



Efeito do paclobutrazol sobre o crescimento de plantas e produção de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) em ambiente protegido

Paclobutrazol effect on plant growth and tomato (*Solanum lycopersicum* L.) production in protected environment

Alexsander Seleguini¹; Eduardo Pradi Vendruscolo^{2,*}; Luiz Fernandes Cardoso Campos²; Max José de Araújo Faria Júnior³

1 Escola de Agronomia, Universidade Federal de Goiás, Campus Samambaia, CEP: 74690-900, Goiânia, Brasil.

2 Programa de Pós-graduação em Agronomia, Escola de Agronomia, Universidade Federal de Goiás, Campus Samambaia, CEP: 74690-900, Goiânia, Brasil.

3 Departamento de Apoio a Produção e Saúde Animal, Faculdade de Medicina Veterinária, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, CEP: 16050-680, Araçatuba, Brasil.

Received June 07, 2016. Accepted November 28, 2016.

Resumo

Objetivou-se estudar, para o híbrido AF 7631 o efeito de três concentrações de paclobutrazol (0, 50 e 100 mg L^{-1}) e dois métodos de aplicação (embebição de sementes e aplicação em mudas), sobre o desenvolvimento de plantas, produção e qualidade de frutos de tomateiro, em ambiente protegido, no período de primavera/verão. O ensaio foi conduzido, na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão da UNESP - Ilha Solteira (SP). Os métodos de aplicação e o incremento das concentrações de PBZ não alteraram significativamente a produtividade, entretanto, o tratamento das mudas, via rega, 15 dias após a semeadura, com concentrações crescentes de PBZ induziu a reduções lineares na altura de plantas avaliadas aos 17, 34, 51 e 65 dias após o transplantio (DAT), na taxa de crescimento absoluto da altura no intervalo entre o 17 e 34 DAT, na altura de inserção de primeiro cacho e fitomassa seca de folhas e hastes. Independentemente do método de aplicação de PBZ, o aumento das concentrações reduziu significativamente o vigor das brotações laterais e aumentou a produção de frutos pequenos. As condições climáticas, principalmente, a temperatura, impossibilitaram a expressão do máximo potencial produtivo da cultura.

Palavras-chave: *Solanum lycopersicum* L.; produtividade; regulador de crescimento.

Abstract

The objective was to study, for hybrid AF 7631, the effect of three concentrations of paclobutrazol (0, 50 and 100 mg L^{-1}) and two application methods (soaking seeds and seedlings application) on the development of plants, production and fruit quality of tomato in greenhouse in the spring / summer period. The trial was conducted the Finance Teaching, Research and Extension UNESP - Ilha Solteira (SP). Application methods and the increase in PBZ concentrations did not significantly alter the productivity, however, the treatment of seedlings, via irrigation, 15 days after sowing, with increasing concentrations of PBZ induced linear reductions in plant height evaluated at 17, 34, 51 and 65 days after transplanting (DAT) in absolute growth rate of height in the range between 17 and 34 DAT at the time of first cluster of insertion and dry weight of leaves and stems. Regardless of PBZ application method, the concentrations significantly reduced the effect of side shoots and increased production of small fruit. The climatic conditions, especially temperature, prevented the expression of the maximum yield potential of the crop.

Keywords: *Solanum lycopersicum* L.; yield; growth regulators.

1. Introdução

O tomate é uma hortaliça com alto valor comercial e enorme importância mundial (Arah *et al.*, 2015), devido à grande

quantidade de divisas que gera aos países que o produzem. Em 2012 a produção brasileira de tomate alcançou cerca de 3,9 milhões de toneladas, em uma área culti-

* Corresponding author

E-mail: agrovendruscolo@gmail.com (E. Vendruscolo).

© 2016 All rights reserved.

DOI: 10.17268/sci.agropecu.2016.04.04

vada de aproximadamente 64 mil hectares (FAOSTAT, 2013).

O Brasil possui a entressafra da maioria das hortaliças durante o verão, e, em função desta oferta irregular, a cotação mais elevada ocorre, também, nesse período. Desta forma, diversos trabalhos vêm sendo desenvolvidos na busca por novas tecnologias que proporcionem boa produção durante esses períodos.

Dentre as técnicas empregadas, o cultivo em ambiente protegido ameniza essa dificuldade, possibilitando a obtenção de frutos com alta qualidade e em diferentes épocas do ano devido a maior facilidade em se manejar a cultura neste tipo de ambiente quanto a fitossanidade e irrigação. Existe ainda a possibilidade de se aumentar a produtividade com técnicas de adensamento, adubação e utilização de produtos atuantes sobre o desenvolvimento fisiológico das plantas.

