

CaCl₂ 엽면처리가 홍단고추의 저장성에 미치는 영향

박성민 · 이윤수 · 정천순*

강원대학교 식물응용과학부

Effect of Preharvest Foliar Application of Calcium Chloride on Shelf-life of Red Sweet Pepper 'Ace'

Sung Min Park, Youn Su Lee, and Cheon Soon Jeong*

Division of Applied Plant Sciences, Kangwon National Univ., Chunchon 200-701, Korea

*corresponding author

ABSTRACT This study was conducted to evaluate the effect of calcium chloride treatment (0.1%, 0.3%, and 0.5%) in red sweet pepper 'Ace' on the improvement of shelf-life and the physiological characteristics. C₂H₄ production and respiration rates of fruits treated with CaCl₂ before harvest decreased during storage of red sweet pepper at 7°C. Ca contents in the leaves and in the fruits showed also a greater increase in treatment of CaCl₂ than that in control. No difference was found in total sugar, whereas sucrose content was rapidly reduced after 20 days at 7°C. Ascorbic acid contents were increased by the CaCl₂ treatment. As Ca concentration is getting higher, the fruit decay rate was significantly reduced. From this result, we can positively conclude that foliar application with the concentration of 0.3% CaCl₂ and 0.5% CaCl₂ before harvest is effective in improving storage quality in red sweet pepper.

Additional key words: ascorbic acid, C₂H₄ production, decay occurrence, respiration rate, sugar

서 언

세계적으로 지금까지 많은 연구자에 의해 저장중인 과실류와 채소류의 품질유지와 병원균이나 생리장해에 의한 손실을 감소시키기 위하여 연구가 진행되고 있다(Klien과 Lurie, 1992). 최근에는 저온저장, CA저장, MA저장 및 Ca처리 등을 복합적으로 처리하여 신선도를 유지시키고, 장기저장 방법이 모색되어 많은 원예작물의 수확 후 품질보존을 위한 저장기술이 획기적으로 발전하게 되었다. 특히, 여러 가지 저장성을 연장하기 위한 방법들 중 Ca처리는 식물체의 세포벽을 유지하여 저장성 향상과 밀접한 관계가 있으며, 세포벽을 유지하기 위해서는 세포에 함유하고 있는 Ca 함량이 매우 중요한 요인으로 작용한다(Poovaiah, 1986, 1988). 저장력을 향상시키기 위하여 Ca를 직접 과실표면에 뿌리거나 엽면시비하여 딸기, 토마토 및 사과 등의 과실에서 노화 지연, 부패와 발생감소, 호흡 및 에틸렌 발생을 감소시켜 저장성을 향상시킨 연구가 다수 보고되었다(Burns와 Pressey, 1987; Bramlage 등, 1985; Chéour 등, 1990, 1991; Chung 등, 1993; Conway와 Sams, 1987; Faust와 Shear, 1972; Glenn 등, 1988).

홍단고추의 과실은 일반적으로 수확 후 상자 속에 폴리에틸렌 봉지에 넣어서 출하되고 있으며, 그 후 상점에서 소비자에게 이르는 동안 품질이 저하되고, 부패가 발생하여 상품의 가치가 떨어지는 경우가 많기 때문에 저장성 및 품질향상을 위한 방법이 모색되어야 한다. 또한 동절기에는 열악한 기후특성에 따른 단고추의 착색까지는 장시간이 소요되어 재배농가에서도 생산을 기피하고, 대부분 청단고추를 생산하고 있어 동절기의 홍단고추 가격은 고가로 형성되고 있다.

본 연구에서는 동절기에 홍단고추의 단경기 출하를 목적으로 저장성을 향상시키기 위해 수확 전에 CaCl₂를 엽면시비하여 수확후 저장기간 중 호흡 및 에틸렌 발생량, 성분변화 및 저장성을 검토하였다.

재료 및 방법

공시품종은 '에이스'(Takii seed, Japan) 단고추를 이용하였다. 홍단고추는 1999년 7월 15일에 정식하였고, 강원대학교 부속농장 유리온실에서 원시처방에 의해 양액재배하였다. CaCl₂ 처리는 과실

* Received for publication 8 February 2001. Accepted for publication 6 March 2001. The research was supported by Research and Development Promotion Center for Ministry of Agriculture and Forestry, Korea 1998.

