

동양배(*Pyrus pyrifolia* Nakai)인 조생종 ‘한아름’ 및 중생종 ‘만풍배’에 대한 1-methylcyclopropene 처리 반응

이육용¹ · 오광석² · 배태민² · 천종필^{2*}

¹국립원예특작과학원 배시험장, ²충남대학교 원예학과

Response of 1-methylcyclopropene Treatment on Early season ‘Hanareum’ and Mid-season ‘Manpungbae’ Asian Pears (*Pyrus pyrifolia* Nakai)

Ug-Yong Lee¹, Kwang-Suk Oh², Tae-Min Bae², and Jong-Pil Chun^{2*}

¹Pear Research Station, National Institute of Horticultural & Herbal Science, Naju 520-821, Korea

²Dept. of Horticulture, Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea

Abstract. This study was conducted to investigate the effect of 1-methylcyclopropene (1-MCP), a known ethylene action inhibitor, on fruit quality and incidence of physiological disorders during simulated marketing period in Asian pears (*Pyrus pyrifolia* Nakai) of early-season cultivar ‘Hanareum’ and mid-season cultivar ‘Manpungbae’. Flesh firmness was decreased abruptly at 15 days after shelf-life in untreated fruit of early-season cultivar ‘Hanareum’ which showed less than 19N, although those of 1-MCP-treated fruits were kept high value (>28N) during 15 days of shelf-life. However, there were no distinct firmness changes during 30 days of shelf-life in mid-season cultivar ‘Manpungbae’ pear. Two pear cultivars did not show any considerable differences in quality indices such as soluble solids content, titratable acidity and skin color during the shelf-life regardless of 1-MCP treatment. The reduction of ethylene production level by 1-MCP treatment did not appeared in ‘Hanareum’ pear. Meanwhile, 1-MCP treated ‘Hanareum’ pears showed significantly low respiration rate during shelf-life. On the other hand, the inhibitory effect of 1-MCP was not remarkable in mid-season ‘Manpungbae’ pears. 1-MCP treatment completely blocked the incidence of physiological disorders including core browning and mealiness symptom during shelf-life only in early-season ‘Hanareum’ pears, and reduced considerably the pithiness disorder regardless of 1-MCP concentration. Consequently, we concluded that the treatment efficacy of 1-MCP is largely cultivar-dependent and the use of $1\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ 1-MCP was recommended for the keeping quality and the prevention of physiological disorders only in early-season Asian pear ‘Hanareum’.

Additional key words: ethylene, firmness, physiological disorder, respiration

서 론

‘한아름’ 배는 1988년에 국립원예특작과학원에서 ‘신고’에 ‘추황배’를 교배하여 육성한 품종으로 숙기는 수원지방 기준으로 8월 중순이다. 과중이 480g 전후로 조생종으로는 대과이며, 당도가 13.8°Brix로 높고, 산미가 적어 식미가 우수한 품종이나 상온저장력이 10일 정도로 수확 후 품질 저하가 빠른 품종이다(Kim, 2002). ‘만풍배’는 1982년에 국립원예특작과학원에서 ‘풍수’에 ‘만삼길’을 교배하여 육성한 품종으로 숙기는 수원지방 기준으로 9월 하순으로 우리나라의 주품종인 ‘신고’에 비해서 다소 빠르

로 추석 출하용으로 유리한 품종이다(Cho 등, 2003).

따라서, ‘신고’ 단일 품종에 의존도가 큰 우리나라 배 산업의 발전을 위해서는 이와 같은 신품종 배의 재배면적 확대가 필요하며 나아가 배의 수출 증대를 위해서는 신품종에 대한 고품질 과실의 생산기술 및 수확 후 상온 유통력 증진기술의 개발이 선행되어야 할 필요가 있다.

수확 후 배 과실에서 나타나는 품질의 저하는 노화를 유발하는 호르몬인 에틸렌이 일정 부분 관여하고 있는데, 조생종 배인 ‘원황’은 다른 배에 비하여 비교적 에틸렌 생합성이 높아(Lee와 Chun, 2011; Lee 등 2011) 수확 후 빠르게 품질이 떨어지는 것으로 알려져 있다(Lee 등, 2012; Moon 등, 2008). 한편 중생종인 ‘만풍배’는 모본의 ACC synthase(ACS) 활성이 낮으므로(Itai 등, 1999) 에틸렌 생합성량이 극히 적은 품종군에 속할 것으로 추

*Corresponding author: jpchun@cnu.ac.kr

*Received June 2, 2014; Revised July 11, 2014;

*Accepted August 26, 2014

정된다. 따라서, 숙기가 현저하게 다른 국내 육성 배 품종들에 대한 에틸렌생합성 관련 연구와 수확 후 보구력을 증진하기 위한 에틸렌작용억제제에 대한 반응성을 살피는 연구가 절실히 요구되고 있는 실정이다.

