

Uso do 1-metilciclopropeno para retardar a maturação de tomate

Juliana Golin Krammes¹; Clarice Aparecida Megguer²; Luiz Carlos Argenta¹; Cassandro Vidal Talamini do Amarante²; Daniel Grossi³

¹EPAGRI, C. Postal 591, 89500-000 Caçador-SC; ²UDESC-CAV, C. Postal 281, 88502-970, Lages-SC; ³Rohm and Haas Company, Av. Roque Petroni Jr., 999, 9º andar, 04707-000, São Paulo-SP; E-mail: argenta@epagri.rct-sc.br

RESUMO

Tomates (*Lycopersicon esculentum*), cultivar 'Santa Clara' e o híbrido 'Carmen' (longa vida), tratados no estágio verde-maduro com 1-metilciclopropeno (1-MCP), apresentaram retardo nos picos de produção de etileno e CO₂, redução nas taxas respiratórias, maior acidez titulável, maior retenção de firmeza e retardo no desenvolvimento de cor vermelha em relação a frutos não tratados, durante vida de prateleira a 23°C. Os teores de sólidos solúveis totais não foram afetados pelo tratamento com 1-MCP. As doses de 1-MCP necessárias para retardar os picos de produção de etileno e CO₂ e aumentar a acidez foram de 300 nl L⁻¹ e 500 nl L⁻¹, para tomates 'Santa Clara' e 'Carmen', respectivamente. Todavia, a retenção de firmeza e o retardo na evolução de cor vermelha da casca foram substanciais com a dose 150 nl L⁻¹ para a cultivar 'Santa Clara', e com a dose de 250 nl L⁻¹ para o híbrido 'Carmen'. Estes resultados mostram o grande potencial de emprego comercial do 1-MCP para retardar a maturação de tomates 'Santa Clara' e 'Carmen' em temperaturas ambientes.

Palavras-chave: *Lycopersicon esculentum* Mill., etileno, respiração, qualidade, vida de prateleira.

ABSTRACT

Use of 1-methylcyclopropene to delay fruit ripening of tomato

Tomatoes (*Lycopersicon esculentum*), cultivar 'Santa Clara' and the hybrid 'Carmen' (long shelf life type), treated at the breaker stage with 1-methylcyclopropene (1-MCP) required a longer period to achieve the peak of ethylene and CO₂ production and had reduced respiration rates, higher acidity, better firmness retention and delayed development of red color in the skin in comparison to untreated fruits during shelf life at 23°C. The soluble solids content was not affected by 1-MCP. For 'Santa Clara' and 'Carmen', the doses of 1-MCP required to delay substantially the peaks of ethylene and CO₂ production and to achieve the highest values of acidity were 300 nl L⁻¹ and 500 nl L⁻¹, respectively. However, substantial firmness retention and delaying of red color development in the skin were achieved at the dose of 150 nl L⁻¹ for 'Santa Clara', and dose of 250 nl L⁻¹ for 'Carmen'. These results show the high potential of commercial use of 1-MCP to delay fruit ripening of 'Santa Clara' and 'Carmen' tomatoes at ambient temperatures.

Keywords: *Lycopersicon esculentum* Mill., ethylene, respiration, quality, shelf life.

(Recebido para publicação em 28 de maio de 2002 e aceito em 2 de julho de 2003)

Embora o tomate seja produzido em diversas regiões do Brasil em diferentes épocas do ano, a sazonalidade da oferta e, especialmente dos preços, ainda ocorre em muitos centros de consumo. Além disto, estima-se que as perdas pós-colheita de tomate no Brasil sejam superiores a 30%, especialmente por deterioração fisiológica, desenvolvimento de doenças e danos mecânicos (Luengo *et al.*, 2001).

