2015.

HOWELL, G. S. Sustainable grape productivity and the growth-yield relationship: A review. **American Journal of Enology and Viticulture**, Davis, v. 52, n. 3, p. 165-174, 2001.

JAIMEZ, R. E.; RADA, F.; GARCÍA-NÚÑEZ, C.; AZÓCAR, A. Seasonal variations in leaf gas exchange of platain cv. 'Hartón' (Musa AAB) under different soil water conditions in a humid tropical region. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v.104, n.1, p.79-89, 2005.

KAPPES, C.; ARF, O.; ARF, M. V.; GITTI, D. C.; ALCALDE, A. M. Uso de reguladores de crescimento no desenvolvimento e produção de crotalária. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.41, n. 3, p.508-518, 2011.

KHALIL, I.A.; HIDAYAT-UR-RAHMANB. Effect of paclobutrazol on growth, chloroplast pigments and sterol biosynthesis of maize (*Zea mays* L.). **Plant Science**, Limerick, v.105, n.1, p.15-21, 1995.

KHAN, M. S. H. Sterol Biosynthesis Inhibition by Paclobutrazol Induces Greater Aluminum (Al) Sensitivity in Al-Tolerant Rice. **American Journal of Plant Physiology**, New York, v. 4, n. 3, p. 89-99, 2009.

KOLKMAN, J.M.; KELLY, J.D. Agronomic traits affecting resistance to white mold in common bean. **Crop Science**, Madison, v.42, n.3, p.693-699, 2002.

KOUTROUBAS, S. D.; PAPAKOSTA, D. K.; DOITSINIS, A. Cultivar and seasonal effects on the contribution of pre-anthesis assimilates to safflower yield. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 90, n. 2, p. 263-274, 2004.

KOUTROUBAS, S. D.; VASSILIOU, G.; DAMALAS, C. A. Sunflower morphology and yield as affected by foliar applications of plant growth regulators. **International Journal Plant Production**, Gorgan, v. 8, n. 2, p. 215-229, 2014.

KUAI, J.; YANG, Y.; SUN, Y.; ZHOU, G.; ZUO, Q.; WU, J.; LING, X. Paclobutrazol increases canola seed yield by enhancing lodging and pod shatter resistance in *Brassica napus* L. **Field Crops Research**, Amsterdam, v.180, n. 2, p.10–20, 2015.

KUMAR, S.; GHATTY, S.; SATYANARAYANA, J.; GUHA, A.; CHAITANYA, BSK.; REDDY, A. R.; Paclobutrazol treatment as a potential strategy for higher seed and oil yield in field-grown *Camelina sativa* L. Crantz. **BMC Research Notes**, London, v. 5, n. 1, p. 137, 2012.

LAMAS, F. M.; ATHAYDE, M. L. F.; BANZATTO, D. A. Reações do algodoeiro CNPA-ITA 90 ao cloreto de mepiquat. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 35, n. 3, p. 507-516, 2000.

LAWSON, T.; KRAMER, D. M.; RAINES, C. A. Improving yield by exploiting mechanisms underlying natural variation of photosynthesis. **Current Opinion in Biotechnology**, Massachusetts, v. 23, n. 2, p. 215-220, 2012.

LI, W. X.; CHEN, M.; CHEN, W. T.; QIAO, C. K.; LI, M. H.; HAN, L. J. Determination of mepiquat chloride in cotton crops and soil and its dissipation rates. **Ecotoxicology and environmental safety**, Attenkirchen, v. 85, n. 3, p. 137-143, 2012.

LINZMEYER JUNIOR, R.; GUIMARÃES, V. F.; DOS SANTOS, D.; BENCKE, M. H. Influência de retardante vegetal e densidades de plantas sobre o crescimento, acamamento e produtividade da soja. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 30, n. 3, p. 373- 379, 2008.

