

## 1-メチルシクロプロペン (1-MCP) 処理がリンゴ 3 品種の貯蔵性に及ぼす影響

艾乃吐拉 木合塔尔<sup>1</sup>・壽松木 章<sup>2\*</sup>・小森貞男<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 岩手大学大学院連合農学研究科 020-8550 盛岡市上田

<sup>2</sup> 岩手大学農学部 020-8550 盛岡市上田

### Effects of 1-Methylcyclopropene on Storage Life and Fruit Qualities of Three Apple Cultivars

Muhtar Anaytula<sup>1</sup>, Akira Suzuki<sup>2\*</sup> and Sadao Komori<sup>2</sup>

<sup>1</sup> The United Graduate School of Agricultural Science, Iwate University, Ueda Morioka 020-8550

<sup>2</sup> Faculty of Agriculture, Iwate University, Ueda, Morioka 020-8550

#### Summary

The effects of ethylene action inhibitor (1-methylcyclopropene, 1-MCP) on the storage of three apple cultivars, 'Sansa', early-mature type, 'Jonagold', middle-mature type, and 'Fuji', late-mature type were investigated. As a result, 1-MCP significantly inhibited endogenous ethylene production in the fruit of three cultivars, but effects on quality during storage were different.

Treatment of 'Sansa' fruits with 1-MCP delayed the decline of titratable acidity, but could not maintain the firmness, so the period of freshness was maintained for about one month after treatment. Furthermore, the effects of 1-MCP were shown only in fruit within three days after harvest. However, both the firmness and the titratable acidity in 'Jonagold' fruits were maintained two months after treatment performed up to seven days after harvest. Especially, volatile formation was significantly inhibited. Treatment with 1-MCP maintained the fruit qualities during two-month storage in 'Fuji' fruits which are similar to 'Jonagold', and the watercore was better preserved than that in the control throughout the entire treatment period. These results indicate that it is possible to maintain the freshness of fully ripe fruit which is impossible to store by CA storage, as well as contributing to the development of storage technology in the future.

**Key Words:** Ethylene production, Fuji, Jonagold, Sansa, Storage quality

キーワード: 貯蔵品質, エチレン生成, ふじ, ジョナゴールド, さんさ

#### 緒 言

近年, エチレンとエチレンレセプターの結合をブロックすることにより, エチレンの生理作用を抑制するエチレン作用阻害剤 (1-methylcyclopropene, 1-MCP) が見出された (Sisler・Serek, 1997; Sislerら, 1996). 1-MCPは, エチレンの生理作用を抑制し収穫果実の貯蔵性を向上させるとともに, エチレン生成そのものも抑制することが認められている (Blankenship・Dole, 2003; Mirら, 2001; Watkinsら, 1999). 本剤はアメリカ等の諸外国において, 切り花や果実の鮮度保持剤として認可されており, 我が国においても, 近い将来, リンゴ等の収穫後鮮度保持剤として認可される可能性が高い。しかし, 我が国におけるリンゴの収穫時期は, 諸外国に比べて完熟期

に近く, エチレン生成量の高い状態で収穫する傾向にあることから, 我が国の主要品種に対する効果確認の必要がある。そこで本実験では, 早生, 中生, 晩生品種に対して, 1-MCP 剤による貯蔵品質保持効果を検討した。

#### 材料および方法

##### 供試果実

岩手大学西下台ほ場に栽植している 'さんさ' (M9A 台木, 6年生), 'ジョナゴールド' (M9A 台木, 20年生) および 'ふじ' (M9A 台木, 6年生) の収穫適期の果実を供試し, 2001年から2002年にかけて実験した。

##### 1-MCP の処理方法

収穫当日および室内に常温で貯蔵した収穫後3日目と7日目に, 各品種の果実 20~25果を約 100Lのプラスチック容器に入れた。容器内の 1-MCP濃度が 1000 ppb になるように, あらかじめ密閉した 100 mL三角フラスコ内で調整した 1-MCP 溶液をプラスチック容器内で解放し

2005年4月11日 受付. 2005年7月13日 受理.

