

CHRISTIANE DE FÁTIMA MARTINS FRANÇA

**PRODUÇÃO EM VASO E PÓS-COLHEITA DE HASTES DE
PIMENTAS ORNAMENTAIS (*Capsicum spp.*)**

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

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2015

**Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Câmpus Viçosa**

T

F814p
2015

França, Christiane de Fátima Martins, 1984-
Produção em vaso e pós-colheita de hastes de pimentas
ornamentais (*Capsicum* spp.) / Christiane de Fátima Martins
França. – Viçosa, MG, 2015.
x, 52f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Orientador: Fernando Luiz Finger.
Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.
Inclui bibliografia.

1. Pimenta. 2. *Capsicum*. 3. Pimenta - Pós-colheita.
4. Pimenta - Armazenamento. 5. Plantas ornamentais. 6. Plantas
em vaso. 7. Paclobutrazol. 8. Fungicida. I. Universidade Federal
de Viçosa. Departamento de Fitotecnia. Programa de
Pós-graduação em Fitotecnia. II. Título.

CDD 22. ed. 636.6436

CHRISTIANE DE FÁTIMA MARTINS FRANÇA

**PRODUÇÃO EM VASO E PÓS-COLHEITA DE HASTES DE PIMENTAS
ORNAMENTAIS (*Capsicum spp.*)**

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


APROVADA: 16 de julho de 2015.



Teresa Drummond Correia Mendes



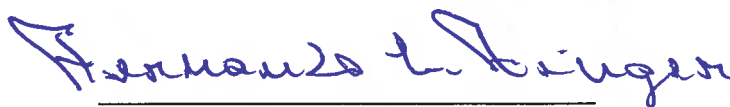
Cleide Maria Ferreira Pinto



Vicente Wagner Dias Casali
(Coorientador)



Paulo Roberto Cecon
(Coorientador)



Fernando Luiz Finger
(Orientador)

Por vezes, sentimos que aquilo que fazemos não é senão uma gota de água no mar.

Mas o mar seria menor se lhe faltasse uma gota.

(Madre Teresa de Calcutá)

Ao meu padrinho Mário Lúcio (Balú), a quem
devo a alegria de ter chegado até aqui, pela
confiança e apoio incondicional,

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus, em primeiro lugar, pela oportunidade e pela força para trilhar com sucesso, o caminho que escolhi.

À Universidade Federal de Viçosa, em particular ao programa de pós-graduação em Fitotecnia, pela acolhida durante esses 6 anos, à CAPES e ao CNPQ, pela concessão da bolsa de estudo.

Ao meu orientador, Prof. Fernando Luiz Finger, pela confiança, por toda paciência, conselhos e suporte durante todo o mestrado e doutorado.

Ao Dr. John Dole (North Carolina State University) expresse minha gratidão, pela confiança, permitindo minha ida para os EUA, a fim de ampliar meus conhecimentos científicos e culturais, e por todo conhecimento compartilhado.

À Dra. Alicain Carlson pela ajuda durante todo período do meu doutorado sanduíche.

Às funcionárias do departamento de Fitotecnia, Tatiane, Marise e Cássia, por estarem sempre dispostas a resolver os problemas burocráticos, e em especial ao Geraldo pelo apoio técnico na realização das pesquisas.

Ao Prof. Paulo Roberto Cecon, pela providencial ajuda nas análises estatísticas, pela atenção, amizade e boa vontade e à Prof. Elizanilda pelo suporte.

À Mirelle e ao Wellington pela ajuda nas avaliações dos experimentos.

Aos meus amigos, por estarem sempre presentes e não me deixarem desanimar quando tudo parecia tão difícil, em especial, a minha grande amiga Denise Vilela que sempre acreditou em mim e me motivou a superar os obstáculos.

À minha mãe pelas orações e palavras de motivação quando precisei.

Ao amigo, Prof. Evaldo Vilela pelos valiosos conselhos durante toda graduação e pós-graduação e por ser o exemplo de sucesso no qual sempre me espelhei.

Ao meu padrinho Mário Lúcio (Balú), que me deu a oportunidade de estudar em uma grande universidade como a UFV, e por todo apoio em continuar seguindo a vida acadêmica, minha gratidão incondicional.

O meu sincero reconhecimento e a minha gratidão a todos que, direta ou indiretamente, deram a sua contribuição para a realização deste trabalho.

BIOGRAFIA

Christiane de Fátima Martins França, filha de Márcia Mariza Martins, nasceu em Sete Lagoas, Minas Gerais, no dia 13 de maio de 1984.

Em julho de 2009, graduou-se em Agronomia pela Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa, MG.

Em agosto de 2009, iniciou o curso de Mestrado no Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia pela Universidade Federal de Viçosa, obtendo o título de mestre em Fitotecnia em julho de 2011.

Em agosto de 2011, iniciou o curso de Doutorado no Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia pela Universidade Federal de Viçosa, submetendo-se à defesa de tese em julho de 2015.

SUMÁRIO

RESUMO	vii
ABSTRACT	ix
INTRODUÇÃO GERAL	1
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	5
ARTIGO 1.....	8
EFEITO DO PACLOBUTRAZOL NA REGULAÇÃO DO CRESCIMENTO E NA QUALIDADE ORNAMENTAL DE PIMENTEIRAS.....	8
RESUMO	9
ABSTRACT	10
INTRODUÇÃO	11
MATERIAL E MÉTODOS.....	12
RESULTADOS E DISCUSSÃO	14
CONCLUSÕES	22
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	23
ARTIGO 2.....	25
OPTIMAL POSTHARVEST HANDLING PROTOCOLS FOR CUT CAPSICUM.....	25
ABSTRACT	26
INTRODUCTION	27
MATERIALS AND METHODS.....	30
Plant material and measurements.....	30
Harvest stage and procedures	31
Cold Storage duration and procedures	33
Ethylene sensitivity and anti-ethylene compounds	33
Defoliation treatments	33
Hydrator and holding preservatives	34
Statistical analyses	34
RESULTS AND DISCUSSION.....	34
Harvest stage and procedures	34
Cold storage duration and procedures	37
Ethylene sensitivity and anti-ethylene compounds	40
Defoliation treatments	41
Hydrator and holding preservatives	43
CONCLUSIONS	48

ACKNOWLEDGEMENTS.....	48
REFERENCES	49
CONCLUSÕES GERAIS	52

RESUMO

FRANÇA, Christiane de Fátima Martins, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, julho de 2015. **Produção em vaso e pós-colheita de hastes de pimentas ornamentais (*Capsicum spp*)**. Orientador: Fernando Luiz Finger. Coorientadores: Paulo Roberto Cecon, Vicente Wagner Dias Casali.

O cultivo de pimenteiras como planta ornamental de vaso e corte tem se expandido consideravelmente no Brasil e no mundo. Foi realizado um experimento durante a produção de pimentas ornamentais envasadas com o objetivo de avaliar o efeito do paclobutrazol no crescimento e qualidade ornamental de duas variedades comerciais de pimentas (Iracema Biquinho Vermelha e Bode Amarela), e em dois acessos do banco de germoplasma da Universidade Federal da Paraíba (2334PB e 2345PB). Outros cinco experimentos pós-colheita utilizando pimenteiras ornamentais de corte foram realizados. Quatro deles utilizando as cultivares ‘Rio Light Orange’ e ‘Cappa Rond Red’: 1- estágio de desenvolvimento e procedimentos na colheita, 2- duração e procedimentos do armazenamento a frio, 3-sensibilidade ao etileno e compostos anti-etileno, 4-tratamentos de desfolhação. O quinto experimento foi conduzido utilizando 10 cultivares de pimenteiras ornamentais, ‘Tall Round Yellow’, ‘Stromboli’, ‘Rooster’, ‘Rio Yellow’, ‘Rio Light Orange’, ‘On Top Round Orange’, ‘On Top Round Black’, ‘Cappa Round Red’, ‘Back Pearl’ e a cultivar 441525 da Universidade de Cornell, visando obter respostas pós-colheita a preservativos florais de hidratação e manutenção. No experimento de produção das pimenteiras envasadas, a utilização da concentração de 20 mg L⁻¹ de paclobutrazol na variedade comercial Bode Amarela, e nas plantas do acesso 2345PB resultaram em plantas com altura adequada a finalidade de ornamentação, sem alterar as características dos frutos e sem apresentar sintomas de fitotoxicidade. Nos experimentos pós-colheita, a vida de vaso de hastes da cultivar ‘Rio Light Orange’ foi prolongada quando colhidas com frutos parcialmente maduros. O estágio de desenvolvimento do fruto na colheita não afetou a vida de vaso da cultivar ‘Cappa Round Red’. Nas duas cultivares, quando colhidas e mantidas em água, as hastes mostraram menor incidência de murcha da folhagem. O armazenamento a frio, em água, foi tolerado por até uma semana pela cultivar ‘Rio Light Orange’ e por até duas semanas pela cultivar ‘Cappa Round Red’. Essas cultivares não responderam ao etileno exógeno na concentração de 1.0 µL L⁻¹ por 16h, e agentes anti-etileno tiveram mínimo efeito nas características pós-colheita. Os tratamentos de desfolhação aplicados nesse estudo não mostraram clara resposta, portanto, não é possível fazer nenhuma

recomendação quanto a remover com sucesso a folhagem de pimentas ornamentais sem reduzir a vida de vaso. Uso de solução de manutenção, independentemente do uso prévio de solução de hidratação, prolongou a vida de vaso das pimentas ornamentais ‘Black Pearl’, ‘Rooster’ e ‘Stromboli’. Em geral, o uso de solução de hidratação ou reduziu ou não teve efeito na vida de vaso e portanto, não deve ser usado. Além disso, uso de solução de manutenção manteve a folhagem túrgida por mais tempo. A vida de vaso das pimentas ornamentais ‘Rio Light Orange’ e ‘Cappa Round Red’ pode ser prolongada seguindo apropriados procedimentos de manuseio pós-colheita. O uso de solução de manutenção pode ser benéfico para à vida de vaso e a qualidade da folhagem de várias cultivares de pimentas testadas nesse estudo.

ABSTRACT

FRANÇA, Christiane de Fátima Martins, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, July, 2015. **Potted production and postharvest of ornamental peppers stems (*Capsicum spp.*)**. Adviser: Fernando Luiz Finger. Co-advisers: Paulo Roberto Cecon, Vicente Wagner Dias Casali.

The peppers growth as a pot ornamental plant has been expanded considerably in Brazil and in the world. An experiment was conducted during the production of potted ornamental peppers in order to evaluate the effect of paclobutrazol in the growth and ornamental quality of two commercial varieties of peppers (Iracema Biquinho Vermelha and Bode Amarela), and in two accesses of the germoplasm bank of Federal University of Paraíba (2334PB and 2345PB). Other five postharvest experiments using cut ornamental peppers were conducted. Four of them using the cultivars 'Rio Light Orange' and 'Cappa Round Red': 1-harvest stage and procedures, 2-cold storage and duration, ethylene sensitivity and anti-ethylene compounds, 4-defoliation treatments. The fifth experiment was conducted using 10 varieties of ornamental pepper, 'Tall Round Yellow', 'Stromboli', 'Rooster', 'Rio Yellow', 'Rio Light Orange', 'On Top Round Orange', 'On Top Round Black', 'Cappa Round Red', 'Back Pearl' and the cultivar 441525 from Cornell University to identify postharvest responses to commercial hydrator and holding floral preservatives. In the ornamental pepper production, the use of paclobutrazol 20 ppm concentration in the commercial variety Bode Amarela and in the access 2345PB resulted in plants with suitable height for the purpose of ornamentation without changing the characteristics of fruits and without phytotoxicity symptoms. In the postharvest experiments, vase life of 'Rio Light Orange' stems was extended when harvested with fruits partially mature. The stage of development of the fruits at harvest did not affect the vase life of the cultivar 'Cappa Round Red'. In both cultivars, when harvested and kept in water, stems showed less incidence of wilted foliage. Cold storage, in water, was tolerated for up to one week for the cultivar 'Rio Light Orange' and for up to two weeks for the cultivar 'Cappa Round Red'. These cultivars did not respond to exogenous ethylene at a concentration of 1.0 $\mu\text{L L}^{-1}$ for 16h and anti-ethylene agents had minimal effect on postharvest characteristics. Defoliation treatments applied in this study did not show a clear response and therefore it is not possible make any recommendations on how to successfully remove the foliage of ornamental peppers without reducing vase life. The use of a holding solution, regardless of prior use of a hydrator solution increased vase

life of 'Black Pearl', 'Rooster' and 'Stromboli' ornamental peppers. In general, use of a commercial hydrator either reduced or had no effect on vase life and thus, should not be used. Moreover, use of a holding solution kept the foliage turgid longer. Vase life of 'Rio Light Orange' and 'Cappa Round Red' ornamental peppers can be extended following proper postharvest handling procedures and the use of a holding solution can be beneficial on vase life and in the foliage quality of many cultivars of peppers tested in this study.

INTRODUÇÃO GERAL

A pimenta é uma hortaliça pertencente à família Solanaceae e ao gênero *Capsicum*. Originária da América Central e Sul, essa hortaliça foi descoberta pelos navegadores de Portugal e Espanha no final do século XV juntamente com várias outras plantas cultivadas. A partir daí, os nativos das Américas começaram a utilizar a cultura de diversas maneiras, tanto na culinária, cura de doenças e desde essa época, como plantas ornamentais nos arredores das casas (Dewitt e Bosland, 1996; Bosland, 1999; Bosland e Votava, 2000). O uso de pimentas em ornamentação se deve a presença de características que conferem valor estético as plantas, como folhagem variegada e frutos de coloração intensa que contrastam com a folhagem (Carvalho et al., 2006).

O setor de floricultura e plantas ornamentais vem crescendo nos recentes anos, no Brasil e nos Estados Unidos (USDA, 2000; Ibraflor, 2015). No Brasil, o principal uso das pimentas em ornamentação se dá pelo cultivo em vasos, embora nos últimos anos, tenha havido tendência à utilização como planta ornamental de corte, na composição de arranjos florais diversos, como já vindo sendo feito nos Estados Unidos (Wien e Mazourek, 2012).

Para o cultivo em vaso, há um reduzido número de cultivares de pimentas disponíveis, visto que a maioria das plantas do gênero *Capsicum* possui porte relativamente elevado, e foram selecionadas para o cultivo em campo, com o objetivo de produção de frutos para o consumo in natura ou processamento industrial. Os bancos de germoplasma de *Capsicum* do Brasil possuem em seu acervo, acessos de alto potencial ornamental, porém, alguns deles apresentam a limitação de não se adaptarem ao cultivo em pequenos vasos devido ao porte elevado. Plantas cultivadas em vaso, com porte elevado, podem ter a altura reduzida pelo uso de reguladores de crescimento.

Paclobutrazol (PBZ) é um efetivo regulador de crescimento de plantas, que inibe a síntese de giberelina, reduzindo o comprimento dos entrenós (Ribeiro et al., 2011). Esse regulador de crescimento vem sendo utilizado com esse propósito em diversas espécies de plantas ornamentais (Rademacher, 2000). Paclobutrazol é utilizado a fim de produzir plantas de vasos e de canteiros compactas e resistentes, melhorar a cor verde da folha, reforçar a haste da flor e promover a resistência da folha ao stress ambiental (Havely, 1986). A efetividade do PBZ em reduzir o crescimento das plantas varia em função do estágio de desenvolvimento da planta no momento da aplicação, da concentração do produto (Finger et al., 2012), da espécie, cultivar e do modo de aplicação (Rademacher, 2000). A aplicação de PBZ diretamente no solo ou substrato de

cultivo é mais uniforme e mais eficaz em baixas concentrações comparado a sua aplicação via pulverização foliar (Currey e Lopez, 2009). Paclobutrazol foi efetivo em controlar o crescimento de pimenta ‘Pitanga’, da espécie *Capsicum chinense* (Grossi et al., 2005), reduziu significativamente a altura de plantas de *Consolida orientalis* (Mansuroglu et al., 2009), girassol e orquídea (Wanderley et al., 2014a e 2014b). Quando aplicado na concentração de 12 ppm, diretamente no solo de cultivo, paclobutrazol foi efetivo em controlar o crescimento vegetativo de *Gardenia jasminoides* cultivar ‘Veitchii’ (Baerdemaeker et al., 1994). Poucos trabalhos tem sido publicados em relação aos efeitos do PBZ em controlar o crescimento de pimenteiros, tanto naquelas já utilizadas para o consumo in natura, como em acessos disponíveis nos bancos de germoplasma do país.