MARUR, C.J. Fotossíntese e translocação de carboidratos em algodoeiro submetidos a déficit hídrico após a aplicação de cloreto de mepiquat. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Campinas, v.10, n. 1, p.59-64, 1998.

MELO, L. C.; PELOSO, M. J. D.; PEREIRA, H. S.; FARIA, L. C.; COSTA, J, G. C. DA; DÍAZ, J. L. C.; RAVA, C. A; WENDLAND. A; ABREU, Â. F. B. BRS Estilo: common bean cultivar with Carioca grain, upright growth and high yield potential. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, v. 10, n. 4, p. 377-379, 2010.

MELO, L.C.; COSTA, J.G.C.; PEREIRA, H.S.; DEL PELOSO, M.J.; WENDLAND, A.; FARIA, L.C.; NASCENTE, A.S.; DÍAZ, J.L.C.; CARVALHO, H.W.L.; COSTA, A.F. ; ALMEIDA, V.M.; MELO, C.L.P.; ABREU, A.F.B.; MAGALDI, M.C.S.; POSSE, S.C.P.; SOUZA FILHO, B.F.; SOUZA, J.F.; GUIMARÃES, C.M.; OLIVEIRA, J.P. Common bean cultivar BRS Ametista with large Carioca grains and disease resistance. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, v.12, n.4, p.293-296, 2012.

MOLLY, J.; KOCZAN, J. M.; KENNELLY, M. M.; SUNDIN, G. W. Evidence that prohexadione-calcium induces structural resistance to fire blight infection. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 99, n. 5, p. 591-596, 2009.

MOUCO, M. A. D. C.; ONO, E. O.; RODRIGUES, J. D. Inibidores de síntese de giberelinas e crescimento de mudas de mangueira 'Tommy Atkins'. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 40, n. 2, 2010.

MOURA, M. M.; CARNEIRO, P. C. S.; DE SOUZA CARNEIRO, J. E.; CRUZ, C. D. Potencial de caracteres na avaliação da arquitetura de plantas de feijão de feijão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília v. 48, n. 4, p. 417-425, 2013.

MULLINS, M.G. Hormonal regulation of flowering and fruit set in the grapevine. **Acta Horticulturae**, Leuven, v.179, n. 1, p.309-315, 1986.

NEVES, L.L.M.; SIQUEIRA, D.L. de; CECON, P.R.; MARTINEZ, C.A.; SALOMÃO, L.C.C. Crescimento, trocas gasosas e potencial osmótico da bananeira-'Prata', submetida a diferentes doses de sódio e cálcio em solução nutritiva. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.24, n. 2, p.524-529, 2002.

OMETTO, J. P. H. B.; EHLERINGER, J. R.; MARTINELLI, L. A.; BERRY, J.; FLANAGAN, L.; DOMINGUES, T. F.; HIGUCHI, N. Variação temporal do isótopo estável do carbono em material arbóreo em florestas da região Amazônica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ECOLOGIA, 4. 2003, Fortaleza. **Anais...** Rio Claro: Sociedade de Ecologia do Brasil, 2003. CD-ROM.

OSWALT, J. S.; RIEFF, J. M.; SEVERINO, L. S.; AULD, D. L.; BEDNARZ, C. W.; RITCHIE, G. L. Plant height and seed yield of castor (*Ricinus Communis* L.) sprayed with growth retardants and harvest aid chemicals. **Industrial Crops and Products**, Dordrecht, v.61, n. 1, p.272-277, 2014.

OZBAY, N.; ERGUN, N.; Prohexadione calcium on the growth and quality of eggplant seedlings. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.50, n.10, p.932-938, out. 2015.

PAPAKOSTA, D.K.; GAGIANAS, A.A. Nitrogen and dry matter accumulation, remobilization and losses for Mediterranean wheat during grain filling. **Agronomy Journal**, Madison, v. 83, n. 3, 864-870,1991.

