果実・野菜の成熟生理と貯蔵に関する研究 (第2報)

ナシ果実の呼吸量及びエチレン生成量と種間及び品種間差異

北村利夫・岩田 隆*・福島忠昭・古川良茂**・石黒運弥***

(山形大学農学部)

Studies on the Maturation-Physiology and Storage of Fruits and Vegetables

II. Respiration and Ethylene Production in Reference to Species and Cultivars of Pear Fruit

Toshio KITAMURA, Takashi IWATA, Tadaaki FUKUSHIMA,

Yoshihige FURUKAWA and Tokiya ISHIGURO

Faculty of Agriculture, Yamagata University, Tsuruoka, Yamagata 997

Summary

The changes in respiration rates, ethylene production, internal ethylene concentrations and flesh firmness were investigated during the maturation and ripening periods of pear fruits, using 3 species and several cultivars, as follows: *Pyrus communis* L. var. *sativa* DC. (Bartlett, La France and Winter Nelis), *Pyrus serotina* Rehd. var. *culta* (Yakumo, Nijisseiki, Niitaka and Kikusui), *Pyrus ussuriensis* Maxim. var. *sinensis* Kikuchi (Ya-li, Rai-Yan-Tsu-li and Auto-li). The fruits were picked 2—3 times at different stages of maturity and stored at 20°C.

1. Three cultivars of *P. communis*, Bartlett, La France, and Winter Nelis showed a typical climacteric pattern of respiration. Respiration and ethylene production in both La France and Winter Nelis were much lower than in Bartlett.

2. Among *P. serotina*, Yakumo and Kikusui fruits picked at two different stages of maturity showed a rise in respiration; respiration didn't rise in Nijisseiki and Niitaka fruits picked at commercial harvest maturity, but did in fruits picked at the immature stage. Ethylene production in Yakumo increased with rising respiration, but the other 3 cultivars maintained a very low level of production during the experimental period.

In Nijisseiki, exogenous ethylene treatment caused a rise in respiration immediately after picking. This effect continued only in the presence of exogenous ethylene, and could be reproduced in the same fruit when re-treated with ethylene after a month of storage.

It was concluded that Yakumo and Kikusui can be classified as climacteric fruits, while Nijisseiki and Niitaka are non-climacteric fruits.

3. Three cultivars of *P. ussuriensis*; Ya-li, Rai-Yan-Tsu-li and Auto-li showed a typical climacteric accompanying a rise in ethylene production.

緒 言

現在果樹として栽培されているナシには、ニホンナシ (*Pyrus serotina* Rehd. var. *culta*), チュウゴクナシ

(*Pyrus ussuriensis* Maxim var. *sinensis* Kikuchi), 及びセイヨウナシ (*Pyrus communis* L. var. *sativa* DC.) の3種がある。セイヨウナシはヨーロッパ中部からアジア西部に野生する *P. communis* の改良種、ニホンナシはニホンヤマナシ (*P. serotina*) の改良種、チュウゴクナシはニホンヤマナシとホクシヤマナシ (*P. ussuriensis*) の交雑による改良種とみなされている(15)。

1980年5月30日受理

* 大阪府立大学農学部

** 京都大学農学部

*** 山形県酒田市農業改良普及所

セイヨウナシとチュウゴクナシは収穫後一定期間の追熟によって完熟に達してから食用となるが、ニホンナシでは樹上での成熟の過程で収穫され直ちに食用となる。そこで本報は、上述の3種のナシについてそれぞれ数種の栽培品種を用いて、成熟期間中に数回採取して 20°C 貯蔵中の呼吸、エチレン生成の変化並びにそれらと種々の成熟現象との関係について調査し、種間及び栽培品種間で比較検討した。