수확 후 과실의 호흡량이 증가하게 되면 체내 대사 작용이 활성화되고 에틸렌 발생의 증가 및 호흡의 직접적 산물인 이산화탄소의 축적으로 노화 촉진 및 생리장해 발생에 영향을 주게 된다(Kader, 1989). 수확 후 과실의 호흡량 증가는 과실주변의 산소농도를 지나치게 낮추거나 이산화탄소 농도를 높일 수 있고 이 경우 modified atmosphere(MA) 스트레스 유발로 과실품질에 악영향을 줄 수 있다(Kader 등, 1989). 동양배에 있어 호흡률은 조생종일수록 높고 호흡형이 품종에 따라 다르게 나타나 ‘장십랑’은 호흡급등형을, ‘신고’ 품종은 호흡비급등형을 보이는 것으로 밝혀진 바 있다(Jeong 등, 1998). ‘신고’ 배의 저장력 증진을 위한 CA저장의 효과가 발표된 이래(Yang, 1997), 저산소 및 고이산화탄소 조건에서 조만생종 배의 과실경도, 호흡률 및 에틸렌 발생량의 감소 등 과실 품질 유지를 위한 긍정적인 결과가 보고된 바 있으나(Park, 1999) 에틸렌 작용 억제제의 신육성 품종에 대한 효능 평가에 대한 연구는 제한적인 실정이다. 즉, 고품질 과실의 내수 및 수출시장에서의 유통력 증진을 위해서는 무엇보다 수확 이후의 과실의 유통력에 영향을 미치는 호흡률 및 에틸렌발생에 대한 이해가 필요하다.

에틸렌 작용억제제인 1-methylcyclopropene(1-MCP)은 성숙관련 대사작용을 억제하여 여러 작물에서 보구력 증진 효과(Sisler와 Serek, 1997)가 있는 것으로 알려져 있으나 작물의 종류 및 품종에 따라 그 효과에 차이가 있고 일반적으로 클라이맥터릭형 과실에서 효과가 큰 것으로 보고된 바 있다(Balnkenship와 Dole, 2003).

이에 본 연구는 비클라이맥터릭형 과실인 동양배 중 조생종 ‘한아름’과 중생종 ‘만풍배’ 과실에 대한 수확 후 1-methylcyclopropene(1-MCP) 농도별 처리가 상온유통 중 품질변화 및 생리장해 발생에 미치는 영향에 대해 비교하여 1-MCP 처리 효과를 비교하므로써 신육성 배 품종의 수확 후 품질유지 기간 연장을 위한 기초자료로 제공하고자 수행되었다.

재료 및 방법

실험 재료는 충남 천안시의 개인농가(장덕용)에서 수세가 균일한 9년생 ‘한아름’과 8년생 ‘만풍배’를 공시하였다. ‘한아름’은 적숙기인 만개 후 112일에, ‘만풍배’는 적숙기인 만개 후 152일에 각각 수확하여 실험에 이용하였다. 과실은 수확 후 상온에서 1일간 예건 후 1-MCP를 처리하였다. 1-MCP 처리는 두 품종간 에틸렌

및 호흡량 차이를 고려하여 처리 비용의 절감을 목적으로 농도차이를 다르게 설정하였다. 즉 조생종 ‘한아름’은 1.0과 2.0 $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ 두 농도로 중생종 ‘만풍배’는 0.5, 1.0 그리고 2.0 $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ 세 농도를 설정하였다. 처리는 1m³의 처리전용 텐트 내에서 20kg들이 플라스틱 컨테이너에 과실을 채우고 1-methylcyclopropene(1-MCP, SmartFreshTM, AgroFresh Inc., USA) powder를 기화시켜 25°C에서 12시간 처리한 후 차이를 분석하였다. 처리 상자 내에는 소형팬을 설치하여 처리 중 공기를 순환시켰다(Choi와 Bae, 2007). 처리 후 과실은 두 품종 모두 그물망을 씌우고 수출용 5kg 종이상자에 넣어 25°C에서 ‘한아름’은 5일 간격으로 20일간, ‘만풍배’는 10일 간격으로 30일간 모의유통하면서 과실의 품질 및 생리장해 발생을 비교하였다.

과실의 경도는 rheometer(TMS-Pro, Food Tech. Corp., USA)로 직경8mm 측정봉을 이용하여 과피를 제거한 과실의 적도면에 수직으로 5mm sample move, 100mm/min의 조건으로 최대압력을 측정하였다. 가용성 고형물은 과실 적도면의 동일부분을 1cm두께로 잘라 4겹의 cheese cloth를 이용하여 착즙한 후 digital refractometer(PR-32a, ATAGO, Japan)를 사용하여 측정하였다. 산 함량은 동일한 방법으로 착즙한 과즙 5mL를 증류수 35mL에 희석하여 0.1N NaOH를 이용하여 pH 8.3까지 중화 적정후 사과산으로 환산하였다. 과피색 측정에는 chroma meter(CR-410, Minolta, Japan)를 이용하여 각 개체의 모든 과실의 적도면을 측정하여 L*, a*, b*를 구하고 Hue값 등을 계산하였다. 과실의 에틸렌 발생량 및 호흡 측정은 각 처리구에서 무작위로 6과를 선택하여 3반복으로 3.4L 용기에 2과씩 넣어 밀폐하고 25에서 2시간 방치 후 밀폐된 용기내부의 기체를 주사기로 1mL 포집한 후 각각 FID 및 TCD가 장착된 gas chromatograph(YL6100-GC, Younglin, Korea)로 측정 후 계산하였다(Tamura 등, 2003). 한편 과실 내부에 발생하는 생리장해는 과실 중앙부를 절단하여 절단면에서 장해발생 여부를 육안으로 관찰하여 판단하였다. 과육에 발생하는 갈변, 바람들이, 분질증상은 건전과는 0, 과육면적의 20% 미만은 1, 40% 미만은 2, 60% 미만은 3, 80% 이상은 5로 구분하였다. 과심갈변은 과심면적을 기준으로 건전한 것은 0, 20% 미만은 1, 60% 미만은 3, 80% 이상은 5로 구분하여 장해지수를 측정후 생리장해 항목별로 총합을 과실수로 나누어 지표와 발생 유무에 따른 발생률을 산출하였다.