Pimentas ornamentais são também comercializadas como plantas ornamentais de corte, sendo incluídas em decorações, tais como coroas que são populares no sudoeste dos Estados Unidos (Bosland, 1996) e arranjos florais de outono (Wien e Mazourek, 2013). As cultivares de pimenta ‘Rio Light Orange’ e ‘Cappa Round Red’, ambas *Capsicum annuum*, são comumente utilizadas como pimentas ornamentais de corte nos Estados Unidos. As hastes de ‘Cappa Round Red’ são fortes e compridas e seus frutos brilhantes avermelhados são de bom comprimento e qualidade. ‘Rio Light Orange’, com seus grandes frutos alaranjados, é a primeira pimenta ornamental não ramificada usada como corte. Os frutos atrativos de ambas cultivares fazem delas uma adição única a buquês de flores de corte. Diferentemente do cultivo de pimentas em vaso, para o uso de pimentas como plantas ornamentais de corte, porte alto é característica desejável e essencial na escolha das espécies a serem utilizadas.

A procura por novas espécies e cultivares de corte no setor de floricultura e plantas ornamentais a fim de satisfazer as preferências dos consumidores tem sido frequente. Entretanto, para produtores, atacadistas e varejistas aceitarem essas novas espécies e cultivares, apropriada informação sobre o adequado manuseio pós-colheita deve estar disponível (Regan e Dole, 2010). Embora muitas cultivares de pimentas tenham significativo valor ornamental, os procedimentos de manuseio pós-colheita são ainda desconhecidos.

Soluções de hidratação e manutenção, são comumente usadas a fim de prolongar a vida de vaso de flores de corte. Soluções de hidratação são usadas visando estimular a absorção de água e não são recomendadas para uso por mais de 24 h. Entretanto, soluções de manutenção podem ser usadas por 24 h ou mais, especialmente durante transporte e armazenamento a fim de prolongar a vida de vaso (Armitage e Laushman,

2003; Dole e Wilkins, 2005). Soluções de hidratação possuem compostos que reduzem o pH, melhorando a absorção de água, mas não há açúcar em sua composição. Entretanto, a solução de manutenção contém uma fonte de carboidrato, um agente antimicrobiano e um agente acidificante (Dole e Wilkins, 2005; Havelly e Mayak, 1981). O carboidrato fornece uma fonte de energia, o agente antimicrobiano previne o crescimento microbiano, e o agente acidificante estimula a absorção de água. Soluções de manutenção com alta porcentagem de carboidratos ajudam na abertura de botões e no desenvolvimento floral (Armitage e Laushman, 2003).

O estágio de desenvolvimento das hastes na colheita e como elas são mantidas logo após a colheita, se a seco ou em água, podem diretamente influenciar a vida de vaso de flores de corte. A vida de vaso de hastes de celosia cultivar 'Fire chief' (*Celosia argentea*) e snapdragon cultivar 'Chantilly Yellow' (*Antirrhinum majus*) foram prolongadas quando colhidas em estágio inicial de desenvolvimento e inafetada pela manutenção das hastes a seco ou em água durante a colheita (Ahmad e Dole, 2014). Algumas espécies como zinnia (*Zinnia elegans* Jacq.) e lisianthus [*Eustoma grandiflorum* (Raf.) Shinn.] precisam ser colocadas em água ou em uma solução de hidratação imediatamente após a colheita (Nowak e Rudnicki, 1990; Ahmad et al., 2012), entretanto, Marigold (*Tagetes erecta* L.) (Ahmad et al., 2012) e rosas (*Rosa* L.) (Macnish et al., 2009) podem ser mantidas à seco após a colheita sem nenhuma perda significativa de qualidade.

Etileno é um dos principais fatores que aceleram a senescência de frutos, flores e folhas (Serek et al., 2006) e reduz a vida de vaso em muitas espécies de flores de corte (Dole et al., 2005). Produtos com ação anti-etileno, como tiosulfato de prata (STS) e 1-metilciclopropeno (1-MCP), são pré-tratamentos que previnem os danos causados pelo etileno e tem sido utilizados na indústria de flores de corte para aumentar a vida de vaso (Blankenship e Dole, 2003; Serek et al., 1995). Entretanto, por conter metal pesado, STS tem sido criticado por questões ambientais e tem sido banido em muitos países (Marandi et al., 2011). 1-MCP é um composto não tóxico que se liga irreversivelmente aos sítios de ligação do etileno e é ativo em baixas concentrações (Serek e Sisler, 2001). A aplicação de 10 µL/L de etileno na cultivar de pimenta ornamental 'Calypso' promoveu abscisão de 100% das folhas e nenhuma abscisão de frutos, porém, quando foram tratadas previamente com 1-MCP não ocorreu nenhuma abscisão foliar (Segatto et al., 2013). A sensibilidade ao etileno pode variar com as espécies e mesmo entre cultivares como foi observado em pimentas ornamentais de vaso (Segatto et al., 2013) e deve também ser testada em pimentas de corte.

O armazenamento a baixas temperaturas é fator chave na pós-colheita de flores de corte, pois reduz as taxas respiratórias e a taxa de crescimento microbiano (van Doorn e de Witte, 1991), entretanto, muitas espécies de flores de corte respondem diferentemente a baixas temperaturas. Além da temperatura de armazenamento, o tempo de exposição e a suscetibilidade do fruto ao frio são fatores que afetam o desenvolvimento dos sintomas de injúria e podem diretamente influenciar a vida pós-colheita. A sensibilidade dos frutos a injúria por frio é devida a vários fatores endógenos e ambientais, incluindo espécies e cultivares (Mapelli et al., 2011). O escurecimento de celosia ‘Forest Fire’ foi reportado devido ao armazenamento a frio a 2 °C (Redman et al., 2002) enquanto celosia ‘Fire Chief’ não tolerou armazenamento a frio por mais de uma semana e a maior vida de vaso dessa cultivar foi observada em hastes não armazenadas (Ahmad e Dole, 2014). O procedimento de armazenamento, se as hastes são armazenadas a seco ou em água, pode também influenciar a vida de vaso. Regan e Dole (2010) encontraram que *Mathiola incana* (L.) R. Br ‘Vivas blue’ stock deve ser mantida a seco a 2 °C por 4 a 7 dias para se obter maior vida de vaso. Algumas espécies como zinnia e gérbera (*Gerbera jamesonii* Bolus ex Hooker f) não se adaptam bem ao armazenamento a seco (Nowak e Rudnicki 1990; Ahmad et al., 2012). Atualmente, não há específicas recomendações quanto ao tempo e procedimentos de armazenamento em pimentas de corte.

A folhagem de pimentas ornamentais normalmente murcha após o corte das hastes, e é geralmente removida. Após o uso de soluções de hidratação e manutenção, Clark et al. (2010) observaram que a folhagem murchava rapidamente enquanto os frutos ainda estavam apresentáveis, concluindo que a folhagem deveria ser removida na colheita. Hastes desfolhadas evitam queda de folhas mortas e senescentes no chão dos refrigeradores, prevenindo doenças e são mais fáceis de trabalhar e armazenar (Green e Dole, 2008). Métodos de fácil desfolhação, tais como aplicação de etileno ou armazenamento no escuro ou a frio, seriam úteis pois a desfolhação manual é trabalhosa e cara.

Os objetivos desse estudo foram avaliar o efeito do paclobutrazol no crescimento e nas características que conferem valor estético às plantas em duas variedades comerciais (Iracema Biquinho Vermelha e Bode Amarela), e em dois acessos de pimentas do banco de germoplasma da Universidade Federal da Paraíba (2334PB e 2345PB) cultivadas em vaso, determinar os procedimentos de manuseio pós-colheita ótimos das cultivares de pimenta ‘Rio Light Orange’ e ‘Cappa Round Red’ e

identificar respostas pós-colheita a preservativos florais de hidratação e manutenção em 10 cultivares de pimentas ornamentais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AHMAD, I.; DOLE, J.M.; AMJAD, A.; AHMAD, S. Dry storage effects on postharvest performance of selected cut flowers. **Hortechology**, v.22, n.4, p.463-469, 2012.

AHMAD, I.; DOLE, J.M. Optimal postharvest handling protocols for *Celosia argentea* var. *cristata* L. 'Fire Chief' and *Antirrhinum majus* L. 'Chantilly Yellow. **Scientia Horticulturae**, v.17, p.308-316, 2014.

ARMITAGE, A.M.; LAUSHMAN, J.M. **Specialty cut flowers**, 2nd ed. Timber Press, Portland, OR, 2003.

BAERDEMAEKER, C.I.; van HUYLENBROECK; DEBERGH, P.C. Influence of paclobutrazol and photoperiod on growth and flowering of *Gardenia jasminoides* Ellis cultivar 'Veitchii'. **Scientia Horticulturae**, v.58, p.315-324, 1994.

BLANKENSHIP, S.M.; DOLE, J.M. 1-Methylcyclopropene: a review. **Postharvest Biology and Technology**, v.28, p.1-25, 2003.

BOSLAND, P.W. **Capsicums: Innovative uses of an ancient crop**. In: J. Janick (ed.), *Progress in new crops*. ASHS Press, Arlington, VA., p.479-487, 1996.

BOSLAND, P.W. Chiles: a gift from a fiery god. **HortScience**, Pleasanton, v.34, p. 809-811, 1999.

BOSLAND, P.W.; VOTAVA, E.J. **Peppers: vegetable and spice Capsicums**. *Crops Production Science in Horticulture*, Wallingford, v.12, n.1, p.204, 2000.

CARVALHO, S.I.C.; BIANCHETTI, L.B; RIBEIRO, C.SC.; LOPES, C.A. **Pimentas do gênero Capsicum no Brasil**. Brasília: Embrapa Hortaliças (Documentos, 94), 27p., 2006.

CURREY, C.J.; LOPEZ, R.G. Applying plant growth retardants for height control. In: **Commercial greenhouse and nursery production**. Purdue Extension, 10p., 2009.

DEWITT, D.; BOSLAND, P.W. **Peppers of the world: an identification guide**. Berkeley: Ten Speed. 219p., 1996.

DOLE, J.M.; WILKINS, H.F. **Floriculture: principles and species**, 2nd ed. Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ, 2005.

DOLE, J.M.; FONTENO, W.C.; BLANKENSHIP, S.M. Comparison of silver thiosulfate with 1-methylcyclopropene on 19 cut flower taxa. **Acta Horticulturae**, v.682, p.949-953, 2005.

FINGER, F.L.; RÊGO, E.R.; SEGATTO, F.B.; NASCIMENTO, N.F.F.; RÊGO, M.M. Produção e potencial de mercado para pimenta ornamental. **Informe Agropecuário**, v.33, n.267, p.14-20, 2012.

GREER, L.; DOLE, J.M. Defoliation, In: Woody cut stems for growers and florists. How to produce and use branches for flowers, fruit and foliage. Timber Press, Portland, OR, p. 63-79, 2008.

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

HAVELY, A.H.; MAYAK, S. Senescence and postharvest physiology of cut flowers. Part 2. **Horticultural Reviews**. v.3, p.59-143, 1981.

HAVELY, A.H. Recent advances in the use of growth substances in ornamental horticulture. **Plant Growth Substances**, Heidelberg, Berlin, West Germany, p.391-398, 1986.

INSTITUTO BRASILEIRO DE FLORICULTURA, IBRAFLOR. **O mercado de flores no Brasil**. Available in: <http://www.ibraflor.com/publicacoes/vw.php?cod=235/>, acesso em 20 de maio de 2015.

MACNISH, A.J.; de THEIJE, A., REID, M.S, JIANG, C.Z. An alternative postharvest handling strategy for cut flowers –dry handling after harvest. **Acta Horticulturae**, v.847, p.215-222, 2009.

MANSUROGLU, S.; KARAGUZEL, O.; ORTACESME, V.; SAYAN, M.S. Effect of paclobutrazol on flowering, leaf and flower colour of *consolida orientalis*. **Pakistan Journal of Botany**, v.41, n.5, p.2323-2332, 2009.

MAPELI, A.M.; MOREIRA, M.A.; FINGER, F.L. Fisiologia e conservação pós-colheita de pimentas, In: Elizanilda Ramalho do Rego, Fernando Luiz Finger, Mailson Monteiro do Rego (org). **Produção, genética e melhoramento de pimentas (Capsicum spp.)** 1 ed. Recife, Imprima, p.71-92, 2011.

MARANDI, R.J.; HASSANI, A.; ABDOLLAHI, A.; HANAFI, S. Improvement of the vase life of cut gladiolous flowers by essential oils, salicylic acid and silver thiosulfate. **Journal of Medicinal Plants Research**, v.5, n.20, p.5039-5043, 2011.

NOWAK, J.; RUDINICKI, R.M. **Postharvest Handling and Storage of Cut Flowers, Florist Greens, and Potted Plants**. Timber press, Portland, OR, 1990.

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

REDMAN, P.B.; DOLE, J.M.; MANESS, N.O.; ANDERSON, J.A. Postharvest handling of nine specialty cut flowers species. **Scientia Horticulturae**, v.92, p.293-303, 2002.

REGAN, E.M.; DOLE, J.M. Postharvest handling procedures of *Matthiola incana* 'Vivas Blue'. **Postharvest Biology and Technology**, v.58, p.268-273, 2010.

RIBEIRO, D.M.; MULLER, C.; BEDIN, J.; ROCHA, G.B.; BARROS, R.S. Effects of autoclaving on the physiological action of paclobutrazol. **Agricultural Science**, v.2, p.191-197, 2011.

SEGATTO, F.B.; FINGER, F.L.; BARBOSA, J.G.; REGO, E.R.R.; PINTO, C.M.F. Effects of ethylene on the post-production of potted ornamental peppers (*Capsicum annum* L.). **Acta Horticulturae**, v.1000, p.217-222, 2013.

SEREK, M.; SISLER, E.C.; REID, M.S. Effects of 1-MCP on the vase life and ethylene response of cut flowers. **Plant Growth Regulator**, v.16, p.93-97, 1995.

SEREK, M.; SISLER, E.C. Efficacy of inhibitors of ethylene binding in improvement of the postharvest characteristics of potted flowering plants. **Postharvest Biology and Technology**, v. 23, p.161-166, 2001.

SEREK, M.; WOLTERING, E.J.; SISLER, E.C.; FRELLO, S.; SRISKANDARAJAH, S. Controlling ethylene responses in flowers at the receptor level. **Biotechnology Advances**, v.24, p.368-381, 2006.

U.S DEPARTMENT OF AGRICULTURE. **Floriculture crops summary**. Natl. Agr. Stat. Serv., Washington, D.C, 2000.

VAN DOORN, W.G.; DE WITTE, Y. Effect of bacterial suspensions on vascular occlusion in stems of cut rose flowers. **Journal of Applied Bacteriology**, v.71, p.119-123, 1991.

WANDERLEY, C.S.; FARIA, R.T.; VENTURA, M.U.; VENDRAME, W. The effect of plant growth regulators on height control in potted *Arundina graminifolia* orchids (Growth regulators in *Arundina graminifolia*). **Acta Scientiarum**, v.36, n.4, p.489-494, 2014a.

