

エチレン処理したセイヨウナシ ‘ル・レクチュ’ における追熟温度と積算温度との関係

知野秀次¹・太田祐樹¹・松本辰也²・児島清秀^{1*}

(平成22年7月11日受付)

要約

収穫後にエチレン処理したセイヨウナシ ‘ル・レクチュ’ において、10℃、15℃および20℃で追熟中の果実の生重量、果皮色、果肉硬度、可溶性固形物濃度、適食果および過熟果の経時的変化を測定した。さらに、それらの果実特性と積算温度との関係を示した。10℃および15℃で追熟させた果実の果肉硬度は積算温度400℃日に適食硬度 (5.1~12.0 N) に達した。しかし、20℃で追熟させた果実は正常に軟化せず、適食硬度に達しなかった。積算温度400℃日において、10℃で追熟させた果実の生重量の減少量は15℃や20℃よりも少なかった。果実が適食状態に達した時の果色値は5.5 (10℃) および5.0 (15℃) であり、追熟温度間で有意な差が認められた。しかしながら、可溶性固形物濃度は追熟期間中にほとんど変化しなかった。果皮のしわの抑制と果実の水分保持を考慮した場合、追熟適温は10℃であった。これらの結果は、エチレン処理後に10℃~15℃で追熟させた ‘ル・レクチュ’ 果実が積算温度400℃日で適食状態に達することを示した。

新大農研報, 63(1):29-34, 2010

キーワード：果皮色、果肉硬度、可溶性固形物濃度、水分消失

セイヨウナシ ‘ル・レクチュ’ (*Pyrus communis* L. cv. Le Lectier) は樹上では適食状態にならず、収穫後に数週間から数ヶ月の追熟を必要とする (古田・浅野, 1991)。生産現場における一般的な追熟方法は収穫後に外気温で追熟させる自然追熟である。しかし、自然追熟法では果実の熟度にばらつきがあり、計画的な出荷・販売が難しい。そのような背景をふまえ、古田ら (1991) は熟度のばらつきを抑える低温処理追熟法を提案した。この追熟法は追熟制御技術でもあり、生産現場で実用化されている。‘ル・レクチュ’ 果実の成熟生理と追熟については古田 (2000) および児島 (2008) によってまとめられている。

‘ル・レクチュ’ 果実の適食期の推定には積算温度が有効である。自然追熟または低温処理追熟法で追熟させた果実は約570℃日または約390℃日で適食期を迎える (新潟県, 2006)。しかし、‘ル・レクチュ’ の果実特性と積算温度との関係に関する詳細な報告は少なく、積算温度を基準とした果皮色、果肉硬度および可溶性固形物濃度の経時的な変化は明らかにされていない。

本研究は、エチレン処理した ‘ル・レクチュ’ 果実を10℃、15℃または20℃で追熟させ、追熟日数または積算温度を基準とした果実特性 (生重量、果皮色、果肉硬度、可溶性固形物濃度および適食果率) の経時的変化を示した。さらに、得られた結果をもとに追熟温度と積算温度との関係について考察した。

材料および方法

1. 植物材料

セイヨウナシ ‘ル・レクチュ’ の果実は新潟県園芸研究センターに植栽されている樹齢15年の2本の樹から採取した。果実は収穫適期である年10月22日 (2003) に採取した。

2. 追熟方法

以前の報告 (知野ら, 2007) に従い、収穫した果実は5000 ppmのエチレン処理 (20℃・24時間) を施した。処理後、果実は10℃ (10℃区)、15℃ (15℃区) または20℃ (20℃区) のインキュベーター内で追熟させた。水を入れたプラスチックトレイをインキュベーター内に置き、湿度を約80%に維持した。

3. 果実特性の調査方法

果実特性の調査は以前の報告 (知野ら, 2009) を参考に行った。果実重、果皮色、果肉硬度および可溶性固形物の測定は積算温度 (1日の平均温度の積算値) を基準とし、100℃日毎に行った。各測定日には5果実を供試した。

果実重の割合 (%) は収穫時の果実重を基準とし、以下の式 [1] から算出した。

$$\text{果実重の割合}(\%) = (\text{調査時の果実重} / \text{収穫時の果実重}) \times 100 \quad [1]$$

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、果実の赤道部の4か所を測定した (第1図)。

果肉硬度の測定は貫入式硬度計 (佐藤製作所) で測定した。硬度計には円筒型の直径8.0 mmのプランジャーを取り付け、赤道部の果肉の4か所を測定した (第1図)。測定時には果皮をナイフではなく皮した。

