

ニホンナシ「豊水」の果実輸出に向けた品質保持方法の開発

戸谷智明*1・塩田あづさ・鈴木 健*2

キーワード：長期貯蔵，果実品質，硬度，冷蔵，障害果

I 緒 言

千葉県では、ニホンナシ（以下ナシとする）の販路拡大や生産者の所得の向上、県産農産物のPRなどのために、タイやマレーシアなど東南アジアへの輸出促進に取り組んでいる。ナシの輸出は、流通コストを抑えるため冷蔵コンテナ（設定温度5℃，ナシ以外と混載）を利用した船便で輸送している。2013年に実施された「豊水」のタイへの輸送試験では、生産者圃場で収穫されてから、輸出国の商業施設で消費者に販売されるまでに18日程度を要した。今後、東南アジア等へのナシ輸出を拡大していくためには、到着後の流通期間を考慮すると40日以上品質保持を可能とする技術を確認する必要がある。なお、「豊水」は千葉県の主力品種で生産量が多いことや、「幸水」と比べ品質保持期間が長いことから、輸出の対象品種とされた。

1-MCP剤（1-メチルシクロプロペンくん蒸剤，商品名スマートフレッシュ™，アグロフレッシュ・ジャパン（同）製）は、果実軟化等の成熟・老化現象を引き起こすエチレンの作用阻害剤で、ナシ「幸水」への処理では品質保持効果があることが明らかになっている（島田ら，2011）。その作用としては、本剤が果実中のエチレン受容体に優先的に結合し、果実の老化や劣化を大幅に遅延させることが明らかになっており（樫村，2005），ナシでは収穫後2日以内に処理することが求められている。本剤の処理は、業者委託となるため、輸出向けなど大量のロットを処理する際に用いられている。一方で、「豊水」での1-MCP剤の効果や処理後に冷蔵貯蔵した場合の果実品質の保持効果については明らかでない。

また、日本産の果実は食味を重視するため完熟に近い熟度で収穫されることから、海外産に比べて日持ちが悪く（中村，2012），輸出に対応した果実の品質保持技術が求められている。そこで、「豊水」に対する1-MCP処理の効果高め、食味と外観品質の保持を両立させるための収穫時の熟度を明らかにする必要がある。また、千葉県産のナシ

シの輸出では、生産者の園地から選果場、流通業者、検疫を経由して港で冷蔵コンテナに搬入されるまで、収穫後の果実が常温に置かれている期間が5~7日程度となっている。「豊水」の常温下での品質保持期間は、10日程度（壽・齋藤，2017）とされているが、1-MCP処理後の常温期間と果実品質との関係は不明である。そのため、1-MCPの処理効果を高めるために、冷蔵コンテナに入庫するまでの適切な常温期間を明らかにする必要がある。

さらに、千葉県のナシ輸出では、1-MCP処理前の集荷に2日程度かかっており、その期間は常温下で静置されている。この期間、果実を冷蔵し、その後の1-MCP処理を冷蔵しながら実施できれば、果実品質は向上すると考えられる。また、著者らは、これまでに冷蔵庫内で果実を冷却しながら1-MCP処理を行い常温下で貯蔵した結果、表面色及び地色の上昇と障害果の発生が低く抑えられることを報告している（戸谷ら，2018）。この知見は、ナシ輸出にも応用できると考えられるが、処理後の冷蔵での長期貯蔵が果実品質に及ぼす影響は明らかでない。

本研究では、試験1で「豊水」果実を熟度別に1-MCP処理し、品質保持効果を調査した。また試験2では、輸出実態に合わせて、冷蔵前の常温期間を2，4及び7日間とした試験条件で、果実品質への影響を調査した。さらに試験3では、低温下で1-MCP処理を行い冷蔵貯蔵した場合の果実品質の保持効果を検討した。これらの結果から、輸出する果実の熟度や常温期間の長短、1-MCP処理の効果的な使用方法など、「豊水」果実の輸出実態に合わせた品質保持方法が明らかになったので報告する。

II 材料及び方法

1. 「豊水」果実の熟度と1-MCP処理の効果（試験1）

(1) 供試材料

千葉県農林総合研究センター果樹圃場（腐植質普通黒ボク土）に植栽されたナシ「豊水」（35年生，2015年4月現在，4本主枝折衷式平棚仕立て，ホクシマメナシ台木）8樹から収穫した果実を用いた。2015年8月26日に収穫した果実のうち、400g程度の大きさの果実を供試した。出荷用段ボール箱（梨ケース1号，縦：横：深さ=45cm：30cm：13cm，小林製袋産業（株）製）の上下に梱包資材を敷き、果実を15果ずつ詰めたものを試験に用いた。

2021年8月5日受領 (Received August 5, 2021)

2021年10月25日登載決定 (Accepted October 25, 2021)

