

DILMA DANIELA SILVA

**SENSIBILIDADE DE DUAS VARIEDADES DE  
GERÂNIO AO ETILENO E TRATAMENTO COM 1-MCP**

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

VIÇOSA  
MINAS GERAIS - BRASIL  
2004

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

T

Silva, Dilma Daniela, 1975-  
S827s      Sensibilidade de duas variedades de gerânio ao etileno e  
2004      tratamento com 1-MCP/ Dilma Daniela Silva. – Viçosa : UFV,  
2004.  
x, 50f. : il; 29cm.

Inclui apêndice.

Orientador: José Antonio Saraiva Grossi  
Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Viçosa

1. *Pelargonium x hortorum* Bailey – Fisiologia pós-colheita.  
2. Etileno. 3. 1-metilciclopropeno (1-MCP). I. Universidade  
Federal de Viçosa. II. Título.

CDD 20.ed. 635.93415

DILMA DANIELA SILVA

**SENSIBILIDADE DE DUAS VARIEDADES DE  
GERÂNIO AO ETILENO E TRATAMENTO COM 1-MCP**

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

APROVADA: 16 de agosto de 2004.

---

Prof. Fernando Luiz Finger  
(Conselheiro)

---

Prof. Paulo Roberto Cecon  
(Conselheiro)

---

Prof. Affonso Henrique Lima Zuin

---

Prof. Paulo José de Moraes

---

Prof. José Antonio Saraiva Grossi  
(Orientador)

À minha mãe, Guiomar,  
a todos os meus amigos,  
com amor e gratidão,  
dedico.

## **AGRADECIMENTO**

Ao Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa pela oportunidade oferecida para a realização deste trabalho e à Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal e Ensino Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudo.

Ao Professor José Antonio Saraiva Grossi pela orientação, amizade e compreensão durante todo o período de trabalho e aprendizagem.

Ao Professor Fernando Luiz Finger pelas sugestões, críticas e aconselhamentos e, principalmente, pelo incentivo e confiança em mim depositada.

Ao Professor Paulo Roberto Cecon pelo aconselhamento, atenção e auxílio na realização das análises estatísticas.

Aos Professores José Geraldo Barbosa, Paulo José de Moraes e Affonso Henrique Lima Zuin pelo aconselhamento e sugestões.

Aos amigos Moisés, Evilásio, Eliane, Elzimar, Roberta e Ana Olívia e ao meu irmão Marinho pelo auxílio na realização dos experimentos.

Aos funcionários do Laboratório de Pós-colheita e Melhoramento de Hortaliças e do Setor de Floricultura, especialmente ao Geraldo, Ribeiro, Sr. Quimquim e Antônio.

Às amigas Keila, Rosana, Raquel e Marília pela amizade e apoio durante o período do curso.

A Syngenta Seeds Ltda e a Rhom and Hass Química Ltda, por ter nos cedido as sementes e o Ethylbloc<sup>®</sup> utilizados nos experimentos.

E a todos que contribuíram direta e indiretamente para a execução deste trabalho.

## **BIOGRAFIA**

DILMA DANIELA SILVA, filha de Valdemar Antônio da Silva e Guiomar Dorneles de Paiva Silva, nasceu em São Gotardo, estado de Minas Gerais, no dia 29 de setembro de 1975.

Ingressou na Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, em 1995, graduando-se Engenheira Agrônoma em Março de 2001.

Em agosto de 2002, iniciou o curso de Pós-Graduação em Fitotecnia na Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, concluindo-o em agosto de 2004.

*"Algumas pessoas vêem as coisas como são e se perguntam*

*Por quê?*

*Sonhei coisas que jamais aconteceram e perguntei*

*Por que não?*

*George Bernard Shaw.*

## CONTEÚDO

RESUMO .....	VII
ABSTRACT.....	IX
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1. O GERÂNIO .....	3
2.2. ETILENO.....	4
2.3. ETILENO E ABSCISÃO .....	8
2.4. GERÂNIO E ETILENO .....	9
2.5. INIBIDORES DO ETILENO .....	10
2.6. 1-MCP .....	12
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	17
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	25
4.1. SENSIBILIDADE A ETILENO EXÓGENO .....	25
4.2. TRATAMENTO COM 1-MCP .....	29
4.2.1. Vida de prateleira.....	29
4.2.2. Número de dias para 50% de queda de pétalas.....	36
5. CONCLUSÕES.....	41
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	42
7. APÊNDICE.....	49

## RESUMO

SILVA, Dilma Daniela, M.S., Universidade Federal de Viçosa, agosto de 2004. **Sensibilidade de duas variedades de gerânio ao etileno e tratamento com 1-MCP.** Orientador: José Antonio Saraiva Grossi. Conselheiros: Fernando Luiz Finger, Paulo Roberto Cecon e José Geraldo Barbosa.

Este trabalho teve como objetivos: - estudar a sensibilidade ao etileno de duas variedades de gerânio em vaso durante sua fase pós-produção; - investigar a eficiência do 1-metilciclopropeno (1-MCP) na prevenção dos danos causados pelo etileno e determinar seus melhores níveis para a aplicação em vasos de gerânio visando o aumento da vida de prateleira e diminuição da queda de pétalas. O experimento sensibilidade ao etileno exógeno foi instalado em parcelas subdivididas, tendo nas parcelas 5 avaliações, uma antes (0 h) e 4 após o início da exposição ao etileno (3, 24, 48 e 72 h) e nas subparcelas um esquema fatorial 3x2, com 3 concentrações de etileno (0, 10 e 100  $\mu\text{L/L}$ ) e 2 variedades, no DIC com 3 repetições e 1 vaso de gerânio por repetição. As plantas, das variedades Pulsar Red (VR) e Pulsar Salmon (VS), foram expostas ao etileno em câmaras herméticas, por 3 h. A queda de pétalas (QP) foi avaliada logo após o tratamento e a cada 24 h até todas as plantas atingirem 100% de QP. No experimento com 1-MCP utilizou-se um esquema de parcelas subdivididas, com 4 tempos de exposição ao 1-MCP nas parcelas (3, 6, 9 e 12 h) e, nas subparcelas, um esquema fatorial 5x2, com 5 concentrações de Ethylbloc<sup>®</sup> (0; 0,1; 0,5; 1,0 e 1,5  $\text{g/m}^3$ ) e 2 variedades, com 3 repetições e 1 vaso de gerânio por repetição. Após o tratamento com 1-MCP as plantas foram expostas a 1  $\mu\text{L/L}$  de etileno, durante 3 h. Avaliou-se o número de dias para queda de 50% das pétalas (D50) e a vida de prateleira da planta. No primeiro experimento, 3 horas após o início da exposição a 10  $\mu\text{L/L}$  de etileno, observou-se diferença ( $P < 0,05$ ) entre as duas variedades (VR = 97,3% e VS = 76,0%). Após 24 h, plantas da VR e VS sem exposição ao etileno, apresentaram diferença ( $P < 0,05$ ) (VR = 76% e VS = 42,7%). A % QP foi afetada significativamente pelo aumento da concentração de etileno, sendo mais precoce em plantas tratadas com o gás. Já no segundo experimento a

vida de prateleira teve média maior ( $P < 0,05$ ) na VR (30,3 dias) que VS (12,7 dias) em 12 h e  $1 \text{ g/m}^3$  de Ethylbloc<sup>®</sup>. O número de dias para 50% de queda de pétalas atingiu as maiores médias na VR, sendo diferente da VS, com 3 h e  $1 \text{ } \mu\text{L/L}$  (7,7 e 4,3 dias, respectivamente). Analisando-se os dados nas equações de regressão, foram obtidos os valores máximos de vida de prateleira para VR (23,98 dias) com 3 h e  $0,84 \text{ g/m}^3$  de Ethylbloc<sup>®</sup>. A equação de regressão de D50 para VR tem valores máximos com 3,56 h e  $1,5 \text{ g/m}^3$  de Ethylbloc<sup>®</sup> (6,9 dias). D50 da VS não foi influenciado pelos níveis de concentração de 1-MCP e pelo tempo de exposição, apresentando média de 4,6 dias. Com o experimento exposição a etileno exógeno, concluiu-se que as duas variedades respondem à presença de  $10 \text{ } \mu\text{L/L}$  de etileno exógeno, por 3 h, mas a VR é mais sensível que a VS. Com o experimento exposição ao 1-MCP, concluiu-se que a melhor combinação entre concentração e tempo de exposição para inibir a queda precoce de pétalas e aumentar a vida de prateleira da VR é  $1,0 \text{ g/m}^3$  e 3 h, e que para a VS, o 1-MCP não foi eficiente.

## ABSTRACT

SILVA, Dilma Daniela, M.S., Universidade Federal de Viçosa, August 2004.  
**Ethylene sensitivity of two varieties of geranium and 1-MCP treatment.** Adviser: José Antonio Saraiva Grossi. Committee members: Fernando Luiz Finger, Paulo Roberto Cecon and José Geraldo Barbosa.

The objectives of this dissertation were to study the ethylene sensitivity of two varieties of potted geranium during post-production, to evaluate the efficacy of 1-MCP in preventing ethylene-damages, and the optimum exposure time and concentration of 1-MCP to increase shelf life and overcome petal abscission. The first experiment was installed in split-plot pattern with 5 evaluations after the beginning of ethylene treatment (0, 3, 24, 48 and 72 h) in the main plot and the sub plot with a factorial pattern 3x2 in completely randomized factorial - 3 ethylene concentrations (0, 10 and 100  $\mu\text{L/L}$ ) and 2 varieties (Pulsar Red, VR, and Pulsar Salmon, VS), with 3 replicates each. The plants were exposed to ethylene in closed chambers, for 3 h. Petal abscission (PA) was evaluated just after the treatment with 24 h intervals until reached 100% PA. The second experiment had the experimental design in split-plots, with 4 exposure times (3, 6, 9 e 12 h) in the main plot and a factorial pattern 5x2 in completely randomized factorial in the sub plot - 5 Ethylbloc<sup>®</sup> concentrations (0, 0.1; 0.5; 1.0 e 1.5  $\text{g/m}^3$ ) and 2 varieties (VR e VS), with 3 replicates each. After the 1-MCP treatment, the plants were exposed to 1  $\mu\text{L/L}$  of ethylene, for 3 h. The number of days to 50% petal abscission (D50) and the shelf life (C30) were evaluated. Three hours after beginning the first experiment, 10  $\mu\text{L/L}$  of ethylene caused different ( $P < 0.05$ ) % PA between the two varieties (VR = 97.3% and VS = 76.0%). After 24 h, plants of VR and VS without exposition to ethylene presented difference (VR = 76% and VS = 42.7%) in petal abscission. The % PA was affected significantly by the increase of the ethylene concentration, being higher in plants exposed to ethylene. In the second experiment, shelf

life was higher ( $P < 0.05$ ) to VR (30.3 days) than VS (12.7 days) with 12 h and  $1 \text{ g/m}^3$  of Ethylbloc®. D50 reached higher value for VR, being different from VS, with 7.7 e 4.3 days, respectively. Based on data regression analysis, maximum values for C30 in VR (23.98 days) were found with 3 h and  $0.84 \text{ g/m}^3$  of Ethylbloc. The D50 regression for VR has maximum values with 3.56 h and  $1.5 \text{ g/m}^3$  of Ethylbloc (6.91 days). D50 of VS was not influenced by the treatment with 1-MCP, and presented average of 4.55 days. It can be concluded that VR is more sensitive to ethylene than VS, but the two varieties respond to the presence of  $10 \text{ } \mu\text{L/L}$  of ethylene, for 3 h; the best combination between concentration and treatment length to inhibit petal abscission and to increase the shelf life of VR was  $1.0 \text{ g/m}^3$  for 3 h and the treatment with 1-MCP in VS was not efficient.

# 1. INTRODUÇÃO

O cultivo de flores tem alcançado cada vez mais importância na economia brasileira, gerando grande número de empregos diretos e indiretos. A floricultura proporciona alta rentabilidade por área, possibilitando seu desenvolvimento em pequenas áreas, com rápido retorno do capital empregado. A produção de flores apresenta grande potencial para o agronegócio brasileiro (Claro *et al.*, 2001). No entanto a floricultura brasileira ainda é modesta no comércio internacional, contribuindo com apenas 0,3% do mercado mundial (Junqueira e Peetz, 2002).

O gerânio é uma planta perene de fácil cultivo que está entre as plantas ornamentais mais cultivadas. Têm folhas atrativas, floresce intensamente com cores vibrantes durante todo o ano e se adapta muito bem ao cultivo em jardins ou em vasos. Apesar de ser tradicional em outros países, a produção de gerânio em vaso no Brasil somente teve início recentemente. Entretanto, apresenta excelente potencial de crescimento no país, pois o mercado consumidor, neste ramo, sempre busca novidades. O gerânio em vaso, no ano de 2001/2002, ficou entre as 12 espécies mais cultivadas, com uma área de produção de 11 ha, segundo relatório do Instituto Brasileiro de Floricultura (IBRAFLOR, 2002).

O maior problema de pós-produção desta espécie é a queda precoce de pétalas, causada pela sensibilidade e exposição ao etileno, durante o transporte e o manuseio (Armitage *et al.*, 1980; Jones *et al.*, 2001; e Cameron e Reid, 2001). A abscisão de pétalas diminui o impacto visual da planta e pode aumentar a incidência de *Botrytes* e outros saprófitos (Cameron e Reid, 2001; Reid, 1985; Serek e Reid, 1993; Evensen *et al.*, 1993; Heyes e Johnston, 1998). Uma vez que altas temperaturas potencializam os efeitos causados pelo etileno sobre as plantas, esse problema pode assumir proporções ainda maiores em países tropicais, como o Brasil.

Existe grande interesse em formas de proteção das plantas contra os efeitos deletérios causados pelo etileno. Uma possibilidade com várias dificuldades técnicas para ser realizada, seria a remoção do etileno do ambiente. Outra possibilidade para a redução dos danos fisiológicos causados pelo etileno é o uso de compostos inibidores de sua síntese ou ação. As flores ou as plantas podem ser tratadas com esses compostos por um curto período antes da estocagem ou transporte e assim ficarem protegidas.

Um dos compostos usados em tratamentos contra a ação do etileno é o 1-metilciclopropeno (1-MCP), um novo composto que tem apresentado bons resultados como inibidor da ação do etileno. Seu uso e eficiência já foram testados e confirmados para várias espécies de plantas ornamentais.

