

1-MCP の果実品質保持効果と果実輸出への利用

(独)農業・食品産業技術総合研究機構 果樹研究所 中村ゆり

1. はじめに

植物ホルモンの一種であるエチレンは、果実の成熟を促進する作用を持ち、バナナやキウイフルーツなどの追熟に利用される。一方、収穫後の果実では、自ら生成するエチレンが老化を促進し、品質の低下を招く。このため、エチレンの制御は果実の貯蔵や品質を保持する上で極めて重要である。1-メチルシクロプロペン (1-MCP) は、1996年に米国において開発された強力なエチレン作用阻害剤である(図-1)。常温・常圧で無色・無臭の気体で、青果物に対し極めて低濃度で卓越した品質保持効果を示す。気体である1-MCPをシクロデキストリン(グルコースからなるオリゴ糖の一種)に包摂した粉末状の製剤が、「スマートフレッシュくん蒸剤」であり、我が国では、リンゴ、ナシ、カキを対象に、

2010年11月に農業登録された。

2. 1-MCPの作用機作

エチレンによる果実の成熟・老化の促進は、エチレンが果肉細胞内に存在するエチレン受容体という蛋白質に結合することで引き起こされる。エチレン受容体の特徴は、エチレンと結合していない状態では成熟・老化を抑制するブレーキの役割を持つことであり、成熟期に果実から生成されたエチレンと結合するとこのブレーキが外れ、果肉の軟化、香りの生成、酸の減少といった成熟・老化が進行する仕組みとなっている。1-MCPは、エチレン受容体に対し、エチレンより結合し易く、外れにくい性質を持つ。そのため、エチレンがエチレン受容体に結合するのを邪魔するフタの役目を果たすことで、エチレン作用

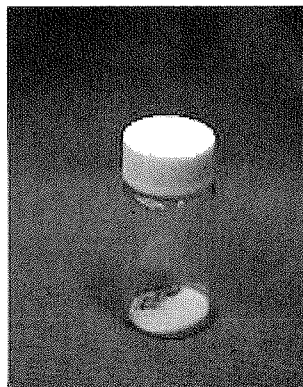
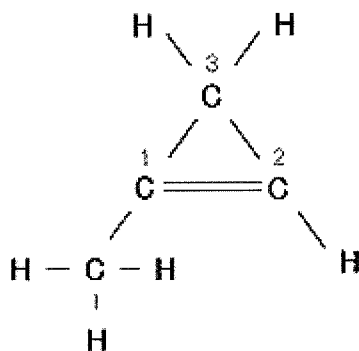


