園学研. (Hort. Res. (Japan)) 6 (2) : 295–299. 2007.

原 著

エチレンあるいは低温処理がセイヨウナシ‘ル レクチエ’の追熟過程の果実特性に及ぼす影響

知野秀次[1]・松本辰也[1,2]・児島清秀[1]*

[1] 新潟大学大学院自然科学研究科 950-2181 新潟県新潟市五十嵐2の町8050番地
[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117

Effects of Ethylene or Low-Temperature Treatment on Fruit Characteristics of 'Le Lectier' Pear during Ripening

Shuji Chino[1], Tatsuya Matsumoto[1,2] and Kiyohide Kojima[1]*

[1]*Graduate School of Science and Technology, Niigata University, 2-8050 Ikarashi, Niigata 950-2181*
[2]*Horticultural Research Center, Niigata Agricultural Research Institute, 177 Mano, Seiro, Niigata 957-0111*

Abstract

In 'Le Lectier' pears treated with either low-temperature (5°C 7 days) or ethylene (5000 ppm・24 hours) after harvest, showed changes in peel color, flesh firmness, soluble solid concentrations and ethylene production rate were determined for fruits during ripening at room temperature. When the fruits in low-temperature or ethylene treatment were ripened, the percentage of edible fruit reached 100% 35 days after treatment (DAT). The ethylene production rate from fruits in both treatments started to increase 14 DAT and reached the maximum at 35 DAT. The peel color at the equatorial and calyx end position in ethylene treated fruit was significantly higher than that in low-temperature treatment at 49 and 56 DAT. In both treatments, the peel color index was 5.0 or more when fruits reached the ripe eating stage. When the index of the peel color was equal after low-temperature and ethylene treatment, the flesh firmness differed.

Key Words : ethylene production rate, flesh firmness, peel color, soluble solid concentrations

キーワード : エチレン生成量，果皮色，果肉硬度，可溶性固形物濃度

緒 言

一般的に，セイヨウナシ（*Pyrus communis* L.）は，樹上では成熟せず（Kondo ら，2004），数日から数週間の追熟を必要とする（Murayama ら，2006）．日本で栽培されているセイヨウナシの追熟および貯蔵特性に関する研究は，‘ラ・フランス’（北村，1987; Kondo・Takano, 2000; Kondo ら，2004; Murayama ら，1998, 2002, 2006; 佐藤ら，1993），‘マルゲリット・マリーラ’（Murayama ら，1998）および‘バートレット’（北村ら，1981）で積極的に行われてきた．‘ル レクチエ’に関する研究は，追熟生理（古田・浅野，1991; 松本，2005; Murayama ら，1995），生理機能物質（歌代・山田，1996）および果実貯蔵（古田ら，1994; Furuta ら，1992）について報告されている．古田ら（1991）は，一定温度の追熟において，収穫後のエチレン処理は，追熟期間を短縮させることを報告した．さらに，温度制御なしの外気温での追熟（外気温追熟）において，収穫後の低温およびエチレン処理は，追熟のばらつきを少なくさせる効果がある（古田・浅野，1991）．しかしながら，外気温追熟において，低温およびエチレン処理した果実の果皮色，果肉硬度，可溶性固形物およびエチレン生成量の経時的変化は示されておらず，それらの果実特性の動向は不明なままである．

本研究は，低温またはエチレン処理したセイヨウナシ‘ル レクチエ’果実の追熟特性を明らかにするために，追熟中の果実特性（果皮色，果肉硬度，可溶性固形物の濃度，エチレン生成量，可食果率，過熟果率および内部褐変果率）を経時的に調査した．さらに，果皮色から果肉硬度を推定するため，エチレンおよび低温処理した果実の果皮色と果肉硬度の関係を示した．

2006年6月15日 受付．2006年10月13日 受理．
本報告の一部は平成16年度園芸学会秋季大会で発表した．
* Corresponding author. E-mail: kojimaki@agr.niigata-u.ac.jp

材料および方法

1. 植物材料

セイヨウナシ‘ル レクチエ’果実は，新潟県園芸研究センターに植栽されている樹齢12～15年の3樹から採取した．果実の採取は，収穫適期である2002年10月26日に行い，各樹から無作為に約60～80個，計200果実を採取