Na cultura do tomateiro estaqueado, uma das características que mais se tem tentado controlar é o crescimento vegetativo, com o intuito de se obter plantas de menor altura e mais compactas, permitindo plantios mais adensados. No cultivo protegido, é de grande interesse que se faça essa forma de controle, uma vez que diferentes sistemas de cultivo podem favorecer o rápido desenvolvimento da cultura (Hahn, 2011) e dada a maior inversão de capital, o que se deseja é a utilização intensiva da área coberta, de forma a otimizar a relação custo/benefício.

Em várias espécies vegetais, o emprego de retardantes de crescimento tem alcançado bons resultados, reduzindo o crescimento vegetativo. Entre os retardantes de crescimento conhecidos, o paclobutrazol [(2RS, 3RS) -1- (4-chlorophenyl)-4,4-dimethyl-2-(1H-1,2,4-triazol-1-yl) pentan-3-ol], do grupo dos triazóis, é uma das substâncias químicas mais ativas e afeta várias espécies de planta, o qual atua inibindo a biossíntese de giberelinas (GA) e bloqueando as reações de oxidação na passagem de ent-caureno para ácido ent-caurenóico (Fletcher *et al.*, 2000; Almeida e Pereira, 1996).

Alguns trabalhos têm demonstrado a eficácia da aplicação do paclobutrazol em tomateiro com característica de crescimento indeterminado, diminuindo o porte das plantas, a taxa de crescimento e a emissão de brotações laterais (Silva e Faria-Júnior, 2011).

O incremento de 37% na fitomassa radicular também foi observado em trabalho visando a formação de mudas de tomateiro submetidas à aplicação de paclobutrazol em dose de 50 mg L⁻¹, resultado ligado à maior capacidade das plantas de resistir aos estresses bióticos e abióticos (Sankar *et al.*, 2013; Seleguini *et al.*, 2013).

Diante disso, a utilização do PBZ apresenta-se como uma alternativa de emprego na cultura do tomate estaqueado, cultivado em regiões quentes, em ambiente protegido, visando o controle do crescimento vegetativo. Porém, a definição do método de aplicação, estágio de desenvolvimento e as concentrações da solução de aplicação devem ser tema de estudos criteriosos, de modo que se possa contar com indicações precisas aos produtores.

O presente trabalho teve como objetivo estudar o efeito de concentrações de PBZ e métodos de aplicação, sobre o desenvolvimento de plantas, produção e qualidade de frutos de tomateiro, em ambiente protegido.

2. Material e métodos

O experimento foi conduzido no município de Ilha Solteira - SP, com latitude de 20° 22' S, longitude de 51° 22' W e altitude de 330 m, no interior uma estrutura para cultivo protegido com orientação leste-oeste, com dimensões de 5,4 x 30,0 m, pé-direito de 2,3 m, teto em forma de arco, coberto com filme de polietileno transparente de 75 µm de espessura e fechamento lateral, até 1,5 m de altura, com tela de sombreamento de 50%. O clima da região é do tipo Aw, segundo classificação de Köppen, apresentando temperatura média anual de 25°C, precipitação total anual de 1330 mm. O solo da área experimental foi classificado como Argissolo Vermelho,

Eutrófico (EMBRAPA, 2013), cujas características químicas e físicas antes da instalação do experimento, na camada de 0 - 0,20 m de profundidade foram: pH em $\text{CaCl}_2 = 5,8$; matéria orgânica = 34 g dm^{-3} ; P resina = 191 mg dm^{-3} ; H + Al = $18 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$; K = $7,1 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$; Ca = $89 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$; Mg = $25 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$; capacidade de troca de cátions = $139,7 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$; V = 87%.

Foram avaliados os efeitos de três concentrações de PBZ (0, 50 e 100 mg L^{-1}), e dois métodos de aplicação (embebição de sementes e tratamento de mudas) de tomateiro longa vida, híbrido AF 7631, em ambiente protegido, no período primavera/verão.

O híbrido AF 7631 é do tipo indeterminado, de ciclo médio precoce, com alta tolerância a oídio e resistente à *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* raça 1 e 2, *Tomato mosaic virus* (ToMV), nematóides e viroses (V, N, TSWV).

Adotou-se o delineamento em blocos ao acaso, no esquema fatorial, com quatro repetições. As parcelas foram compostas por 12 plantas e o espaçamento foi de 1,10 m entre fileiras e 0,4 m entre plantas.

