

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)

誌名	園藝學會雜誌
ISSN	00137626
著者	寺井, 弘文 上田, 悦範 緒方, 邦安
巻/号	42巻1号
掲載ページ	p. 75-80
発行年月	1973年3月

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)

寺井弘文・上田悦範・緒方邦安
(大阪府立大学農学部)

Studies on the Mechanism of Ethylene Action for Fruits Ripening I.

Hirofumi TERAI, Yoshinori UEDA and Kuniyasu OGATA
*College of Agriculture, University of Osaka Prefecture
Mozu-umemachi, Sakai, Osaka*

Summary

While ethylene effect on fruit ripening has received much attention, the mechanism of the effect is not yet clear. As a research of the series of the study concerning the mechanism of ethylene effect, this paper reports the problem of ethylene movement in a banana fruit which was treated at a part of the fruit. The concentration of ethylene applied was 80—100 ppm throughout the experiment.

When mature-green bananas were treated partly at the central part of peel surface with ethylene, the ripening of the fruit began from the treated part and developed gradually toward untreated part, showing the degreening of peel color and the increase of sugar content in pulp.

Mature-green bananas treated at the apical side of fruits evolved a considerable amount of ethylene from the untreated stem side within 3 hours after initiation of ethylene application. Then, carbon dioxide evolution from the parts of both sides began increase between 8—14 hours after treatment. Thus, it seems that the movement of ethylene gas or of its effect in a fruit is considerably rapid. When banana fruits were girdled at the center of fruits and treated with ethylene at one side, ethylene evolution from the untreated other side was markedly less than that of ungirdled fruits, indicating that peel would play an important role in movement of ethylene gas or of its effect in fruit.

Treatment on whole fruits with ethylene for 24 hours stimulated fruit ripening obviously, but the treatment for 2 and 6 hours did not show any effect.

緒言

エチレンは各種果実に対して数々の作用をおよぼすが、バナナ果実や洋ナシでは追熟を促進することがよく知られている。その結果、呼吸量、蒸散量、果肉中の糖含量などの増加、果肉の軟化、クロロフィルの退色、揮発性成分の増加、その他有機酸、脂質などにさまざまな変化が現われる(6, 7)。本研究は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、果実の一部分にエチレン処理を行なった場合、非処理部にどのようにエチレン効果が現われるかを、クロロフィル含量、果肉の糖含量およびエチレン、炭酸ガ

ス排出量について調べた。また、エチレン処理時間の差異が追熟にどのように影響するかを、エチレンと炭酸ガス排出量について検討したものである。

材料および実験方法

実験1. バナナ果実の中央部のみにエチレン処理を行ない、部位別にクロロフィル含量および糖含量変化を調べた。

実験材料として、堺市のバナナ加工業者より購入した緑熟のエクアドル産キャベンディッシュを使用した。処理に使用したエチレンガスは空気に対して 100 ppm の濃度であり、処理区として、果実全体を処理する全体処理区、果実の中央部のみを処理する部分処理区を設け、果実の中央部のみに空気を流すのを対照区とした。全体処

1972年10月16日受理

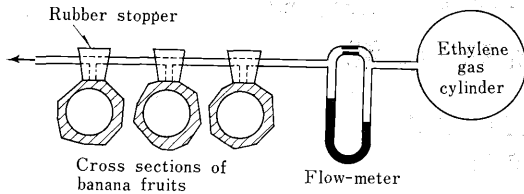


Fig. 1. System of partial application of ethylene on the peel surface at a central part of banana fruit.

処理区はデシケーターに果実を入れ、毎分 80 ml の流量でガスを流した。部分処理は第 1 図に示したような方法で行なった。この時の処理は直径約 5 mm の円形の孔を T 字形に打ち抜いたゴム栓を使用し、ガスの流量は毎分 30 ml とした。処理部でのガスもれを防ぐため、果実と装置の間に接着剤（義歯安定剤）を使用した。対照区は、処理法については部分処理区と同じであるが、空気のみ（40 ml/min）を流した。処理時間はいずれの区も 24 時間とし、その後は

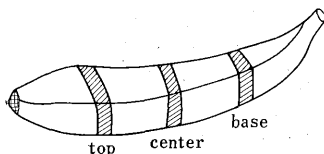


Fig. 2. Sections of banana fruit for determination of sugar and chlorophyll contents.

