

**CRESCIMENTO INICIAL DE CAFEEIROS
SUBMETIDOS A INIBIDORES DE SÍNTESE
DE GIBERELINAS**

LUCIALDO OLIVEIRA D'ARÊDE

2015

LUCIALDO OLVEIRA D'ARÊDE

**CRESCIMENTO INICIAL DE CAFEEIROS SUBMETIDOS A
INIBIDORES DE SÍNTESE DE GIBERELINAS**

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.

Orientadora
Profa. DSc. Sylvana Naomi Matsumoto

VITÓRIA DA CONQUISTA
BAHIA-BRASIL
2015

D23c D'Arêde, Lucialdo Oliveira.
Crescimento inicial de cafeeiros submetidos a inibidores de síntese de Giberelinas./ Lucialdo Oliveira D'Arêde, 2015.
96f.: il.; algumas col.
Orientador (a): Sylvana Naomi Matsumoto.
Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Programa de Pós-graduação em Agronomia, área de concentração Fitotecnia. Vitória da Conquista, 2015.
Inclui referências. 74 a 96
1. *Coffea arabica*. 2. Retardadores de crescimento. 3. Paclobutrazol. 4. Cloreto de mepiquat. 5. Prohexadione cálcio. I. Matsumoto, Sylvana Naomi. II. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Programa de Pós-Graduação em Agronomia. III. T.

CDD: 633.73

Catálogo na fonte: Juliana Teixeira de Assunção 5/54-P
UESB – Campus de Vitória da Conquista - BA

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA – UESB
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA
Área de Concentração em Fitotecnia

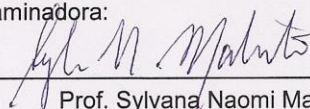
Campus de Vitória da Conquista - BA

DECLARAÇÃO DE APROVAÇÃO

Título: “CRESCIMENTO INICIAL DE CAFEEIROS SUBMETIDOS A INIBIDORES DE SÍNTESE DE GIBERELINAS”

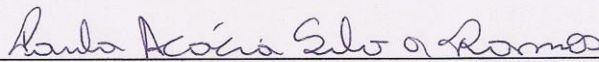
Autor: **Lucialdo Oliveira D'Arêde**

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de MESTRE EM AGRONOMIA, ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM FITOTECNIA, pela Banca Examinadora:

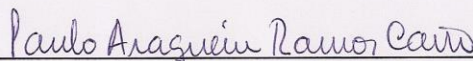


Prof. Sylvana Naomi Matsumoto, D.Sc., UESB

Presidente



Profª Paula Acácia Silva Ramos, D.Sc., CAPES/PNPD



Prof. Paulo Araquém Ramos Cairo, D.Sc., UESB

Data de realização: 16 de novembro de 2015.

Estrada do Bem Querer, Km 4 – Caixa Postal 95 – Telefone: (77) 3425-9383
– Fax: (77) 3424-1059 – Vitória da Conquista – BA – CEP: 45031-900
e-mail: ppgagronomia@uesb.edu.br

A Deus, sem Ele nada tem sentido.
A Gabriel Paranhos d'Arêde (*in memoriam*), de quem sinto saudades
sempre.

Dedico

AGRADECIMENTOS

Confesso que sempre achei esta parte da dissertação a mais difícil de ser escrita, talvez porque, quando penso em cada um que fez parte dessa jornada, palavras e sentimentos me vêm à cabeça, tais como: amor, companheirismo, compreensão, fé, felicidade, força, paciência, perseverança e superação, por isso um “muitíssimo obrigado” não seria suficiente para agradecer-lhes. Mas é chegado o momento de expressar minha gratidão.

Sou grato ao Pai, pela minha vida e pela luz nos momentos em que me vi perdido.

Sou grato à minha família, que compreendeu a minha ausência em muitos momentos, desde que ingressei no Mestrado, até a conclusão desta dissertação.

Sou grato à minha orientadora Dra. Sylvana Naomi Matsumoto. Tive a sorte de conviver com uma pessoa tão dedicada e diligente. A você, meu muito obrigado.

Sou grato à Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (Uesb), pela minha formação profissional, e, em especial, ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, pela oportunidade que me foi concedida.

Sou grato à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), pela concessão da bolsa de estudo.

Sou grato aos amigos e colegas do Laboratório de Fisiologia Vegetal, por toda a ajuda na realização e condução do experimento.

Sou grato aos colegas e amigos do Mestrado e Doutorado, pelos bons momentos de estudo, descontração e trocas de ideias.

Sou grato aos docentes do Programa da Pós-graduação em Agronomia, pelos grandiosos ensinamentos.

Sou grato aos membros da banca examinadora, por aceitarem o convite e pelas valiosas sugestões na melhoria do trabalho.

A todos, muitíssimo obrigado! Sou eternamente grato àqueles que, direta e indiretamente, contribuíram para esta conquista.

“A maior recompensa do nosso trabalho não é o que nos pagam por ele, mas aquilo em que ele nos transforma.”
(John Ruskin)

RESUMO

D'ARÊDE, L. O. **Crescimento inicial de cafeeiros submetidos a inibidores de síntese de giberelinas**. Vitória da Conquista - BA: Uesb, 2015. 96f. (Dissertação - Mestrado em Agronomia, Área de Concentração em Fitotecnia)*

O estudo foi desenvolvido com o objetivo de avaliar o crescimento e o desenvolvimento vegetativo inicial de cafeeiros cv. Catuaí, submetidos a diferentes concentrações de inibidores de síntese de giberelinas (cloreto de mepiquat, paclobutrazol e prohexadione cálcio), com aplicações via foliar e via solo. Foram realizados seis experimentos, com delineamento experimental em blocos casualizados com cinco tratamentos (concentrações do regulador de 0, 250, 500, 750 e 1000 ppm) e quatro repetições, perfazendo vinte parcelas experimentais. Após 120 dias do transplântio das mudas para os vasos, foram avaliadas características de crescimento e de fisiologia. Os dados foram submetidos a testes de homogeneidade de variância e teste de normalidade e, posteriormente, à análise de variância. A definição dos modelos para as relações entre as características avaliadas e as concentrações dos retardadores e diferentes modos de aplicação foram definidos conforme a análise de variância da regressão, utilizando o software Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas (Saeg), versão 9.1. Os inibidores de síntese de giberelinas alteraram o crescimento e o desenvolvimento vegetativo inicial de plantas de café. A inibição ou promoção do crescimento e do desenvolvimento vegetativo inicial foram moduladas pelo tipo de regulador, pelo modo de aplicação e pela concentração aplicada. A aplicação do cloreto de mepiquat induziu à redução de características morfológicas sob a aplicação de concentrações iniciais. A aplicação de prohexadione cálcio via foliar induziu ao efeito promotor sob concentrações que variaram de 740 ppm a 880 ppm, resultando em benefícios do status hídrico, reduzindo a transpiração foliar e elevando Ψ_{wam} . O prohexadione cálcio aplicado via solo reduziu a área foliar. O paclobutrazol via solo causou fitotoxicidade nas plantas de café, nas doses aplicadas neste estudo. O paclobutrazol aplicado via foliar provocou redução de todas as características morfológicas da planta, excetuando-se as massas de raízes, cujos valores máximos foram atingidos em concentrações intermediárias. O paclobutrazol proporcionou maximização de A e ΔC , além de otimizar A/Ci .

Palavras-chave: *Coffea arabica*. Retardadores de crescimento. Paclobutrazol. Cloreto de mepiquat. Prohexadione cálcio

* Orientadora: Sylvana Naomi Matsumoto, DSc.- Uesb

ABSTRACT

D'ARÊDE, L. O. **Initial growth of coffee plants under application of plant growth regulators.** Vitória da Conquista-BA: Uesb, 2015. 96f. (Dissertation - Master's degree in Agronomy, Field of Study: Plant Managing)*

The aim of this study was to evaluate the vegetative growth and initial development of coffee submitted to different concentrations of different growth retardants in two application forms. Six experiments were performed for each experiment where we used a growth regulator (mepiquat chloride, paclobutrazol and prohexadione calcium under different forms of application (foliar and soil). The experimental design was randomized blocks with 5 treatments and 4 repetitions, totaling 20 experimental plots. The concentrations utilized for each regulator were 0, 250, 500, 750 and 1000 ppm. After 120 days after transplanting the seedlings to pots, morphological characteristics were evaluated: number of leaves, leaf area, SPAD index, dry mass of roots, shoot dry mass, stem diameter and stem length; Reviews gas exchange: leaf temperature, temperature in the chamber, internal CO₂ concentration in substomatal chamber, transpiration rate, stomatal conductance, CO₂ assimilation rate, CO₂ consumption, water use efficiency and carboxylation efficiency. The data were submitted to the variance homogeneity test and normality test and subsequently to the analysis of variance. The definition of the models for the relationship between the characteristics evaluated and concentrations of retardants and their different application modes have been defined from the regression analysis of variance using the Statistical Analysis System software and Genetics, Saeg, version 9.1. The gibberellin synthesis inhibitors alter the growth and initial vegetative growth of coffee plants. The inhibition or promotion of growth and early vegetative development are modulated by the type regulator, the mode of application and the applied concentration. The application of mepiquat chloride induces reduction morphological characteristics under the application of initial concentrations. Foliar application of Prohexadione calcium in concentrations ranging 740 ppm to 880 ppm provides better water status, reducing E with the increase in Ψ_{wam} . The Prohexadione calcium applied to the soil, demonstrates effect only in folklore area, reducing their growth. The paclobutrazol in the soil result in phytotoxicity the coffee plants. Paclobutrazol applied foliar reduces all the morphological characteristics of the plant, except roots mass weight, whose highest values occur in the intermediate concentrations. Paclobutrazol provides maximization A and ΔC , while optimizing A/Ci .

Keywords: *Coffea arabica*, growth retardants, paclobutrazol, mepiquat chloride, Prohexadione cálcio

* Advisor: Sylvana Naomi Matsumoto, DSc. - Uesb

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 - Análise química do solo utilizado como substrato para os seis ensaios conduzidos em vasos sobre inibidores de síntese de giberelinas em *Coffea arabica*. Uesb, Vitória da Conquista - BA, 2013. 31
- Tabela 2 - Resumo da análise de variância e coeficientes de variação das características área foliar (AF), comprimento do caule (CC), diâmetro do caule (DC), número de folhas (NF), massa fresca da parte aérea (MFPA), massa seca da parte aérea (MSPA), massa fresca da raiz (MFR), massa seca da raiz (MSR), avaliadas 120 dias após aplicação de diferentes concentrações de cloreto de mepiquat em plantas de café (*Coffea arabica* L.) no ensaio de aplicação via foliar e via solo. 35
- Tabela 3 - Resumo dos modelos matemáticos da análise de variância de plantas de café (*Coffea arabica* L.) submetidas às concentrações de cloreto de mepiquat, aplicadas via foliar e via solo, avaliadas 120 dias após aplicação do regulador. 36
- Tabela 4 - Resumo da análise de variância de plantas de café (*Coffea arabica* L.) submetidas às concentrações de cloreto de mepiquat (Conc). aplicado via foliar e via solo, para as características de potencial hídrico foliar antemanhã (Ψ_{wam}), potencial hídrico foliar ao meio-dia (Ψ_{wpm}), taxa de CO_2 consumido (ΔC), concentração de CO_2 na câmara subestomática (C_i), assimilação líquida do carbono (A), taxa de transpiração (E), condutância estomática (g_s), temperatura interna da câmara (T_{ch}), temperatura foliar (T_{lf}), eficiência instantânea no uso da água (A/E), eficiência instantânea de carboxilação (A/C_i) e índice Spad (Spad), avaliadas 20 dias após aplicação do regulador. 45
- Tabela 5 - Resumo dos modelos matemáticos da análise de variância de plantas de café (*Coffea arabica* L.) submetidas às concentrações de cloreto de mepiquat, aplicado via foliar e via solo, avaliadas 120 dias após aplicação do regulador. 46
- Tabela 6 - Resumo da análise de variância de plantas de café (*Coffea arabica* L.) submetidas a concentrações de prohexadione cálcio em ensaios de aplicação via foliar e via solo, para as características de área foliar (AF), comprimento do caule (CC), diâmetro do caule (DC), número de folhas (NF), massa fresca da parte aérea (MFPA), massa seca da parte

	aérea (MSPA), massa fresca da raiz (MFR), massa seca da raiz (MSR), avaliadas 120 dias após aplicação do regulador.	50
Tabela 7 -	Resumo da análise de variância de plantas de café (<i>Coffea arabica</i> L.) submetidas a concentrações de prohexadione cálcio (Conc), em ensaios sobre aplicação via foliar e via solo, para as características de potencial hídrico foliar antemanhã (Ψ_{wam}), potencial hídrico foliar ao meio-dia (Ψ_{wpm}), taxa de CO ₂ consumido (ΔC), concentração de CO ₂ na câmara subestomática (Ci), assimilação líquida do carbono (A), taxa de transpiração (E), condutância estomática (gs), temperatura interna da câmara (T_{ch}), temperatura foliar (T_{lf}), eficiência instantânea no uso da água (A/E), eficiência instantânea de carboxilação (A/Ci) avaliadas 120 dias após aplicação do regulador.....	51
Tabela 8 -	Resumo dos modelos matemáticos da análise de variância de plantas de café (<i>Coffea arabica</i> L.) submetidas às concentrações de prohexadione cálcio, aplicadas via foliar e via solo, avaliadas 120 dias após aplicação.	52
Tabela 9 -	Resumo dos modelos matemáticos da análise de variância de plantas de café (<i>Coffea arabica</i> L.) submetidas às concentrações de prohexadione cálcio, aplicadas via foliar, avaliadas 120 dias após aplicação.	52
Tabela 10 -	Resumo da análise de variância de plantas de café (<i>Coffea arabica</i> L.), submetidas a concentrações de paclobutrazol (Conc) aplicadas via foliar, para as características área foliar (AF), comprimento do caule (CC), diâmetro do caule (DC), número de folhas (NF), massa fresca da parte aérea (MFPA), massa seca da parte aérea (MSPA), massa fresca da raiz (MFR), massa seca da raiz (MSR), avaliadas 120 dias após aplicação do regulador.	61
Tabela 11 -	Resumo da análise de variância de plantas de café (<i>Coffea arabica</i> L.) submetidas a concentrações de paclobutrazol (Conc), aplicadas via foliar, para as características potencial hídrico foliar antemanhã (Ψ_{wam}), potencial hídrico foliar ao meio-dia (Ψ_{wpm}), taxa de CO ₂ consumido (ΔC), concentração de CO ₂ na câmara subestomática (Ci), assimilação líquida do carbono (A), taxa de transpiração (E), condutância estomática (gs), temperatura interna da câmara (T_{ch}), temperatura foliar (T_{lf}), eficiência instantânea no uso da água (A/E), eficiência instantânea de carboxilação (A/Ci), avaliadas 120 dias após aplicação do regulador.	61

Tabela 12 - Resumo dos modelos matemáticos da análise de variância de plantas de café (<i>Coffea arabica</i> L.) submetidas a concentrações de paclobutrazol, aplicadas via foliar, avaliadas 120 dias após a aplicação.	63
Tabela 13 - Resumo dos modelos matemáticos da análise de variância de plantas de café (<i>Coffea arabica</i> L.) submetidas às concentrações de paclobutrazol, aplicadas via foliar, avaliadas 120 dias após aplicação.	63

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 - Área foliar, AF (A), comprimento, CC (B), diâmetro do caule, DC (C) e número de folhas, NF (D) de cafeeiros (*Coffea arabica* L.) cv. Catuaí, 120 dias após aplicação via foliar (—) e via solo (----), cultivados em casa de vegetação, em função de concentrações de cloreto de mepiquat.....37
- Figura 2 - Comprimento do caule (A, D), diâmetro do caule (B e E) e número de folhas (C e F) de cafeeiros (*Coffea arabica* L.) cv. Catuaí, 120 dias após transplântio, com aplicação via foliar (A, B, C) e aplicação via irrigação no solo (D, E, F), cultivados em casa de vegetação, em função de concentrações de cloreto de mepiquat.....41
- Figura 3 - Peso de massa fresca (A) e seca (B), da parte aérea (linha preta) e das raízes (linha cinza) de cafeeiros (*Coffea arabica* L.) cv. Catuaí, 120 dias após aplicação, via foliar (linha inteira) e via solo (linha tracejada), cultivados em casa de vegetação, em função de concentrações de cloreto de mepiquat.43
- Figura 4 - Taxa de CO₂ consumido (A; ΔC), assimilação líquida do carbono (B; A), taxa de transpiração (C; E), Índice Spad (D; Spad), concentração de CO₂ subestomática (E; C_i) de cafeeiros (*Coffea arabica* L.) cv. Catuaí, 120 dias após aplicação via foliar, cultivados em casa de vegetação, em função de concentrações de cloreto de mepiquat.47
- Figura 5 - Potencial hídrico foliar antemanhã (A; Ψ_{wam}) e índice Spad (B; Spad) de cafeeiros (*Coffea arabica* L.) cv. Catuaí, cultivados em casa de vegetação, 120 dias após aplicação de diferentes concentrações de cloreto de mepiquat via solo.49
- Figura 6 - Área foliar (A, B; AF), diâmetro do caule (C; DC) e número de folhas (D; NF) de cafeeiros (*Coffea arabica* L.) cv. Catuaí, 120 dias após aplicação, tratados via foliar (—) e via solo (----), cultivados em casa de vegetação, em função de concentrações de prohexadione cálcio.....53
- Figura 7 - Número de folhas (A), relação do desenvolvimento das folhas (B), diâmetro de caule (DC) (C) e relação do diâmetro de caule (RDDC) (D) de cafeeiros (*Coffea arabica* L.) cv. Catuaí, 120 dias após aplicação, cultivados

	em casa de vegetação, em função de concentrações de prohexadione cálcio aplicadas via foliar.	56
Figura 8 -	Massa fresca da parte aérea (A; MFPA), massa seca da parte aérea (B; MSPA), massa fresca da raiz (C; MFR), massa seca da raiz (D; MSR) de cafeeiros (<i>Coffea arabica</i> L.) cv. Catuaí, 120 dias após aplicação, tratados via foliar, cultivados em casa de vegetação, em função de concentrações de prohexadione cálcio.	57
Figura 9 -	Potencial hídrico antemanhã (A; Ψ_{wam}) Índice Spad (B; Spad) e taxa de transpiração (C; E) de cafeeiros (<i>Coffea arabica</i> L.) cv. Catuaí, 120 dias após aplicação, cultivados em casa de vegetação, em função de concentrações de prohexadione cálcio aplicadas via foliar.	59
Figura 10 -	Área foliar (A; AF), comprimento do caule (B; CC), diâmetro do caule (C; DC) e número de folhas (D; NF) de cafeeiros (<i>Coffea arabica</i> L.) cv. Catuaí, 120 dias após aplicação, cultivados em casa de vegetação, em função de concentrações de paclobutrazol aplicadas via foliar.	64
Figura 11 -	Massa fresca da parte aérea (A; MFPA), massa seca da parte aérea (B; MSPA), massa fresca da raiz (C; MFR) e massa seca da raiz (D; MSR) de cafeeiros (<i>Coffea arabica</i> L.) cv. Catuaí, 120 dias após transplântio, cultivados em casa de vegetação, em função de concentrações de paclobutrazol aplicadas via foliar.....	66
Figura 12 -	Potencial hídrico foliar antemanhã (A; Ψ_{wam}) e índice Spad (B; Spad) de cafeeiros (<i>Coffea arabica</i> L.) cv. Catuaí, 120 dias após transplântio, cultivados em casa de vegetação, em função de concentrações de paclobutrazol aplicadas via foliar.	68
Figura 13 -	Assimilação líquida de carbono (A; A) e consumo de CO ₂ (B; ΔC) de cafeeiros (<i>Coffea arabica</i> L.) cv. Catuaí, 120 dias após transplântio, cultivados em casa de vegetação, em função de concentrações de paclobutrazol aplicadas via foliar.	70
Figura 14 -	Concentração de CO ₂ na câmara subestomática (A; Ci) e eficiência instantânea de carboxilação (B; A/Ci) de cafeeiros (<i>Coffea arabica</i> L.) cv. Catuaí, 120 dias após transplântio, cultivados em casa de vegetação, em função de concentrações de paclobutrazol aplicadas via foliar.....	71

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

<i>A</i>	Assimilação líquida do carbono
<i>A/Ci</i>	Eficiência de carboxilação
ABA	Ácido abscísico
AF	Área foliar
CC	Comprimento do caule
<i>Ci</i>	Concentração interna de CO ₂ na câmara subestomática
CM	Cloreto de mepiquat
DC	Diâmetro de caule
<i>E</i>	Taxa de transpiração
EUA	Eficiência do uso da água
GA	Giberelina
<i>gs</i>	Condutância estomática
MFPA	Massa fresca da parte aérea
MFR	Massa fresca das raízes
MS	Massa seca
MSPA	Massa seca da parte aérea
MSR	Massa seca das raízes
NF	Número de folhas
PA	Parte aérea
PBZ	Paclobutrazol
ProCa	Prohexadione cálcio
ppm	Partes por milhão ou mg/L
SPAD	Soil Plant Analysis Development
<i>T_{ch}</i>	Temperatura interna da câmara
<i>T_{leaf}</i>	Temperatura da foliar
TrixE	etil- trinexapac
ΔC	Consumo de CO ₂
Ψ_w	Potencial hídrico
Ψ_{wam}	Potencial hídrico foliar antemanhã
Ψ_{wpm}	Potencial hídrico foliar pós-manhã

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	16
2 REFERENCIAL TEÓRICO	18
2.1 A cafeicultura no Brasil e na Bahia: aspectos produtivos.....	18
2.2 Respostas fisiológicas do cafeeiro a variações ambientais.....	19
2.3 Reguladores de crescimento.....	21
2.3.1 Cloreto de mepiquat (CM)	22
2.3.2 Paclobutrazol (PBZ)	24
2.3.2 Prohexadione cálcio (ProCa)	27
3 MATERIAL E MÉTODOS	30
3.1 Localização e implantação dos ensaios	30
3.2 Tratamentos e delineamento experimental	31
3.3 Características analisadas.....	32
3.3.1 Comprimento do caule, diâmetro do caule e número de folhas	32
3.3.2 Índice Spad.....	32
3.3.3 Área foliar	33
3.3.4 Massa fresca e massa seca.....	33
3.3.5 Trocas gasosas foliares: fotossíntese, condutância estomática, taxa de transpiração, razão da concentração de CO ₂ interna e do ar.....	33
3.3.6 Potencial hídrico	34
3.3.7 Razão do desenvolvimento	34
3.4 Análise estatística.....	34
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	35
4.1 Experimentos 1 e 2: cafeeiros conduzidos sob aplicação via foliar e via solo de cloreto de mepiquat.....	35
4.2 Experimentos 3 e 4: cafeeiros conduzidos sob aplicação via foliar e via solo de prohexadione cálcio.....	49
4.3 Experimentos 5 e 6: cafeeiros conduzidos sob aplicação via foliar e via solo de paclobutrazol	60
5 CONCLUSÕES.....	73
REFERÊNCIAS.....	74

1 INTRODUÇÃO

A cultura do café é uma das principais cadeias produtivas agrícolas do mundo, tendo atingido, em 2014, o volume de 43,64 milhões de sacas. Nesse cenário, o Brasil desempenha um papel importante, com uma produção de 14,6 milhões de sacas (OIC, 2015).

A cafeicultura foi introduzida no país, inicialmente, na região Norte, mas se desenvolveu com maior expressão econômica nas regiões Sul e Sudeste. Os principais estados produtores de café dessas regiões são Minas Gerais, São Paulo e Espírito Santo, caracterizados por condições edafoclimáticas favoráveis.

Mesmo nas áreas com condições edafoclimáticas classificadas como adequadas, em virtude das alterações climáticas, o cultivo dos cafés tem sido afetado de modo significativo, com declínio da produção e erradicação de muitas lavouras (CONAB, 2013). Essa redução da produção ocorre mesmo nas cadeias produtivas irrigadas, pois a elevação da temperatura maximiza a evapotranspiração, limitando a absorção e transporte de água nas plantas e reduzindo o status hídrico dos cafeeiros.

O manejo de inibidores de síntese de giberelinas é recomendado para sistemas de produção otimizados com o intuito de ultrapassar os limites de produtividade. Entretanto, atualmente, tem sido postulada a utilização desses retardadores de crescimento como estratégia para modular o desenvolvimento de muitas culturas em face de estresses abióticos (COLEBROOK e outros, 2014; RATNAKUMAR e outros, 2016; SRIVASTAVA e outros, 2016) e para indução de resistência às diversas doenças e pragas (PRADO; FRANK, 2013; SCHIMIDT e outros, 2015).

Os principais efeitos dessa modulação estão relacionados a alterações dos padrões de direcionamento de fotoassimilados, restringindo o crescimento da parte aérea da planta e maximizando o crescimento das raízes e a otimização dos sistemas de defesa antioxidantes das plantas.

Em cultivos de pera, macieira, mangueira, videira e oliveira, os inibidores de giberelinas são utilizados com objetivo de elevar a produtividade. Quando aplicados nas fases iniciais da cultura, restringem o crescimento da parte aérea da planta, elevam o vigor de raízes, a resistência a estresses ambientais e a taxa fotossintética (REEKIE e outros, 2005; PETIT e outros, 2012; RADEMACHER, 2015).

A fase de implantação dos cafezais tem grande importância na determinação do potencial produtivo dessa cultura, pois é quando ocorre a elevada correlação entre o vigor das mudas e a produtividade da lavoura (CARVALHO e outros, 2010; CONTARATO e outros, 2010). Desse modo, é necessária a adoção de práticas que possam contribuir para a superação de estresses ocorrentes nas primeiras fases de desenvolvimento do cafeeiro.

Apesar do grande potencial dos inibidores de giberelinas na agricultura, a definição do grupo, da concentração, do estágio de desenvolvimento e da forma de aplicação são desafios para o manejo de reguladores de crescimento (FERRARI e outros, 2015).

Na aplicação desse grupo de reguladores, verifica-se uma grande amplitude de efeitos, muitas vezes antagônicos, caracterizados por restrição ou promoção do desenvolvimento vegetativo. Desse modo, a necessidade de coerência de resultados tem restringido a aplicação desses compostos no manejo de diversas culturas.

Este estudo foi desenvolvido com o objetivo de avaliar o efeito de três retardadores de crescimento vegetal, em cinco concentrações e duas formas de aplicação, no crescimento e desenvolvimento vegetativo inicial de cafeeiros.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 A cafeicultura no Brasil e na Bahia: aspectos produtivos

O gênero *Coffea*, de origem africana, pertence à família Rubiaceae e compreende cerca de cem espécies (FAZUOLI, 1986). No entanto, somente as espécies *Coffea arabica* L. e *Coffea canephora*, respectivamente, denominadas “café arábica” e “café robusta”, têm importância econômica. A primeira espécie é a que apresenta melhores propriedades sensoriais, enquanto a segunda é mais resistente às pragas (MAZZALI, 2000; MÜLLER, 2007).

