

ANTONIO RESENDE FERNANDES

**CRESCIMENTO DO LIMOEIRO 'VOLKAMERIANO' TRATADO
COM PACLOBUTRAZOL E ÁCIDO GIBERÉLICO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
2004

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

F363c
2004
Fernandes, Antônio Resende, 1961-
Crescimento do limoeiro 'Volkameriano' tratado com
paclobutrazol e ácido giberélico / Antônio Resende
Fernandes. – Viçosa : UFV, 2004.
xii, 50 f. : il. ; 29cm.

Orientador: Dalmo Lopes de Siqueira
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de
Viçosa.

Inclui bibliografia

1. Limão - Crescimento - Efeito do paclobutrazol.
2. Ácido giberélico - Efeito nas plantas. 3. Limão -
Nutrição. I. Universidade Federal de Viçosa. II. Título.

CDD 22.ed. 634.334858

ANTONIO RESENDE FERNANDES

**CRESCIMENTO DO LIMOEIRO 'VOLKAMERIANO' TRATADO
COM PACLOBUTRAZOL E ÁCIDO GIBERÉLICO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 30 de agosto de 2004.



Prof. Luiz Carlos Chamhum Salomão
(Conselheiro)



Prof. Paulo Roberto Cecon
(Conselheiro)



Prof. Cláudio Horst Bruckner



Dr. Roberto Fontes Araújo



Prof. Dalmo Lopes de Siqueira
(Orientador)

A Deus, o Grande Arquiteto do Universo.

Aos meus pais, Donato e Cirila, pela minha formação e educação.

Aos meus irmãos, pelo apoio e incentivo.

À minha esposa, Mara, e aos meus filhos, Túlio e Vítor.

*Ao meu sogro, Joaquim Alcântara (**in memoriam**).*

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Viçosa (UFV), em especial ao Departamento de Fitotecnia (DFT), pela oportunidade de realização do Curso.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pesquisa de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos.

À Escola Agrotécnica Federal de Santa Teresa-ES (EAFST), pela liberação para estudos de Pós-Graduação.

Ao professor orientador Dalmo Lopes de Siqueira, pela amizade, pela orientação e pelas oportunidades que proporcionou.

Aos professores do Setor de Fruticultura do DFT, pelos ensinamentos em suas disciplinas e fora delas, em especial ao professor conselheiro Luiz Carlos Chamhum Salomão, por sua habilidade nos treinamentos das práticas de laboratório.

Ao professor conselheiro Paulo Roberto Cecon, do Departamento de Informática (DPI), pela orientação em estatística.

Aos professores das disciplinas de Fruticultura, Cláudio Horst Bruckner, Flávio Alencar D'Araújo Couto e Sérgio Yoshimitsu Motoike

Aos professores da disciplina Agroecologia, Gilberto Bernardo de Freitas e Ricardo Henrique Silva Santos.

Aos professores da disciplina Manejo e Conservação de Solos, Caetano Marciano de Souza e Ernani Luiz Agnes, do DFT.

Ao professor da disciplina Comunicação Científica, Aloísio Soares Ferreira, do Departamento de Zootecnia.

Ao professor da disciplina Estatística Aplicada, Fernando Reis, do Departamento de Informática.

Ao professor José Maria Moreira Dias, pela atenção, pela colaboração e pelos aconselhamentos constantes.

Aos companheiros de curso Cleomar Ferreira de Oliveira, Glória Cobeña Ruiz, Maria Rutinéia N. Dias, Paula Cristina Silva, Virgínia de Souza Álvares, Eliseo Garcia Pérez, Marilene Maciel, Alexandre Parizzoto, Raimundo Nonato, Alcides e, em especial, ao Irmão Sebastião Antonio Gomes, pelas horas de estudo e trabalho.

Aos estudantes de agronomia da UFV, Dierlei dos Santos, José Osmar e o baiano Endson Santana Nunes, pela valiosa ajuda nos trabalhos de laboratório.

Aos amigos Geraldo Amaral Gravina e Marcelo Lino, pelo suporte oferecido.

Aos funcionários do DFT Mara Rodrigues, Vicente Madaleno dos Santos, Domingos Sávio da Silva e Itamar Duarte Santos, especialmente aos lotados no Setor de Fruticultura, Carla Cristina C. Vidigal, Márcio Antonio R. de Oliveira, Ernesto Lourenço S de Freitas, Cenira Fialho da Silva, José Antonio G. de Araújo, Moacyr Soares de Freitas, Egidio dos Santos, José Roberto F. Valente, Vicente José Gomes e Robson Ribeiro Alves, pela espontaneidade em suas funções.

A D. Maria Andrade Pinheiro e ao Sr. Osvaldo Pinheiro Gomes, pela acolhida, e por extensão, a todos os seus familiares.

E a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho e não foram citados.

BIOGRAFIA

ANTONIO RESENDE FERNANDES, filho de Donato Resende da Silva e Cirila Fernandes de Souza, nasceu em Itanhém, Estado da Bahia, no dia 6 de junho de 1961.

Em dezembro de 1983, graduou-se em Licenciatura em Ciências Agrárias, pela Universidade Estadual da Bahia (UNEB), em Salvador-Ba.

Em fevereiro de 1984, ingressou no Magistério Público Municipal; em julho de 1985, no Magistério Público Estadual, na Bahia; e em maio de 1996, no Magistério Público Federal, na Escola Agrotécnica Federal de Santa Teresinha-ES.

Exerceu a função de Diretor no Centro Educacional Santo Antonio, em Itanhém-Ba e Colégio Walter Ferreira Filho, em Itagimirim-Ba.

Concluiu os cursos de Pós-graduação “Lato sensu”, especialização em Produção de Ruminantes, pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ) em 1987; especialização em Experimentação Agrícola, pela Universidade Estadual Paulista (UNESP-Jaboticabal) em 1989; especialização em Nutrição Mineral de Plantas, pela Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ-USP) em 1997; e especialização em Fruticultura Comercial, pela Universidade Federal de Lavras (UFLA), em 2000.

Em agosto de 2001, ingressou no Programa de Pós-Graduação, em nível de Mestrado, do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa (UFV), submetendo-se à defesa de tese em agosto de 2004.

CONTEÚDO

	Página
LISTA DE QUADROS	viii
RESUMO.....	ix
ABSTRACT	xi
INTRODUÇÃO GERAL	1
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	7
CRESCIMENTO DO LIMOEIRO 'VOLKAMERIANO' SUBMETIDO A DOSES DE PACLOBUTRAZOL E ÁCIDO GIBERÉLICO	13
RESUMO.....	13
1. INTRODUÇÃO	14
2. MATERIAIS E MÉTODOS.....	15
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	18
4. CONCLUSÕES	26
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	26
DISTRIBUIÇÃO DA MATÉRIA SECA EM LIMOEIRO 'VOLKAMERIANO' SUBMETIDO A DOSES DE PACLOBUTRAZOL E ÁCIDO GIBERÉLICO .	30
RESUMO.....	30
1. INTRODUÇÃO	31

	Página
2. MATERIAIS E MÉTODOS.....	32
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	33
4. CONCLUSÕES	41
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	42
CONCLUSÕES GERAIS.....	45
APÊNDICE	47

LISTA DE QUADROS

		Página
1A	Resumo das análises de variância do comprimento de caule (CC) e diâmetro de caule (DC) de plantas de limoeiro 'Volkameriano', 50 dias após o início dos tratamentos.....	48
2A	Resumo das análises de variância do número de folhas (NF) e comprimento médio de entrenó (CE) de plantas de limoeiro 'Volkameriano', 50 dias após o início dos tratamentos	48
3A	Resumo das análises de variância de área foliar (AF), massa foliar específica (MFE) e unidades SPAD de plantas de limoeiro Volkameriano', 50 dias após o início dos tratamentos	48
4A	Resumo das análises de variância da massa da matéria seca (MS), de folhas, caule e parte aérea de plantas de limoeiro 'Volkameriano', 50 dias após o início dos tratamentos.....	49
5A	Resumo das análises de variância da massa da matéria seca da raiz principal (MSRP), raízes secundárias (MSRS) e do total das raízes (MSTR) de plantas de limoeiro 'Volkameriano', 50 dias após o início dos tratamentos.....	49
6A	Resumo das análises de variância da massa da matéria seca da planta inteira (MSPI) e massa caulinar específica (MCE) de plantas de limoeiro 'Volkameriano', 50 dias após o início dos tratamentos.....	49
7A	Resumo das análises de variância da relação da massa da matéria seca da raiz/parte aérea (RPA) e massa foliar relativa (MFR) de plantas de limoeiro 'Volkameriano', 50 dias após o início dos tratamentos.....	50

RESUMO

FERNANDES, Antonio Resende, M. S., Universidade Federal de Viçosa, agosto de 2004. **Crescimento do limoeiro 'Volkameriano' tratado com paclobutrazol e ácido giberélico.** Orientador: Dalmo Lopes de Siqueira. Conselheiros: Luiz Carlos Chamhum Salomão e Paulo Roberto Cecon.

Este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar os efeitos de concentrações de paclobutrazol (PBZ) e ácido giberélico (AG₃) sobre o desenvolvimento de plantas de limoeiro 'Volkameriano'. O trabalho foi desenvolvido em casa de vegetação no Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, Brasil, de julho de 2002 a março de 2003. O experimento foi montado em esquema fatorial 4 X 2, sendo quatro concentrações de PBZ (0, 75, 150 e 225 mg do i.a. planta⁻¹) e duas de AG₃ (0 e 20 mg do i.a. L⁻¹), no delineamento em blocos casualizados, com quatro repetições, tendo cinco plantas por unidade experimental. Para execução do experimento foram usadas plantas de limoeiro 'Volkameriano' com seis meses de idade e, aproximadamente, 32 cm de altura, em recipientes de 2,5 dm². O PBZ foi aplicado na forma de solução, sobre o substrato, em dose única, com volume de 50 mL por recipiente. O ácido giberélico foi aplicado em quatro pulverizações com intervalos de dez dias, direcionado às folhas das plantas. Aos 50 dias após o início da aplicação dos tratamentos foram avaliadas a massa da matéria fresca, massa da matéria seca,

comprimento de caule e de entrenós, diâmetro de caule, número de folhas, área foliar e unidades SPAD. Concentrações crescentes de PBZ reduziram o comprimento de caule, o comprimento médio dos entrenós, e a massa da matéria seca do total de raízes. O AG₃ reverteu parcialmente os efeitos do PBZ para comprimento do caule e de entrenós. Para a massa da matéria seca do total de raízes a maior redução foi na presença de AG₃, que agiu como inibidor do crescimento das raízes. As concentrações crescentes de PBZ aumentaram a massa foliar relativa, tanto na presença como na ausência de AG₃. Na ausência de AG₃, o aumento das concentrações de PBZ, aumentou a massa foliar específica, as unidades SPAD e a relação raiz/parte aérea, enquanto na presença de AG₃ não houve efeito das concentrações de PBZ. Na ausência de AG₃ concentrações crescentes de PBZ reduziram a área foliar e a massa da matéria seca do total da planta. A presença do AG₃ reverteu esse efeito. O número de folhas não foi influenciado pelas concentrações crescentes de PBZ, mas a presença de AG₃ aumentou o número de folhas. Para a variável diâmetro de caule verificou-se comportamento quadrático em função das concentrações de PBZ na presença de AG₃, com máximo de 0,973 cm na concentração de 90,0 mg planta⁻¹. O aumento das concentrações de PBZ, na ausência de AG₃, apresentou comportamento de forma quadrática para os valores de massa da matéria seca de folhas, caule; portanto, da parte aérea, como também para a massa caulinar específica. A concentração estimada de PBZ que mais reduziu a massa da matéria seca para folha foi 175,28 mg planta⁻¹; para caule, foi 181,39 mg planta⁻¹; para a parte aérea, foi 193,08 mg planta⁻¹; e a maior redução de massa caulinar específica, foi para a concentração de 160,0 mg planta⁻¹; na presença de AG₃ não houve efeito de PBZ em nenhuma das características citadas.

ABSTRACT

FERNANDES, Antonio Resende, M.S., Universidade Federal de Viçosa, August 2004. **Growth of 'Volkameriano' lemon tree treated with paclobutrazol and giberellic acid.** Adviser: Dalmo Lopes de Siqueira. Committee Members: Luiz Carlos Chamhum Salomão and Paulo Roberto Cecon.

This work was carried out to evaluate the effects of concentrations of paclobutrazol (PBZ) and giberellic acid (AG3) on the development of 'Volkameriano' lemon plants under greenhouse conditions at the Department of Plant Sciences of the Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, Brazil, from July 2002 to March 2003. The experiment was arranged in a 4 X 2 factorial scheme, with four concentrations of PBZ (0, 75, 150 and 225 mg of i.a. plant⁻¹) and two concentrations of AG3 (0 and 20 mg of i.a. L⁻¹), in a randomized block design with four repetitions and 5 plants per experimental unit. Six-month-old 'Volkameriano' lemon plants, approximately 32 cm high, sown in 2.5 dm recipients were used. A single dose of PBZ solution was applied on the substrate, 50 mL volume per container. Giberellic acid was applied on the plant leaves four times at ten day-intervals. Fresh matter mass, dry matter mass, stem and internode length, stem diameter, number of leaves, leaf area and SPAD units were evaluated fifty days after the start of the treatment application. Increasing PBZ concentrations reduced stem length, average inter node length, and dry matter mass of the root total. AG3 partially reversed the PBZ effects for

stem and internode length. For dry matter mass of the root total, the greatest reduction occurred in the presence of AG3, which acted as inhibitor of root growth. Increasing concentrations of PBZ increased the relative leaf mass, both in the presence and absence of AG3. In the absence of AG3, increased PBZ concentrations increased specific leaf mass, SPAD units, and the root/aerial part ratio, while in the presence of AG3 there was no effect of PBZ concentrations. In the absence of AG3, the increasing concentrations of PBZ reduced the leaf area and dry matter mass of the plant total. AG3 presence reversed this effect. The number of leaves was not influenced by increasing PBZ concentrations but the presence of AG3 increased the number of leaves. For the variable stem diameter, a quadratic behavior was verified as a result of PBZ concentrations in the presence of AG3, with a maximum of 0.973 cm at a concentration of 90.0 mg plant⁻¹. Increased PBZ concentration in the absence of AG3 presented a quadratic behavior for the values of leaf and stem dry matter mass, i.e., the aerial part, as well as for the specific stem mass. The estimated PBZ concentration that reduced leaf dry matter mass the most was 175.28 mg plant⁻¹; for the stem, 181.39 mg plant⁻¹; for the aerial part, 193.08 mg plant⁻¹; and the greatest reduction of specific stem mass was for the concentration of 160.0 mg plant⁻¹; no PBZ effect on any of the characteristics cited was found in the presence of AG3.

INTRODUÇÃO GERAL

O crescimento de uma planta, em condições naturais, depende do nível endógeno de hormônios e de fatores do ambiente, como luz, temperatura, disponibilidade de água e nutrientes. Neste contexto, os hormônios não atuam isoladamente, mas de modo interativo (IZUMI et al., 1988; KLEE & ROMANO, 1994); portanto, variações nos níveis endógenos e na sensibilidade dos tecidos aos hormônios dependem das condições ambientais e são os principais fatores responsáveis pelo controle do crescimento vegetal (DAVIES, 1995).

O crescimento das plantas pode ser modificado com a aplicação de produtos químicos. Esse recurso tem grande importância na agricultura (GROSSMANN et al., 1987; GIANFAGNA, 1995), principalmente na fruticultura, onde se busca algum tipo de controle sobre o crescimento da planta (GROSSMANN, 1992). Os chamados fitorreguladores, fito-hormônios, biorreguladores ou, simplesmente reguladores de crescimento, atuam na regulação ativa dos processos endógenos da planta, com sinergismo ou antagonismo a tais processos, propiciando uma resposta que pode ser desejável economicamente (MONSELISE, 1979).

Um dos grupos de biorreguladores mais utilizados no controle do crescimento são os compostos sintéticos, que atuam como retardantes de crescimento, os quais apresentam acentuada especificidade em suas propriedades reguladoras (GROSSMANN et al., 1987; GROSSMANN, 1992).

Reduções na área foliar e no alongamento do caule e intensificação na clorofila (GIANFAGNA, 1995) constituem efeitos clássicos de sua aplicação. Quando fornecidos em concentrações adequadas, possibilitam que o crescimento seja quimicamente controlado e que a arquitetura da planta seja convenientemente modificada (GIANFAGNA & WULSTER, 1986; McDANIEL, 1986; DAVIS & CURRY, 1991).

Alguns tipos de retardantes de crescimento bloqueiam etapas da via de biossíntese das giberelinas, de modo que seus efeitos estão relacionados com reduções em níveis endógenos desses fitos-hormônios (GROSSMANN, 1990; RADEMACHER, 1991a,b).