あるいは装置からはずして室内に放置した。処理および貯蔵は、20°C、暗黒下で行なった。成分分析は第 2 図に示すように、各部位より果皮、果肉を供試した。クロロフィル含量は果皮 5g を 50 cc のアセトンで抽出し、665 m μ で O. D. を測定した。糖含量は果肉 5g を 80% エタノール 50 ml で抽出し、フェノール硫酸法(1)で測定した。

実験 2. バナナ果実の一端にエチレンガスを与え、処理部および非処理部から発生するエチレンと炭酸ガスを測定した。

実験材料は実験 1. と同様エクアドル産キャベンディッシュを使用した。処理に使用したエチレンガス濃度は 84 ppm とし、処理法は第 3 図に示したように、一端部にエチレンを通気式（50 ml/min）で与え、その他端には空気（85 ml/min）を流した。エチレン処理時間は 24 時間とし、その後換気を行ない、エチレンガスを追い出してから空気を流した。バナナ果実は環状剥皮を行なったものと、そうでないものを使用し、それぞれの対照区として果実の両側とも空気を流した区を加えた。果実の一部を包むために使用したプラスチックフィルムは、ポリエチレンとセロハンのラミネート材でガスもれを極力おさえ、測定時にはプラスチックフィルムを 3 時間密閉

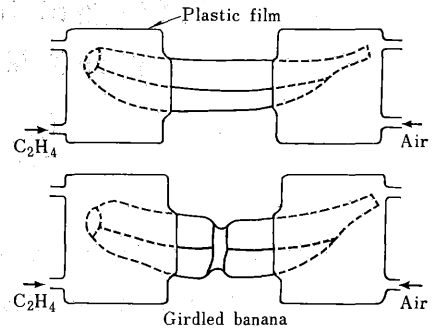


Fig. 3. Parts (Ca. 45 g each) of apical and stem sides were enveloped with polyethylene-cellophane laminated film bags providing ca. 200 ml of capacity. The apical side was treated with ethylene stream and the other side was flowed with air. For determining ethylene and carbon dioxide concentration, both bags were closed for 3 hrs, and the gas in the bags were withdrawn by syringe and analyzed using gas chromatography.

し、内部のガスを注射器で 5 ml 取った。プラスチックフィルムの内部には容積約 200 ml の円筒型プラスチック材を入れ、ガス sampling 部位の容積をほぼ一定に保った。sampling されたガスは、エチレンについては柳本 550 FP 型 FID ガスクロマトグラフで測定した。カラムは活性アルミナ（60~80 メッシュ）3 mm \times 80 cm ダブルカラムを使用し、カラム槽温度 40°C、キャリアーガス流量は N₂, 60 ml/min, H₂ 流量 50 ml/min, 空気流量 1 l/min であった。炭酸ガスについては、島津 GC 1-B 型ガスクロマトグラフを用い、TCD で測定した。カラムはポラパック Q 50~80 メッシュ、3 mm \times 2 m を使用し、カラム槽温度 29°C、キャリアーガスは H₂, 20 ml/min であった。

実験 3. エチレン処理時間の差異が追熟、とくにエチレンと炭酸ガス発生にどのような影響をおよぼすかについて調査した。

実験材料はエクアドル産キャベンディッシュ、処理に使用したエチレンガス濃度は 90 ppm であり、果実全体を処理した。処理時間は 24 時間、6 時間、2 時間、0 時間（対照区）とし、通気式で行なった。処理に際しては、容器内の空気を 90 ppm エチレンで換気してから一定流量（50 ml/min）で同濃度のエチレンを所定の時間流した。処理後ただちに空気で換気を行ない、その後一定の流量（50 ml/min）で空気を容器内に流し、20°C、暗黒下に置いた。発生したエチレンおよび炭酸ガスは容器を 3 時間密閉し、その内部のガスを上記のガスクロマ