*1 現 千葉県千葉農業事務所

*2 現 千葉県農林水産部担い手支援課

(2) 処理区の設定

「豊水」用の表面色用カラーチャート(富士平工業(株)製)で、表面色1~2を未熟、3~4を適熟、5~6を完熟として仕分け、それぞれの熟度に対して1-MCP処理区と無処理区を設定した。処理区は、常温下でメーカー指定の薬剤処理用テント内(ポリエチレン製フィルム、厚さ0.1mm、容積3.5m³)で1-MCP処理を行った区(処理区)及び常温下に静置した区(無処理区)を設けた。1-MCP処理は、収穫日の18時にガス濃度1ppmでくん蒸を開始し、翌日8時まで薬剤処理用テントで密封した。処理後、果実は冷蔵庫(設定温度5℃)で貯蔵した。

(3) 調査方法

収穫当日、収穫後40日及び60日に、各区9果ずつを調査した。表面色は、果実ていあ部の日向面と日陰面の中間部を表面色用カラーチャートで測定した。地色は、表面色を測定したのと同じ位置の果皮を薄く剥いでコルク層を地色用カラーチャートで測定した。硬度は、日向面と日陰面の中間部で果実を縦断し、赤道面の果肉中心部をマグネステラー硬度計(D.Ballauf.Mfg製、10lbs.、プランジャー径は5/16インチ)で測定した。糖度はデジタル屈折計(RX-5000、アタゴ(株)製)を、酸度はpHメーター(F-22C、堀場製作所(株)製)を用いて、果実の中間部の赤道面の表面を1cm程度の三角片として切り取り、果汁を測定した。食味は、悪い(-2)~普通(0)~良い(+2)の5段階評価とした。パネル数は、収穫当日が当センターの職員10人、収穫後40日が普及指導員ら16人、収穫後60日が当センターの職員11人とした。データは、JMP(バージョン5.0.1J、SAS Institute Inc.)の2元配置分散分析により、有意性を検定した後、Tukey-Kramer法により多重比較検定を実施した。なお、障害果は、腐敗やふけなどで商品価値がないと判断された果実とし、障害果発生率は角変換後に統計解析を行った。また、収穫後60日の食味は、適熟及び完熟の無処理区が果実の

傷みが大きく評価不能となったため、2元配置分散分析を行えないことから、Tukey-Kramer法による解析のみを行った。

2. 輸出実態に合わせた常温期間での「豊水」果実の品質保持効果の検証(試験2)

(1) 処理区の設定

試験1と同じ樹から、2016年8月24日に果実を収穫し、表面色3~4程度、400g程度の大きさの果実を適熟として供試した。収穫当日に出荷箱に詰め、常温で翌日18時まで静置した後、試験1と同様に1-MCP処理した。収穫から1-MCP処理までの期間は、生産者の圃場で収穫されてから、農協などの選果場に集まり、1-MCP処理が始まるまでの期間を想定して設定した。1-MCP処理後に果実が冷蔵コンテナに搬入されるまで2~5日程度かかることを想定し、処理後すぐに冷蔵庫に搬入した区(収穫後の常温期間2日)、処理後2日間常温に静置後に冷蔵した区(収穫後の常温期間4日)及び処理後5日間常温に静置後に冷蔵した区(収穫後の常温期間7日)の3処理区と、これらの区と同一のタイムスケジュールで1-MCP処理せずに2、4、7日間常温に静置後に、冷蔵庫に搬入した3処理区の合計6処理区を設定した(第1図)。冷蔵庫の設定温度は5℃とした。

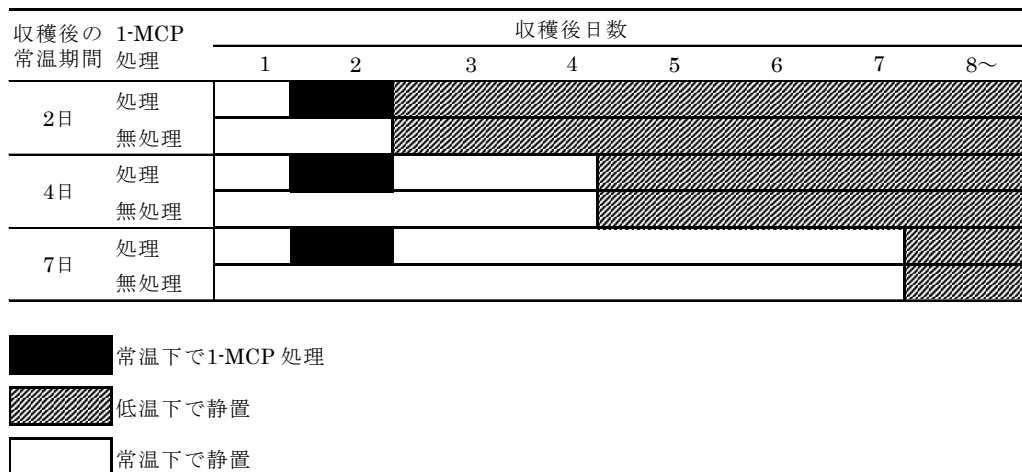
(2) 調査方法

収穫当日及び収穫後40日に、試験1と同様に調査を行った。食味は試験1と同様に、当センター職員7人のパネルで評価した。収穫後の常温期間が4日の無処理区と7日の処理区及び無処理区は、果実の傷みが大きいため食味でできなかった。