Segundo ARTECA (1996), o conteúdo de giberelinas biologicamente ativas é menor em plantas tratadas com essa categoria de inibidores, particularmente em órgãos jovens e em crescimento.

Acredita-se que as giberelinas sejam o principal fator hormonal responsável pelo alongamento de caules em diversas espécies (ROSS & REID, 1992; HEDDEN & KAMUYA, 1997), de modo que as reduções em altura, freqüentemente observadas em plantas submetidas aos efeitos de retardantes de crescimento devem estar relacionadas com a síntese de giberelinas (GRAEBE, 1987; JUNTILLA, 1991; FOSKET, 1994). O isolamento de mutantes deficientes na biossíntese de giberelinas demonstra, claramente, seu papel essencial no crescimento da parte aérea, pois plantas com essas características apresentam, tipicamente, internódios curtos e fenótipo-anão (REID, 1993; WINKLER & HELENTJARIS, 1995).

Segundo YIM et al. (1997), inibidores da biossíntese de giberelinas, como os triazóis, não têm sido utilizados somente para regular o crescimento de plantas, mas, também, para estudar os efeitos das giberelinas, pela redução do conteúdo desse hormônio. Diante da importância dessas propriedades, tem sido grande o emprego dos reguladores de crescimento na busca de informações sobre as funções das giberelinas em diversos processos fisiológicos (MARTÍNEZ-GARCÍA & GARCÍA-MARTÍNEZ, 1992). Grande parte das informações sobre os inibidores de crescimento tem se acumulado na categoria química dos triazóis, com destaque para o Paclobutrazol (PBZ) (DAVIS & CURRY, 1991; GROSSMANN, 1992). Os inibidores de crescimento vegetal ou retardantes são inibidores da biossíntese de giberelinas, agindo

sobre a enzima caurênio-sintase. Segundo IZUMI & OSHIO (1991), estudos que investigam a influência de triazóis sobre o conteúdo de giberelinas relatam a ocorrência de reduções em seus níveis endógenos. Na presença do inibidor, a planta mostra crescimento reduzido e menor teor de giberelinas (CALDAS, 1995).

O modo de ação dos triazóis está diretamente relacionado com a participação do *citocromo P450* na via de biossíntese das giberelinas (RADEMACHER, 1991a,b). Segundo SCHULER (1996), esse citocromo é fundamental para o crescimento vegetal. No caso do efeito dos triazóis sobre a biossíntese das giberelinas, é especificamente inibida a atividade da caurenóxidase, dependente de citocromo P450 e responsável pela conversão de caurênio em ácido caurenóico (RADEMACHER, 1991a,b). Diversos tipos de mutantes-anões, deficientes em giberelinas, apresentam imperfeição na atividade da enzima *ent*-caurenóxidase (HEDDEN & KAMUYA, 1997). Há estudos relacionando o fenótipo-anão com mutação em gene que codifica para citocromo P450 (BISHOP et al., 1996).

O PBZ [(2RS, 3RS) 1-(4-clorofenil) 4,4-dimetil 2-(1H1,2,4-triazol 1-il) pentan 3-ol] é um inibidor de crescimento que tem efeito em três passos oxidativos dos precursores das giberelinas que são, o caurenó, o ácido caurenóico e o caurenóaldeído (HEDDEN & GRAEBE, 1985; RADEMACHER, 1991a,b).

Um fator importante para a atuação dos fitorreguladores é a sensibilidade dos tecidos vegetais a eles, que é influenciada pela idade e pela presença de proteínas receptoras a estes compostos, ou seja, da concentração do complexo proteína receptora-fitorreguladora; assim, a sensibilidade ao fitorregulador seria simplesmente o reflexo da concentração da proteína receptora (TREWAVAS, 1981).

O PBZ é mais eficiente quando aplicado via solo ou injetado diretamente em caules (BARRET & BARTUSKA, 1982), mas, também, pode ser pulverizado sobre folhas. Depois de adicionado ao solo, é rapidamente absorvido pelas raízes e translocado para a parte aérea (HOLUBOWICZ, 1983; HUNTER & PROCTOR, 1992). Pesquisas indicam que, de uma determinada dose aplicada, somente uma pequena fração de ingrediente ativo chega aos meristemas apicais, onde ocorrem os efeitos inibitórios (EARLY & MARTIN, 1988; PENG et al., 1994).

O transporte do PBZ é mais intenso pelo xilema, independentemente do modo de aplicação (EARLY & MARTIN, 1988; DAVIS & CURRY, 1991), podendo ocorrer seu acúmulo no sistema radicular (BAUSHER et al., 1985) ou em folhas (WANG et al., 1986). O deslocamento basípeto pelo floema, a partir de folhas, é pequeno (BARRET & BARTUSKA, 1982; TUKEY, 1983; WANG et al., 1986). Os triazóis parecem ser lentamente degradados na planta, segundo DAVIS & CURRY (1991).

O PBZ é um potente retardador de crescimento que reduz eficientemente o comprimento de brotos em várias plantas frutíferas, inclusive as cítricas. Outras respostas ao PBZ incluem a redução do número de brotos e de folhas, bem como da área foliar, o engrossamento e encurtamento de raízes laterais novas (STEFFENS & WANG, 1984; BAUSHER & YELENOSKY, 1986; WILLIAMSON et al., 1986). Muitas vezes essas mudanças são acompanhadas por redução da biomassa total em plantas cítricas (DE JONG & DOYLE, 1984; WOOD, 1984; BAUSHER & YELENOSKY, 1986).

A ação fisiológica do PBZ em raízes de citros tem sido estudada por alguns autores. Segundo STEFFENS & WANG (1984) e SALOMON (1988), o paclobutrazol apresentou efeito inibitório, diminuindo o comprimento das raízes principais e o número das raízes laterais de *Citrus macrophylla* em solução nutritiva.

A resposta morfológica mais conhecida causada pelo PBZ, em caule, é a redução do comprimento dos entrenós, tanto em plantas herbáceas e ornamentais, como em plantas frutíferas (QUINLAN, 1981). Em plantas cítricas, uma de suas utilizações é no controle do excesso de brotações (ARON et al., 1985). Segundo DELGADO et al. (1986a), as concentrações de 5 e 10 g de i.a. por planta, via solo, diminuíram o comprimento das novas brotações em tangerineira 'Frost Dancy' (*Citrus reticulata* Blanco) com quatro anos de idade, efeito que foi desaparecendo após os ciclos de crescimento. KASELE et al. (1995) relataram que alterações produzidas por retardantes na anatomia de folhas resultam em mudanças de características fotossintéticas, como aumento da intensidade da cor verde.

O PBZ aumenta a tolerância ao estresse hídrico, devido à redução no crescimento das plantas. O mecanismo dessas ações não está claramente compreendido; entretanto, redução da área foliar, aumento da relação raiz/parte aérea e redução da condutância dos estômatos, têm sido observados

após a aplicação do PBZ. Segundo MATAA et al. (1998), algumas dessas respostas representam um custo metabólico aos processos produtivos e podem prejudicar a produtividade da planta.

Quanto à ação fisiológica da aplicação conjunta de fitorreguladores, MEHOUACHI et al. (1996) verificaram que o AG₃ exógeno neutralizou o efeito inibitório do paclobutrazol em pulverizações diárias, durante uma semana, da mistura de AG₃ + paclobutrazol em citrange 'Carrizo' [*Citrus sinensis* (L.) Osb. X *Poncirus trifoliata* (L.) Raf.], nas concentrações de 20 mg L⁻¹ + 100 mg L⁻¹, respectivamente.

A floração, como todos os outros processos fisiológicos das plantas cítricas, está sob controle genético do ambiente e das práticas culturais (EL-OTMANI et al., 2000). A alternância de colheitas, fenômeno freqüente em muitas espécies lenhosas, tem sido estudada em muitos trabalhos e revisões bibliográficas. Nos citros, o controle que a presença do fruto na planta exerce sobre a floração pode chegar, em algumas espécies e variedades e em determinadas circunstâncias, a reduzir drasticamente a colheita. A ausência de flores, em certos casos, impede a obtenção de colheitas e a conseguinte ausência de frutos permite florações abundantes que asseguram a colheita seguinte, iniciando-se, com isso, ciclos de alta e de baixa produção, o que define o conceito de alternância de colheitas (AGUSTÍ, 2000). A maioria dos cultivares, sob condições ótimas, floresce com abundância, particularmente no ano de alta produção. Para os cultivares de safra alternada ou bianual, é comum encontrar mais de cem mil flores por planta, no ano de alta produção, (ERICKSON & BRANNAMAN, 1960; MONSELISE, 1977; AGUSTÍ et al., 1982). Dependendo do cultivar, 90 a 99% das flores caem e a frutificação é freqüentemente menor que 1% (AGUSTÍ et al., 1982; EL-OTMANI et al., 1992). Após um ano de alta produção, o florescimento, e conseqüentemente a colheita, são mais escassos.

Os reguladores de crescimento são usados em plantas cítricas, entre outros, com o propósito de regular a produção, com a redução do crescimento vegetativo e o aumento da floração, ou aumentando o crescimento vegetativo e reduzindo a iniciação e o desenvolvimento das flores (EL-OTMANI et al., 2000).

Seus efeitos não são específicos, e para obter uma resposta ou outra, o momento da aplicação é fundamental, pois, deve-se levar em conta que a

aplicação de um regulador pode afetar uma característica diferente do objetivo proposto (GUARDIOLA, 2000).

Também em plantas cítricas, o uso de reguladores de crescimento tem sido testado em diversos países, visando a redução do período de formação das mudas (MULLER & YOUNG, 1982; MODESTO, 1994), redução no crescimento das plantas (COOPER & PEYNADO, 1958; VU & YELENOSKY, 1988), indução ou supressão do florescimento (LENZ & KARNATZ, 1975), desbaste de frutos (PACHECO, 1999), redução na abscisão de frutos (TALON et al. 1992), controle da maturação (COGGINS et al., 1964), desverdecimento de frutos (GOLDSCHIMIDT & EILATI, 1970; MONSELISE et al. 1976), entre outros efeitos de interesse comercial.

Desde que MONSELISE & HALEVY (1964) relataram que a floração das laranjeiras 'Shamouti' pode ser inibida pelo AG₃, este composto foi testado na maioria dos cultivares cítricos com efeitos inibitórios semelhantes (HARTY & VAN STADEN, 1988a,b; DAVENPORT, 1990). Por outro lado, a produção de inflorescências aumentou com o aumento da concentração de compostos de triazol, por inibir a biossíntese de giberelinas (DELGADO et al., 1986a,b; HARTY & VAN STADEN, 1988a,b).

Existem muitos indícios de que a aplicação de PBZ causa várias alterações metabólicas na planta, mas permanece desconhecido o mecanismo de reprogramação de eventos bioquímicos (LESHEM et al., 1994). As conseqüências que a inibição do alongamento de internódios causam na partição de assimilados ainda são pouco conhecidas (DAVIS & CURRY, 1991).

O PBZ tem sido apontado como um possível indutor do florescimento dos citros (DELGADO et al., 1986a,b; HARTY & VAN STADEN, 1988ab; GREENBERG et al., 1993; EL-OTMANI et al., 2000). Entretanto, pesquisas em condições de campo e em plantas adultas não permitem avaliar com precisão os efeitos do produto sobre o crescimento e a fisiologia das plantas. Por isso, experimentos realizados com plantas cultivadas em vasos, em estudo desde sua fase juvenil, permitem uma análise mais precisa desses efeitos.

Sendo assim, este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar os efeitos de diferentes concentrações de PBZ, na presença e ausência de ácido giberélico (AG₃) sobre crescimento da parte aérea e radicular, em plantas de limoeiro 'Volkameriano'.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARON, Y.; MONSELISE, S. P.; GOREN, R.; COSTO, J. Chemical control of vegetative growth in citrus trees by paclobutrazol. **Hortscience**, v. 20, n. 1, p. 96-98, 1985.

ARTECA, R. N. **Plant growth substances: principles and applications**. New York: Chapman & Hall, 1996. 332 p.

AGUSTÍ, M. **Citricultura**. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa, 2000. 416 p.

AGUSTÍ, M.; GARCÍA-MARÍ, F.; GUARDIOLA, J. L. The influence of flowering intensity on the shedding of reproductive structures in sweet orange. **Scientia Hortic.**, v. 17, p. 343-352, 1982.

BARRET, J. E.; BARTUSKA, C. A. PP333 effects on stem elongation dependent on site of application. **HortScience**, v. 17, n. 5, p. 737-738, 1982.

BAUSHER, M. G.; YELENOSKY, G. Sensitivity of potted citrus plants to top sprays and soil applications of paclobutrazol. **Hortscience**, v. 21, n. 1, p. 141-143, 1986.

BAUSHER, M. G.; YELENOSKY, G.; MAUCK, C. S. Uptake by roots and translocation of ¹⁴C-paclobutrazol in citrus. **HortScience**, v. 20, n. 3, p. 595, 1985.

BISHOP, G. J.; HARRISON, K.; JONES, J. D. G. The tomato dwarf gene isolated by heterologous transposon tagging encodes the first member of a new cytochrome P450 family. **The Plant Cell**, v. 8, p. 959-969, 1996.

CALDAS, L. S. Giberelinas. In: **Curso de cultura de células e tecidos de plantas**. Brasília: CBAB/CNPQ. 1996.

COGGINS, C. W. JR.; BURNS, R. M.; HIELD, H. Z.; PLATT, R. G. Gibberellin delays lemon maturity. **Calif. Agr.**, v. 18, p. 15, 1964.

COOPER, W. C.; PEYNADO, A. Effect of gibberellic acid on growth and dormancy in citrus. **Proc. Am. Soc. Hortic. Sci.**, v. 72, p. 284-289, 1958.

DAVENPORT, T. L. Citrus flowering. **Hort. Rev.**, v. 12, p. 349-408, 1990.

DAVIES, P. J. The plant hormones: their nature, occurrence and functions. In: DAVIES, P. J. (Ed.). **Plant hormones: physiology, biochemistry and molecular biology**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, p.1-12, 1995.

DAVIS, T. D.; CURRY, E. A. Chemical regulation of vegetative growth. **Crit. Rev. Plant Sci.**, v. 10, n. 2, p. 151-188, 1991.

DE JONG, T. M.; DOYLE, J. F. Leaf gas exchange and growth responses of mature 'Fantasia' nectarine trees to paclobutrazol. **J. Am. Soc. Hortic. Sci.**, v. 109, p. 878-882, 1984.

DELGADO, R.; CASAMAYOR, R.; RODRIGUEZ, J. L.; CRUZ, P.; FAJARDO, R. Paclobutrazol effects on mandarin under tropical conditions. **Acta Hortic.**, n. 179, 1986a.

DELGADO, R.; CASAMAYOR, R.; RODRIGUEZ, J. L.; CRUZ, P.; FAJARDO, R. Paclobutrazol effects on oranges under tropical conditions. **Acta Hortic.**, v. 179, p. 537-544, 1986b.

EARLY, J. D.; MARTIN, G. C. Translocation and breakdown of ¹⁴C-labeled Paclobutrazol in 'Nemaguard' peach seedlings. **HortScience**, v. 23, n. 1, p. 196-200, 1988.

EL-OTMANI, M.; BEN ISMAIL, M. C.; AIT-OUBAHOU, A.; ACHOURI, M. Growth regulators use on Clementine to improve fruit set **Proc. Int. Soc. Citriculture**, v. 1, p. 500-502, 1992.

EL-OTMANI, M.; COGGINS JR., C. W.; AUGUSTÍ, M.; LOVATT, C. J. Plant growth regulators in citriculture: world current uses. **Critical Reviews in Plant Science**, v. 19, n. 5, p. 395-447, 2000.

ERICKSON, L. C.; BRANNAMAN, B. L. Abscission of reproductive structures and leaves of orange trees. **Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.**, v. 75, p. 222-229, 1960.

FOSKET, D. E. **Plant growth and development: a molecular approach**. San Diego: Academic Press, 1994. 580 p.

GIANFAGNA, T. J. Natural and synthetic growth regulators and their use in horticultural and agronomic crops. In: DAVIES, P. J. (Ed.). **Plant hormones: physiology, biochemistry and molecular biology**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, p.751-773, 1995.

GIANFAGNA, T. J.; WULSTER, G. L. Growth retardants as an to adapting freesia to pot culture. **HortScience**, v. 21, n. 2, p. 263-264, 1986.

GOLDSCHIMIDT, E. E.; EILATI, S. K. Gibberellin treated Shamouti oranges: effects on coloration and translocation within peels of fruits attached to or detached from the tree. **Bot. Gaz.**, v. 131, p. 116-122, 1970.

