セイヨウナシ ‘越さやか’ におけるフィルム包装および収穫後処理が 果実追熟に及ぼす影響

知野秀次^{1a}・松本辰也²・児島清秀^{1*}

¹新潟大学大学院自然科学研究科 950-2181 新潟県新潟市西区五十嵐2の町

²新潟県農業総合研究所園芸研究センター 957-0111 新潟県北蒲原郡聖籠町真野

Effects of Film Packaging and Postharvest Treatment on Fruit Ripening in ‘Koshisayaka’ Pears

Shuji Chino^{1a}, Tatsuya Matsumoto² and Kiyohide Kojima^{1*}

¹Graduate School of Science and Technology, Niigata University, Ikarashi 2-no-cho, Nishi-ku Niigata, 950-2181

²Horticultural Research Center, Niigata Agricultural Research Institute, Mano, Seiroumachi, Niigata 957-0111

Abstract

The present study investigated the effects of polypropylene film bags allowing different rates of oxygen diffusion on fruit ripening in ‘Koshisayaka’ pears. Fruits harvested at commercial maturity were immediately packaged in polypropylene film bags allowing different oxygen transmission rates (2,500 to 100,000 mL · m⁻² · 24 hr⁻¹ · atm⁻¹). When the fruits were ripened in an incubator at 20°C, their normal ripening was inhibited. In another experiment, fruits treated with a low temperature of 0–1°C for 14 days after harvest at commercial maturity were packaged in polypropylene film bags with different oxygen transmission rates (20,000 to 200,000 mL · m⁻² · 24 hr⁻¹ · atm⁻¹). Those fruits softened during ripening at 20°C. The gas composition in the film bag with the high oxygen transmission rate (200,000 mL · m⁻² · 24 hr⁻¹ · atm⁻¹) was almost the same concentration as the surrounding atmosphere. Fruit moisture loss during ripening was controlled by film packaging, and so the external appearance was favorably maintained.

Key Words : flesh firmness, gas composition, low temperature treatment, moisture loss, oxygen transmission rate

キーワード : ガス組成, 果肉硬度, 酸素透過率, 水分消失, 低温処理

緒 言

セイヨウナシ ‘越さやか’ は ‘パートレット’ に ‘ラ・フランス’ を交雑した系統から選抜された品種であり, ‘ラ・フランス’ や ‘ル・レクチェ’ よりも収穫適期が早く, 中生品種の中では優れた果実品質と栽培特性を持つ (松本ら, 2004). そのため, ‘越さやか’ は繁忙期の分散や9月下旬以降の台風被害からの回避を目的として新潟県内の生産者によって栽培されており, ‘ル・レクチェ’ の補完品種に位置付けられている (新潟県, 2011).

新潟県における ‘越さやか’ の収穫適期は9月20日前後であり, 追熟日数は9月下旬の15～25°Cの外気温 (平均気温20°C) で10～15日程度とされている (松本ら,

2004; 新潟県, 2011). ただし, 追熟が完了した適食状態の果実は日持ちが短く, 流通過程では水浸状果や肉質不良果が発生することがある (松本ら, 2004). そのため, 品種育成者らは収穫から販売までの作業体系の検討の必要性を指摘している.

そのような背景をふまえ, 著者らは ‘越さやか’ の追熟特性を調査した (知野ら, 2010a). その報告の中で, 果実を20°Cで追熟すると, 追熟開始後6日から9日にかけて果肉が急激に軟化することを明らかにし, 追熟開始後12日に適食状態になることを確認した. さらに, 果実を厚さ30 μmのポリプロピレンフィルム (2,500 mL · m⁻² · 24 hr⁻¹ · atm⁻¹, 凸版印刷 (株)) で密封後, 20°Cで追熟させたところ, 果皮の黄化や果肉の軟化が抑制され, フィルム包装による適食期の分散の可能性が示唆された.

また, セイヨウナシ ‘ラ・フランス’ (佐藤ら, 1993) や ‘ル・レクチェ’ (古田・浅野, 1991) の追熟では, 収穫後の果実を0～5°Cで7～14日間の低温処理後に10～20°Cの温度で追熟させる低温処理追熟法がある. この追熟法は, 果実の追熟の進行を揃えることができ, 繁忙期の労働作業の分散や流通・販売時期を調整する方法として

2014年9月3日 受付. 2015年2月5日 受理.

