果実追熟に対するエチレン効果の機作に関する研究 (第4報)

エチレンによるバナナ果実の呼吸促進に対する解糖系の役割について

寺井弘文*・緒方邦安

(大阪府立大学農学部)

Studies on the Mechanism of Ethylene Action for Fruit Ripening

IV. The Role of Glycolysis in Respiration of Banana

Fruits Stimulated by Ethylene

Hirofumi TERAJ and Kuniyasu OGATA

College of Agriculture, University of Osaka Prefecture Mozu-umemachi, Sakai, Osaka

Summary

This study examines the role of glycolysis in respiration of banana fruits stimulated by ethylene.

Monoiodoacetate inhibited the respiration of banana peel sections in the absence of ethylene, and the inhibitory effect was strengthened in the presence of the gas (100 μ l/l). The experiment of incorporation of glucose-1- 14 C, and glucose-6- 14 C to carbon dioxide showed a conversion of the pathway from HMP to EMP with the advance of age in peel sections. But the period of alternation of the pathway did not coincide with that of the respiratory increase. However the incorporation rate of each penetrated glucose- 14 C to carbon dioxide changed with the increase of the respiration rate of peel sections.

While the content of reducing sugar increased continuously in pulp and peel, the levels of glycolytic intermediates such as G-1-P, G-6-P, F-6-P, F-1,6-diP, dihydroxyacetone P and pyruvate corresponded to respiratory changes of climacteric in pulp tissue. Especially, the change of F-1,6-diP content was remarkable among the intermediates. Although the respiration of peel sections decreased after removal of ethylene, the levels of G-6-P and F-6-P were higher in this tissue than in the tissue in which the respiration was continuously enhanced with ethylene. On the contrary, this tendency was reversed for F-1,6-diP, dihydroxyacetone P and pyruvate.

These results suggest that the respiration climacteric with ethylene may be related to the enhancement of glycolysis and the step between the F-6-P and F-1,6-diP may be concerned with a regulation of this pathway in pulp and peel of banana fruits.

An alternation of temperature caused a change of respiration in green banana fruits. While the respiration was stimulated at 30°C, the levels of G-6-P and F-6-P decreased and other intermediates (F-1,6-diP, dihydroxyacetone P, phosphoenolpyruvate, and pyruvate) had no change. This data indicates a difference of metabolism of glycolysis between the respiration climacteric and activated respiration by temperature alternation.

緒 言

筆者らはエチレンによる果実追熟の機構を解明する目的で、特に呼吸の climacteric rise との関係について、バナナ果実を用いて種々な角度から検討を進めている

(16, 17, 18). 今回はエチレンによる呼吸促進の機構を知るため、解糖系の代謝を中心に、バナナ果肉だけでなく、エチレンにより人為的な呼吸制御が可能な果皮について研究を進めた。すなわち、本実験はモノヨード酢酸の組織切片への添加ならびに 14 C-glucose の炭酸ガスへの取り込みから、climacteric rise に対する解糖系の

1976年6月30日 受理

* 現在神戸大学農学部

役割を調べるとともに、呼吸の climacteric rise は解糖系の代謝過程で制御される可能性が示唆(3, 12)されていることから、解糖系での呼吸調節機構についても検討を行なった。

実験材料および方法

実験材料としてフィリピン産の緑熟バナナ果実を使用した。モノヨード酢酸、 ^{14}C -glucose 添加実験ならびに還元糖、解糖系中間物質の測定に供した果皮は果肉から生成されるエチレンの影響をさけるため切片にして使用したが、切片調製法は前報(17)に述べたように切片にして約 20 時間 20°C 通気下で置いた後エチレン処理を行ないその時点を 0 時間とした。果肉については全果のままエチレン処理を行ない、エチレン処理開始時を 0 時間とし、適宜サンプリングを行なった。

モノヨード酢酸による呼吸の阻害実験

モノヨード酢酸の水溶液 (1×10^{-3} , 2×10^{-3} , 5×10^{-3} , $1 \times 10^{-2}\text{M}$, NaOH で pH 7 に調整) に果皮切片を 1 時間浸漬し、水分除去の後、 $100 \mu\text{l/l}$ エチレン通気区と対照区(空気のみ通気)を設け、それぞれの炭酸ガス排出量を TCD 型ガスクロマトグラフィ (GC) により測定した。GC の条件は前報(17)どおりとした。

glucose- $1\text{-}^{14}\text{C}$, glucose- $6\text{-}^{14}\text{C}$ の炭酸ガスへの取り込み実験