果肉の可溶性固形物は、屈折糖度計 (N-1E, ATAGO) で測定した。果実の赤道部から約1 cmの厚さの切片を切り出した (第1図)。その後、4つの果肉ブロック (約1 cm³) を調整し、それぞれの果汁の可溶性固形物濃度を測定した。

適食果および過熟果の判定は果肉硬度および食感を基準とした。本研究では、果肉硬度が5.1~12.0 N、果肉がメルティング質のものを適食状態とした。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。適食果率は以下の式 [2] から算出した。

$$\text{適食果率}(\%) = (\text{適食果数} / \text{調査果数}) \times 100 \quad [2]$$

¹ 新潟大学大学院自然科学研究科

² 新潟県農業総合研究所園芸研究センター

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

結 果

1. 果実重の変化

10℃区の果実重の割合は15℃区および20℃区よりも高く推移した(図2)。積算温度400℃日において、果実重の割合は98.5%(10℃区)、96.5%(15℃区)および91.1%(20℃区)であった(図2B)。

2. 果皮色の変化

収穫時および処理後の果実の果色値は2.5であった。処理後の日数において、全区の処理後0~10日の果色値はほとんど変化しなかった。その後、追熟温度に関わらず、ほぼ同様の変化を示した(図3A)。しかし、積算温度で比較すると、温度間で有意な差が認められた(図3B)。

3. 可溶性固形物濃度の変化

収穫時の可溶性固形物濃度は14.8 Brix%であり、10℃区および15℃区の可溶性固形物濃度はほぼ同様の傾向を示した(図4)。20℃区の濃度は追熟中に0.9 Brix%上昇した。しかし、全区において、有意な濃度上昇は認められなかった(図4B)。

4. 果肉硬度の変化

収穫時の果肉硬度は60 Nであった。処理後日数において、10℃区および15℃区の果肉硬度は日数の経過とともに低下し、処理後40日(10℃区)および27日(15℃区)に適食硬度(5.1~12.0 N)に達した(図5A)。20℃区の果実は萎縮し、適食

硬度に達する前に腐敗した。積算温度において、果肉硬度の低下パターンは追熟温度によって異なった(図5B)。400℃日の10℃区および15℃区の果肉硬度は7.8 Nおよび7.1 Nであり、ほぼ一致した。

5. 適食果率の変化

処理後の日数において、適食果率は27日(15℃区)および40日(10℃区)に100%に達した(図6A)。しかし、20℃区の果実は、萎縮し、適食状態にならなかった。積算温度において、10℃区および15℃区の適食果率は処理後400℃に100%に到達した(図6B)。

考 察

収穫後の‘ラ・フランス’果実におけるエチレン処理は熟度のばらつきを抑え、追熟日数を短縮させる(北村, 1987)。同様のエチレンの効果は‘ル・レクチェ’果実でも確認されている(古田と浅野, 1991; 古田ら, 1991)。
 ‘ル・レクチェ’果実の追熟適温は10℃であり、追熟効率を考慮すると15℃が適当である(古田と浅野, 1991)。本試験の10℃もしくは15℃で追熟させた果実において、両区の果実は追熟中に果皮が黄化し(図3)、果肉硬度は低下し(図5)、適食状態を迎えた。両区の果実が適食状態に達した時、肉質には差が認められなかった。さ

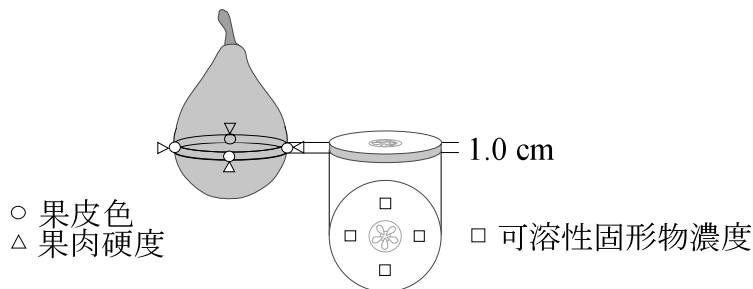


図1 果皮色, 果肉硬度および可溶性固形物濃度の測定部位(模式図)

