

# 저장 중 에틸렌제거가 동양배 신고의 과피 변색 방지에 미치는 영향

황용수\* · 문승주\*\*

(\*충남대학교 원예학과 · \*\*대전광역시 농업기술센터)

## Effect of Ethylene Removal on the Inhibition of Skin Discoloration Disorder in Stored 'Niitaka' Pears

Yong-Soo Hwang\* · Seung-Joo Moon\*\*

\*Dept. of Horticulture, College of Agriculture, Chungnam National University,

\*\*Daejeon Metropolitan Agricultural Technology and Extension Center, Daejeon, Korea

### 적 요

동양배 신고의 저장 중 발생하는 과피얼룩 장애는 저장기간이 길어짐에 따라 발생하며 특히 입고 전 처리를 위하여 지나치게 오랫동안 상온에 보관하였을 때 더욱 심하였다. 과피 얼룩장애는 에틸렌에 의한 직접적인 장애이기보다는 에틸렌가스가 높게 유지되는 환경에서 조직의 노화가 빠르게 진행됨으로써 얻어지는 노화 증상의 일종으로 판단되며 에틸렌을 제거한 환경에서는 과피 얼룩장애가 완전히 방지되지 않았으나 그 발생시기를 현저히 지연시킬 수 있었다. 그러나 생산농가에 따라서 발생빈도에 차이를 나타낸 것은 재배조건에 따른 차이인 것으로 판단된다. 수확시기에 따른 과실의 품질 변화는 명확하지 않았으나 입고 전 처리 중 외기온이 지나치게 낮을 경우 과피 흑변이 발생할 우려가 있어 지나친 저온에 노출되지 않도록 관리하는 것이 필요하였다. 입고 후 저장온도를 서서히 낮추는 것은 저장산물의 품질에 유리하지 못하였다. 따라서 수확시기를 과실의 생육상태를 살펴 결정하고 입고 전 처리를 마친 과실은 입고 후 빠르게 품온을 낮추며 창고 공기의 에틸렌을 제거하는 것은 동양배 신고의 저장성을 향상에 긍정적인 것으로 확인되었다.

### I. 서론

동양배 신고는 중생종으로 육성국인 일본에서는 저장성이 낮아 단기 저장용으로 취급되고 있지만 우리나라에서 생산된 신고 배는 품질이 우수하고 중장기 저장이 가능하여 전체 배 재배면적의 70%를 넘을 정도로 널리 재배되고 있다. 그러나 육성 모본인 금춘추 품종의 영향으로 수확 후 관리가 부적절한 경우 과피면에 검은 반점이 형성되는 흑변 장애가

발생하여 품질이 저하되는 중요한 원인이 되고 있다(서, 2000). 과피흑변은 금춘추 품종이 심하지만 그외의 품종에서도 종종 관찰된다(黒井과 幸雄, 1957; 緒方 등, 1981; 林 등, 1986).

과피면에 짙은 흑색의 반점이 생기는 과피흑변 장애는 수확한 과실을 즉시 저온저장고에 즉시 입고하였을 때 주로 발생하며 기존의 연구에서 이러한 장애를 방지하기 위한 대책이 마련된 바 있다(이 등, 1992).

짙은 검은색의 반점이 형성되는 과피흑변과 달리

저장조건에 따라 수확 후 1~2개월부터 과피에 그림이 묻은 듯한 엷은 흑색의 반점(얼룩현상)이 나타나는 경우가 흔히 관찰되는데(이 등, 1992) 전술한 흑변과 달리 아직 이러한 생리적 장애를 방지하기 위한 연구가 체계적으로 이루어진 바 없으나 에틸렌과의 관련성이 제시되어 있다(이 등, 1992). 최근 98년 산 신고에서 과피얼룩 장애가 많이 발생한 것으로 알려져 있는데 특히 수확기가 지연되었거나 흑변을 방지하기 위하여 야적기간을 지나치게 늘린 경우, 저장온도를 지연시켜 낮은 경우, 또는 상온에서 장기간 과실을 방치한 경우 더 많이 발생한 것으로 추정된다(천안원협관계자, 1999).

따라서 과피변색 또는 얼룩장애는 전술한 과피흑변과 달리 조직의 노화와 관련된 증상으로 추정되고 있지만 발생원인은 명확하지 않다. 과피에 얼룩현상이 나타난 과실은 종종 반점부위에 균사가 자라는 것이 관찰되어 병해의 가능성이 시사되고(윤 등, 2000) 있으나 분리한 균을 배양하여 접종하였을 때 유사한 증상이 관찰되지 않아 균사의 생장은 2차적 원인일 가능성도 있다(미발표 자료).

또한 이러한 과실에서 과심 부위가 검게 변색되는 심부현상도 함께 관찰되는 경우가 흔하여(이 등, 1992) 수확 후 입고까지의 관리가 부적절하였거나 저장 중 조직의 노화가 촉진되는 조건에서 더욱 많이 발생할 것으로 추정된다. 수출용 과실에서 얼룩 현상 또는 심부현상이 나타날 경우 경쟁력 하락은 물론 클레임의 대상이 되는 경우도 있으며 이러한 생리적 장애를 심하게 받은 과실에서는 종종 과피가 벗겨지는 현상도 관찰되는데 기존의 연구에서 표피가 벗겨지는 장애는 에틸렌과 밀접한 관련이 있는 것으로 조사된 바 있다(이 등, 1992).

에틸렌은 식물조직의 노화를 촉진하는 호르몬 물질로 저장 중 에틸렌의 발생급원은 저장산물 자체인 경우가 많다. 수확한 작물이 높은 농도의 에틸렌에 노출될 경우 여러 가지 생리적 장애가 발생하며 조직이 쉽게 연화되어 저장성이 악화되는 것으로 밝혀져 있고 저장환경에서 에틸렌을 제거할 경우 청과물의 신선도 유지에 긍정적인 효과가 있다는 사실도 널리 인정되고 있다. 기존의 연구에서 조사한 바로는

배 저장고 공기에서 약 10ppm 정도의 에틸렌이 검출된 바 있는데 에틸렌은 0.1ppm 농도에서도 조직의 노화를 일으키기 때문에 원예산물의 수확 후 관리에서 에틸렌제거는 중요한 관심대상으로 인식되어 있다.

에틸렌 제거는 과망간산칼리(KMnO<sub>4</sub>), 브롬화칼리(KBr) 등 산화제를 다공성 지지체에 흡착시켜 에틸렌을 산화시키거나 에틸렌제거장치를 이용하여 처리하는데 전자의 경우 농가에서 직접 제조하여 활용하는 것이 어렵고 외국산의 경우 고가이므로 사용을 기피하고 있거나 충분한량을 사용하지 못하여 에틸렌제거의 효과를 얻지 못하는 경우가 있다. 또한 후자의 경우는 장비 가격이 비싸 고가의 CA저장고에서 일부 사용될 뿐 농가에 보급된 소규모 자가저장고 또는 일반 저장고에서 활용되는 사례는 매우 드물다.

최근 국내에서 활성탄 제재의 값싼 에틸렌 흡착제가 개발되었는데 청과물 신선도 증진에 대한 활용사례는 제한적이다. 따라서 저가의 국내산 에틸렌 흡착제를 실용적으로 활용할 수 있는 방안을 모색하고 그 효과를 검토하는 것이 필요하다.