Este trabalho teve como objetivos:

- Avaliar a sensibilidade ao etileno de duas variedades comerciais de gerânio em vaso na fase pós-produção;
- Investigar a eficiência do 1-MCP na prevenção dos danos causados pelo etileno em gerânio;
- Determinar os níveis mais eficientes de 1-MCP para a aplicação em plantas de gerânio em vaso visando o aumento da vida de prateleira e a redução da queda precoce de pétalas.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1. O Gerânio

O gerânio pode ser cultivado em vaso ou em jardim e o seu cultivo destaca-se em razão da espécie florir continua e intensamente, além de apresentar grande diversidade de cores das flores. Nos Estados Unidos, o gerânio é a planta mais vendida para uso em jardinagem, sendo responsável por um total de vendas de mais de 150 milhões de dólares no ano de 2002 (USDA, 2003). No Brasil, o gerânio em vaso, no ano de 2001/2002, ficou entre as 12 espécies mais cultivadas, com uma área de produção de 11 ha, segundo relatório do Instituto Brasileiro de Floricultura (IBRAFLO, 2002).

Taxonomicamente, o gerânio pertence à família Geranaceae e ao gênero *Pelargonium* (Laughner, 1993). Existem aproximadamente 280 espécies neste gênero, muitas delas utilizadas como ornamentais. A espécie mais conhecida é *Pelargonium x hortorum* Bailey, comumente conhecida como gerânio zonale ou gerânio ferradura. Além desta, destaca-se *P. x domesticum*, *P. peltatum*, conhecidos como gerânio real e gerânio pendente, respectivamente (Fontelo, 1992).

A origem exata do gerânio zonale é desconhecida. Aparentemente ele é um híbrido que resultou do cruzamento de várias espécies do sul da África (Fontelo, 1992; Kessler; 2004; Laughner, 1993), sendo *P. zonale*, *P. inquinans* e *P. frutetorum* os principais progenitores (Fontelo, 1992). O gerânio zonale apresenta como principal característica uma banda mais escura nas folhas; suas inflorescências podem ser cor-de-rosa, salmão, brancas ou em variações do vermelho, que é a cor tradicional.

O gerânio é propagado tradicionalmente por estaquia. Entretanto, a introdução no mercado de variedades propagadas via semente tornou a utilização dessa forma de propagação comercialmente viável. Gerânios propagados por semente apresentam algumas vantagens, como: hábito de crescimento compacto, programação de produção mais fácil e plantas vigorosas com ramificação livre. Além disso, a propagação via semente não

requer a manutenção de matrizes, ocorre menor ataque de doenças no início do cultivo e as plantas se adaptam melhor à jardinagem do que plantas propagadas vegetativamente, pois são mais resistentes a estresses (Fontelo, 1992). Cameron e Reid (2001) descreveram a abertura de flores de gerânio pendente em cinco estádios baseando em observações visuais.

## 2.2. Etileno

O efeito do etileno sobre as plantas foi descoberto no início do século passado, mas ele somente foi classificado como hormônio vegetal anos mais tarde. O etileno tem estrutura química simples ( $C_2H_4$ ), é mais leve do que o ar sob condições fisiológicas, é facilmente inflamável e prontamente oxidável (Nowak e Rudnicki, 1990).

O etileno na atmosfera deriva de fontes naturais (produção por plantas, microrganismos e gases de vulcões) ou como um subproduto de instalações industriais e motores de combustão interna. Sua concentração é maior no outono e inverno devido à sua menor taxa de degradação fotoquímica nestes períodos. Em um ambiente normal, sem contaminação, a concentração de etileno é de 0,003 a 0,005  $\mu L/L$ , variando com a estação do ano (Nowak e Rudnicki, 1990).

Na planta, o etileno é formado a partir da metionina, um aminoácido que contém enxofre. A conversão da metionina em S-adenosil-metionina (SAM) é seguida pela passagem deste a ácido 1-amino-ciclopropano-1-carboxil (ACC), que é o precursor direto do etileno. O etileno pode ser biossintetizado por diversas partes da planta, sendo liberado facilmente do tecido vegetal, provavelmente por difusão, através do espaço intercelular ou transportado para outros tecidos (Crozier, et al. 2000).

A produção de etileno por plantas pode ser regulada por diversos fatores ambientais ou fases do desenvolvimento da planta. Ela é induzida durante a germinação de sementes, amadurecimento e senescência de frutos e abscisão de folhas e flores. Além disso, também é induzida por vários estresses, como injúrias, baixas temperaturas e estresse hídrico (Yang, 1985; Nowak e Rudnicki, 1990). A taxa de biossíntese de etileno é

influenciada por outros reguladores de crescimento e pelo próprio etileno. A presença da auxina promove a síntese de etileno, pois aumenta a taxa de produção da enzima ACC sintase (Crozier, et al. 2000).

O etileno regula muitos aspectos do crescimento, desenvolvimento e senescência, afetando diretamente a longevidade das flores. Muitas respostas fisiológicas são desencadeadas pelo etileno, pois este regula a expressão de vários genes, através do aumento dos níveis de transcrição de mRNAs e proteínas (Sisler e Serek, 1997). Como ocorre com outros hormônios, acredita-se que o etileno se ligue a um receptor protéico de forma reversível na membrana celular, formando um complexo ativado que irá intermediar uma reação em cadeia, incluindo modificação da expressão de genes, que leva a diversas respostas fisiológicas (Yang, 1985).

Em flores climatéricas a produção do etileno geralmente ocorre em 3 fases: produção muito baixa e estável, em botões e flores jovens; grande produção na maturação floral, alcançando um pico máximo, e, em uma terceira fase onde ocorre diminuição da produção atingindo níveis estáveis baixos. A velocidade com que a flor vai atingir o pico de produção de etileno depende da velocidade de desenvolvimento da flor ou de sua sensibilidade ao ambiente e ao próprio hormônio, pois a exposição a etileno exógeno provoca a produção autocatalítica (Nowak e Rudnicki, 1990).

Dependendo do tecido vegetal, o etileno pode tanto promover (autocatálise) quanto inibir sua produção (autoinibição). A produção autocatalítica de etileno é provocada pelo aumento da permeabilidade da membrana do vacúolo, permitindo a passagem de precursores de etileno do vacúolo para o citoplasma, que é onde estão presentes as enzimas para a síntese de etileno. Normalmente, o estímulo à autocatálise se apresenta de forma gradual (Nowak e Rudnicki, 1990). Durante a autocatálise, o etileno inicialmente aumenta sua biossíntese através do aumento da conversão de ACC a etileno. Subseqüentemente ocorre grande aumento na síntese de ACC. Entretanto, o tratamento de casca de pomelo com etileno resultou em autoinibição como conseqüência da inibição da síntese de ACC. A enzima ACC sintase parece ser o principal ponto de controle da biossíntese do etileno durante a autocatálise e autoinibição (Crozier, et al. 2000).

O etileno afeta negativamente as flores de grande número de espécies de plantas ornamentais produzindo sintomas como a aceleração da senescência em cravo, gérbera, gloriosa, lírio, narcisos, orquídea e tulipa; a queda de pétalas, flores ou botões em alstroeméria, begônia, ciclâmen, gloxínia, lírio; o amarelecimento e queda de folhas em azaléia, cóleus, ficus, hibisco; entre outros sintomas (Nowak e Rudnicki, 1990). No entanto a exposição de algumas espécies ao gás não provoca os mesmos sintomas de envelhecimento ou abscisão precoce de órgãos. O nível de sensibilidade ao etileno varia muito entre as espécies e, até mesmo, entre variedades da mesma espécie. Muller *et al.* (1998) observaram grande diferença de sensibilidade ao etileno exógeno entre cultivares de mini rosas, apesar de todas terem sido sensíveis. A sensibilidade ao etileno aumenta com a idade da planta ou órgão, e, é afetada por muitos fatores, inclusive o balanço hormonal interno.

Mayak e Kofranek (1976) observaram que a senescência de flores de cravo abertas, expostas ao etileno, é irreversível e sua vida pós-colheita é reduzida, mesmo quando o gás é retirado. Entretanto, botões florais expostos ao etileno, embora desenvolvam os sintomas de senescência, se recuperam rapidamente e reassumem o curso normal de desenvolvimento, se o etileno for retirado.

A sensibilidade da planta ao etileno depende da presença, nos tecidos, de receptores específicos para o etileno. Algumas flores altamente sensíveis ao etileno respondem a concentrações tão baixas quanto 1 a 3  $\mu\text{L/L}$ , por 24 h de exposição, enquanto flores menos sensíveis são resistentes a concentrações 10 a 100 vezes maiores (Nowak e Rudnicki, 1990).

Ocasionalmente observam-se defeitos causados pelo etileno durante o período de produção de plantas de vaso, como queda de botões, flores e folhas, estiolamento, amarelecimento das folhas, descoloração das flores, aumento de doenças e queima pelo frio (*chilling*). Estes são causados principalmente pelas condições inadequadas de transporte, que geralmente ocorre em altas temperaturas e no escuro. É sabido que, comumente, plantas de vaso são transportadas em caminhões ou navios devido a seu

peso ser relativamente alto. Tal fato resulta em altos custos, assim como longos períodos de transporte são desvantajosos, pois diminuem a qualidade das plantas (Nowak e Rudnicki, 1990). O armazenamento de plantas de vaso é menos complexo do que de flores de corte. A maioria das plantas de vaso é capaz de continuar o crescimento em condições normais e não precisam de estocagem. Todavia, em algumas situações a estocagem se faz necessária. As condições ideais para tal estocagem são as mesmas ideais para o transporte a longas distâncias. Em geral, plantas de vaso são menos sensíveis ao etileno do que flores cortadas, mas mesmo assim o etileno afeta negativamente sua qualidade, principalmente de flores de vaso. Além de produzirem mais etileno, as flores são mais sensíveis do que as folhagens (plantas sem flor). Nestas o etileno causa principalmente queda de folhas (Nowak e Rudnicki, 1990). Experimentos conduzidos por Woltering (1986), com 26 espécies de flores de vaso e 26 espécies de folhagens, mostraram que a abscisão de flores, pétalas ou botões começou 24 h após o início da exposição ao etileno, enquanto a abscisão de folhas das folhagens somente foi observada 76 h após o início da exposição.

Segundo Yang (1985), a regulação das respostas ao etileno pode ser feita em 4 níveis: (a) controle do nível de etileno no tecido adicionando ou removendo etileno; (b) regulação do nível de etileno no tecido estimulando ou inibindo a biossíntese de etileno; (c) modificação das características de ligação ao receptor ou modificação da quantidade do receptor e (d) manipulação da expressão genética dependente de etileno.

Os efeitos causados pelo etileno dependem principalmente de sua concentração no ambiente, da duração da exposição, das condições ambientais de temperatura, luminosidade e umidade, do substrato e da sensibilidade da planta. Dessa forma, as injúrias são mais severas se as condições de cultivo apresentarem temperatura alta, baixa luminosidade e falta ou excesso de água. Sob baixas temperaturas, a produção de etileno pelas flores diminui e o gás é menos ativo (Nowak e Rudnicki, 1990). Grossi *et al.* (2000) observou diminuição da longevidade de flores de rosa expostas ao etileno e que a sensibilidade não é afetada pelas condições pré-colheita.

### 2.3. Etileno e abscisão

Abscisão é o processo pelo qual a planta perde órgãos, para se defender de estresse hídrico, temperaturas extremas, por causa da senescência de órgãos ou para liberar frutos e sementes permitindo sua dispersão e a continuação da espécie. Entre estes órgãos estão folhas, frutos, flores, botões florais e partes florais. Embora outros hormônios afetem a abscisão, o etileno é o principal agente. A presença de pequenas quantidades de etileno no ambiente é capaz de acelerar a abscisão em diversas espécies e órgãos, incluindo folhas, pétalas, flores e frutos. O etileno tipicamente acelera a abscisão, apesar de não ser o único fator que a afeta em muitos casos e pode nem ser importante em alguns casos (Brown, 1997).

Na maioria das plantas a abscisão ocorre em uma região específica do órgão, chamada zona de abscisão. Esta camada de células pode ser aparente durante todo o período de vida do órgão ou pode tornar-se aparente somente algum tempo antes do processo se iniciar. Normalmente, ela é composta por células de paredes finas e alongadas, claramente diferentes das outras células. A expansão das células da camada de abscisão força a separação, especialmente na queda de pétalas (Reid, 1985). A zona de abscisão pode ser diferente, dependendo do órgão, ou pode se formar de forma adventícia em resposta a sinais ambientais. Em levantamentos feitos com espécies de flores comerciais foi verificado que a tendência à murcha ou à abscisão cai dentro de algumas famílias de plantas (Brown, 1997).

O evento fundamental na abscisão é a secreção, estimulada por etileno, de enzimas que hidrolisam a celulose e a pectina das células na zona de abscisão (Reid, 1985). O início do processo, seja ele natural ou estimulado por aplicação de etileno exógeno, é marcado por altas taxas respiratórias (Marynick, 1977) que refletem o estímulo na taxa de síntese de RNA e proteínas. Após algumas horas a parede celular começa a se dilatar e a separação das células começa (Reid, 1985).

O ácido abscísico estimula a abscisão, através do aumento da produção de etileno pela planta ou através de sua interferência na produção, transporte ou ação da auxina, uma vez que auxina, citocinina, luz, e boa nutrição contribuem para a prevenção da abscisão. Entretanto, a mudança na sensibilidade aos hormônios pode ser tão importante quanto à mudança de suas concentrações internas na regulação da abscisão. Uma vez sensível, as células da zona de abscisão respondem rapidamente a baixas concentrações de etileno, exógeno ou endógeno, produzindo e secretando enzimas hidrolíticas (Reid, 1985).

As implicações comerciais da abscisão indesejada de folhas, flores ou pétalas provocada por etileno em algumas culturas despertaram considerável interesse no desenvolvimento de meios para evitar esse problema (Reid, 1985). A possibilidade de ocorrência da queda precoce pode ser diminuída possibilitando que a zona de abscisão permaneça insensível ao etileno através do fornecimento de boa nutrição e iluminação, evitando desidratação ou, em algumas espécies, através de aplicações de auxina sintética. A auxina influencia a sensibilidade do tecido ao etileno, evitando que as células se tornem sensíveis ao etileno (Goszczyńska e Zieslin, 1993). A auxina é importante na prevenção da abscisão de flores em algumas plantas ornamentais (Reid, 1985). No entanto Miranda (1991) testou duas auxinas, ácido 2 (3-chlorophenoxy) propiônico (3-CPPA) e ácido naftaleno acético (ANA), em *P. x hortorum* e concluiu que os tratamentos não afetaram o processo de abscisão. Armitage *et al.* (1980), também trabalhando com Gerânio zonale, concluiu que ANA não retardou a queda de pétalas.