材料及び方法

セイヨウナシは 1975 年に山形県園芸試験場砂丘分場産のパートレットを 8 月 28 日、ラ・フランスを 10 月 13 日、18 日と 31 日、ウインター・ネリスを 10 月 13 日、31 日と 11 月 10 日にそれぞれ採取した。なお、当地における収穫適期はパートレットで 8 月下旬～9 月上旬、ラ・フランスで 10 月中旬、ウインター・ネリスで 11 月上旬とされている。ニホンナシは 1977 年に鶴岡市郊外の果樹園から八雲を 9 月 21 日と 28 日、二十世紀を 9 月 21 日、28 日と 10 月 6 日、新高を 9 月 21 日、28 日と 10 月 12 日にそれぞれ採取した。各品種の収穫適期は八雲で 9 月下旬、二十世紀で 9 月下旬～10 月上旬、新高で 10 月上旬とされている。翌年（1978 年）には大阪府高槻市の京都大学附属農場産の菊水を 8 月 31 日と 9 月 11 日に採取した。二十世紀は 9 月 11 日に採取したが、一部の果実について直ちに 500 ppm のエチレン処理を 48 時間行った。20°C 貯蔵 38 日後に、一度エチレン処理した果実を再び 500 ppm のエチレンで 48 時間処理した。チュウゴクナシも同農場から鴨梨（ヤーリー）、萊陽慈梨（ライヤンツリー）及び凹凸梨（アフトリー）を同年の 10 月 4 日にそれぞれを採取した。採取した果実は直ちに 20°C 定温室に入れた。採取当日及び貯蔵中の調査項目は果肉硬度、屈折計示度（可溶性固形物含量）、呼吸量（CO₂ 排出量）、エチレン生成量及び組織内エチレン濃度である。各々の測定方法は前報（13）と同じである。

結 果

（1）セイヨウナシ パートレット：8 月 28 日採取当日の果肉硬度は 4 kg、可溶性固形物は 12°、組織内エチレン濃度は 0.25 ppm であった。採取後 20°C 貯蔵中の呼吸量、エチレン生成量及び果肉硬度の変化を第 1 図に示した。呼吸量は採取当日 10 mg/kg·hr でその後少しずつ増加し、7 日後より急速に増大し、11 日後には 44 mg/kg·hr 値となりピークに達した。エチレン生成量は 6 日後に微量検出され、その後急速に増大し、11 日後に 142 μ l/kg·hr となり最高値に達した。果肉硬度は採取当日から少しずつ減少しはじめ 7 日後より急減

Fig.1. Respiration, ethylene production and flesh firmness of Bartlett pear picked at usual harvest period (Aug. 28) and held to ripen at 20°C (1975).

し、10 日後で 0.1 kg となり可食状態に入り、13 日後には過熟となった。果皮は 8 日頃から緑色が消失し始め、10 日後には全面黄色となり香りも出現した。

ラ・フランス：成熟期間中の 3 時期に採取した果実について、果実重量、果肉硬度、可溶性固形物含量、組織内エチレン濃度及び呼吸量を第 1 表に示した。果実重量は採取時期が遅くなる程増大した。可溶性固形物は最終採取果で少し増大した。果肉硬度は 2.3 kg から 1.0 kg まで減少した。組織内エチレン濃度は 10 月 13 日果で 0.25 ppm、10 月 18 日果で 0.35 ppm、10 月 31 日果で 10 ppm と急増した。呼吸は採取後 20°C、24 時間後にそれぞれ測定したものであるが、10 月 18 日採取果でいったん減少し、10 月 31 日採取果で増大した。上述の 3 時期に採取した果実の 20°C 貯蔵中の呼吸量、エチレン生成量及び果肉硬度の変化を第 2 図に示した。10 月 13 日採取果の呼吸量は採取後いったん減少し、4 日後よりほぼ一定の値で推移し、17 日（10 月 30 日）以降わずかに増加する傾向を示した。エチレン生成量は 17 日後に微量検出され、その後もほぼ同じレベルで推移した。果皮が黄化し始めたのは 29 日頃で、この頃果肉が軟らかくなって可食状態になり、33 日後には果実の一部が腐敗し始めた。10 月 18 日採取果の呼吸量は採取後ほぼ一定の値で推移し、12 日後（10 月 30 日）より漸増し、20 日後（11 月 7 日）には 19 mg/kg·hr 値となりピークを示し、以後ほぼ同じレベルで推移した。エチレン生成量は 8 日後（10 月 26 日）に微量検出され、12 日後（10 月 30 日）よりわずかに増大し始め、20 日（11 月 7 日）以降急増し、果皮の黄緑化を伴い、24 日後（11 月 11 日）に 5.7 μ l/kg·hr となり最高値に達し以後減少した。果肉硬度は 13 日後より減少し始め 17 日後に

Table 1. Changes of respiration, internal ethylene concentration, soluble solid, fruit weight and flesh firmness in two cultivars of European pear fruit during maturation on the tree.