다수의 배 저장 농가에서 저온저장고 온도관리에 있어 과실을 입고한 이후 창고온도를 서서히 낮추는 지연냉각 방식을 활용하고 있으나 이러한 온도관리 기술이 저장산물의 생리적 장애발생 또는 신선도에 기여하는지에 대하여 검증된 바 없다. 대부분의 원예산물에서는 지연냉각에 의한 과실의 품온 저하가 늦어질 경우 오히려 품질이 악화되는 경우가 많아 관행적인 저장고 온도관리에 대한 검증이 필요하다.

따라서 본 연구에서는 신고 배의 과피변색(얼룩) 현상이 발생하는 원인을 밝히고 아울러 저장고의 에틸렌제거를 통해 과피얼룩 장애발생을 억제 또는 지연시킬 수 있는 가능성을 모색하고자 하였다.

## II. 재료 및 방법

식물재료 : 충남대학교 부속농장에서 생산된 1999년산 신고를 10월 2일부터 5일 간격으로 수확하여 선별한 다음 통풍이 되는 창고에 5일간 야적하여 입고 전 처리를 실시하고 입고 전 처리를 마친 과실은

20kg들이 플라스틱 상자에 담아 입고하였다. 입고지연에 따른 품질변화를 살피기 위하여 충남 조치원읍, 금산군, 천안시, 및 대전광역시 소재의 농가로부터 구입한 과실을 비교 검토하였다. 또한 충남 조치원읍, 금산군, 대전광역시에 소재한 상업용 저장고를 방문하여 표본을 수거하여 장해발생 정도를 비교하였다. 일부는 출하 작업을 실시하는 창고를 방문하여 출하 물량 대비 장해가 발생한 과실량을 조사하였다.

저장 조건 : 충남대학교 부속농장의 저장고를 이용하여 실험을 수행하였는데 수확시기별 품질변화에 대한 연구는 800L 규모의 소규모 창고를 이용하여 수행하였는데 1실당 8상자의 과실을 입고하였고 pilot 연구는 5평 규모의 대학연구용 저장고에 전체 부피의 65% 정도가 되도록 입고량(85상자)을 조절하여 저장을 실시하였다. 저장고 온도는 0℃를 기준으로 하였고 습도관리는 조습과 가습기를 이용하여 습도가 85~95%가 되도록 가습하고 창고 내부의 온습도를 조사하였다.

에틸렌 제거 : 에틸렌제거는 활성탄제재의 흡착제 [에틸렌스톱, (주)카보텍]를 이용하였는데 소규모 저장실과 상업용 창고에 적용할 때는 부직포에 에틸렌 흡착제를 담아 창고 안에 저장산물과 같이 적재하여 처리하였고 pilot 저장실험에서는 에틸렌제거장치를 제작하여 처리하였다. 처리량은 입고량으로부터 에틸렌 발생량을 산출한 다음 안전요인을 2배로 하여 처리량을 결정하였고 pilot 저장실험에서는 주기적으로 에틸렌흡착제를 교체하여 주었다.

에틸렌 및 호흡 측정 : 과실의 에틸렌 발생량을 조사하기 위해서는 3.5L 밀폐용기에 과실을 넣어 2시간 가스를 포집한 다음 head space에서 가스표본을 취하여 분석하였고 저장고 내의 가스 표본은 소형 에어 펌프를 이용하여 창고 내부의 공기를 채집하여 분석하였다. 에틸렌은 FID를 장착한 gas chromatography (GC-14B, Shimadzu)로, CO<sub>2</sub>는 동일기종의 GC에 TCD를 장착하여 분석하였다.

에틸렌 흡착성능 조사 : 에틸렌흡착제의 에틸렌 제거효과를 검토하기 위하여 100ppm 농도의 에틸렌 표준가스를 제작하여 이를 에틸렌흡착제가 장착된 컬럼으로 통과시켜 주입시의 농도와 흡착제를 경유한 다음의 농도가 평형을 이루는 시점까지 에틸렌 공급량과 제거량을 계산하여 흡착능력을 조사하였다. 에틸렌 농도는 전술한 바와 같이 측정하였다. 확산에 의한 에틸렌제거능력을 비교하기 위하여서는 10L 밀폐용기에 일정량의 에틸렌과 에틸렌 흡착제를 투입한 다음 제거된 양을 비교하여 결정하였다. 또한 상업저장고에서의 흡착력을 조사하기 위하여 습도를 포화상태로 유지시킨 다음 350L 용기에 일정량의 에틸렌을 투입하며 에틸렌 흡착력을 비교하였다.

과실외관 품질 : 과실의 외관을 육안으로 관찰하여 장해가 발생한 정도를 비교하였는데 반점의 크기에 관계없이 얼룩 등의 반점이 전혀 없는 것은 건전과로 1~2개가 관찰된 것은 약함, 3~4개는 중간, 그 이상은 심함으로 구분하였다. 심부 현상은 과실 중앙을 절단하여 발생정도를 육안으로 비교하여 약함, 중

표 1. 입고지연에 따른 신고 과실의 품질 비교

농가	경도 (kg)	당도 (°Brix)	산도 (%)	호흡 (CO <sub>2</sub> ml/kg/hr)	에틸렌 (ul/kg/hr)	과색 (°hue)	입고지연 (일)
1	3.02±0.31	12.0±0.4	0.134±0.009	19.9±1.3	0.019±0.003	78.2±1.9	15
2	2.81±0.21	11.8±0.3	0.114±0.028	18.6±0.9	0.019±0.000	80.6±1.7	15
3	2.97±0.36	12.8±0.3	0.107±0.028	17.3±0.2	0.019±0.001	78.6±2.5	20
4	2.63±0.24	10.1±0.2	0.101±0.009	18.0±0.1	0.015±0.001	79.3±1.4	30
5	2.37±0.38	11.2±0.1	0.181±0.018	18.6±3.5	0.016±0.003	78.5±2.1	30
평균	2.76	11.6	0.127	18.5	0.018	79.0	

간, 심함의 3단계로 구분하였다.

기타 품질 조사 : 과실의 색은 색도차계를 이용하여 조사한 다음 hue값으로 환산하였는데 0: 적색, 90: 황색, 180: 녹색, 270: 청색을 의미한다. 경도는 과피를 제거한 다음 rheometer (Compac 100, Sun rheometer)를 이용하였는데 측정조건은 probe speed 10mm/min, probe size 8mm, maximum force 10kg으로 설정하였다. 과실의 가용성 고형물 함량은 과즙을 착즙하여 4겹의 거즈로 걸러 고형성분을 제거한 다음 굴절당도계를 이용하여 조사하였고 동일한 과즙을 5배로 희석한 다음 산함량은 0.1N NaOH로 적정하고 결과는 사과산으로 환산하여 백분율로 나타내었다.

### III. 결과 및 고찰

#### 1. 입고지연이 과실 품질 및 일록장해에 미치는 영향

수확한 과실의 저장전 처리실태를 조사하고 입고 전 처리기간에 따른 과실품질 변화를 살피기 위하여 충남 조치원읍 및 금산 지역의 재배농가를 방문하여 표본을 취하여 조사하였다(표 1). 수확한 과실은 입고지연 기간이 길어짐에 따라 생리적 차이가 관찰되었는데 대체적으로 입고 전 처리기간이 길어질수록 과실의 경도가 더욱 감소하는 경향이였다. 또한 재배 농가사이에도 품질의 차이가 확인되었는데 나무의 생장상태와 농가의 재배력을 비교하였을 때 질소를 과용한 농가의 과실이 경도가 낮았고 생리적 장애의 발생도 더욱 많은 것으로 판단되었다. 수확당시의 경도 차이도 관찰되었는데 특히 조치원지역에서 생산된 과실의 경도가 다른 지역에서 생산된 과실의 경도보다 낮은 것으로 나타났다(미발표 자료).

