

# 동양배 ‘원황’ 및 ‘화산’의 상온유통 중 품질 및 생리장애 발생에 미치는 1-methylcyclopropene (1-MCP) 처리의 영향

이옥용<sup>1</sup> · 오경영<sup>1</sup> · 문승주<sup>2</sup> · 황용수<sup>1</sup> · 천종필<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>충남대학교 농업생명과학대학 원예학과, <sup>2</sup>대전광역시 농업기술센터

## Effects of 1-methylcyclopropene (1-MCP) on Fruit Quality and Occurrence of Physiological Disorders of Asian Pear (*Pyrus pyrifolia*), ‘Wonhwang’ and ‘Whasan’, during Shelf-life

Ug-Yong Lee<sup>1</sup>, Kyoung-Young Oh<sup>1</sup>, Seung-Joo Moon<sup>2</sup>, Yong-Soo Hwang<sup>1</sup>, and Jong-Pil Chun<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Horticulture, Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea

<sup>2</sup>Daejeon Agricultural Technology Center, Daejeon 305-250, Korea

**Abstract.** This study was conducted to investigate the effect of 1-methylcyclopropene (1-MCP) on fruit quality and incidence of physiological disorders for keeping freshness during marketing period in Asian pear (*Pyrus pyrifolia* Nakai) ‘Wonhwang’ and ‘Whasan’. Fruits were treated with 1  $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$  1-MCP for 12 hours at 25°C, at two or three stages of ripeness as determined by days after full bloom (DAFB). Fruits were harvested at 130 and 140 DAFB in early season cultivar ‘Wonhwang’ and 135, 145, and 150 DAFB in mid-season cultivar ‘Whasan’, respectively. Fruits were stored at 25°C for 21 days and measured the flesh firmness, weight loss, soluble solids, acidity, ethylene, respiration and severity of physiological disorders at week interval. 1-MCP treatment to ‘Wonhwang’ pears harvested at 130 and 140 DAFB effectively delayed firmness loss during storage at 25°C. Untreated fruits of ‘Wonhwang’ pears harvested at 130 DAFB showed 32.3 and 10.1N of firmness after 14 and 21 days of shelf-life at 25°C, respectively, while those of the 1-MCP treated fruits showed 39.4 and 33.1N during same period. In the fruits harvested at 140 DAFB, the firmness of untreated fruit was lowered to 14.8 and 6.6N after 14 and 21 days, respectively, but those of 1-MCP treated fruit were 35.0 and 33.3N, respectively. Whereas, 1-MCP treatment delayed firmness loss only in the fruit harvested late (150 DAFB) in ‘Whasan’ pears. Higher soluble solids content and acidity during extended shelf-life were apparent in 1-MCP treated ‘Wonhwang’ pears, while those of ‘Whasan’ pears were little changed. ‘Wonhwang’ pears showed a relatively high ethylene production (maximum 0.58  $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ ) in the fruits harvested late than early harvested one. ‘Whasan’ pears showed little amount of ethylene production regardless of extended shelf-life. 1-MCP treatment to ‘Wonhwang’ pears decreased respiration rate following shelf-life, 42 and 50% reduction were observed at 14 days of shelf-life when compared with those of untreated ones harvested at 130 and 140 DAFB, respectively. No reduction of respiration rate by the treatment of 1-MCP was detected in ‘Whasan’ pears which showed considerably low respiration rate compared with ‘Wonhwang’ pears. Harvest time influenced the level of physiological disorders together with extension of shelf-life in both the cultivars. 1-MCP treatment completely blocked the incidence of internal browning of ‘Wonhwang’ pears harvested at 130 DAFB, and reduced the incidences of pithiness and core browning, while it promoted the flesh spot decay disorder regardless of harvest time. 1-MCP treatment was of little benefit for the prevention of physiological disorders in ‘Whasan’ pears compared with those of ‘Wonhwang’.

**Additional key words:** core browning, firmness, internal browning, pithiness, respiration

\*Corresponding author: [jpchun@cnu.ac.kr](mailto:jpchun@cnu.ac.kr)

※ Received 16 February 2012; Revised 11 July 2012; Accepted 11 July 2012. 본 연구는 농림수산식품부/농림수산식품기술기획평가원 배수출연  
구사업단의 지원에 의해 이루어진 것임.

## 서 언

국립원예특작과학원에서 육성한 배 ‘원황’ 및 ‘화산’은 우리나라 주 품종인 ‘신고’에 비하여 숙기가 빠르고 가용성고형물이 높은 등 시장성과 품질면에서는 우수하지만 상온 저장력이 상대적으로 약하므로(Kim et al., 2002; Oh et al., 2010) 재배 농가에서의 재식면적 및 소비자의 구매력 증진을 위해서는 이들 두 품종의 수확시기 결정 및 유통 과정 중 품질유지를 위한 수확 후 처리기술에 관한 연구가 시급한 실정이다. 동양배의 수확시기는 과실의 상온유통기간에 영향을 미쳐 이들 두 품종의 경우 수확시기가 늦어질수록 유통 중 생리장해가 증가하는 것으로 보고(Kim et al., 2011; Oh et al., 2010)되고 있고, 상온유통기간 중 품위 유지를 위한 적정 수확 시기에 관한 연구가 진행되었으나, 수확 후 상온유통기간 증진을 위한 에틸렌작용 억제제 처리와 품종별 반응성에 대한 연구는 매우 제한적으로 이루어져 왔다(Kim et al., 2006; Moon et al., 2008). 동양배는 수확 시 과실의 숙기와 온도환경이 호흡 및 에틸렌 발생에 영향을 미친다고 보고되고 있는데(Kitamura et al., 1981) 수확 후 과실의 호흡량이 증가하게 되면 체 내 대사 작용이 활성화되고 에틸렌 발생의 증가 및 호흡의 직접적 산물인 이산화탄소의 축적으로 노화 촉진 및 생리장해 발생에 영향을 주게 된다(Kader, 1989). 동양배에 있어 호흡은 품종별 수확 조만성에 따라 좌우되어 호흡형이 다르게 나타나는데 ‘장십랑’은 호흡급등형을, ‘신고’는 비급등형을 보이는 것으로 밝혀진 바 있다(Jeong et al., 1998). 한편 동양배 과실의 에틸렌 발생은 일본에서 육성된 대부분의 배 품종의 경우 ACC synthase(ACS) 활성이 낮아 에틸렌 생합성량이 극히 적은 품종군에 속하는데(Itai et al., 1999), ‘원황’배는 일본 품종인 ‘조생적’배에 ‘만삼길’배를, ‘화산’배는 ‘풍수’배에 ‘만삼길’배를 각각 교배하여 얻어진 품종으로 ‘신고’배와 마찬가지로 에틸렌 생합성량이 극히 적은 것으로 추정된다. 또한 유통온도에 따라 에틸렌발생량이 다소 달라지는데 ‘원황’배의 경우 25℃에서 유통되는 경우 18℃에서 유통되는 경우에 비해 상대적으로 에틸렌 발생량이 증가한다고 보고된 바 있다(Oh et al., 2010). 한편 ‘신고’배의 저장력 증진을 위한 CA 저장의 효과가 발표된 이래(Yang, 1997), 저산소 및 고이산화탄소 조건에서 조만생 품종 배의 과실경도, 호흡률 및 에틸렌 발생량의 감소 등 과실 품질 유지를 위한 긍정적인 결과가 보고된 바 있으나(Park, 1999), ‘원황’ 및 ‘화산’배에 대한 성숙 기작에 관한 기초 연구들이 미비한 실정이다. 이에 본 연구에서는 조생종 ‘원황’ 및 중생종 ‘화산’배를 수확시기별로 공시하여 과실 별 연화생리를 이해하고 1-MCP