GRAEBE, J. E. Gibberellin biosynthesis and control. **Annu. Rev. Plant Physiol.**, v. 38, p. 419-465, 1987.

GREENBERG, J.; GOLDSCHIMIDT, E. E.; GOREN, R. Potential and limitations of the use of Paclobutrazol in citrus orchards in Israel. **Acta Hort.**, v. 329, p. 58-61, 1993.

GROSSMANN, K. Plant growth retardants as tools in physiological research. **Physiol. Plant.**, v. 78, p. 640-648, 1990.

GROSSMANN, K. Plant growth retardants: their mode of action and benefit for physiological research. In: KARSSSEN, C. M.; van LONN, L. C.; VREUGDENHIL, D. (Ed.). **Progress in plant growth regulation**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, p.788-797, 1992.

GROSSMANN, K.; KWIATKOWSKI, J.; SIEBECKER, H.; JUNG, J. Regulation of plant morphology by growth retardants. **Plant Physiol.**, v. 84, p. 1018-1021, 1987.

GUARDIOLA, J. L. Utilización de los reguladores del desarrollo en la producción de cítricos. In: SIMPOSIO SOBRE FISIOLÓGIA, NUTRIÇÃO, ADUBAÇÃO E MANEJO PARA PRODUÇÃO SUSTENTÁVEL DE CITROS. 2000, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba : POTAFOS, 2000. 1 CD-ROM.

HARTY, A. R.; VAN STADEN, J. The use of growth retardants in citriculture. **Isr. J. Bot.**, v. 37, p. 155-164, 1988a.

HARTY, A. R.; VAN STADEN, J. Paclobutrazol and temperature effects on lemon. **Proc. 6th Int. Citrus Congr.**, v. 1, p. 343-353, 1988b.

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

HEDDEN, P.; KAMUYA, Y. Gibberellin biosynthesis: enzymes, genes and their regulation. **Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.**, v. 48, p. 431-460, 1997.

HOLUBOWICZ, T. The possibility of changing the frost resistance of fruit trees by dodecyl ether of polyethylene glycol (DEPEG) and PP333 sprays. **Acta Hort.**, v. 137, p. 117-124, 1983.

HUNTER, D. M.; PROCTOR, J. T. A. Paclobutrazol affects growth and fruit composition of potted grapevines. **HortScience**, v. 27, n. 4, p. 319-21, 1992.

IZUMI, K.; NAKAGAWA, S.; KOBAYASHI, M.; OSHIO, H.; SAKURAI, A.; TAKAHASHI, N. Levels of IAA, cytokinins, ABA and ethylene in rice plants as affected by a gibberellin biosynthesis inhibitor, uniconazole-P. **Plant Cell Physiol.**, v. 29, p. 97-104, 1988.

IZUMI, K.; OSHIO, H. Effects of the growth retardant uniconazole-P on endogenous levels of hormones in rice plants. In: TAKAHASHI, N.; PHINNEY, B. O.; MACMILLAN, J. (Ed.). **Gibberellins**. New York: Springer-Verlag, p. 330-338, 1991.

JUNTILLA, O. Gibberellins and the regulation of shoot elongation in woody plants. In: TAKAHASHI, N.; PHINNEY, B. O.; MACMILLAN, J. (Eds.). **Gibberellins**. New York: Springer-Verlag, p. 199-210, 1991.

KASELE, I. N.; SHANAHAN, J. F.; NIELSEN, D. C. Impact of growth retardants on corn leaf morphology and gas exchange traits. **Crop Sci.**, v. 35, p. 190-194, 1995.

KLEE, H. J.; ROMANO, C. P. The roles of phytohormones in development as studied in transgenic plants. **Crit. Rev. Plant Sci.**, v. 13, p. 311-324, 1994.

LENZ, F.; KARNATZ, A. The effect of GA₃, Alar and CCC on citrus cutting. **Acta Hort.**, v. 49, p. 147-155, 1975.

LESHEM, B.; RONEN, R.; LURIE, S. Thidiazuron and Paclobutrazol appear to mimic cytokinin and auxin influences on organ regeneration and protein profiles in cultured melon cotyledons. **J. Plant Physiol.**, v. 143, n. 3, p. 344-348, 1994.

MARTÍNEZ-GARCÍA, J. F.; GARCÍA-MARTÍNEZ, J. L. Effect of the growth retardant LAB 198 999, an acylcyclohexanedione compound, on epicotyl elongation and metabolism of gibberellins A₁ and A₂₀ in cowpea. **Planta**, v. 188, p. 245-251, 1992.

MATAA, M.; TOMINAGA, S.; KOZAKI, I. Relative effects of growth retardant (paclobutrazol) and water stress on tree growth and photosynthesis in Ponkan (*Citrus reticulata* Blanco). **J. Japan. Soc. Hort. Sci.**, v. 67, n. 1, p. 28-31, 1998.

McDANIEL, G. L. Comparison of Paclobutrazol, flurprimidol, and tetcyclacis for controlling poinsettia height. **HortScience**, v. 21, n. 5, p. 1161-1163, 1986.

MEHOUACHI, J.; TADEO, F. R.; ZARAGOZA, S.; PRIMO-MILLO, E.; TALON, M. Effects of gibberellic acid and paclobutrazol on growth and carbohydrate accumulation in shoots and roots of citrus rootstock seedlings. **Journal of Horticultural Science**, v. 71, n. 5, p. 747-754, 1996.

MODESTO, J. C. **Efeitos de diferentes reguladores de crescimento sobre o desenvolvimento de porta-enxertos de citros**. 1994. 127 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – UNESP, Botucatu.

MONSELISE, S. P. Citrus fruit development: endogenous systems and external regulation. **Proc. Int. Soc. Citriculture**, v. 2, p. 664-668, 1977.

MONSELISE, S. P. The use of growth regulators in citriculture; a review. **Scientia Horticulturae**, v. 11, n. 2, p. 151-162, 1979.

MONSELISE, S. P.; HALEVY, A. H. Chemical inhibition and promotion of flower bud induction. **Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.**, v. 84, p. 141-146, 1964.

MONSELISE, S. P.; WEISER, M.; SHAFIR, N.; GOREN, R.; GOLDSCHMIDT, E. E. Creasing of orange peel. Physiology and control. **J. Hortic. Sci.**, v. 51, p. 341-351, 1976.

MULLER, I. A.; YOUNG, M. J. Influence of gibberellic acid and effectiveness of several carries on growth of sour orange (*Citrus aurantium* L.) seedlings. **Hortscience**, v. 17, n. 4, p. 673-674, 1982.

PACHECO, A. C. **Desbaste químico em tangerina 'Ponkan' (*Citrus reticulata* Blanco) com a utilização de reguladores vegetais: aspectos fisiológicos e tecnológicos.** 1999. 90 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – ESALQ/USP-Piracicaba.

PENG, L. Z.; HE, S. L.; TANG, J.; XU, E.; SONG, N. J. Absorption and translocation of 3H-labeled Paclobutrazol in citrus. **Acta Hort. Sin.**, v. 21, p. 7-12, 1994.

QUINLAN, J. D. New chemical approaches to control of fruit tree form and size. **Acta Hort.**, v. 120, p. 95-106, 1981.

RADEMARCHER, W. Biochemical effects of plant growth retardants. In: GAUSMAN, H. W. (Ed.). **Plant biochemical regulators.** New York: Marcel Dekker Inc., p.169-200, 1991a.

RADEMARCHER, W. Inhibitors of gibberellin biosynthesis: applications in agriculture and horticulture. In: TAKAHASHI, N.; PHYNNEY, B. O.; MacMILLAN, J. (Eds.). **Gibberellins.** New York: Springer-Verlang, p.296-310,1991b.

REID, J. B. Plant hormone mutants. **Plant Growth Regul.**, v. 12, p. 207-226, 1993.

ROSS, J. J.; REID, J. B. Ontogenetic and environmental effects on GA₁ levels and the implications for the control of internode length. In: KERSEN, C. M.; van LOON, L. C.; VREUGDENHIL, D. (Ed.). **Progress in plant growth regulation.** Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, p.180-187, 1992.

SALOMON, E. Effect of paclobutrazol and gibberellic acid (GA₃) on the root growth and biomass partitioning of citrus leaf cuttings. **Israel Journal Botany**, v. 37, p. 165-175, 1988.

SCHULER, M. A. Plant cytochrome P450 monooxygenases. **Crit. Rev. Plant Sci.**, v. 15, p. 235-284, 1996.

STEFFENS, G. L.; WANG, S. Y. Physiological changes induced by paclobutrazol (PP₃₃₃) in apple. **Acta Hort.**, v. 146, p. 135-142, 1984.

TALON, M.; ZACARIAS, L.; PRIMO-MILLO, E. Gibberellins and parthenocarpic ability in developing ovaries of seedless mandarins. **Plant Physiol.**, v. 99, p. 1575-1581, 1992.

TREWAVAS, A. How do plant growth substances work. **Plant, Cell and Environment**, v. 4, p. 203-228, 1981.

TUKEY, L. D. Vegetative control and fruiting on mature apple trees treated with PP333. **Acta Hort.**, v. 137, p. 103-109, 1983.

VU, J. C. V.; YELENOSHY, G. Biomass and photosynthesis responses of rough lemon (*Citrus jambhiri* Lush.) to growth regulators. **Can. Journal Plant Science**, v. 68, p. 261-266, 1988.

WANG, S. Y.; SUN, T.; FAUST, M. Translocation of Paclobutrazol, a gibberellin biosynthesis inhibitor, in apple seedlings. **Plant Physiol.**, v. 82, p. 11-14, 1986.

WILLIAMSON, J. G.; COSTON, D. C.; GRIMES, L. W. Growth response of peach roots and shoots to soil and foliar-applied paclobutrazol. **HotScience**, v. 21, p. 1001-1003, 1986.

WINKLER, R. G.; HELENTJARIS, T. The maize *dwarf3* gene encodes a cytochrome P450-mediated early step in gibberellin biosynthesis. **The Plant Cell**, v. 7, p. 1307-1317, 1995.

WOOD, B. W. Influence of paclobutrazol on selected growth and chemical characteristics of young pecan seedlings. **HortScience**, v. 19, p. 837-839, 1984.

YIM, K. O.; KWON, Y. W.; BAYER, D. E. Growth responses and allocation of assimilates of rice seedlings by Paclobutrazol and gibberellin treatment. **J. Plant Growth Regul.**, v. 16, p. 35-41, 1997.

CRESCIMENTO DO LIMOEIRO 'VOLKAMERIANO' SUBMETIDO A DOSES DE PACLOBUTRAZOL E ÁCIDO GIBERÉLICO

RESUMO

O paclobutrazol (PBZ) é um retardante sintético de crescimento vegetal que atua inibindo a biossíntese de giberelinas. O seu uso reduz o crescimento de ramos e brotos, retardando o crescimento das plantas e reduzindo o tamanho das copas em espécies frutíferas, agindo como ananicante em plantas cítricas. As giberelinas atuam reduzindo a floração em citros; portanto, a aplicação de um inibidor como o PBZ poderá promover a floração. Assim, com a aplicação desses fitorreguladores em concentrações adequadas pode-se manipular o crescimento, a arquitetura da planta, a floração e a frutificação. Este trabalho objetivou avaliar os efeitos de concentrações de PBZ e ácido giberélico (AG₃) sobre o crescimento das partes aérea e radicular de plantas de limoeiro 'Volkameriano'. O experimento foi conduzido no Setor de Fruticultura da UFV, em esquema fatorial 4 X 2, sendo quatro concentrações de PBZ (0, 75, 150 e 225 mg do i.a. planta⁻¹) e duas de AG₃ (0 e 20 mg do i.a. L⁻¹), no delineamento em blocos casualizados com quatro repetições e cinco plantas por unidade experimental. As aplicações tiveram início quando as plantas atingiram, em média, 32 cm de altura, aos seis meses de idade. O PBZ foi aplicado na forma de solução, individualmente no substrato de cada planta, em dose única, com volume de 50 mL. O ácido giberélico, na concentração de 20 mg L⁻¹, foi aplicado em quatro pulverizações foliares com intervalos de dez dias. Aos 50 dias após o início da aplicação dos tratamentos foram avaliadas as características: comprimento e diâmetro do caule, número de folhas, comprimento médio dos entrenós, intensidade da cor verde (unidade SPAD), área foliar e massa foliar específica. Os resultados obtidos permitiram concluir que o PBZ, na ausência de AG₃, reduziu o comprimento e diâmetro de caule, comprimento dos entrenós e área foliar; na presença de AG₃, o PBZ promoveu aumento do diâmetro do caule, redução no comprimento de caule e de entrenós e não alterou a área foliar; o PBZ não alterou o número de folhas, entretanto aumentou o valor das unidades SPAD e a massa foliar específica. O AG₃ anulou os efeitos do PBZ para as unidades SPAD, área e massa foliar; porém aumentou o número de folhas.

1. INTRODUÇÃO

O paclobutrazol (PBZ) é um retardante sintético de crescimento do grupo dos triazóis que atua inibindo a biossíntese de giberelinas, bloqueando as reações de oxidação entre o caurênio e o ácido caurenóico (MEHOUACHI et al., 1996). O principal uso que se tem dado a este regulador é, portanto, a redução ou o controle do crescimento de ramos e brotos das plantas (DAVIES et al., 1988). Neste sentido, o PBZ é aplicado em muitas espécies; nas plantas frutíferas tem conseguido reduzir o crescimento da copa, tornando-as mais compactas (WIELAND & WAMPLE, 1985).

Os reguladores de crescimento permitem a manipulação do crescimento de muitas espécies. Em citros, os compostos que provocam respostas no crescimento das plantas são de grande importância para os produtores comerciais (YELENOSKY, 1985). Muitos reguladores de crescimento foram estudados por seu potencial em controlar o crescimento excessivo de brotos em plantas cítricas (KREZDORN, 1969; LIMA & DAVIES, 1984; ARON et al., 1985; YELENOSKY, 1985), podendo influenciar vários processos fisiológicos e bioquímicos.

O PBZ é um eficiente inibidor da biossíntese de giberelinas (RADEMACHER, 1991) e é usado como retardador de crescimento em um grande número de culturas. O principal propósito do uso de PBZ é o controle de processos que são provavelmente regulados por giberelinas endógenas das plantas cítricas. O PBZ tem forte atuação sobre o alongamento dos brotos, que é dependente das giberelinas; entretanto, muitos estudos revelam que o PBZ modifica a morfologia das folhas (YIM et al., 1997).

Em plantas cítricas o PBZ tem mostrado sua efetividade como agente ananicante (ARON et al., 1985; BAUSHER & YELENOSKY, 1986), podendo ser utilizado para reduzir o crescimento excessivo dos brotos de porta-enxertos (HADLOW & ALLAN, 1989). Neste caso, é preferível fazer aplicações foliares para não alterar o crescimento do sistema radicular (BAUSHER & YELENOSKY, 1986), devido à baixa mobilidade basípeta do PBZ pelo floema (BARRET & BARTUSKA, 1982; TUKEY, 1983; WANG et al., 1986).

As giberelinas promovem a floração em algumas espécies de plantas, substituindo inclusive as exigências de fotoperíodo ou de baixas temperaturas

para florescer (SALISBURY & ROSS, 1994). Todavia, sabe-se que em citros as giberelinas atuam reduzindo a floração; portanto, aplicação de PBZ poderia estimular a floração (OKUDA et al., 1996). De fato, estes efeitos foram comprovados em tangerina 'Satsuma' (OKUDA et al., 1996), em laranjas 'Navel' (SMITH, 1991), pomelos e limas (PÉREZ et al., 1992). Desta maneira, é possível a regulação da época de colheita com um programa de aplicação de giberelinas e PBZ (HARTY & VAN STADEN, 1988).

Este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar os efeitos de diferentes concentrações de PBZ na presença e ausência de ácido giberélico (AG₃), sobre crescimento da parte aérea e radicular, em plantas de limoeiro 'Volkameriano'.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Esta pesquisa foi conduzida no Setor de Fruticultura da Universidade Federal de Viçosa (UFV), situada no município de Viçosa – MG, na região da Zona da Mata mineira, nas coordenadas geográficas: altitude 651 m, latitude de 20° 45' 20" S e longitude 42° 52' 40" Gr W, no período de julho de 2002 a março de 2003.

Foram usadas plantas do limoeiro 'Volkameriano' (*Citrus volkameriana*), por se tratar de porta-enxerto vigoroso. Os frutos maduros, para obtenção das sementes, foram colhidos de plantas localizadas no pomar da UFV. Após serem retiradas dos frutos, as sementes foram lavadas, selecionadas, desmuciladas e enxaguadas em água corrente e colocadas para secar, à sombra, durante uma semana. Após a secagem, foram distribuídas em camada única sobre papel úmido, em bandejas plásticas e colocadas em estufa incubadora com umidade constante, sem iluminação, com temperatura de 30° C, para a pré-germinação.