As sementes foram embebidas por 24 horas sob temperatura de $25 \text{ }^\circ\text{C}$. Para a embebição, as sementes foram acondicionadas entre folhas de papel filtro, em recipientes tipo gerbox. Procedeu-se, em seguida à aplicação de quantidade de solução, nas concentrações estabelecidas, correspondente a 2,5 vezes a massa do conjunto papel de filtro e sementes. Depois de embebidas, as sementes foram secas à temperatura ambiente sob papel filtro por 1 hora.

Para a aplicação nas mudas, fez-se a semeadura de maneira convencional. As bandejas foram preenchidas com substrato comercial plantmax, apropriado para a produção de mudas e a semeadura ocorreu colocando-se uma semente por célula, sendo cobertas com o próprio substrato. Aos 15 dias após a semeadura (DAS) procedeu-se à aspersão de 5 mL por célula das diferentes soluções de PBZ, sendo a quantidade suficiente para um bom

molhamento das folhas e do substrato. O transplantio das mudas foi realizado 33 DAS para canteiros confeccionados com dimensões de 0,5 m de largura, 30,0 m de comprimento e 0,15 m de altura. A adubação consistiu na aplicação de 6 g m^{-2} de N, 25 g m^{-2} de P_2O_5 , $7,5 \text{ g m}^{-2}$ de K_2O e $2,0 \text{ L m}^{-2}$ de composto orgânico, de acordo com recomendações de Raij *et al.* (1997). Aos 13 dias após o transplantio (DAT) foi realizada uma adubação de cobertura, aplicando-se $5,0 \text{ g planta}^{-1}$ de N e aos 23 DAT $1,2 \text{ g planta}^{-1}$ de N e K_2O .

As plantas foram conduzidas com haste única e foi adotado o sistema de tutoramento em espaldeira. Todas as plantas foram despontadas (poda apical) acima da terceira folha surgida após o sétimo racimo emitido.

Para irrigação da cultura foram empregadas fitas gotejadoras com vazão nominal de 3,8 L hora, a 70 kPa de pressão de serviço, com emissores a cada 0,30 m. A cultura foi irrigada durante todo o ciclo, inicialmente, em três turnos diários de 10 minutos, que passaram a quatro turnos de 10 minutos, a partir do início da frutificação. Durante o período experimental foram feitas capinas manuais nas parcelas, bem como os tratamentos fitossanitários, necessários para o controle de pragas e doenças.

A colheita foi realizada semanalmente, iniciando-se aos 61 DAT e estendeu-se até 119 DAT, quando foram colhidos todos os frutos maduros e os que se encontravam no início de maturação.

Os parâmetros fitotécnicos avaliados foram: altura de plantas e diâmetro de haste no colo da planta, aos 17, 34, 51 e 65 DAT; taxas de crescimento absoluto da altura e do diâmetro de plantas, entre os intervalos de avaliações, conforme apresentado por Benincasa (1988); relação entre diâmetro da haste e altura da planta nos períodos de avaliação; altura média de inserção da primeira inflorescência; número médio de internódios até a inserção da primeira inflorescência; fitomassa seca média de folhas e haste por planta, avaliadas após a última colheita; fitomassa seca e

número médio de brotos laterais emitidos por planta; número médio de frutos por área; massa de matéria fresca média do fruto; distribuição dos frutos por classe de tamanho em função do diâmetro transversal (\emptyset), em: pequenos ($\emptyset < 50$ mm), médios ($50 \text{ mm} \leq \emptyset \leq 70$ mm), grandes ($\emptyset > 70$ mm); e eficiência de conversão da radiação solar global incidente em matéria fresca de frutos (EC) (Cockshull *et al.*, 1992), dada pela seguinte equação: $EC = MF/Rg_i$. Em que MF é a massa da matéria fresca de frutos (g m^{-2}) e Rg_i é a intensidade de fluxo de radiação solar global diária incidente no interior do ambiente protegido durante todo o ciclo da cultura (MJ m^{-2}).

Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias dos níveis do fator “métodos de aplicação” comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$) e as médias dos níveis do fator “concentrações” submetidas à análise de regressão polinomial.

Durante a condução do experimento foi realizada avaliação microclimatológica onde foram utilizados piranômetros com célula de silício para a obtenção da densidade de fluxo de radiação solar global e sensores modelo HMP45C para determinação da temperatura e umidade relativa do ar no interior do ambiente de cultivo. Os registros foram efetuados por um sistema de aquisição de dados multicanais CR10X, da Campbell Scientific.

