

## 果実の呼吸および成熟に対するエチレンの影響

|       |          |
|-------|----------|
| 誌名    | 園藝學會雜誌   |
| ISSN  | 00137626 |
| 著者    | 高田, 蜂雄   |
| 巻/号   | 44巻1号    |
| 掲載ページ | p. 82-88 |
| 発行年月  | 1975年6月  |

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター  
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council  
Secretariat



## 果実の呼吸および成熟に対するエチレンの影響

高 田 峰 雄

(千葉大学教育学部)

### Effects of Ethylene on the Respiration and Ripening of Fruits

Mineo TAKATA

Faculty of Education, Chiba University, Chiba

#### Summary

Effects of ethylene on the respiration and ripening of fruits were observed. The critical concentration of ethylene in the respiration of satsuma mandarin, natsudaidai, and tomato fruits was considered less than 1 ppm.

The treatment with 1 ppm ethylene was much effective on promoting the ripening of mature green tomato fruits, but it was little on immature fruits (18th day after anthesis). These seemed to suggest that the critical concentration of ethylene might change at some ripening stages of fruits.

The effects of ethylene on the respiration and ripening of fruits increased little in 100 and 1000 ppm in comparison with 10 ppm, indicating that 10 ppm was enough to promote the ripening of fruits.

Treating with 10 ppm ethylene for 3 days or more, the respiratory peak of satsuma mandarin and natsudaidai fruits appeared on either 2nd or 3rd day since starting the treatment, and after that the respiration decreased in spite of keeping up the treatment.

In mature green tomato fruits, the climacteric rise of the respiration appeared soon after the treatment, and it continued to rise to its peak after stopping the treatment.

When Japanese persimmon fruits were treated 10 ppm ethylene during 3 days or more, the respiratory peak appeared either 3rd or 4th day since starting the treatment, and the flesh of the fruits had softened at the peak.

The treatment with ethylene increased a bit of soluble solids content in the fruits of non-astringent type (var. Fuyū); on the contrary, decreased it much in the fruits of astringent type (var. Hiratanenashi).

On the one hand, in the treatment with 10 ppm ethylene during a single day the flesh softening got slow in speed than that during 3 days or more. On the other hand, the treatment with 10 ppm ethylene for more than 3 days was not considered to be so much effective on the respiration and ripening of fruits than that for 3 days.

#### 緒 言

エチレンが果実の呼吸および成熟に多大の影響を与え、またそれが果実の種類によつて大いに異なることが知られている(1, 2, 3, 4, 5, 8)。

このたび数種類の果実について調べた結果、いくつかの知見が得られたので報告する。

#### 材料および方法

実験に使用した果実は、入手後ただちに 20°C の恒温室 (一部は 15°C) に入れ、呼吸量の測定は翌日から開

1974 年 9 月 24 日受理

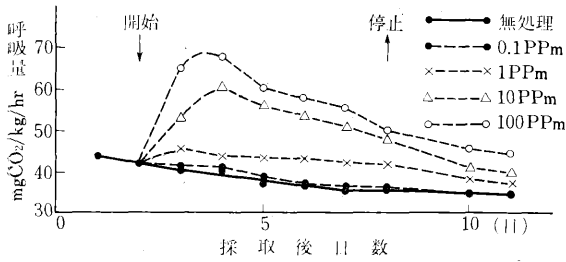
始した。なお、呼吸量は比色法(14)による CO<sub>2</sub> の排出量で求めた。エチレン処理は Pratt らの方法(13)により、所要濃度の空気を呼吸室に導いて行なつた。果実の糖度は屈折検糖計により、硬度は大 S 式硬度計によつた。その他はすべて前報(15)に順じた。