O Brasil é o maior produtor e exportador de café do mundo. Em 2014 a produção foi de 45,34 milhões de sacas de 60 kg beneficiadas, das quais, 32,31 eram de café arábica, e 13,03, de café robusta (CONAB, 2014; INTERSCIENCE, 2007). A cafeicultura é uma das principais culturas geradoras de divisas, de trabalho e de arrecadação de tributos, contribuindo para a formação de boa parte das receitas com exportação (FASSIO; SILVA, 2007).

Desde os anos 2000, a produção de café avançou apenas 1,6% ao ano, em média, enquanto o consumo mundial dessa rubiácea tem crescido a uma taxa média 2,5% ao ano (SILVA, 2011). Segundo o mesmo autor, a cultura passou a registrar déficits globais a partir de 2003, os quais, até a safra de 2011, somavam cerca de 40 milhões de sacas, valor correspondente à safra brasileira em ano de baixa bienalidade.

A cafeicultura na Bahia é desenvolvida em condições edafoclimáticas distintas e sistemas de cultivo diferenciados (MELO e outros, 2007), estando consolidada nas regiões do Planalto da Conquista, no Cerrado e na faixa litorânea, que se destacam na produção de cafés especiais. No Planalto da Conquista, os municípios da Barra do Choça, Planalto, Poções, Ribeirão do Largo e Encruzilhada perfazem 45% das amostras com

características sensoriais dos melhores cafés da Bahia.

2.2 Respostas fisiológicas do cafeeiro a variações ambientais

O desenvolvimento dos cafeeiros é afetado pela irregularidade de precipitação pluviométrica, pelos extremos de temperaturas máxima e mínima, umidade do ar, vento e radiação solar. Essas alterações reduzem o desenvolvimento e a produção (CAI e outros, 2007; FERNANDES e outros, 2012).

O excesso de chuvas acarreta prejuízos às lavouras. Caso aconteça durante a florada, leva à queda de flores, com redução da produção (ARRUDA; GRANDE, 2003). As raízes, em geral, obtêm oxigênio suficiente para a respiração aeróbica diretamente do espaço gasoso no solo. Um solo bem drenado e bem estruturado permite a difusão de O₂ em maior profundidade (VOESENEK e outros, 2006). Entretanto, em condições de alagamento, a difusão do O₂ no solo torna-se muito baixa, gerando um ambiente hipóxico (deficiência de O₂), que pode facilmente tornar-se anóxico pela respiração de micro-organismos e órgãos vegetais submersos. Isso provoca distúrbios metabólicos na planta e, se o período for mais prolongado, pode levá-la à senescência e morte (BAILEY-SERRES; VOESENEK, 2008).

Assim, espécies sensíveis ao estresse por encharcamento desenvolvem distúrbios morfofisiológicos causados pela hipoxia ou anoxia nas raízes, como a abscisão de folhas, flores e frutos, clorose nas folhas, redução no comprimento da raiz principal, redução no crescimento em altura, inibição da formação de primórdios foliares, redução na expansão foliar e, até mesmo, morte da planta (ARRUDA; GRANDE, 2003).

A deficiência de água no solo tem reflexos negativos sobre o sistema radicular do cafeeiro, particularmente sobre as raízes absorventes, limitando a absorção de água e minerais, o crescimento da parte aérea e a produção da planta (GOPAL, 1974).

Temperaturas baixas podem levar a decréscimo acentuado da taxa de crescimento (PARTELLI e outros 2009), redução na produção de folhas e na atividade fotossintética (DRINNAN; MENZEL, 1994), além do abortamento de flores e perda de produtividade (SEDIYAMA e outros, 2001). Podem causar, ainda, dano ao sistema radicular (ALLEN; ORT 2001), propiciando o surgimento de lesões e, até mesmo, a morte dos tecidos ou de toda a folha (RENA; BARROS; MAESTRI, 2001).

No entanto, segundo estudos, tem havido, nas regiões Sul e Sudeste do Brasil, redução de eventos extremos de frentes frias com tendência a invernos mais quentes (MARENGO, 2001). De acordo com o IPCC (2007; 2012), há previsão de aumento entre 1,4°C e 5,8°C na temperatura média global até o final do século XXI, o que resultará em redução significativa de áreas aptas para a cultura do café arábica, cujo limite de temperatura média anual varia entre 18°C e 23°C.

Essas mudanças nas condições climáticas, principalmente no que se refere à temperatura e precipitação, tem correlação direta com a incidência das principais pragas e doenças na cafeicultura (CARVALHO; CHAGAS; CHALFOUN, 1997; PIKANÇO e outros, 2008; ZAMBOLIM; ZAMBOLIM; JESUS JÚNIOR, 2008).

A planta de café apresenta capacidade de absorção de água reduzida. Portanto, em condições de baixa umidade relativa do ar, essa absorção pode ser menor que a velocidade de transpiração, o que gera perda do status hídrico, mesmo com disponibilidade de água no solo (FERNANDES e outros, 2012). Segundo o mesmo autor, a umidade relativa do ar entre 70% e 80% é considerada ideal; abaixo de 50%, pode causar murcha das folhas do cafeeiro arábica, em regiões de temperaturas altas (20-23°C) e solos arenosos; entre 50% e 70%, é considerada satisfatória; muito alta, pode facilitar o aparecimento de doenças fúngicas e bacterianas (VALE; ZAMBOLIM; JESUS JUNIOR, 2000; MEIRA; RODRIGUES; MORAES, 2008; POZZA; CARVALHO; CHALFOUN, 2010).

Quanto à radiação solar, irradiâncias entre 1.200 e 1.300 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ não geram perdas na atividade fotossintética (KUMAR; TIESZEN, 1980). Já irradiância superior a 2.200 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, comum em dias ensolarados em regiões tropicais, pode induzir à fotoinibição (NUNES; RAMALHO; DIAS, 1993). Esse efeito pode promover injúrias fisiológicas e anatômicas não reversíveis, tais como amarelecimento, queima e deformações que, em casos extremos, afetam ramos e frutos, acarretando prejuízos no rendimento e na qualidade da bebida (ALVES; GUIMARÃES, 2010).

Nesse contexto, o desenvolvimento de tecnologias que auxiliem as plantas a tolerar essas alterações climáticas, como o uso de retardadores de crescimento, é uma alternativa para a manutenção da produção agrícola brasileira e mundial.

2.3 Reguladores de crescimento

Desenvolvidos inicialmente com a finalidade de reduzir o acamamento de cereais e gramíneas e de inibir o crescimento de gramados (FIALHO e outros, 2009; ALVAREZ e outros, 2012), os reguladores de crescimento vegetal apresentam grande potencial de utilização na agricultura, em razão dos efeitos sobre os processos fisiológicos das plantas (RESENDE; SOUZA, 2002). Quando utilizados em fases iniciais da cultura, aumentam o vigor do desenvolvimento de raízes, a resistência à restrição de disponibilidade hídrica e promovem acréscimo da taxa fotossintética (BECKER e outros, 1999).

No Brasil, os retardadores de crescimento são utilizados para facilitar a colheita em algodoeiro (LAMAS, 2001; MATEUS; LIMA; ROSOLEM, 2004; FERRARI e outros, 2008), para aumentar a produção e a qualidade de frutas (MOUCO; ALBUQUERQUE, 2005; CAMILO, 2006), como, também, para promover o aumento de rendimento de açúcar, do conteúdo de fibras ou da massa de colmos em cana-de-açúcar (VIANA e outros, 2008).

Os retardantes de crescimento têm como efeito característico a inibição do processo de divisão e expansão celular. Porém, a depender do grupo químico ao qual pertence, o efeito pode ser posteriormente revertido em estímulo ao crescimento (RAMIREZ e outros, 2005). Os efeitos são influenciados por diversos fatores, tais como temperatura, umidade relativa do ar, cultivar, vigor, idade da planta, momento de aplicação, luz, entre outros (HOFFMANN e outros, 2004).

As respostas aos tratamentos com reguladores vegetais têm sido complexas: em algumas situações, verifica-se aumento de produtividade; em outras, redução (ALVAREZ e outros 2007).

Na fase de estabelecimento da lavoura de café, diversos fatores podem influenciar negativamente o desempenho das plantas, como baixo vigor das mudas e reduzida velocidade de desenvolvimento do sistema radicular. Como há uma elevada correlação entre desenvolvimento inicial das plântulas e produtividade da lavoura, é necessária a adoção de práticas que possam contribuir para a superação de situações de estresses ocorrentes nas primeiras fases de desenvolvimento do cafeeiro (BECKER e outros, 1999). Os retardadores de crescimento, ou inibidores da biossíntese de giberelinas constituem-se em uma ferramenta adicional na maximização do desenvolvimento da cultura.

Os inibidores da síntese de giberelinas são divididos em três classes: compostos quaternários, compostos heterocíclicos contendo nitrogênio, e acilciclohexanoedionas. Cada uma dessas classes interrompe uma das três etapas da síntese de giberelinas, que ocorre, respectivamente, nos plastídios, no retículo endoplasmático e no citoplasma.

2.3.1 Cloreto de mepiquat (CM)

O Cloreto de Mepiquat (CM), composto do grupo dos amônios quaternários, inibe a ação da *ent-caureno sintase*, enzima que atua na primeira etapa da biossíntese das giberelinas (RADEMACHER, 2000).

Apresenta, em sua composição, cloreto de 1,1 de metilpiperidina, com fórmula molecular $C_7H_{16}NCl$ e massa molecular de $149,66 \text{ g.mol}^{-1}$, de coloração branco para amarelo leve, temperatura de fusão de 223°C e baixa toxicidade (NAGASHIMA e outros, 2005).

O CM é absorvido pela planta por meio das folhas e é translocado de forma ascendente e descendente, através do xilema e floema, e distribuído uniformemente por toda a planta, sem ser degradado (REDDY; REDDY; HODGES, 1996).

Nagashima e outros (2005) relatam que a translocação na planta é rápida – cerca de 70 a 90% penetram na planta em até oito horas após a pulverização; Zhao e Oosterhuis (2000), porém, concluem que a precipitação, dentro de oito horas após a aplicação, reduz a eficácia, necessitando de, no mínimo, doze horas para ser absorvido eficazmente, quando aplicado via foliar.

Segundo Li e outros (2012), para plantas de algodão, a duração do período de ação residual de CM é entre 2,51 a 3,85 dias e, no solo, entre 7,56 a 10,50 dias. Tian e outros (2008), ao estudarem a degradação desse composto no solo e na planta, demonstram que, no primeiro caso, o cloreto é degradado principalmente pela ação microbiana e química, sendo a degradação microbiana a principal. No segundo caso, o CM é transportado pela planta com uma elevada atividade fisiológica através da transpiração e é rapidamente metabolizado durante o processo de transporte (ZHANG, 2007).

Segundo Wang e outros (2014a), o CM diminui os ácidos giberélicos (GAs) endógenos bioativos (GA_3 e GA_4), atuando na redução de genes de biossíntese de GA (GhCPS, GhKS, GhGA_{20ox} e GhGA_{3ox}).

Por ser inibidor da síntese de giberelinas, o CM torna as plantas mais compactas, o que promove mudança na arquitetura, aumentando a eficiência da aplicação e da distribuição dos produtos, melhorando o controle de insetos-pragas e proporcionando melhor penetração da radiação solar. Cria, assim, microclima menos favorável ao desenvolvimento de agentes

patogênicos (LAMAS, 2001).

Segundo Fernandes (2004), o CM aumenta o tamanho das raízes secundárias. Duan e outros (2014) relatam que esse efeito provém da elevação de auxina, zeatina e zeatina ribosídeo, razão fundamental para a indução de raízes laterais. Quando aplicado em sementes, além de promover crescimento radicular elevado, aumenta a resistência da plântula ao estresse hídrico, auxiliando na sobrevivência de plântulas (IQBAL e outros, 2005). Em condições de estresse hídrico, plantas tratadas com CM apresentam mais clorofila e maior assimilação de carbono, além de não sofrerem com os efeitos adversos do estresse, contribuindo também para melhorar a eficiência fotossintética (MARUR, 1998). O efeito sobre a fotossíntese se manifesta 48 horas após a aplicação, persistindo em média por 21 dias, e pode estar relacionado à redução da fotorrespiração (HODGES; REDDY; REDDY, 1991).

A aplicação de CM altera a anatomia da folha. Cothren (1979) e Gausman e outros (1979) concluem que plantas tratadas com esse retardador de crescimento apresentam folhas mais espessas com células paliçádicas mais alongadas e maior número de células do parênquima lacunoso.

No entanto, 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 Reddy e outros (1996) e Lamas (1998), em condições de alta temperatura, o efeito do CM é minimizado.

2.3.2 Paclobutrazol (PBZ)

O Paclobutrazol (PBZ) faz parte do grupo dos triazóis, inibe a oxidação de caurene para ácido caurenóico e atua na segunda etapa da biossíntese das giberelinas (TONGUMPAI e outros, 1991; SINGH; RAM, 2000). Apresenta o nome químico ([2RS, 3RS]-1-[4-clorofenil]-4,4- dimetil-2-[1,2,4-triazol-1-il]-pentano-3-ol), com fórmula molecular $C_{15}H_{20}OCIN_3O$,

e peso molecular $293,5 \text{ g.mol}^{-1}$, com classificação toxicológica Classe III (pouco tóxico), é estável à temperatura de 50° C , pelo menos durante seis meses (COSTA; TORNISIELO; REGITANO, 2008; MILFONT e outros, 2008).

O PBZ é absorvido pelas plantas por meio das raízes, folhas, lenticelas e perfurações da casca (TONGUMPAI e outros, 1991; BURONDKAR; GUNJANTE, 1993). Sua mobilidade na planta é preferencialmente acrópeta, transportado pelo xilema até as folhas apicais, com baixa mobilidade no floema, além de o movimento ser, de certa forma, lento (FERRARI; SERGENT, 1996; WITCHARD, 1997).

Os triazóis são conhecidos por inibirem os citocromos oxidases P450, onde atuam como cofatores, cujos efeitos na morfologia e anatomia da planta são redução no alongamento do caule, manutenção dos cloroplastos e aumento do crescimento da raiz (HEDDEN; GRAEBE, 1985).

Em razão da classificação como triazol, o PBZ também apresenta efeito inibidor do crescimento de diversos fungos patogênicos, tais como: *Armillaria spp*, *Botryosphaeria spp*, *Ceratocystis spp*, *Fusarium spp*, *Ophiostoma spp*, *Rhizoctonia spp*, *Sirococcus spp*, *Sphaeropsis spp* e *Verticilium spp*.

O PBZ tem promovido a maximização dos teores de clorofila, resultando em alterações na taxa fotossintética e nos teores de carboidratos, proporcionando maior quantidade de substâncias assimiláveis para a planta (DAVIS, 1991; BANINASAB; GHOBADI, 2011). Esse composto pode aumentar a produção de antioxidantes, melhorando a resistência das plantas, quando em condições de estresses bióticos e abióticos (CHANEY, 2003), e, também, aumentar a floração, a frutificação e a fixação dos frutos (HILLIER; RUDGE, 1991; ABDOLLAHI e outros, 2011; FERRACINI e outros, 2011).

A aplicação de PBZ proporciona o aparecimento de maior quantidade de raízes finas, aumentando significativamente a sua densidade no solo superficial, contribuindo, assim, para maior absorção de água e

maior vigor (WATSON, 1996; CHANEY, 2003). Para Ghini (2003), o aumento da massa de raízes e da relação raiz/parte aérea provém da translocação de fotoassimilados da parte aérea para as raízes.

Watson (2001) afirma que a maior presença de raízes finas possibilita o rápido estabelecimento das plantas em campo, maximizando o status hídrico, quando comparadas às plantas não tratadas.

Embora possa ser feita por via foliar, a aplicação do PBZ ao solo resulta em efeitos mais eficientes (PARDOS e outros, 2005). Apesar de o PBZ pertencer à Classe III na classificação toxicológica e apresentar baixo risco para a saúde humana (SILVA; FAY, 2003), é um produto de alta persistência no solo, porém de mobilidade relativamente baixa, o que reduz o perigo de contaminação por lixiviação (FERRACINI e outros, 2008).

O PBZ interfere na rota biossintética do etileno não por afetar a produção de ácido aminociclopropanocarboxílico (ACC), mas a síntese de ACC oxidase, que converte ACC para etileno, por sua capacidade de afetar enzimas similares às monooxigenases, como a ACC oxidase, e, também, a atividade da ACC sintase (ABBAS; FLETCHER; MURR D, 1989).

A ação inibitória do PBZ foi relatada para *Ananas comosus*, por Min e Bartholomew (1996); em plântulas de *Cucumis sativus*, por Abbas, Fletcher e Murr (1989); para *Phaseolus vulgaris*, por Tari e Nagy (1994); e para *Malus domestica*, por Wang e Steffens (1985) e Hofstra, Krieg e Fletcher (1989).

Müller (2007) conclui que a redução dos níveis de ACC livres, como do ACC oxidase, provém da possível conjugação do ACC, cuja forma conjugada leva à menor disponibilidade de ACC livre, reduzindo, assim, a conversão a etileno. Alguns autores, como Hoffman e Yang (1982) e Mansour e outros (1986), afirmam que o retorno de ACC conjugado para a forma livre parece irreversível, sendo, também, aparentemente, biologicamente inativo. Segundo Martin-Remesal, Gómez-Jiménez e Matilla (2000), o mecanismo de regulação da biossíntese de etileno ocorre pela conjugação do ACC livre.

Considerando esses efeitos nas plantas, a redução dos níveis de ácido abscísico, de ácido indol-3-acético e a elevação da concentração de citocininas (KAMOUNTSIS; CHRONOPOULOU-SERELI, 1999), como também a capacidade das plantas tratadas com PBZ de reduzirem o acúmulo de íons Na^+ nos tecidos vegetais e aumentarem o conteúdo de K^+ , de fósforo e nitrogênio, diminuindo o desequilíbrio nutricional causado pelo estresse salino, apresentando potencial aumento de produtividade em áreas salinas (HAJIHASHEMI; KIAROSTAMI, 2007), o PBZ é elevado ao status de ser utilizado para diversas culturas agrícolas e florestais em uma gama de ambientes.

2.3.2 Prohexadione cálcio (ProCa)

O Prohexadione Cálcio, que faz parte do grupo das acilciclohexanoedionas, inibe as etapas finais da biossíntese de giberelinas, por meio da redução dos níveis de GA_1 causando acúmulo do seu precursor GA_{20} , (RADEMACHER; SPINELLI; COSTA, 2006). Apresenta o nome químico (cálcio 3-óxido-4-propionil-5-oxo-3-ciclohexano carboxilato), com fórmula molecular $\text{C}_{10}\text{H}_{10}\text{CaO}_5$ e baixa toxicidade em mamíferos, rápido catabolismo e reduzida persistência no meio ambiente (OWENS; STOVER, 1999; PRIVÉ e outros, 2006).

O ProCa é absorvido pelas folhas e transportado principalmente na forma acrópeta, mas, também, em menor proporção, de forma basípeta. Tem a absorção completa quatro horas após a aplicação (EVANS e outros, 1999).

Sua ação retardadora tem duração média de três a seis semanas, com máximo de oito semanas (EVANS e outros, 1999). Em relação à meia-vida, tem-se, segundo Rademacher (2004), para macieiras duração média de dez a quatorze semanas. Segundo Unrath (1999), o ProCa é degradado rapidamente no solo pelos microrganismos.

O ProCa bloqueia a ação das enzimas dioxigenases ($\text{GA}_{20\text{ox}}$ e $\text{GA}_{30\text{ox}}$), que atuam na conversão GA_{20} para GA_1 , gerando, dessa forma,

aumento nos níveis de GA₂₀, que é bastante móvel, porém inativo, e reduzindo, conseqüentemente, os níveis de GA₁, que é imóvel, porém biologicamente ativo (EVANS e outros, 1999; DAVIES, 2004).

O efeito inibidor da biossíntese de giberelinas deve-se ao fato de sua molécula apresentar estrutura semelhante à do ácido-2-oxoglutárico, que é co-substrato envolvido na reação chamada 3 beta-hidroxilação de GA₂₀ em GA₁. Dessa forma, as enzimas que demandam o ácido-2-oxoglutárico são bloqueadas pelo ProCa (RADEMACHER, 2000).

O ProCa inibe a produção de etileno. Sua ação é semelhante à do ácido ascórbico, que é co-substrato da enzima ACC oxidase, havendo, dessa forma, um bloqueio na oxidação da ACC para formação de etileno.

O ProCa interfere no metabolismo de flavonoides, favorecendo a produção de compostos antimicrobianos, tais como flavonoides luteoflavina e luteoforol, elevando a resistência da planta a microrganismos patogênicos, como fungos e bactérias (MCGRATH e outros, 2009). Para macieiras, a aplicação de ProCa foi efetiva para inibir os sintomas induzidos por fitoplasmas (SCHMIDT e outros, 2015) apenas no verão; não ocorre efeito durante o inverno.

A intensidade de efeitos de ProCa está relacionada à concentração, ao vigor e idade da planta e à sensibilidade da cultivar. Smit e outros (2005) verificaram que o efeito de ProCa também é modulado pelo fator genérico. Em seis cultivares de pereira, ocorreram diferentes respostas ao tratamento com ProCa, sob concentrações que variaram entre 50 e 250 ppm.

Esses mesmos autores propuseram o estabelecimento de três categorias de acordo com a sensibilidade ao ProCa. A categoria 1 corresponde a cultivares altamente sensíveis à ProCa sob baixas e médias concentrações. Neste grupo, a partir de 150 ppm, não havia maior redução do crescimento caso a concentração do tratamento fosse superior. A categoria 2 agrega as cultivares que são sensibilizadas por elevadas concentrações. E, à categoria 3, pertencem as cultivares que são pouco

sensíveis ou não apresentam qualquer resposta ao ProCa, mesmo em concentrações elevadas.

Em estudos de Ramírez e outros (2005), a aplicação de ProCa reduziu os níveis de giberelina e incrementou os níveis de citocinina dos meristemas apicais de plantas de tomate. Nesses tecidos, foram encontrados GA₁₂, GA₂₀ e zeatina. Nas plantas controle, foram encontradas GA₁, GA₄ e GA₇ a partir de oitavo dia após a aplicação do tratamento e foi evidenciado o retorno da atividade das GAs.

Fagerness e Yelverton (2000), em estudos com gramíneas, observaram que a aplicação de TrixE, composto do mesmo grupo químico do ProCa, levou à inibição temporária do crescimento. Após quatro semanas, o efeito desapareceu e a taxa de crescimento foi maior, anulando as diferenças ao final do período avaliado.

Pesquisas têm demonstrado que a rápida degradação do ProCa faz com que sejam necessárias aplicações sequenciais para que o controle do crescimento vegetativo seja efetivo em fruteiras ao longo do ciclo, resultando em desenvolvimento e porte adequado da planta (GREENE, 2010).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização e implantação dos ensaios

Os ensaios foram conduzidos na Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, campus de Vitória da Conquista, no período compreendido entre 12 de novembro de 2013 e 22 de março de 2014.

Vitória da Conquista situa-se na região Sudoeste da Bahia a 14° 53' 08" de latitude Sul e 40° 48' 02" de longitude Oeste, a 845 metros de altitude. O clima da região é caracterizado como semi-árido e em algumas regiões, sub-úmido. A temperatura média anual é em torno de 19,6°C, com índice pluviométrico anual de 767,4 mm, com período chuvoso compreendido entre os meses de novembro a janeiro (JESUS, 2010).

Utilizaram-se mudas de café (*Coffea arabica* L.) cv. Catuaí Vermelho IAC 144, provenientes de viveiro credenciado, localizado no município de Barra do Choça, Bahia. As mudas foram conduzidas em sacos de polietileno preto, com dimensões 10x20x5cm, com substrato constituído de solo agrícola e esterco de curral curtido (250L/m³). O transplântio foi realizado em vasos de 20 litros, sete dias antes da aplicação dos retardadores de crescimento, quando as mudas apresentavam três pares de folhas verdadeiras. O substrato utilizado nos vasos compunha-se de camada superficial de Latossolo amarelo, Distrófico típico A moderado (0 a 0,30 m de profundidade), cujas características químicas estão apresentadas na Tabela 1, e esterco de curral curtido (250L/m³).

Foi realizada adubação com N (100 mg.dm⁻³ de solo, tendo como fonte a ureia), com P (150 mg.dm⁻³ de solo, tendo como fonte o fosfato monoamônico) e com K (120 mg.dm⁻³ de solo, tendo como fonte o cloreto de potássio). Os fertilizantes foram diluídos em água e aplicados em cada vaso em volume suficiente para elevar o teor de água do solo até a umidade

correspondente à máxima capacidade de retenção de água do material do solo (capacidade de vaso).

Tabela 1 - Análise química do solo utilizado como substrato para os seis ensaios conduzidos em vasos sobre inibidores de síntese de giberelinas em *Coffea arabica*. Uesb, Vitória da Conquista - BA, 2013.

pH	P	K	Ca	Mg	Al	H	SB	t	T	V	m	MO
H ₂ O	mg dm ⁻³				cmolc dm ⁻³					%		g dm ⁻³
6,3	7,0	0,11	3,2	1,2	0,0	1,6	4,5	4,5	6,1	74	0	22

SB: Soma de bases trocáveis; t: capacidade de troca de cátions efetiva do solo; T: capacidade de troca de cátions a pH 7,0; V%: índice de saturação de bases trocáveis; m: índice de saturação do alumínio trocável.

Análise realizada no Laboratório de Solos da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia.

As plantas foram conduzidas sob telado, com cobertura de plástico transparente e telas laterais negras tipo sombrite, com 50% de restrição luminosa, e foram irrigadas diariamente.

3.2 Tratamentos e delineamento experimental

Foram realizados seis experimentos, definidos pela aplicação via foliar e via solo, de diferentes concentrações de três tipos de retardadores de crescimento: Cloreto de Mepiquat (Pix HC[®]), Paclobutrazol (Cultar 250 SC[®]) e Prohexadione cálcio (Viviful[®]), cujo modo de ação envolve inibição de fases específicas da biossíntese de giberelinas. Desta forma, em razão da especificidade de efeitos de cada um dos retardadores e da forma de aplicação, os experimentos foram conduzidos separadamente. Os seis experimentos foram definidos do seguinte modo:

1°. Experimento: aplicação via foliar de cloreto de mepiquat em concentrações de 0, 250, 500, 750 e 1000 ppm.