이러한 원인이 재배방법의 차이에 기인한 것인지 또는 토질과 기후 여건에 따른 차이인지는 명확하지 않았으나 수확당시 경도가 낮을 경우 저장성이 크게 떨어지므로 재배적 측면에서 이에 대한 보완이 필요할 것으로 판단된다.

본 연구에서 관찰의 대상이 아니었으나 입고 전

처리 중의 과실에서 바람들이 현상이 발생하였는데 이러한 현상은 농가에 따라 정도의 차이가 있었지만 조사대상 농가 모두에서 보편적으로 관찰되었다. 그러나 본 연구에서는 바람들이의 발생정도는 구체적으로 조사하지 않았다.

가용성 고형물 함량 또한 경도와 유사한 경향을 보여 입고전 처리기간이 20일을 초과한 농가의 고형물 함량이 입고 전 처리기간이 짧았던 농가에 비하여 낮은 경향이였다. 산 함량은 5번 농가를 제외하고는 대체적으로 비슷한 수준이었는데 특히 5번 농가의 경우 과실의 경도가 다른 농가에 비하여 현저히 낮아 재배관리상의 문제가 있을 것으로 추정되었다. 에틸렌 발생량은 4, 5번 농가에서 비교적 낮은 경향이었는데 두 농가 모두 30일정도 상온에 저장하거나 야적한 상태이었다. 그러나 호흡율은 입고전 처리기간에 따른 차이가 명확하지 않았으며 과색 또한 뚜렷한 차이를 보이지 않았다.

수확한 과실의 입고전 처리는 과피의 흑변발생을 억제하는 효과가 이미 밝혀져 있으나 (이 등, 1992) 본 연구자가 방문하여 조사한 농가 중 4번 농가는 입고전 처리기간 중 흑변과가 발생하였는데 이는 외기 온의 갑작스런 저하에 기인한 것으로 추정되었다. 즉, 흑변이 발생한 농가는 다른 농가와 달리 과원에 그대로 과실을 야적하여 1개월 가량 보관하였지만 기타의 농가는 상온저장고에서 과실의 입고전 처리를 하였던 것으로 밝혀졌다. 또한 과피흑변은 수확시기, 수확당시의 성숙도에 따라 흑변 발생정도에 차이가 있을 가능성이 있으므로 이에 대한 보다 구체적인 연구가 수행될 필요가 있는 것으로 판단된다.

농가의 입고전 처리 및 상온 저장한 과실의 적재 상태를 조사한 결과, 농가에 따른 많은 차이가 있었는데 많은 농가에서는 수확한 과실을 간이 작업장에 적재하거나 상자에 담아 적재하는 경우가 있었고 일부는 노지에 그대로 야적한 경우도 관찰되었다.

간이저장고에서 그대로 적재하여 둘 경우 하단의 과실이 압상을 받을 우려가 있어 바람직하지 않을 것으로 판단되며 또한 통풍도 원활하지 못하여 품온이 높은 상태에서 호흡열 또는 에틸렌 생합성이 많을 경우 조직의 노화가 빠르게 진행될 가능성을 배제할 수

없었다. 본 연구 수행 중 방문한 일부 과원에서는 노지 또는 상온 저장고에 보관한 과실에서 수확 후 20 일경에 이미 과피 얼룩 장애 증상이 관찰되기 시작하여 지나치게 장기간 상온 저장하거나 저온저장고 입고시기가 늦어질 경우 품질에 나쁜 영향을 미칠 것으로 예상된다. 조사 농가의 과피얼룩 증상을 조사하였을 때 반점의 크기나 과실 당 발생빈도는 비교적 낮았으나 25% 이상의 과실에서 얼룩증상이 관찰되었다. 얼룩반점은 기존의 보고(이 등, 1992)와 동일한 부정형의 작은 반점이 주를 이루고 있었다.

현재 권장하는 입고 전 처리는 통풍이 되는 조건에서 5~7일 처리한 다음 저온저장고에 입고하여 품온을 빠르게 낮춰주는 것이지만 이러한 처리가 농가에 따라 정확히 지켜지지 않는 것으로 나타났다.

2. 저장 후 냉각지연이 과실의 에틸렌 발생과 과피얼룩에 미치는 영향

본 연구 수행 중 방문한 농가 또는 상업용 저장고의 온도 관리 방법을 살핀 결과, 과실을 저장창고에 입고한 이후 창고의 온도를 하루에 1~2℃씩 낮춰 입고 후 10~15일에 권장 저장온도인 0~1℃로 낮추는

사례가 많았는데 이러한 온도관리 방법이 과실의 선도에 미치는 효과는 검증되어 있지 않다. 현재 저장고 입고 후 지연 냉각한(1℃/1일) 상업용 저장고에 입고된 과실과 즉시 냉각한 과실간의 품질 변화의 차이를 밝히기 위하여 조치된 소재의 상업용 저장고에 입고하여 1일 1℃씩 온도를 낮추어 저장한 과실의 품질과 농가의 협조로 pilot 규모로 즉시 온도를 낮추어 보관한 실험용 저장고의 과실간 차이를 비교하였는데 저장 15일까지는 품질의 차이가 현저하지 않았지만 입고 후 냉각을 지연시킨 창고의 상태를 조사한 결과 입고 15일 후 이미 ripening 반응이 시작된 것으로 판단되었다. 즉 에틸렌 생합성율을 비교한 결과 지연냉각한 창고의 과실은 이미 클라이맥터릭 현상을 일으킨 것으로 추정되었고 즉시 냉각한 경우는 클라이맥터릭 단계에 접근하고 있는 것으로 판단되었다. 또한 지연냉각한 창고 내부 공기의 에틸렌 농도는 0.02~0.03ppm 수준이었다. 연구 수행 중 두 처리 모두 에틸렌에 의한 장애가 우려되었기 때문에 에틸렌 제거제를 처리하였다. 그러나 과실의 호흡율은 차이가 현저하지 않았다.

특히 냉각을 지연시킨 과실의 경도는 즉시 냉각시킨 경우에 비하여 현저히 낮았는데 이러한 차이가

표 2. 입고 후 냉각지연이 배 과실의 품질에 미치는 영향

처 리 <sup>2</sup>	경도 (kg)	당도 (°Brix)	산도 (%)	호흡 (CO <sub>2</sub> ml/kg/hr)	에틸렌 (ul/kg/hr)	과색 (%hue)
즉시 냉각	3.7±1.2	11.5±1.4	0.124±0.051	15.8±1.6	0.065±0.020	81.3±4.5
지연 냉각	2.6±0.3	12.2±0.1	0.148±0.019	16.5±0.1	0.016±0.001	77.9±1.5

<sup>2</sup>즉시냉각: pilot 저장, 지연냉각: 조치된 상업용 저장고에서 관찰

표 3. 냉각지연이 과피얼룩 발생에 미치는 영향

처 리	과피얼룩(%) <sup>2</sup>	조사수량(15kg/상자)
즉시냉각	0.0	10
지연냉각	25.3	80

<sup>2</sup>즉시냉각은 pilot 저장물을 임의로 조사한 결과이며, 지연냉각은 상업용 저장고에서 출고 작업중인 과실의 발생율을 조사하였음.