Cultivar	La France			Winter Nelis		
Picking date (1975)	13. Oct.	18. Oct.	31. Oct.	13. Oct.	31. Oct.	10. Nov.
Fruit weight (g)	220	270	300	230	230	240
Flesh firmness (kg)*	2.3	2.0	1.0	3.4	2.7	2.6
Soluble solids (Bx°)	18	18	19	18	18	18
Internal C ₂ H ₄ (ppm)	0.25	0.35	10	trace	0.25	0.5
Respiration (CO ₂ mg/kg·hr)**	20	12	19	20	8	18

* Universal fruit pressure tester with a cylindrical plunger 5 mm in diameter.

** Respiration were measured after equilibrium at 20°C for 24 hr. Similarly in Table 2.

Fig. 2. Respiration, ethylene production and flesh firmness of La France pear harvested at different ages and held to ripen at 20°C (1975).

0.2 kg となり可食状態に入り、26 日後には過熱になった。10 月 31 日採取果の呼吸量は 4 日以後漸増し、13 日後（11 月 13 日）には 34 mg/kg·hr 値となりピークに達した。エチレン生成量は 6 日後（11 月 6 日）より急激に増大し、13 日後（11 月 13 日）に 17 μl/kg·hr となり最高値に達し以後急減した。果肉硬度は採取後徐々に減少し、11 日後に 0.2 kg となり可食状態に入り、15 日後には過熱になった。果皮は 11 日後に全面黄化した。

ウインター・ネリス：3 時期に採取した果実の調査結果を第 1 表に示した。3 時期採取果とも果実重量はほぼ同じで、可溶性固形物もそれぞれ 18° で同じであった。果肉硬度は漸次減少した。3 採取果の呼吸の変化をみると、10 月 31 日果でいったん減少して 11 月 10 日果で増大した。組織内エチレン濃度は 10 月 13 日果では微量しか検出されなかったが、10 月 31 日果は 0.25 ppm、11 月 10 日には 0.5 ppm と増大した。上述の 3 時期に採果した果実の 20°C 貯蔵中の呼吸量、エチレン生成量及び果肉硬度の変化を第 3 図に示した。10 月 13 日採取

果の呼吸量は採取後わずかず減少し、21 日（11 月 3 日）以降わずかに増大する傾向を示し 31 日後（11 月 13 日）にピークを示し、以後減少した。エチレン生成量は、15 日後（10 月 28 日）に微量検出され、19 日後（11 月 1 日）よりわずかず増大した。果肉は 31 日頃軟らかくなって可食状態に入り 35 日後には過熱となった。10 月 31 日採取果の呼吸量は採取後いったん減少し、6 日後（11 月 6 日）より多少の増減を示しながらわずかず増大し、15 日後（11 月 15 日）に 15 mg/kg·hr でピークを示し以後ほぼ同じレベルで推移した。エチレン生成量は 7 日後（11 月 7 日）まで微量で推移したが、その後わずかず増大し、23 日後（11 月 23 日）に 8 μl/kg·hr と最高値を示し以後減少した。果肉硬度は 9 日後より減少しはじめ、15 日後に 0.2 kg となり可食状態に入り、27 日後に過熱となった。11 月 10 日採取果の呼吸量は、採取当初よりほとんど一定の値で推移し、14 日後（11 月 24 日）より少しずつ増大した。エチレン生成量は採取後直ちに増大して 13 日後（11 月 23 日）には 25 μl/kg·hr の値となりピークに達し以

Fig.3. Respiration, ethylene production and flesh firmness of Winter Nelis pear harvested at different ages and held to ripen at 20°C (1975).

Table 2. Changes of respiration, internal ethylene concentration, soluble solid, fruit weight and flesh firmness in two cultivars of Japanese pear fruit during maturation on the tree.