3. Resultados e discussão

Verificou que a densidade de fluxo de radiação solar global dentro do ambiente apresentou média diária de incidência de radiação de $15,4 \text{ MJ m}^{-2}$, enquanto que para a temperatura do ar e umidade relativa máxima e mínima do ar apresentaram médias de $22,7^\circ\text{C}$, $90,6\%$ e $42,3\%$, respectivamente (Tabela 1). Por meio da análise estatística observou-se que não houve diferenças significativas apenas para as variáveis de produtividade, número de frutos, massa média de matéria fresca do fruto e eficiência de conversão da radiação solar global.

Independentemente das datas de amostragem, a aspersão da solução de PBZ em plântulas, aos 15 DAS, promoveu maior redução na altura das plantas de tomate comparadas àquelas oriundas de sementes embebidas em PBZ (Tabela 2). Em relação às concentrações de PBZ, não se verificaram efeitos significativos sobre a altura da planta, na aplicação via embebição de sementes, para nenhuma das datas de avaliação. Resultados divergentes foram obtidos por Pasion e Bennett (2001) estes sugerem que nas sementes tratadas com PBZ, o ingrediente ativo difunde, provavelmente, da casca da semente para o meio de crescimento e, então, é absorvido pela raiz após a germinação e emergência.

Tabela 1

Valores médios mensais dos totais diários da densidade de fluxo da radiação global, número de dias com valores inferiores ao limite trófico, valores médios mensais de temperaturas ($^\circ\text{C}$), e umidades relativas do ar (%) máxima e mínima e temperaturas máximas e mínimas absolutas observadas dentro do abrigo. Ilha Solteira (SP)

Mês	Radiação Solar ($\text{MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$)	Nº de dias abaixo do limite trófico	Temperaturas do ar ($^\circ\text{C}$)				Umidade Relativa do Ar (%)	
			Máxima		Mínima		Máxima	Mínima
			Média	Absoluta	Média	Absoluta		
Out. ⁽¹⁾	19,6	0	38,0	39,9	22,6	21,2	82,5	28,2
Nov.	16,8	0	35,0	39,8	22,7	17,4	87,3	36,7
Dez.	14,9	1	34,3	37,9	22,6	20,4	93,6	50,5
Jan.	12,7	5	33,5	37,8	22,7	21,5	95,0	56,1
Fev. ⁽²⁾	16,6	0	35,6	38,4	22,7	19	94,4	44,6
Média	15,4	6	35,3	-	22,7	-	90,6	43,2

⁽¹⁾ a partir de 25/10 ⁽²⁾ até 23/02.

No caso de tratamentos em que sementes permanecem na solução de PBZ por períodos mais longos, é possível que uma maior quantidade de PBZ se movimente dentro da semente, podendo prejudicar a germinação.

Todavia, o uso de concentrações crescentes de PBZ, via aspersão das mudas, determinaram reduções significativas na

altura das plantas de tomate em todas as datas de avaliação (Tabela 2). Em termos percentuais, comparando-se a altura de plantas das parcelas do tratamento controle (0 mg L⁻¹) com as do tratamento com 100 mg L⁻¹ de PBZ, verificaram-se reduções de 55% aos 17 DAT, 44% aos 34 DAT, 27% aos 51 DAT e 15% aos 65 DAT.

Tabela 2

Valores médios de altura de plantas (cm) aos 17, 34, 51 e 65 DAT, obtidos para o híbrido de tomate AF 7631, produzido em ambiente protegido, em função de métodos de aplicação e concentrações de paclobutrazol

PBZ (mg L ⁻¹)	Altura de plantas (cm)							
	17 DAT		34 DAT		51 DAT		65 DAT	
	Emb.ste.	Rega muda	Emb.ste.	Regamuda	Emb.ste.	Regamuda	Emb.ste.	Regamuda
0	20,92a	21,92a	73,06a	72,06a	136,08a	135,58a	171,17a	180,79 a
50	19,08a	11,92b	69,25a	51,38b	133,58a	116,92b	179,82a	167,82 b
100	19,50a	9,75b	74,38b	40,31b	138,67a	098,75b	182,89a	152,83 b
R. Linear	NS	** ⁽¹⁾	NS	** ⁽²⁾	NS	** ⁽³⁾	NS	** ⁽⁴⁾
R. Quadrática	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
CV (%)	15,45		8,57		5,72		7,52	

Médias seguidas pela mesma letra nas linhas, dentro de cada período de avaliação, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. *, **, NS: significativo a p < 0,01, 0,05 e não significativo, respectivamente. Emb.ste. = embebição da semente.