Ao iniciarem a emissão das radículas, aos 11 a 12 dias após a entrada na estufa incubadora, as sementes foram distribuídas, duas em cada tubete com 30 cm³ de substrato comercial Plant-Max, especialmente formulado para o plantio de mudas cítricas. Os tubetes foram organizados em bandejas e mantidos sobre bancadas, a pleno sol, e irrigados por microaspersão. Após o

estabelecimento, as plantas excedentes foram desbastadas, ficando apenas uma por tubete.

Quando as plantas atingiram 8 cm de altura, em média, foram transplantadas para sacolas plásticas, contendo 2,5 dm³ do substrato composto por 30% de esterco bovino curtido, 30% de solo argiloso, 20% de areia e 20% de vermiculita, com fertilização à base de 14,4 kg de superfosfato simples; 2,25 kg de calcário dolomítico; 85 g de sulfato de cobre; 34 g de sulfato de zinco; 37 g de sulfato de manganês; 48 g de sulfato de ferro; 0,25 g de molibdato de amônio; e 0,75 g de ácido bórico por metro cúbico de substrato, adaptado de ROISTACHER (1991).

A nutrição das plantas foi assegurada com a aplicação adicional, em intervalos de 15 dias, de nitrogênio sob forma de adubação foliar, na concentração de 0,5 dag kg⁻¹ na fase de tubete, e de 21,5 mg dm⁻³, diluídos e aplicados diretamente no substrato, na fase de plantas em sacolas.

Pulverizações com fungicidas, inseticidas e acaricidas foram realizadas para prevenir infecções e ataques de pragas. Plantas daninhas foram controladas com capinas manuais, sempre que necessário, com o objetivo de manter as plantas livres de concorrências. Foram efetuadas desbrotas, com o objetivo de manter as plantas livres de brotações laterais.

O experimento foi montado segundo um esquema fatorial 4 x 2, sendo quatro concentrações de PBZ (0, 75, 150 e 225 mg do ingrediente ativo planta⁻¹) e duas de AG₃ (0 e 20 mg do ingrediente ativo L⁻¹), no delineamento em blocos casualizados, com quatro repetições, tendo cinco plantas por unidade experimental. Para a execução do experimento foram usadas 160 plantas do limoeiro 'Volkameriano', mantidas em casa de vegetação. Quando as plantas completaram seis meses e altura média de 32 cm, foram aplicados os tratamentos.

O paclobutrazol foi aplicado na forma de solução, individualmente no substrato de cada planta, em aplicação única com volume de 50 mL. O ácido giberélico foi aplicado em quatro pulverizações foliares com intervalos de dez dias, até o ponto de escorrimento. Foi adicionado à solução de AG₃ e da água destilada, aplicada nos tratamentos sem AG₃, um espalhante adesivo à base de copolímero de poliéster e silicone, na razão de 1 cm³ L⁻¹. A aplicação do AG₃ teve início no mesmo dia da aplicação do PBZ. A partir do início da

aplicação dos tratamentos, as irrigações foram efetuadas diretamente no recipiente de cada planta, para evitar uma possível lixiviação do AG₃ aplicado nas folhas.

No período de duração do experimento foram tomadas temperaturas máximas e mínimas diárias, no interior da casa de vegetação. A média das máximas foi de $36,1 \pm 3,1$ °C e a média das mínimas foi de $19,0 \pm 1,2$ °C.

O ácido giberélico utilizado foi o produto comercial PRO-GIBB (10% i.a.), fabricado pela Abbott Laboratories, U.S.A. O paclobutrazol foi o produto comercial PACHLOBUTRAZOL 100 CE (10% i.a.), fabricado por JIANHU Pesticide Factory, China, registrado no Brasil pela WISER Imp. Serv. Exp. e Repres. Ltda., São Paulo.

Aos 50 dias após o início da aplicação dos tratamentos foram avaliados o comprimento e o diâmetro do caule, o número de folhas, o comprimento médio dos entrenós, a intensidade da cor verde, em unidades SPAD, nas folhas, a área foliar por planta e a massa foliar específica.

O comprimento do caule das plantas foi determinado pela distância entre a base ou o coleto até o ápice. O diâmetro do caule foi avaliado a 2 cm acima do coleto da planta, com auxílio de um paquímetro. O comprimento médio dos entrenós foi o valor do quociente entre o comprimento do caule e o número de entrenós. As unidades SPAD, nas folhas, foram determinadas na terceira ou quarta folha desenvolvida e madura, a partir do ápice de cada planta, usando o medidor portátil de clorofila SPAD-502 (*Soil-Plant Analysis Development*), Section Minolta Câmera Co. Ltd. Japão. A área foliar foi medida com o auxílio do Area Meter Model LI – 3100, após serem destacadas todas as folhas das plantas. Em seguida, as folhas foram pesadas e a massa foliar específica foi obtida pelo quociente da massa da matéria fresca das folhas, em gramas, e o valor de área foliar, em m².

Os dados foram analisados por meio de análise de variância e regressão. Independentemente da interação AG₃ X PBZ ser ou não significativa, optou-se pelo desdobramento da mesma no sentido de estudar os efeitos das concentrações de PBZ na presença ou ausência de AG₃.

Os modelos foram escolhidos com base na significância dos coeficientes de regressão, utilizando-se o teste de *t*, a 5% de probabilidade, no coeficiente de determinação ($R^2 = \text{SQRegressão}/\text{SQPBZ}$) e no potencial para explicar o fenômeno biológico.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O aumento das concentrações de PBZ promoveu decréscimo linear no comprimento do caule (Figura 1A) e dos entrenós (Figura 2B) de plantas de limoeiro 'Volkameriano' tanto na presença como na ausência de AG₃, sendo que o decréscimo foi maior na ausência de AG₃. Para o comprimento de caule, as reduções foram na ordem de 42,09% na ausência de AG₃, contra 8,30% na presença. O AG₃, sem PBZ, promoveu alongamento do caule na ordem de 17,93%. Para o comprimento dos entrenós, a redução foi de 39,76% na ausência de AG₃ e de 11,33% na presença, considerando o controle (testemunha) e a maior concentração de PBZ.

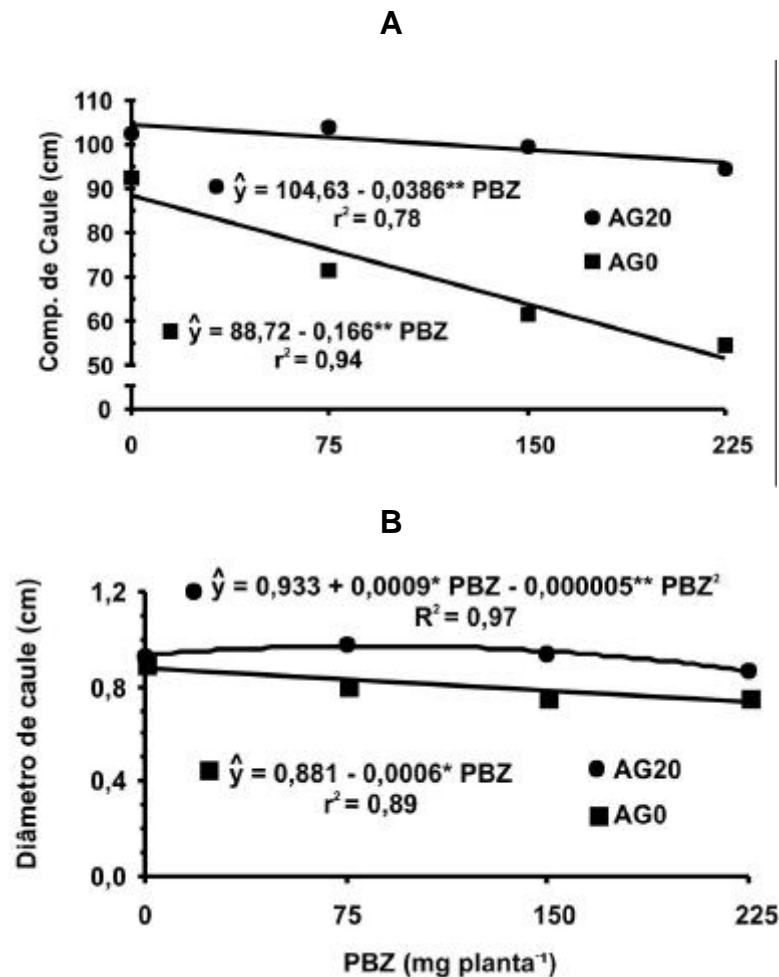


Figura 1 – Estimativa do comprimento (A) e diâmetro de caule (B) de plantas de limoeiro 'Volkameriano', em função das concentrações de PBZ na presença ou ausência de AG₃, aos 50 dias após a aplicação dos produtos (* e **, significativos, a 5% e 1%, pelo teste t, respectivamente).

Quanto ao comprimento e diâmetro do caule, os resultados encontrados neste experimento são semelhantes aos relatados por YELENOSKY et al. (1995) para plântulas de vários porta-enxertos de citros, que apresentaram redução do crescimento, em relação ao controle, nos tratamentos via solo com 100 e 250 mg planta⁻¹ de PBZ, sem AG₃. O comprimento médio do caule, em função das duas concentrações, que na maioria dos cultivares não diferiu, foi cerca de 37% a 69% menor, enquanto o diâmetro foi cerca de 12% a 50% mais fino, em relação ao controle.

O número de folhas das plantas de limoeiro 'Volkameriano' foi, em média, 10% maior na presença de AG₃, mas não foi afetado pelo PBZ (Figura 2A), provavelmente, pelas baixas concentrações aplicadas, pois trabalhos que mencionam efeito do paclobutrazol sobre o número de folhas utilizaram maiores concentrações. VU & YELENOSKY (1992) relataram que o tratamento com PBZ reduziu o número total de folhas e os seus tamanhos, porém com concentrações de 100, 250 e 500 mg planta⁻¹ de PBZ. Vários autores afirmaram que o efeito do PBZ sobre a produção de novas folhas depende da concentração aplicada. Em altas concentrações, a produção de folhas é reduzida, enquanto em concentrações baixas o número de folhas praticamente não foi alterado (YOUNG, 1983; BRAUN & GARTH, 1986; JIAO et al., 1986; SANKHLA et al., 1986).

O comprimento dos entrenós foi reduzido pelas concentrações crescentes de PBZ, tanto na presença como na ausência de AG₃, com maior redução na ausência (Figura 2B). A redução do comprimento dos entrenós é a resposta morfológica mais conhecida causada pelo PBZ em caule (QUINLAN, 1981). Em plantas cítricas, uma de suas utilizações é no controle do excesso de brotações (ARON et al., 1985). Segundo DELGADO et al. (1986), as concentrações de 5 e 10 g de i.a. por planta, via solo, diminuíram o comprimento das novas brotações em tangerinas 'Frost Dancy' (*C. reticulata* Blanco) com quatro anos, efeito que foi desaparecendo após os ciclos de crescimento.

O efeito do paclobutrazol é variável não só em função da concentração aplicada, mas também em função da espécie ou variedade e do tempo transcorrido desde a aplicação. O PBZ reduziu o comprimento dos entrenós das plantas tratadas e esse efeito foi mais acentuado em laranja 'Azeda' (*C.*

aurantium) do que em *C. macrophylla*. Nesta última, a redução só apareceu com as concentrações máximas (5.000 mg planta⁻¹ do i.a.) e transcorrido um maior período de tempo desde a segunda aplicação de PBZ (LIDÓN et al., 2001). Os resultados deste trabalho coincidem com os obtidos por ARON et al., (1985) e BAUSHER & YELENOSKY (1986) em citros. Esta redução do crescimento dos ramos é atribuída à diminuição da quantidade total de açúcares disponíveis nos mesmos, induzida pela ação do PBZ (MEHOUACHI et al., 1996). Isso significa que a gema apical não alterou seu comportamento devido a ação do PBZ, por outro lado, o comprimento do caule diminuiu; portanto; o PBZ parece atuar no alongamento celular.

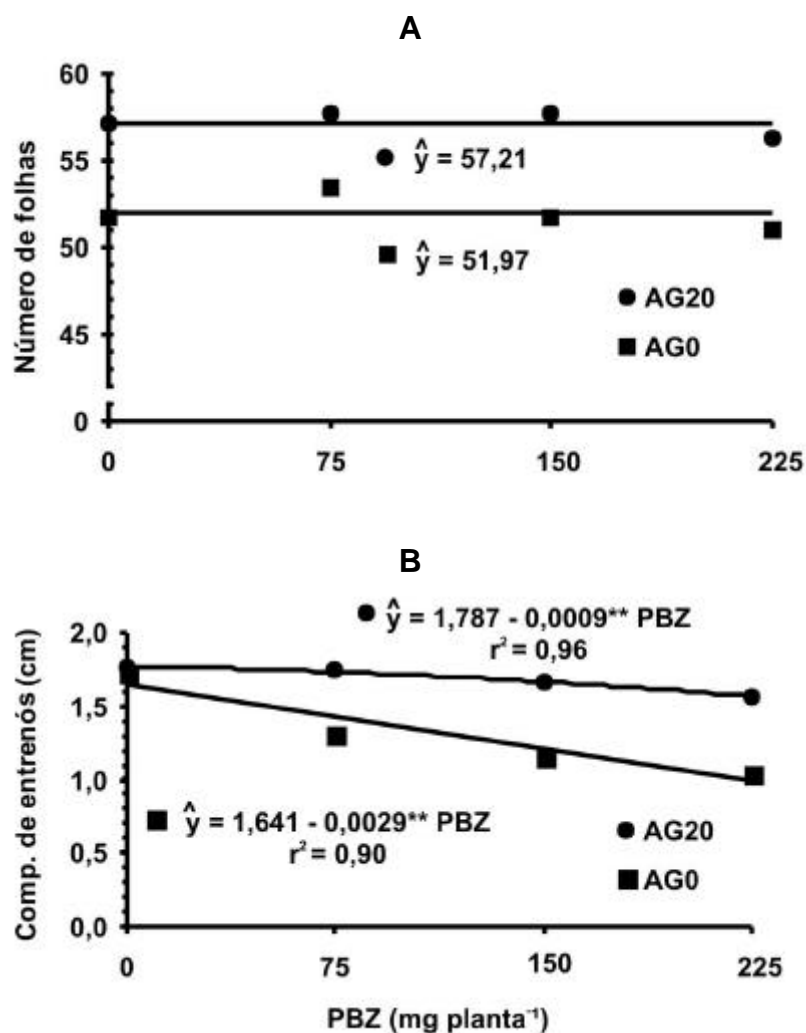


Figura 2 – Estimativa do número de folhas por planta (A) e comprimento de entrenós (B) de plantas de limoeiro ‘Volkameriano’, em função das concentrações de PBZ na presença ou ausência de AG₃, aos 50 dias após a aplicação dos produtos (* e **, significativos, a 5% e 1%, pelo teste *t*, respectivamente).

A redução do comprimento dos ramos, obtida pelo encurtamento dos entrenós, sem grandes reduções no número de folhas, é o modo mais eficiente de controlar o crescimento sem prejudicar a eficiência fotossintética da planta, uma vez que o duplo papel, hormonal e nutricional, desempenhado pelas folhas nos processos envolvidos com o rendimento é amplamente conhecido (MONSELISE & GOLDSCHIMIDT, 1982).

A morfologia das plantas tratadas também pode ser alterada. Observou-se que os ramos tratados com PBZ sem AG₃, além de apresentarem menor comprimento, tornaram-se flexíveis, pendentes e curvos, daí a necessidade de tutoramento (Figura 3), em contraste com os demais, que tiveram crescimento ereto típico. O mesmo comportamento foi citado por SNOWBALL et al. (1994). Segundo CURRY et al. (1984), em alguns casos o tratamento com PBZ resultou em distúrbios no comportamento gravitrópico. O tratamento de pereiras de um ano, via solo, reduziu a orientação vertical dos ramos, sua firmeza e desorganizou ligeiramente a integridade do xilema.



Figura 3 – Plantas de limoeiro ‘Volkameriano’ 50 dias após o tratamento com paclobutrazol ($225 \text{ mg planta}^{-1}$) sem ácido giberélico (cinco plantas à esquerda) e com 20 mg L^{-1} de ácido giberélico (cinco plantas à direita).

No decorrer das aplicações dos tratamentos, em todas as plantas que receberam pulverizações foliares com 20 mg L^{-1} de AG₃, os espinhos presentes

no caule se desenvolveram, transformando-se em ramos laterais. As plantas que não receberam tratamentos de AG₃ não apresentaram tais brotações.

Estes ramos foram retirados com o objetivo de manter o crescimento das plantas em haste única; entretanto, os dados foram registrados e os espinhos fotografados (Figura 4).