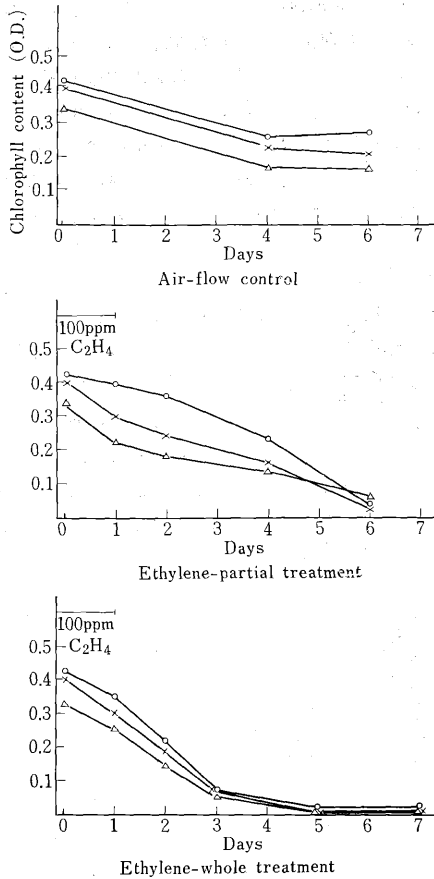


Fig. 4. Changes of chlorophyll content of banana peel (O. D. at 665 $m\mu$).
 ○—○ top, ×—× center, △—△ base
 See Fig. 1. for method of ethylene treatment
 and Fig. 2. for analyzed sections.

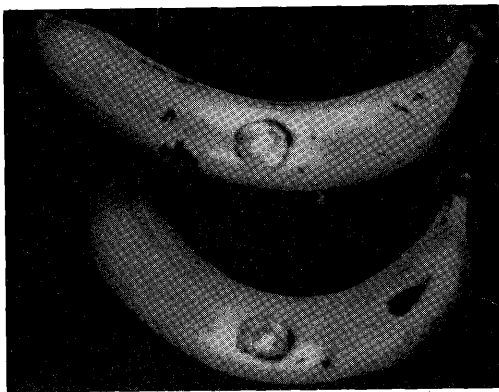


Fig. 5. Effect of partial treatment of ethylene, showing degreening at the central parts where ethylene had been applied.

トグラフで測定した。

実験結果

1. エチレン部分処理によるクロロフィルおよび糖含量の部位別変化

クロロフィル含量の変化については第4図にみられるように、エチレン処理をしないバナナ果実においても漸次減少した。部位別にみるとクロロフィルの残存量は、top, center, baseの順であつた。これは退色がbaseより始まることを示している。部分処理区では、centerのクロロフィル含量の減少は漸次baseの退色程度に近づき、centerよりエチレン処理の影響が現われているものと考えられ、肉眼観察（第5図）ではcenter処理部より黄化が広がっているのがみられた。エチレン全体処理区では急激に退色が進み、追熟初期段階では対照区と同様に、クロロフィル含量は多いものから順に、top, center, baseであり、追熟が進むとそれぞれの差はなくなる。

糖含量変化については第6図に示すように、空気処理

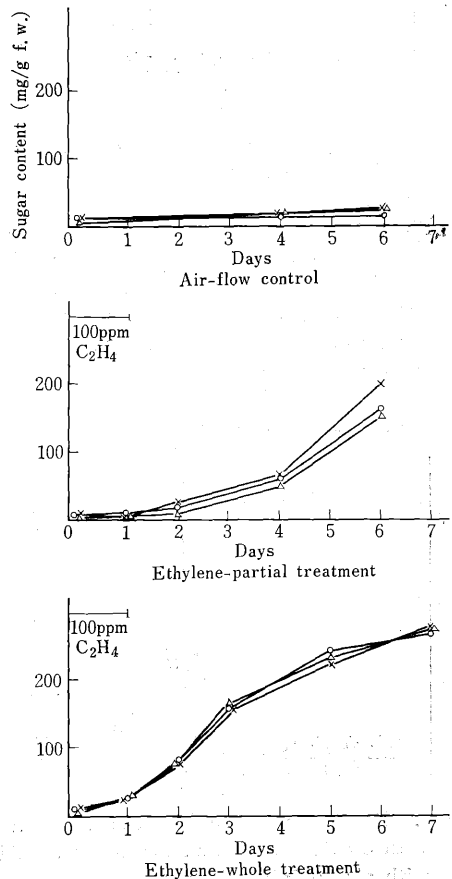


Fig. 6. Changes of sugar content of banana pulp.