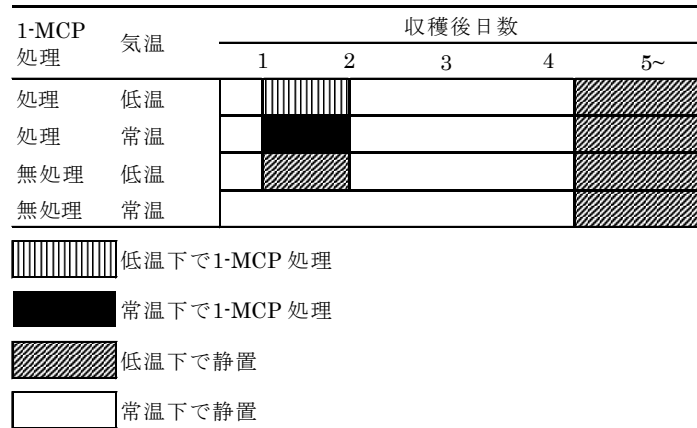
3. 1-MCP処理中の気温が「豊水」の果実品質に及ぼす影響(試験3)

(1) 処理区の設定

試験1と同じ樹から、2017年9月1日に果実を収穫し、表面色3.5程度、400g程度の大きさの果実を適熟として供試した。出荷箱に詰めた後、翌日18時まで常温で静置した。



第1図 試験2の処理区の概要
注) 収穫日は2016年8月24日



第2図 試験3の処理区の概要

注) 収穫日は2017年9月1日

第1表 収穫当日の熟度と果実品質（試験1）

熟度	表面色	地色	硬度 (lbs.)	糖度 (brix%)	酸度 (pH)	障害果発生率 (%)	食味値
未熟	1.8 a	2.3 a	4.6 b	12.6 a	4.8	0	-0.8 a
適熟	3.2 b	3.3 b	3.9 a	13.6 b	4.7	0	0.4 b
完熟	5.2 c	4.0 c	3.9 a	14.5 b	4.8	0	-0.2 ab
p値	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.06	—	<0.01

注1) 食味の評価は悪い (-2) ~ 普通 (0) ~ 良い (+2) の5段階とし、パネル10人の平均評定を食味値とした。

2) 同一のアルファベット間にはTukey-Kramer法により5%水準で試験区間に有意差がないことを示す。

処理区は、冷蔵庫内（設定温度5℃）で1-MCP処理を行った区（1-MCP処理・低温区）、常温下の薬剤処理用テント内で1-MCP処理を行った区（1-MCP処理・常温区）、低温下（設定温度5℃）に静置した区（無処理・低温区）及び常温下に静置した区（無処理・常温区）を設けた（第2図）。

1-MCP処理は、試験1と同様に行った。処理後の果実は常温下で2日間静置後、冷蔵庫に搬入した。貯蔵中の冷蔵庫の設定温度は5℃とした。処理前後の常温での静置は、処理場に集荷される期間と処理後に冷蔵コンテナに搬入されるまでの期間を想定したものである。

(2) 調査方法

収穫当日、収穫後40日及び60日に、各区10果ずつを試験1と同様に調査した。

III 結 果

1. 「豊水」果実の熟度と1-MCP処理の効果（試験1）

収穫当日の果実品質を第1表に示した。表面色は、熟度が進むほど有意に数値が大きかった。地色は、熟度が進むほど有意に数値が大きかった。硬度は、未熟が適熟及び完熟と比べ有意に高かった。糖度は、未熟が適熟及び完熟と比べ有意に低かった。食味値は、適熟が未熟と比べ有意に

高かった。酸度には有意な差がなく、障害果の発生はなかった。

収穫後40日の果実品質を第2表に示した。表面色は、熟度及び1-MCP処理の有無による差が認められ、熟度が進むほど数値が大きかった。地色は、熟度及び1-MCP処理の有無による差が認められ、熟度が進むほど数値が大きかった。硬度は、熟度及び1-MCP処理の有無による差が認められ、未熟の無処理区が、適熟及び完熟の処理区と比べ高かった。糖度は、熟度による差が認められ、熟度が進むほど高くなった。酸度は、熟度、処理の有無及び交互作用のいずれも有意で、完熟の処理区が最も高かった。障害果は、すべての処理区で発生しなかった。食味値は熟度による差が認められ、適熟の無処理区が、完熟の両区と比べ有意に良かった。