## **2.4. Gerânio e etileno**

O maior problema de pós-produção desta espécie é a queda precoce de pétalas causada por etileno durante o transporte e o manuseio (Armitage *et al.*, 1980; Jones *et al.*, 2001 e Cameron e Reid, 2001). A abscisão de pétalas pode ocorrer a qualquer momento após a abertura da flor, diminuindo o impacto visual da planta, podendo aumentar a incidência de

*Botrytes* e outros saprófitos (Cameron e Reid, 2001; Reid, 1985; Serek e Reid, 1993; Evensen *et al.*, 1993; Heyes e Johnston, 1998).

A mudança na sensibilidade ao etileno durante o desenvolvimento é tão importante quanto à mudança na concentração de etileno endógeno na regulação da queda de pétalas. Pétalas de flores recém abertas de *P. x domesticum* não caíram, mesmo quando expostas a concentrações muito altas de etileno (100  $\mu\text{L/L}$ ), enquanto pétalas de flores polinizadas, com 2 a 3 dias, perdiam pétalas após a exposição a 0,5  $\mu\text{L/L}$  de etileno (Evensen, 1991).

Armitage *et al.* (1980) testou os efeitos da temperatura e da exposição ao etileno sobre a queda de pétalas em gerânio propagado via semente e concluiu que o processo é retardado por baixas temperaturas e manutenção das plantas em ar livre de etileno. No mesmo trabalho, observou-se que a respiração e a produção de etileno endógeno não seguem um padrão climatérico. Enquanto o etileno exógeno acelera a queda de pétalas, a produção de etileno endógeno não está correlacionada com a abscisão natural.

Outro estudo que mostra a sensibilidade do gerânio ao etileno foi realizado por Evensen *et al.* (1993), que concluiu que algumas variedades apresentaram queda de todas as pétalas após 1 h de exposição a 1,0  $\mu\text{L/L}$  de etileno. A exposição a concentrações muito baixas de etileno já é capaz de desencadear a queda de pétalas e amarelecimento das folhas de gerânio (Fontelo, 1992).

Estudo realizado por Willumsen e Fjeld (1995), testando o efeito do etileno exógeno na qualidade pós-colheita de dez espécies de flores de vaso mostrou que o gerânio está entre as mais sensíveis, reagindo negativamente à exposição a 0,01  $\mu\text{L/L}$  de etileno, durante 96 h.

## **2.5. Inibidores do etileno**

A maioria dos problemas causados pelo etileno no período pós-colheita ou pós-produção pode ser evitada com a eliminação das fontes geradoras de etileno e por ventilação adequada do ambiente com ar não

poluído, ou forçando a passagem do ar por depuradores contendo solução de permanganato de potássio ( $\text{KMnO}_4$ ), que age oxidando o etileno. Luz UV ou radiação com raios-X também podem ser utilizadas para eliminar o etileno do ar, mas esses métodos não são muito comuns (Nowak e Rudnicki, 1990).

No entanto a redução dos danos fisiológicos causados pelo etileno também é possível com o uso de compostos que bloqueiam sua síntese ou ação. As flores ou as plantas podem ser tratadas com esses compostos por um curto período antes da estocagem ou transporte.

Aminoetoxivinilglicina (AVG) e ácido aminooxiacético (AOA) são dois potentes inibidores da síntese de etileno que têm sido estudados. Esses compostos inibem a enzima ACC sintase, que é responsável pela conversão de SAM a ACC. Íons cobalto ( $\text{Co}^{+2}$ ) inibem a ação da ACC oxidase, que é a enzima que forma o etileno. Porém, a planta continua sensível à ação do etileno externo, ou seja, continua a sofrer a ação do etileno existente no meio ambiente.

As substâncias utilizadas como inibidores da ação do etileno atuam ligando-se ao sítio receptor na membrana celular. Dentre as várias substâncias com esse tipo de ação sobre as plantas, destacam-se o tiosulfato de prata (STS) e o 1-metilciclopropeno (1-MCP).

O uso do STS, assim como outras formas complexadas de prata, na prevenção de efeitos deletérios associados ao etileno no período pós-colheita de plantas ornamentais de corte e vaso já foi demonstrado para várias espécies e apresenta efeitos espetaculares para a maioria delas (Serek e Reid, 1994b). Cameron e Reid (1982) demonstraram que a aplicação de STS em gerânio preveniu a queda de pétalas durante o transporte, mas predispôs ao ataque de certos patógenos. Segundo Nowak e Rudnicki (1990), o tratamento com STS pode causar severas injúrias em algumas plantas infestadas com *Pythium*, particularmente gerânio propagado via semente, deste modo, apenas plantas saudáveis podem ser tratadas sem riscos.

De acordo com Newman *et al.* (1998), o uso de produtos a base de STS por produtores nos EUA não é bem difundido devido a duas razões principais: 1) possibilidade de que STS seja proibido para o uso na floricultura como ocorre na Holanda, onde o produto é restrito às plantas de vaso e cravos de corte; e 2) o tratamento ocorre em duas etapas, o que dificulta sua prática em larga escala, porque o tempo do tratamento com esta substância deve ser bem administrado para garantir a eficácia do produto e evitar fitotoxidez.

Devido ao STS conter prata, que é um metal pesado poluidor do meio ambiente, seu uso em plantas de vaso foi restringido em alguns países (Serek e Reid, 1993). Portanto, vem crescendo o número de pesquisas buscando alternativas ao uso de STS em plantas sensíveis ao etileno. Uma das alternativas mais promissoras é o uso do gás 1-MCP, que parece dar proteção contra os efeitos do etileno equivalente à obtida com STS (Serek *et al.*, 1994b).

## **2.6. 1-MCP**

Recentemente uma nova ferramenta foi incluída na lista de opções para estender a vida pós-colheita e a qualidade de produtos hortícolas, o 1-MCP. Seu potencial de uso como inibidor do etileno foi descoberto há menos de uma década e seu efeito sobre a maioria das plantas ainda deve ser testado. O resultado é benéfico na maioria das espécies em que o tratamento com 1-MCP foi testado. O produto apresenta grande potencial de uso comercial, pois inibe a ação do etileno em tratamentos com concentrações muito baixas.

O 1-MCP é um composto orgânico relativamente simples, com peso molecular 54, fórmula  $C_4H_6$ , gasoso sob condições normais de temperatura e pressão, inodoro e não tóxico a baixas concentrações (Blankenship e Dole, 2003; Sisler e Serek, 1997). Embora o 1-MCP seja um gás, tem sido formulado em pó, com o nome comercial Ethylbloc<sup>®</sup>, que libera o 1-MCP quando misturado com uma base diluidora (Fan *et al.*, 1999). Sob condições normais de temperatura e pressão, o 1-MCP é liberado, em 20 a 30 minutos, mas a liberação total do gás pode demorar um pouco mais em baixas

temperaturas. Segundo Blankenship e Dole (2003), a concentração de 1-MCP em um frasco fechado com material vegetal dentro, diminui com o tempo. Somente um terço do total permaneceu no frasco após 24 h, a 5° C.

No Brasil, o produto teve seu uso liberado pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) no ano de 2002 para aplicação única em flores de corte (cravo, crisântemo, gérbera, gipsofila e lírio) e em flores de vaso (azaléia, crisântemo, lírio e violeta) em ambiente hermeticamente fechado. Somente no ano de 2003 foi liberada a aplicação nos frutos das culturas de abacate, banana, goiaba, maçã, mamão, manga, melão e tomate.

Sisler e Serek (1997) propuseram um modelo sobre como o 1-MCP reage com o receptor, segundo o qual o 1-MCP se liga a um metal no sítio receptor do etileno, competindo por ele e prevenindo a ligação do etileno. Como evidências para tal hipótese, estes autores citam outros trabalhos realizados com etileno radioativo e experimentos com testes de ação competitiva dos dois reguladores de crescimento. Após o tratamento a maioria do etileno se desliga rapidamente do receptor, enquanto o 1-MCP continua ligado por longos períodos (muitos dias) e nesse período o etileno não pode se ligar ao sítio (Sisler e Serek, 1997).

O 1-MCP possui afinidade 10 vezes maior que o etileno ao sítio receptor, permanecendo ligado ao receptor por longos períodos (Serek *et al.*, 1994a). O etileno age retirando elétrons de um metal presente no centro do sítio receptor causando um processo de substituição de ligantes que induz a resposta (Sisler e Serek, 1997). Ainda, segundo o modelo de ação proposto por Sisler e Serek (1997), o 1-MCP também deveria ser capaz de induzir uma resposta similar à induzida pelo etileno, uma vez que teoricamente ele também retiraria elétrons do metal. No entanto, o 1-MCP se liga tão fortemente que permanece ligado ao receptor e a formação do complexo ativo não é completada, causando um bloqueio efetivo. Ambos, o etileno e o 1-MCP, retiram elétrons, então eles provavelmente agem similarmente. O etileno libera o receptor e essa liberação é necessária para a formação do complexo ativo. Logo, o etileno não seria uma parte do complexo ativado, mas atuaria no início de sua formação.

Tempo de exposição, temperatura ótima e concentração efetiva de 1-MCP variam muito entre as espécies. A concentração mínima necessária é 10 nL/L para *Kalanchoe* (Serek *et al.*, 1994b), para retardar o amaciamento de mangas é necessário a aplicação de 100 µL/L (Jiang e Joyce, 2000). Na maioria dos estudos a duração do tratamento varia entre 12 e 24 h. Sisler *et al.* (1996) observaram que a concentração de 1-MCP necessária para proteger flores de cravo foi inversamente relacionada com o tempo de tratamento. Já em brócolis, Ku e Will (1999) observaram maiores vida de prateleira com concentrações e tempos de exposição mais altos. Diferenças entre cultivares também foram observadas em maçãs (DeEll *et al.*, 2002).

O estágio de desenvolvimento do órgão é outro fator a ser considerado para a aplicação do 1-MCP. Os efeitos variam com a maturidade da planta ou órgão. Flores de cravos podem ser completamente protegidas do etileno (Sisler *et al.*, 1996), mas flores em cachos ou buquê, por exemplo, *Gypsophila* (Newman *et al.*, 1998), podem ser protegidas somente parcialmente, devido à diferença na idade dos tecidos. Newman *et al.* (1998), trabalhando com *Gypsophila paniculata*, obteve uma performance menos eficiente com o tratamento com 1-MCP do que com STS. O autor sugere que o 1-MCP protegeu somente as flores que já estavam abertas no momento da exposição ao gás e não os botões que vieram a abrir depois.

Assume-se que o 1-MCP se liga permanentemente aos receptores presentes no momento do tratamento e qualquer retorno da sensibilidade ao etileno deve-se à criação de novos sítios. Esta tese pode ser verdadeira, mas existem poucos dados para seu suporte. Os tecidos vegetais variam muito em sua habilidade de regenerar novos sítios (Blankenship e Dole, 2003).

Algumas culturas somente são beneficiadas com o tratamento com 1-MCP quando são expostas a etileno exógeno. Outras têm sua vida pós-colheita prolongada independentemente da presença de etileno no ambiente. O 1-MCP retardou a senescência, pois diminuiu o amarelecimento e o escurecimento das margens das folhas, em seis espécies folhosas utilizadas na Ásia. Todavia, sem a presença de etileno exógeno, o tratamento somente aumentou a vida de prateleira de duas espécies (Able *et*

*al.*, 2003). Skong *et al.* (2001) observaram a efetividade do tratamento com 1-MCP para várias espécies ornamentais seguido ou não de exposição das plantas a etileno exógeno. O 1-MCP não apresentou efeito sobre a senescência normal de muitas flores de corte e vaso quando não foi feita a posterior exposição ao etileno (Celikel e Reid, 2002; Elgar *et al.*, 1999; Porat *et al.*, 1995; Serek e Reid, 2000; Serek e Sisler, 2001 e Serek *et al.*, 1994a e Serek *et al.*, 1995a), mas para algumas espécies de flores de corte o 1-MCP foi benéfico mesmo sem a exposição ao etileno exógeno, pois protegeu a planta do etileno endógeno (Blankenship e Dole, 2003).

O 1-MCP previne danos causados pela exposição ao etileno exógeno em diversas flores de corte e de vaso, incluindo abscisão de flores e botões de lírio (Celikel e Reid, 2002), senescência de flores abertas de Gipsófila (Newman *et al.*, 1998), diminuição da longevidade e massa fresca de flores de petúnia (Serek *et al.*, 1995c), abscisão de flores de petúnia e begônia, senescência de kalanchoe e abscisão de botões e folhas de rosas (Serek *et al.*, 1994a e Serek *et al.*, 1995a).

Serek *et al.* (1995b) investigaram os efeitos de 1-MCP a nível celular sobre a senescência de flores de petúnia, seguido à exposição ao etileno. O tratamento das flores com 1-MCP levou a mudança relativamente baixa nos parâmetros celulares, abolindo também os efeitos causados pelo etileno, como a diminuição da massa fresca e da concentração de proteína total das pétalas. Nos resultados obtidos por esses autores, os sinais de murcha foram notados visualmente somente três dias após o tratamento com etileno, no entanto, os parâmetros celulares já se mostravam afetados logo após o tratamento com o fitohormônio. O 1-MCP reprimiu esses efeitos precoces provocados pelo etileno. Em coentro, o tratamento com 1-MCP retardou a diminuição de proteína das folhas (Jiang *et al.*, 2002).

Além dos efeitos já citados, o 1-MCP também influencia a biossíntese de etileno em algumas espécies através da inibição do sistema dois (*feedback*) (Sisler e Serek, 1997). Em cravos, o tratamento reduziu 2/3 do etileno produzido pelo pico climatérico (Sisler *et al.*, 1996). 1-MCP preveniu ou retardou a degradação da clorofila e outros tipos de mudança de cor numa vasta gama de espécies (Blankenship e Dole, 2003), reduziu a queda

e amarelecimento de folhas de estacas de jibóia (*Epipremnum pinnatum*) (Muller, *et al.*, 1997); retardou o amarelecimento induzido pela estocagem de folhas de estacas de gerânio zonale e hibisco, mas não teve o mesmo efeito sobre estacas de crisântemo e diminuiu o enraizamento nas 3 espécies (Serek *et al.*, 1998). Segundo Blankenship e Dole (2003), em geral o 1-MCP reduz a taxa respiratória ou retarda seu aumento.

Os produtores de mudas de gerânio zonale fazem tratamento das plantas matrizes com etileno para eliminar flores e manter o crescimento vegetativo. Jones *et al.* (2001) investigaram a eficácia do 1-MCP na prevenção dos possíveis efeitos deletérios desse tratamento nas plantas produzidas a partir das mudas retiradas dessas matrizes e obtiveram ótimos resultados na diminuição da queda de pétalas. O tratamento com 1-MCP a 0,1 ou 1,0  $\mu\text{L/L}$ , com posterior exposição a etileno, diminuiu a queda de pétalas em relação ao controle não tratado. Cameron e Reid (2001), observaram que o tratamento de plantas de gerânio pendente (*P. peltatum*) por 2 h com 1,0  $\mu\text{L/L}$  de 1-MCP inibiu totalmente a queda de pétalas provocada por etileno em inflorescências destacadas, mas esse efeito diminuiu com o tempo e variou com a temperatura de estocagem.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi desenvolvido no Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, durante o período de agosto de 2003 a março de 2004.

