

Produção de etileno em frutos de ameixeira '*Prunus domestica*' sujeitos a duas temperaturas de conservação

Ethylene production by '*Prunus domestica*' plums during storage at two different temperatures

A.E. Rato¹, J.M. Barroso¹, A.C. Agulheiro¹

RESUMO

A síntese de etileno em frutos climatéricos tem sido bastante estudada pela influência que tem na conservação dos mesmos. Por esse motivo tem-se tentado através de alterações das condições ambientais, influenciar a produção de etileno. Em muitas espécies a exposição dos frutos ao frio favorece a síntese de etileno, quando estes são transferidos para a temperatura ambiente, também a actividade enzimática da ACC sintetase aumenta rapidamente nos frutos quando da sua passagem para a temperatura ambiente. Em algumas variedades de pêras e maçãs têm-se mesmo utilizado a exposição a baixas temperaturas apenas com o objectivo de conseguir uma maturação mais homogénea e uma textura aceitável.

Relativamente à ameixeira *Prunus domestica* L. 'Rainha Claudia Verde' existe pouca informação acerca da expressão dos genes que controlam a maturação, mais concretamente das enzimas ACC sintetase e ACC oxidase. Durante a maturação da ameixa 'Rainha Claudia Verde' observa-se um aumento na produção de etileno e na taxa de respiração, paralelamente a um decréscimo da acidez e da firmeza dos fru-

tos. No entanto, contrariamente à maioria das espécies fruteiras, nesta variedade observa-se uma diminuição na taxa de produção de etileno quando os frutos, sujeitos à conservação pelo frio, são posteriormente retirados para a temperatura ambiente. Este decréscimo é tanto mais acentuado quanto maior for o período de exposição ao frio. Esta variedade é habitualmente conservada entre os 0-2 °C e apresentando um período de comercialização de 2 semanas após a colheita.

Pretendeu-se com este trabalho perceber que tipo de efeito existe relativamente à produção de etileno nesta variedade. Estudou-se a influência de duas temperaturas de conservação, (1 °C e 7 °C ± 1 °C), na produção de etileno. Os frutos foram sujeitos a diferentes períodos de conservação frigorífica: 0, 2, 5, 8 e 14 dias, ao fim dos quais era retirada uma amostra para monitorização da produção de etileno. Estudou-se ainda a evolução, da textura, da acidez, e do SSC (teor dos sólidos solúveis) dos frutos durante a sua conservação frigorífica.

Dos resultados obtidos verificou-se que a conservação dos frutos a 7 °C não influencia significativamente a produção de etileno, 0,3 nl/g/h, quando comparado com os frutos

¹ Depto. de Fitotecnia, Instituto de Ciências Agrárias Mediterrânicas (ICAM), Universidade de Évora, - Apartado 94 - 7002-554 Évora, e-mail: aerato@uevora.pt

não sujeitos ao frio. Os frutos conservados à temperatura de 1 °C durante 14 dias produziram menores quantidades de etileno quando comparados com os restantes grupos. Um período de conservação de 2 dias a 7 °C induziu nos frutos um aumento na produção de etileno quando comparados com os frutos não sujeitos ao frio. Em ambas as temperaturas de conservação, verificou-se uma antecipação no pico do climatérico, quando se compararam frutos com e sem conservação frigorífica.

ABSTRACT

Low temperatures interacts with ethylene biosynthesis and ripening in many species. Exposure fruits to low temperatures promotes ethylene biosynthesis in a number of apple and pears cultivars because low temperatures stimulates ACC synthase activity after fruits being warmed up.. Some pears and apples varieties required a cold treatment to achieve good colour, acceptable texture and flavour.

In '*Prunus domestica*' plums cv 'Raíña Claudia verde', a climacteric fruit, there is little information about ripening process but we observed after a cold storage period a decrease in ethylene production upon re-warming. The longer the storage period the stronger the depress in ethylene biosynthesis. This cultivar is usually stored at 0-2 °C, it has small commercial period because of its short postharvest life. In cold chambers fruits became soft very quickly and improper to commercialise.

The aim of this study was to compare the effect of two different storage temperatures (1 °C and 7 °C ±1°) during 0, 2, 5, 8, and 14 days in ethylene production upon re-warming of 'Raíña Claudia Verde' plums. It was also studied, during cold storage, the evolu-

tion of fruits softening rate, % acidity and SSC (soluble solids content).