⁽¹⁾ Y = 20,61 - 0,1217X (R² = 0,88); ⁽²⁾ Y = 70,4583 - 0,3175X (R² = 0,97); ⁽³⁾ Y = 135,501167 - 0,36835X (R² = 1,00); ⁽⁴⁾ Y = 181,1275 - 0,2796X (R² = 0,99).

O menor porte das plantas, obtido com a aplicação de concentrações crescentes de PBZ nas mudas, ocorreu devido a reduções significativas na taxa de crescimento absoluto (TCA), observadas nos estádios iniciais de desenvolvimento. No primeiro intervalo de amostragem (17 a 34 DAT), o PBZ aplicado nas mudas induziu redução

significativa da TCA, de 2,95 cm dia⁻¹ (controle) para 1,80 cm dia⁻¹ (100 mg L⁻¹), em média. Porém, durante o segundo (34-51 DAT) e terceiro (51-65 DAT) intervalos, foram registrados valores de TCA semelhantes entre as concentrações estudadas (Tabela 3).

Tabela 3

Valores médios de taxa de crescimento absoluto da altura entre os intervalos de 17 e 34, 34 e 51 e 51 e 65 DAT, obtidos para o híbrido de tomate AF 7631, produzido em ambiente protegido, em função de métodos de aplicação e concentrações de paclobutrazol

PBZ (mg L ⁻¹)	Taxa de crescimento absoluto (cm dia ⁻¹)					
	17 - 34 DAT		34 - 51 DAT		51 - 65 DAT	
	Emb. ste	Rega muda	Emb. ste	Rega muda	Emb. ste	Rega muda
0	3,07 a	2,95 a	3,71	3,74	2,34	3,01
50	2,95 a	2,32 b	3,79	3,86	3,08	3,4
100	3,23 a	1,80 b	3,78	3,44	2,95	3,61
R. Linear	NS	** ⁽¹⁾	NS	NS	NS	NS
R. Quadrática	NS	NS	NS	NS	NS	NS
CV (%)	8,56		6,34		23,54	

Médias seguidas pela mesma letra nas linhas, dentro de cada intervalo de avaliação, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. *, **, NS: significativo a p < 0,01, 0,05 e não significativo, respectivamente. Emb.ste. = embebição da semente. ⁽¹⁾ Y = 2,9325 - 0,01155X (R² = 0,99).

A aplicação do PBZ via rega de mudas, aos 15 DAS, favoreceu o desenvolvimento da haste de plantas de tomateiro, em espessura, apesar de, notadamente, isso somente ter ocorrido aos 51 e 65 DAT (Tabela 4), ocorreram também, nos demais períodos de avaliação, isso porque, a relação entre diâmetro da haste e altura de plantas foi maior nas plantas obtidas a partir de mudas tratadas por aspersão em comparação àquelas crescidas de sementes embebidas com PBZ. A relação diâmetro de haste/altura de plantas aumentou linearmente com o aumento nas concentrações de PBZ, em todas as datas

de amostragem, o que evidencia que, relativamente, ocorreram aumentos no diâmetro da haste, com o aumento das concentrações de PBZ em todas as datas de amostragem (Tabela 4).

Esse comportamento pode ser interessante, por conferir maior resistência às plantas às quebras de hastes, quer seja, pela pressão exercida por altas cargas de frutos ou decorrentes de ventos ou a combinação dos dois fatores. Papadopoulos (1991) sugeriu que uma planta deveria ter uma espessura da haste de 10 mm, medida 15 cm abaixo do ponto de crescimento.

Tabela 4

Valores médios de diâmetro da haste na base do colo de plantas avaliados aos 17, 34, 51 e 65 DAT e taxa de crescimento absoluto do diâmetro, obtidos para o híbrido de tomate AF 7631, produzido em ambiente protegido, em função de métodos de aplicação e concentrações de paclobutrazol