처리효과를 상온 유통 중 품질요인 변화 및 생리장해 발생 측면에서 비교함으로써 국내에서 신육성된 배의 유통 중 품질유지 기간 연장을 위한 기초자료를 제공하고자 실시하였다.

## 재료 및 방법

### 과실 재료

실험 재료는 대전광역시 서구 흑석동에 위치한 개인농가에서 2009년 수세가 균일한 10년생 ‘원황’과 ‘화산’배(*Pyrus pyrifolia* Nakai)를 각각 이용하였다. ‘원황’은 만개 후 130일 및 140일에 수확하여 각각 적기수확과 및 과숙과로 간주하였다(Oh et al., 2010). ‘화산’은 135, 145 및 150일에 과실을 수확하여 각각 조기수확과, 적기수확과 및 과숙과로 간주하였다. 수확한 과실은 실험실에서 1일간 예조(25℃)한 후 기형과를 배제하고 1-MCP를 처리하였다.

### 1-MCP 처리

수확시기별 및 1-MCP 처리농도별 반응성 실험을 위해 1m<sup>3</sup>의 처리전용 텐트 내에서 20kg 플라스틱 컨테이너에 과실을 채우고 1-methylcyclopropene(1-MCP, SmartFresh™, AgroFresh Inc., USA) powder를 기화시켜 1μL·L<sup>-1</sup> 농도로 25℃에서 12시간 처리하였다. 1-MCP 처리 용기에는 소형 팬을 설치하여 처리 중 공기를 순환시켰다. 실험에 사용한 과실은 모두 처리 후 그물망을 씌우고 수출용 5kg 종이박스에 포장한 후 25℃에서 7일 간격으로 21일간에 모의유통을 실시하면서 과실 품질 및 생리장해 발생률을 분석하였다.

### 품질 조사

유통과정 중 과실 감모율은 수확 후 측정된 과중과 저온 수송 및 유통 후 측정된 과중의 차이를 백분율로 나타내었다. 과육의 경도는 과실 양면의 적도면에서 지름 8cm, 두께 1.5cm로 잘라낸 disk의 과피를 제거하고 8mm flat-tipped probe를 사용 Rheometer(CR-100D, Sunscientific, Japan)로 압축강도를 측정하고 N으로 표시하였다. 가용성고형물 함량은 경도를 측정된 disk를 거즈로 압착하여 과즙을 채취한 후 굴절당도계(PR-1, Atago, Japan)로 측정하였고, 산함량은 과즙을 희석 후 0.1N NaOH로 pH 8.3까지 적정하여 사과산 함량으로 계산하였다. 과피의 색도 측정은 과실 적도면을 색차계(CR-300b, Minolta, Japan)로 측정하였다. 과실의 에틸렌 발생량 및 호흡 측정은 각 처리구에서 무작위로 6과를 선택하여 3반복으로 3.4L 용기에 2과씩 넣어 밀폐하고 25℃에서 2시간 방치 후 밀폐된 용기내부의 기체를 주사기로 1mL 포집한 후 각각 FID 및 TCD가 장착된 gas chromatograph

(Shimadzu, Japan)로 측정 후 계산하였다(Tamura et al., 2003).

### 생리장애 및 부패 평가

과육 및 과심에 발생하는 생리장애 발생을 조사하기 위하여 과실 중앙부를 절단하여 절단면에서 장애발생 여부를 육안으로 관찰하여 판단하였다. 과육에 발생하는 갈변, 바람들이 항목은 건전과는 0, 과육면적의 20% 미만은 1, 40% 미만은 2, 60% 미만은 3, 80% 미만은 4, 80% 이상은 5로 구분하였으며 과심에 발생하는 갈변은 과심면적을 기준으로 과육장애와 동일하게 장애지수를 측정하여 발생의 심도를 산출하였다.

### 통계

본 실험에서는 SPSS 프로그램(version 18.0, SPSS, Inc., Chicago, Illinois, USA)을 사용하였다. 분산분석(ANOVA)은  $P < 0.05$ 의 유의수준에서 실행되었으며, 평균은 던컨의 다중범위검정을 사용하여 차이를 확인하였다.

## 결과 및 고찰

배 ‘원황’ 및 ‘화산’의 상온 유통기간 증진을 위한 1-MCP 처리의 적용가능성을 타진하고자 성숙도에 따른 반응성을 조사하였다. ‘원황’에 있어 만개 후 130일에 수확한 과실의 경우, 무처리구의 과실 경도는 상온유통 7일 후 39.0N, 14일 후 32.3 N, 21일 후 10.1N으로 유통기간이 경과하면서 경도가 급격하게 저하되었다. 1-MCP 처리구는 같은 조사 기간에 각각 42.3, 39.4 및 33.1N으로 무처리구에 비해 유의하게 높게 유지되었다(Fig. 1). 만개 후 140일에 수확한 ‘원황’에 대한 1-MCP 처리는 만개 후 130일 수확과실의 경우에 비하여 보다 유의한 효과를 보였는데, 상온 유통 7일에는 무처리구 및 1-MCP 처리구에서 각각 33.9 및 38.9N으로 유사하였으나 상온유통 14일에 각각 14.8 및 35.0N으로 1-MCP 처리구의 경도가 두 배 이상 높게 유지되었고 유통 21일에는 1-MCP 처리구가 33.3N이었던 반면 무처리구는 6.6N으로 상품성을 완전히 상실한 상태로 조사되는 등 ‘원황’에 대한 1-MCP 처리의 과실 상온유통 중 정도 저하 지연효과가 유의하였다(Fig. 1). 한편 ‘화산’에 대한 1-MCP 처리 효과는 수확시기가 늦은 과실 및 유통기간이 경과될수록 정도 유지 효과가 크게 나타나는 것을 확인할 수 있었다(Fig. 1). 즉, 만개 후 135일 수확 과실에 대한 1-MCP 처리는 무처리구에 비하여 유통 21일 후 4.0N 경도가 높았고, 만개 후 145일 수확 과실에서는 4.9N, 그리고 만개 후 150일 수확 과실에서는 무처리구가 6.7N으로 완전히 상품성을 상실한 경우에