PELEGRIN, R.; MERCANTE, F. M.; OTSUBO, I. M. N.; OTSUBO, A. A. Resposta da cultura do feijoeiro à adubação nitrogenada e à inoculação com rizóbio. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, Viçosa v. 33, n. 1, p. 219-226, 2009.

PENG, D.; CHEN, X.; YIN, Y.; LU, K.; YANG, W.; TANG, Y.; WANG, Z. Lodging resistance of winter wheat (*Triticum aestivum* L.): lignin accumulation and its related enzymes activities due to the application of paclobutrazol or gibberellin acid. **Field Crops Research**. Amsterdam v.157, p.1-7, 2014.

PEREIRA, H. S., WENDLAND, A., MELO, L. C., DEL PELOSO, M. J., FARIA, L. C. D., COSTA, J. G. C. D; MELO, C. L. P. D. BRS Notável: a medium-early-maturing, disease-resistant Carioca common bean cultivar with high yield potential. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, v. 12, n. 3, p. 220-223, 2012.

PRICINOTTO, L. F.; ZUCARELI, C. Paclobutrazol no crescimento e desempenho produtivo da soja sob diferentes densidades de semeadura. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 27, n. 4, p. 65-74, 2014.

PRIVÉ, J.P.; CLINE, J.; FAVA, A. Influence of prohexadione calcium (Apogee[®]) on shoot growth of non-bearing mature apple trees in two different growing regions. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v.86, n.1, p. 227-233, 2006.

RADEMACHER, W. Chemical regulation of shoot growth in fruit trees. **Acta Horticulturae**, Leuven, n.653, p.29-32, 2004.

RADEMACHER, W. Growth retardants: effects on gibberellin biosynthesis and other metabolic pathways. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, Califórnia, v.51, p.501-531, 2000.

RADEMACHER, W.; SAARLOOS, K.; PORTE, J.; FORCADES, F.; SENECHAL, Y.; ADREOTTI, C.; SPINELLI, F.; SABANATI, E.; COSTA, G. Impact of Prohexadione-Ca on the Vegetative and Reproductive performance of apple and pear trees. **HortScience**, Alexandria, v.69, n. 6, p.221-228 2004.

RADEMACHER, W.; SPINELLI, F.; COSTA, G. Prohexadione-Ca: Modes of action of a multifunctional plant bioregulator for fruit trees. **Acta Horticulturae**, Leuven, v.727, n. 1, p. 97-106, 2006.

RAIJ, B.; ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Secretaria de Agricultura e Abastecimento, APTA e IAC, 2001, 284 p.

RAMESH, R.; RAMPRASAD, E. Effect of plant growth regulators on morphological, physiological and biochemical parameters of soybean (*Glycine max* L. Merrill). **Biotechnology and Bioforensics**. Singapore, p. 61-71. 2015.

RAMÍREZ, H.; HERRERA-GÁMEZ, B.; MÉNDEZ-QUIROA, Y. H.; BENAVIDES-MENDOZA, A.; ÁLVAREZ-MARES, V.; RANCAÑO-ARRIOJA, J. H.; VILLAREAL-QUINTANILLA, J. A. Prohexadione de calcio disminuye el contenido de giberelinas endógenas en ápices de tomate saladete y chile pimiento. **Revista Chapingo. Serie horticultura**, Texcoco, v. 14, n. 2, p. 193-198, 2008.

REDDY, A.R.; REDDY, K.R.; HODGES, H.F. Mepiquat chloride (PIX)-induced changes in photosynthesis and growth of cotton. **Plant Growth Regulation**, New York, v.20, n. 1, p.179-83, 1996.

REEKIE, J. Y.; HICKLENTON, P. R.; STRUIK, P. C. Prohexadione-calcium modifies growth and increases photosynthesis in strawberry nursery plants. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v. 85, n. 3, p. 671-677, 2005.