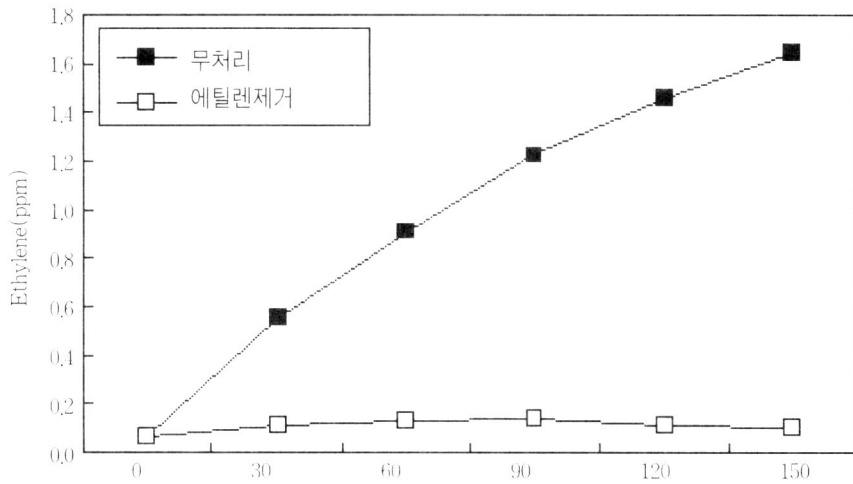


그림 1. 에틸렌흡착제의 에틸렌 제거 효과

재배조건외의 차이에서 비롯된 것인지 냉각 지연으로 인하여 조직이 연화된 것인지는 명확하지 않았다.

저장 2개월 후 과피얼룩 발생여부를 조사한 결과 지연입고한 창고의 과실에서만 과피 얼룩현상이 관찰되었다(표 3). 즉시 냉각 처리는 대학의 pilot 저장고에 입고한 과실로 5일간 야적을 마친 과실을 입고 하여 즉시 0°C로 저장온도를 설정하였고 지연냉각 처리는 조치원 지역 상업용 저장고에서 출하되는 과실을 대상으로 조사하였는데 이 경우 저장온도를 지연시킨 것 이외에 창고 입고도 늦어 농가에 따라 수확 후 20~30일 후에 입고한 과실이 많았다. 저장고 온도는 15°C부터 1°C/1일로 조절하여 입고 15일 후에 0°C로 조절하였고 pilot저장은 입고 즉시 에틸렌 제거를 실시하였으며 상업용 저장고는 입고 30일 후 에틸렌제거제를 처리하였기 때문에 얼룩과 발생율이 높

았던 결과가 지연냉각 때문만으로 이해하기는 어려우나 입고가 지연되고 저장고의 온도를 지나치게 늦게 낮춘 것은 과실의 노화를 더욱 촉진시키는 조건이었으므로 이러한 부적절한 관리가 과피 얼룩 장해를 더욱 증가시킨 것으로 판단할 수 있다.

따라서 수확한 과실의 입고 후 저장온도를 지나치게 서서히 낮추는거나 수확 후 입고까지 지나치게 오랫동안 상온에 방치하는 것은 신선도 유지 측면에서 매우 불리할 것으로 판단된다.

### 3. 에틸렌제거 환경이 과피 얼룩장해와 신선도에 미치는 영향

#### 가. 에틸렌제거제의 에틸렌제거 효과

본 연구에 사용한 국내산 에틸렌제거제의 에틸렌

표 4. 에틸렌 제거제의 에틸렌제거 효과

조 건	에틸렌제거제전처리	흡착력(mg/g)
강제컬럼통과(건조)	무	41.56
강제컬럼통과(가습)	감압	62.29
강제컬럼통과(가습)	감압	40.31
확산제거	무	0.95

흡착효과를 검토하기 위하여 서로 다른 조건에서 흡착력을 비교하였다(표 4). 본 실험에서는 일정 농도 에틸렌 가스를 투입하고 투입한 에틸렌가스의 농도와 흡착제를 통과한 이후의 농도가 같아지는 시점을 결정하여 단위 무게당 흡착량을 비교하였다. 즉, 일정 농도의 에틸렌 가스를 에틸렌흡착제가 장착된 컬럼을 통과시켰을 때에는 매우 탁월한 흡착효과를 보여 g당 41.6mg의 에틸렌을 흡착한 것으로 나타났다. 또한 에틸렌 제거제를 감압한 다음 흡착력을 조사하였을 때 흡착효과가 50% 정도 증가하였다. 그러나 감압한 경우에도 습도가 높은 조건에서의 흡착력이 떨어져 습도가 높은 환경에서는 처리량을 높일 필요가 있다.

확산에 의한 흡착효과를 검토하기 위하여 일정한 크기의 용기에 에틸렌가스를 투입한 이후 8시간 동안 방치한 다음 제거된 에틸렌량을 조사하였는데 이 경우 흡착 효과가 현저히 떨어져 0.95mg/g에 불과하

였다. 이러한 결과는 에틸렌 제거제의 효율을 높이기 위해서는 에틸렌 가스를 포함한 저장고 공기와 흡착제를 강제적으로 접촉시키는 것이 필요할 것으로 판단된다.

또한 상업용 창고와 유사한 환경을 조성하기 위하여 밀폐된 350L의 용기에 에틸렌을 발생시키며 용기 속 공기의 에틸렌 농도를 조사하였다. 그 결과 에틸렌 제거제 처리에서는 처리 후 150분까지 에틸렌이 매우 낮은 수준으로 지속되었는데 반하여 무처리의 경우 지속적으로 증가한 결과를 보여주었다. 특히 본 실험은 저장고 환경이 매우 습도가 높은 상태이므로 가슴하여 수증기가 포화된 상태에서 실시하였다(그림 1).

이러한 결과를 고려할 때 에틸렌 제거제를 도입할 때 강제적으로 저장고 공기를 순환시키는 장치를 도입하는 것이 필요하였으며 이 경우 에틸렌 제거제를 주기적으로 교환함으로써 적은 양의 에틸렌 제거제를 이용하여 보다 효율적으로 저장고 공기의 에틸렌

표 5. 수확 시기와 입고 전 처리에 따른 감량과 경도의 변화

수확시기	입고전 처리(일)	감량(%)	경도(kg)
10. 2	0	-	3.22±0.33
	5	1.12	2.83±0.36
10. 7	0	-	3.43±0.56
	5	1.13	3.41±0.48
10.12	0	-	3.26±1.01
	5	1.52	3.16±0.30

표 6. 수확 시기와 입고 전 처리에 따른 과실 생리적 변화와 품질

수확시기	전처리(일)	당도(°Brix)	산도(%)	에틸렌(ul/kg/hr)	호흡(CO <sub>2</sub> ml/kg/hr)	과색(°hue)
10. 2	0	11.9±0.2	0.115±0.006	0.025±0.004	21.30±4.41	86.5±1.2
	5	11.9±0.4	0.116±0.013	0.022±0.003	24.69±1.06	82.6±2.4
10. 7	0	11.7±0.9	0.104±0.010	0.036±0.017	26.64±1.08	84.5±3.7
	5	10.4±0.2	0.148±0.020	0.063±0.027	14.42±1.65	85.4±3.6
10.12	0	11.5±1.4	0.109±0.036	0.065±0.021	15.82±1.57	82.2±4.1
	5	11.0±0.9	0.111±0.021	0.024±0.015	25.11±0.46	80.2±3.8

