

## 수확전 수체살포용 1-MCP 처리가 '감홍' 사과 저온저장 중 과신품질에 미치는 영향

유진기<sup>1</sup> · 김대현<sup>1</sup> · 이진욱<sup>2</sup> · 최동근<sup>3</sup> · 한중술<sup>4</sup> · 권순일<sup>5</sup> · 권헌중<sup>5</sup> · 강인규<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>경북대학교 원예과학과, <sup>2</sup>미국농무성 과수연구실, <sup>3</sup>전북대학교 원예학과,  
<sup>4</sup>경북대학교 생태환경관광학부, <sup>5</sup>국립원예특작과학원 사과시험장

## Effect of Preharvest Sprayable 1-Methylcyclopropene (1-MCP) Treatment on Fruit Quality Attributes in Cold Stored 'Gamhong' Apples

Jingi Yoo<sup>1</sup>, Dae Hyun Kim<sup>1</sup>, Jinwook Lee<sup>2</sup>, Dong Geun Choi<sup>3</sup>, Jeung-Sul Han<sup>4</sup>,  
Soon-Il Kwon<sup>5</sup>, Hun-Joong Kweon<sup>5</sup>, and In-Kyu Kang<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Dept. of Horticultural Science, Kyungpook National University, Daegu 702-701, Korea

<sup>2</sup>USDA-ARS, Tree Fruit Research Laboratory, Wenatchee, WA 98801, USA

<sup>3</sup>Department of Horticulture Science, Chonbuk National University, Jeonju 570-752, Korea

<sup>4</sup>School of Ecological Environment Conservation & Ecotourism, Kyungpook National University, Sangju 742-711, Korea

<sup>5</sup>Apple Research Station, NIHHS, RDA, Kunwi 716-810, Korea

**Abstract.** This work was carried out to evaluate the effect of preharvest sprayable 1-methylcyclopropene (1-MCP: Harvista™) treatment on the fruit quality attributes in cold stored 'Gamhong' (*Malus domestica* Borkh) apples. Pre-harvest sprayable 1-MCP treatment did not affect fruit qualities at harvest but titratable acidity (TA) was higher in fruit treated 10 days before harvest (DBH) than in control. During cold storage, fruit firmness and TA were higher in 1-MCP treated fruit than in control fruit as storage duration progressed, while SSC was not affected. Internal ethylene concentration (IEC) levels were not different among treatments at harvest. While the IEC level in control fruit reached to  $58.3 \mu\text{L} \cdot \text{L}^{-1}$  after 6 month cold storage, the IEC levels in 1-MCP treated fruit ranged from 18.2 to  $25.0 \mu\text{L} \cdot \text{L}^{-1}$ . Therefore, this result indicates that preharvest sprayable 1-MCP treatment should be another promising approach to retain fruit quality attributes in long-term cold stored 'Gamhong' apples.

**Additional key words :** firmness, internal ethylene content, storability, titratable acidity

### 서 론

'감홍' 사과는 국립원예특작과학원에서 육성한 품종으로 1981년 '스페어리 블레이크'에 '스퍼골든 데리셔스'를 교배하여 1992년에 선발한 품종이다. 과신품질을 보면 수확기는 10월 상·중으로 중생종이며, 과중이 400g 이상으로 대과종으로 당도는 15~16°Brix, 산 함량은 0.4%로 식미가 매우 우수한 품종으로 알려져 있다(Shin 등, 1993).

최근 국가 간 자유무역협정이 추진되고 확대됨에 따라 국내에서는 사과 수출을 위하여 노력하고 있고, 특히 '감홍' 사과는 동남아지역 수출에 적합한 품종으로 유망

시되고 있다(Park과 Yoon, 2012). 사과수출시 경쟁력을 확보하기 위해서는 재배기술향상으로 고품질 과실을 생산하는 것도 중요하지만 장기간에 걸쳐 수출이 진행되는 만큼 저장 중 품질을 유지하는 것 또한 매우 중요하다. 최근에 사과과실의 저장성향상을 위하여 사용되고 있는 수확 후 훈증처리용 1-methylcyclopropene(1-MCP)는 사과와 같은 climacteric형 과실에서 에틸렌작용억제제로 저장시 에틸렌발생량 감소, 경도 및 산 함량 유지 등 과실의 품질을 유지하는데 우수한 효과를 나타내고 있다(Blankenship과 Dole, 2003; Lim 등, 2009; Mattheis, 2008; Park 등, 2009; Park과 Yoon, 2012; Watkins, 2004, 2006, 2008; Watkins와 Nock, 2005, 2012). 또한 '감홍' 사과에서 저장동안 과신품질을 유지하는데 1-MCP 훈증처리가 효과가 있음을 확인하였다(Kweon 등, 2012; Park과 Yoon, 2012).