도 1-MCP 처리구는 19.8N으로 조사되어 1-MCP 처리에 의한 ‘화산’의 상온유통 중 정도 저하 지연효과는 수확시기가 늦은 과실에서 상대적으로 크게 나타남을 확인할 수 있었다. 한편, 이와 같은 1-MCP 처리의 과실 정도 저하 지연효과는 두 품종 중 상대적으로 수확기가 빠른 ‘원황’에서 처리 효과가 다소 크게 나타났다. 이는 1-MCP 처리는 여러 작물에 있어 품종 및 발육시기에 따라 처리의 반응성이 다르게 나타나는데(Blankenship and Dole, 2003), 토마토의 경우에는 녹색과(mature green)보다는 착색이 시작되는 시기(breaker)에 수확된 과실에 처리한 경우 가장 처리의 효율성이 높고(Guillen et al., 2006), 서양배의 경우 1-MCP 처리는 정도변화에 미치는 영향이 성숙도에 따라 전혀 다르게 나타나 경우에 따라서는 가식 수준 이상으로 정도가 높게 유지된다는 보고(Gamrasni et al., 2010)된 바 있는 등 식미와 관련되어 처리시기가 중요함이 밝혀진 바 있다. 또한 동양배에서는 ‘황금배’ 과실에 대한 1-MCP의 처리 효과를 구명한 실험에서 과실의 정도 저하는 상온유통 기간이 증가하면서 크게 나타나며 1-MCP 처리효과는 유통기간이 경과할수록 무처리구와의 차이가 크게 나타난다는 보고(Moon et al., 2008)를 감안할 때 본 실험에서 나타난 ‘원황’ 및 ‘화산’배 과실의 수확 후 연화과정의 지연 즉 정도저하의 지연에 미치는 1-MCP 처리는 동양배에서도 품종 및 과실의 성숙도 차이에 그 처

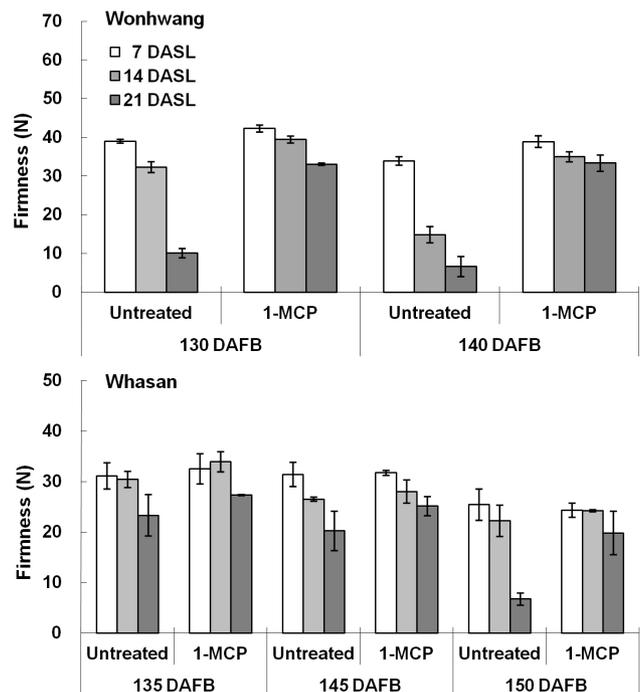


Fig. 1. Effects of 1-MCP treatment on the changes of flesh firmness during shelf-life at 25°C in ‘Wonhwang’ and ‘Whasan’ pears harvested at different ripeness. Bars represent standard errors of the means of 9 replicates.

리 반응이 다소 다르게 나타난다는 것을 확인할 수 있었으므로 동양배 과실에 대한 1-MCP 처리의 효용성을 높이기 위해서는 수확시기에 대한 고려가 우선되어야 한다고 판단되었다.

상온유통 기간 중의 감모율을 조사한 결과를 보면 다음과 같다. ‘원황’에 있어 유통 중 감모율은 과실의 수확시기에 관계없이 유통기간이 경과함에 따라 증가하는 경향을 보였는데 만개 후 130일에 수확한 과실의 감모율은 유통 21일 후 무처리구 5.8%, 1-MCP 처리구 5.6%였고 만개 후 140일에 수확한 과실에서는 각각 4.4% 및 5.8%로 조사되어 1-MCP 처리에 의한 과실 감모율 저하효과는 나타나지 않았다(Table 1). ‘화산’에 있어서도 유통기간의 증가에 따른 감모율의 증가 이외에는 처리 간 감모율의 차이를 보이지 않았다(Table 2). 가용성고형물 함량은 두 품종 모두 수확시기가 늦어질수록 증가하는 경향을 보여 ‘원황’의 경우 무처리구에 있어 만개 후 130일 수확 과실은 11.53-11.67°Brix였고 만개 후 140일

수확 과실은 11.60-12.47°Brix로 상대적으로 성숙도가 높았던 과실에서 상온 유통 중 높은 수준을 유지하였다. ‘원황’에 대한 1-MCP 처리는 각 수확기에 있어 가용성고형물 함량이 높게 유지되는 경향을 보였는데 만개 후 130일 및 140일 수확과에 대한 1-MCP 처리구의 가용성고형물 함량은 각각 11.93-12.27°Brix 및 12.33-12.47°Brix로 특히 만개 후 130일 수확과에 있어 무처리구 대비 높은 수준을 유지하는 결과를 보였다(Table 1). ‘화산’에 있어서는 수확시기가 늦어질수록 유의한 함량이 증가가 인정되었는데 ‘원황’과는 달리 유통기간의 경과에 따른 가용성고형물의 증가도 인정되었으나 1-MCP 처리에 따른 함량차이는 인정되지 않는 것으로 조사되었다(Table 2). 한편 산함량은 가용성고형물 변화와는 반대로 수확시기가 늦어지고 유통기간이 경과할수록 감소하여 과실의 성숙 및 연화과정에서 나타나는 일반적인 변화와 동일하게 나타났는데 1-MCP 처리에 의한 산함량 감소 지연효과는 ‘원황’에서만 목격되었다(Table 1, 2).