WANDERLEY, C.S.; FARIA, R.T.; REZENDE, R. Crescimento de girassol como flor em vaso em função de doses de paclobutrazol. **Revista Ceres**, v.61, n.1, p.35-41, 2014b.

WIEN, C.; MAZOUREK, M. A new look at ornamental peppers In: **The cut flower quarterly**. **Association of specialty cut flowers growers**. v.25, n.1, p.38-39, 2013.

ARTIGO 1

**EFEITO DO PACLOBUTRAZOL NA REGULAÇÃO DO CRESCIMENTO E
NA QUALIDADE ORNAMENTAL DE PIMENTEIRAS**

EFEITO DO PACLOBUTRAZOL NA REGULAÇÃO DO CRESCIMENTO E QUALIDADE ORNAMENTAL DE PIMENTEIRAS

RESUMO

O objetivo desse trabalho foi avaliar o efeito do paclobutrazol (PBZ) no crescimento e em características que conferem valor estético às plantas em duas variedades comerciais de pimentas (Iracema Biquinho Vermelha e Bode Amarela), e em dois acessos do banco de germoplasma da Universidade Federal da Paraíba (2334PB e 2345PB). Foram aplicados 250 mL de paclobutrazol nas concentrações de 0, 20, 40 e 60 mg L⁻¹ aos 28 dias após o transplante. Foram avaliadas a altura das plantas, compactidade da copa, intensidade de cor verde das folhas, número de frutos e de folhas, diâmetro e comprimento dos frutos, quando as plantas alcançaram a maturidade comercial, ou seja, quando 50% das plantas de cada tratamento estavam com 30% de frutos maduros. A utilização da concentração de 20 mg L⁻¹ de PBZ nas pimenteiras da variedade comercial Bode Amarela, e nas plantas do acesso 2345PB proporcionou às plantas, altura adequada a utilização com finalidade de ornamentação, sem alterar as características dos frutos, sem apresentar sintomas de fitotoxicidade.

PALAVRAS-CHAVE: Capsicum, Paclobutrazol, Altura, Pimentas ornamentais.

EFFECT OF PACLOBUTTAZOL ON GROWTH REGULATION AND ORNAMENTAL QUALITY OF PEPPER PLANTS

ABSTRACT

The goal of this study was to evaluate paclobutrazol (PBZ) effect on growth and in the features which provide aesthetic value to the plants in two commercial varieties of peppers (Iracema Biquinho Vermelha and Bode Amarela) and in two access of the Germoplasm Bank of Federal University of Paraíba (2334PB and 2345PB). 28 days after transplanting were applied 250 mL of paclobutrazol at concentrations 0, 20, 40 and 60 mg L⁻¹. It was evaluated the plants height, canopy compactness, green color intensity of leaves, number of fruits and leaves, diameter and length of the fruits at the time when the plants reached the market maturity, that is, when 50% of the plants of each treatment were with 30% of maturity fruits. The use of the 20 mg L⁻¹ concentration of PBZ in the peppers plants from the commercial variety Bode Amarela, and in the plants of the 2345PB access gave rise to plants of suitable height for use as an ornamental plant without change the fruit features without showing phytotoxicity symptoms.

KEYWORDS: Capsicum, Paclobutrazol, Height, Ornamental Peppers.

INTRODUÇÃO

As pimenteiras são plantas pertencentes à família Solanacea e ao gênero *Capsicum*. O cultivo de pimenteiras como planta ornamental de vaso tem se expandido consideravelmente no Brasil e no mundo (Finger et al., 2012). Além da importância culinária das pimentas, alguns tipos de pimenteiras do gênero *Capsicum* são utilizadas como plantas ornamentais por possuírem características que conferem valor estético, como folhagem variegada, pequeno porte, e frutos com coloração forte que contrastem com as folhagens (Carvalho et al., 2006; Rêgo et al., 2009).

Para fins ornamentais é necessário que as plantas de pimenta se adaptem ao cultivo em pequenos vasos. No entanto, há reduzido número de cultivares disponíveis, uma vez que a maioria das plantas do gênero *Capsicum* apresenta porte relativamente elevado. Os bancos de germoplasma de *Capsicum* do país possuem em seu acervo, acessos com características que conferem alto potencial ornamental, porém alguns não estão adaptados ao cultivo em pequenos vasos devido ao porte elevado.

Paclobutrazol (PBZ), efetivo regulador de crescimento de plantas, inibe a síntese de giberelina, reduzindo dessa forma o comprimento dos entrenós (Ribeiro et al., 2011), e vem sendo utilizado com esse propósito em várias espécies de plantas ornamentais (Rademacher, 2000). Na cultivar de pimenta da espécie *Capsicum chinense* denominada 'Pitanga', a concentração de 10 mg.L⁻¹ de paclobutrazol foi efetiva em controlar o crescimento das plantas (Grossi et al., 2005). Paclobutrazol reduziu significativamente a altura de plantas de *Consolida orientalis* com o aumento das concentrações de PBZ utilizadas (Mansuroglu et al., 2009) e em girassol, o uso de paclobutrazol na concentração de 2 mg.L⁻¹ reduziu efetivamente a altura sem afetar a qualidade da inflorescência (Wanderley et al., 2014a). Aplicação de paclobutrazol na concentração de 5 mg.L⁻¹ foi efetivo em reduzir a altura de plantas de orquídea, *Arundina graminifolia* (Wanderley et al., 2014b), e quando aplicado na concentração de 12 ppm, diretamente no solo de cultivo, foi efetivo em controlar o crescimento vegetativo de *Gardenia jasminoides* cultivar 'Veitchii' (Baerdemaeker et al., 1994). A efetividade do PBZ em reduzir o crescimento das plantas varia em função do estágio de desenvolvimento da planta no momento da aplicação, da concentração do produto (Finger et al., 2012), da espécie, cultivar e do modo de aplicação (Rademacher, 2000). Comparado com pulverização foliar, aplicação do PBZ direto no solo ou substrato de cultivo é mais uniforme e proporciona aumento da eficácia a baixas concentrações (Currey e Lopez, 2009).

Em floricultura, a classificação dos padrões de comercialização é instrumento importante que unifica a cadeia de produção. O critério de comercialização da pimenta ornamental mais aceito no Brasil é o padrão da Cooperativa Veiling Holambra. Este padrão considera que a qualidade da pimenteira ornamental quanto à altura, é determinada pela altura da planta, desde a borda do vaso, até a média final dos botões, medido pelo centro do vaso. Considera ainda que nos vasos de número 13, 14 e 15 a altura mínima da planta é de 12 cm e a máxima de 38,5 cm (VEILING, 2014).

Poucos trabalhos tem sido publicados em relação aos efeitos do PBZ em controlar o crescimento de pimentas com potencial ornamental, tanto naquelas já utilizadas para o consumo in natura, como em acessos disponíveis nos bancos de germoplasma do país. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito do paclobutrazol no crescimento e em características que conferem valor estético às plantas em duas variedades comerciais de pimentas (Iracema Biquinho Vermelha e Bode Amarela), e em dois acessos do banco de germoplasma da Universidade Federal da Paraíba (2334PB e 2345PB).

MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizadas duas variedades comerciais de pimenteiras com potencial ornamental, Bode amarela e Iracema Biquinho vermelha, ambas da espécie *Capsicum chinense* e dois acessos do banco de germoplasma da Universidade Federal da Paraíba, 2345PB e 2334PB das espécies, *Capsicum annuum* e *Capsicum chinense* respectivamente.

A semeadura foi realizada em ambiente protegido em bandejas de poliestireno preenchidas com substrato comercial Bioplant[®]. As mudas foram transplantadas em vasos de 900 mL (11 cm de altura, 9,5 cm de diâmetro basal, 13,5 cm diâmetro superior) contendo o mesmo substrato utilizado na semeadura, quando atingiram de dois a três pares de folhas. As plantas foram cultivadas em casa de vegetação sob condições naturais de luz na cidade de Viçosa, MG (20°45'S, 42°51'W).

No plantio, o substrato foi fertilizado com 2,5 g do formulado NPK 0-10-10. No decorrer do experimento, foram efetuadas adubações a cada 20 dias com 10g do formulado NPK 10-0-10. A irrigação foi realizada de uma a duas vezes ao dia, conforme a necessidade. O tutoramento das plantas foi realizado quando necessário e o manejo de plantas daninhas foi realizado manualmente também sempre que necessário.

Aos 28 dias após o transplantio foi aplicado em cada planta, 250 mL da solução do retardante de crescimento (paclobutrazol), diretamente no substrato de cultivo, nas concentrações de 0, 20, 40 e 60 mg L⁻¹, correspondendo a 0, 5, 10 e 15 mg do princípio ativo, respectivamente. O produto comercial utilizado foi o Cultar[®] 250SC. As plantas controle foram tratadas com 250 mL de água de torneira. Foram avaliadas a altura das plantas, compacidade da copa, intensidade de cor verde das folhas, número de frutos e de folhas, diâmetro e comprimento dos frutos, no momento em que as plantas alcançaram a maturidade comercial, ou seja, quando 50% das plantas de cada tratamento estavam com 30% de frutos maduros.

A altura das plantas foi medida a partir do nível do substrato até o topo da planta, tendo como referência a última folha completamente expandida. A compacidade da copa foi determinada fazendo-se duas medidas, uma no sentido longitudinal e outra no sentido transversal, e dividindo o menor do maior valor obtido. Valores mais próximos de 1 indicam copas mais circulares. A intensidade de cor verde das folhas foi determinada com o medidor de clorofila SPAD-502 (Spectrum Technologies Inc., Plainfield, IL), usando a média das medidas de nove folhas, sendo três da parte basal, três da parte mediana e três da parte superior de cada planta. Foi contado o número total de folhas e de frutos em cada planta. O diâmetro e comprimento dos frutos foram determinados com o auxílio de um paquímetro digital, utilizando-se a média das medidas de cinco frutos de cada planta, quando disponíveis, ou utilizando o número máximo de frutos da planta, quando a quantidade total dos frutos era menor que cinco.

O experimento foi conduzido em esquema fatorial 4 X 4 (4 variedades de pimenta, 4 concentrações de paclobutrazol) com cinco repetições em delineamento inteiramente casualizado. Os dados foram submetidos à análise de variância e regressão utilizando o programa SAEG (SAEG, UFV, Viçosa, MG). Os modelos foram escolhidos com base na significância dos coeficientes de regressão, utilizando o teste “t” de Student, adotando-se o nível de 10% de probabilidade no coeficiente de determinação e no fenômeno biológico. Para comparar as médias dos tratamentos com PBZ com o controle foi utilizado o teste de Dunnett, adotando-se o nível de 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O regulador de crescimento paclobutrazol (PBZ) reduziu a altura das plantas (Figuras 1a) e aumentou a intensidade de cor verde das folhas (Figura 1b), nas duas variedades comerciais e nos dois acessos testados. Houve grande redução na altura quando foi aplicada a concentração de 20 mg L⁻¹ com posterior estabilização com o aumento da concentração de PBZ, em todas as variedades e acessos testados. O mesmo ocorreu na intensidade de cor verde das folhas, pois houve grande aumento com a aplicação da concentração de 20 mg L⁻¹ de PBZ, que se estabilizou quando foram aplicadas as concentrações mais altas, 40 e 60 mg L⁻¹ de PBZ (Figura 1b). Efetivas reduções na altura das plantas com o uso do paclobutrazol também foram reportadas em tomate (Silva e Junior, 2011), *Consolida orientalis* (Mansuroglu et al., 2009), girassol (Wanderley et al., 2014a), orquídea (Wanderley et al., 2014b) e em pimenta ornamental 'Pitanga' (Grossi et al., 2005). Ainda há dúvidas se a aplicação de PBZ ocasiona o aumento na síntese de clorofila ou simplesmente gera um "efeito concentrador" devido à redução na expansão foliar (Davis et al., 1988), entretanto, em *Arabidopsis thaliana* foi observado um aumento significativo no teor de clorofila total em folhas completamente expandidas tratadas com paclobutrazol, significando aumento real na síntese de clorofila (Ribeiro et al., 2012).

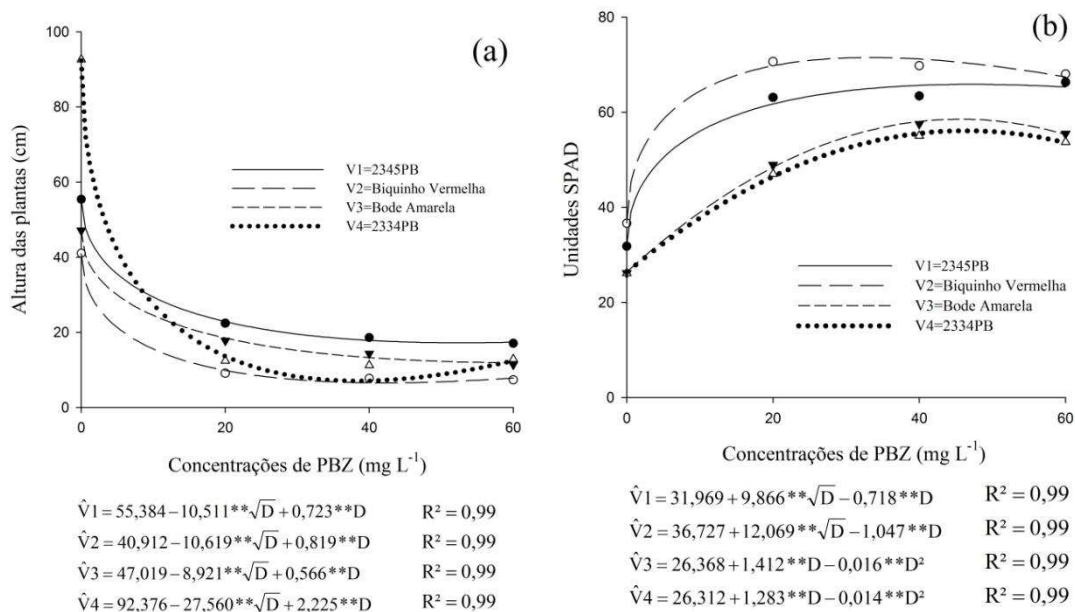


Figura 1- Alturas das plantas (a) e intensidade de cor verde das folhas (Unidades SPAD) (b) em função da concentração de paclobutrazol (mg L⁻¹) em duas variedades e dois acessos de pimenta: V1 (2345PB), V2 (Biquinho Vermelha), V3 (Bode Amarela) e V4(2334PB) **Significativo a 1% pelo teste “t”

Na variedade Iracema Biquinho Vermelha, ocorreram sintomas de fitotoxicidade proporcional ao aumento da concentração de PBZ. Nas plantas em que foram aplicadas as concentrações mais altas, 40 e 60 mg L⁻¹, houve alto grau de encarquilhamento das folhas, deixando-as quebradiças, intenso atrofiamento do crescimento e inibição da frutificação. Plantas de pimenta da variedade Pitanga mostraram severa redução na altura e os mesmos sintomas de fitotoxicidade quando foram aplicadas concentrações de 30 e 60 mg L⁻¹ de paclobutrazol (Grossi et al., 2005). Esses sintomas de fitotoxicidade foram mais brandos quando se aplicou a concentração de 20 mg L⁻¹ de PBZ, porém essas plantas não apresentaram características satisfatórias para seu uso como ornamental, pois ficaram excessivamente baixas (altura média de 9 cm), e com reduzido número de frutos e folhas, significativamente menores que o controle (Tabela 1). Houve redução de forma quadrática para o comprimento dos frutos (Figura 2c) com o aumento das concentrações de PBZ. Os frutos foram significativamente menores em comprimento comparados aos frutos das plantas controle em todas as concentrações de PBZ utilizadas (Tabela 2). Além disso, os poucos frutos dessas plantas se encontravam escondidos em meio às folhagens (Figura 3). Não houve variação do diâmetro dos frutos e da compacidade da copa ao longo do aumento das concentrações de PBZ, mantendo-se em média 8,5 mm (dados não mostrados) e 0,93 (Figura 2d), respectivamente. Não

houve diferença significativa em relação ao controle quanto a compacidade da copa em nenhuma das concentrações de PBZ. Em relação ao diâmetro dos frutos, embora não tenha havido variação ao longo do aumento das concentrações, o diâmetro dos frutos quando se aplicou a concentração mais alta de PBZ (60 mg L⁻¹), foi significativamente menor que o diâmetro dos frutos das plantas controle (Tabela 2).

