

## キウイフルーツの低温追熟におけるエチレンの効果

誌名	福岡県農業総合試験場研究報告. B, 園芸 = Bulletin of the Fukuoka Agricultural Research Center. Series B, Horticulture
ISSN	02863030
著者	山下, 純隆 茨木, 俊行 馬場, 紀子 平野, 稔彦
巻/号	8号
掲載ページ	p. 53-58
発行年月	1988年11月

## キウイフルーツの低温追熟におけるエチレンの効果

山下純隆・茨木俊行・馬場紀子・平野稔彦  
(経営環境研究所経営部)

キウイフルーツ‘ヘイワード’を0℃貯蔵庫から出庫し、エチレン処理濃度0, 50ppm, エチレン処理温度15, 20, 25, 30℃で24時間エチレン処理したあとエチレンを除去し、10及び15℃で追熟を行った。果実硬度はエチレン処理により低下した。20℃以上でエチレン処理することにより、エチレン除去後の追熟温度が10℃という低温にもかかわらず、速やかに果実硬度は低下した。追熟温度を15℃にしたときの呼吸量は、エチレン処理を行った果実の方が明らかに高かったが、10℃では差異が認められなかった。軟腐果実は追熟温度を15℃で行っても、エチレン処理温度が25℃の時に高い頻度で発生した。したがって、最適可食果実を得るための追熟処理条件は、軟腐果実の抑制及び食味の観点より、エチレン処理温度20℃、エチレン濃度50 ppm以上で24時間処理し、エチレン除去後の追熟温度を10~15℃に設定することであると考えられる。

[Keywords: *Actinidia chinensis* Planch, ethylene, organic acids, respiration]

### 緒 言

植物ホルモンであるエチレンの生成<sup>6,7,12,17)</sup>や果実に対するエチレン処理の影響等<sup>1,2,3,4,8,9,11)</sup>については既に多くの報告がなされている。しかし、現象の列記に留まっておき、果実が最も美味しい状態になるように追熟させるためのエチレン処理条件についての報告はほとんど見受けられない。

すでに著者ら<sup>20)</sup>は、15℃以上のエチレン処理温度、エチレン濃度50ppm以上で24時間処理し、エチレン除去後に15℃で追熟すると商品性の高い果実が得られることを報告している。

本報では、エチレン処理温度と追熟温度との関係を調査し、軟腐果実の発生を極力抑えながら、最も商品性の高い追熟果実を得るための最適追熟条件を検討し、新しい知見を得たので報告する。

### 材料及び方法

#### 1 供試果実及びエチレン処理方法

1987年10月29日に収穫した立花町白木産キウイフルーツ‘ヘイワード’ (同一生産者・M果) を厚さ0.02mmポリエチレンフィルムに折り込み包装し、コンテナに詰めて、直ちに0℃定温庫に搬入した。12月9日と翌年2月14日に在庫して、15℃、20℃、25℃及び30℃定温庫で24時間それぞれ品温を整えた後、それぞれの温度で0及び50ppm濃度のエチレン処理を24時間行った。その後、エチレンを庫外に除去し、

10℃及び15℃の温度で追熟を続けた。果実から発生するエチレンの影響を除くため、定温庫は換気扇を回したままにした。エチレン処理方法は既報<sup>19,20)</sup>と同じくショット方式により、密閉アクリルボックスを用いた。

#### 2 分析方法

(1) エチレン濃度: 島津製FIDガスクロマトグラフGC-4B (ボラパックQ 80/100 キャリアーガス N<sub>2</sub> 55ml/min H<sub>2</sub> 0.6 kg/cm<sup>2</sup> 空気 0.5 kg/cm<sup>2</sup> COL TEMP 60℃ INJ TEMP 150℃) により、エチレン処理開始2時間後及び処理終了時の24時間後に設定濃度を確認した。

(2) アクリルボックス内空気ガス組成: 島津製TCDガスクロマトグラフGC-8AIT (キャリアーガスHe 3 kg/cm<sup>2</sup> COL TEMP 80℃ INJ TEMP 150℃) により、エチレン処理終了時に測定した。

(3) 果実硬度: 既報<sup>19,20)</sup>に準じた。

(4) Brix及び遊離酸: 果実の上半分をすりおろし、東洋ろ紙Na2でろ過した果汁を用いて、糖度はATAGO社製屈折糖度計により、遊離酸は0.1N-NaOHによる滴定により測定した。