최근에 미국 AgroFresh사에서 과실 수확전 수체에 살

\*Corresponding author: kangik@knu.ac.kr

Received August 2, 2013; Revised September 9, 2013;

Accepted September 10, 2013

포하는 1-MCP(Harvista™)가 개발되어 미국과 캐나다 등에서 사과 과실에 대하여 연구가 진행되고 있다. 미국에서는 ‘McIntosh’, ‘Empire’ 사과에(Watkins 등, 2006; Yuan과 Li, 2008), 캐나다에서는 ‘McIntosh’, ‘Empire’, ‘Delicious’ 사과에(DeEll과 Murr, 2006) 수체살포용 1-MCP를 320, 250, 160, 125mg·L<sup>-1</sup>의 농도로 처리하였을 때 저장동안 과실품질을 유지하는데 효과가 있었고 농도에 따른 차이는 없었다. 그러나 국내에서는 훈증용 1-MCP에 대한 연구결과는 있지만 수체살포용 1-MCP에 대한 연구는 전무한 실정으로서 이에 대한 효과를 검증할 필요가 있다.

따라서 본 연구는 수확전 수체살포용 1-MCP 처리가 ‘감홍’ 사과의 품질과 저장성에 미치는 영향을 구명하고자 실시하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 시험재료

2012년 경북 상주시 낙동면 소재의 농가에 재식되어 있는 7년생 ‘감홍’(M.9) 품종을 대상으로 수세가 안정되고 균일한 나무를 선정하여 실험재료로 사용하였다.

### 2. 수체살포용 1-MCP 처리

수체살포용 1-MCP(상품명: Harvista™)는 미국 AgroFresh 사로부터 제공받아 시험을 수행하였다. 처리는 수확 10일 전(10월 7일)과 5일 전(10월 12일)에 125mg·L<sup>-1</sup>의 농도로 수체 살포하였으며, 과실 수확은 10월 17일에 실시하였다.

### 3. 과실저장

과실의 저장조건은 온도 0 ± 1°C, 상대습도 85~90%로 설정하였고, 저장기간은 6개월간 실시하였다. 과실특성 조사는 저장 후 45일(11월 30일), 90일(1월 14일), 135일(2월 28일), 180일(4월 14일)로 하여 45일 간격으로 실시하였다.

### 4. 과실 품질 특성

과실 경도는 직경 11mm plunger를 장착한 과실경도

계(Fruit Tester, FT327, Italy)를 사용하여 과실 적도면의 과피를 제거한 후 과실 당 3회 측정된 값을 평균하여 Newton(N)으로 나타내었다. 산 함량은 과즙 5mL를 0.1N NaOH로 적정한 후 사과산으로 환산하였고, 가용성 고형물 함량은 디지털당도계(PR-201α, ATAGO, Japan)를 이용하여 측정하였다.

### 5. 내생 에틸렌 발생량

내생 에틸렌 발생량은 조사 1일 전에 과실을 저장고에서 꺼내어 실온(25°C)에서 평형을 시킨 후 측정하였다. 1개의 과실을 1반복으로 하여 5개의 과실을 대상으로 1mL 주사기를 꽃받침 부위에 삽입하여 과심 내 gas 1mL를 채취한 뒤 FID(flame ionization detector)를 장착한 gas chromatography(GC2010, SHIMADZU, Japan)를 이용하여 측정하였다. Gas chromatography의 분석 조건은 Porapak Q(80/100 2m, Youngin Frontier, Korea) column을 이용하여 injector temperature 100°C, oven temperature 90°C, detector temperature 200°C로 설정하였으며, carrier gas는 He를 사용하였고, flow rate는 분당 20mL로 하였다.

통계분석은 SPSS 프로그램(IBM SPSS Statistics 20, SPSS Inc., USA)을 이용하여 Duncan 다중검정으로 분석하였다.