이 최색기에 접어들었을 때 무처리, 0.1%, 0.3% 및 0.5%로 수확 3주 전에 4일 간격으로 2회 엽면시비하여 완숙과를 수확해서 저장 재료로 이용하였다. 홍단고추를 수확하여 향온·향습기(BR-590 H/S, Fisons P/C, UK) 내의 온도와 습도를 각각 7°C 및 93±3°C의 조건에서 저장하였다. CO₂ 및 C₂H₄ 측정은 저장 후 1, 2, 3, 4, 5, 6 및 7일째에 gas chromatography(GC, model 680D, 영인과학, 한국)를 이용하였고, 측정은 Park 등(1997)의 방법에 준하였다. 과실을 4L 용기에 약 600g 정도를 넣은 다음 측정 3시간 전에 밀폐하여 0.5ml씩 채취하여 GC로 측정하였다. CO₂ 측정은 oven 온도를 150°C, TCD 온도를 200°C로 하였고, 에틸렌 측정은 oven 온도를 225°C, FID 온도를 200°C에서 승온식으로 하였다. Column은 60/80 carboxen-1000, 15'x1/8"SS(2.1mm ID)(SUPELCO Inc., USA)를 사용하였다.

엽과 과실 내의 Ca 함량은 시료를 80°C에서 48시간 건조시켜 분쇄 후 0.5g을 취하여 H₂O₂-H₂SO₄법으로 식물체를 열판에서 분해하였다. 이 분해액에 적당량의 증류수로 다시 100ml로 맞추어 원자흡광분광기(Atomic Absorption Spectrophotometer, model : 6701F, Shimadzu, Japan)로 Ca를 측정하였다.

당 및 ascorbic acid 분석은 저장 후 20일 및 30일에 시료를 채취하여 분석에 이용하였다. 당 분석은 5개의 과실에서 각각 10g씩 채취하여 착즙 후 3,000rpm으로 10분간 원심분리하여 상등액을 0.45µm membrane filter로 여과 후 10µl씩 주입하여 HPLC (Shimadzu, RID-10A, Japan)의 RI detector, column은 Shim-pack SCR-101N(7.9mmØx30cm)으로 분석하였다(Jeong 등, 1998).

Ascorbic acid 분석은 5개 과실의 중앙부에서 4g씩 채취하여 총 20g을 6% HPO₃, 200ml와 함께 10,000rpm으로 10분간 마쇄 후 3,000rpm으로 10분간 원심분리하여 상등액을 0.45µm membrane filter로 여과하여 10µl씩 2회 반복 주입하여 HPLC로 분석하였다. HPLC(SPD-10AV)의 조건은 UV-detector 254nm로 하였고, column은 µBondapak™ C₁₈(3.9mmØx30cm)로 분석하였다(Park 등, 1997). 부패율은 30과씩 3반복하여 과병부위에 곰팡이가 발생하거나 과실이 부패한 것을 부패과로 간주하였다.

결과 및 고찰

에틸렌 발생량은 저장 1일째 무처리구에서 166.9nl/kg.hr⁻¹, CaCl₂ 0.1% 처리구에서 133.4nl/kg.hr⁻¹로 높게 나타난 반면, CaCl₂ 0.3%와 0.5% 처리구에서는 무처리구보다 약 1/2 정도 발생량이 적었다. 에틸렌 발생은 저장 2일까지는 현저하게 감소하였고, 그 후 저장기간이 길어짐에 따라 점감하여 저장 7일째는 처리농도에 관계없이 유사하였다. 호흡량은 무처리보다 CaCl₂ 처리구가 다소 낮았으며, 저장 3일까지는 현저하게 감소하다가 이후부터는 전체적으로 서서히 감소하는 경향을 보였다(Fig. 1).