#### 実験結果

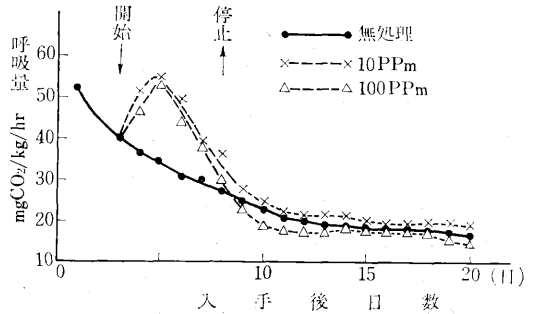
##### 1. エチレン濃度との関係

##### (A) Non-climacteric 果実について

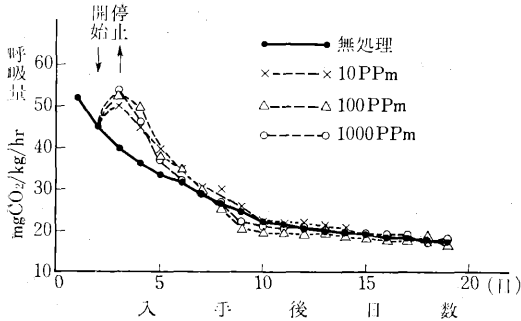
温州ミカン 12 月中旬に採取した神奈川県二宮産の普通温州ミカン果実に、0.1, 1.0, 10, 100 ppm のエ



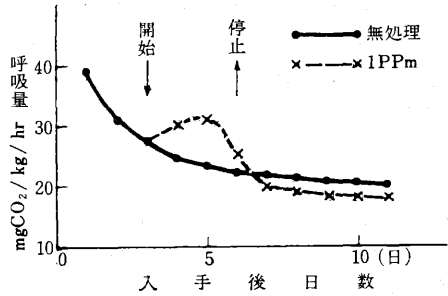
第1図 温州ミカンに対するエチレンの影響 (15°C)



第3図 ナツミカンに対するエチレンの影響 (20°C)



第2図 ナツミカンに対するエチレンの影響 (20°C)



第4図 ナツミカンに対するエチレンの影響 (20°C)

チレンを含む空気を6日間通気し、呼吸量の変化を調べた。

結果は第1図の通りで、10 ppm および 100 ppm では処理開始2日後に呼吸量のピークがあらわれたが、1 ppm ではピークははつきりせず、0.1 ppm では無処理と差がなかった。

呼吸量の増大に関しては、0.1 ppm では効果がなく、1.0 ppm では明らかに効果はあつたが大きくはなかつた。10 ppm ではその効果は顕著であり、100 ppm では一層大きかつたが、10 ppm と 100 ppm との間の差は小さかつた。

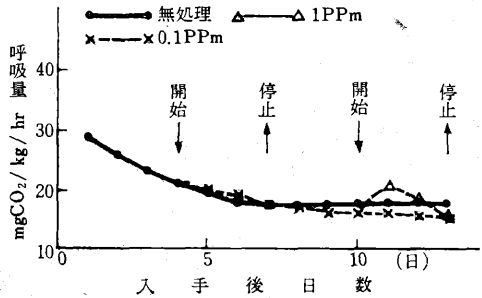
**夏ミカン** 3月初旬、市販のナツミカン果実を用いて、10, 100, 1000 ppm のエチレンを1日間作用させて、その効果について調べた。

三者とも効果は顕著であつたが、エチレン濃度の違いによる効果の差は小さかつた。

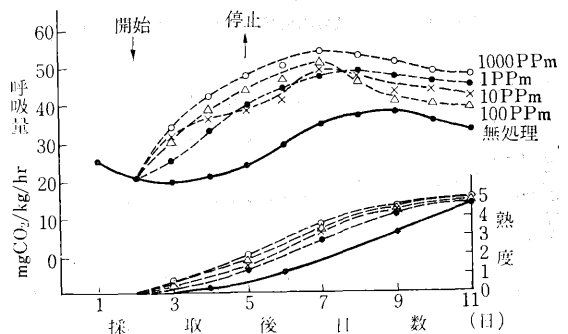
上述の実験と同時に、10 ppm と 100 ppm についてのみ5日間にわたつて処理を続け、エチレンの効果について調べたが、第3図に見るように、両濃度間に効果の差はほとんど見られなかつた。

4月中旬、市販のナツミカン果実を用い、1.0 ppm および 0.1 ppm のエチレンを3日間作用させてその効果をみた。

結果は第4図および第5図の通りで、1.0 ppm では明らかに効果があつた。0.1 ppm では効果がなかつたの



第5図 ナツミカンに対するエチレンの影響 (20°C)



第6図 緑熟期のトマト果実に対するエチレンの影響 (20°C)