\* Corresponding author. E-mail: kotobuki@iwate-u.ac.jp

た。その後容器を密閉し、室温で16~18時間曝露処理した。処理終了後、密閉容器から果実を取り出し、5 kg 出荷用ダンボール箱に入れ、2~4°Cの低温室で2か月間貯蔵した。無処理の果実を同様に貯蔵したものを対照果実とした。

#### 果実の調査

果実は、処理開始時、貯蔵後1か月目および2か月目に、5~10果を取り出し、果芯内エチレン、果実重、果肉硬度、糖度、酸含量を測定した。さらに‘ジョナゴールド’では果皮の油あがりを、‘ふじ’ではみつ入りを調査した。果芯内エチレンは果実のていあ部からシリンジの針を挿入し、果芯内空気を1 mL採取し、FID-ガスクロマトグラフ(GC14A, 島津製)で測定した。その他の項目については常法を用いた。なお、収穫後3日目処理の対照果実は、処理当日の果実分析結果を共用した。

#### 結 果

‘さんさ’果実に対する1-MCP処理の結果を第1表に示した。対照果実の果芯内エチレン濃度は収穫時1.1  $\mu\text{L/L}$ であったが、貯蔵1か月後には59.1  $\mu\text{L/L}$ に増加した。それに対し、1-MCP処理果実は貯蔵2か月後まで収穫時と差が無く、明らかにエチレン生成を抑制した。この傾向は収穫後3日目処理及び7日目処理でも同様であった。一方、収穫時13.4 lbの果肉硬度は、対照区、処理区とも貯蔵1か月目にはそれぞれ9.1, 10.5 lb, 2か月目には7.1, 8.5 lbまで低下し、処理間差異は認められなかった。収穫後3日目処理でも同様の傾向であったが、収穫後7日目処理では、すでに処理時の果肉硬度が低下していたため、処理時と貯蔵1か月目までは差がなかった。リンゴ酸含量は、収穫時と比較して、対照区の貯蔵2か月目で有意に低

下したが、2か月後まで1-MCPの顕著な効果は認められなかった。糖度はいずれの処理区とも1-MCPの影響がなかった。

‘ジョナゴールド’果実の結果を第2表に示した。果芯内エチレン濃度は‘さんさ’と同様に、1-MCP処理区で著しく抑制した。すなわち、収穫当日処理における対照果実は収穫時3.2  $\mu\text{L/L}$ 、貯蔵1か月後で89.1  $\mu\text{L/L}$ 、貯蔵2か月後で328  $\mu\text{L/L}$ まで増加したのに対し、処理果実は2か月後まで収穫時の濃度と差が無かった。その傾向は収穫3日目処理でも同様であり、収穫7日目処理では処理時に32.8  $\mu\text{L/L}$ まで増加していたのが、貯蔵中に3.2~4.7  $\mu\text{L/L}$ まで減少しており、抑制効果が顕著であった。果肉硬度の変化は、‘さんさ’と異なり、対照区では貯蔵1か月後で大きく減少したのに対し、処理区では貯蔵2か月後まで収穫時と有意差がなく、硬度を維持していた。リンゴ酸含量は、対照区の2か月後で有意に低下した以外は収穫時と差がなかった。果皮の油あがりは、対照区ではいずれの処理時期とも貯蔵1か月後で発生が多くなったのに対し、処理区では貯蔵2か月後までほとんど発生しなかった。

‘ふじ’果実の調査結果を第3表に示した。果芯内エチレン濃度は、対照区では貯蔵2か月後で処理時の約50~100倍に増加していたのに対し、処理区では他の品種と同様、いずれの処理時期においても有意に低下させ、貯蔵2か月後まで処理時の濃度を維持した。果肉硬度は、貯蔵2か月後の対照区で有意に低下した以外は差が見られなかった。また、リンゴ酸含量にはいずれの処理区でも差が認められず、品質の低下は他の2品種に比べて小さかった。みつ入りは、収穫当日処理では貯蔵1か月後の処理間差はみられなかったが、2か月後では対照区で消失した