Após a análise estatística dos dados verificou-se que não houve diferença significativa entre as concentrações de PBZ quanto ao número de brotos originados de espinhos.

As plantas que não receberam tratamentos de AG₃ não apresentaram tais brotações.

Segundo VIDAL & VIDAL (2003), adaptações dos caules são modificações dos caules normais, muitas vezes como consequência das funções que exercem ou em razão da influência do meio físico, e que espinhos em plantas do gênero *Citrus sp.* são órgãos caulinares, endurecidos e pontiagudos.

Sendo os espinhos originados de modificações do caule e o AG₃ estimula o crescimento do caule, deduz-se que tais modificações tenham sido induzidas pelo AG₃; porém, não foram encontradas citações na literatura deste efeito do AG₃ em citros.

Segundo SRIVASTAVA (2002), as giberelinas estão envolvidas em várias respostas bioquímicas e morfológicas. Uma das respostas mais comuns é a promoção do alongamento em órgãos axiais como caule, pecíolo e pedicelos.

Embora não tenha afetado o número de folhas, a área foliar por planta foi reduzida pelas doses de PBZ na ausência de AG₃, enquanto na presença o efeito do PBZ foi neutralizado (Figura 5A). Isto indica que o tamanho das folhas foi reduzido em função das doses de PBZ. Resultados semelhantes foram encontrados por SWIETLIK & MILLER (1983); DeJONG & DOYLE (1984), WOOD (1984). SANKHLA et al. (1984 ; 1985) e STEFFENS et al. (1985). Segundo SANKHLA et al. (1985), STEFFENS et al. (1985) e WILLIAMSON et al. (1986), a redução na área foliar, devido a aplicação de PBZ é, proporcionalmente, maior que a redução da massa da matéria seca foliar. Isso pode ocorrer, pois a redução no tamanho é compensada pelo aumento na espessura da folha, conseqüentemente, com menor redução da massa da matéria seca.



Figura 4 – Plantas de limoeiro 'Volkameriano' após o tratamento com 20 mg L^{-1} de ácido giberélico (AG_3), independente da concentração de PBZ, apresentando espinhos transformados em brotos.

A massa foliar específica (MFE) (Figura 5B) aumentou com as crescentes concentrações de PBZ, na ausência de AG₃, na ordem de 7,45%; porém, na presença, o PBZ teve seu efeito neutralizado; o AG₃ na ausência de PBZ reduziu a MFE em 5,11%. Como o PBZ não afetou o número de folhas, diminuiu a área foliar e aumentou sua massa específica, provavelmente houve aumento da espessura das folhas causado pelo aumento das concentrações de PBZ. Trabalhando com noz-pecan (*Carya illinoensis*), WOOD (1984) relatou que o paclobutrazol aumentou a espessura das folhas. Resultados semelhantes foram citados por SANKHLA et al. (1985), STEFFENS et al. (1985) e WILLIAMSON et al. (1986) na cultura dos citros. Resultados diferentes também são descritos por outros autores; VU & YELENOSKY (1992), trabalhando com plântulas de laranja 'Valencia' (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck), com 90 dias de idade, aplicaram concentrações de 0, 100, 250 e 500 mg planta⁻¹ de PBZ diretamente no substrato e constataram que a concentração de 500 mg planta⁻¹ levou a mudanças na massa foliar específica, que foi reduzida em cerca de 18%.

Neste experimento, as plantas tratadas com PBZ, na ausência de AG₃, apresentaram folhas com a coloração verde mais intensa do que as controle ou tratadas com AG₃, o que foi comprovado pelos resultados das unidades SPAD (Figura 5C).

Segundo trabalhos de BUCHENAUER et al. (1984), WOOD (1984), SANKHLA et al. (1985) e WANG et al. (1985), na maioria dos casos esta aparência está correlacionada com o aumento do teor de clorofila. O que não está claro; porém, é se o aumento do teor de clorofila for devido ao aumento da biossíntese de clorofila ou simplesmente um "efeito concentrador" devido à reduzida expansão foliar (DAVIS & SANKHLA, 1987).

Os resultados encontrados neste experimento para unidades SPAD, nos tratamentos com PBZ, na ausência de AG₃, foram crescentes, apresentando valores médios que variaram de 53,537 unidades para o controle, a 62,379 para a concentração de 225 mg planta⁻¹, o que corresponde a um incremento na ordem de 16,52%.

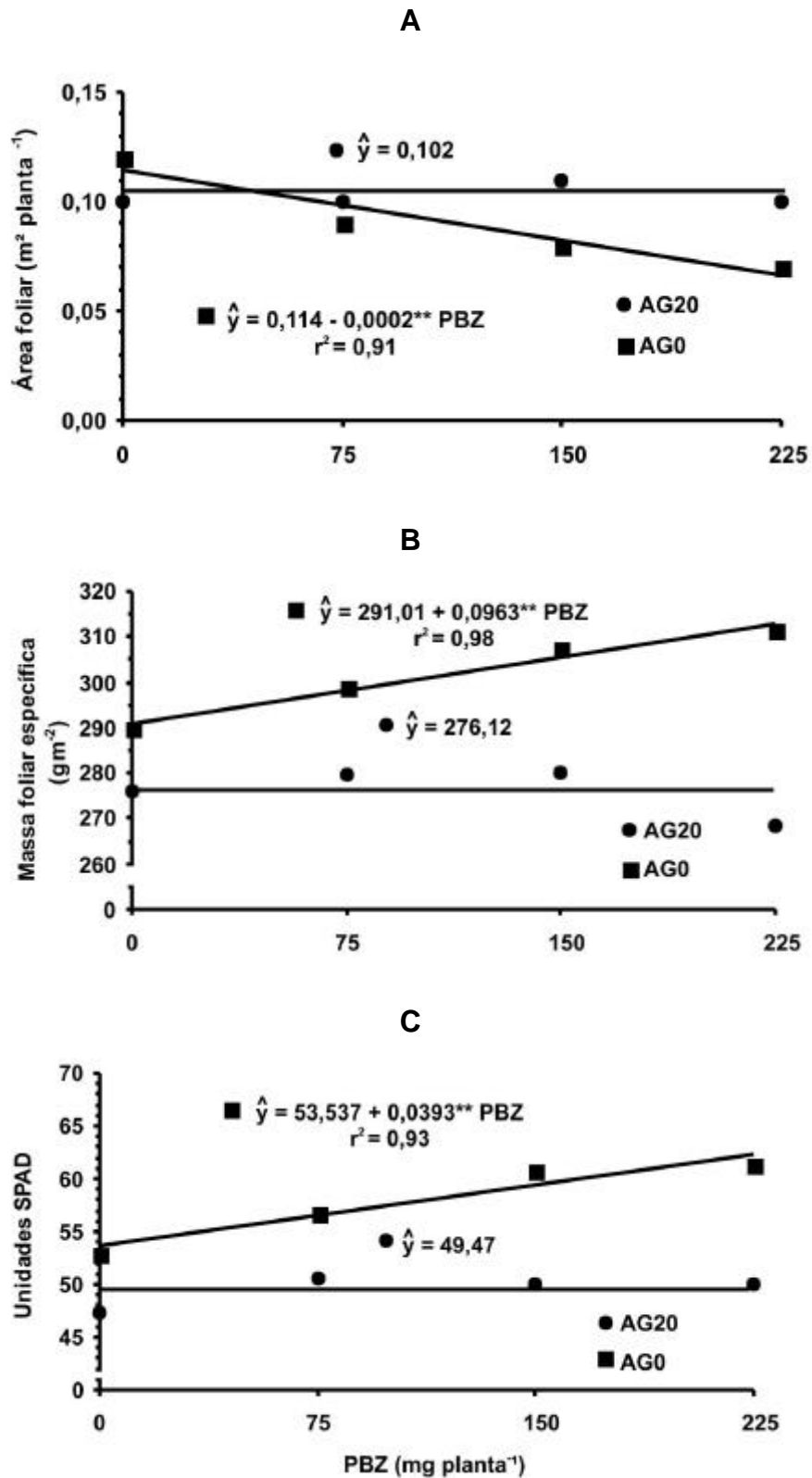


Figura 5 – Estimativa da área foliar (A), massa foliar específica (B) e unidades SPAD (C) de plantas de limoeiro ‘Volkameriano’, em função das concentrações de PBZ na presença ou ausência de AG₃, aos 50 dias após a aplicação dos produtos (* e **, significativos, a 5% e 1%, pelo teste *t*, respectivamente).

As concentrações crescentes de PBZ aumentaram linearmente as unidades SPAD, indicando haver relação entre PBZ e teor de clorofila nas folhas de limoeiro 'Volkameriano', enquanto o AG₃ neutralizou os efeitos do PBZ e promoveu maior crescimento das plantas, provocando "efeito diluidor" da clorofila e resultando em menores valores de leituras SPAD.

4. CONCLUSÕES

Concentrações crescentes de PBZ reduziram o comprimento e diâmetro de caule, comprimento dos entrenós e área foliar e aumentaram a massa foliar específica e as unidades SPAD. O AG₃ reverteu a ação do PBZ.

A aplicação de concentrações crescentes de PBZ, na presença de AG₃, aumentou o diâmetro de caule até o valor máximo de 0,973 cm, que foi alcançado com a concentração estimada de 90,0 mg planta⁻¹ de PBZ.

O aumento das concentrações de PBZ não alterou o número de folhas, enquanto o AG₃, na ausência do PBZ, aumentou em 10% o número de folhas e reduziu em 17,93% o comprimento de caule.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARON, Y.; MONSELISE, S.P.; GOREN, R.; COSTO, J. Chemical control of vegetative growth in citrus trees by paclobutrazol. **Hortscience**, v. 20, n. 1, p. 96-98, 1985.

BARRET, J. E.; BARTUSKA, C. A. PP333 effects on stem elongation dependent on site of application. **HortScience**, v. 17, n. 5, p. 737-738, 1982.

BAUSHER, M. G.; YELENOSKY, G. Sensitivity of potted citrus plants to top sprays and soil applications of paclobutrazol. **Hortscience**, v. 21, n. 1, p. 141-143, 1986.

BRAUN, J. W.; GARTH, J. K. L. Growth and fruiting of 'Heritage' primocane fruiting red raspberry in response to Paclobutrazol. **HortScience**, v. 21, p. 437-439, 1986.

BUCHENAUER, H.; KUTZNER, H. B.; KOTHS, T. Effect of various triazole fungicides on the growth of cereal seedlings and tomato plants as well as on gibberellin contents and lipid metabolism in barley seedlings. **Z. Pflanzenkr. Pflanzenschutz**, v. 91, p. 506-527, 1984.

CURRY, E. A.; STAHLY, E. A.; WILLIAMS, M. W. Apparent change in gravimorphism of 'Anjou' pear shoots on trees treated with triazole and pyrimidine-type growth retardants. **Proc. Plant Growth Reg. Soc. Amer.**, v. 11, p. 62, 1984.

DAVIES, T. D.; SANKHLA, N. Altered diurnal leaf movements in soybean seedlings treated with triazole growth regulators. **Plant Cell Physiol.**, v. 28, p. 1345-1349, 1987.

DAVIES, T. D.; STEFFENS, G. L.; SANKHLA, N. Triazole Plant Growth Regulators. **Horticultural Reviews**, v. 10, p. 63-105, 1988.

DE JONG, T. M.; DOYLE, J. F. Leaf gas exchange and growth responses of mature 'Fantasia' nectarine trees to paclobutrazol. **J. Am. Soc. Hort. Sci.**, v. 109, p. 878-882, 1984.

DELGADO, R.; CASAMAYOR, R.; RODRIGUEZ, J. L.; CRUZ, P.; FAJARDO, R. Paclobutrazol effects on mandarin under tropical conditions. **Acta Hort.**, n.179, 1986.

ESPOSTI, M. D. D. **Adubação e nutrição nitrogenada de porta-enxertos de citros produzidos em citrovassos**. 2000. 96 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

HARTY, A. R.; VAN STADEN, J. Paclobutrazol and temperature effects on lemon. **Proc. 6th Int. Citrus Congr.**, v. 1, p. 343-353, 1988.

JIAO, J.; TSUJITA, J. J.; MURR, D. P. Effects of paclobutrazol and A-Rest on growth, flowering, leaf carbohydrate, and leaf senescence in 'Nellie White' Easter lily (*Lilium longiflorum* Thunb.). **Scientia Hort.**, v. 30, p. 135-141.

LIMA, J. E.; DAVIES, F. S. Growth regulators, fruit drop, yield, and quality of navel orange in Florida. **J. Am. Soc. Hort. Sci.**, v. 109, p. 81-84, 1984.

LIDÓN, A. G.; BERNAL, I. M.; MARTÍNEZ, A. C.; FERNÁNDEZ, F. J. B.; CASTILLO, I. P. Influencia del Paclobutrazol em patrones de cítricos. **Invest. Agr. Prod. Veg.** 16:59-69, 2001.

KREZDORN, A. H. The use of growth regulators to improve fruit set in citrus. **Proc. 1st Int. Citrus Symp.**, v. 3, p. 1113-1119, 1969.

MEHOUACHI, J.; TADEO, F. R.; ZARAGOZA, S.; PRIMO-MILLO, E.; TALON, M. Effects of gibberellic acid and paclobutrazol on growth and carbohydrate accumulation in shoots and roots of citrus rootstock seedlings. **Journal of Horticultural Science**, v. 71, n. 5, p. 747-754, 1996.

MONSELISE, S. P.; GOLDSCHMIDT, E. E. Alternative bearing in fruit trees. **Hort. Rev.**, v. 4, p. 128-173, 1982.

OKUDA, H.; KIHARA, T.; IWAGAKI, I. Effects of paclobutrazol application to soil at the Beginning of maturation on sprouting, shoot growth, flowering and carbohydrate contents in roots and leaves of Satsuma mandarin. **J. Hortic. Sci.** v. 71, p. 785-789, 1996.

PÉREZ, M.; POZO, L.; AÑÓN, R.; OLIVA, H.; NORIEGA, C.; GORDILLO, M.; ARANGUREN, M.; VENTO, O.; MARTÍNEZ, A.; CASTILLO, M.; DEL BUSTO, R.; YÁNEZ, O.; BOROTO, A. Growth regulators on citrus crop under cuban tropical conditions. **Proc. Int. Soc. Citric.**, v. 1, p. 503-508, 1992.

QUINLAN, J. D. New chemical approaches to control of fruit tree form and size. **Acta Hort.**, v. 120, p. 95-106, 1981.

RADEMARCHER, W. Inhibitors of gibberellin biosynthesis: applications in agriculture and horticulture. In: TAKAHASHI, N.; PHYNNEY, B. O.; MacMILLAN, J. (Ed.). **Gibberellins**. New York: Springer-Verlang, p. 296-310, 1991.

ROISTACHER, C. N. **Graft-transmissible e diseases of citrus handbook for detection and diagnosis**. FAO : Rome, 1991. 286 p.

SALISBURY, F. B.; ROSS, C. W. **Fisiología Vegetal**. Trad. Virgilio González Velásquez. México: Grupo Editorial Iberoamérica, 1994. 759 p.

SANKHLA, N.; DAVIS, T. D.; JOLLEY, V. D.; UPADHYAYA, A. Effect of Paclobutrazol on the development of iron chlorosis in soybeans. **J. Plant Nutr.**, v. 9, p. 923-934, 1986.

SANKHLA, N.; DAVIS, T. D.; UPADHYAYA, A.; SANKHLA, D.; WALSER, R. H.; SMITH, B. N. Growth and metabolism of soybean as affected by Paclobutrazol. **Plant Cell Physiol.**, v. 26, p. 916-921, 1985.

SNOWBALL, A. M.; WARRINGTON, I. J.; HALLIGAN, E. A.; MULLINS, M. G. Phase-change in citrus: the effects of main stem node number, branch habitat and Paclobutrazol application on flowering in citrus seedlings. **J. Hort. Science**, v. 69, p. 149-160, 1994.

SRIVASTAVA, L. M. **Plant growth and development: Hormones and Environment**. Londres: Academic Press, 2002. 772 p.

STEFFENS, G. L.; BYUN, J. K.; WANG, S. Y. Controlling plant growth via the gibberellin biosynthesis – I. Growth parameter alterations in apple seedlings. **Physiol. Plant.**, v. 63, p. 163-168, 1985a.

SWIETLIK, D.; FUCIK, J. E. Responses of field-grown grapefruit trees to XE 1019 and Paclobutrazol. **Proc. 6th Int. Citrus Congr.**, v. 2, p. 941-946, 1988.

SWIETLIK, D.; MILLER, S. S. The effect of Paclobutrazol on growth and response to water stress of apple seedlings. **J. Am. Soc. Hort. Sci.**, v. 108, p. 1076-1080, 1983.