As plantas utilizadas nos experimentos foram produzidas em casa de vegetação com cobertura de vidro do Setor de Floricultura da Universidade Federal de Viçosa, a partir de sementes das variedades Pulsar Red (VR) e Pulsar Salmon (VS) (FIGURA 1), fornecidas pela empresa Syngenta Seeds Ltda. Para a formação das mudas utilizou-se bandejas, com 64 células de 3x3 cm, com o substrato comercial Rendmax forração (Eucatex Agro). O semeio foi feito manualmente e as bandejas foram irrigadas regularmente para manter a umidade do substrato próxima à capacidade de campo. A adubação das mudas foi realizada por meio de fertirrigações, duas vezes por semana. A solução nutritiva utilizada foi calculada utilizando os valores de análise foliar de gerânio zonale, publicada por Biamonte, *et. al* (1993), com pH ajustado para 5,8.

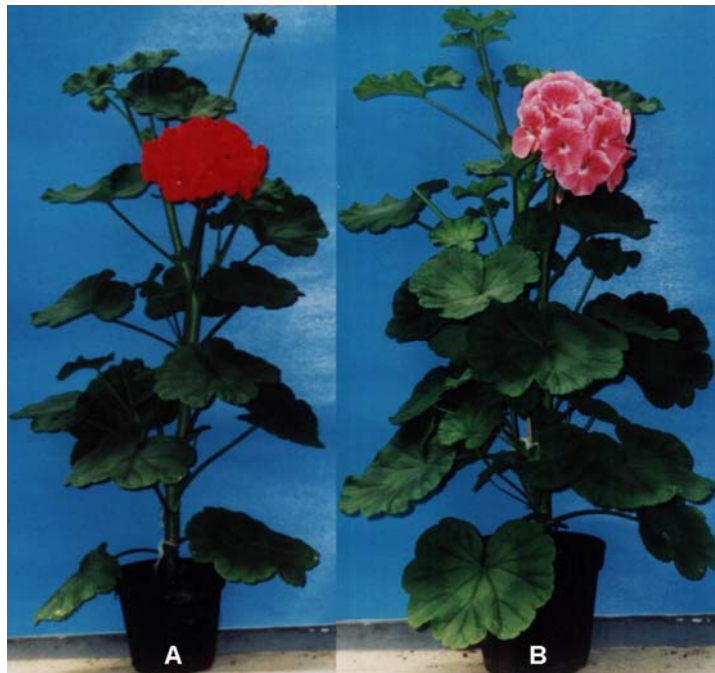


FIGURA 1: Variedades de gerânio utilizadas nos experimentos: Pulsar Red (A) e Pulsar Salmon (B).

Quando as mudas atingiram aproximadamente 3 semanas foram transplantadas para vasos plásticos redondos, com volume total de 0,7 dm<sup>3</sup> e volume de substrato de 0,6 dm<sup>3</sup>, sendo uma muda por vaso, em substrato comercial Rendmax forração. Os vasos foram dispostos aleatoriamente sobre bancadas na casa de vegetação. A adubação foi feita por fertirrigação adicionando-se 100 mL da solução nutritiva por vaso, sendo intercalada com água pura para evitar o acúmulo de sais no vaso. A irrigação foi feita na frequência necessária para manter a umidade próxima à capacidade de campo. O ciclo de cultivo foi de aproximadamente 16 semanas.

Durante a fase de produção a temperatura e umidade relativa da casa de vegetação foram monitoradas a cada duas horas, utilizando-se o aparelho Watch Dog - data logger, Spectrum Technology. A temperatura média diurna observada foi 28° C e noturna de 20° C e umidade relativa média diurna observada foi 60% e noturna de 84,2%. Os vasos de gerânio tiveram sua fase de produção considerada terminada quando a segunda inflorescência apresentou 5 flores no estágio de abertura 0, conforme descrição de Cameron e Reid (2001) (QUADRO 1).

QUADRO 1: Estádios de desenvolvimento de flores de *P. peltatum*.

<b>Estádio de abertura</b>	<b>Pétalas</b>	<b>Anteras</b>	<b>Estigma</b>	<b>Duração (dias)</b>
-1	Não totalmente refletidas	Visíveis, mas não totalmente estendidas.	Não visível	1
0	Totalmente abertas, cores vibrantes.	Antese	Não visível	2,5
1	Totalmente abertas cores, vibrantes.	Começando a curvar para baixo, início da liberação de pólen	Visível, lóbulos do estigma parcialmente separados	1
2	Totalmente abertas, cores desbotadas.	Curvadas para baixo, maior parte do pólen já liberado	Lóbulos do estigma totalmente separados	1-2
3	Ângulo de inserção menor, cores desbotadas.	Pólen totalmente liberado	Lóbulos do estigma voltados para baixo	8-12

FONTE: Cameron e Reid, 2001.

Para utilização nos experimentos foram selecionados vasos com plantas saudáveis, de tamanho homogêneo, aproximadamente 40 cm de altura. As flores avaliadas para cálculo da porcentagem de queda de pétalas foram etiquetadas individualmente, sendo 5 flores/planta no estágio de abertura 0 (abertas no dia do tratamento).

Para monitoramento da clorofila, 3 folhas localizadas na região mediana de cada planta foram selecionadas ao acaso e enumeradas (FIGURA 2). A leitura da clorofila foi feita com o medidor de clorofila SPAD, modelo 502 – Minolta, que quantifica a concentração de clorofila na folha sem danificar o tecido. As leituras foram feitas sempre na mesma área da folha, como demonstrado na FIGURA 2. Uma primeira leitura da clorofila foi realizada antes de cada tratamento para ser utilizada como referência.

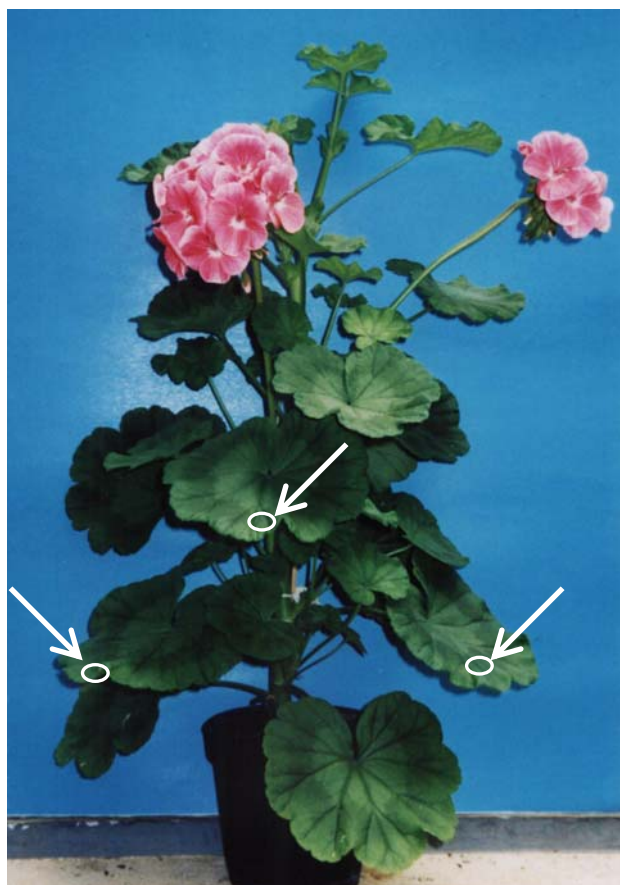


FIGURA 2: Localização nas folhas utilizadas para monitoramento da variação da clorofila no experimento com 1-MCP.

O vaso de cada planta foi envolvido com um saco plástico com o objetivo de evitar os efeitos do substrato na ação do etileno e 1-MCP. O saco plástico foi amarrado com barbante, na altura do coleto (FIGURA 3).



FIGURA 3: Isolamento do substrato com saco plástico para os tratamentos de gerânio com etileno e 1-MCP.

Para realização dos experimentos com etileno e 1-MCP foram construídas câmaras herméticas com baldes plástico, com capacidade de  $0,103 \text{ m}^3$ , com tampa de vidro para permitir a entrada de luz e um ventilador interno para auxiliar a movimentação do ar dentro na mesma (FIGURA 4).



FIGURA 4: Câmara utilizada nas aplicações de etileno e 1-MCP em plantas de gerânio.

O primeiro experimento foi montado com o objetivo de verificar a sensibilidade ao etileno por meio da porcentagem de abscisão de pétalas de duas variedades de gerânio a três concentrações de etileno, com avaliações realizadas em diferentes intervalos. O experimento foi montado em parcelas subdivididas, tendo nas parcelas 5 avaliações (0, 3, 24, 48 e 72 h) e nas subparcelas um esquema fatorial 3x2 - 3 concentrações de etileno (0, 10 e 100  $\mu\text{L/L}$ ) e 2 variedades (Pulsar Red e Pulsar Salmon), no delineamento inteiramente ao caso (DIC), com 3 repetições, sendo 1 vaso de gerânio por repetição.

Para avaliação da sensibilidade ao etileno exógeno, 9 plantas de cada variedade no estágio de desenvolvimento descrito anteriormente foram selecionadas, preparadas e transportadas no período da manhã, para o Laboratório de Fisiologia Pós-colheita de Hortaliças do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa.

No laboratório, três vasos foram acondicionados dentro de cada câmara. Logo após, cada câmara foi hermeticamente fechada e etileno puro foi injetado com auxílio de uma seringa de 1 ou 10 mL para obter as concentrações desejadas. O tratamento controle passou pelo mesmo processo, diferindo somente na quantidade de etileno, neste caso não injetado nas câmaras. Os ventiladores internos permaneceram ligados durante todo o período de tratamento.

Após decorrido o tempo de 3 h de exposição ao etileno, os vasos foram retirados das câmaras e a primeira avaliação da queda de pétalas foi realizada. Os sacos plásticos foram removidos e as plantas foram transportadas imediatamente para a sala de observação para acompanhamento dos efeitos. A sala de observação, livre de etileno, simulou o ambiente oferecido pelos revendedores ou consumidor final. Nesta sala os vasos foram distribuídos aleatoriamente sobre bancadas e permaneceram durante todo o período de pós-produção sob 12 h de luz artificial (irradiância de 20  $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ ). A temperatura e umidade relativa foram monitoradas a cada duas horas, utilizando-se o aparelho Watch Dog - data logger, Spectrum Technology. A umidade relativa média observada foi 53,6% e temperatura média observada foi 24,8° C durante a fase de

avaliação deste experimento. Os vasos receberam irrigação na frequência necessária para manter a umidade próxima à capacidade de campo.

O segundo experimento foi montado seguindo um esquema de parcelas subdivididas, tendo nas parcelas 4 tempos de exposição ao 1-MCP (3, 6, 9 e 12 h) e nas subparcelas um esquema fatorial 5x2 - 5 concentrações de Ethylbloc<sup>®</sup> (0; 0,1; 0,5; 1,0 e 1,5 g/m<sup>3</sup>) e 2 variedades (Pulsar Red e Pulsar Salmon), no DIC, com 3 repetições, sendo 1 vaso de gerânio por repetição. As concentrações 0,1; 0,5; 1,0 e 1,5 g/m<sup>3</sup> de Ethylbloc<sup>®</sup> correspondem a 0,83; 4,17; 8,34 e 12,51 µL/L de 1-MCP, respectivamente.

Para a avaliação do efeito do 1-MCP sobre o gerânio foram selecionadas, para cada parcela, 15 plantas de cada variedade. As plantas foram preparadas conforme descrito anteriormente e então transportadas no período da manhã, para o Laboratório de Fisiologia Pós-colheita de Hortaliças do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa. Três vasos foram acondicionados dentro de cada câmara e um becker plástico contendo a alíquota de Ethylbloc<sup>®</sup> necessária para cada concentração foi fixado na parede interna da câmara. Em seguida, a câmara foi fechada hermeticamente e foram adicionados ao becker 60 mL de água destilada na temperatura de 40° C com o auxílio de uma seringa. O tratamento controle passou pelo mesmo processo nas câmaras, diferindo pela não aplicação de 1-MCP. Os ventiladores internos permaneceram ligados durante todo o período do tratamento.

A aplicação de 1-MCP foi realizada utilizando o produto comercial Ethylbloc<sup>®</sup>, na forma de pó molhável, que libera 0,14% de 1-MCP, fornecido pela empresa Rohm and Haas Química Ltda. A metodologia utilizada para aplicação do Ethylbloc<sup>®</sup> foi adaptada de Cameron e Reid (2001). Depois de decorrido o tempo de exposição de cada tratamento, a câmara foi aberta para ventilação por um período de 30 minutos e novamente vedada para aplicação de 1 µL/L etileno, por 3 h, conforme os resultados observados por Jones *et al.* (2001).

Depois de decorrido o tempo de exposição ao etileno, os vasos foram retirados das câmaras e a primeira avaliação da queda de pétalas foi realizada. Os sacos plásticos foram removidos e as plantas foram transportadas imediatamente para a sala de observação, livre de etileno, para acompanhamento dos efeitos. Nesta sala os vasos foram distribuídos aleatoriamente sobre bancadas e permaneceram durante todo o período de pós-produção sob 12 h de luz artificial (irradiância de  $20 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ ). A temperatura e umidade foram monitoradas a cada duas horas, utilizando-se o aparelho Watch Dog - data logger, Spectrum Technology. A umidade relativa média observada foi 70,6% e temperatura média observada foi  $24,7^{\circ}\text{C}$  durante a fase de avaliação deste experimento. Os vasos receberam irrigação na freqüência necessária para manter a umidade próxima à capacidade de campo.

As características avaliadas foram:

- A porcentagem de queda de pétalas (% QP), no experimento sensibilidade ao etileno exógeno;

- O número de dias para 50% da queda de pétalas (D50) e a vida de prateleira, no experimento com 1-MCP.