(5) 有機酸: Brix及び遊離酸の測定に用いた果汁を10倍に蒸留水で希釈し、島津製細管式等速電気泳動装置IP-2A (リーディング液 0.005 M HCl-β-アラニン トリトンX-100 pH 3.0 30%メタノール、ターミナル液 0.01 M n-カプロン酸 キ

ャピラリーチューブ20cm 泳動電流 100から50  $\mu$ A  
 恒温槽温度20 $^{\circ}$ C)により測定した。

(6) 軟腐果実数: 調査果実は30果とし、症状が $\phi$  2 mm以上に達したものを軟腐果実とした。

(7) 呼吸量: 果実数15果 (1198 $\pm$ 2 g) と2 N-KOH 25mlをデシケーターに入れ、24時間後に10% BaCl<sub>2</sub>を10ml加えて 0.2 N-HClで逆滴定した。なお、供試果実は測定期間中同じ果実を使用した。

(8) 香氣成分: 有機酸の測定に用いた果汁を18mm試験管に5 ml採取し、パラフィルムで密封した後40 $^{\circ}$ Cで15分加温し、そのヘッドスペースガス 0.5 mlを島津製FIDガスクロマトグラフGC-9A (PEG-20M15% on Chromosorb-G 80/100 $\times$ 3 m キャリアーガス N<sub>2</sub> 50ml/min H<sub>2</sub> 0.6kg/cm<sup>2</sup> 空気 0.5 kg/cm<sup>2</sup> COL TEMP INJ TEMP 150 $^{\circ}$ C) に注入し分析した。

(9) 官能検査(食味): 既報<sup>19,20)</sup>に準じて行った。

結果及び考察

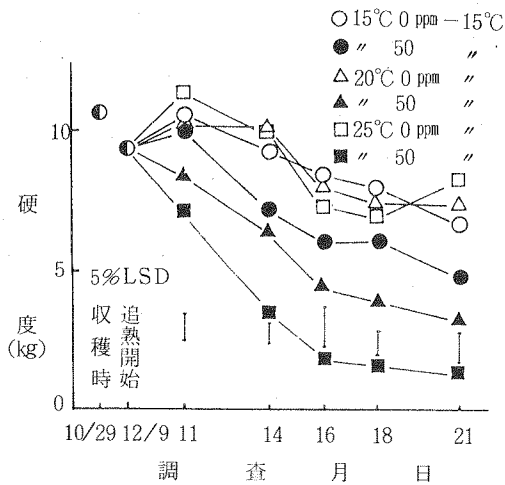
1 果実硬度

第1図に15、20及び25 $^{\circ}$ Cの温度でエチレン処理し、15 $^{\circ}$ Cで追熟を行ったときの果実硬度の変化を示した。高い温度でエチレン処理した果実ほど速やかに追熟が起こり、果実硬度は低下している。さらにこの傾向は、2月に在庫し追熟を行った果実でも認められた。エチレン処理とエチレン除去後の追熟温度が10 $^{\circ}$ C以下では、エチレン処理の効果が認められないとの報告がある<sup>20)</sup>。そこで、エチレン処理温度を20、25及び30 $^{\circ}$ Cに設定して、エチレン除去後に10 $^{\circ}$ Cで追熟を行うことにより、低温度下におけるエチレン処理の追熟効果を検討した(第2図)。エチレン処理を20 $^{\circ}$ C以上で24時間行うことにより、追熟温度が10 $^{\circ}$ Cという低温でありながら、速やかに果実硬度は低下している。また、25 $^{\circ}$ Cと30 $^{\circ}$ Cのエチレン処理温度の違いが、果実硬度に与える影響に差異は認められなかった。