TUKEY, L. D. Vegetative control and fruiting on mature apple trees treated with PP333. **Acta Hort.**, v. 137, p. 103-109, 1983.

VIDAL, W. N.; VIDAL, M. R. R. **Botânica – organografia; quadros sinóticos ilustrativos de fanerógamos**. 4. ed. Viçosa: UFV, 2003. 124 p.

VU, J. C. V.; YELENOSKY, G. Growth and photosynthesis of Sweet Orange Plants Treated with Paclobutrazol. **J. Plant Growth Regul.**, v. 11, p. 85-89, 1992.

WANG, S. Y.; BYUN, J. K.; STEFFENS, G. L. Controlling plant growth via the gibberellin biosynthesis system – II. Biochemical and physiological alterations in apple seedlings. **Physiol. Plant.**, v. 63, p. 169-175, 1985.

WANG, S. Y.; SUN, T.; FAUST, M. Translocation of Paclobutrazol, a gibberellin biosynthesis inhibitor, in apple seedlings. **Plant Physiol.**, v. 82, p. 11-14, 1986.

WIELAND, W. F.; WAMPLE R. L. Effects of Paclobutrazol on growth, photosynthesis and carbohydrate content of 'Delicious' apples. **Scientia Hort.**, v. 26, p. 139-147, 1985.

WILLIAMSON, J. G.; COSTON, D. C.; GRIMES, L. W. Growth response of peach roots and shoots to soil and foliar-applied paclobutrazol. **HortScience**, v. 21, p. 1001-1003, 1986.

WOOD, B. W. Influence of paclobutrazol on selected growth and chemical characteristics of young pecan seedlings. **HortScience**, v. 19, p. 837-839, 1984.

YELENOSKI, G. Cold hardiness in citrus. **Hort. Rev.**, v. 7, p. 201-238, 1985.

YELENOSKI, G.; MAUK, C. S.; BAUSCHER, M. G.; KUSHAD, M. M. Chemical biorregulation of growth and cold hardiness in citrus. In: Li PH (Ed.) **Plant cold hardiness**. New York: Alan R. Liss, Inc., p. 299-231, 1987.

YELENOSKI, G.; VU, J. C. V.; WUTSCHER, H. K. Influence of Paclobutrazol in the soil on growth, nutrient elements in the leaves, and flood/freeze tolerance of citrus rootstock seedlings. **J. Plant Growth Regul.**, v. 14, p. 129-134, 1995.

YIM, K. O.; KWON, Y. W.; BAYER, D. E. Growth responses and allocation of assimilates of rice seedlings by Paclobutrazol and gibberellin treatment. **J. Plant Growth Regul.**, v. 16, p. 35-41, 1997.

YOUNG, R. S. Peach growth response from PP₃₃₃ (Paclobutrazol). **Proc. Plant Growth Reg. Soc. Am.**, v. 10, p. 192-194, 1983.

DISTRIBUIÇÃO DA MATÉRIA SECA EM LIMOEIRO 'VOLKAMERIANO' SUBMETIDO A DOSES DE PACLOBUTRAZOL E ÁCIDO GIBERÉLICO

RESUMO

Os fitorreguladores paclobutrazol (PBZ) e ácido giberélico (AG₃) podem induzir ou retardar o florescimento de plantas cítricas, respectivamente. Conforme a concentração utilizada, o PBZ atua como promotor do florescimento, por inibir a biossíntese de giberelinas e o AG₃, como inibidor do florescimento, por estimular o crescimento vegetativo. Além disso, outras características das plantas são influenciadas pelo PBZ, como a morfologia, a área e o teor de matéria seca das folhas, o crescimento do caule e das raízes. Entretanto, para o uso comercial e melhor eficiência destes produtos é necessário conhecer métodos racionais de uso e quais as características das plantas que são influenciadas, bem como a magnitude da sua influência. Este trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos de concentrações de PBZ e AG₃ sobre o acúmulo e a distribuição da matéria seca em plantas de limoeiro 'Volkameriano'. O experimento foi conduzido no Setor de Fruticultura da UFV em esquema fatorial 4 X 2, sendo quatro concentrações de PBZ (0, 75, 150 e 225 mg do i.a. planta⁻¹) e duas de AG₃ (0 e 20 mg do i.a. L⁻¹), no delineamento em blocos casualizados com quatro repetições e cinco plantas por unidade experimental. A aplicação dos fitorreguladores teve início quando as plantas se encontravam com seis meses de idade e altura média de 32 cm. O PBZ foi aplicado na forma de solução, individualmente no recipiente de cada planta, em dose única, com volume de 50 mL. O ácido giberélico foi aplicado em quatro pulverizações de 20 mg L⁻¹ com intervalos de dez dias, nas folhas das plantas. Aos 50 dias após o início da aplicação dos tratamentos avaliou-se a massa da matéria seca da parte aérea e radicular das plantas, detalhando-as em massa da matéria seca (MS) de folha, caule, raízes, massa caulinar específica (MCE); relação raiz/parte aérea (RPA); e massa foliar relativa (MFR). Os dados foram submetidos à análise de variância e de regressão. O aumento das concentrações de PBZ reduziu a massa da matéria seca das folhas, do caule, da parte aérea e do total da planta; entretanto, a presença de AG₃ neutralizou seus efeitos nas raízes principais e secundárias; e no total das raízes houve

redução na massa da matéria seca, em função das concentrações de PBZ, e a redução foi maior na presença de AG₃; o PBZ diminuiu a massa caulinar específica e aumentou a relação raiz/parte aérea, na ausência de AG₃; o PBZ, tanto na presença quanto na ausência do AG₃, causou hipertrofia na região da coifa das raízes.

1. INTRODUÇÃO

As giberelinas determinam importantes alterações fisiológicas nas plantas, como floração, partenocarpia, expressão sexual, senescência e abscisão, germinação e quebra de dormência (METIVER, 1979). São sintetizadas, entre outros órgãos, em ápices de caules e raízes, sendo encontradas em menor concentração nas raízes (CALDAS, 1996).

A translocação de giberelinas exógenas é realizada na mesma velocidade de constituintes do floema, movendo-se em todas as direções no simplasto das plantas. O movimento das giberelinas, tanto exógenas quanto endógenas, parece ser não-polarizado, podendo ocorrer tanto pelo floema como pelo xilema (METIVER, 1979).

Segundo REGO (1984), o ácido giberélico (AG₃) é capaz de estimular o crescimento em muitas plantas, e seu efeito tem sido atribuído basicamente na promoção de alongamento e divisão celular, mas dados comprovam o fato de que as giberelinas aumentam a produção de auxinas, sendo provável que elas estejam relacionadas com múltiplos processos bioquímicos, inclusive na conversão do triptofano em auxina. A atividade das giberelinas, no ápice da planta, diminui à medida que avança o crescimento, indicando que tal hormônio é consumido durante o processo.

O paclobutrazol (PBZ) é um retardador de crescimento de plantas que atua inibindo a biossíntese de giberelinas. Considerando que as giberelinas são inibidoras do florescimento dos citros, o uso racional do PBZ poderia causar a indução do florescimento de plantas, com potencial para produção na entressafra (SIQUEIRA & SALOMÃO, 2002). Além de ser usado para reduzir o crescimento das plantas, existem pesquisas que mostram que o PBZ é eficiente na redução do crescimento de brotos de porta-enxertos de citros (ARON et al., 1985; BAUSHER & YELENOSKY, 1986).

Pesquisas revelam que o PBZ modifica várias características das plantas como a morfologia das folhas (SWIETLIK & MILLER, 1983; DeJONG & DOYLE, 1984; WOOD, 1984; SANKHLA et al., 1985; 1986; STEFFENS et al., 1985 e YIM et al., 1997), reduz a massa do caule (SANKHLA et al., 1985; STEFFENS et al., 1985; BAUSHER e YELENOSKY, 1986; WILLIAMSON et al., 1986), reduz a área foliar com maior intensidade que a redução da matéria seca foliar (SANKHLA et al., 1985; STEFFENS et al., 1985; WILLIAMSON et al., 1986) e aumenta a relação de massa da matéria seca entre a parte radicular e a parte aérea (GROSMANN, 1990).

Entretanto, o uso comercial do PBZ depende do conhecimento de quais características das plantas são influenciadas pelo produto, magnitude da influência e outros fatores, como forma e época de aplicação e concentrações a serem usadas.

Sendo assim, este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar os efeitos de diferentes concentrações de PBZ, na presença e ausência de ácido giberélico (AG₃), sobre acúmulo e distribuição da matéria seca, em plantas de limoeiro 'Volkameriano'.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

As plantas de limoeiro 'Volkameriano, os tratamentos aplicados e a condução das plantas foram os mesmos descritos no primeiro artigo.

Aos 50 dias após o início da aplicação dos tratamentos foi avaliada a massa da matéria seca das raízes e da parte aérea das plantas.

As plantas, sem as folhas, foram removidas do substrato por lavagem em água corrente, divididas em raiz principal, raízes secundárias e caule. O material fresco foi pesado e colocado em estufa, para secagem a 70° C, até peso constante, sendo determinada a massa da matéria seca dos órgãos em separado.

A massa da matéria seca do total das raízes foi determinada pela soma da massa da matéria seca da raiz principal e raízes secundárias; a massa da matéria seca da parte aérea, pela soma da massa da matéria seca de folhas e caules, e a massa da matéria seca da planta inteira, pela soma da massa da matéria seca do total das raízes e parte aérea.

A massa caulinar específica (MCE) foi determinada pelo quociente entre a massa (g) e o comprimento (m) do caule. A relação raiz/parte aérea (RPA) foi determinada pelo quociente entre massa (g) da matéria seca do sistema radicular e a massa (g) da matéria seca da parte aérea. A massa foliar relativa (MFR) foi calculada dividindo-se a massa da matéria seca foliar (g) pela massa da matéria seca total da planta (g).

Os dados foram analisados por meio de análise de variância e regressão. Independentemente da interação AG₃ X PBZ ser ou não significativa, optou-se pelo desdobramento da mesma, no sentido de estudar os níveis de PBZ dentro de AG₃.

Os modelos foram escolhidos com base na significância dos coeficientes de determinação, utilizando-se o teste de *t*, a 5% de probabilidade, no coeficiente de determinação ($R^2 = \text{SQRegressão}/\text{SQPBZ}$) e no potencial para explicar o fenômeno biológico.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A massa da matéria seca de folha, do caule e da parte aérea sofreu redução com o aumento das doses de PBZ na ausência de AG₃, enquanto na presença houve efeitos do PBZ, que foram neutralizados pelo AG₃ (Figura 1).

As três características apresentaram comportamento quadrático com o aumento das concentrações de PBZ, na ausência de AG₃. Para a massa da matéria seca de folha (Figura 1A), a concentração que correspondeu ao menor valor estimado foi 175,28 mg planta⁻¹ de PBZ, com 7,30 g de matéria seca. SANKHLA et al. (1985), STEFFENS et al. (1985) e WILLIAMSON et al. (1986) afirmaram que o PBZ reduz a área foliar em maior proporção que a matéria seca foliar, provavelmente pelo aumento da espessura da folha. Os resultados deste trabalho mostraram redução de massa da matéria seca de folhas na ordem de 43,11% (Figura 1A) e a área foliar apresentou redução na ordem de 39,47% (Figura 5A, primeiro artigo).

Para a massa da matéria seca de caule (Figura 1B), na ausência de AG₃, a concentração que correspondeu ao menor valor estimado foi 181,39 mg planta⁻¹ de PBZ, com 4,57 g de matéria seca, o que representou uma redução de 56,46%. O AG₃ não apenas reverteu o efeito do PBZ, mas também

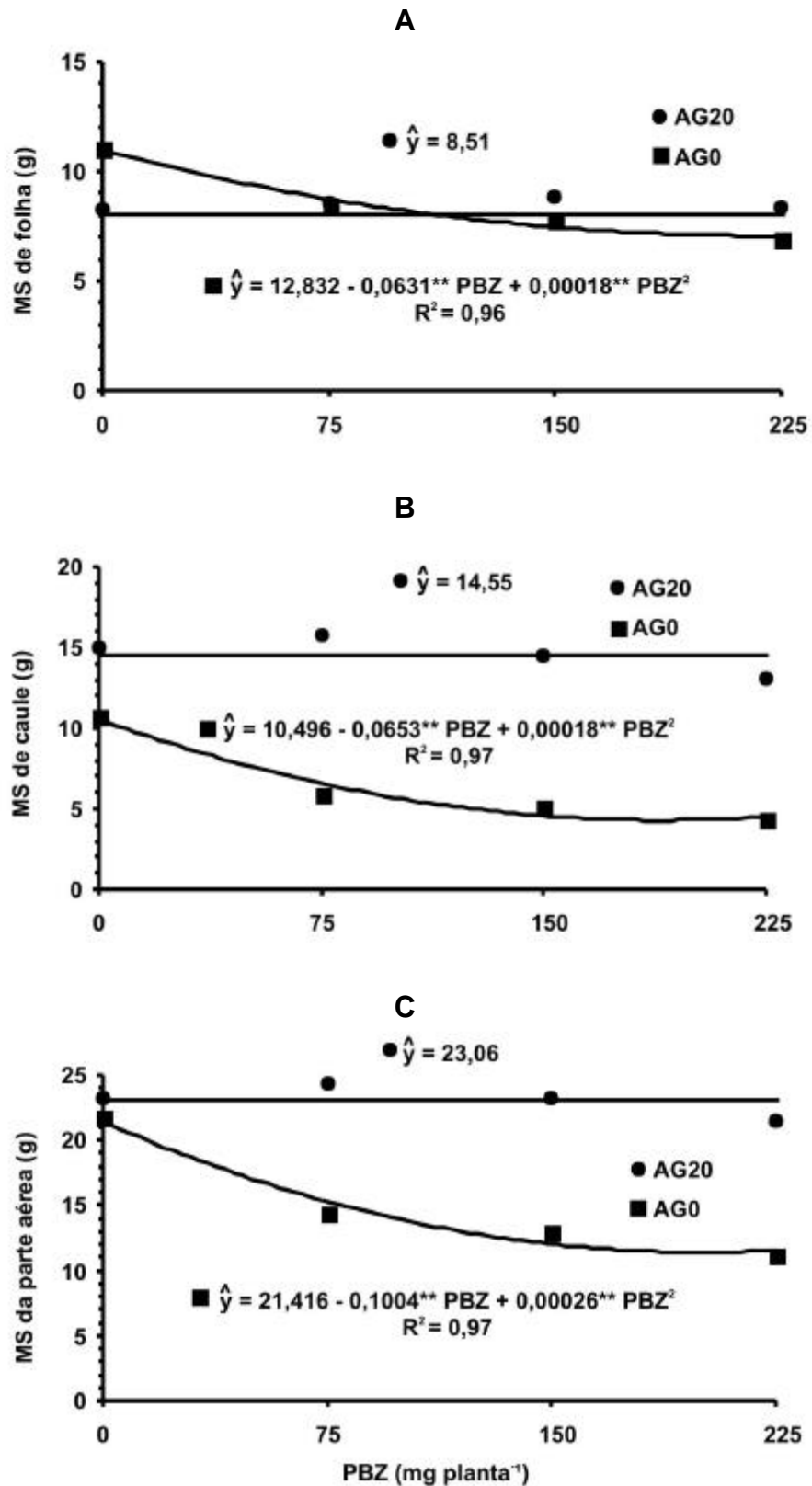


Figura 1 – Estimativa da matéria seca (MS) de folha (A), caule (B) e parte aérea (C) de plantas de limoeiro ‘Volkameriano’ em função das concentrações de PBZ na presença ou ausência de AG₃, aos 50 dias após a aplicação dos produtos (* e **, significativos, a 5% e 1%, pelo teste *t*, respectivamente).

estimulou o crescimento, com um incremento de 38,62% na ausência de PBZ. Vários autores afirmaram que o PBZ reduziu o peso do caule, entre eles SANKHLA et al. (1985), STEFFENS et al. (1985), BAUSHER & YELENOSKY (1986) e WILLIAMSON et al. (1986).

Para a massa da matéria seca da parte aérea (Figura 1C), o menor valor estimado foi para a concentração de 193,08 mg planta⁻¹ de PBZ, com 11,72 g de massa da matéria seca, redução na ordem de 45,25% na ausência de AG₃. Os resultados para massa da matéria seca da parte aérea foram semelhantes aos obtidos para caule, por ele ser o principal componente da massa da matéria seca da parte aérea.