区ではクロロフィルにみられるような部位別の差異はみられなかった。部分処理区は、エチレン処理をしたcenterに糖含量は多く、top, baseがそれに続いており、centerにエチレン部分処理による効果が現われたものと考えられる。全体処理区については、すみやかに糖が増加し、それぞれ部位別に差異はみられなかった。

2. バナナ果実の一端にエチレンを与えた場合のエチレンと炭酸ガス発生

第3図に示す方法でバナナ果実の一端にエチレンを与えた場合、環状剥皮しない果実においては短時間で非処理部からエチレンが発生することが確認された(第7

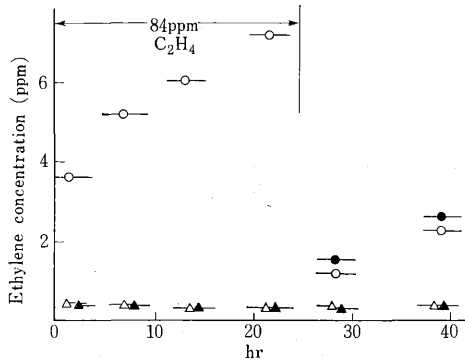


Fig. 7. Ethylene evolution from the side which had been treated with ethylene and from the opposite side with air, expressed as the concentration in the bags which were attached to both sides of a fruit (see Fig. 3) Circles and triangles show the value after sealing for 3 hrs, respectively.

- ethylene-treated side (apical side)
- ethylene-untreated side (stem side)
- ▲— control (apical side)
- △— control (stem side)

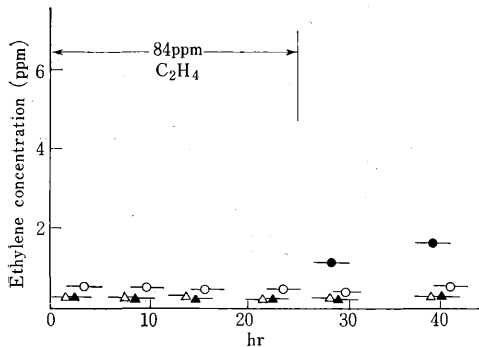


Fig. 8. Ethylene evolution from the side treated with ethylene and from the opposite side with air. (Girdled fruit)

The note is same as the Fig. 7.

図). エチレン処理後強ちに換気をしてエチレンを追い出した後も、処理部および非処理部どちらからもエチレンが発生した。しかし、果実の両側に空気を流した対照区においては、どちらからもエチレンの発生はなかった。環状剥皮した果実では、エチレン発生に関して第8図に示すように、エチレン処理果実の非処理部からのエチレン発生はわずかしかなかった。また処理後は処理部からのエチレン発生はあつたが、非処理部からのエチレン発生はなかった。

炭酸ガス発生については、第9図に示したように剥皮を行わない果実ではエチレン処理部および非処理部とも同じような発生量を示し、対照区と大きな差を示した。このように、エチレン処理果実の非処理部でも炭酸ガス発生が高いということは、第7図での同部からエチレン発生があつたことからうなずけるものである。剥皮した果実については第10図に示すように、処理部からの発生は増加しているがその反対側の非処理部はわずか

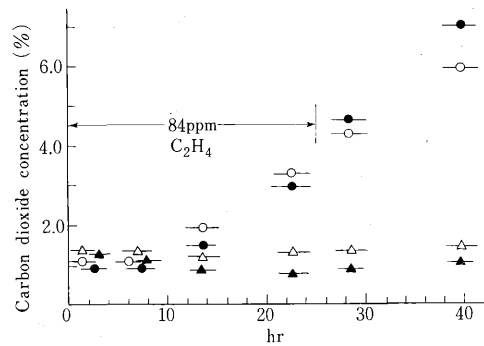


Fig. 9. Carbon dioxide production from the side treated with ethylene and from the other side with air. The note is same as the Fig. 7.