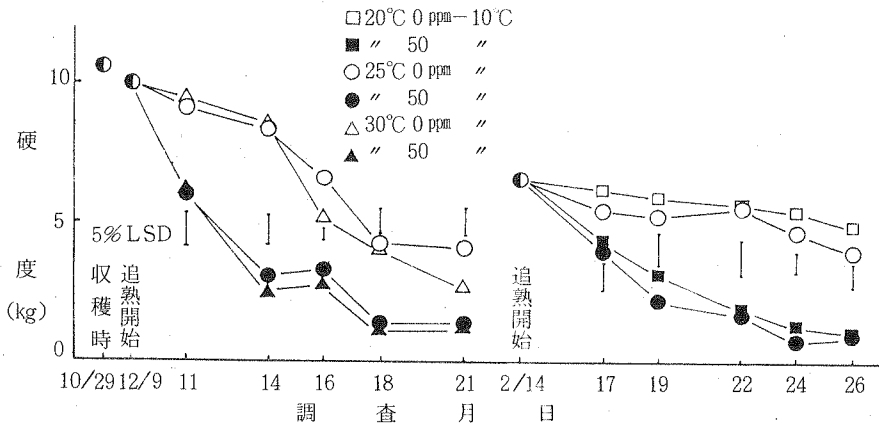
2 滴定酸及び有機酸

追熟が進行するにつれて、滴定酸は徐々に減少した。酸の減少の様子は果実硬度の低下のそれとよく似ており、高温でエチレン処理した果実ほど追熟中の減少が大きかった(第3図)。25 $^{\circ}$ C以上でエチレン処理することにより、エチレン除去後に10 $^{\circ}$ Cという低温に置いて、15 $^{\circ}$ C追熟果実と同じくらい速やかに酸は減少した(第4図)。

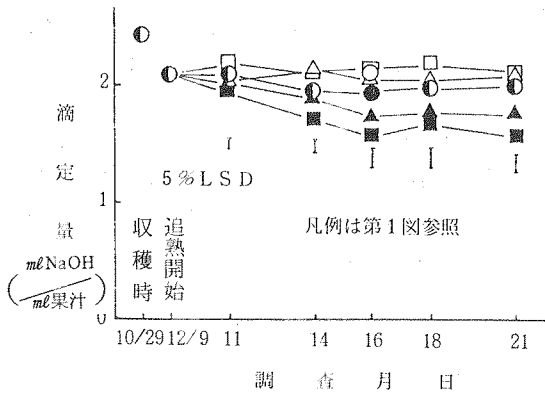
キウイフルーツの有機酸の90%以上を占める<sup>5,16)</sup>クエン酸とキナ酸の両方が追熟により減少した(第5図)。なお、等速電気泳動法による有機酸の分別定量では、リンゴ酸とクエン酸のクロマトグラム上のピークが明確に分離できなかったため、クエン酸



第1図 追熟温度15 $^{\circ}$ Cにおける果実硬度の変化



第2図 追熟温度10 $^{\circ}$ Cにおける果実硬度の変化

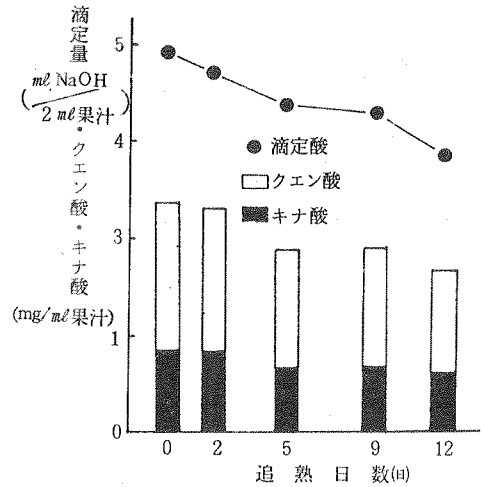


第3図 追熟温度15°Cにおける酸の変化

の含量<sup>10)</sup>は約200mg%とされている<sup>5)</sup>リンゴ酸を含めた値とした。キナ酸の減少程度は、TCAサイクル中の酸であるクエン酸の減少程度よりも小さく、このことは呼吸作用あるいは他への生成による減少がないためと推察される。

3 軟腐発生果実数

既報<sup>20)</sup>では、エチレン除去後の追熟温度が軟腐果実の発生に非常に大きな影響を及ぼし、20°C以上では多発するので、15°C以下で追熟を行うことが、商品性の高い健全な果実を得るための条件のひとつであることを示した。今回、エチレン除去後の追熟温度は15°Cに固定して、エチレン処理時の温度が軟腐果実の発生に及ぼす影響を調査し、その結果を第1表に示した。全追熟処理期間に比べれば24時間という短い期間でありながら、エチレン処理温度が高いほど可食時期に近づくにしたがって、軟腐果実の発生は多くなっている。エチレン処理温度15°Cでは、第1図に示されるように果実硬度があまり低下しないことから、軟腐果実の発生を極力抑えながら、果