통계는 SPSS 프로그램(version 14.0, SPSS, Inc., Chicago, Illinois, USA)을 사용하였다. 분산분석(ANOVA)은 $p < 0.05$ 의 유의수준에서 실행되었으며, 평균은 Duncan’s multiple range test로 차이를 검정하였다.

결과 및 고찰

배 조생종 ‘한이름’과 중생종 ‘만풍배’의 상온유통기간 증진을 위한 수확 후 1-MCP 처리의 적용가능성을 타진하고자 1-MCP처리 농도에 따른 과실의 반응성을 조사하였다. ‘한이름’에 있어 유통 중 감모율은 1-MCP처리 농도와 관계없이 유통기간이 경과함에 따라 증가하는 경향을 보였는데, 상온유통 15일 후 무처리구에서 8.3%, 1-MCP 1.0 및 2.0 $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ 처리구에서 각각 8.7 및 8.6%로 조사되어 1-MCP처리에 의한 과실 감모율 저하효과는 나타나지 않았다(Table 1). ‘만풍배’에 있어서도 유통기간의 증가에 따른 감모율의 증가 이외에는 1-MCP 처리에 따른 감모율의 차이는 나타나지 않았다(Table 2). 가용성고형물 함량은 ‘한이름’의 경우 상온유통 15일 후 1-MCP 1.0 및 2.0 $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ 처리구가 각각 12.4, 12.5°Brix로 무처리구 11.7°Brix에 비해 더 높게 유지되었다(Table 1). 반면에 ‘만풍배’의 경우에는 상온유통 기간이 경과함에 따라 함량이 증가하는 경향을 보였으나 1-MCP처리에 따른 차이는 보이지 않았다(Table 2). 한편 산함량은 ‘한이름’의 경우 상온유통 기간 중 감소하는 경향을 나타냈으나 ‘만풍배’의 경우 유통기간과 1-MCP처리에 따른 산함량의 유의한 차이는 나타나지 않았다(Table 1, 2). 과실의 가식 품질 요인인 과육경도 변화를 조사한 결과, ‘한이름’에 있어 무처리구는 유통 5-10일까지는 29.7-26.5N으로 경도

를 높게 유지하고 있었으나, 유통 15일후에 18.9N으로 경도가 급격히 하락하여 상품성을 상실하였다. 반면 1-MCP 1.0 및 2.0 $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ 처리구는 상온유통 15일에도 각각 28.4N, 29.6N으로 유통 초기와 큰 차이 없이 조사되어 1-MCP 처리에 의한 경도 유지 효과가 인정되었는데 1-MCP 처리 농도에 따른 차이는 없었다(Table 1). 한편 ‘만풍배’에 있어서는 1-MCP 처리에 따른 상온유통 중 경도유지 효과는 나타나지 않았다(Table 2).

이러한 결과는 1-MCP 처리가 여러 작물에 있어 품종 및 발육시기에 따라 처리의 반응성이 다르게 나타나며 (Blankenship과 Dole, 2003), ‘황금배’ 과실에 대한 1-MCP의 처리 효과를 구명한 실험에서 과실의 경도 저하는 상온유통 기간이 증가하면서 크게 나타나며 1-MCP 처리효과는 유통기간이 경과할수록 무처리구와의 차이가 크게 나타난다는 보고(Moon 등, 2008)와 일치하였다. 따라서 본 실험에서 나타난 ‘한이름’ 및 ‘만풍배’ 과실의 수확 후 연화과정의 지연 즉 경도저하의 지연에 미치는 1-MCP 처리의 영향은 동양배에서도 품종에 따라 그 처리 반응이 다르게 나타난다는 것을 확인할 수 있었으며, 이를 바탕으로 동양배 과실에 대한 1-MCP 처리의 효과를 높이기 위해서는 품종에 대한 고려가 우선되어야 한다고 판단되었다.

상온유통 기간 중 과피의 색택을 조사한 결과(Table 3), ‘한이름’에 있어 과피색택의 변화 중 가장 성숙에 따

Table 1. Effects of postharvest 1-methylcyclopropene treatment on the changes of quality indices during 15 days of shelf-life in ‘Hanareum’ pears (*Pyrus pyrifolia* Nakai).