2°. Experimento: aplicação via solo de cloreto de mepiquat em concentrações de 0, 250, 500, 750 e 1000 ppm.

3°. Experimento: aplicação via foliar de prohexadione cálcio em concentrações de 0, 250, 500, 750 e 1000 ppm.

4°. Experimento: aplicação via solo de prohexadione cálcio em concentrações de 0, 250, 500, 750 e 1000 ppm.

5°. Experimento: aplicação via foliar de paclobutrazol em concentrações de 0, 250, 500, 750 e 1000 ppm.

6°. Experimento: aplicação via solo de paclobutrazol em concentrações de 0, 250, 500, 750 e 1000 ppm.

Cada experimento foi organizado em blocos aleatórios, com cinco tratamentos e quatro repetições. Cada uma das vinte parcelas experimentais foi formada por um vaso com capacidade de vinte litros com uma planta.

3.3 Características analisadas

Foram avaliados o comprimento e o diâmetro do caule e o número de folhas, a cada 15 dias e 120 dias após a aplicação dos retardadores. As demais características foram avaliadas 120 dias após a aplicação dos retardadores.

3.3.1 Comprimento do caule, diâmetro do caule e número de folhas

O comprimento do caule foi medido em centímetros, do nível do solo até a gema apical do ramo ortotrópico; e o diâmetro do caule foi determinado com o auxílio de um paquímetro a uma altura de 0,01m do solo. Para o número de folhas, foi feita a contagem direta na planta.

3.3.2 Índice Spad

Para determinar o índice Spad na folha, usou-se o medidor portátil de clorofila (SPAD 502, MINOLTA, Japão), com leituras realizadas em três

pontos da primeira folha, totalmente expandida e madura, localizada no terço superior da planta.

3.3.3 Área foliar

A área foliar foi determinada, ao final do ensaio, com o uso de um integralizador de área LI-3100 LI-COR, USA, com resultado da leitura expresso em centímetro quadrado.

3.3.4 Massa fresca e massa seca

A parte aérea e o sistema radicular das plantas foram acondicionados separadamente em sacos de papel, identificados conforme a parcela e o tratamento. A seguir, foram encaminhados ao Laboratório de Fisiologia Vegetal, para determinação da massa fresca e, logo em seguida, foram acondicionados em estufa de circulação forçada a 65° C, por 48 horas, até a massa constante, para determinação da massa seca.

3.3.5 Trocas gasosas foliares: fotossíntese, condutância estomática, taxa de transpiração, razão da concentração de CO₂ interna e do ar

As trocas gasosas foliares foram avaliadas na primeira folha totalmente expandida e madura do ramo principal, no horário entre 8:00 e 12:00h, com auxílio de um analisador de gases por radiação infravermelha (IRGA), LCPro, ADC, UK, ao qual foi acoplada uma fonte de luz actínica, de 1.000 $\mu\text{mol f\u00f3tons m}^{-2}\text{s}^{-1}$ de radiação fotossinteticamente ativa.

Foram avaliadas a taxa de assimilação de CO₂ (A , $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$), a taxa de transpiração (E , $\text{mmol vapor d'\u00e1gua m}^{-2}\text{s}^{-1}$), a condutância estomática (g_s , $\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$), a concentração interna de CO₂ na folha (C_i , $\mu\text{molCO}_2\text{mol}^{-1}\text{ar}$), o consumo de CO₂ (ΔC , $\mu\text{mol mol}^{-1}$) e a temperatura da folha (T_{leaf} , °C). A eficiência do uso da água (EUA, $\mu\text{mol CO}_2/\text{mmol H}_2\text{O}^{-1}$) foi calculada pela relação entre assimilação de CO₂ e taxa de transpiração; e

a eficiência de carboxilação (A/C_i) foi determinada pela relação entre taxa de assimilação de CO_2 e concentração interna de CO_2 na folha.

3.3.6 Potencial hídrico

A leitura do potencial hídrico (Ψ_w) foi realizada com auxílio de uma bomba de pressão (PMS 1000, PMS, Inglaterra), de acordo com Scholander (1964), no período antemanhã (às cinco horas da manhã) e no período pós-manhã (ao meio-dia), na 1ª folha totalmente expandida do terço superior da planta.

3.3.7 Razão do desenvolvimento

Define-se como razão de desenvolvimento o quociente entre a média dos valores obtidos de cada concentração e a média dos valores obtidos na testemunha. Esse valor é multiplicado por cem, para que o resultado final seja dado em porcentagem. Esta avaliação foi realizada somente nos experimentos onde foi utilizado o prohexadione cálcio, para as características número de folhas e diâmetro do caule.

3.4 Análise estatística

Os dados foram submetidos a testes de homogeneidade de variâncias (Teste de Cochran) e de normalidade (Lilliefors) e, posteriormente, à análise de variância. O estudo das concentrações dos retardadores foi feito pela análise de regressão, escolhendo-se, entre os modelos significativos, aqueles com coeficiente de determinação superior a 50%, desde que adequados ao fenômeno biológico em estudo. Para os procedimentos descritos, foi utilizado o programa Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas, Saeg, versão 9.1

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Experimentos 1 e 2: cafeeiros conduzidos sob aplicação via foliar e via solo de cloreto de mepiquat

As diferentes concentrações de cloreto de mepiquat (CM) para o ensaio de aplicação via foliar e via solo afetaram todas as características morfológicas dos cafeeiros avaliados (Tabela 2).

Tabela 2 - Resumo da análise de variância e coeficientes de variação das características área foliar (AF), comprimento do caule (CC), diâmetro do caule (DC), número de folhas (NF), massa fresca da parte aérea (MFPA), massa seca da parte aérea (MSPA), massa fresca da raiz (MFR), massa seca da raiz (MSR), avaliadas 120 dias após aplicação de diferentes concentrações de cloreto de mepiquat em plantas de café (*Coffea arabica* L.) no ensaio de aplicação via foliar e via solo.

FV	GL	Quadrados Médios							
		AF x 10 ⁶		CC x 10 ²		DC x 10 ⁻²		NF x 10 ³	
		Foliar	Solo	Foliar	Solo	Foliar	Solo	Foliar	Solo
Conc	4	5,42 ^{**}	4,97 ^{**}	1,31 ^{**}	0,68 [*]	3,50 ^{**}	4,60 ^{**}	7,86 ^{**}	5,11 ^{**}
Bloco	3	0,41 ^{ns}	0,08 ^{ns}	0,09 ^{ns}	0,25 ^{ns}	0,73 ^{ns}	0,18 ^{ns}	0,64 ^{ns}	0,30 ^{ns}
Resíduo	12	0,13	0,43	0,07	0,22	0,27	2,30	0,27	0,59
CV(%)		7,68	20,63	6,41	13,14	5,30	14,40	8,908	14,17

FV	GL	Quadrados Médios							
		MFPA		MSPA		MFR		MSR	
		Foliar	Solo	Foliar	Solo	Foliar	Solo	Foliar	Solo
Conc	4	5,95 ^{**}	5,21 ^{**}	0,15 ^{**}	4,39 ^{**}	3,81 ^{**}	6,55 ^{**}	9,04 ^{**}	2,43 ^{**}
Bloco	3	0,79 [*]	0,09	0,65 [*]	0,13	0,71 ^{**}	1,63	0,50 ^{ns}	0,15
Resíduo	12	0,17	5,14	5,43	0,46	0,08	6,03	3,29	0,17
CV(%)		9,92	20,90	8,51	21,34	13,29	19,55	9,79	9,40

*, **, significativo a 5 e 1 %, pelo teste F, respectivamente

Para todas as relações entre as características morfológicas em função das concentrações de CM aplicadas via foliar, foi definido o modelo cúbico. Para o ensaio sobre CM aplicado via solo, foram definidos modelos raiz quadrada e quadrático (Tabela 3).

Tabela 3 - Resumo dos modelos matemáticos da análise de variância de plantas de café (*Coffea arabica* L.) submetidas às concentrações de cloreto de mepiquat, aplicadas via foliar e via solo, avaliadas 120 dias após aplicação do regulador.

Via foliar		
Atributos	Modelo	R ²
AF ⁽¹⁾	$\hat{y}^{**} = 24,7692 - 0,0120x + 0,00003x^2 - 0,00000002x^3$	0,6244
CC ⁽²⁾	$\hat{y}^{**} = 43,379 - 0,0889x + 0,0002x^2 - 0,0000001x^3$	0,9924
DC ⁽³⁾	$\hat{y}^{**} = 0,9914 - 0,0015x + 0,000004x^2 - 0,000000003x^3$	0,8647
NF ⁽⁴⁾	$\hat{y}^{**} = 63,393 - 0,1986x + 0,0005x^2 - 0,0000003x^3$	0,6219
MFPA ⁽⁵⁾	$\hat{y}^{**} = 144,66 - 0,5321x + 0,0014x^2 - 0,0000008x^3$	0,6919
MSPA ⁽⁶⁾	$\hat{y}^{**} = 49,198 - 0,1569x + 0,0004x^2 - 0,0000002x^3$	0,6648
MFR ⁽⁷⁾	$\hat{y}^{**} = 24,502 + 0,1675x - 0,0002x^2 + 0,0000001x^3$	0,9810
MSR ⁽⁸⁾	$\hat{y}^{**} = 11,267 + 0,0439x - 0,00008x^2 + 0,00000005x^3$	0,9760
Via solo		
Atributos	Modelo	R ²
AF ⁽¹⁾	$\hat{y}^{**} = 4264,68 - 252,3360x^{0,5} + 7,6196x$	0,6583
CC ⁽²⁾	$\hat{y}^{**} = 37,371 - 0,0262x + 0,00003x^2$	0,8390
DC ⁽³⁾	$\hat{y}^{**} = 1,0954 - 0,0258x^{0,5} + 0,00091x$	0,8447
NF ⁽⁴⁾	$\hat{y}^{**} = 69,0872 - 3,1724x^{0,5} + 0,0939x$	0,8851
MFPA ⁽⁵⁾	$\hat{y}^{**} = 137,02 - 0,248x + 0,0002x^2$	0,7033
MSPA ⁽⁶⁾	$\hat{y}^{**} = 40,549 - 0,0741x + 0,00007x^2$	0,7225
MFR ⁽⁷⁾	$\hat{y}^{**} = 27,628 + 0,0065x + 0,00002x^2$	0,9554
MSR ⁽⁸⁾	$\hat{y}^{**} = 10,824 + 0,0092x - 0,000004x^2$	0,7908

⁽¹⁾ área foliar (AF), ⁽²⁾ comprimento do caule (CC), ⁽³⁾ diâmetro do caule (DC), ⁽⁴⁾ número de folhas (NF), ⁽⁵⁾ massa fresca da parte aérea (MFPA), ⁽⁶⁾ massa seca da parte aérea (MSPA), ⁽⁷⁾ massa fresca da raiz (MFR) e ⁽⁸⁾ massa seca da raiz (MSR).

Quando os cafeeiros foram submetidos à aplicação de CM via foliar, para o número de folhas, área foliar da copa, comprimento e diâmetro de caule, houve, inicialmente, decréscimo de valores em relação à testemunha (entre 0 e 715, 730, 590 e 600 ppm, respectivamente), atingindo valor mínimo entre 250 e 320 ppm (Figura 1).

A partir desse limite inferior, a elevação das concentrações induziu a maiores valores de características da copa, com equiparação ou superação em relação à testemunha, sendo mantida até a aplicação de 1000 ppm de CM.

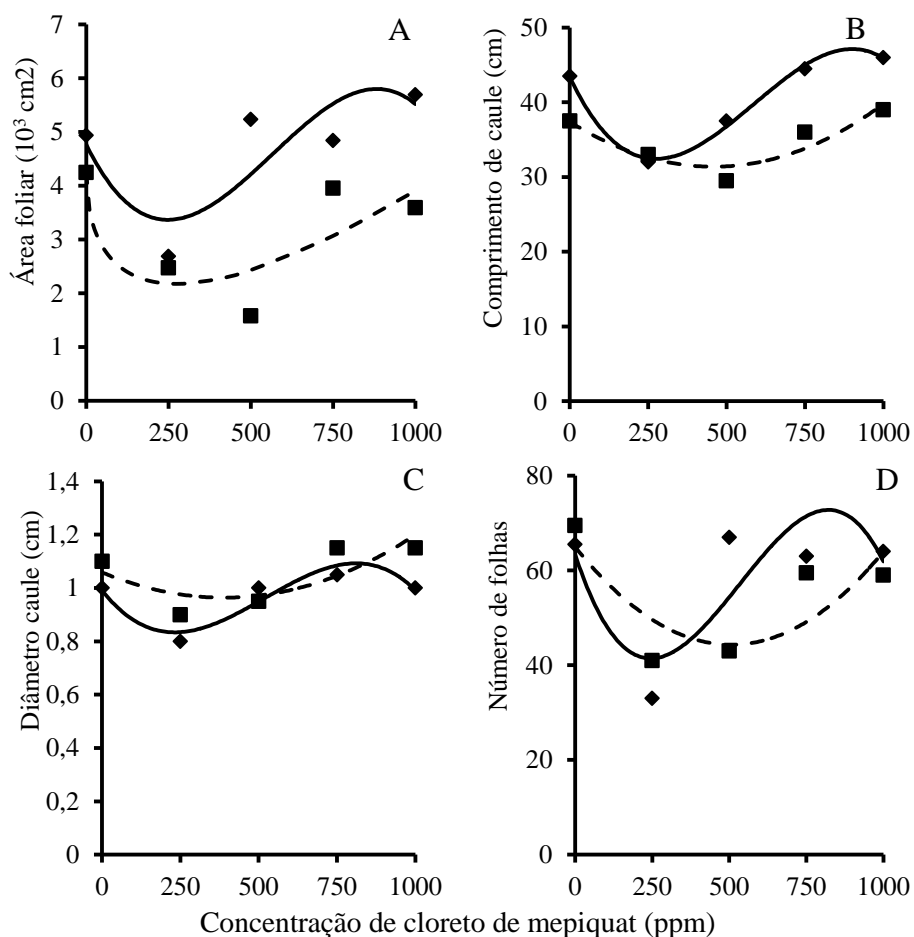


Figura 1 - Área foliar, AF (A), comprimento, CC (B), diâmetro do caule, DC (C) e número de folhas, NF (D) de cafeeiros (*Coffea arabica* L.) cv. Catuaí, 120 dias após aplicação via foliar (—) e via solo (----), cultivados em casa de vegetação, em função de concentrações de cloreto de mepiquat.

Com a aplicação de CM via solo, o crescimento da copa (número de folhas e área foliar da copa) foi mantido inferior ao da testemunha (Figuras 1A e 1D), ocorrendo, no intervalo compreendido entre 340 ppm e 520 ppm de CM, os menores valores. A redução do crescimento do caule, analisado para comprimento e diâmetro de cafeeiros submetidos à CM em relação à testemunha, ocorreu até as concentrações de 900 ppm e 780 ppm,

respectivamente; desse patamar até 1000 ppm, foi observada discreta elevação de valores acima da testemunha (Figuras 1B e 1C).

Os diferentes modelos estabelecidos para a relação entre o crescimento da parte aérea de plantas submetidas à aplicação de CM via foliar e via solo foram atribuídos à efetividade de a absorção de CM ocorrer nas plantas, principalmente nos órgãos clorofilados (REDDY e outros, 1996). Dessa forma, no ensaio de aplicação de CM via solo, os efeitos do regulador foram limitados, resultando em modelos de menor grau em relação à aplicação foliar (equações raiz quadrada e quadrática) (Figura 1).

Embora para muitas culturas a aplicação de CM seja realizada geralmente via embebição de sementes (ALMEIDA; ROSSOLEM, 2012; FERRARI e outros, 2015,) e via foliar (NAGASHIMA e outros, 2009; ARIOGLU e outros, 2013; WANG e outros, 2014b), os efeitos residuais desse regulador no solo têm sido foco de estudos, principalmente sobre temas relacionados à salubridade ambiental (GUO e outros, 2010; LI e outros, 2012).

Em muitas regiões brasileiras, observa-se “efeito de lavagem da parte aérea das plantas” de CM aplicado via foliar, causado pelas chuvas, mesmo aquelas com menor volume, quando ocorrem entre 30 minutos e 24 horas após a aplicação. As perdas de CM por lavagens foliares podem atingir até 52 % (MATEUS; LIMA; ROSSOLEM, 2004; SOUZA e outros, 2007). Dessa forma, uma considerável parte do produto é transportada a partir da copa, podendo ocorrer acúmulo e persistência do produto no solo. É importante, portanto, a verificação do efeito de CM no solo para as plantas cultivadas.

Em diversas culturas, o prolongamento da redução de crescimento em plantas, geralmente, é alcançado somente quando o inibidor é aplicado de forma sequencial (ATHAYDE; LAMAS, 1999; LAMAS, 2001; NAGASHIMA e outros, 2009) ou quando é realizado em uma única dose, na fase inicial do florescimento.

O CM tem como efeito imediato a restrição do crescimento vegetativo, mais especificamente sobre a parte aérea. Porém, para que esse efeito inibidor seja mantido durante um maior período, é preciso atentar para o período ou fase fenológica da cultura, a frequência e a concentração da solução a ser utilizada (LAMAS, 2001; 2007). Para grande parte dos estudos sobre manejo de CM em lavouras, a restrição do crescimento com apenas uma dose tem maior sucesso quando a aplicação é realizada no início do florescimento.

A interpretação imediatista, sem identificação dos fatores determinantes que interagem com a ação dos retardadores de crescimento, resulta na falta de coerência de informações. Esta é a maior limitação da efetiva utilização dos reguladores de crescimento vegetal no manejo das lavouras (OSVALDT e outros, 2014).

Para o presente estudo, em todas as características de crescimento de cafeeiros tratados com concentrações elevadas de CM via foliar, foi observada a retomada do desenvolvimento das plantas (Figura 1). Quando o CM foi aplicado via solo, a equiparação de valores foi observada apenas para o comprimento e o diâmetro do caule (Figuras 1B e 1C). O efeito de estímulo ao crescimento promovido por CM foi verificado em muitas culturas; entretanto somente para concentrações indutivas únicas até 100 ppm, 75 ppm para algodão (SOBRINHO e outros, 2007); 100 ppm para soja (CAMPOS; ONO; RODRIGUES, 2010).

Mouco e outros (2010) relatam que, em mangueiras tratadas com uma única pulverização de CM via foliar, foi observado maior número de folhas e área foliar do que em plantas que receberam a mesma concentração aplicada em duas pulverizações. Para o presente estudo, verificou-se efeito semelhante, quando cafeeiros foram submetidos a concentrações elevadas de CM (Figura 1).

As alterações do diâmetro do caule mediante a aplicação de CM parecem ocorrer de modo particular para as diferentes espécies e formas de

aplicação. Para o presente estudo, não foi verificada alteração do diâmetro frente às diferentes concentrações utilizadas.

Da mesma forma, Souza e outros (2005) não encontraram diferença ao avaliar o diâmetro das plantas de algodão, na aplicação, tanto de forma única, quanto parcelada. Ferrari e outros (2014), no entanto, relatam que a aplicação de CM em algodoeiros, tanto de forma única, quanto parcelada, resultaram em reduções no diâmetro do caule.

Para verificar o impacto dos tratamentos durante o decorrer do experimento, foram feitas avaliações com o fito de detectar qual o intervalo de tempo em que ocorre a inibição de crescimento (Figura 2).

O aumento do diâmetro do caule foi semelhante ao da testemunha até 50 dias após a aplicação via foliar do CM. Depois desse período, as concentrações de 250 ppm promoveram menor número de folhas, e o efeito do retardador foi mantido, embora com menor expressão, ao longo dos dias, até o final do ensaio (Figura 2B).

Verificou-se o término do efeito de restrição do alongamento do caule promovido pela concentração de 750 ppm a partir dos 35 dias após a aplicação de CM via foliar e, aos 120, após a aplicação via solo (Figuras 2A e 2D). O efeito de inibição de alongamento do caule ocorreu até 95 dias após a aplicação de CM via foliar e até 65 após a aplicação de CM via solo para as plantas submetidas à concentração de 1000 ppm.

Para as plantas tratadas com 250 ppm e 500 ppm de CM, tanto na aplicação via foliar, como via solo, a restrição do alongamento do caule foi mantida até o final das avaliações (Figuras 2 A e 2 B).

Quando o efeito de CM aplicado via solo foi avaliado, ao longo do tempo observou-se a manutenção de valores de diâmetro do caule inferior ao da testemunha para os cafeeiros submetidos às concentrações de 250 e 500 ppm (Figura 2E). Os valores de diâmetro do caule das plantas tratadas com concentrações de 750 e 1000 ppm foram mantidos próximos aos da testemunha durante o decorrer dos 120 dias de avaliação.

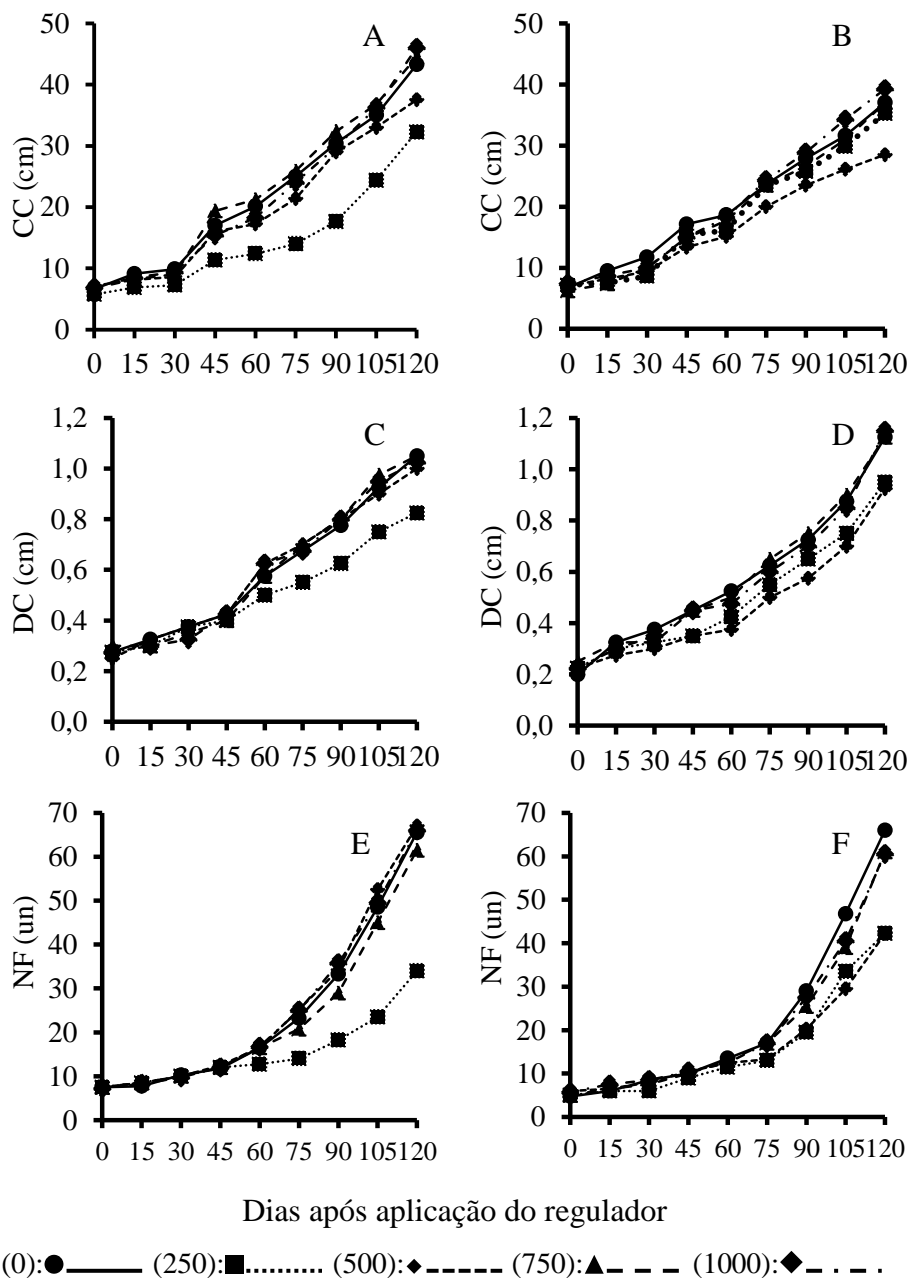


Figura 2 - Comprimento do caule (A, D), diâmetro do caule (B e E) e número de folhas (C e F) de cafeeiros (*Coffea arabica* L.) cv. Catuaí, 120 dias após transplante, com aplicação via foliar (A, B, C) e aplicação via irrigação no solo (D, E, F), cultivados em casa de vegetação, em função de concentrações de cloreto de mepiquat.

Em estudos sobre a densidade populacional e aplicação de CM, Gwathmey e Clement (2010) verificaram redução do diâmetro de plantas de algodoeiro que foram tratadas com 86 g ha⁻¹, via foliar. A perda do efeito retardador de crescimento foi verificada por Sobrinho e outros (2007) com algodão, ao final do experimento, quando a concentração de 50 ppm resultou em menor diâmetro, e a maior concentração (100 ppm) promoveu diâmetro de plantas superior ao da testemunha. Portanto, o desenvolvimento do diâmetro do caule de plantas é influenciado pelas concentrações, de modo a promover ou retardar o crescimento.

Em algodão, o efeito de CM foi relacionado à inibição da síntese de giberelinas e à redução dos níveis de ácido giberélico, resultando em inibição da alongação celular, encurtamento dos entrenós, redução do comprimento do caule e redução do diâmetro do caule (WANG e outros, 2014a).

Para muitas culturas, observou-se efeito promotor de crescimento do caule após o período de efeito de inibição do CM, como a de mamona (OSWALT e outros, 2014), grão de bico (SINGH; DEOL; BRAR, 2014) e arroz (ALVAREZ e outros, 2012), e nulidade de efeitos para soja (SOUZA e outros, 2013). Em todas as culturas citadas, a fase fenológica de desenvolvimento em que o CM foi aplicado, assim como o número de aplicações, foi relacionada à diversidade de efeitos promovidos.

Até 50 dias após a aplicação de CM via foliar, plantas tratadas com 250, 500, 750 e 1000 ppm mantiveram o número de folhas semelhante ao da testemunha. Após esse período, observou-se redução do número de folhas somente para as plantas submetidas a 250 ppm de CM, mantendo-se até o final do experimento (Figura 2C).