A maturação de frutos climatéricos, como o tomate, é regulada pelo etileno (Andrews, 1995; Oetiker & Yang, 1995). Por isso, técnicas de manipulação da produção de etileno podem antecipar ou retardar a maturação de tomates permitindo assim a redução das pressões de oferta e preços, bem como das perdas pós-colheita. O tratamento de frutos com etileno (Pratt & Workman, 1961) ou ethephon (ácido 2-cloroetil fosfônico) (Moura *et al.*, 1998) aumenta a concentração interna de etileno antecipando a maturação de tomates. Plantas mutantes

de tomate, tipo longa vida (Vecchia *et al.*, 2000) ou plantas transgênicas (Oeller *et al.*, 1991), com baixa capacidade de produção de etileno, exibem maturação mais lenta e maior conservação da qualidade pós-colheita que tomates de plantas tipo tradicional. A obtenção de frutos com maior potencial de conservação permite a produção em locais distantes dos centros de consumo e aumenta a tolerância ao manuseio dos frutos nas operações pós-colheita. Estima-se que atualmente tomates tipo longa vida representam cerca de 70% do mercado brasileiro de tomates (Vecchia *et al.*, 2000). No entanto, frutos tipo longa vida chegam ao consumidor com preços elevados, quando comparados às cultivares tipo 'Santa Clara', devido, principalmente, ao alto custo das sementes.

O 1-metilciclopropeno (1-MCP) compete com os sítios receptores do etileno e impede prolongadamente a sua ação em tecidos vegetais (Sisler & Serek, 1997). O 1-MCP apresenta alto potencial de uso

comercial em frutos climatéricos nos quais a redução na ação do etileno resulta em aumento substancial na conservação pós-colheita. O tratamento com 1-MCP pode representar uma ferramenta eficiente na preservação da qualidade pós-colheita de tomates, especialmente dos tipos tradicionais. Recentes estudos indicam que a eficácia do tratamento 1-MCP no controle da maturação de tomates varia com a concentração (Moretti *et al.*, 2002, Wills & Ku, 2002, Hoerberichts *et al.*, 2002) e estágio de maturação dos frutos (Wills & Ku, 2002, Hoerberichts *et al.*, 2002). Tomates em estádios mais avançados de maturação requerem doses maiores de 1-MCP (Wills & Ku, 2002), e, possivelmente, maior tempo de exposição ao produto, para melhor eficiência no retardo da maturação. A adequação da dosagem a um período mínimo de tratamento provavelmente é desejável para evitar aumento do período de manuseio pós-colheita e gastos com infra-estrutura (Wills & Ku, 2002).

Neste estudo avaliou-se os efeitos de doses de 1-MCP sobre a maturação e qualidade pós-colheita de tomates, cultivar 'Santa Clara' e híbrido 'Carmen' (tipo longa vida), tratados no estádio verde-maduro e mantidos sob temperaturas ambientes.

MATERIAL E MÉTODOS

Tomates, híbrido 'Carmen' (tipo longa vida) e cultivar 'Santa Clara', foram obtidos no mercado atacadista de Caçador, SC, em agosto de 2001 e em março de 2002, respectivamente. Frutos selecionados, em estádio verde-maduro, foram expostos ao 1-MCP nas doses de 0; 150 e 300 nl L⁻¹ para a cultivar 'Santa Clara', e nas doses de 0; 250, 500 e 1000 nl L⁻¹ para o híbrido 'Carmen', por 16 h, a 25°C, em uma câmara hermética de 0,340 m³. O gás de 1-MCP foi gerado misturando-se Agrofresh™ (SmartFresh Inc.) e água a 35°C num frasco de 500 mL e bombeado à câmara de tratamento em sistema fechado, por um período necessário para alcançar a concentração desejada. A concentração de 1-MCP no ar da câmara de tratamento foi determinada por meio de um cromatógrafo a gás (Shimadzu 14B, Tóquio) equipado com um detector de ionização de chama e coluna de vidro de 0,5 m e diâmetro interno de 3,2 mm, empacotada com Poropak Q, 80 a 100 mesh, usando 1-MCP (SmartFresh Inc.) como padrão (1.420 nl L⁻¹). Temperaturas do forno, do detector e do injetor foram de 90; 200 e 100°C, respectivamente. Os fluxos de N₂, H₂ e ar utilizados foram de 25; 25 e 300 ml min⁻¹, respectivamente.