일반적으로 Ca는 호흡과 에틸렌 발생을 감소시킨다고 보고되어

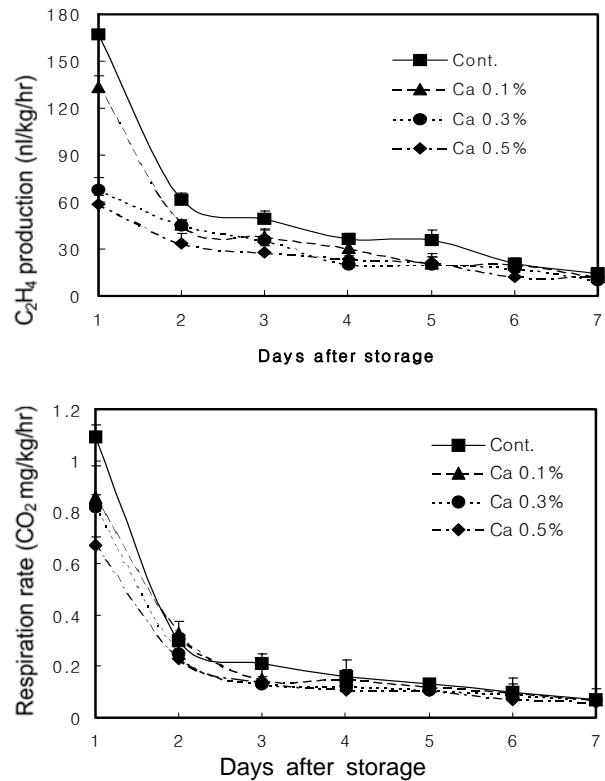


Fig. 1. The effects of CaCl₂ foliar application on the ethylene production and respiration rate in red sweet-pepper fruits during storage. Vertical bars indicate standard errors.

있으며(Faust, 1974; Watada와 Massie, 1981), 또한 Wills과 Rigney(1979)는 토마토에서 미토콘드리아 활성 및 펩틴효소를 억제하여 호흡을 감소시킨다고 보고하였다. 본 실험에서도 저장기간 중 무처리보다 Ca 처리에서 호흡 및 에틸렌 발생이 감소되어 비슷한 결과를 얻었다. 그러나 저장 후 1일째에서 2일째의 현저한 호흡과 에틸렌 발생의 감소는 식물체에서 과실을 수확하였을 때 생리적으로 상처를 치유하기 위해 수확당시에는 많이 발생하는 것으로 생각된다.

엽과 과실에 함유된 Ca 함량을 분석한 결과 엽의 무처리구에서 2.36% D.W., CaCl₂ 0.1% 처리구에서는 2.86% D.W.로 무처리와 CaCl₂ 농도간에는 Ca 함량의 차이가 나타났으나, CaCl₂ 농도간에는 차이가 없었다. 과실에 함유된 Ca 함량은 무처리구와 0.1%, 및 0.3% 처리구에서는 Ca 함량의 차이가 거의 없었지만, 0.5% 구에서는 소량 증가한 것으로 나타났다(Fig. 2). Chéour 등(1990)은 딸기의 수확 전 CaCl₂ 엽면시비를 하였을 때 잎과 과실에서 Ca 함량이 증가하여 숙기가 지연되거나 저장성이 연장되었다고 보고하였다. 본 실험에서도 엽과 과실내에서 무처리구보다 처리구에서 Ca 함량이 높게 나타나 같은 결과를 얻었다. 그러나 0.3% 이하 농도에서는 무처리구와 거의 비슷한 Ca 함량이 나타나 앞으로 CaCl₂보다 과실로 이동을 촉진시킬 수 있는 효율적인 Ca제를 이용한다면 낮은 농도에서도 식물에 생리장해를 방지할 수 있고 저장성 향상에도

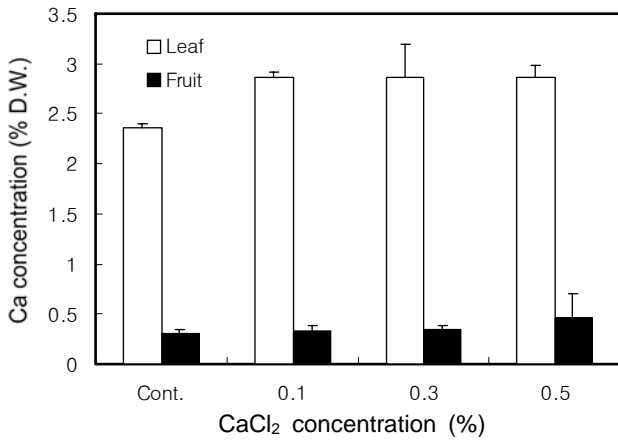


Fig. 2. The effects of foliar application of CaCl₂ on the Ca content in leaves and red sweet-pepper fruits. Vertical bars indicate standard errors.