Em estudo sobre mangueiras, Mouco e outros (2010) relatam que a aplicação de altas concentrações de CM via foliar pode resultar em maior número de folhas. Para que a inibição seja efetiva, a aplicação de CM em mangueiras deve ser realizada de modo sequenciado, mantendo baixo nível de giberelinas ativas. Ramesh e Ramprasat (2014) verificaram que

aplicações de 5% de CM via foliar em soja elevaram o número de trifólios em avaliações realizadas desde os 15 dias após a aplicação até a colheita final.

Para as plantas tratadas com soluções de CM via solo (Figura 2F), a emissão de folhas foi inferior à da testemunha, durante todo o ensaio. Entretanto, tratamentos com concentrações de 750 e 1000 ppm foram menos efetivos em reduzir o número de folhas quando comparados ao efeito das concentrações inferiores, 250 e 500 ppm.

Para o ensaio sobre aplicação de CM via foliar, ocorreu restrição do acúmulo de massa fresca e seca da parte aérea, até a concentração de 270 ppm, com menores acréscimos até a concentração de 675 ppm, quando se verificou equiparação de valores em relação à testemunha (Figuras 3A e 3B). Sob concentrações maiores a 675 ppm, os acréscimos de massa foram superiores aos da testemunha e, posteriormente, foram reduzidos até a nova equiparação.

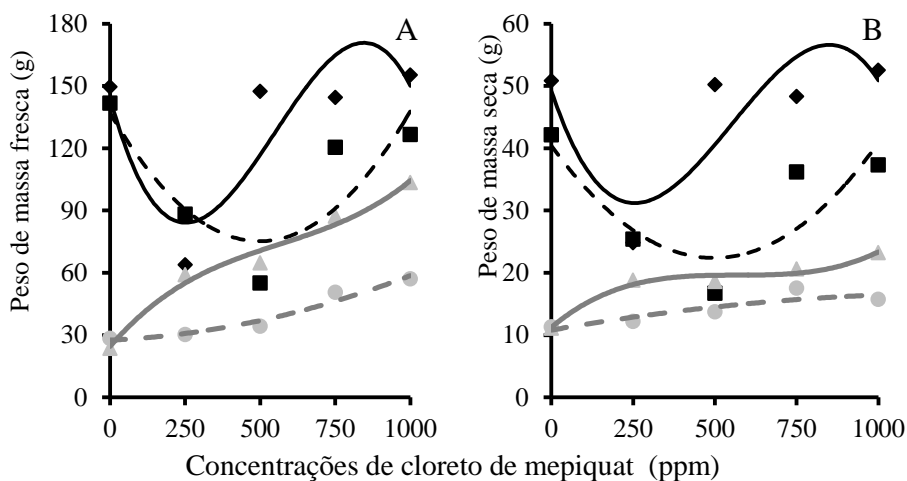


Figura 3 - Peso de massa fresca (A) e seca (B), da parte aérea (linha preta) e das raízes (linha cinza) de cafeeiros (*Coffea arabica* L.) cv. Catuaí, 120 dias após aplicação, via foliar (linha inteira) e via solo (linha tracejada), cultivados em casa de vegetação, em função de concentrações de cloreto de mepiquat.

Verificou-se que, no ensaio sobre aplicação do CM via solo, para todas as concentrações aplicadas houve redução da massa fresca e seca da parte aérea, em relação à da testemunha. A relação do acúmulo de massas em função das concentrações de CM foi delineada por modelos de menor grau (modelo quadrático), indicando atenuação do efeito em razão da aplicação via solo quando comparada à via foliar.

O principal efeito prático da aplicação de CM é a restrição do acúmulo de massa da parte aérea (LAMAS; ATHAYDE; BANZATTO, 2000; NAGASHIMA e outros, 2007). Entretanto, há relatos em que a aplicação de CM não induziu a alteração de acúmulo de massa (ALMEIDA; ROSOLEM, 2012) e, em determinadas situações, verificou-se elevação (FERNÁNDEZ e outros, 1991; MAO e outros, 2014).

De modo semelhante ao presente estudo, Urwiler e Oosterhuis (1986) verificaram que o aumento no crescimento das raízes das plantas relacionava-se à elevação da concentração do regulador. Esse aumento de massa das raízes foi relacionado à interação entre os inibidores de giberelinas e à biossíntese de citocininas. Segundo Abbot (1986) e Karaszewska e outros (1987), o cloreto de chlormequat, composto do mesmo grupo do CM, ao inibir a síntese das giberelinas, aumenta a produção de citocininas, elevando o acúmulo de massa das raízes.

As citocininas, segundo Coll e outros (2001), são caracterizadas por amplo espectro de ação; o aumento do conteúdo desse hormônio retarda o alongamento da raiz principal das plantas. Entretanto, a mesma concentração que retarda o crescimento da raiz principal pode estimular o desenvolvimento de raízes laterais (FERNÁNDEZ e outros, 1991; MARUR, 1998).

Aplicações de cloreto de mepiquat podem elevar o vigor das plantas em decorrência dos efeitos desse retardador de crescimento no metabolismo bioquímico de algumas espécies, elevando a resistência do sistema de defesa. Em plantas de pimentão, foi verificada a elevação de teores de ácido

ascórbico, aumentando a capacidade de tolerância dessas plantas a estresses (SRIDHAR e outros, 2009).

O efeito das concentrações de CM aplicadas via foliar foi verificado para taxa de CO₂ consumido (ΔC), assimilação líquida do carbono (A), taxa de transpiração (E), temperatura interna da câmara (T_{ch}), temperatura foliar (T_{lf}) e índice Spad (Spad) (Tabela 4). Para a aplicação via solo, houve o efeito e o potencial hídrico foliar antemanhã (Ψ_{wam}) e Spad para aplicação via solo (Tabela 4).

Tabela 4 - Resumo da análise de variância de plantas de café (*Coffea arabica* L.) submetidas às concentrações de cloreto de mepiquat (Conc), aplicado via foliar e via solo, para as características de potencial hídrico foliar antemanhã (Ψ_{wam}), potencial hídrico foliar ao meio-dia (Ψ_{wpm}), taxa de CO₂ consumido (ΔC), concentração de CO₂ na câmara subestomática (Ci), assimilação líquida do carbono (A), taxa de transpiração (E), condutância estomática (gs), temperatura interna da câmara (T_{ch}), temperatura foliar (T_{lf}), eficiência instantânea no uso da água (A/E), eficiência instantânea de carboxilação (A/Ci) e índice Spad (Spad), avaliadas 20 dias após aplicação do regulador.

FV	GL	Quadrados Médios							
		Ψ_{wam}		Ψ_{wpm}		$\Delta C \times 10$		$Ci \times 10^2$	
		Foliar	Solo	Foliar	Solo	Foliar	Solo	Foliar	Solo
Conc	4	1,46 ^{ns}	4,60 ^{**}	1,20 ^{ns}	5,39 ^{ns}	0,73 [*]	8,75 ^{ns}	1,26 ^{ns}	2,35 ^{ns}
Bloco	3	0,18 ^{ns}	0,60 ^{ns}	0,81 ^{ns}	8,81 ^{ns}	0,04 ^{ns}	3,24 ^{ns}	1,91 ^{ns}	3,28 ^{ns}
Res	12	0,56	0,29	0,59	4,63	0,22	3,16	0,85	2,33
CV(%)		27,42	13,99	5,74	17,46	6,45	24,24	3,81	6,13
FV	GL	Quadrados Médios							
		A		E		$gs \times 10^{-3}$		Spad $\times 10^2$	
		Foliar	Solo	Foliar	Solo	Foliar	Solo	Foliar	Solo
Conc	4	0,78 [*]	8,88 ^{ns}	0,26 ^{**}	0,17 ^{ns}	0,07 ^{ns}	4,00 ^{ns}	1,31 ^{**}	0,63 [*]
Bloco	3	0,07 ^{ns}	3,30 ^{ns}	0,05 [*]	1,22 ^{ns}	0,17 ^{ns}	9,00 [*]	0,13 ^{ns}	0,41 ^{ns}
Res	12	0,24	3,33	0,01	0,23	0,07	2,00	0,30	0,19
CV(%)		6,59	24,71	3,84	21,32	6,39	32,25	12,27	9,97
FV	GL	Quadrados Médios							
		T_{lf}		A/E		$A/Ci \times 10^{-4}$			
		Foliar	Solo	Foliar	Solo	Foliar	Solo		
Conc	4	2,21 [*]	2,97 ^{ns}	0,41 ^{ns}	0,57 ^{ns}	0,24 ^{ns}	1,60 ^{ns}		
Bloco	3	3,47 [*]	26,9 ^{**}	0,30 ^{ns}	1,71 ^{**}	0,07 ^{ns}	0,30 ^{ns}		
Res	12	0,59	2,44	0,14	0,25	0,08	0,60		
CV(%)		2,29	5,04	15,78	15,26	9,36	26,21		

*, **, significativo a 5 e 1 %, pelo teste F, respectivamente.

Para a relação entre as aplicações via foliar de CM e as avaliações fisiológicas, foram definidas equações quadráticas (Tabela 5). Para a aplicação de CM via solo, a relação com o índice Spad foi apresentada por meio de um modelo linear e, para o potencial hídrico antemanhã, foi definido um modelo quadrático (Tabela 5).

Para T_{lf} , não foi possível estabelecer modelos, em função das diferentes concentrações de cloreto de mepiquat, nos ensaios de aplicação de CM via foliar, definidas para o presente estudo.

Tabela 5 - Resumo dos modelos matemáticos da análise de variância de plantas de café (*Coffea arabica* L.) submetidas às concentrações de cloreto de mepiquat, aplicado via foliar e via solo, avaliadas 120 dias após aplicação do regulador.

Via Foliar		
Atributos	Modelo	R ²
Spad ⁽¹⁾	$\hat{y}^{**} = 36,309 + 0,029x - 0,00002x^2$	0,9251
ΔC ⁽²⁾	$\hat{y}^{**} = 24,5 - 0,0104x + 0,00001x^2$	0,8520
Ci ⁽³⁾	$\hat{y}^* = 237,73 + 0,042x - 0,00004x^2$	0,8931
A ⁽⁴⁾	$\hat{y}^{**} = 7,9344 - 0,0036x + 0,000004x^2$	0,8977
E ⁽⁵⁾	$\hat{y}^{**} = 2,7035 + 0,0016x - 0,000002x^2$	0,5731
A/Ci ⁽⁶⁾	$\hat{y}^{**} = 0,0334 - 0,00002x + 0,00000002x^2$	0,9129
Via Solo		
Atributos	Modelo	R ² /r ²
SPAD ⁽¹⁾	$\hat{y}^* = 38,801 + 0,0098x$	0,8224
Ψ_{wam} ⁽⁷⁾	$\hat{y}^* = -3,3286 + 0,0031x - 0,000006x^2$	0,8667

⁽¹⁾Índice Spad (Spad), ⁽²⁾taxa de CO₂ consumido (ΔC), ⁽³⁾ concentração interna de CO₂ na câmara subestomática (Ci), ⁽⁴⁾ assimilação líquida do carbono (A), ⁽⁵⁾ taxa de transpiração (E), ⁽⁶⁾ eficiência instantânea de carboxilação (A/Ci) e ⁽⁷⁾ potencial hídrico foliar antemanhã (Ψ_{wam}).

*, **, significativo a 5 e 1 %, pelo teste F, respectivamente.

Para a concentração de 495 ppm de CM aplicada via foliar, foi observada uma maior redução, tanto para ΔC , como para A (Figuras 4A e 4B). Os tratamentos com CM promoveram elevação das taxas de E e do índice Spad, com maiores valores alcançadas na concentração de 510 e 720 ppm, respectivamente (Figuras 4C, 4D).

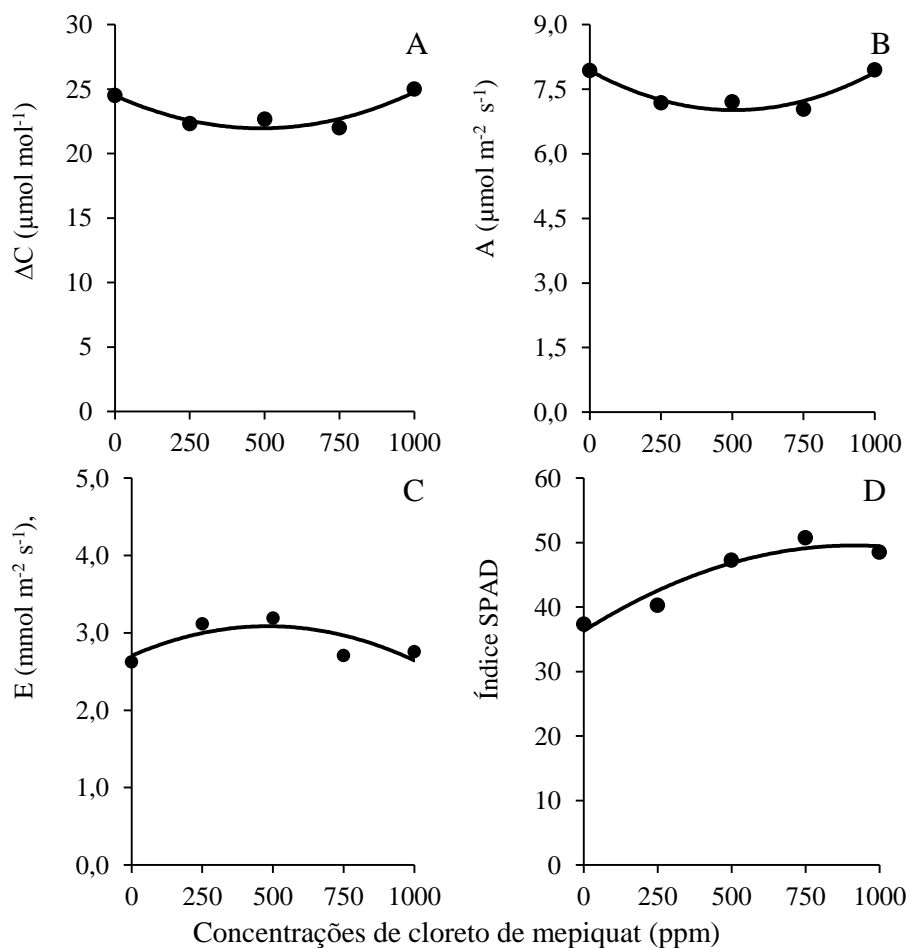


Figura 4 - Taxa de CO_2 consumido (A; ΔC), assimilação líquida do carbono (B; A), taxa de transpiração (C; E), Índice Spad (D; Spad), concentração de CO_2 subestomática (E; C_i) de cafeeiros (*Coffea arabica* L.) cv. Catuaí, 120 dias após aplicação via foliar, cultivados em casa de vegetação, em função de concentrações de cloreto de mepiquat.

Segundo Reddy e outros (1996) e Cothren e Oosterhuis (1993), a aplicação de CM limita a atividade da ribulose 1,5 difosfato carboxilase, envolvida no processo de fotossíntese, e está relacionada às reduções na A , ocorridas no presente estudo.

A redução de ΔC refletiu também nos valores de A , para aplicações de concentrações intermediárias (Figura 4A). O ΔC está diretamente relacionado a A , pois a definição de A é dada pelo produto entre ΔC e o

fluxo de CO₂, que ocorre no momento da leitura das trocas gasosas, ou seja, de modo geral, quanto maior for a *A*, maior será o seu ΔC por unidade de tempo (GALON e outros, 2009).

Merlin (2012) verificou, em estudo sobre o limoeiro-cravo, que o aumento dos valores da *E* relaciona-se com aplicações crescentes do cloreto de chlormequat.

A elevação do índice Spad pode estar relacionada ao aumento das taxas de diferenciação de cloroplastos e biossíntese de clorofila e à redução dos processos de degradação, resultantes da elevação da atividade das citocininas (SHARMA e outros, 2011). Segundo Kunestsov e outros (1998) e Kunestsov e outros (1999), a citocinina ativa a síntese de proteínas codificadoras do cloroplasto, aumentando a produção de pigmentos fotossintéticos e estimulando a diferenciação dos cloroplastos.

O efeito do aumento da concentração de clorofilas também foi visto para a aplicação via solo; com o aumento das concentrações aplicadas, houve aumento dos índices Spad (Figura 5B).

Quanto ao Ψ_{wam} , para a aplicação via solo de cloreto de mepiquat, apesar de ter apresentado valores maiores que a testemunha até concentrações de 513 ppm, a diferença entre o maior valor de Ψ_{wam} (-2,93MPa), atingido para a concentração de 258 ppm, e o valor da testemunha foi de 0,4 MPa. Para concentrações superiores a 513 ppm de cloreto de mepiquat, essa diferença foi elevada, atingindo 2,5MPa (Figura 5A).

O efeito da aplicação de CM via solo de concentrações acima de 600 ppm, sob o Ψ_{wam} , divergiu dos encontrados na literatura (STUART e outros, 1984; MARUR, 1998), cuja concentração de 50g ha⁻¹ proporcionou aumento no potencial de água das folhas e da pressão de turgor.

Quanto aos efeitos no índice Spad, estudos sobre a fisiologia de ação dos reguladores de crescimento, tais como o cloreto de mepiquat, demonstram que a concentração de clorofila (mg/cm²) é aumentada. No entanto, existem contradições sobre a relação de clorofila a/b: para alguns

autores, há aumento (MARUR,1998); para outros, diminuição (GAUSMAN e outros, 1979).

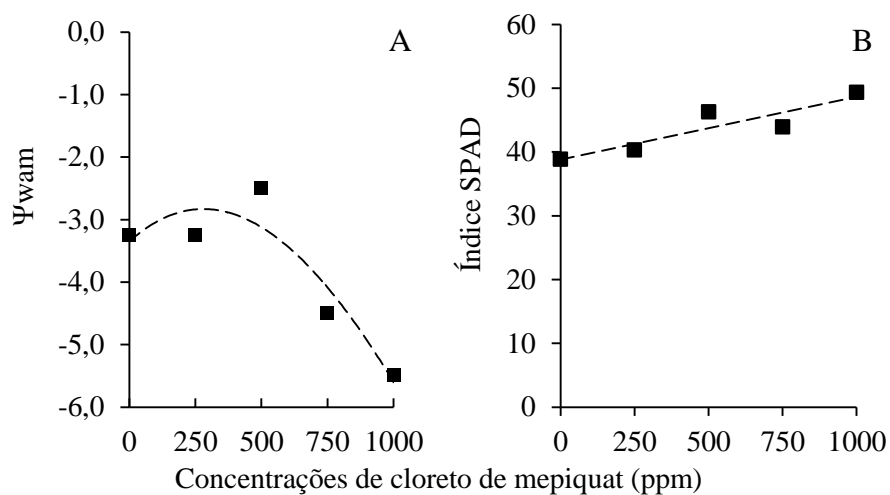


Figura 5 - Potencial hídrico foliar antemanhã (A; Ψ_{wam}) e índice Spad (B; Spad) de cafeeiros (*Coffea arabica* L.) cv. Catuai, cultivados em casa de vegetação, 120 dias após aplicação de diferentes concentrações de cloreto de mepiquat via solo.

4.2 Experimentos 3 e 4: cafeeiros conduzidos sob aplicação via foliar e via solo de prohexadione cálcio

Foi verificado efeito das concentrações do prohexadione cálcio (ProCa) no ensaio sobre aplicação via foliar, para todas as características morfológicas, excetuando o comprimento do caule (Tabela 6). Neste ensaio houve efeito das concentrações de ProCa quando foi analisado o potencial hídrico antemanhã (Ψ_{wam}), taxa de transpiração (E) e índice Spad (Spad) (Tabela 6).

Tabela 6 - Resumo da análise de variância de plantas de café (*Coffea arabica* L.) submetidas a concentrações de prohexadione cálcio em ensaios de aplicação via foliar e via solo, para as características de área foliar (AF), comprimento do caule (CC), diâmetro do caule (DC), número de folhas (NF), massa fresca da parte aérea (MFPA), massa seca da parte aérea (MSPA), massa fresca da raiz (MFR), massa seca da raiz (MSR), avaliadas 120 dias após aplicação do regulador.

FV	GL	Quadrados Médios							
		AF x 10 ⁶		CC x 10		DC x 10 ⁻²		NF x 10 ²	
		Foliar	Solo	Foliar	Solo	Foliar	Solo	Foliar	Solo
Conc	4	5,56**	1,52**	3,80 ^{ns}	0,94 ^{ns}	4,40**	1,20 ^{ns}	9,00*	0,57 ^{ns}
Bloco	3	0,37 ^{ns}	0,37 ^{ns}	0,50 ^{ns}	0,89 ^{ns}	0,40 ^{ns}	0,90 ^{ns}	2,60 ^{ns}	1,86 ^{ns}
Res	12	0,30	0,24	5,10	1,69	0,30	1,00	2,00	0,60
CV(%)		10,98	14,27	15,60	9,77	5,41	9,16	7,44	14,00

FV	GL	Quadrados Médios							
		MFPA x 10 ³		MSPA x 10 ²		MFR x 10 ³		MSR x 10	
		Foliar	Solo	Foliar	Solo	Foliar	Solo	Foliar	Solo
Conc	4	3,44**	0,21 ^{ns}	2,75**	0,77 ^{ns}	1,55*	0,33 ^{ns}	6,87*	2,76 ^{ns}
Bloco	3	0,16 ^{ns}	0,10 ^{ns}	0,27 ^{ns}	0,37 ^{ns}	0,07 ^{ns}	0,08 ^{ns}	0,77 ^{ns}	1,05 ^{ns}
Res	12	0,19	0,56	0,20	0,52	0,29	0,15	1,77	1,22
CV(%)		10,04	18,44	9,56	19,37	23,17	26,23	20,38	20,90

*, **, significativo a 5 e 1 %, pelo teste F, respectivamente

Para o ensaio sobre aplicação de ProCa via solo, verificou-se efeito somente para a área foliar (AF), não ocorrendo alteração em nenhuma das características de trocas gasosas e índice Spad (Tabelas 6 e 7).

Tabela 7 - Resumo da análise de variância de plantas de café (*Coffea arabica* L.) submetidas a concentrações de prohexadione cálcio (Conc), em ensaios sobre aplicação via foliar e via solo, para as características de potencial hídrico foliar ante-manhã (Ψ_{wam}), potencial hídrico foliar ao meio-dia (Ψ_{wpm}), taxa de CO₂ consumido (ΔC), concentração de CO₂ na câmara subestomática (Ci), assimilação líquida do carbono (A), taxa de transpiração (E), condutância estomática (gs), temperatura interna da câmara (T_{ch}), temperatura foliar (T_{lf}), eficiência instantânea no uso da água (A/E), eficiência instantânea de carboxilação (A/Ci) avaliadas 120 dias após aplicação do regulador.

		Quadrados Médios							
FV	GL	Ψ_{wam}		Ψ_{wpm}		$\Delta C \times 10$		$Ci \times 10^2$	
		Foliar	Solo	Foliar	Solo	Foliar	Solo	Foliar	Solo
Conc	4	2,89 ^{**}	0,53 ^{ns}	3,84 ^{ns}	1,23 ^{ns}	1,22 ^{ns}	1,33 ^{ns}	1,06 ^{ns}	1,81 ^{ns}
Bloco	3	0,47 ^{ns}	0,15 ^{ns}	1,54 ^{ns}	4,74 ^{ns}	1,31 ^{ns}	0,05 ^{ns}	4,35 [*]	1,87 ^{ns}
Res	12	0,34	0,38	1,53	3,38	1,20	3,65	1,20	3,39
CV(%)		19,06	16,64	9,62	14,39	15,18	24,92	4,47	7,35

		Quadrados Médios							
FV	GL	A		E		$gs \times 10^{-3}$		$Spad \times 10^2$	
		Foliar	Solo	Foliar	Solo	Foliar	Solo	Foliar	Solo
Conc	4	1,20 ^{ns}	1,46 ^{ns}	0,40 [*]	0,09 ^{ns}	0,70 ^{ns}	0,80 ^{ns}	2,01 ^{**}	0,09 ^{ns}
Bloco	3	1,00 ^{ns}	0,04 ^{ns}	1,29 ^{**}	1,36 ^{**}	1,00 ^{ns}	1,00 ^{ns}	0,14 ^{ns}	0,50 ^{ns}
Res	12	1,14	3,78	0,09	0,23	0,30	2,00	0,16	0,25
CV(%)		14,71	25,20	10,47	19,97	14,49	30,40	9,10	11,63

		Quadrados Médios					
FV	GL	T_{lf}		A/E		$A/Ci \times 10^{-5}$	
		Foliar	Solo	Foliar	Solo	Foliar	Solo
Conc	4	0,40 ^{ns}	0,33 ^{ns}	0,69 ^{ns}	0,16 ^{ns}	2,00 ^{ns}	2,80 ^{ns}
Bloco	3	10,2 ^{**}	32,8 ^{**}	1,44	2,17 [*]	3,00 ^{ns}	0,05 ^{ns}
Res	12	0,30	0,31	0,07	0,46	2,00	6,80
CV(%)		1,61	1,81	11,03	20,66	17,75	26,55

*, **, significativo a 5 e 1 %, pelo teste F, respectivamente.

A relação entre as características morfológicas e as concentrações de ProCa no ensaio sobre aplicação via foliar resultou em modelos cúbicos (Tabela 8). Para as características fisiológicas, Ψ_{wam} , taxa de transpiração (E) e Spad em função das doses de ProCa foi definido o modelo quadrático (Tabela 9). No ensaio de aplicação de ProCa via solo, foi delineado o modelo linear para a AF (Tabela 8).

Tabela 8 - Resumo dos modelos matemáticos da análise de variância de plantas de café (*Coffea arabica* L.) submetidas às concentrações de prohexadione cálcio, aplicadas via foliar e via solo, avaliadas 120 dias após aplicação.

Via Foliar		
Atributos	Modelo	R ² /r ²
AF ⁽¹⁾	$\hat{y}^{**} = 4368,3342 - 10,539x + 0,0404x^2 - 0,00003x^3$	0,8703
DC ⁽²⁾	$\hat{y}^{**} = 1,0914 - 0,0016x + 0,000005x^2 - 0,000000003x^3$	0,8929
NF ⁽³⁾	$\hat{y}^{**} = 62,9100 - 0,0624x + 0,0002x^2 - 0,0000001x^3$	0,9879
MFPA ⁽⁴⁾	$\hat{y}^{**} = 142,6711 - 0,3583x + 0,0011x^2 - 0,0000008x^3$	0,8234
MSPA ⁽⁵⁾	$\hat{y}^{**} = 50,1054 - 0,1107x + 0,0003x^2 - 0,0000002x^3$	0,8708
MFR ⁽⁶⁾	$\hat{y}^* = 79,194 - 0,3048x + 0,0007x^2 - 0,0000004x^3$	0,8850
MSR ⁽⁷⁾	$\hat{y}^* = 22,281 - 0,0622x + 0,0001x^2 - 0,00000008x^3$	0,9522
Via Solo		
AF ⁽¹⁾	$\hat{y}^{**} = 4184,5 - 1,4441x$	0,8548

⁽¹⁾Área foliar (AF), ⁽²⁾diâmetro do caule (DC), ⁽³⁾número de folhas (NF), ⁽⁴⁾massa fresca da parte aérea (MFPA), ⁽⁵⁾massa seca da parte aérea (MSPA), ⁽⁶⁾massa fresca da raiz (MFR) e ⁽⁷⁾massa seca da raiz (MSR).