A vida de prateleira foi considerada terminada quando a planta havia perdido acima de 30% da clorofila inicial. A contagem das pétalas e leitura da clorofila foi realizada a cada 24 h, sempre no mesmo horário do dia. O cálculo da porcentagem de queda de pétalas foi feito de acordo com a fórmula:

$$\% \text{ QP} = (\text{TPP} \times 100) / 25$$

Onde:

% QP = porcentagem de queda de pétalas

TPP = total de pétalas presentes nas flores marcadas

25 = total de pétalas das 5 flores

O valor SPAD foi utilizado para determinação da clorofila. Considerando-se a leitura realizada antes dos tratamentos como referência, o cálculo da variação da clorofila foi feito, segundo a fórmula:

$$\% \text{ Clo} = (\text{LC} \times 100) / \text{LR}$$

Onde:

% Clo = porcentagem de variação da clorofila

LC = leitura SPAD

LR = leitura SPAD de referência (inicial)

Os dados foram submetidos à análise de variância e de regressão utilizando-se o programa estatístico SAEG, versão 8.1. Para os fatores qualitativos as médias foram comparadas utilizando-se o teste F, adotando-se o nível de 5% de probabilidade. Para os fatores quantitativos os modelos foram escolhidos baseados na significância dos coeficientes de regressão utilizando-se o teste t, adotando-se o nível de até 10% de probabilidade, no coeficiente de determinação e no fenômeno biológico estudado. Independentemente da interação de maior grau ser ou não significativa, optou-se pelo desdobramento da mesma devido ao interesse em estudo.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. Sensibilidade a etileno exógeno

No QUADRO 2 encontram-se as médias das porcentagens de queda de pétalas (% QP) das 2 variedades e 3 concentrações de etileno, nas 5 avaliações realizadas. Após 3 h de tratamento com 10  $\mu\text{L/L}$  de etileno, as plantas da VR e VS apresentaram diferença ( $P < 0,05$ ) para a % QP, com 97,3% e 76,0%, respectivamente. Já as plantas das duas variedades tratadas com 100  $\mu\text{L/L}$  de etileno, após 3 h, apresentaram queda de pétalas em torno de 100 % ( $P > 0,05$ ), enquanto plantas do controle de ambas as variedades ainda não tinham perdido pétalas ( $P > 0,05$ ). Na avaliação realizada com 24 h, o controle já apresentava % QP diferenciada entre as duas variedades ( $P < 0,05$ ), enquanto a VR tinha perdido 76,0% de suas pétalas, a VS já apresentava 42,7% de QP.

Embora as duas variedades tenham respondido ao etileno com o aumento da QP, existe diferença entre o nível de sensibilidade das variedades 3 h após a exposição a 10  $\mu\text{L/L}$  de etileno e 24 h sem exposição ao etileno. Nestas duas combinações a VR apresentou-se mais sensível que a VS, pois teve maior % QP. Trabalhos anteriores indicavam sensibilidades diversas entre variedades de gerânio. Jones *et al.* (2001) expuseram inflorescências de quatro variedades, Kim, Verônica, Fox e Cotton Candy, a 1  $\mu\text{L/L}$  de etileno, por 1, 3, 10 e 24 h e observaram queda de pétalas a partir de 1 h de exposição. A variedade Fox foi a mais sensível e Kim a menos sensível. No entanto, a primeira avaliação feita com VR e VS ocorreu após a remoção das plantas da câmara (3 h após o início da exposição) e as plantas expostas a 10 e 100  $\mu\text{L/L}$  de etileno já apresentavam alto nível de abscisão.

Cameron e Reid (2001), trabalhando com *P. peltatum*, outra espécie do mesmo gênero, observaram maior sensibilidade ao etileno pela queda de aproximadamente 80% das pétalas após tratamento com uma concentração menor (1,5  $\mu\text{L/L}$  de etileno) por 3 h. No entanto, os tratamentos foram

realizados com flores separadas da planta. Armitage *et al.* (1980) observaram queda de 100% das pétalas somente 12 h após a exposição de gerânio Zonale a 1 e 10  $\mu\text{L/L}$ .

A FIGURA 5 mostra os gráficos gerados pelas equações de regressão dos resultados da % QP em função do Tempo. As variedades responderam a exposição ao etileno exógeno com a queda de pétalas de forma linear e crescente, nas primeiras 3 h, aproximadamente. Para VR e VS pode-se observar que a cada hora, na concentração 10  $\mu\text{L/L}$ , tem-se 32,4 e 25,3 % de QP e, na concentração 100  $\mu\text{L/L}$ , tem-se 33,3 e 32,8 % QP, respectivamente.

A abscisão das pétalas ocorreu em proporções diferentes dentro dos intervalos entre as avaliações (FIGURA 5). As plantas das duas variedades tratadas com 100  $\mu\text{L/L}$  de etileno perderam suas pétalas nas primeiras 3 horas e as plantas tratadas com 10  $\mu\text{L/L}$  de etileno perderam pétalas com 3,1 e 3,8 h para VR e VS, respectivamente. Já o controle demorou até 30,6 h para VR e 51,3 h para VS perder suas pétalas. Miranda e Carlson (1991) observaram menor sensibilidade de gerânio zonale, variedade Sprinter Scarlet, pois esta levou 7,3 h para perder 50 % das pétalas, quando exposto a 1,0 e 10  $\mu\text{L/L}$  de etileno e 65,3 h, sem exposição a etileno.

Evensen (1991) concorda que em gerânios a taxa de queda de pétalas depende da concentração de etileno e acrescenta que o tempo de tratamento também é determinante. O gerânio é uma das espécies mais sensíveis ao etileno. A abscisão de pétalas, em *P. x domesticum* e *P. x hortorum*, começa após 1 h de tratamento com 1,0  $\mu\text{L/L}$  de etileno (Clark *et al.*, 1997; Deneke, *et al.*, 1990 e Evensen, 1991). O tratamento de flores de gerânio zonale com 1  $\mu\text{L/L}$  de etileno induziu a queda das pétalas entre 1 e 1,5 h após (Evensen *et al.*, 1993).

QUADRO 2: Média da porcentagem da queda de pétalas de duas variedades de gerânio de vaso submetidas a 3 concentrações de etileno, por 3 h e avaliados em 5 diferentes tempos.

Concentração etileno ( $\mu\text{L/L}$ )	A (0 h)		A (3 h)		A (24 h)		A (48 h)		A (72 h)	
	VR	VS	VR	VS	VR	VS	VR	VS	VR	VS
<b>0</b>	0,0 a	0,0 a	0,0 a	0,0 a	76,0 a	42,7 b	94,7 a	94,7 a	100,0 a	100,0 a
<b>10</b>	0,0 a	0,0 a	97,3 a	76,0 b	100,0 a	90,7 a	100,0 a	94,7 a	100,0 a	100,0 a
<b>100</b>	0,0 a	0,0 a	100,0 a	98,7 a	100,0 a	100,0 a	100,0 a	100,0 a	100,0 a	100,0 a

Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra na linha, dentro de cada avaliação, não diferem ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

VR - Variedade Pulsar Red

VS - Variedade Pulsar Salmon

A – Avaliação (em horas após o início do tratamento)

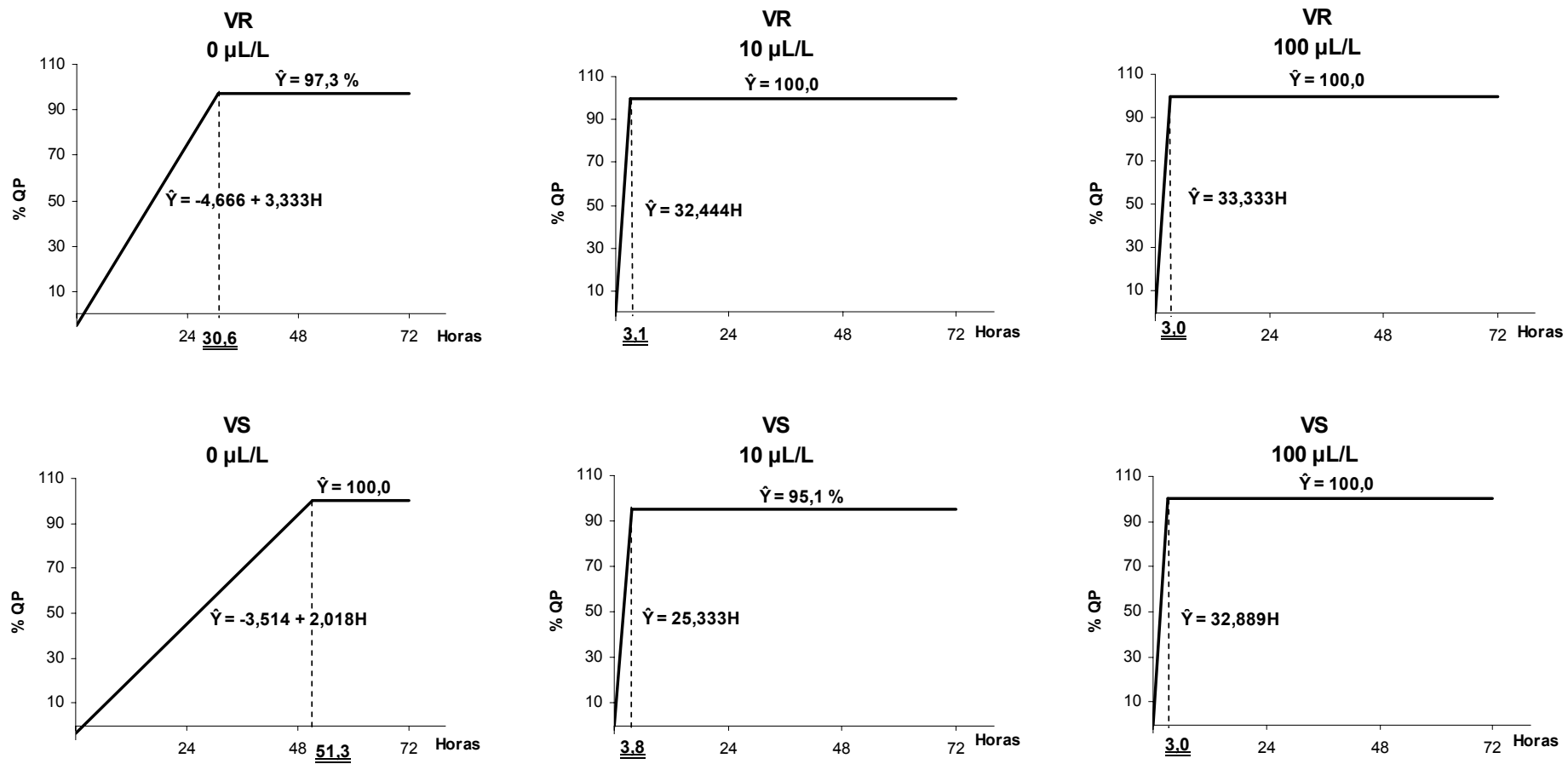


FIGURA 5: Estimativa da porcentagem de queda de pétalas (% QP) em função do tempo após o início da exposição ao etileno, para as variedades Pulsar Red (VR) e Pulsar Salmon (VS) e para as respectivas concentrações de etileno.

## 4.2. Tratamento com 1-MCP

### 4.2.1. Vida de prateleira

As médias da vida de prateleira alcançada pelas plantas das 2 variedades, expostas a 5 concentrações de 1-MCP, por 4 diferentes tempos de exposição estão representadas no QUADRO 3. As variedades se comportaram de forma semelhante ( $P > 0,05$ ) dentro de cada concentração avaliada nos tempos de exposição menores ou iguais a 9 h. A vida de prateleira das variedades foi diferente ( $P < 0,05$ ) para as concentrações 0 e 1 g/m<sup>3</sup> de Ethylbloc<sup>®</sup>, no tempo de exposição 12 h. Nesta parcela, plantas da VS, sem exposição ao 1-MCP, obtiveram melhores resultados de vida de prateleira que as plantas da VR, 25,3 e 12,3 dias, respectivamente. A VR, também tratada por 12 h, mas com exposição a 1 g/m<sup>3</sup> de Ethylbloc<sup>®</sup>, teve comportamento inverso, ficando imprópria para venda após 30,3 dias, enquanto a VS atingiu este ponto após 12,7 dias.

A folhagem é uma das características mais atrativas do gerânio zonale. Plantas com amarelecimento das folhas se tornam menos atrativas e até impróprias para a venda. Segundo Serek *et al.* (1998), o etileno causa o amarelecimento nas folhas de gerânio. Estes autores trabalharam com estacas de gerânio zonale e hibisco (*Hibiscus rosa-sinensis*) e observaram que a estocagem diminuiu a qualidade das estacas, causando degradação da clorofila. Entretanto, o tratamento com 0,2 µL/L de 1-MCP retardou o amarelecimento das folhas causado pela estocagem. Celikel *et al.* (2002) observou que a exposição de Lírio (*Lilium*) Oriental com 0,5 µL/L de 1-MCP, durante 18 h, foi efetiva na prevenção do amarelecimento das folhas, causado em resposta a exposição ao etileno, principalmente da variedade mais sensível ao etileno. Segundo Able *et al.* (2003) a exposição por 16 h a 12 µL/L de 1-MCP retardou a perda de qualidade por escurecimento das bordas e amarelecimento de espécies folhosas utilizadas na Ásia, quando expostas ao etileno.

QUADRO 3: Valores médios da vida de prateleira (dias) em 2 variedades de gerânio expostas a 5 concentrações de Ethylbloc<sup>®</sup>, por 4 diferentes tempos de exposição (TE).