Upon re-warming, it was observed at end of storage period (14 days), in fruits held at 1 °C, a decrease in ethylene production, relative to controls. In fruits held at 7 °C the storage period didn't affected the maximum ethylene production, 0,3 nl/g/h.. A short period of cold (2 days at 7 °C) induced an enhancement of ethylene production relative to fruits held at 20 °C.

SSC and % acidity showed an expected evolution. At end of storage period fruits showed a higher SSC and lower % acidity due to metabolic processes and transpiration. Fruits held at 7 °C showed a higher SSC and a lower % acidity than fruits held at 1 °C. Fruit firmness decrease during the storage period. Fruits held at 7 °C remained significantly firmer after 14 days storage than fruits held at 1 °C.

Despite SSC and % acidity evolutions suggests that fruit storage conditions are better at lower temperatures, fruits held at 7 °C showed a lower softening rate and a higher ethylene production rate than fruits held at 1 °C. The role of ethylene in softening and ethylene cold induction of this cultivar may be clarified by future research on ACC oxidase and ACC synthase and in ethylene sensitivity.

INTRODUÇÃO

A evolução da maturação nos frutos com climatérico é caracterizada, entre outros aspectos, pelo aumento da produção de etileno. Nestas espécies, o máximo da produção de etileno marca o ponto irreversível da maturação, após o que se inicia a senescência.

A exposição a baixas temperaturas promove a produção de etileno em pêras, maçãs, kiwi e pepino (Agar, *et al.*, 1999, Gerasopoulos & Richardson, 1997, Lara & Ven-

drell, 2003, Larrigaudiere *et al.*, 1997, Lelièvre *et al.*, 1995, Tian *et al.*, 2002). Nas variedades de pêra de maturação mais tardias como 'D'Anjou' e 'Passe-Crassane' torna-se mesmo necessário a aplicação de um tratamento pelo frio para que a maturação ocorra normalmente (Gerasopoulos & Rishardson, 1997, Lelièvre *et al.*, 1995, Agar *et al.*, 1999). Em algumas variedades de maçãs ('Granny Smith' e 'Pacific Rose') observou-se que o efeito dos tratamentos prévios pelo frio poderiam substituir os efeitos de um pré-tratamento por etileno, para que os frutos atingissem a consistência pretendida (Johnston *et al.*, 2002). O efeito do frio na conservação dos frutos está muito estudado para espécies tropicais que apresentam uma sensibilidade maior aos danos provocados pelo frio. Em mangas da var. 'Keitt', espécie climatérica, verificou-se que a produção de etileno a 20 °C não era aumentada quando se sujeitavam os frutos a temperaturas baixas (0,2 e 5 °C) durante a conservação (Lederman *et al.*, 1997).

Na origem do estímulo da produção de etileno está a conversão de ACC (aminociclopropano-1-ácido carboxílico) em etileno mediado pelas enzimas ACC oxidase (ACO) e ACC sintetase (ACS). O frio promove um aumento da actividade das enzimas ACC oxidase e sintetase. Assim, em maçãs da variedade 'Braeburn' verificou-se que o aumento brusco na produção de etileno a 20 °C após a conservação frigorífica deveu-se a uma maior actividade das enzimas ACS e ACO, sendo esta última activada só quando os frutos são retirados do frio para a temperatura ambiente (Tian *et al.*, 2002). Em mangas da var. 'Keitt' a produção de etileno a 20 °C só era aumentada quando se adicionava ACC ao meio e que este aumento era tanto maior quanto menor fosse a temperatura de conservação a que os frutos foram sujeitos. Estes resultados sugerem, para esta espécie, um aumento da acti-

vidade da enzima ACC oxidase provocado pela diminuição de temperatura (Lederman *et al.*, 1997).

As nectarinas apresentam um tipo de dano provocado pelo frio que se identifica por uma diminuição da consistência e ausência de sumo na polpa dos frutos. Ao contrário de outras espécies em que o aparecimento dos danos pelo frio está associado a um aumento brusco da síntese de etileno, quando os frutos são retirados da conservação para a temperatura ambiente, em nectarinas, o aparecimento de danos pelo frio parece estar relacionado com a inibição da produção de etileno inibição esta provocada pelo frio. A aplicação de etileno em nectarinas da variedade 'Flavortop', durante a conservação, diminuiu o aparecimento de danos pelo frio. (Zhou *et al.*, 2001).

