油処理によるイチジク果実の成熟促進に関する研究(第6報)

脂肪酸の酸化生成物処理と果実の物質代謝

平井重三・平田尚美・堀内昭作

(大阪府立大学農学部)

Effect of oleification on hastening the maturity of the fig fruit. VI.
Respiration and changes in the concentrations of metabolic substances
in the treated fruits with products in oxidative process of fatty
acid such as acetaldehyde or ethylene

J. HIRAI, N. HIRATA and S. HORIUCHI

College of Agriculture, University of Osaka Prefecture, Sakai, Osaka

Summary

In this investigation, the second crop on 8-year-old Masui Dauphine fig tree were employed to clear up the effects of acetaldehyde or ethylene on hastening the maturity of the fruits. That is, after the treatment with acetaldehyde (500 ppm) or ethylene (500 ppm) to the fruit at the best time of oleification the respiratory drift, contents of carbohydrates, concentrations of volatile substances such as acetaldehyde, ethyl alcohol and ethylene, and activities of plant growth substances in the fruits were determined until the maturity.

1. The maturity of the treated fruits with acetaldehyde or ethylene was markedly promoted in comparison to the untreated fruits. Between these volatile substances tested, acetaldehyde (matured 5 days after treatment) was more effective than ethylene (matured 8 days after treatment).

The mature fruits with these chemicals were the same in size, color, and reducing sugar and malic acid contents to those allowed to mature naturally.

2. The respiration rate of the treated fruit with acetaldehyde increased rapidly from the next day of the treatment, reached a climacteric maximum in respiration 2 days after treatment.

Thereafter the rate sharply declined, and again rose at maturity. While, those of the treated fruit with ethylene reached a climacteric maximum in respiration 4 days after treatment, thereafter the rate declined. The respiration rate of the treated fruit with acetaldehyde was significantly larger as compared with those of the fruit with ethylene throughout the season. However, respiratory quotients in both treated fruits with acetaldehyde and ethylene at the climacteric maximum were higher than 2.1.

3. The content of reducing sugar in the treated fruit with acetaldehyde increased rapidly on and

after the climacteric maximum, and attained a maximum at the maturity. On the other hand, the content of malic acid in the treated fruit with acetaldehyde increased immediately, attained a maximum just before or on the climacteric maximum in respiration, and then decreased abruptly until the maturity. While, seasonal changes in contents of reducing sugar and malic acid in the treated fruit with ethylene were similar to those shown for the fruit with acetaldehyde.

4. As expressed in mg per 100 g fresh matter, acetaldehyde and ethyl alcohol contents in the treated fruit with acetaldehyde increased immediately, reached a peak at the pre-climacteric periods in respiration (1 day after treatment), followed by the sharply depression and again rising at maturity. In the treated fruit with ethylene, the contents of acetaldehyde and ethyl alcohol reached a maximum at the climacteric peak in respiration (4 days after treatment). Thereafter the contents decreased abruptly and again rose at maturity.

5. Ethylene concentration in the treated fruit with acetaldehyde also increased rapidly, reached a maximum at the post-climacteric periods in respiration (at the beginning of fruit softening), afterwards the concentration decreased. While, ethylene concentration in the treated fruit with ethylene attained a maximum just after the treatment, followed by the sharp depression and again rising at the beginning of fruit softening.

6. In the treated fruits with acetaldehyde or ethylene, several endogenous growth substances such as IAA, IBA, IAN and GA₃ like substances were identified by paper chromatographic method. Moreover, two different unknown growth substances were also detected. The activities of these endogenous growth substances were high at the stage of

1966年7月22日受理

noticeable coloring in the skin, and were low at maturity.

7. From these data mentioned above, it was concluded that the effect of oleification on hastening the maturity of the fig fruit may be due to high

enzymatic activity in the cells of the fruit tissue induced by the volatile substances such as acetaldehyde or ethylene shown in both process of oxidation of fatty acid and of decomposition of sugar.