で、確認のために 1.0 ppm で再処理をしたが、このときは効果が明らかであつた。

(B) Climacteric 果実について

トマト 緑熟期の果実(開花35日目)に、1.0, 10, 100, 1000 ppmのエチレンを含む空気を通気して、その呼吸量および成熟(果実の着色)の変化を調べた。

図に見るように、1.0 ppmで呼吸量に効果が見られたが、10, 100, 1000 ppmに比して果実の着色がやや遅れ、呼吸のピークの出現も1日遅れた。しかし、無処理と比較すればその効果は明らかである。

なお、トマトについては未だ成熟期に達していない若い果実(開花18日目)についても調べた。

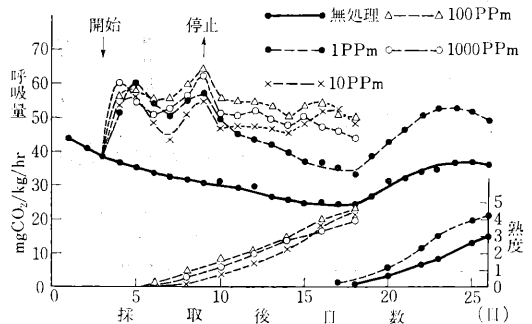
第7図に見るように、10 ppm, 100 ppm および 1000 ppmでは、呼吸量においても、また成熟(果実の着色)の点でもよく似た傾向を示したが、1.0 ppmでは、10, 100, 1000 ppmとはかなり異なり、これらと無処理との中間的な傾向を示した。

2. 種々の果実に対するエチレンの影響

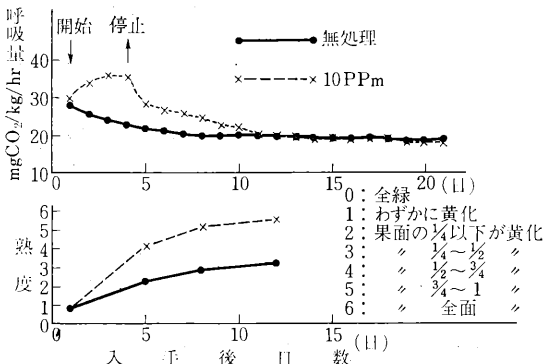
(A) Non-climacteric 果実について

早生温州ミカン 10月初旬、市販の早生温州ミカン果実(わずかに着色が始つていた)について、エチレンの影響をみた。

結果は第8図に見る通りで、処理開始1日後から呼吸量の増大がみられ、2~3日後にピークに達した。処理



第7図 未熟期のトマト果実に対するエチレンの影響 (20°C)



第8図 早生温州ミカン果実に対するエチレンの影響 (20°C)

停止直後には呼吸量の急減少がみられたが、その後は漸減した。また、果実の着色はエチレン処理によつて早まつたが、その果実は真黄色であつて、ミカン特有の橙色とはまつたく違い、単に緑色が消失したにすぎなかつた。食味についても無処理のものと同大差なく不味であつた。そのほか、エチレン処理によつて果梗の変色脱落が早まることが注目された。

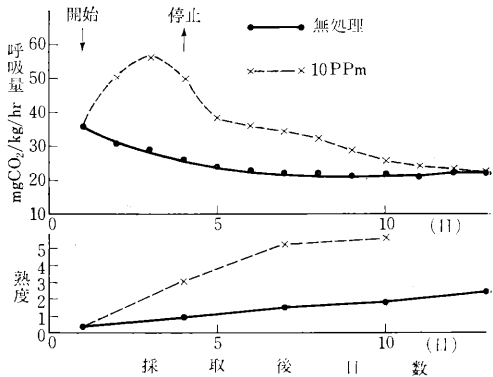
普通温州ミカン 10月下旬、神奈川県二宮産の普通温州ミカン果実を採取し、ただちにエチレンの影響をみた(第9図)。