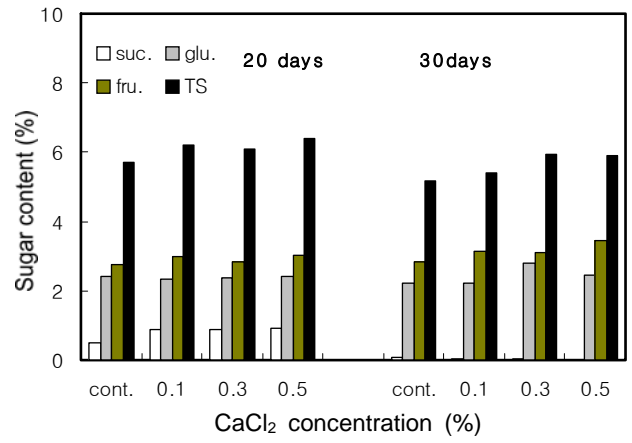


Fig. 3. The effects of CaCl₂ foliar application on the sugar content in red sweet-pepper fruits during storage. suc.; sucrose, glu.; glucose, fru.; fructose, TS; total sugar.

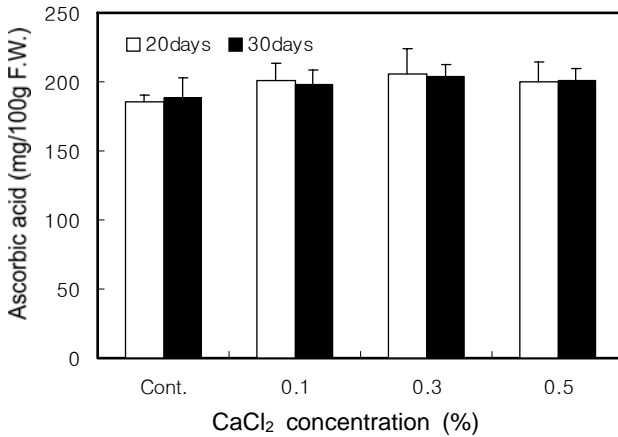


Fig. 4. The effects of CaCl₂ foliar application on the ascorbic acid content in red sweet-pepper fruits during storage. Vertical bars indicate standard errors.

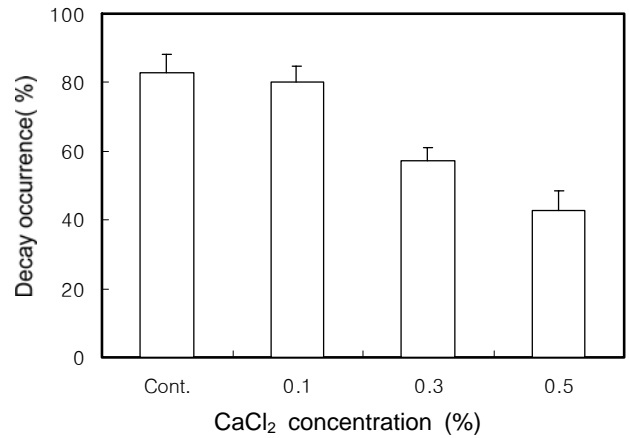


Fig. 5. The effects of CaCl₂ foliar application on the decay occurrence in red sweet-pepper fruits during 30 day storage. Vertical bars indicate standard errors.

효과가 있을 것으로 생각된다.

당 함량은 무처리보다 Ca 처리에서 당류중 sucrose 함량의 변화가 가장 많았다. Sucrose 함량은 무처리구에서 0.49%, CaCl₂ 0.1%와 0.3%에서는 각각 0.89%와 0.90%로 무처리구보다 약 2배 정도 높았으나, CaCl₂ 0.5% 처리에서는 0.33%로 무처리구보다 낮았다. 그리고 glucose와 fructose 함량은 무처리와 CaCl₂ 처리구 사이에 커다란 차이가 없었으며, 전당 함량은 약간 높은 경향을 보였다(Fig. 3). 30일간 저장한 과실의 sucrose 함량은 현저하게 감소하였고, 전당 함량은 무처리구에 비해 약간 높았다. Jeong 등(1998)은 멜론재배시 CaCl₂를 엽면시비하여 20일간 저장한 결과 무처리 보다는 CaCl₂ 처리과에서 당 함량이 저장기간 동안에 높게 유지되었다고 하였으며, 또한 딸기에서도 저장기간 중에 무처리 보다는 CaCl₂ 처리과에서 당 함량이 증가하여(Chung 등, 1993; Chéour 등, 1991), 본 실험 결과와 유사하였다. 이와 같은 결과는 Ca를 처리하면 저장 중에 Fig. 1의 결과와 같이 호흡 및 에틸렌 발

생이 억제되어 당 함량이 오래 유지된 것으로 생각된다.