MEHOUACHI et al. (1996), trabalhando com plântulas de citrange 'Carrizo' (*Citrus sinensis* (L.) Osb. X *Poncirus trifoliata* (L.) Raf), com seis semanas de idade, aplicaram, por pulverização foliar, entre outros tratamentos, PBZ na concentração de 100 mg L⁻¹ e uma mistura de AG₃ (20 mg L⁻¹) com paclobutrazol (100 mg L⁻¹). Observaram que a aplicação de AG₃ e PBZ alterou o subsequente crescimento dos ramos de modo antagônico. Em relação ao controle, o AG₃ aumentou a matéria seca dos ramos em 27%, enquanto o PBZ a reduziu em 19%. Verificaram também que a aplicação exógena de AG₃ neutralizou o efeito inibidor do PBZ. Resultados semelhantes foram encontrados neste trabalho com relação ao efeito do PBZ em reduzir a massa da matéria seca da parte aérea e do AG₃ em neutralizar os efeitos do PBZ, havendo, inclusive, aumento da massa da matéria seca de 7,67% na presença de AG₃.

Em laranja 'Azeda' (*C. aurantium*), com aplicação de PBZ via foliar, cuja concentração variou de zero a 5.000 mg L⁻¹ do i.a., houve redução da massa da matéria seca da parte aérea em 20,77%, em relação ao controle, quando o produto foi aplicado na concentração de 3.750 mg L⁻¹. Para *C. macrophylla* houve incremento da matéria seca até a concentração de 2.500 mg L⁻¹ de PBZ (LIDÓN et al., 2001).

Os resultados das análises para massa da matéria seca do total das raízes (Figura 2A) mostraram que a massa da matéria seca diminuiu com aumento das doses de PBZ, tanto na presença como na ausência de AG₃. Entretanto, quando se estudou em separado raízes principais (Figura 2B) e raízes secundárias (Figura 2C), verificou-se que houve diferença entre os dois tipos de raízes, quanto às respostas aos tratamentos.

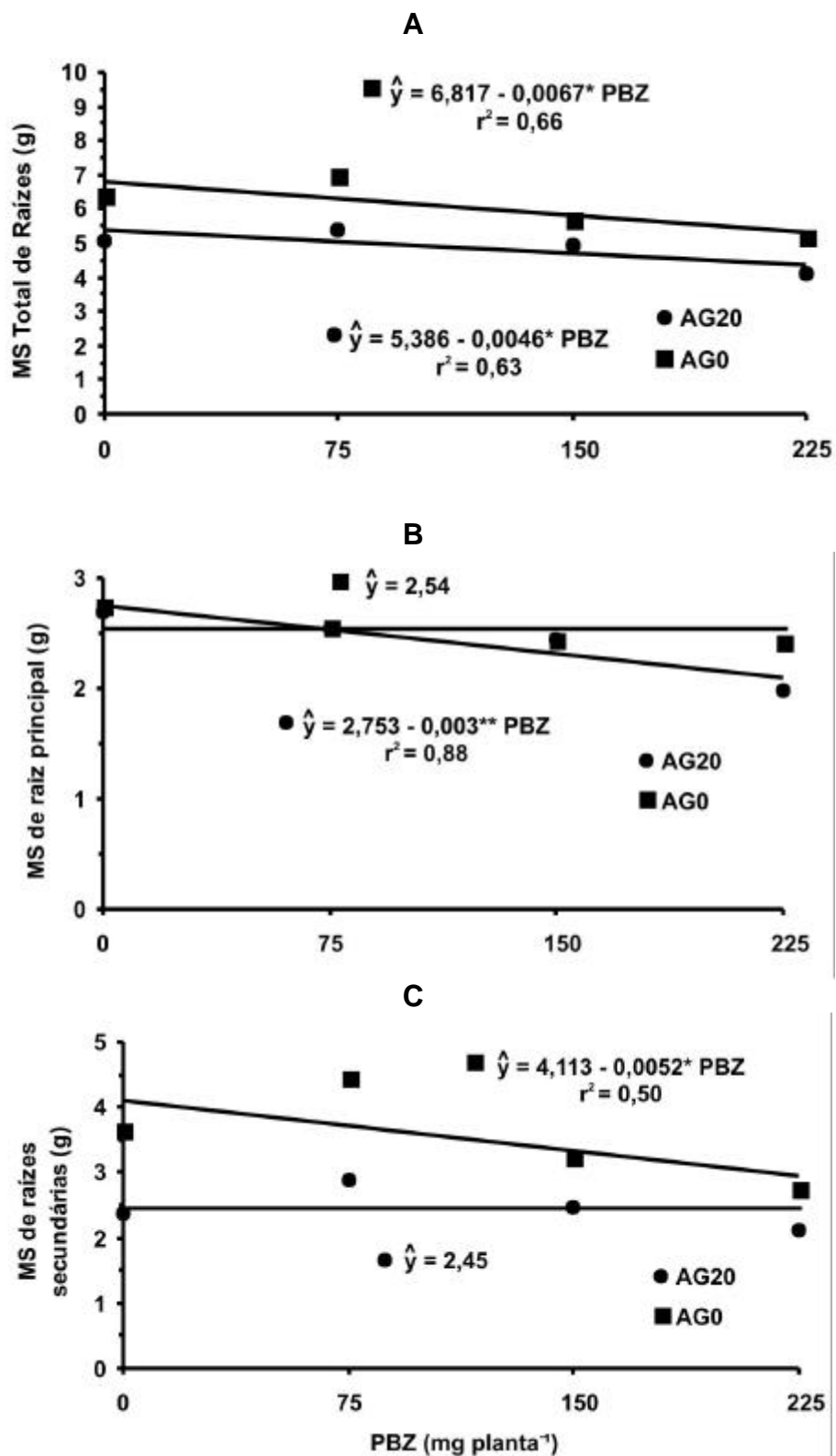


Figura 2 – Estimativa da massa da matéria seca (MS) do total de raízes (A), de raiz principal (B) e raízes secundárias (C) de plantas de limoeiro 'Volkameriano', em função das concentrações de PBZ na presença e ausência de AG₃, aos 50 dias após a aplicação dos produtos (* e **, significativos, a 5% e 1%, pelo teste t, respectivamente).

Nas raízes principais (Figura 2B), as concentrações crescentes de PBZ na presença de AG₃, reduziram a massa da matéria seca em 24,52% e na ausência não a alteraram. Nas raízes secundárias (Figura 2C), na ausência de AG₃, o PBZ reduziu a massa da matéria seca em 28,44%, na presença não houve efeito. O AG₃ reduziu em 40,43% a massa de matéria seca de raízes secundárias na ausência de PBZ. Com isto, parece que o AG₃ contribuiu para que houvesse redução da massa da matéria seca de raízes principais, de raízes secundárias e do total de raízes, independentemente da ação do PBZ.

As giberelinas são sintetizadas nas regiões de crescimento, entre elas ápices de raízes e são encontradas em menor concentração nas raízes. No nível intracelular, os plastídeos são os sítios de biossíntese (CALDAS, 1996).

Segundo METIVIER (1979), a translocação de giberelinas exógenas é realizada na mesma velocidade de constituintes do floema, movendo-se em todas as direções no simplasto das plantas. O movimento das giberelinas, tanto exógenas quanto endógenas, parece ser não-polarizado, podendo ocorrer tanto pelo floema como pelo xilema.

Segundo DAVIS et al. (1988), os efeitos do PBZ sobre as raízes das plantas não são estudados tão detalhadamente quanto sobre os ramos, e sobre o crescimento das raízes os resultados são um tanto contraditórios, mas na maioria dos casos são relatadas reduções no crescimento.

O crescimento das raízes é, geralmente, menos inibido pela aplicação de PBZ que o dos ramos (WIELAND & WAMPLE, 1985); porém, as raízes de plantas tratadas com PBZ podem ser limitadas a um menor volume de solo que as não-tratadas, uma vez que o alongamento das raízes é inibido (ATKINSON, 1986). Provavelmente, isto tenha ocorrido neste experimento, uma vez que o crescimento das raízes secundárias (Figura 2C), responsáveis pela maior exploração do solo, foi mais inibido que o crescimento das raízes principais (Figura 2B).

O efeito do PBZ sobre o crescimento de raízes parece depender da espécie de planta. WANG et al. (1986) constataram que o tratamento de mudas de macieira, com paclobutrazol via solo, aumentou a formação de raízes secundárias. Por outro lado, foi verificado por BAUSHER & YELENOSKY (1987), que concentrações de paclobutrazol na ordem de 10³ a 10⁵ mg L⁻¹ retardaram a formação de raízes secundárias em mudas de laranja-doce (*Citrus sinensis*).

Segundo LIDÓN et al. (2001), concentrações de PBZ que variaram de 1.250 a 5.000 mg L⁻¹, em pulverização foliar, não afetaram a matéria seca do sistema radicular de laranja 'Azeda' (*C. aurantium*); porém, em *C. macrophylla* o efeito foi crescente até a concentração de 3.750 mg L⁻¹.

Neste experimento, as plantas tratadas com PBZ, na ausência de AG₃, apresentaram numerosas raízes secundárias com engrossamento, especialmente na região da coifa (Figura 3). Esses efeitos foram semelhantes aos descritos por STEFFENS et al. (1985), SANKHLA et al. (1986), BAUSHER & YELENOSKY (1987) e VU & YELENOSKY (1992). Esse engrossamento pode ser responsável pela menor redução da massa da matéria seca das raízes secundárias (Figura 2C), em função das doses de PBZ e na ausência de AG₃, quando comparadas com as que receberam aplicações de AG₃.



Figura 3 – Raízes de plantas de limoeiro 'Volkameriano' aos 50 dias após o tratamento com paclobutrazol (225 mg do i.a. planta⁻¹); (a) sem ácido giberélico; e (b) com 20 mg L⁻¹ de ácido giberélico.

Quando se considerou a massa da matéria seca total da planta (Figura 4A), os resultados foram semelhantes aos obtidos para a parte aérea (Figura 1C), ou seja, houve redução da massa da matéria seca com as doses de PBZ na ausência de AG₃, enquanto na presença os efeitos do PBZ foram neutralizados. A semelhança dos resultados é explicada pelo fato da parte aérea corresponder à maior proporção da massa da matéria seca das plantas.

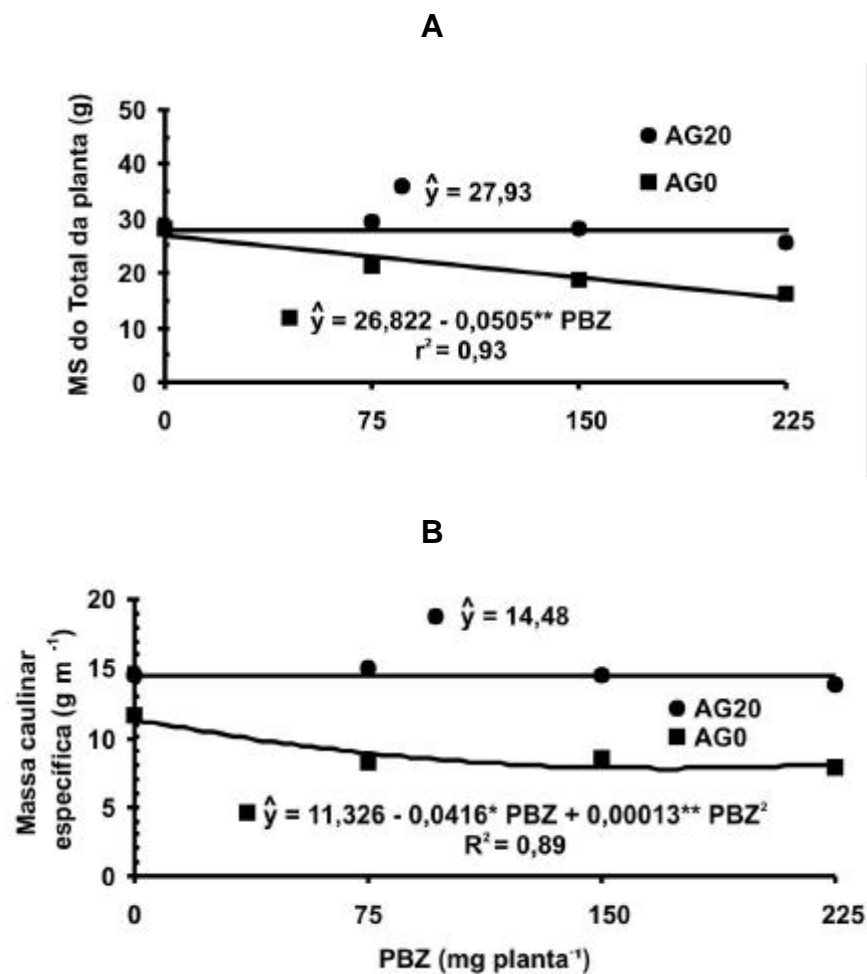


Figura 4 – Estimativa da massa da matéria seca (MS) da planta inteira (A) e massa caulinar específica (B) de plantas de limoeiro ‘Volkameriano’, em função das concentrações de PBZ na presença ou ausência de AG₃, aos 50 dias após a aplicação dos produtos. (* e **, significativos, a 5% e 1%, pelo teste *t*, respectivamente).

A massa caulinar específica (MCE) apresentou comportamento quadrático com o aumento das concentrações de PBZ, na ausência de AG₃ (Figura 4B). O menor valor estimado de MCE foi para a concentração de 160,0 mg planta⁻¹ de PBZ, que corresponde a 8,0 g m⁻¹ de massa caulinar específica. Na presença de AG₃ não houve efeito de PBZ sobre essa característica.

Os resultados deste trabalho confirmam os resultados encontrados por ARON et al. (1985), YELENOSKY et al. (1987) e SWIETLIK & FUCIK (1988), em que a aplicação de PBZ, via solo, em citros, reduziu a biomassa das plantas.

Os valores da relação raiz/parte aérea (Figura 5A) apresentaram comportamento quadrático com o aumento das concentrações de PBZ na ausência de AG₃. O maior valor estimado para a relação foi de 0,465, alcançado com a concentração de 137,5 mg planta⁻¹ de PBZ, sendo o incremento de 48,08%. Na presença de AG₃ não houve efeito de PBZ, com valor médio 0,211, o que significa uma redução de 32,80% na relação raiz/parte aérea, na ausência de PBZ. Portanto, o AG₃ estimulou o crescimento do caule em detrimento das raízes e neutralizou os efeitos do PBZ na relação raiz/parte aérea.

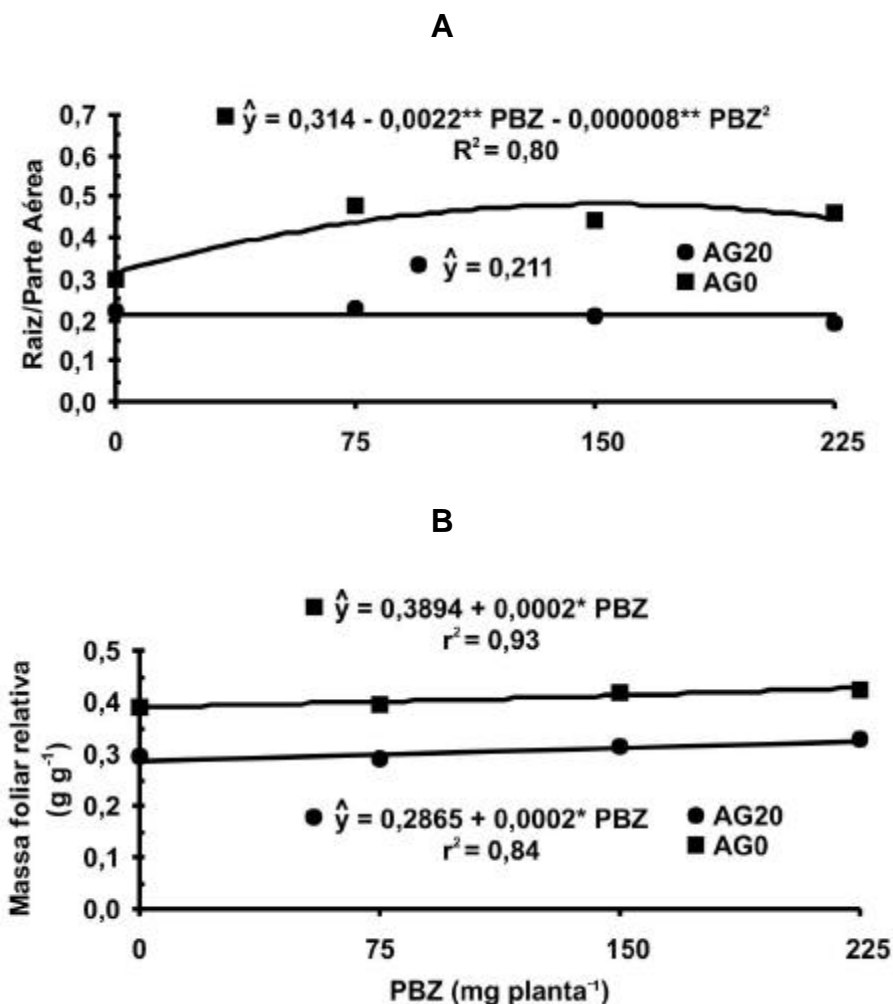


Figura 5 – Estimativa da relação raiz/parte aérea (A) e massa foliar relativa (B) de plantas de limoeiro ‘Volkameriano’, em função das concentrações de PBZ na presença ou ausência de AG₃, aos 50 dias após a aplicação dos produtos (* e **, significativos, a 5% e 1%, pelo teste *t*, respectivamente).