した. 果実の収穫適期はヨウ素デンプン反応よって判断し, 染色率が 60 ～ 50%に低下した時を収穫適期とした. 収穫した果実の収穫後処理は古田・浅野（1991）の方法に従い, 各樹から採取した果実の半分は 5°C で 7 日間の低温処理を行い, 残りの半分の果実は 20°C で 24 時間のエチレン処理（5000 ppm）を行った. エチレン処理は, 果実を約 100 L のプラスチック容器に入れ, 密閉後, 容器内に適量のエチレンガスを注入した. 処理後, 果実はインキュベーター内で追熟させた. インキュベーターの設定温度は, 1996 ～ 2001 年（10 月下旬～ 12 月中旬）の新潟市の平均気温（13.0 ～ 5.0°C）に近似するように 13.0, 12.4, 11.5, 9.3, 6.6, 5.5, 5.0°C の順に 1 週間毎に下げた. 湿度は, 水を入れたプラスチックトレーをインキュベーター内に置き, 約 80%に維持した.

2. 果皮色, 果肉硬度および可溶性固形物の濃度の測定

果皮色, 果肉硬度および可溶性固形物の濃度の測定は, 処理後 0 日から 1 週間毎に行った. 両処理区の各測定日には, 各樹から採取した果実の中から 3 ～ 4 果を無作為に選び, 10 果実を供試した.

果皮色は, 果実カラーチャートニホンナシ（地色）を基準にし, 果実の赤道部およびていあ部の 4ヶ所を測定した（第 1 図）.

果肉硬度は赤道部の 4ヵ所について果皮をナイフではく皮した後（図 1）, 円筒型の直径 8.0 mm のプランジャーを取り付けた硬度計（東京製作所）で測定した. なお, 低温区の処理後 0 ～ 14 日およびエチレン区の処理後 0 ～ 21 日の果肉硬度は硬度計の最大測定値以上であったため, 低温区は処理後 21 日以降, エチレン区は 28 日以降の値を示した.

果肉の可溶性固形物の濃度は, 果実の赤道部から約 1.0 cm の厚さの切片を切り出し（第 1 図）, 果芯部と果皮の間の中央部から 4 つの果肉ブロック（1.0 cm^3）を調整し, それぞれの果汁について屈折糖度計（N-1E, ATAGO）で可溶性固形物の濃度を測定した.

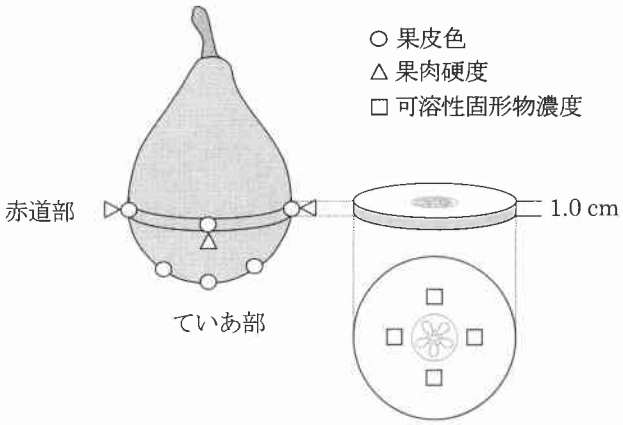
3. エチレン生成量の測定

エチレン生成量の測定は, 果皮色, 果肉硬度および可溶性固形物の測定と同様に処理後 0 日から 1 週間毎に行った. 各処理区の各測定日に 10 果実（3 ～ 4 果実／樹）を使用し, 5 果ずつ 2 反復で測定して平均値を示した.

エチレン測定は, Kojima ら（1994）の方法に従い, ガスクロマトグラフ（GC-263-50; HITACHI）で以下のように測定した. 果実をガラスのデシケーター内（約 7.0 L）に入れ, 1 時間後にデシケーター内の試料ガス 1.0 mL をガスタイトのシリンジで抜き取り, 水素炎イオン化検出器（FID）と活性アルミナカラム（3.0 mm × 1.0 m）を接続した GC に注入した.

4. 可食果, 過熟果および内部褐変果の割合の調査

可食果, 過熟果および内部褐変果の割合は, 果皮色, 果肉硬度および可溶性固形物の測定と同様に処理後 0 日から 1 週間毎 10 果実ずつ（3 ～ 4 果実／樹）を供試して行った.