I. 緒 言

前報⁽⁶⁾において、脂肪酸（リノレン酸）の酸化処理物は脂肪酸よりもイチジク果実の成熟促進効果が大であること、脂肪酸の酸化生成物とくに -CHO 基をもつアセトアルデヒドはその効果が顕著であること、また糖の無機代謝過程の生産物の処理では、アセトアルデヒド、エチルアルコールのような最終生成物の効果が大きいことなどを報告した。本実験では脂肪酸の代謝生成物処理が果実内の物質代謝に及ぼす影響を明らかにして、果実成熟との関連を知る目的で、代謝生成物のうちとくに成熟に深い関係をもつと思われるアセトアルデヒド、エチレンを処理して果実の呼吸量と還元糖、リンゴ酸、アセトアルデヒド、エチルアルコール、エチレンおよび植物生長調整物質含量に及ぼす影響を調査した。

II. 実験材料および方法

1964 年、大阪府立大学実験園栽植の8年生マスイドーフンの新梢の第2番果が横径約 34.0 mm に達した8月7日に、果頂部からアセトアルデヒド、エチレンの 500 ppm を注射器で果実内に注入し、ただちにワセリンで封じた。呼吸量および還元糖、リンゴ酸、アセトアルデヒド、エチルアルコール、エチレン、植物生長調整物質含量の測定はすべて既報⁽⁶⁾の方法と同じである。

III. 実験結果

1. 果実の生長と成熟

結果は Fig. 1 および Table. 1 に示した。アセトアルデヒド処理果は処理5日後に、エチレンは8日後、ナタ

Fig. 1. Growth curves of the fig fruits with or without rape seed oil, acetaldehyde and ethylene after the applications. The chemicals were applied at the best time of oleification on Aug. 7, 1964.

ネ油は7日後にそれぞれ成熟したが、無処理果は23日を要した。したがって処理後の1日当たりの生長量にも著しい相違がみられる。しかしそれぞれの成熟時における果実の形質は処理による大きい差異はみられなかつた。

2. 呼吸量

アセトアルデヒド処理果の呼吸量は Fig. 2 A に示すように、処理2日後果皮が10~20%着色したところに呼吸の climacteric maximum に達し、以後減じるが、完熟時にまたやや増加した。CO₂ 排出量が O₂ 吸収量よりも増加が著しいので、climacteric maximum 時の RQ は

Table 1. Fruit growth rate, conditions and qualities of the mature fig fruits with or without rape seed oil, acetaldehyde and ethylene.

The chemicals were applied at the best time of oleification on Aug. 7, 1964.

		Untreated	Rape seed oil	Acetaldehyde 500 ppm	Ethylene 500 ppm
Days (from the treated time to maturity)		23	7	5	8
Fruit growth rate (per day)		0.8(10)	3.0(38)	4.3(54)	2.3(29)
Mature fruit	Width (mm)	53.1	55.1	55.0	52.4
	Length (mm)	71.4	72.8	72.5	73.9
	Fresh weight (g)	76.5	78.4	79.5	80.7
	Reducing sugar (%)	13.4	13.7	13.3	13.6
	Malic acid (10 ⁻² %)	2.7	3.2	3.0	2.7
	Skin color (-logT)	0.68 (10)	0.72 (11)	0.69 (10)	0.75 (11)

Fig. 2. Respiratory drifts of the fig fruits with or without acetaldehyde and ethylene

2.5~2.6 の高い値を示し、あきらかに無気呼吸の様相を示していた。

エチレン処理果では (Fig. 2 B), 処理後4日ごろ、果皮着色開始期またはその直後に climacteric が現われ、その時の RQ は 2.2 前後の値を示した。なお、こ

れら処理果の示す呼吸量はナタネ油処理果のそれと量的には違うが、果実の成熟に伴う消長はよく似ている。

3. 還元糖

Fig. 3 に示すように、成熟促進効果の最もすぐれたアセトアルデヒドでは処理後ただちに増加し、とくに climacteric maximum に達する処理2日後から急増して成熟時には

なつた。エチレン処理果は処理4日後 climacteric maximum のころから急増し、成熟果では 13.3% の含量となつた。このように呼吸の climacteric maximum 以

Fig. 3. Reducing sugar contents in the treated fig fruits with rape seed oil, acetaldehyde and ethylene as compared with the untreated fig fruits at the different times after the applications.

Fig. 4. Malic acid contents in the treated fig fruits with rape seed oil, acetaldehyde and ethylene as compared with the untreated fig fruits at the different times after the applications.