本研究成果は平成20年度新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業「雪室活用の西洋ナシの追熟制御と日本ナシの長期貯蔵の技術開発 (課題番号2026)」において得られた. また本報告の一部は園芸学会北陸支部平成22年度大会で発表した.

* Corresponding author. E-mail: kojimaki@agr.niigata-u.ac.jp

^a 現在: 新潟県農業総合研究所食品研究センター

生産現場で活用されている。そのため、前述のフィルム包装技術と低温処理追熟法を組み合わせることにより、さらなる果実品質の向上や追熟遅延による適食期の分散が期待できるかもしれない。

本研究は、セイヨウナシの追熟制御技術の開発の基礎試験として、ポリプロピレンフィルムを用いた‘越さやか’果実の追熟抑制を試みた。試験1では、ポリプロピレンフィルムで密封包装して果実を20°Cの一定温度下で追熟させた。さらに、低温処理した果実におけるフィルム包装の影響を確認するため、試験2として、低温処理した果実をポリプロピレンフィルムで密封包装し、20°Cの一定温度下で追熟させた。最終的に、試験1と試験2の結果から‘越さやか’の追熟におけるフィルム包装の可能性を考察した。

材料および方法

1. 収穫直後のフィルム包装が果実追熟に及ぼす影響 (試験1)

セイヨウナシ‘越さやか’果実は、新潟県農業総合研究所園芸研究センターに植栽されている29年生樹から2009年9月20日に28果実(250～400 g)を収穫した。その後、収穫した果実を4果実ずつ、7つのグループに分けた。各グループに分けた果実は、前報告(知野ら, 2010a)と同様に酸素透過率が異なる厚さ30 μmのポリプロピレンフィルム(2,500～100,000 mL・m⁻²・24 hr⁻¹・atm⁻¹, 凸版印刷(株))で密封した(第1表)。フィルム包装をしない対照区を含め、計6区を設定した。その後、それらの果実を20°Cに設定したインキュベーター内で追熟させた。インキュベーター内の湿度は、水を入れたプラスチックトレイを置き、80%以上に維持した。残りの1グループの4果実は収穫時の果実特性の調査に使用した。

収穫時および追熟完了時の‘越さやか’の果実特性として、生重量、果皮色および果肉硬度を収穫後直後と収穫後10日(追熟開始後10日)に調査した。さらに、フィルム内のガス組成、適食果率、異臭果実の発生率および果肉の内部褐変の発症率を収穫後10日(追熟開始後10日)に調査した。

果実重については以前の報告(知野ら, 2009)に従い、収穫時の果実重に対する調査時の果実重の割合(%)で示した。

果皮色は、前報告(知野ら, 2010a)と同様、新潟大学農業情報工学研究室および新潟県農業総合研究所園芸研究センターが開発した‘ル・レクチュ’カラーチャート(Motonaga ら, 2010)を基準とし、果実の赤道部の4か所を測定した。

果肉硬度は前報告(知野ら, 2010a)と同様にFUDOHレオメーター(RT-1002A・D, (株)レオテック)で測定した。果実の赤道部から10 mmの果肉切片を切り出し、果皮と外果皮(果心線)の中央部の果肉の4か所を測定した。レオメーターには60°の円錐型のプランジャーを取り

付け、貫入速度は10 cm・min⁻¹とした。プランジャーの貫入深度(貫入距離)は4.3 mm(円錐型プランジャーの最大直径約5 mm)とし、その時の最大応力を果肉硬度とした。

可溶性固形物濃度はデジタル糖度計(APAL-1, アズワン(株))で測定した。測定部位は前報告(知野ら, 2010a)と同様に果肉硬度を測定した果肉とし、4つの果肉ブロック(約1.0 cm³)を調製し、それぞれの果汁の可溶性固形物濃度を測定した。

フィルム内の酸素および二酸化炭素濃度は食品包装ヘッドスペース用O₂/CO₂分析計(Check Mate II, Dansensor)により計測した。無処理区についてはインキュベーター内のガス組成を調査した。

適食果の判定は果肉硬度を基準とし、2.0～5.0 Nの果実を適食状態、1.9 N以下の果実を過熟状態と定義した。適食果率は以下の式[1]から算出した。

$$\text{適食果率 (\%)} = (\text{適食果数} / \text{調査果数}) \times 100 \quad [1]$$

異臭果実の判定は開封時に行い、異臭の有無を人の鼻(嗅覚)で評価した。異臭果の発生率は以下の式[2]から算出した。

$$\begin{aligned} \text{異臭果の発生率 (\%)} = \\ (\text{異臭果数} / \text{調査果数}) \times 100 \end{aligned} \quad [2]$$