Ascorbic acid 함량은 무처리구 보다 처리구에서 높게 나타났으며, 20일 저장의 CaCl₂ 0.3%에서 205.9mg/100gF.W.으로 가장 높았다. 30일간 저장한 과실의 ascorbic acid 함량은 20일간 저장한 과실의 함량보다도 약간 감소하는 경향을 나타냈다(Fig. 4). Kwon 등(1999)은 열처리한 오이와 칼슘 처리한 오이에 있어서 저장 중 ascorbic acid 함량을 조사한 결과 열처리구보다 칼슘 처리구에서 높은 함량을 나타냈다고 보고하였으며, Poovaiyah(1986)는 사과에서 4%의 칼슘을 감압하여 침적시켰을 때 대조구에 비해 ascorbic acid 함량이 약 1.7배 정도 증가하였다고 보고하여 본 실험 결과와 비슷하였다.

부패율은 무처리구에서 86.0%으로 높게 나타난 반면, CaCl₂ 0.1%에서 80.0%, CaCl₂ 0.3%에서 57.1% 그리고 CaCl₂ 0.5%에서 42.9%로 부패율을 나타내 CaCl₂ 처리농도가 높을수록 저장력을 향상시킬 수 있는 것으로 나타났다(Fig. 5). 저장기간 중 부패의

원인들 중 곰팡이병이나 조직의 연화에 의한 부패가 저장력을 저하시키는 가장 큰 요인들로 지적되고 있다(El-Kazzaz 등, 1983; Sommer 등, 1973; Barnes와 Patchett, 1976; Huber, 1983, 1984). 이러한 부패과의 발생을 억제시키는 방법 중에 Ca 처리가 이용되었으며, Chéour 등(1990, 1991)은 CaCl₂를 딸기 수확 전 엽면살포한 후 4℃에 저장한 결과 회색곰팡이 발생과 연화가 현저하게 억제되었다고 보고하였으며, Chung 등(1993)도 딸기에서 CaCl₂를 엽면시비한 결과 실온과 저온에서 부패와 연화가 감소되어 저장기간을 연장시킬 수가 있었다고 보고하였다. 본 실험에서도 홍단고추에 CaCl₂를 엽면시비한 결과 부패율이 무처리구보다 현저하게 감소되어 저장성이 크게 향상되었다. Ca 처리는 세포벽의 펙틴분자를 결합시켜 막의 원상유지에 도움을 주고 원형질막의 외표면에 Ca가 부착되어 막의 기능유지에 작용한다고 하였으며(Ferguson과 Drøbak, 1988), 또한 Glenn과 Poovaish(1990)도 세포벽의 polyuronide의 가용화를 억제하며 가용성 펙틴함량을 감소시켜 세포벽의 중층이 유지되어 부패와 연화를 억제시킨다고 하였다.

이상의 결과에서 저장성을 향상시키기 위한 CaCl₂의 엽면시비는 호흡 및 에틸렌 발생량을 감소시켰고, 저장력을 연장하는 효과가 인정되었는데, CaCl₂를 엽면시비하고자 할 때 Ca 농도, 한낮의 처리는 엽소현상(Chung 등, 1993; Jeong 등, 1998)의 우려가 있기 때문에 주의를 요한다.

초 록

홍단고추의 저장성을 향상시키기 위하여 수확 전 CaCl₂를 엽면시비하여 수확 후 생리적 특성, 품질변화 및 저장성을 조사하였다. 홍단고추는 CaCl₂ 처리 시 에틸렌 발생과 호흡률의 감소를 나타냈고, 저장 7일째는 처리농도간에 관계없이 유사하였다. CaCl₂ 처리 후 엽과 과실에 함유된 Ca 함량은 무처리구보다 증가하였다. CaCl₂ 처리 후 당 함량은 Ca 농도가 높을수록 sucrose 함량이 높게 유지하였으나 전당 함량은 거의 차이가 없었다. 그러나 저장 후 30일에는 sucrose 함량이 감소하였다. Ascorbic acid 함량은 무처리구 보다 약간 증가하는 것으로 나타났으며, 35일 저장한 홍단고추의 부패율은 Ca의 농도가 높아질수록 부패율이 현저하게 감소하였다. 이상의 결과에서 CaCl₂ 처리농도는 0.3 - 0.5% 범위에서 수확 3주 전에 엽면시비하면 저장성 및 품질을 향상시킬 수 있다고 판단된다.