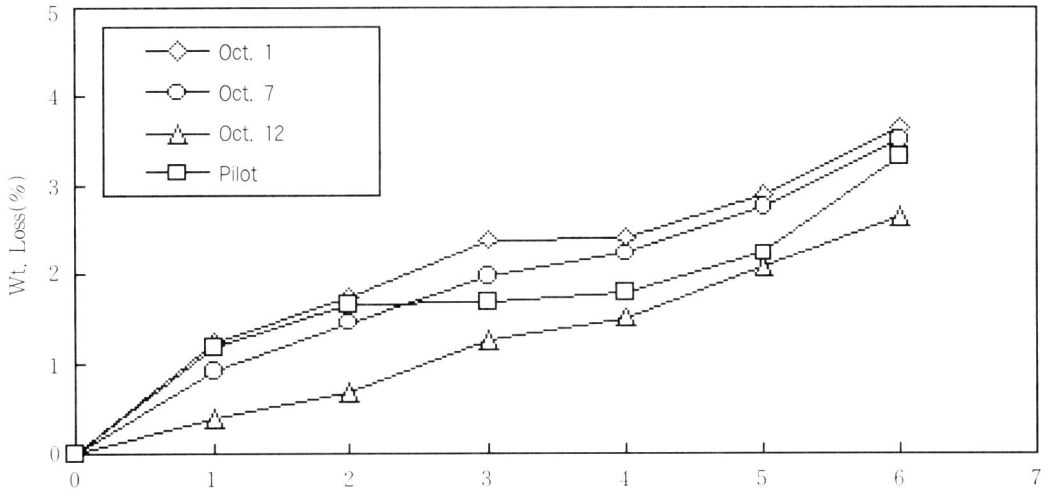


그림 2. 수확 시기가 저장 중 신고 과실의 무게감량에 미치는 영향

을 제거할 수 있을 것으로 예상된다.

나. 수확 시기와 에틸렌 제거가 과실 품질에 미치는 영향  
수확 시기를 달리하여 수확한 과실에 대하여 에틸렌 제거 환경과 대조구를 두어 과실의 최대 신선도 유지기간을 구명하므로 에틸렌 제거가 과피얼룩과 심부현상에 미치는 영향을 검토하고자 하였다. 본 연구는 실험용 저장고에 과실을 10월2일부터 5일 간격으로 수확하여 각각 5일간 상온창고에서 입고 전 처리를 실시한 다음 즉시 입고하여 0~1°C로 저장하였다.

수확일과 입고 전 처리기간 동안의 품질 변화는 다음 표 5에 정리하였다. 수확시기에 따른 경도 변화는 수확시기에 따라 편차가 있었는데 이러한 결과는 과실의 성숙도에 차이때문으로 추정되며 동일한 수확기의 과실일지라도 성숙도에 따른 과실간의 편차가 비교적 클 것으로 판단된다. 그러나 입고 전 처리를 실시하였을 때 대체적으로 경도가 저하되는 경향을 보여주었다. 또한 입고 전 처리는 통기가 되는 상온 창고에서 실시하였기 때문에 감량의 발생이 모든 처리에 확인되었다. 대체적으로 감량은 일찍 수확한 과실보다 수확 시기가 늦은 과실에서 더욱 크게 발생하는 경향이었지만 그 차이는 현저하지 않아 수확 시기에 관계없이 5일간의 입고 전 처리 중의 감량은

1%를 다소 상회하는 수준이었다.

수확 시기와 입고 전 처리에 따른 과실의 품질과 생리적 변화를 조사하였다(표 6). 과실간 편차가 비교적 컸지만 고형물과 산 함량의 차이는 수확 시기 또는 입고 전 처리 전후의 차이가 현저하지 않았다. 그러나 에틸렌 발생량은 수확시기가 늦을수록 증가하는 경향이었고 호흡은 10월 7일을 기준으로 감소하였다. 그러나 입고 전 처리를 경과한 다음의 호흡은 10월 7일 수확기까지 증가하다 다시 감소하여 생리적으로 후숙 단계에 접어 든 것으로 판단되었다. 그러나 과색을 볼 때 수확 시기에 따른 변화가 적었고 과실간 편차가 심하게 발생하여 같은 시기에 수확한 과실일지라도 생리적 성숙단계에 많은 차이를 보여주는 것으로 생각되었다.

수확 일자에 따른 경도변화는 뚜렷하지 않았으나 대체적으로 수확시기가 늦을수록 경도가 감소하는 경향을 나타내었고 가용성 고형물 및 산 함량의 변화는 뚜렷하지 않았다.

수확 시기를 달리하여 저장한 과실의 저장 중 품질 변화를 저장기간에 따라 조사하였다. 무게감량의 변화는 처리간에 명확한 차이를 나타내지 않아 수확 시기별 평균값을 구하여 나타내었다(그림 2). 수확 시기에는 저장 6개월 후 10월 2일에 수확한 과실의



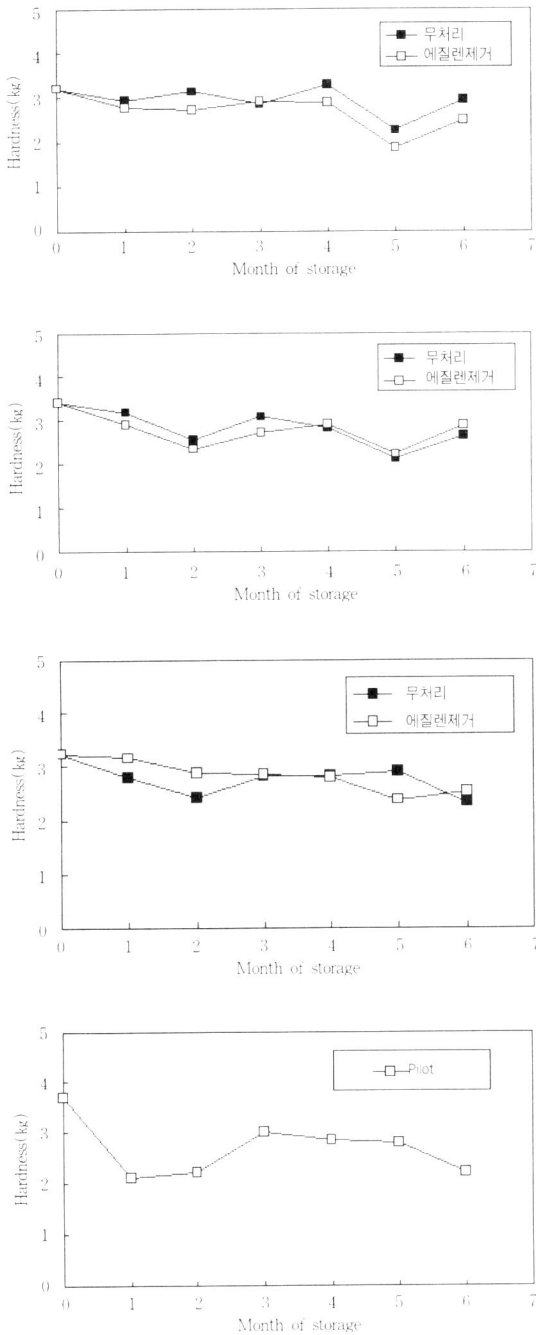


그림 3. 수확 시기와 에틸렌 제거가 신고 과실의 저장중 경도에 미치는 영향. 위로부터 10월2일, 7일, 12일에 각각 수확하였고 하단은 pilot 저장임