Concentração Ethylbloc <sup>®</sup> (g/m <sup>3</sup> )	TE = 3 h		TE = 6 h		TE = 9 h		TE = 12 h	
	VR	VS	VR	VS	VR	VS	VR	VS
<b>0</b>	16,00 a	16,3 a	16,7 a	9,7 a	12,0 a	10,0 a	12,3 b	25,3 a
<b>0,1</b>	14,6 a	18,3 a	7,3 a	8,0 a	17,3 a	9,3 a	17,7 a	23,3 a
<b>0,5</b>	24,7 a	16,3 a	14,3 a	13,3 a	16,7 a	7,0 a	17,7 a	18,3 a
<b>1</b>	24,0 a	15,3 a	17,0 a	10,7 a	16,7 a	8,3 a	30,3 a	12,7 b
<b>1,5</b>	23,7 a	18,3 a	10,7 a	13,7 a	17,3 a	9,3 a	10,7 a	15,3 a

Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra na linha, dentro de cada tempo de exposição, não diferem ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

VR - Variedade Pulsar Red

VS - Variedade Pulsar Salmon

TE – tempo de exposição

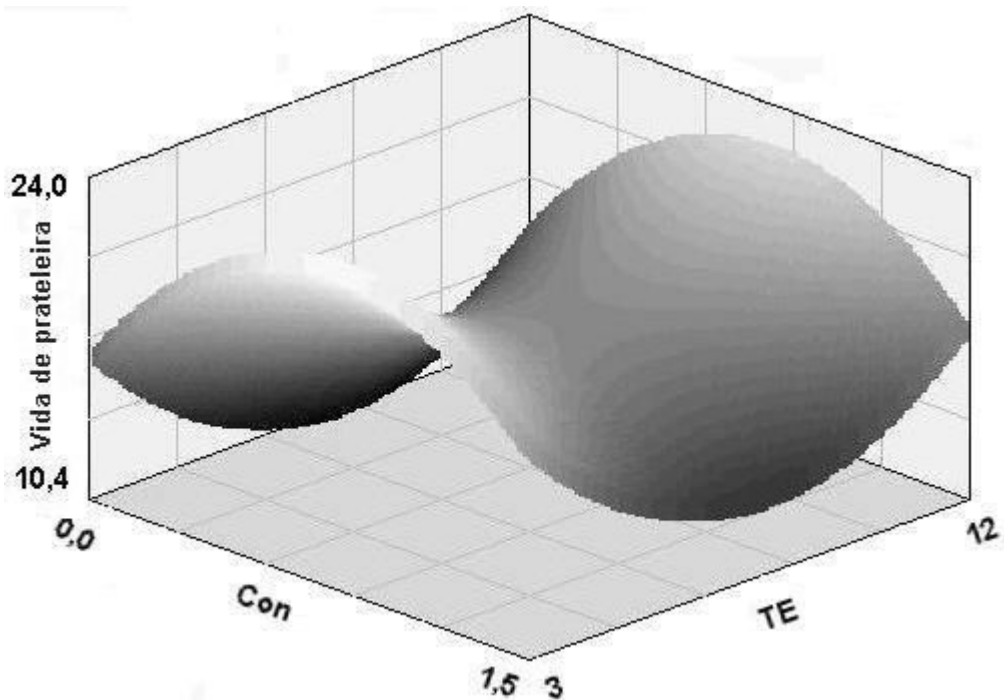
Por meio das equações de regressão da variável vida de prateleira, em função do Tempo de Exposição e Concentração, pode-se notar que o comportamento das duas variedades foi diferente (FIGURAS 6 e 8), pois, mantendo-se o tempo de exposição constante, verifica-se que a concentração de 1-MCP tem efeito quadrático negativo sobre a VR e efeito quadrático positivo sobre a VS. Fixando a concentração em  $0 \text{ g/m}^3$ , para a VR a vida de prateleira mínima é 10,4 dias, com 7,9 h de exposição. Para VS a vida de prateleira mínima é 7,4 dias, com concentração fixa de  $1 \text{ g/m}^3$  e com 7,4 h de exposição.

Mantendo-se a concentração constante, as duas variedades respondem ao aumento do tempo de exposição de forma quadrática. A vida de prateleira máxima para VR (23,98 dias) foi estimada com a concentração de  $0,84 \text{ g/m}^3$  e 3 h e para VS (20,11 dias) foi estimada com a concentração de  $0 \text{ g/m}^3$  e 12 h. Ao contrário da VR, que teve menor vida de prateleira sem exposição ao 1-MCP, a VS teve sua vida de prateleira reduzida pela exposição ao 1-MCP. Este resultado não era esperado e necessita de estudos mais detalhados.

Verifica-se na FIGURA 7B que os maiores valores da vida de prateleira da VR, em função dos níveis da concentração ocorreram com os tempos de 3 e 12 h. Já para a VS (FIGURA 9B) ocorreu o inverso. Respectivamente pelas FIGURAS 9A e 7A pode-se confirmar que a VS obteve melhores resultados sem a exposição ao 1-MCP, enquanto a VR foi beneficiada, pois tem a curva de  $1 \text{ g/m}^3$ , seguida da curva de  $0,5 \text{ g/m}^3$  com maior vida de prateleira.

O etileno estimula o amarelecimento de folhas de muitas plantas ornamentais e comumente assume-se que o agente primário deste estímulo é o etileno endógeno (Serek *et al.*, 1996). Uma vez que o amarelecimento de folhas é retardado em plantas transgênicas, que tem a biossíntese de etileno reduzida, foi sugerido que a biossíntese é importante no amarelecimento das folhas (Picton *et al.*, 1993). Segundo Serek *et al.* (1994b), 1-MCP e STS não preveniram o amarelecimento de folhas de mini-rosas de vaso, portanto o amarelecimento das folhas no escuro não foi mediado pelo etileno.

As diferentes concentrações e tempos de exposição utilizadas nos tratamentos proporcionaram melhores resultados para VR com a combinação 1 g/m<sup>3</sup> e 3 h, que aumentou a vida de prateleira em até 13,3 dias. Para VS os melhores resultados foram na combinação 0 g/m<sup>3</sup> e 12 h. Na VR, a perda de qualidade da planta, medida pela clorofila das folhas, durante a pós-produção ocorreu provavelmente devido a exposição ao etileno e o 1-MCP foi capaz de inibir a ação deletéria sobre as folhas. Entretanto, a VS provavelmente por ser menos sensível ao etileno, como já discutido no item anterior, não se beneficiou do tratamento com o inibidor.



$$C30 = \hat{Y} = 26,1108 - 3,9989**TE + 0,2537**TE^2 + 18,1054**Conc - 10,8065**Conc^2$$

$$R^2=0,47$$

FIGURA 6: Estimativa da vida de prateleira de gerânio da variedade Pulsar Red tratado com 1-MCP em função do tempo de exposição (TE), em horas, e Concentração de Ethylbloc® (Con), em g/m<sup>3</sup>.

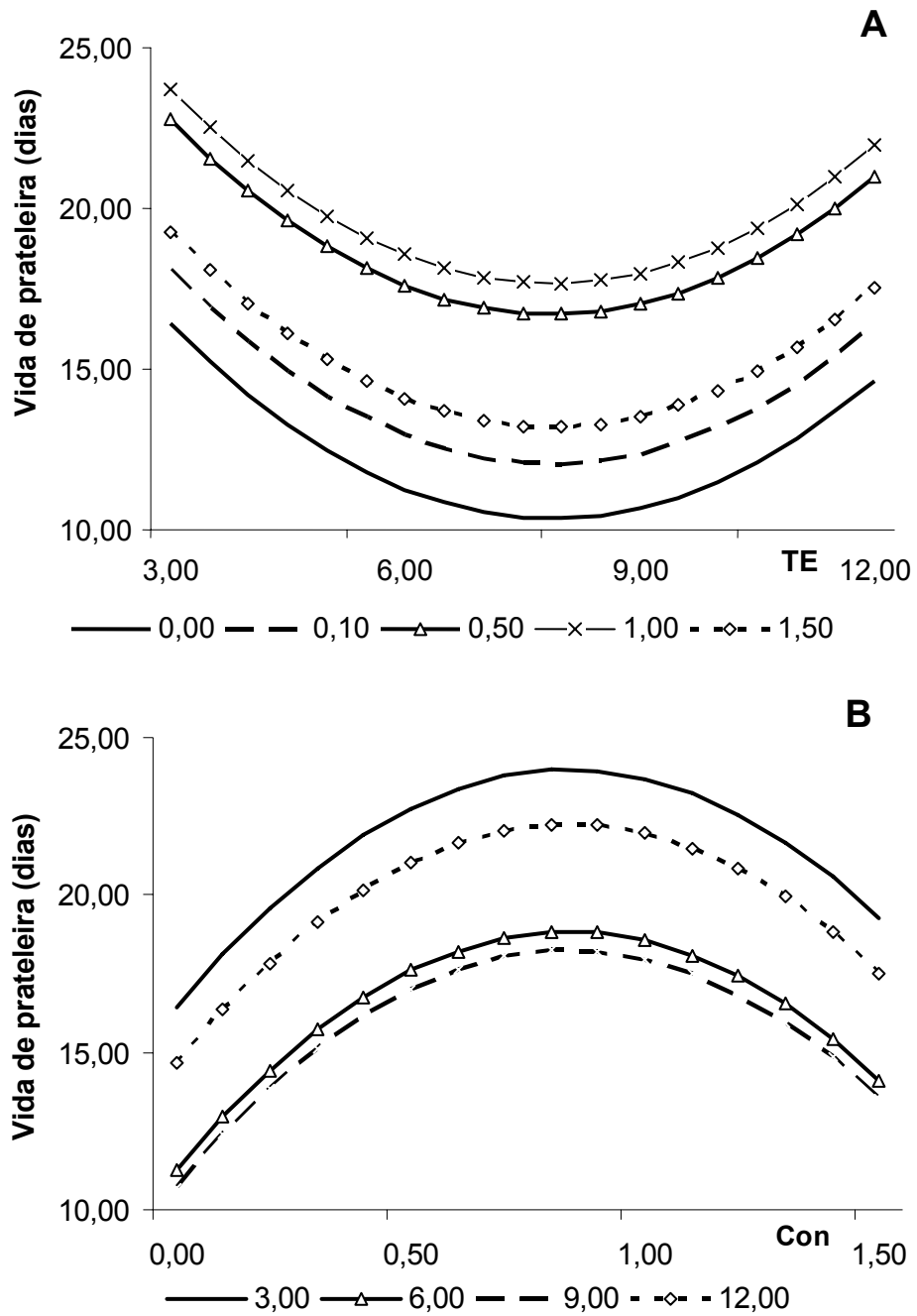
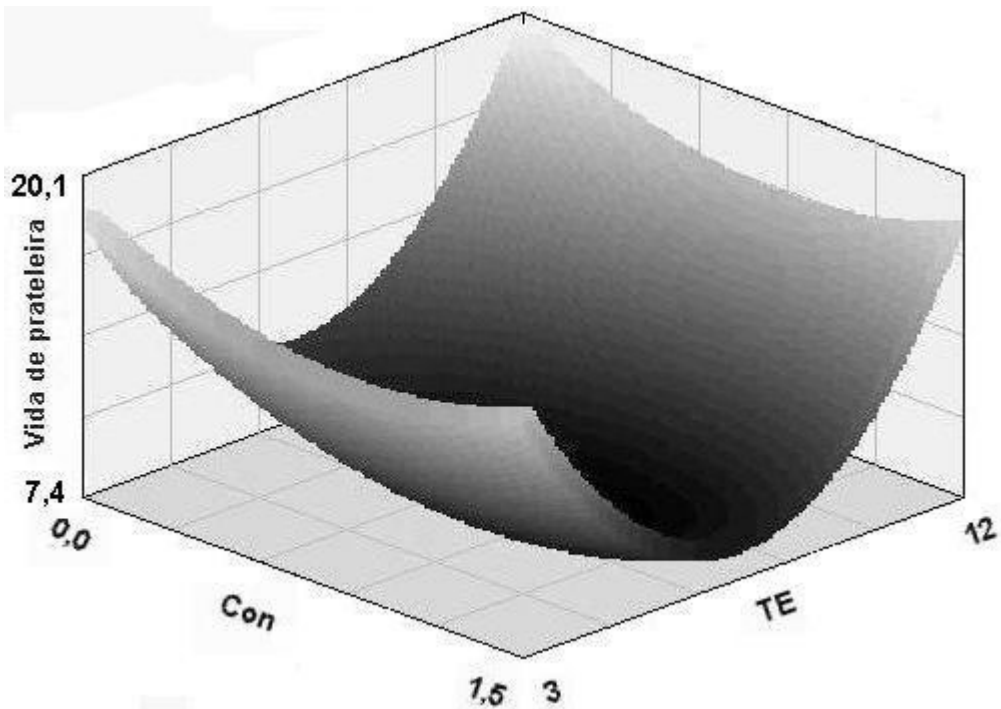


FIGURA 7: Cortes da superfície de resposta gerada pela equação de regressão da vida de prateleira de gerânio da variedade Pulsar Red, tratado com 5 concentrações (Con) de Ethylbloc<sup>®</sup>, em g/m<sup>3</sup>, e 4 Tempos de exposição (TE), em horas. Figura A – em função do tempo de exposição ao Ethylbloc<sup>®</sup>, fixando-se as concentrações. Figura B - função da concentração, fixando-se os tempos de exposição ao Ethylbloc<sup>®</sup>.



$$C30 = \hat{Y} = 34,6040 - 6,5633*TE + 0,4463*TE^2 - 6,9882***Conc + 3,9583***Conc^2$$

$$R^2=0,71$$

FIGURA 8: Estimativa da vida de prateleira de gerânio da variedade Pulsar Salmon tratado com 1-MCP em função do tempo de exposição (TE), em horas, e Concentração de Ethylbloc® (Con), em g/m<sup>3</sup>.

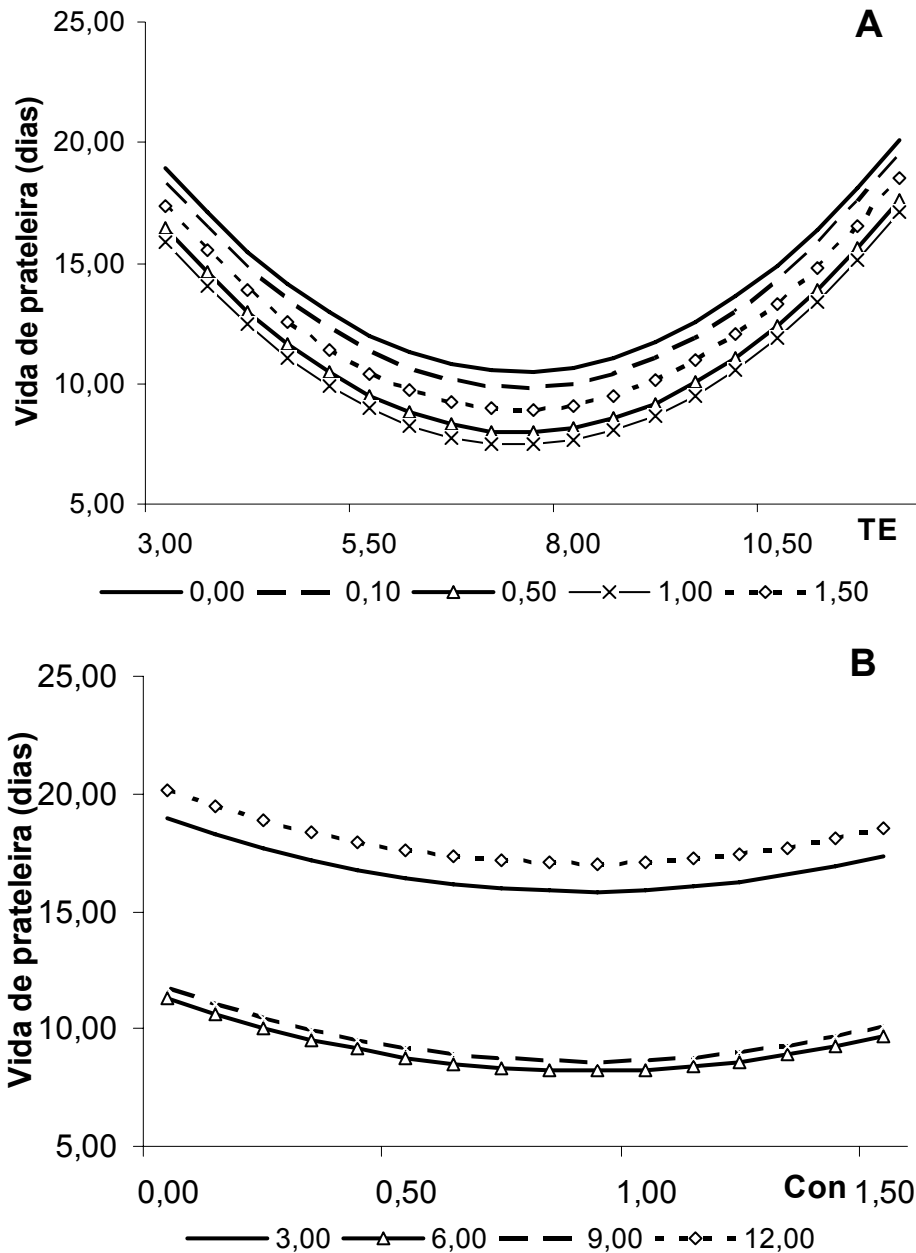


FIGURA 9: Cortes da superfície de resposta gerada pela equação de regressão da vida de prateleira de gerânio da variedade Pulsar Salmon, tratado com 5 concentrações (Con) de Ethylbloc®, em  $g/m^3$ , e 4 Tempos de exposição (TE), em horas. Figura A – em função do tempo de exposição ao Ethylbloc®, fixando-se as concentrações. Figura B - função da concentração, fixando-se os tempos de exposição ao Ethylbloc®.

