

TANIA PIRES DA SILVA

**FISIOLOGIA DO DESENVOLVIMENTO E SENESCÊNCIA
DE FLORES DE CAPUCHINHA (*Tropaeolum majus* L.)**

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

**VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2012**

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

T

S586f
2012

Silva, Tania Pires da, 1982-
Fisiologia do desenvolvimento e senescência de flores de
capuchinha (*Tropaeolum majus* L.) / Tania Pires da Silva. –
Viçosa, MG, 2012.
viii, 68f. : il. (algumas col.) ; 29cm.

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

1. *Tropaeolum majus*. 2. Plantas comestíveis. 3. Etileno.
4. Respiração. I. Universidade Federal de Viçosa. II. Título.

CDD 22. ed. 633.883216

TANIA PIRES DA SILVA

**FISIOLOGIA DO DESENVOLVIMENTO E SENESCÊNCIA
DE FLORES DE CAPUCHINHA (*Tropaeolum majus* L.)**

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

APROVADA: 25 de julho de 2012.

Vicente Wagner Dias Casali

Paulo José de Moraes

Marialva Alvarenga Moreira

Paula Acácia Silva Ramos

Fernando Luiz Finger
(Orientador)

DEDICATÓRIA

Aos meus pais e irmãos pelo amor, incentivo, carinho, dedicação e preocupação.

AGRADECIMENTOS

Chegou o momento de expressar meus sinceros agradecimentos a tantos adorados familiares e amigos próximos, distantes, novos, antigos ou os mais recentes, mas todos que terei gratidão e carinho para sempre.

Nesses quase quatro anos arrisquei-me em uma nova cidade, diga-se de passagem, longe de tudo, em um novo trabalho, em novos amigos. Mesmo assim... Continuo assombrada pelo medo do novo, mas gostei e muito!

Eu creio que esta parte de agradecimentos é uma tarefa difícil, pois muitas vezes cometemos injustiças e por esquecimento não mencionamos nomes de pessoas que também contribuíram para o trabalho. Nada na vida conquistamos sozinhos. Sempre precisamos de outras pessoas para alcançar os nossos objetivos. Muitas vezes um simples gesto pode mudar a nossa vida e contribuir para o nosso sucesso.

Por isso, sei que corro o risco de não dar conta deste ‘muitíssimo obrigado’ como é merecido, porque será difícil expressar em poucas linhas o significado que cada pessoa tem. Muito além da mera formalidade, um reconhecimento de tudo que me foi proporcionado.

A Deus, por sempre guiar meus passos e decisões.

Aos meus pais, Arlindo Pires da Silva e Ivete Pires da Silva, e meus irmãos Solange e Evandro, que apesar da distância física, sempre estiveram ao meu lado, onde quer que eu esteja. Obrigada pela instrução, ensinamentos, carinho, compreensão, incentivo, apoio. Pai, obrigada por todas as vezes que me disse não pensando sempre no meu melhor, hoje consigo entender seus motivos!

Ao meu orientador Fernando Luiz Finger, por acreditar na minha capacidade, pelos seus valiosos ensinamentos e contribuição para a realização deste trabalho. Mesmo não estando em condições nunca deixou de nos dar assistência. Passando sempre, sem medir esforços, a sua experiência e conhecimento. Agradeço profundamente.

À Universidade Federal de Viçosa e ao Departamento de Biologia Vegetal pela oportunidade de realizar o curso.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) pela concessão da bolsa.

Às minhas amigas de república Deyse, Érica, Fabiana e Renata que sempre me deram apoio e força pra continuar a lutar. Nos momentos difíceis e alegres, sempre estavam ali, prontas pra estender a mão.

Ao pessoal do laboratório de pós-colheita que de alguma forma tenha contribuído. Especialmente Ana Paula e Lucilene, aos técnicos Geraldo, Ribeiro e Sebastião, aos estagiários Ariana e Clebson que contribuíram para a realização deste trabalho.

Ao Gabriel (Beto), funcionário da horta, que sempre me ajudou no cultivo das flores. Facilitando sempre as coisas e contribuindo muito com a pesquisa. Muito obrigada!

Às minhas amigas Érica, Lucilene e Kelem que estão ao meu lado sempre, no choro ou no riso. Pela amizade, carinho e cumplicidade!

Aos meus amigos Marcelo, Diego e Rusthon pela ajuda e companheirismo.

Ao professor Adilson R. Schuelter, por incentivar minha vinda pra UFV.

Aos demais amigos do Departamento de Fisiologia Vegetal que sempre se fizeram presentes na minha vida acadêmica em Viçosa.

É sempre bom chegar ao final de uma etapa e ter a quem agradecer sinal de que quando precisei de algo havia sempre alguém pronto pra me estender uma mão, muitas vezes as duas, e, em alguns casos até os braços. A todos vocês o meu mais sincero, muito obrigada!

SUMÁRIO

RESUMO.....	vi
ABSTRACT.....	viii
INTRODUÇÃO GERAL.....	1
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	4
CAPITULO I - Fisiologia do desenvolvimento em flores de <i>Tropaeolum majus</i> L.	7
RESUMO.....	8
ABSTRACT.....	9
INTRODUÇÃO	10
MATERIAL E MÉTODOS	11
Análise de CO ₂ e Etileno.....	11
Metabolismo de carboidratos.....	11
Antocianinas e Vitamina C	12
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	13
CONCLUSÃO	16
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	17
CAPÍTULO II - Sensibilidade de flores de capuchinha ao etileno e uso do 1-MCP como retardante da senescência.....	19
RESUMO.....	20
ABSTRACT.....	21
INTRODUÇÃO	22
MATERIAL E MÉTODOS	23
Aplicação de etileno.....	23
Aplicação de 1-MCP	24
Aplicação de 1-MCP combinado com etileno	24

Antocianinas	26
RESULTADOS E DISCUSSÃO	27
Aplicação de etileno.....	27
Aplicação de 1-MCP	29
Aplicação de 1-MCP combinado com etileno	30
Antocianinas	33
CONCLUSÃO	35
AGRADECIMENTOS	35
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	35
CAPÍTULO III - Aplicação de substâncias preservativas e antietilênicas na conservação pós-colheita de flores de capuchinha	38
RESUMO.....	39
ABSTRACT.....	41
INTRODUÇÃO	43
MATERIAL E MÉTODOS	44
“Pulsing” com sacarose.....	45
“Pulsing” com tiosulfato de prata (STS) e aminoetoxivinilglicina (AVG).....	45
Imersão das pétalas em AVG, ácido aminooxiacético (AOA) e ácido acetilsalicílico (AAS).....	45
Imersão das pétalas em auxinas	45
Imersão das pétalas em STS e nitrato de prata combinados com cobre	46
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	48
CONCLUSÃO	62
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	63
CONCLUSÕES GERAIS.....	67

RESUMO

SILVA, Tania Pires da, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, julho de 2012. **Fisiologia do desenvolvimento e senescência de flores de capuchinha (*Tropaeolum majus* L.)**. Orientador: Fernando Luiz Finger. Coorientadores: José Geraldo Barbosa e Raimundo Santos Barros.

Este trabalho teve por objetivos caracterizar fisiologicamente cinco estádios de desenvolvimento da flor de *Tropaeolum majus* L. quanto: a produção de etileno e CO₂, metabolismo de carboidratos e conteúdo de pigmentos de antocianina. Assim como, verificar o efeito do etileno sobre a sensibilidade das flores a este hormônio, e avaliar os benefícios do 1- metilciclopropeno (1-MCP) e de soluções preservativas sobre a longevidade pós-colheita de flores de capuchinha. A produção de CO₂ diminuiu com a abertura da flor e senescência. Houve aumento na produção de etileno nos três primeiros estádios de desenvolvimento, seguido pelo declínio acentuado nos últimos dois estádios. Independentemente da fase de desenvolvimento da flor, o amido foi o menor carboidrato não estrutural, açúcares solúveis totais aumentaram desde o estágio 1 ao 2, mantendo-se estáveis até o estágio 4, diminuindo posteriormente. O teor de antocianinas aumentou com a progressão da senescência da flor. No segundo e terceiro estádios, as concentrações iguais ou acima de 10 µL L⁻¹ de etileno ocasionaram maior grau de murchamento das flores, e inibição do desenvolvimento dos botões do primeiro estágio. O 1-MCP foi eficiente em prolongar a longevidade pós-colheita de flores de capuchinha em qualquer concentração utilizada, até mesmo com a presença de etileno exógeno. O teor de antocianinas apresentou modificações quando na presença de etileno, mas não na presença de 1-MCP. O condicionamento das flores na forma de “pulsing” com sacarose não evitou a perda de matéria fresca, ou a senescência das flores, em nenhuma das concentrações ou períodos testados. Os tratamentos com aminoetoxivinilglicina (AVG) nos dois métodos de aplicação testados, ácido aminooxiacético (AOA) e ácido acetilsalicílico (AAS), não foram capazes de prolongar a longevidade pós-colheita das flores de capuchinha. O tratamento com maior capacidade de minimizar as perdas pós-colheita, entre todos os produtos testados, foi o tiosulfato de prata (STS), que prolongou a longevidade pós-colheita das flores em até 4 dias após a aplicação. Tanto o STS como somente a prata aplicada na forma de nitrato de prata (AgNO₃) foram eficientes em minimizar as perdas de matéria fresca, e com isso manter a turgescência das flores, entretanto, a solução de STS, mostrou-se superior. Nenhum dos períodos testados, entre a aplicação da solução antietilênica seguida da solução de cobre, evitou a ação do etileno nas flores. Com isso,

o cobre mostrou-se capaz de remover com eficiência a prata do sítio receptor do etileno, provocando assim, a ação do mesmo.

ABSTRACT

SILVA, Tania Pires da, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, july, 2012. **Physiology of development and postharvest conservation nasturtium flowers (*Tropaeolum majus* L.).** Adviser: Fernando Luiz Finger. Co-advisers: José Geraldo Barbosa and Raimundo Santos Barros.

This study aimed to characterize physiologically five stages of flower development of *Tropaeolum majus* L. as: the production of ethylene and CO₂, carbohydrate metabolism and content of anthocyanin pigments. Additionally, we investigated the effect of ethylene on the sensitivity of flowers to this hormone, and evaluate the benefits of 1-methylcyclopropene (1-MCP) and preservative solutions on postharvest longevity of nasturtium flowers. The CO₂ production decreased with flower opening and senescence. There was an increase in ethylene production in the first three stages of development, followed by the accentuated decline in the last two stages. Regardless of the stage of flower development, the starch was the lowest nonstructural carbohydrates, total soluble sugars increased since the stadium 1 to 2, remaining stable until stage 4, decreasing thereafter. The anthocyanins increased with the progression of flower senescence. In the second and third stages concentrations equal to or above 10 µL L⁻¹ ethylene caused a greater degree of wilting of flowers, and inhibiting the development of the buttons of the first stage. The 1-MCP was effective in prolonging the longevity postharvest nasturtium flowers at any concentration used, even with presence of exogenous ethylene. The anthocyanins showed changes in the presence of ethylene but not in the presence of 1-MCP. The conditioning of flowers in the form of "pulsing" with sucrose did not prevent the loss of fresh or flower senescence, or in any of the concentrations tested periods. Treatments with aminoethoxyvinylglycine (AVG) in the two application methods tested, aminooxiacetic acid (AOA) and acetylsalicylic acid (ASA), were unable to extend the postharvest longevity of nasturtium flowers. Treatment with greater capacity to minimize postharvest losses among all tested products was the silver thiosulfate (STS), which prolonged the longevity of flowers after harvesting within 4 days after application. Both as the STS only the silver applied in the form of silver nitrate (AgNO₃) were effective in minimizing losses of fresh material, and thereby maintain the turgor of flowers, however, the STS solution, was superior. None of the tested periods between application anti-ethylene then the solution of the copper solution, prevented the action of ethylene in flowers. Thus, copper was capable of efficiently removing silver from the ethylene receptor site, thereby, the action of the same.

INTRODUÇÃO GERAL

A produção de flores comestíveis como atividade econômica tem se tornado um bom negócio, tanto no Brasil quanto no exterior. As flores comestíveis vêm sendo utilizadas nos últimos anos por restaurantes finos, em pratos sofisticados dando um toque delicado, agregando não só valor e beleza aos pratos, mas também os tornando mais saborosos e nutritivos. Sendo assim, o mercado gastronômico, em crescente desenvolvimento, levou os produtores a aumentarem e diversificarem a oferta de produtos inovadores, dentre estes produtos, as flores destinadas à alimentação. Com isso, o cultivo deste tipo de flores proporciona aos pequenos produtores rurais, a oportunidade de terem uma fonte alternativa de renda obtida de forma sustentável. Onde na maioria das vezes, os produtores firmam contrato com seus clientes, garantindo assim o escoamento de seus produtos, o qual o cultivo é bastante específico. Entretanto, o escoamento torna-se dificultado quando o local de produção está distante dos grandes centros comerciais.

Um ponto a ser levado em consideração na produção dessas flores, é a forma de cultivo, pois, não podem ser utilizados agrotóxicos ou tratamentos químicos. Além do mais, a escolha da espécie é de fundamental importância, já que, algumas espécies podem ser extremamente tóxicas ou venenosas, como a azaléia, íris, narciso e crisântemo. Além disso, outras espécies não apresentam bom paladar, ou podem causar quadros alérgicos, como é o caso do grão de pólen de algumas espécies como a camomila.

Dentre as flores comestíveis utilizadas e liberadas para o consumo têm-se a calêndula, amor perfeito, violeta, botões de girassol, rosas e capuchinha (*Tropaeolum majus* L.) a qual é a precursora deste tipo de mercado e a mais consumida, sendo a mais utilizada no preparo de pratos diversos. A capuchinha, originária da América do Sul, por ser uma planta multifuncional e apresentar amplos benefícios no âmbito medicinal e nutricional, foi inclusa também na culinária. Como planta medicinal é frequentemente utilizada como desinfetante, cicatrizante, antibiótico, expectorante e antiescorbútica, devido ao alto teor de vitamina C (Martins *et al.*, 1994; Torres-Jimenez & Quintana-Cardenas, 2004). Duke & Ayensu (1985), atribuíram atividade antitumoral aos extratos da planta. E, em um estudo recente, flores e folhas de *T. majus* L. foram relatadas como excelente fonte de luteína (Niizu & Rodriguez-Amaya, 2005).

Assim, a capuchinha vem sendo atualmente valorizada, principalmente pelos hotéis e restaurantes finos, que servem suas folhas e flores em saladas nutritivas e atraentes. Com gosto ardido que lembra agrião, confere um toque exótico à salada, já as sementes conservadas em vinagre podem perfeitamente substituir a alcaparra na preparação de pratos (Golze, 2008).

As flores comestíveis para poderem ser comercializadas não devem apresentar defeitos, como manchas, início de senescência, pétalas quebradas, deformidades na estrutura das pétalas, entre outras, preservando assim a qualidade do produto. Entretanto, após a colheita, a deterioração das flores ocorre rapidamente, provavelmente associada a alterações bioquímicas, fisiológicas e estruturais que culminam na sua senescência. Estes fatores fazem com que as perdas tanto por parte dos produtores, como dos comerciantes e consumidores sejam elevadas.

Segundo Dukovski *et al.* (2006), a senescência pós-colheita de flores é regulada por muitos fatores de natureza endógena ou externa que podem agir sinergisticamente. Dentre as mudanças bioquímicas, o aumento da atividade de enzimas hidrolíticas, degradação do amido e clorofila, perda da compartimentalização celular, aumento da respiração e produção e sensibilidade ao etileno são as mais frequentes.

O etileno regula várias respostas durante o crescimento e desenvolvimento vegetal, incluindo florescimento, abscisão e senescência de flores (Dukovski *et al.*, 2006). A regulação da produção de etileno nas plantas se deve a fatores internos do próprio tecido, ambientais ou a estresses (Abeles *et al.*, 1992). A taxa de produção deste hormônio pelas plantas superiores é variável de um órgão para outro (Woltering *et al.*, 1994) e nos diferentes estádios de desenvolvimento da planta (Brown *et al.*, 1986). O aumento do tempo de vida útil de várias flores pode ser alcançado pelo uso de substâncias que reduzem a sensibilidade das plantas ao etileno (Serek *et al.*, 1994) ou inibem sua síntese ou ação (Abeles *et al.*, 1992).

O etileno provoca vários efeitos adversos em plantas, como perda da cor verde, murchamento prematuro (Hardenburg *et al.*, 1988), abscisão de flores e folhas, e aceleração da senescência (Reid, 1985). Assim, conseqüentemente, o etileno promove a senescência mais rápida em produtos vegetais colhidos, resultando em acelerada deterioração e diminuição da longevidade de prateleira, e, portanto, reduzindo o valor comercial do produto. Em flores, o etileno pode afetar importantes processos que culminam na perda de qualidade ou redução da longevidade, como enrolamento de pétalas, perda da cor, abscisão, murchamento, dormência de gemas, epinastia e senescência (Serek, 1993).

A resposta ao etileno é mediada pela ligação do etileno com o receptor específico, formando um complexo. Esse receptor ainda não foi bem caracterizado, porém, sabe-se que há participação de proteínas e que estão associadas com membranas (Marangoni *et al.*, 1996), provavelmente uma metalo-proteína (Knee, 1992). Os receptores do etileno são reguladores negativos da resposta ao etileno. Na ausência de etileno, a função do receptor sem o seu ligante (etileno) é desligar a rota de sinalização que leva a resposta. A ligação do etileno desliga (inativa) os receptores, permitindo, assim, que a rota de resposta prossiga. Quando o etileno está presente e se liga ao receptor, esta ligação induz mudanças conformacionais causando determinadas respostas como florescimento, abscisão e senescência de flores (Dukovski *et al.*, 2006; Taiz e Zeiger, 2009). O processo de transcrição dos genes, se ativado, é responsável pelos efeitos fisiológicos, como a senescência da flor, e pela biossíntese de etileno endógeno (Reid e Wu, 1992).

A aplicação de compostos antietilênicos tem sido muito eficaz na floricultura, uma vez que permite o controle e retardo do início da senescência floral, principalmente das espécies sensíveis a este gás. Dentre estes compostos tem-se o 1-metilciclopropeno (1-MCP), descoberto na década de 90, o qual inibe a ação do etileno, bloqueando seu receptor (Sisler *et al.*, 2001), prevenindo assim os efeitos adversos do etileno (Pre-Aymard *et al.*, 2002). O composto 1-MCP foi originalmente patenteado por Sisler e Blankenship, em 1996, e tem demonstrado ser uma tecnologia moderna, não tóxica, eficiente e conveniente para manejar os efeitos negativos do etileno (Beltran e Pereira, 2002) em muitas espécies de flores.

Outro tratamento que vem sendo utilizado é o condicionamento ('pulsing') que é feito no momento do pré-transporte ou pré-armazenamento de flores. Este, atua interferindo na fase final da vida das flores, pois, consiste em colocar a porção basal das hastes florais em soluções com carboidratos e outros compostos conservantes, em períodos que podem variar de poucas horas a dois dias, dependendo da espécie ou cultivar (Nowak e Rudnick, 1990).

A sacarose é o carboidrato mais utilizado nas soluções de condicionamento, sendo aplicada individualmente ou em combinação com inibidores da ação do etileno (Ichimura e Hiraya, 1999). O fornecimento de açúcares atua como a principal fonte de carbono ou de energia necessária para a manutenção dos processos bioquímicos e fisiológicos das plantas. Entre eles, síntese de proteínas e de amido, função e/ou estrutura das mitocôndrias (Kaltaler e Steponkus,

1976) e melhoria do balanço hídrico, pela regulação da transpiração (redução do potencial osmótico e aumento da absorção de água) (Nowak e Rudnicki, 1990).

Várias outras técnicas e produtos têm sido desenvolvidos para diminuir o efeito do etileno. Destacando-se o uso de inibidores da síntese como o ácido aminooxiacético (AOA); o ácido aminoetoxivinilglicina (AVG - registrado comercialmente como ReTain® - Valent BioSciences Corporation, Libertyville, Illinois, USA) e também o ácido acetilsalicílico (AAS) os quais apresentam potencial para utilização, dependendo da espécie a ser tratada. O AOA e o AVG são inibidores da sintase do ACC, enzima responsável pela conversão do composto S-adenosil-L-metionina (SAM) para 1-aminociclopropano-1-ácido carboxílico (ACC) (Altvorst & Bovy, 1995). Enquanto que o AAS atua bloqueando a conversão do ACC em etileno, via inibição da atividade da oxidase do ACC (Leslie & Romani, 1986).