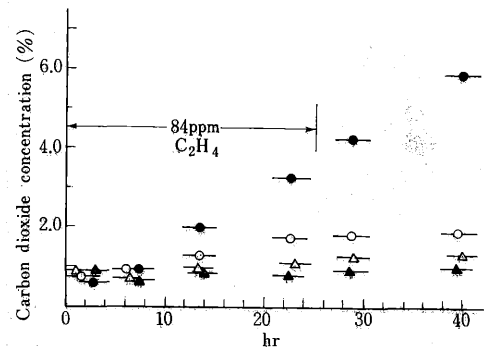


Fig. 10. Carbon dioxide production from the side treated with ethylene and from the other side with air. (Girdled fruit)

The note is same as the Fig. 7.

に高いすぎない。これは第8図に示したエチレン発生と考え合わせて十分考えることである。

エチレン処理開始後4日目にプラスチックフィルムをはずして果色を確認したところ、剥皮していない果実については、処理部および他端部もクロロフィルが退色しており、色調による差はみられなかったが、剥皮果実においてはエチレン処理部はすでにクロロフィルが退色して黄化しているのに対し、他端部にはクロロフィルがかなり残っていた。またその果実縦断面にそつて分割してみると、果肉はエチレン処理部が軟化しているのに対し、他端部はまだ堅く、デンプン質がかなり残っていた。その部位の果肉の状態および糖含量は第11図に示すとおりである。

3. エチレン処理時間の差異がエチレンと炭酸ガス発生におよぼす影響

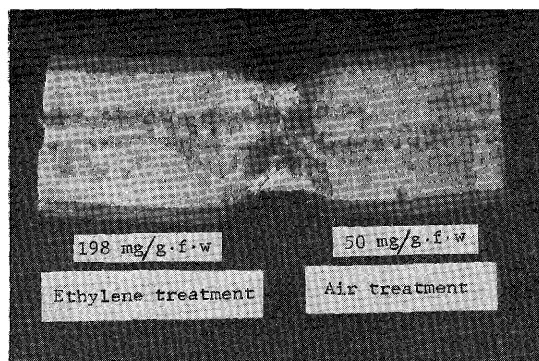


Fig. 11. Appearance of banana pulp and its sugar content of girdled fruit 4 days after partial ethylene treatment.

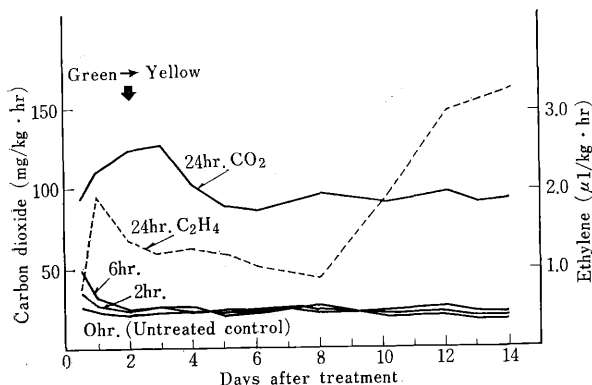


Fig. 12. Ethylene and carbon dioxide production from the fruits treated with ethylene on whole fruits for 2, 6, and 24 hrs.

The arrow in the figure shows color change of banana fruit treated with ethylene for 24 hrs.

これは短時間エチレン処理しても追熟が誘起されるかどうかを調べたものであるが、第12図に示すように24時間処理区のみ追熟が誘起されて、エチレン発生については処理後12時間で、炭酸ガス発生については3日目でピークに達し、果色は2日目に変化し始めた。しかし、6時間、2時間の処理区および対照区では、初期の段階での炭酸ガス発生はこの順に少なくなっているが、以後その差はなくなり2週間以上にわたつて追熟現象はみられなかった。