Após o tratamento, os frutos foram mantidos em câmara de maturação a 23±0,3°C e UR de 80±5%, durante 18 dias para a cultivar 'Santa Clara' e 21 dias para o híbrido 'Carmen'. A qualidade e a maturação de cada fruto foram estimados a cada 3 dias através das análises dos teores de sólidos solúveis totais (SST), acidez titulável (AT), firmeza da polpa e cor da casca. Os teores de SST e AT foram determinados em suco preparado com espremedor tipo Champion (Plastaket Mgf., Lodi, CA). O teor de SST foi medido usando-se refratômetro digital com compensação automática de temperatura (Atago, Tokyo), e a AT determinada pela

titulação de 5 ml de suco com NaOH 0,1 N até pH 8,2, usando-se um titulador automático (Radiometer, Copenhagen, Dinamarca). A AT foi expressa em percentagem, assumindo o ácido cítrico como ácido predominante no suco de tomate. A firmeza da polpa foi medida em dois lados opostos da superfície de cada fruto, pela utilização de um texturômetro com ponteira de 7 mm (Güss, África do Sul). A cor da casca dos frutos foi estimada visualmente, dando-se notas 1 a 6, conforme tabela de cores para tomates (Cantwell, 1999).

As taxas respiratórias (produção de CO₂) e de produção de etileno foram avaliadas diariamente e a cada 3 dias para tomates 'Santa Clara' e 'Carmen', respectivamente. Amostras de frutos foram colocadas em jarras de 4L, supridas com ar comprimido, livre de etileno, a 100 ml min⁻¹, e mantidas a 23±0,3°C. No ar efluente foi analisada a concentração de CO₂, por meio de um cromatógrafo a gás (Shimadzu 14B, Tóquio) equipado com metanizador (Shimadzu, MTN-1, Tóquio), detector de ionização de chama e coluna de aço inoxidável de 0,6 m e diâmetro interno de 2 mm, empacotada com Poropak Q, 80 a 100 mesh (Supelco, Bellefonte, EUA). As temperaturas do forno, do detector, do metanizador e do injetor foram de 50; 200; 290 e 150°C, respectivamente. Os fluxos de N₂, H₂ e ar utilizados foram de 70; 30 e 300 ml min⁻¹, respectivamente. A concentração de etileno no ar efluente foi determinada por meio de um cromatógrafo a gás usando-se o mesmo procedimento da determinação da concentração de CO₂, exceto a coluna de vidro empregada, que tinha 0,5 m e diâmetro interno de 3,2 mm.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com 20 repetições (um fruto por repetição), e os dados foram analisados com o programa SAS (SAS Institute, Inc.). Os efeitos de tratamento foram analisados pelo procedimento ANOVA, procedendo-se à separação das médias dos tratamentos com o teste LSD (P = 0,05).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A ascensão da produção de etileno foi retardada em aproximadamente 3

dias e o pico de produção de etileno em aproximadamente 6 dias nos frutos da cultivar 'Santa Clara' tratados com 1-MCP, em ambas as doses, 150 e 300 nl L⁻¹, em relação a frutos não tratados (Figura 1). As taxas de produção de etileno em frutos tratados com 150 e 300 nl L⁻¹ de 1-MCP permaneceram inferiores ao controle até o 7º e 10º dia após o tratamento, respectivamente. No pico, frutos tratados com a dose de 300 nl L⁻¹ apresentaram taxas de produção de etileno ligeiramente inferiores aos frutos tratados com a dose de 150 nl L⁻¹. Tomates 'Carmen' tratados com 1-MCP nas doses de 250; 500 e 1000 nl L⁻¹ apresentaram um retardo no pico de produção de etileno de aproximadamente 3; 6 e 12 dias, respectivamente, em relação aos frutos controle (Figura 2). Hoerberichts *et al.* (2002) conseguiram inibir a produção de etileno em tomates verde-maduros por aproximadamente 11 dias, tratando os frutos com 1-MCP, na dose de aproximadamente 100 nl L⁻¹ (a 20°C, durante 20 h), na colheita e após 8 dias de vida de prateleira. Todavia, em tomates maduros, Wills & Ku (2002) conseguiram inibir a produção de etileno por apenas 5 dias quando os frutos foram tratados com 1-MCP durante 2 h (a 20°C) na dose de 100 nl L⁻¹.