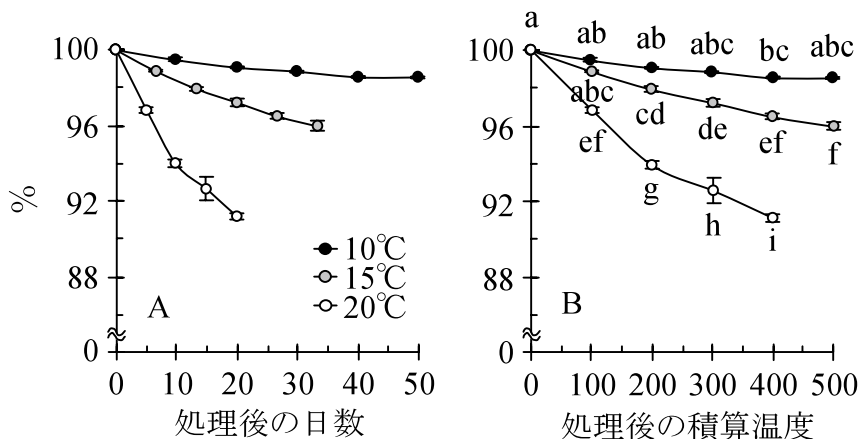


図2 果実重の割合の変化
 処理後の日数および積算温度の0はエチレン処理終了時を示す
 異なるアルファベット間には5%水準の有意差があることを示す(Tukey検定)
 垂線は標準誤差を示す(n = 5)

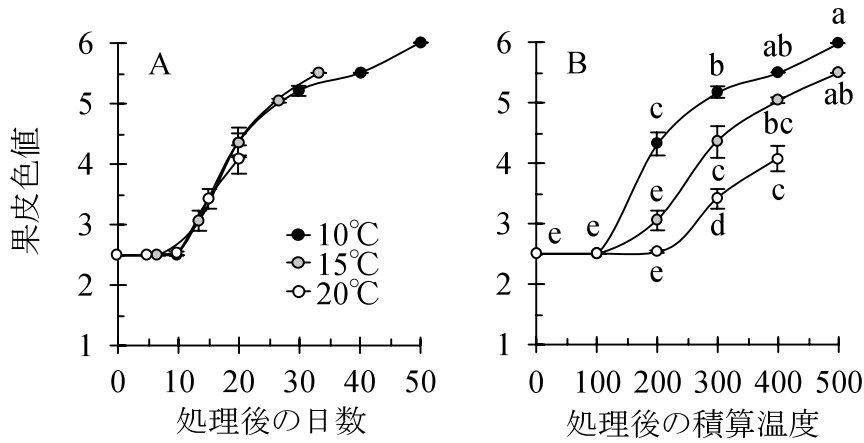


図3 果皮色の変化
 処理後の日数および積算温度の0はエチレン処理終了時を示す
 異なるアルファベット間には5%水準の有意差があることを示す(Tukey検定)
 垂線は標準誤差を示す(n = 5)

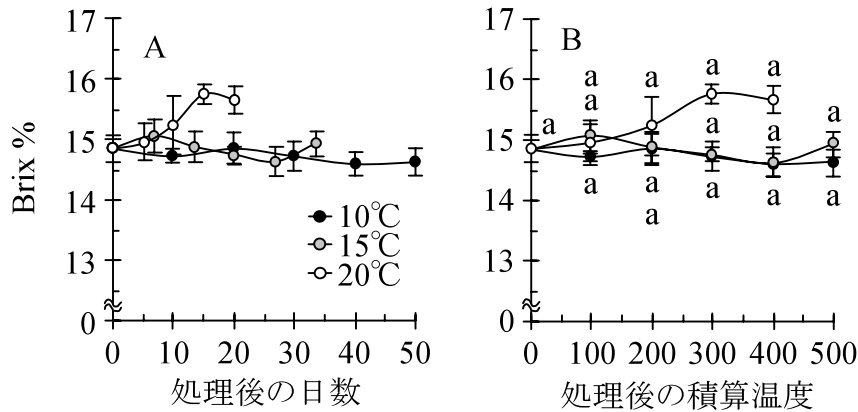


図4 処理後の日数(A)または積算温度(B)を基準にした可溶性固形物濃度の変化
 処理後の日数および積算温度の0はエチレン処理終了時を示す
 異なるアルファベット間には5%水準の有意差があることを示す(Tukey検定)
 垂線は標準誤差を示す(n = 5)