## 결과 및 고찰

본 연구는 수확전 수체살포용 1-MCP(Harvista) 처리가 국내 육성품종인 ‘감홍’ 사과의 품질과 저장성에 미치는 영향을 구명하고자 실시하였다.

수확시 과실의 품질을 보면(Table 1), 1-MCP 처리구와 무처리구 간에 과중, 경도, 가용성 고형물 함량 및 착색도는 차이를 보이지 않았으나, 산 함량은 1-MCP 수확 10일 전 처리가 0.35%로 무처리에 비하여 높은 경향을 보였다. 이는 수확전 수체살포용 1-MCP 처리가 살포 시기가 빠를수록 산 함량이 높은 경향을 보였으나 과실 품질의 다른 요인에는 차이를 보이지 않았다.

수체살포용 1-MCP 처리가 수확후 저온저장동안 과실의 품질변화에 미치는 영향을 조사하였다. 수체살포용

**Table 1.** Effects of sprayable 1-MCP on fruit quality in ‘Gamhong’ apples at harvest.

Treatments (mg·L <sup>-1</sup> )	Application time (DBH <sup>2</sup> )	Fruit weight (g)	Fresh firmness (N/φ11 mm)	Soluble solids (°Brix)	Titrateable acidity (%)	Hunter's Value a
Control	-	337 a <sup>1</sup>	64.1 a	13.1 a	0.31 b	24.7 a
1-MCP 125	5	337 a	65.1 a	12.9 a	0.33 ab	24.8 a
	10	329 a	65.2 a	13.0 a	0.35 a	24.6 a

<sup>2</sup>DBH : days before harvest, which was 17 Oct. 2012.

<sup>1</sup>Means separation within columns by Duncan's multiple range test, P = 0.05.

**Table 2.** Effect of sprayable 1-MCP on fresh firmness in 'Gamhong' apples during storage.

Treatments (mg · L <sup>-1</sup> )	Application time (DBH <sup>2</sup> )	Fresh firmness (Newton/φ11 mm plunger)				
		Storage duration (days)				
		At harvest	45	90	135	180
Control	-	64.1 a <sup>y</sup>	64.0 a	61.6 a	50.2 b	46.3 b
1-MCP 125	5	65.1 a	63.8 a	63.4 a	58.7 a	57.5 a
	10	65.2 a	64.9 a	64.1 a	63.1 a	58.8 a

<sup>y</sup>DBH : days before harvest, which was 17 Oct. 2012.

<sup>y</sup>Means separation within columns by Duncan's multiple range test, *P* = 0.05.

**Table 3.** Effect of sprayable 1-MCP on titratable acidity in 'Gamhong' apples during storage.

Treatments (mg · L <sup>-1</sup> )	Application time (DBH <sup>2</sup> )	Titratable acidity (%)				
		Storage duration (days)				
		At harvest	45	90	135	180
Control	-	0.31 b <sup>y</sup>	0.33 b	0.26 b	0.23 b	0.21 b
1-MCP 125	5	0.33 ab	0.34 ab	0.30 a	0.25 ab	0.25 a
	10	0.35 a	0.36 a	0.33 a	0.29 a	0.26 a

<sup>y</sup>DBH : days before harvest, which was 17 Oct. 2012.

<sup>y</sup>Means separation within columns by Duncan's multiple range test, *P* = 0.05.

**Table 4.** Effect of sprayable 1-MCP on soluble solids in 'Gamhong' apples during storage.

Treatments (mg · L <sup>-1</sup> )	Application time (DBH <sup>2</sup> )	Soluble solids (°Brix)				
		Storage duration (days)				
		At harvest	45	90	135	180
Control	-	13.1 a <sup>y</sup>	13.3 a	13.1 a	12.9 a	12.9 a
1-MCP 125	5	12.9 a	13.3 a	13.2 a	13.1 a	12.9 a
	10	13.0 a	13.4 a	13.3 a	13.2 a	13.1 a

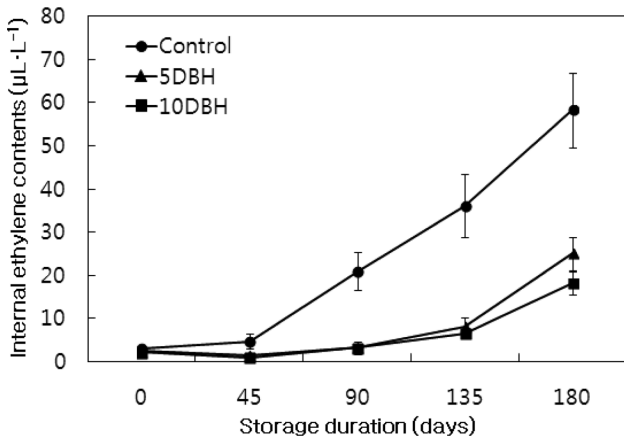
<sup>y</sup>DBH : days before harvest, which was 17 Oct. 2012.