果肉の内部褐変は果肉硬度や可溶性固形物濃度の測定用サンプル調製時に果実切断面を目視で確認した。発生率は以下の式[3]から算出した。

$$\begin{aligned} \text{内部褐変果の発生率 (\%)} = \\ (\text{内部褐変の発症果数} / \text{調査果数}) \times 100 \end{aligned} \quad [3]$$

2. フィルム包装が低温処理した果実の追熟に及ぼす影響 (試験2)

セイヨウナシ‘越さやか’果実は、試験1と同様に新潟県農業総合研究所園芸研究センターに植栽されている29年生樹から2009年9月20日に24果実(250～400 g)を収穫した。収穫した果実は0～1°Cの高湿恒温庫(HCF-120XC, (株)ホシザキ電機)内で14日間の低温処理を行った。その後、低温処理した果実は、4果実ずつ、6つのグループに分けた。6グループのうち、1グループの4果実は低温処理終了時の果実特性の調査に使用した。残りの5グループのうちの4グループの果実は、酸素透過率が異なる厚さ30もしくは40 μmのポリプロピレンフィルム袋(20,000～200,000 mL・m⁻²・24 hr⁻¹・atm⁻¹, 凸版印刷(株))に1果実ずつ密封包装した(第1表)。残りの1グループの果実はフィルム包装をしない対照区とし、計5区の試験区を設定した。その後、それらの果実を20°Cに設定した

第1表 フィルムの厚さと酸素透過率

フィルム	厚さ (μm)	酸素透過率 ($\text{mL} \cdot \text{m}^{-2} \cdot 24 \text{ hr}^{-1} \cdot \text{atm}^{-1}$)
A	30	2,500
B	30	7,000
C	30	20,000
D	30	60,000
E	30	100,000
F	40	200,000

インキュベーター内で追熟させた。インキュベーター内の湿度は、水を入れたプラスチックトレイを置き、80%以上に維持した。果実特性として生重量、果皮色および果肉硬度を低温処理終了時と収穫後24日（追熟開始後10日）調査した。さらに、フィルム内のガス組成、適食果率、異臭果の発生率、内部褐変果の発生率を収穫後24日（追熟開始後10日）に調査した。果実特性の調査は試験1の記述の通りに実施した。

3. 統計解析

試験1および2で得られた結果は統計解析ソフト（エクセル統計2008, (株) 社会情報サービス）を使用し、Tukeyの多重検定を行った。

結 果

1. 収穫直後のフィルム包装が果実追熟に及ぼす影響 (試験1)

1) 果実重, 果皮色, 果肉硬度および可溶性固形物濃度

無処理の対照区の果実重の比率は96.6%であり、フィルム包装区した果実重の比率は99.7～99.8%であった（第1図A）。

収穫時の果実の果皮色値は1.5（緑）であり、追熟開始後10日の対照区は6.0（黄緑～薄黄）であった（第1図B）。追熟開始後10日のフィルム包装区の果皮色値は対照区よりも低かった。

収穫時の果実の果肉硬度は13.0 Nであり、追熟開始後10日の対照区の果実硬度は4.6 Nであった（第1図C）。追熟開始後10日のフィルム包装区の果肉硬度の値は7.8～13.8 Nであり、対照区よりも高かった。

収穫時の果実の可溶性固形物濃度は11.2°であり、追熟開始後10日の対照区の可溶性固形物濃度は14.5°まで上昇した（第1図D）。追熟開始後10日のフィルム包装区の可溶性固形物濃度は13.1～13.7°であった。

2) フィルム内のガス濃度

追熟開始後10日のインキュベーター内の酸素濃度は20.8%であった（第2図A）。フィルム包装区の酸素濃度は1.6（A区）、5.7（B区）、15.1（C区）、18.9（D区）および18.8%（E区）であった。

一方、追熟開始後10日のインキュベーター内の二酸化炭素濃度は0.03%であった（第2図B）。フィルム包装区の二酸化炭素濃度は8.2（A区）、8.0（B区）、5.2（C区）、2.0