#### 4.2.2. Número de dias para 50% de queda de pétalas

No QUADRO 4 encontram-se as médias do número de dias para 50% de queda de pétalas (D50) das 2 variedades, 5 concentrações e 4 tempos de exposição. D50 foi diferente ( $P < 0,05$ ) entre as variedades para os tempos de exposição 3 e 6 h. Com exposição a  $1 \text{ g/m}^3$  de 1-MCP, por 3 h, observaram-se em média 7,7 dias para VR e 4,3 dias para VS. Com 6 h de exposição observa-se diferença no D50 das variedades nas concentrações  $0 \text{ g/m}^3$  (VR = 6,3 dias e VS = 4,0 dias),  $1 \text{ g/m}^3$  (VR = 6,3 dias e VS = 3,0 dias) e  $1,5 \text{ g/m}^3$  (VR = 7,3 dias e VS = 4,0 dias).

Segundo Jones *et al.* (2001) o tratamento de quatro variedades de gerânio zonale com  $1 \text{ }\mu\text{L/L}$  de 1-MCP, durante 1 h, foi eficiente para proteger contra a QP todas as variedades. Já 1 hora de tratamento com  $0,1 \text{ }\mu\text{L/L}$  de 1-MCP não foi suficiente proteger contra a QP a variedade mais sensível ao etileno, que necessitou de 12 a 24 h de exposição ao 1-MCP para reduzir a taxa de abscisão para aquela apresentada pelo controle sem exposição a etileno. Já Miranda e Carlson (1991) observaram que o tratamento de flores de gerânio zonale com AVG e STS não inibiu a queda de pétalas provocada pela exposição a  $1,0 \text{ }\mu\text{L/L}$  de etileno, mas o tratamento com nitrato de prata elevou o número de horas para 50 % de queda de pétalas de 7,3 para 11,8.

QUADRO 4: Valores médios do número de dias para 50% de queda de pétalas observado, para diferentes tempos de exposição (TE), em 2 variedades de gerânio expostas a 5 concentrações de Ethylbloc®.

Concentração Ethylbloc® (g/m <sup>3</sup> )	TE = 3 h		TE = 6 h		TE = 9 h		TE = 12 h	
	VR	VS	VR	VS	VR	VS	VR	VS
0	5,0 a	3,7 a	6,3 a	4,0 b	3,0 a	3,7 a	2,7 a	3,3 a
0,1	6,3 a	6,7 a	5,7 a	5,0 a	4,7 a	5,3 a	3,7 a	3,3 a
0,5	6,0 a	4,7 a	5,3 a	4,3 a	4,7 a	5,7 a	3,0 a	3,7 a
1	7,7 a	4,3 b	6,3 a	3,0 b	6,0 a	7,0 a	3,0 a	4,0 a
1,5	6,0 a	5,7 a	7,3 a	4,0 b	5,3 a	5,0 a	4,0 a	3,7 a

Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra na linha, dentro de cada tempo de exposição, não diferem ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

VR - Variedade Pulsar Red

VS - Variedade Pulsar Salmon

TE – tempo de exposição

As concentrações e os tempos de exposição testados não influenciaram o número de dias para 50% de queda de pétalas da Variedade Pulsar Salmon, que levou em média 4,6 dias para perder a metade de suas pétalas.

$$D50 = \hat{Y} = Y/VS \quad \Rightarrow \quad \hat{Y} = 4,6 \text{ dias}$$

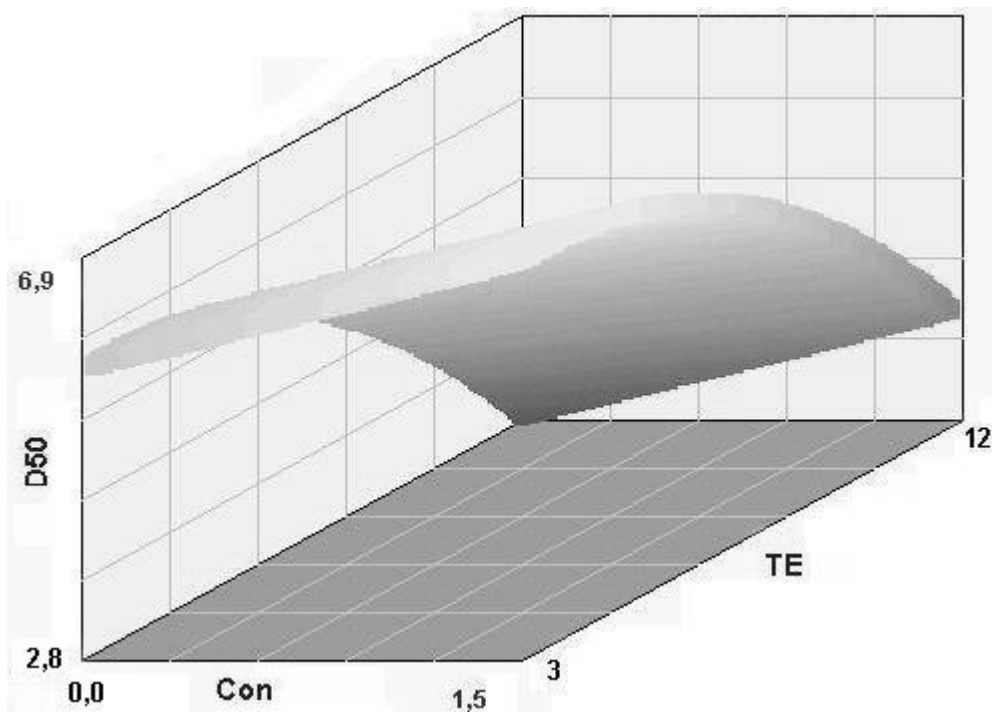
A FIGURA 10 ilustra o efeito das concentrações de Ethylbloc® e tempo de exposição no número de dias para 50% de queda de pétalas da Variedade Pulsar Red. O tempo de exposição teve efeito quadrático e a concentração efeito linear sobre o número de dias para 50% de queda de pétalas para VR.

Para a VR, fixando-se a concentração de 0,1 g/m<sup>3</sup> nota-se que os valores do D50 apresentam certo aumento se comparados com o controle, mas que o melhor resultado (6,9 dias) foi observado com a concentração 1,5 g/m<sup>3</sup> de Ethylbloc® (FIGURA 11A). O aumento do tempo de exposição foi prejudicial ao D50 (FIGURA 11B), pois proporcionou menores valores. As pétalas das plantas dessa variedade tratadas com 1-MCP por 3 h permaneceram ligadas à planta por mais tempo e, quando tratadas por 12 h, se mantiveram por menos tempo.

A queda precoce de pétalas é o principal problema de pós-produção do gerânio, uma vez que as plantas são comercializadas quando a primeira inflorescência inicia a abertura das flores (Nowak e Rudnicki, 1990). A abscisão das pétalas afeta negativamente a qualidade da planta diminuindo seu impacto visual. O tratamento com 1-MCP mostrou-se efetivo na prevenção da queda precoce de pétalas da VR, protegendo a planta da queda de 50 % de suas pétalas durante até 6,9 dias, deixando as plantas com pétalas suficientes para garantir um produto ainda próprio para venda por mais tempo.

Inibidores do etileno previnem a abscisão da corola induzida por etileno em muitas espécies floríferas. O etileno endógeno pode regular a abscisão nas flores que exibem um aumento da síntese de etileno durante o desenvolvimento ou após a polinização, incluindo *Pelargonium* (Evensen,

1991). Armitage *et al.* (1980) observaram que gerânio zonale não segue padrão climatérico. Entretanto Deneke *et al.* (1990) observaram que em *P. x domesticum* ocorre um aumento na produção de etileno precedendo a abscisão. A retenção das pétalas por maior tempo em resposta às doses de Ethylbloc<sup>®</sup> utilizadas indica que esta variedade é sensível ao etileno exógeno e que este é provavelmente o regulador da abscisão de pétalas.



$$D50 = \hat{Y} = 5,2527 + 0,3033^{****}TE - 0,0426^{**}TE^2 + 0,7483^{*}Conc$$

$$R^2=0,82$$

FIGURA 10: Estimativa do número de dias para 50% de queda de pétalas (D50) de gerânio da variedade Pulsar Red tratado com 1-MCP em função do tempo de exposição (TE), em horas, e Concentração de Ethylbloc<sup>®</sup> (Con), em g/m<sup>3</sup>.

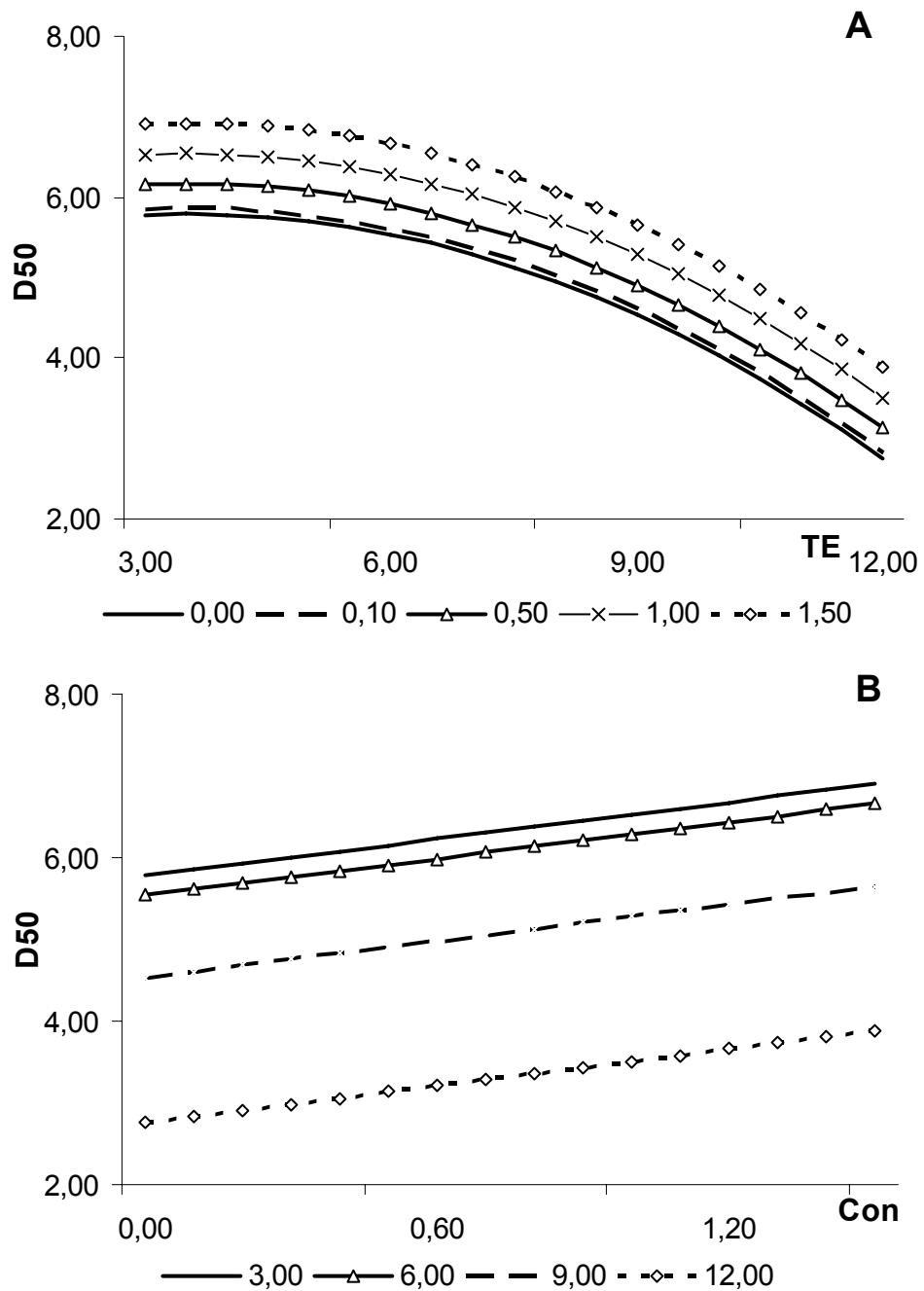


FIGURA 11: Corte da superfície de resposta gerada pela equação de regressão do número de dias para 50% de queda de pétalas (D50) de gerânio da variedade Pulsar Red, tratado com 5 concentrações (Con. em  $\text{g/m}^3$ ) de Ethylbloc<sup>®</sup> e 4 Tempos de exposição (TE em h). Figura A – em função do tempo de exposição ao Ethylbloc<sup>®</sup>, fixando-se as concentrações. Figura B - função da concentração, fixando-se os tempos de exposição ao Ethylbloc<sup>®</sup>.

## 5. CONCLUSÕES

As duas variedades responderam à aplicação de 10 µL/L de etileno exógeno, por 3 h, com a aceleração da queda de pétalas, em comparação com o controle. A sensibilidade variou entre as variedades, sendo a variedade Pulsar Red a mais sensível.