第1表 ‘さんさ’に対する1-MCP処理が貯蔵果実品質に及ぼす影響

処理区	果実重 (g)	果芯内エチレン ( $\mu\text{L/L}$ )	硬度 (lb)	糖度 (Brix%)	リンゴ酸 (g/100ml)
(収穫当日処理)					
収穫時	239 a <sup>2</sup>	1.1 b	13.4 a	13.5 a	0.42 a
対照・1か月後	213 a	59.1 a	9.1 bc	13.2 a	0.37 ab
処理・1か月後	265 a	0.5 b	10.5 bc	13.7 a	0.43 a
対照・2か月後	227 a	73.4 a	7.1 c	13.5 a	0.34 b
処理・2か月後	231 a	1.0 b	8.5 c	13.7 a	0.38 ab
(収穫後3日目処理)					
収穫時	239 a	1.1 b	13.4 a	13.5 a	0.42 a
対照・1か月後	232 a	51.2 a	8.6 c	13.1 a	0.37 ab
処理・1か月後	235 a	0.6 b	10.3 bc	13.9 a	0.40 ab
対照・2か月後	216 a	81.9 a	7.0 c	13.3 a	0.33 b
処理・2か月後	226 a	1.2 b	7.0 c	13.3 a	0.37 ab
(収穫後7日目処理)					
処理時	240 a	3.1 b	10.3 b	13.9 a	0.41 ab
対照・1か月後	221 a	51.0 a	9.2 bc	13.9 a	0.41 ab
処理・1か月後	196 a	0.9 b	9.2 bc	13.8 a	0.41 ab
対照・2か月後	226 a	56.3 a	8.0 c	13.4 a	0.34 b
処理・2か月後	211 a	2.2 b	8.0 c	13.8 a	0.38 ab

<sup>2</sup>異なる英文字は、一元配置の分散分析において、FisherのLSD法(5%水準)で有意であることを示す

第2表 ‘ジョナゴールド’に対する1-MCP処理が貯蔵果実品質に及ぼす影響

処理区	果実重 (g)	果芯内エチレン ( $\mu\text{L/L}$ )	硬度 (lb)	糖度 (Brix%)	リンゴ酸 (g/100ml)	油上がり <sup>2</sup>
(収穫当日処理)						
収穫時	360 a <sup>y</sup>	3.2 d	12.6 a	12.8 a	0.48 a	0.0 b
対照・1か月後	404 a	89.1 c	8.2 b	13.0 a	0.48 a	2.0 a
処理・1か月後	384 a	1.1 d	12.3 a	13.2 a	0.48 a	0.5 b
対照・2か月後	371 a	328.1 a	7.2 b	12.7 ab	0.37 b	3.0 a
処理・2か月後	375 a	3.3 d	11.4 a	13.6 a	0.50 a	0.4 b
(収穫後3日目処理)						
収穫時	360 a	3.2 d	12.6 a	12.8 a	0.48 a	0.0 b
対照・1か月後	387 a	84.7 c	8.5 ab	13.6 a	0.51 a	2.0 a
処理・1か月後	390 a	4.0 d	10.0 ab	13.4 a	0.50 a	1.0 ab
対照・2か月後	350 a	136.8 b	7.0 b	13.5 a	0.38 b	3.0 a
処理・2か月後	371 a	8.8 d	10.0 ab	13.0 a	0.46 a	0.5 b
(収穫後7日目処理)						
処理時	413 a	32.8 c	12.6 a	13.3 a	0.51 a	0.0 b
対照・1か月後	393 a	145.6 b	8.0 b	13.2 a	0.42 ab	2.0 a
処理・1か月後	356 a	3.2 d	9.1 ab	13.4 a	0.45 a	0.5 b
対照・2か月後	344 a	164.8 b	6.3 b	12.0 b	0.38 b	2.0 a
処理・2か月後	382 a	4.7 d	11.0 a	13.1 a	0.51 a	0.4 b

<sup>2</sup>0(無), 1(発生少), 2(発生中), 3(発生大)の4段階評価<sup>y</sup>異なる英文字は, 一元配置の分散分析において, FisherのLSD法(5%水準)で有意であることを示す

第3表 ‘ふじ’に対する1-MCP処理が貯蔵果実品質に及ぼす影響

処理区	果実重 (g)	果芯内エチレン ( $\mu\text{L/L}$ )	硬度 (lb)	糖度 (Brix%)	リンゴ酸 (g/100ml)	みつ入り指数 <sup>2</sup>
(収穫当日処理)						
収穫時	339 a <sup>y</sup>	2.1 c	14.0 a	13.9 a	0.40 a	2.0 ab
対照・1か月後	341 a	88.5 b	14.1 a	15.0 a	0.40 a	2.0 ab
処理・1か月後	406 a	2.1 c	14.1 a	15.0 a	0.44 a	2.0 ab
対照・2か月後	387 a	114.4 ab	12.4 b	14.8 a	0.36 a	0.0 e
処理・2か月後	408 a	9.6 c	14.0 a	14.2 a	0.35 a	1.0 c
(収穫後3日目処理)						
収穫時	339 a	2.1 c	14.0 a	13.9 a	0.40 a	2.0 ab
対照・1か月後	305 a	80.8 b	14.6 a	14.2 a	0.41 a	1.4 bc
処理・1か月後	398 a	1.0 c	14.1 a	14.6 a	0.38 a	2.0 ab
対照・2か月後	369 a	187.1 a	12.4 b	14.4 a	0.34 a	0.8 cd
処理・2か月後	406 a	1.3 c	15.1 a	14.2 a	0.38 a	0.0 e
(収穫後7日目処理)						
処理時	383 a	2.0 c	13.6 ab	14.6 a	0.45 a	2.4 a
対照・1か月後	336 a	93.6 b	14.1 a	14.5 a	0.38 a	0.8 cd
処理・1か月後	398 a	1.1 c	15.0 a	14.2 a	0.45 a	1.2 c
対照・2か月後	374 a	216.7 a	12.4 b	14.5 a	0.35 a	0.0 e
処理・2か月後	396 a	1.4 c	14.4 a	14.7 a	0.38 a	0.4 de

<sup>2</sup>0(無), 1(発生少), 2(発生中), 3(発生大), 4(発生甚)の5段階評価<sup>y</sup>異なる英文字は, 一元配置の分散分析において, FisherのLSD法(5%水準)で有意であることを示す

のに対し1-MCP処理区では維持していた。収穫後3日目処理および7日目処理においても処理区において対照区よりもみつ入りを長く維持する傾向がみられた。

### 考 察

実験に供試した3品種の収穫時の果芯内エチレン量は1~3  $\mu\text{L/L}$ であったため, エチレン生成量から収穫適期時期と判断された(櫻村ら, 1991; 壽松木ら, 1997)。

1-MCP処理の効果は, 処理温度と処理時間に影響され

る(DeEllら, 2002)が, 本実験における1-MCPの処理果実は3品種とも貯蔵中のエチレン生成量が無処理果と比較して極めて少なかったことから, 曝露処理は適切に行われていたと判断された。しかし, エチレン作用の抑制効果は3品種間で異なることがうかがわれた。すなわち, 早生品種の‘さんさ’では, 1-MCP処理区が対照区と比べてリンゴ酸含量が高い傾向が認められたものの, 果肉硬度の低下抑制については収穫日当日処理においても無処理区と差が認められなかった。‘さんさ’は, 早生品

種の中ではエチレン生成量が少なく、貯蔵性も比較的高いとされている(櫻村ら, 1991)ことから、エチレン抑制の効果が小さかったことが考えられる。また、エチレン生成の抑制と果実品質の保持が一致しないことも考えられるので、エチレン生成の抑制程度と果実諸形質への影響について、今後詳細な研究が必要である。

‘ジョナゴールド’は無処理果の貯蔵中における果芯内エチレン量の増加が多く、貯蔵性の低い品種であるが、1-MCP処理により貯蔵後2か月目まで収穫時の果肉硬度を維持しており、3品種の中では最も貯蔵効果が高かった。特に興味深いことは果皮の油あがりを顕著に抑制したことである。果皮の油あがりは‘つがる’や‘ジョナゴールド’で発生する生理障害であり、果実の商品性を著しく損ねることから、貯蔵上の大きな問題点となっている。1-MCP処理が果実硬度だけでなく、油あがりを抑制することは他の品種でも報告されている(Watkins, ら 1999; Zanella, 2003)が、‘ジョナゴールド’が我が国の主要中生品種として流通していることから、画期的な効果といえる。なお、‘つがる’においても同様に油あがりの抑制効果が認められている(データ省略)。

‘ふじ’は現在の主要品種の中で最も貯蔵性の高い品種であり、CA貯蔵により収穫翌年の7月まで貯蔵されている。しかし、CA貯蔵果は青森産‘ふじ’が主体であり、長野産や福島産など果実硬度の低い、いわゆる暖地産の完熟‘ふじ’では行われていない。本実験のような比較的貯蔵温度の高い普通貯蔵では、無処理果実において貯蔵2か月目で果肉硬度が低下した。それに対して1-MCP処理果実は収穫時の果肉硬度を維持していた。従って、1-MCP剤を使用すれば、CA貯蔵が困難な暖地産の完熟‘ふじ’でも長期貯蔵が可能になることが示唆された。また、ビターピット抑制も報告されている(Zanella, ら 2003)ことからCA貯蔵‘ふじ’においても1-MCP処理を組み合わせることで、さらに貯蔵品質を高める効果が期待できる。