Dados sobre tratamentos ou técnicas de conservação pós-colheita de flores comestíveis são ainda extremamente escassos. Com isso, objetivou-se com este trabalho caracterizar a fisiologia durante o desenvolvimento da flor; estudar os fatores determinantes da senescência pós-colheita de flores de capuchinha e avaliar a eficiência de produtos e métodos capazes de retardar a senescência. Com isso, pretende-se minimizar as perdas pós-colheita através do aumento da vida útil de flores comestíveis.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABELES, F. B.; MORGAN, P. W.; SALTVEIT JR., M. E. *Ethylene in plant biology*. San Diego, Academic Press, 1992. 414 p.

ALTVORST, A. C. van; BOVY, A.G. The role ethylene in the senescence of carnation flowers, a review. *Plant Growth Regulation*, v.16, p.43-53, 1995.

BELTRAN, A.; PEREIRA, W.S. Status atual de SmartFresh™ (1-MCP) em nível mundial. In: Encontro Nacional sobre Fruticultura de Clima Temperado, 5., Friburgo – SC, 2002. *Anais...* Caçador – SC, Epagri, p.225-228, 2002.

BROWN, J. H.; LEGGE, R. L.; SISLER, E. C.; BAKER, J. E.; THOMPSON, J.E. Ethylene binding to senescing carnation petals. *Journal of Experimental Botany*, v.37, p.526-534, 1986.

DUKE, J.A. & AYENSU, E.S. *Medicinal plants of China*. Michigan: Reference Publications Algonac. (1985).

DUKOVSKI, D.; BERNATZKY, R.; HAN, S. Flowering induction of *Guzmania* by ethylene. *Scientia Horticulturae*, v.110, p.104–108, 2006.

GOLZE, V. L. O. Aceitabilidade de alimentação à base de capuchinha (*Tropaeolum majus*). *Revista Brasileira de Agroecologia*, v.3, p.27-30, Suplemento especial, 2008.

HARDENBURG, R. E.; WATADA, A. E.; WANG, C. Y. *Almacenamiento comercial de frutas, legumbres y existencias de floristerias y viveros*. Costa Rica: IICA, 1988. 150p.

ICHIMURA, K.; HIRAYA, T. Effects of silver tiosulfate complex (STS) in combination with sucrose on the vase life of cut sweet pea flowers. *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science*, v.68, p.23-27, 1999.

KALTALER, R. E. L.; STEPONKUS, P. L. Factors affecting respiration in cut roses. *Journal of the Amerercan Society for Horticultural Science*, Alexandria, v.101, p.352-354, 1976.

KNEE, M. Sensitivity of ATPase to silver ions suggests that silver acts outside the plasma membrane to block ethylene action. *Phytochemistry*, v.31, p.1093-1096, 1992.

LESLIE, C. A.; ROMANI, R. J. Salicylic acid a new inhibitor of ethylene biosynthesis. *Plant Cell Reports*, v.5, p.144-146, 1986.

MARANGONI, A. G.; PALMA, T.; STANLEY, D. W. Membrane effects in postharvest physiology. *Postharvest Biology and Technology*, v.7, p.193-217, 1996.

MARTINS, E. R.; CASTRO, D. M.; CASTELLANI, D. C.; DIAS, J. E. *Plantas medicinais*. Viçosa: UFV. 1994. 220p.

NIIZU, P.Y. & RODRIGUEZ-AMAYA, D.B. Flowers and leaves of *Tropaeolum majus* L. as rich sources of lutein. *Journal of Food Science*, 70, S605–S609, 2005.

NOWAK, J.; RUDNICKI, R. M. *Postharvest handling and storage of cut flowers, florist greens and potted plant*. Portland: Timber Press, 1990. 210p.

PRE-AYMARD, C.; WEKSLER, A.; LURIE, S. Responses of ‘Anna’, a rapidly ripening summer apple, to 1-methylcyclopropene. *Postharvest Biology and Technology*, v.21, p.19-24, 2002.

REID, M. S. Ethylene and abscission. *HortScience*, v.20, p.45-50, 1985.

REID, M. S.; WU, M. J. Ethylene and flower senescence. *Plant Growth Regulation*, v.11, p.37-43, 1992.

SEREK, M.; REID, M. S.; SISLER, E. C. A volatile ethylene inhibitor improves the postharvest life of potted roses. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, v.119, p.572-577, 1994.

SEREK, M. Ethephon and silver thiosulfate affect postharvest characteristic of *Rosa hybrida* 'Victor Parade'. *HortScience*, v.28, p.199-200, 1993.

SISLER, E. C.; BLANKENSHIP, S. M. Method of counteracting an ethylene response in plants. United States patent 5518988, 1996.

SISLER, E. C.; SEREK, M.; ROH, K. A.; GOREN, R. The effect of chemical structure on the antagonism by cyclopropenes of ethylene responses in banana. *Plant Growth Regulation*, v.33, p. 107-110, 2001.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. *Fisiologia vegetal*. 4.ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 819p.

TORRES-JIMENEZ, I. B.; QUINTANA-CARDENES, I. J. Comparative analysis on the use of medicinal plants in traditional medicine in Cuba and The Canary Islands. *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, v.9, n.1, (2004).

WOLTERING, E. J.; TEN HAVE, A.; LARSEN, P. B.; WOODSON, W. R. Ethylene biosynthetic genes and inter-organ signalling during flower senescence. In: Society for Experimental Biology Seminar Series 55: Molecular and Cellular Aspects of Plant Reproduction. Cambridge: Eds Scott R. J. e Stead A. D. p.285-307, 1994.

CAPITULO I

Fisiologia do desenvolvimento em flores de *Tropaeolum majus* L.

RESUMO

SILVA, Tania Pires da, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, julho de 2012. **Fisiologia do desenvolvimento em flores de *Tropaeolum majus* L.** Orientador: Fernando Luiz Finger. Coorientadores: José Geraldo Barbosa e Raimundo Santos Barros.

A capuchinha é conhecida como nasturtium, agrião indiano ou agrião dos monges, esta planta de florescimento perene é nativa dos Andes da América do Sul. É usado como vegetal fresco não convencional, bem como medicinal e ornamental em projetos de paisagismo. Esta flor tem sabor semelhante ao agrião, sendo usada como um ingrediente exótico em saladas verdes. Apesar do colorido das flores e de crescimento rápido da planta, o uso como flor ornamental ainda é limitado. Além disso, existem poucas informações sobre as alterações fisiológicas ao longo da abertura da flor e senescência. Assim, este trabalho teve o objetivo de determinar a produção de etileno e de CO₂, o teor de carboidratos e de pigmentos de antocianina em cinco estádios de desenvolvimento da flor. Como segue: 1 - botão fechado, exibindo alguma cor da pétala na extremidade do botão; 2 - botão floral fechado, mostrando a cor das pétalas em toda a superfície; 3 - pétalas recém abertas; 4 - flor aberta completamente sem sintomas de senescência; 5 – flor senescente e com sinais de pétalas murchas. A produção de CO₂ diminuiu com a abertura da flor e senescência. Comparado com o primeiro estágio de desenvolvimento, houve uma redução de 72% na produção de CO₂ no estágio cinco. Ocorreu um aumento de 59% na produção de etileno, do primeiro para o segundo e terceiro estádios de desenvolvimento, seguido por um declínio acentuado nos últimos dois estádios. Independentemente da fase de desenvolvimento da flor, o amido foi o menor carboidrato não estrutural, mostrando uma redução contínua, com o envelhecimento da flor. Açúcares solúveis totais aumentaram 64% do estágio 1 para o 2, mantendo-se estável até o estágio 4, e depois reduziu em 54% quando as pétalas estavam completamente murchas. O teor de antocianinas nas pétalas teve uma ligeira redução do estágio 1 para o 3, seguido por elevação, até o final da senescência da flor.

Palavras-chave: capuchinha, respiração, etileno, antocianina.

ABSTRACT

SILVA, Tania Pires da, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, july, 2012. **Physiology of flower development in *Tropaeolum majus* L.** Adviser: Fernando Luiz Finger. Co-advisers: José Geraldo Barbosa and Raimundo Santos Barros.

Known as Garden Nasturtium, Indian Cress or Monks Cress, this perennial flowering plant is native from the Andes of South America. It is used as non-conventional fresh vegetable, as well as a medicinal herb and as ornamental plant in landscape projects. Its flower has flavor similar to watercress, being used as an exotic ingredient in green salads. Despite of the colorfulness of the flowers and fast growth of the plant, the use as ornamental flower is still limited. In addition, there is only scarce information available on the physiological changes throughout the flower opening and senescence. Thus, in this work it was determined the production of ethylene and CO₂, content of carbohydrates and anthocyanin pigment in five stages of flower development, as follow: 1 – closed bud flower, showing some petal color at the tip of the bud end; 2 – closed bud flower, showing the color of the petal in whole surface; 3 – recent fresh unfold petals; 4 – complete opened flower without symptoms of senescence; 5 – senescent and signs of wilted petals. Production of CO₂ decreased with the flower opening and senescence, and compared to the first stage of development, a reduction of 72% was detected at stage five. There was an increase of 59% on ethylene production from the first to the second and third stage of development, followed by a sharp decline in the last two stages. Regardless the stage of flower development, starch was the minor nonstructural carbohydrate, showing a continuous decrease with the flower ageing. Total soluble sugar increased by 64% from the stage 1 to 2, keeping stable up to the stage 4, and then fell by 54% when the petal were completely wilted. Petals anthocyanin content had a slight reduction from the stage 1 to 3, followed by elevation up to the end of flower senescence.

Keywords: nasturtium, respiration, ethylene, anthocyanin.

INTRODUÇÃO

Tropaeolum majus L. (Tropaeolaceae) conhecido pelos nomes comuns de nasturtium, agrião indiano, chagas, agrião dos monges é originária dos Andes do Sul da América, ocorrendo da Bolívia à Colômbia. As plantas são herbáceas com rápido crescimento e de floração perene. Suas flores são hermafroditas e possuem cor brilhante e vívida, a planta produz folhagem densa e decorativa. Há uma grande variedade de cores para as pétalas e distribuição de dossel entre as cultivares. A produção de flores nesta espécie varia consideravelmente entre cultivares, bem como a sua sensibilidade ao comprimento do dia, durante o período vegetativo (Friedman *et al.*, 2007).

Devido à sua natureza ser de rápido crescimento, a planta rapidamente cobre a superfície do solo, sendo portanto usada em projetos de paisagismo. Além disso, as flores têm sabor de agrião, compondo como um elemento decorativo muito apreciado quando misturado em saladas frescas. As sementes jovens podem ser conservadas e utilizadas como substituto de alcaparras. As folhas são utilizadas em infusão como erva medicinal devido ao seu efeito antibacteriano, diurético, antiséptico e propriedades expectorantes (Bailey *et al.*, 1993).

Em anos mais recentes, a população urbana brasileira tem aumentado drasticamente, assim como a demanda por novas dietas exóticas e saudáveis. Neste contexto, restaurantes sofisticados e mais recentemente *self service* têm introduzido *T. majus* L. em saladas e como elemento decorativo em muitos pratos. Entretanto, devido à elevada taxa de desidratação e senescência da flor, a expansão do comércio de flores frescas e transporte, têm sido limitados a curtas distâncias.

Apesar da utilização de *T. majus* L. como flor ornamental, medicinal ou comestível, pouco se sabe sobre o seu desenvolvimento e senescência. Assim, objetivou-se com este trabalho determinar as alterações na respiração, etileno, carboidratos não estruturais e antocianinas durante cinco estádios de desenvolvimento da flor de capuchinha (*T. majus* L.).

MATERIAL E MÉTODOS

Sementes comerciais de *T. majus* L. (Capuchinha Híbrida Dobrada Alta da ISLA, Brasil) foram semeadas em bandejas de isopor com 72 células. Após 25 dias, uma planta de cada célula foi transplantada em canteiros com espaçamento de 20 cm x 20 cm, contendo a seguinte mistura de substrato, 2:1:1 de latosolo vermelho-amarelo, areia e esterco bovino, em campo experimental da UFV (20°45' S, 42°15' W) cultivadas a partir do outono até a primavera.

Após três meses, as flores foram colhidas pela manhã (8:00 horas), em cinco diferentes estádios de desenvolvimento previamente estabelecidos: 1 – botões fechados, com somente a coloração das pétalas aparecendo na ponta; 2 – botões fechados, mostrando a coloração das pétalas por toda a superfície do botão; 3 – botões recém abertos; 4 – flores totalmente abertas sem sintomas de senescência; 5 – flores senescentes com início de murchamento (Figura 1).

Análise de CO₂ e Etileno

Para a determinação do etileno e CO₂, as flores em cada estádio de desenvolvimento foram acondicionadas em frascos de 175 mL vedados, depois de um período de acúmulo de 10 horas, 1 mL de amostra foi injetado em cromatógrafo a gás Shimadzu GC-14B equipado com coluna Poropak-Q. Para a detecção de CO₂ foi usado detector de condutividade térmica e para etileno um detector de ionizador de chama. A temperatura da coluna foi 50 e 60 °C para a execução do CO₂ e etileno, respectivamente. O nitrogênio foi o gás de arraste com fluxo de 35 mL/min. A temperatura do injetor foi de 100 °C e 150 °C para o detector. Durante a análise, os frascos foram mantidos sob luz fluorescente, PAR de 10 µmol/m²/s e temperatura de 25 °C.

Metabolismo de carboidratos

Após uma hora da colheita, as flores foram homogeneizadas em 80% de etanol a 70 °C, seguida de centrifugação a 2000 *g* por 10 minutos. A extração e centrifugação foi repetida por três vezes e o sobrenadante foi combinado para a determinação de açúcares totais e redutores. Açúcar solúvel total foi determinado pelo método fenol-sulfúrico (Dubois *et al.*, 1956) e os açúcares redutores foram quantificados pelo método de Somogy-Nelson (Nelson, 1944). Para a quantificação dos açúcares solúveis foram utilizados padrões de sacarose e glicose para o açúcar total e açúcares redutores, respectivamente.

O resíduo da extração dos açúcares solúveis foi seco em estufa a 70 °C, e o amido hidrolisado em 52% de ácido perclórico por 30 minutos e centrifugado por 10 minutos a 2000 g. O procedimento foi repetido três vezes e o sobrenadante combinado para a determinação usando o método fenol-sulfúrico, como descrito para a determinação de açúcares totais.

Antocianinas e Vitamina C

Para a quantificação de antocianinas, flores de cada estágio de desenvolvimento foram homogeneizadas em 8 mL de uma mistura contendo metanol, ácido acético glacial e água, na proporção de 90:5:5 (v/v/v). Posteriormente, o homogenato foi filtrado em papel Watman nº 1 e o resíduo foi lavado por 4 vezes para a total extração. A absorbância foi determinada a 535 nm como recomendado por Fuleki e Francis (1968).

Para a determinação do teor de vitamina C foi utilizada a metodologia de Tillmans descrito pelo Instituto Adolfo Lutz (1985). A mesma constou da titulação do ácido ascórbico presente nas flores, utilizando-se uma solução de 2,6-diclorofenolindofenol, em solução ácida (30 gramas de ácido metafosfórico e 80 mL de ácido acético/L) ácido oxálico como solvente e estabilizador da vitamina C.

Todos os experimentos foram conduzidos em delineamento inteiramente casualizado, e para cada análise, com cinco repetições contendo, pelo menos, sete flores em cada repetição. Os resultados foram expressos pela média das cinco repetições e o respectivo erro padrão.



Figura 1. Estádios de desenvolvimento de flores de capuchinha (*Tropaeolum majus* L.). Os números 1; 2; 3; 4 e 5 representam os estádios de desenvolvimento das flores descritos anteriormente.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A produção de CO₂ mostrou uma queda contínua, começando no estágio 1 até o 4, com maior queda a partir do estágio 1 para o 2, o que correspondeu a uma redução de 53% na atividade respiratória (Figura 2). A menor produção de CO₂, o que representa apenas 72% da produção inicial foi no estágio 4, quando as flores estavam completamente abertas sem qualquer sintoma visível da senescência (Figura 2). Não houve uma alteração expressiva na produção de CO₂ nas pétalas em processo de senescência, ou seja, do estágio 4 para o 5. Assim, nesta flor, o processo de senescência não está associado à elevação da atividade respiratória como em cravo (Solomos e Gross, 1997). Entretanto, as flores de *T. majus* L. têm comportamento semelhante a cultivares de crisântemo branco (Williams *et al.*, 1995) e flores de *Curcuma alismatifolia* (Bunya-atichart *et al.*, 2004).

A produção de etileno aumentou em 59% do estágio 1 para o 2 e manteve-se constante até o estágio 3 (Figura 2). Em seguida, a produção de etileno caiu para um total de 86%, mantendo nível baixo até a senescência completa das pétalas. Apesar do aumento repentino observado nas primeiras fases da abertura do botão floral, estádios 1 e 2, não parece ter uma produção autocatalítica de etileno nesta flor.

Em petúnia, cravo e alstroemeria, a produção autocatalítica de etileno aumenta várias vezes (Tang e Woodson, 1996; Shibuya *et al.*, 2000; Wagstaff *et al.*, 2005). Um comportamento semelhante sobre a respiração e o etileno também foi determinado em flores de íris, onde um aumento da produção de etileno não foi relacionado com elevação paralela de CO₂ (Macnish *et al.*, 2010). Com base na ausência de qualquer aumento na concentração de CO₂ e a elevação relativamente baixa sobre a produção de etileno, durante a abertura da flor, sugere-se um comportamento não climatério para a senescência das flores de *T. majus* L..

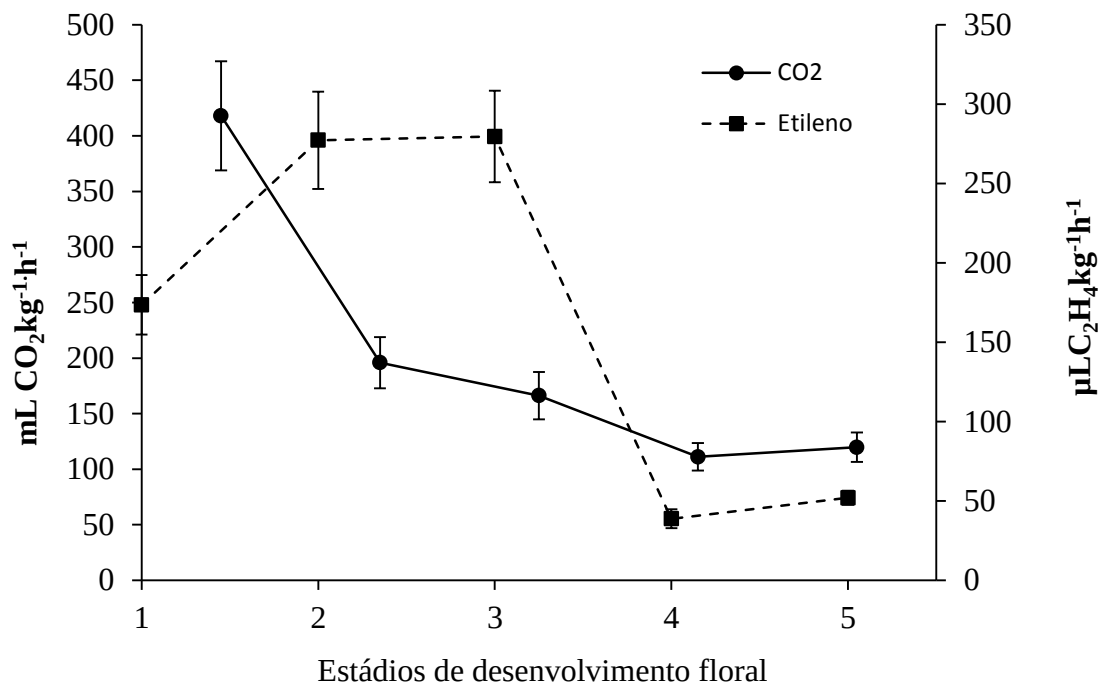


Figura 2. Alterações na respiração e produção de etileno em diferentes estádios de desenvolvimento de *Tropaeolum majus* L.. As barras verticais representam o erro padrão da média.