後に還元糖含量が急増する現象は、ナタネ油処理および無処理果実が成熟過程に示す糖含量の変化と一致している。

4. リンゴ酸

各処理果実内のリンゴ酸含量の処理後の変化は Fig. 4 に示した。アセトアルデヒド処理果実は処理1日後に、ナタネ油処理果実は2日後に、エチレン処理果実は4日後にそれぞれ最高含量に達し、以後成熟に伴って急減した。最高含量に達する時期は、それぞれ果皮の着色開始期または10~20% 着色期に相当し、また climacteric maximum 時またはその直前に当たる。この傾向は無処理果が自然成熟する場合にみられる変化と同様である。

5. アセトアルデヒド

成熟促進効果の最も顕著なアセトアルデヒド処理果では、処理の翌日には最高値の 155 ppm を示し、その後低下したが、完熟時にはふたたび増加した。ナタネ油およびエチレン処理果はそれぞれ2日、4日後にピークに達して以後低下し、完熟時にまた増加する点では同様で

Fig. 5. Acetaldehyde contents in the treated fig fruits with rape seed oil, acetaldehyde and ethylene as compared with the untreated fig fruits at the different times after the applications.

あるが、その絶対量ははるかに低い。そして果実内のアセトアルデヒド含量が最高に達する時期は、いずれの処理果においても呼吸の pre-climacteric か climacteric の時期であり、また果肉組織の一部が醗酵過程にはいると思われる完熟時にその含量がやや高くなる点で一致している。

6. エチルアルコール

各処理果実内の処理後のエチルアルコール含量の変化は Fig. 6 に示した。その変化はアセトアルデヒド含量の変化によく似ている。アセトアルデヒド処理果実内のエチルアルコール含量が顕著に増加しているが、これは生体内において両者が助酵素の働きによつて相互に移動できる事実から考えて当然の結果といえよう。

7. エチレン

Fig. 7 は各処理果実内のエチレン含量の変化を示したものである。アセトアルデヒド処理果では処理後急激に増加し、処理4日後果皮の着色 50~60% で果肉の軟化の始まる時期にその含量は最高となり、その後成熟が進むにつれていくぶん低下した。ナタネ油処理果の含量は低い、その消長はアセトアルデヒド処理果によく似ていた。エチレン処理果は処理時に最高値を示し、以後は

Fig. 6. Ethyl alcohol contents in the treated fig fruits with rape seed oil, acetaldehyde and ethylene as compared with the untreated fig fruits at the different times after the applications.

Fig. 7. Ethylene concentrations in the treated fig fruits with rape seed oil, acetaldehyde and ethylene as compared with the untreated fig fruits at the different times after the applications.

急激に減少するが、その後果実が肥大し始める着色開始期すなわち処理4日後から増加し、果肉が急に軟化する成熟直前にピークに達し、以後低下した。以上いずれの処理においても、エチレン含量は呼吸の climacteric maximum 時から post-climacteric stage にピークに達し、この時期は果肉が急激に軟化し始める時期と一致している。

8. 植物生長調整物質

a) オーキシン 8月7日にアセトアルデヒド、エチレンおよびナタネ油を処理した果実の果皮着色期と成熟期における内生オーキシンを、酸性と中性

区分に分けてヒストグラムで示したのが Fig. 8—A, B である。果径が約 3.40 mm の処理時の果実内には、酸性区分では IAA, IBA 様物質がわずかに認められ、また中性区分では IAN 様物質と R_f 0.4~0.5 に未知の促進物質がわずかに認められた。

果実の生長に伴う変化をみると、酸性区分では、アセトアルデヒド処理果は果皮着色期になると生長促進物質はいずれも急激に活性を増し、とくに IAA 様物質にその傾向が著しい。しかし成熟期にはその活性はいくぶん低下したが、なお高い活性を示していた。生長抑制物質も認められ、成熟期にはその活性が高くなる傾向があつた。エチレン処理果では着色時には IAA, IBA 様物質の活性は増加し、とくに前者はアセトアルデヒド処理果よりも高い活性を示したが、成熟期には逆に低くなり、また IBA 様物質はみられなくなった。生長抑制物質も成熟期にはその活性が高くなる傾向にあつた。ナタネ油

Fig. 8—A. Histograms showing activities in the avena coleoptile test from chromatograms of acid ether extracts of the fig fruits with rape seed oil, acetaldehyde and ethylene at the times of coloring in the skin and maturity.