Na ameixa *Prunus domestica* cv 'Raíinha Claudia verde' observa-se que a conservação frigorífica a 2 °C com a passagem posterior dos frutos para 20 °C, leva a uma diminuição na produção de etileno. Esta diminuição verifica-se logo ao fim de 6 dias de conservação frigorífica observando-se sucessivos decréscimos durante os 35 dias de ensaio (Rato *et al.*, 2005). Esta variedade apresenta um curto período de comercialização cerca de 2 a 3 semanas após a colheita, tornando-se a polpa dos frutos no final deste período pouco consistente.

Com este trabalho pretendeu-se estudar o comportamento que esta variedade teria à temperatura ambiente quando anteriormente fora sujeita a duas temperaturas de conservação e qual a influência destes dois regimes térmicos na produção de etileno, firmeza e composição química dos frutos.

MATERIAL E MÉTODOS

Os frutos foram colhidos de um pomar localizado em Estremoz, quando se encon-

travam na maturação comercial, isto é quando apresentam 17% de SSC (sólidos solúveis totais) e a polpa se destaca facilmente do caroço. Após a colheita os frutos foram divididos em dois grupos e conservados a 1° e 7 °C respectivamente. Um terceiro grupo de 10 frutos foi escolhido para monitorizar a produção de etileno a 20 °C, ou seja sem o efeito do frio. Grupos de 10 frutos foram retirados da câmara ao fim de 2, 5, 8 e 14 dias de conservação sendo a produção de etileno avaliada a 20 °C.

Para a recolha de etileno utilizaram-se contentores com ventilação controlada onde os frutos foram encerrados durante todo o período de colheita de amostras. As amostras foram recolhidas do espaço de cabeça sendo injectado 1 ml num cromatógrafo HP serie 6890 equipado com detector FID a 280 °C, com uma coluna de enchimento PORAPAK N (80/100 mesh). O gás de arraste utilizado foi azoto (20ml/min), a temperatura do forno foi 70 °C. (Song e Bangerth, 1996). Para além da produção de etileno foram analisadas, em todas as amostras, a concentração de Sólidos Solúveis Totais (SSC) em °Brix, a acidez titulável expressa em % de ácido málico, e a firmeza da polpa. Para a avaliação da firmeza dos frutos foram analisados um grupo de 10 frutos que foram retirados no final de cada período de conservação, após o teste da firmeza o mesmo grupo de frutos era utilizado para a avaliação da acidez e o valor de SSC. O dispositivo utilizado na avaliação da firmeza dos frutos foi um texturómetro TA-HDi com uma sonda cilíndrica de 3 mm de diâmetro de base plana. Para o efeito retirou-se a epiderme dos frutos considerando-se como parâmetro de avaliação a força máxima de penetração da sonda na polpa (Fmax). A avaliação da acidez foi efectuada por titulação e o teor de SSC foi avaliado por refractometria com um refractómetro modelo ATAGO. A análise estatística foi efectuada no software Statistica 5.0.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A evolução crescente dos SSC deve-se à maior desidratação dos frutos e não à degradação do amido já que esta espécie não tem amido como açúcar de reserva (Figura 1) (Seymour *et al.*, 1993). Tendo a transpiração valores mais elevados a temperaturas mais altas, os frutos conservados a 7 °C têm um teor de sólidos solúveis totais mais elevado por haver uma maior concentração de todos os constituintes celulares.

A % de acidez verificada nos frutos conservados a uma temperatura de 7 °C foi inferior à verificada nos frutos mantidos a 0 °C ainda que em ambas as temperaturas a tendência tenha sido decrescente ao longo do período de conservação (Figura 2). Resultados semelhantes foram obtidos em pêras var. 'Anjou' em que no final de um período de maturação a 20 °C, após um tratamento prévio pelo frio, registaram valores da acidez inferiores aos valores iniciais (Gerasopolous & Richardson, 1997). A diminuição da acidez ao longo da conservação tem origem, após a colheita, no consumo de ácidos como reserva energética nos frutos (Seymour *et al.*, 1993). À temperatura de 7 °C a respiração dos frutos tem valores mais elevados o que justifica os valores inferiores da acidez para esta temperatura de conservação.