収穫後60日の果実品質を第3表に示した。表面色は、熟度、1-MCP処理の有無及び交互作用のいずれも有意で、完熟の無処理区が未熟の両区と比べ有意に高かった。地色は、熟度及び1-MCP処理の有無による差が認められ、熟度が進むほど、また処理区より無処理区で有意に高かった。硬度は、熟度及び交互作用で差が認められ、完熟の無処理区が未熟の無処理区と比べ有意に低かった。糖度は、熟度による差が認められ、熟度が進むほど高かった。酸度は、熟

第2表 「豊水」の熟度及び収穫直後の1-MCP処理が収穫後40日の果実品質に及ぼす影響 (試験1)

熟度	1-MCP 処理区	表面色	地色	硬度 (lbs.)	糖度 (brix%)	酸度 (pH)	障害果発生率 (%)	食味値
未熟	処理	3.0 a	3.7 a	3.7 ab	13.6 a	4.7 a	0	-0.3 ab
	無処理	3.1 a	3.9 a	4.2 b	13.5 a	4.7 a	0	-0.1 ab
適熟	処理	4.5 b	4.8 b	3.3 a	14.1 ab	4.8 ab	0	-0.2 ab
	無処理	5.2 bc	4.9 b	3.5 ab	14.1 ab	4.7 a	0	0.3 b
完熟	処理	5.8 c	5.1 bc	3.2 a	14.9 c	4.8 b	0	-0.7 a
	無処理	5.8 c	5.4 c	3.6 ab	14.6 bc	4.7 a	0	-0.8 a
p値	熟度	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	-	<0.01
	処理	0.05	<0.01	<0.01	0.47	<0.01	-	0.23
	交互作用	0.22	0.12	0.58	0.65	<0.01	-	0.33

注1) 処理区の1-MCP処理中及び無処理区の常温静置中の平均気温は27.3℃.

2) 貯蔵中の冷蔵庫内の平均気温は5.3℃.

3) 食味の評価は悪い (-2) ~ 普通 (0) ~ 良い (+2) の5段階で評価し、パネル16人の平均評定を食味値とした.

4) 2元配置分散分析でp値を算出、同一アルファベット間にはTukey-Kramer法により5%水準で試験区間に有意差がないことを示す.

第3表 「豊水」の熟度及び収穫直後の1-MCP処理が収穫後60日の果実品質に及ぼす影響 (試験1)

熟度	1-MCP 処理区	表面色	地色	硬度 (lbs.)	糖度 (brix%)	酸度 (pH)	障害果発生率 (%)	食味値
未熟	処理	4.4 a	4.1 a	3.6 ab	13.1 ab	4.7 a	0 a	0
	無処理	4.9 a	4.6 a	3.9 b	12.8 a	4.7 a	0 a	-0.8
適熟	処理	5.6 ab	4.6 a	3.6 ab	13.4 abc	4.7 a	11 a	0
	無処理	5.5 ab	5.4 b	3.3 ab	13.1 ab	4.8 ab	100 b	-
完熟	処理	5.7 ab	5.4 b	3.3 ab	13.9 c	4.8 ab	22 a	-0.2
	無処理	6.8 b	5.8 b	3.2 a	13.7 bc	4.9 b	100 b	-
p値	熟度	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	ns
	処理	<0.01	<0.01	0.40	0.07	<0.01	<0.01	
	交互作用	0.03	0.08	0.03	0.94	0.15	<0.01	

注1) 処理区の1-MCP処理中及び無処理区の常温静置中の平均気温は27.3℃.

2) 貯蔵中の冷蔵庫内の平均気温は5.2℃.

3) 食味の評価は悪い (-2) ~ 普通 (0) ~ 良い (+2) の5段階で評価し、パネル11人の平均評定を食味値とした.

4) 2元配置分散分析でp値を算出、同一のアルファベット間にはTukey-Kramer法により5%水準で有意差がないことを示す.

5) 障害果は角変換後、2元配置分散分析でp値を算出.

6) 食味値はTukey-Kramer法で5%水準の有意差なし.