Shelf-life (Days)	Treatment ²		Quality indices			
	1-MCP ($\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$)	Wt. loss (%)	Firmness (N)	TSS (°Brix)	Acidity (%)	TSS/Acidity
5	0	2.54 a ^y	29.7 a	12.1 ab	0.06 a	215.1 a
	1	2.74 a	29.7 a	12.4 a	0.06 a	194.2 a
	2	2.60 a	30.5 a	11.9 b	0.06 a	195.6 a
10	0	4.32 a	26.5 b	11.4 b	0.05 a	223.6 a
	1	4.05 ab	30.1 a	12.6 a	0.06 a	218.1 a
	2	3.94 b	29.6 a	12.6 a	0.06 a	211.5 a
15	0	8.27 a	18.9 b	11.7 b	0.04 a	285.4 a
	1	8.67 a	28.4 a	12.4 a	0.05 a	274.2 a
	2	8.61 a	29.6 a	12.5 a	0.04 a	279.2 a
ANOVA ^x						
Shelf-life(A)		***	***	NS	***	***
1-MCP(B)		NS	***	***	**	NS
A*B		NS	***	***	NS	NS

²1-MCP was treated at the level of 0, 1, or 2 $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ for 12 hours at room temperature.

^yDifferent letters represent statistical significance within column by Duncan’s multiple range test at 5% level.

^xNS, **,*** indicate non-significant and significant difference at P<0.01, P<0.001, respectively.

Table 2. Effects of postharvest 1-methylcyclopropene treatment on the changes of quality indices during 30 days of shelf-life in ‘Manpungbae’ pears (*Pyrus pyrifolia* Nakai).

Shelf-life (Days)	Treatment ^z 1-MCP ($\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$)	Quality indices				
		Wt. loss (%)	Firmness (N)	TSS (°Brix)	Acidity (%)	TSS/ Acidity
10	0	2.72 a ^y	32.9 a	12.1 ab	0.10 a	117.9 b
	0.5	2.61 a	32.9 a	12.4 a	0.09 b	131.8 a
	1	2.62 a	34.3 a	12.3 a	0.10 a	121.0 b
	2	2.70 a	34.4 a	11.9 b	0.10 ab	124.1 b
20	0	4.19 a	28.2 a	12.4 a	0.08 b	157.6 a
	0.5	3.94 a	31.4 a	12.1 a	0.10 a	127.4 b
	1	4.18 a	32.0 a	12.4 a	0.09 a	131.7 b
	2	4.25 a	31.0 a	12.3 a	0.08 b	156.3 a
30	0	7.30 ab	20.4 a	12.7 ab	0.10 a	127.0 a
	0.5	7.00 b	20.2 a	13.1 a	0.09 a	141.1 a
	1	7.25 ab	21.4 a	12.6 b	0.09 a	135.0 a
	2	7.80 a	21.2 a	13.0 ab	0.10 a	131.1 a
ANOVA ^x						
Shelf-life(A)		***	***	***	***	***
1-MCP(B)		**	NS	NS	NS	NS
A*B		NS	NS	*	***	***

^z1-MCP was treated at the level of 0.5, 1.0, 2.0 $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ for 12 hours at room temperature.

^yDifferent letters represent statistical significance within column by Duncan’s multiple range test at 5% level.

^xNS, *, **, *** indicate non-significant and significant difference at $P<0.05$, $P<0.01$, $P<0.001$, respectively.

Table 3. Effects of postharvest 1-methylcyclopropene treatment on the changes of color difference during 15 days of shelf-life in ‘Hanareum’ pears (*Pyrus pyrifolia* Nakai).

Shelf-life (Days)	Treatment ^z 1-MCP ($\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$)	Color difference			
		L*	a*	b*	H°
5	0	65.1 a ^y	10.6 a	40.6 a	75.4 b
	1	65.2 a	10.0 b	40.9 a	76.4 a
	2	64.8 a	10.2 ab	40.5 a	75.9 ab
10	0	65.3 a	11.3 a	40.7 a	74.5 a
	1	64.5 b	11.7 a	40.8 a	74.0 a
	2	65.2 a	11.4 a	40.9 a	74.5 a
15	0	63.7 a	12.3 a	39.8 b	72.9 a
	1	64.2 a	12.3 a	40.7 a	73.3 a
	2	64.3 a	12.2 a	40.5 a	73.3 a
ANOVA ^x					
Shelf-life(A)		***	***	***	***
1-MCP(B)		NS	NS	**	NS
A*B		NS	NS	*	NS

^z1-MCP was treated at the level of 0.5, 1.0, 2.0 $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ for 12 hours at room temperature.

^yDifferent letters represent statistical significance within column by Duncan’s multiple range test at 5% level.

^xNS, *, **, *** indicate non-significant and significant difference at $P<0.05$, $P<0.01$, $P<0.001$, respectively.