Para as duas temperaturas de conservação observou-se um decréscimo na firmeza da polpa (Figura 3). À temperatura ambiente e após a colheita, ocorre nas paredes celulares dos frutos uma degradação da pectina da lamela média o que leva a uma perda da consistência da polpa dos frutos (Seymour *et al.*, 1993).

Neste ensaio, observou-se, ao fim dos 14 dias de conservação a 7 °C que os frutos apresentaram uma firmeza significativamente superior ($p < 0,0011$) relativamente aos frutos conservados a 1 °C (Figura 3). Resultados semelhantes foram obtidos por

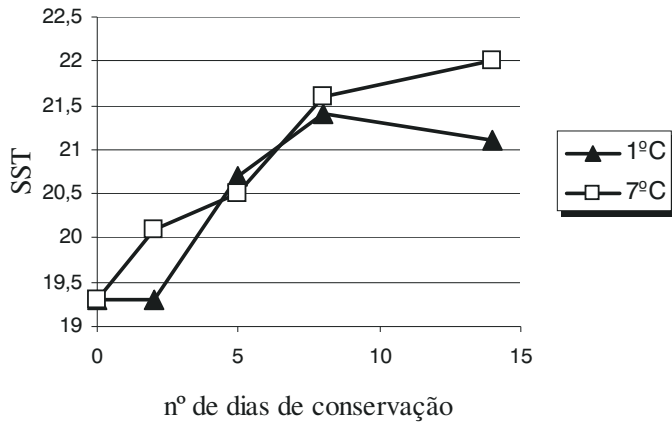


Figura 1 – Evolução dos SSC em frutos conservados a duas temperaturas diferentes

Martinez-Romero *et al.* (2003) em pepino onde observaram uma maior perda de firmeza nos frutos conservados a 1 °C comparativamente aos frutos conservados a temperaturas superiores. Nesta espécie, segundo estes autores, os danos pelo frio parecem estar na origem da redução de firmeza verificada a 1 °C.

Observou-se nos frutos de ameixa que estiveram à temperatura de 1 °C durante 14 dias que o máximo na produção de etileno (0,20 nl de etileno/g/h) ocorreu 3 dias mais cedo do que nos frutos conservados apenas 2 dias nas mesmas condições (Figura 4 e Figura 5). Esta antecipação do climatérico, após a conservação frigorífica, foi igualmente

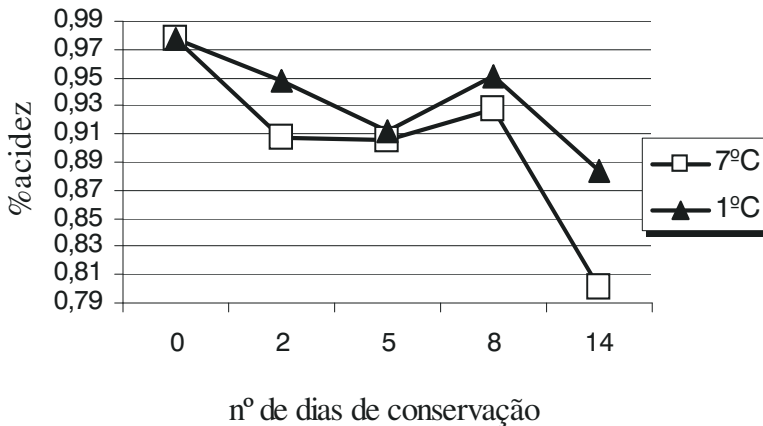


Figura 2 – Evolução da acidez em frutos conservados a duas temperaturas diferentes

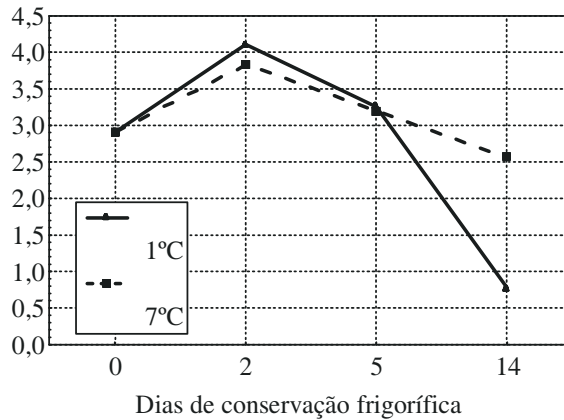


Figura 3 – Evolução da firmeza dos frutos após conservação a 1 °C e 7 °C

observada por Tian *et al.* (2002) em maçãs da var. ‘Braeburn’ e por Gerasopoulos & Richardson (1997) em pêras da var. ‘d’Anjou’.