Cultivar	Yakumo		Nijisseiki			Niitaka		
Picking date (1977)	21. Sep.	28. Sep.	21. Sep.	28. Sep.	6. Oct.	21. Sep.	28. Sep.	12. Oct.
Fruit weight (g)	370	400	370	370	400	370	400	400
Flesh firmness (kg)	0.9	0.7	0.8	0.7	0.5	1.0	0.8	0.7
Soluble solids (Bx°)	9	10	10	11	11	10	11	11
Internal C ₂ H ₄ (ppm)	0.25	1.2	trace	trace	trace	trace	trace	trace
Respiration (CO ₂ mg/kg·hr)	9	25	7	15	20	4	15	20

Fig.4. Respiration, ethylene production, internal ethylene concentration and flesh firmness of Yakumo pear harvested at different ages and held to ripen at 20°C (1977).

後減少した。果肉硬度は5日後より急激に減少し、10日後で 0.2 kg となり可食状態に入り 17 日後には過熟となった。

(2) ニホンナシ 八雲：成熟期間中の2時期に採取した果実の呼吸、組織内エチレン濃度、果肉硬度及び可溶性固形物含量を第2表に示した。9月21日と28日のそれぞれの採取果について比較すると、果実重量及び可溶性固形物は増加した。果肉硬度は減少した。果皮は緑色から黄緑色と進んだ。呼吸は急増し、組織内エチレン

ン濃度も急増した。9月21日採取果はまだ果肉は少し堅く出荷熟度の段階であった。9月28日果で完熟に近い状態であった。次に各々の採取果の20°C貯蔵中の呼吸、組織内エチレン濃度、エチレン生成及び果肉硬度の変化を第4図に示した。9月21日採取果の呼吸は6日後より急増し、果皮の黄化を伴った。組織内エチレン濃度は採取後直ちに増大したが、エチレン生成は終始微量で推移した。9月28日採取果の呼吸は採取後いったん減少したのち増大し6日以降は一定の値で推移した。組織内エチレン濃度は採取後直ちに増大し、6日以後増大は緩慢になった。エチレン生成はほぼ一定の値(1.2 μl/kg·hr)で推移した。果皮は採取時に黄緑色でしだいに全面黄化した。果実硬度は2採取果とも採取後急速に減少し、両採取果とも13日後には軟熟状態になった。

二十世紀：3時期に採取した果実の調査結果を第2表に示した。採取時期別の変化をみると、果実重量及び可溶性固形物は少し増大した。果肉硬度は減少し、果皮は緑色から黄緑色と進んだ。呼吸は顕著に増加した。組織内エチレン濃度は各採取果とも極めて微量であった。9月21日採取果ですでにデンプン味は感じられないが、まだ果肉は少し堅く出荷熟度の段階であった。9月28日及び10月6日採取果は適食状態にあった。次に各々の採取果の20°C貯蔵中の呼吸、エチレン生成及び果肉

Fig.5. Respiration, ethylene production and flesh firmness of Nijisseiki pear harvested at different ages and held to ripen at 20°C (1977).

Fig.6. Respiration, ethylene production and flesh firmness of Niitaka pear harvested at different ages and held to ripen at 20°C (1977).

硬度の変化を第5図に示した。9月21日採取果の呼吸は採取後いったん減少したのち6日後より少しずつ増大して果皮の緩慢な黄化を伴った。9月28日採取果の呼吸は漸減の傾向を示した。果皮は採取当初緑色から徐々に黄化が進んだ。10月6日採取果では、呼吸は漸次減少し、果皮は黄緑から黄色へと変化した。組織内エチレン濃度(図省略)及びエチレン生成は3時期採取果とも貯蔵中終始微量であった。果肉硬度は3採取果とも減少は緩慢であった。3採取果とも貯蔵20日後に至っても果肉が極度に軟化する状態にはならないが、この頃より発酵臭が感じられるようになった。

新高：3時期に採取した果実の調査結果を第2表に示した。果実重量及び可溶性固形物は少し増大した。果肉硬度は減少した。呼吸は9月21日から28日にかけて急増したが、組織内エチレン濃度は各採取果とも極めて微量であった。9月21日採取果はまだ果肉が少し堅く出荷熟度の段階であった。9月28日及び10月12日採取果は適食状態にあった。次に各々の採取果の20°C貯