第5図 追熟処理による有機酸の変化

第1表 エチレン処理時の温度の違いによる軟腐果実数の変化

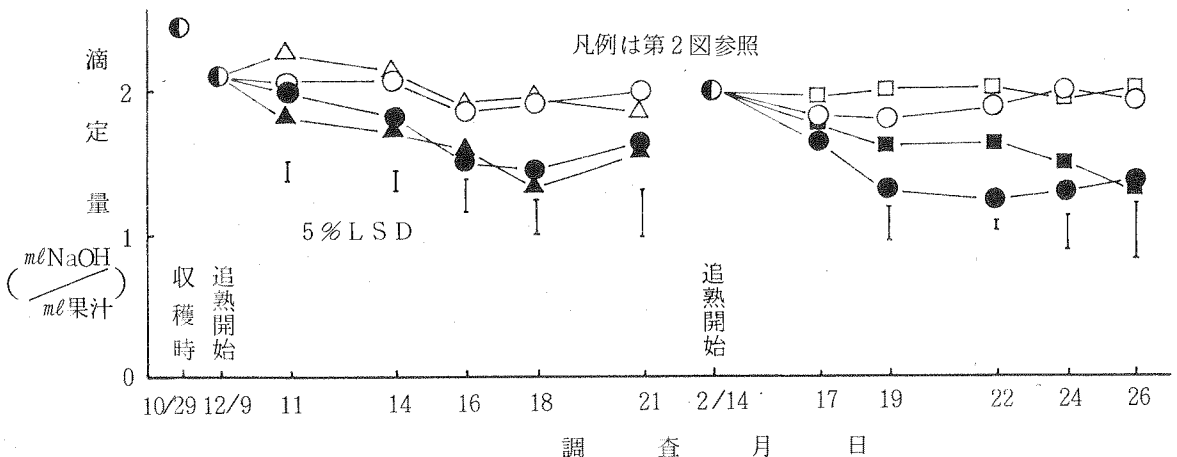
処 理	調 査 月 日			
	12/9	/16	/18	/21
15°C-0 ppm	0	0	0	0
50 "	0	1	1	1
20 -0 "	0	0	0	2
50 "	0	1	1	2
25 -0 "	0	1	1	1
50 "	0	2	4	8

注) ①エチレン除去後は15°Cで追熟  
②調査果実数 30果

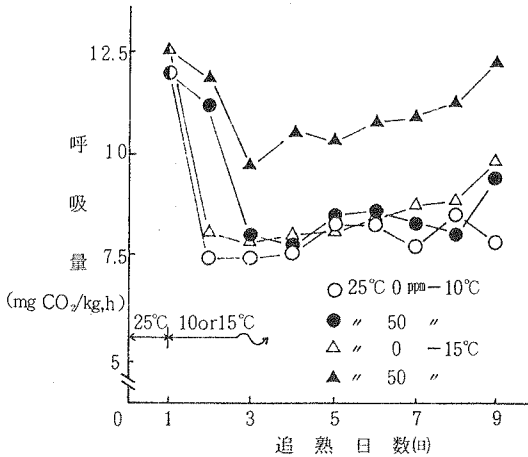
実を追熟させるための最適エチレン処理温度は20°Cであると考えられる。

4 呼吸量

第6図に25°Cでエチレン処理し、エチレン除去後に10°Cと15°Cで追熟したときの果実の呼吸量を示した。興味深いことに、追熟温度15°Cではエチレン処理による果実の呼吸量がエチレン無処理の果実の呼



第4図 追熟温度10°Cにおける酸の変化



第6図 追熟に伴う呼吸量の変化

吸量に比べて明らかに多いが、10°Cではその差がまったく認められない。

5 香気成分

第7図に示すように、熟度が進むにしたがって酢酸エチルとエチルアルコールの含量が増加した。また、クロマトグラム上で未知の3成分のピークが追熟に伴い急激に増加し、適熟果では新鮮でフルーティな香りであったが、過熟果では不快な醜酵臭に変化し、官能評価の評点を低下させた。この3成分については、今後同定していく必要がある。

6 官能評価

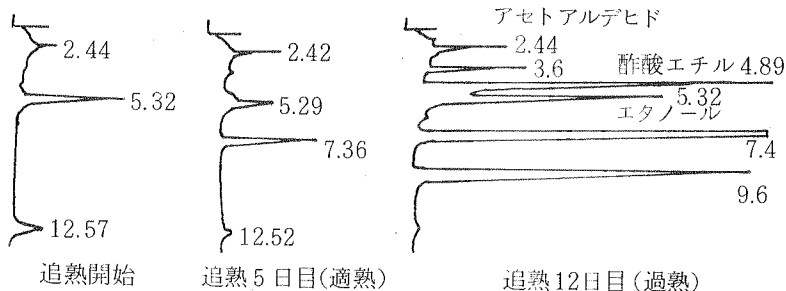
最も高い評価を得た果実は、20°C・50ppmでエチレン処理し、10°Cまたは15°Cで追熟した条件で得られた。追熟により果実は軟化し、酸味が減少し、甘味が増加した。官能評価における総合評価値の上昇は糖酸比の増加と比例関係にあったが、それは酸の減少による影響の方が大きかった。実際、追熟処理中の12月21日時点で20°Cでエチレン処理し、15°Cで追熟を行った果実の総合評価は1.75ポイント、糖酸比は12.06であり、その対照である0ppmの果実の総合