Verificou-se também que nos frutos sujeitos a 1 °C durante apenas 2 dias o valor máximo da produção de etileno foi de 0,240 nl/g/h. Para os restantes períodos de conservação em estudo (5 e 8 dias) a 1 °C, observou-se, de igual forma, uma diminuição gradual do valor máximo da produção de etileno à temperatura ambiente (dados não

apresentados). Em kiwi ‘Hayward’ Antunes & Sfakiotakis (2002) verificaram um acréscimo no máximo da produção de etileno a 20 °C, nos frutos após conservação a 0 °C durante 12 dias, no entanto para períodos de conservação de 17 dias a quantidade de etileno produzida diminuía bruscamente. Segundo estes autores a capacidade de produzir etileno depende do tempo de exposição às baixas temperaturas. Nos frutos expostos

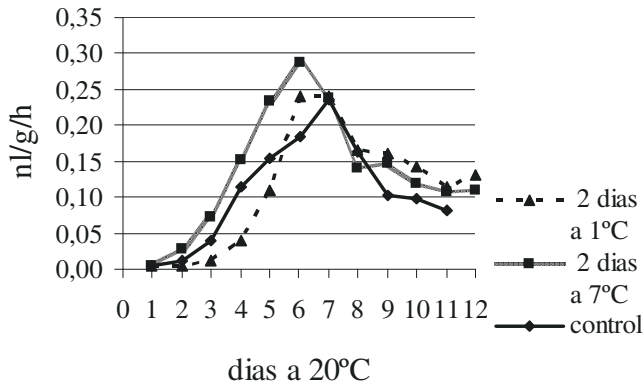


Figura 4 – Evolução da produção de etileno (nl/g/h) a 20 °C em frutos com 2 dias de conservação frigorífica

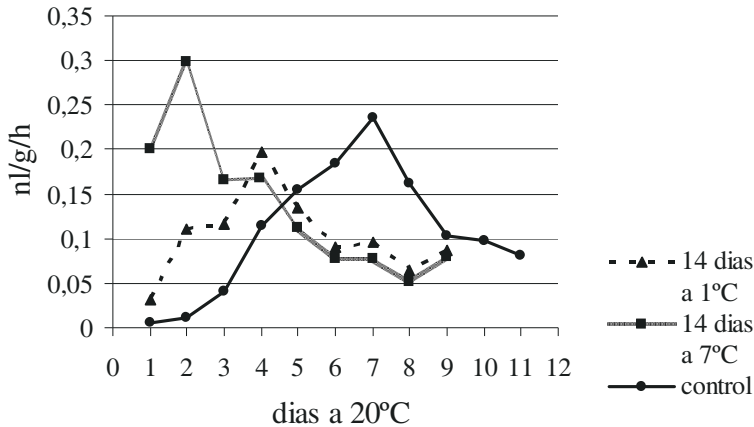


Figura 5 – Evolução da produção de etileno (nl/g/h) a 20 °C em frutos com 14 dias de conservação frigorífica

ao frio por períodos longos podem ocorrer danos na enzima ACO que levam à diminuição da produção de etileno (Antunes & Sfakiotakis, 1997).

Os frutos que não foram sujeitos ao tratamento pelo frio apresentaram um máximo de 0,24 nl/g/h para a produção de etileno após 7 dias à temperatura ambiente (Figuras 4 e 5).

Para os frutos conservados a 7 °C durante 14 dias, o climatérico ocorreu 4 dias antes comparando com os frutos conservados apenas 2 dias (Figura 4 e Figura 5). Verificando-se ainda que o valor máximo atingido foi para aquele grupo de frutos, o mais elevado (0,30 nl/g/h).

CONCLUSÕES

Os frutos conservados a 7 °C apresentaram-se relativamente aos frutos conservados a 1 °C mais firmes, no final do período de 14 dias de conservação. A evolução dos SSC e da acidez (expressa em ácido málico) mostraram que os frutos conserva-

dos a 7 °C estavam simultaneamente mais doces e menos ácidos que os frutos conservados a 1 °C.