この場合には処理開始2日後に呼吸のピークが現われたが、その他の点では早生温州ミカンと似ていた。

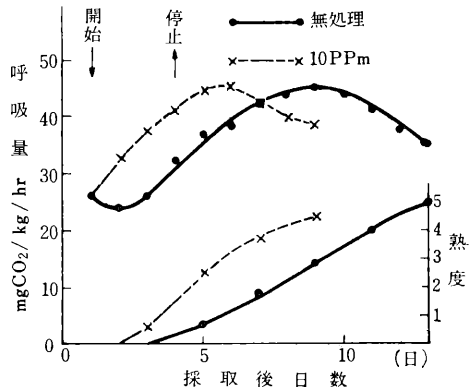
(B) Climacteric 果実について

トマト 緑熟期のトマト果実についてエチレンの影響をみた。

第10図に見るように、処理開始1日後から呼吸量の増大がみられたが、ナツミカンの場合と違って処理停止後も引き続き増大し、5日後にピークに達した。一方、無処理のものでも2日後から呼吸量の増大(climacteric rise)が始まり、8日後にピークに達した。なお、エチレ



第9図 普通温州ミカン果実に対するエチレンの影響 (20°C)



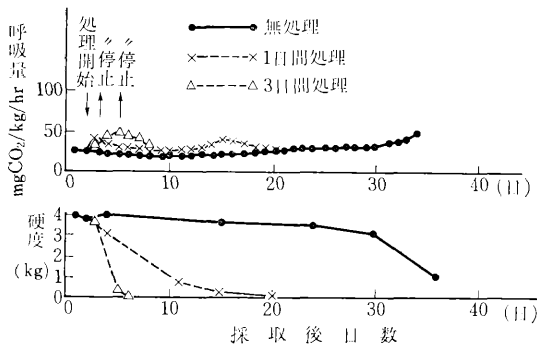
第10図 緑熟期のトマト果実に対するエチレンの影響 (20°C)

ン処理により果実の着色開始が早まり、また処理区5果の全てがほとんど同時に着色を始めたが、無処理区のものはずしも揃わなかつた。

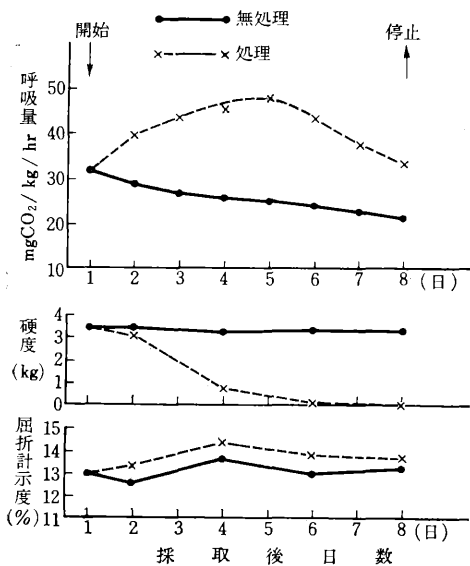
(C) 特殊な果実、カキ、について

富有 10月初旬、東京都府中市産の富有果実を採取し、ただちに実験を開始した。エチレンの処理は1日間処理と3日間処理とした(第11図)。

1日間処理では処理開始1日後に呼吸量の著しい増大がみられたが、処理停止後は減少を続け、約1週間後に再び上昇を始めてピークに達した後に減少した。この区の果実は処理停止時に果肉が少し軟化したが、その後も果肉の軟化は進み、呼吸量のピーク時には完全に軟化した。3日間処理では処理開始3日後まで呼吸量の増大がみられ、処理停止とともにその後は減少した。果肉の軟化は急速に進み、処理開始3日後には完全に軟化した。



第11図 カキ富有果実に対するエチレンの影響 (20°C)



第12図 カキ富有果実に対するエチレンの影響 (20°C)

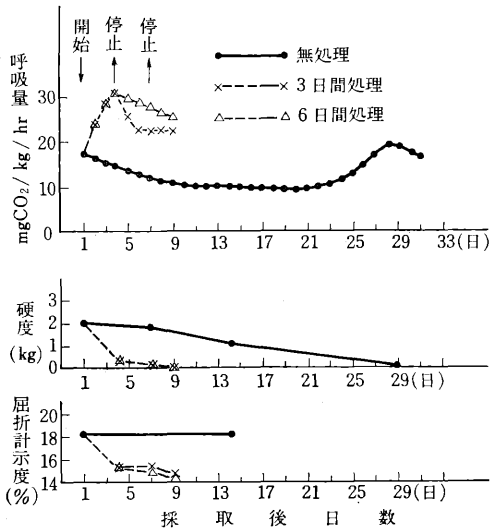
これに対し、無処理の場合には30日後頃まで呼吸量は減少もしくは横ばいを続け、その後増大に転じた。また果肉の軟化も30日後頃まではほとんど進まなかつたが、呼吸量の上昇とともにかなり急速に進行した。