らに、可溶性固形物濃度についても有意な差が認められなかった(図4)。しかし、10°Cで追熟させた果実は果実重の減少が少なく(図2)、果皮のしわの発生が抑制されていた。内部品質と外観品質を総合的に評価すると、エチレン処理した‘ル・レクチェ’果実の追熟には、10°Cが適していることが明らかになった。また、この結果は古田と浅野(1991)の追熟適温を支持するものと考えられる。

古田と浅野(1991)の報告によると、‘ル・レクチェ’果実は20°Cでも正常に追熟する。一方、Murayamaら(1995)は高湿条件下であれば果実が正常に追熟するが、75%以下の相対湿度では果実が正常に追熟しないことを報告している。本試験の20°C区の果実はMurayamaら(1995)の后者の事例と同様に追熟しなかった。この追熟抑制の原因は、20°C区の果実重が著しく減少したことから(図2)、果実の水分消失に起因する

ものと推察された。また、統計的に有意な差は認められなかったが、20°C区の可溶性固形物濃度の上昇は水分消失による濃縮と推察された(図4)。従って、15~20°Cの比較的高い温度で‘ル・レクチェ’果実を追熟させる場合は、高湿度条件を維持し、水分消失を抑制することが重要なポイントとなることが示唆された。

セイヨウナシ‘ラ・フランス’において、追熟が完了するまでの積算温度は200~300°C日であり、その積算温度は収穫後処理や追熟温度によって変化する(佐藤ら、1993)。同様に、‘ル・レクチェ’果実の追熟が完了するまでの積算温度も収穫後処理によって変化する(新潟県、2006)。エチレン処理した本試験において、10°Cおよび15°Cで追熟させた果実は積算温度400°C日で適食期を迎えた(図6B)。この結果は、新潟県(2006)が報告した低温処理追熟法の積算温度(約390°C日)とはほぼ一致

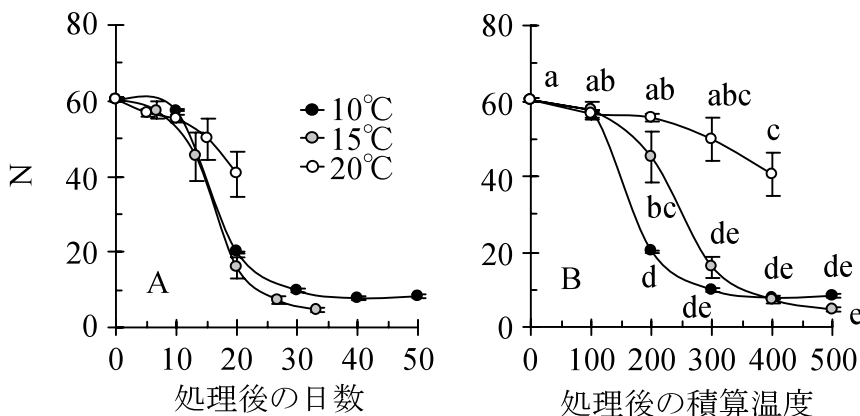


図5 処理後の日数 (A) または積算温度 (B) を基準にした果肉硬度の変化
 処理後の日数および積算温度の0はエチレン処理終了時を示す
 異なるアルファベット間には5%水準の有意差があることを示す(Tukey検定)
 垂線は標準誤差を示す (n = 5)

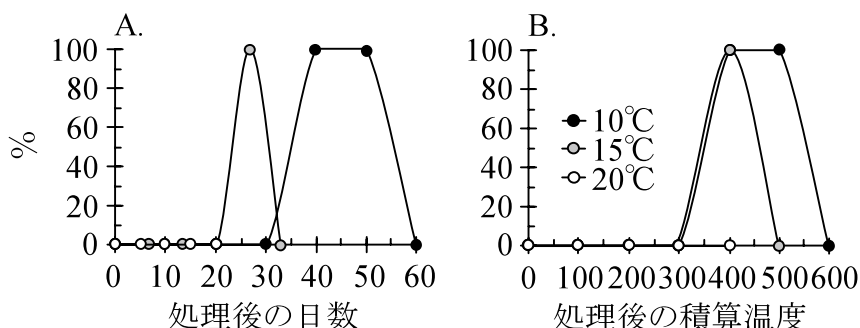


図6 処理後の日数 (A) または積算温度 (B) を基準にした適食果の変化
 処理後の日数および積算温度の0はエチレン処理終了時を示す
 各測定日には5果実を供試し、割合を算出した