Em tomates 'Santa Clara' e 'Carmen' não tratados com 1-MCP (controle), o climatério respiratório ocorreu no 3º dia de armazenamento, enquanto que, em frutos tratados com 1-MCP, ocorreu nos 13-15º dias e nos 15-18º dias, para tomates 'Santa Clara' e 'Carmen', respectivamente (Figuras 1 e 2). Na cultivar 'Santa Clara', a taxa respiratória no climatério foi reduzida em aproximadamente 22 e 35% em frutos tratados com 150 nl L⁻¹ e 300 nl L⁻¹ de 1-MCP, respectivamente (Figura 1), enquanto no híbrido 'Carmen' houve redução de 27 e 29% nos frutos tratados com 250 nl L⁻¹ e 500 nl L⁻¹ de 1-MCP, respectivamente (Figura 2), em relação aos frutos controle. No híbrido 'Carmen', apesar dos frutos tratados com 1000 nl L⁻¹ apresentarem aumento na produção de etileno até o 18º dia de vida de prateleira, os mesmos não exibiram aumento climatérico da respiração até o final do período de armazenamento (Figura 2).

Em tomates ‘Santa Clara’ e ‘Carmem’, tratamentos com 1-MCP resultaram em maior acidez titulável e retenção de firmeza da polpa e retardo no desenvolvimento de cor vermelha durante todo o período de vida de prateleira (Figuras 1 e 2).

Para a cultivar ‘Santa Clara’, frutos tratados com 1-MCP na dose de 300 nl l^{-1} apresentaram valores significativamente maiores de acidez que frutos tratados com a dose de 150 nl l^{-1} do 6° até o 12° dia de armazenamento (Figura 1). Em tomates ‘Carmem’, o tratamento com 1-MCP, em doses iguais ou superiores a 250 nl l^{-1} , promoveu boa retenção de acidez em relação aos frutos controle (Figura 2). Todavia, após o 9° dia de vida de prateleira, frutos tratados com 500 e 1000 nl l^{-1} apresentaram maior acidez que frutos tratados com 150 nl l^{-1} . Wills & Ku (2002) também observaram maiores valores de acidez em tomates tratados com doses maiores de 1-MCP durante a vida de prateleira. Os maiores valores de acidez em frutos tratados com 1-MCP podem ser resultado da redução das taxas respiratórias, o que reduz o consumo de ácidos orgânicos nas células dos frutos durante a vida de prateleira.

Na cultivar ‘Santa Clara’, frutos tratados com 1-MCP apresentaram um retardo de aproximadamente 5 dias na perda de firmeza em relação a frutos não tratados, sendo que não houve diferença substancial entre as doses de 150 e 300 nl l^{-1} para este atributo (Figura 1). Moretti *et al.* (2002), trabalhando com a mesma cultivar, observaram ligeiro aumento na retenção de firmeza durante a vida de prateleira, com o aumento na dose de 1-MCP de 250 nl l^{-1} para 1000 nl l^{-1} . Tomates ‘Carmem’, tratados com 1-MCP na dose de 1000 nl l^{-1} foram ligeiramente superiores na retenção de firmeza quando comparados aos frutos tratados com as doses de 250 e 500 nl l^{-1} (Figura 2). Durante o período de vida de prateleira, tomates ‘Carmem’ tratados com 1-MCP nas doses de 250-500 nl l^{-1} e 1000 nl l^{-1} , apresentaram retardo de aproximadamente 5-6 dias e 8-12 dias, respectivamente, na perda de firmeza da polpa em relação a frutos não tratados.

Na cultivar ‘Santa Clara’, após seis dias de vida de prateleira, frutos tratados com 1-MCP nas doses de 150 e 300