度及び1-MCP処理の有無による差が認められ、熟度が進むほど、また1-MCP処理区より無処理区で高かった。障害果の発生率は、熟度、1-MCP処理の有無及び交互作用のいずれも有意で、適熟及び完熟の無処理区が他の区と比べ有意に高かった。食味値は有意な差がなかった。

2. 輸出実態に合わせた常温期間での「豊水」果実の品質保持効果の検証 (試験2)

収穫後40日の果実品質を第4表に示した。地色は、常温期間の長短、1-MCP処理の有無及び交互作用がいずれも有意で、収穫後の常温期間が長くなるほど1-MCP処理区

と無処理区との差が大きくなる傾向があった。硬度は、常温期間の長短及び処理の有無による差が認められ、常温期間が長くなるほど、また1-MCP処理区より無処理区で低かった。糖度は、1-MCP処理の有無による差が認められ、無処理区は処理区に比べて高かった。酸度は、常温期間の長短、処理の有無及び交互作用がいずれも有意で、常温期間4日の無処理区が最も大きく、常温期間2日の無処理区が最も小さかった。障害果発生率は、1-MCP処理の有無による差が認められ、無処理区は処理区に比べて高かった。食味値は、常温期間2日の1-MCP処理区が、常温期間2日の無

第4表 収穫後の常温期間と1-MCP処理の有無が収穫後40日の「豊水」の果実品質に及ぼす影響（試験2）

収穫後の 常温期間	1-MCP 処理区	地色	硬度 (lbs.)	糖度 (brix%)	酸度 (pH)	障害果発生率 (%)	食味値
収穫時		3.7	3.7	12.6	4.7	0	0
2日	処理	4.5 a	3.6 c	13.7 ab	4.7 bc	22 a	1.6 b
	無処理	4.7 ab	3.3 bc	14.2 ab	4.6 a	11 a	-0.1 a
4日	処理	4.3 a	3.2 abc	13.5 a	4.7 bc	11 a	0.4 a
	無処理	4.9 b	2.8 a	14.1 ab	4.8 c	100 b	-
7日	処理	4.3 a	3.4 c	13.8 ab	4.7 abc	100 b	-
	無処理	5.4 c	2.9 ab	14.4 b	4.7 ab	100 b	-
p値	日数	<0.01	<0.01	0.32	<0.01	0.77	-
	処理	<0.01	<0.01	<0.01	0.05	<0.01	-
	交互作用	<0.01	0.85	0.94	<0.01	0.77	-

- 注1) 1-MCP処理時間を含め収穫後に2, 4, 7日間常温で保持し, その後冷蔵庫(5°C)に搬入.
 2) 1-MCP処理前の常温静置中の平均気温25.4°C, 処理中の平均気温は27.6°C, 処理後2日間の常温静置中の平均気温26.5°C, 処理後5日間の常温静置中の平均気温27.2°C.
 3) 食味の評価は悪い(-2)~普通(0)~良い(+2)の5段階で評価し, パネル11人の平均評定を食味値とした.
 4) 2元配置分散分析でp値を算出, 同一アルファベット間にはTukey-Kramer法により5%水準で試験区間に有意差がないことを示す.
 5) 障害果は角変換後, 2元配置分散分析でp値を算出.
 6) 食味値はTukey-Kramer法で5%水準の有意差なし.

処理区及び常温期間4日の1-MCP処理区と比べ有意に高かった。

3. 1-MCP処理中の気温が「豊水」の果実品質に及ぼす影響（試験3）

収穫後40日の果実品質を第5表に示した。表面色は、処理の有無及び気温による差が認められ、1-MCP処理・低温区が無処理・低温区及び無処理・常温区と比べ数値が有意に小さかった。地色は、1-MCP処理の有無、気温及び交互作用がいずれも有意で、1-MCP処理した両区では温度による差がなかったが、1-MCP無処理の両区では気温による有意な差があった。硬度は、1-MCP処理の有無及び温度による差が認められ、無処理・常温区が有意に低かった。糖度及び酸度は、1-MCP処理の有無及び気温に有意な差がなかった。障害果は発生しなかった。

収穫後60日の果実品質を第6表に示した。表面色は1-MCP処理の有無、気温及び交互作用がいずれも有意で、1-MCP処理と低温の併用効果は、それぞれの効果の和より小さかった。地色は、1-MCP処理の有無及び気温による差が認められ、低温及び1-MCP処理した区で小さかった。硬度は、気温による差が認められ、低温の両区が無処理・常温区と比べ有意に高かった。糖度及び酸度は、1-MCP処理の有無及び気温による差がなかった。障害果発生率は、1-MCP処理の有無及び気温による差が認められ、1-MCP処理・低温区が無処理・常温区と比べ有意に低かった。

IV 考 察

日本産の果実は完熟に近い状態で収穫されることから、海外産に比べて日持ちが悪く、輸出に対応した果実の品質保持技術が求められている(中村, 2012)。そこで、本研究では、「豊水」果実の輸出実態に合わせた品質保持方法を、千葉県の実例に合わせて開発した。

「豊水」は、地色2程度の未熟な果実の貯蔵性が優れるが、食味が悪く商品性が低いとされている(新堀, 1998)。一方で、収穫を遅くし完熟にすると食味が優れるが日持ち性が短くなる。また、1-MCP処理は、「幸水」では熟度が低い果実で品質保持効果が高いことが明らかになっている(島田ら, 2011)が、「豊水」での知見は明らかでない。そこで、本研究の試験1では、輸出に適した果実の熟度とそれに対する1-MCP処理の効果を5°Cの冷蔵貯蔵下で検証した。その結果、収穫後40日では、表面色、地色、硬度及び糖度には熟度による差があるが、それぞれの熟度で処理による差は見られなかった。また、障害果は、熟度や処理の有無に関わらず発生しなかった。以上のことから、収穫後40日までは、どの熟度であっても果実を収穫翌日までに5°Cで冷蔵すれば、1-MCP処理を行わなくても、障害果の発生はなく、果実品質を保持することができた。