O teor de açúcar solúvel total, aumentou 64% do estágio 1 para o 2, se mantendo constante até o estágio 4, quando ocorreu uma queda súbita (Figura 3). Este aumento do estágio 1 para o 2, e a posterior queda do estágio 4 para o 5, do açúcar solúvel total, foram devido à elevação simultânea e posterior diminuição do teor de açúcar não redutor. Assim, os açúcares não redutores apresentaram um pico no estágio 3 que correspondeu a uma elevação 5,6 vezes seguida por uma diminuição semelhante (Figura 3). Sépalas e pétalas de *Dendrobium crumenatum* têm um comportamento semelhante para os açúcares solúveis totais durante o desenvolvimento da flor (Yap *et al.*, 2008). O teor de açúcares redutores, por outro lado, apresentou um comportamento estável até o estágio 4, quando caiu em 39% (Figura 3). Nas flores de *Dendrobium crumenatum* também houve diminuição no teor de açúcares redutores com a abertura e envelhecimento da flor (Yap *et al.*, 2008).

O amido foi o menor carboidrato não estrutural encontrado nas flores e representou 1,7% dos carboidratos no seu nível mais alto no estágio 1 (Figura 3). Durante o desenvolvimento da flor o amido foi quebrado para um nível de 0,29% no final do desenvolvimento da flor. Durante a senescência de flores de corte *Paeonia lactiflora* (Walton *et al.*, 2010) e o desenvolvimento de

Dendrobium crumenatum (Yap *et al.*, 2008), o amido também foi intensamente degradado, semelhante às flores de *T. majus* L.(Figura 3).

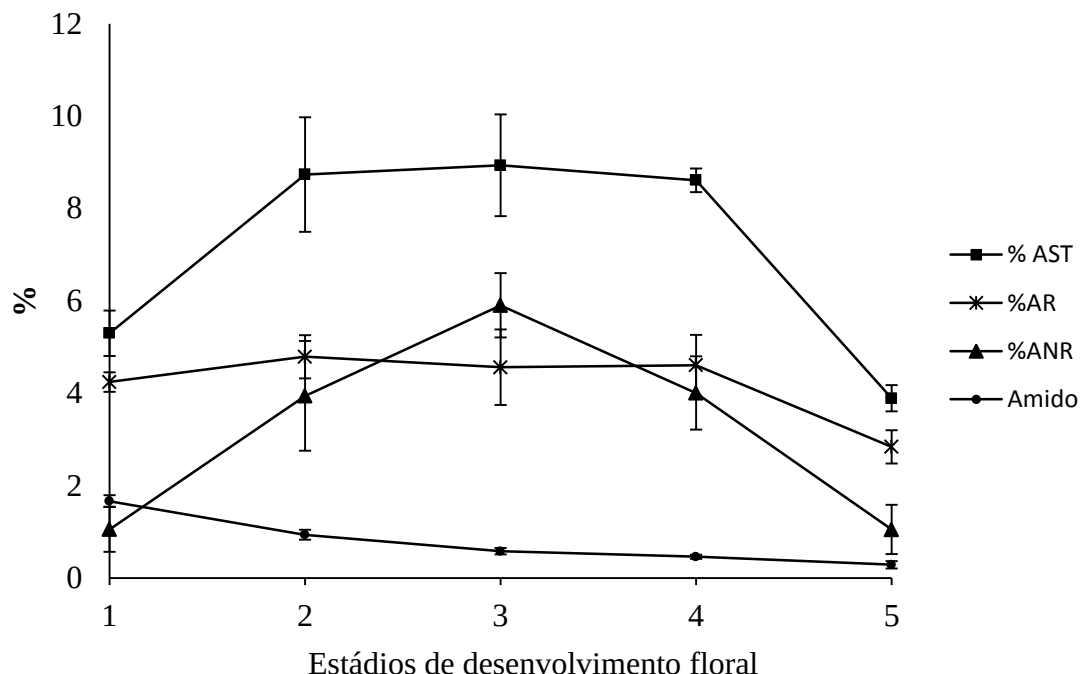


Figura 3. Alterações de açúcares solúveis totais (AST), açúcares redutores (AR), açúcares não redutores (ANR) e amido, durante o desenvolvimento de flores de *Tropaeolum majus* L.. As barras verticais representam o erro padrão da média.

O estágio de botão floral fechado (1) até o estágio de pétalas recém-abertas (3) ocorreu uma queda de 16,6% do teor de antocianina das pétalas, seguido por um aumento de 47,4% (Figura 4). Assim, no último estágio de abertura das flores, ou na pétala senescente, apresentou o maior teor de pigmento.

Com isso, *T. majus* L. apresentou um comportamento ligeiramente diferente daquele encontrado em *Rosa damascena* e *Rosa bourboniana* onde o conteúdo de antocianina era estável ou ligeiramente aumentado, seguida por uma síntese muito mais rápida na fase posterior do desenvolvimento das flores (Sood *et al.*, 2006). Por outro lado, nas flores *Brunfelsia calycina*, onde há mudança de cor intensa de púrpura para branco durante o desenvolvimento, determinou-se uma diminuição rápida das antocianinas nas pétalas em fases posteriores da abertura da flor (Vaknin *et al.*, 2005).

O teor de vitamina C apresentou média de $110 \text{ mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$ nos cinco estádios avaliados. O antioxidante mais abundante e onipresente nas células é o ascorbato (vitamina C). O ascorbato desempenha um papel proeminente na rede de defesa antioxidante das plantas devido sua excelente capacidade de eliminar espécies reativas de oxigênio (ROS). Ele atua em coordenação com a glutathione e enzimas antioxidantes em cloroplastos, mitocôndrias e peroxissomos no citosol e no ciclo ascorbato-glutathione, controlando a quantidade de peróxido de hidrogênio formado dentro da célula. Assim, desempenha um papel importante na sinalização celular e na prevenção dos danos oxidativos às macromoléculas (Smirnoff e Wheeler, 2000; Foyer e Noctor, 2005).

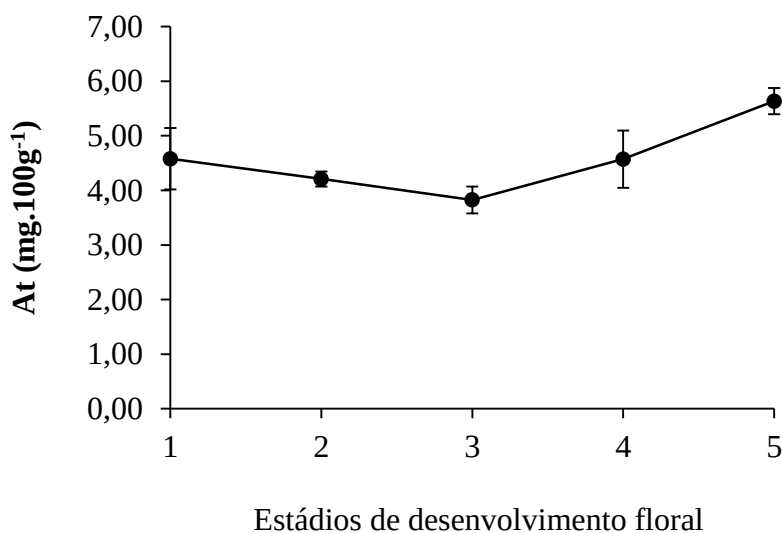


Figura 4. Alterações no teor de antocianinas (At) nas pétalas durante o desenvolvimento das flores de *Tropaeolum majus* L.. As barras verticais representam o erro padrão da média.

CONCLUSÃO

Houve redução dos AST nos últimos estádios. Para o teor de açúcares redutores, este foi estável até o estágio 4 e o amido apresentou menor teor dos carboidratos;

Houve aumento no teor de antocianinas no estágio 4 e 5;

A produção de CO_2 mostrou uma queda contínua ao longo do desenvolvimento dos estádios. A produção de etileno apresentou um pico no estágio 2 e 3, com queda posterior;

Com estes resultados, as flores de capuchinha parecem não ter produção autocatalítica de etileno.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bailey, A.V., Lucca I.I.A., Moreu, J.P. 1993. Antimicrobial properties of some erucic acid-glycolic acid derivatives. *Journal of the American Oil Chemist's Society*, Champaign, 66:77-85.
- Bunya-atichart, K., Ketsa, S. and Van Doorn, W.G. 2004. Postharvest physiology of *Curcuma alismatifolia* flowers. *Postharvest Biol. Technol.* 34: 219-226.
- Dubois, M., Gilles, K.A., Hamilton, J.K., Rebers, P.A. and Smith, F. 1956. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Anal. Chem.* 28:350-356.
- Friedman, H., Rot, I., Agami, O., Vinokur, Y., Dori, I., Ganot, L., Shmuel, D. and Matan, E. 2007. Edible flowers: new crops with potential health benefits. *Acta Hort.* 755:283-289.
- Foyer, C.H.; Noctor, G. 2005. Redox homeostasis and antioxidant signaling: a metabolic interface between stress perception and physiological responses. *Plant Cell*, v. 17, 1866–1875.
- Fuleki, T. and Francis, F.J. 1968. Quantitative methods for anthocyanins. 1. Extraction and determination of total anthocyanin in cranberries. *J. Food Sci.* 33:72-77.
- Instituto Adolfo Lutz. 1985. Métodos químicos e físicos para análise de alimentos. Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz. 3 ed. São Paulo, v. 1, 533p.
- Macnish, A.J., Jiang, C.-Z. and Reid, M.S. 2010. Treatment with thidiazuron improves opening and vase life of iris flowers. *Postharvest Biol. Technol.* 56: 77-84.
- Nelson, N. 1944. A photometric adaptation of Somogy method for determination of glucose. *J. Biol. Chem.* 135:136-75.
- Shibuya, K., Yoshioka, T., Hashiba, T. and Satoh, S. 2000. Role of the gynoecium in natural senescence of carnation (*Dianthus caryophyllus* L.) flowers. *J. Exp. Bot.* 51(353): 2067-2073.
- Smirnoff, N.; Wheeler, G.L. 2000. Ascorbic acid in plants: biosynthesis and function. *Crit. Rev. Biochem. Mol. Biol.*, v. 35, 291–314.
- Solomos, T. and Gross, K.C. 1997. Effects of hypoxia on respiration and the onset of senescence in cut carnation flowers (*Dianthus caryophyllus* L.). *Postharvest Biol. Technol.* 10: 145-153.
- Sood, S., Vyas, D. and Nagar, P.K. 2006. Physiological and biochemical studies during flower development in two rose species. *Scientia Hort.* 108: 390-396.

- Tang, X. and Woodson, W.R. 1996. Temporal and spatial expression of 1-aminocyclopropane-1-carboxylate oxidase mRNA following pollination of immature and mature petunia flowers. *Plant Physiol.* 112: 503-511.
- Vaknin, H., Bar-Akiva, A., Ovadia, R., Nissim-Levi, Forer, I., Weiss, D. and Oren-Shamir, M. 2005. Active anthocyanin degradation in *Brunfelsia calycina* (yesterday–today–tomorrow) flowers. *Planta*, 222: 19-26.
- Yap, Y.; Loh, C.; Bee-Lian, O. 2008. Regulation of flower development in *Dendrobium crumenatum* by changes in carbohydrate contents, water status and cell wall metabolism. *Scientia Horticulturae*. Journal homepage: www.elsevier.com/locate/scihorti.
- Wagstaff, C., Chanasut, U., Harren, F.J.M., Laarhoven, L-J., Thomas, B., Rogers, H.J. and Stead, A.D. 2005. Ethylene and flower longevity in *Alstroemeria*: relationship between tepal senescence, abscission and ethylene biosynthesis. *J. Exp. Bot.* 56(413): 1007-1016.
- Walton, E.F., Boldingh, H.L. McLaren, G.F., Williams, M.H. and Jackman, R. 2010. The dynamics of starch and sugar utilization in cut peony (*Paeonia lactiflora* Pall.) stems during storage and vase life. *Postharvest Biol. Technol.* 58: 142-146.
- Williams, M.H., Nell, T.A. and Barrett, J.E. 1995. Investigation of proteins in petals of potted chrysanthemum as a potential indicator of longevity. *Postharvest Biol. Technol.* 5: 91-100.

CAPÍTULO II

Sensibilidade de flores de capuchinha ao etileno e uso do 1-MCP como retardante da senescência

RESUMO

SILVA, Tania Pires da, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, julho de 2012. **Sensibilidade de flores de capuchinha ao etileno.** Orientador: Fernando Luiz Finger. Coorientadores: José Geraldo Barbosa e Raimundo Santos Barros.

Objetivou-se com este trabalho avaliar a sensibilidade ao etileno de quatro diferentes estádios de abertura floral, de flores de capuchinha, e determinar a melhor concentração do 1-metilciclopropeno (1-MCP) para o aumento da longevidade das flores. Para avaliar a sensibilidade ao etileno, as hastes florais foram tratadas por 24 h em câmaras herméticas com etileno em diferentes concentrações (0,0; 0,1; 1,0; 10; 100; 1000 $\mu\text{L L}^{-1}$). Para o experimento com 1-MCP, este foi aplicado, durante 24 horas, nas concentrações de 0 (controle); 0,5; 1,0; 1,5 g m^{-3} . E para o experimento combinado 1-MCP com etileno, foi aplicado primeiramente 1-MCP (1,5 g m^{-3}), durante 24 h, em seguida aplicou-se etileno (100 $\mu\text{L L}^{-1}$) por mais 24 h. Avaliou-se a senescência floral, através de escala visual de notas, previamente estabelecida; desenvolvimento do primeiro estágio de abertura floral e a concentração de antocianinas após a aplicação dos tratamentos. Os botões florais do estágio 1 apresentaram sensibilidade às concentrações maiores que 10 $\mu\text{L L}^{-1}$ de etileno, apresentando murcha e efeito *bend neck*. Para o segundo e terceiro estádios as concentrações acima de 10 $\mu\text{L L}^{-1}$ de etileno ocasionaram maior grau de murchamento das flores. E ainda, estas concentrações afetaram também, o desenvolvimento dos botões do primeiro estágio em relação às concentrações inferiores. O 1-MCP foi eficiente em prolongar a longevidade pós-colheita de flores de capuchinha em qualquer concentração utilizada, até mesmo com a presença de etileno exógeno. O etileno na dose máxima, e nos diferentes dias (horas), influenciou no teor de antocianinas, entretanto, o tratamento com 1-MCP não influenciou no teor de antocianinas em flores de capuchinha.

Palavras-chave: *Tropaeolum majus* L., etileno, 1-MCP, senescência.

ABSTRACT

SILVA, Tania Pires da, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, july, 2012. **Sensitivity of nasturtium flowers to ethylene.** Adviser: Fernando Luiz Finger. Co-advisers: José Geraldo Barbosa and Raimundo Santos Barros.

This study aimed evaluate the sensitivity to ethylene of four different stages of flower opening, nasturtium flowers, and establish the best concentration of 1-methylcyclopropene (1-MCP) to increase the longevity of flowers. To evaluate the sensitivity of the ethylene buds were treated for 24 h in hermetic chambers with ethylene at different concentrations (0,0; 0,1; 1,0; 10; 100 and 1000 $\mu\text{L L}^{-1}$). For the experiment with 1-MCP, it was applied during 24 h at concentrations of: 0 (control); 0,5; 1,0; 1,5 g m^{-3} . And for the experiment combined 1-MCP with ethylene, was first applied 1-MCP (1,5 g m^{-3}) for 24 h, then ethylene was applied (100 $\mu\text{L L}^{-1}$) for a further 24h. We evaluated the floral senescence, using a visual scale of notes, previously established, the development of the first stage of flower opening and the concentration of anthocyanins after treatments. The flower buds were sensitive to concentrations greater than 10 $\mu\text{L L}^{-1}$ ethylene, showing effect of wilt and bend neck. For the second and third stages concentrations above 10 $\mu\text{L L}^{-1}$ of ethylene caused a greater level of wilting of flowers. And these concentrations also affect the inhibition of buttons on the first stage in relation to the lower concentrations. The 1-MCP was effective in prolonging the postharvest life nasturtium flowers at any concentration, even with the presence of ethylene. Ethylene at the maximum dose, and on different days (hours), influenced the content of anthocyanins, however, treatment with 1-MCP had no influence on the content of anthocyanins in nasturtium flowers.

Keywords: *Tropaeolum majus* L., ethylene, 1-MCP, senescence.

INTRODUÇÃO

Pertencente à família Tropaeolaceae, a capuchinha (*Tropaeolum majus* L.), tem como centros de diversidade primaria o Brasil, o Peru e a Colômbia (Joly, 1991). Possui ampla utilização, existindo relatos de seu uso como planta medicinal, consorciada com outras plantas, melífera, corante natural, hortaliça não convencional e planta ornamental (Ortiz De Boada e Cogua, 1989). A planta possui também grande capacidade de uso como planta para forração, prevenindo assim que áreas sejam degradadas, além do que, a capuchinha por ser uma planta nativa, rústica e que não exige adubação do solo, tem facilidade de propagação.

Atualmente é valorizada, principalmente pelos restaurantes finos, que servem suas folhas e flores em saladas nutritivas e atraentes. A flor de capuchinha confere um toque exótico à salada, as sementes conservadas em vinagre podem perfeitamente substituir a alcaparra na preparação de pratos (Golze, 2008). Segundo a Revista Veja (Ferreire *et al.*, 1999) a capuchinha é a campeã da moderna “cozinha das flores”, usada pelos grandes restaurantes em doces, saladas e guarnição de pratos variados.

Assim, a produção de flores comestíveis como atividade econômica tem se tornado um bom negócio, tanto no Brasil quanto no exterior. As flores são comercializadas especialmente para restaurantes, *buffets* e grandes redes de supermercados. Onde na maioria das vezes, os produtores firmam contrato com seus clientes, garantindo assim o escoamento de seus produtos, o qual o cultivo é bastante específico, já que não podem conter produtos agrotóxicos, apenas adubação orgânica. Com isso, o cultivo de flores comestíveis proporciona aos pequenos produtores rurais, a oportunidade de terem uma fonte alternativa de renda, obtida de forma sustentável. Uma vez que, flores rústicas como a capuchinha apresentam boa adaptação sob várias condições climáticas e ambientais.

Entretanto, a comercialização e uso destas flores devem ser imediatos, pois após a colheita, a deterioração das flores ocorre rapidamente, provavelmente associada a alterações bioquímicas, fisiológicas e estruturais que culminam na sua senescência. Segundo Dukovski *et al.* (2006), a senescência pós-colheita de flores é regulada por muitos fatores de natureza endógena ou externa que podem agir sinergisticamente. Entretanto, muitas espécies de flores podem ter a longevidade pós-colheita prolongada pelo uso de compostos que inibem a síntese ou ação de etileno (Serek e Reid, 1993).

O 1-metilciclopropeno (1-MCP) é um dos ciclopropenos mais utilizados, sendo um composto não tóxico, estável à temperatura ambiente, ativo em baixas concentrações, e que protege as plantas por um longo período de tempo (aproximadamente 12 dias) (Kebenei *et al.*, 2003). O 1-MCP tem sido uma das alternativas utilizadas na conservação de produtos vegetais, sendo seu efeito dependente da cultivar, tempo de aplicação, concentração utilizada e estágio de maturidade do produto no momento da aplicação (Blankenship e Dole, 2003).

Portanto, objetivou-se com este trabalho analisar a sensibilidade das flores de capuchinha, ao etileno, eficiência do 1-MCP em inibir a ação do etileno nestas flores e a possível ocorrência de despigmentação com o uso do 1-MCP em flores de capuchinha.

MATERIAL E MÉTODOS

Sementes de capuchinha híbrida dobrada alta foram semeadas em bandejas de isopor de 72 células, contendo substrato comercial Plantmax[®], passados 20 dias, após a semeadura, as mudas foram transplantadas para canteiros de 1,0 x 10m, com distância entre as plantas e entre linhas de 20 cm. Após quatro meses de cultivo as flores foram colhidas obedecendo aos quatro estádios de abertura floral pré-estabelecidos, em seguida, transportadas para o laboratório de Fisiologia Pós-colheita do Departamento de Fitotecnia da UFV. Os estádios florais definidos foram: 1 – botões totalmente fechados, apresentando coloração das pétalas apenas nas pontas; 2 – botões bastante expandidos, porém fechados, apresentando coloração em toda sua estrutura; 3 – botões recém-abertos; 4 – flores totalmente abertas.