図-1 1-MCPの構造式とスマートフレッシュ燻蒸剤

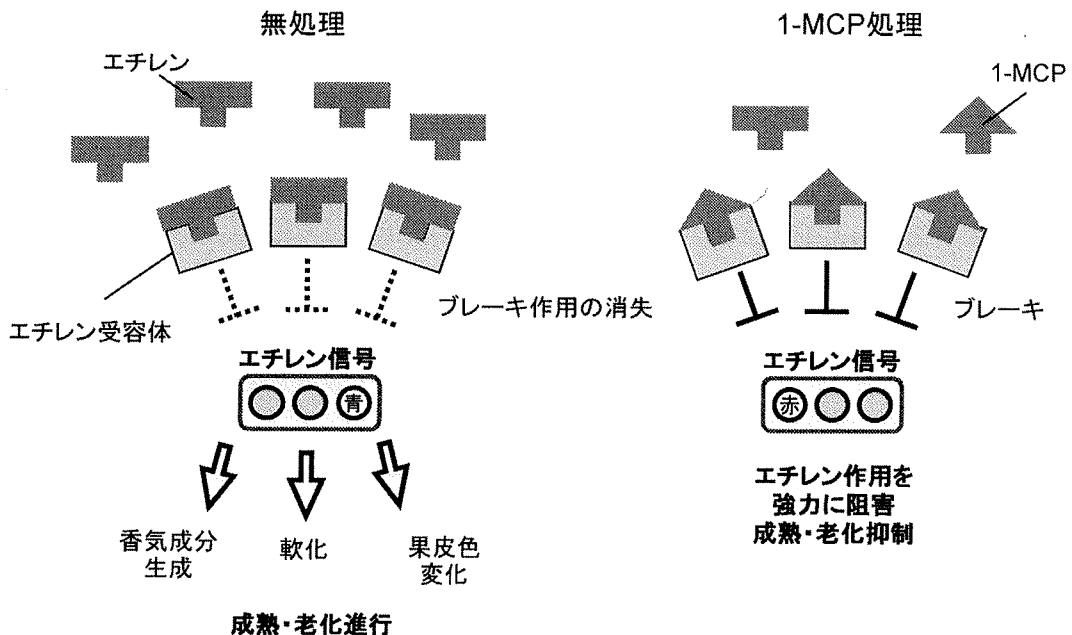


図-2 1-MCPの作用機作

を阻害する(図-2)。1-MCPと結合したエチレン受容体は、分解されるまでは果実の成熟・老化に対してブレーキをかけ続けるため、品質保持効果が持続する。

3. 1-MCPの処理方法

果実への処理は、果実を気密性の高い容器や貯蔵庫に密封し、製剤を水に溶解することにより発生させた1-MCPでくん蒸することによって行う。わが国における農薬登録上のリンゴ、ナシ、カキに対する使用条件を表1に示す。確実な品質保持効果を得るために、リンゴでは1ppm、ナシおよびカキでは0.5～1ppmの濃度の1-MCPが必要とされる。1ppmの1-MCPを発生させるために必要な製剤量は、1m³の密閉空間当たり68mgであり、処理容器や貯蔵庫の内容積に合わせて製剤量を調整する。くん蒸時間は12～24時間必要で、製剤からの速やかな1-MCPの放出や果実への取り込みのためには、

常温(20～25℃)が適している。低温では処理時間を長めにする必要がある。

果実の熟度が進むと果実からのエチレン生成量は増大するが、1-MCPの品質保持効果は処理時の果実のエチレン生成量に左右されるため、熟度が進んだ果実では効果は低く、未熟な果実では高くなる(立木ら, 2007)。収穫後の果実は、樹から切り離されたストレスによってエチレン生成量が増大するため、収穫から処理までの期間が長いと1-MCPの効果は低下する。そのために、本剤の使用にあたっては、エチレン生成が上昇する前に処理を行うことが肝要であり、収穫後速やかに処理を行う方が高い効果が得られる。

4. 1-MCPの品質保持効果

1) リンゴ

リンゴにおいては、1-MCP処理によって、果肉軟化、地色の抜け、果皮の油上がり、酸の減少が顕著に抑制される。また、「玉林」等の長期貯

表-1 1-MCPの使用条件

樹種	使用条件	
リンゴ	使用時期	収穫直後～6日後
	使用量	製剤68mg/立方メートル(1ppm)
	使用方法	倉庫等施設内で、有効成分を発生させてくん蒸する
	くん蒸時間	12～24時間
ナシ	使用時期	収穫直後～2日後
	使用量	製剤34～68mg/立方メートル(0.5～1ppm)
	使用方法	倉庫等施設内で、有効成分を発生させてくん蒸する
	くん蒸時間	12～24時間
カキ	使用時期	収穫直後～2日後
	使用量	製剤34～68mg/立方メートル(0.5～1ppm)
	使用方法	倉庫等施設内で、有効成分を発生させてくん蒸する
	くん蒸時間	12～24時間

蔵で問題となる「貯蔵ヤケ」の発生が顕著に抑制される(野呂, 2004)。リンゴの1-MCP処理は、収穫直後～6日以内に行うこととなっているが、エチレン生成量が多く、収穫後の軟化が早い「つがる」等の早生品種では、できる限り早く処理することが重要である。「つがる」においては、収穫1日後の処理によって、常温下で約2週間の品質保持が可能となる。「ジョナゴールド」や「王林」では、同様の処理によって常温下

でも約1ヶ月間は品質が保持される(図-3)。元々エチレン生成量の少ない「ふじ」では、収穫6日後までの処理によって、ほぼ安定した品質保持効果が得られる。ただし、リンゴにおいては、果肉硬度は保たれるが、香りが薄くなり、未熟な果実に処理した場合にはでんぷん臭や酸が強くなることから、食味が低く評価される恐れがある。また、1-MCP処理した果実を長期冷蔵貯蔵した場合に、「ふじ」のみつ褐変や、陽光面

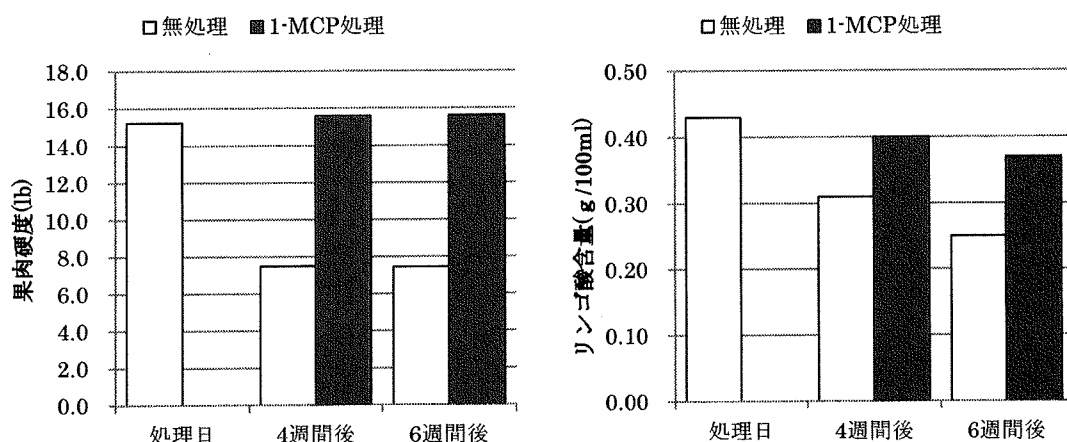


図-3 1-MCPが「ジョナゴールド」の果肉硬度および酸含量に及ぼす影響(農研機構果樹研2004年) 収穫翌日に1ppmで16時間処理した後、20℃で貯蔵

の果皮褐変が増加するとの指摘がある。海外では、炭酸ガス耐性が弱い品種において、1-MCP処理した果実をCA貯蔵すると炭酸ガス障害の発生が助長されるという報告もある (DeEll et al., 2003)。そのため、長期貯蔵への利用にあたっては、これら障害の発生についてさらに検討が必要である。

2) ナシ

ナシの1-MCP処理は、収穫直後～2日以内に行うこととなっているが、エチレン生成量が多く日持ちのあまり良くない早生品種では、収穫当日の処理が望ましい (島田, 2004)。「幸水」は、常温下では5日程度で過熟になってしまうが、収穫当日に1-MCPに処理することによって、常温下でも2週間程度は果肉軟化が抑制され、食味が保たれる (図-4)。「豊水」においても、同様の処理によって常温下でも2週間以上品質が保たれる。「二十世紀」においては、果皮色の黄化が顕著に抑制され、棚持ち期間が延長できる。元々日持ちの良い晩生品種の「新高」や

「にっこり」においては、品質保持期間をさらに延長することが可能である。登録上は、セイヨウナシへの利用も可能であるが、国内での検討事例はほとんどない。

3) カキ

カキにおいては、収穫後の速やかな1-MCP処理によって、早期軟化が顕著に抑制される (播磨, 2004)。特に、渋柿品種においては、CTSD脱渋時に1-MCPを同時処理することによって、脱渋処理後の早期軟化が顕著に抑制され、日持ち期間が延長される (図-5)。脱渋に対する阻害的な影響は認められず、逆に脱渋が促進されとの報告もある (高橋・倉橋, 2005)。また、干し柿用途の「市田柿」においては、1-MCP処理によって軟化が抑制され、剥皮可能期間が延長でき、品質にも影響しないとされている (舟橋ら, 2005)。しかし、「西条」等においては、干し柿にした場合、1-MCP処理による渋残りや軟化抑制の問題が報告されているため、干し柿用途果実における1-MCPの利用については、品種

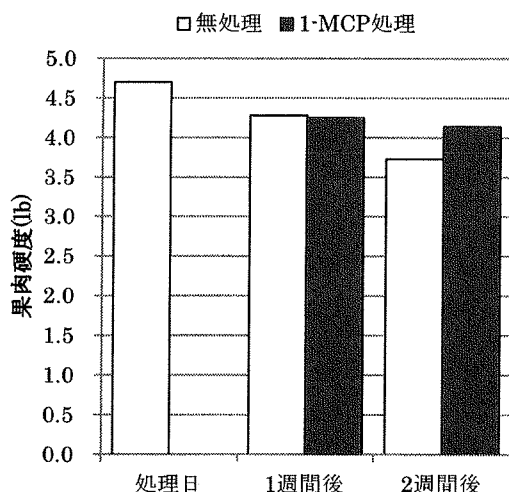


図-4 1-MCPが「幸水」の果肉硬度に及ぼす影響(農研機構果樹研 2004年)
収穫当日に1ppmで16時間処理した後、25℃で貯蔵

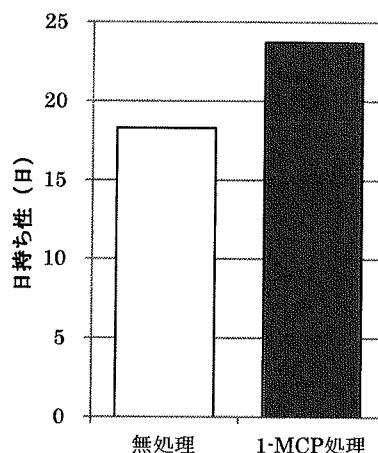


図-5 1-MCPが「太月」の日持ち性に及ぼす影響(農研機構果樹研 2005年)
収穫翌日のCTSD脱渋時に1ppmで同時処理(24時間)、その後は20℃で貯蔵

毎に品質への影響を確認する必要がある(松本, 2006)。

5. 1-MCP の輸出への利用

1-MCP の品質保持効果で特筆すべき点は、常温下においてもその効果が維持されることである。このため、短期間であれば冷蔵が不要となり、流通・販売過程での環境に影響されことなく品質が保持される。また、無処理に比べて約2倍は長く品質が保存されるため、これまで以上の遠距離輸送が可能になる。このため、国内輸送に比べて輸送距離が長く、厳密な温度コントロールが難しい輸出における果実品質の低下抑制には極めて有用である。

日本産果実の主な輸出先は、台湾等気温の高い国が多く、低温で輸送・保管するためのインフラ整備がされていない場合も多い。また、百貨店や高級スーパーの店頭では冷蔵ショーケースで販売されているが、小規模な小売店や伝統市場ではそのまま積み上げられて販売されている場合がほとんどである。果実の輸出における1-MCPの有用性を明らかにするために、埼玉県農林総合研究

センター園芸研究所が実施したニホンナシ‘幸水’の台湾への輸出試験においては、1-MCP処理によって地色の上がりや抑制され棚持ちが改善されることが確認された(島田・須賀, 2009)。また、和歌山県農林水産総合技術センター果樹試験場かき・もも研究所が行ったカキ‘利根早生’の香港への輸出試験においては、1-MCP処理によって、到着後7日間は軟化が顕著に抑制され、商品化率が向上することが実証された(播磨ら, 2008)。

また、1-MCP処理と低温貯蔵を組み合わせることによって、果実の品質保持期間を延長することが可能で、出庫後の果肉軟化も抑制することができる(図-6)。この方法で、東アジアの中華圏における春節等の需要にあわせて出荷できれば、有利な販売戦略を構築することが可能である。また、リンゴにおいては、近年は食味の良い‘蜜入りふじ’が海外においても定着してきているが、リンゴの蜜は貯蔵中に徐々に消滅するため、普通冷蔵では1~2ヶ月、0℃貯蔵でも2~3ヶ月程度までしか蜜入りを維持することが難しい。しかし、1-MCP処理と組み合わせ