Tabela 1-Média do número de frutos e número de folhas em função das concentrações de paclobutrazol de duas variedades e dois acessos de pimenta: 2345PB, Iracema Biquinho Vermelha, Bode Amarela e 2334PB

Variedades/acessos	Concentrações de PBZ (mg L ⁻¹)			
	0	20	40	60
Número de frutos				
2345PB	8,80	10,20 ^{ns}	7,60 ^{ns}	7,60 ^{ns}
Biquinho Vermelha	40,40	6,20*	5,60*	2,00*
Bode Amarela	7,40	14,20 ^{ns}	10,60 ^{ns}	3,60 ^{ns}
2334PB	8,00	9,20 ^{ns}	14,00 ^{ns}	15,80 ^{ns}
Número de folhas				
2345PB	71,40	44,00*	19,20*	25,80*
Biquinho Vermelha	115,40	37,00*	37,60*	32,80*
Bode Amarela	73,60	68,80 ^{ns}	53,80*	42,20*
2334PB	76,80	64,20*	54,20*	57,40*

Médias seguidas de (*) na linha diferem do controle pelo Teste de Dunnett a 5% de probabilidade. Médias seguidas de (^{ns}) não diferem do controle pelo Teste de Dunnett a 5% de probabilidade.

Tabela 2- Comprimento do fruto, diâmetro do fruto e compacidade da copa em função das concentrações de paclobutrazol em duas variedades e dois acessos de pimenta: 2345PB, Iracema Biquinho Vermelha, Bode Amarela e 2334PB

Variedades/acessos	Concentrações de PBZ (mg L ⁻¹)			
	0	20	40	60
	Comprimento dos frutos (mm)			
2345PB	37,52	33,10 ^{ns}	17,98*	21,90*
Biquinho Vermelha	24,96	10,24*	8,99*	5,11*
Bode Amarela	13,75	13,54 ^{ns}	9,37 ^{ns}	8,67 ^{ns}
2334PB	20,85	13,66*	15,52 ^{ns}	12,83*
	Diâmetro do fruto (mm)			
2345PB	13,38	16,90 ^{ns}	11,98 ^{ns}	13,64 ^{ns}
Biquinho Vermelha	12,52	8,27 ^{ns}	8,17 ^{ns}	5,00*
Bode Amarela	14,49	17,62 ^{ns}	13,59 ^{ns}	12,05 ^{ns}
2334PB	13,73	15,59 ^{ns}	19,25 ^{ns}	17,37 ^{ns}
	Compacidade da copa			
2345PB	0,73	0,90*	0,89*	0,91*
Biquinho Vermelha	0,93	0,88 ^{ns}	0,94 ^{ns}	0,95 ^{ns}
Bode Amarela	0,86	0,91 ^{ns}	0,96 ^{ns}	0,96 ^{ns}
2334PB	0,95	0,84 ^{ns}	0,91 ^{ns}	0,93 ^{ns}

Médias seguidas de (*) na linha diferem do controle pelo Teste de Dunnett a 5% de probabilidade. Médias seguidas de (^{ns}) não diferem do controle pelo Teste de Dunnett a 5% de probabilidade.

Na variedade comercial Bode Amarela os sintomas de fitotoxicidade, embora presentes, foram mais brandos nas concentrações de 40 e 60 mg L⁻¹ de PBZ. Quando se aplicou a concentração de 20 mg L⁻¹, esses sintomas foram inexistentes. A altura das plantas foi reduzida (Figura 1a) e a intensidade de cor verde das folhas aumentada (Figura 2b) com a aplicação do regulador de crescimento. Em plantas de *Consolida orientalis* e de pimenta ornamental ‘Pitanga’, paclobutrazol também causou efeito na coloração das folhas, deixando-as mais verdes (Mansuroglu et al., 2009; Grossi et al., 2005). A altura média das plantas em que se aplicou a concentração de 20 mg L⁻¹ de PBZ, foi 18 cm (redução de 62% em relação ao controle) e o aumento na intensidade de cor verde das folhas foi de 87%. O número de folhas dessa variedade foi reduzido de forma linear com o aumento das concentrações de PBZ (Figura 2a), porém o número de folhas quando se aplicou a concentração de 20 mg L⁻¹ de PBZ não foi significativamente diferente do controle, apenas quando se aplicou as concentrações mais altas (40 e 60 mg L⁻¹) é que houve diferença significativa (Tabela 1). O efeito do PBZ sobre o número de folhas pode ser atribuído às concentrações aplicadas. Vu e Yelenosky (1992) relataram que o tratamento com PBZ reduziu o tamanho e o número

total de folhas de laranja doce, nas concentrações de 100; 250 e 500 mg planta⁻¹ de PBZ. Alguns autores afirmam que em altas concentrações de PBZ, a produção de folhas é reduzida, enquanto em concentrações baixas o número de folhas praticamente não é alterado (Braun e Garth, 1986; Jiao et al., 1986; Sankhla et al., 1986). Entretanto, em limoeiro 'Volkamericano', o número de folhas não foi afetado pela aplicação do PBZ (Siqueira et al., 2008).

O número de frutos aumentou com a aplicação da concentração de 20 mg L⁻¹ de PBZ, com posterior redução referente as concentrações de 40 e 60 mg L⁻¹ (Figura 2b), entretanto não diferiram do controle para nenhuma das concentrações de PBZ utilizadas (Tabela 1). O comprimento dos frutos reduziram linearmente (Figura 2c), e o diâmetro dos frutos e a compacidade da copa nessa variedade não foram alterados com o aumento das concentrações do regulador de crescimento, mantendo-se em média 14,4 mm (dados não mostrados) e 0,92 respectivamente (Figura 2d). Para nenhuma dessas variáveis, diâmetro dos frutos, comprimento dos frutos e compacidade da copa, houve diferença significativa em relação ao controle em nenhuma das concentrações aplicadas (Tabela 2). Em Kiwi, a aplicação mais precoce do paclobutrazol também não exerceu efeito sobre o formato dos frutos, comprimento e diâmetro, porém quando foi aplicado mais tardiamente, houve redução do comprimento e aumento do diâmetro dos frutos (Burge et al., 1990). A aplicação de 20 mg L⁻¹ de PBZ nas plantas da variedade Bode Amarela foi eficiente em reduzir a altura das plantas, sem causar fitotoxicidade e sem alterar as características da planta que conferem valor estético, mostrando ser a concentração adequada para controle do crescimento dessa variedade.

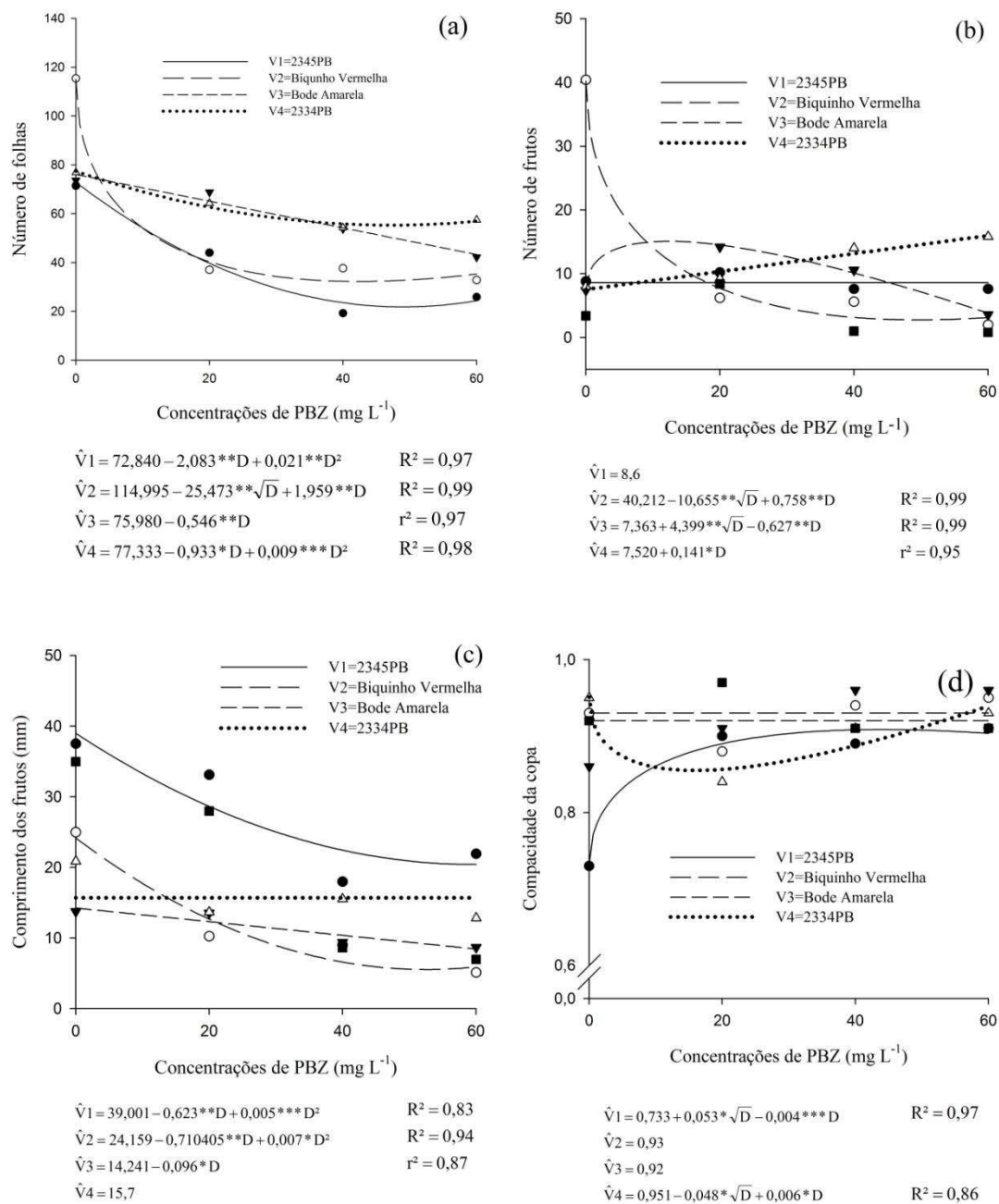


Figura 2- Número e folhas (a), número de frutos (b), comprimento dos frutos (c), e compacidade da copa (d) em função da concentração de paclobutrazol (mg L⁻¹) em duas variedades e dois acessos de pimenta: V1 (2345PB), V2 (Biquinho Vermelha), V3 (Bode Amarela) e V4(2334PB) **significativo a 1% pelo teste “t”, *significativo a 5% pelo teste “t”, ***significativo a 10% pelo teste “t”.



Figura 3- Aspecto geral das plantas de duas variedades e dois acessos de pimenta: V1 (2345PB), V2 (Iracema Biquinho Vermelha), V3 (Bode Amarela) e V4(2334PB).

As plantas do acesso 2334PB mostraram-se mais sensíveis ao PBZ, apresentando a maior redução média da altura em relação ao controle (cerca de 87%) e a altura não variou muito com o aumento da concentração de PBZ, se mantendo por volta de 12 cm (Figuras 1a e 3). Embora brandos, as plantas mostraram sintomas de fitotoxicidade em todas as concentrações de PBZ utilizadas. Houve queda do valor de compacidade da copa na concentração de 20 mg L⁻¹, com posterior aumento quando se aplicaram as concentrações mais altas, porém, não se diferiram significativamente do controle em nenhuma das três concentrações utilizadas (Tabela 2). O número de frutos aumentou linearmente com o aumento das concentrações de PBZ (Figura 2b), porém, não diferiram significativamente do número de frutos das plantas controle, em nenhuma das três concentrações aplicadas (Tabela 1). A aplicação direta de PBZ diretamente no solo de cultivo aumentou significativamente o número de frutos por planta em mangueira ‘Tommy Atkins’ proporcionalmente às concentrações utilizadas, entretanto, quando aplicado via pulverização foliar não houve efeito (Mouco e Albuquerque, 2005). Já em híbridos de tomateiro Jennifer e AF 763, quando aplicado via aspersão, o paclobutrazol reduziu o número de frutos por unidade de área com o aumento das concentrações do regulador de crescimento (Silva e Junior, 2011). As informações discrepantes encontradas acerca do efeito do PBZ na frutificação, mostram que a ação desse regulador de crescimento é amplamente dependente das concentrações utilizadas, da espécie, cultivar e do modo de aplicação. O número de folhas reduziu até a concentração de 40 mg L⁻¹, apresentando um breve aumento quando se aplicou a concentração mais alta (Figura 2a). O número de folhas foi significativamente menor que o número de folhas das plantas controle em todas as concentrações de PBZ (Tabela 1). As características dos frutos, comprimento e diâmetro, não foram alteradas ao longo do aumento das concentrações de PBZ, ficando em média 15,7 mm (Figura 2c) e 16,5 mm (dados não mostrados) respectivamente. A falta de efeito do PBZ no diâmetro dos frutos corrobora com os dados encontrados por Grossi et al (2005), em que frutos de pimenta ‘Pitanga’ foram inafetados pela aplicação de PBZ diretamente no solo de cultivo ao longo do aumento de suas concentrações. Entretanto, quando esses mesmos autores aplicaram PBZ via pulverização foliar, observou-se aumento linear do diâmetro dos frutos, com o aumento das concentrações utilizadas. Embora não tenha havido grande alteração no comprimento dos frutos devido ao aumento das concentrações de PBZ, quando se aplicou a menor (20 mg L⁻¹) e a maior (60 mg L⁻¹) concentração, os frutos mostram-se significativamente menores que os frutos das plantas controle (Tabela 2).

O acesso 2345PB foi o que respondeu melhor à aplicação do regulador de crescimento, paclobutrazol. A altura das plantas foi efetivamente reduzida em relação ao controle, porém não houve muita variação em relação às três concentrações utilizadas (Figura 1a). As plantas ficaram com altura média de 19 cm. Houve aumento na intensidade de cor verde das folhas com a aplicação do regulador de crescimento, porém não houve grande variação desses valores entre as três concentrações aplicadas (Figura 1b). As plantas não apresentaram nenhum sintoma de fitotoxicidade independentemente das concentrações utilizadas. O número de folhas diferiu significativamente em relação ao controle em todas as concentrações (Tabela 2), tendo havido redução até a concentração de 40 mg L⁻¹, e posteriormente um leve aumento quando se aplicou a concentração de 60 mg L⁻¹ (Figura 2a). O número de frutos não variou com as concentrações, se mantendo em média 8,6 (Figura 2b), não havendo diferença significativa em relação ao número de frutos das plantas controle em nenhuma das concentrações (Tabela 1). O comprimento dos frutos foi significativamente menor que os frutos das plantas controle somente a partir da concentração de 40 mg L⁻¹ de PBZ (Tabela 2), tendo havido uma redução quadrática no comprimento dos frutos com o aumento das concentrações do regulador de crescimento (Figura 2c). O diâmetro dos frutos não foi significativamente alterado em relação ao controle para nenhuma das concentrações utilizadas (Tabela 2) e não houve variação com o aumento das concentrações de PBZ, mantendo o diâmetro médio de 13,9 mm (dados não mostrados). Houve um aumento dos valores de compacidade da copa com a utilização de 20 mg L⁻¹ de PBZ, entretanto, esses valores foram estabilizados quando se aplicou as concentrações mais altas, 40 e 60 mg L⁻¹ (Figura 2d), ou seja, nesse acesso, o regulador de crescimento foi eficiente em deixar as copas das plantas mais circulares com a aplicação de qualquer uma das concentrações de PBZ (Tabela 2) tornando-as mais atrativas para ornamentação.