第 1 図 果皮色, 果肉硬度および可溶性固形物濃度の測定部位（模式図）

可食果および過熟果の判断は果肉硬度を基準にし, 果肉硬度が 8.0 ～ 5.1 N の果実を可食状態, 内部褐変が発生した果実もしくは果肉硬度が 5.0 N 以下の果実を過熟状態と定義した. 可食果の果肉硬度は, 古田ら（1991）および Murayama ら（1995）の方法を参考にして測定した. 内部褐変果は, 果芯および果肉に褐色の組織が発生している果実と定義した. 可食果の割合（可食個体数／調査個体数 × 100）, 過熟果の割合（過熟個体数／調査個体数 × 100）および内部褐変果の割合（内部褐変個体数／調査個体数 × 100）はパーセントで示した.

結果および考察

1. 果皮色

赤道部の果色値は, 両処理区とも同様の傾向であり, 1 ～ 7 日は変化せず, 7 ～ 14 日にかけて急激に上昇し, その後は緩やかに増加した（第 2 図 a）. 赤道部の果色値は, 28 日, 42 日および 49 日には処理間に有意な差が認められた. ていあ部でも, 両処理区とも 7 ～ 14 日に急激に上昇し, 21 日以降は緩やかに上昇し（第 2 図 b）, 42 日および 49 日には処理間に有意な差があった.

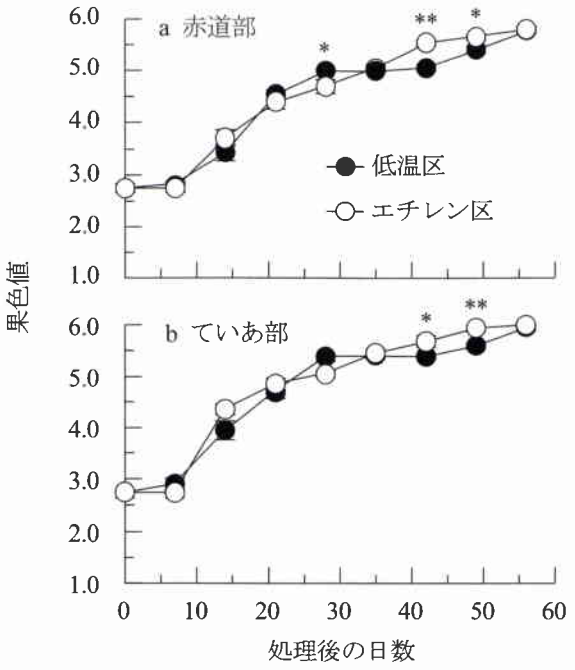
両処理区の両部位の果色値が 14 日以降増加したことから, エチレンもしくは低温処理した‘ル レクチエ’の果皮は 8 ～ 14 日の間に黄化が始まることが示唆された. 両処理区の両部位とも, 42 日および 49 日のエチレン区の果色値は低温区より有意に高く, 果皮の黄化の程度が大きかった. このことから, 高濃度のエチレン処理は果皮色の変化に対してより強く影響し, 果皮の黄化を促進するのかもしれない.

2. 果肉硬度および可溶性固形物濃度

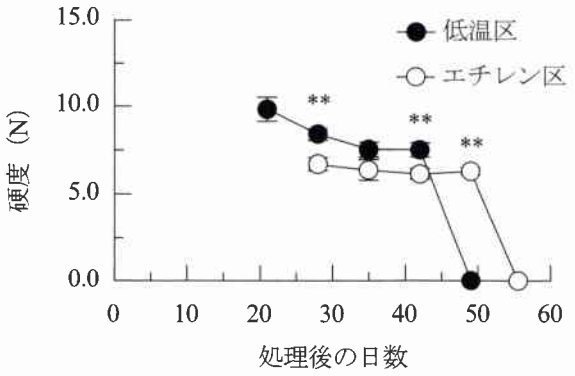
果肉硬度は, 低温区では 28 日に 8.0 N, 49 日には 0 N, エチレン区では 28 日に 6.7 N, 56 日には 0 N であり（第 3 図）, 28 日, 42 日および 49 日には処理間で有意な差が認められた. このようにエチレン区では低温区よりも早く, 28 日には可食状態の基準硬度に達した. さらに, 35 日にも,

処理間に有意差は認められなかったが，エチレン区で低温区よりも果肉硬度が低かった．しかしながら，低温区の49日の硬度は，エチレン区より有意に低かった．以上のことから，追熟中の‘ル レクチエ’の果肉硬度は収穫後の処理の方法によって異なることが明らかになった．

果汁の可溶性固形物の濃度は，収穫時には約15.0 °Brixであり，両処理区とも追熟中に約1.0 °Brix上昇したが（第4図），処理間に有意な差は認められなかった．