**Table 1.** Effects of 1-MCP treatment on fruit quality parameters during shelf-life in ‘Wonhwang’ pears harvested at different ripeness.

Harvest time <sup>z</sup> (DAFB)	1-MCP <sup>y</sup>	Shelf-life (days)	Fruit quality parameters				
			Wt. loss (%)	TSS (°Brix)	TA (%)	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> (μL·kg <sup>-1</sup> ·h <sup>-1</sup> )	CO <sub>2</sub> (mL·kg <sup>-1</sup> ·h <sup>-1</sup> )
130	-	7	3.3 cd <sup>x</sup>	11.7 c	0.19 b	0.00 a	1.79 b
	-	14	4.3 b	11.5 c	0.17 c	0.00 a	2.88 a
	-	21	5.8 a	11.6 c	0.18 bc	0.11 a	1.36 c
	+	7	2.7 d	11.9 b	0.22 a	0.00 a	1.04 d
	+	14	3.8 bc	12.1 ab	0.21 a	0.00 a	1.61 b
	+	21	5.6 a	12.3 a	0.19 b	0.15 a	1.43 c
140	-	7	2.7 d	12.5 a	0.18 a	0.25 a	3.06 a
	-	14	3.7 c	12.3 a	0.16 a	0.36 a	2.10 c
	-	21	4.4 b	11.6 b	0.07 c	0.17 a	2.68 b
	+	7	2.8 d	12.3 a	0.17 a	0.16 a	1.52 d
	+	14	4.0 bc	12.3 a	0.14 b	0.47 a	1.04 e
	+	21	5.8 a	12.5 a	0.16 a	0.58 a	2.63 b
Significance							
Harvet time (A)			**	***	***	***	***
1-MCP (B)			NS	***	***	NS	***
Shelf- life (C)			***	NS	***	NS	*
A × B			***	NS	NS	NS	*
A × C			NS	*	***	NS	***
B × C			*	**	***	NS	***
A × B × C			NS	NS	***	NS	**

<sup>z</sup>Fruits were harvested at 130 or 140 days after full bloom (DAFB) and stored for 21 days at 25°C. All fruits were pre-conditioned at 25°C for 2 days before 1-MCP treatment.

<sup>y</sup>1-MCP was treated at the level of 1.0 μL·L<sup>-1</sup> for 12 hours at room temperature.

<sup>x</sup>Mean separation within columns of each harvest time by Duncan's multiple range test at 5% level. Statistical analyses were performed with SPSS software package v.13.0 for windows (SPSS Inc. 2004).

NS, \*\*, \*\*\*, \*\*\* Indicate non-significant and significant differences at  $P < 0.05$ ,  $P < 0.01$ , or  $P < 0.001$ .

**Table 2.** Effects of 1-MCP treatment on fruit quality parameters during shelf-life in 'Whasan' pears harvested at different ripeness.

Harvest time <sup>z</sup> (DAFB)	1-MCP <sup>y</sup>	Shelf-life (days)	Fruit quality parameters				
			Wt. loss (%)	TSS (°Brix)	TA (%)	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> (μL·kg <sup>-1</sup> ·h <sup>-1</sup> )	CO <sub>2</sub> (mL·kg <sup>-1</sup> ·h <sup>-1</sup> )
135	-	7	3.1 c <sup>x</sup>	11.5 d	0.14 ab	0.00 a	0.33 d
	-	14	5.3 b	12.2 b	0.14 ab	0.00 a	1.39 ab
	-	21	7.2 a	12.6 a	0.14 ab	0.37 a	0.49 a
	+	7	3.0 c	11.8 c	0.15 a	0.00 a	1.00 c
	+	14	5.3 b	11.3 d	0.14 ab	0.37 a	1.32 abc
	+	21	7.1 a	12.4 ab	0.13 b	0.25 a	1.12 bc
145	-	7	2.9 c	12.6 c	0.14 ab	0.14 a	0.37 c
	-	14	5.9 b	12.5 c	0.15 a	0.15 a	1.52 a
	-	21	7.6 a	13.1 b	0.13 b	0.00 a	1.45 ab
	+	7	2.9 c	12.2 d	0.14 ab	0.09 a	1.18 b
	+	14	5.0 b	12.7 c	0.14 ab	0.10 a	1.51 a
	+	21	7.4 a	13.3 a	0.13 b	0.06 a	1.30 ab
150	-	7	3.0 c	13.4 c	0.12 a	0.08 a	0.36 c
	-	14	5.4 b	13.3 c	0.11 a	0.07 a	0.98 b
	-	21	7.5 a	14.4 a	0.09 b	N.D <sup>w</sup>	N.D
	+	7	3.0 c	13.5 bc	0.11 a	0.05 a	1.06 ab
	+	14	5.0 b	13.7 b	0.12 a	0.05 a	1.34 ab
	+	21	7.5 a	14.3 a	0.09 b	0.09 a	1.38 a
Significance							
Harvest time (A)			NS	***	***	NS	NS
1-MCP (B)			NS	NS	NS	NS	***
Shelf-life (C)			***	***	***	NS	***
A × B			NS	**	NS	NS	NS
A × C			NS	NS	*	NS	NS
B × C			NS	NS	NS	NS	***
A × B × C			NS	***	NS	NS	NS

<sup>z</sup>Fruits were harvested at 130 or 140 days after full bloom (DAFB) and stored for 21 days at 25°C. All fruits were pre-conditioned at 25°C for 2 days before 1-MCP treatment.

<sup>y</sup>1-MCP was treated at the level of 1.0 μL·L<sup>-1</sup> for 12 hours at room temperature.

<sup>x</sup>Mean separation within columns of each harvest time by Duncan's multiple range test at 5% level. Statistical analyses were performed with SPSS software package v.13.0 for windows (SPSS Inc., 2004).

<sup>w</sup>Data were not detected by fruit decay.

NS,\*,\*\*,\*\*\* Indicate non-significant and significant differences at  $P < 0.05$ ,  $P < 0.01$ , or  $P < 0.001$ .