Considerando as 3 temperaturas de conservação (1°, 7° e 20 °C), só a temperatura de conservação de 1 °C levou a um decréscimo do climatérico. Os frutos conservados a 7 °C apresentaram, para qualquer período de conservação, um valor máximo para a produção de etileno de 0,3 nl/g/h. Este valor foi superior ao valor máximo exibido pelos frutos conservados a 20 °C. Os resultados apresentados parecem indicar a ocorrência de danos provocados pelo frio nesta variedade. Seria interessante perceber em futuros trabalhos qual a relação destes danos nesta variedade com a acção das enzimas ACO e ACS

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agar, T.I., Biasi, W.V. & Mitcham, E.J. 1999. Exogenous Ethylene accelerates ripening responses in Bartlett pears regardless maturity or growing region. *Postharvest Biology and Technology*. **17**: 67-78.

- Antunes, M.D.C. & Sfakiotakis, E.M. 1997. Ethylene Production of 'Hayward' Kiwifruit after ultra low oxygen or controlled atmosphere storage. *Acta Hort.*, **444(2)**: 535-540.
- Antunes, M.D.C. & Sfakiotakis, E.M. 2002. Chilling induced ethylene biosynthesis in 'Hayward' kiwifruit following storage. *Scientia Horticulturae*, **92**: 29-39.
- Gerasopoulos, D. & Richardson, D.G. 1997. Ethylene Production by 'd'Anjou' Pears during Storage at Chilling and Non-chilling Temperature. *Postharvest Biology & Technology*, **32(6)**:1092-1094.
- Johnston, J.W., Hewett, E.W., Hertog, M. & Harker, F.R. 2002. Temperature and ethylene affect induction of rapid softening in 'Granny Smith' and 'Pacific Rose TM' apple cultivars. *Postharvest Biology and Technology*, **25**:257-264.
- Lara, I. & Vendrell, M. 2003. Cold-induced ethylene biosynthesis is differentially regulated in peel and pulp tissues of 'Granny Smith' apple fruit. *Postharvest Biology and Technology*, **29**:109-119.
- Larrigaudiere, C., Graell, J., Salas, J. & Vendrell, M. 1997. Cultivar differences in the influence of a short period of cold storage on ethylene biosynthesis in apples. *Postharvest Biology and Technology*, **10**:21-27.
- Ledermen, I.E., Zauberman, G., Weksler, A., Rot, I. & Fuchs, Y. 1997. Ethylene-forming capacity during cold storage and chilling injury development in 'Keitt' mango fruit. *Postharvest Biology and Technology*, **10**:107-112.
- Lelièvre, J-M., Tichit, L., Fillion, L., Larrigaudière, C., Vendrell, M. & Pech, J-C. 1995. Cold-induced accumulation of 1-aminocyclopropane 1-carboxylate oxidase protein in 'Granny Smith' apples. 1995. *Postharvest Biology and Technology*, **5**: 11-17.
- Martinez-Romero, D., Serrano, M. & Valero, D. 2003. Physiological changes in pepino (*Solanum muricatum* Ait.) fruit stored at chilling and non-chilling temperatures. *Postharvest Biology and Technology*, **30**: 177-186.
- Rato, A.E., Marreiros, H.I., Santos, A.C & Barroso, J.M. 2005. Effects of different fruit calcium levels on the postharvest physiology of plums (*Prunus domestica* L.). proceedings of *5 th International Postharvest Symposium*, **682**: 171-175. Verona, Italy.
- Seymour, G.B., Taylor, J.E. & Tucker, G.A. 1993. *Biochemistry of fruit ripening*. Great Britain University Press. Cambridge.
- Song, J. & Bangerth, F. 1996. The effect of harvest date on aroma compound production from 'Golden Delicious' apple fruit and relationship to respiration and ethylene production. *Postharvest Biology and Technology*, **8**: 259-269.
- Tian, M.S., Prakash, S., Zang, N. & Ross, G.S. 2002. Chilling-induced ethylene in 'Braeburn' apples. *Plant Growth Regulation*, **38**: 249-257.
- Zhou, H., Dong, L., Ben-Arie, R. & Lurie, S. 2001. The Role of Ethylene in the Prevention of chilling injury in nectarines. *J.Plant Physiol.*, **158**: 55-61.