O 1-MCP foi eficiente no prolongamento da vida de prateleira de gerânio de vaso da variedade Pulsar Red em até 13,6 dias;

Para a variedade Pulsar Red, a melhor combinação entre concentração e tempo de exposição para inibir a queda precoce de pétalas e aumentar a vida de prateleira foi 1,0 g/m<sup>3</sup> de Ethylbloc<sup>®</sup> e 3 h de exposição;

Os tratamentos com 1-MCP utilizados não foram eficientes para inibir a queda precoce de pétalas e aumentar a vida de prateleira da variedade Pulsar Salmon. Sugerem-se outros métodos para se evitar a queda precoce nesta variedade durante a fase pós-produção, como a remoção do etileno do ambiente com boa ventilação ou pelo uso de absorvedores de etileno e transporte e armazenamento sob baixas temperaturas.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Able, A.J.; Wong, L.S.; Prasad, A. and O'Hare, T.J., 2003. The effects of 1-methylcyclopropene on the shelf-life of minimally processed leafy Asian vegetables. **Postharvest Biology and Technology**, v. 27(2), p. 157-161.
- Armitage, A.M.; Heins, R.; Dean, S. and Carlson, W., 1980. Factors influencing flower petal abscission in the seed-propagated geranium. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 105 (4), p. 562-564.
- Biamonte, R.L.; Holcomb, E.J. and White, J.W., 1993. Fertilization. In: **Geraniums IV. The grower's manual**. White, J.W. 4<sup>th</sup> ed., Ball publishing, Illinois, USA. P. 39-54.
- Blankenship, S.M. and Dole, J.M., 2003. 1-Methylcyclopropene: a review. **Postharvest Biology and Technology**, v. 28, p. 1-25.
- Brown, K.M., 1997. Ethylene and abscission. **Physiologia Plantarum**, v. 100, p. 567-576.
- Cameron, A.C. and Reid, M.S., 2001. 1-MCP blocks ethylene-induced petal abscission of *Pelargonium peltatum* but the effect is transient. **Postharvest Biology and Technology**, v. 22, p.169-177.
- Cameron, A.C. and Reid, M.S., 1982. Use of silver thiosulfate to prevent flower abscission from potted plants. **Scientia Horticulturae**, v. 19, p. 373-378.
- Celikel, F.G. and Reid, M.S., 2002. Postharvest handling of stock (*Matthiola incana*). **HortScience**, v. 37, p. 144-147.

- Celikel, F.G.; Dodge, L.L. and Reid, M.S., 2002. Efficacy of 1-MCP (1-methylcyclopropene) and Promalin for extending the post-harvest life of Oriental lilies (*Lilium* /Mona Lisa and Stargazer). **Scientia Horticulturae**, v. 93, p. 149-155.
- Clark, D.G.; Richards, C.; Hilioti, Z.; Lind-Iversen, S. and Brown, K., 1997. Effect of pollination on accumulation of ACC synthase and ACC oxidase transcripts, ethylene production and flower abscission in geranium (*Pelargonium x hortorum* L.H. Bailey). **Plant molecular biology**, v. 34, p. 855-865.
- Claro, D.P.; Santos, A.C. e Claro, P.B.O., 2001. Um diagnóstico da produção de flores do Brasil. **Revista Brasileira de Horticultura Ornamental**, v. 7(1), p. 9-15.
- Crozier, A.; Kamiya, Y.; Bishop, G. and Yokoda, T., 2000. Biosynthesis of hormones and elicitor molecules. In: Buchanan, B.B., Gruissen, W. e Jones, R.L. **Biochemistry and Molecular Biology of Plants**. Maryland, EUA. p. 850–929.
- DeEll, J.R.; Murr, D.P.; Porteous, M.D. and Rupasinghe, H.P.V., 2002. Influence of temperature and duration of 1-methylcyclopropene (1-MCP) treatment on apple quality. **Postharvest Biology and Technology**, v. 24, p. 349-353.
- Deneke, C. F.; Evensen, H.B. and Craig, R., 1990. Regulation of petal abscission in *Pelargonium x domesticum*. **HortScience**, v. 25, p. 937-940.
- Elgar, H.J.; Woolf, A.B. and Bieleski, L., 1999. Ethylene production by three lily species and their response to ethylene exposure. **Postharvest Biology and Technology**, v. 16, p. 257-267.
- Evensen, K.B.; Page, A.M. and Stead, A.D., 1993. Anatomy of ethylene petal abscission in *Pelargonium X hortorum*. **Annals of Botany**, v. 71, p.559-566.

- Evensen, K.B., 1991. Ethylene responsiveness changes in *Pelargonium domesticum* florets. **Physiologia Plantarum**, v. 82, p. 409-412.
- Fan, X.; Blankenship, S.M. and Matheis, J.P., 1999. 1-Methylcyclopropene inhibits apple ripening. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 124(6), p. 690-695.
- Fontelo, W.C., 1992. Geraniums. In: LARSON, R. A. **Introduction to floriculture**. 2<sup>nd</sup> ed. San Diego, USA Academic press, 1992. p.451.
- Goszczyńska, D. and Zieslin, N., 1993. Abscission of flower peduncles in Rose (*Rosa x hybrida*) plants and evolution of ethylene. **Journal of Plant Physiology**, v. 142, p. 214-217.
- Grossi, J, A.S; Pemberton, H.B. and Roberson, W.E., 2000. Miniature rose flower longevity in response to ethylene is not affected by seasonal growing conditions. **HortScience**, v. 35(3), p. 404.
- 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**, v. 26, p.319-324.
- Kessler Jr., J.R., 2004. Zonal (cutting) geranium: Commercial Greenhouse Production. Auburn University. <http://www.ag.auburn.edu/landscape/zgeranm.htm> (13/07/2004).
- Ku, V.V.V. and Wills, R.B.H., 1999. Effect of 1-methylcyclopropene on the storage life of broccoli. **Postharvest Biology and Technology**, v.17, p. 127-132.
- IBRAFLOR – Instituto Brasileiro de Floricultura. Relatório da produção de flores e plantas ornamentais brasileira. FloraBrasilis, programa setorial integrado de exportação de flores e plantas ornamentais. 45 p.

- Jiang, W.; Sheng, Q.; Zhou, X.; Zhang, M. and Liu, X., 2002. Regulation of coriander senescence by 1-methylcyclopropene and ethylene. **Postharvest Biology and Technology**, v. 26, p. 339-345.
- Jiang, Y. and Joyce, D., 2000. Effects of 1-methylcyclopropene alone and in combination with polyethylene bags on the postharvest life of mango fruit. **Annals of Applied Biology**, v. 137, p. 321-327.
- Jones, M.L.; Kim, E.S. and Newman, S.E., 2001. Role of ethylene 1-MCP in flower development and petal abscission in zonal geraniums. **HortScience**, v. 36(7), p. 1305-1309.
- Junqueira, A.H. e Peetz, M.S., 2002. Os pólos de produção de flores e plantas ornamentais do Brasil: uma análise do potencial exportador. **Revista Brasileira de Horticultura Ornamental**, v. 8(1/2), p. 25-47.
- Laughner, L., 1993. History. In: **Geraniums IV. The grower's manual**. White, J.W. 4<sup>th</sup> ed., Ball publishing, Illinois, USA. p. 363-371.
- Marynick, M.C., 1977. Patterns of ethylene and carbon dioxide evolution during cotton explant abscission. **Plant Physiology**, v. 59, p.484-489.
- Mayak, S. and Kofranek, A.M., 1976. Altering the sensivity of carnation flowers. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v.101, p. 503-506.
- Miranda, R.M. and Carlson, W.H., 1991. Characterization of the role of ethylene in petal abscission of hibrid geranium using floret explants. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**. v.3(1), p. 7-16.
- Muller, R.; Andersen, A.S.; Serek, M. and Sisler, E.C., 1998. Differences in display life of miniature potted roses (*Rosa hybrida* L.). **Scientia Horticulturae** v. 76, p. 59 – 71.

- Muller, R.; Serek, M.; Sisler, E.C. and Andersen, A.S., 1997. Post-storage quality and rooting ability of *Epipremnum pinnatum* cuttings after treatment with ethylene action inhibitors. **Journal of Horticultural Science** v. 72, p. 445-452
- Newman, J.P.; Dodge, L.L. and Reid, M.S., 1998. Evaluation of ethylene inhibitors for Postharvest treatment of *Gypsophila paniculata* L. **Hortecology**, v. 8(1), p. 58-63.
- Nowak, J. and Rudnicki, R.M., 1990. **Postharvest handling and storage of cut flowers, florist greens, and potted plants**. Portland, Oregon, ed. Timber Press. 210 p.
- Picton, S.; Barton, S.L.; Bouzayen, M.; Hamilton, A.J. and Grierson, D., 1993. Altered fruit ripening and leaf senescence in tomatoes expressing antisense ethylene-forming enzyme transgene. **The Plant Journal**, v. 3, p. 469-481.
- Porat, R.; Shlomo, E.; Serek, M.; Sisler, E.C. and Borochoy, A., 1995. 1-Methylcyclopropene inhibits ethylene action in cut phlox flowers. **Postharvest Biology and Technology**, v. 6, p. 313-319.
- Reid, M.S., 1985. Ethylene and abscission. **HortScience**, v. 20, p. 45-49.
- Serek, M. and Sisler, E.C., 2001. Efficacy of inhibitors of ethylene binding in improvement of the postharvest characteristics of potted flowering plants. **Postharvest Biology and Technology**, v. 23, p. 161-166.
- Serek, M. and Reid, M.S., 2000. Ethylene and postharvest performance of potted Kalanchoe. **Postharvest Biology and Technology**, v. 18, p. 43-48.
- Serek, M.; Prabucki, A.; Sisler, E.C. and Andersen, A.S., 1998. Inhibitors of ethylene action affect final quality and rooting of cuttings before and after storage. **HortScience**, v. 33, p. 153-155.

- Serek, M.; Sisler, E.C. and Reid, M.S., 1996. Ethylene and the Postharvest performance of miniature roses. **Acta Horticulturae**, v. 424, p. 145-149.
- Serek, M.; Sisler, E.C. and Reid, M.S., 1995a. 1-Methylcyclopropene, a novel gaseous inhibitor of ethylene action, improves the life of fruits, cut flowers and potted plants. **Acta Horticulturae**, v. 394, p. 337-345.
- Serek, M.; Sisler, E.C.; Tamari, G. and Borochoy, A., 1995b. Inhibition of ethylene induced cellular senescence symptoms by 1-methylcyclopropene. **Acta Horticulturae**, v. 405, p. 264-268.
- Serek, M.; Tamari, G.; Sisler, E.C. and Borochoy, A., 1995c. Inhibition of ethylene-induced cellular senescence symptoms by 1-methylcyclopropene, a new inhibitor of ethylene action. **Physiologia Plantarum**, v. 94, p. 229-232.
- Serek, M.; Reid, M.S. and Sisler, E.C., 1994a. A volatile ethylene inhibitor improves the postharvest life of potted roses. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v.119(5), p.572-577.
- Serek, M.; Sisler, E.C. and Reid, M.S., 1994b. Novel gaseous ethylene binding inhibitor prevents ethylene in potted flowering plants. **Journal of the American Society of Horticulture Science**, v. 119(6), p. 1230-1233.
- Serek, M. and Reid, M.S., 1993. Anti-ethylene treatment for potted flowering plants – relative efficacy of inhibitors of ethylene action and biosynthesis. **HortScience**, v. 28, p. 1180-1181.
- Sisler, E.C. and Serek, M., 1997. Inhibitors of ethylene responses in plants at the receptor level: recent developments. **Physiologia Plantarum**, v 100, p. 577-582.
- Sisler, E.C.; Dupille, E. and Serek, M., 1996. Effect of 1- methylcyclopropene and methylenecyclopropene on ethylene binding and ethylene action on cut carnations. **Plant Growth Regulator**, v. 18, p. 79-86.

Skong, L.L.; Blom, T.; Schaefer, B.; Digweed, B.; Fraser, H. and Brown, W., 2001. A survey of ethylene contamination in Ontario's floriculture industry and the evaluation of 1-methylcyclopropene and an ethylene absorber as potential solutions. **Acta Horticulturae**, v. 543, p. 55-62.

USDA, 2003. Floriculture Crops 2002 Summary. Agriculture statistics board. <http://usda.mannlib.cornell.edu/reports/nassr/other/zfc-bb/floran03.pdf> (05/07/2004)

Yang, S.F., 1985. Biosynthesis and action of ethylene. **HortScience**, v. 21 (1), p. 41-45.

Willumsen, K. and Fjeld, T., 1995. The sensitivity of some flowering potted plants to exogenous ethylene. **Acta Horticulturae**, v. 405, p. 362-365.

Woltering, E.J., 1986. Sensitivity of various foliage and flowering potted plants to ethylene. **Acta Horticulturae**, v. 181, p. 489 - 492.

## 7. APÊNDICE

QUADRO 5: Resumo da análise de variância, para a variável porcentagem de queda de pétalas de 2 variedades de gerânio em vaso expostas a 3 concentrações de etileno, avaliada em 5 intervalos.

Fonte de Variação	GL	QM
Avaliação	4	30717,51 **
Resíduo (a)	10	99,91
Concentração	2	7446,04 **
Variedade	1	499,38 *
Avaliações x Concentração	8	3276,71 **
Avaliações x Variedade	4	170,49 <sup>ns</sup>
Concentração x Variedade	2	111,64 <sup>ns</sup>
Avaliações x Concentração x Variedade	8	140,09 <sup>ns</sup>
Resíduo (b)	50	73,03
CV (%) parcela		14,52
CV (%) Subparcela		12,41

\*\* F sig 1%, \* F sig 5% e ns F não sig

QUADRO 6: Resumo da análise de variância, para as variáveis vida de prateleira (C30) e número de dias para 50% de queda de pétalas (D50), de 2 variedades de gerânio em vaso expostas a 5 concentrações de 1-MCP, por 4 tempos de exposição.

Fonte de Variação	GL	QM - C30	QM - D50
Tempo de exposição	3	398,06**	27,53**
Resíduo (a)	8	34,53	2,28
Concentração	4	24,25 <sup>ns</sup>	5,79**
Variedade	1	258,13*	9,63*
Tempo de exposição x Concentração	12	39,44 <sup>ns</sup>	2,08 <sup>ns</sup>
Concentração x Variedade	4	129,72 <sup>ns</sup>	2,09 <sup>ns</sup>
Tempo de Exposição x Variedade	3	92,56 <sup>ns</sup>	12,46**
Tempo de Exposição x Variedade x Conc.	12	51,67 <sup>ns</sup>	1,49 <sup>ns</sup>
Resíduo (b)	72	59,77	1,53
CV (%) parcela		45,93	104,72
CV (%) Subparcela		50,15	25,62

\*\* F sig 1%, \* F sig 5% e ns F não sig