一方で、収穫後60日になると、表面色及び地色では収穫後40日と比べ数値が大きく、硬度も低くなる傾向が見られた。また、障害果の発生率は、適熟や完熟では1-MCP処理

第5表 1-MCP処理時の気温が収穫後40日の「豊水」の果実品質に及ぼす影響 (試験3)

1-MCP 処理	気温	表面色	地色	硬度 (lbs.)	糖度 (brix%)	酸度 (pH)	障害果発生率 (%)
収穫時		3.9	3.4	3.9	13.9	4.7	0
処理	低温	4.9 a	5.0 a	4.0 b	14.2	4.9	0
処理	常温	5.4 ab	5.2 ab	3.9 b	14.5	4.9	0
無処理	低温	5.7 b	5.4 b	3.7 b	14.1	4.9	0
無処理	常温	5.9 b	5.9 c	3.1 a	14.2	4.9	0
p値	処理	<0.01	<0.01	<0.01	0.31	0.25	-
	気温	<0.01	<0.01	0.04	0.46	0.49	-
	交互作用	0.57	0.02	0.09	0.68	0.49	-

- 注1) 1-MCP処理時間を含め収穫後に4日間常温で保持し、その後冷蔵庫(5℃)に搬入。
 2) 1-MCP処理前の常温静置中の平均気温21.1℃, 処理中の平均気温は1-MCP処理・低温区4.7℃, 1-MCP処理・常温区19.8℃, 無処理・低温区4.8℃, 無処理・常温区19.8℃, 処理後の常温静置中の平均気温24.3℃。
 3) 貯蔵中の冷蔵庫内の平均気温は4.9℃。
 4) 2元配置分散分析でp値を算出, 同一のアルファベット間にはTukey-Kramer法により5%水準で有意差がないことを示す。

第6表 1-MCP処理時の気温が収穫後60日の「豊水」の品質保持に及ぼす影響 (試験3)

1-MCP 処理	気温	表面色	地色	硬度 (lbs.)	糖度 (brix%)	酸度 (pH)	障害果発生率 (%)
処理	低温	5.2 a	4.8 a	3.3 b	14.2	4.8	0 a
処理	常温	5.7 b	5.2 b	3.2 b	14.2	4.8	10 ab
無処理	低温	5.8 b	5.5 b	2.9 ab	14.3	4.9	10 ab
無処理	常温	6.8 c	6.0 c	2.5 a	14.8	4.9	50 b
p値	処理	<0.01	<0.01	0.08	0.42	0.47	0.03
	気温	<0.01	<0.01	<0.01	0.21	0.15	0.03
	交互作用	0.04	0.67	0.21	0.32	0.34	0.18

- 注1) 1-MCP処理時間を含め収穫後に4日間常温で保持し、その後冷蔵庫(5℃)に搬入。
 2) 1-MCP処理までの平均気温21.1℃, 処理中の平均気温は1-MCP処理・低温区4.7℃, 1-MCP処理・常温区19.8℃, 無処理・低温区4.8℃, 無処理・常温区19.8℃, 処理後の常温静置中の平均気温24.3℃。
 3) 貯蔵中の冷蔵庫内の平均気温は4.9℃。
 4) 2元配置分散分析でp値を算出, 同一のアルファベット間にはTukey-Kramer法により5%水準で有意差がないことを示す。
 5) 障害果は角変換後, 2元配置分散分析でp値を算出。

を行わないと100%となった。一方で、糖度や酸度には大きな差が見られなかった。熟度別に1-MCP処理の効果を見てみると、熟度が進んだ果実では、1-MCP処理を行っても障害果の発生率が高くなった。特に、完熟と判定した表面色が5以上の果実では鮮度が保てず、輸出先で腐敗などの障害果が多く発生する可能性があることが明らかになった。また、適熟と判定した表面色が3.2の果実では、1-MCP処理を行うと、無処理と比べ、地色が低く、障害果の発生率も11%と低く抑えられた。一方で、未熟と判定した表面色が1.8の果実では、1-MCP処理の有無に関わらず果実品質を保持できた。これらのことから、輸出用の「豊水」の