エチレン処理を行っていない緑色の果皮切片を stage A, エチレン処理開始後 24 時間のものを stage B, その後エチレン処理を停止し、エチレン処理開始から通算 72 時間の果皮切片を stage C とした。各々の stage の果皮切片約 30 g を glucose- $1\text{-}^{14}\text{C}$, glucose- $6\text{-}^{14}\text{C}$ のそれぞれの水溶液 ($80 \mu\text{Ci/ml}$, キャリヤーとして glucose 10^{-3}M を使用) 150 ml に 1 時間浸漬し、その間 stage A, C には空気を、stage B には $100 \mu\text{l/l}$ エチレンを液にバブリングした。水分除去の後同じく stage A, C には空気を、stage B には同濃度のエチレンを通気しながら、排出される $^{14}\text{CO}_2$ を 10% KOH に 1 時間づつ捕集し、各 stage とも 1 時間間隔で 4 回くりかえした。また組織切片への ^{14}C -glucose 取り込み量の測定は、1 時間 glucose- $1\text{-}^{14}\text{C}$, または glucose- $6\text{-}^{14}\text{C}$ 液に浸漬後ただちに 80% アルコールで抽出して行なった。 ^{14}C activity の測定は前報(18)に準じ、ジオキサン系シンチレーターを使用し、Packard TRI-CARB 液体シンチレーションカウンターによった。

還元糖、解糖系中間物質の含量ならびにホスホリラーゼ活性の測定

還元糖含量の測定はソモギーネルソン法により、バナナ果肉、果皮の 80% エタノール抽出液について行なっ

Fig. 1. Procedure for extraction of glycolytic intermediates in banana fruits.

* Procedure for freeze-dried sample

た。解糖系中間物質の果肉、果皮からの抽出は Salminen ら(12)の方法を基本とし、若干改良を加え、第 1 図に示した手順により行なった。その含量の測定は酵素的手法(2, 4, 7, 8)により NADP, NADH の増減を日立 200-10 型ダブルビーム形式自記記録分光光度計により 340 nm の波長で測定した。ホスホリラーゼ活性の測定は Baijal ら(1)の方法を参考として抽出を行ない、酵素液に glucose-1-P と primer としてデンプンを加え、遊離される Pi を比色定量した(9)。

変温による呼吸変化の測定

まず緑熟バナナ果実を約 20 時間 15°C のもとで保持した。変温にあたっては約 4 時間で庫内の温度が 30°C に、または長時間で 15°C になるようにダイアル調整を行ない、かつ果実内に温度計をそう入し常に果実温度を計測した。呼吸量の測定は同庫内に果実の入ったデシケータを置き、通気式により GC で炭酸ガスを測定した。還元糖、解糖系中間物質の測定のための試料の採取は各温度条件で適宜行なった。

実験結果

(1) モノヨード酢酸による呼吸阻害

あらかじめ調製したバナナ果皮切片 ($2 \times 2 \text{ cm}$) 約 50 g に、解糖系の酵素であるグリセルアルデヒドリン酸脱水素酵素を阻害するモノヨード酢酸(第 11 図参照)を添加し、呼吸への影響をみた。その結果を第 2 図に示した。a) は空気通気下、b) は $100 \mu\text{l/l}$ エチレンを通気した時の呼吸量を示すが、a), b) いずれも阻害剤の濃度順に呼吸阻害効果が認められ、a) での各濃度区の呼吸量の差は b) で拡大されていることが観察された。

Fig. 2. Effect of monoiodoacetate on the carbon dioxide production of banana peel sections without or with ethylene treatment (100 μ l/l). Sections were dipped in monoiodoacetate solutions (pH 7.0) for 1 hour prior to the treatment with ethylene or air flow.

Fig. 3. Time course of carbon dioxide production (1) and incorporation of glucose-1- 14 C and glucose-6- 14 C into carbon dioxide (2-4) of the banana peel sections at 20°C. Vertical lines in figures (2-4) indicate the incorporation rate expressed as percentage of the radioactivity of carbon dioxide produced during every hour through 4 hours to the radioactivity of substrate taken into sections.

Table 1. The radioactivity of carbon dioxide produced from glucose-1- 14 C and glucose-6- 14 C by 100g fresh weight of banana peel sections during 4 hours, the incorporation rate expressed as percentage of the radioactivity of carbon dioxide to the radioactivity of glucose- 14 C taken into sections and the ratio of incorporation rate between glucose-6- 14 C (G-6) and glucose-1- 14 C (G-1).