<sup>y</sup>Means separation within columns by Duncan's multiple range test, *P* = 0.05.

1-MCP 처리 후 저장동안 '감홍' 사과의 경도에 미치는 영향을 보면(Table 2), 모든 처리구에서 저장 90일까지는 차이를 보이지 않았으나 저장 135일 후부터는 1-MCP 처리구들의 과실들이 무처리구에 비하여 유의하게 높은 경도를 나타내었다. 특히, 저장 180일 후에는 무처리 과실은 경도가 46.3N으로 급격히 감소하였으나 1-MCP 처리 과실들은 57.5와 58.8N으로 높은 경도를 유지하였다. 그리고 산 함량은(Table 3) 무처리구는 수확시에 0.31%였고, 저장기간이 길어질수록 감소하여 저장 180일 후에는 0.21%로 감소 폭이 컸다. 그러나 1-MCP 처리구는 수확 5일 전과 10일 전 처리구에서는 저장 180일 후에 각각 0.25%와 0.26%를 보여 무처리구에 비하여 산 함량이 높게 유지되었다. 일반적으로 사과 과실에서 저장 동안 과실품질을 유지하는 기준은 경도와 산 함량의 변화가 최소화되도록 하는 것이다(Park과 Yoon, 2006; Park 등, 2011). 다른 연구결과에서도 '감홍'과 '후지' 사과에 수확후 1-MCP 훈증처리를 했을 때 일정기간 저장 후에

도 과실의 경도와 산 함량이 높게 유지되어(Lim 등, 2007; Park과 Yoon, 2012) 1-MCP 처리가 과실의 품질을 유지하는데 우수한 효과를 보였다. 이는 1-MCP가 에틸렌 발생과 호흡량의 증가를 감소시켜 조직의 연화를 억제하여 경도를 유지시켰고(Moran과 McManus, 2005), 또한 산 함량은 과실의 숙성이 일어나는 동안 호흡 증기질로 소모되어 감소하지만 1-MCP가 호흡을 억제시킴으로써 유기산이 호흡기질로 전환되는 것을 줄여주었기 때문이다(Rupasinghe 등, 2000; Toivonen과 Lu, 2005). 따라서 '감홍' 사과에 수확 10일 전 수체살포용 1-MCP 처리는 저장기간동안 산 함량과 경도를 무처리보다 높게 유지하게 하여 과실의 품질 유지에 우수한 효과를 보였다.

가용성고형물 함량 변화를 보면(Table 4), 모든 처리구에서 저장 초기 일시적으로 증가하면서 이후 다소 감소하는 경향을 보였으나 처리 간에 차이를 보이지 않았다. 사과의 경우 가용성고형물 함량이 과실의 품질 가치를



**Fig. 1.** Effect of sprayable 1-MCP on internal ethylene contents in 'Gamhong' apples during storage. \*DBH: days before harvest, which was 17 Oct. 2012. Bars represent standard errors of the means of 5 replications.

좌우하는 중요한 요인으로 성숙함에 따라 증가되지만 수확 후에는 호흡기질로 사용되어 감소하는 경향을 보이는데(Chung 등, 2006), 본 결과에서는 1-MCP 처리가 과실의 저장중 가용성고형물 함량 변화에 미치는 영향은 없는 것으로 판단되었다.