Resultados semelhantes foram encontrados por VU & YELENOSKY (1992), em que a aplicação de concentrações de 100, 250 e 500 mg planta⁻¹ de PBZ, via solo, em plântulas de laranja 'Valencia' (*C. sinensis* (L.) Osbeck), causou o engrossamento das raízes e resultou em aumento de três a seis vezes na relação/raiz parte aérea nas plantas tratadas. Efeitos semelhantes também foram relatados para macieiras por STEFFENS & WANG (1984) e para pessegueiros por WILLIAMSON et al. (1986), após o tratamento com PBZ.

A massa foliar relativa (MFR) (Figura 5B) permite conhecer a capacidade potencial da planta, com base na massa da matéria seca foliar, de suportar a massa de matéria total seca existente, assim como de aumentá-la mediante fotossíntese (BEADLE, 1993). Neste experimento, as concentrações crescentes de PBZ promoveram aumento linear da MFR, tanto na presença como na ausência de AG₃, com maiores valores na ausência de AG₃, como mostra a Figura 5B. O AG₃, na ausência de PBZ, reduziu a MFR na ordem de 26,42%.

Segundo BENICASA (1988), considerando que a folha é o centro produtor e que as demais partes da planta dependem do que ela exporta, variações na MFR indicam níveis maiores ou menores de exportação de fotoassimilados para o resto da planta. Portanto, as taxas de exportação e, ou, de translocação de fotoassimilados podem ter sido afetadas pelos tratamentos aplicados nas plantas de limoeiro. O valor crescente da MFR, acompanhando o aumento das doses de PBZ, é devido à redução na massa da matéria seca das raízes (Figura 2) e do caule (Figura 1B).

MEHOUACHI et al. (1996), afirmaram que tratamentos com AG₃ e com PBZ + AG₃ podem causar retenção de fotoassimilados na parte aérea. Portanto, valores mais altos da MFR na ausência de AG₃ podem ter refletido as conseqüências da inibição do crescimento, uma vez que essas plantas apresentaram menores valores de massa da matéria seca (Figura 1).

4. CONCLUSÕES

O aumento das concentrações de PBZ reduziu a massa da matéria seca de folha, caule, parte aérea e planta inteira; entretanto, a presença de AG₃ neutralizou seus efeitos.

A concentração de PBZ que induziu maior redução da massa da matéria seca foi de 175,28 mg planta⁻¹ para folha, 181,39 mg planta⁻¹ para caule e 193,08 mg planta⁻¹ para parte aérea.

No total das raízes, raízes principais e raízes secundárias, houve redução na massa da matéria seca, em função do aumento das doses de PBZ. A redução foi maior na presença de AG₃.

A concentração de PBZ, de 160,0 mg planta⁻¹, resultou no menor valor de massa caulinar específica, enquanto a concentração de 137,5 mg planta⁻¹ resultou no maior valor da relação raiz/parte aérea.

Tanto a presença como a ausência de AG₃ resultaram em aumento da massa foliar relativa, em função do aumento das concentrações de PBZ, com maiores valores para a ausência de AG₃.

O PBZ, tanto na presença quanto ausência do AG₃, causou engrossamento na região da coifa das raízes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARON, Y.; MONSELISE, S.P.; GOREN, R.; COSTO, J. Chemical control of vegetative growth in citrus trees by paclobutrazol. **Hortscience**, v. 20, n. 1, p. 96-98, 1985.

ATKINSON, D. Effects of some plant growth regulators on water use and the uptake of mineral nutrients by tree crops. **Acta Hort.**, v. 179, p. 395-404, 1986.

BAUSHER, M. G.; YELENOSKY, G. Sensitivity of potted citrus plants to top sprays and soil applications of paclobutrazol. **Hortscience**, v. 21, n. 1, p. 141-143, 1986.

BAUSHER, M. G.; YELENOSKY, G. Morphological changes in Citrus associated with relatively high concentrations of Paclobutrazol. **J. Plant Growth Regul.**, v. 5, p. 139-147, 1987.

BEADLE, C. L. Growth analysis. In: HALL, D. O. **Photosynthesis and production in a changing environment: a field and laboratory manual**. Londres: Chapman & Hall, p. 36-46, 1993.

BENICASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas (noções básicas)**. Jaboticabal:FUNEP, 1988. 419 p.

CALDAS, L. S. Giberelinas. In: **Curso de cultura de células e tecidos de plantas**. Brasília: CBAB/CNPH, 1995.

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

DE JONG, T. M.; DOYLE, J. F. Leaf gas exchange and growth responses of mature 'Fantasia' nectarine trees to paclobutrazol. **J. Am. Soc. Hortic. Sci.**, v. 109, p. 878-882, 1984.

GROSSMANN, K. Plant growth retardants as tools in physiological research. **Physiol. Plant.**, v. 78, p. 640-648, 1990.

LIDÓN, A. G.; BERNAL, I. M.; MARTÍNEZ, A. C.; FERNÁNDEZ, F. J. B.; CASTILLO, I. P. Influencia del Paclobutrazol em patrones de cítricos. **Invest. Agr. Prod. Veg.**, v. 16, p. 59-69, 2001.

MEHOUACHI, J.; TADEO, F. R.; ZARAGOZA, S.; PRIMO-MILLO, E.; TALON, M. Effects of gibberellic acid and paclobutrazol on growth and carbohydrate accumulation in shoots and roots of citrus rootstock seedlings. **Journal of Horticultural Science**, v. 71, n. 5, p. 747-754, 1996.

METIVIER, J. R. Giberelinas. In: FERRI, M. G. (Coord.) **Fisiologia vegetal**. São Paulo: EDUSP, v. 2, p. 93-161. 1979.

RÊGO, G. M. **Micropropagação de plantas através de cultura de tecidos**. Cruz das Almas: EMBRAPA-CNPMF, 1984. 17 p.

SANKHLA, N.; DAVIS, T. D.; JOLLEY, V. D.; UPADHYAYA, A. Effect of Paclobutrazol on the development of iron chlorosis in soybeans. **J. Plant Nutr.**, v. 9, p. 923-934, 1986.

SANKHLA, N.; DAVIS, T. D.; UPADHYAYA, A.; SANKHLA, D.; WALSER, R. H.; SMITH, B. N. Growth and metabolism of soybean as affected by Paclobutrazol. **Plant Cell Physiol.**, v. 26, p. 916-921, 1985.

SIQUEIRA, D. L.; SALOMÃO, L. C. C. Efeitos do paclobutrazol no crescimento e florescimento dos citros. **Laranja**, v. 23, n. 2, p. 355-369, 2002.

STEFFENS, G. L.; BYUN, J. K.; WANG, S. Y. Controlling plant growth via the gibberellin biosynthesis – I. Growth parameter alterations in apple seedlings. **Physiol. Plant.**, v. 63, p. 163-168, 1985.

STEFFENS, G. L.; WANG, S. Y. Physiological changes induced by paclobutrazol (PP₃₃₃) in apple. **Acta Hortic.**, v. 146, p. 135-142, 1984.

SWIETLIK, D.; FUCIK, J. E. Responses of field-grown grapefruit trees to XE 1019 and Paclobutrazol. **Proc. 6th Int. Citrus Congr.**, v. 2, p. 941-946, 1988.

SWIETLIK, D.; MILLER, S. S. The effect of Paclobutrazol on growth and response to water stress of apple seedlings. **J. Am. Soc. Hort. Sci.**, v. 108, p. 1076-1080, 1983.

VU, J. C. V.; YELENOSKY, G. Growth and Photosynthesis of Sweet Orange Plants Treated with Paclobutrazol. **J. Plant Growth Regul.**, v. 11, p. 85-89, 1992.

WANG, S. Y.; SUN, T.; FAUST, M. Translocation of Paclobutrazol, a gibberellin biosynthesis inhibitor, in apple seedlings. **Plant Physiol.**, v. 82, p. 11-14, 1986.

WIELAND, W. F.; WAMPLE, R. L. Root growth, water relations and mineral uptake of young 'Delicious' apple trees treated with soil-and stem-applied Paclobutrazol. **Scientia Hort.**, v. 26, p. 129-137, 1985.

WILLIAMSON, J. G.; COSTON, D. C.; GRIMES, L. W. Growth response of peach roots and shoots to soil and foliar-applied paclobutrazol. **HortScience**, v. 21, p. 1001-1003, 1986.

WOOD, B. W. Influence of paclobutrazol on selected growth and chemical characteristics of young pecan seedlings. **HortScience**, v. 19, p. 837-839, 1984.

YELENOSKI, G.; MAUK, C. S.; BAUSCHER, M. G.; KUSHAD, M. M. Chemical biorregulation of growth and cold hardiness in citrus. In: Li PH (Ed) **Plant cold hardiness**. New York: Alan R. Liss, Inc., p. 299-231, 1987.

YIM, K. O.; KWON, Y. W.; BAYER, D. E. Growth responses and allocation of assimilates of rice seedlings by Paclobutrazol and gibberellin treatment. **J. Plant Growth Regul.**, v. 16, p. 35-41, 1997.

CONCLUSÕES GERAIS

As concentrações crescentes de Paclobutrazol (PBZ), na presença ou ausência de ácido giberélico (AG_3), reduziram o comprimento de caule, o comprimento médio dos entrenós e a massa da matéria seca do total de raízes. Para comprimento de caule e comprimento médio dos entrenós, houve maior redução na ausência de AG_3 ; portanto, o AG_3 minimizou os efeitos do PBZ. Entretanto, a massa da matéria seca do total de raízes apresentou menores valores na presença de AG_3 , que agiu como inibidor do crescimento das raízes.

Maiores concentrações de PBZ aumentaram a massa foliar relativa, tanto na presença como na ausência de AG_3 .

Na ausência de AG_3 , as concentrações crescentes de PBZ aumentaram a massa foliar específica, as unidades SPAD e a relação raiz/parte aérea, enquanto na presença de AG_3 não houve efeito de PBZ; porém, apresentaram valores médios abaixo dos apresentados na ausência; portanto, o AG_3 neutralizou os efeitos do PBZ.

O aumento das concentrações de PBZ reduziu a área foliar e a massa da matéria seca do total da planta na ausência de AG_3 ; na presença não houve efeito.

O número de folhas não foi influenciado pelo PBZ; porém, sofreu redução com o AG_3 .

O diâmetro de caule apresentou comportamento quadrático com o aumento das concentrações de PBZ na presença de AG₃; a concentração de 90,0 mg planta⁻¹ correspondeu a um diâmetro estimado de 0,973 cm.

O aumento das concentrações de PBZ, na ausência de AG₃, apresentou comportamento quadrático para os valores de massa da matéria seca de caule e folhas; portanto, da parte aérea, como também a massa caulinar específica.

A concentração de PBZ que induziu maior redução da massa da matéria seca para folha foi 175,28 mg planta⁻¹; para caule foi 181,39 mg planta⁻¹; para a parte aérea foi 193,08 mg planta⁻¹; e a maior redução de massa caulinar específica foi para a concentração de 160,0 mg planta⁻¹. Na presença de AG₃ não houve efeito de PBZ.

APÊNDICE

Quadro 1A – Resumo das análises de variância do comprimento de caule (CC) e diâmetro de caule (DC) de plantas de limoeiro ‘Volkameriano’ 50, dias após o início dos tratamentos

Fontes de Variação	GL	Quadrados Médios	
		CC	DC
Bloco	3	8,4446	0,0019
PBZ	3	797,0240**	0,0163**
AG ₃	1	7338,6600**	0,1099**
PBZ x AG ₃	3	378,8310**	0,0082*
Resíduo	21	15,8230	0,0017
CV (%)		4,67	4,72

** F, significativo a 1%; * F, significativo a 5%; e ^{ns} F, não-significativo a 5%.

Quadro 2A – Resumo das análises de variância do número de folhas (NF) e comprimento de entrenó (CE) de plantas de limoeiro ‘Volkameriano’, 50 dias após o início dos tratamentos

Fontes de Variação	GL	Quadrados Médios	
		NF	CE
Bloco	3	1,6245	0,0064
PBZ	3	4,9545 ^{ns}	0,2878**
AG ₃	1	219,4500**	1,1223**
PBZ x AG ₃	3	0,9845 ^{ns}	0,1005**
Resíduo	21	5,4731	0,0030
CV (%)		4,28	3,67

** F, significativo, a 1%; * F, significativo, a 5%; e ^{ns} F, não-significativo, a 5%.

Quadro 3A – Resumo das análises de variância de área foliar (AF), massa foliar específica (MFE), e unidades SPAD de plantas de limoeiro ‘Volkameriano’, 50 dias após o início dos tratamentos.

Fontes de Variação	GL	Quadrados Médios		
		AF	MFE	SPAD
Bloco	3	0,0003	597,3788	2,7460
PBZ	3	6,5290**	156,4934*	51,0460**
AG ₃	1	10,7106**	5288,9460**	575,9600**
PBZ x AG ₃	3	7,0575**	316,3372**	19,1559*
Resíduo	21	0,3537	50,9722	5,0338
CV (%)		6,17	2,47	4,17

** F significativo a 1%; * F significativo a 5%; e ^{ns} F, não-significativo a 5%.

Quadro 4A – Resumo das análises de variância da matéria seca (MS) de folhas, caule e parte aérea de plantas de limoeiro ‘Volkameriano’, 50 dias após o início dos tratamentos

Fontes de Variação	GL	Quadrados Médios		
		MS Folhas	MS Caule	MS Parte aérea
Bloco	3	2,0749	7,2975	16,8186
PBZ	3	5,5140**	24,8900**	53,6400**
AG ₃	1	0,0120 ^{ns}	515,3600**	510,2700**
PBZ x AG ₃	3	7,1480**	12,6500**	36,9600**
Resíduo	21	0,2830	1,2400	2,4400
CV (%)		6,24	10,56	8,19

** *F*, significativo, a 1%; * *F*, significativo, a 5%; e ^{ns} *F*, não-significativo a 5%.

Quadro 5A – Resumo da análise de variância da massa da matéria seca da raiz principal (MSRP), raízes secundárias (MSRS) e do total das raízes (MSTR) de plantas de limoeiro ‘Volkameriano’, 50 dias após o início dos tratamentos

Fontes de Variação	GL	Quadrados Médios		
		MSRP	MSRS	MSTR
Bloco	3	0,2226	0,2544	0,8248
PBZ	3	0,3688**	2,0900**	3,5737**
AG ₃	1	0,1154 ^{ns}	9,2020**	11,3788**
PBZ x AG ₃	3	0,0869 ^{ns}	0,3735 ^{ns}	0,2484 ^{ns}
Resíduo	21	0,5142	0,3663	0,5526
CV (%)		9,14	20,26	13,60

** *F*, significativo, a 1%; * *F*, significativo, a 5%; e ^{ns} *F*, não-significativo, a 5%.

Quadro 6A – Resumo das análises de variância da massa da matéria seca da planta inteira (MSPI) e massa caulinar específica (MCE) de plantas de limoeiro ‘Volkameriano’, 50 dias após o início dos tratamentos

Fontes de Variação	GL	Quadrados Médios	
		MSPI	MCE
Bloco		24,5467	8,0230
PBZ		76,1813**	6,8140**
AG ₃		369,2540**	236,0260**
PBZ x AG ₃		39,1538**	5,4834**
Resíduo		3,7868	0,5286
CV (%)		7,93	6,18

** *F*, significativo, a 1%; * *F*, significativo, a 5%; ^{ns} *F*, não-significativo, a 5%.

Quadro 7A – Resumo das análises de variância da massa da matéria seca da relação raiz/parte aérea (RPA) e massa foliar relativa (MFR) de plantas de limoeiro 'Volkameriano', 50 dias após o início dos tratamentos

Fontes de Variação	GL	Quadrados Médios	
		RPA	MFR
Bloco		0,0007	0,0006
PBZ		0,0134**	0,0024**
AG ₃		0,3461**	0,0835**
PBZ x AG ₃		0,0155**	0,0001 ^{ns}
Resíduo		0,0016	0,0002
CV (%)		12,65	4,32

** *F*, significativo, a 1%; * *F*, significativo, a 5%; e ^{ns} *F*, não-significativo, a 5%.