CONCLUSÕES

A concentração de 20 mg L⁻¹ de PBZ nas pimenteiras da variedade comercial Bode Amarela, e nas plantas do acesso 2345PB proporcionaram às plantas, altura adequada à ornamentação, sem alterar as características dos frutos e sem apresentar sintomas de fitotoxicidade. Na variedade Iracema Biquinho Vermelha e no acesso 2334PB, novos experimentos utilizando-se concentrações mais baixas de PBZ poderão

indicar a concentração ideal que confira valor estético a essas plantas para uso em ornamentação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BAERDEMAEKER, C.I; van HUYLENBROECK; DEBERGH, P.C. Influence of paclobutrazol and photoperiod on growth and flowering of *Gardenia jasminoides* Ellis cultivar 'Veitchii'. **Scientia Horticulturae**, v.58, p.315-324, 1994.

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

BURGE, G.K.; SPENCE, C.B.; BROADBENT, N.D. Effects of gibberellic acid and paclobutrazol on fruit size, shape, locule number and pedicel length of kiwi fruit. **Scientia Horticulturae**, v.42, p.243-249, 1990.

CARVALHO, S.I.C.; BIANCHETTI, L.B.; RIBEIRO, C.S.C.; LOPES, C.A. **Pimentas do gênero *Capsicum* no Brasil**. Brasília: Embrapa Hortaliças (Documentos, 94) 27p, 2006.

CURREY, C.J.; LOPEZ, R.G. Applying plant growth retardants for height control. In: **Commercial greenhouse and nursery production**. Purdue Extension, 10p, 2009.

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

FINGER, F.L.; RÊGO, E.R.; SEGATTO, F.B.; NASCIMENTO, N.F.F.; RÊGO, M.M. Produção e potencial de mercado para pimenta ornamental. **Informe Agropecuário**, v.33, n.267, p.14-20, 2012.

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

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 Horticulturae** v.30, n.1-2, p.135-141, 1986.

MANSUROGLU, S.; KARAGUZEL, O.; ORTACESME, V.; SAYAN, M.S. Effect of paclobutrazol on flowering, leaf and flower colour of *Consolida orientalis*. **Pakistan Journal of Botany**, v.41, n.5, p.2323-2332, 2009.

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

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

RÊGO, E.R.; RÊGO, M.M.; SILVA, D.F.; CORTEZ, R.M.; SAPUCAY, M.J.L.C.; SILVA, D.R., SILVA JUNIOR, S.J. Selection for leaf and plant size and longevity of ornamental peppers (*Capsicum* spp.) grown in greenhouse condition. **Acta Horticulturae**, v.829, p.371-375, 2009.

RIBEIRO, D.M.; MULLER, C.; BEDIN, J.; ROCHA, G.B.; BARROS, R.S. Effects of autoclaving on the physiological action of paclobutrazol. **Agricultural Science**, v.2, p.191-197, 2011.

RIBEIRO, D.M.; ARAÚJO, W.L.; FERNIE, A.R.; SCHIPPERS, J.H.M.; MUELLER-ROEBER, B. Translatome and metabolism effects triggered by gibberellins during rosette growth Arabidopsis. **Journal of Experimental Botany**, v.63, n.7, p.2769-2786, 2012.

SANKHLA, N.; DAVIS, T.D.; JOLLEY, V.D.; UPADHYAYA, A. Effect of Paclobutrazol on the development of iron chlorosis in soybeans. **Journal of Plant Nutrition**, v.9, n.7, p.923-934, 1986.

SILVA, K. S.; FARIA JUNIOR, M.J.A. Uso de paclobutrazol como estratégia para a redução do porte e da brotação lateral de plantas de tomateiro. **Ciência e Agrotecnologia**, v.35, n.3, p.539-546, 2011.

SIQUEIRA, D.M.; CECON, P.R.; SALOMÃO, L.C.C. Desenvolvimento do limoeiro 'Volkameriano' (*Citrus volkameriana* Pasq.) submetido a doses de paclobutrazol e ácido giberélico. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.30, n.3, p.764-768, 2008.

VEILING HOLAMBRA. **Flores e Plantas Ornamentais**. Disponível em <http://www.veiling.com.br/qualidade.swf?fileName=Pimenta%20Ornamental%20aso.s wf>, acesso em 16 de fevereiro de 2014.

VU, J.C.V.; YELENOSKY, G. Growth and photosynthesis of sweet Orange plants treated with paclobutrazol. **Journal of Plant Growth Regulation**, v.11 p.85-89, 1992.

WANDERLEY, C.S.; FARIA, R.T.; VENTURA, M.U.; VENDRAME, W. The effect of plant growth regulators on height control in potted *Arundina graminifolia* orchids (Growth regulators in *Arundina graminifolia*). **Acta Scientiarum**, v.36, n.4, p.489-494, 2014.

WANDERLEY, C.S.; FARIA, R.T.; REZENDE, R. Crescimento de girassol como flor em vaso em função de doses de paclobutrazol. **Revista Ceres**, v.61, n.1, p.35-41, 2014.

ARTIGO 2

**OPTIMAL POSTHARVEST HANDLING PROTOCOLS FOR CUT
CAPSICUM.**

OPTIMAL POSTHARVEST HANDLING PROTOCOLS FOR CUT CAPSICUM.

ABSTRACT

The search for new species and cultivars of specialty cut flowers in order to satisfy consumer preferences has been frequent in the floriculture industry. 'Rio Light Orange' and 'Cappa Round Red' ornamental peppers (*Capsicum annuum* L.) are attractive cultivars of ornamental pepper used as cut stems, but postharvest handling protocols for extending vase life need to be optimized. The responses to hydrator and holding preservatives it is still unknown in several ornamental peppers cultivars. Stems harvested when the fruits were partly mature extended vase life for 'Rio Light Orange' and harvest stage had no effect on vase life of 'Cappa Round Red'. When harvested and kept in water, stems showed less incidence of wilted foliage on postharvest for both cultivars. When in water, cold storage it is tolerated for up to one week for stems of 'Rio Light Orange' and for up to two weeks for 'Cappa Round Red'. These cultivars do not appear to be sensitive to ethylene and anti-ethylene agents had a minimal effect on postharvest characteristics of cut stems. Defoliation treatments applied in this study did not show a clear response and therefore no recommendation were done. The use of a holding solution regardless of prior use of a hydrator solution had positive effect on vase life of 'Black Pearl', 'Rooster' and 'Stromboli' ornamental peppers. In general, use of a commercial hydrator either reduced or had no effect on vase life and so, should not be used. Moreover, use of a holding solution kept the foliage turgid longer. Vase life and quality of 'Rio Light Orange' and 'Cappa Round Red' ornamental peppers stems can be extended by following appropriate postharvest handling procedures and the use of holding solution can be beneficial on vase life and in the foliage quality of many cultivars of peppers tested in this study.

KEYWORDS: Anti-ethylene agents; Ornamental peppers; Cold storage; Harvest Stage; Holding solutions; Hydrator; Vase life.

INTRODUCTION

Commercial cut flower production has been increasing for the last several years in the United States and Brazil [U.S. Dept. of Agriculture (USDA), 2000; Instituto Brasileiro de Floricultura (Ibraflor), 2015]. Producers search for new species and cultivars of specialty cut flowers to satisfy consumer demand. However, for growers, wholesalers and retailers to accept these new species/cultivars proper postharvest handling information must be available (Regan and Dole, 2010).

Peppers (*Capsicum* L.) have ornamental as well as edible value. When they were introduced to Europe in the 15th century, they were prized more as ornamentals than as a food source (Stommel and Bosland, 2006). Ornamental peppers are admired for their variegated leaves, fruits of intense color that contrast with the foliage, easy production and durability (Carvalho et al., 2006). Ornamental peppers can be dehydrated and included in decorations, such as wreaths, which are popular in the southwestern United States (Bosland, 1996). Ornamental peppers are commonly produced as potted plants for landscapes and container plantings and increasingly, the stems with fruit are used as a specialty cut.

Many cultivars available need to be tested for their suitability to be used as cuts ornamentals. Two cultivars appear to be particularly well suited to specialty cut use: *Capsicum annuum* ‘Cappa Round Red’ and ‘Rio Light Orange’. The stems of ‘Cappa Round Red’ are strong and long with good sized and quality bright red round peppers. ‘Rio Light Orange’, with large orange fruits, is the first non-branching ornamental pepper used as a cut. The attractive fruits of both cultivars make them a unique addition to cut flower bouquets.

While cut pepper stems are increasingly being used as specialty cuts, optimal postharvest handling procedures are still unknown. Hydrating and holding solutions are commonly used to help extend the vase life of cut flowers and foliage. A commercial hydrator contains compounds to lower the pH, which improves water uptake, but does not include sugar. However, holding preservatives contain a carbohydrate source, an antimicrobial agent, and an acidifying agent (Dole and Wilkins, 2005; Halevy and Mayak, 1981). The hydrating solutions are not recommended to be used for longer than 24 h, unlike holding solutions that are used for 24 h or longer, especially during transport and storage to extend vase life (Armitage and Laushman, 2003; Dole and Wilkins, 2005). The carbohydrates provide an energy source, the antimicrobial prevents

the microbial growth and the acidifying agent encourages water uptake. Holding preservatives with a high percentage of carbohydrates helps in the opening of buds and flower development (Armitage and Laushman, 2003). For some species, using unamended water can provide the longest vase life (Clark et al., 2010) making floral preservatives unnecessary. Some pepper cultivars from Cornell University lasted a day or two longer with a holding solution, while a hydrator solution was generally deleterious to vase life in all four cultivars tested (Granitz et al., 2014).

The foliage of ornamental peppers usually wilts quickly once cut and is usually removed. After using hydrator and holding solutions, Clark et al. (2010) observed that the foliage wilted readily while the fruit was still presentable, leading them to conclude that the foliage should be removed at harvest. Defoliated stems do not drop dying or dead leaves on the cooler floor, preventing diseases and making the stems easier to work with and store (Greer and Dole, 2008). Methods for easy defoliation, such as application of ethylene and dark or cold storage would be useful since defoliation by hand is tedious and expensive.

The stage of development of the stems at harvest can directly influence the vase life of cut flowers. Harvesting stems of 'Fire Chief' celosia (*Celosia argentea*) and 'Chantilly Yellow' snapdragon (*Antirrhinum majus*) at an early stage extended the vase life (Ahmad and Dole, 2014). How stems are handled during harvest can also influence vase life. Some species like zinnia (*Zinnia elegans* Jacq.) and lisianthus [*Eustoma grandiflorum* (Raf.) Shinn.] need to be put in water or a hydration solution immediately after harvest (Nowak and Rudnicki, 1990; Ahmad et al., 2012), Marigold (*Tagetes erecta* L.) (Ahmad et al., 2012), roses (*Rosa* L.) (Macnish et al., 2009), and obedient plant [*Physostegia purpurea* (Walter) S.F. Baker] (Kelly and Starman, 1990) can be handled dry after harvest without any significant loss of quality. Vase life of 'Fire Chief' celosia and 'Chantilly Yellow' snapdragon were unaffected by dry or wet handling during harvest (Ahmad and Dole, 2014).

Ethylene is one of the most important factors that accelerates flower and leaf senescence, induces abscission of fruits, flowers and leaves (Serek et al., 2006) and decreases the vase life in sensitive species (Dole et al., 2005). Anti-ethylene products such as silver thiosulfate (STS) and 1-methylcyclopropene (1-MCP) are pretreatments that prevent ethylene damage and have been used in the cut flower industry to increase vase life (Blankenship and Dole, 2003; Serek et al., 1995). However, STS has been criticized for environmental issues (Nell, 1992) since it is a heavy metal and hard to dispose of and has been banned in several countries (Marandi et al., 2011). 1-MCP is a

non-toxic compound that binds irreversibly to ethylene binding sites and is active in relatively low concentrations (Serek and Sisler, 2001). The pepper cultivar 'Calypso' had complete foliar abscission when a $10 \mu\text{L L}^{-1}$ concentration of ethylene was applied (Segatto et al., 2013). The sensitivity to ethylene may vary with the species and even between cultivars as was previously determined in some potted ornamental peppers (Segatto et al., 2013) and cut peppers should be tested.

Low storage temperature is the key factor in preserving the cut flower postharvest, because it reduces respiration rates and microbial growth rate (van Doorn and de Witte, 1991). However, many species of cut flowers respond differently to cold temperatures. Besides the storage temperature, time of exposure and susceptibility of the fruit to cold are factors that affect the development of intensity of the injury symptoms and can directly influence vase life. The sensitivity of fruits to chilling injury is due to several endogenous and environmental factors, including species and cultivars (Mapelli et al., 2011). Blackening of *Celosia* 'Forest Fire' plumes was reported due to 2 °C cold storage (Redman et al., 2002) and *Celosia* 'Fire Chief' did not tolerate cold storage for over one week and the longest vase life of this cultivar was recorded for unstored stems (Ahmad and Dole, 2014). Storing stems wet or dry can also influence vase life. Regan and Dole (2010) found that *Matthiola incana* (L.) R. Br 'Vivas blue' stock should be held dry at 2°C for 4-7 days for a longer vase life. Some species like zinnia and gerbera (*Gerbera jamesonii* Bolus ex Hooker f) do not adapt well to dry storage (Nowak and Rudnicki 1990; Ahmad et al., 2012). Presently, there are no recommendations regarding the optimum storage time and procedures for cut peppers.

The objective of this research was to determine the optimum postharvest handling procedures of 'Rio Light Orange' and 'Cappa Round Red' pepper cultivars, including harvest stage and procedures, cold storage duration and procedures, ethylene sensitivity and anti-ethylene compounds and defoliation treatments. In addition, this research aimed to identify postharvest responses to commercial hydrator and holding floral preservatives among ten pepper cultivars: 'Tall Round Yellow', 'Stromboli', 'Rooster', 'Rio Yellow', 'Rio Light Orange', 'On Top Round Orange', 'On Top Round Black', 'Cappa Round Red', 'Back Pearl' and the cultivar 441525 from Cornell University.

MATERIALS AND METHODS

Plant material and measurements

Stems were planted on 28 April and 12 May 2014 and grown in loamy clay soil field beds (0.9×55 m) in Raleigh, NC, using standard commercial procedures. Stems of all cultivars were harvested in the morning before 10:00 A.M when the fruits were 50% colored, except for the harvest stage experiment, placed into buckets containing tap water and transported to the laboratory within 1 h of harvest. At the laboratory, stems were sorted into similar groups based on stem diameter, fruit number, and size fruit, labeled and then trimmed to 30 cm and placed in the appropriate treatments. All stems were treated in the postharvest environment (21 ± 1 °C), unless otherwise noted, and the solutions used in all experiments were prepared using 22 °C DI (deionized) water [pH and electrical conductivity (EC) were 4.8 and 0.00 dS m^{-1} , respectively]. Initial hydrator and holding pH and EC of other solutions were also recorded. After treatments were completed, stems were placed into vases containing 300 mL of DI water with 2 stems per vase, except in the hydrator and holding preservatives experiment that was 1 stem per vase, until termination. Stems were held at 21 ± 1 °C air temperature, at 40-60% relative humidity (RH) and under $20 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ light for 12 h d^{-1} until termination.