Fig. 8-B. Histograms showing activities in the avena coleoptile test from chromatograms of neutral ether extracts of the fig fruits with rape seed oil, acetaldehyde and ethylene at the times of coloring in the skin and maturity.

処理果のこれら物質の消長はアセトアルデヒド処理果に類似しているが、その活性はやや低い傾向がみられた。

中性区分ではアセトアルデヒド処理果は着色期に生長促進物質の活性は著しく高くなり、とくに IAN 様物質にその傾向は強いが、成熟期には低くなっている。エチレン処理果にも同様の傾向がみられるが、その活性はアセトアルデヒド処理果よりやや低かった。ナタネ油処理果にも同じ促進物質がみられたが、その傾向を異にし、成熟期にその活性がやや高くなっていた。生長抑制物質は成熟期のアセトアルデヒドおよびエチレン処理果にとくに多くみられたが、後者においてその活性は高い傾向がみられた。

b) ジベレリン Fig. 9 に示すように、処理時の果実内には R_f 0.8~1.0 にわずかに生長促進物質がみられる。アセトアルデヒド処理果では着色期には R_f 0.1~0.2, 0.4~0.5, 0.8~1.0 の3部分に著しく活性の高い促進物質がみられる。このうち R_f 0.4~0.5 の物質は

GA_3 様物質であることが推定された。これらの物質の活性は成熟果ではやや低下する傾向があるが、 GA_3 様物質および R_f 0.8~1.0 の物質はなおかなり活性を示した。エチレン処理果は GA_3 様物質と R_f 0.8~1.0 の部分に促進物質がみられたがアセトアルデヒド処理果に比べてその活性は非常に低く、また着色期よりも成熟期における活性がやや高かった。ナタネ油処理果はアセトアルデヒド処理果と同じ R_f の部分に促進物質がみられ、着色期には GA_3 様物質と R_f 0.8~1.0 の部分の物質の活性は著しく高かったが、成熟期には顕著に低下した。

IV. 考 察

成熟中の果実では、揮発性物質、とくにアセトアルデヒドおよびエチレンが多量に見いだされている。たとえば、アセトアルデヒドについては、リンゴにおいて、THOMAS⁽²³⁾, HULME⁽¹⁰⁾, SIEGELMAN⁽²⁰⁾, NANCE⁽¹⁶⁾ (17), NEAL⁽¹⁸⁾, ミカンでは倉岡⁽¹³⁾, カキでは平田⁽⁹⁾が述べ、また、エチレンについては KIDD⁽¹²⁾, NEAL⁽¹⁸⁾,

Fig. 9. Histograms showing activities in the rice seedling test from chromatogram of acetone extracts of the fig fruits with rape seed oil, acetaldehyde and ethylene at the times of coloring in the skin and maturity.

BIALE⁽¹⁾, LYONS⁽¹³⁾, BURG⁽²⁾ がリンゴ、アボカド、マンゴ、バナナ、オレンジ、パイナップル、メロンなどで、平田⁽⁹⁾はカキで、岩田⁽¹¹⁾はモモ、イチゴについて報告している。

その結果を総合すると、これらの物質はいずれも果実の品質、とくに香気、着色、軟化、脱渋など果実の成熟に関与する質的な面に作用する重要な成分であり、果実の成熟現象と密接な関係のあることを指摘している。

筆者らのイチジクについてのこれまでの調査結果⁽³⁻⁸⁾からもアセトアルデヒド、エチルアルコール、エチレンは果実の成熟促進に対して関係の深い成分であり、かつ主要な役割を演じていることがほぼ推察できる。

成熟促進に関係のあるこれらの揮発性成分は、既述のように糖の無気代謝の結果生じるものであるが、脂肪酸の酸化によつても生成される。油脂からアセトアルデヒドなどの揮発性成分が生成される反応過程は Fig. 10 の一部に示している。