考 察

果実の一部にエチレンが与えられると、果実全体に追熟が誘起されるが、その場合エチレンの効果は最初処理部に現われ、それが次第に広がつてゆくことが明らかとなつた。またエチレンを果実の一方側に与えると、エチレン処理を行なつていない部位からもすみやかなエチレン発生があり、エチレンガスまたはその効果が移動することがわかつた。果実内の炭酸ガスおよびエチレンガスの移動には、「拡散に関する Ficks' law」を適用することができることとされている(5, 8)が、その明確な証明はなされていない。Crocker らは1本のトマトの下葉をエチレン気中に置くと、上部のエチレンを与えなかつた茎葉部からエチレンの発生がみられ、トマトに上偏生長を起こさせることが観察されたことなどから、与えたエチレンは植物体内を移動すると推定した(4)しかし、下川ら(9)はアサガオの一枚の葉に ^{14}C -エチレンを与えた場合、同化した葉の放射能は他の部分へ移行しなかつたと報告している。これらのことから、本実験の場合について、処理したエチレンが実際果実内を移動したのか、それとも処理したエチレンは移動せず、処理エチレンに果実が反応しその刺激によつて非処理部からエチレンが発生したのか、またはその両方が同時に起こつたのかは明らかでない。このことについては ^{14}C -エチレンを使用した実験結果に待たねばならない。

一方バナナ果実を環状剥皮した実験からは、エチレンまたはその効果の移動には、果皮が重要な役割を果すものと考えられた。

実験3から、2, 6時間の短時間のエチレン処理ならば追熟が進行しなかつた。兵藤らはエンドウ PALの活性について研究し、エチレンを与えるとPAL活性は4~6時間の lag を経て増加するが、増加の途中でエチレンを取り除くと増加はとまり、エチレンを与えると再び活性の増加がみられた。このことから PAL の生成を活発に行なわせるためには常にエチレンが必要であろうとしている(2)。また今関はサツマイモ切片における酵素増加において、エチ

レン作用はエチレンの存在するときのみみられ、取り除くと直ちに効果が消失すると報告している(3)。さらに本実験の場合のように、短時間のエチレン処理ならば追熟が進行しなかつたことと、エチレン効果の移動、とくに非処理部でのエチレン発生が比較的すみやかであつたことから、パナナ果実の追熟を誘起させるには、エチレンが果実内である時間以上とどまつて、酵素群の活性を高める必要があると考えられる。

摘 要

1. 緑熟バナナ果実の一部に 100 ppm のエチレンを与えると、追熟を誘起させることができ、その効果はしだいに非処理部に広がってゆき、クロロフィルの退色、糖含量の増加が起こつた。

2. 緑熟バナナ果実の一端に 84 ppm のエチレンを与えた場合、処理を行なつていない他端からエチレン発生があつた。炭酸ガス発生量もエチレンを与えると 8 時間～14 時間の間に急激に増加したが、処理部、非処理部共に同程度に増加した。環状剥皮をした果実では一端にエチレンを与えても、非処理部からのエチレン発生はごく限られていた。このことから、果皮がエチレンガスの移動またはその効果の移動に役割を果していることが明らかとなつた。

3. 90 ppm エチレンで果実全体を処理すると、2 時間、6 時間処理では追熟が起こらず、24 時間処理では追熟が誘起された。

引用文献

1. 安藤鋭郎・寺山 宏・西沢一俊・山川民夫, 編. 1967. 生化学研究法 I. pp. 258. 朝倉書店.
2. 兵藤 宏. 1971. エチレンによる酵素誘導. 化学と生物. 9(4): 231—233.
3. 今関英雅. 1968. エチレン—病・傷害植物との関連を中心として—化学と生物. 6(6): 340—341.
4. 増田芳雄・勝見允行・今関英雅. 1971. 植物ホルモン. pp. 289—342. 朝倉書店.
5. MC GLASSON, W. B. 1970. The Biochemistry of Fruits and their Product, 1, Ed. A. C. HULME. Ch. 16. pp. 475—519.
6. 緒方邦安. 1963. 園芸食品の利用と加工. pp. 118—127. 養賢堂.
7. PALMER, J. K. 1971. The Biochemistry of Fruits and their Product, 2, Ed. A. C. HULME. Ch. 2. pp. 65—105.
8. PRATT, H. K., and J. D. GOESCHL. 1969. Ann. Rev. Pl. Physiol. 20, pp. 541—584.
9. SHIMOKAWA, K., YOKOYAMA, K., and KASAI, Z. 1969. Mem. of Res. Inst. for Food Sci., Kyoto Univ. No. 30. 1—7.