Data for vase life (time between the first day in the vase and the day when each stem individually was terminated) was recorded daily and stems were terminated when at least 50% of the fruits on each stem were brown (decayed) or dry (shriveled), 50% of fruit had dropped or stem exhibited bent neck. Fresh weight change of each stem and water uptake (measured in milliliters per stem per day from all vases) were recorded when the first stem was terminated in the entire experiment. Fruit color rating was measured on the first day of vase life and in the terminated date for each stem. Fruit color rating was based in the color scale (Fig 1) and when fruits in the same stem had different colors, was recorded as the mean value of all fruits. Wilted foliage was measured, but not considered as termination criteria. For the hydrator and holding preservatives experiment the days of acceptable foliage (days until foliage to wilt from the first day of vase life) was also recorded.

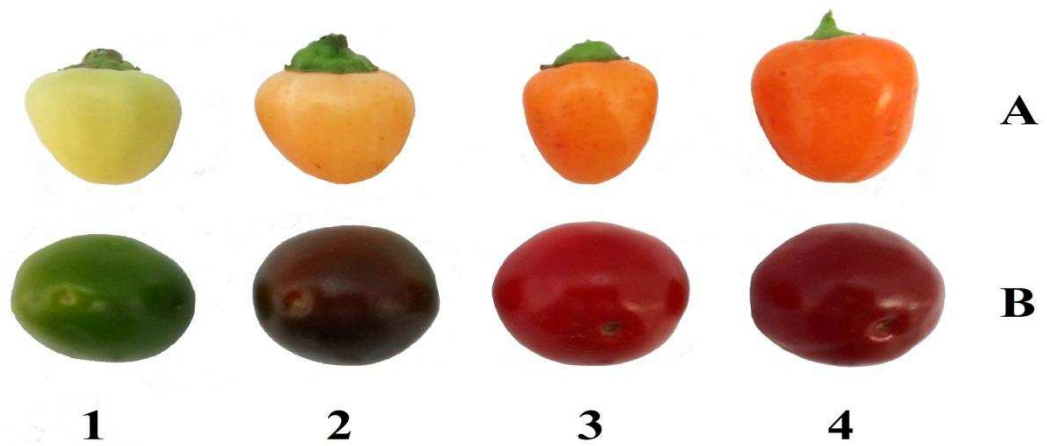


Figure 1- Color scale to determine the change in fruit color rating for 'Rio Light Orange' (A) and 'Cappa Round Red' (B) ornamental peppers: 1-immature fruits, 2-fruits partially mature, 3-fruits almost completely mature, and 4-fruits completely mature.

Harvest stage and procedures

Stems were harvested in the morning at three different stages of development: Stage 1- immature fruits, Stage 2-partially mature fruits, Stage 3- almost completely mature fruits for 'Rio Light Orange' (Fig 2) and Stage 1-most immature fruits, Stage 2-half mature and half immature fruits, Stage 3-most mature fruits for 'Cappa Round Red' (Fig 3) and half of the stems from each stage of development were placed in buckets containing tap water (wet) leaving the remaining half in a floral box (dry), and transported to the laboratory within 1 h of harvest and then kept at each treatment for an additional half hour.

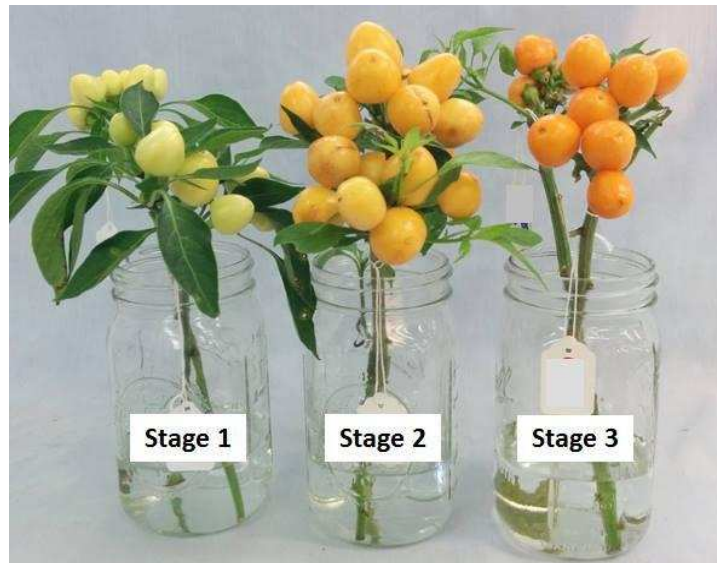


Figure 2- Harvest stage for 'Rio Light Orange': Stage 1- immature fruits, Stage 2-partially mature fruits, Stage 3- almost completely mature fruits.

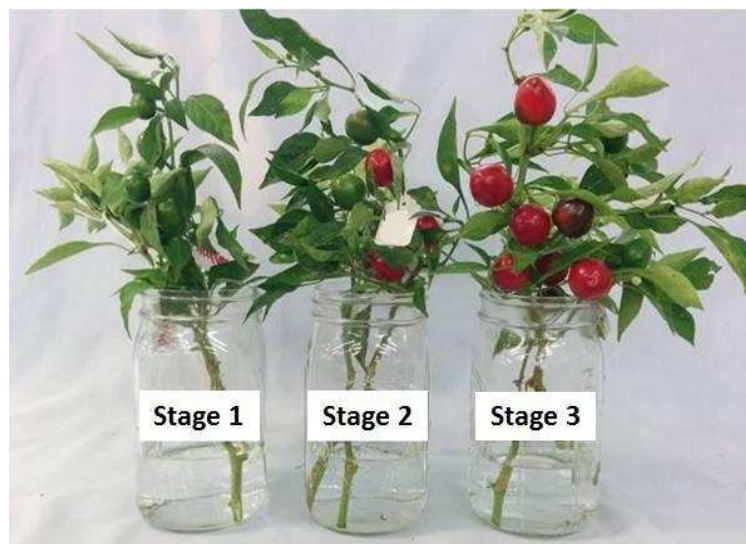


Figure 3- Harvest stage for 'Cappa Round Red': Stage 1- most immature fruits, Stage 2-half mature and half immature fruits, Stage 3-most mature fruits.

Cold Storage duration and procedures

Stems were harvested, placed in buckets containing tap water, transported to the laboratory within 1 h of harvest and then held for 0, 1, 2 or 3 weeks at 2 °C either dry packed in floral boxes lined with newspaper or wet in buckets of tap water. The 0 week storage stems were placed directly in vases filled with DI water at the laboratory. At the weeks 1, 2 and 3, 10 stems from each of the wet and dry treatments were placed into floral vases filled with DI water. In this experiment, the fresh weight and water uptake were recorded in the same number of days after placed in vases that the first stem from the control treatment (0 week storage) was terminated.

Ethylene sensitivity and anti-ethylene compounds

After harvest, stems were transported to the laboratory and then pulsed with either 0.2 mM STS (1 mL L⁻¹ Chrysal AVB; Chrysal, Miami, FL, USA), 1-MCP [5 sachets of 2.5 g of EthylblocTM (Agrofresh, Spring House, Philadelphia, PA, USA) soaked with DI water until saturated for a final concentration of 346 nL L⁻¹] or DI water in a 210-L gas tight chamber for 4 h. Stems were transferred to vases containing 500 mL DI water, placed in the same sealed drums and treated immediately with exogenous ethylene at 0, 0.1 or 1.0 µL L⁻¹ for 16 h.

Defoliation treatments

‘Cappa Round Red’ stems were harvested (‘Rio Light Orange’ stems were unavailable) and placed in buckets containing DI water and stored in the dark (covered with a black plastic) for 3 days or 1 week at 21 ± 1 °C, placed in buckets containing DI water and stored 3 days or 1 week in a cooler at 2 °C, or placed for 2 days in a 12.5, 25 or 50 µM ethephon (Florel; Bayer Crop Science, Research Triangle Park, NC) solution at 21 ± 1 °C (preliminary study determined that 50 µM ethephon for 4 or 6 days resulted in stem death). The control stems were placed directly in DI water vases for the postharvest evaluations.

Hydrator and holding preservatives

Harvested stems were pretreated for 4 h with Floralife Hydrator 100 (Floralife, Walterboro, SC) (pH 2.8, EC 0.56 dS m⁻¹) at 8 mL L⁻¹ or DI water and then one half of the stems from each solution was placed for 44 h in either Floralife Professional (pH 3.6, EC 0.35 dS m⁻¹) at 10 mL L⁻¹ or DI water. After treatments, stems were placed in vases with DI water until termination.

Statistical analyses

A completely randomized design was used with ten stems per treatment, except for hydrator and holding preservatives experiment that was used ten to fifteen stems per treatment. Treatments were arranged factorially when appropriate. Data were subjected to analysis of variance (ANOVA) procedures using General Linear Models procedures of SAS (version 9.3, SAS Inst., Inc., Cary, NC) and means were separated using Fisher's least significant difference (LSD) at $P \leq 0.05$.

RESULTS AND DISCUSSION

Harvest stage and procedures

The interaction of harvest stage and postharvest handling procedures was significant only for percent incidence of wilted foliage and dry fruits at termination. Stems harvested at early stage (stage 1) and placed in water (wet) had 100% incidence of wilted foliage while stems harvested at stage 2, wet had only 43% of incidence. Stems harvested at stage 1, dry had the least incidence of dry fruits (Table 1).

Harvest stage had the most significant effect on postharvest longevity and quality of 'Rio Light Orange' ornamental pepper. The stage of maturity at harvest is an important factor to be considered in postharvest, since, during the fruit ripening, several biochemical, physiological and structural changes occur, which determine the quality attributes (Mapeli et al., 2011). Stems harvested at stage 2 (partially mature fruits) had a longer vase life by 2.6 days compared to stems harvested at stage 1 (immature fruits) and by 5.1 days compared to stage 3 (fruits almost completely mature) (Table 2). Fruits harvested at stage 2 had significant change in the coloring rate, because they continue to mature postharvest (Table 2). Early harvested stems utilized about 21% more water than

stems harvested at stage 2 and 3, and had the most incidence of bent neck, which was the main criteria for termination at this stage; however, these stems had the least incidence of brown fruits (Table 2). Harvest stage had no effect on change in the fresh weight (-5.38 g), dry fruits (93%) or fruit drop (18%).

The postharvest handling procedure only affected the percent of incidence of wilted foliage ($P = 0.0038$). Stems handled dry from field had 100% incidence of wilted foliage compared to 70% when handled wet (data not presented). Most fleshy fruits show an early growth phase characterized by intense cell division, which is limited to the first few days or weeks of fruit development. This phase is followed by a cell expansion period in which there is increase in the cell size due to accumulation of water and solutes coinciding with a period of sharp decline in ethylene synthesis that could explain the longest vase life at stage 2. Fruits at the end of their maturation are in a development phase in which there are several biochemical and physiological changes, culminating in their senescence (Mapeli et al., 2011), which might have resulted in the shorter vase life of stems harvested at stage 3. Early harvested stems of celosia and snapdragon had a longer vase life by 14 d and 3.4 d respectively, compared to late harvested stems (Ahmad and Dole, 2014); however, vase life of ‘Sparkling Burgundy’ pineapple lily (*Eucomis* sp.) increased as the stems were harvested later with more open florets (Carlson and Dole, 2014).

Neither stage of development at harvest or harvest procedure affected vase life of ‘Cappa Round Red’ ornamental pepper, which averaged 11.8 d and there was no significant interaction between harvest stage and harvest procedure for any of the recorded data. Harvest stage affected only change in fresh weight, percent of dry fruit and bent neck. Stems harvested at late stage (stage 3) lost more weight (5.0 g) than stems that were harvest at early (stage 1) and intermediate (stage 2) stage, which had a similar change in fresh weight (2.31 g). Loss of total weight after harvest is the result of the sum of the water loss by transpiration and loss of dry matter due to respiratory activity, which is responsible for 3-5% of the total mass loss in postharvest (Ben-Yehoshua, 1987). Stems harvested at late stage probably had higher transpiration and respiratory rate. Differences recorded on change in fresh weight between cultivars may be due to existence of permeability degrees of the cuticles to water vapor (Lownds et al., 1994). Stems harvested at stages 2 and 3 had the most incidence of dry fruits (70% and 80%, respectively) and only 30% of the stems had the fruits dry when harvested at early stage.

The harvest procedure affected water uptake, percent of wilted foliage and fruit drop of ‘Cappa Round Red’ stems. Stems handled wet utilized 29% more water than stems handled dry ($P < 0.0001$) and had higher incidence of fruit drop (26%) when compared to stems handled dry (7%) ($P = 0.0438$); however, their leaves had lower incidence of wilted foliage (73%) when compared to stems handled dry (93%) ($P = 0.0385$). Other results were similar to that of ‘Rio Light Orange’ or not significant (data not presented).

Table 1. Effect of harvest stage and postharvest handling procedures on percent incidence of wilted foliage and dry fruits of ‘Rio Light Orange’ ornamental pepper. All data represent means of ten stems with two stems per vase, except for wilted foliage, which was based on number of stems with foliage.

Treatments		Termination criteria (%) ^A	
Harvest Stage	Handling procedures	Wilted foliage (%) ^A	Dry fruits (%)
1	Dry	100 a ^B	70 b
	Wet	100 a	100 a
2	Dry	100 a	100 a
	Wet	43 b	100 a
3	Dry	NF ^C	100 a
	Wet	33 b	90 a b
Significance ^D			
Overall		<0.0001	0.0331
Harvest stage (HS)		0.0017	NS
Handling procedures (HP)		0.0038	NS
HS X HP		0.0038	0.0262

^ABased on the number of stems that showed the symptom

^BMean separation within columns by Fisher’s LSD at $P \leq 0.05$

^CNo foliage at the end of the storage period

^DP values were obtained using General Linear Models (GLM) procedures (version 9.3; SAS Inst., Cary, NC)

Table 2. Effect of harvest stage on vase life, change in fruit color rating, water uptake, wilted foliage and termination criteria (bent neck or brown fruit) of ‘Rio Light Orange’ ornamental pepper. Data for water uptake represent means of five vases, while all other data represent means of ten stems with two stems per vase, except for wilted foliage, which was based on number of stems with foliage.

Harvest Stage	Vase life (d)	Change in fruit color rating ^A	Water uptake ^B (mL)	Wilting foliage (%) ^C	Termination criteria (%) ^C	
					Bent neck (%)	Brown fruit (%)
1	12 b ^D	0.5 b	8.5 a	100 a	80 a	15 b
2	14.6 a	0.9 a	6.6 b	73 a	10 b	70 a
3	9.5 c	0.4 b	6.8 b	33 b	5 b	55 a
Significance ^E	<0.0001	0.0048	0.0069	0.0017	<0.0001	0.0008

^ABased on color scale (Fig.1)

^BWater uptake per stem per day

^CBased on the number of stems that showed the symptom

^DMean separation within columns by Fisher’s LSD at $P \leq 0.05$

^EP values were obtained using General Linear Models (GLM) procedures (version 9.3; SAS Inst., Cary, NC)

Cold storage duration and procedures

Among various endogenous factors that affect the storage potential of peppers, sensitivity to chilling injury is one of the most important physiological disorders (Mapeli, et al., 2011). The interaction between storage duration and storage procedures (dry or wet) was significant only for vase life and percent of incidence of bent neck. Cut ‘Rio Light Orange’ pepper stems do not tolerate storage at 2 °C for over 1 week and the longest vase life, of 13.9 and 11.4 days, was recorded to unstored stems and stems stored wet for 1 week, respectively (Table 3). Stems stored dry in boxes had high percentage of bent neck, which resulted in the stems being terminated during first week after removal from cooler. These results are in agreement with Ahmad and Dole (2014) who reported reduction in vase life of cut Celosia stems with cold storage of more than 2 weeks at 2 °C. Studies done with bulbs of ‘Coral’ pineapple lily (*Eucomis* sp.) have shown that stems stored for two or three weeks has a significant reduction on vase life compared to unstored control; however, there was no significant difference in vase life whether stems were stored dry or wet (Carlson and Dole, 2014). Stems stored dry for one week and stems stored for over two weeks, regardless of storage procedures (dry or

wet), had a vase life too short for commercial use of 7 d or less (Table 3). The most incidence of bent neck was recorded for stems stored dry for 1 and 2 weeks (Table 3).