した。このことから、0～2℃の低温処理（7～10日）はエチレン処理（5000 ppm）と同レベルの追熟促進効果を持つものと推定された。また、10℃と15℃で追熟させた果実の果肉硬度が積算温度400℃日ではほぼ一致した（図5B）。この結果は、10～15℃の間の追熟温度で変動する条件でも、積算温度の実用性を示すものと考えられる。従って、エチレン処理後に10～15℃の間の温度で果実を追熟させれば、積算温度から適食期までに必要な追熟日数を算出することが可能である。

早期収穫した果実は適期や遅採り収穫した果実よりも追熟日数を要し、早期または遅採り収穫は不完全追熟果を生じる（古田と浅野, 1991）。また、追熟日数はエチレンの処理濃度によって異なることが古田ら（1991）によって報告されている。この2つの報告に加え、前述のMurayamaら（2005）の報告を考慮すると、エチレン処理した果実の適食期を積算温度から推定するには4つの追熟条件を満たす必要があると考えられる。その4つの追熟条件とは、①適期収穫、②3,200～5,000 ppmのエチレンの処理濃度、③10～15℃の追熟温度、ならびに④80%以上の高湿度である。しかしながら、果実の生重量の減少は追熟温度が高いほど著しい（図2）。従って、追熟温度が高いほど、高湿度を維持しなければならない。

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・レクチュエ」の追熟過程の果実特性におよぼす影響. *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・レクチュエ」における非破壊法による果実特性の評価. *園学研*, **8**: 109-114.
 古田道夫. 2000. 追熟、貯蔵、出荷の技術（ル・レクチュエ）. pp. 135-138. 農文協編. *果樹園芸大百科9 西洋ナシ*. 農文協, 東京.
 古田道夫・浅野 聡. 1991. 西洋ナシ（ル・レクチュエ）の追熟特性. *新潟食研報*, **26**: 1-5.
 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.
 児島清秀. 2008. 西洋ナシの「ル・レクチュエ」—果実の成熟生理と追熟—. *農及園*, **83**: 1069-1073.
 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.
新潟県. 2006. 3 西洋ナシ. pp. 149-178. 新潟県農林水産部農産園芸課編. 果樹指導指針. 新潟県農林水産部農産園芸課, 新潟.

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.

Relationship between Ripening Temperature and Accumulative Temperature in 'Le Lectier' Pears Treated with Ethylene

Shuji CHINO¹, Yuuki OHTA¹, Tatsuya MATSUMOTO² and Kiyohide KOJIMA^{1*}

(Received July 11, 2010)

Summary

In 'Le Lectier' pears treated with ethylene (5000 ppm · 24 hours) after harvested, showed changes in fresh weight, peel color, flesh firmness, soluble solid concentration, edible ripeness of fruits were determined during ripening at 10°C, 15°C and 20°C. In addition, relationships between those fruit characteristics and accumulative temperature were showed. When the fruits were ripened at 10°C and 15°C, the flesh firmness reached 5.1-12.0 N (edible firmness) at 400°C · days in accumulative temperature. But, fruits ripened at 20°C did not soften normally, and those did not reach edible firmness. In 400°C · days of accumulative temperature, the decrease in fresh weight ripened at 10°C was less than that of 15°C and 20°C. The peel color indices of fruits ripened at 10°C and 15°C were 5.5 and 5.0 when fruits reached the edible ripeness stage, and there were significant differences among ripening temperature. However, soluble solid concentration has hardly changed during ripening. In consideration of the water retention of fruit and the wrinkles inhibition of peel, the suitable temperature of ripening was 10°C. These results showed 'Le Lectier' pears treated with the ethylene ripened from 10°C to 15°C reached edible ripeness stage at 400°C · days.

Bull.Facul.Agric.Niigata Univ., 63(1):29-34, 2010

Key words : flesh firmness, water loss, peel color, soluble solids concentration

¹ Graduate School of Science and Technology, Niigata University

² Horticultural Research Center, Niigata Agricultural Research Institute

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