감량이 3.64%에 달하였고 10월 12일에 수확한 과실의 감량은 2.66%이었는데 이러한 결과가 성숙도에 따른 차이인지 여부는 명확하지 않았다. 또한 동일한 저장 기간 중 pilot 저장한 과실의 감량은 저장 5개월까지는 비교적 낮았으나 마지막 조사일의 감량이 비교적 높아 비교적 균일하지 않았다. 이러한 결과를 볼 때 과실의 수확시기에 따른 감량의 차이보다는 저장환경의 차이가 감량에 더욱 중요할 것으로 예상된다. 즉, 수확시기를 달리하여 수확한 과실은 소형 저장고에 입고하였던 것에 비하여 pilot 저장은 5평 규모의 창고에 입고하였으므로 전체 부피에 대한 적재량의 차이가 더욱 중요한 원인일 것으로 예상된다.

과실 경도는 개체간 편차가 커 일정한 경향을 보여주지 않았으나 대체적으로 에틸렌 제거 환경의 과실이 다소 높았으며 이러한 경향은 저장기간이 길어질수록 더욱 명확하였다(그림 3). 따라서 저장 초기부터 에틸렌을 제거하는 것은 과실의 선도유지에 필요한 것으로 판단된다. 기존에 연구에서 에틸렌 제거의 효과가 명확하지 않은 경우가 보고되었으나(이 등, 1992) 그 경우 플라스틱필름으로 과실과 에틸렌 제거제를 함께 포장하였으므로 에틸렌 제거제가 포화되었거나 이산화탄소의 축적에 의하여 뚜렷한 효과를 나타내지 못하였을 것으로 추정된다. 그러나 본 연구에서는 과실을 나출시키고 저장고 공기 중의 에틸렌을 제거하는 서로 상이한 조건이었기 때문으로 생각된다.

가용성 고형물과 산함량은 수확시기 또는 에틸렌 제거 유무에 따른 반응이 일정하지 않았지만 가용성 고형물의 경우 저장기간이 길어짐에 따라 처리 또는 수확시기에 관계없이 다소 증가하는 경향이었고 산함량은 감소하였으나 그 편차는 크지 않았다(그림 4, 5). 따라서 당산의 변화에 따른 품질의 차이는 에틸렌 제거 또는 수확 시기에 따라 일정하지 않은 것으로 판단되어 에틸렌 제거의 효과를 명확하게 찾을 수 없었다.

과실의 에틸렌 생합성율은 저장 4개월까지는 에틸렌 제거환경에 둔 과실이 차이는 작지만 무처리보다 낮은 경향을 보여주었고 그 이후에는 10월 7일에 수확한 과실에서 다소 높았으나 최종 조사일인 저장 6

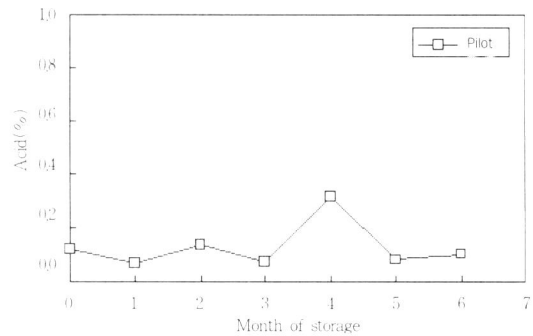
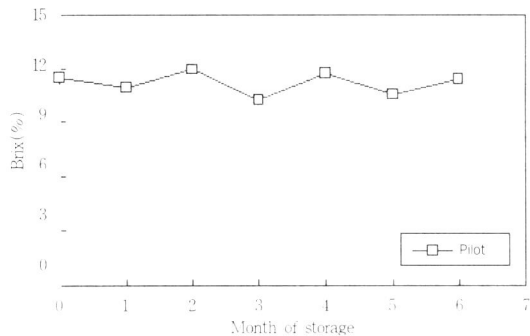
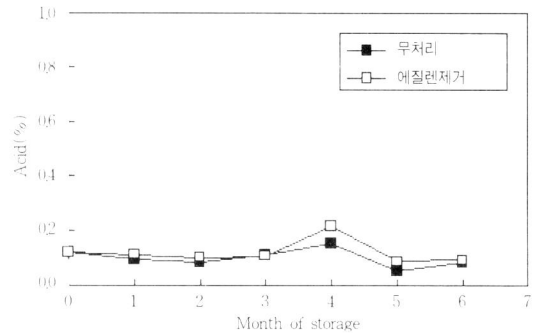
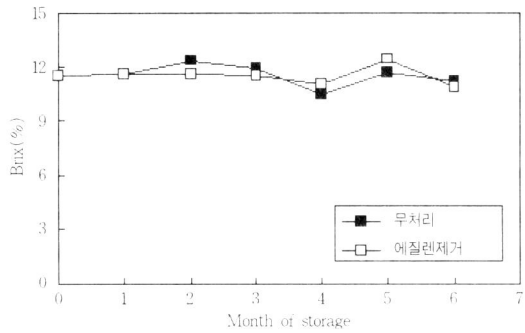
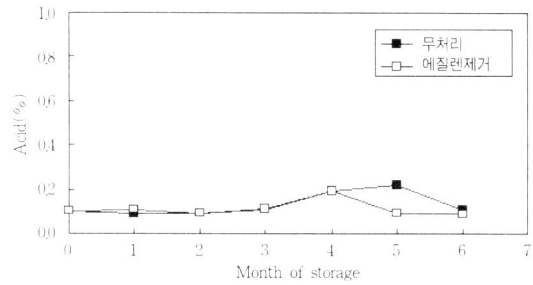
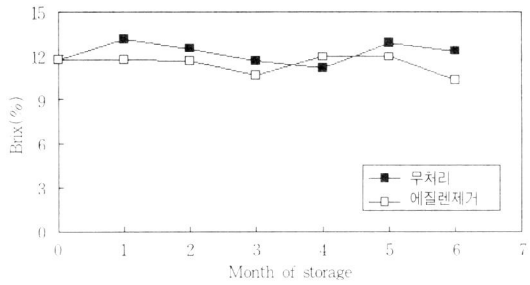
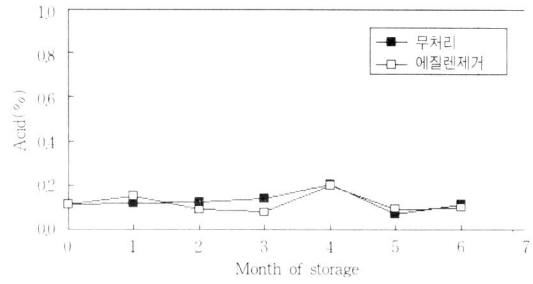
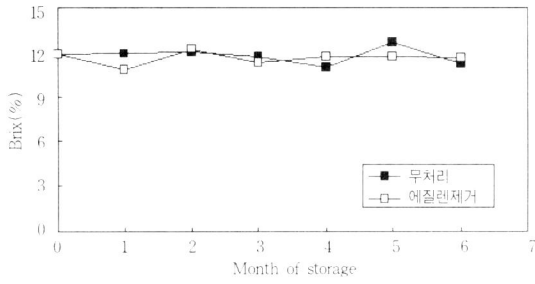


그림 4. 수확 시기와 에틸렌 제거가 신고 과실의 저장중 가용성 고형물 함량에 미치는 영향. 위로부터 10월2일, 7일, 12일에 각각 수확하였고 하단은 pilot 저장임

그림 5. 수확 시기와 에틸렌 제거가 신고 과실의 저장중 산함량에 미치는 영향. 위로부터 10월2일, 7일, 12일에 각각 수확하였고 하단은 pilot 저장임

개월 후에는 다시 에틸렌 처리구의 에틸렌 함성율이 낮았다(그림 6). 이러한 결과는 과실의 저장환경에서 에틸렌을 지속적으로 제거할 때 에틸렌에 의한 생리적 반응이 지연되어 얻어진 결과로 추정할 수 있다.