Change in fruit color rating of stems stored for 1 week was significantly higher than unstored and stored for over one week stems (Table 4). One of the symptoms of chilling injury in fleshy fruit is the inability to mature fully (Paull, 1994), however, in this study, cold storage for over two weeks did not affect the fruit maturation capacity, since there was no significant difference when compared to unstored stems (Table 4). The greatest incidence of fruit drop was recorded for unstored stems and those stored for 2 weeks and of brown fruits was recorded for stems stored for 3 weeks. Unstored stems, showed the greatest incidence of wilted foliage and the least incidence was recorded to stems stored for 3 weeks (Table 4).

The effect of storage procedure was significant only for percent of wilted foliage ($P = 0.0016$). Stems stored wet had the least incidence of wilted foliage (26%) compared to unstored stems that had the most incidence (100%) and stems stored dry (62%) (data not presented). Leaf drop was observed in stems stored wet at 2 °C for 1 week after 1 or 2 days of vase life (personal observation). All treatments had similar change in fresh weight (-11.2 g), water uptake (7.65 mL per stem per day) or dry fruits (74.3%).

Similar results were noted for ‘Cappa Round Red’ stems in that unstored stems had the longest vase life (7.9 d), which was similar to stems stored wet at 2 °C for 1 or 2 weeks (7.4 or 7.1 d, respectively) and longer than when stems were stored for 3 weeks (4.4 d). Stems did not tolerate dry storage, which resulted in an average vase life of 1.6 d regardless of duration (data not presented). Other results were similar to that of ‘Rio Light Orange’ or not significant (data not presented).

Table 3. Effect of storage duration and storage procedures on vase life and on percent incidence of bent neck of ‘Rio Light Orange’ ornamental pepper. All data represent means of ten stems with two stems per vase.

Treatments		Termination criteria (%) ^A	
Storage duration (weeks)	Storage Procedure	Vase life (d)	Bent neck (%)
0	Control	13.9 a ^B	20 b c
1	Dry	4.1 b c	70 a
	Wet	11.4 a	10 b c
2	Dry	4.4 b c	40 a b
	Wet	7.2 b	10 b c
3	Dry	2.7 c b	0 c
	Wet	2.3 c	20 b c
Significance ^C			
Overall		<0.0001	0.0031
Storage time (ST)		0.0003	NS
Storage proc. (SP)		0.0021	0.0232
ST X SP		0.0103	0.0068

^ABased on the number of stems that showed the symptom

^BMean separation within columns by Fisher’s LSD at $P \leq 0.05$

^CP values were obtained using General Linear Models (GLM) procedures (version 9.3; SAS Inst., Cary, NC)

Table 4. Effect of storage duration on change in fruit color rating, percent incidence of wilted foliage, fruit drop and brown fruit of ‘Rio Light Orange’ ornamental pepper. All data represent means of ten stems with two stems per vase, except for wilted foliage, which was based on number of stems with foliage.

Storage duration (weeks)	Change in fruit color rating ^A	Wilting foliage (%) ^B	Termination criteria (%) ^B		
			Fruit drop (%)	Brown fruit (%)	
0	0.4 b ^C	100 a	40 a	40 b	
1	0.8 a	55 b c	5 c	60 b	
2	0.3 b	56 b	35 a b	60 b	
3	0.1 b	21 c	10 b c	100 a	
Significance ^D		0.0004	0.0157	0.0399	0.0049

^ABased on color scale (Fig.1)

^BBased on the number of stems that showed the symptom

^CMean separation within columns by Fisher’s LSD at $P \leq 0.05$

^DP values were obtained using General Linear Models (GLM) procedures (version 9.3; SAS Inst., Cary, NC)

Ethylene sensitivity and anti-ethylene compounds

The knowledge of the respiration pattern presented in the postharvest phase is important, because it enables the adoption of strategies to extend vase life. However, for peppers, little is known about the respiration pattern (Mapelli et al., 2011). In this study, the exogenous ethylene application at 0.1 or 1.0 $\mu\text{L L}^{-1}$ had no effect on vase life, change in fruit color rating, change in fresh weight, water uptake and quality of 'Rio Light Orange' or 'Cappa Round Red' ornamental pepper and there was no significant interaction (data not presented).

Use of anti-ethylene compounds, STS or 1-MCP, had a significant effect only on percent of wilted foliage of 'Rio Light Orange'. Stems treated with either STS or water showed the highest percent of wilted foliage (56% and 33%, respectively); however, stems which were treated with water were not different from the stems treated with 1-MCP (14%) (data not presented). For 'Cappa Round Red' 1-MCP-treated stems had the least change in fruit color rating (0.15), reducing the maturation capacity of these fruits, maybe due to efficacy of 1-MCP in inhibiting ethylene synthesis, although this cultivar did not appear to be sensitive to exogenous ethylene (data not presented). Change in fruit color ratings was similar for STS (0.42) and water (0.52) treated stems.

Ethylene application at 10 $\mu\text{L L}^{-1}$ shortened the post-production life of three potted ornamental peppers genotypes and resulted in complete abscission of only leaves for the cultivar 'Calypso', but induced fruit abscission in the accessions BGH 1039, BGH 7073 and MG 302, which exhibited varying degrees of sensitivity (Segatto et al., 2013). It is known that the sensitivity to ethylene can be determined at the family level; however, there may be marked differences between species and cultivars within the same family (Serek et al., 2006). According to our results, 'Rio Light Orange' and 'Cappa Round Red' ornamental peppers may not be sensitive to ethylene or the concentration used was too low to show sensitivity and anti-ethylene agents had a minimal effect on postharvest characteristics of cut stems.

Defoliation treatments

Longest vase life of 'Cappa Round Red' stems (11.9 d) was recorded when a concentration of 12.5 μM of ethephon was applied; however, only 30% of stems had foliage drop (Table 5). When stems were kept for 1 week wet in a cooler at 2 °C or when stems were treated with 50 μM ethephon, 100 or 90% of the foliage dropped, respectively. However, these stems had an average vase life of only 6.9 d and 3.1 d, respectively (Table 5). Also, although 50 μM ethephon provided 90% foliage drop, the incidence of fruit drop was also 90%, equal to the fruit drop that occurred with 25 μM ethephon (Table 5). Ethephon has been used as a preharvest defoliation treatment for citrus (*Citrus* spp.) (Rasmussen and Cooper, 1968), sour cherry (*Prunus cerasus*) (Olien and Bukovac, 1978), apples (*Malus*) (Larsen, 1973) and woody cut stems (Greer and Dole, 2005); however, there were no previous work available to suggest appropriate concentrations to be used on cut flowers postharvest. Concentrations of 250 or 500 mg L^{-1} of ethephon applied to curly willow plants (*Salix matsudana* 'Tortuosa') at preharvest had no effect on defoliation while a concentration of 1000 mg L^{-1} on American bittersweet (*Callicarpa scandens*) provided 36% defoliation and in American beautyberry (*Callicarpa americana*) this concentration was not effective. Ethephon concentrations of 1500, 2000 and 2500 mg L^{-1} were effective in American beautyberry, providing 42, 58 and 69% of defoliation respectively (Greer and Dole, 2005).

The greatest change in fresh weight was recorded when the highest concentrations of ethephon were applied, 25 and 50 μM (Table 5). There was no change in fruit color rating (0.15) and percent incidence of brown fruits (29%) (data not presented) in the experiment. Stems stored for 1 week in a 2 °C cooler, wet, and stems treated with highest concentrations of ethephon (25 and 50 μM) used significantly more water and were not different from control stems (Table 5). Stems kept for 1 week in the dark had 80% incidence of foliage drop, but were unmarketable after treatment application due to bent neck (Table 5) and rooting stems (personal observation)

Table 5. Effect of defoliation treatments on vase life, change in fresh weight, water uptake, percent incidence of fallen and wilted foliage, dry fruits, bent neck and fruit drop of ‘Cappa Round Red’ ornamental pepper. Data for water uptake represent means of five vases, while all other data represent means of 10 stems with two stems per vase.

Defoliation treatments	Vase life (d)	Change in fresh weight (g)	Water uptake ^A (mL)	Wilted foliage (%) ^B	Foliage drop (%) ^B	Termination criteria (%) ^B		
						Dry fruits (%)	Bent neck (%)	Fruit drop (%)
Dark for 3 days at 21 °C	9.0 b ^C	0.2 a	8.0 b c	60 a b	10 b c	90 a b	40 b c	30 b
Dark for 1 week at 21 °C	0.0 d	-	-	0 d	80 a	0 c	80 a	0 b
3 days at 2 °C wet	8.0 b	-1.1 a	5.5 c	50 b	40 b	90 a b	40 b c	10 b
1 week at 2 °C wet	6.9 b	-3.0 a b	11.5 a b	0 d	100 a	70 b	60 a b	20 b
50 µM ethephon for 2 days at 21 °C	3.1 c	-6.2 b c	11.3 a b	10 c d	90 a	0 c	20 c d	90 a
25 µM ethephon for 2 days at 21 °C	2.5 c d	-7.9 c	9.3 a b c	10 c d	30 b c	10 c	40 b c	90 a
12.5 µM ethephon for 2 days at 21 °C	11.9 a	-2.0 a b	8.9 b c	40 b c	30 b c	100 a	40 b c	30 b
Control	7.7 b	-0.1 a	12.8 a	90 a	0 c	90 a b	0 d	10 b
Significance ^D	<0.0001	0.0058	0.0341	<0.0001	<0.0001	<0.0001	0.0064	<0.0001

^AWater uptake per stem per day

^BBased on the number of stems that showed the symptom

^CMean separation within columns by Fisher’s LSD at $P \leq 0.05$

^DP values were obtained using General Linear Models (GLM) procedures (version 9.3; SAS Inst., Cary, NC)

Hydrator and holding preservatives

‘Black Pearl’. Stems treated with a holding solution regardless of previous hydration solution use provided longer vase life (averaged 19.9 d) and the foliage last longer without wilting (averaged 12.8 d) (Table 6). Moreover, when a hydrator was used regardless use of a holding solution stems showed higher incidence of dry fruits (93%). No significant interactions occurred.

‘Cappa Round Red’. Incidence of wilted foliage was significantly reduced when a holding solution was used irrespective of a hydrator use when compared to use of only water and the days of acceptable foliage were significantly increased (averaged 9.9 d) (Table 6). Vase life was not affected by treatment and averaged 10.7 d. There were no significant interactions.

‘On Top Round Black’. The foliage on stems treated with both hydrator and holding solution remained acceptable longer (15.2 d) compared to all other treatments (Table 6). Foliage lasted turgid longer when a holding solution was used regardless of hydrator use, averaged 13.5 d. Vase life was similar between treatments and averaged 18.9 d. No significant interactions occurred.

‘On Top Round Orange’. Hydrator solution use regardless of holding solution use significantly increased incidence of brown fruits (80%) and reduced the days of acceptable foliage (7.6 d). Use of a holding solution without previous use of a hydrator extended the days of acceptable foliage by 5.4 d compared to all other treatments (Table 6). Stems treated with a holding solution regardless previous use of a hydrator had lower incidence of wilted foliage (67%) and the foliage last longer without wilting (11 d). Vase life was not affected by treatment and averaged 14.6 d.

‘Rio Light Orange’. . Stems treated with only water had lower incidence of dry fruits (73%) and reduced the days of acceptable foliage (5.1 d) (Table 6). Stems treated with a hydrator solution regardless of previous use of hydrator solution had higher incidence of dry fruits (100%) and lower incidence of wilted foliage (39%). The use of a holding solution irrespective of previous hydrator use significantly increased the days of acceptable foliage, leaving the foliage turgid longer (10.6 d) compared when holding

solution was not used (7.7 d). Vase life was not affected by treatment and averaged 12.6 d. No significant interactions occurred.

‘Rio Yellow’. Commercial holding solution use irrespective of previous hydrator solution use increased significantly the time that the foliage kept turgid without wilting by 3.6 days. Vase life was similar between treatments and averaged 14.8 d. There were no significant interactions.

‘Rooster’. Stems treated with holding solution regardless of previous hydrator solution use had longer vase life (averaged 24.7 d) when compared to use of only water and only hydrator solution (Table 6) and the foliage lasted longer without wilting (averaged 13.9 d). Hydrator use regardless later use of a holding solution increased the number of days of acceptable foliage to 12.6 d compared to 10.8 d when water was used as a hydrator. No significant interactions occurred.

‘Stromboli’. Use of water as a hydrator reduced significantly incidence of wilted foliage (averaged 33%) when compared to percent incidence when a hydrator solution was used (averaged 75%) (Table 6). Stems treated with holding solution regardless of hydrator solution use had the longest vase life (20.4 d) and foliage last longer without wilting (averaged 17.5 d). There were no significant interactions between the use of a hydration and holding solutions.

‘Tall Round Yellow’. Use of hydrator followed by holding solution reduced significantly incidence of wilted foliage (18%) and the foliage remained acceptable, without wilting, for significantly longer (11.6 d) (Table 6). Vase life was not affected by treatment and averaged 11.6 d.

‘441525’. Vase life was significantly reduced by use of only hydrator solution with the subsequent use of water (14.5 d) compared to all other treatments (Table 6). There were no significant differences in vase life when only water (20.8 d), only holding solution (18. d) or both hydrator and holding solution were used (18.8 d).

Lack of effect of the treatments on vase life of ‘Tall Round Yellow’, ‘Rio Yellow’, ‘Rio Light Orange’, ‘On Top Round Orange’, ‘On Top Round Black’ and ‘Cappa Round Red’ is in agreement with the results found for ornamental pepper ‘Hot

Purple' (Clark et al., 2010), 'Chantilly Yellow' snapdragon (Ahmad and Dole, 2014) and 'Renaissance Red' Poinsettias (Dole et al., 2004); however, for all these cultivars, holding solution use had a positive effect on days of acceptable foliage (Table 7) and for 'Cappa Round Red', 'On Top Round Orange' and 'Tall Round Yellow' also reduced percent incidence of wilted foliage (Table 7).

Use of a commercial hydrator either reduced or had no effect on vase life (Table 7) and so, it should not be used. Clark et al. (2010) supports this recommendation for the ornamental peppers 'Cappa Topfruit White/Red', 'On Top Round Red' and 'Hot Purple'.

Stems treated with holding solution had a longer vase life for 'Stromboli', 'Rooster' and 'Black Pearl' (Table 7). Probably, for these cultivars the carbohydrate source present in the commercial holding solution provided sufficient energy to have positive effect on vase life. Granitz et al. (2014) found that 1-159252, 13-441552, 16-441575 and 22-441530-2 ornamental peppers lasted a day or two longer with a holding solution, while hydrator solution were generally deleterious to vase life. Clark et al (2010) found longest vase life for the ornamental pepper 'Cappa Topfruit White/Red' when a holding preservative was used without a hydrator and positive effect of holding solution on vase life of 53 cultivars of cut flowers. 'Fire Chief' cut celosia stems had their vase life reduced by use of hydrator and holding solutions (Ahmad and Dole, 2014).

Except for '441525', holding solution had a positive effect on days of acceptable foliage (Table 7), resulting in foliage that lasted longer before wilting. Hydrator solution had a negative effect on percent incidence of dry fruits for the cultivars 'Rio Light Orange' ($P = 0.0172$) and 'Back Pearl' ($P = 0.0212$) and also a negative effect on percent incidence of brown fruit only for the cultivar 'On Top Round Orange' ($P = 0.0280$) (Table 6). In general, neither the hydrator or holding solution had an effect on termination criteria.

Table 6. Influence of hydrator (hyd.) and holding (hold.) solutions on cut stems of cut ornamental peppers in which one or more treatments had a significant effect on the factors listed.