選果の目安は表面色で3以下が望ましいと考えられ、適熟の果実を輸出する場合には1-MCP処理が必要である。このように、1-MCP処理は、収穫時の熟度が高く、収穫後の貯蔵期間が長くなるといった果実の品質保持には悪条件下であっても、「豊水」の果実品質を維持できたことから、その効果は高いと考えられる。また、冷蔵貯蔵は、熟度が低い果実では60日間は品質保持ができ、適熟の果実でも常温下での品質保持期間が10日程度(壽・齋藤, 2017)から40日まで伸ばすことができた。このことから、輸出では、流通過程での常温期間を少なくし、収穫後速やかに冷蔵貯蔵することの重要性が高いと考えられる。

次に、果実が常温に5~7日程度置かれている輸出実態に合わせて、収穫後から冷蔵前の常温期間を2, 4及び7日間とした試験条件で、1-MCP処理の有無による果実品質への影響を調査した。その結果、無処理の果実では収穫後の常温期間が長いほど果実品質が低下した。特に、常温期間が4日以上になると、その後冷蔵しても収穫後40日では食味評価ができる果実がないほど障害果の発生も多かった。一方で、1-MCP処理した区では常温期間が4日までは、障害果の発生は少なく、果実品質を維持できた。これらのことから、常温期間が2日以内であれば、1-MCP処理をしなくとも冷蔵によって、収穫後40日までは果実品質が保持できると考えられた。また、1-MCP処理を行えば、常温期間が4日までは果実品質が保持できると考えられた。「豊水」の常温下での品質保持期間は10日程度(壽・齋藤, 2017)であり、また著者らは1-MCP処理を行ったとしても収穫後14日では障害果発生率が90%になることを確認している(戸谷ら, 2018)。輸出する場合は、冷蔵貯蔵中であっても、果実品質の劣化が進むことから、劣化が進みやすい常温期間を少しでも削減することが重要と考えられる。

さらに、千葉県のナシ輸出では、1-MCP処理前の集荷に2日程度かかっており、その期間は常温下で静置されている。リンゴでは、1-MCP処理前に低温貯蔵すると、その後の長期貯蔵後の果実品質を良好に保持できることが明らかになっている(樫村ら, 2010)。一方で、ナシは高温期に収穫するため、内部品質の劣化などで品質保持期間が短く(新堀, 1998)、処理前に予冷を行っている時間的猶予がない。そこで、本研究では冷蔵庫内で果実を冷却しながら1-MCP処理を行うことで、品質保持効果が向上するかを検証した。その結果、低温下で1-MCP処理を行った区は、室温下で行った場合に比べ、表面色及び地色の上昇と障害果の発生が低く抑えられた。また、低温で処理を行えば、常温期間が4日あっても、収穫後60日までは障害果の発生を抑えることができた。低温下で1-MCP処理の品質保持効果が向上した要因について、Tatsukiら(2011)はリンゴ「つがる」において、 $-1\sim-3^{\circ}\text{C}$ で24時間予冷することでエチレン生成量が減少したことが、処理後の貯蔵性の向上につながったと報告している。また、村上ら(2016)はキウイフルーツ「レインボーレッド」において、エチレン受容体が予冷により増加し、その受容体に1-MCPが作用したため、熟度の抑制効果が高まったと考察している。本研究では、エチレン生成量やエチレン受容体について測定していないが、品質保持に関わる重要な要因と考えられるため、今後の研究が必要と考えられる。

また、試験3において、1-MCP処理期間中に同処理は行わずに低温下に静置した無処理・低温区の果実は、無処理・常温区と比べ、表面色や地色が低く抑えられ、障害果の発生率も低かった。本試験における無処理・低温区は収穫後

の予冷に相当するが、ビワやイチジクでは収穫直後に予冷した後に常温貯蔵すると、無処理に比べ、果実品質が向上することが報告されている(新堀, 1994)。本研究では、予冷を行った後、冷蔵貯蔵しているが、ビワなどと同様の効果が認められ、予冷の重要性を確認できた。

以上の結果、「豊水」を輸出する際には、表面色が3以下の果実を選果することや輸送中の常温期間は4日までとすること、1-MCP処理は低温下で行うことが果実品質の保持に必要であり、これらの知見は千葉県においてナシ輸出の指標として利用できると考えられる。

V 謝 辞

本研究を実施するに当たり、試験にご協力いただいた流通販売課及び流通加工研究室の皆様へ感謝の意を表す。

VI 摘 要

千葉県ではニホンナシ「豊水」を東南アジア等への輸出を実施している。今後、ナシの輸出を促進するためには、果実品質を収穫後40日以上保持する技術を確認する必要がある。そこで、本研究では、輸出する「豊水」果実の熟度や流通過程での常温期間の長短、1-MCP処理の効果的な使用方法について、検証した。