호흡율도 에틸렌과 전반적으로 유사한 결과를 보여 주었다(그림 7). 이러한 경향은 에틸렌에 지속적으로 노출된 과실의 생리적 반응이 빠르게 진행되므로 얻어진 결과로 추정되는데 본 연구 수행 중 에틸렌 제거제를 처리한 저장고의 에틸렌 농도는 거의 감지되지 않는 수준이었지만 무처리의 경우 조사시기에 따라 차이가 있었지만 0.02~0.3ppm 범위에 있었다. 특히 pilot 저장고의 경우 대부분 측정일의 에틸렌 농도는 검출한계 이하이었다. 과실 색도는 일정한 경향을 나타내지 않았다(미발표 자료).

이러한 결과로 미루어볼 때 창고의 입고량 또는 창고 부피에 따라 저장중의 과실은 지속적으로 에틸렌에 노출되기 때문에 저장기간이 길어질수록 조직의 노화에 따른 품질저하가 빠르게 진행할 것으로 예상된다.

#### 다. 에틸렌 제거가 과피얼룩 발생에 미치는 영향

##### 1) 에틸렌제거와 농가별 얼룩장해 발생 빈도

본 연구 수행 중 농가를 방문하여 현장에서 과피 얼룩 등 생리적 장애의 발생정도를 파악하기 위하여 서로 다른 시기에 출고되는 과실을 대상으로 에틸렌 제거의 유무에 따라 과피얼룩 발생정도와 기타의 생리적 장애를 조사하였다(표 7).

과피얼룩 장애의 발생정도는 농가에 따라 또한 출하시기에 따라 많은 차이를 보여주었는데 대체적으로 저장기간이 길어질수록 얼룩장해를 일으키는 빈도가 높았고 또한 농가에 따른 편차도 심한 것으로 밝혀졌다.

동일한 과원의 생산품은 아니었으나 2월 16일 조사한 결과는 에틸렌 제거를 실시하였을 때 과피얼룩 장애과가 6.5%이었으나 에틸렌 제거를 실시하지 않은 인근 농가의 과실은 21.7%의 발생율을 보여주어 에틸렌 제거는 얼룩장해의 발생을 지연시키는 효과가 명확하였다(표 7. A, B). 또한 동일한 농가에서 생

산된 과실인 C 창고와 pilot 저장용 과실을 제공한 농가의 저장고에서 조사한 결과로 3월 16일과 4월 21일의 얼룩장해 발생율을 비교하였을 때 3월 16일의 발생율은 30.8%이었는데 4월 21일에는 얼룩장해가 58.2%로 28%정도 증가하였고 동일 과원에서 생산한 과실을 에틸렌을 제거한 환경에서 저장하였을 때 (pilot 저장) 4월 21일의 얼룩 장해 발생빈도는 7.2%로 현저히 낮아 에틸렌 제거의 효과가 명확하였다. D 창고의 경우 천안시에 위치한 동일한 농가의 저장고에서 에틸렌 제거제를 사용한 창고와 그렇지 않은 창고의 과실을 비교한 결과로 에틸렌 제거 여부에 따라 과피얼룩 장애의 발생정도에 현저한 차이를 보여 에틸렌 제거는 과실의 노화를 지연시키므로 얼룩장해를 감소시킨 것으로 확인되었다. 이러한 결과를 살펴볼 때 신고의과피얼룩 장애는 에틸렌과 밀접한 관련이 있을 것으로 판단되는데 에틸렌에 의한 직접적인 장애이기보다는 에틸렌이 높은 농도로 유지되는 저장환경에서는 조직의 노화가 빠르게 진전되기 때문에 얼룩증상이 쉽게 발생하며 얼룩증상은 신고 과실의 노화의 한 증상으로 추정된다.

##### 2) 에틸렌 처리가 얼룩증상에 미치는 영향

에틸렌이 과피얼룩 장애에 미치는 효과를 검토하기 위하여 에틸렌제거 환경에서 저장한 과실을 2개월 후에 350L 용기에 넣고 격리된 저온실에서 에테론과 알카리용액을 혼합하여 에틸렌을 발생시켰다(표 8, 9). 에틸렌 처리 중 용기 안의 에틸렌농도는 8.8~10.2ppm이었으며 2회에 걸쳐 용액을 교체하여 20일간 처리하였다. 처리 3개월 후에 품질과 장애발생 유무를 조사하였는데 에틸렌제거 환경에 둔 과실은 얼룩장해를 거의 일으키지 않았으나 에틸렌을 처리한 과실은 20과 중 18과에서 얼룩장해가 관찰되었으며 심부현상 또한 관찰되었으며 그 정도도 심하여 과심조직의 일부가 완전히 붕괴되어 건조해진 경우도 있었다. 반면에 에틸렌제거 환경에 둔 과실은 2개의 과실에서 심부현상이 관찰되었으나 그 정도는 매우 약했다.