‘원황’의 경우 만개 후 130일에 수확한 과실의 에틸렌발생량은 1-MCP 처리에 관계없이 상온유통 14일간 발생하지 않았고 유통 21일에 극미량인 0.11-0.15μL·L<sup>-1</sup>가 발생하였다. 만개 후 140일에 수확한 과실에서는 만개 후 130일 수확 과실에 비해서는 상대적으로 높은 수준이었으나 무처리구 및 1-MCP 처리구에서 각각 최대 0.36 및 0.58μL·L<sup>-1</sup>에 머물러 매우 낮은 수준이 발생하였다(Table 1). ‘화산’의 경우에는 ‘원황’에 비해 낮은 수준으로 검출되었는데 그 수준이 0-0.37μL·L<sup>-1</sup>로 수확시기, 1-MCP 처리유무 및 유통기간의 경과에 따른 변화는 없는 것으로 조사되었다(Table 2). 이는 일

본에서 육성된 배 대부분의 재배 품종은 ACS 활성이 낮아 에틸렌 생합성량이 극히 적은 품종 군에 속하는데(Itai et al., 1999), ‘원황’은 만생종인 ‘조생적’배에 만생종인 ‘만삼길’ 배를 교배하여 얻은 품종이고 ‘화산’은 중생종인 ‘풍수’에 만생종인 ‘만삼길’을 교배하여 얻어진 품종으로 두 품종 모두 저장성이 우수한 화분친을 보유하고 있는 품종이기 때문에 ‘신고’와 마찬가지로 에틸렌 생합성량이 극히 적은 것으로 추정된다. 이는 ‘황금배’의 경우 적숙기에는 에틸렌이 발생되지 않았고 수확기 2주 후에 소량의 에틸렌 발생이 목격되었다는 기존의 보고와 일치하는 것이었다(Yoo et al.,

2002).

유통기간 중 1-MCP 처리에 따른 과실의 호흡량을 품종 별로 비교한 결과, ‘원황’에 있어서는 수확시기가 늦어질수록 다소간 증가하는 경향을 보였는데 1-MCP 처리는 만개 후 130일 수확 과실에 있어서는 상온유통 7 및 14일에 무처리구 대비 각각 42 및 44% 감소시켰고, 만개 후 140일 수확 과실은 각각 50%씩 감소하는 것으로 조사되었는데 상온유통 21일에는 호흡률에 차이를 보이지 않았다(Table 1). ‘화산’의 호흡량은 ‘원황’에 비해 유의하게 낮은 수준으로 조사되었고 처리에 관계없이 최대 호흡량이 ‘원황’의 절반 수준에 머물러 상대적으로 호흡률이 매우 낮은 품종으로 이해되었다. 그러나 1-MCP 처리는 상온유통 기간 중 7일 이후에는 영향을 미치지 않았지만 상온유통 초기인 7일간의 호흡을 다소 증가시킨 것으로 조사되어 추후 보다 면밀한 조사를 통한 확인할 필요가 있다고 생각되었다. 기존의 보고에 따르면 ‘원황’을 30°C의 고온에서 유통시킨 경우에는 호흡률이 상품성이 유지되는 기간 내에는 증가하다가 경도가 급격히 낮아져 상품성 상실된 이후 급감한다는 결과와 ‘화산’의 경우 수확시기에 관계없이 30°C 고온유통 중 호흡량의 변화가 적었고 에틸렌 발생량도 ‘원황’에 비해 절반 이하로 유의하게 낮았으며 수확시기에 따른 변화도 차이가 없으므로 조사(Lee et al., 2011)되었던 것을 감안하면 ‘화산’의 에틸렌 발생 및 호흡량의 변화가 ‘원황’에 비해 유의하게 적

은 품종으로 이해된다. 따라서, 동양배에 대한 1-MCP 처리 효과는 에틸렌의 작용을 직접적으로 저해하여 나타나기 보다는 과실의 호흡억제를 통한 과실품질요인의 저하를 지연(Fig. 1 and Table 1)하는 간접적인 효과에 기인하는 것으로 추정되었다. 즉 본 실험에 이용하였던 두 품종 중 1-MCP 처리에 의해 경도저하 지연효과가 상대적으로 높았던 ‘원황’이 ‘화산’에 비하여 유통기간 중 호흡억제 정도가 높았고 산함량 감소 억제 효과가 현저하였던 등 품종 간 상이한 호흡특성 때문에 동일 농도의 1-MCP에 대한 반응성이 다르게 나타난 것으로 추정할 수 있으며 비클라이매터릭 호흡형을 가진 파인애플의 경우에도 에틸렌발생량은 성숙 전 기간에 걸쳐  $1\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ 로 극히 낮지만 1-MCP 처리에 의해 호흡률이 줄어들었으며 이를 통해 과실의 연화과정이 억제되었다는 보고(Shihomi et al., 2002)와 ‘황금배’에 대한 1-MCP 처리는 상온유통기간이 경과하더라도 호흡률을 45% 정도 낮게 유지하였다는 보고(Moon et al., 2008)를 감안하면 동양배에 있어 1-MCP 처리 효과는 직접적인 에틸렌 작용억제라기 보다는 호흡의 억제를 통한 과실연화 과정의 지연에 기인하는 것으로 판단된다.

수확시기가 다른 ‘원황’ 및 ‘화산’에 대한 1-MCP 처리가 상온유통 중 생리장해 발생에 미치는 영향을 조사하였다. ‘원황’의 상온 유통기간 중 발생한 생리장해는 과육갈변, 과육붕괴, 바람들이 및 과심갈변이 나타났으며 ‘화산’에서는