Aplicação de etileno

As flores, nos 4 estádios de abertura floral, após serem colhidas e padronizadas no laboratório, foram acondicionadas em frascos contendo água destilada e colocadas em câmaras de 110 litros, hermeticamente fechadas para analisar a sensibilidade das mesmas ao etileno. Os tratamentos constituíram de 5 concentrações de etileno 0,1; 1,0; 10; 100; 1000 $\mu\text{L L}^{-1}$ e dois controles, sendo um deles mantido fora da câmara hermética. As concentrações de etileno aplicadas nas câmaras herméticas foram obtidas com o uso de seringas. Decorridas 24 horas de exposição ao etileno, as hastes florais foram retiradas das câmaras herméticas e mantidas em

vasos contendo água destilada, sob temperatura de 24 ± 2 °C, luminosidade de $10 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ e umidade relativa em torno de 41%.

Aplicação de 1-MCP

Após a padronização as hastes florais dos 4 estádios, foram tratadas com 1-MCP (Ethylbloc[®], na forma de pó molhável, contendo 0,14% de i.a. de 1-metilciclopropeno) nas concentrações de 0,5; 1,0 e 1,5 g m⁻³ e dois controles, sendo um deles mantido fora da câmara. As hastes permaneceram em câmaras de 110 litros, hermeticamente fechadas, por um período de 24 horas sob temperatura 20 ± 2 °C, luz constante de $10 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ e umidade relativa de 44%. Em seguida, as flores permaneceram em vasos com água desionizada e armazenadas em bancada mantidas sob as mesmas condições de luz constante e temperatura, citadas anteriormente. Para a liberação do 1-MCP do produto comercial foi utilizada água morna.

Aplicação de 1-MCP combinado com etileno

O terceiro experimento foi realizado com o objetivo de analisar o efeito da ação inibitória do 1-MCP na presença de etileno. Assim, hastes dos 4 estádios de abertura citados, foram submetidas ao experimento que constituiu de cinco tratamentos, sendo eles: 2 controles (sem etileno e 1-MCP), sendo um deles mantido fora da câmara; etileno ($100 \mu\text{L L}^{-1}$); 1-MCP (1,5 g m⁻³) e 1-MCP combinado com etileno. A dose de etileno utilizada de $100 \mu\text{L L}^{-1}$ apresenta a máxima resposta pelas flores, ou seja, é saturante. As hastes florais de todos os tratamentos foram colocadas em vasos com água desionizada e acondicionadas em câmaras de 110 litros, hermeticamente fechadas. A aplicação dos tratamentos teve duração de 24 horas cada, foram mantidos sob temperatura 21 ± 2 °C, luz constante de $10 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ e umidade em torno de 50%.

Diariamente, a água dos vasos foi trocada, e as seguintes análises foram realizadas: atribuição de notas segundo escala visual de notas pré-estabelecida, descrita abaixo (Quadro 1), e desenvolvimento dos botões florais do estádio 1. Entretanto, para fazer o teste de média utilizou-se somente uma data, 48 horas após o início do tratamento, para todos os experimentos. A longevidade foi considerada encerrada quando 100% das hastes florais apresentaram nota -4. Escala de senescência: as notas foram de 1 a 4 para o estádio de desenvolvimento dos botões e ao mesmo tempo as notas positivas indicam a turgescência das flores, as notas negativas dadas

para a perda de qualidade de mercado caracterizando final da longevidade variaram de -1 a -4 (Figura 1).

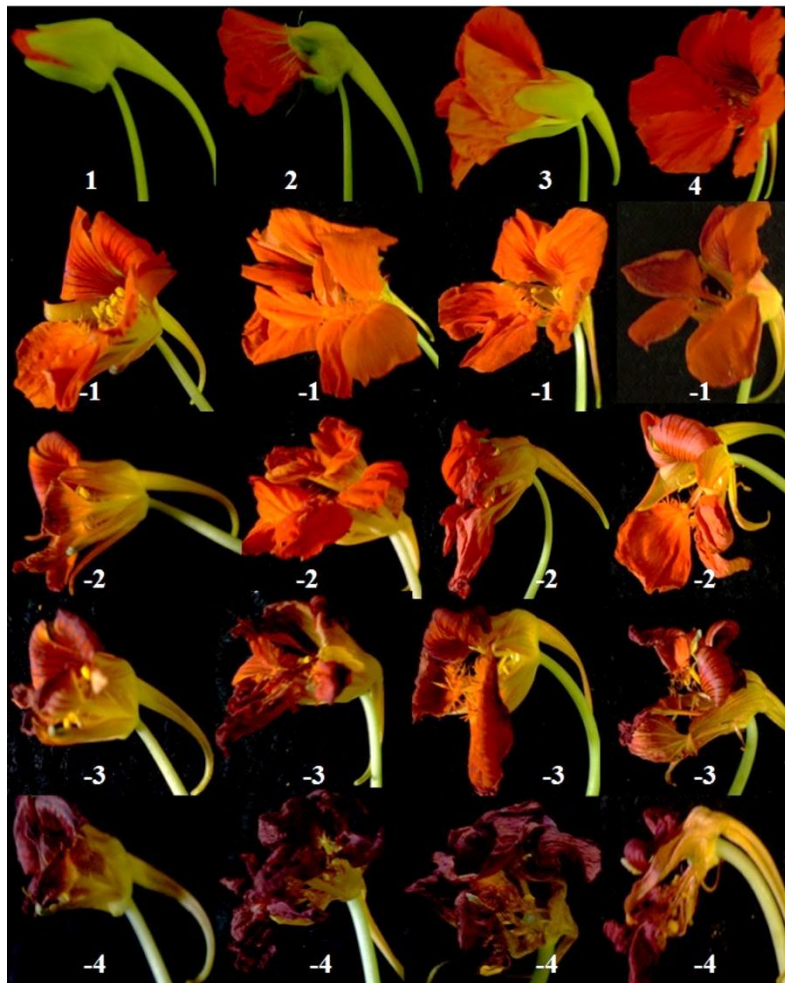


Figura 1. Escala de pontuação dos estádios de desenvolvimento das flores de capuchinha (*Tropaeolum majus* L.) e senescência. Os números nas linhas indicam os estádios de desenvolvimento; e nas colunas as notas atribuídas.

Foram colocados no interior das câmaras pastilhas de NaOH para evitar acúmulo de CO₂ e interferir na síntese e ação do etileno. Para os três experimentos o delineamento foi em blocos inteiramente casualizados, em esquema fatorial composto por dois fatores: estádios de abertura floral x tratamentos. Foram utilizadas quatro repetições com 10 hastes florais cada. Os dados foram submetidos à análise de variância ANOVA e as médias dos tratamentos, comparadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade, através do programa SAEG (UFV, 1997).

Quadro 1. Escala de pontuação adotada para avaliar-se o desenvolvimento das flores e perda da qualidade das flores de capuchinha.

NOTAS	Estádio de Desenvolvimento
1	botões totalmente fechados, apresentando coloração das pétalas apenas nas pontas, túrgidos;
2	botões bastante expandidos, porém fechados, apresentando coloração em toda sua estrutura, túrgidos;
3	botões recém-abertos, túrgidos;
4	flores totalmente abertas, túrgidas;
-1	flores murchas;
-2	início de necrose nas bordas das pétalas;
-3	necrose até metade da pétala;
-4	pétalas completamente secas.

Antocianinas

Para verificar a influência dos 3 tratamentos, etileno, 1-MCP e etileno combinado com 1-MCP, sobre os pigmentos das flores, realizou-se a quantificação de antocianinas. Sendo determinado, após a retirada das flores das câmaras de tratamento e após 24 e 48 horas em bancada, nas flores somente do estágio 3, por apresentarem-se totalmente abertas e resultados mais expressivos. A determinação de antocianinas foi feita como descrito por Fuleki e Francis (1968), as amostras contendo 2 g de matéria fresca foram homogeneizadas em 8 mL de mistura metanol:ácido acético glacial:água destilada (90:5:5, v/v/v). Em seguida, o extrato foi filtrado e o resíduo lavado com 4 mL da solução de extração acima descrita. A leitura do extrato foi feita em espectrofotômetro a 535 nm. A concentração de pigmentos antociânicos foi calculada com base no volume de extrato e na massa da amostra, a partir da antocianina mais abundante nas flores de capuchinha, a pelargonidina-3-glicosídeo, e o coeficiente de absortividade molar de 19780.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Aplicação de etileno

As médias das concentrações de etileno, bem como dos estádios de abertura floral, apresentaram diferença significativa em relação ao grau de senescência, após passadas 48 horas da aplicação (Tabela I). No primeiro estágio, todas as flores apresentaram-se murchas, independente da concentração de etileno aplicada. Para o segundo estágio as concentrações 1,0, 10, 100 e 1000 $\mu\text{L L}^{-1}$ de etileno ocasionaram maior grau de murchamento das flores, em relação às concentrações de 0,1. O terceiro estágio apresentou resposta semelhante ao estágio 2, exceto pelo fato de que neste a dose de 1,0 $\mu\text{L L}^{-1}$ de etileno não apresentou os mesmos efeitos que as doses superiores. Nestes estádios somente as flores do controle mantidas fora da câmara apresentavam-se túrgidas com médias 4 das notas, enquanto que para as flores em que ocorreu o murchamento, as notas variaram de -1 a -2,6.

No estágio 4, os efeitos das diferentes concentrações de etileno foram semelhantes aos efeitos nos estádios dois e três, neste estágio o efeito da concentração de 1,0 $\mu\text{L L}^{-1}$, sobre as flores, foi igual aos efeitos das concentrações mais altas, assim como ocorreu no estágio 3. Portanto, este estágio foi o que apresentou, em todos os tratamentos com etileno, maior nível de murcha, com notas variando de -2 a -3,6, em relação aos outros, que apresentaram notas variando de -1 a -2,6. Indicando assim que o etileno exógeno tem maiores efeitos sobre as flores totalmente abertas. Além disso, em todos os estádios avaliados observou-se o efeito *bend neck* nas flores, em resposta ao etileno (Figura 2). Este efeito foi inibido na presença de 1-MCP.

De acordo com Silva (2004), a aplicação de etileno em flores de gerânio por 3 horas, a 100 $\mu\text{L L}^{-1}$, levou a queda precoce das pétalas, enquanto que em flores de capuchinha, submetidas à mesma concentração, por 24 horas, ocasionou a perda de turgescência sem ocorrência da abscisão das pétalas.

TABELA I. Médias das notas adotadas pelos quatro estádios de abertura floral, obtidas após 48 horas da aplicação de etileno ($\mu\text{L L}^{-1}$) em diferentes concentrações em flores de capuchinha (*Tropaeolum majus* L.)

Estádios	CE	CI	0,1	1,0	10	100	1000
1	-1Ab	-1Aa	-1Aa	-1,3Aa	-1,3Aa	-1,3Aa	-2Aa
2	4Aa	-1Ba	-1Ba	-1,6Ca	-1,6Ca	-2Cb	-2Ca
3	4Aa	-1Ba	-1,6Ba	-1,3Ba	-2,6Cb	-2,3Cb	-2,6Ca
4	-2Ac	-2Ab	-2Aa	-3,3Bb	-3Bb	-3,3Bc	-3,6Bb

CE: controle externo e CI: controle interno. Letras maiúsculas iguais na linha, e letras minúsculas iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

A resposta das diversas espécies de flores ao etileno é variável, ou seja, apresentam diferentes graus de resposta e sensibilidade (van Doorn e Woltering, 2008). Havendo grande variação não só entre as espécies, mas entre variedades cultivadas e o estágio de desenvolvimento no momento da colheita (Nowak e Rudnicki, 1990; Porat *et al.*, 1995). Portanto, a concentração de etileno requerida para causar tais efeitos é dependente de fatores como o tempo de exposição, temperatura, estágio de desenvolvimento e sensibilidade da espécie ou variedade (Hoyer, 1996).



Figura 2: Efeito *bend neck* em flores de capuchinha (*Tropaeolum majus* L.) submetidas ao tratamento com etileno ($1000 \mu\text{L L}^{-1}$).

Em flores de capuchinha observou-se que concentrações mais elevadas de etileno utilizadas levaram as flores à senescência mais rapidamente, caracterizando assim esta flor como medianamente sensível ao etileno, segundo Nowak e Rudnicki (1990).

Aplicação de 1-MCP

No experimento com diferentes concentrações de 1-MCP, observou-se o efeito positivo deste em prolongar a longevidade pós-colheita das flores de capuchinha. As flores tratadas com 1-MCP apresentavam-se totalmente túrgidas, com notas acima de 3, para todos os estádios, indicando flores abertas e túrgidas. As notas atribuídas aos quatro estádios variaram de 3 a 4, enquanto nas flores dos controles, exceto para aquelas do estágio 1, as notas atribuídas foram inferiores a -1 (Tabela II), indicando o início da senescência nestas flores. No entanto, não houve efeito adicional na longevidade das flores, com aumento da dose de 1-MCP.

Na presença de 1-MCP, houve diferença entre os estádios somente para o grau de abertura floral, não havendo presença de murcha em nenhum deles. No qual, os botões florais do estágio 1 não abriram totalmente, com notas médias de 3, e nos outros estádios houve abertura completa das flores, após 48 h da aplicação do tratamento. Indicando que o 1-MCP levou ao atraso da abertura floral, já que as flores se desenvolveram normalmente ao longo dos dias, ao contrário do tratamento com etileno. Assim, o tratamento das flores de capuchinha com 1-MCP após a colheita, em qualquer concentração testada, preserva a qualidade durante armazenagem a longo prazo para o estágio 2, e no estágio 3 a curto prazo.

O 1-MCP tem demonstrado resultados satisfatórios em bloquear os efeitos negativos da ação do etileno em outras espécies de flores comestíveis como observado em petúnias (Serek *et al.*, 1995), *Pelargonium* (Cameron e Reid, 2001) e gerânio (Jones *et al.*, 2001). O 1-MCP também estendeu significativamente a longevidade de flores cortadas de orquídeas do gênero *Cymbidium*, independentemente da presença ou não de etileno na atmosfera após o tratamento com 1-MCP (Heyes e Johnston, 1998). Em flores cortadas de *Epidendrum ibaguense* a longevidade pós-colheita também aumentou quando foram tratadas com 1 g m⁻³ de Ethylbloc[®] (Finger *et al.*, 2008).

TABELA II. Médias das notas adotadas pelos quatro estádios de abertura floral, obtidas após 48 horas da aplicação de diferentes concentrações de 1-MCP ($g\ m^{-3}$) em flores de capuchinha (*Tropaeolum majus* L.)

Estádios	CE	CI	0,5	1,0	1,5
1	1,6Ba	3,6Aa	3Ab	3,3Aa	3Ab
2	-1Bb	-1Bb	4Aa	4Aa	4Aa
3	-1Bb	-1Bb	4Aa	4Aa	4Aa
4	-1,3Bb	-1Bb	4Aa	4Aa	4Aa

CE: controle externo e CI: controle interno. Letras maiúsculas iguais na linha, e letras minúsculas iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Aplicação de 1-MCP combinado com etileno

Quando etileno e 1-MCP foram aplicados nas flores de forma combinada, o tratamento apenas com 1-MCP apresentou os melhores resultados quando comparado aos demais, para todos os estádios. Uma vez que, todas as flores após 48 horas de aplicação, apresentavam-se túrgidas. Para todos os outros tratamentos, neste mesmo período, as flores exibiam características do início do processo de senescência (Tabela III).

Nos estádios 2 e 3 o tratamento na presença de 1-MCP combinado com etileno exógeno foram superiores aos outros estádios, apresentando flores com notas positivas, já nos demais, as flores foram classificadas com notas negativas, ou seja, murchas. Portanto, mesmo na presença de etileno exógeno o 1-MCP prolongou eficientemente a vida pós-colheita das flores nestes estádios, enquanto que nos estádios 1 e 4, não houve resposta positiva. Para os demais tratamentos houve comportamento semelhante entre os estádios.

TABELA III. Médias das notas adotadas pelos quatro estádios de abertura floral, obtidas após 48 horas da aplicação de $1,5\ g\ m^{-3}$ de 1-MCP em combinação com $100\ \mu L\ L^{-1}$ de etileno em flores de capuchinha (*Tropaeolum majus* L.)

Estádios	CE	CI	1-MCP	ETILENO	1-MCP+ET
1	-1Ba	-1Ba	4Aa	-1,3Ba	-1Bc
2	-1Ca	-1Ca	4Aa	-1Ca	2,3Bb
3	-1Ba	-1,3Ba	4Aa	-1Ba	4Aa
4	-1Ba	-1Ba	4Aa	-1,6Ba	-1Bc

CE: controle externo e CI: controle interno. Letras maiúsculas iguais na linha, e letras minúsculas iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Flores, quando são destinadas a certos períodos de armazenamento ou transporte a longas distâncias, estão propensas a passar por determinados estresses e, assim, induzir a síntese de etileno, conseqüentemente levando a uma redução da longevidade e, portanto, à perdas. Por isso, a importância de tratamentos com inibidores da ação do etileno, como 1-MCP, o qual pode estar presente no ambiente de armazenamento e transporte.

Assim, a adoção de medidas de controle dessas perdas nesta espécie, que apresenta vida de prateleira curta, se torna indispensável, principalmente para a manutenção da qualidade das flores destinadas à longas distâncias, principalmente. Com isso, a comercialização de flores comestíveis poderá abranger locais mais distantes daqueles onde é produzida. Tornando-se uma alternativa para pequenos produtores, que têm sua propriedade longe dos grandes centros de comercialização.

Para a avaliação do desenvolvimento dos botões do estágio 1 de abertura floral, observou-se que os botões expostos às concentrações de etileno igual ou acima de $10 \mu\text{L L}^{-1}$ encontravam-se nos estágios 1 ou 2 (Tabela IV), ou seja, fechados. Enquanto que, aquelas expostas às concentrações inferiores e os controles estavam no estágio 3 de abertura, abertos. Indicando assim, que o etileno exógeno bloqueou o desenvolvimento normal dos botões, havendo desuniformidade de abertura e/ou da morfologia das flores quando abertas, nas concentrações altas de etileno. Em contrapartida, Cordeiro *et al.* (2011), observaram em rosas da cultivar Osiana, que concentrações de 0,1 e $1,0 \mu\text{L L}^{-1}$ de etileno estimularam a abertura do botão floral, durante o período de 24 horas de exposição ao etileno, sem no entanto, reduzir a longevidade pós-colheita das flores.

Independentemente se 1-MCP foi aplicado combinado ou não com etileno, ocorreu o desenvolvimento normal dos botões, não havendo diferença entre os tratamentos aplicados (Tabela IV). Houve inibição da abertura dos botões florais quando tratadas somente com etileno. Para este tratamento as notas atribuídas às flores, foram de 2,3, indicando o botão ainda fechado, e nos demais, notas acima de 3, o que indica botões já abertos, conforme escala descrita anteriormente (Figura 1).

TABELA IV. Avaliação do desenvolvimento dos botões do primeiro estágio de abertura floral, após a aplicação de etileno e 1-MCP em diferentes concentrações e da aplicação combinada de 1-MCP ($1,5 \text{ g m}^{-3}$) com etileno ($100 \mu\text{L L}^{-1}$). Letras iguais na linha não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade

Estádio/Etileno	CE	CI	0,1	1,0	10	100	1000
1	3,6A	3,6A	3A	3A	2,6A	2,6A	1,3B
Estádio/1-MCP	CE	CI	0,5	1,0	1,5		
1	3,3A	3,6A	3,3A	3,3A	3A		
Estádio/1-MCP+Etileno	CE	CI	1-MCP	ETILENO	1-MCP+ET		
1	4A	3,6A	4A	2,3B	3,6A		

CE: controle externo e CI: controle interno. Letras maiúsculas iguais na linha não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Assim como em petúnia (Serek *et al.*, 1995), em flores de capuchinha, o 1-MCP proporcionou maior longevidade das flores, e na presença de etileno exógeno o efeito deste inibidor foi reduzido, para alguns estádios, no caso das flores de capuchinha.