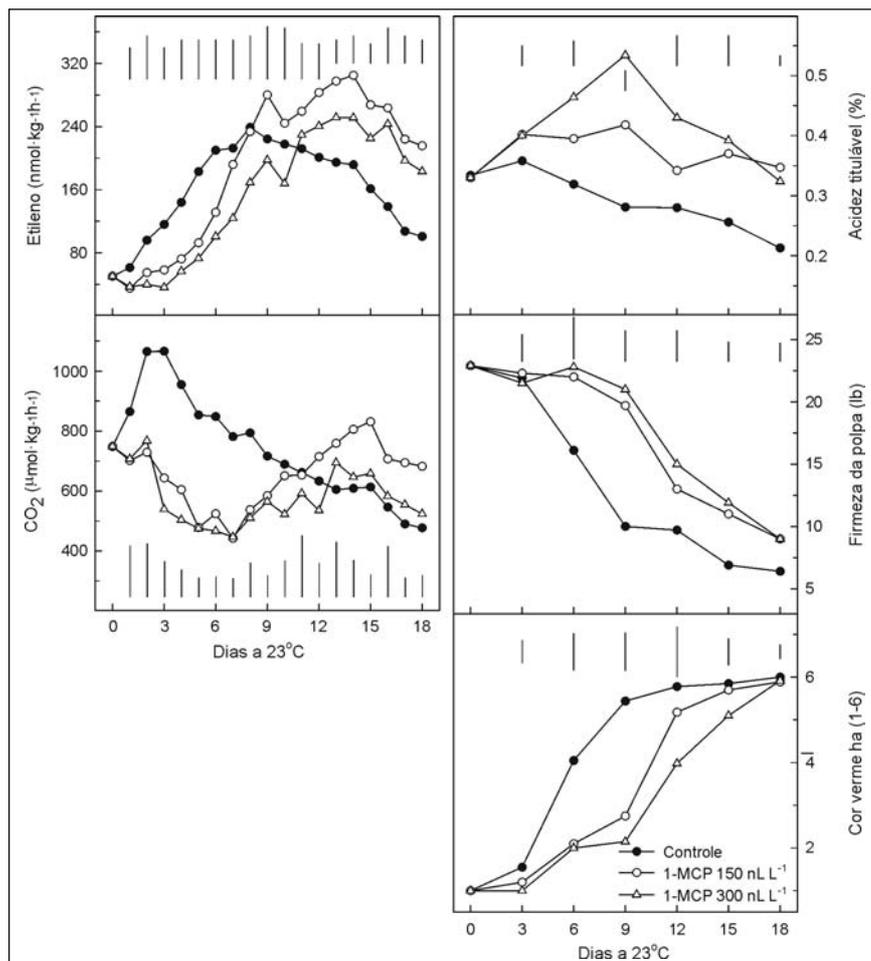


Figura 1. Taxas de produção de etileno e CO_2 , acidez titulável, firmeza de polpa e cor vermelha da casca em tomate cultivar ‘Santa Clara’, tratado com diferentes concentrações de 1-MCP e mantido à temperatura de 23°C.

Diferenças mínimas significativas (DMS) entre tratamentos, indicadas no interior da figura, foram calculadas pelo teste LSD ($\alpha=0,05$).

nl l^{-1} apresentaram retardo na evolução inicial de cor vermelha de aproximadamente 4 e 5-8 dias, respectivamente, em relação aos frutos controle. Nesta cultivar, a cor vermelha atingiu valores máximos aos 9, 15 e 18 dias de vida de prateleira, para frutos tratados com 1-MCP nas concentrações de 0; 150 e 300 nl l^{-1} , respectivamente (Figura 1). Tomates ‘Carmem’ tratados com 1-MCP nas doses de 250; 500 e 1000 nl l^{-1} apresentaram retardo na evolução inicial de cor vermelha de aproximadamente 3; 6 e 9 dias, respectivamente, em relação ao controle (Figura 2). Tomates ‘Carmem’ não tratados com 1-MCP atingiram valores máximos de cor vermelha aos 9 dias de vida de prateleira, enquanto frutos tratados com 1-MCP nas doses de 250 a 1000 nl l^{-1} , o máximo de cor vermelha foi atingido em torno do 21° dia

de vida de prateleira (Figura 2). Hoerberichs *et al.* (2002) observaram forte inibição no desenvolvimento da coloração vermelha em tomates verde maduros tratados duas vezes com 1-MCP (100 nl l^{-1} , na colheita e novamente 7 dias após), sendo que, mesmo após 18 dias de vida de prateleira, os frutos tratados não haviam atingido a cor de casca dos frutos controle.