Fator	Diâmetro da haste (mm)				Taxa de crescimento absoluto (mm dia ⁻¹)		
	17DAT	34DAT	51 DAT	65 DAT	17-34DAT	34-51 DAT	51-65 DAT
Método de aplicação							
Emb. ste	4,03 a	8,84 a	10,78 b	13,13 b	0,283 a	0,114 b	0,156 a
Rega muda	3,90 a	8,15 a	11,75 a	14,31 a	0,250 a	0,212 a	0,170 a
Concentração de PBZ (mg L ⁻¹)							
0	3,87	8,44	11,05	12,65	0,269	0,154	0,107
50	4,03	8,23	11,46	14,10	0,247	0,190	0,175
100	4,00	8,83	11,30	14,41	0,284	0,146	0,207
R. Linear	NS	NS	NS	** ⁽¹⁾	NS	NS	* ⁽²⁾
R. Quadrática	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
CV(%)	10,54	8,49	8,35	8,28	14,42	38,69	53,83

Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p > 0,05$). *, **, NS: significativo a $p < 0,01$, $0,05$ e não significativo, respectivamente. Emb. ste. = embebição da semente.

⁽¹⁾ $Y = 12,8408 + 0,01755X$ ($R^2 = 0,88$); ⁽²⁾ $Y = 0,11269 + 0,001006X$ ($R^2 = 0,96$).

Tabela 5

Valores médios de altura de inserção da primeira inflorescência e massa de matéria seca de folhas e hastes, obtidos para o híbrido de tomate AF 7631, produzido em ambiente protegido, em função de métodos de aplicação e concentrações de paclobutrazol

PBZ (mg L ⁻¹)	Altura de inserção da primeira inflorescência (cm)		Matéria seca (g planta ⁻¹)			
			Folhas		Hastes	
	Emb. ste.	Rega muda	Emb. ste.	Rega muda	Emb. ste.	Rega muda
0	43,17 a	42,50 a	131,97 a	127,28 a	63,12 a	65,11 a
50	38,08 a	31,42 b	110,13 a	110,32 a	57,53 a	56,11 a
100	38,08 a	26,25 b	132,64 a	97,50 b	72,27 a	50,59 b
R. Linear	NS	** ⁽¹⁾	NS	** ⁽³⁾	NS	NS
R. Quadrática	NS	NS	* ⁽²⁾	NS	* ⁽⁴⁾	NS
CV (%)	10,54		5,64		5,17	

Médias seguidas pela mesma letra nas linhas, dentro de cada característica estudada, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. *, **, NS: significativo a $p < 0,01$, $0,05$ e não significativo, respectivamente. Emb. ste. = embebição da semente.

⁽¹⁾ $Y = 42,3196 - 0,0508X$ ($R^2 = 0,75$); ⁽²⁾ $Y = 131,97 - 0,8803X + 0,0089X^2$ ($R^2 = 1,00$); ⁽³⁾ $Y = 126,59 - 0,2978X$ ($R^2 = 0,99$); ⁽⁴⁾ $Y = 63,12 - 0,31151X + 0,0041X^2$ ($R^2 = 1,00$).

Hastes mais espessas são indicação de excesso de crescimento vegetativo, associado com reduzida fixação de frutos e baixa produtividade. Hastes menos espessas são indicação de excesso de crescimento reprodutivo, o qual conduz a déficit de carboidrato, crescimento lento, e conseqüentemente, baixa produtividade.

A ação ananicante do PBZ foi evidenciada pelo encurtamento dos internódios da planta e não à redução do número de internódios, uma vez que o incremento das concentrações de PBZ via tratamento de mudas reduziu linearmente a altura de inserção da primeira inflorescência (Tabela 5).

Para fitomassa seca de folhas e hastes, avaliadas ao final da última colheita de frutos, verificaram-se, diferenças significativas entre os métodos de aplicação do regulador. A aplicação via rega associada a maior concentração de PBZ, determinou médias de fitomassa seca significativamente inferior (Tabela 5).

O aumento da concentração de PBZ via aplicação nas mudas, determinou decréscimos lineares significativos na fitomassa seca de folhas e das hastes. Plantas tratadas com 50 mg L⁻¹ de PBZ tiveram redução de 13% na fitomassa seca de folhas e de 14 %

na de hastes, valores que se elevaram a 23% e 22%, respectivamente, quando a concentração utilizada foi de 100 mg L⁻¹ de PBZ (Tabela 6).

Autores têm evidenciado correlação positiva entre massa de matéria seca de folhas e área foliar, o que permite inferir que ocorreram, também, reduções significativas na área foliar de plantas em função do aumento das concentrações de PBZ, via tratamento de mudas. Resultados semelhantes foram verificados para batata (Tekalign e Hammes, 2005). Essa resposta é consequência da redução na proliferação e crescimento de células devido à inibição da biossíntese de GA provocada pela ação do PBZ.