	Stage A		Stage B		Stage C	
	G-1	G-6	G-1	G-6	G-1	G-6
$^{14}\text{CO}_2$ output (cpm/100g)	7260	5260	10300	10300	4700	4180
Glucose- ^{14}C uptake (cpm/100g)	99700	123000	96800	147000	159000	128000
Output/Uptake %	7.3	4.3	10.6	7.0	3.0	3.3
G-6/G-1		0.59		0.66		1.1

(2) glucose-1- ^{14}C , glucose-6- ^{14}C から炭酸ガスへの ^{14}C の activity の移行

第3図は果皮切片の stage を図中 (1) の呼吸量に照らし stage A, B, C とし, 各 stage の切片に glucose-1- ^{14}C , glucose-6- ^{14}C を添加した後排出される $^{14}\text{CO}_2$ を4時間にわたって測定した結果であり, たて軸 (2), (3), (4) は glucose-1- ^{14}C , glucose-6- ^{14}C の組織切片における uptake 量に対する $^{14}\text{CO}_2$ への移行率を表わしたものである. また第1表においてその4時間におけるそれぞれの移行率を合計し, 示したところその移行率は glucose-1- ^{14}C , glucose-6- ^{14}C とも呼吸量の多い stage B で A, C より高いことを認め, 呼吸量の増減とはほぼ一致する結果を得た. しかし glucose-6- ^{14}C ならびに glucose-1- ^{14}C からの $^{14}\text{CO}_2$ への移行率の比 (G-6/G-1) は stage の進行とともに漸次増加する傾向となった.

(3) 呼吸の増減に伴う還元糖,

解糖系中間物質の含量ならびにホスホリラーゼ活性の変化

果肉はエチレン処理を継続した果実から適宜採取し, 果皮はあらかじめ切片を調製してからエチレン処理を行ない試料とした.

第4図に果肉, 果皮について還元糖含量を測定した結果を示した. すなわち果肉は常に増加の傾向にあり, 果皮ではエチレン処理を行わなくても増加するが, 12時間エチレン処理することによってさらに増加し, 24時間以上の処理では連続処理の含量と変わらないまで増加した.

つぎに還元糖含量の測定に用いた同じ果肉で glucose-1-P, glucose-6-P を測定したところ, 第5図のように両物質の含量はかなり異なるが, いずれも3日で最高値に達し, 還元糖含量の変化とは異なる結果を得た. そこでデンプンから glucose-1-P を生成する酵素であるホスホリラーゼについて測定した結果, 第6図のようにエチレン処理開始後2日間ほとんど変化しないが, その後増加し, glucose-1-P, glucose-6-P の含量の増減とは異なる結果を得た.

Fig. 4. Levels of reducing sugar of banana fruits.

Fruits were continuously treated with $100 \mu\text{l/l}$ ethylene for pulp samples, and peel sections from green banana were treated for various periods of time at 20°C .

Fig. 5. Levels of G-1-P and G-6-P of banana pulp during the climacteric. Fruits were treated continuously with $100 \mu\text{l/l}$ ethylene at 20°C .

Fig. 6. Activity of phosphorylase during the climacteric of banana pulp with same treatment as shown in Fig. 5.

1 UN. = Release of 1μ mole Pi from G-1-P per 30 minutes

さらに果肉の各解糖系中間物質について測定し、その結果を第7図に示した。すなわち、いずれの中間物質も一時増加し、以後減少する傾向がみられた。なかでも glucose-6-P の含量が他の物質に比べて多いこと、また fructose-1,6-diP がエチレン処理開始とともに、fruc-

Fig. 7. Levels of five glycolytic intermediates of the pulp during climacteric rise in respiration. The treatments are same as in Fig. 5.

tose-6-P, dihydroxyacetone P とほぼ同含量まで急増することが注目された。果皮についても同様中間物質を測定した。結果は第8図に示したように、glucose-6-P, fructose-6-P はエチレン連続処理では処理開始後12時間で一時減少するが、24時間でエチレン処理を停止すると処理を続けたものに比べ48, 72時間で高い値を示した。一方 fructose-1,6-diP および dihydroxyacetone P はエチレン処理とともに急増し、開始後12時間の初

Fig. 8. Time course of carbon dioxide production and levels of five glycolytic intermediates of peel sections without or with ethylene treatment (100 μ l/l) at 20°C.