과실의 품질을 비교한 결과 경도는 에틸렌 처리에서 명확히 낮은 결과이었지만 고형물과 산함량은 오

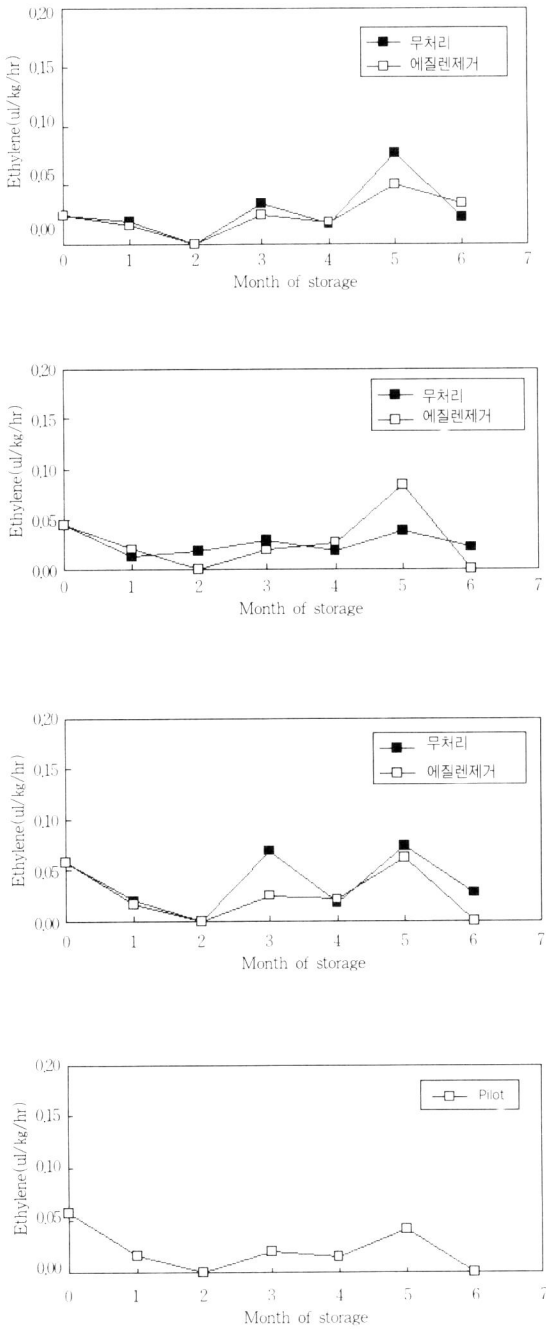


그림 6. 수확 시기와 에틸렌 제거가 신고 과실의 저장중 에틸렌 생합성에 미치는 영향. 위로부터 10월2일, 7일, 12일에 각각 수확하였고 하단은 pilot 저장임

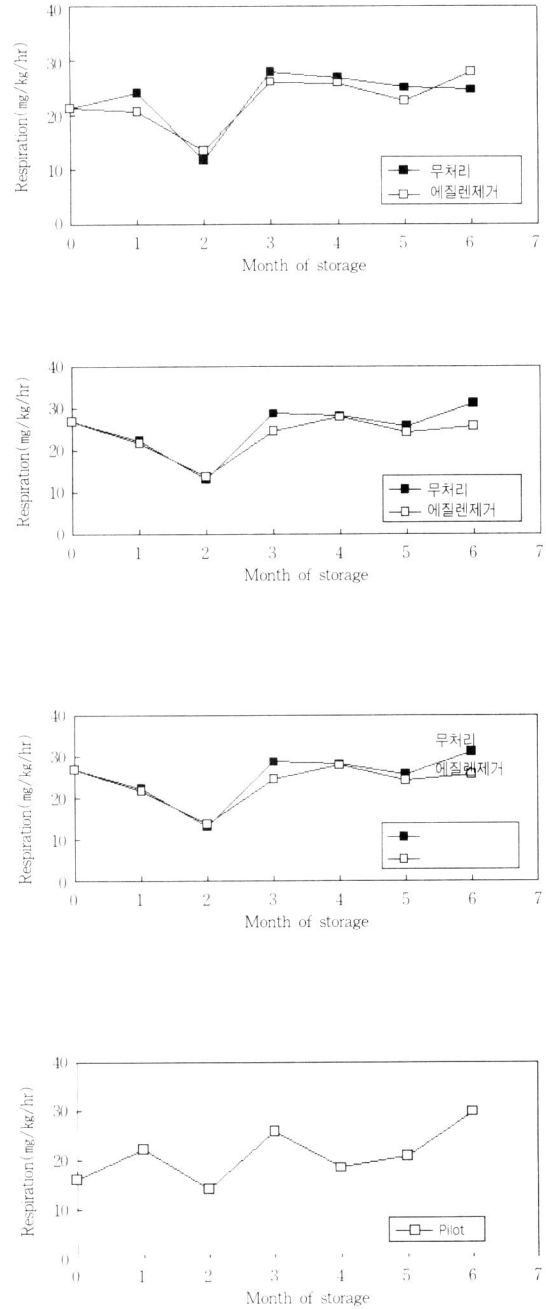


그림 7. 수확 시기와 에틸렌 제거가 신고 과실의 저장중 호흡율에 미치는 영향. 위로부터 10월2일, 7일, 12일에 각각 수확하였고 하단은 pilot 저장임

히려 높았다(표 9). 반면에 에틸렌 발생량과 호흡율은 에틸렌 처리구에서 월등히 높았고 과색도 더욱 짙은 적색을 나타내었다. 특히 산 함량이 높았던 것은 심부현상에 의하여 발생된 것으로 보이는데 에틸렌이 높은 환경에서 과실의 호흡이 증가하여 과심부위는 고이산화탄소 장해를 일으킨 것으로 추정된다. 유사한 장해가 플라스틱필름으로 밀봉하여 저장한 과실에서 흔히 관찰되는데 이 경우 에틸렌 흡착제의 처리효과가 뚜렷하지 않았던 것으로 보고된 바 있다(이 등, 1992).

참고문헌

1. 김정호(1974). 동양배 금촌추 품종의 저장 중에 발생하는 과피흑변현상의 유기요인 및 그 방지에 관한 연구. 한원지 16: 1~25.
2. 서정학(1999). 동양배(*Pyrus pyrifolia* Nakai)의 저장 중 발생하는 과피흑변에 관한 연구. 충남대학교 박사학위논문.
3. 윤상돈, 홍윤표, 목진일, 이종석(2000). 신고 배의 저장, 유통 중 과피얼룩반점 증상 원인구명.

표 7. 저장조건 및 기간에 따른 과피 얼룩장해 비교

저장고 <sup>z</sup>	에틸렌 제거	조사일	조사수량	발생율(%)	발생정도
A	+	2, 16	85개	6.5	약
B	-	2, 16	83개	21.7	약
C	-	3, 16	130개	30.8	중
C	-	4, 21	122개	58.2	약~중
Pilot 저장	+	4, 21	74상자	7.2	약
D	+	5, 2	79개	17.3	약~중
D'	-	5, 2	95개	42.3	중~심

<sup>z</sup>기호는 서로 다른 창고를 나타내며 pilot 저장은 실험용 저장고의 결과임. 임의로 과실을 꺼내 조사하였음.

표 8. 에틸렌처리가 신고 과실의 생리적 장해에 미치는 영향

에틸렌처리	조사개수	과피얼룩	심부장해
-	20	1( 5) <sup>z</sup> 약	2( 10) 약
+	20	18(90) 중~심	20(100) 중~심

<sup>z</sup>가로안의 수치는 %를 나타냄

표 9. 에틸렌처리가 신고 과실의 품질에 미치는 영향

에틸렌처리	경도 (kg)	고형물 (°Brix)	산함량 (%)	에틸렌 (ul/kg/hr)	CO <sub>2</sub> (ml/kg/hr)	색 (hue)
-	2.5±0.8	10.6±0.8	0.104±0.005	ND	27.94±0.61	79.1±0.3
+	2.2±0.4	11.2±0.1	0.107±0.019	0.343	36.29±1.21	77.5±2.2

원과지 18(2): 194.

4. 이재창, 황용수(1992), 배 수출 모델 개발 및 상품성 향상에 관한 연구, 연구보고, 과학기술처.
5. 黒井伊作, 佐藤辛雄(1957), 晩生梨の汚染果, 農及園 32(11): 1655~1656.
6. 林眞二, 田邊賢二, 伴野潔(1986), 日本ナツ果實の發育に關する組織學のおよび生理學的研究, 鳥取大學農學部 日本梨開發研究實驗報告III, 鳥取大學.
7. 緒方俊雄, 古原綱二, 姫野周二, 中尾茂夫(1981), 晩三吉ナツの果面の黒あざ病の發生要因, 大分縣農業技術 研究報告第1報: 61~74.