Comparando-se os métodos de aplicação de PBZ, constatou-se que a aplicação nas mudas reduziu significativamente a fitomassa seca e o número de brotos laterais emitidos por planta. Ainda, o número e a fitomassa seca dos brotos decresceram com o aumento das concentrações de PBZ (Tabela 6). Resultado semelhante foi obtido por Silva e Faria-Júnior (2011) que ao trabalharem com doses crescentes de PBZ, até 150 mg L⁻¹, obtiveram reduções significativas no número e na fitomassa de brotações laterais.

Tabela 6

Valores médios de número e fitomassa seca de brotos laterais, obtidos para o híbrido de tomate AF 7631, produzido em ambiente protegido, em função de métodos de aplicação e concentrações de paclobutrazol

Fator	Brotação lateral	
	Número (nº planta ⁻¹)	Matéria Seca (g planta ⁻¹)
Método de aplicação		
Emb. ste.	73,25 a	84,90 a
Rega Muda	67,42 b	68,23 b
Concentração de PBZ (mg L ⁻¹)		
0	78,50	83,03
50	66,75	74,11
100	65,75	72,55
R. Linear	** ⁽¹⁾	* ⁽³⁾
R. Quadrática	* ⁽²⁾	NS
CV(%)	7,46	10,70

Médias seguidas de mesma letra nas colunas, para cada fator estudado, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p > 0,05$). *, **, NS: significativo a $p < 0,01$, $0,05$ e não significativo, respectivamente. Emb. ste. = embebição da semente.

⁽¹⁾ $Y = 76,7083 - 0,1275X$ ($R^2 = 0,81$); ⁽²⁾ $Y = 78,50 - 0,3425X + 0,00215X^2$ ($R^2 = 1,0$); ⁽³⁾ $Y = 81,8019 - 0,1048X$ ($R^2 = 0,86$).

Tabela 7

Distribuição da produção de acordo com a classificação dos frutos por tamanho, obtidas para o híbrido de tomate AF 7631, produzido em ambiente protegido, em função de métodos de aplicação e concentrações de paclobutrazol

PBZ (mg L ⁻¹)	Grande		Médio		Pequeno
	Emb. ste	Reg. Muda	Emb. ste	Reg. Muda	
	kg/planta				
0	4,04 a	4,22 a	8,62 a	8,51 a	3,26
50	4,32 a	3,13 b	8,38 b	8,91 a	3,42
100	4,03 a	2,17 b	8,55 b)	9,05 a	3,59
R. Linear	NS	** ⁽¹⁾	NS	** ⁽²⁾	* ⁽³⁾
R. Quadrática	NS	NS	NS	NS	NS
CV (%)	17,27		2,93		6,81

Médias seguidas de mesma letra nas linhas, dentro de cada classe de tamanho, para cada fator estudado, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p > 0,05$). *, **, NS: significativo a $p < 0,01$, $0,05$ e não significativo, respectivamente.

⁽¹⁾ $Y = 4,20161 - 0,02055X$ ($R^2 = 0,99$); ⁽²⁾ $Y = 8,54967 + 0,00553X$ ($R^2 = 0,93$); ⁽³⁾ $Y = 3,25889 + 0,00328X$ ($R^2 = 0,99$)

- Dados transformados em raiz de $x + 0,5$.

Os autores sugerem que o efeito é devido à redução nos níveis de ácido giberélico, resultado do poder de inibição do PBZ sobre a conversão de caureno a ácido carenóico, precursor do fitormônio responsável pela alongação e divisão celular (Almeida e Pereira, 1996; Fletcher *et al.*, 2000; Taiz e Zeiger, 2013).

A utilização do regulador de crescimento, nas concentrações de 50 e 100 mg L⁻¹, independentemente do método de aplicação, determinou reduções no número de brotos laterais, em média, de 15% e 16%, respectivamente. Em termos de matéria seca, a redução na brotação lateral com uso de PBZ foi de 11% e 13%, respectivamente, para as concentrações de 50 e 100 mg L⁻¹. Quanto à distribuição percentual de frutos por classe de tamanho (Tabela 7), verificou-se de maneira geral que, independentemente dos tratamentos, a maioria dos frutos (75%) foi classificado como de tamanho médio (diâmetro entre 60 e 70 mm). Plantas oriundas de sementes embebidas com solução de PBZ produziram significativamente mais frutos grandes e menos frutos médios comparados àquelas tratadas com PBZ vias rega das mudas, dentro das concentrações de 50 e 100 mg L⁻¹. O aumento das concentrações de PBZ, aplicadas sobre as mudas propiciou decré-

cimos e acréscimos lineares significativos, no percentual de produção de frutos grandes e médios, respectivamente. Independentemente, do método de aplicação de PBZ, o aumento das concentrações incrementou a produção percentual de frutos pequenos (Tabela 7). O efeito do PBZ sobre a conformação das plantas diminuiu a área foliar efetiva, o que interfere no desenvolvimento dos frutos pela diminuição da produção de fotoassimilados (Reis *et al.*, 2013).