추가 주요어 : 비타민 C, 에틸렌 생성, 부패율, 호흡률, 당

인용문헌

Barnes, M.F. and B.J. Patchett. 1976. Cell wall degrading enzymes and the softening of senescent strawberry fruit. *J. Food. Sci.* 41:1392-1395.
Bramlage, W.J., M. Drake, and S.A. Weis. 1985. Comparisons of

calcium chloride, calcium phosphate and calcium chelate as foliar sprays for 'McIntosh' apple trees. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 110:786-789.
Burns, J.K. and R. Pressey. 1987. Ca²⁺ in cell walls of ripening tomato and peach. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 112:783-787.
Chéour, F., C. Willemot, J. Arul, Y. Desjardins, J. Makhlof, P.M. Charestr, and A. Gosselin. 1990. Foliar application of calcium chloride delays postharvest ripening of strawberry. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 115:789-792.
Chéour, F., C. Willemot, J. Arul, J. Makhlof, and Y. Desjardins. 1991. Postharvest response of two strawberry cultivars to foliar application of CaCl₂. *HortScience* 26:1186-1188.
Chung, H.D., K.K. Kang, S.J. Yun, and B.Y. Kim. 1993. Effect of foliar application calcium chloride on shelf-life and quality of strawberry fruits. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 34:7-15.
Conway, W.S. and C.E. Sams. 1987. The effects of postharvest infiltration of calcium, magnesium, or strontium on decay, firmness, respiration and ethylene production in apples. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 112:300-303.
El-Kazzaz, N.F. Sommer and R.J. Fortlage. 1983. Effect of different atmosphere on postharvest decay and quality of fresh strawberry. *Phytopathology* 73:282-285.
Faust, M. 1974. The role of calcium in respiratory mechanism and senescence of apples. *International Colloquim CNRS Facteurs et Regulation de la Maturation des Fruits* 238:87-92.
Faust, M. and C.B. Shear. 1972. The effect of calcium on respiration of apples. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 97:437-439.
Ferguson, I.B. and B.K. Drøbak. 1988. Calcium and the regulation of plant growth and senescence. *HortScience* 23:262-266.
Glenn, G.M., A.S.N. Reddy, and B.W. Poovaiah. 1988. Effect of calcium on cell wall structure, protein phosphorylation and protein profile in senescing apples. *Plant Cell Physiol.* 29:565-572.
Glenn, G.M. and B.W. Poovaiah. 1990. Calcium-mediated postharvest changes in texture and cell wall structure and composition in 'Golden Delicious' apples. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 115:962-968.
Huber, D.J. 1984. Strawberry fruit softening: The potential roles of polyuronides and hemicellose. *J. Food Sci.* 49:1310-1315.
Jeong, C.S., K.C. Yoo, and Y.R. Yeung. 1998. Effects of foliar application of CaCl₂ on quality of netted muskmelons during postharvest storage. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 39:170-174.
Klien, J.D. and S. Lurie. 1992. Heat treatment for improved postharvest quality of horticultural crops. *Hort. Technology* 2:316-320.
Kwon, H.R., K.W. Park, and H.M. Kang. 1999. Effects of postharvest heat treatment and calcium application on the storability of cucumber(*Cucumis sativus* L.). *J. Kor. Soc. Hort.*

- Sci. 40:183-187.
- Park, Y.S., T.S. Na, and K.M. Lee. 1997. Effects of O₂ and CO₂ treatments within polyethylene film bags on the fruit quality of non-astringent 'Fuyu' persimmon fruits during storage. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 38:510-515.
- Poovaiah, B.W. 1986. Role of calcium in prolonging storage life of fruits and vegetables. *Food Tech.* 40:86-89.
- Poovaiah, B.W. 1988. Molecular and cellular aspects of calcium action in plants. *HortScience* 23:267-271.
- Sommer, N.F., R.J. Fortlage, F.G. Mitchell, and E.C. Maxie. 1973. Reduction of postharvest losses of strawberry fruits from gray mold. *J. Amer. Soc. Hort. Sci* 98:285-288.
- Watada, A.E. and D.R. Massie. 1981. A compact automatic system for measuring CO₂ and C₂H₄ evolution by harvested horticultural crops. *HortScience* 16:39-41.
- Wills, R.B.H. and C.J. Rigney. 1979. Effect of calcium on activity of mitochondria and pectic enzymes isolated from tomato fruits. *J. Food Biochem.* 3:103-110.