第2図 低温およびエチレン処理した‘ル レクチエ’果実の追熟中の果皮色（赤道部およびていあ部）の変化
垂線は，標準誤差を示す（n = 10）
アスタリスクなし，(*) および (**) は，それぞれ，有意差なし，5%水準および1%水準の有意差を示す（t- 検定）



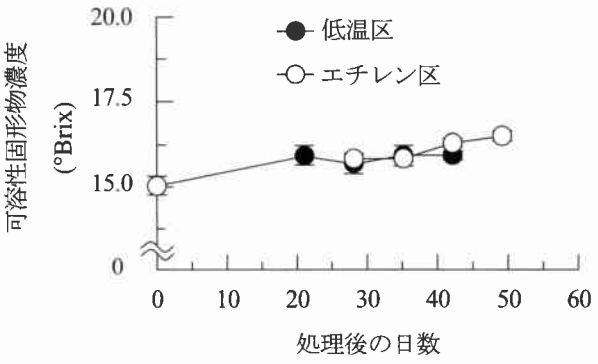
第3図 低温およびエチレン処理した‘ル レクチエ’果実の追熟中の果肉硬度（赤道部）の変化
垂線は，標準誤差を示す（n = 10）
アスタリスクなし，(*) および (**) は，それぞれ，有意差なし，5%水準および1%水準の有意差を示す（t- 検定）

3. エチレン生成量

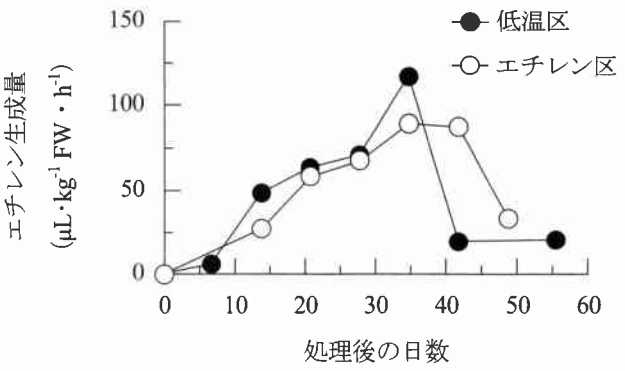
収穫時果実のエチレン生成量は微量（約0.3 μL•kg^{-1} FW•h^{-1}）であった．低温区のエチレン生成量は，35日に最大となり，その後，急激に減少した（第5図）．エチレン区のエチレン生成量は，低温区とほぼ同様に増加したが，低温区より7日遅い42日以降急激に減少した．両処理がエチレン生成は同程度であり，差はなかった．

エチレン処理によるエチレン生成の促進は，‘d’Anjou’（Wangら，1972），‘ラ・フランス’（北村，1987）および‘ル レクチエ’（古田・浅野，1991; 古田ら，1991）で報告されている．さらに，低温処理によるエチレン生成の促進は，‘d’Anjou’（Blankenship • Richardson, 1985），‘ラ・フランス’（佐藤ら，1993）および‘ル レクチエ’（古田ら，1991）で示されている．

追熟中の‘ル レクチエ’のエチレン生成量のピークは，エチレン処理果，低温処理果，無処理果の順で現れる（古田・浅野，1991）．しかしながら，本試験における両処理区のエチレン生成量のピークは，35日であり，差がなく，さらにエチレン生成パターンも，エチレン区で急激な低下開



第4図 低温およびエチレン処理した‘ル レクチエ’果実の追熟中の可溶性固形物濃度（赤道部）の変化
垂線は，標準誤差を示す（n = 10）
アスタリスクなしは，有意差がないことを示す（t- 検定）



第5図 低温およびエチレン処理した‘ル レクチエ’果実の追熟中のエチレン生成量の変化
各測定日のエチレン生成量は，5果ずつ2反復で測定し，その平均値を示している

始時期が7日遅れただけで，ほぼ同様であった．このように，エチレン生成のピークは一定温度追熟では明確な差が見られるが，外気温追熟ではその差がなくなるものと考えられる．

4. 可食果，過熟果および内部褐変果の割合

両処理区とも果実の多くは35日以降に可食状態に達した（第6図a）．その後，低温区は42～49日にかけて，エチレン区は42～56日にかけて過熟状態になった（第6図b）．果実の内部褐変は両処理区とも49日以降に確認された（第6図c）．