Quando o 1-MCP foi aplicado, houve início de murcha somente após de 96 horas do início da aplicação dos tratamentos (Figura 3), enquanto que, normalmente quando colhidas, estas flores apresentam murcha após 24 horas.



Figura 3. Efeito da aplicação de Etileno combinado com 1-MCP em flores de capuchinha (*Tropaeolum majus* L.) após 96 horas da aplicação dos tratamentos. I; II; III e IV: estádios de desenvolvimento floral. Cont. Int.: controle interno.

Antocianinas

A aplicação de etileno somente na dose de $1000 \mu\text{L L}^{-1}$ influenciou na concentração de antocianinas (Figura 4A), após as 24 e 48 horas. O que pode ser explicado, pelo fato de que houve maior acúmulo deste pigmento após 48 horas, possivelmente se deve a maior desidratação das flores, ou seja, maior perda da massa fresca (dados não apresentados), consequentemente acúmulo dos pigmentos.

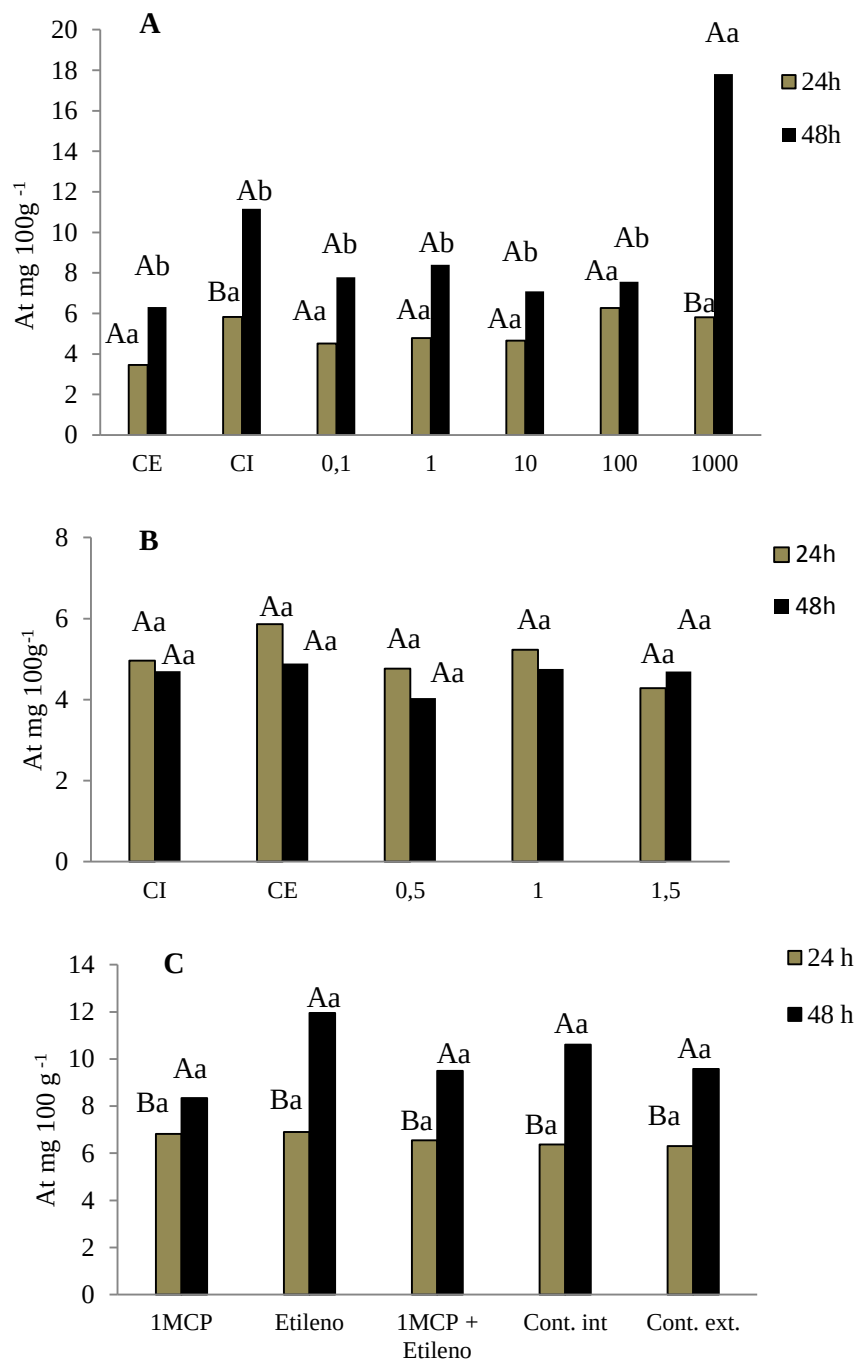


Figura 4. Teor de antocianinas (At) em flores de capuchinha (*Tropaeolum majus* L.) após 24 e 48 horas da retirada dos tratamentos. A: Aplicação de etileno (100 $\mu\text{L L}^{-1}$); B: aplicação de 1-MCP (1,5 g m^{-3}); C: aplicação de 1-MCP combinado com etileno. Letras maiúsculas iguais não diferem entre os tempos (horas); e minúsculas iguais não diferem entre os tratamentos pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

As flores submetidas ao tratamento com 1-MCP não apresentaram diferença significativa entre os dias e em nenhuma das concentrações utilizadas (Figura 4B). Isso possivelmente se deve

a manutenção da turgidez nestas flores durante este período. Este fato é de grande importância, uma vez que estes flavonoides são compostos que apresentam atividade antioxidante.

Quando o 1-MCP ($1,5 \text{ g m}^{-3}$) foi aplicado de forma combinada com etileno ($100 \mu\text{L L}^{-1}$), as flores apresentaram diferença no teor de antocianinas somente entre os dias (horas), não apresentando variação entre os tratamentos (Figura 4C).

CONCLUSÃO

As flores de capuchinha mostraram-se sensíveis ao etileno, nas concentrações acima de $10 \mu\text{L L}^{-1}$, para todos os estádios avaliados.

Concentrações de etileno igual ou acima de $10 \mu\text{L L}^{-1}$ afetam o desenvolvimento normal dos botões do estágio 1.

Independentemente da concentração de 1-MCP utilizada, este inibidor foi eficiente em prolongar a vida pós-colheita das flores.

Quando o 1-MCP foi aplicado combinado com o etileno, ele foi capaz de retardar os efeitos do fito-hormônio, entretanto a eficiência do inibidor foi levemente afetada em alguns estádios.

O etileno na dose máxima, e nos diferentes dias (horas), influenciou no teor de antocianinas, possivelmente pelo fato de provocar a senescência mais rapidamente e levar ao acúmulo de pigmentos.

O tratamento com 1-MCP não influenciou no teor de antocianinas em flores de capuchinha.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à FAPEMIG - Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais pela bolsa de estudo concedida a doutoranda Tania Pires da Silva.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

- CAMERON, A. C., REID, M. S. (2001). 1-MCP blocks ethylene-induced petal abscission of *Pelargonium peltatum* but the effect is transient. *Postharvest Biology and Technology*, Amsterdam, v.22, p.169-177.
- CORDEIRO, D. C., FINGER, F. L., SANTOS, J. S., KARSTEN, J., BARBOSA, J. G. (2011). Sensibilidade da rosa ‘Osiana’ ao etileno. *Bragantia*, Campinas, v.70, p.677-681.
- DUKOVSKI, D., BERNATZKY, R., HAN, S. (2006). Flowering induction of *Guzmania* by ethylene. *Scientia Horticulturae*, v.110, p.104–108.
- FERREIRE, R. B. G., VIEIRA, M. C., ZÁRATE, N. A. H. (1999). É para comer: chefs inventam pratos com rosa e amor perfeito. *Revista Veja*. Edição 1619.
- FINGER, F. L., MORAES, P. J. de, MAPELLI, A. M., BARBOSA, J. G., CECON, P. R. (2008). Longevity of *Epidendrum ibaguense* flowers as affected by pre-loading treatments and vase solution. *Journal of Horticultural Science & Biotechnology*, v.83, p.144–147.
- FULEKI, T. and FRANCIS, F. J. (1968). Quantitative methods for anthocyanins. 1. Extraction and determination of total anthocyanin in cranberries. *Journal of Food Science*, Chicago, v.33, p.72-77.
- GOLZE, V. L. O. (2008). Aceitabilidade de alimentação à base de capuchinha (*Tropaeolum majus*). *Revista Brasileira de Agroecologia*, v. 3 - Suplemento especial.
- HEYES, J. A. and JOHNSTON, J. W. (1998). 1-Methylcyclopropene extends *Cymbidium* orchid vase life and prevents damaged pollinia from accelerating senescence. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, Wellington, v.26, p.319-324.
- HOYER, L. (1996). Critical ethylene exposure for *Capsicum annuum* “Janne” is dependent on an interaction between concentration, duration and developmental stage. *Journal of Horticultural Science*, v.71, n.4, p.621-628.
- JOLY, A. B. (1991). *Botânica: Introdução à taxonomia vegetal*. 10 ed. São Paulo: Nacional, 577p.
- JONES, M. L., KIM, E-S., NEWMAN, S. E. (2001). Role of ethylene and 1-MCP in flower development and petal abscission in zonal geraniums. *HortScience*, Alexandria, v.36, p.1305-1309.
- KEBENEI, Z., SISLER, E. C., WINKELMANN, T., SEREK, M. (2003). ‘Efficacy of inhibitors of ethylene perception in improvement of display life of kalanchoë (*Kalanchoë blossfeldiana* Poelln.) flowers’. *Postharvest Biology and Technology*, v.78, p.433–436.
- NOWAK J. and RUDNICKI, R. M. (1990). Postharvest handling and storage of cut flowers, florist greens and potted plants. Portland: Timber Press, 210 p.

ORTIZ DE BOADA, D. and COGUA, J. (1989). Reconocimiento de granos de pólen de algunas plantas melíferas em La Sabana de Bogotá. *Agronomia Colombiana*, v.6, p.52-63.

PORAT, R., HALEVY, A. H., SEREK, M. and BOROCHOV, A. (1995). An increase in ethylene sensitivity following pollination is the initial event triggering an increase in ethylene production and enhanced senescence of *Phalaenopsis* orchid flowers. *Physiology plantarum*, v.93, p.778 -784.

SEREK, M., REID, M. S. (1993). Anti-ethylene treatments for potted Christmas Cactus – efficacy of inhibitors of ethylene action and biosynthesis. *HortScience*, v.28, n.2, p.1180-1181.

SEREK, M., TAMARI, G., SISLER, E. C., BOROCHOV, A. (1995). Inhibition of ethylene-induced cellular senescence symptoms by 1-methylcyclopropene, a new inhibitor of ethylene action. *Physiologia Plantarum*, v.94, p.229-232.

SILVA, D. D. (2004). Sensibilidade de duas variedades de gerânio ao etileno e tratamento com 1-MCP. *Tese de doutorado*. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa – MG. 50p.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA - UFV. SAEG - Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas. Versão 7.1. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1997. 150p.

VAN DOORN, W. and WOLTERING, E. J. (2008). Physiology and molecular biology of petal senescence. *Journal of Experimental Botany*, v.59, p.453–480.

CAPÍTULO III

Aplicação de substâncias preservativas e antietilênicas na conservação pós-colheita de flores de capuchinha

RESUMO

SILVA, Tania Pires da, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, julho de 2012. **Aplicação de substâncias preservativas e antietilênicas na conservação pós-colheita de flores de capuchinha.** Orientador: Fernando Luiz Finger. Coorientadores: José Geraldo Barbosa e Raimundo Santos Barros.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a eficiência de produtos /métodos na conservação e extensão da longevidade pós-colheita de flores de capuchinha. No experimento de “pulsing” com sacarose foi utilizada as concentrações 0 (controle), 5, 10, 15 e 20% de sacarose pelos períodos de “pulsing” de 6, 12, 18 e 24 horas. No “pulsing” com STS e AVG as hastes da capuchinha foram colocadas em 4 concentrações: 0 (controle); 0,5; 1,0; 1,5 e 2,0 mM de cada produto, separadamente. No tratamento com AVG foi realizado outro experimento onde as flores foram mergulhadas durante um minuto na solução. Outros três experimentos foram realizados onde as flores da capuchinha também foram imersas em soluções. As soluções utilizadas foram de AOA nas concentrações de 0 (controle); 0,5; 1,0; 1,5 e 2,0 mM; solução de AAS nas concentrações de 0 (controle); 5; 10; 15; 20 mM. Auxinas, a 10 μ M também foram utilizadas, como ácido naftaleno acético (ANA); ácido indolbutírico (AIB); ácido indolacético (AIA); 2,4 diclorofenoxiacético (2,4-D) e água desionizada como tratamento controle. Além disso, montou-se um experimento com tiosulfato de prata e com somente nitrato de prata, seguidos da aplicação de sulfato de cobre. As flores de capuchinha foram mergulhadas em solução de tiosulfato de prata a 2 mM e após os tempos de 0, 15, 30, 45 e 60 minutos as flores foram mergulhadas em solução de sulfato de cobre a 1 mM. O mesmo foi feito para o experimento com somente nitrato de prata a 0,2 mM. Após a montagem de cada experimento as hastes foram transferidas para recipientes contendo água desionizada. Em seguida, as flores foram armazenadas em bancada mantidas sob condição de luz constante de 10 μ mol m⁻²s⁻¹ e temperatura de 22 °C. Diariamente foi avaliada a perda de massa fresca e atribuídas notas, conforme escala pré-estabelecida. O condicionamento das flores na forma de “pulsing” com sacarose não evitou a perda de massa fresca, ou a senescência das flores em nenhuma das concentrações ou períodos testados. Os tratamentos com AVG nos dois métodos de aplicação testados, AOA e AAS não foram capazes de prolongar a vida pós-colheita das flores de capuchinha. O tratamento com maior capacidade de minimizar as perdas pós-colheita, entre

todos os produtos testados, foi o STS, que prolongou a vida pós-colheita das flores em até 4 dias após a aplicação. Tanto o STS como somente a prata aplicada na forma de AgNO_3 foram eficientes em minimizar as perdas de massa fresca, e com isso manter a turgescência das flores, entretanto, a solução de STS, mostrou-se superior. Nenhum dos períodos testados, entre a aplicação da solução antietilênica seguida da solução de cobre, evitou a ação do etileno nas flores. Com isso, o cobre mostrou ser capaz de remover com eficiência a prata do sítio receptor do etileno, provocando assim, a ação do mesmo.

Palavras-chave: pulsing, STS, AVG, AOA, cobre.

ABSTRACT

SILVA, Tania Pires da, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, july, 2012. **Application of preservative and anti-ethylene substances in postharvest nasturtium flowers.** Adviser: Fernando Luiz Finger. Co-advisers: José Geraldo Barbosa and Raimundo Santos Barros.

The objective of this study was to evaluate the efficiency of products / methods in the preservation and extension of life in post-harvest nasturtium flowers. For the experiment of "pulsing" with sucrose, was used concentrations 0 (control), 5, 10, 15 and 20% sucrose, by periods of "pulsing" of 6, 12, 18 and 24 hours. For the "pulsing" with STS and AVG of nasturtium stems were placed in four concentrations: 0 (control), 0.5, 1.0, 1.5 and 2.0 mM of each product separately. For treatment with AVG another experiment was performed where the flowers were dipped into the solution for one minute. Three other experiments were performed where the nasturtium flowers were also immersed in solutions. The solutions used were AOA at concentrations of 0 (control), 0.5, 1.0, 1.5 and 2.0 mM ASA solution at concentrations of 0 (control), 5, 10, 15, 20 mM. Auxins to 10 μ M were also used, such as naphthalene acetic acid (NAA), butyric acid (IBA), indoleacetic acid (IAA), 2,4 dichlorophenoxyacetic acid (2,4-D) and deionized water as control treatment. Furthermore, an experiment was set up with silver thiosulphate and silver nitrate alone, followed by the application of copper sulphate. For this nasturtium flowers were dipped in a solution of silver thiosulfate 2 mM and after the times 0, 15, 30, 45 and 60 minutes, the flowers were dipped in a solution of copper sulfate 1 mM. The same was done for the experiment with only silver nitrate 0.2 mM. After mounting the rods of each experiment were transferred to vessels containing deionized water. Then, the flowers were stored bench maintained under continuous light condition of 10 μ mol m⁻²s⁻¹ and a temperature of 22 °C. Daily was evaluated weight loss and graded as pre-established scale. The conditioning of the flower as "pulsing" with sucrose did not prevent weight loss, or flower senescence in any of the concentrations or times tested. The treatments with AVG in the two application methods tested, AOA and ASA have not been able to extend the postharvest life of nasturtium flowers. Treatment with greater ability to minimize post-harvest losses, among all products tested, was the STS, which extended the postharvest life of flowers by up to 4 days after application. Both the STS as applied only to silver as AgNO₃ were effective in minimizing the loss of weight, and thus maintain the turgescence of flowers, however, the solution of STS was superior. None of the

tested periods between applications of the solution anti-ethylene followed by of the copper solution, prevented the action of ethylene in flowers. Thus, copper was shown to be able to efficiently remove silver from the ethylene receptor site, thus leading to, the action of the same.

Keywords: pulsing, STS, AVG, AOA, copper.

INTRODUÇÃO

O consumo de flores comestíveis está em expansão no mercado brasileiro, entretanto, este tipo de comércio é ainda muito incipiente, por isso, não há dados concretos a respeito. Segundo os próprios produtores de flores comestíveis, o consumo aumentou 60% no primeiro trimestre de 2012 se comparado ao mesmo período do ano passado (Globo, 2012). No Brasil, o estado de São Paulo lidera a produção nacional de flores comestíveis, Minas Gerais ocupa o segundo lugar no ranking. Este Estado apresenta um grande potencial de expansão, informa a Superintendência de Segurança Alimentar e Apoio à Agricultura Familiar (Susaf) (Secretaria de Estado de Agricultura, Pecuária e Abastecimento de Minas Gerais, 2012).

Dentre as precursoras do mercado de flores comestíveis na alta gastronomia destaca-se a capuchinha (*Tropaeolum majus* L.), planta originária da América do Sul (Friedman, 2007). Além de decorar o prato, compartilha sabor diferenciado com os alimentos, possui propriedades digestivas, alto poder antibiótico e ainda rica em vitaminas, minerais e antioxidantes (Bailey *et al.*, 1993). Suas flores são saborosas, com sabor picante, e, variam entre as cores: amarela, laranja ou vermelha. Vem sendo utilizada na culinária mais comumente na forma de salada fria, entretanto, o uso destas flores, se estende desde uma simples decoração em sobremesas e saladas até pratos quentes como sopas, caldos e pizzas, ou mesmo na preparação de sorvetes. Esta planta possui ainda, a vantagem de produzir uma alta quantidade de flores em uma pequena área, e a produção que se estende durante o ano todo.

As pétalas das flores comestíveis são leves, delicadas e apresentam geralmente em torno de 80% de água, portanto, são órgãos efêmeros, sujeitos a rápida deterioração após a colheita. A deterioração em flores ocorre, assim como em frutas e vegetais, devido a processos fisiológicos complexos que podem ser influenciados por fatores externos. Segundo van Doorn & Woltering (2008), existem ainda outros fatores como os danos nas membranas biológicas e remobilização de macromoléculas. E ainda, a perda de água pelas células, tanto em condições de estresse ambiental, ou também por oclusão xilemática, no caso de flores de corte; e ação dos fitohormônios principalmente o etileno.

O etileno é o regulador primário da senescência de flores e, em algumas espécies o murchamento da pétala é acompanhado por um pico na produção de etileno e acelerado por etileno exógeno. Em algumas espécies de flores, a senescência das pétalas é altamente sensível

ao etileno e regulada por ele, enquanto que em outro grupo as pétalas são insensíveis a este hormônio, e a senescência não é regulada por esta molécula (van Doorn & Woltering, 2008). O início do murchamento visível em pétalas em senescência sensíveis ao etileno é acompanhado por um aumento repentino e temporário da respiração, associado a um aumento transitório na produção de etileno. Durante o murchamento da pétala, as membranas celulares progressivamente perdem sua integridade, resultando no extravasamento de pigmentos (antocianinas), nutrientes e eletrólitos das células das pétalas (Rubinstein, 2000).