第1図 フィルム包装が‘越さやか’果実の果実特性に及ぼす影響

果実は収穫後に20°Cで追熟させ、図は追熟開始後10日の測定結果を示す

黒棒のHaは収穫時、白棒のCoは追熟開始後10日の無包装区、白棒のA～Eは追熟開始後10日のフィルム包装区を示す

異なる小文字のアルファベット間には5%水準の有意差があることを示す (Tukey 検定)

垂線は標準誤差を示す (n=4)

(D区) および2.0% (E区) であった。

3) 適食果, 過熟果, 内部褐変果および異臭（腐敗）果の比率

追熟開始後10日における対照区の適食果の比率は100%であった。一方、フィルム包装区の果実は果肉の軟化が認められたが、適食状態にならず、適食果率は0%であった。

第2図 フィルム内の酸素および二酸化炭素濃度

果実は収穫後に20°Cで追熟させ、図は追熟開始後10日の測定結果を示す

Coは無包装区（インキュベーター内の濃度）を示し、A～Eはフィルム包装区を示す

異なる小文字のアルファベット間には5%水準の有意差があることを示す（Tukey検定）

垂線は標準誤差を示す（n=4）

全区において、追熟中に過熟果、内部褐変果および異臭（腐敗）果は認められなかった。ただし、フィルム包装区（B～E区）において、開封時に‘越さやか’特有の香りを強く感じた。

2. フィルム包装が低温処理した果実の追熟に及ぼす影響（試験2）

1) 果実重、果皮色、果肉硬度および可溶性固形物濃度

低温処理終了時の果実重の比率は98.8%であり、追熟開始後10日の対照区の果実重は96.7%であった（第3図A）。一方、フィルム包装区の果実重の比率は98.5～98.8%であった。

低温処理終了時の果皮色値は2.4（緑）であり、追熟開始後10日の対照区は6.3（黄緑～薄黄）であった（第3図B）。追熟開始後10日のフィルム包装区の果皮色値は対照区と同程度であり、4.9～7.1（黄緑～薄黄）の間であった。

低温処理終了時の果実の果肉硬度は12.4 Nであり、追熟開始後10日の対照区の果実硬度は4.5 Nであった（第3図C）。追熟開始後10日のフィルム包装区の果実硬度は3.0～4.6 Nであり、対照区と同程度であった。

低温処理終了時の果実の可溶性固形物濃度は13.3°であり、追熟開始後10日の対照区では14.8°まで上昇した（第3図D）。一方、追熟開始後10日のフィルム包装区の可溶性固形物濃度は14.0～14.7°であり、対照区と同程度であった。

第3図 フィルム包装が低温処理した‘越さやか’果実の果実特性に及ぼす影響

果実は0～1°Cで14日間の低温処理後に20°Cで追熟させ、図は収穫時、低温処理終了時、追熟開始後10日の果実特性の測定結果を示す

黒棒のHaは収穫時、斜線棒のLoは低温処理終了時を示す

白棒のCoは追熟開始後10日の無包装区、白棒のC～Fは追熟開始後10日のフィルム包装区を示す

異なる小文字アルファベット間には5%水準の有意差があることを示す（Tukey検定）

垂線は標準誤差を示す（n=4）

2) フィルム内のガス濃度

低温処理終了時および追熟開始後10日のインキュベーター内の酸素濃度は20.8%であった（第4図A）。追熟開始後10日のフィルム包装区の酸素濃度は12.9%（C区）、16.9（D区）、16.8（E区）および20.3（F区）であった。

一方、低温処理終了時および追熟開始後10日のインキュ

第4図 低温処理した‘越さやか’果実におけるフィルム内の酸素および二酸化炭素濃度
果実は0～1℃で14日間の低温処理後に20℃で追熟させ、各図のガス濃度は追熟開始後10日の測定結果を示す
Coは無包装区（インキュベーター内の濃度）を示し、C～Fはフィルム包装区を示す
異なる小文字のアルファベット間には5%水準の有意差があることを示す（Tukey検定）
垂線は標準誤差を示す（n=4）

ペーター内の二酸化炭素濃度は0.03%であった（第4図B）。追熟開始後10日のフィルム包装区の二酸化炭素濃度は7.7（C区）、4.3（D区）、4.5（E区）および0.7%（F区）であった。