蔵中の呼吸、エチレン生成及び果肉硬度の変化を第6図に示した。9月21日採取果の呼吸は6日後に増大し始め、7日以後一定となった。9月28日採取果の呼吸は少しずつ減少した。10月12日採取果の呼吸も漸減を示した。組織内エチレン濃度(図省略)とエチレン生成は、終始極めて微量であった。新高の果皮は全面サビで覆われており、樹上中及び採取後貯蔵中の変化はともに認められなかった。果肉硬度は3採取果とも減少は緩慢であった。3採取果とも貯蔵20日後に至っても果肉が極度に軟化する状態にはならないが、この頃より発酵臭が感じられるようになった。

菊水：8月31日と9月11日の2時期に採取した果実について調査した。8月31日の呼吸は14 mg/kg·hrで、9月11日は19 mg/kg·hrと増大した。エチレン生成は、2採取果とも極めて微量であった。果重は2採取果とも350 gで一定であった。可溶性固形物は、11.5°から13.8°と増大した。硬度は0.6 kgから0.2 kgへと大きく減少した。果皮色は緑色から黄緑色へと

Fig. 7. Respiration, ethylene production and flesh firmness of Kikusui pear harvested at different ages and held to ripen at 20°C (1978).

変化した。8月31日採取果は果肉はすでに軟らかいが、デンプン味が少し感じられ可食状態でなかった。9月11日採取果は適食状態であった。次に採取後 20°C 貯蔵中の変化を第7図に示した。8月31日採取果の呼吸は単調に増大した。果皮色は緑色から黄色へと変化した。9月31日採取果の呼吸も同様に採取後直ちに増大した。エチレン生成は両採取果とも終始微量で推移した。組織内エチレン濃度は測定しなかった。果皮色は黄緑色から黄色へと変化した。果肉硬度は両採取果とも急速に減少し、両者とも採取後10日で軟熟状態になった。

二十世紀のエチレン処理について：9月11日に二十世紀を採取し、直ちに500ppmのエチレンを48時間処理した果実及び無処理の果実について20°C貯蔵中の呼吸及び果肉硬度の変化を第8図に示した。無処理果の呼吸は終始漸減した。一方採取後直ちにエチレン処理した果実では処理中呼吸は増大し、処理解除後は直ちに呼吸は減少し、その後無処理果とほぼ同じレベルに戻った。このエチレン処理をした果実に貯蔵38日後に2回目のエチレン処理を行ったところ呼吸は再び増大した。果皮色の変化は、採取時黄緑色であったが、エチレン処

Fig. 9. Respiration, ethylene production and flesh firmness of 3 cultivars (Ya-li, Rai-Yan-Tsu-li and Auto-li) of chinese white pear fruit picked on 4 th november (usual harvest period) in 1978 and held to ripen at 20°C.

理果は処理開始4日後に全面黄化した。無処理果では採取2週間後に全面黄化した。果肉硬度は無処理果、エチレン処理果ともほぼ同じ値でゆるやかに漸減した。

(3) チュウゴクナシ ヤーリー、ライヤンツリー、アフターリーについて採取後20°C貯蔵中の呼吸、エチレン生成、果肉硬度の変化を第9図に示した。3品種とも採取後呼吸は直ちに増大し、19日後に同時にピークに達した。エチレン生成についても3品種とも採取後直ちに増大し、ヤーリーで13日後に、ライヤンツリー及びアフターリーで19日後にそれぞれピークに達し

Fig. 8. Effect of ethylene treatment (500 ppm for 48 hr as indicated on the graph) on the respiration and flesh firmness of Nijisseiki pear stored at 20°C.