REN, X.; ZHANG, L.; DU, M.; EVERS, J. B.; VAN DER WERF, W.; TIAN, X.; LI, Z. Managing mepiquat chloride and plant density for optimal yield and quality of cotton. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 149, n.1, p. 1-10, 2013.

RESENDE G. M.; SOUZA, R. J. Efeito de doses de paclobutrazol na cultura do alho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 5, p. 637-641, 2002

RODRIGUES, J. D.; GODOY, L. J. G.; ONO, E. O. Reguladores vegetais: bases e princípios para utilização em gramados. In: II SIGRA Simpósio sobre gramados: manejo de gramas na produção e em gramados formados, **Simpósio...2**. ed. Botucatu: GEMFER/FEPAF, 2009. p. 233-262.

ROSOLEM, C. A.; OOSTHERUIS, D. M.; SOUZA, F. S. Cotton response to mepiquat chloride and temperature. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 70, n.2, p. 82-87. 2013.

- SANTOS, L. A.; SORATTO, R. P.; FERNANDES, A. M.; GONSALES, J. R. Crescimento, índices fisiológicos e produtividade de cultivares de feijoeiro sob diferentes níveis de adubação. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 62, n.1, p. 107-116, 2015.
- SETIA, R. C.; BHATHAL, G.; SETIA, N. Influence of paclobutrazol on growth and yield of *Brassica carinata* A. Br. **Plant Growth Regulation**, New York, v. 16, n. 2, p. 121-127, 1995.
- SHARMA, D. K.; DUBEY, A. K.; SRIVASTAV, M.; SINGH, A. K.; SAIRAM, R. K.; PANDEY, R. N.; DAHUJA A.; KAUR, C. Effect of putrescine and paclobutrazol on growth, physiochemical parameters, and nutrient acquisition of salt-sensitive citrus rootstock karna khatta (*Citrus karna* Raf.) under NaCl Stress. **Journal of Plant Growth Regulation**, New York, v.30, n. 1, p.301-311, 2011.
- SHIMAZAKI, K. I.; DOI, M.; ASSMANN, S. M.; KINOSHITA, T. Light regulation of stomatal movement. **Annual Review of Plant Biology**, Palo Alto, v.58, n. 3, p.219-247, 2007.
- SIEBERT, J.D., STEWART, A.M. Influence of plant density on cotton response to mepiquat chloride application. **Agronomy Journal**, Madison, v. 98, n. 1, p. 1634–1639, 2006.
- SILVA, R.P.; REIS, L. D.; REIS, G. N.; FURLANI, C. E. A.; CORTEZ, A. L.; WILSON, J. Desempenho operacional do conjunto trator-recolhedora de feijão. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.38, n.5, p.1286-1291, 2008.
- SMIT, M.; MEINTJES, J.J.; JACOBS, G.; STASSEN, P.J.C.; THERON, K.I. Shoot growth control of pear trees (*Pyrus communis* L.) with prohexadione-calcium. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v.106, n. 1, p.515-529, 2005.
- SORATTO, R. P.; SOUZA-SCHLICK, G. D.; FERNANDES, A. M.; OLIVEIRA, L. F. F. A. Crescimento e produtividade de duas cultivares de feijão em função de doses de ácido 2,3,5-triidobenzóico. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.45, n.12, p.2181-2186, 2015.
- SOUZA, C. A.; COELHO, C. M. M.; STEFEN, D.L.V.; SACHS, C.; FIGUEIREDO, B. P. Atributos morfométricos e componentes da produção do feijoeiro sob efeito de redutores de crescimento. **Cientifica**, Jaboticabal, v. 38, n. 1/2, p. 030-038, 2010.

SOUZA, C. A.; FIGUEIREDO, B. P.; COELHO, C. M. M.; CASA, R. T.; SANGOI, L. Arquitetura de plantas e produtividade da soja decorrente do uso de redutores de crescimento Plant architecture and productivity of soybean affected by plant growth retardants. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 29, n. 3, 2013.