4. Conclusões

A aplicação de concentrações de PBZ, nas doses de 50 e 100 mg L⁻¹, via rega de mudas ou tratamento de sementes não alteram significativamente a produtividade. O tratamento das mudas, aos 15 DAS, com concentrações crescentes de PBZ induz a reduções na altura da planta avaliada aos 17, 34, 51 e 65 DAT, na taxa de crescimento absoluto da altura no intervalo entre o 17 e 34 DAT, na altura de inserção de primeiro cacho e fitomassa seca de folhas e hastes.

Independentemente do método de aplicação de PBZ, o aumento das concentrações reduz significativamente o vigor das brotações laterais e aumenta a produção de frutos pequenos.

Referências

- Almeida, J.A.S.; Pereira, M.F.D.A. 1996. Efeito de GA₃ e paclobutrazol no desenvolvimento vegetativo do girassol. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal* 9: 55-60.
- Arah, I.K.; Kumah, E.K.; Anku, E. K.; Amaglo, H. 2015. An overview of post-harvest losses in tomato production in Africa: causes and possible prevention strategies. *Journal of Biology, Agriculture and Healthcare* 5: 78-88.
- Benincasa, M.M.P. 1988. Análise de crescimento de plantas: noções básicas, Jaboticabal: FCAV-UNESP.
- Cockshull, K.E.; Graves, C.J.; Cave, C.R.J. 1992. The influence of shading on yield of glasshouse tomatoes. *Journal of Horticultural Science* 67: 11-24.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira De Pesquisa Agropecuária. 2013. Sistema brasileiro de classificação de solos. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. 3. ed. Rio de Janeiro, Brasil.
- FAO. Faostat: Agricultural Statistics Database 2013. Disponível em: <http://faostat3.fao.org/download/Q/QC/E>
- Fletcher, R.A.; Gilley, A.; Sankhla, N.; Davis, T. 2000. Triazoles as plant growth regulators and stress protectants. *Horticultural reviews* 24: 55-138.
- Hahn, F. 2011. Manejo automático de malla sombra y del riego en un invernadero con tomates. *Scientia Agropecuaria* 2: 31-37.
- Pasian, C.C.; Bennett, M. 2001. Paclobutrazol soaked marigold, geranium, and tomato seeds produce short seedlings. *HortScience*, 36: 721-731.
- Papadopoulos, A.P. 1991. Growing greenhouse tomatoes in soil and in soilless media. Agriculture Canada Publication. Ottawa, Canadá.
- Raij, B. Van; Cantarella, H.; Quaggio, J.A.; Furlani, A.M.C. 1997. Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo. Instituto Agrônômico / Fundação IAC. Campinas, Brasil.
- Reis, L. S., De Azevedo, C. A., Albuquerque, A. W., Junior, S., & Josué, F. 2013. Leaf area index and productivity of tomatoes under greenhouse conditions. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 17: 386-391.
- Sankar, B.; Karthiashwaran, K.; Somasundaram, R. 2013. Leaf anatomical changes in peanut plants in relation to drought stress with or without paclobutrazol and ABA. *Journal of Phytology* 5: 25-29.
- Seleguini, A.; Faria-Júnior, M.J.A.; Benett, K.S.S.; Lemos, O.L.; Seno, S. 2013. Estratégias para produção de mudas de tomateiro utilizando paclobutrazol. *Semina: Ciências Agrárias* 34: 539-548.
- Silva, K.S.; Faria-Júnior, M.D.A. 2011. Uso de paclobutrazol como estratégia para redução do porte e da brotação lateral de plantas de tomateiro. *Ciência e Agrotecnologia* 35: 539-546.
- Taiz, L.; Zeiger, E. 2013. *Fisiologia vegetal*. 5.ed. Artmed. Porto Alegre, Brasil.
- Tekalign, T.; Hammes, P.S. 2005. Growth and biomass production in potato grown in the hot tropics as influenced by paclobutrazol. *Plant Growth Regulation* 35: 37-46.