10月中旬、前記富有果実を採取し、7日間のエチレン処理を行なつてその影響をみた(第12図)。

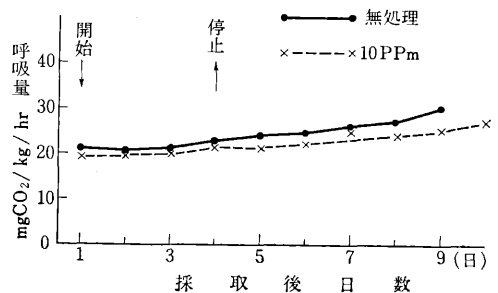
このときは処理開始4日後に呼吸量のピークが現われ、その後はエチレン処理を続けたにもかかわらず減少した。糖度の変化も同時に調べたが、エチレン処理により屈折計示度はやや増大する傾向がみられた。また、果肉は呼吸のピーク時には完全に軟化した。

平核無 10月下旬、神奈川県二宮産の平核無を採取し、ただちに実験を開始した。エチレン処理は3日間および6日間とし、呼吸量の変化とともに果実の硬さと糖度の変化も調べた(第13図)。

呼吸量の変化に関しては、両処理とも処理開始3日後にピークとなつた。3日間処理では、処理停止直後の2日間は急激に呼吸量が減少した。これに対し、6日間処



第13図 カキ平核無果実に対するエチレンの影響 (20°C)



第14図 カキ平核無のアルコール脱洗果実に対するエチレンの影響 (20°C)

理の場合にはピーク後もゆるやかな減少が続いた。この間果肉の軟化は急速に進み、呼吸のピーク時には完全に軟化していた。

一方無処理の呼吸量は、20日後頃までは漸減ないし横ばいを続けたが、その後増大に転じてピークを示した。また果肉はこの間にゆつくりと軟化した。

糖度(屈折計示度)は3日間のエチレン処理によって著しく減少したが、その後は処理の継続、停止に関係なく、ゆつくりと減少した。なお、3日間の処理では、果肉の渋味はまだかなり強く残っていた。

前記平核無の一部を、20%エタノール、20°C、6日間密閉の方法で脱渋し、脱渋終了後ただちに実験に供した(第14図)。

この果実についてはエチレン処理の効果は認められなかった。なお、脱渋処理終了直後の果実は硬かったが、その後は急速に軟化が進み、エチレン処理終了時には、処理、無処理ともに完全に軟化していた。

### 考 察

エチレンの果実に対する有効最低濃度は、呼吸量の面からみると、本実験で使用した果実については0.1~1.0 ppmにあつた。この点に関しては、ネーブルオレンジ約0.5 ppm(4)、バナナ10 ppm以下(10)、カキ平核無と温州ミカン1.0 ppm以下(10)、バナナとマンゴー0.1~1.0 ppm(6)、カンタロープ0.12~1.0 ppm(11)、アボカドとトマトなど0.1~1.0 ppm(7)とする報告があり、おおかたの果実で0.1~1.0 ppmが有効最低濃度のようにある。

一方、成熟との関連でみるならば、climacteric果実に対するエチレンの効果は、climacteric riseの開始またはclimacteric peakの出現時期の促進にみられる。

本実験におけるトマトの場合、緑熟期のものでは1.0 ppmでエチレンの効果は大きく、10 ppm以上の濃度と大差はなかつた(第6図)。ところが、開花18日目の若い果実の場合には、1.0 ppmでは10 ppm以上の濃度に比してはるかにその効果が劣つた(第7図)。たとえば、climacteric peak時の熟度をかりに3.0として(15)比較すると、10 ppm以上の場合よりも8~9日その出現が遅れた。一方、無処理と比較すると、climacteric riseの開始時期では差がなかつたものの、peak値の大きいことと、3日早く熟度3に達したことなどから、明らかにエチレンの効果はあつたとみられる。