評価は0.33ポイント、糖酸比は10.24であったが、Brixはどちらも13.0と同じ値であった。既に報告した<sup>20)</sup>ように、果実内の澱粉は加温により速やかに糖に変化してしまうので、エチレン処理の違いによりBrixにも差異は発生しないと考えられる。したがって、総合評価値を向上させるためには、果実内の遊離酸をいかに減少させるかが重要になる。

総合考察

キウイフルーツのセールスポイントであり、商品性に大きな影響を及ぼすクロロフィル<sup>15)</sup>、ビタミンC、全糖含量は、可食時期に到達した果実では、エチレン処理の条件により影響を受けないことが明らかにされている<sup>19)</sup>。したがって、最も商品性の高い果実を得ることを目的としたエチレンによる追熟条件は、追熟中に発生する軟腐果実の割合を如何に低減できるかにかかっていると看做しても過言ではない。さらには、果実が可食硬度に到達した時に果実中の高い酸がどれだけ減少しているかも重要な点である。

追熟処理をできるだけ低温で行うと軟腐果実の発生が抑制されることは、病原菌とされている<sup>9)</sup> *Phomopsis* sp. あるいは *Botryosphaeria* sp. の生育温度曲線から、低温になればなるほどその活動や増殖が抑制されたためであろうということは容易に推察できる。既報<sup>20)</sup>で軟腐果実の発生がかなり抑えられるとした追熟温度15°Cにおいても、エチレン処理温度が25°Cの場合は軟腐果実が多発したことは、果実の品温調整とエチレン処理期間を合計した48時間という短期間にもかかわらず病原菌が急速に増殖し、その後に比較的低温である15°Cに置いて、その活動を抑制することができなかったためであろう。今回の試験の中で、エチレン除去後に10°Cという低温下でも15°Cとほとんど差異がなく追熟が進行したことは、よりいっそうの低温下で追熟操作を行うこ



第7図 香気成分のガスクロマトグラムの変化

とにより軟腐果実の発生を皆無にして、果実を追熟させる可能性を示唆している。

エチレン除去後に10℃で追熟した果実は、硬度だけでなく滴定酸も速やかに減少し、まろやかな味となり、官能評価の面でも既報<sup>20)</sup>において適温とした15℃追熟果実と差異が認められなかった。

エチレン処理した15℃追熟果実の呼吸量は、エチレン処理していない果実の呼吸量に比べて圧倒的に多いので、酸の減少は呼吸基質としての消耗によるものと推察されるが、10℃追熟果実の呼吸量は、エチレン処理と無処理の果実に差がないのに、エチレン処理した果実は酸が減少し、果実硬度も低下している。果実硬度の低下がペクチナーゼ等の酵素活性の上昇としてとらえるならば、活性の温度曲線の低温部分が、エチレンという植物ホルモンにより押し上げられたためと考えられる。しかし、兵藤らが述べているようにエチレンは核DNAに作用して酵素を生産する<sup>9)</sup>とするならば、酵素ユニット数が増加したためとも考えられるであろう。いずれにせよ、たとえ酵素反応を進行させるために必要とするATPが呼吸によりすでにまかなわれていたとしても、酸の減少に呼吸量が伴わないことは、酸の分解が二酸化炭素まで分解されていないことを意味しており、クエン酸が糖新生、脂肪酸の代謝<sup>13)</sup>あるいはエチレンの生合成<sup>14)</sup>に用いられたのかもしれない。

植物ホルモンであるエチレンを追熟に使用すると、極めて短時間で可食状態に到達し、その結果追熟に要する期間が圧縮されることになり、各果実間の熟度のばらつきを小さくすることができる。さらに高温でエチレン処理した後、追熟温度を10℃という低温で行っても、熟度が速やかに進行するので、微生物の活動や増殖を抑制しながら、官能検査でも高い評価の追熟果実が得られることが明らかになった。