た。次に果肉硬度は3品種とも採取後急速に減少したが、9日以後は緩慢な減少であった。7日頃に香りが感じられ果肉も軟らかくなり適食状態になった。ライヤンツリー及びアフツリーで30日頃より、ヤーリーで40日頃より腐敗し始めたが、この頃まで風味、肉質とも良好な状態を維持した。

考 察

セイヨウナシの収穫後の呼吸及び生理的变化についての研究は古くからなされており、Gerhardt ら(8)は1938年にBartlettについて、Kidd ら(11)は1940年にConferenceについて調べ、いずれも典型的なclimacteric riseを示すことを明らかにした。本実験ではパートレット、ラ・フランス及びウインター・ネリスの3品種を用いて収穫時の呼吸の変化を調べた。その結果3品種ともclimacteric riseを示したが、climacteric onsetからpeakへの上昇の速さ及びpeak値において、ラ・フランスとウインター・ネリスはパートレットに比べ大変小さい。Smith(17)はリンゴ果実数品種について、climacteric peak時の各品種の呼吸量と貯蔵力との間に関連性が認められるとしている。本実験の3品種においても各品種それぞれの通常の収穫期に採取した果実についてみると、Smithの説を支持する結果を示した。ラ・フランスとウインター・ネリスについては成熟期の3時期に採取し、各々20℃貯蔵中の呼吸及びエチレン生成の変化を調べたが、この3時期に採取した果実の採取24時間後のそれぞれの呼吸量は樹上での呼吸の推定値とみなされる(10, 17)。そこでこれら2品種の推定される樹上での呼吸の変化をみると、ともにいったん減少した後成熟に伴って増大した。このようなことから、セイヨウナシも他のclimactericを有する果実と同様に樹上においてもclimactericを示すものと考えられる。また、採取当日の組織内エチレン濃度は両品種とも採取日の遅い果実ほど増大し、特にラ・フランスでは採取最終日の10月31日果の組織内エチレン濃度は10 ppmにも達した。しかし、採取24時間後のエチレン生成は微量であり、貯蔵数日後に呼吸の増大とともにエチレン生成は増大した。このように組織内エチレン濃度が急増するが、それに伴ってエチレン生成の急激な増大の起こらない現象は前報(13)のリンゴ国光でもみられた。Burg ら(5)は17種類の果実を用いて果実内のエチレン濃度と果実から排出されるエチレン量(エチレン生成量)との割合を調べ、1.8~13 ppm per $\mu\text{l/kg}\cdot\text{hr}$ の範囲内にすべて含まれ、ナシ品種Boscでは5 ppm per $\mu\text{l/kg}\cdot\text{hr}$ とした。この割合に従えば、上述のラ・フランスでは10 ppmに対し2 $\mu\text{l/kg}\cdot\text{hr}$ のエチレン生

成が推定されるが、果実内に蓄積されるエチレン濃度と果実から排出されるエチレン量との関係は果実の種類、また熟度による果皮のガス透過性、果实体積に対する表面積の割合、果実内外のエチレンガスの濃度勾配などの差異によって大きく変わるものと考えられる。

ニホンナシは我が国特有の果実なので、その採取後の生理的变化についての研究報告は少ない。水野(14)は二十世紀と長十郎について種々の生育段階で採取し、20℃貯蔵中の呼吸の変化を調べた。それによると2品種とも幼果では呼吸及びエチレン生成の増大がみられるが、成熟期頃には二十世紀では漸減もしくは一定であり、長十郎では若干の増大はみられるが明瞭でない。エチレン生成は、二十世紀では測定期間中終始極めて微量であったが、長十郎では数 $\mu\text{l/kg}\cdot\text{hr}$ の生成がみられた。本実験の4品種についてみると、八雲及び菊水では成熟の2時期の採取果とも呼吸の増大が認められた。一方二十世紀と新高では、成熟早期の採取果では少し増大を示したが、後の2回の採取果ではほぼ漸減した。エチレン生成は八雲で少量(数 $\mu\text{l/kg}\cdot\text{hr}$)みられたが、他の3品種では定量可能なレベルに達しなかった。組織内エチレン濃度でも、八雲は呼吸の増大と時期を同じくする増大がみられたが、二十世紀及び新高では極めて微量しかみられなかった。なお、菊水の組織内エチレン濃度は測定しなかった。林と平田(9)は二十世紀で果実肥大一着色一完熟期にわたって樹上での呼吸及び組織内エチレン濃度の変化を調べ、着色期に呼吸の一時的な増大が起こり、同時に組織内エチレン濃度の増大もみられたと報告している。本実験での各時期の採取果の最初の呼吸(樹上での呼吸の推定値)の変化をみると、4品種とも熟度の進行に伴ない増大を示した。しかし、組織内エチレン濃度及びエチレン生成とも明らかな増大を示したのは八雲だけで、二十世紀と新高では終始微量しか検出されなかった。Biale(3, 4)は成熟中の呼吸の変化とエチレン処理による呼吸の反応によって、果実を2つのグループ: climacteric と non-climacteric に分類した。Aharoni(1), Biale(2, 4), Denny(7)及びReid(15)らは、non-climacteric 果では、色や成分の変化はエチレンや呼吸の増大を伴わない、エチレン処理は呼吸を増大させる、それを除去すると呼吸は元に戻る。この呼吸の刺激は同じ果実で何回もくり返せる、また、この呼吸の刺激は成熟のいかなるstageの果実でも起こる、以上の現象がclimacteric 果と異なるとした。本実験では、二十世紀に500 ppmのエチレン処理を採取直後から48時間と、38日後に再び果実に48時間の処理を行ったところ上述のnon-climacteric 果と同じ反応を示した。