期の段階で glucose-6-P, fructose-6-P と異なる傾向を示した。また 24 時間でエチレン処理を停止すると glucose-6-P, fructose-6-P の場合と異なり、エチレン処理を続行したものに比べむしろ低い値を示した。また

Fig. 9. Time course of carbon dioxide production of green banana fruits in response to alternation of temperatures from 15 to 30°C.

pyruvate についてはエチレン処理開始後 24 時間は大きな変化はなく、呼吸の最高値を過ぎた 48 時間で急増し、他の中間物質の動向と様相を異にした。

(4) 変温による果実の呼吸変化ならびに解糖系中間物質の動き

変温 (15→30→15°C) による果実の呼吸変化を第 9 図に示した。15°C のもとで約 20 mg/kg·hr の炭酸ガス発生量が 30°C で 50 mg/kg·hr となり約 2.5 倍に増加した。そのそれぞれの温度において種々の呼吸量を示す果実について、矢印の時点で試料の採取を行ない、果肉中の還元糖、解糖系中間物質含量を測定した。その結果を第 10 図に表わしたが、還元糖はほとんど変化せず、

Fig. 10. Levels of reducing sugar and six glycolytic intermediates of green banana pulp in response to alternation of temperatures from 15 to 30°C.

glucose-6-P, fructose-6-P は昇温により減少した. fructose-1, 6-diP, dihydroxyacetone P, phosphoenolpyruvate, pyruvate については顕著な変化はみられず, エチレン処理による呼吸促進時とは異なる結果を得た.

考 察

果実の成熟過程にみられる呼吸の climacteric rise には, 呼吸基質がより多く炭酸ガスへ代謝されることが考えられる. そこでこの呼吸基質の代謝量の増加は代謝経路の変換すなわち質的变化によるものか, または量的な変化にもとづくものかを調べた. モノオード酢酸を果皮切片に添加した時の呼吸への影響は, エチレン処理をしない区も, エチレン処理により呼吸の促進された区ともに阻害剤の濃度順に阻害され, かつ濃度間の効果は後者では前者に比べて拡大された. このことからエチレン処理により呼吸が促進されるのは, EMP 経路など従来の呼吸代謝経路が活発化される結果であると考えられる (第 11 図). トマトでは成熟が進行するにつれ, 呼吸の代謝経路が EMP 経路から HMP 経路に移行することが報告されている (10, 11) のでバナナ果皮について EMP 経路と HMP 経路の活性比率を調べた. エチレン処理前の未熟な stage A 果皮切片では G-6/G-1 は 0.59, 呼吸の最大値を示す stage B では 0.66, stage が進行しているが, 呼吸量の低い stage C では 1.1 となり stage の進行とともに値は増加した. このことから呼吸の代謝経路の比重は相対的には HMP 経路から EMP 経路へ移行したものであると思われる. これは上述のトマトや Faust ら (5) が報告しているリンゴでの結果とは異なるが, Tager ら (15) や古ら (6) がバナナ果肉で代謝経路の変

遷を調べた結果と一致し, バナナ果実では果皮も果肉も同様な傾向を示すことがわかった. しかしこの代謝経路の変換も climacteric rise とは一致せず, 呼吸の増減を説明するには十分でないと思われる. むしろ glucose-1- 14 C, glucose-6- 14 C とも各々の取り込み量に対する 14 CO $_2$ への移行率の増減が呼吸量の増減と一致したことは興味をもたれる.

次に呼吸変化に伴う呼吸基質の動向については, 還元糖は果肉, 果皮ともエチレン処理によって増加した. しかし, 果肉では呼吸の最大値はエチレン処理開始 3 日であり, また果皮ではエチレン処理を停止すると呼吸は低下する (17) のに対し, 還元糖含量は増加するのみであり, 呼吸量の変化とは一致しなかった. 一方果肉の glucose-1-P, glucose-6-P 含量はエチレン処理開始後 3 日で最大となり, 果肉の呼吸パターンと一致した. しかしデンプンから glucose-1-P を生成するホスホリラーゼの活性は増加するのみであり, glucose-1-P 含量の変化と酵素活性の変化とは一致しなかった. さらに各解糖系中間物質についてはいずれも呼吸増加時にその含量は増加し, 以後減少した. しかし各物質の含量はかなり相違があり, glucose-6-P が最も多く, 次に pyruvate となり, 第 11 図に示した呼吸代謝経路での合流, 分岐点であるこれらの物質の含量の多いことが注目される.