両処理区の可食果の割合の変化が同様の傾向を示したことから，エチレン処理が可食果の割合に及ぼす影響は低温処理と同程度であることが示された．可食果の割合が100%に達した時の赤道部の果色値は，処理間で差がなく，5.0であった（第2図および第6図）．さらに，両処理区の可食適期とエチレン生成量のピークが一致した．これは，古田・浅野（1991）の報告とほぼ一致した．このことから，‘ル レクチエ’の果実は，収穫後処理や追熟温度に関わらず，エチレン生成のピークと可食期がほぼ一致することが示唆された．さらに，この現象は，セイヨウナシ‘バートレット’を20°Cで追熟させた時にも確認されている（北村ら，1981）．しかしながら，北村（1987）および佐藤ら（1993）の‘ラ・フランス’の報告では，エチレン生成のピークと可食期が一致しなかった．したがって，この現象は，‘ル レクチエ’あるいは‘バートレット’に特異的なのかもしれない．

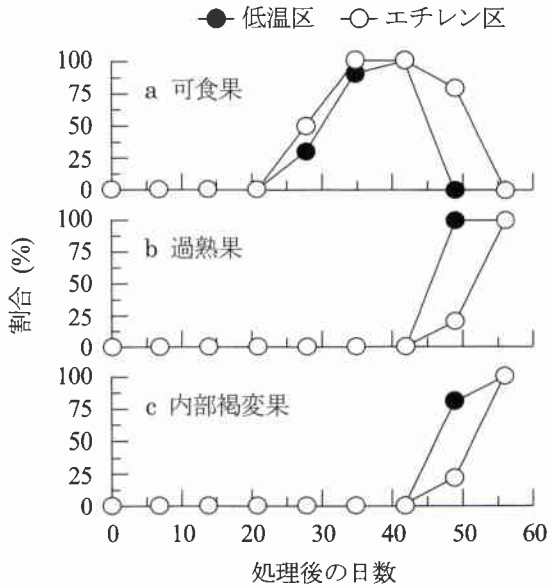
エチレン区の過熟果の割合は低温区より低く推移したため，日持ちはエチレン処理した果実で長かった．過熟状態に達した時の赤道部の果色値は，5.3（低温区）および5.8（エチレン区）であり，処理間で異なった（第2図および第6図）．さらに，過熟状態に達した時の果色値は可食適期の果色値より高く，果皮の黄化は可食適期後にも進行することが示された．内部褐変果の割合は過熟果の割合と同様に低温区で高い傾向が示された．

5. 果皮色による硬度の推定

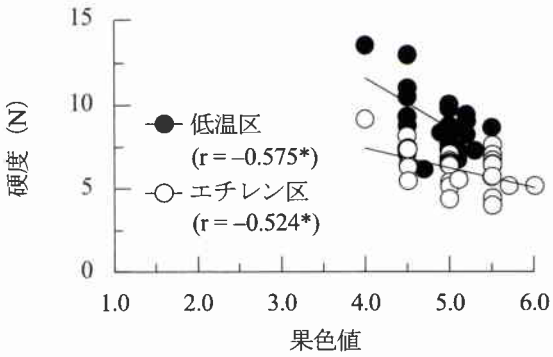
果実の追熟段階を果皮色から推定するために，果皮色と果肉硬度の相関関係を調査した（第7図）．相関係数は−0.575（低温区）および−0.524（エチレン区）であった．両処理の相関係数は5%水準で有意であり，果皮色から内部品質の果肉硬度を推定できることが示唆された．しかしながら，両処理区で同じ果色値であっても，追熟中の低温区の果肉硬度はエチレン区より高い傾向が見られた．このことから，高濃度のエチレン処理は，果皮の黄化を促進させるとともに，低温処理よりも果肉の軟化を促進させることが示唆された．

6. 外気温追熟におけるエチレン処理の評価

果肉硬度を基準とした可食果の割合は，処理間で差がなく，同様の傾向を示した（第6図）．しかし，収穫後処理の日数を含めた追熟必要日数は，エチレンと低温処理の間には6日間の差があり，エチレン区の追熟必要日数は低温区より6日間短くなる．したがって，外気温追熟において，エチレン処理は追熟促進法として有効な方法であると考えられる．しかしながら，‘ル レクチエ’におけるエチレン処理の最適濃度は未だ不明であり，さらなる試験が必要である．また，生産現場では一度に大量の果実が収穫され，その大量の果実を一度に処理しなければならない．今後，生産現場でエチレン処理を実用化するには，エチレンの処理施設および処理方法についても検討しなければならない．