まず、アセトアルデヒドの生成される過程を推察すると、油脂の加水分解によつて生成された脂肪酸は、脂肪酸サイクルをへてアセチル-CoA となる。さらに、オキサロ酢酸の存在でクエン酸を生じ、いわゆる有機酸代謝(TCA サイクル)系にはいり多くの反応過程をへて炭酸ガス、水となり、同時に多量のエネルギーを生ずるが、一部は BIALE⁽¹⁾がリンゴ果実で認めているように、リンゴ酸脱炭酸酵素の作用をうけてリンゴ酸からピルビン酸を生成する。

一方、脂肪酸代謝の結果、アセトンなどのカルボニール化合物も生成されるが、これらの物質は TCA サイクル系に関与している酵素の活性をおさえるため、TCA 回路の回転が円滑に行かなくなる。このような状態になると、解糖過程の中間代謝物質であるピルビン酸は異常に集積される。ピルビン酸はリンゴ酸からも生成される

Fig. 10. Diagram shows the possible biochemical pathway for the formation of volatile substances such as acetaldehyde, ethyl alcohol and ethylene from the treated fig fruits with vegetable oils, and also shows the relationship between the volatile substances and the fruit ripening.

ため、さらに多量に集積されたピルビン酸は一部アセチルリン酸の生成に関与するはずであるが大部分は $\text{NAN-CE}^{(17)}$ や $\text{NEAL}^{(18)}$ がリンゴ果実で認めているようにカルボキシラーゼ（ピルビン酸脱炭酸酵素）により脱炭酸反応が起こり、多量の炭酸ガスが排出されるとともに細胞内にアセトアルデヒドを生成する。

この反応は不可逆的であり酸素の存在にはあまり関係がないとされているから、反応はさらに進行する。脱炭酸反応が進行していれば炭酸ガス排出量の多い時期にアセトアルデヒドの蓄積も多くなると考えられるが、本実験の結果もこれとよく一致している。

以上述べたように、油処理したイチジク果実内では脂肪酸の酸化生成物として、また、糖の無気代謝生成物としてアセトアルデヒドが生成されるように考えられる。もちろん生体内での反応は複雑なために、これら以外の生成過程も十分考慮する必要がある。

生成されたアセトアルデヒドは生体内では、さらにアルコール脱水素酵素によって、

の反応が起こりエチルアルコールも生成されてくる。したがって、果実生体内においてはアセトアルデヒド含量の増大する時期には、エチルアルコール含量も増大すると考えられ、本実験の結果はこれと一致する傾向を示している。

植物体内におけるエチレン生成機構については、なお不明点が多い。 $\text{BURG}^{(2)}$ によればリンゴ果実内のエチレンは細胞内のミトコンドリアで生成されるとし、また、 $\text{LIEBERMAN}^{(15)}$ 、下川ら $^{(21)}$ はリンゴの果肉組織内でのエチレン合成について研究し、前者はエタンよりエチレンが、後者はアセトアルデヒドよりエチレンが生成される可能性を述べている。

本実験の結果も、アセトアルデヒド処理によつてエチレン、エチルアルコール含量は著しく増加し、エチレン処理では、アセトアルデヒド、エチルアルコール含量が顕著に増加した事実からみて、

の反応の可能性も想像され、 $\text{LIEBERMAN}^{(15)}$ 、下川ら $^{(21)}$ の見解とあわせて考えると、まことに興味深い。

エチレンは前述のようにアセトアルデヒドと同じく果実の成熟に関与する重要な成分であるが、 $\text{KIDD}^{(12)}$ はエ

チレンが果実の成熟ホルモンであるという見解をとり、一方 BIALE⁽¹⁾ は成熟過程の副産物であろうとみている。また、LYONS⁽¹⁴⁾ は収穫後のメロンの呼吸とエチレンの関係調べ、呼吸の climacteric rise と一致して果実内外のエチレンが増加することから、エチレンはメロン果実の成熟過程に重要な役割を演じていることを指摘している。BURG⁽²⁾ はマンゴおよびバナナの果実内部のエチレン含量と呼吸量との関係について研究している。すなわち、climacteric rise の開始とエチレンの生成とは密接な関係があり、ある濃度のエチレンの蓄積が climacteric rise の開始に先行するものであるとしている。

本調査では、イチジク果実内のエチレンのピークは post-climacteric stage にみられたが、エチレン量が一定の active level に達すれば呼吸の climacteric rise が誘起されるとの BURG⁽²⁾ の見解によれば、イチジク果実では、エチレンの含量がピークに達する時期以前の、かなり低い含量で climacteric rise が引き起こされるものと思われる。