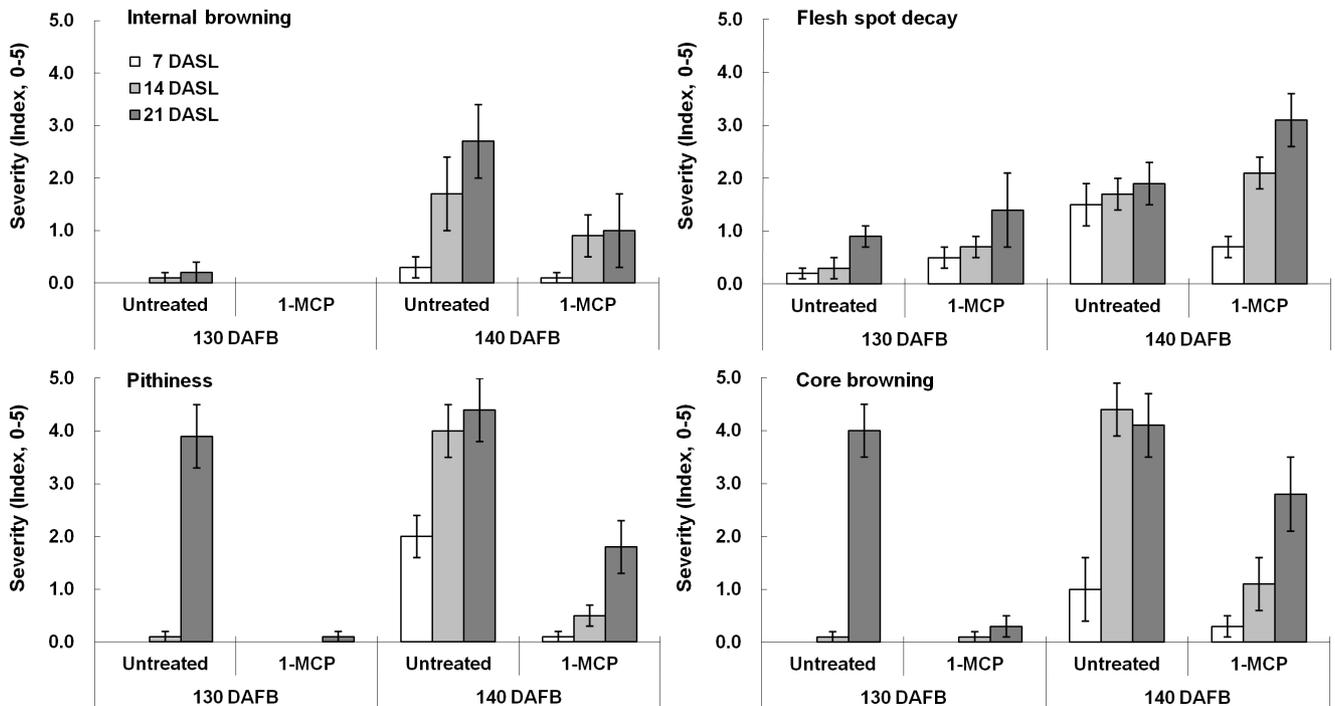


Fig. 2. Effects of 1-MCP treatment on the incidence of physiological disorders during shelf-life at 25°C in ‘Wonhwang’ pears harvested at different ripeness. Bars represent standard errors of the means of 9 replicates.

과육갈변, 바람들이 및 과심갈변 장애가 나타났다. 상온유통 중 생리장애 발생 정도는 품종에 관계없이 수확시기가 늦어지고 유통기간이 길어질수록 증가하는 경향을 보였다(Figs. 2 and 3). ‘원황’의 경우 무처리구에서는 상온유통 초기부터 바람들이와 과심갈변이 심하게 발생하는 경향을 보였는데 상온유통 21일에는 거의 대부분의 과실에서 발생지수 4 이상 평가되어 발생 부위가 80% 이상으로 나타났다. 만개 후 130일 수확 과실에 대한 1-MCP 처리는 과육갈변을 완전히 방지하였고, 바람들이 및 과심갈변의 발생을 현저히 경감하는 효과를 보여 매우 효과적이었다. 한편 만개 후 140일 수확 과실에 대한 1-MCP 처리는 과육갈변 및 바람들이의 발생을 현저하게 경감시켰는데 과심갈변 발생 경감에 미치는 효과는 상대적으로 떨어지는 것으로 조사되었다. ‘원황’의 경우 ‘화산’과는 다르게 과육이 부정형으로 갈변하고 심하면 과육이 붕괴되는 flesh spot decay(FSD) 증상(Crisosto et

al., 2012)이 관찰되었는데 1-MCP 처리에 의해 발생이 증가되는 경향을 보였다(Fig. 2). FSD의 발생은 수확시기가 늦어 과숙한 동양배 과실에서 많이 발생하는 것으로 알려져 있는데(Crisosto et al., 2012; Lee et al., 2011) 과실 내 칼슘 함량이 부족한 경우 발생하는 세포벽의 약화와 관련이 있는 것으로 추정되고 있다(Behboudian and Lawes, 1994). 본 연구에서 ‘원황’에서만 FSD 장애가 발생된 원인이 ‘화산’에 비하여 과실 내 칼슘함량이 낮은 원인인지 혹은 세포벽관련 물질의 함량이 낮은 것(자료 미제시)에 기인하는 것인지에 대해서는 보다 자세한 연구가 필요하며, 1-MCP 처리에 의해 상온유통 중 유기되었던 호흡률의 저하(Table 1)로 인한 호흡장애 및 이산화탄소 축적 때문에 발생한 것인지 혹은 단순히 유통과정을 거치면서 유기되는 과실의 노화과정(Kader, 1989; Larrigaudière et al., 2004)에 의한 것인지에 대해서도 다각적인 연구가 필요할 것으로 판단되었다. 배 과실에서의 과심의 갈변현상은 저장 온도와 수확시기에 의해 조절될 수 있는데 ‘원황’ 배에서는 저온장해가 아닌 수확 후 누적된 온도가 높을수록 과심갈변과의 발생률이 높은 결과를 보인 바 있다(Lim et al., 2007). 본 연구에서 품종에 관계없이 유통기간이 증가함에 따라 과심갈변 발생이 증가하는 경향이었는데 1-MCP 처리는 ‘원황’에서만 경감효과가 나타났고 ‘화산’에서는 큰 효과를 나타내지 못한 것으로 조사되었고, 바람들이 발생에 미치는 1-MCP의 영향도 상대적으로 ‘화산’에서는 다소 떨어지는 것으로 조사되어(Figs. 2 and 3) 동양배에 대한 1-MCP의 처리 효과는 품종에 따라 편차가 큰 것으로 생각된다. 이는 본 연구에서 이용하였던 ‘원황’ 및 ‘화산’에 비해 수확시기가 늦은 ‘신고’에 1-MCP를 처리하였을 때 1개월 상온저장 후 바람들이 발생이 11.1%로 무처리구의 22.2%에 비해 낮았다는 보고(Ahn et al., 2009)를 감안하면 ‘원황’ 및 ‘화산’은 ‘신고’에 비해 바람들이 발생률이 현저히 높은 품종이라고 생각되었다. 즉 동양배에서 바람들이 장애는 품종에 따라 그 발생빈도가 다르게 나타나며 숙기가 늦은 과실일수록 발생빈도가 낮으므로 숙기가 빠른 품종에 대한 1-MCP의 처리 효용성이 높은 것으로 생각되었다. 한편 본 실험에서 바람들이 및 과심갈변 등 생리장애 발생지수가 유통기간이 21일로 비교적 단기간임에도 불구하고 높게 나타났는데, 이는 과실을 5kg 수출용 종이박스에 넣어 밀폐된 상태로 25°C에서 저장하였으므로 과실의 호흡에 의해 발생하는 이산화탄소가 박스 내에 축적되어 장애가 증가한 것으로 추정되므로 추후 호흡률이 상대적으로 높은 배 품종에 대한 온도 및 가스환경 등 유통환경 조건에 따른 생리장애 발생패턴에 대한 연구가 보충되어야 할 것으로 생각되었다.