A via de síntese de etileno inicia com S-adenosilmetionina (SAM), que é convertido em ACC, o precursor direto de etileno. Genes desta via estão regulados durante a senescência de pétalas sensíveis ao etileno (Jones, 2004; Hoeberichts *et al.*, 2007). Assim, a vida pós-colheita pode ser prolongada pelo uso de compostos que inibem a biossíntese ou ação de etileno (Woltering *et al.*, 1994). Geralmente os compostos que agem sobre a ação do etileno apresentam-se mais eficazes, devido ao fato de agirem sobre o etileno exógeno, que pode estar presente durante o transporte e comercialização de flores (Porat *et al.*, 1995).

Todos esses fatores são de extrema importância para o aumento da longevidade de flores, já que, ocasionam a redução na massa seca de flores que é um dos fatores de maior importância na conservação pós-colheita de flores comestíveis. Desta maneira, técnicas de manejo que atrasem a senescência, dessas flores, tornam-se extremamente necessárias. Além do que, os dados a respeito da conservação pós-colheita em flores de capuchinha, ou outras flores comestíveis, são ainda extremamente escassos. Desta forma, objetivou-se avaliar a ação de substâncias que afetam o metabolismo do etileno sobre a longevidade de flores de capuchinha.

MATERIAL E MÉTODOS

Sementes de capuchinha híbrida dobrada alta foram semeadas em bandejas de isopor de 72 células, contendo substrato comercial Plantmax[®], passados 20 dias do semeio, transplantou-se para canteiros de 1,0 x 10m, com distância entre as plantas e entre linhas de 30 cm. Após 4 meses de cultivo as flores foram colhidas no terceiro estágio de abertura floral (botão recém aberto), e transportadas para o laboratório de Fisiologia Pós-colheita do Departamento de Fitotecnia da UFV. As flores, após serem colhidas e padronizadas no laboratório, foram acondicionadas em frascos contendo água destilada e submetidas aos tratamentos. Com o

objetivo de verificar se a senescência das flores de capuchinha está envolvida com a produção ou ação do etileno, realizou-se nove experimentos:

“Pulsing” com sacarose

Consiste em colocar a porção basal das hastes florais em soluções com carboidratos e outros compostos, em períodos que podem variar de poucas horas a dois dias, dependendo da espécie ou cultivar (Nowak & Rudnick, 1990). Para este experimento foi utilizada das seguintes concentrações 0 (controle), 5, 10, 15 e 20% de sacarose com períodos de “pulsing” de 6, 12, 18 e 24 horas.

“Pulsing” com tiosulfato de prata (STS) e aminoetoxivinilglicina (AVG)

No “pulsing” com tiosulfato de prata (STS) e aminoetoxivinilglicina (AVG - Retain[®] a 15% de AVG, Valent BioSciences Corporation) as hastes da capuchinha foram colocadas durante 30 minutos em 4 concentrações: 0,5; 1,0; 1,5 e 2,0 mM de cada produto separadamente, mais o tratamento controle (água desionizada).

Imersão das pétalas em AVG, ácido aminooxiacético (AOA) e ácido acetilsalicílico (AAS)

Os três experimentos foram realizados onde as flores da capuchinha foram imersas em soluções durante um minuto. As soluções utilizadas foram de AVG nas concentrações de 0 (controle); 0,5; 1,0; 1,5 e 2,0 mM; ácido aminooxiacético (AOA) a 0 (controle); 0,5; 1,0; 1,5 e 2,0 mM e solução de ácido acetilsalicílico (AAS) nas concentrações 0 (controle); 5; 10; 15; 20 mM.

Imersão das pétalas em auxinas

Auxinas também foram utilizadas como indutoras de senescência, para isso utilizou-se de soluções, a 10 µM, das seguintes auxinas: ácido naftaleno acético (ANA); ácido indolbutírico (AIB); ácido indolacético (AIA); 2,4 diclorofenoxiacético (2,4-D) e água desionizada como tratamento controle.

Imersão das pétalas em STS e nitrato de prata combinados com cobre

Em busca de verificar a eficiência do cobre em reverter a ligação da prata ao sítio receptor do etileno, montou-se um experimento com tiosulfato de prata e com somente nitrato de prata. Para isso as flores de capuchinha foram mergulhadas em solução de tiosulfato de prata a 2 mM e após os tempos de 0, 15, 30, 45 e 60 minutos as flores foram mergulhadas em solução de sulfato de cobre a 1 mM. O mesmo foi feito para o experimento com somente nitrato de prata a 0,2 mM.

Após a montagem de cada experimento as hastes foram transferidas para recipientes contendo água desionizada. Posteriormente a aplicação de cada tratamento, as flores foram armazenadas em bancada mantidas sob condição de luz constante de $10 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ e temperatura de $\pm 22^\circ\text{C}$, e a água dos vasos trocada diariamente. As seguintes análises foram realizadas diariamente: atribuição de notas segundo escala visual de notas pré-estabelecida, descrita abaixo (Quadro 1), e perda de massa fresca. Entretanto, para fazer o teste de média utilizou-se somente uma data, 48 horas após o início do tratamento, para todos os experimentos.

A vida de vaso foi considerada encerrada quando 100% das hastes florais apresentaram nota -4. Escala de senescência: as notas foram de 1 a 4 para o estágio de desenvolvimento dos botões e ao mesmo tempo as notas positivas indicam a turgescência das flores, as notas negativas atribuídas para a perda de qualidade caracterizando o final da vida de vaso, variando de -1 a -4.

Quadro 1. Escala de pontuação adotada para avaliar-se o desenvolvimento das flores e perda da qualidade das flores de capuchinha.

NOTAS	Descrição
1	botões totalmente fechados, apresentando coloração das pétalas apenas nas pontas, túrgidos;
2	botões bastante expandidos, porém fechados, apresentando coloração em toda sua estrutura, túrgidos;
3	botões recém-abertos, túrgidos;
4	flores totalmente abertas, túrgidas;
-1	flores murchas;
-2	início de necrose nas bordas das pétalas;
-3	necrose até metade da pétala;
-4	pétalas completamente secas.

Os experimentos foram montados em delineamento inteiramente casualizado, sendo apenas o de sacarose avaliado segundo o esquema fatorial, concentração x tempo, com cinco repetições, contendo 7 hastes florais por repetição. Os dados foram submetidos à análise de variância, no programa SISVAR (Ferreira, 2008), e ao teste de médias de Dunnett a 1% de probabilidade.



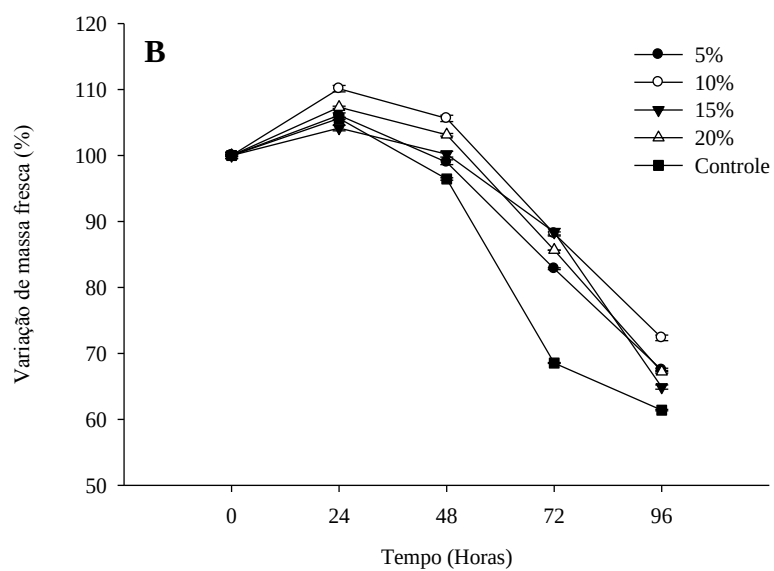
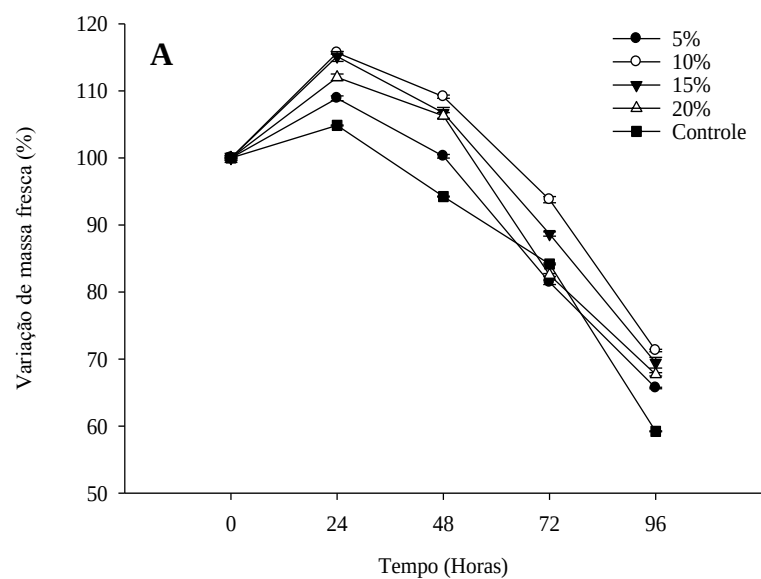
Figura 1. Escala de pontuação dos estádios de desenvolvimento das flores de capuchinha (*Tropaeolum majus* L.) e senescência. Os números nas linhas indicam os estádios de desenvolvimento; e nas colunas as notas atribuídas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O condicionamento das flores em forma de “pulsing” é considerado um tratamento rápido de pré-transporte ou pré-armazenamento que pode afetar a fase final da vida das flores, prolongando-a mesmo após a transferência para a água (Castro, 1985). Entretanto, o condicionamento das flores de capuchinha por 6, 12, 18 e 24 horas com sacarose, não apresentou efeito no aumento da longevidade e na massa fresca das flores (Figura 1A, B, C e D), para nenhuma das concentrações e períodos de “pulsing” testados. A concentração de 10%, para todos os períodos, retardou ligeiramente a perda de massa fresca, ao longo dos dias, com perdas de 6,56% ao dia para a média geral de todos os tratamentos, enquanto o controle apresentou perdas de 8,93% ao dia. Entretanto, ao final do experimento este tratamento não diferiu das outras concentrações utilizadas.

Em relação à senescência das flores, submetidas às diferentes concentrações e períodos de condicionamento com sacarose, observou-se diferenças significativas entre as médias dos tratamentos (Tabela 1). Somente para o período de “pulsing” de 6 horas nas concentrações de 5, 10 e 15% a média apresentou nota superior ao controle, pois em todos os outros tratamentos as flores encontravam-se num estágio mais avançado de senescência do que aquelas da testemunha (Tabela 1). Assim, nenhum dos tratamentos proporcionou aumento da longevidade pós-colheita de flores de capuchinha, pois, em todos os tempos de “pulsing” e em todas as concentrações de sacarose utilizadas, as flores de capuchinha apresentaram notas negativas após dois dias da aplicação dos tratamentos. Notou-se ainda que logo nas primeiras horas, após a aplicação dos tratamentos, as hastes florais apresentavam desidratação, conseqüentemente afetando a absorção e a manutenção da turgidez das pétalas em todos os tratamentos.

De acordo com Nowak *et al.* (1991), a sacarose aplicada sob a forma de condicionamento substitui os carboidratos endógenos quando esgotados pela respiração. O açúcar também tem a capacidade de atrasar a degradação de proteínas, lipídios e ácidos ribonucléicos. E ainda promover a manutenção e a integridade das membranas, estrutura e função mitocondrial, inibe a produção e a ação do etileno, melhora o balanço de água e regula o fechamento estomático, reduzindo a transpiração.



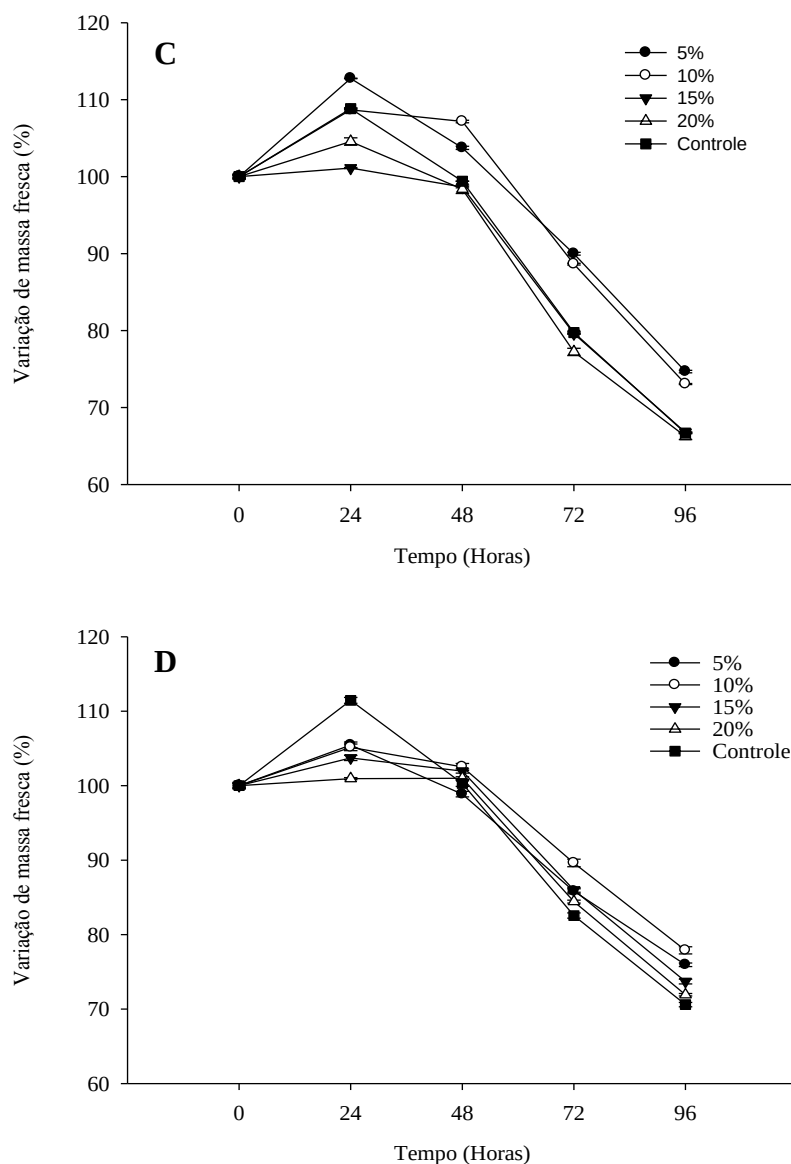


Figura 1. Efeito do condicionamento na forma de “pulsing” com sacarose sobre a variação de massa fresca de flores de capuchinha (*Tropaeolum majus* L.) ao longo do tempo. Com período de “pulsing” de A: 6; B: 12; C: 18 e D: 24 horas. As barras representam erro padrão.

Ainda, segundo Halevy & Mayak (1981), os açúcares translocados das soluções conservantes acumulam-se nas flores. Isto leva a um aumento da concentração osmótica e assim melhora a capacidade de absorção e manutenção da turgescência das pétalas, favorecendo, desse modo, o balanço hídrico das flores de corte. Entretanto, isso não foi observado em flores de capuchinha. Onde ambos os fatores, tempo e concentração, podem ter sido a causa do efeito negativo da sacarose. O período de “pulsing” por 24 horas mostrou ser levemente mais

prejudicial para a manutenção da turgescência das flores, quando comparado aos demais tempos (Tabela 1).

Assim, a longevidade não foi aumentada quando comparada com o controle, possivelmente devido a fatores como desintegração das membranas celulares, e perda da função da membrana, relacionado ao fator tempo de duração do tratamento associado à concentração de sacarose (Markhart & Harper, 1995; Bialeski & Reid, 1992). Ou ainda, obstrução dos vasos xilemáticos, bloqueando ou restringindo o movimento da água, devido ao desenvolvimento de micro-organismos nas altas concentrações de sacarose (Sacalis, 1993). Até mesmo, devido à grande perda de água intracelular para o meio externo, em função da diferença de concentração da solução e do tecido, fazendo com que o tecido perdesse água.

Portanto, a eficiência da sacarose em promover a longevidade das flores é altamente dependente da espécie, sendo este tratamento mais efetivo no estímulo à abertura das flores e aumento da absorção de água em determinadas flores. Como em boca-de-leão, Ichimura & Hisamatsu (1999) verificaram que a sacarose, em diferentes concentrações, promove a abertura da flor e aumenta a intensidade da coloração das pétalas. Entretanto, o condicionamento das hastes por 30 minutos com solução de sacarose a 5% em inflorescências de esporinha (*Consolida ajacis*) não alteraram a longevidade em relação às flores do controle (Finger *et al.*, 2004).

Tabela 1. Médias das notas adotadas pelas flores de capuchinha (*Tropaeolum majus* L.) após passadas 48 horas da aplicação do tratamento de condicionamento na forma de “pulsing” com 0; 5; 10; 15 e 20 % de sacarose, por diferentes períodos.

Tratamentos	6h	12h	18h	24h
C	-2	-1,2	-1,2	-1
5%	-1,2 [*]	-1,2 ^{ns}	-1,2 ^{ns}	-2 [*]
10%	-1 [*]	-2 [*]	-1 ^{ns}	-2 [*]
15%	-1 [*]	-1,2 ^{ns}	-1 ^{ns}	-1,7 [*]
20%	-2 ^{ns}	-1,2 ^{ns}	-1,2 ^{ns}	-1 ^{ns}

^{*} Significativo; ^{ns} não significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste de Dunnett.

As características bioquímicas da biossíntese de etileno em plantas superiores são bem definidas (Bleecker & Kende, 2000). O etileno é sintetizado a partir da metionina em três etapas: (1) conversão de metionina para S-adenosil-L-metionina (SAM) catalisada pela enzima SAM

sintetase, (2) formação de 1-aminociclopropano-1-carboxílico (ACC) de SAM via atividade da ACC sintase (ACS), e (3) a conversão de ACC para etileno, que é catalisada pela ACC oxidase (ACO). A formação de ACC também leva à produção de 5'-methylthioadenosina (MTA), que é reciclado através do ciclo da metionina levando ao rendimento de uma nova molécula de metionina (Barry & Giovannoni, 2007).

O aumento da respiração fornece o ATP necessário para o ciclo da metionina, e pode levar a altas taxas de produção de etileno, sem os altos níveis de metionina intracelular. SAM é um doador de metil importante e está envolvido em múltiplos aspectos do metabolismo celular. Consequentemente, há dois passos importantes na síntese de etileno: a formação de ACC e sua conversão em etileno. A enzima sintase do ACC pode ser inibida por análogos das rizóbio toxinas, como o amino etoxivinilglicina (AVG) e o ácido amino oxiacético (AOA) (Yang & Hoffman, 1984).

Entretanto, neste trabalho, o condicionamento das flores na forma de “pulsing” com AVG (Fig. 2A), não foi capaz de prevenir a formação do etileno, pois, não houve diferenças para a perda de massa entre as concentrações utilizadas e o controle. Onde, tanto os tratamentos com AVG, como o tratamento controle, apresentaram perdas diárias de massa fresca em torno de 11%. Para a senescência das flores, também não houve diferença significativa (Tabela 2) entre os tratamentos quando comparados com a testemunha. Uma vez que, em todos os tratamentos as flores tiveram notas negativas atribuídas, variando entre -2 e -2,2, igualmente ao controle. Mostrando assim, que o AVG, inibidor da síntese de etileno, não foi eficaz em minimizar a perda de massa, nem retardar o início da senescência de flores de capuchinha.

Quando o AVG foi aplicado na forma de molhamento, imergindo toda a flor na solução, observou-se que todas as concentrações utilizadas foram inferiores ao controle na variação de massa fresca (Fig. 3B), já que apresentaram uma maior perda de massa fresca do que as flores não tratadas. A perda diária de massa fresca para o tratamento controle foi de 7,25%, enquanto a concentração de 2 mM ocasionou perdas de 15,25%. Ou seja, o AVG na forma de imersão provocou a desidratação das pétalas, ou seja, a murcha, ao longo dos dias, mais rapidamente. Para o grau de senescência destas flores, não houve diferença significativa (Tabela 2) entre os tratamentos e o controle, pois, o AVG na forma de imersão também não foi eficaz em atrasar a senescência de flores de capuchinha. Além do que, para todas as concentrações utilizadas as médias foram inferiores ao tratamento controle.