Cultivar	Factor	Water		Hydrator		Significance ^B			Overall
		Water	Hold.	Water	Hold.	Hyd.	Hold.	Interaction	
Black Pearl	Vase life (days)	16.4	19.6	16.3	20.3	NS	<0.0001	NS	0.0003
	Dry fruits (%)	73	67	93	93	0.0212	NS	NS	NS
	Days of acceptable foliage	9.9	11.9	9	13.6	NS	0.0002	NS	0.0012
Cappa Round Red	Wilted foliage (%)	93	60	80	40	NS	0.0018	NS	0.0081
	Days of acceptable foliage	7.5	9.4	7.6	10.3	NS	0.0004	NS	0.0035
On Top Round Black	Days of acceptable foliage	9.9	11.9	10.2	15.2	NS	0.0025	NS	0.0043
On Top Round Orange	Vase life (days)	13.3	16.3	15.4	13.5	NS	NS	0.0099	NS
	Brown fruits (%)	67	40	80	80	0.0280	NS	NS	NS
	Wilted foliage (%)	93	60	93	73	NS	0.0100	NS	NS
	Days of acceptable foliage	7.9	13.1	6.2	8.9	0.0055	0.0003	NS	<0.0001
Rio Light Orange	Dry fruits (%)	73	93	100	100	0.0172	NS	NS	0.0222
	Wilted foliage (%)	86	67	30	57	0.0379	NS	NS	NS
	Days of acceptable foliage	5.1	11	9.5	10.1	NS	0.0247	NS	0.0361
Rio Yellow	Days of acceptable foliage	8.3	13.7	8.2	10.4	NS	0.0438	NS	NS
Rooster	Vase life (days)	21.3	24.8	20.7	24.5	NS	<0.0001	NS	0.0006
	Days of acceptable foliage	8	13.5	10.9	14.3	0.0178	<0.0001	NS	<0.0001
Stromboli	Vase life (days)	18.5	20.2	16.3	20.7	NS	0.0184	NS	NS
	Wilted foliage (%)	50	17	83	67	0.0026	NS	NS	0.0059
	Days of acceptable foliage	12.5	18.8	12.4	16.3	NS	0.0013	NS	0.0085
Tall Round Yellow	Vase life (days)	11.7	11.3	10.6	12.2	NS ^A	NS	0.0374	NS
	Wilted foliage (%)	75	67	92	18	NS	0.0016	0.0105	0.0010
	Days of acceptable foliage	7.1	7.8	5.7	11.6	NS	0.0030	0.0186	0.0027
441525	Vase life (days)	20.8	18.1	14.5	18.8	0.0250	NS	0.0062	0.0059

^ANS= nonsignificant

^BP values were obtained using General Linear Models (GLM) procedures (version 9.3; SAS Inst., Cary, NC)

Table 7. Effect [positive (pos.); negative (neg.), or no effect (-)] of floral preservatives [hydrator (hyd.) and holding (hold.) solutions] on vase life, percent incidence of wilted foliage and days of acceptable foliage (days until foliage wilt) of ten cultivars of ornamental peppers.

Cultivars	Vase life (d)			Wilted foliage (%) ^A			Days of acceptable foliage		
	Hyd.	Hold.	Hyd + Hold	Hyd.	Hold.	Hyd + Hold	Hyd.	Hold.	Hyd + Hold
Black Pearl	-	Pos.	Pos.	-	-	-	-	Pos.	Pos.
Cappa Round Red	-	-	-	-	Pos.	-	-	Pos.	Pos.
On Top Round Black	-	-	-	-	-	-	-	Pos.	Pos.
On Top Round Orange*	-	-	-	-	Pos.	-	Neg.	Pos.	-
Rio Light Orange	-	-	-	Pos.	-	-	-	Pos.	Pos.
Rio Yellow	-	-	-	-	-	-	-	Pos.	-
Rooster	-	Pos.	Pos.	-	-	-	Pos.	Pos.	-
Stromboli	-	Pos.	-	Neg.	-	-	-	Pos.	-
Tall Round Yellow*	-	-	-	-	Pos.	Pos.	-	Pos.	Pos.
441525*	Neg.	-	-	-	-	-	-	-	-

*Cultivars in which a significant interaction occurred

^ABased on the stems that showed the symptom

CONCLUSIONS

Stems of 'Rio Light Orange' ornamental pepper should be harvested when the fruits are partly mature (stage 2) for longest vase life and optimal postharvest quality and vase life of 'Cappa Round Red' was unaffected by harvest stage. For both cultivars if the foliage will be left on the stems, they should be harvested and kept in plain water to avoid wilted foliage. Stems of 'Rio Light Orange' ornamental pepper can only be stored in water for up to 1 week while 'Cappa Round Red' stems tolerated cold storage in water for up to 2 weeks, and for both cultivars, cold storage in water prevented wilting of the foliage. Cut stems of neither cultivars were sensitive to exogenous ethylene $1.0 \mu\text{L L}^{-1}$ for 16h, however, higher concentrations or durations should be tested to confirm this conclusion. Defoliation treatments applied in this study did not show a clear response and therefore no recommendations were done. Further experiments are needed to make a recommendation on how to successfully remove the foliage of ornamental peppers without reducing vase life. The use of a holding solution, regardless of prior use of a hydrator solution increased vase life of 'Black Pearl', 'Rooster' and 'Stromboli' ornamental peppers. In general, use of a commercial hydrator either reduced or had no effect on vase life and thus, should not be used. Moreover, use of a holding solution extended the days of acceptable foliage, kept the foliage turgid longer and delayed foliage wilting. Results demonstrated that vase life and quality of 'Rio Light Orange' and 'Cappa Round Red' ornamental peppers can be extended following proper postharvest handling procedures and the use of a holding solution can be beneficial on vase life and in the foliage quality of many cultivars of peppers tested in this study.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors thank the Association of Specialty Cut Flower Growers for financial support, Chris Wien for seed and comments on experiments, and GeoSeed for seed. We also thank Ingram McCall for assistance with plant production and harvest.

REFERENCES

- AHMAD, I.; DOLE, J.M.; AMJAD, A.; AHMAD, S. Dry storage effects on postharvest performance of selected cut flowers. **HorTechnology**, v.22, n.4, p.463-469, 2012.
- AHMAD, I.; DOLE, J.M. Optimal postharvest handling protocols for *Celosia argentea* var. *crystata* L. 'Fire Chief' and *Antirrhinum majus* L. 'Chantilly Yellow'. **Scientia Horticulturae**, v.17, p.308-316, 2014.
- ARMITAGE, A.M.; LAUSHMAN, J.M. **Specialty cut flowers**, 2nd ed. Timber Press, Portland, OR, 2003.
- BEN-YEHOSHUA, S. **Transpiration, water stress, and gas exchange** In: Weichmann, J. (Ed.) Postharvest physiology of vegetables. Marcel Dekker, New York, p. 113-170, 1987.
- BLANKENSHIP, S.M.; DOLE, J.M. 1-Methylcyclopropene: a review. **Postharvest Biology and Technology**, v.28, p.1-25, 2003.
- BOSLAND, P.W. **Capsicums: innovative uses of an ancient crop**. In: J. Janick (ed.), Progress in new crops. ASHS Press, Arlington, VA., p.479-487, 1996.
- CARLSON, A.S.; DOLE, J.M. Postharvest handling recommendations for cut pineapple lily. **HorTechnology**, v.24, n.6, p.731-735, 2014.
- CARVALHO, S.I.C.; BIANCHETTI, L.B; RIBEIRO, C.SC.; LOPES, C.A. **Pimentas do gênero *Capsicum* no Brasil**. Brasília: Embrapa Hortaliças (Documentos, 94), 27p., 2006.
- CLARK, E.M.R.; DOLE, J.M.; CARLSON, A.S.; MOODY, E.P.; McCALL, I.F., FANELLI, F.L.; FONTENO, W.C. Vase life of new cut flowers cultivars. **Hortechology**, v.20, n.6, p.1016-1025, 2010.
- DOLE, J.M.; WILKINS, H.F. **Floriculture: principles and species**, 2nd ed. Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ, 2005.
- DOLE, J.M.; FONTENO, W.C.; BLANKENSHIP, S.M. Comparison of silver thiosulfate with 1-methylcyclopropene on 19 cut flower taxa. **Acta Horticulturae**, v.682, p.949-953, 2005.
- GRANITZ, H.M.; DOLE, J.M.; Kornegay, J.; CARLSON, A.S.; McCall, I.F. Postharvest treatment of specialty cut flowers. **The cut flower quarterly**. v.26, n.1, p.28-30, 2014.
- GREER, L.; DOLE, J.M. Defoliation of woody cut stems with preharvest, less toxic chemical and postharvest environmental methods. **HorTechnology**, v.5, p.376-380, 2005.

GREER, L.; DOLE, J.M. **Defoliation** In: Woody cut stems for growers and florists. How to produce and use branches for flowers, fruit and foliage. Timber Press, Portland, OR, p. 63-79, 2008.

HAVELY, A.H.; MAYAK, S. Senescence and postharvest physiology of cut flowers. Part 2. **Horticultural Reviews**. v.3, p.59-143, 1981.

INSTITUTO BRASILEIRO DE FLORICULTURA, IBRAFLOR. **O mercado de flores no Brasil**. Available in: <http://www.ibraflor.com/publicacoes/vw.php?cod=235/>, acesso em 20 de maio de 2015.

KELLY, J.W.; STARMAN, T.W. Postharvest handling of *Physostegia purpurea* cut flowers. **HortScience**, v.25, p.552-553, 1990.

LARSEN, F.E. **Successful defoliation of nursery stock with chemicals**. Combined Proc. Intl. Plant Propagators' Soc. v.23, p.62-70, 1973.

LOWNDS, N.K.; BANARAS, M.; BOSLAND, P.W. Relationships between postharvest water loss and physical properties of pepper fruit (*Capsicum annum* L.). **Hortscience**, v.28, p.1182-1184, 1993.

MACNISH, A.J.; de THEIJE, A., REID, M.S, JIANG, C.Z. An alternative postharvest handling strategy for cut flowers –dry handling after harvest. **Acta Horticulturae**, v.847, p.215-222, 2009.

MAPELI, A.M.; MOREIRA, M.A.; FINGER, F.L. Fisiologia e conservação pós-colheita de pimentas, In: Elizanilda Ramalho do Rego, Fernando Luiz Finger, Mailson Monteiro do Rego (org). **Produção, genética e melhoramento de pimentas (Capsicum spp.)** 1 ed. Recife, Imprima, p.71-92, 2011.

MARANDI, R.J.; HASSANI, A.; ABDOLLAHI, A.; HANAFI, S. Improvement of the vase life of cut gladiolous flowers by essential oils, salicylic acid and silver thiosulfate. **Journal of Medicinal Plants Research**, v.5, n.20, p.5039-5043, 2011.

NELL, T.A., 1992. Taking silver out of the longevity picture. *Grower Talks*. 6:35-38

NOWAK, J.; RUDINICKI, R.M. **Postharvest handling and storage of cut flowers, florist greens, and potted plants**. Timber press, Portland, OR, 1990.

OLIEN, W.C.; BUKOVAC, M.J. The effect of temperature on rate of ethylene evolution from ethephon and from ethephon-treated leaves of sour cherry. **J. Amer. Soc. Hort. Sci.** v.103, p.199-202, 1978.

PAULL, R.E. **Tropical fruit physiology and storage potential** In: Champ, B.R.; Highley, E.; Johnson, G.I. (Eds.) Postharvest handling of tropical fruits: proceedings of an international conference held at Chian Mai, Thaailand, 19-23 July 1993. ACIAR, Canberra, p.198-204, 1994.

RASMUSSEN, G.K.; COOPER, W.C. Abscission of citrus fruits induced by ethylene producing chemicals. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* v.93, p.191-198, 1986.

REDMAN, P.B.; DOLE, J.M.; MANESS, N.O.; ANDERSON, J.A. Postharvest handling of nine specialty cut flowers species. **Scientia Horticulturae**, v.92, p.293-303, 2002.

REGAN, E.M.; DOLE, J.M. Postharvest handling procedures of *Matthiola incana* 'Vivas Blue'. **Postharvest Biology and Technology**, v.58, p.268-273, 2010.

SEGATTO, F.B.; FINGER, F.L.; BARBOSA, J.G.; REGO, E.R.R.; PINTO, C.M.F. Effects of ethylene on the post-production of potted ornamental peppers (*Capsicum annuum* L.). **Acta Horticulturae**, v.1000, p.217-222, 2013.

SEREK, M.; SISLER, E.C.; REID, M.S. Effects of 1-MCP on the vase life and ethylene response of cut flowers. **Plant Growth Regulator**, v.16, p.93-97, 1995.

SEREK, M.; SISLER, E.C. Efficacy of inhibitors of ethylene binding in improvement of the postharvest characteristics of potted flowering plants. **Postharvest Biology and Technology**, v. 23, p.161-166, 2001.

SEREK, M.; WOLTERING, E.J.; SISLER, E.C.; FRELLO, S.; SRISKANDARAJAH, S. Controlling ethylene responses in flowers at the receptor level. **Biotechnology Advances**, v.24, p.368-381, 2006.

STOMMEL, J.R.; BOSLAND, P.W. **Pepper, Ornamental, *Capsicum annuum***. In: Anderson, N.O. (ed.). Flower breeding and genetics: Issues, challenges and opportunities for the 21st century. Springer, Dordrecht, The Netherlands, p.561-599, 2006.

U.S DEPARTMENT OF AGRICULTURE. **Floriculture crops summary**. Natl. Agr. Stat. Serv., Washington, D.C, 2000.

VAN DOORN, W.G.; DE WITTE, Y. Effect of bacterial suspensions on vascular occlusion in stems of cut rose flowers. **Journal of Applied Bacteriology**, v.71, p.119-123, 1991.

CONCLUSÕES GERAIS

- Concentração de 20 mg L⁻¹ de PBZ nas pimenteiras da variedade comercial Bode Amarela, e nas plantas do acesso 2345PB oferecem as plantas, altura adequada para utilização com a finalidade de ornamentação, sem alterar as características dos frutos e sem apresentar sintomas de fitotoxicidade.
- Para a variedade comercial Iracema Biquinho Vermelha e para o acesso 2334PB, novos experimentos utilizando-se concentrações mais baixas de PBZ serão necessários para se determinar a dosagem ideal desse regulador de crescimento que confira valor estético a essas plantas para seu uso em ornamentação.
- Hastes da pimenta ornamental ‘Rio Light Orange’ devem ser colhidas com frutos parcialmente maduros para obter maior vida de vaso e melhor qualidade e estágio de desenvolvimento na colheita não afetou a vida de vaso de ‘Cappa Round Red’.
- A fim de se evitar o murchamento das folhas, as hastes de ‘Rio Light Orange’ e ‘Cappa Round Red’ devem ser colhidas e mantidas em água.
- Hastes de ‘Rio Light Orange’ podem ser armazenadas em água por até uma semana e de ‘Cappa Round Red’ por até duas semanas a 2 ° C, sem perda significativa na vida de vaso.
- Hastes das pimentas ornamentais ‘Rio Light Orange’ e ‘Cappa Round Red’ parecem não ser sensíveis ao etileno exógeno, entretanto maiores concentrações deve ser testadas para confirmar essa conclusão.
- Os tratamentos de desfolhação aplicados nesse estudo não mostraram uma clara resposta e entretanto, não se pode fazer nenhuma recomendação em como remover com sucesso a folhagem de pimentas ornamentais sem reduzir a vida de vaso.
- Uso de solução de manutenção prolongou a vida de vaso das pimentas ornamentais ‘Stromboli’, ‘Rooster’ e ‘Black Pearl’.
- Solução comercial de hidratação não deve ser usada nas cultivares testadas nesse estudo.
- Solução de manutenção é efetiva em manter as folhagem das pimentas túrgidas por mais tempo em todas as cultivares testadas, exceto para a cultivar 441525, em que não houve nenhum efeito.