いずれにしても、アセトアルデヒドを油の処理適期にイチジク果実に処理すると、急激な成熟促進がみられ、エチレンよりもはるかに効果が大きく、また、物質代謝の面でもその傾向はよく似ているが、エチレン処理よりも急激な反応となつてあらわれている。したがって、イチジク果実の成熟促進に関しては少なくともアセトアルデヒドがより重要な役割を演じているといえよう。エチレンあるいはエチルアルコールについても、生体内ではアセトアルデヒドと可逆的な関係で存在することも考えられるから、これらを処理するとそれ自身がアセトアルデヒドに変化し、その結果、成熟が促進される場合も考えられるから、これらの成分もまた重要であるといわねばならない。

以上、1962 年から行なつてきた試験結果⁽³⁻⁸⁾ を総合して、油処理によるイチジク果実の成熟促進機構の推察を試みたのが Fig.10 である。

油処理を行なうと果実内には、それぞれの代謝系から生成されたアセトアルデヒドが総合されて多量に蓄積されるようになる。この蓄積されたアセトアルデヒドなどが果肉細胞あるいは物質代謝系の酵素、とくに TCA サイクル、エチレン生成あるいはホルモン生成に関与する酵素群に作用し、着色、肥大、増糖、減酸および軟化など量的にも質的にも大きな変化をひき起こさせる原動力となつていくことがうかがわれる。

すなわち、脂肪酸の酸化、糖の無気代謝、また他の物質代謝から生成されるアセトアルデヒドやエチレンは、果肉細胞に強力な刺激をあたえとともに、成熟現象に

関与する物質代謝系の酵素やホルモン生成系の酵素にも作用を及ぼすことが知られた。

その結果、果肉細胞は量的にも質的にも大きな変化をきたし、成熟が著しく促進されるものと思われる。

V. 摘 要

油の処理適期にアセトアルデヒドおよびエチレンの 500 ppm をイチジク果実の果頂部に処理し、成熟に伴う物質代謝の変化を追究した。

1. アセトアルデヒド処理果実は処理後 5 日、エチレン処理果実は 8 日にそれぞれ成熟し、著しい促進効果がみられた。なお、成熟時の果実の品質は自然成熟果と大差はなかつた。

2. アセトアルデヒド処理では果皮の着色 10~20% ごろ、呼吸は climacteric maximum に達し、以後成熟に伴い低下したが、成熟時にはふたたび増加した。エチレン処理果実では処理後 4 日で呼吸の climacteric maximum がみられたが、その後低下した。呼吸量はアセトアルデヒド処理において顕著に高かつた。なお、呼吸の climacteric maximum 時には、いずれの処理果実も呼吸率が 2.0 以上の値を示した。

3. アセトアルデヒド処理果実の還元糖含量は呼吸の climacteric maximum ごろから急増し、リンゴ酸含量は呼吸の climacteric maximum の直前あるいはその時期から急減した。この傾向は、エチレン処理果実においてもよく類似していた。

4. アセトアルデヒド処理果実のアセトアルデヒド含量は、果皮の着色開始期、すなわち、呼吸の pre-climacteric stage にピークに達し、成熟時にもふたたび増加した。エチレン処理果実では、呼吸の climacteric maximum 時にピークを示した。エチルアルコール含量の変化もアセトアルデヒドの場合とよく似ており、その含量は、アセトアルデヒド処理果実が高い傾向にあつた。

5. アセトアルデヒド処理果実のエチレン含量は果肉が軟化を始める着色 50~60% ごろ、すなわち、呼吸の post-climacteric stage にピークに達し、以後成熟に伴い減少した。エチレン処理果実では処理開始直後に顕著に高いが、その後減少し、果実の軟化開始期ごろにふたたび増加した。

6. アセトアルデヒドおよびエチレン処理果実には IAA, IBA, IAN 様物質、GA₃ 様物質および未知の 2 物質が存在した。生長促進物質の活性は、両処理区とも果皮の着色期に最高を示したが、成熟時には低下した。