以上のことから、これらエチレン処理の長所を十分に引き出し、商品性の最も高い追熟果実を得るためのエチレン処理の条件は、エチレン処理温度20℃、エチレン濃度50ppm以上で24時間処理し、エチレン除去後の追熟温度を10～15℃に設定することであると結論される。

#### 引用文献

- 1) Arpaia, M. L., F. G. Mitchell, A. A. Kader and G. Mayer (1985): Effects of 2% O<sub>2</sub> and Varying Concentrations of CO<sub>2</sub> with or without C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> on the storage Performance of
- 2) Arpaia, M. L., F. G. Mitchell, G. Mayer and A. A. Kader (1984): Effects of Delays in Establishing Controlled Atmospheres on Kiwifruit softening During and Following storage. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* **110**(2), 200~203.
- 3) Arpaia, M. L., F. G. Mitchell, A. A. Kader and G. Mayer (1986): Ethylene and Temperature Effects on Softening and white Core Inclusions of Kiwifruit Stored in Air or Controlled Atmospheres. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* **111**(1), 149~153.
- 4) Chichester, C. O., E. M. Mark and B. S. Schweigert (1984): ADVANCES IN FOOD RESEARCH. **29**, 287.
- 5) 福家洋子・松岡弘厚 (1982): キウイフルーツの生育中および追熟後の糖、デンプン、有機酸、遊離アミノ酸の変化. *日本食品工業学会誌* **29**(11), 642~648.
- 6) 兵藤 宏 (1986): 園芸作物におけるエチレンの生成とその生理学 [1]. *農及園* **61**(10), 27~32.
- 7) Hyoudou, H and R. Fukasawa (1985): Ethylene Production in Kiwifruit. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* **54**(2), 209~215.
- 8) Inaba, A and R. Nakamura (1986): Effect of Exogenous Ethylene concentration and Fruit Temperature on the Minimum Treatment Time Necessary to Induced Ripening in Banana Fruit. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* **55**(3), 348~354.
- 9) 伊東三郎・橋永文男 (1985): エチレンによるキウイフルーツの追熟促進. *鹿大学術報告* **35**, 別刷.
- 10) 串井光雄・屋久正文・別所康守 (1985): キウイフルーツの加工に関する研究 (第1報). *愛媛工技研報* **23**, 73~81.
- 11) Lee, S. K and R. E. Young (1984): Temperature Sensitivity of Avocado Fruit in Relation to C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> Treatment. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* **109**(5), 689~692.
- 12) Min Kim and Chiaki Oogaki (1986): Characteristics of Respiration and Etylene production in Fruits Transferred from Low Pressure Storage to Ambient Atmosphere. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* **55**(3), 339~347.
- 13) 日本生化学会編: 代謝マップ. 7~13.

- 14) 本橋 登・金本尚代・久島祥子・山田香織 (1983) : キウイフルーツ成熟へのエチレンの役割. 農及園 63 (5), 593~596.
- 15) 永田健嗣・栗原昭夫・高屋茂雄 (1984) : キウイ果実の軟腐症状の発生原因, 感染時期及び品種間差異について. 果樹試験場報告E (安芸津) 5.
- 16) Okuse. I and k. Ryugo (1981) : Compositional Changes in the Developing 'Hayward' Kiwi-Fruit in California. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 106 (1), 73~76.
- 17) Pratt. H. K and M.S. Reid (1974) : Chinese Gooseberry : Seasonal Patterns in Fruit Growth and Maturation, Ripening, Respiration and the Role of Ethylene. J. Sci. Fd. Agric. 25, 747~757.
- 18) Robertson. G. L. and D. Swinburne (1981) : Changes in Chlorophyll and Pectin After storage and Canning of Kiwifruit. J. Food Sci. 46, 1557~1562.
- 19) 山下純隆・平野稔彦・松本明芳・茨木俊行 (1987) : キウイフルーツの追熟に関する研究 第1報, 福岡農総試研報B 6, 33~38.
- 20) 山下純隆・茨木俊行・平野稔彦・松本明芳 (1988) : キウイフルーツの追熟に関する研究 第2報, 果実の硬度, 呼吸量及び品質に及ぼすエチレン処理の影響. 福岡農総試研報B 6, 47~52.

Effects of Ethylene Treatment on Ripening at Low Temperature of Kiwifruit

YAMASHITA Sumitaka, Toshiyuki IBARAKI, Noriko BABA and Toshihiko HIRANO

### Summary

The effects of ethylene treatment at 15, 20, 25 or 30°C on ripening at 10 or 15°C kiwifruit (*Actinidia chinensis* