

ニホンナシ ‘恵水’ 果実の収穫後生理特性および 1-MCP 処理による品質保持効果

坂本宏平¹⁾・加川敬祐・中村宣貴²⁾・梶山康平³⁾・石井 貴

(茨城県農業総合センター園芸研究所)

要約

ニホンナシ ‘恵水’ 果実を対象に収穫後の呼吸速度、エチレン生成速度、エタノール生成速度および 1-MCP 処理による品質保持効果を検討した。その結果、各生成速度と保存温度および着色程度とは、果実品質の変化に強い関連性があり、各生成速度が高く、着色程度の進行した果実において品質低下が早まることが明らかとなった。さらに、1-MCP 処理により、処理直後および冷蔵後における呼吸速度およびエタノール生成速度は抑制されると共に、果実品質が保持されることが明らかとなった。また、冷蔵後における品質低下を抑制する手段として、果皮色に緑色が残る状態で収穫することも有効であると考えられた。

キーワード：ニホンナシ ‘恵水’，収穫後生理，1-MCP，果実品質，冷蔵

1 はじめに

‘恵水’ は、茨城県農業総合センター生物工学研究所において、1994 年に ‘新雪’ に ‘筑水’ を交配して得られた実生から選抜され、2011 年 12 月 6 日に品種登録された茨城県育成のニホンナシ (*Pyrus pyrifolia* Nakai) の新品種である。果実は平均一果重 600g 前後と大果であり、糖度は 13% 前後と高く、食味が優れる (尾形ら, 2015)。県内産地では、ブランド化に向け、高級果実販売店での販売や海外輸出に向けた取組みが検討されている。また、収穫時期が他の中生品種と重なるため、貯蔵出荷も検討され、果実品質を長期間保つための品質保持技術の確立が求められている。しかし、品質低下の主な要因である呼吸速度や果実の成熟等に影響を与えるエチレン (永田, 2018)、あるいは、果実の成熟や老化等により促進され香気に影響を与えるエタノール (上田, 2002) の生成等、生理活性を評価するうえで重要な特性が未解明である。

青果物の品質保持技術としては、一般に温度制御が最も有効であり、更に湿度制御、ガス環境 (酸素、二酸化炭素、エチレン) 制御、光制御、圧力制御などが挙げられる (永田, 2018)。一方で、エチレン作用阻害剤である 1-methylcyclopropene (1-MCP) は、エチレン受容体に結合し、エチレンによって誘導される生理現象を抑制する効果があり、リンゴをはじめとした園芸品目で世界的に利用されている (Watkins, 2008)。日本では、2010 年にリンゴ、ナシ、カキの品質保持を目的とした植物成長調整剤として農薬登録されている。ナシでは、‘幸水’ ‘豊水’ などの主要品種において、果実軟化、表面色や地色の進行を抑制し、障害果の発生を抑制するなどの効果が報告されている (島田ら, 2011; 戸谷ら, 2018)。しかし、品質保持効果に必要な処理濃度および処理時間は、果実の種類や品種、成熟ステージなどにより大きく異なることから (Blankenship ら, 2003)、同一品目であっても品種ごとの評価が不可欠である。

そこで、本研究では、‘恵水’ 果実収穫後の呼吸速度、エチレン生成速度、エタノール生成速度を明らかにするとともに、1-MCP の処理直後および冷蔵後における呼吸速度や果実品質等を評価し、1-MCP の ‘恵水’ に対する品質保持効果を明らかにしたので報告する。

1) 現 茨城県産業戦略部中小企業課

2) 国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構食品研究部門

3) 現 茨城県農業総合センター生物工学研究所

2 材料および方法

2.1 ‘恵水’ 果実の収穫後生理特性の評価

2017年9月19日および2018年9月12日に収穫した茨城県農業総合センター園芸研究所植栽の‘恵水’果実を供試した。収穫時の着色程度は‘恵水’用表面色カラーチャート値（茨城のナシ産地改革支援協議会作成，茨城県農業総合センター園芸研究所監修 以下CC）により，CC2.5をやや未熟，CC3～4を適熟，CC4.5を過熟とする区を設け，実験には出荷規格において5kg箱の果実数8～12玉の区分となる400以上650g未満の果実を用いた。

呼吸速度，エタノール生成速度，エチレン生成速度は通気法（川越，2019）により，20℃および2℃で，収穫1日後から収穫6日後まで，酸素21.0%，窒素79.0%設定の混合ガスを果実の入ったチャンバに一定量流し，ガスクロマトグラフ（GC-2010，（株）島津製作所）により継時的に測定した。1チャンバ当たりの果実数は20℃では各5果，2℃では各15果とし，1チャンバ当たりの果実重は，いずれもCC2.5，CC3～4，CC4.5の順に，2017年の20℃では3.14kg，3.22kg，3.11kg，2℃では8.06kg，8.71kg，7.99kg，2018年の20℃では2.81kg，2.67kg，2.72kg，2℃では8.16kg，7.70kg，7.76kgとした。対照品種として，熟期が同時期（茨城県農業総合センター，2016）の県内主要中生品種である‘豊水’を供試した。‘豊水’は適熟（「茨城県梨組合連合会・茨城県監修なし選果基準表」熟度基準2）で2017年9月13日および2018年9月5日に収穫した果実を用いた。1チャンバ当たりの果実数は恵水と同様で，1チャンバ当たりの果実重は，2017年の20℃では2.87kg，2℃では6.35kg，2018年の20℃では2.44kg，2℃では7.19kgとした。

果実品質は，果皮色，地色，果肉硬度，糖度，食味について，2018年に収穫した果実を20℃および2℃で保存し，収穫1日後および収穫8日後に各9～11果調査した。表面色は，‘恵水’用表面色カラーチャート，地色は，地色用カラーチャート（ニホンナシ地色，富士平工業（株））により評価した。果肉硬度は，果実硬度計（FCF-372，（株）富士平工業）により果実縦断面の果肉中央部2ヶ所を測定し，その平均値とした。糖度は，果実縦断面から対角にくし型で切り出し，果皮・果芯を除いた果肉搾汁液をBrix糖度計（PAL-1，（株）アタゴ）で測定した。食味指数は，1名の評価者が1果ずつ評価した。

2.2 1-MCP処理が‘恵水’果実の収穫後生理特性に及ぼす影響

2019年9月11日に園芸研究所内で収穫した‘恵水’果実を供試した。実験は収穫直後と冷蔵後に分けて行った。1-MCP処理は，Agro Fresh社製0.14%薬剤を160mg秤取り，果実を入れた100Lのプラスチック製密閉容器内に入れて気化させ（1気圧，20℃条件下で0.1mlに相当）（樫村，2012），農薬登録上の処理濃度の1ppmになるようにして実施した。

収穫直後の実験では，CC3で収穫した400以上650g未満の果実を収穫1日後から常温で20時間処理し，対照区は1-MCP処理をせずに同様の条件に保持した。呼吸速度，エタノール生成速度，エチレン生成速度の測定は，収穫4日後～8日後まで20℃で経時的に実施し，処理区と対照区はそれぞれ3反復設けた。1チャンバ当たりの果実数は5果で，1チャンバ当たりの果実重は，処理区で2.48～2.51kg，対照区で2.46～2.51kgとした。調査方法等，その他の条件は，2.1と同様とした。

冷蔵後の実験では，CC2.5および3で収穫した400以上650g未満の果実を収穫2日後から0～1℃で20時間処理し，対照区は1-MCP処理をせずに同様の条件に保持した。果実は収穫直後から収穫1日後まで常温保存し，収穫1日後から収穫90日後は0～1℃・90%RHで冷蔵した。呼吸速度，エタノール生成速度，エチレン生成速度の測定は，冷蔵1日後～6日後まで，20℃で経時的に実施し，処理区と対照区はそれぞれ2反復設けた。1チャンバ当たりの果実数は5果とし，1チャンバ当たりの果実重は，CC2.5では処理区で2.63kg，対照区で2.58～2.62kg，CC3では処理区で2.54kg，対照区で2.46～2.47kgとした。調査方法等，その他の条件は，2.1と同様とした。

2.3 1-MCP処理が‘恵水’の果実品質に及ぼす影響

2019年9月18日に園芸研究所内で収穫したCC3で400以上650g未満の‘恵水’果実を供試した。1-MCP処理は，2.2と同様の方法・濃度で収穫1日後から常温で20時間処理し，対照区は1-MCP処理をせずに同様の条件に保持した。果実は収穫直後から収穫2日後まで常温保存し，収穫2日後からは20℃・70～80%RHに設定した人工気象器内で保存した。

果実品質は、重量減少率、表面色、地色、果肉硬度、糖度、劣化・障害果実の発生、官能評価について、収穫直後および収穫 7, 9, 14, 21, 28 日後に各 9~10 果調査した。重量減少率は、収穫時と果実品質調査時との一果重（パーソナル天秤 EJ-4100B, (株) エー・アンド・デイ）の差から算出した。劣化・障害果については、果肉水浸は果肉が全体的に明瞭に透通った状態、果芯腐敗は芯部が一部明瞭に腐敗、果面腐敗は果実表面が一部でも腐敗した状態、果肉障害は佐久間（2002）のみつ指数調査基準を参考に 1cm² 以上の症状又は小斑点がかなりの面積を占める状態以上となったものを発生果とした。官能評価は、15~19 名により実施した。表面色、地色、果肉硬度、糖度の調査方法、その他の条件は、2. 1 と同様とした。

2. 4 1-MCP 処理が‘恵水’の冷蔵後の果実品質に及ぼす影響

2019 年 9 月 18 日に研究所内で収穫した CC2.5 および 3 で 400 以上 650g 未満の‘恵水’果実を供試した。1-MCP 処理は、2. 2 と同様の方法・濃度で収穫 2 日後からの 0~1°C で 20 時間処理し、対照区は 1-MCP 処理をせずに同様の条件に保持した。果実は収穫直後から収穫 1 日後まで常温保存し、収穫 1 日後から収穫 78 日後は 0~1°C・90%RH で冷蔵し、冷蔵後は 21 日間 20°C・70~80%RH 設定の人工気象器内で保存した。

果実品質は、重量減少率、表面色、地色、果肉硬度、糖度、劣化・障害果実の発生、官能評価について、収穫直後および冷蔵後 0, 7, 13, 21 日後に各 9~10 果調査した。調査方法等、その他の条件は 2. 3 と同様とした。

3 結果および考察

3. 1 ‘恵水’果実の収穫後生理特性の評価

‘恵水’の呼吸速度およびエタノール生成速度は、20°C では CC の高い果実ほど高く、収穫後日数が経過するにつれて増加した（図 1, 2）。一方、両生成速度は 2°C では 20°C に比べて低く、いずれの CC も同程度で推移した。エチレン生成速度は、20°C では CC の高い果実ほど高いが、2°C では 20°C に比べて低く、いずれの CC も同程度で推移した（図 3）。また、適期収穫の‘豊水’と比べると、収穫時 CC2.5 のエタノール生成速度が同程度で推移した以外は、各生成速度ともに 20°C では高く推移し、2°C では同程度であった。以上より、収穫後の‘恵水’果実の呼吸速度およびエタノール生成速度は、保存温度および収穫時の CC、すなわち着色程度の違いにより大きく異なることが明らかとなった。

果実品質は、収穫 1 日後では CC が高いほど地色は高く、糖度も同様の傾向で CC2.5 と CC4.5 の間には有意差が認められた。一方、硬度は有意差が認められなかった（表 1）。食味において、香りは CC3 - 4 が高く、シャリ感は有意差が認められず、総合は CC3 - 4 \geq CC2.5 \geq CC4.5 となり、CC3 - 4 と CC4.5 の間で有意差が認められた。収穫 8 日後では、20°C では CC2.5 は CC4.5 に比べて硬度は有意に高く、食味はいずれの項目も CC3 - 4 および CC4.5 より明らかに高かった（表 2）。一方、2°C ではいずれの CC も収穫 1 日後の傾向とほぼ同様であった。収穫直後の果実品質は特に CC3 - 4 が優れるが、20°C では収穫 8 日後には品質低下が認められ、CC2.5 は日持ち性が優れる傾向にあること、2°C ではいずれの CC でも品質低下を抑制することが明らかとなった。

青果物の呼吸速度と品質劣化には密接な関係があり（濱渦, 2019）、エタノール生成は果実の成熟や老化により促進され香気に影響を与えるとされている（上田, 2002）。‘恵水’果実においても、保存温度および CC と各生成速度とは果実品質の変化に関連性が認められ、特に呼吸速度が高い果実ほど果肉硬度および食味指数といった品質の低下が早まり、また、エタノール生成速度が高い果実ほど香りの悪化を招いたと推察される。

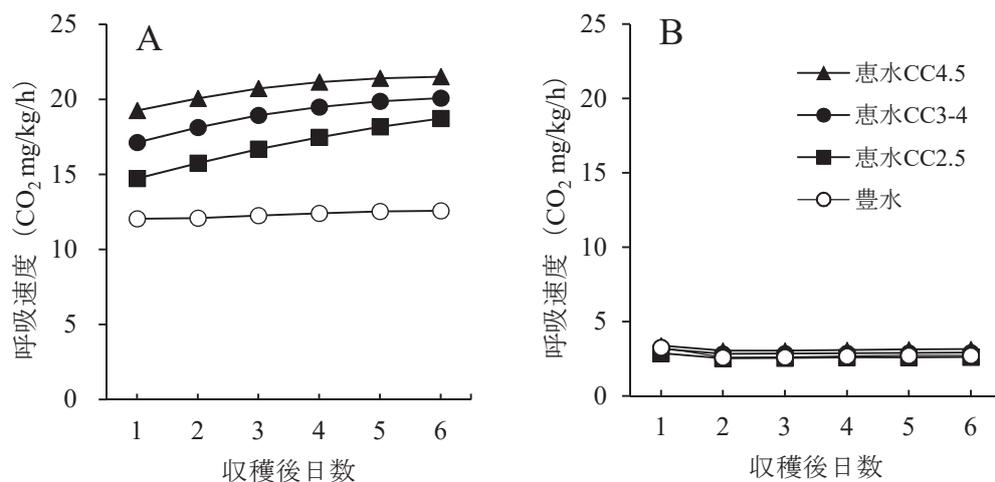


図1 保存温度とCCが収穫後のナシ‘恵水’の呼吸速度に及ぼす影響 (A: 貯蔵温度 20°C, B: 同 2°C)

2017年, 2018年の2ヶ年平均。凡例はA, B共通。所内で収穫盛期に収穫された‘恵水’, ‘豊水’ (適熟)。収穫日は, 2017年は‘恵水’ 9/19, ‘豊水’ 9/12, 2018年は‘恵水’ 9/12, ‘豊水’ 9/5, 一果重は‘恵水’ 400以上650g未満, ‘豊水’ 400以上500g未満である。供試数は, 20°Cは5果, 2°Cは15果。

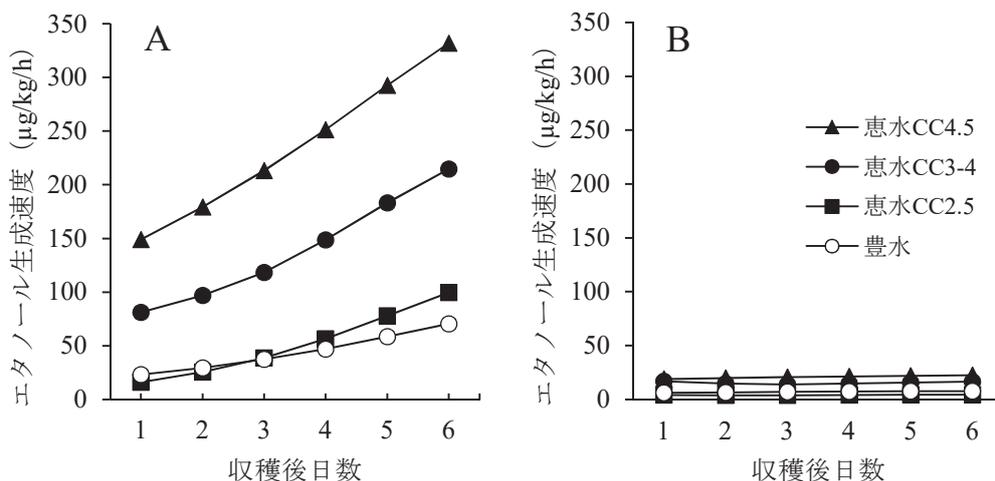


図2 保存温度とCCが収穫後のナシ‘恵水’のエタノール生成速度に及ぼす影響 (A: 貯蔵温度 20°C, B: 同 2°C)

実験条件及び凡例の表示は図1と同様

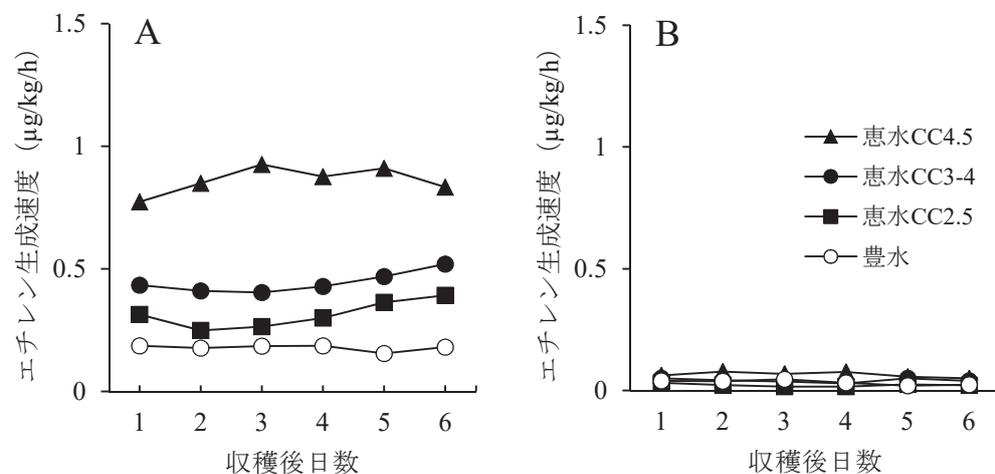


図3 保存温度とCCが収穫後のナシ‘恵水’のエチレン生成速度に及ぼす影響 (A: 貯蔵温度 20°C, B: 同 2°C)

実験条件及び凡例の表示は図1と同様

表1 収穫時のCCが収穫1日後の‘恵水’の果実品質に及ぼす影響 (2018)

保存条件	収穫時果皮色 (CC)	表面色 ¹⁾ (CC)	地色 ¹⁾ (CC)	糖度 ¹⁾ (Brix%)	硬度 ¹⁾ (lbs)	食味指数 ¹⁾²⁾		
						香り	シャリ感	総合
20°C	2.5	2.5 c	3.7 c	12.6 b	5.6	4.1 b	4.5	4.3 ab
	3.4	3.4 b	4.4 b	13.0 ab	5.5	4.9 a	4.3	4.6 a
	4.5	4.5 a	4.8 a	13.8 a	5.6	4.0 b	4.3	3.6 b
有意性 ³⁾		**	**	*	n.s.	*	n.s.	*

1) CC及び食味指数はKruskal-Wallis検定, 他は分散分析により, **は1%, *は5%水準で有意差あり, n.s.: 有意差なし (n=9~11)

2) 食味指数は果実毎に評価を実施して各項目5段階評価, 5(良い)~1(悪い)

3) 同一保存条件において, CC及び食味指数はSteel-Dwass法, 他はTukey-Kramer法により, 異なる文字間に5%水準で有意差あり (n=9~11)

表2 保存温度および収穫時のCCが収穫8日後の‘恵水’の果実品質に及ぼす影響 (2018)

保存条件	収穫時果皮色 (CC)	表面色 ¹⁾ (CC)	地色 ¹⁾ (CC)	糖度 ¹⁾ (Brix%)	硬度 ¹⁾ (lbs)	食味指数 ¹⁾²⁾		
						香り	シャリ感	総合
20°C	2.5	3.1 b	4.5 b	12.9 b	5.3 a	4.2 a	4.1 a	4.3 a
	3.4	3.4 b	5.0 a	12.9 b	4.8 ab	3.4 b	2.6 b	2.7 b
	4.5	4.5 a	4.9 a	13.7 a	4.3 b	2.4 c	2.2 b	2.2 b
有意性 ³⁾		**	**	*	*	**	**	**
2°C	2.5	2.6 c	3.8 b	13.1 b	5.7	4.2	4.9 a	4.7
	3.4	3.5 b	4.7 a	12.7 b	5.5	4.7	4.5 ab	4.5
	4.5	4.5 a	4.8 a	14.2 a	5.3	3.9	3.6 b	3.7
有意性 ³⁾		**	**	**	n.s.	n.s.	*	n.s.

1) CC及び食味指数はKruskal-Wallis検定, 他は分散分析により, **は1%, *は5%水準で有意差あり, n.s.: 有意差なし (n=9~11)

2) 食味指数は果実毎に評価を実施して各項目5段階評価, 5(良い)~1(悪い)

3) 同一保存条件において, CC及び食味指数はSteel-Dwass法, 他はTukey-Kramer法により, 異なる文字間に5%水準で有意差あり (n=9~11)

3. 2 1-MCP処理が‘恵水’果実の収穫後生理特性に及ぼす影響

‘恵水’果実の呼吸速度およびエタノール生成速度は, 1-MCP処理により対照区の70~80%程度と低く推移し, 日数経過に伴う上昇を抑制する傾向であった(図4)。エチレン生成速度は, 両試験区ともに低く推移し, 試験区間差は認められなかった(データ省略)。冷蔵後の‘恵水’果実の呼吸速度は, 1-MCP処理により対照区の70%程度と低く推移し, 冷蔵後の保存日数の影響はほとんど認められなかった(図5)。エタノール生成速度は, 1-MCP処理により対照区の50~90%程度と低く推移し, 特にCC2.5では日数経過に伴う上昇を強く抑制した。エチレン生成速度は, いずれの試験区ともに低く推移し, 試験区間差は認められなかった(データ省略)。以上のことから, 1-MCP処理により, ‘恵水’果実の呼吸速度およびエタノール生成速度は, 処理直後および90日間冷蔵後ともに抑制されることが明らかとなった。

リンゴやニホンナシ, セイヨウナシを用いた研究では, 1-MCP処理による果実の呼吸速度およびエチレン生成速度の抑制効果が報告されており, 冷蔵時においても同様の効果が報告されている(Fanら, 1999; 立木, 2011; Ekmanら, 2004; Liら, 2009)。また, セイヨウナシでは, 1-MCP処理によりエタノールを含む揮発性成分の生成を抑制する効果が報告されている(Argentaら, 2003)。本研究で得られた‘恵水’果実の呼吸速度およびエタノール生成速度の測定結果はこれらの報告と同様で, 1-MCP処理は‘恵水’果実の呼吸速度およびエタノール生成速度を抑制する手法として有効であり, その効果は90日間の冷蔵後にも継続すると考えられる。一方, ‘恵

水’果実のエチレン生成速度は非常に低いことから、今回用いた通気法による測定の精度では、1-MCP 処理のエチレン生成速度に及ぼす影響は判然としなかった。そのため、より精度の高い密閉法での測定等により、更に検討を進める必要があると考えられる。

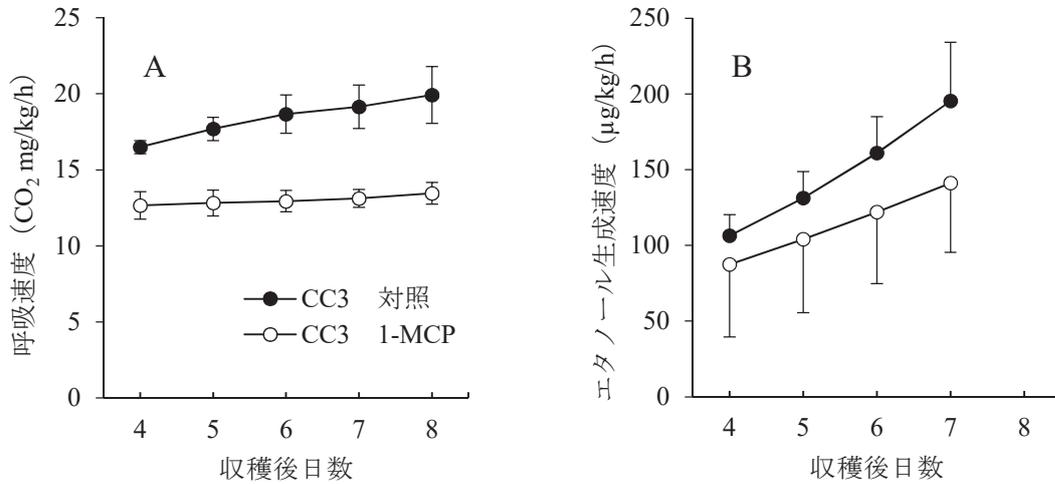


図4 1-MCP 処理が収穫後のナシ‘恵水’の呼吸速度 (A) およびエタノール生成速度 (B) に及ぼす影響 (2019)

凡例は両グラフ共通、保管温度は20°C、エラーバーは標準偏差を示す (n=3)、1区5果とし、測定は収穫4日後から実施

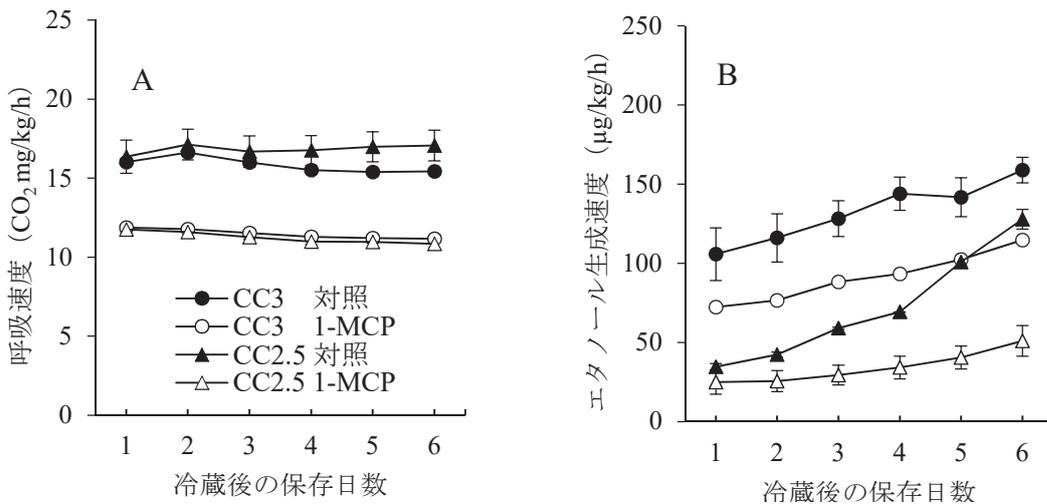


図5 1-MCP 処理が冷蔵後のナシ‘恵水’の呼吸速度 (A) およびエタノール生成速度 (B) に及ぼす影響 (2019)

凡例は両グラフ共通、エラーバーは最大値と最小値を示す (n=2)、1区5果とし、測定は冷蔵1日後から実施、収穫90日後まで約1°Cで冷蔵、冷蔵後は20°Cで保管して測定

3. 3 1-MCP 処理が‘恵水’の果実品質に及ぼす影響

‘恵水’の果実品質は、収穫7日後では1-MCP 処理による効果は認められなかったものの、収穫9、14、21日後では果肉硬度の低下、劣化・障害果の発生および官能評価の低下が抑制され、その効果は収穫後日数が経過するほど明らかだった (表3、図6)。ただし、収穫28日後には劣化・障害果の発生が多くなり、1-MCP 処理の効果はみられなくなった。一方、重量減少率、表面色および地色は、いずれの試験区でも1-MCP 処理による効果は認められなかった。

1-MCP 処理がニホンナシの果実品質に与える影響は大きく、特に‘幸水’および‘豊水’において、地色の保持、果肉硬度の低下や腐敗の抑制等の報告がなされている (戸谷ら, 2018)。本研究で用いた‘恵水’におい

ても、果肉硬度、劣化・障害果の発生数および官能評価に明確な差異があったことから、1-MCP 処理は品質保持の手法として有望であると考えられる。一方、表面色および地色については効果が認められなかった。1-MCP 処理は、収穫果実の成熟ステージによりその効果が異なるとの報告がある（樫村，2005；立木，2011）。CC3 で収穫した‘恵水’は、果皮の緑色がほぼ退色した状態であり、地色も同様の状態で収穫を行うため、緑色をある程度保持した状態で収穫する‘幸水’‘豊水’と比べ、緑色の退色に変化の余地が少ないことが原因の一つと推察される。

表3 1-MCP処理が収穫後のナシ‘恵水’の果実品質に及ぼす影響（2019）

収穫後 日数 ¹⁾	1-MCP 処理	重量 減少率 (%)	表面色 ²⁾ (CC)	地色 ²⁾ (CC)	硬度 ³⁾ (lbs)	劣化・障害果の発生数 ⁴⁾				官能評価 ⁵⁾		
						果肉 水浸	果芯 腐敗	果面 腐敗	計	香り	シャリ感	総合
1日	無	0.0	3.1	4.8	5.3	0/10	0/10	0/10	0/10	3.9	4.1	4.1
7日	無	1.9	3.4	5.0	4.9	1/10	0/10	0/10	1/10	3.8	3.8	3.7
	有	1.8	3.3	4.9	5.0	0/10	0/10	0/10	0/10	3.6	3.2	3.6
9日	無	2.3	3.5	5.0	4.6	1/10	1/10	0/10	2/10	3.0	2.9	3.1
	有	2.3	3.4	4.9	5.2	0/10	0/10	0/10	0/10	3.5	3.8	3.8
14日	無	3.4	3.5	5.1	4.3	2/10	3/10	0/10	5/10	2.2	2.0	2.2
	有	3.5	3.4	5.0	5.0	0/10	1/10	0/10	1/10	3.6	3.7	3.8
21日	無	6.2	3.6	5.1	2.7	9/10	10/10	6/10	10/10	1.3	1.1	1.1
	有	5.2	3.5	5.1	4.8	1/10	3/10	0/10	3/10	2.9	3.1	3.0
28日	無	10.4	— ⁶⁾	—	—	9/9	9/9	9/9	9/9	—	—	—
	有	7.8	—	—	—	5/10	9/10	7/10	9/10	—	—	—

- 1) CC3で9/18収穫，収穫時の糖度は12.7±0.2%（平均値±標準誤差，n=10）
9/19～20常温（平均22.2℃）で20時間1-MCP処理，その後は20℃（湿度70～80%）で保存
- 2) 有意性はマンホイットニーのU検定による（*：p<0.05，ns：有意差なし）
- 3) 有意性はt検定による（*：p<0.05，ns：有意差なし）
- 4) 劣化・障害発生果実数について各々種類別に集計，劣化・障害果数/調査果数を示す
果肉水浸は発生程度0～2（0：健全な果実，1：果肉が全体的にうっすらと透通った状態，2：果肉が全体的に明瞭に透通った状態）で2を，果芯腐敗は発生程度0～3（0：健全な果実，1：芯部がうっすらと変色，2：芯部が一部明瞭に腐敗，3：芯部全体が腐敗）で2以上を，果面腐敗は発生した時点を，それぞれ劣化・障害果とした
- 5) 評価者（所員等15～19名）による，5（良好）～1（不良）の5段階評価
有意性はウィルコクソン符号付順位と検定による（*：p<0.05，ns：有意差なし）
- 6) 表中の—は未調査であることを示す



図6 収穫21日後の果実の状態（左：1-MCP 処理，右：無処理）

3. 4 1-MCP 処理が‘恵水’の冷蔵後の果実品質に及ぼす影響

CC3 で収穫した‘恵水’の果実品質は，冷蔵出庫7日後では1-MCP 処理による効果は認められなかったもの

の、13日後では果肉硬度の低下、劣化・障害果の発生および官能評価の低下が抑制され、21日後では果肉硬度の低下が抑制された(表4)。CC2.5で収穫した‘恵水’の果実品質は、冷蔵出庫7日後では表面色の進行、果肉硬度の低下、シャリ感の低下が抑制され、13日後では果肉硬度の低下、劣化・障害果の発生、官能評価の低下が抑制され、21日後では果肉硬度の低下、劣化・障害果の発生が抑制された(表5)。以上から、1-MCP処理は78日間冷蔵後の‘恵水’の果実品質の低下を抑制することが明らかとなった。また、CC2.5で収穫した果実は、CC3に比べ、表面色および地色の進行と劣化・障害果の発生が抑制され、官能評価は同等からやや優れる傾向であった。

リンゴにおいては、品種において違いはあるものの、長期冷蔵後の品質低下を抑制する手段として1-MCP処理は有望という報告(葛西ら, 2019)がありすでに実用化されている。ニホンナシ‘恵水’においても、本報告の結果から、冷蔵後の品質低下を抑制する手段として1-MCP処理は有望であると考えられる。また、果皮色に緑色が残る状態で収穫することは、冷蔵後における品質低下をより長期間抑制する手段として期待できるため、さらに長期の冷蔵での品質保持を図るには、より低いCCでの1-MCP処理の検討も行う必要がある。

一方で、1-MCP処理は果実本来の香りの高まりを抑制する効果が報告されている(櫻村, 2005; 葛西ら, 2019)。「恵水」においては、有意差は認められなかったもののCC3およびCC2.5で収穫した果実の冷蔵出庫直後の無処理区の[香り]の評価がわずかに優れる傾向がみられた。これらのことは、1-MCP処理は‘恵水’果実の香りを抑制する可能性を示唆しており、香气成分の分析や今回とは異なるCCで処理した場合の[香り]の評価など、更に検討を行う必要がある。

表4 1-MCP処理がCC3で収穫した冷蔵後のナシ‘恵水’の果実品質に及ぼす影響(2019)

収穫後 日数 ¹⁾	冷蔵 出庫後 日数 ²⁾	1-MCP 処理	重量 減少率 (%)	表面色 ³⁾ (CC)	地色 ³⁾ (CC)	硬度 ⁴⁾ (lbs)	劣化・障害果の発生数 ⁵⁾					官能評価 ⁶⁾		
							果肉 水浸	果芯 腐敗	果面 腐敗	果肉 障害	計	香り	シャリ感	総合
1日	—	無	0.0	3.1	4.8	5.3	0/10	0/10	0/10	0/10	0/10	3.9	4.1	4.1
78日	0日	無	1.0	3.6	5.0	4.9	0/10	1/10	0/10	1/10	1/10	3.5	3.3	3.2
		有	1.0	3.4 ^{ns}	5.0 ^{ns}	4.8 ^{ns}	0/10	1/10	0/10	0/10	1/10	3.1 ^{ns}	3.6 ^{ns}	3.5 ^{ns}
85日	7日	無	3.0	3.7	5.0	4.8	0/10	3/10	0/10	0/10	3/10	3.3	3.1	3.1
		有	2.9	3.6 ^{ns}	5.0 ^{ns}	4.8 ^{ns}	0/10	3/10	1/10	0/10	3/10	3.4 ^{ns}	3.3 ^{ns}	3.3 ^{ns}
91日	13日	無	4.6	3.6	5.1	3.9	3/10	10/10	1/10	0/10	10/10	2.5	1.7	2.0
		有	4.3	3.5 ^{ns}	5.0 ^{ns}	4.7 [*]	1/10	2/10	0/10	0/10	2/10	2.9 ^{ns}	3.5 [*]	3.2 [*]
99日	21日	無	6.6	3.8	5.0	3.2	7/9	9/9	6/9	0/10	9/9	— ⁷⁾	—	—
		有	6.3	3.5 ^{ns}	5.0 ^{ns}	4.3 [*]	3/10	7/10	2/10	0/10	8/10	—	—	—

1) 9/18収穫、収穫時の糖度は12.7±0.2% (平均値±標準誤差, n=10)

9/19~12/5まで0~1℃冷蔵、1-MCP処理は9/20~21まで20時間実施

2) 20℃(湿度70~80%)での保存開始後の日数を示す

3) 有意性はマンホイットニーのU検定による(*:p<0.05, ns:有意差なし)

4) 有意性はt検定による(*:p<0.05, ns:有意差なし)

5) 劣化・障害果数について各々種類別に集計、劣化・障害果数/調査果数を示す

果肉水浸は発生程度0~2(0:健全な果実, 1:果肉が全体的にうっすらと透通った状態, 2:果肉が全体的に明瞭に透通った状態)で2を、果芯腐敗は発生程度0~3(0:健全な果実, 1:芯部がうっすらと変色, 2:芯部が一部明瞭に腐敗, 3:芯部全体が腐敗)で2以上を、果面腐敗は発生した時点を、果肉障害は発生程度0~3(0:健全な果実, 1:1cm未満の症状, 2:1cm以上の症状, または小斑点がかなりの面積を占める, 3:梗基部・ていあ部で1/4以上, または赤道部1/8以上の症状)で2以上を、それぞれ劣化・障害果とした

6) 評価者(所員等15~20名)による、5(良好)~1(不良)の5段階評価

有意性はウィルコクソン符号付順位和検定による(*:p<0.05, ns:有意差なし)

7) 表中の—は未調査であることを示す

表5 1-MCP処理がCC2.5で収穫した冷蔵後のナシ‘恵水’の果実品質に及ぼす影響 (2019)

収穫後 日数 ¹⁾	冷蔵 出庫後 日数 ²⁾	1-MCP 処理	重量 減少率 (%)	表面色 ³⁾ (CC)	地色 ³⁾ (CC)	硬度 ⁴⁾ (lbs)	劣化・障害果の発生数 ⁵⁾					官能評価 ⁶⁾		
							果肉 水浸	果芯 腐敗	果面 腐敗	果肉 障害	計	香り	シャリ感	総合
1日	—	無	0.0	2.5	3.8	5.3	0/10	0/10	0/10	0/10	0/10	3.6	4.1	3.6
78日	0日	無	1.0	3.0	4.7	4.8	0/10	0/10	0/10	0/10	0/10	3.8	4.1	4.1
		有	0.9	3.0 ^{ns}	4.6 ^{ns}	4.7 ^{ns}	0/10	0/10	0/10	1/10	1/10	3.5 ^{ns}	3.9 ^{ns}	3.7 ^{ns}
85日	7日	無	2.8	3.3 [*]	5.0	4.7 [*]	0/10	0/10	0/10	0/10	0/10	3.5	3.1 [*]	3.3
		有	2.5	3.0	4.8 ^{ns}	5.2 [*]	0/10	0/10	0/10	0/10	0/10	3.4 ^{ns}	3.6 [*]	3.4 ^{ns}
91日	13日	無	4.4	3.2 ^{ns}	5.0	4.2 [*]	1/10	6/10	0/10	0/10	7/10	3.0	2.1 [*]	2.4 [*]
		有	4.1	3.2	5.1 ^{ns}	4.6	2/10	0/10	0/10	0/10	2/10	3.1 ^{ns}	3.9	3.4
99日	21日	無	6.3	3.2 ^{ns}	5.0	3.4 [*]	3/10	10/10	3/10	0/10	10/10	— ⁷⁾	—	—
		有	8.1	3.2	5.0 ^{ns}	4.2	1/10	6/10	3/10	0/10	7/10	—	—	—

1) 9/18収穫，収穫時の糖度は12.5±0.1% (平均値±標準誤差，n=10)

9/19～12/5まで0～1℃冷蔵，1-MCP処理は9/20～21まで20時間実施

2)～7) 表4と同様

摘要

ニホンナシ‘恵水’果実の収穫後生理特性および1-MCP処理による品質保持効果を検討した。その結果，次のことが明らかとなった。

1. ‘恵水’果実の呼吸速度およびエタノール生成速度は，保存温度および収穫時のCCの違いにより大きく異なった。果実品質は保存温度が高く(20℃>2℃)かつ収穫時のCCが高い方(CC4.5>CC3-4>CC2.5)が早期に低下した。‘豊水’と比べると，20℃ではやや高く，2℃では同程度であった。
2. ‘恵水’果実の呼吸速度およびエタノール生成速度は，1-MCP処理により，処理直後および90日間の冷蔵後ともに抑制された。
3. ‘恵水’の果実品質は，1-MCP処理により，果肉硬度の低下，劣化・障害果の発生および官能評価の低下が抑制された。
4. 78日間冷蔵した‘恵水’の果実品質は，1-MCP処理により，果肉硬度の低下，劣化・障害果の発生，官能評価の低下が抑制され，冷蔵出庫後日数が経過するほどその差は顕著であった。また，CC2.5で収穫した果実は，CC3に比べ，劣化・障害果の発生が抑制される傾向がみられた。

謝辞

本研究は，国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構（以下農研機構）の依頼研究員受入れ制度および農研機構と茨城県農業総合センターとの共同研究契約「茨城県産青果物の貯蔵特性，輸送耐性解明に関する研究」により，農研機構食品研究部門食品加工流通研究領域食品流通システムユニットの実験施設をお借りして研究を行った結果です。同ユニットの永田雅靖ユニット長，並びに同ユニットの皆様には多大なる御協力を賜りました。ここに記して厚く御礼申し上げます。

引用文献

- Argenta, L.C. Fan, X. and Mattheis, J.P. (2003) Influence of 1-methylcyclopropene on Ripening, Storage Life, and Volatile Production by d’Anjou cv. Pear Fruit. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 51:3858-3864.
- Blankenship, S. M. and DOLE, J.M. (2003) 1-Methylcyclopropene : a review . *Postharvest Biology and Technology*. 28 : 1-25.
- Ekman, J.H. Clayton, M. Biasi, W.V. Mitcham, E.J. (2004) Interactions between 1-MCP concentration, treatment interval and storage time for ‘Bartlett’ pears. *Postharvest Biology and Technology* 31:127-136.
- Fan, X. Blankenship, S. M. and Mattheis, J.P. (1999) 1-Methylcyclopropene Inhibits Apple Ripening. *Journal of American Society for Horticultural Science* 124:690-695.
- 濱渦康範 (2019) 収穫後の生理 呼吸. 青果物の鮮度評価・保持技術 (阿部一博監修) (株)エヌ・ティー・エス, 東京, pp.3-13.
- 茨城県農業総合センター (2016) 茨城県果樹栽培基準. I 品種特性. 1 ナシ : 1.

- 葛西 智・小林 達・工藤 剛・後藤 聡 (2019) リンゴの長期貯蔵に適する品種および貯蔵技術の組み合わせ. 園学研. 18(2) : 173-184.
- 樫村芳記 (2005) 新規鮮度保持剤 1-MCP の作用機構と利用の展望. 日本農薬学会誌 30(3) : 262-264.
- 樫村芳記 (2012) 1-MCP の最新動向. 農産物流通技術 2012 (農産物流通技術研究会編) : 85-90.
- 川越義則 (2019) 呼吸速度測定法. ポストハーベスト工学事典 (農業食料工学会編) (株)朝倉書店, 東京, pp.12-13.
- Li,Z. and Wang,L. (2009) Effect of 1-methylcyclopropene on Ripening and Superficial Scald of Japanese Pear (Pyrus pyrifolia Nakai, cv. Akemizu) Fruit at Two Temperatures. Food Science and Technology Research 15(5):483-490.
- 永田雅靖 (2018) 青果物の鮮度に関する収穫後生理学. 食糧-その科学と技術-56 : 43-66.
- 尾形夏海・喜多晃一・郷内 武・霞 正一・佐久間文雄・石井亮二 (2015) ニホンナシ新品種 ‘恵水’ の育成. 茨城農総生工研研報 15 : 53-58.
- 佐久間文雄 (2002) ニホンナシ ‘豊水’ におけるみつ症発生に係わる栽培要因の解明に関する研究. 茨城農総セ園研特別研報 2 : 2-3.
- 島田智人・浅野聖子・六本木和夫・須賀昭雄 (2011) ニホンナシに対する 1-メチルシクロプロペン処理の効果. 農業および園芸 86(8) : 789-797.
- 立木美保 (2011) リンゴ果実のエチレン生成量が 1-MCP による鮮度保持効果を左右する. 農業および園芸 86(7) : 725-731.
- 戸谷智明・安藤利夫・鈴木 健 (2018) 1-MCP 処理時の冷蔵が ‘幸水’ および ‘豊水’ の鮮度保持に及ぼす影響. 園芸学研究第 17 巻別冊 2 : 361 (講要).
- 上田悦範 (2002) 青果物の香气生成とストレス. 日本食品保蔵学会誌 28(1) : 41-45.
- Watkins, C. B. (2008) Overview of 1-methylcyclopropene trials and uses for edible horticultural crops. HortScience 43: 86-94.

Postharvest Physiology and Storage Quality of Japanese Pear

‘Keisui’ Treated with 1-methylcyclopropene

Kohei SAKAMOTO¹, Keisuke KAGAWA, Nobutaka NAKAMURA,

Kohei KAJIYAMA and Takashi ISHII

Summary

We evaluated the respiration rate, ethylene production rate, ethanol production rate and the quality preservation effects of 1-MCP of the Japanese pear ‘Keisui’. As a result, we found that each production rate, storage temperature and the coloring degree of the fruit were strongly related to changes in fruit quality. The quality of fruits that had high production rates and advanced coloring deteriorated earlier. In addition, it was clarified that 1-MCP treatment not only suppressed the respiration rate and ethanol production rate immediately after the treatment and after refrigeration, but also preserved the quality of the fruit. As a means of suppressing quality deterioration after refrigeration, it was also considered effective to harvest the fruits while green colored parts of the peel remained.

Keywords : Japanese pear ‘Keisui’, postharvest physiology, 1-methylcyclopropene, fruit quality, refrigeration

¹ Address : Ibaraki Agricultural Center Horticultural Research Institute, 3165-1 Ago, Kasama, Ibaraki 319-0292, Japan