すなわち呼吸は最初のエチレン処理により無処理果に比べ高い値を示したが、エチレン処理解除後は減少し、その後一定の値で推移し、2度目のエチレン処理により再び増大した。これらのことからみて、二十世紀及び新高は、non-climacteric のグループに属するとみなされる。しかし、climacteric 果でみられる現象も示した。すなわち、成熟の早期の採取果では貯蔵中呼吸の増大を示し、また樹上での成熟期間中の呼吸増大した。大東ら(6)はウンシュウミカンの生育期間中の呼吸は、呼吸測定温度を 20°C 定温で測定すると（本実験と同じ測定条件）、10 月下旬まで漸減し以後増大するが、測定温度を外気温条件で行うと幼果から完熟まで漸減する典型的な non-climacteric 型を示すことを明らかにし、前者の測定方法（20°C 定温）によると 10 月以降気温が降下し果実が不活性化しつつあるものが、20°C の呼吸室で再び呼吸作用を刺激されるものと考察した。本実験の二十世紀と新高についてもこれと同様のことが考えられる。既報(12)でメロン果実は種間で呼吸のパターンが異なることを明らかにしたが、本実験のナシ果実においても種間及び品種間で呼吸のパターンが異なった。即ちセイヨウナシ及び後述のチュウゴクナシは climacteric 型であり、ニホンナシでは品種間によって異なり、八雲と菊水は climacteric 型、二十世紀と新高では non-climacteric 型とみなされる。

チュウゴクナシは外観、風味ともセイヨウナシによく似ており、採取直後よりも一週間前後の追熟により真の風味を発揮する。本実験ではチュウゴクナシの主要品種であるヤーリー、ライヤンツリー、アフトリーを用いて採取後の呼吸の変化を調べたが、いずれの品種も典型的な climacteric rise を示した。climacteric rise の開始から peak に至るまでの期間はセイヨウナシや他の climacteric fruits に比べ大変長く、その途中で果実は適食状態になり、peak 以後も呼吸はゆるやかに減少し、果実の軟熟の進行も緩慢なので日持ちのよい果実といえる。

摘 要

1. ナシ果実 3 種：セイヨウナシ、ニホンナシ、チュウゴクナシについて、それぞれ数種の栽培品種を用いて成熟期間中に 2～3 回採取し、20°C 貯蔵中の呼吸、エチレン生成、組織内エチレン濃度及び、果皮色、果肉硬度などの成熟現象を調べた。

2. セイヨウナシでは、パートレット、ラ・フランス及びウインター・ネリスについて調べた。3 品種とも climacteric を示した。パートレットに比べ、ラ・フランスとウインター・ネリスの呼吸の climacteric peak

値は大変低く、エチレン生成も少なかった。

3. ニホンナシでは、八雲、二十世紀、新高及び菊水について調べた。二十世紀と新高では、通常の収穫期に採取した果実の呼吸は漸減したが、早期収穫果では呼吸の増大が認められた。八雲と菊水は呼吸の増大を示した。エチレン生成は、菊水、二十世紀及び新高では測定期間中終始微量であったが、八雲では呼吸の増大と時期を同じくしてエチレン生成及び組織内エチレン濃度の増大がみられた。