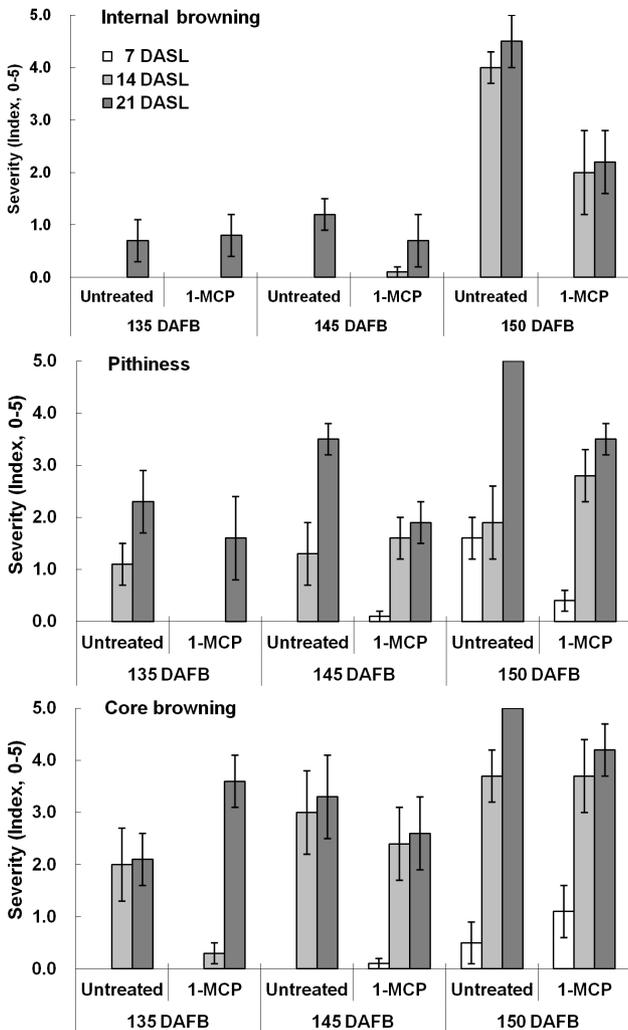


Fig. 3. Effects of 1-MCP treatment on the incidence of physiological disorders during shelf-life at 25°C in ‘Whasan’ pears harvested at different ripeness. Bars represent standard errors of the means of 9 replicates.

종합적으로 볼 때 본 연구에서 이용한 두 품종의 생리장해 발생은 수확시기 즉 과실성숙도에 크게 영향을 받으며 유통기간이 길어짐에 따라 심하게 발생하고 1-MCP 처리에 의한 장해발생 경감효과도 수확시기에 따라 상이하게 나타나 수확시기가 상대적으로 빠른 경우에 크게 나타났으므로 국내에서 유통 되는 경우에 비해 상대적으로 장기간이 소요되는 수출의 경우, '원황'배는 만개 후 130일경에 '화산'배는 만개 후 145일 이전에 수확하여 1-MCP를 처리하여 수출하고 상품판매기간을 14일 이내로 설정하는 것이 과실의 구매력 향상 측면에서 바람직할 것으로 생각되었다.

## 초 록

본 연구에서는 1-MCP 처리가 조생종 '원황' 및 중생종 '화산'배의 상온유통기간 중 과실품질 및 생리장해 발생 경감에 미치는 영향을 조사하였다. '원황'배는 만개 후 130일과 140일에, '화산'배는 만개 후 135, 145 및 150일에 각각 수확하여 실험에 이용하였다. 1-MCP를  $1\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$  농도로 처리한 후  $25^{\circ}\text{C}$  상온에서 21일간 유통시킨 후 과실경도를 조사한 결과, 1-MCP 처리에 의한 과실 경도 저하 지연효과가 인정되었다. '원황'배에 있어 만개 후 130일에 수확한 과실의 경우, 무처리구의 과실 경도는 상온유통 14일 후 32.3 N, 21일 후 10.1N으로 유통기간이 경과하면서 경도가 급격하게 저하되었다. 1-MCP 처리구는 같은 조사 기간에 각각 39.4 및 33.1N으로 무처리구에 비해 유의하게 높게 유지되었다. 만개 후 140일에 수확한 '원황'에 있어서는 상온유통 14일에 각각 14.8 및 35.0N으로 1-MCP 처리구의 경도가 두 배 이상 높게 유지되었고 유통 21일에는 1-MCP 처리구가 33.3N이었던 반면 무처리구는 6.6N으로 상품성을 완전히 상실하였다. '화산'에 대한 1-MCP 처리 효과는 수확시기가 늦은 과실에서 효과가 크게 나타났다. '원황'에 대한 1-MCP 처리는 각 수확기에 있어 가용성고형물 함량이 높게 유지되는 경향을 보였는데 '화산'에 있어서는 1-MCP 처리에 따른 함량차이는 인정되지 않았고 1-MCP 처리에 의한 산함량 감소 지연효과도 '원황'에서만 나타났다. 에틸렌 발생량은 '원황'의 경우 수확시기가 늦은 과실에서 다소 높게 측정되었으나 최대  $0.58\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ 으로 매우 소량에 머물렀는데 '화산'의 경우에는 '원황'에 비해 현저히 낮은 수준으로 검출되었고 1-MCP 처리유무 및 유통기간의 경과에 따른 유의한 변화가 없었다. 유통기간 중 1-MCP 처리에 따른 과실의 호흡량은 '원황'에 대한 1-MCP 처리는 만개 후 130일 및 140일 수확 과실에 있어서 상온유통 14일에 무처리구 대비 각각 44 및 50% 감소시킨 것으로 조사되었다. '화산'의 호흡량은 '원황'에 비

해 유의하게 낮은 수준으로 조사되었고 1-MCP 처리에 따른 호흡률의 감소는 관찰되지 않았다. 과실내부에 발생하는 생리장해를 측정된 결과, 두 품종 모두 수확시기가 늦어지는 경우 증가하는 경향이었다. '원황'에 있어 만개 후 130일 수확 과실에 대한 1-MCP 처리는 과육갈변을 완전히 방지하였고, 바람들이 및 과심갈변의 발생을 현저히 경감되었던 반면 flesh spot decay 장해는 증가하였다. 1-MCP 처리는 '원황'에서만 생리장해 경감효과가 나타났고 상대적으로 '화산'에서는 그 효과가 다소 떨어지는 것으로 조사되었다.