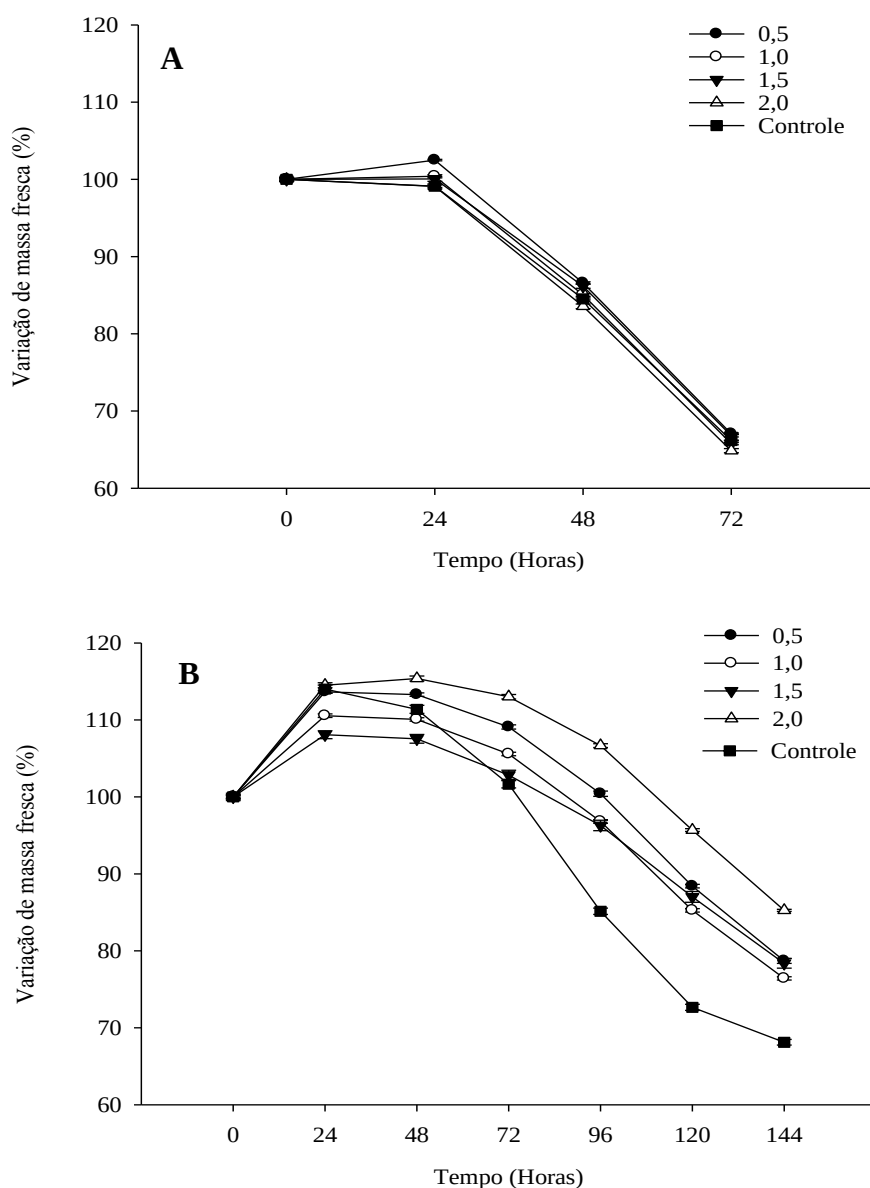


Figura 2. Efeito do condicionamento na forma de “pulsing” com 0; 0,5; 1,0; 1,5 e 2,0 mM de AVG (A) e STS (B) sobre a variação de massa fresca de flores de capuchinha (*Tropaeolum majus* L.) ao longo do tempo. As barras representam erro padrão.

O efeito do AVG sobre as flores é ainda pouco conhecido e alguns trabalhos como de Brackmann *et al.* (2000), usando o AVG combinado com sacarose na solução conservante, mostraram que houve um aumento na senescência do crisântemo ‘Snowdon’, embora tenha diminuído o percentual de abertura das flores. Por outro lado, Mapeli *et al.* (2009), verificaram que tanto o condicionamento das hastes de *Epidendrum ibaguense* na concentração 1,5 mM de

(AVG) durante 24 horas, como a pulverização prolongaram significativamente a longevidade destas flores.

De acordo com Abeles *et al.* (1992), o AVG inibe de forma competitiva e irreversível a sintase do ACC. Esta substância é capaz de impedir a transformação da S-adenosilmetionina (SAM) em 1- aminociclopropano -1- ácido carboxílico (ACC) por inibir a atividade da enzima sintase do ACC (Yang & Hoffman, 1984), diminuindo a quantidade de substrato para a oxidase do ACC e consequentemente, a taxa de conversão do ACC para etileno. Entretanto, a eficiência do inibidor, depende da concentração utilizada e da espécie em estudo. Em flores de capuchinha não se observou estes efeitos positivos do AVG, ou seja, prolongar a vida pós-colheita destas flores, através da inibição da síntese de etileno.

O experimento com STS foi realizado a fim de verificar se a senescência de flores de capuchinha estava associada com a ação ou com a síntese de etileno. Pois, a prata presente no STS, impossibilita o uso do mesmo como tratamento pós-colheita de flores comestíveis. No condicionamento com STS, observou-se uma grande eficiência, em todas as concentrações testadas (Fig. 2B), em diminuir a perda de massa fresca, quando comparados ao controle. A concentração de 2,0 mM foi a que mostrou maior eficiência, pois, as flores do tratamento controle obtiveram 5,33% de perda de massa, enquanto as flores tratadas com 2 mM de STS apresentaram perda de massa de apenas 2,5% ao dia.

Em todas as concentrações de STS utilizadas, o produto foi eficiente em manter a turgescência das flores. Portanto, os dados de variação de massa fresca estão diretamente relacionados ao grau de senescência (Tabela 2) apresentados pelas flores ao longo dos dias. Uma vez que, em todos os tratamentos as flores apresentaram notas positivas, ou seja, estavam túrgidas, enquanto que, aquelas do controle já haviam iniciado o processo de senescência, apresentando-se murchas (Tabela 2). O STS foi capaz de atrasar o início da senescência, ou seja, a murcha ocorreu após 4 dias da aplicação dos tratamentos (dados não apresentados). Normalmente as flores de capuchinha tem a duração, após a colheita, de somente 24 horas túrgidas, quando mantidas em água.

O tratamento com AOA mostrou leve atraso da senescência de flores de capuchinha, pois, ao longo dos dias e ao final do experimento, todas as concentrações utilizadas, principalmente a de 0,5 mM apresentaram a menor variação de massa fresca (Fig. 3A) quando

comparadas ao controle. Esta concentração menor ocasionou perda de massa fresca de 5,5% ao dia, enquanto o tratamento controle 9,25%.

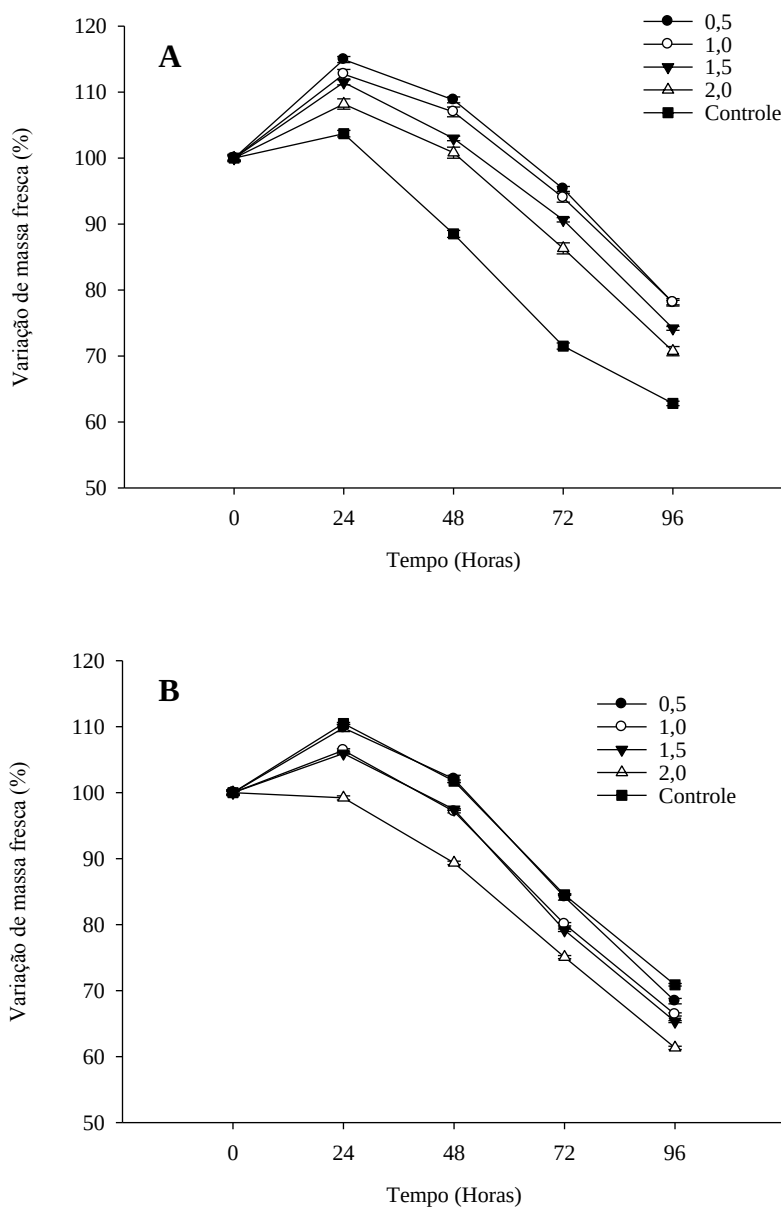


Figura 3. Efeito da imersão das pétalas em 0; 0,5; 1,0; 1,5 e 2,0 mM de AOA (A) e AVG (B) sobre a variação de massa fresca de flores de capuchinha (*Tropaeolum majus* L.) ao longo do tempo. As barras representam erro padrão.

As concentrações de 0,5; 1,0 e 1,5 mM de AOA foram as que proporcionaram maior diferença significativa quando comparadas ao controle, atrasando levemente a senescência das flores de capuchinha (Tabela 2). Entretanto, este aumento, não é tão significativo em relação ao

aumento de vida pós-colheita ou então, da comercialização. Uma vez que, logo no segundo dia após a aplicação dos tratamentos, nenhuma das concentrações utilizadas foi capaz de manter a turgescência das flores.

De acordo com Mapeli *et al.* (2009), a resposta negativa promovida pelo AOA, aplicado na forma de solução de condicionamento, pode ser devido ao fato de a substância não ter sido absorvida em quantidade suficiente para reduzir a atividade da sintase do ACC. Ou ainda, a quantidade de etileno produzida foi suficiente para promover a senescência das flores, uma vez, que a espécie é sensível ao hormônio.

Entretanto, supõe-se que o AOA tem a capacidade de prolongar a longevidade de flores não como inibidor da biossíntese de etileno, mas por proporcionar o balanço hídrico decorrente da não obstrução dos vasos xilemáticos. Uma vez que, o AOA reduz o pH da solução, com isso, provavelmente reduz o crescimento microbiano, diminuindo a viscosidade da água, reduzindo a atividade das enzimas oxidativas e consequentemente aumentando a longevidade das flores (Ketsa & Narkbua, 2001).

Tabela 2. Médias das notas adotadas pelas flores de capuchinha (*Tropaeolum majus* L.) após passadas 48 horas da aplicação dos tratamentos de condicionamento na forma de “pulsing” com 0; 0,5; 1,0; 1,5 e 2,0 mM de AVG e STS e na forma de imersão das pétalas nas mesmas concentrações de AOA e AVG. Experimentos independentes.

Tratmentos	Pulsing AVG	Pulsing STS	Imersão AOA	Imersão AVG
C	-2	-1	-2,4	-1,6
0,5	-2,2 ^{ns}	4 [*]	-1 [*]	-1,8 ^{ns}
1,0	-2,2 ^{ns}	4 [*]	-1,2 [*]	-2 ^{ns}
1,5	-2 ^{ns}	4 [*]	-1,4 [*]	-1,8 ^{ns}
2,0	-2 ^{ns}	4 [*]	-2 ^{ns}	-2 ^{ns}

* Significativo; ^{ns} não significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste de Dunnett.

A imersão das flores de capuchinha em diferentes auxinas levou a uma menor variação da massa fresca, quando comparadas ao controle (Fig. 4A). As flores controle apresentaram taxa de perda de massa de 9% ao dia, enquanto, as flores tratadas com ANA foi de 5,3%. As plantas tratadas com 2,4-D e AIA atingiram a nota -1 logo nas primeiras 24 horas após o tratamento, enquanto que, os outros tratamentos apresentaram flores túrgidas, com nota 4. Entretanto, essa

pequena diferença não foi significativa entre os tratamentos (Tabela 3) pelo teste de Dunnett a 1%. Mesmo assim, estas auxinas foram capazes de induzir a senescência das flores mais rapidamente, provavelmente via síntese de etileno.

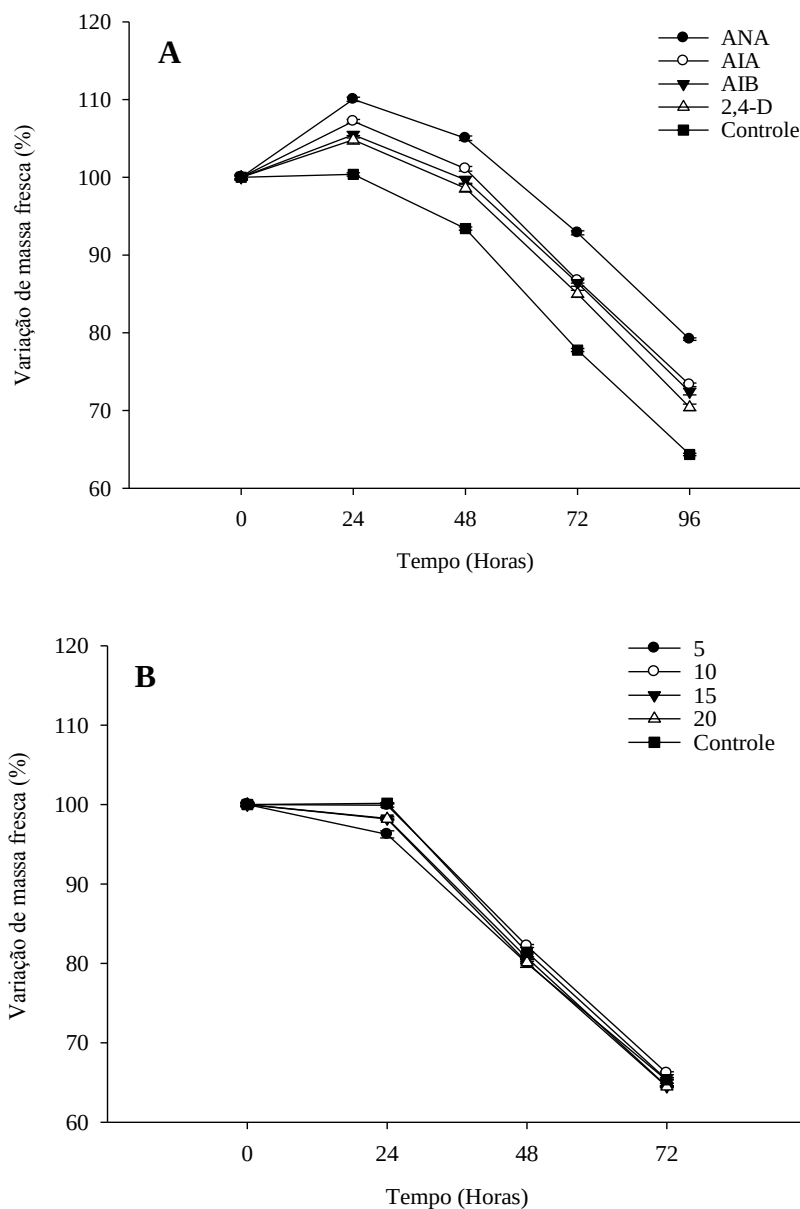


Figura 4. Efeito da imersão das pétalas em diferentes auxinas (10 µM) (A) e imersão das pétalas com 0, 5, 10, 15 e 20 µM em AAS (B), sobre a variação de massa fresca de flores de capuchinha (*Tropaeolum majus* L.) ao longo do tempo. Experimentos independentes. As barras representam erro padrão.

As auxinas estimulam a síntese deste hormônio, via incremento da síntese de ACC sintase e da ACC oxidase, assim, nos tecidos vegetais, os níveis endógenos de auxinas regulam a

síntese de etileno (Taiz & Zeiger, 2009). Estudos recentes indicam que as auxinas podem apresentar uma importante função na regulação da senescência das flores.

Onoue *et al.* (2000), mostraram que o conteúdo de ácido abscísico (ABA) começou a aumentar depois da colheita de flores de cravos e que tratamento com ABA exógeno ativa a produção de ABA endógeno e a senescência das flores. A produção de etileno aumentou dois dias após o início do aumento de ABA, e o ABA exógeno estimulou muito a produção de etileno. Assim, estes dados sugerem que se o ABA está envolvido na regulação da senescência de cravos, é mediado através do aumento na produção de etileno.

Tabela 3. Médias das notas adotadas pelas flores de capuchinha (*Tropaeolum majus* L.) após passadas 48 horas da aplicação dos tratamentos imersão das pétalas em diferentes auxinas (10 μ M) e imersão das pétalas com 0, 5, 10, 15 e 20 μ M em AAS. Experimentos independentes.

Tratamentos (mM)	Imersão Auxinas	Tratamentos (μ M)	Imersão AAS
C	-1,2	C	-3,2
ANA	-1 ^{ns}	5	-2,8 ^{ns}
AIA	-1 ^{ns}	10	-3 ^{ns}
AIB	-1 ^{ns}	15	-3,2 ^{ns}
2,4-D	-1 ^{ns}	20	-2,8 ^{ns}

* Significativo; ^{ns} não significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste de Dunnett.

Para o experimento com AAS, verificou-se que os tratamentos não afetaram a variação percentual de massa fresca das flores de capuchinha, quando comparados ao controle ao longo do tempo (Fig. 4B). Em todos os tratamentos, inicialmente houve manutenção da massa fresca, e após o segundo dia observou-se uma queda súbita para todos os tratamentos, inclusive o controle. Todos os tratamentos ocasionaram perdas diárias em torno de 12%, inclusive a testemunha.

Assim, para senescência destas flores, os dados submetidos ao teste de médias não apresentaram diferenças significativas em relação ao tratamento controle (Tabela 3). Assim como, a pulverização das hastes com 2 mM de AOA, 20 mM de AAS em inflorescências de esporinha (*Consolida ajacis*) não alteraram a longevidade em relação às flores do controle (Finger *et al.*, 2004). Além do que, o tratamento com AAS, mostrou ser tóxico para as flores de

capuchinha, levando a necrose das pétalas em poucas horas (Fig. 5) quando o mesmo foi aplicado em concentrações maiores (mM).

Os mecanismos de ação do AAS (ácido acetilsalicílico), no aumento da longevidade em vaso das flores de corte, estão relacionados ao bloqueio da conversão do composto ACC (ácido 1-carboxílico-1-aminociclopropano) em etileno (Leslie & Romani, 1986), pela inibição da atividade da oxidase do ACC. Em rosas, o uso de soluções de AAS está relacionado com o aumento da longevidade em vaso pelo atraso da senescência, em virtude da acidificação da solução de vaso. Assim, o AAS pode proporcionar uma maior longevidade de flores, uma vez que, o pH de uma solução aquosa saturada de AS é de 2,4 (Raskin, 1992).



Figura 5. Danos causados por AAS em flores de capuchinha (*Tropaeolum majus* L.) após 3 horas da aplicação do tratamento. A: controle; B: imersas em solução de 10 mM de AAS, por 1 minuto.