7. 油処理によるイチジク果実の成熟促進には脂肪酸の酸化、および糖の無気代謝系から生成されたアセトア

ルデヒドおよびエチレンが重要な役割を演じていることが明らかにされた。

文 献

1. BIALE, J. B. 1960. The postharvest biochemistry of tropical and subtropical fruits. *Advances in food research*. 10 : 293—354.
2. BURG, S. P. and E. A. BURG. 1962. Role of ethylene in fruit ripening. *Plant Physiol.* 37 : 179—189.
3. 平井重三. 1966. イチジク果実の発育に関する研究. *Bulletin of the University of Osaka Prefecture. Series B* 18 : 168—218.
4. ———・平田尚美・多田英喜. 1967. 油処理によるイチジク果実の成熟促進に関する研究（第1報）. 油処理の時期および油の種類と成熟促進. *園学雑*. 35 (4) : 36—44.
5. ———・———. 1967. 同（第2報）. 油処理した果実の物質代謝. *園学雑*. 36(1) : 36—44.
6. ———・———. 1967. 同（第3報）. 脂肪酸およびグリセリン処理による果実の成熟促進. *園学雑*. 36(2) : 147—150.
7. ———・———. 1967. 同（第4報）. 脂肪酸およびグリセリン処理と果実の物質代謝. *園学雑*. 36(3) : 268—274.
8. ———・———. 1968. 同（第5報）. 脂肪酸の酸化生成物処理による果実の成熟促進. *園学雑*. 36(4) : 380—384.
9. 平田尚美・梶村重次. 1964. カキ果実の発育生理に関する研究（第3報）. *園芸学会昭和39年春発表要旨*.
10. HULME, A. C. 1952. Studies in the nitrogen metabolism of apple fruits, the climacteric rise in respiration between protein synthesis and breakdown. *Jour. Exp. Bot.* 5 : 159—172.
11. 岩田 隆・大亦郁子・緒方邦安. 1964. 収穫後の果実の成熟に関する生理学的研究（第1報）. *園芸学会昭和39年秋発表要旨*.
12. KIDD, F. and C. WEST. 1945. Respiratory activity and duration of life of apples gathered at different stages of development and subsequently maintained at a constant temperature. *Plant Physiol.* 20 : 467—504.
13. 倉岡唯行. 1961. 温州みかん果実の発育に関する組織学的研究（とくに浮皮の発現機構について）. 京大学位論文.
14. LYONS, J. M., W. B. MCGLOSSON and H. K. PRATT. 1962. Ethylene production, respiration, and internal gas concentrations in cantaloupe fruit at various stages of maturity. *Plant Physiol.* 37 : 31—36.
15. LIEBERMAN, M. and L. W. MAPSON. 1962. Fatty acid control of ethylene production by sub-cellular particles from apples and its possible relationship to ethylene biosynthesis. *Nature* 195 : 1016—1017.
16. NANCE, J. F. and A. C. HULME. 1950. Acetaldehyde accumulation in excised wheat roots induced by plant growth substances. *Science* 112 : 170—172.
17. ———. and Y. SHIGEMURA. 1954. Studies on the acetaldehyde evolution and utilization. *Amer. Jour. Bot.* 41 : 829—832.
18. NEAL, G. E. and A. C. HULME. 1958. The organic acid metabolism of Bramley's seedling apple peel. *Jour. Exp. Bot.* 9 : 142—157.
19. ———. and ———. 1958. The effect of 2,4-Dinitrophenol on the respiration of apple tissue in relation to the respiration climacteric. *Jour. Exp. Bot.* 9 : 403—407.
20. SIEGELMAN, H. W. 1954. Detection and identification of polyphenol oxidase substrates in apple and pear skin. *Arch. Biochem. Biophys.* 56 : 97—102.
21. SHIMOKAWA, K. and Z. KASAI. 1965. Biogenesis of ethylene in tissue slice of apple fruit. *Memories of the Research Institute for Food Science, Kyoto University.* 26 : 24—26.
22. STOWE, B. B. and J. B. OBREITER. 1962. Growth promotion in pea stem section. II. By natural oil and isoprenoid vitamins. *Plant Physiol.* 37(2) : 158—164.
23. THOMAS, M. and J. C. FIDLER. 1941. Studies in Zymasis VIII. IX. The influence of HCN on respiration of apples and some evolution of the "Pasteur effect". *New Phytol.* 40 : 217—261.