추가 주요어 : 과심갈변, 경도, 과육갈변, 바람들이, 호흡

## 인용문헌

- Ahn, Y.J., X.Y. Wu, W.S. Kim, Y.S. Jo, J.A. Jo, X. Li, and S.H. Lee. 2009. Effect of 1-MCP treatment on fruit freshness in Niitaka pears. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 27(Suppl. I):117. (Abstr.)
- Behboudian, M.H. and G.S. Lawes. 1994. Fruit quality in 'Nijisseiki' Asian pear under deficit irrigation: Physical attributes, sugar and mineral content, and development of flesh spot decay. *New Zealand J. Crop Hort. Sci.* 22:393-400.
- Blankenship, S.M. and J.M. Dole. 2003. 1-Methylcyclopropene: A review. *Postharvest Biol. Technol.* 28:1-25.
- Crisosto, C.H., E.J. Mitcham, and A.A. Kadar. 2012. Asian pear: Recommendations for maintaining postharvest quality. <http://postharvest.ucdavis.edu/PFfruits/AsianPear/>.
- Ganrasni, D., R. Ben-Arie, and M. Goldway. 2010. 1-methylcyclopropene (1-MCP) application to Spadona pears at different stages of ripening to maximize fruit quality after storage. *Postharvest Biol. Technol.* 58:104-112.
- Guillen, F., S. Castillo, P.J. Zapata, D. Martinez-Romero, D. Valero, and M. Serrano. 2006. Efficacy of 1-MCP treatment in tomato fruit. 2. Effect of cultivar and ripening stage at harvest. *Postharvest Biol. Technol.* 42:235-242.
- Itai, A., T. Kawata, K. Tanabe, F. Tamura, M. Uchiyama, M. Tomomitsu, and N. Shiraiwa. 1999. Identification of 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid synthase genes controlling the ethylene level of ripening fruit in Japanese pear (*Pyrus pyrifolia* Nakai). *Mol. Gen. Genet.* 261:42-49.
- Jeong, S.T., J.G. Kim, S.S. Hong, H.S. Jang and Y.B. Kim. 1998. Influence of maturity and storage temperature on the respiration rate and ethylene production in 'Kosui', 'Chojuro' and 'Niitaka' pears. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 39:446-448.
- Kader, A.A. 1989. Mode of action of oxygen and carbon dioxide on postharvest physiology of 'Bartlett' pears. *Acta Hort.* 258: 161-167.
- Kim, H.C., K.S. Bae, J.H. Bae, K.S. Jeon, and J.U. Hong. 2006. Effect of ethylene removal on fruit quality of oriental pear during storage. *J. Bio-Environ. Control* 15:61-66.
- Kim, J.B., S.J. Kang, D.S. Son, H.S. Seo, K.S. Cho, J.J. Choi, J.H. Choi, J.H. Han, S.S. Kang and I.S. Shin. 2002. Selection guide for pear cultivar. Naesaranguribae, Naju, Korea.

- Kim, J.K., K.Y. Oh, U.G. Lee, K.B. Ma, Y.S. Hwang, J.M. Choi, and J.P. Chun. 2011. Changes of the fruit quality according to temperature environment and marketing period during simulated exportation in 'Whasan' pears. *J. Bio-Environ. Control* 20:399-405.
- Kitamura, T., T. Iwata, T. Fukushima, Y. Furukawa, and T. Ishiguro. 1981. Studies on the maturation-physiology and storage of fruits and vegetables. II. Respiration and ethylene production in reference to species and cultivars of pear fruit. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 49:608-616.
- Larrigaudière, C., I. Lenthéric, J. Puy, and E. Pintó. 2004. Biochemical characterisation of core browning and brown heart disorders in pear by multivariate analysis. *Postharvest Biol. Technol.* 31:29-39.
- Lee, U.Y., K.Y. Oh, J.H. Choi, Y.S. Hwang, J.M. Choi, and J.P. Chun. 2011. Evaluation of fruit quality during shelf-life at high temperature environment in 'Wonhwang' and 'Whasan' pears. *J. Bio-Environ. Cont.* 20:233-240.
- Lim, B.S., Y.S. Hwang, J.P. Chun, and H.W. Jung. 2007. Effect of storage temperature on the core breakdown of 'Wonhwang' and 'Niitaka' pear fruits. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 25:212-216.
- Moon, S.J., S.H. Lee, J.H. Han, Y.S. Hwang, and J.P. Chun. 2008. Effects of 1-MCP and storage condition on fruit quality of 'Whangkeumbae' pear during storage and simulated marketing. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 26:380-386.
- Oh, K.Y., U.Y. Lee, S.J. Moon, Y.O. Kim, H.S. Yook, Y.S. Hwang, and J.P. Chun. 2010. Transportation and distribution temperatures affect fruit quality and physiological disorders in 'Wonhwang' pears. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 28:434-441.
- Park, Y.S. 1999. Effects of storage temperatures and CA conditions on firmness, fruit composition, oxygen consumption and ethylene production of Asian pears during storage. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 40:559-562.
- Shihomi, S., K. Chono, M. Nishikawa, M. Okabe, and R. Nakamura. 2002. Effect of 1-methylcyclopropene (1-MCP) on respiration, ethylene production and color change of pineapple fruit after harvest. *Food Preserv. Sci.* 28:235-241.
- Tamura, F., J.P. Chun, K. Tanabe, M. Morimoto, and A. Itai. 2003. Effect of summer-pruning and gibberellin on the watercore development in Japanese pear 'Akibae' fruit. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 72:372-377.
- Yang, Y.J. 1997. Effect of controlled atmospheres on storage life in 'Niitaka' pear fruit. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 38:734-738.
- Yoo, W.J., D.H. Kim, D.H. Lee and J.K. Byun. 2002. Changes of respiration rate, cell wall components and their hydrolase activities during the ripening of 'Whangkeumbae' pear fruit. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 43:43-46.