As flores tratadas com STS, e posteriormente com cobre, apresentaram perda de massa semelhantemente ao tratamento controle e ao tratamento somente com cobre. As flores que foram tratadas somente com STS apresentaram menor perda de massa fresca ao longo dos dias (Fig. 6A), ou seja, 4,2%, contra em torno de 7% para os demais tratamentos.

Verificou-se que, a solução contendo exclusivamente nitrato de prata, não foi tão eficiente (Fig. 6B) em minimizar as perdas de massa fresca ao longo dos dias, quanto a solução de STS (Fig. 6A). A perda diária de massa fresca foi de 7% para o tratamento controle, enquanto os outros tratamentos obtiveram perdas por volta de 6,6%. Quando utilizado somente o nitrato e o acetato de prata, os íons prata se movem lentamente nos tecidos das plantas e tendem a ser fotodegradados (Salinger, 1991).

O grau de senescência das flores, tratadas com STS ou somente AgNO_3 , seguidas da aplicação de Cu^{2+} foram semelhantes. Após 48 horas da aplicação dos tratamentos, somente as flores submetidas a estas soluções (não tratadas com cobre), apresentaram-se túrgidas, com notas 4 (Tabela 4). Enquanto que para todos os outros tratamentos, independente do tempo, houve o início da senescência, ou seja, com notas negativas. Sendo assim, não diferiram estatisticamente do tratamento controle.

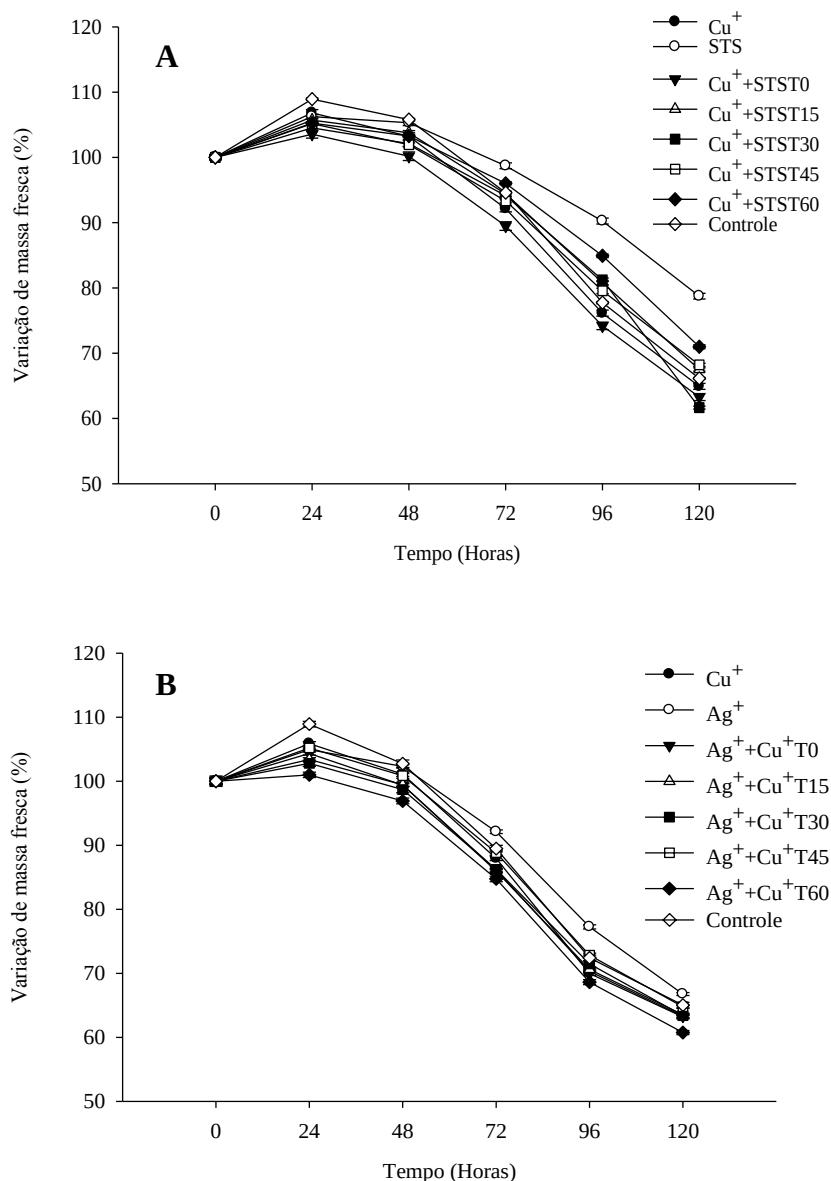


Figura 6. Efeito da imersão das pétalas em solução de tiosulfato de prata (2 mM) (A) ou somente nitrato de prata (B) e após os tempos de 0, 15, 30, 45 e 60 minutos imersas em solução de sulfato de cobre (1 mM), sobre a variação de massa fresca de flores de capuchinha (*Tropaeolum majus* L.) ao longo do tempo. As barras representam erro padrão.

Assim, verificou-se a eficiência do cobre em restaurar a sensibilidade das flores ao etileno quando tratadas com Ag^+ , no tempo zero ou até mesmo após uma hora. Nota-se que o cobre foi eficiente em remover a prata do sítio receptor do etileno, deixando-o livre para que houvesse a ligação do etileno ao receptor, ocorrendo o início do processo de senescência logo em seguida.

O íon prata (Ag^+), aplicado sob a forma de tiosulfato de prata (STS), tem sido utilizado como inibidor não competitivo da ação de etileno (Beyer, 1976; Knee, 1992). Pensa-se que os íons prata atuem sobre grupos tióis de alguma proteína da parede celular, ou sobre proteína receptora localizada na superfície externa da membrana plasmática. Ou ainda, sobre proteínas que estejam envolvidas na transdução do sinal (Knee, 1992; Sanders *et al.*, 1986), suprimindo a ação do gás e, portanto, aumentando a longevidade de flores de corte (Nichols *et al.*, 1982). O tiosulfato de prata é o principal inibidor da ação do etileno, pois o íon desloca-se rapidamente até as pétalas, exercendo uma ação antietileno, além do efeito bactericida (Reid *et al.*, 1980; Dostal *et al.*, 1991). Quando utilizado somente o nitrato e o acetato de prata, os íons prata se movem lentamente nos tecidos das plantas e tendem a ser fotodegradados (Salinger, 1991).

Uma vez, que o receptor para o etileno, acredita-se ser uma metalo-proteína, uma explicação da ação da prata é que ela desloca um íon de metal essencial, talvez de cobre, a partir do sítio ativo do receptor (Beyer, 1976). De acordo com Abeles *et al.* (1992), o início da senescência, mesmo na ausência de etileno exógeno, podem resultar também do estímulo de etileno endógeno através da síntese pelo Cu^{2+} . Pois, houve a produção de etileno mesmo na presença ou ausência da Ag^+ .

Segundo Knee (1995), talvez o cobre pudesse estar competindo para inibir a absorção celular da prata ou então competindo com a prata na ligação em um local de ação. Para a primeira hipótese o atraso no tratamento com cobre permitiria a absorção da prata, enquanto que para a segunda, há a possibilidade de a prata estar sendo deslocada mesmo com aplicação de cobre atrasada. Cobre foi igualmente eficaz quando aplicado com AgNO_3 ou com STS em qualquer tempo seguinte. Assim, o deslocamento da prata pelo cobre de um sítio de ligação, pareceu mais provável do que a inibição da absorção.

Tabela 4. Médias das notas adotadas pelas flores de capuchinha (*Tropaeolum majus* L.) após passadas 48 horas da aplicação dos tratamentos imersão das pétalas em solução de tiosulfato de prata (2 mM) ou somente nitrato de prata e após os tempos de 0, 15, 30, 45 e 60 minutos imersas em solução de sulfato de cobre (1 mM). Experimentos independentes.

Tratamentos	STS + Cu	AgNO ₃ + Cu
C	-1	-1
Cu	-1 ^{ns}	-1 ^{ns}
STS/AgNO ₃	4 [*]	4 [*]
T0	-1 ^{ns}	-1 ^{ns}
T15	-1 ^{ns}	-1 ^{ns}
T30	-1 ^{ns}	-1 ^{ns}
T45	-1 ^{ns}	-1 ^{ns}
T60	-1 ^{ns}	-1 ^{ns}

* Significativo; ^{ns} não significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste de Dunnett.

O uso de compostos que inibem a biossíntese ou ação de etileno pode prolongar a vida pós-colheita de muitas espécies de flores, principalmente em flores sensíveis com fim alimentício como o caso das flores de capuchinha. Assim, a utilização de inibidores da ação, no tratamento de flores, geralmente é mais eficaz do que a dos inibidores da síntese de etileno. Já que, bloqueia o efeito do etileno exógeno presente na atmosfera de armazenamento durante o transporte e comercialização do produto (Porat *et al.*, 1995).

CONCLUSÃO

O condicionamento das flores na forma de “pulsing” com sacarose não foi eficiente em nenhuma das concentrações e períodos testados.

Os tratamentos com AVG, nos dois métodos de aplicação testados, AOA e AAS não foram capazes de prolongar a longevidade pós-colheita das flores de capuchinha.

O tratamento com STS prolongou a longevidade pós-colheita das flores em até 4 dias após a aplicação.

Tanto o STS como a prata aplicada na forma de AgNO_3 foram eficientes em minimizar as perdas de massa fresca, e com isso manter a turgescência das flores, entretanto, o STS, mostrou-se superior.

Nenhum dos períodos testados, entre a aplicação da solução antietilênica seguida da solução de cobre, evitou a ação do etileno nas flores.

Com isso, o cobre mostrou ser capaz de remover com eficiência a prata do sítio receptor do etileno.

Em flores de capuchinha os inibidores da ação do etileno como o 1-MCP e o STS, foram excepcionalmente superiores em prolongar a longevidade pós-colheita destas flores. Já os inibidores da síntese, como AVG, AAS e AOA não foram eficazes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABELES, F. B.; MORGAN, P. W.; SALTVEIT JR., M. E. (Eds.) *Ethylene in Plant Biology*, second ed. Academic Press, San Deigo, CA. 1992.

BAILEY, A. V.; LUCCA, I. I. A.; MOREU, J. P. Antimicrobial properties of some erucic acid-glycolic acid derivates. *Journal of the American Oil Chemist's Society*, Champaign, v.66, p.77-85. 1993.

BARRY, C. S.; GIOVANNONI, J. J. Ethylene and Fruit Ripening. *Journal Plant Growth Regulation*, v.26, p.143–159, 2007.

BEYER, E. M. A potent inhibitor of ethylene action in plants. *Plant Physiology*. v.58, p.268–271, 1976.

BIELESKI, R. L.; REID, M. S. Physiological changes accompanying senescence in the ephemeral daylily flower. *Plant Physiology*, v.98, p.1042-1049, 1992.

BLEECKER, A. B.; KENDE, H. Ethylene: A gaseous signal molecule in plants. *Annual Review of Cell Developmental Biology*, v.16, p.1–18, 2000.

BRACKMANN, A.; BELLÉ, R. A.; VIZZOTTO, M.; LUNARDI, R. Armazenamento de crisântemos *Dedranthema grandiflora* cv. Red Refocus em diferentes temperaturas e soluções conservantes. *Revista Brasileira de Agrociência*, Pelotas, v.6, n.1, p.19-23, 2000.

CASTRO, C. E. F. de. Armazenamento de flores. *Casa da Agricultura*, v.7, p.18-21, 1985.

DOSTAL, L. D.; AGNEW, N. H.; GLADON, R. J.; WEIGLE J. L. Ethylene, simulated shipping, STS, and AOA affect corolla abscission of New Guinea Impatiens. *HortScience*, v.26, p.47-49, 1991.

FERREIRA, D.F. Sisvar um programa para análises e ensino de estatística. *Revista Symposium* (Lavras), v.6, p. 36-41, 2008.

FINGER, F. L.; CARNEIRO, T. F.; BARBOSA, J. G. Senescência pós-colheita de inflorescências de esporinha (*Consolida ajacis*). *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.39, p.533-537, 2004.

FRIEDMAN, H.; ROT, I.; AGAMI, O.; VINOKUR, Y.; DORI, I.; GANOT, L.; SHMUEL, D.; MATAN, E. Edible flowers: new crops with potential health benefits. *Acta Horticulturae*, 755, p.283-289, 2007.

GLOBO. 2012. Disponível em: <http://g1.globo.com/sao-paulo/itapetininga-regiao/noticia/2012/04/empresaria-investe-na-producao-de-flores-comestiveis-em-tatui-sp.html>. Acesso em 06 de Junho de 2012.

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

HOEBERICHTS, F. A.; VAN DOORN, W. G.; VORST, O.; HALL, R. D.; VAN WORDRAGEN, M. F. Sucrose prevents upregulation of senescence-associated genes in carnation petals. *Journal of Experimental Botany*, v.58, p.2873-2885, 2007.

ICHIMURA, K.; HISAMATSU, T. Effects of continuous treatment with sucrose on vase life, soluble carbohydrate concentrations, and ethylene production of cut snapdragon flowers. *Journal of the Japanese Society of Horticultural Science*, v.68, p.61-66, 1999.

JONES, M. L. Changes in gene expression during senescence. In: *Plant Cell Death Processes*. L. Nooden ed. Elsevier Science, San Diego, Calif., p.51-72, 2004.

KETSA, S.; NARKBUA, N. Effect of aminooxyacetic acid and sucrose on vase life of cut roses. *Acta Horticulturae*, v.543, p.227-234, 2001.

KNEE, M. Copper reverses silver inhibition of flower senescence in *Petunia hybrida*. *Postharvest Biology and Technology*, v.6, p.121-128, 1995.

KNEE, M. Sensitivity of ATPase to silver ions suggests that silver acts outside the plasma membrane to block ethylene action. *Phytochemistry*, v.31, p.1093-1096, 1992.

LESLIE, C. A.; ROMANI, R. J. Salicylic acid: a new inhibitor of ethylene biosynthesis. *Plant Cell Reports*, v.5, p.144-146, 1986.

MARKHART, A. H.; HARPER, M. S. Deleterious effects of sucrose in preservative solutions on leaves of cut flowers. *HortScience*, v.30, p.1429-1432, 1995.

MAPELI, A. M.; OLIVEIRA, L. S.; FINGER, F. L.; BARBOSA, J. G.; BARROS, R. S. Longevidade de inflorescências de *Epidendrum ibaguense* Kunth tratadas com ácido aminooxiacético. *Revista Brasileira de Horticultura Ornamental*, v.15, p.37-42, 2009.

NICHOLS, R.; KOFRANEK, A. M.; KUBOTA, J. Effect of delayed silver thiosulphate pulse treatments on carnation cut flowers longevity. *HortScience*, v.17, p.600-601, 1982.

NOWAK, J.; RUDNICKI, R.M. *Postharvest handling and storage of cut flowers, florist greens and potted plant*. Portland: Timber Press, 1990. 210p.

NOWAK, J.; GOSZCZYNSKA, M.D.; RUDNICKI, RAI. Storage of cut flowers and ornamental plants: present status and future prospects. *Postharvest News and Information*, v.2, p.255-260, 1991.

ONOUE, T.; MIKAMI, M.; YOSHIOKA, T.; HASHIBA, T.; SATOH, S. Characteristics of the inhibitory action of 1,1-dimethyl-4-(phenylsulfonyl) semicarbazide (DPSS) on ethylene production in carnation (*Dianthus caryophyllus* L.) flowers. *Plant Growth Regulation*, v.30, p.201-207, 2000.

PORAT, R.; SHLOMO, E.; SEREK, M.; SISLER, E. C.; BOROCHOV, A. 1-Methylcyclopropene inhibits ethylene action in cut plox flowers. *Postharvest Biology and Technology*, v.6, p.313-319, 1995.

RASKIN, I. Salicylate, a new plant hormone. *Plant Physiology*, v.99, p.799-803, 1992.

REID, M. S.; PAUL, J. L.; FARHOOMAND, M. B.; KOFRANEK, A. M.; STABY, G. L. Pulse treatments with the silver thiosulfate complex extend the vase life of cut carnations. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, Alexandria, v.105, p.25-27, 1980.

RUBINSTEIN, B. Regulation of cell death in flower petals. *Plant Molecular Biology*, v.44, p.303-318, 2000.

SACALIS, J. N. *Cut flowers-Prolonging Freshness*. 2nd ed. Ball Publishing: Batavia, p.45-46. 1993.

SALINGER, J. P. *Producción Comercial de Flores*. Zaragoza, 1991. 371p.

SANDERS, I. D.; SMITH, A. R.; HALL, M. A. Ethylene metabolism and action. *Physiologia Plantarum*, v.66, p.723-726, 1986.

SECRETARIA DE ESTADO DE AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO DE MINAS GERAIS. 2012. Disponível em: <http://www.agricultura.mg.gov.br/noticias/959-flores-comestiveis-valorizam-culinaria-mineira-e-dao-lucro>. Acesso em 06 de Junho de 2012.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. *Fisiologia vegetal*. 4.ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 819p.

Van DOORN, W.; WOLTERING, E. J. Physiology and molecular biology of petal senescence. *Journal of Experimental Botany*, v.59, p.453–480. 2008.

WOLTERING, E. J.; TEN HAVE, A.; LARSEN, P. B.; WOODSON, W. R. Ethylene biosynthetic genes and inter-organ signaling during flower senescence. In: *Society for Experimental Biology Seminar Series 55: Molecular and cellular aspects of plants reproduction*. p.285-307, 1994.

YANG, S. F.; HOFFMAN, N. E. Ethylene biosynthesis and its regulation in higher plants. *Annual Review of Plant Physiology*, v.35, p.155-189, 1984.

CONCLUSÕES GERAIS

A produção de CO₂ mostrou uma queda contínua, do estágio 1 até o 4, sendo maior a partir do estágio 1 ao 2, o que correspondeu a uma redução de 53% na atividade respiratória.

A produção de etileno aumentou quando a flor mudou do estágio 1 para o 2 e mantido estacionário até ao estágio 3. Em seguida, a produção de etileno caiu para um total de 86%, mantendo nível baixo até a senescência completa das pétalas.

Apesar do aumento repentino na produção de etileno nas primeiras fases de abertura floral, não parece ter uma produção autocatalítica de etileno em operação nesta flor.

O açúcar solúvel total apresentou aumento do estágio 1 ao 2, se mantendo constante até ao estágio 4, quando ocorreu uma queda súbita.

O teor em açúcares redutores, apresentaram um comportamento estável até o estágio 4, quando apresentou queda.

O amido foi o menor carboidrato não estrutural encontrado nas flores, seu nível mais alto encontrado foi no estágio 1.

Do estágio 1 ao 3 ocorreu uma queda no teor de antocianina das pétalas, seguido por um aumento, o último estágio foi o que apresentou o maior teor de pigmento.

As flores de capuchinha mostraram-se sensíveis ao etileno, nas concentrações acima de 10 µL L⁻¹, para todos os estágios avaliados.

Independentemente da concentração de 1-MCP utilizada, este inibidor foi eficiente em prolongar a longevidade pós-colheita das flores.

A combinação do 1-MCP com etileno reduziu sensivelmente a capacidade de inibição dos efeitos do fito-hormônio.

Nenhum dos tratamentos 1-MCP ou etileno influenciou na concentração de antocianinas nas flores.

O condicionamento das flores na forma de “pulsing” com sacarose não foi eficiente em nenhuma das concentrações e períodos testados.

Os tratamentos com AVG, nos dois métodos de aplicação testados, AOA e AAS não foram capazes de prolongar a longevidade pós-colheita das flores de capuchinha.

O tratamento com STS prolongou a longevidade pós-colheita das flores em até 4 dias após a aplicação.

Tanto o STS como a prata aplicada na forma de AgNO_3 foram eficientes em minimizar as perdas de massa fresca, e com isso manter a turgescência das flores, entretanto, o STS, mostrou-se superior.

Nenhum dos períodos testados, entre a aplicação da solução antietilénica seguida da solução de cobre, evitou a ação do etileno nas flores.

Com isso, o cobre mostrou ser capaz de remover com eficiência a prata do sítio receptor do etileno.

Em flores de capuchinha os inibidores da ação do etileno como o 1-MCP e o STS, foram excepcionalmente superiores em prolongar a longevidade pós-colheita destas flores. Já os inibidores da síntese, como AVG, AAS e AOA não foram eficazes.