Durante todo o período de armazenamento não foram observadas diferenças significativas nos teores de sólidos solúveis totais em tomates ‘Santa Clara’ e ‘Carmem’ (dados não apresentados). Resultados similares foram obtidos em tomate por outros autores (Moretti *et al.*, 2002; Wills & Ku, 2002), mostrando que o 1-MCP tem maior efeito na redução do consumo respiratório

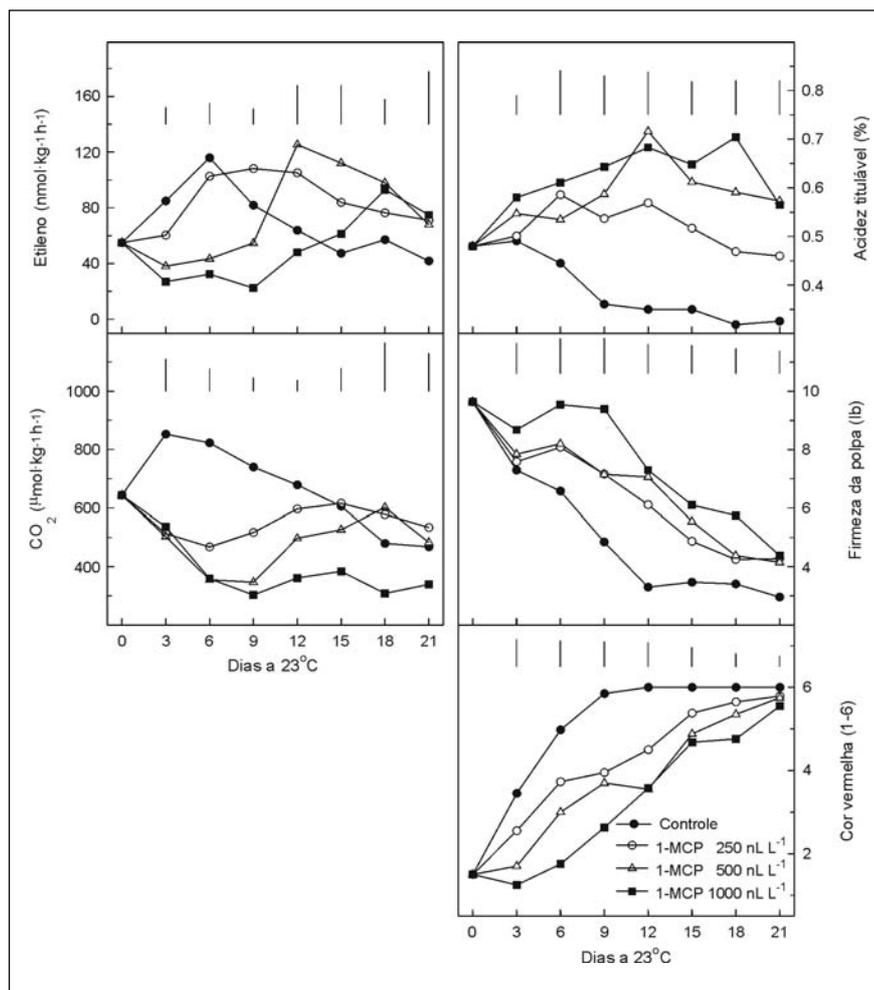


Figura 2. Taxas de produção de etileno e CO₂, acidez titulável, firmeza de polpa e cor vermelha da casca em tomate ‘Carmen’ (híbrido tipo longa vida), tratado com diferentes concentrações de 1-MCP e mantido à temperatura de 23°C. Diferenças mínimas significativas (DMS) entre tratamentos, indicadas no interior da figura, foram calculadas pelo teste LSD ($\alpha=0,05$).

de ácidos orgânicos do que de açúcares solúveis durante a vida de prateleira (Wills & Ku, 2002).