第6図 低温およびエチレン処理した‘ル レクチエ’果実の追熟中の可食果（上段），過熟果（中段）および内部褐変果の割合（下段）の変化
各測定日には10果実を供試し，割合（%）を算出している



第7図 低温およびエチレン処理した‘ル レクチエ’果実の果皮色と果肉硬度の関係
処理後28～49日の果実硬度と果色値を示す
相関係数の有意差は無相関検定で求め，*は5%水準の有意差を示す

摘　要

収穫後に低温（5°C・7日間）またはエチレン（5000 ppm・24時間）処理したセイヨウナシ‘ル レクチエ’の果実において，外気温で追熟させた時の果実の果皮色（赤道部お

よびていあ部), 果肉硬度, 可溶性固形物濃度およびエチレン生成量の変化を測定した. 果実を追熟させた時, 低温またはエチレン処理区の可食果の割合は, 処理後 35 日に 100 %に到達した. 両処理区の果実からのエチレン生成量は, 処理後 14 日から増加し, 処理後 35 日に最大に達した. エチレン処理区の赤道部およびていあ部の果色値は, 処理後 49 および 56 日に低温処理区の果実より有意に高かった. 両処理区において, 果実が可食適期に達した時の赤道部の果色値は 5.0 以上であった. 低温およびエチレン処理区で果色値が同じ時, 果肉硬度は異なった.

引用文献

Blankenship, S. M. and D. G. Richardson. 1985. Development of ethylene biosynthesis and ethylene-induced ripening in 'd'Anjou' pears during the cold requirement for ripening. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 110: 520–523.

古田道夫・浅野　聡. 1991. 西洋ナシ（ル レクチエ）の追熟特性. 新潟県食品研究所研究報告. 26: 1–5.

古田道夫・浅野　聡・今井誠一. 1994. 二酸化炭素吸収剤利用による西洋ナシのフィルム包装貯蔵. 日本包装学会誌. 3: 102–111.

Furuta, M., S. Asano and S. Imai. 1992. Prevention of browning of the peel of pears by polyethylene film packaging. Packaging technology and Science 5: 91–100.

古田道夫・浅野　聡・今井誠一. 1991. エチレン発生剤の利用による果実の追熟調節. 包装研究. 12: 19–27.

北村利夫. 1987. セイヨウナシ 'ラ・フランス' の追熟生理及び品質における収穫日, 追熟温度及びエチレン処理の影響. 園学雑. 56: 229–235.

北村利夫・岩田　隆・福島忠昭・古川良茂・石黒運弥. 1981. 果実・野菜の成熟生理と貯蔵に関する研究（第 2 報）. 園学雑. 49: 608–616.

Kojima, K., N. Sakurai, S. Kuraishi and A. Kokubo. 1994. Changes in firmness and chemical constituents of banana fruits during ripening. Jpn. J. Trop. Agr. 38: 293–297.

Kondo, S., K. Settsu and A. Jitratham. 2004. How application times of 2,4-DP influence the ripening capacity of 'La France' pears. HortScience 39: 101–104.

Kondo, S. and Y. Takano. 2000. Cell wall metabolism and induction of ripening capacity in 'La France' pears as influenced by 2,4-DP. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 125: 242–247.

松本辰也. 2005. ル レクチエの収穫適期検証. 新潟農総研園芸センター試験成績書（果樹）. 平成 16 年度 : 73–74.

Murayama, H., T. Katsumata, O. Horiuchi and T. Fukushima. 2002. Relationship between fruit softening and cell wall polysaccharides in pears after different storage periods. Postharvest Biol. Technol. 26: 15–21.

Murayama, H., I. Konno, S. Terasaki, R. Yamamoto and N. Sakurai. 2006. Nondestructive method for measuring fruit ripening of 'La France' pears using a laser Doppler vibrometer. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 75: 79–84.

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.

Murayama, H., T. Takahashi, R. Honda and T. Fukushima. 1998. Cell wall changes in pear fruit softening on and off the tree. Postharvest Biol. Technol. 14: 143–149.

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.

歌代景一・山田　寿. 1996. セイヨウナシ果実の発育中および追熟中におけるポリフェノール含量の品種差異と台木の影響. 園学雑. 64: 779–786.

Wang, C. Y., W. M. Mellenthin and E. Hansen. 1972. Maturation of 'Anjou' pears in relation to chemical composition and reaction to ethylene. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 97: 9–12.