4. 二十世紀を採取後直ちにエチレン処理すると呼吸は増大し、それを除去すると呼吸は無処理の呼吸のレベルまで戻り、相当期間貯蔵後再びエチレン処理すると、呼吸はまた増大した。

5. チュウゴクナシでは、鴨梨（ヤーリー）、萊陽慈梨（ライヤンツリー）及び凹凸梨（アフトリー）について調べた。3 品種とも climacteric 現象を示した。

引用文献

1. AHARONI, Y., F. S. LATTR, and S. P. MONSELISE. 1969. Postharvest response of oranges to ethylene. *Plant Physiol.* 44: 1473—1474.
2. BIALE, J. B. 1948. Respiration of citrus in relation to metabolism of fungi. II Effects of emanations of *Penicillium digitatum* Sacc. on lemons at different stages of ripeness. *Proc. Amer. Hort. Sci.* 52: 187—191.
3. BIALE, J. B., R. E. YOUNG, and A. J. OLMSTEAD. 1954. Fruit respiration and ethylene production. *Plant Physiol.* 29: 168—174.
4. BIALE, J. B. 1960. The post-harvest biochemistry of tropical and subtropical fruits. *Advances in Food Research.* 10: 293—354.
5. BURG, S. P. and E. A. BURG. 1962. Role of ethylene in fruit ripening. *Plant Physiol.* 37: 179—189.
6. 大東 宏・広瀬和栄. 1972. カンキツの成熟に関する研究. (第2報) 温州ミカン果実の呼吸とエチレン発生について. 園芸学会昭和 47 年度春季大会発表要旨. pp. 34—35.
7. DENNY, F. E. 1924. Effect of ethylene upon respiration of lemons. *Bot. Gaz.* 77: 322—329.
8. GERHARDT, F., EZELL, B. D. 1938. Respiration and emanation of volatiles from Bartlett pears as influenced by ripening and storage. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 36: 423—426.
9. 林 真二・平田尚美. 1971. ナシ果実の成熟のケミカルコントロールに関する研究. (第3報) Ethrel と果実の成熟に関する基礎および実用化の問題. 園芸学会昭和 46 年度春季大会発表要旨. pp. 144—145.
10. HULME, A. C., J. D. JONES and L. S. C. WOOL-

- TORTON. 1963. The respiration climacteric in apple fruits. *Proc. roy. Soc. B.* 158 : 514—535.
11. KIDD, F. WEST, C. GRIFFITHS, D. G., POTTER, N. A. 1940. An investigation of the changes in chemical composition and respiration during the ripening and storage of Conference pears. *Ann Bot. NS.* 4 : 1—30.
12. 北村利夫・梅木俊成・岩田 隆・赤沢経也. 1975. メロン果実の貯蔵に関する研究 (第2報). 追熟中における呼吸量およびエチレン生成量の変化と品種間差違. *園学雑.* 44 : 197—203.
13. 北村利夫・岩田 隆・落合理利・福島忠昭. 1980. 果実・野菜の成熟生理と貯蔵に関する研究 (第1報). リンゴ果実の呼吸量, エチレン生成量および組織内エチレン濃度の変化と成熟現象に関する品種間差異. *園学雑.* 49 : 277—285.
14. 水野 進. 1978. 呼吸パターンからみた成熟 (追熟). *園芸学会昭和53年度秋季大会シンポジウム講演要旨.* pp. 155—163.
15. REID, M. S. and H. K. PRATT. 1972. Effects of ethylene on potato tuber respiration. *Plant Physiol.* 49 : 252—255.
16. 最新園芸大辞典編集委員会編. 1969. 最新園芸大辞典. 4 : 1845—1857.
17. SMITH, W. H. 1940. The histological structure of the flesh of the apple in relation to growth and senescence. *J. Pom. and Hort Sci.* 18 : 249—260.
18. SMOCK, R. M. and A. M. NEUBERT. 1950. Apples and apple products. pp. 141—142. Interscience Publishers, New York and London.