3) 適食果、過熟果、内部褐変果および異臭（腐敗）果の比率

追熟開始後10日の適食果率は全区で100%であった。また、全区において過熟果、内部褐変果および異臭（腐敗）果は認められなかった。ただし、試験1と同様に、フィルム包装区（C～F区）において、開封時に‘越さやか’特有の香りを強く感じた。

考 察

前報告（知野ら，2010a）において、セイヨウナシ‘越さやか’の果実を厚さ30μmのポリプロピレンフィルムで密封し、20℃で追熟させたところ、果実の追熟抑制が認められた。同様に、本試験のフィルム包装した果実においても果皮の黄化および果肉の軟化の抑制が認められた（第1図）。特に、酸素透過率が低いAフィルムで強い追熟抑制が認められ、収穫時の果実品質を維持していた（第1, 2図）。このことから、収穫直後の果実へのフィルム包装は正常な追熟を抑制（阻害）し、フィルム包装単独では実用的な技術になりえないと考えられた。

セイヨウナシ果実の追熟を促進させる収穫後処理にはエ

チレン処理（知野ら，2007；古田・浅野，1991；Murayamaら，1995）および低温処理（知野ら，2010b；古田・浅野，1991；佐藤ら，1993）がある。そこで、収穫後処理の低温処理とフィルム包装技術を組み合わせた試験を実施したところ、C～Fフィルムで包装した果実の果皮は黄化し、果肉が軟化した（第3図）。しかしながら、フィルム包装した果実は、対照区の果実よりも‘越さやか’特有の香りが強かった。さらには、果肉のメルティング感がやや弱く、食感に違いが感じられた。特に、その傾向は酸素透過率が低いCフィルムで強かった（第4図）。課題として果肉の肉質改善が必要であるが、試験1と試験2の結果から、フィルムで密封包装した‘越さやか’果実の果肉を軟化させるには、事前に低温処理が必要であることが明らかとなった。

低温と自己触媒的なエチレン生成の関係は‘コンファレンス’（Knee, 1987）および‘パス・クラサン’（Lelièvreら，1997）で明らかにされている。果実に一定期間低温処理を施すと、その低温が刺激となって自己触媒的なエチレン生成が起これ、その生成されたエチレンによって果肉の軟化や果皮の黄化が促進されることが考えられている。本試験ではエチレン測定を実施していないが、以前の知見をふまえると、試験2（第3図C）のフィルム包装区の果実の軟化にはエチレンの関与が示唆された。具体的には、低温処理（0～1℃・14日間）が果実の自己触媒的なエチレン生成を促進し、結果として、試験1（第1図C）のような果肉の軟化不良を回避することができたと推察した。

フィルム包装による目減りの抑制効果はアウトウ（石川ら，2008）、カキ（中野ら，2001）、セイヨウナシ（古田ら，1990；佐藤・千葉，1994）およびスモモ（辻ら，1992）で認められている。また、セイヨウナシ‘ラ・フランス’では追熟開始後の包装時期が早いほどフィルム包装による目減りの抑制効果が大きいことが報告されている（佐藤・千葉，1994）。フィルム包装による水分保持効果は本報告の試験1および試験2においても認められた。また、著者らの前報告（知野ら，2010a）においてもフィルム包装による水分保持効果が確認されている。以前の報告と本試験の結果から、フィルム包装は追熟中の果実の水分消失を抑制し、追熟完了時の果実の外観品質を向上させると考えられる。

収穫直後の果実へのフィルム包装は正常な果実追熟を抑制（阻害）するが、この追熟抑制は0～1℃の低温処理によって回避することができる。現時点において、追熟条件が限定されてしまうが、低温処理した果実を高酸素透過率のポリプロピレンフィルムに包装し、20℃で追熟すると果肉が軟化する。この結果は、フィルム包装に低温処理を組み合わせることにより、調湿機能がない低温庫や追熟庫を活用した追熟の可能性を示唆する。湿度管理が難しい生産現場において、フィルム包装技術が簡便な湿度管理技術となる可能性が示唆された。