以上、我が国で流通しているリンゴ品種のうち、成熟期の異なる3品種を対象に1-MCP処理の貯蔵効果を検討した結果、早生品種の‘さんさ’では処理後1か月程度の保持効果であったのに対し、中生品種の‘ジョナゴールド’と晩生品種の‘ふじ’では2か月後においても収穫時の品質を保持しており、貯蔵効果の高いことが認められた。また、‘さんさ’では収穫後3日以内に処理しないと処理効果が期待できないのに対し、他の2品種では収穫後7日目処理でも処理効果が認められたことから、大量の果実を処理する実用的場面においても十分な効果を期待できることが推察された。

1-MCPはクライマクテリック型の成熟果実やエチレン生成による老化抑制に顕著な効果を示すことから、リンゴ以外の果実、トマトなどの野菜、カーネーションなどの花卉など多くの作物で報告がある(Blankenship・Dole,

2003)。我が国においてはリンゴでの利用効果が高いと考えられるので、今後はより実用的な利用方法を確立する必要がある。

## 摘 要

エチレン作用阻害剤の1-MCPが我が国のリンゴ果実の貯蔵性に及ぼす影響について、早生品種の‘さんさ’、中生品種の‘ジョナゴールド’および晩生品種の‘ふじ’の収穫適期の果実を用いて検討した。その結果、3品種とも1-MCP曝露処理により果実のエチレン生成は顕著に抑制されたが、貯蔵品質に及ぼす効果は品種により異なった。

早生品種の‘さんさ’では、リンゴ酸含量の低下はやや抑制したものの、果肉硬度の低下は抑制せず、鮮度保持効果は処理後1か月程度であった。また、1-MCP処理は収穫後3日以内に行わないと効果が認められなかった。それに対し、中生品種の‘ジョナゴールド’では収穫当日処理から収穫後7日目処理まで、果肉硬度、リンゴ酸含量とも処理後2か月まで保持効果が認められた。特に、果皮の油あがりが顕著に抑制された。晩生品種の‘ふじ’では、‘ジョナゴールド’と同様、1-MCP処理果実は貯蔵後2か月目まで収穫時の硬度を維持しており、また、みつ入りも当日処理では2か月後まで、収穫後3日目および7日目処理でも対照区より多く維持する傾向にあり、鮮度保持効果が認められた。この結果は、従来CA貯蔵など長期貯蔵が困難であった暖地型の完熟‘ふじ’果実の長期鮮度保持が可能になることを示しており、今後の貯蔵技術に大きな影響を及ぼすことが示唆された。

## 引用文献

- Blankenship S. M. and J. M. Dole. 2003. 1-Methylcyclopropene: a review. *Postharvest Biol. Technol.* 28: 1-25.
- DeEll J. R., D. P. Murr, M. D. Porteous, and H. P. Vasantha Rupasinghe. 2002. Influence of temperature and duration of 1-methylcyclopropene (1-MCP) treatment on apple quality. *Postharvest Biol. Technol.* 24: 349-353.
- 櫻村芳記・青葉幸二・吉岡博人. 1991. リンゴ‘さんさ’及び‘つがる’果実の成熟期におけるエチレン生成. *園学雑.* 60(別1): 78-79.
- Mir, N. A., E. Curell, N. Khan, M. Whitaker, and R. M. Beaudry. 2001. Harvest maturity, storage temperature, and 1-MCP application frequency alter firmness retention and chlorophyll fluorescence of ‘Redchief Delicious’ apples. *J. Amer. Hort. Soc.* 126: 618-624.
- Sisler, E. C. and M. Serek. 1997. Inhibitors of ethylene responses in plants at receptor level: Recent development. *Physiol. Plant.* 100: 577-582.
- Sisler, E. C., M. Serek, and E. Dupille. 1996. Comparison of cyclopropene, 1-methylcyclopropene, and 3, 3-dime-

thylcyclopropene as ethylene antagonists in plants. *Plant Growth Regulation* 18: 169-174.

壽松木 章・高橋 敦・青葉幸二・増田哲男・檜村芳記.  
1997. リンゴ数品種の成熟期における樹上果実および収穫果実のエチレン生成の比較. *園学雑*. 66: 495-503.

Watkins, C. B., J. F. Nock, and B. D. Whitaker. 1999. Responses of early, mid and late season apple cultivars to postharvest application of 1-methylcyclopropene (1-

MCP) under air and controlled atmosphere storage conditions. *Postharvest Biol. and Technol.* 19: 17-23.

Zanella, A. 2003. Control of apple superficial scald and ripening—a comparison between 1-methylcyclopropene and diphenylamine postharvest treatments, initial low oxygen stress and ultra low oxygen storage. *Postharvest Biol. Technol.* 27: 69-78.