このように、同じ果実であつても生育段階が異なると、エチレンの効果に差が出るのがわかる。

同様の傾向はカンタロープについてもみられ(11)、成熟に伴う変化との関連での今後の課題といえよう。

ところで、成熟に対するエチレンの効果を問題にする場合には、わずかに効果が認められる有効最低濃度のほかに、明らかに効果があり、かつ、それ以上濃度を高めても効果の増大が期待できない「有効十分濃度」も重視されなければならない。この点では、1.0 ppmは十分ではなく、10 ppmが適当であると思われた。

このほか、緑熟期のトマトの場合、エチレン濃度に関係なく、すべての処理区で無処理区よりも呼吸のピークが高かつたが、これはPratt and Workman(12)も指摘しているように、エチレンが果実の成熟開始を早めることにより、各処理区内の個々の果実が一斉に成熟を始め、呼吸のclimacteric riseを開始し、そのピークの時期がそろつたため、第10図の熟度曲線が急上昇していることがそれを示している。

種々の果実に10 ppmのエチレンを3日間以上連続して作用させた場合、Non-climacteric果実では、処理開始2~3日後に呼吸のピークが現われ、その後はエチレン処理を続けても減少した。

一方、climacteric果実のトマトの場合にはかなりその反応を異にした。すなわち、緑熟期の果実ではエチレン処理により1日後から呼吸量が増大したが、呼吸のピークは5日後に現われた。しかもこの場合、エチレン処理は3日後までで、4日後および5日後と引き続いた呼吸量の増大は、外からのエチレンの作用なしに行なわれたことになる。また、この間に果実の成熟(着色)は順調に進み、呼吸のピーク時には熟度3~4となつており、前報(14)で触れた正常な成熟にあたっている。従つて、この場合のエチレンは、成熟とそれに伴う呼吸量の増大開始のための起爆剤として働いたと考えられた。

他方、同じトマトでも未成熟果実の場合にはその様相を異にした(第7図)。すなわち、エチレン処理開始の1日後から呼吸量の増大がみられ、2日後にピークとなり、エチレン処理を続けたにもかかわらず3日後、4日後と減少した。このパターンはnon-climacteric果実のものと同様によく似ている。しかるに、その後、5日後、6日後と再び増大を始めた。エチレン処理は6日後で停止したが、停止後1日後には呼吸量は減少し、その後4日間の横ばいの後、三度上昇を始めてピークに達した。このように合計3回も呼吸のピークがみられたが、第1のピークは明らかにエチレンの作用によるものである。第2のピークは果実の着色開始と期を一にしているところから、成熟にともなう呼吸量の増大ともみられるが、必ずしも明確ではない。第3のピークは熟度曲線からみて成熟にともなうものであろう。

このように、エチレンは未成熟果実に対しては成熟期

の果実の場合とは異なり、climacteric rise 開始のための起爆剤とはなり得なかつた。このことは、果実の側に準備がととのつていない場合には効果がないことを示すものと考えられた。

カキは呼吸型でも特異な性質を有するが(9, 15), エチレンに対する反応も他の果実とは違っていた。すなわち、10 ppm のエチレン3日間以上の処理では、処理開始3~4日後に呼吸のピークが現われ、この間に果肉が完全に軟化してしまつた。しかし、1日間のみの処理では、処理停止後に呼吸量は減少したが、約1週間後に再び増大しピークを示した。この間果肉は軟化を続け、呼吸量のピーク時には完全に軟化した。これに対し、無処理のものは約1か月間呼吸量は横ばいを続け、その間果肉もほとんど軟化せず、その後の呼吸量の増大とともに果肉の軟化が進んだ。エチレン処理をするかしないかでこのように大きな差の生ずることから、カキはエチレンに対して非常に敏感であるといえよう。しかし、アルコールによる脱渋処理をした果実にはエチレンの効果はなく、脱渋処理の間に起こつた変化が注目されよう。