SOUZA, F. S. **Ação de reguladores de crescimento no algodoeiro em função da ocorrência de chuvas, temperatura e adjuvante**. 2007, 104 p. Tese (Doutorado em Agronomia - Agricultura) Universidade estadual paulista "Júlio de Mesquita Filho. Unesp, Botucatu.

SPINELLI, F.; RADEMACHER, W.; SABATINI, E.; COSTA, G. Reduction of scabincidence (*Venturia inaequalis*) in apple with prohexadione-Ca and trinexapac-ethyl, two growth regulating acylcyclohexanediones. **Crop Protection**, Tehran, v. 29, n. 1, p. 691-698, 2010.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre, RS: Artmed, 2013. 918p.

TEKALIGN, T.; HAMMES, P. S. Response of potato grown under non-inductive condition paclobutrazol: shoot growth, chlorophyll content, net photosynthesis, assimilate partitioning, tuber yield, quality, and dormancy. **Plant Growth Regulation**, New York, v. 43, n. 3, p. 227-236, 2004.

TIAN, X. L.; XIE, X. Y.; ZHOU, C. J.; YANG, P. Z.; WANG, B. M.; DUAN, L. S.; LI, Z. H. Factors affecting the degradation of mepiquat chloride in soil. **Journal of Agro-Environment Science**, Madison, v. 27, n. 2, p.1726–1731, 2008.

UNRATH, C. R. Prohexadione-Ca: a promising chemical for controlling vegetative growth of apples. **HortScience**, Alexandria, V. 34, n. 3, p.1197-1200, 1999.

VALÉRIO, C. R.; ANDRADE, M. D.; FERREIRA, D. F. Comportamento das cultivares de feijão Aporé, Carioca e Pérola em diferentes populações de plantas e espaçamentos entre linhas. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.23, n.2, p.515-528, 1999.

WANG, X.; QI, P.; YANG, G.; WANG, X.; ZHANG, H.; XU, H.; WANG, Q. Enantioselective degradation of (2RS, 3RS)-paclobutrazol in peach and mandarin under field conditions. **Chirality**, Hoboken, v. 26, n. 8, p. 400, 2014.

YIN, B.; ZHANG, Y.; ZHANG, Y. Effects of plant growth regulators on growth and yields characteristics in adzuki beans (*Phaseolus angularis*). **Frontiers of Agriculture in China**, Beijing, v. 5, n. 4, p. 519–523, 2011.

ZHANG, G.P.; CHEN, J.X.; AUGUSTINE BULL, D. The effects of timing of N application and plant growth regulators on morphogenesis and yield formation in wheat. **Plant Growth Regulation**, New York, V.35, n. 4, p.239–245, 2001.

ZHANG, M., DUAN, L., ZHAI, Z., LI, J., TIAN, X., WANG, B.; LI, Z. Effects of plant growth regulators on water deficit-induced yield loss in soybean. In: 4th INTERNATIONAL CROP SCIENCE CONGRESS, 2004, Brisbane. **Anais...** Australia, 2004. p. 252-256.

ZHAO, Z. Y.; CAI, T.; TAGLIANI, L.; MILLER, M.; WANG, N.; PANG, H.; PIERCE, D. Agrobacterium-mediated sorghum transformation. **Plant Molecular Biology**, Dordrecht, v.44, n. 1, p.789-798, 2000.

ZHENG, R.; WU, Y.; XIA, Y. Chlorocholine chloride and paclobutrazol treatments promote carbohydrate accumulation in bulbs of *Lilium* Oriental hybrids ‘Sorbone’. **Journal of Zhejiang University**, Hangzhou, v. 13, n. 2, p. 136-144, 2012.

ZHU, X.-G.; SONG, Q.; ORT, D. R. Elements of a dynamic systems model of canopy photosynthesis. **Current Opinion in Plant Biology**, Massachusetts, v. 15, n. 3, p. 237-244, 2012