1-MCP의 작용기작은 에틸렌작용억제제로 과실의 품질을 유지하는데 우수한 효과를 나타내고 있다(Park 등, 2009; Park과 Yoon, 2012; Watkins, 2004, Watkins와 Nock, 2005). 따라서 수체살포용 1-MCP처리가 '감홍' 사과에 내생 에틸렌 발생량에 미치는 영향을 보면(Fig. 1), 수확시에는 처리간 차이가 없이 낮은 에틸렌발생을 보였으나 무처리 과실들은 저장 45일 후부터 증가하기 시작하여 저장 180일 후에는 58.31µL·L<sup>-1</sup>로 급격한 증가를 보였다. 그러나 수체살포용 1-MCP 처리 과실들은 저장기간이 길어질수록 내생 에틸렌 발생량이 다소 증가하는 경향을 보였으나 저장 180일 후에 수확 5일 전 처리구는 25.03µL·L<sup>-1</sup>였고, 수확 10일 전 처리구는 18.24µL·L<sup>-1</sup>로 무처리구에 비하여 현저히 낮은 발생량을 보여(Fig. 1) 수확전 과실에 1-MCP 처리가 과실의 내생 에틸렌 발생량을 감소시키는데 효과적임을 알 수 있었다. 이는 사과와 복숭아 과실에 1-MCP를 혼중처리하였을 때 저장중 에틸렌 발생량과 호흡량을 감소시키고 과실의 품질을 유지하는데 효과적이라는 결과와 동일한 결과를 보였다(Choi, 2005; Lim 등, 2007; Park과 Yoon, 2012; Yuan과 Li, 2008). 따라서 수확전 과실에 수체살포용 1-MCP 처리가 과실의 내생 에틸렌 발생량을 감소시켜 정도 유지에 관여하면서(Table 2) 조직의 연화를 억제하고(Moran과 McManus, 2005), 또한 유기산이 호흡기질로 전환되는 것을 줄여주어(Rupasinghe 등, 2000; Toivonen과 Lu, 2005) 산 함량을 유지함으로써(Table 3) 과실품질을 유

지하는데 효과적임을 알 수 있었다.

이상의 결과를 종합해 보면 '감홍' 사과에 수확전 수체살포용 1-MCP 처리가 저장기간동안 과실의 경도와 산 함량을 높게 유지시키면서 에틸렌 발생량을 감소시키는 효과를 보여 혼중용 1-MCP와 동일하게 과실의 품질을 유지하는데 효과적임을 확인하였다. 따라서 수체살포용 1-MCP는 과실의 저장력 향상을 위하여 타 과종에도 다양하게 적용할 수 있을 것으로 판단된다.

## 적 요

본 연구는 수확전 수체살포용 1-MCP(Harvista) 처리가 국내 육성품종인 '감홍' 사과의 품질과 저장성에 미치는 영향을 구명하고자 실시하였다.

수체살포용 1-MCP 처리 후 수확시에 과실의 산 함량은 1-MCP 수확 10일전 처리가 무처리에 비하여 높았으나 다른 과실품질 요인들은 차이가 없었다. 그리고 저장 동안 '감홍' 사과의 품질변화를 보면 저장기간이 길어질수록 1-MCP 처리 과실들의 경도와 산 함량이 무처리 과실보다 높게 유지되었으나 가용성고형물 함량은 차이가 없었다. 내생 에틸렌 발생량은 수확시에는 처리간 차이가 없이 낮은 에틸렌발생을 보였으나 무처리 과실들은 저장 180일에는 58.31µL·L<sup>-1</sup>로 급격히 증가한 반면 1-MCP 처리 과실들은 18.24~25.03µL·L<sup>-1</sup>로 현저히 낮은 발생량을 보였다. 따라서 '감홍' 사과에 수확전 수체살포용 1-MCP 처리가 저장기간동안 과실의 품질을 유지하는데 효과적이었다.

**추가 주제어 :** 정도, 내생에틸렌, 저장력, 산 함량

## 사 사

본 논문은 농촌진흥청 공동연구사업(과제번호: PJ008248)의 지원에 의해 수행되었음.

## Literature Cited

- Blankenship, B.M. and J.M. Dole. 2003. 1-Methylcyclopropane: A review, *Postharvest Biol. Technol.* 28:1-25.
- Choi, S.J. 2005. Comparison of the change in quality and ethylene production between apple and peach fruits treated with 1-methylcyclopropene (1-MCP). *Kor. J. Food Preserv.* 12:511-515.
- Chung, D.S., Y.P. Hong, and Y.S. Lee. 2006. Effects of modified atmosphere film packaging application and controlled atmosphere storage on changes of quality characteristics in 'Hongro' and 'Gamhong' apples. *Kor. J. Hort. Sci. Tech.*