1. 完熟の果実では、1-MCP処理を行っても障害果が多く、輸出先で腐敗などの障害果が多く発生する可能性があることが明らかになった。また、適熟の果実では、1-MCP処理を行うと、地色(カラーチャート値)が低く、障害果の発生率も11%と低く抑えられた。一方で、未熟の果実では、1-MCP処理の有無に関わらず果実品質を保持できた。これらのことから、輸出用の「豊水」の選果の目安は表面色(カラーチャート値)で3以下が望ましいと考えられた。また、適熟以上の果実を輸出する場合には1-MCP処理が必要であった。
2. 収穫後の常温期間が長いほど果実の劣化が進むため、無処理の果実では輸送中の常温期間が4日以上になると、その後冷蔵しても収穫後40日の品質保持はできなかった。一方、1-MCP処理を行えば、常温期間が4日までは、食味が劣るものの商品性が保持できた。また、常温期間が2日以内であれば、1-MCP処理をしなくとも品質保持が可能であった。
3. 低温下で1-MCP処理を行った区は、室温下で行った場合に比べ、表面色及び地色の上昇と障害果の発生が低く抑えられた。また、低温で処理を行えば、常温期間が4日あっても、収穫後60日までは障害果の発生を抑えることができた。

Ⅶ 引用文献

- 檜村芳記 (2005) 新規鮮度保持剤1-MCP. 農機学67 (6) : 16-18.
- 檜村芳記・羽山裕子・阪本大輔 (2010) 収穫から処理までの日数および保管温度がリンゴ「ふじ」における 1-メチルシクロプロペンの品質保持効果に及ぼす影響. 園学研9 (3) : 361-366.
- 壽 和夫・齋藤寿広 (2017) 農業技術大系 果樹編3. pp 基76. 農文協. 東京.
- 中村ゆり (2012) 輸出に対応した果実の新技术. 農林水産技術研究ジャーナル. 35(6) : 37-41.
- 村上 覚・鈴木麻友・服部憲明・佐々木俊之 (2016) キウイフルーツ「レインボーレッド」の収穫時期および予冷条件の違いが1-MCPの処理効果に及ぼす影響. 園学研15: 73-79.
- 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. 農及園 86: 789-797.
- 新堀二千男 (1994) 農業技術大系 果樹編8. pp 貯蔵 - 加工78の49-78の54. 農文協. 東京.
- 新堀二千男 (1998) 農業技術大系 果樹編3. pp 技248-41. 農文協. 東京.
- Tatsuki, M., H. Hayama, H. Yoshioka and Y. Nakamura (2011) Cold pre-treatment is effective for 1-MCP efficacy in 'Tsugaru' apple fruit. Postharvest Biol. Technol. 62: 282-287.
- 戸谷智明・安藤利夫・鈴木 健 (2018) 1-MCP 処理時の冷蔵がニホンナシ「幸水」および「豊水」の鮮度保持に及ぼす影響. 園学研別 2: 361.

Development of a Quality Maintenance Method for Japanese pear cv. 'Hôsuï' Exports

Tomoaki TOYA*†1, Azusa SIOTA* and Takeshi SUZUKI*†2

Key words: long-term storage, fruit quality, hardness, refrigeration, damaged fruit

Summary

The Japanese pear variety 'Hôsuï' is exported to Southeast Asia from Chiba Prefecture. To promote the export of pears, it is necessary to establish a technology for preserving fruit quality for 40 days or more after harvesting. We examined the ripeness of the fruits to be exported, the length of time they were stored at ambient temperature during the distribution process, and the effectiveness of 1-methylcyclopropene (1-MCP) treatment.

1. Fully ripe fruits often have damaged areas, even after 1-MCP treatment. This raises the risk that a high proportion of any damaged fruits will have perished before reaching their export destination. For table-ripe fruits, 1-MCP treatment gives a low ground color (color chart value) and a low incidence of damaged fruits. The quality of unripe fruits can, however, be maintained without 1-MCP treatment.
2. The longer the fruit are kept at ambient temperature after harvesting, the faster the deterioration in fruit quality. The quality of 1-MCP untreated fruits could not be maintained for 40 days after harvest, even if refrigerated after 4 days at ambient temperature. On the other hand, when 1-MCP treatment was applied, their commercial value could be maintained when kept at up to 4 days at ambient temperature, although the taste was inferior. However, if the ambient temperature period was shorter than 2 days, the quality of the fruit could be maintained without 1-MCP treatment.
3. In the group treated with 1-MCP at low temperature, the increase in surface color and ground color, and the occurrence of damaged fruits was lower than those treated at ambient temperature. In addition, if the treatment was performed at a low temperature, the occurrence of damaged fruits could be suppressed up to 60 days after harvesting, even if the period at ambient temperature had lasted 4 days.

* Chiba Prefectural Agriculture and Forestry Research Center; 180-1, Okanezawa, Midori, Chiba 266-0014, Japan.

†¹ Present address: Chiba Prefectural Ciba Agriculture Office

†² Present address: Chiba Prefectural Agriculture, Forestry and Fisheries Department
Agricultural Extension Division