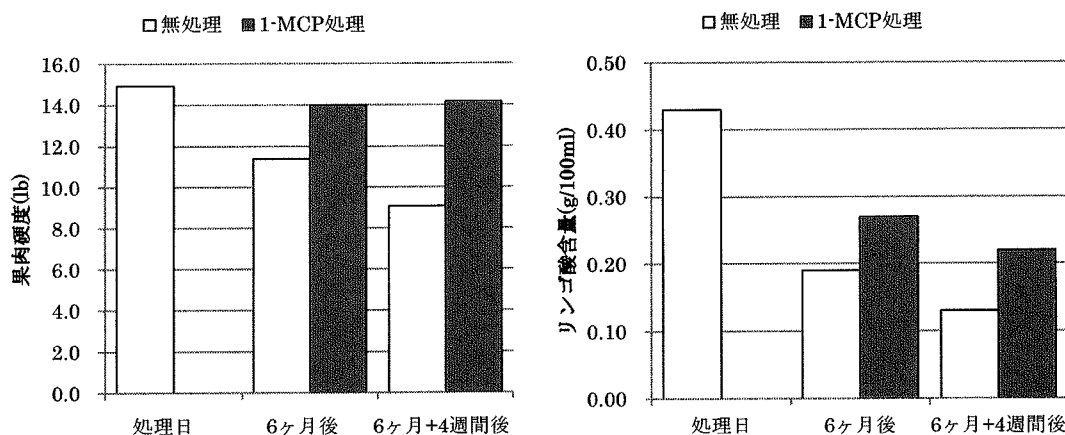


図-6 1-MCPが低温貯蔵した‘ふじ’の果肉硬度および酸含量に及ぼす影響(農研機構果樹研2004年) 収穫翌日に1ppmで18時間処理した後、2℃で6ヶ月貯蔵、出庫後20℃で4週間貯蔵

ることで、より長くリンゴの蜜を維持することが可能である（長内ら，2006）。

この他、貯蔵や輸送中における他作物からのエチレンの影響を回避できることから、貯蔵庫の有効利用や混載によるコンテナ輸送が可能になる。また、1-MCPはリンゴのエチレン生成を抑制する効果もあることから（立木ら，2007）、流通・販売過程においてリンゴのエチレンに起因する他作物への影響を軽減することができる。

6. おわりに

1-MCPの品質保持効果は画期的で、流通・販売過程のロスの軽減ができるため、果実を輸出する際には利用価値が高い。ただし、品質保持効果を求めるあまり、未熟な果実に処理してしまうと、日数が経過しても果肉が硬すぎて酸が高く青臭い、品質不良の果実が供給されることとなり、逆に日本産果実のイメージを低下させることになりかねない。よって、1-MCPを利用する場合には、熟度の見極めが重要となり、効果が若干劣っても、完熟に近い果実に処理する利用法が望ましいと考える。

引用文献

DeEll, J. R. et. al. 2003. Acta Hortic. 600: 277-280.

船橋徹郎ら. 2005. 園学雑(別 1): 397.

播磨真志. 2004. 農業技術体系. 第8巻. 追録 19号 (28の1): 22-28.

播磨真志ら. 2008. 園学研. 7(別 1):258.

松本敏一. 2006. 平成17年近畿中国四国農業研究成果情報. 231-232.

野呂昭司. 2004. 農業技術体系. 第8巻. 追録 19号 (28の1): 12-15.

長内敬明ら. 2006. 園芸学会東北支部平18研究発表要旨. p27-28

島田智人. 2004. 農業技術体系. 第8巻. 追録 19号 (28の1): 16-21.

島田智人・須賀昭雄. 2009. 園学研. 8(別 1):265

高橋洋靖・倉橋孝夫. 2005. 園学雑74(別2):243.

立木美保ら. 2007. 平成18年度果樹研究成果情報. p51-52

参考文献

檜村芳記. 2004. 今月の農業 11月号: 13-15.

檜村芳記. 2004. 農業技術体系. 第8巻. 追録 19号 (28の1): 6-10.

羽山裕子. 2004. 今月の農業 11月号: 22-26.

立木美保. 2007. 植調 14: 9-15.