Este trabalho demonstra o grande potencial de emprego comercial do 1-MCP para retardar a maturação de tomates em temperaturas ambientes. Os resultados obtidos mostram que o tratamento de tomates a temperatura ambiente com 1-MCP durante 16 h retardou os picos de produção de etileno e CO₂, reduziu as taxas respiratórias e retardou substancialmente a maturação de tomates ‘Santa Clara’ e ‘Carmen’ (tipo longa vida) durante a vida de prateleira. O tratamento com 1-MCP na dose 1000 nL L⁻¹ foi mais efetivo na supressão do climatério respiratório que no aumento

da produção de etileno e no desenvolvimento da cor da casca (Figura 2) indicando que o 1-MCP pode alterar o sincronismo de alguns processos fisiológicos relacionados à maturação de tomates. Para tomates ‘Santa Clara’ e ‘Carmen’, as doses mínimas de 1-MCP requeridas para a obtenção de valores mais altos de acidez foram de 300 nL L⁻¹ e 500 nL L⁻¹, respectivamente. Todavia, a retenção de firmeza e o retardo na evolução de cor vermelha da casca foram substanciais com a dose 150 nL L⁻¹ na cultivar ‘Santa Clara’, e com a dose de 250 nL L⁻¹ no híbrido ‘Carmen’. Todavia, trabalhos adicionais devem ser conduzidos em tomates, para avaliar as interações entre doses de 1-MCP, tem-

peratura e tempo de exposição e estágio de maturação dos frutos por ocasião do tratamento, visando otimizar a eficiência de emprego comercial do 1-MCP em tomates.

LITERATURA CITADA

- ANDREWS, J. The climacteric respiration rise in attached and detached tomato fruit. *Postharvest Biology and Technology*, v. 6, n. 3-4, p. 287-292, 1995.
- CANTWELL, M. Optimum procedures for ripening tomatoes. In: *Management of fruit ripening*. Postharvest Horticulture Series, n. 9. UC-Davis: Research and Information Center, 1999, p. 31-37.
- HOEBERICHTS, F.A.; VAN DER PLAS, L.H.W.; WOLTERING, E.J. Ethylene perception is required for the expression of tomato ripening - related genes and associated physiological changes even at advanced stages of ripening. *Postharvest Biology and Technology*, v. 26, n. 2, p. 125-133, 2002.
- LUENGO, R.F.A.; MOITA, A.W.; NASCIMENTO, E.F.; MELO, M.F. Redução de perdas pós-colheita em tomate de mesa acondicionado em três tipos de caixas. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v. 19, n. 2, p. 151-154, 2001.
- LUENGO, R.F.A.; CALBO, A.G. *Armazenamento de hortaliças*. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2001. 242 p.
- MORETTI, C.L.; ARAÚJO, A.L.; MAROUELLI, W.A.; SILVA, W.L.C. 1-MCP delays tomato fruit ripening. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v. 20, n. 4, p. 659-663, 2002.
- MOURA, M.A.; ZANIN, S.R.; FINGER, F.L. Amadurecimento de tomate com pulverização de diferentes doses de ethephon associado com espalhante adesivo. *Revista Brasileira de Armazenamento*, Viçosa, v. 23, n. 1, p. 11-14, 1998.
- OELLER, P.W.; LU, M.W.; TAYLOR, L.P.; PIKE, D.A.; THEOLOGIS, A. Reversible inhibition of tomato fruit senescence by antisense RNA. *Science*, v. 254, n. 5030, p. 437-439, 1991.
- OETIKER, J.H.; YANG, S.F. *The role of ethylene in fruit ripening*. Acta Horticulturae, n. 398, p. 167-178, 1995.
- PRATT, H.K.; WORKMAN, M. Studies on the physiology of tomato fruits. III. The effect of ethylene on respiration and ripening behavior of fruits stored at 20°C after harvest. *Proceeding of the American Society for Horticultural Science*, v. 81, p. 466-479, 1961.
- SISLER, E.C.; SEREK, M.E. Inhibitors of ethylene response in plants at the receptor level: recent developments. *Physiologia Plantarum*, v. 100, n. 3, p. 577-582, 1997.
- VECCHIA, P.T.D.; KOCH, P.S. Tomates longa vida: o que são, como foram desenvolvidos? *Horticultura Brasileira*, Brasília, v. 18, n. 1, p. 3-4, 2000.
- WILLS, R.B.H.; KU, V.V.V. Use of 1-MCP to extend the time to ripen of green tomatoes and postharvest life of ripe tomatoes. *Postharvest Biology and Technology*, v. 26, n. 1, p. 85-90, 2002.