そこでこれらの中間物質の含量変化を, エチレン処理開始時の含量を 1 とし, その変化率を算出したところ第 12 図のように, fructose-1, 6-diP は最も変化率が大きく, 最大時には 10 倍以上, dihydroxyacetone P, pyruvate は 2~3 倍の変化率を示した. また果皮については, glucose-6-P, fructose-6-P はエチレン処理開始後一時減少し, 24 時間で増加した. この点は果肉と傾向を異にするが, これはアボカドの呼吸促進当初で glucose-6-P が減少する傾向と一致する (13). 24 時間で果皮に対す

Fig. 11. Scheme of glycolysis

Fig. 12. Changes of ratio of five glycolytic intermediates to initial contents of banana pulp during climacteric. This is modified from Fig. 7.

るエチレン処理を停止すると、この二つの基質の含量は処理を続けたものに比べ高い値を示した。一方 fructose-1,6-diP, dihydroxyacetone P は初期に一時減少することなく増大し、エチレン処理を停止すると含量は処理を続けたものに対して低い値となり、呼吸の増減の傾向と一致した。このように呼吸促進時に fructose-1,6-diP が急増すること、さらに途中でエチレン処理を停止すると glucose-6-P および fructose-6-P では高い値をとるのに対し、fructose-1,6-diP およびそれ以後の解糖系中間物質の含量は低い値となることから、fructose-6-P から fructose-1,6-diP への代謝が何らかの形で大きく影響を受けるものと思われる。Salminen ら (12) はバナナ果実で fructose-6-P から fructose-1,6-diP を生成する酵素であるホスホフルクトキナーゼ (PFK) — 第 11 図参照、について調べ、追熟中しだいに活性が増加するという結果を得た。しかし preclimacteric と climacteric 期のバナナ果実から抽出した PFK についてその性質を詳しく調べた結果、PFK の活性化は新しいタンパク質の合成よりむしろ他の要因による可能性が強いことを示唆した。

変温による解糖系中間物質への影響は、glucose-6-P, fructose-6-P では昇温により減少した。これは急激な変温により十分な基質の補給がないまま呼吸が活性化された結果と考えられる。この傾向は果皮におけるエチレン処理開始直後の中間物質の動向と類似していると思われる。しかしその他の中間物質にはほとんど変化なく、呼吸促進期に顕著に増加することはなかった。このことからエチレンによる呼吸促進と昇温による場合とでは呼吸基質の動向がかなり異なることがわかった。

これらの事実からエチレンによる呼吸促進は、HMP 経路と EMP 経路の活性比が一時的に変動することによるためでなく、前報 (17) に述べたようにエチレンによって呼吸が促進された果皮切片で RQ がほぼ 1 であること、glucose-1-¹⁴C, glucose-6-¹⁴C の ¹⁴CO₂ への移行率が呼吸の増加時に増大すること、果肉で climacteric rise 中十分な酸素吸収があり (17)、EMP 経路中間物質が増加することなどを考慮すると EMP 経路活性化による呼吸基質の TCA 回路への供給が増大することによるものと推察した。また EMP 経路において fructose-6-P から fructose-1,6-diP の段階でエチレン処理の影響を最も強く受け、その部位で EMP 経路の活性が調節されることが示唆された。ただし、Solomos ら (13, 14) がアボカドやジャガイモで認めているようにエチレン以外の低濃度の HCN によっても呼吸が促進され、fructose-1,6-diP の含量が急増するところから、直接エチレンがこ

の過程に関与するのか、または間接的に働くかについては今後の研究の課題である。

摘 要

果実追熟に対するエチレン効果の機作に関する研究の一環として、バナナ果実を用い、エチレンによる呼吸促進に対する解糖系の役割を検討した。

バナナ果皮切片にモノオード酢酸を添加し、呼吸への影響をみたところ、この阻害剤によりエチレン処理区、対照区とも呼吸は阻害された。その阻害剤の濃度間の効果は対照区に比べエチレン処理区では拡大された。また果皮切片における glucose-1-¹⁴C, glucose-6-¹⁴C の炭酸ガスへの代謝実験より、age が進行するに伴い代謝経路の比重は HMP 経路から EMP 経路に移ることが示された。しかし呼吸量の変化は代謝経路の変遷の時期とは一致せず、むしろ glucose-¹⁴C の炭酸ガスへの取り込み量の変化と一致した。

エチレン処理による呼吸促進中の基質含量を調べたところ、還元糖含量は果肉、果皮とも呼吸変化とは無関係に増加した。しかし果肉における各解糖系中間物質の含量は呼吸変化と一致し、一時増加し以後減少した。中間物質のなかでもとくに fructose-1,6-diP の含量変化が著しかった。果皮では途中エチレン処理を停止することにより、呼吸は減少する。この場合エチレン処理中のものと比べ、glucose-6-P, fructose-6-P は高い含量となるのに対し、fructose-1,6-diP, dihydroxyacetone P, pyruvate はむしろ低い値となった。

果実温度を 15°→30°→15°C に変温した時の果肉の解糖系中間物質の含量を測定したところ、昇温による呼吸促進時は glucose-6-P, fructose-6-P は減少の傾向にあったが、fructose-1,6-diP, dihydroxyacetone P, phosphoenolpyruvate, pyruvate は顕著な変化はなく、エチレンによる呼吸促進時の含量変化と傾向を異にした。

以上のことからエチレンによる呼吸促進は HMP 経路と EMP 経路の代謝経路変換によるものではなく、解糖系の代謝が活性化されることにより行なわれるものと推察した。また解糖系の活性化はエチレンが主に fructose-6-P から fructose-1,6-diP の段階に影響を与えることによって起こるものと推論した。

引用文献

1. BAIJAL, M., S. SINGH, R. N. SHUKLA, and G. G. SANWAL. 1972. Enzymes of the banana plant: optimum conditions for extraction. *Phytochem.* 11: 929—936.
2. BERGMAYER, H. U. and G. MICHAL. 1963. *Methods of enzymatic analysis*. Ed. H. U. BERGMAYER. Academic Press, Inc. Vol. 3.

- 1233—1237.
3. CHALMERS, D. J., and K. S. ROWAN. 1971. The climacteric in ripening tomato fruit. *Plant Physiol.* 48 : 235—240.
 4. CZOK, R., and W. LAMPRECHT. 1963. *Methods of enzymatic analysis*. Ed. H. U. BERGMAYER. Academic Press, Inc. Vol. 3. 1446—1451.
 5. FAUST, M., B. R. CHASE, and L. M. MASSEY, Jr. 1966. Ontogenetic changes in respiratory pathways in cortland apple skin during storage. *Plant Physiol.* 41 : 1610—1614.
 6. 古 衡山・邨田卓夫・緒方邦安. 1965. バナナ実果の追熟生理および貯蔵に関する研究 (第2報). *食品工誌.* 12 : 163—167.
 7. LANG, G., and G. MICHAL. 1963. *Methods of enzymatic analysis* Ed. H. U. BERGMAYER. Academic Press, Inc. Vol. 3. 1238—1242.
 8. MICHAL, G., and H. O. BEUTLER. 1963. *Methods of enzymatic analysis*. Ed. H. U. BERGMAYER. Academic Press, Inc. Vol. 3. 1314—1319.
 9. 中村道徳. 1963. 酵素研究法 (赤堀四郎編). 第2巻. pp. 569—581. 朝倉書店
 10. 大久保増太郎・石井 勝. 1973. トマト果実の鮮度保持とその生理学的研究 (第10報). *園学雑.* 42 : 288—293.
 11. RAMSEY, J. C., and C. H. WANG. 1962. Catabolic changes in ripening tomato fruit. *Nature.* 193 : 800—801.
 12. SALMINEN, S. O., and R. E. YOUNG. 1975. The control properties of phosphofructokinase in relation to the respiratory climacteric in banana fruit. *Plant Physiol.* 55 : 45—50.
 13. SOLOMOS, T., and G. G. LATIES. 1974. Similarities between the actions of ethylene and cyanide in initiating the climacteric and ripening of avocados. *Plant Physiol.* 54 : 506—511.
 14. SOLOMOS, T., and G. G. LATIES. 1975. The mechanism of ethylene and cyanide in triggering the rise in respiration in potato tubers. *Plant Physiol.* 55 : 73—78.
 15. TAGER, J. M., and J. B. BIALE. 1957. Carboxylase and aldolase activity in the ripening banana. *Physiol. Plantarum.* 10 : 79—85.
 16. 寺井弘文・上田悦範・緒方邦安. 1973. 果実追熟に対するエチレン効果の機作に関する研究 (第1報). *園学雑.* 42 : 75—80.
 17. ———・吉岡博人・緒方邦安. 1974. 果実追熟に対するエチレン効果の機作に関する研究 (第2報). *園学雑.* 43 : 308—313.
 18. ———・緒方邦安. 1976. 果実追熟に対するエチレン効果の機作に関する研究 (第3報). *園学雑.* 45 : 300—306.