- nol. 24(1):48-55.
- DeEll, J.R. and D.P. Murr. 2006. Efficacy of sprayable 1-MCP on apple quality at harvest and after storage: The Ontario experience. *HortScience* 41(4):978.
- Kweon, H.J., D.H. Sagong, M.Y. Park, Y.Y. Song, and M.J. Kim. 2012. Influence of harvest time and 1-methylcyclopropene on the storability of 'Gamhong' with non bagging. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 30(SUPPL. II):123.
- Lim, B.S., Y.M. Park, Y.S. Hwang, G.R. Do, and K.H. Kim. 2009. Influence of ethylene and 1-methylcyclopropene treatment on the storage quality of 'Hongro' apples. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 27(4):607-611.
- Lim, B.S., S.Y. Oh, J.W. Lee, and Y.S. Hwang. 2007. Influence of 1-methylcyclopropene treatment time on the fruit quality in the 'Fuji' apple (*Malus domestica*). *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 25:191-195.
- Mattheis, J.P. 2008. How 1-methylcyclopropene has altered the Washington state apple industry. *HortScience* 43:99-101.
- Moran R.E. and P. McManus. 2005. Firmness retention, and prevention of coreline browning and senescence in 'Macoun' apples with 1-methylcyclopropene. *HortScience* 40:161-163.
- Park, H.G., B.S. Lim, and Y.M. Park. 2009. Effects of 1-methylcyclopropene treatment and controlled and atmosphere storage on poststorage metabolism and quality of 'Hongro' apples. *Hort. Environ. Biotechnol.* 50:313-318.
- Park, Y.M. and T.M. Yoon. 2006. Impact of storage method and shelf temperature on quality attributes and physiological metabolism of 'Fuji' apples. *Hort. Environ. Biotechnol.* 47: 143-148.
- Park, Y.M., H.G. Park, and B.S. Lim. 2011. Analysis of post-harvest 1-MCP treatment and CA storage effects on quality changes of 'Fuji' apples during export simulation. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 29(3):224-231.
- Park Y.M. and T.M. Yoon. 2012 Effects of postharvest 1-MCP treatment, storage method, and shelf temperature on quality changes of 'Gamhong' apples during export simulation. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 30(6):725-733.
- Rupasinghe, H.P.V., D.P. Mirr, G. Paliyath, and L. Skog. 2000. Inhibitory effect of 1-MCP on ripening and superficial scald development in 'McIntosh' and 'Delicious' apple. *J. Hort. Sci. Biotechnol.* 75:271-276.
- Shin Y.U., J.H. Whang, B.W. Yae, W.C. Kim, J.Y. Moon, and J.H. Kim. 1993. 'Gamhong' a mid-season apple cultivar with high sugar content. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 11(1): 250-251.
- Toivonen, P.M.A. and C.W. Lu. 2005. Studies on elevated temperature, short-term storage of 'Sunrise' summer apples using 1-MCP to maintain quality. *J. Hort. Sci. Biotechnol.* 80:439-446.
- Watkins, C.B. 2004. Apple, In: K.C. Gross, C.Y. Wang, and M.Saltveit (eds.). *The Commercial storage of fruit, vegetables, and florist and nursery stocks*. Agr. Handbook No. 66. (Website version, Revised April 2004). USDA-ARS, Beltsville, MD.
- Watkins, C.B. 2006. The use of 1-methylcyclopropene (1-MCP) on fruits and vegetables. Research review paper. *Biotechnology Advances* 24:389-409.
- Watkins, C.B. 2008. Overview of 1-methylcyclopropene trials and uses for edible horticultural crops. *HortScience* 43:86-94.
- Watkins, C.B. and J.F. Nock. 2005. Effects of delays between harvest and 1-methylcyclopropene treatment, and temperature during treatment, on ripening of air-stored and controlled atmosphere stored apples. *HortScience* 32:1242-1246.
- Watkins, C.B. and J.F. Nock. 2012. Rapid 1-methylcyclopropene (1-MCP) treatment and delayed controlled atmosphere storage of apples. *Postharvest Biol. Technol.* 69:24-31.
- Watkins, C.B., J.F. Nock, and T. Wardeh. 2006. Sprayable 1-MCP effects on maturity and quality of apple fruit at harvest and after storage: The New York experience. *HortScience* 41:978.
- Yuan, R.C. and J.G. Li. 2008. Effect of sprayable 1-MCP, AVG and NAA on ethylene biosynthesis, preharvest fruit drop, fruit maturity, and quality of 'Delicious' apples. *HortScience* 43:1454-1460.