른 변화가 뚜렷한 적색도(a*)는 동양배의 속도를 가름하는 중요한 요인(Oh 등, 2010)으로 유통과정 중 연화과정이 진행되면서 녹색의 소실과 더불어 적색도가 증가하는 것으로 보고되었는데(Lee와 Chun, 2011), ‘한아름’에 있어 상온유통 5일차 a*은 모든 처리구가 10.0-10.6정도로 비슷하였으며, 상온유통 15일 후 a*은 모든 처리구가 12.2 정도로 나타나 1-MCP 처리농도와 관계없이 a*은 상온유통 기간이 길어짐에 따라 증가하는 것으로 나타났다(Table 3). 또한 hue angle도 처리와 관계없이 유통기간의 경과와 더불어 감소하는 경향을 보였는데 과피의 밝기(L*)는 처리와 관계없이 상온유통 기간 동안 거의 변하지 않는 것으로 조사되었다(Table 3). ‘만풍배’의 과피색을 조사한 결과 L*은 상온유통기간 동안 모든 처리구에서 62 정도를 유지하였으며 a*은 상온유통 기간이 길어짐에 따라 증가하여 ‘한아름’과 유사한 경향으로 나타났다. 반면 hue angle의 경우 처리와 관계없이 상온유통기간이 경과함에 따라 감소하는 경향을 보였다(Table 4). 과실내부에 발생하는 생리장해를 조사한 결과, ‘한아름’에서는 상온유통 중 과심갈변, 분질장해, 바람들이 장해가 관찰되었다(Table 5). 과심갈변의 경우, 1-MCP 1.0 과 2.0 $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ 처리구 모두 처리 농도에 관계없이 유통기간 중 과심갈변이 관찰되지 않은 반면, 무처리구의 경우

상온유통 15일에 과심갈변 증상이 관찰되었다. 분질장해는 무처리구의 경우 상온유통 10일부터 발생하는데 반해 1-MCP 처리구의 경우 농도에 관계없이 상온유통 기간 동안 분질현상이 나타나지 않았다. 그러나 1-MCP 처리에 따른 상온유통 중 바람들이 발생억제 효과는 나타나지 않았다(Table 5). ‘만풍배’에 대해 상온유통 중 생리장해 발생을 조사한 결과, 과심갈변, 과육갈변, 바람들이가 나타났으며 상온유통 기간이 길어짐에 따라 관찰된 모든 생리장해가 증가하는 경향을 보였는데 1-MCP 처리에 따른 생리장해 경감 효과는 나타나지 않았다(Table 6).

상온유통 중 두 품종의 상온유통 중 에틸렌발생량과 호흡률의 변화를 조사하였다. 에틸렌발생량(Fig. 1) 성숙기가 다른 두 품종에서 상이하게 나타났는데, 조생종 ‘한아름’의 경우 무처리구는 상온유통 6일까지 1.2 $\mu\text{L}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{hr}^{-1}$ 로 증가하는 경향을 보이다가 이후 감소하는 경향을 보였다. 반면 1-MCP 1.0 $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ 처리구의 경우 상온유통 7일에 약간 감소한 이후 상온유통 10일에 1.6 $\mu\text{L}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{hr}^{-1}$ 로 최고치를 나타낸 후 감소하였으며, 1-MCP 2.0 $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ 처리구의 경우도 동일한 경향으로 1.5 $\mu\text{L}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{hr}^{-1}$ 로 최고치를 보인 이후 감소하는 것으로 나타났다(Fig. 1). 반면 중생종 ‘만풍배’에서는 무처리구 및 1-MCP 처리구 전체에서 상온 유통기간 중 에틸렌이 전혀 검출되지 않

Table 4. Effects of postharvest 1-methylcyclopropene treatment on the changes of color difference during 30 days of shelf-life in ‘Manpungbae’ pears (*Pyrus pyrifolia* Nakai).

Shelf-life (Days)	Treatment ^c 1-MCP ($\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$)	Color difference			
		L*	a*	b*	H°
10	0	62.3 a ^y	12.4 a	38.8 a	72.3 a
	0.5	62.2 a	12.2 a	38.8 a	72.5 a
	1	62.5 a	11.8 a	38.8 a	73.0 a
	2	62.5 a	12.3 a	38.6 a	72.4 a
20	0	62.3 ab	14.9 a	38.6 a	69.0 b
	0.5	62.9 a	14.0 ab	38.7 a	70.1 ab
	1	62.5 ab	13.8 b	38.5 a	70.3 a
	2	62.0 b	14.2 ab	38.5 a	69.8 ab
30	0	62.5 a	16.0 a	38.9 a	67.7 a
	0.5	62.5 a	16.5 a	39.0 a	67.1 a
	1	62.1 a	16.1 a	38.6 a	67.3 a
	2	62.5 a	16.0 a	39.0 a	67.7 a
ANOVA ^x					
Shelf-life(A)		NS	***	NS	***
1-MCP(B)		NS	NS	NS	NS
A*B		NS	NS	NS	NS

²1-MCP was treated at the level of 0.5, 1.0, 2.0 $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ for 12 hours at room temperature.

³Different letters represent statistical significance within column by Duncan’s multiple range test at 5% level.

^xNS, *** indicate non-significant and significant difference at P<0.001, respectively.

Table 5. Effects of postharvest 1-methylcyclopropene treatment on the severity of physiological disorder during 15 days of shelf-life in ‘Hanareum’ pears (*Pyrus pyrifolia* Nakai).

Shelf-life (Days)	Treatment ^z 1-MCP ($\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$)	Physiological disorder		
		Core browning (Index, 0~5)	Pithiness (Index, 0~5)	Mealiness (Index, 0~5)
5	0	0.0	1.7 a	0.0
	1	0.0	1.9 a	0.0
	2	0.0	1.1 a	0.0
10	0	0.0	1.9 a	0.1 a
	1	0.0	1.6 ab	0.0 a
	2	0.0	1.5 b	0.0 a
15	0	0.8 a ^y	2.0 a	1.2 a
	1	0.0 b	1.7 b	0.0 b
	2	0.0 b	1.6 b	0.0 b
ANOVA ^x				
Shelf-life(A)		**	NS	***
1-MCP(B)		**	*	***
A*B		***	NS	***

^z1-MCP was treated at the level of 0.5, 1.0, 2.0 $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ for 12 hours at room temperature.

^yDifferent letters represent statistical significance within column by Duncan’s multiple range test at 5% level.

^xNS, *, **, *** indicate non-significant and significant difference at P<0.05, P<0.01, P<0.001, respectively.

Table 6. Effects of postharvest 1-methylcyclopropene treatment on the severity of physiological disorder during 15 days of shelf-life in ‘Manpungbae’ pears (*Pyrus pyrifolia* Nakai).

Shelf-life (Days)	Treatment ^z 1-MCP ($\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$)	Physiological disorder		
		Core browning (Index, 0~5)	Internal browning (Index, 0~5)	Pithiness (Index, 0~5)
10	0	1.4 ab ^y	0.0	0.0
	0.5	0.7 b	0.0	0.0
	1	1.8 a	0.0	0.0
	2	0.8 b	0.0	0.0
20	0	1.8 a	0.0	0.0
	0.5	1.2 a	0.0	0.0
	1	1.8 a	0.0	0.0
	2	1.8 a	0.0	0.0
30	0	2.2 a	0.1 a	1.9 a
	0.5	2.4 a	0.0 a	2.3 a
	1	1.8 a	0.0 a	1.9 a
	2	2.3 a	0.0 a	2.1 a
ANOVA ^x				
Shelf-life(A)		***	NS	***
1-MCP(B)		NS	NS	NS
A*B		NS	NS	NS

^z1-MCP was treated at the level of 0.5, 1.0, 2.0 $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ for 12 hours at room temperature.

^yDifferent letters represent statistical significance within column by Duncan’s multiple range test at 5% level.

^xNS, *** indicate non-significant and significant difference at P<0.001, respectively.

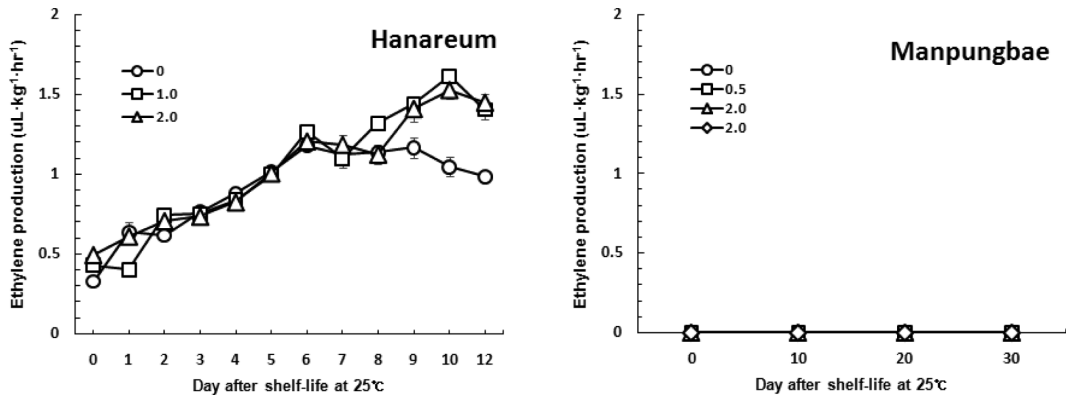


Fig. 1. Effect of postharvest 1-MCP treatment on ethylene production during the shelf-life in 'Hanareum' and 'Manpungbae' pears (*Pyrus pyrifolia* Nakai).

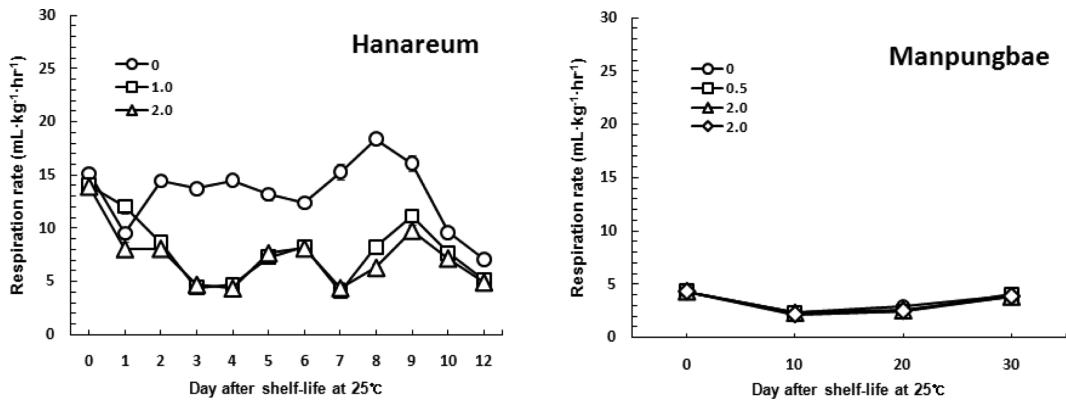


Fig. 2. Effect of postharvest 1-MCP treatment on respiration rate during the shelf-life in 'Hanareum' and 'Manpungbae' pears (*Pyrus pyrifolia* Nakai).

아 동양배의 에틸렌발생 수준은 품종별로 다르다는 것을 확인할 수 있었다(Fig. 1).

상온유통 중 과실의 호흡률을 조사한 결과(Fig. 2), '한이름'은 클라이맥터릭형 호흡패턴을 보였다. 즉 상온유통 8일 후 18.4mL·kg⁻¹·hr⁻¹로 최고치를 나타낸 이후 유통 12일 후 7.1mL·kg⁻¹·hr⁻¹로 급감하였다(Fig. 2). 1-MCP 1.0 및 2.0μL·L⁻¹ 처리구의 경우 상온유통 중 호흡률 경감효과가 뚜렷하게 나타나 무처리구의 50% 수준 이하로 낮게 나타났으며 클라이맥터릭 라이즈를 1일 늦추는 등 호흡억제 효과가 있었다(Fig. 2). 즉, 상온유통 4일 후 1.0 및 2.0μL·L⁻¹ 처리구에서 각각 4.7, 4.4mL·kg⁻¹·hr⁻¹ 수준으로 무처리구의 14.5mL·kg⁻¹·hr⁻¹에 비해 현저히 낮았으며 상온유통 9일 후 각각 11.1, 9.8mL·kg⁻¹·hr⁻¹로 최대치를 보인 후 유통 12일에 4.9mL·kg⁻¹·hr⁻¹로 감소하는 패턴을 보였다(Fig. 2). '만풍배' 과실의 호흡률은 수확당시 4.3mL·kg⁻¹·hr⁻¹로 '한이름'에 비해 3배 이상 낮은 것으로 조사되었으며 이후 감소하기 시작하였다. 그리고 상온유통 10일후에는 모든 처리구에서 2.3mL·kg⁻¹·hr⁻¹ 정도의 호흡률을 보였으며 이후 다시 증가하기 시작하여

상온유통 20일에는 무처리구는 2.9mL·kg⁻¹·hr⁻¹, 모든 1-MCP 처리구는 2.5mL·kg⁻¹·hr⁻¹로 조사되어 1-MCP 처리가 약간의 호흡억제 효과를 보였지만 '한이름'에 비해서는 그 효과가 떨어지는 것으로 나타났다(Fig. 2).

1-MCP 처리는 비클라이맥터릭형 호흡패턴을 보이는 동양배에서 호흡률을 낮추는 효과가 보고되었는데(Moon 등, 2008), Tian 등(2000)에 따르면 비클라이맥터릭 호흡형을 보이는 딸기에 대한 1-MCP 처리는 호흡률 변동에 영향을 미치지 않으나 외부적으로 에틸렌을 처리하는 경우에는 조기에 수확한 과실에서만 에틸렌 리셉터와 관련되어 호흡률의 증가가 나타난다고 보고하는 등 과종 및 과실성숙도에 따라 반응이 달라진다고 알려져 있다. 본 연구에서도 1-MCP 처리는 '한이름' 배의 호흡률을 5-10일간 낮추는 효과를 보였으나 '만풍배'에서는 호흡억제 효과가 거의 나타나지 않아 품종별 반응성이 다르다는 것을 확인할 수 있었다.

한편 본 실험에서 이용한 '한이름'의 에틸렌발생량 및 호흡률은 '만풍배' 뿐만 아니라 '원황' 및 '화산'(Lee 등, 2012)과 '황금배'(Moon 등, 2008) 등 주요 국내 육성

조생종 배에 비해 수배 높은 것이었으며, 1-MCP 처리에 의한 호흡억제 정도도 가장 크게 나타났다. 이러한 원인으로서는 ‘한아름’ 배의 숙기가 8월 18일로 ‘원황’의 9월 1일 보다도 수확시기가 약 2주가 빠르고 상온저장력이 10일로 약한 조생종 품종으로서의 유전적 특성(Hwang 등, 2005)에 기인하는 것으로 생각되었다. 결론적으로 본 연구를 통하여 호흡률 및 에틸렌 발생이 ‘만풍배’와 비교하여 상대적으로 높은 ‘한아름’과 같은 조생종 품종에 대한 1-MCP 처리는 상온유통기간 중 경도 유지 및 생리장해 발생 억제에 효과적인 것으로 나타났다. 그리고 ‘한아름’ 배에 대한 1-MCP 처리 효과는 ‘만풍배’와 비교해 볼 때 에틸렌의 작용을 직접적으로 저해하여 나타나기 보다는 과실의 호흡억제를 통한 과실품질요인의 저하를 억제하는 간접적인 효과에 기인하는 것으로 생각된다. 이러한 결과는 호흡률이 낮은 ‘만풍배’에 비해 ‘한아름’과 같은 호흡률이 높은 품종에서 고농도 보다는 $1.0\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ 정도의 1-MCP처리가 과실의 호흡억제를 통한 상온유통 중 과실품질유지 및 생리장해 발생억제에 효과적인 것으로 나타났지만 경제성을 고려하여 이보다 낮은 농도에서의 반응성을 검증할 필요가 있다고 사료된다.

적 요

본 연구에서는 국내에서 생산되는 조생종 배인 ‘한아름’과 중생종 ‘만풍배’에 대해 에틸렌 작용 억제제인 1-methylcyclopropene(1-MCP)를 농도별로 처리하고 상온유통기간 중 과실품질 및 생리장해 발생에 미치는 영향을 조사하였다. ‘한아름’은 상온유통 15일에 1-MCP를 처리하지 않은 모든 과실에서 경도가 급격하게 감소하였던 반면 1-MCP를 처리한 과실의 경우 처리농도와 관계없이 28N 이상의 높은 경도를 나타내었다. 그러나 ‘만풍배’의 경우 1-MCP처리농도와 관계없이 경도유지 효과는 크게 나타나지 않았다. 두 품종 모두 1-MCP처리 후 유통 중 가용성고형물, 산 및 과피색과 같은 품질요인의 유의한 차이는 보이지 않았다. 1-MCP처리농도에 따라 ‘한아름’의 상온유통 6일 이후 에틸렌 발생량이 급증하는 시점이 다르게 조사되었으나, 에틸렌 발생량을 낮추지 못하는 것으로 조사되었다. 반면 ‘한아름’ 과실의 호흡률은 상온유통 15일간 유의하게 낮게 조사되었으며, 1-MCP 처리농도가 증가함에 따라 호흡률 감소 효과도 증가하는 경향을 보였다. 한편, ‘만풍배’의 경우 1-MCP 처리농도에 따른 상온유통 중 에틸렌 및 호흡억제효과는 미비한 것으로 조사되었다. 1-MCP 처리에 따른 상온유통 중 생리장해발생 억제는 조생종 ‘한아름’ 배에서만 유의하게 나타나 처리농도와 상관없이 상온유통 15일

동안 과심갈변과 분질과가 전혀 발생하지 않았으며, 바람들이 발생을 유의하게 억제하는 효과를 보였다. 따라서, 동양배에 대한 1-MCP처리 효과는 품종에 따라 다르게 나타나며 $1\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ 의 1-MCP처리는 조생종 배 ‘한아름’에 있어 상온유통 기간 동안 과실품질 유지와 생리장해 억제에 효과적인 것으로 판단되었다.

추가 주제어 : 경도, 생리장해, 에틸렌, 호흡

사 사

본 논문은 농촌진흥청 지역전략작목 산학연협력사업(PJ007883022014)의 연구비 지원에 의해 이루어진 것으로 지원에 감사드립니다.

Literature cited

- Blankenship, S.M. and J.M. Dole. 2003. 1-Methylcyclopropene: A review. *Postharvest Biol. Technol.* 28:1-25.
- Cho, K.S., S.S. Kang, H.M. Cho, G.C. Koh, K.H. Hong, D.S. Son, H.C. Kim, and K.Y. Kim. 2003. Breeding of a very soft, juicy, large sized, and high quality mid-season pear cultivar ‘Manpungbae’. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 21:25-28.
- Choi, S.T. and R.N. Bae. 2007. Extending the postharvest quality of tomato fruit by 1-methylcyclopropene application. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 25:6-11.
- Hwang, H.S., I.S. Shin, W.C. Cheon, Y.U. Shin, J.H. Hwang, and S.S. Hong. 2005. Breeding of a good quality, large size, and early summer season pear cultivar ‘Hanareum’ (*Pyrus pyrifolia* Nakai). *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 23:60-63.
- 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 ‘Naitaka’ 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.
- Kader, A.A., D. Zagory, E.L. Kerbel, and C.Y. Wang. 1989. Modified atmosphere packaging of fruits and vegetables. *Critic. Rev. Food Sci. Nutri.* 28:1-30.
- Kim, J.H. 2002. Recent pear cultivation. Osung books, Seoul, Korea p. 266-267.
- Lee, U.Y., K.Y. Oh, S.J. Moon, Y.S. Hwang, and J.P. Chun. 2012. Effects of 1-methylcyclopropene (1-MCP) on fruit quality and occurrence of physiological disorders of Asia

- pear (*Pyrus pyrifolia* Nakai), 'Wonhwang' and 'Whasan' during shelf-life. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 30:534-542.
- 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.
- Lee U.Y. and Chun J.P. 2011. Evaluation of quality indices during fruit development and ripening in 'Wonhwang' and 'Whasan' pears. *CNU J. Agri. Sci.* 38:405-411.
- 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.
- Sisler, E.C. and M. Serek. 1997. Inhibitors of ethylene responses in plants at the receptor level: recent developments. *Physiol. Plant.* 100:577-582.
- 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.
- Tian, M.S., S. Prakash, H.J. Elgar, H. Young, D.M. Burmeister, and G.S. Ross. 2000. Responses of strawberry fruit to 1-Methylcyclopropene (1-MCP) and ethylene. *J. Plant Growth Regul.* 32:83-90.
- Yang, Y.J. 1997. Effect of controlled atmospheres on storage life in 'Niitaka' pear fruit. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 38:734-738.