摘 要

本研究は異なる酸素透過率のポリプロピレンフィルムが‘越さやか’果実の追熟に及ぼす影響を調査した。収穫適期に収穫した果実を酸素透過率の異なるフィルム ($2,500 \sim 100,000 \text{ mL} \cdot \text{m}^{-2} \cdot 24 \text{ hr}^{-1} \cdot \text{atm}^{-1}$) に個々に包装し、それらの果実を 20°C のインキュベーター内で追熟させた場合、果実の正常な追熟が抑制された。一方、収穫適期に収穫した果実を $0 \sim 1^{\circ}\text{C}$ で14日間の低温処理し、酸素透過率の異なるフィルム ($20,000 \sim 200,000 \text{ mL} \cdot \text{m}^{-2} \cdot 24 \text{ hr}^{-1} \cdot \text{atm}^{-1}$) に個々に包装した場合、それらの果実は 20°C の追熟中に軟化した。その時、高酸素透過率 ($200,000 \text{ mL} \cdot \text{m}^{-2} \cdot 24 \text{ hr}^{-1} \cdot \text{atm}^{-1}$) のフィルム内のガス組成は大気とほぼ同レベルであった。追熟中の果実の水分消失がフィルム包装によって抑制され、外観品質が向上した。

引用文献

- 知野秀次・松本辰也・児島清秀. 2007. エチレンあるいは低温処理がセイヨウナシ‘ル・レクチェ’の追熟過程に及ぼす影響. 園学研. 6: 295–299.
- 知野秀次・松本辰也・太田祐樹・児島清秀. 2009. 追熟中のセイヨウナシ‘ル・レクチェ’における非破壊法による果実特性の評価. 園学研. 8: 109–114.
- 知野秀次・太田祐樹・二木明日香・齋藤洋太郎・黒坂 俊・大塚伸吾・坂井 優・松本辰也・児島清秀. 2010a. セイヨウナシ‘越さやか’における追熟中の果実特性の変化ならびにフィルム包装が果実追熟に及ぼす影響. 園学研. 9: 99–105.
- 知野秀次・徳田美佳子・大石智美・小式澤一博・太田祐樹・松本辰也・児島清秀. 2010b. 低温処理期間の違いが追熟中のセイヨウナシ‘ル・レクチェ’の果実特性に及ぼす影響. 園学研. 9: 235–241.
- 古田道夫・浅野 聡. 1991. 西洋ナシ (ル・レクチェ) の追熟特性. 新潟食品研報. 26: 1–5.
- 古田道夫・浅野 聡・今井誠一. 1990. フィルム包装による西洋ナシの表皮褐変防止. 包装研究. 11: 1–9.
- 石川 豊・北澤裕明・桑名陽子・高砂 健. 2008. フィルム包装によるオウトウの鮮度保持効果. 日食保蔵誌. 34: 311–316.
- Knee, M. 1987. Development of ethylene biosynthesis in pear fruits at -1°C . J. Exp. Bot. 38: 1724–1733.
- Lelièvre, J. M., L. Tichit, P. Dao, L. Fillion, Y. W. Nam, J. C. Pech and A. Latchè. 1997. Effects of chilling on the expression of ethylene biosynthetic genes in Pass-Crassne pear (*Pyrus communis* L.) fruits. Plant Mol. Biol. 33: 847–855.
- 松本辰也・大竹 智・熊木 茂・塩原孝一・渡邊信吾. 2004. セイヨウナシ新品種「越さやか」. 新潟農総研報. 6: 7–14.
- Motonaga, Y., T. Matsumoto and N. Motonaga. 2010. Color chart of European pear ‘Le Lectier’ based on the color image analysis. p. 2455–2461. Proceedings of the SICE annual conference 2010.
- Murayama, H., D. Satoh, Y. Ohta and T. Fukushima. 1995. Effect of relative humidity on ripening of ‘Le Lectier’ pear fruit. Acta Hort. 398: 187–193.
- 中野龍平・播磨真志・久保康隆・稲葉昭次. 2001. 有孔ポリエチレン包装によるカキ‘刀根早生’ハウス促成栽培果実の軟化抑制. 園学雑. 70: 385–392.
- 新潟県. 2011. 果樹栽培ハンドブック. p. 147–176. 新潟県果樹振興協会. 新潟.
- 佐藤博実・千葉康弘. 1994. セイヨウナシ追熟途上果のMA包装. 東北農研. 47: 265–266.
- 佐藤康一・野口協一・佐竹正行・工藤郁也・高瀬紘一. 1993. セイヨウナシ‘ラ・フランス’の予冷方法と追熟温度. 山形園試研報. 10: 23–41.
- 辻 政雄・小宮山美弘・岩田 隆. 1992. プラスチックフィルム包装によるスモモ‘ソルダム’果実の高温貯蔵. 日本包装学会誌. 1: 135–142.