このほか、エチレン処理により甘柿富有では糖度(屈折計示度)がやや増加したが、渋柿平核無では逆に著しい減少がみられ、脱渋との関連性が考えられた。

このほか、10 ppm のエチレン処理でどの果実も成熟が促進されたが(すでに climacteric rise の始まつているものを除いて)、処理期間は1日間では不十分であり、3日間だと十分で、それ以上にしても効果は増さないように思われた。しかし、この点に関しては果実の成熟の程度とも関連させて、さらに検討する必要がある。

### 摘 要

数種類の果実の呼吸および成熟に対するエチレンの影響を調べた。

果実の呼吸に対するエチレンの有効最低濃度(閾値)は、温州ミカン、ナツミカン、トマトで1.0 ppm 以下であつた。

トマト果実の成熟促進については、緑熟期の果実に対しては1.0 ppm で有効であつたが、開花18日目の未熟果実に対しては効果が小さく、果実の生育段階によりエチレンの有効最低濃度が異なるように思われた。また、エチレン濃度を10 ppm 以上にしてもその効果はほとんど増大せず、成熟促進のためには10 ppm で十分であると考えられた。

10 ppm のエチレンを3日間以上にわたつて作用させた場合、温州ミカンおよびナツミカンでは処理開始2~3日後に呼吸のピークが現われ、その後はエチレン処理を

続けても呼吸量は減少した。緑熟期のトマト果実では、エチレン処理によりただちに呼吸の climacteric rise が始まり、処理停止後も呼吸量の増大が続き、ピークに達した後減少した。

カキ果実に10 ppm エチレンを3日間以上にわたつて作用させると、処理開始3~4日後に呼吸のピークが現われ、その時には果肉が完全に軟化した。また、エチレン処理により、甘柿富有では糖度(屈折計示度)がやや増加する傾向がみられたが、渋柿平核無では糖度が急減した。

一方、1日間処理でも果肉の軟化は速められたが、3日間処理に比して軟化速度はかなりおそかつた。他方、3日間以上にわたつて処理しても、その効果の増大は期待できないと考えられた。

### 引用文献

1. ABELES, F. B. 1972. Biosynthesis and mechanism of action of ethylene. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 23: 259—292.
2. BIALE, J. B. 1950. Post-harvest physiology and biochemistry of fruits. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 1: 183—206.
3. ————. 1960. The post-harvest biochemistry of tropical and subtropical fruits. *Adv. Food Res.* 10: 293—354.
4. ————. 1960. Respiration of fruits. *Handbuch der Pflanzenphysiologie* XII-II: 536—592.
5. BURG, S. P. 1962. The physiology of ethylene formation. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 13: 265—302.
6. ————, and E. A. BURG. 1962. Role of ethylene in fruit ripening. *Plant Physiol.* 37: 179—189.
7. ————, and ————. 1965. Ethylene action and the ripening of fruits. *Science* 148: 1—7.
8. HANSEN, E. 1966. Post-harvest physiology of fruits. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 17: 459—480.
9. 岩田 隆・中川勝也・緒方邦安. 1968. 果実の収穫後における成熟現象と呼吸型の関係(第1報) カキ果実における呼吸の climacteric の有無, *園学雑.* 38: 194—201.
10. ————・大亦郁子・緒方邦安. 1969. 果実の収穫後における成熟現象と呼吸型の関係(第3報) 果実内エチレン濃度の変化およびエチレン処理に対する反応と呼吸型との関係, *園学雑.* 38: 350—358.
11. MCGLASSON, W. B., and H. K. PRATT. 1964. Effects of ethylene on cantaloupe fruits harvested at various ages. *Plant Physiol.* 39: 120—127.

12. PRATT, H. K., and M. WORKMAN. 1962. Studies on the physiology of tomato fruits. III. The effect of ethylene on respiration and ripening of fruits stored at 20°C after harvest. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 81: 467—478.
13. ———, ———, MARTIN, F. W., and J. M. LYONS. 1960. Simple method for continuous treatment of plant material with metered traces of ethylene or other gases. Plant Physiol. 35: 609—611.
14. 杉山直儀・高田峰雄. 1964. 比色法による果実の呼吸量測定装置, 農及園, 39: 385—387.
15. 高田峰雄. 1967. カキおよびトマト果実の生育ならびに成熟に伴う呼吸量の変化, 園学雑. 37: 357—362.