*, **, significativo a 5 e 1 %, pelo teste F, respectivamente.

Tabela 9 - Resumo dos modelos matemáticos da análise de variância de plantas de café (*Coffea arabica* L.) submetidas às concentrações de prohexadione cálcio, aplicadas via foliar, avaliadas 120 dias após aplicação.

Atributos	Modelo	R ²
Ψ_{wam} ⁽¹⁾	$\hat{y}^{**} = -2,2786 - 0,0065x + 0,000007x^2$	0,8457
SPAD ⁽²⁾	$\hat{y}^{**} = 43,6910 - 0,0257x + 0,00003x^2$	0,6030
E ⁽³⁾	$\hat{y}^* = 2,9950 - 0,0014x + 0,000002x^2$	0,7198

⁽¹⁾potencial hídrico ante-manhã (Ψ_{wam}), ⁽²⁾índice Spad (Spad), ⁽³⁾transpiração (E).

*, **, significativo a 5 e 1 %, pelo teste F, respectivamente.

O efeito da aplicação via foliar do ProCa resultou, para a maioria das concentrações, menor crescimento das plantas, quando comparado ao da testemunha. Somente para a AF, foram observados valores inferiores aos da testemunha até a concentração de 353 ppm (Figura 6). O maior valor de AF foi verificado na concentração de 739 ppm, promovendo seu aumento em 49,62% superior ao da testemunha (Figura 6A).

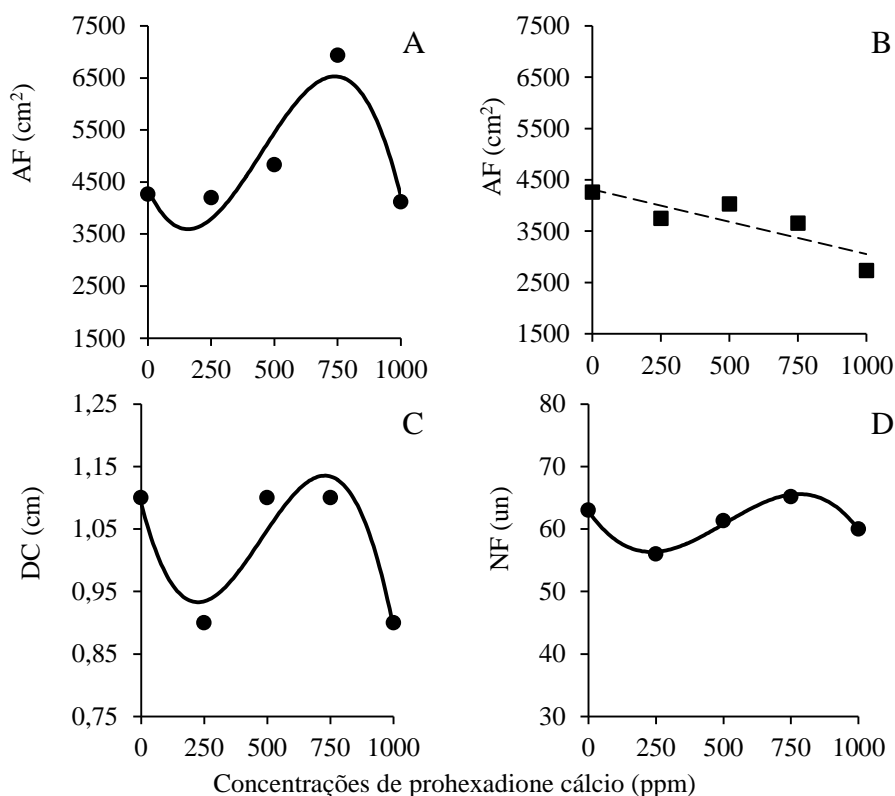


Figura 6 - Área foliar (A, B; AF), diâmetro do caule (C; DC) e número de folhas (D; NF) de cafeeiros (*Coffea arabica* L.) cv. Catuaí, 120 dias após aplicação, tratados via foliar (—) e via solo (----), cultivados em casa de vegetação, em função de concentrações de prohexadione cálcio.

Menores valores de AF foram verificados para cafeeiros submetidos à aplicação de ProCa via solo (Figura 6B), resultando em menores valores com aumento da concentração.

O reduzido efeito da aplicação via solo, quando comparado à aplicação via foliar, foi relacionado à menor estabilidade e rápida degradação em solos do ProCa (UNRATH, 1999; KIM e outros, 2007).

Redução do crescimento foi observada para plantas arbóreas, como a macieira, e para herbáceas submetidas a tratamentos foliares de ProCa (COSTA e outros, 2004; KIM e outros, 2010).

No presente estudo, a aplicação via foliar de ProCa proporcionou o mesmo efeito para todas as características de crescimento. Entretanto, para

um gradiente específico de concentrações aplicadas, o efeito foi contrário ao esperado para um inibidor de síntese de giberelina, pois se observou promoção de crescimento, quando comparado a testemunha.

A promoção do crescimento induzida pelo ProCa foi relacionada ao mecanismo de ação, caracterizado pela inibição das fases finais da rota de biossíntese de giberelinas, inibindo a ação da enzima GA 3 β -hidroxilase, que converte GA₂₀ em GA₁ (RADEMACHER; KOBER, 2003). Dessa forma, a conversão de giberelinas biologicamente ativas é restringida, reduzindo a capacidade de divisão e alongamento celular, comprometendo o crescimento da planta (RADEMACHER, 2000; RAMIREZ e outros, 2010).

Durante o período de inibição de crescimento induzido pelo ProCa, o conteúdo de giberelinas biologicamente inativas GA₉, GA₂₀ e GA₅₁ é aumentado e, quando seu efeito se extingue, as plantas sintetizam essas GAs em giberelinas biologicamente ativas, tais como GA₁, GA₄ e GA₇. No entanto, a persistência varia de acordo com a escolha do período ou fase fenológica da cultura, como, também, da espécie utilizada, segundo Ramirez e outros (2005). Em estudos com tomateiros, os autores observaram que os efeitos desse regulador, para os parâmetros de crescimento, persistiram até seis dias após aplicação e se reverteram oito dias depois.

Em estudos com amendoim, Finoto e outros (2011), 110 dias após aplicação, verificaram que as plantas tratadas com concentrações de 110 e 165 ppm apresentaram maior altura quando comparadas às plantas controle. Relatos na literatura (ILIAS e outros, 2007) consideram que a concentração e a frequência a serem utilizadas, também, são fatores determinantes para a aplicação de ProCa. Quando em concentrações elevadas, tais como 1000 ppm, promovem a redução do crescimento em plantas de quiabo; como também para Greene (2008), utilizando a mesma concentração, porém aplicando em macieiras em dois anos consecutivos.

Para o diâmetro do caule, o efeito do ProCa, no presente estudo, foi em geral redutor para o gradiente de concentrações utilizadas. Zagonel e

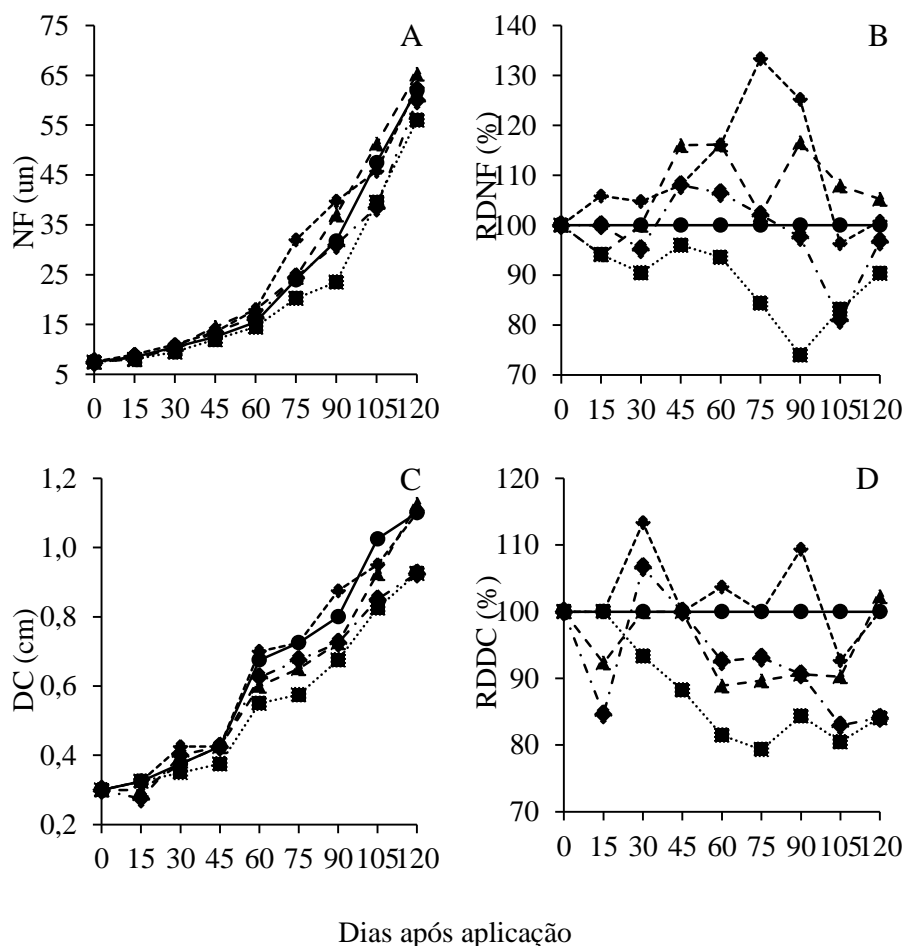
outros (2002), apesar de terem utilizado um composto semelhante ao ProCa, o trinexapac-ethyl, obtiveram promoção para essa característica.

Este regulador não apresenta um efeito padrão para todas as características avaliadas; ocorre heterogeneidade de resposta determinada pela sensibilidade da planta ao regulador. Esta sensibilidade foi relatada por Smit e outros (2005), em que as cultivares de pereiras apresentaram diferentes efeitos, quando submetidas às mesmas concentrações. À luz dessa observação, foi estabelecida uma escala de sensibilidade ao ProCa, com classificação definida por cultivares altamente sensíveis a baixas e médias dosagens, cultivares que respondem melhor a elevadas concentrações e cultivares que respondem mal ou são indiferentes ao ProCa, mesmo sob concentração elevada.

Pelo fato de o ProCa apresentar esse efeito promotor, foram acompanhadas as alterações no número de folhas e diâmetro do caule, ao longo do tempo, e as razões de desenvolvimento (Figura 7).

As concentrações de 500 e 750 ppm, aplicadas via foliar, proporcionaram o retorno do número de folhas durante os 120 dias (Figura 7A). Entretanto, quando comparado à testemunha (Figura 7B), antes dos 20 dias e a partir de 35 dias, houve aumento do número de emissões foliares. O mesmo efeito não foi verificado para a concentração de 250 e 1000 ppm.

Observou-se, 120 dias após a aplicação de ProCa, que o diâmetro do caule (Figura 7C) foi reduzido a valores inferiores aos da testemunha. Somente para a concentração de 500 ppm, houve equiparação de valores de DC com a testemunha (Figura 7D). Dessa forma, o efeito inibidor de ProCa foi restrito, sendo verificada baixa persistência na planta (ILIAS; RAJAPAKSE, 2005).



(0):●—— (250):■.....(500):◆----- (750):▲- - - (1000):◆- - - .

Figura 7 - Número de folhas (A), relação do desenvolvimento das folhas (B), diâmetro de caule (DC) (C) e relação do diâmetro de caule (RDDC) (D) de cafeeiros (*Coffea arabica* L.) cv. Catuaí, 120 dias após aplicação, cultivados em casa de vegetação, em função de concentrações de prohexadione cálcio aplicadas via foliar.

A restrição temporal do efeito inibidor de crescimento desse regulador foi verificada para morangos por Reekie, Hicklenton e Struik (2005).

A persistência do produto na planta depende da espécie em estudo. Greene e Schloemann (2010) verificaram que os efeitos inibidores do ProCa em morango duraram cerca de 28 dias. Ozbay e Ergun (2015), entretanto,

verificaram, em estudos com berinjela, que a persistência do produto ocorreu até 70 dias após aplicação do regulador.

As massas da parte aérea e das raízes (Figura 8) apresentaram comportamento semelhante às das características anteriormente citadas. A concentração de 765 ppm aplicada via foliar induziu a maiores valores de MFPA, sendo 46% superior ao da testemunha (Figura 8A). Para MFR (Figura 8C), a concentração de 265 ppm foi a que proporcionou menor valor, sendo 43% inferior ao da testemunha, mantendo-se inferior também para MSR (Figura 8D).

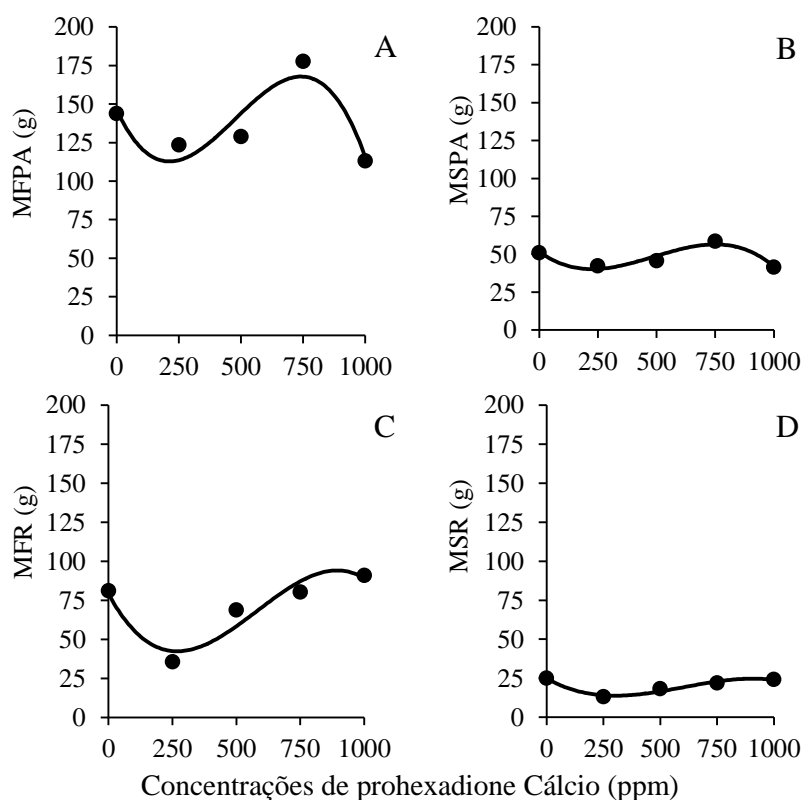


Figura 8 - Massa fresca da parte aérea (A; MFPA), massa seca da parte aérea (B; MSPA), massa fresca da raiz (C; MFR), massa seca da raiz (D; MSR) de cafeeiros (*Coffea arabica* L.) cv. Catuaí, 120 dias após aplicação, tratados via foliar, cultivados em casa de vegetação, em função de concentrações de prohexadione cálcio.

O efeito promotor de crescimento com a aplicação de ProCa verificado para MFPA foi corroborado pelo maior vigor das características anteriormente citadas, tais como área foliar, comprimento do caule e diâmetro do caule (Figura 6). O ProCa é conhecido por aumentar a massa de raiz (REEKIE e outros, 2005). No entanto, para o presente estudo foi verificado correspondência ao que se relatou somente em concentrações altas.

O potencial hídrico antemanhã teve menor valor na concentração de 530 ppm (Figura 9A). O índice Spad (Figura 9B), no entanto, de maneira geral teve aumento em função das diferentes concentrações.

As trocas gasosas não foram alteradas pelas diferentes concentrações de ProCa via foliar, com exceção da transpiração (Figura 9 C), que foi reduzida até a concentração de 760 ppm; porém, a menor taxa foi obtida na concentração de 380 ppm.

Comparativamente a relatos da literatura (RANNEY; BASSUK; WHITLOW, 1989; BEROVA; ZLATEV, 2003), a aplicação de diferentes concentrações de ProCa divergiu do que é encontrado, onde a aplicação de retardadores de crescimento reduzem Ψ_{wam} . No entanto, para plantas de pistache tratadas com ProCa, foi verificada elevação da retenção parcial da água nas folhas, sob a concentração de 250 ppm, sendo seu gradiente de estudo concentrações que variaram de 0 a 1000 ppm (FAHED; HADDAD; OBAID, 2011).

O índice Spad até a concentração de 740 ppm de ProCa via foliar foi reduzido; entretanto, comparando-se à testemunha, essa redução foi sutil (Figura 9 B). Esse impacto do ProCa, novamente, é muito dependente da espécie estudada. Para o cafeeiro, seu comportamento foi o relatado anteriormente. Porém para macieiras e pereiras, Sabatini e outros (2003) constataram que esse regulador afetou positivamente o teor de clorofila na folha.

Para Kofidis e outros (2008), em plantas de coentro não houve diferença no conteúdo de clorofila entre as folhas tratadas com o regulador e

o controle. Em contraste, Meagy (2009) indicou que concentrações elevadas desse regulador reduziu significativamente clorofila em plantas de hortelã. Como também em plantas de tomate, foram obtidas reduções significativas no conteúdo de clorofila na folha (GIANNAKOULA; ILIAS, 2007).

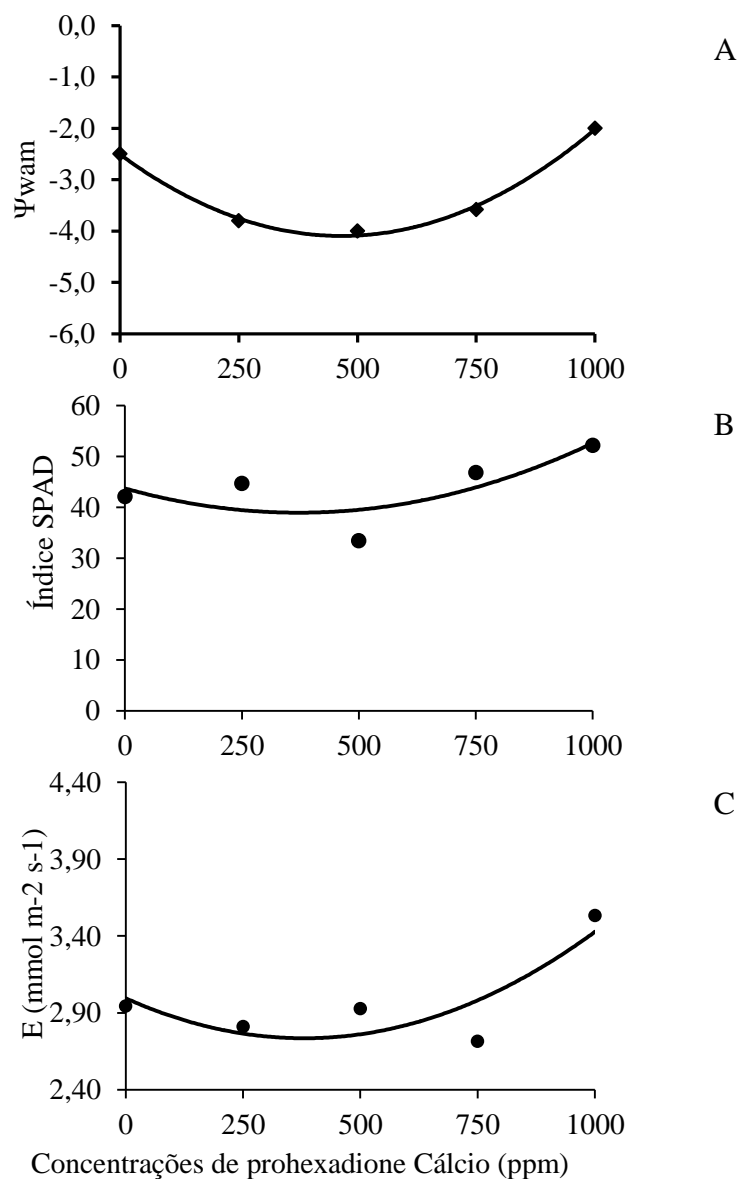


Figura 9 - Potencial hídrico antemanhã (A; Ψ_{wam}) Índice Spad (B; Spad) e taxa de transpiração (C; E) de cafeeiros (*Coffea arabica* L.) cv. Catuaí, 120 dias após aplicação, cultivados em casa de vegetação, em função de concentrações de prohexadione cálcio aplicadas via foliar.

Quanto ao efeito do aumento do índice Spad, os inibidores de síntese de giberelinas elevaram a disponibilidade de precursores para a síntese de citocininas, cujo efeito é responsável pela redução da velocidade de degradação de clorofilas, resultando em folhas com coloração mais intensa (RADEMACHER, 2000).

Bekheta, Sahbaz e Lieberei (2006), estudando os efeitos de ProCa em *Vicia faba*, relatam que as plantas tratadas apresentaram, com o aumento das concentrações, redução dos níveis de GA₃ e AIA e acréscimos nos níveis de ABA e citocininas, quando comparadas com as plantas controle.

Apesar de o ProCa induzir a alterações no metabolismo de ABA, estando, dessa forma, relacionado ao controle estomático, para o presente ensaio os valores de *g_s* não diferiram das plantas tratadas.

A redução da taxa de transpiração, até a concentração de 750 ppm, se deve, segundo Torres e Mogollón (2002), a que plantas submetidas a aplicação de retardador de crescimento aumentam a capacidade de controlar a perda de umidade pelas folhas, porém sem alterar a densidade e o índice estomático.

Segundo Chaney (2004), folhas tratadas com retardadores de crescimento sofrem modificações morfológicas, tais como poros estomáticos menores e maior espessamento de folhas, como também resultam, segundo Hazarika, Parthasarathy e Nagaraju (2002), em menor abertura estomática, diferindo de estômatos normais.

4.3 Experimentos 5 e 6: cafeeiros conduzidos sob aplicação via foliar e via solo de paclobutrazol

A aplicação de diferentes concentrações de paclobutrazol (PBZ) via foliar afetou todas as características morfológicas avaliadas (Tabela 10). Para as avaliações fisiológicas, somente houve efeito para potencial hídrico foliar antemanhã (Ψ_{wam}), taxa de CO₂ consumido (ΔC), concentração de CO₂

na câmara subestomática (C_i), assimilação líquida do carbono (A) e eficiência instantânea de carboxilação (A/C_i) (Tabela 11).

Tabela 10 - Resumo da análise de variância de plantas de café (*Coffea arabica* L.), submetidas a concentrações de paclobutrazol (Conc) aplicadas via foliar, para as características área foliar (AF), comprimento do caule (CC), diâmetro do caule (DC), número de folhas (NF), massa fresca da parte aérea (MFPA), massa seca da parte aérea (MSPA), massa fresca da raiz (MFR), massa seca da raiz (MSR), avaliadas 120 dias após aplicação do regulador.

FV	GL	Quadrados médios							
		AF x 10 ⁶	CC x 10 ²	DC x 10 ⁻²	NF x 10 ²	MFPA x 10 ³	MSPA x 10 ²	MFR x 10 ³	MSR
Con	4	9,93**	1,48**	9,30**	5,02**	8,29**	6,27**	1,93**	124,86**
Bloco	3	1,56 ^{ns}	0,33 ^{ns}	3,30 ^{ns}	2,72 ^{ns}	0,42 ^{ns}	1,95 ^{ns}	0,11 ^{ns}	2,87 ^{ns}
Res	12	1,04	0,14	1,60	0,65	0,70	1,14	0,08	15,72
C V (%)		25,92	10,44	14,03	16,50	25,15	29,22	19,88	24,76

*, **, significativo a 5 e 1 %, pelo teste F, respectivamente.

Tabela 11 - Resumo da análise de variância de plantas de café (*Coffea arabica* L.) submetidas a concentrações de paclobutrazol (Conc), aplicadas via foliar, para as características potencial hídrico foliar antemanhã (Ψ_{wam}), potencial hídrico foliar ao meio-dia (Ψ_{wpm}), taxa de CO₂ consumido (ΔC), concentração de CO₂ na câmara subestomática (C_i), assimilação líquida do carbono (A), taxa de transpiração (E), condutância estomática (g_s), temperatura interna da câmara (T_{ch}), temperatura foliar (T_{lf}), eficiência instantânea no uso da água (A/E), eficiência instantânea de carboxilação (A/C_i), avaliadas 120 dias após aplicação do regulador.

FV	GL	Quadrados médios					
		Ψ_{wam}	Ψ_{wpm}	ΔC	C_i	A	$E \times 10^{-2}$
Conc	4	1,56*	0,57 ^{ns}	29,8**	370,9**	3,01**	1,40 ^{ns}
Bloco	3	3,12**	1,08 ^{ns}	1,04 ^{ns}	2,97 ^{ns}	0,04 ^{ns}	1,40 ^{ns}
Res	12	0,46	0,96	0,64	4,85	0,03	0,90
C V (%)		19,10	7,25	4,17	0,90	2,79	3,59

FV	GL	Quadrados médios					
		$g_s \times 10^{-4}$	T_{ch}	T_{lf}	A/E	$A/C_i \times 10^{-5}$	Spad x 10
Conc	4	1,00 ^{ns}	0,64 ^{ns}	0,54 ^{ns}	0,41 ^{ns}	7,90**	5,49 ^{ns}
Bloco	3	5,00 ^{ns}	1,72*	0,45 ^{ns}	0,30 ^{ns}	0,10 ^{ns}	2,36 ^{ns}
Res	12	4,00	0,31	0,26	0,14	0,04	2,72
C V (%)		18,85	1,70	1,52	15,78	2,62	11,61

*, **, significativo a 5 e 1 %, pelo teste F, respectivamente.

As plantas tratadas com PBZ via solo, em razão dos efeitos de toxicidade, não sobreviveram após vinte dias da aplicação. Este fato foi associado ao efeito interativo das concentrações testadas, aliado à forma de aplicação, que é mais eficiente em relação à via foliar (PARDOS e outros, 2005). Apesar de o PBZ pertencer à Classe III na classificação toxicológica (SILVA; FAY, 2003), é um produto de alta persistência no solo, porém de mobilidade relativamente baixa (FERRACINI e outros, 2008), podendo levar à fitotoxicidade nas plantas.

A fitotoxicidade causada nas plantas tratadas via solo, também, pode estar relacionada à maior intensidade da ação do regulador de crescimento, já que este é absorvido pelas raízes e translocado diretamente para os pontos de crescimento pelo xilema (BLANK e outros, 2009). Em decorrência desse transporte, a ação é acentuada quando a aplicação é via irrigação no solo (BARRETT; NELL, 1992).

Para todas as relações entre as concentrações de PBZ aplicadas via foliar e as características morfológicas analisadas, foram definidos modelos lineares, com exceção do número de folhas, massa fresca e massa seca de raiz com modelos quadráticos (Tabela 12). Os modelos matemáticos de segundo grau foram os mais adequados para definir a relação entre as doses do PBZ e todas as características fisiológicas analisadas neste estudo (Tabela 13). Para o potencial hídrico foliar pós-manhã (Ψ_{wpm}), não foi possível definir um modelo para as concentrações de PBZ.

Tabela 12 - Resumo dos modelos matemáticos da análise de variância de plantas de café (*Coffea arabica* L.) submetidas a concentrações de paclobutrazol, aplicadas via foliar, avaliadas 120 dias após a aplicação.

Atributos	Modelo	R ² /r ²
AF ⁽¹⁾	$\hat{y}^{**} = 5624,2 - 3,4432x$	0,9134
CC ⁽²⁾	$\hat{y}^{**} = 45,545 - 0,0154x$	0,9687
DC ⁽³⁾	$\hat{y}^{**} = 0,9707 + 0,0003x - 0,0000005 x^2$	0,9374
NF ⁽⁴⁾	$\hat{y}^{**} = 54,071 + 0,0241x - 0,00005x^2$	0,7896
MFPA ⁽⁵⁾	$\hat{y}^{**} = 176,73 - 0,1201x$	0,9120
MSPA ⁽⁶⁾	$\hat{y}^{**} = 66,795 - 0,047x$	0,8520
MFR ⁽⁷⁾	$\hat{y}^{**} = 40,14 + 0,1198x - 0,0001x^2$	0,8451
MSR ⁽⁸⁾	$\hat{y}^{**} = 13,079 + 0,0415x - 0,00005x^2$	0,9574

⁽¹⁾área foliar (AF), ⁽²⁾comprimento do caule (CC), ⁽³⁾diâmetro do caule (DC), ⁽⁴⁾número de folhas (NF), ⁽⁵⁾massa fresca da parte aérea (MFPA), ⁽⁶⁾massa seca da parte aérea (MSPA), ⁽⁷⁾ massa fresca da raiz (MFR) e ⁽⁸⁾massa seca da raiz (MSR).

Tabela 13 - Resumo dos modelos matemáticos da análise de variância de plantas de café (*Coffea arabica* L.) submetidas às concentrações de paclobutrazol, aplicadas via foliar, avaliadas 120 dias após aplicação.

Atributos	Modelo	R ²
Ψ_{wam} ⁽¹⁾	$\hat{y}^{**} = -5,0536 + 0,0095x - 0,000008x^2$	0,8159
Spad ⁽²⁾	$\hat{y}^{**} = 42,467 - 0,005x + 0,0001x^2$	0,9433
A ⁽³⁾	$\hat{y}^{**} = 6,6466 + 0,0023x - 0,000004x^2$	0,8443
ΔC ⁽⁴⁾	$\hat{y}^{**} = 20,905 + 0,0069x - 0,00001x^2$	0,8453
Ci ⁽⁵⁾	$\hat{y}^{**} = 244,87 - 0,0432x + 0,00006x^2$	0,9746
A/Ci ⁽⁶⁾	$\hat{y}^{**} = 0,0274 + 0,00001x - 0,00000002x^2$	0,8717

⁽¹⁾Potencial hídrico ante-manhã (Ψ_{wam}), ⁽²⁾índice Spad (Spad), ⁽³⁾Assimilação líquida do carbono (A), ⁽⁴⁾consumo de CO₂ (ΔC), ⁽⁵⁾concentração interna de CO₂ na câmara subestomática (Ci) e ⁽⁶⁾eficiência instantânea de carboxilação (A/Ci).

O aumento das concentrações de PBZ aplicadas via foliar resultou em redução linear no comprimento do caule e na área foliar das plantas de café arábica (Figuras 10A e 10B). O efeito do regulador para diâmetro e número de folhas (Figuras 10C e 10D) proporcionou, inicialmente, aumento, mantendo-se superior à testemunha até as concentrações de 600 e 482 ppm, respectivamente. O maior incremento foi verificado para a dosagem de 300 e 241 ppm, respectivamente, para diâmetro de caule e número de folhas.

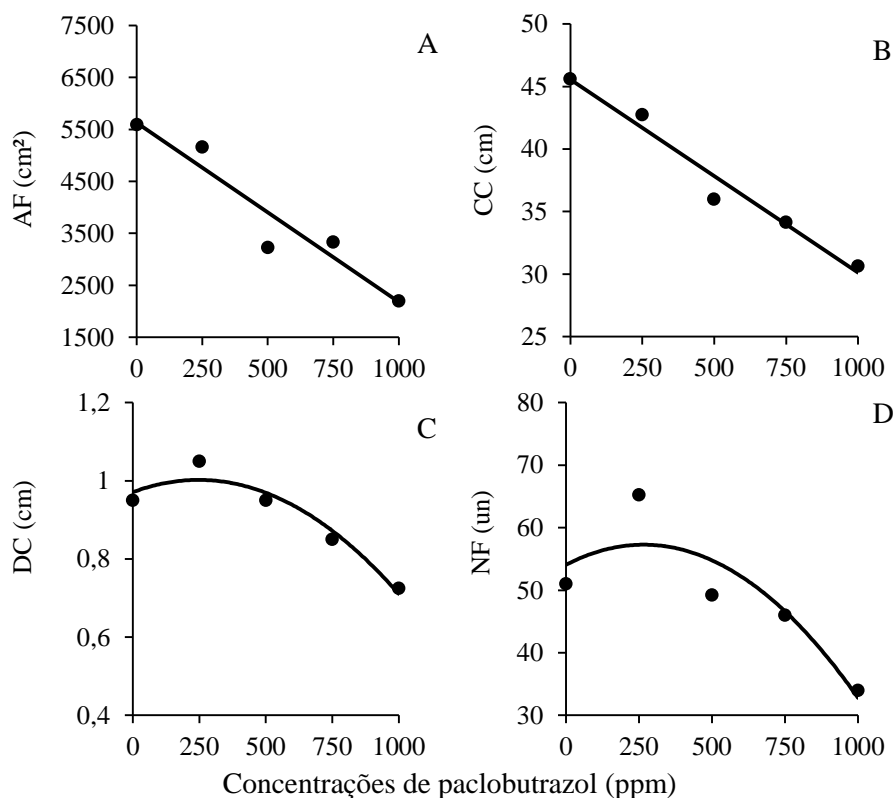


Figura 10 - Área foliar (A; AF), comprimento do caule (B; CC), diâmetro do caule (C; DC) e número de folhas (D; NF) de cafeeiros (*Coffea arabica* L.) cv. Catuaí, 120 dias após aplicação, cultivados em casa de vegetação, em função de concentrações de paclobutrazol aplicadas via foliar.

O efeito da redução do crescimento da copa de plantas, causado pelo uso do PBZ, também foi relatado para plantas de girassol (WANDERLEY; REZENDE; ANDRADE, 2007), na cultura do trigo (ESPINDULA e outros, 2009) e em plantas de soja (PRICINOTTO; ZUCARELI, 2014).

Para o presente estudo, esse efeito do PBZ foi relacionado à inibição de síntese de giberelinas, diminuindo, conseqüentemente, a taxa de alongação e divisão celular (FLETCHER e outros, 2000). A redução da síntese de giberelinas também promove uma elevação no conteúdo de ácido abscísico nas células, restringindo o alongamento dos tecidos e resultando na redução da área foliar, atraso no processo de senescência e aumento da

resistência a estresses ambientais (FLETCHER e outros, 2000; RADEMACHER, 2000).

O aumento no diâmetro de caule e no número de folhas nas concentrações até 480 ppm caracteriza-se como efeito concentração-resposta. Quando aplicadas em baixas concentrações, substâncias inibidoras promoveriam o crescimento de diversas partes da planta (CALABRESE; BLAIN, 2008). Resultado semelhante foi verificado por Yim, Kwon e Bayer (1997), ao utilizarem PBZ em plantas de arroz.

Outro fato importante a ser destacado é o aumento da resistência a estresses promovidos por fatores bióticos e abióticos em plantas tratadas com retardadores de crescimento. Elevações de metabólitos, como a glutatona reduzida e os teores de ácido ascórbico em *Catharanthus roseus* tratada com PBZ, sob condição de salinidade induzida por NaCl (JALEEL e outros, 2007).

Para plantas de amendoim tratadas com PBZ sob restrição hídrica, observou-se que o tratamento com PBZ resultou em elevação de teores de ácido ascórbico, alfa tocoferol, glutatona reduzida e aumento da atividade das enzimas superóxido dismutase, ascorbato peroxidase e catalase (SANKAR e outros, 2007). A aplicação de compostos triazólicos ativou mecanismos de proteção aos efeitos de restrição hídrica em diversas espécies de plantas, como o quiabo (RABERT e outros, 2013), feijão de corda (MANIVANNAN e outros, 2007), girassol (RABERT e outros, 2014), milho (RAJASEKAR; RABERT; MANIVANNAN, 2015) e cúrcuma (JUNGKLAND e outros, 2015).

Em plantas de batata (*Solanum tuberosum*) tratadas com PBZ, o aumento do diâmetro dos ramos foi associado ao aumento da espessura do córtex e feixes vasculares mais desenvolvidos (TSEGAW; HAMMES; ROBBERTSE, 2005)

Quanto à posterior redução em função do aumento da concentração aplicada, Navarro e outros (2009) sugerem que, em função do uso de PBZ,

esta característica é altamente influenciada pela concentração aplicada. À medida que se aumentam as concentrações, o número de folhas é reduzido.

Reduções lineares em função do aumento das concentrações foram verificadas para massa fresca da parte aérea e, também, para massa seca da parte aérea (Figuras 11A e 11B). A utilização do PBZ em plantas de café promoveu o acúmulo de massas frescas e secas das raízes (Figuras 11C e 11D), até as concentrações de 780 ppm e 810 ppm, respectivamente, quando comparadas ao controle. O máximo de acúmulo de massa fresca da raiz foi observado na concentração de 308 ppm e, para massa seca da raiz, de 462 ppm.

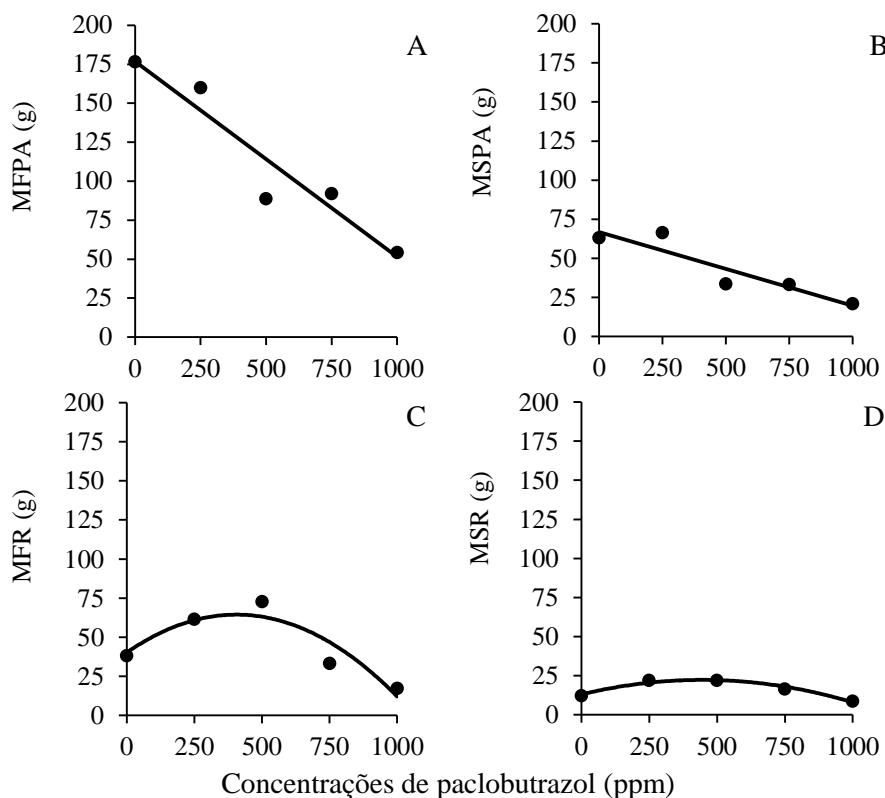


Figura 11 - Massa fresca da parte aérea (A; MFPA), massa seca da parte aérea (B; MSPA), massa fresca da raiz (C; MFR) e massa seca da raiz (D; MSR) de cafeeiros (*Coffea arabica* L.) cv. Catuaí, 120 dias após transplântio, cultivados em casa de vegetação, em função de concentrações de paclobutrazol aplicadas via foliar.

A redução nas massas fresca e seca da parte aérea de plantas submetidas à aplicação de PBZ foi relacionada à menor quantidade de folhas, ao menor diâmetro do caule e ao menor tamanho das plantas (Figura 10).

Conforme se observou no presente estudo, o PBZ induz a uma maior capacidade de acúmulo de massa radicular, sob a aplicação de concentrações até 750ppm (Figuras 11C e 11D), resultando em maior vigor do sistema radicular e em uma alternativa para a elevação da capacidade de tolerância da planta à condição de restrição de disponibilidade hídrica (SWIETLIK; MILLER, 1983). As aplicações de retardadores de crescimento são caracterizadas pela manutenção de uma relação direta com a concentração aplicada (MOUCO e outros, 2010). Entretanto, existem variações de efeitos, em razão das particularidades na interação produtos e espécies de plantas.

Wang e Steffens (1985) verificaram que o tratamento com PBZ em mudas de macieira, via irrigação no solo, aumentou a formação de raízes secundárias. No entanto, para Lidón e outros (2001), variando as concentrações de PBZ entre 1200 e 5000 ppm, em aplicação via foliar, não é afetada a produção de massa seca do sistema radicular da laranjeira azeda.

O incremento de massa radicular promovida pelo PBZ neste estudo foi relacionado à restrição do crescimento da parte aérea da planta, elevando a disponibilidade de assimilados para o sistema radicular (JALEEL e outros, 2008). A aplicação de PBZ também estimula o aumento da ação das citocininas e do ácido abscísico (ABA).

Segundo Taiz e Zeiger (2010), o ácido abscísico promove a supressão foliar e induz ao crescimento radicular, estimulando a emergência de raízes laterais. A presença de ABA nas raízes estimula também o fluxo hídrico e iônico, modulando o turgor por meio da redução da transpiração e elevação da capacidade de absorção radicular (FIGUEIRÔA; BARBOSA; SIMABUKURO, 2004). Souza e outros (2010) observaram aumento linear no peso da massa fresca e seca de raízes de banana em função da concentração de PBZ.

Para o potencial hídrico foliar pós-manhã (Ψ_{wpm}), não foram verificados efeitos para as concentrações de PBZ. Para o potencial hídrico foliar antemanhã (Ψ_{wam}) (Figura 12A), todas as concentrações aplicadas causaram aumento dos valores, em comparação com a testemunha. Para tanto, na concentração de 530 ppm foi verificado maior valor de Ψ_{wam} . Navarro e outros (2009) constataram aumento do Ψ_{wam} nas folhas de plantas tratadas com PBZ.

As aplicações via foliar de concentrações crescentes de PBZ resultaram em acréscimos do índice Spad, delineando uma relação linear (Figura 12B). Efeito semelhante foi observado no crescimento inicial de tomateiros submetidos à aplicação de compostos triazólicos (SHANMUGAPRIYA; SIVAKUMAR; PANNEERSELVAM, 2013), nas folhas de bananeiras tratadas (LOLAEI e outros, 2013) e em batatas tratadas com PBZ (TSEGAW; HAMMES; ROBBERTSE, 2005).

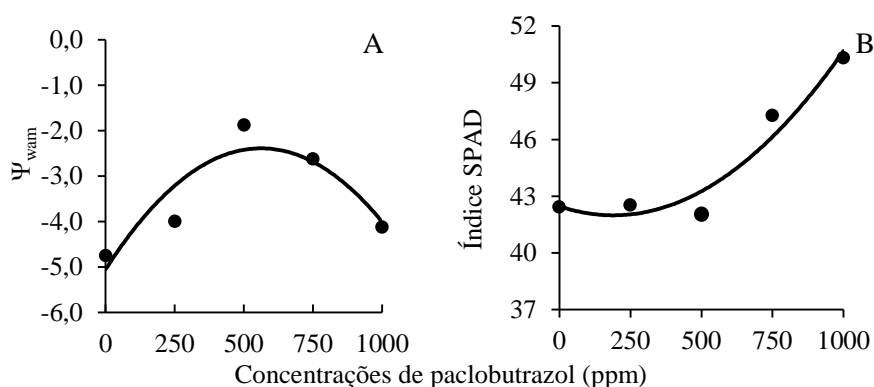


Figura 12 - Potencial hídrico foliar antemanhã (A; Ψ_{wam}) e índice Spad (B; Spad) de cafeeiros (*Coffea arabica* L.) cv. Catuaí, 120 dias após transplântio, cultivados em casa de vegetação, em função de concentrações de paclobutrazol aplicadas via foliar.

O aumento do índice Spad foi relacionado ao aumento do teor de clorofila pela inibição do alongamento celular e elevação da capacidade de síntese desse pigmento. O PBZ estimula a biossíntese de citocininas

endógenas, maximizando a diferenciação de cloroplasto, a biossíntese de clorofila e retardando a degradação (FLETCHER e outros, 2000).

Tsegaw e Hammes (2004) constataram aumento inicial e posterior redução do conteúdo de clorofilas e da relação clorofila a/b em plantas de batata tratadas com diferentes concentrações de PBZ.

As folhas de plantas tratadas com PBZ têm maior índice e densidade estomática em razão do aumento no número de estômatos por unidade de área (AURAS, 1997). Segundo Castro, Pereira e Paiva (2009), esse aumento pode favorecer o fluxo de CO₂ para o interior da folha; segundo Zhou e Han (2005), o aumento na captação de CO₂ pode potencializar a fotossíntese dos cafeeiros, o que pode ser visto na taxa de CO₂ consumido (ΔC) (Figura 13B).

Para a avaliação de trocas gasosas, dos efeitos na taxa de transpiração (E) e na condutância estomática (g_s), não foi identificado efeito das doses do retardador. Para a fotossíntese líquida (A), a aplicação de PBZ resultou em maiores taxas até a concentração de 620 ppm, porém o valor máximo de A foi 6,97 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ sob a concentração de 290 ppm (Figura 13A). A aplicação de PBZ foi relacionada a maiores ΔC até a concentração de 630 ppm, porém seu maior valor foi obtido na concentração de 345 ppm (Figura 13B), quando comparado à testemunha.

Os efeitos do PBZ nas plantas de café, quanto à avaliação de A , apresentaram comportamento semelhante aos encontrados por Gopi e outros (2005), em estudos com *A. campanulatus*, como também por Kumar e outros (2012) em estudos com *C. sativa*, tanto nas avaliações 14 dias, quanto 21 dias após aplicação, em que as concentrações intermediárias aplicadas proporcionaram maiores valores para A .

Em plantas de soja sob restrição de disponibilidade hídrica, a aplicação de PBZ via foliar, em concentração menor que as estabelecidas no presente estudo (40 ppm), resultou em maiores valores de fotossíntese líquida (ABU-MURIEFAH, 2015).

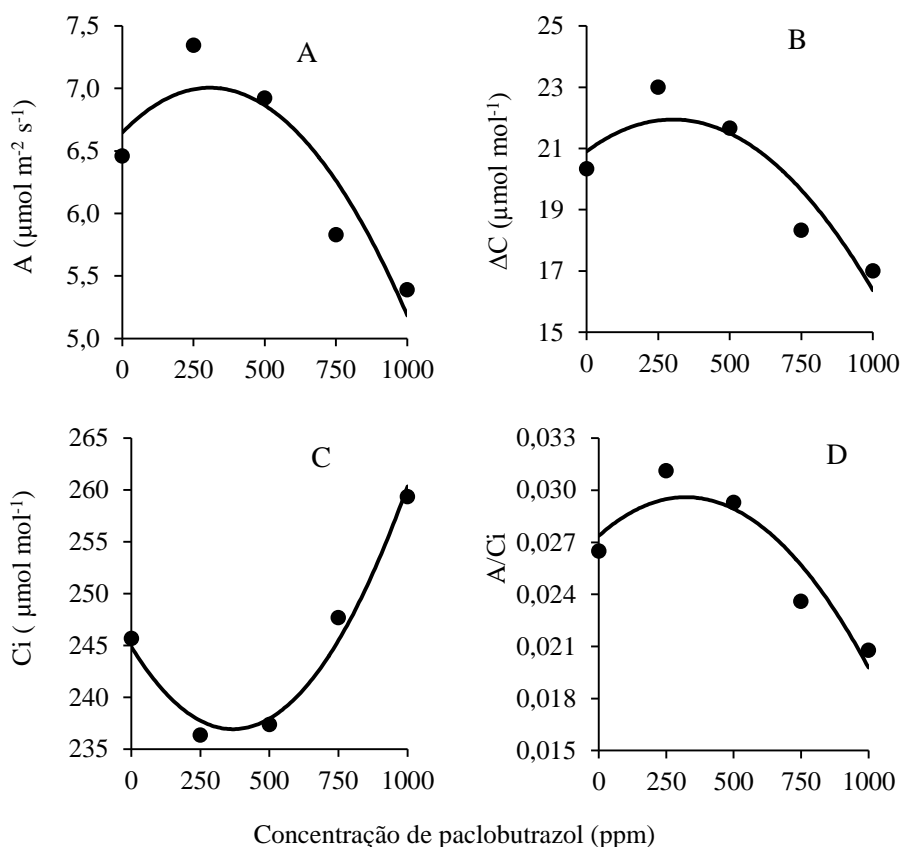


Figura 13 - Assimilação líquida de carbono (A; $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) e consumo de CO_2 (B; ΔC) de cafeeiros (*Coffea arabica* L.) cv. Catuaí, 120 dias após transplântio, cultivados em casa de vegetação, em função de concentrações de paclobutrazol aplicadas via foliar.

A definição das concentrações de aplicação de PBZ em plantas deve ser bastante criteriosa, visto que, em valores superiores à concentração ótima para inibição de crescimento, pode ocorrer efeito de estímulo ao crescimento das plantas. Para Harmath e outros (2014), a aplicação de PBZ sob altas concentrações, 2500 e 5000 ppm, causa redução em A em plantas de *Caryopteris incana*.

ΔC está diretamente relacionado à atividade fotossintética da planta no momento da avaliação, ou seja, de modo geral, quanto mais acelerado for o metabolismo da planta, maior o consumo de CO_2 por unidade de tempo (GALON e outros, 2009).

A utilização de PBZ causou redução de CO_2 na câmara

subestomática (C_i) (Figura 14A), até a concentração de 760 ppm. No entanto, sob a concentração de 360 ppm é que foi obtido o menor valor. Para a eficiência instantânea de carboxilação (A/C_i) (Figura 14B), houve um aumento inicial, o PBZ proporcionou melhorias nessa característica até a concentração de 700 ppm, porém proporcionou o seu máximo na concentração de 250 ppm.

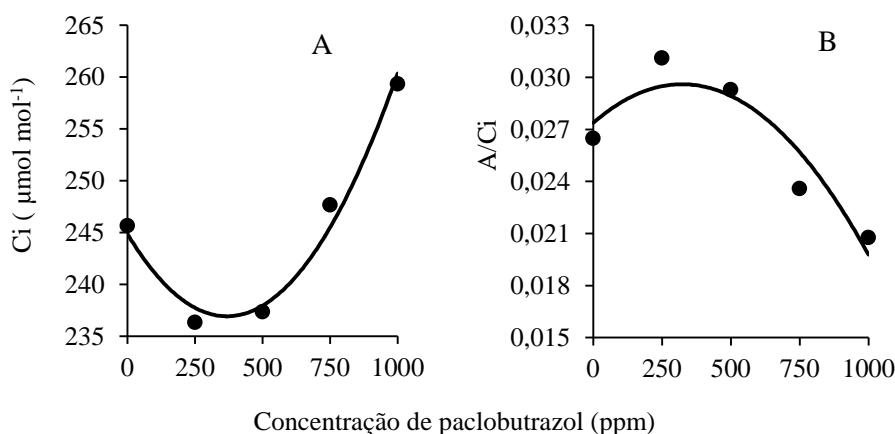


Figura 14 - Concentração de CO₂ na câmara subestomática (A; C_i) e eficiência instantânea de carboxilação (B; A/C_i) de cafeeiros (*Coffea arabica* L.) cv. Catuaí, 120 dias após transplântio, cultivados em casa de vegetação, em função de concentrações de paclobutrazol aplicadas via foliar.

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 condutância estomática.

No presente estudo, verificou-se menor valor de C_i até a concentração de 760 ppm, quando comparado as plantas controle, o que representou a menor quantidade de CO₂ existente na câmara subestomática, associada ao maior consumo de CO₂ (Figura 14B).

O efeito do PBZ em elevar a assimilação de CO₂ presente na câmara subestomática (CRIADO e outros, 2009; AMARO, 2014) foi relacionado ao aumento da eficiência de carboxilação (Figura 14B). Esse comportamento pode ter sido favorecido pelas citocininas endógenas, que aumentam a

atividade da enzima ribulose 1,5-difosfato carboxilase (rubisco), melhorando, assim, inicialmente a *A/Ci* (Figura 13B), (ABBOT, 1986; MULLINS; BOUQUET; WILLIAMS, 1992).

5 CONCLUSÕES

Os inibidores de síntese de giberelinas alteram o crescimento e o desenvolvimento vegetativo inicial de plantas de café. A inibição ou promoção do crescimento e o desenvolvimento vegetativo inicial são modulados pelo tipo de regulador, pelo modo e pela concentração aplicada.

A aplicação do cloreto de mepiquat via foliar induz à redução de características morfológicas sob a aplicação de concentrações até 270 ppm, efeito que é revertido sob concentrações superiores a este valor. As aplicações de cloreto de mepiquat via solo são mais eficazes na restrição do crescimento até concentrações de 520 ppm.

Concentrações de 250 a 100 ppm de paclobutrazol aplicados via solo causam fitotoxicidade em plantas de café arábica.

O paclobutrazol aplicado via foliar provoca redução de todas as características morfológicas da planta, excetuando-se as massas de raízes.

A aplicação de cloreto de mepiquat via solo e a de prohexadione via foliar elevam o peso de massa das raízes.

O prohexadione cálcio aplicado via solo reduz a área foliar da copa de plantas de cafeeiros.

A aplicação de cloreto de mepiquat via foliar inibe a fotossíntese líquida. A aplicação de paclobutrazol via foliar maximiza a fotossíntese líquida, além de otimizar a eficiência de carboxilação.

O cloreto de mepiquat, aplicado via foliar e via solo, e o prohexadione cálcio e o paclobutrazol aplicados via foliar elevam o índice Spad a partir de 0, 857 e 50 ppm, respectivamente.

A aplicação de prohexadione cálcio via foliar reduz a transpiração foliar e eleva o Ψ_{wam} sob concentrações que variam de 740 ppm a 880 ppm, resultando em benefícios do status hídrico.

REFERÊNCIAS

- ABBAS, S.; FLETCHER, R. A.; MURR, D. P. Alteration of ethylene synthesis in cucumber seedlings by triadimefon. **Canadian Journal of Botany**, Montreal, v. 67, n. 1, p. 278-280, 1989.
- ABBOT, D. L. A tree physiologist's view of growth regulators. **Acta Horticulturae**, Wageningen, v. 179, p. 293-301, 1986.
- ABDOLLAHI, M.; ESHGHI, S.; TAFAZZOLI, E.; MOOSAVI, N. Effects of paclobutrazol, boric acid and zinc sulfate on vegetative and reproductive growth of strawberry cv. selva. **Journal of Agriculture, Science and Technology**, Tehran, v. 14, n. 2, p. 357-363, 2011.
- ABU-MURIEFAH, S. S. Effects of paclobutrazol on growth and physiological attributes of soybean (*Glycine max*) plants grown under water stress conditions. **International Journal of Advanced Research in Biological Sciences**, v.2, n.7, p. 81-93, 2015.
- ALLEN, D. J.; ORT, D. R. Impacts of chilling temperatures on photosynthesis in warm-climate plants. **Trends in Plant Science**, Londres, v. 6, n. 1, p. 36-42, 2001.
- ALMEIDA, A. Q. D.; ROSOLEM, C. A. Cotton root and shoot growth as affected by application of mepiquat chloride to cotton seeds. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Londrina, v. 34, n.1, p.61-65, 2012.
- ALVAREZ, R. D. C. F.; CRUSCIOL, C. A. C.; TRIVELIN, P. C. O.; RODRIGUES, J. D.; ALVAREZ, A. C. C. Influência do etil-trinexapac no acúmulo, na distribuição de nitrogênio (15 N) e na massa de grãos de arroz de terras altas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, n. 6, p. 1487-1496, 2007.
- 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.
- ALVES, J. D.; GUIMARÃES, R. J. Sintomas de Desordem Fisiológicas em Cafeeiros. In: GUIMARÃES, R. J.; MENDES, A. N. G.; BALIZA, D. P.

(Ed.). **Semiologia do cafeeiro**: sintomas de desordens nutricionais, fitossanitária e fisiológicas. Lavras, UFLA, 2010. 215p.

AMARO, A. C. E. **Respostas fisiológicas à aplicação de reguladores vegetais e nutrientes em videira ‘Crimson Seedless’**. 2014. 129f. Tese (Doutorado em Horticultura) - Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2014.

ARIOĞLU, H.; CEMAL, K. U. R. T.; BAKAL, H.; BIHTER, O. N. A. T.; GÜLLÜOĞLU, L.; SINAN, N. S. The effects of pix applied at different growing stages on some agronomical characteristics of peanut. **Turkish Journal of Field Crops**, v. 18, n. 2, p. 260-267, 2013.

ARRUDA, F. B.; GRANDE, M. A. Fator de resposta da produção do cafeeiro ao déficit hídrico em Campinas. **Bragantia**, Campinas, v. 62, n. 1, p. 139-145, 2003.

ATHAYDE, M. L. F.; LAMAS, F. M. Aplicação sequencial de cloreto de mepiquat em algodoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 3, p. 369-375, 1999.

AURAS, N. E. **Efeitos do paclobutrazol sobre morfologia e anatomia foliar, crescimento de parte aérea, distribuição de biomassa e trocas gasosas em girassol**. 1997. 88p. Tese (Doutorado Fisiologia Vegetal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1997.

BAILEY-SERRES, J., VOESENEK, L. A. C. J. Flooding stress: acclimations and genetic diversity. **Annual Review of Plant Biology**, Palo Alto, v. 59, p. 313-339, 2008.

BANINASAB, B.; GHOBADI, C. Influence of paclobutrazol and application methods on high-temperature stress injury in cucumber seedlings. **Journal of Plant Growth Regulation**, New York, v. 30, n. 2, p. 213-219, 2011.

BARRETT, J. E., NELL, T. A. Efficacy of paclobutrazol and uniconazole on Four Bedding Plant Species. **HortScience**, Alexandria, v.27, n. 8, p.896-897, 1992.

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: **Proceedings of the Beltwide Cotton Conference**, National Cotton Council, Memphis, TN, 1999. v. 1. p. 625-627.

BEKHETA, M.; SAHBAZ, R.; LIEBEREI, R. Uniconazole induced changes of stress responses of *Vicia faba*: polyphenol oxidase activation pattern serves as an indicator for membrane stability. **Journal of Applied Botany and Food Quality–Angewandte Botanik**, Gottingen, v. 80, p.129-134, 2006.

BEROVA, M.; ZLATEV, Z. Physiological response of paclobutrazol-treated triticale plants to water stress. **Biologia Plantarum**, Dordrecht, v. 46, n. 1, p.133-136, 2003.

BLANK, A. F.; PAULA, J. W. A.; ARRIGONI-BLANK, M. F.; MOREIRA, M. A. Utilização de paclobutrazol em vetiver na produção de mudas e seu efeito em plantas no campo. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 27, n. 4, p. 425-430, 2009.

BURONDKAR, M. M.; GUNJANTE, R. T. Control of vegetative growth and induction of regular and early cropping in “Alphonso” mango with ogianipaclobutrazol. **Acta Horticulturae**, Wageningen, n. 341, p. 206-215, 1993.

CAI, C. T.; CAI, Z. Q.; YAO, T. Q.; QI, X. Vegetative growth and photosynthesis in coffee plants under different watering and fertilization managements in Yunnan, SW China. **Photosynthetica**, Dordrecht, v. 45, n. 3, p. 455-461, 2007.

CALABRESE, E. J.; BLAIN, R. B. Hormesis and plant biology. **Environmental Pollution**, London, v.157, n. 1, p.42-48, 2008.

CAMILO, A. P. Reguladores de crescimento. In: EMRPESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA E EXTENSÃO (Org.). **A cultura da macieira**. Florianópolis, 2006. p. 661-689.

CAMPOS, M. F.; ONO, E. O.; RODRIGUES, J. D. Arquitetura de plantas de soja e a aplicação de reguladores vegetais. **Pesquisa Aplicada e Agrotecnologia**, Guarapuava, v. 3, n. 1, p.161-168, 2010.

CARVALHO, A. M.; MENDES, A. N. G.; CARVALHO, G. R.; BOTELHO, C. E.; GONÇALVES, F. M. A.; FERREIRA, A. D. Correlação entre crescimento e produtividade de cultivares de café em diferentes regiões de Minas Gerais, Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 45, n. 3, p. 269-275, 2010.

CARVALHO, V. D.; CHAGAS, S. J. R.; CHALFOUN, S. M. Fatores que afetam a qualidade do café. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 18, n. 187, p. 5-20. 1997.

CASTRO, E. M. de; PEREIRA, F. J.; PAIVA, R. **Histologia vegetal:** estrutura e função de órgãos vegetativos. Lavras: UFLA, 2009. 234 p.

CHANEY, W. R. Tree growth retardants: arborists discovering new uses for an old tool. **Tree Care Industry**, Londonderry, v. 14, n. 3, p. 54-59, mar. 2003.

CHANEY, W. R. Paclobutrazol: more than just a growth retardant. In: **PRO-HORT CONFERENCE**, Peoria, Illinois, 2004. 5 p.

COLEBROOK, E. H.; THOMAS, S. G.; PHILLIPS, A. L.; HEDDEN, P. The role of gibberellins signaling in plant responses to abiotic stress. **The Journal of Experimental Biology**, v. 214, p. 67-75, 2014.

COLL, J. B.; RODRIGO, G. N.; GARCIA, B. S.; TAMÉS, R. S. Etileno y poliaminas. In: COLL, J. B.; RODRIGO, G. N.; GARCIA, B. S.; TAMÉS, R. S. (Ed.). **Fisiologia vegetal**. Madrid: Ediciones Pirámide, 2001. p.357-367.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO.
ACOMPANHAMENTO DA SAFRA BRASILEIRA DE CAFÉ (CONAB).
Acompanhamento da Safra Brasileira de Café, Quarto Levantamento, Brasília, p. 1-20, dez. 2013. Disponível em:
<http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/13_12_20_10_53_32_boletim_cafe_-_original.pdf>. Acesso em: 10 fev. 2015.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO.
ACOMPANHAMENTO DA SAFRA BRASILEIRA DE CAFÉ (CONAB).
Acompanhamento da Safra Brasileira de Café, Safra 2014, Quarto Levantamento, Brasília, p. 1-51, dez. de 2014. Disponível em:
<http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/14_12_22_09_53_55_boletim_dezembro_2014.pdf>. Acesso em: 10 fev. 2015.

CONTARATO, C. C.; SOBREIRA, F. M.; TOMAZ, M. A.; JESUS JUNIOR, W. C.; FONSECA, A. F. A.; FERRÃO, M. A. G.; FERRÃO, R. G. Evaluation of the initial development of conilon coffee clones (*Coffea canephora*). **Scientia Agraria**, Piracicaba, v.11, n. 1, p. 65-71, 2010.

COSTA, G.; SABATINI, E.; SPINELLI, F.; ANDREOTTI, C.; SPADA, G.; MAZZINI, F. Prohexadione cálcio controls vegetative growth and cropping performance in pear. **Acta Horticulturae**, Wagenigen, v. 653, p.127-132, 2004.

COSTA, M. A.; TORNISIELO, V. L.; REGITANO, J. B. Mobilidade do paclobutrazol em um solo franco-arenoso cultivado com manga no nordeste

brasileiro. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v. 32, p. 2177-2182, 2008.

COTHREN, J. T.; OOSTERHUIS, D.M. physiological impact of plant growth regulators in cotton. In: BELTWISE COTTON PRODUCTION RESEARCH CONFERENCES. **Proceedings**. Memphis: National Cotton Council, 1993. p. 128-32.

COTHREN, J. T. "PIX" A cotton growth regulant. **Arkansas Farm Research**, Fayetteville, v. 28, n. 4, p. 5, 1979.

CRIADO, M. V.; CAPUTO, C.; ROBERTS, I. N.; CASTRO, M. A.; BARNEIX, A. J. Cytokinin induced changes of nitrogen remobilization and chloroplast ultrastructure in wheat (*Triticum aestivum*). **Journal of Plant Physiology**, Jena, v. 166, n. 16, p. 1775-1785, 2009.

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

DAVIS, T. D. Regulation of tree growth and development with triazole compounds. **Journal of Arboriculture**, Savoy, v. 17, n. 6, p. 167- 170, 1991.

DRINNAN, J. E.; MENZEL, C. M. Synchronization of anthesis and enhancement of Vegetative growth in coffee (*Coffea arabica* L.) following water-stress during flower initiation. **Journal of Horticultural Science**, Ashford, v. 69, n. 5, p. 841-849, 1994.

DUAN, L.; LI, Z.; TIAN, X.; ZHAI, Z.; HE, Z. **Promoting effects of mepiquat chloride on lateral roots initiation of cotton seedlings**. Research Centre for Crop Chemical Regulation. Disponível em: <http://65.213.202.115/~pgrsa/archive/Charleston_PGRSA_Proceedings_2004/papers/055.pdf>. Acesso em: 24 dez. 2014.

ESPINDULA, M. C.; ROCHA, V. S.; GROSSI, J. A. S.; SOUZA, M. A.; SOUZA, L. T.; FAVARATO, L. F. Use of growth retardants in wheat. **Planta Daninha**, Campinas, v. 27, n. 2, p. 379-387, 2009.

EVANS, J. R.; EVANS, R. R.; REGUSCI, C. L.; RADEMACHER, W. Mode of action ,metabolism, and uptake of BAS 120W, Prohexadione calcium. **HortScience**, Alexandria, v. 34, p. 1200-1201, 1999.

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, p. 493-497, 2000.

FAHED, S. A.; HADDAD, S.; OBAID, H. The effect of foliar application of Prohexadione-calcium on some water measurements of two Aleppo pistachio varieties, Ashouri and Batory. **Annals of Agricultural Science**, Cairo, v. 56, n. 1, p. 41-51, 2011.

FASSIO, L. H.; SILVA, A. E. S. Importância econômica e social do café conilon. In: FERRÃO, R. G. e outros (Eds.). **Café Conilon**. Vitoria, ES: INCAPER, 2007, p. 37-49.

FAZUOLI, L. C. Genética e melhoramento do cafeeiro. In: RENA, A. B.; MALAVOLTA, E.; ROCHA, M.; YAMADA, T. (Ed.). **Cultura do cafeeiro: fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba: Potafos, 1986. p. 87-106.

FERNANDES, A. L. T., PARTELLI, F. L., BONOMO, R., GOLYNSKI, A. A moderna cafeicultura dos cerrados brasileiros. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 42, n. 2, p. 231-240, 2012.

FERNANDES, A. R. **Crescimento do limoeiro 'Volkameriano' tratado com paclobutrazol e ácido giberélico**. 2004. 50f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2004.

FERNÁNDEZ, 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.

FERRACINI, V.; QUEIROZ, S. D. N.; GOMES, M.; ROSA, M.; LOPES, P. **Determinação de paclobutrazol em solo por cromatografia líquida de alta eficiência**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2008. 4p.

FERRACINI, V.; QUEIROZ, S. D. N.; ROSA, M.; LOPES, P. **Determinação de resíduos de Paclobutrazol em manga (*Mangifera indica* L.) por cromatografia acoplada a espectrometria de massas (LCMS/MS)**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2011. 16p.

FERRARI, D. F.; SERGENT, E. A. Promoción de la floración y frutificación en mango (*Mangifera indica* L.) cv. Haden, con paclobutrazol. **Revista de la Facultad de Agronomía**. Maracay, v. 22, p. 9-17, 1996.

FERRARI, J. V.; FURLANI JÚNIOR, E.; FERRARI, S.; LUQUES, A. P. P. G. Vegetative growth response of cotton plants due to growth regulator supply via seeds. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 37, n. 3, p. 361-366, 2015.

FERRARI, J.; FURLANI JÚNIOR, E.; FERRARI, S.; LUQUES, A.; SANTOS, D.; BENKE, F. Crescimento e produtividade do algodoeiro em função de espaçamentos e aplicação de regulador de crescimento. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 9, n. 3, p. 359-364, 2014.

FERRARI, S.; FURLANI JUNIOR, E.; FERRARI, J. V.; SANTOS, M. L.; SANTOS, D. M. A. Desenvolvimento e produtividade do algodoeiro em função de espaçamentos e aplicação de regulador de crescimento. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 30, n. 3, p. 365-371, 2008.

FIALHO, C. M. T.; FERREIRA, E. A.; MEIRA, R. A. S.; SANTOS, J. B.; SILVA, A. A.; FREITAS, F. C. L.; ROCHA, P. R. R. Anatomical characters of *Brachiaria brizantha* submitted to trinexapac-ethyl application. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 27, n. 3, p. 533-539, 2009.

FIGUEIRÔA, J. M.; BARBOSA, D. C. A.; SIMABUKURO, E. A. Crescimento de plantas jovens de *Myracrodruon urundeuva* Allemão (Anacardiaceae) sob diferentes regimes hídricos. **Acta Botanica Brasílica**, São Paulo, v.18, p.573-580, 2004.

FINOTO, E. L.; GODOY, I. J.; CARREGA, W. C.; CROSARIOL NETTO, J.; MICHELOTTO, M. D.; MARTINS, A. L. M. Efeito do regulador de crescimento Prohexadione cálcio na redução do ciclo e outras características do amendoim rasteiro. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 27, n. 4, p. 558-571, 2011.

FLETCHER, R.A.; GILL, A.; DAVI, T.D.; SANKHLA, N. Triazoles as plant growth regulators and stress protectants. **Horticultural Reviews**, New York, v. 24, p. 55-138. 2000.

GALON, L.; FERREIRA, F. A.; SILVA, A. A.; CONCENÇO, G.; FERREIRA, E. A.; BARBOSA, M. H. P.; SILVA, A. F.; ASPIAZÚ, I.; FRANÇA, A. C.; TIRONI, S. P. Influência de herbicidas na atividade fotossintética de genótipos de cana-de-açúcar. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 27, n. 3, p. 591-597, 2009.

GAUSMAN, H. W.; WALTER, H.; STEIN, E.; RITTIG, F. R.; LEAMER, R. W.; ESCOBAR, D. E.; RODRIGUEZ, R. R. Leaf CO₂ (carbon dioxide) uptake and chlorophyll ratios of PIX (1, 1-dimethyl-piperidinium-chloride)-

treated cotton. **Proceedings**. Sixth Annual Meeting Plant Growth Regulator Working Group, Las Vegas, p. 117- 120, 1979.

GHINI, R. Efeito de paclobutrazol na microbiota do filoplano de mangueiras. In: SILVA, C. M. M. S.; FAY, E. F. (Ed.). **Impacto ambiental do regulador de crescimento vegetal paclobutrazol**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2003. p. 39-50.

GIANNAKOULA, A.; ILIAS, I. Chlorophyll fluorescence and photosystem II activity of tomato leaves as affected by irradiance and prohexadione-calcium. **Energy planning, Energy Saving and Environment**. Arcachon, p. 49-59, 2007.

GOPAL, N. H. Same physiological factors to be considered for stabilization of arabica coffee production in South India. **Indian Coffee**, Bangalore, v. 38, n. 8, p. 217-221, 1974.

GOPI, R.; JALEEL, C.A.; PANNEERSELVAM, R. Leaf anatomical responses of *Amorphophallus campanulatus* to triazoles fungicides. **EurAsian Journal of BioSciences**, Konak, v. 2, p. 46-52, 2008.

GOPI, R.; SRIDHARAN, R.; SOMASUNDARAM, R.; ALAGULAKSHMANAN G. M.; PANNEERSELVAM, R. Growth and photosynthetic characteristics as affected by triazoles in *Amorphophallus campanulatus* Blume. **General and Applied Plant Physiology**, Sofia, v.31, p. 171-180, 2005.

GREENE, D. W. The development and use of plant biorregulators in tree fruit production. **Acta Horticulturae**, Wagenigen, n. 884, p. 31-40, 2010.

GREENE, D. W. The effect of repeat annual applications of Prohexadione-calcium on fruit set, return bloom, and fruit size of apples. **HortScience**, Alexandria, v. 43, n. 2, p. 286-583, 2008.

GREENE, D.W.; SCHLOEMANN, S.G. Prohexadione-calcium inhibits runner formation and enhances yield of strawberry. **Journal of the American Pomological Society**, v. 64, n. 3, p. 120-139, 2010

GUO, X. L.; XU, Y. J.; ZHANG, F. H.; YU, S.; HAN, L. J.; JIANG, S. R. Chlormequat residues and dissipation rates in cotton crops and soil. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 73, n. 4, p. 642-646, 2010.

GWATHMEY, C.O.; CLEMENT, J.D. Alteration of cotton source - sink relations with plant population density and mepiquat chloride. **Field Crops Research**, v.116, p. 101-107, 2010.

HAJIHASHEMI, S.; KIAROSTAMI, K. Effects of paclobutrazol and salt stress on growth and ionic contents in two cultivars of wheat. **Pakistan Journal of Biological Sciences**, Faisalabad, v. 10, n. 1, p. 41-48, 2007.

HARMATH, J.; SCHMIDT, G.; FORRAI, M.; SZABÓ, V. Influence of some growth retardants on growth, transpiration rate and CO₂ fixation of *Caryopteris incana* 'Heavenly Blue'. **Folia Oecologica**, Bratislava, v. 41, n. 1, p. 24-33, 2014.

HAZARIKA, B. N.; PARTHASARATHY, V. A.; NAGARAJU, V. Action of paclobutrazol in acclimatizing micropropagated citrus plantlets. **Indian Journal of Agricultural Research**, Haryana, v. 36, n. 1, p. 57-60, 2002.

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.

HILLIER, G. R.; RUDGE, T. G. Promotion of regular fruit cropping in mango with cultar. **Acta Horticulturae**, Wagenigen, v. 291, p. 51-59, 1991.

HODGES, H. F.; REDDY, V. R.; REDDY, K. R. Mepiquat chloride end temperature effects on photosynthesis and respiration of fruiting cotton. **Crop Science**, Madison, v. 31, n. 5, p. 1301-8, 1991.

HOFFMAN, N. E.; YANG, S. F. Identification of 1- (malonylamino) cyclopropane-1-carboxylic acid as a major conjugate of 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid, an ethylene precursor in higher plants. **Biochemical and Biophysical Research Communications**, Amsterdam, v. 104, n. 2, p. 765-770, 1982.

HOFFMANN, A.; PETRI, J. L.; LEITE, G. B.; ZANCAN, C.; CAMELLATO, D. Tratos culturais. In: NACHTIGALL, G. R. **Frutas do Brasil**: maçã: produção. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2004. p. 78-102.

HOFSTRA, G.; KRIEG, L. C.; FLETCHER, R. A. Uniconazole reduces ethylene and 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid and increases spermine levels in mung bean seedlings. **Journal of Plant Growth Regulation**, New York, v.8, p.45-51, 1989.

ILIAS, I.; OUZOUNIDOU, G.; GIANNAKOULA, PAPADOPOULOU, P. Effects of gibberellic acid and Prohexadione cálcio on growth, chlorophyll fluorescence and quality of okra plant. **Biologia Plantarum**, Dordrecht, v. 51, n. 3, p. 575-578, 2007.

ILIAS, I. F.; RAJAPAKSE, N. Prohexadione-calcium affects growth and flowering of petunia and impatiens grown under photosensitive films. **Scientia Horticulturae**, v. 106, n. 2, p. 190-202, 2005.

INTERSCIENCE. **Tendências de consumo de café V**. nov. 2007. Disponível em: <http://www.abic.com.br/arquivos/pesquisas/pesq_tendencias_consumo_nov_07_2.pdf>. Acesso em: 08 fev. 2014.

IPCC. **Climate Change 2007, The Physical Science Basis**: contribution of working group I to the fourth assessment report of the intergovernmental panel on climate change. Cambridge University Press: Cambridge, 2007. 996 p.

IPCC. **IPCC WGI/WGII Special Report on Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation (SREX)**. Cambridge University Press: Cambridge, 2012. 582 p.

IQBAL, M.; NISAR, N.; KHAN, R. S. A.; HAYAT, K. Contribution of mepiquat chloride in drought tolerance in cotton seedlings. **Asian Journal of Plant Sciences**, Faisalabad, v. 4, n. 5, p. 530-532, 2005.

JALEEL, C. A.; GOPI, R.; MANIVANNAN, P.; PANNEERSELVAM, R. Responses of antioxidant defense system of *Catharanthus roseus* (L.) G. Don. to paclobutrazol treatment under salinity. **Acta Physiologia Plantarum**, v. 29, p. 205-209, 2007.

JALEEL, C. A.; SANKAR, B.; MURALI, P. V.; GOMATHINAYAGAM, M.; LAKSHMANAN, G. M. A.; PANNEERSELVAM, R. Water deficit stress effects on reactive oxygen metabolism in *Catharanthus roseus*; impacts on ajmalicine accumulation. **Colloids and Surfaces B: Biointerfaces**, Amsterdam, v. 62, n. 1, p. 105-111, 2008.

JESUS, R. B. Os recursos naturais e sua exploração na formação territorial do município de Vitória da Conquista-Ba. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 6, n. 9, p. 1-13, 2010. Disponível em: <<http://www.conhecer.org.br/enciclop/2010/os%20recursos.pdf>>. Acesso em: 04 maio 2016.

JUNGKLANG, J.; SAENGNIL, K.; UTHAIBUTRA, J. Effects of water-deficit stress and paclobutrazol on growth, relative water content, electrolyte leakage, proline content and some antioxidant changes in *Curcuma alismatifolia* Gagnep. cv. Chiang Mai Pink. **Saudi Journal of Biological Sciences**. doi: 10.1016/j.sjbs.2015.09.017. Disponível em: <http://ac.els-cdn.com/S1319562X15002120/1-s2.0-S1319562X15002120-main.pdf?_tid=8c2dd926-121f-11e6-ae21-00000aacb35f&acdnat=1462383918_b93fad509174a2fd9a4daf77f70d90f5>. Acesso em: 04 mar. 2016.

KAMOUNTSIS, A. P., CHRONOPOULOU-SERELI, A. G. Paclobutrazol affects growth and flower bud production in gardenia under different light regimes. **HortScience**, Alexandria, v. 34, n. 4, p. 674-675, 1999.

KARASZEWSKA, A.; JANKOWSKA, B.; MIKA, M.; GROCHOWSKA, M. J. Effects of growth regulator treatments on the hormone pattern in the trunk and the collar tissue of apple trees. **Acta Horticulture**, Wageningen, v. 206, p. 157-168, 1987.

KIM, H. Y.; LEE, I. J.; HAMAYUN, M.; KIM, J. T.; WON, J. G.; HWANG, I. C.; KIM, K. U. Effect of prohexadione calcium on growth components and endogenous gibberellins contents of rice (*Oryza sativa* L.). **Journal of Agronomy and Crop Science**, v. 193, n. 6, p. 445-451, 2007.

KIM, Y. H.; KHAN, A. L.; HAMAYUN, M.; KIM, J. T.; LEE, J. H.; HWANG, I. C.; LEE, I. J. Effects of prohexadione Calcium on growth and gibberellins contents of *Chrysanthemum morifolium* R. cv Monalisa White. **Scientia Horticulturae**, v. 123, n. 3, p. 423-427, 2010.

KOFIDIS, G.; GIANNAKOULA, A.; ILIAS, I.F. Growth, anatomy and chlorophyll fluorescence of coriander plants (*Coriandrum sativum* L.) treated with prohexadione calcium and daminozide. **Acta Biologica Cracoviensia Series Botanica**, [S.l.], v. 50, n. 2, p. 55-62, 2008.

KUMAR, D.; TIESZEN, L. L. Photosynthesis in *Coffea arabica*: effects of light and temperature. **Experimental Agriculture**, New York, v. 16, n. 1, p. 13-19, 1980.

KUMAR, S.; GHATTY, S.; SATYANARAYANA, J.; GUHA, A.; CHAITANYA, B. S. K.; 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. 1-13, 2012.

KUSNETSOV, V.; HERRMANN, R. G.; KULAEVA, O. N.; OELMÜLLER, R. Cytokinin stimulates and abscisic acid inhibits greening of

etiolated *Lupinus luteus* cotyledons by affecting the expression of the light-sensitive protochlorophyllide oxidoreductase. **Molecular and General Genetics MGG**, Berlin, v. 259, n. 1, p. 21-28, 1998.

KUSNETSOV, V.; LANDSBERGER, M.; MEURER, J.; OELMÜLLER, R. The assembly of the caat-box binding complex of a photosynthesis gene promoter is regulated by light, cytokinin, and the stage of the plastids. **The Journal of Biological Chemistry**, Rockville, v. 274, n. 50, p. 36009-36014, 1999.

LAMAS F.M. **Interação entre concentrações de cloreto de mepiquat, thidiazurom e ethephon, aplicados na cultura do algodoeiro**. 1998. 192 p. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 1998.

LAMAS, F. M. Estudo comparativo entre cloreto de mepiquat e cloreto de chlormequat aplicados no algodoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 2, p.265-272, 2001.

LAMAS, F. M. Reguladores de crescimento, desfolhantes e maturadores. In: FREIRE, E. C. **Algodão no cerrado do Brasil**. Brasília: ABRAPA, 2007. p. 689-703.

LAMAS, F. M.; ATHAYDE, M. L. F.; BANZATTO, D. A. Reações do algodoeiro CNPA-ITA 90 ao cloreto de mepiquat. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 5, p. 507-516, 2000.

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**, Amsterdam, v. 85, p. 137-143, 2012.

LIDÓN, A. G.; BERNAL, I. M.; MARTÍNEZ, A. C.; FERNÁNDEZ, F. J. B.; CASTILLO, I. P. Influencia del Paclobutrazol em patrones de cítricos. **Investigación Agraria. Producción y Protección Vegetales**, Madrid, v. 16, n. 1, p. 59-70, 2001.

LOLAEI, A.; MOBASHERI, S; BEMANA, R.; TEYMORI, N. Role of paclobutrazol on vegetative and sexual growth of plants. **International Journal of Agricultural Crop Science**, v.5, n. 9, p. 958-961, 2013.

MANIVANNAN, P.; JALEEL, C. A.; KISHOREKUMAR, A.; SANKAR, B.; SOMASUNDARAM, R.; SRIDHARAN, R.; PANNEERSELVAM, R. Changes in antioxidant metabolism of *Vigna unguiculata* (L.) Walp. by

propiconazole under water deficit stress. **Colloids and Surfaces B: Biointerfaces**, Amsterdam, v. 57, n. 1, p. 69-74, 2007.

MANSOUR, R.; LATCHÉ, A.; VAILLANT, V.; PECH, J.-C.; REID, M. S. Metabolism of 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid in ripening apple fruits. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v. 66, n. 3, p. 495-502, 1986.

MAO, L.; ZHANG, L.; ZHAO, X.; LIU, S.; VAN DER WERF, W.; ZHANG, S.; LI, Z. Crop growth, light utilization and yield of relay intercropped cotton as affected by plant density and a plant growth regulator. **Field Crops Research**, v. 155, p. 67-76, 2014.

MARENGO, J. A. Impactos das condições climáticas e da variabilidade e mudanças do clima sobre a produção e os preços agrícolas: ondas de frio e seu impacto sobre a cafeicultura nas regiões sul e sudeste do Brasil. In: LIMA, M. A.; CABRAL, O. M. R.; MIGUEZ, J. D. G. (Org.). **Mudanças climáticas globais e a agropecuária brasileira**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2001. cap. 4. p. 97-123.

MARTIN-REMESAL, C.; GÓMEZ-JIMÉNEZ, M. C.; MATILLA, A. J. ACC-N-Malonyltransferase activity during zygotic embryogenesis and germination of chick-pea seeds. **Seed Science Research**, Wallingford, v. 10, n. 01, p. 71-76, 2000.

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

MATEUS, G. P.; LIMA, E. V.; ROSOLEM, C. A. Perdas de cloreto de mepiquat no algodoeiro por chuva simulada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 7, p. 631-636, 2004.

MAZZALI, L. **O processo recente de reorganização agroindustrial**: do complexo à organização “em rede”. São Paulo: Editora UNESP, 2000. 175 p.

MCGRATH, M. J.; KOCZAN, J. M.; KENNELLY, M. M.; SUNDIN, G. W. Evidence that Prohexadione cálcio induces structural resistance to fire blight infection. **Phytopathology**, St. Paul, v. 99, n. 5, p. 591-596, 2009.

MEAGY, M. D. J. **Effect of prohexadione calcium on spearmint (*Mentha spicata* L.)**. 2009. 55p. Tese (Doutorado Plant, Soil, and Insect Sciences) – University of Massachusetts, Amherst, 2009.

MEIRA, C. A. A.; RODRIGUES, L. H. A.; MORAES, S. A. Análise da epidemia da ferrugem do cafeeiro com árvore de decisão. **Tropical Plant Pathology**, Brasília, v. 33, p.114-124, 2008.

MELO, T. L.; CASTELLANI, M. A.; NASCIMENTO, M. L., MENEZES JUNIOR, A. O.; FERREIRA, G. F. P.; LEMOS, O. L. Comunidades de parasitóides de *Leucoptera coffeella* (Guérin-Mèneville & Perrottet, 1842) (Lepidoptera: Lyonetiidae) em cafeeiros nas regiões Oeste e Sudoeste da Bahia. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.31, n.4, p. 966-972, 2007.

MERLIN, T. P. D. A. **Uso de reguladores vegetais e bioestimulantes para a abreviação de produção do porta-enxerto limoeiro 'cravo' (*Citrus limonia* Osbeck)**. 2012. Tese (Doutorado em Horticultura) - Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2012.

MILFONT, M. L.; MARTINS, J. M. F.; ANTONINO, A. C. D.; GOUVEIA, E. R.; NETTO, A. M.; GUINÉ, V.; MAS H.; DOS SANTOS FREIRE, M. B. G. Reactivity of the plant growth regulator paclobutrazol (Cultar) with two tropical soils of the northeast semiarid region of Brazil. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v. 37, n. 1, p. 90-97, 2008.

MIN, X. J.; BARTHOLOMEW, D. P. Effect of plant growth regulators on ethylene production, 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid oxidase activity, and initiation of inflorescence development of pineapple. **Journal of Plant Growth Regulation**, New York, v. 15, n. 3, p. 121-128, 1996.

MOUCO, M. A do 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, p. 273-279, 2010.

MOUCO, M. A. C.; ALBUQUERQUE, J. A. S. Efeito do paclobutrazol em duas épocas de produção da mangueira. **Bragantia**, Campinas, v. 64, n. 2, p. 219-225, 2005.

MÜLLER, C. **Efeito do paclobutrazol na germinação e no metabolismo do etileno em sementes de *Stylosanthes humilis* H.B.K.** 2007. 58 p. Dissertação (Mestrado em Fisiologia Vegetal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2007.

MULLINS, M. G.; BOUQUET, A.; WILLIAMS, L. E. **Biology of grapevine**. Cambridge: Cambridge University Press, 1992. 239 p.

NAGASHIMA, G. T.; MARUR, C. J.; YAMAOKA, R. S.; MIGLIORANZA, E. Desenvolvimento de plantas de algodão provenientes

de sementes embebidas em cloreto de mepiquat. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 9, p. 943-946, 2005.

NAGASHIMA, G. T.; MIGLIORANZA, E.; MARUR, C. J.; UAMAOKA, R. S., GOMES, J. C. Embebição de sementes e aplicação foliar com cloreto de mepiquat no crescimento e produção do algodoeiro. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v. 31, n. 4, p. 1027- 1034, 2007.

NAGASHIMA, G. T.; MIGLIORANZA, É.; MARUR, C. J.; YAMAOKA, R. S. Cloreto de mepiquat via embebição de sementes e aplicação foliar em algodoeiro em espaçamento ultraestreito. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.40, n.4, p.602-609, 2009.

NAVARRO, A.; SÁNCHEZ-BLANCO, M. J.; MORTE, A.; BAÑÓN, S. The influence of mycorrhizal inoculation and paclobutrazol on water and nutritional status of *Arbutus unedo* L. **Environmental and Experimental Botany**, v. 66, n. 3, p. 362-371, 2009.

NUNES, M. A.; RAMALHO, J. D. C.; DIAS, M. A. Effects of light and photosynthetic performance of leaves from coffee plants exposed to bright light. **Journal of Experimental Botany**, London, v. 44, n. 262, p. 893-899, 1993.

ORGANIZAÇÃO INTERNACIONAL DO CAFÉ (OIC). **Estatísticas do Comércio**. 2015. Disponível em:
<http://www.ico.org/pt/trade_statistics.asp?section=Estat%EDstica>.
Acesso em: 8 Fevereiro de 2015.

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.

OSWALT, J. S.; RIEFF, J. M.; SEVERINO, L. S.; AULDA, D. L.; BEDNARZB, C. W.; RITCHIEA, G. L. Plant height and seed yield of castor (*Ricinus communis* L.) sprayed with growth retardants and harvest aid chemicals. **Industrial Crops and Products**, v. 61, p. 272-277, 2014.

OWENS, C. L.; STOVER, E. Vegetative growth and flowering of young apple trees in response to prohexadione cálcio. **HortScience**, Alexandria, v. 34, n. 7, p. 1194-1196, 1999.

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, 2015.

PARDOS, M.; CALAMA, R.; MONTERO, G.; PARDOS, J. A. Growth of container-grown Cork Oak seedlings as affected by foliar and soil application of paclobutrazol. **HortScience**, Alexandria, v. 40, n. 6, p. 1773-1776, 2005.

PARTELLI, F. L.; VIEIRA, H. D.; VIANA, A. P.; BATISTA-SANTOS, P.; RODRIGUES, A. P.; LEITÃO, A. E.; RAMALHO, J. C. Low temperature impact on photosynthetic parameters of coffee genotypes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 44, n. 11, p. 1404-1415, 2009.

PETIT, A. N.; FONTAINE, F.; VATSA, P.; CLÉMENT, C.; VAILLANT-GAVEAU, N. Fungicide impacts on photosynthesis in crop plants. **Photosynthesis Research**, v. 111, n. 3, p. 315-326, 2012.

PICANÇO, M. C.; FERNANDES, F. L.; FERNANDES, M. E. S.; MOREIRA, M. D.; GONTIJO, P. C.; SILVA, G. A. Manejo integrado das pragas do cafeeiro. In: TOMAZ, M. A.; PEZZOPANE, J. R. M. (Orgs.). **Seminário para a Sustentabilidade da Cafeicultura**. Alegre: CCA UFES, 2008, p. 229-248.

POZZA, E. A.; CARVALHO, V. L.; CHALFOUN, S. M. Sintomas de injurias causados por doenças em cafeeiro. In: GUIMARAES, R. L.; MENDES, A. N. G.; BALIZA, D. P. (Ed.). **Semiologia do cafeeiro: sintomas de desordens nutricionais, fitossanitários e fisiológicos**. Lavras: UFLA, 2010. p. 69-101.

PRADO, S. G.; FRANK, S. D. Tritrophic effects of plant growth regulators in an aphid-parasitoid system. **Biological Control**, v. 66, p. 72-76, 2013.

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.

RABERT, G. A.; RAJASEKAR, M.; MANIVANNAN, P.; SOMASUNDARAM, R.; PANNEERSELVAM, R. Effect of triazole fungicide on biochemical and antioxidant enzymes activity in okra

(*Abelmoschus esculentus* L.) plant under drought stress. **International Journal of Agriculture and Food Science**, v.3, n.3, p.100-107, 2013.

RABERT, G. A.; MANIVANNAN, P.; SOMASUNDARAM, R.; PANNEERSELVAM, R. Triazole compounds alters the antioxidant and osmoprotectant status in drought stressed *Helianthus annuus* L. plants. **Emirates Journal of Food and Agriculture**, v. 26, n. 3, p. 265. 2014.

RADEMACHER, W. Growth Retardants: effects on gibberellin biosynthesis and other metabolic pathways. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, Palo Alto, v. 51, n. 1, p. 501-531, 2000.

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

RADEMACHER, W. Plant growth regulators: backgrounds and uses in plant production. **Journal of Plant Growth Regulation**, v. 34, p. 845-872, 2015.

RADEMACHER, W.; KOBER, L. Efficient use of Prohexadione cálcio in pome fruits. **European Journal of Horticultural Science**, Stuttgart, v. 68, p. 107-107, 2003.

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

RAJASEKAR, M.; RABERT, G. A.; MANIVANNAN, P. Triazole induced changes on biochemical and antioxidant metabolism of *Zea mays* L.(Maize) under drought stress. **Journal of Plant Stress Physiology**, v.1., n.1, p. 35-42, 2015.

RAMESH, R.; RAMPRASAD, E. Effect of plant growth regulators on morphological, physiological and biochemical parameters of soybean. In: KUMAR, A. **Biotechnology and Bioforensics: New Trends**. [S.l.]: Springer, 2014. 85p.

RAMÍREZ, H.; AMADO-RAMÍREZ, C.; BENAVIDES-MENDOZA, A.; ROBLEDO-TORRES, V.; MARTÍNEZ-OSORIO, A. Prohexadiona-Ca, AG3, ANOXA y BA modican indicadores siológicos en chile mirador. **Revista Chapingo. Serie Horticultura**, Chapingo, v. 16, n. 2, p. 83-89, 2010.

RAMÍREZ, H.; PERALTA-MANJARREZ, R. M.; BENAVIDES-MENDOZA, A.; SÁNCHEZ-LÓPEZ, A.; ROBLEDO-TORRES, V.; HERNÁNDEZ- DÁVILA, J. Efectos de prohexadiona-Ca en tomate y su

relación con la variación de la concentración de giberelinas y citocininas. **Revista Chapingo Serie Horticultura**, Chapingo, v. 11, n. 2, p. 283-290, 2005.

RANNEY, T. G.; BASSUK, N. L.; WHITLOW, T. H. Effect of transplanting practices on growth and water relations of Colt cherry trees during reestablishment. **Journal of Environmental Horticulture**, Washington, v. 7, n. 1, p. 41-45, 1989.

RATNAKUMAR, P.; KHAN, M. I. R.; MINHA, P. S., FAROOQ, M. A.; SUTANA, R.; PER, T. S.; DEOKATE, P. P.; AHMAD KHAN, N.; SINGH, Y.; RANE, J.; Can plant bio-regulators minimize crop productivity losses caused by drought, salinity and heat stress? An integrated review. **Journal of Applied Botany and Food Quality**, v. 89, p. 113-126, 2016.

REDDY, A. R.; REDDY, K. R.; HODGES, H. F. Mepiquat chloride (PIX)-induce changes in photosynthesis and growth of cotton. **Plant Growth Regulation**, Dordrecht, v. 20, n. 3, p. 179-183, 1996.

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

RENA, A. B.; BARROS, R. S.; MAESTRI, M. Desenvolvimento reprodutivo do cafeeiro. In: ZAMBOLIM, L. (Org.). **Tecnologias de produção de café com qualidade**. Viçosa: UFV, 2001. p. 101-128.

RESENDE, G. M.; SOUZA, R. J. Efeito de concentrações de Paclobutrazol na cultura do alho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 5, p. 637-641, 2002.

SABATINI, E.; NOFERINI, M.; FIORI, G.; GRAPPADELLI, L. C.; COSTA, G. Prohexadione Ca positively affects gas exchanges and chlorophyll content of apple and pear trees. **European Journal of Horticultural Science**, v. 68, p. 123-128, 2003.

SANKAR, B.; JALEEL, C. A.; MANIVANNAN, P.; KISHOREKUMAR, A.; SOMASUNDARAM, R.; PANNEERSELVAM, R. Effect of paclobutrazol on water stress amelioration through antioxidants and free radical scavenging enzymes in *Arachis hypogaea* L. **Colloids and Surfaces B: Biointerfaces**, Amsterdam, v. 60, n. 2, p. 229-235, 2007.

SCHMIDT, S.; BARIC, S.; MASSENZ, M.; LETSCHKA, T.; VANAS, V.; WOLF, M.; KERSCHBAMER, C.; ZELGEN, R.; SCHEIGKOFLEN, W.

Resistance inducers and plant growth regulators show only limited and transient effects on infection rates, growth rates and symptom expression of apple trees infected with 'Candidatus Phytoplasma mali'. **Journal of Plant Diseases and Protection**, v. 122, n. 5-6, p. 207-214, 2015.

SCHOLANDER, P. F.; HAMMEL, H. T.; HEMMINGSEN, E. A.; BRADSTREET, E. D. Hydrostatic pressure and osmotic potential in leaves of mangroves and some other plants. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, Washington, v. 52, n. 1, p. 119, 1964.

SEDIYAMA, G. C.; MELO JUNIOR, J. C.; SANTOS, A. R.; RIBEIRO, A.; COSTA, M. H.; HAMAKAWA, P. J.; COSTA, J. M. N.; COSTA, L. C. Zoneamento agroclimático do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) para o Estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 9, n. 3, p. 501-509, 2001.

SEI. Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia. Estatística dos municípios Baianos. v. 4, 450p., 2010. Disponível em: . Acesso em 29 de abril de 2013.

SHANMUGAPRIYA, A. K.; SIVAKUMAR, T.; PANNEERSELVAM, R. Difeconazole and tricyclazole induced changes in photosynthetic pigments of *Lycopersicon esculentum* L. **International Journal of Agriculture and Food Science**, v. 3, n.2, p. 72-75, 2013.

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. 3, p. 301-311, 2011.

SILVA, A. C.; LIMA, L. A.; EVANGELISTA, A. W.; MARTINS, C. P. Características produtivas do cafeeiro arábica irrigado por pivô central na região de Lavras/MG. **Coffee Science**, Lavras, v. 6, n.2, p.128-136, 2011.

SINGH, D. K.; RAM, S. Level of paclobutrazol residues in shoot and fruit of mango. **Indian Journal Plant Physiology**, New Delhi, v. 5, n. 2, p. 186-188, 2000.

SINGH, S. A. R. B. J. I. T.; DEOL, J. S.; BRAR, A. S. Growth and yield of kabuli gram (*Cicer arietinum* L.) as influenced by plant growth regulation and sowing time. **Crop Research**, [S.l.], v.48, n.1, p. 2, 2014.

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 cálcio. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 106, n. 4, p. 515-529, 2005.

SOBRINHO, F.P.C.; FERNANDES, P.D.; BELTRÃO, N.E. DE M.; SOARES, F.A.L.; NETO, C.P.C.T. Crescimento e rendimento do algodoeiro BRS-200 com aplicações de cloreto de mepiquat e lâminas de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 11, n. 3, p. 284-292, 2007.

SILVA, C. M. M. S.; FAY, E. F. **Impacto ambiental do regulador de crescimento Paclobutrazol**. 2003. Disponível em: <<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/14522/1/documentos30.pdf>>. Acesso em: 22 abr. 2014.

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. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.29, n.3, 2013.

SOUZA, D. D. S.; SIQUEIRA, D. L. D.; CECON, P. R.; SANTOS, D. D. Micropropagation of banana trees' Prata Anã and FHIA 01 explants from plants treated with paclobutrazol. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 32, n.2, p.561-570, 2010.

SOUZA, F. S.; MARTARELLO, F. H. H.; ROSOLEM, C. A.; OOSTERHUIS, D. Efeito do cloreto de mepiquat na espessura de folhas do algodoeiro em função da temperatura. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 5, n. S2, p. 315-317, 2007.

SOUZA, R.N.; PEREIRA, J.R. LIMA, S.V.; ALVES, J.C.M.; ALENCAR, S.B.; BEZERRA, J.R.C.; SANTOS, J.W. Modos de aplicação do cloreto de mepiquat em duas variedades de algodoeiro herbáceo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO, 5., 2005, Salvador. **Resumos...** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2005, (CD-ROM).

SRIDHAR, G.; KOTI, R. V.; CHETTI, M. B.; HIRENATH, S. M. Effect of naphthalene acetic acid and mepiquat chloride on physiological components of yield in bell pepper (*Capsicum annum* L.). **Journal of Agricultural Research**, v. 4, n. 1, p. 53-62, 2009.

SRIVASTAVA, A.K., RATNAKUMAR, P., MINHAS, P.S., SUPRASANNA, P. Plant biorregulators for sustainable agriculture:

integrating redox signaling as a possible unifying mechanism. **Advances in Agronomy**, v. 137, in press, 2016.

STUART, B. L.; ISBELL, V. R.; WENDT, C. W.; ABERNATHY, J. R. Modification of cotton water relations and growth with mepiquat chloride. **Agronomy Journal**, [S.l.], v.76, n.4, p. 651-655, 1984.

SWIETLIK, D.; MILLER, S. S. The effect of Paclobutrazol on growth and response to water stress of apple seedlings. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 108, n. 6, p. 1076-1080, 1983.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiología vegetal**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010. 819p.

TARI, I.; NAGY, M. Enhancement of extractable ethylene at light/dark transition in primary leaves of paclobutrazol-treated *Phaseolus vulgaris* seedlings. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v. 90, n. 2, p. 353-357, 1994.

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

TONGUMPAI, P.; JUTAMANEE, K.; SETHAPACDI, R.; SUBHADRABANDHU, S. Variation in level of gibberellin-like substances, during vegetative growth and flowering of mango cv. Khiew Sawoey. **Acta Horticulturae**, Wagenigen, v. 291, p. 105-107, 1991.

TORRES, J.; MOGOLLÓN, N. Efecto del PBZ sobre la brotación y el desarrollo in vitro de la epidermis foliar de *Cattleya mossiae* parker ex hooker previo a la aclimatización. **Bioagro**, v. 14, n. 1, p. 25-28, 2002.

TSEGAW, T.; HAMMES, P. S. Response of potato grown under non-inductive condition to 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.

TSEGAW, T.; HAMMES, P. S.; ROBBERTSE, J. Paclobutrazol-induced leaf, stem and root anatomical modification in potato. **HortScience**, Alexandria, v. 40, n.5, p. 1343-1345, 2005.

UNRATH, C. R. Prohexadione cálcio: a promising chemical for controlling vegetative growth of apples. **HortScience**, Alexandria, v. 34, n. 7, p. 1197-1200, 1999.

URWILER, M. J.; OOSTERHUIS D. M. The effect of the growth regulators PIX and IBA on cotton root growth. **Arkansas Farm Research**, Arkansas, v. 36, n. 6, p. 1-5, 1986.

VALE, F. X. R.; ZAMBOLIM, L.; JESUS JUNIOR, W. C. de. Efeito de fatores climáticos na ocorrência e no desenvolvimento da ferrugem do cafeeiro. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL. **Anais....** 2000. p. 171-174.

VIANA, R. S.; SILVA, P.H.; MUTTON, M.A.; MUTTON, M.J.R.; GUIMARÃES, E.R.; BENTO, M. Efeito da aplicação de maturadores químicos na cultura da cana-de- açúcar (*Saccharum* spp.) variedade SP81-3250. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 30, n. 1, p. 65-71, 2008.

VOESENEK, L. A. C. V.; COLMER, T. D.; PIERIK, R.; MILLENAAR, F. F.; PEETERS, A. J. M. How plants cope with complete submergence. **New Phytologist**, London, v. 170, n. 2, p. 213-226, 2006.

WANDERLEY, C. S.; REZENDE, R.; ANDRADE, C. A. B. Efeito de paclobutrazol como regulador de crescimento e produção de flores de girassol em cultivo hidropônico. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 6, p. 1672-1678, 2007.

WANG, L.; MU, C.; DU, M.; CHEN, Y.; TIAN, X.; ZHANG, M.; LI, Z. The effect of mepiquat chloride on elongation of cotton (*Gossypium hirsutum* L.) internode is associated with low concentration of gibberellic acid. **Plant Science**, Shannon, v. 225, p. 15-23, 2014a.

WANG, Q.; 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**, New York, v. 26, n. 8, p. 400-404, 2014b.

WANG, S. Y.; STEFFENS, G. L. Effect of paclobutrazol on water stress-induced ethylene biosynthesis and polyamine accumulation in apple seedling leaves. **Phytochemistry**, Oxford, v. 24, n. 10, p. 2185-2190, 1985.

WATSON, G. W. Tree root system enhancement with Paclobutrazol. **Journal of Arboriculture**, Savoy, v. 22, n. 5, p. 211-217, 1996.

WATSON, G. W. Soil applied paclobutrazol affects root growth, shoot growth, and water potential of American elm seedlings. **Journal of Environmental Horticulture**, Washington, v. 19, n. 3, p. 114–119, 2001.

WITCHARD, M. Paclobutrazol is phloem mobile in castor oil plant (*Ricinus communis* L.). **Journal of Plant Growth Regulation**, New York, v. 16, n. 4, p. 215-217, 1997.

YIM, K. O.; KWON, Y. W.; BAYER, D. E. Growth responses and allocation of assimilates of rice seedlings by paclobutrazol and gibberellin treatment. **Journal of Plant Growth Regulation**, New York, v. 16, n. 1, p. 35-41, 1997.

ZAGONEL, J.; VENANCIO, W. S.; KUNZ, R. P.; TANAMAT, H. Concentrações de nitrogênio e densidades de plantas com e sem um regulador de crescimento afetando o trigo, cultivar OR-1. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 32, p. 25-29, 2002.

ZAMBOLIM, L.; ZAMBOLIM, E. M.; JESUS JÚNIOR, W. C. Manejo integrado das doenças do cafeeiro. In: TOMAZ, M. A.; AMARAL, J. F. T.; JESUS JUNIOR, W. C.; PEZZOPANE, J. R. M. (Org.). **Seminário para a Sustentabilidade da Cafeicultura**. Alegre: CCA UFES, 2008, p. 169-190.

ZHANG, X. Plant growth regulator. In: XU, H.H. (Ed.), **Chemical Plant Protection**. China Agriculture Press, Beijing, 2007. p. 238-341.

ZHAO, D. L.; OOSTERHUIS, D. M. Pix Plus and Mepiquat Chloride effects on physiology, growth, and yield of field-grown cotton. **Journal of Plant Growth Regulation**, New York, v. 19, n. 4, p. 415-422, 2000.

ZHOU, Y. M.; HAN, S. J. Photosynthetic response and stomatal behaviour of *Pinus koraiensis* during the fourth year of exposure to elevated CO₂ concentration. **Photosynthetica**, Amsterdam, v. 43, n. 3, p. 445-449, 2005.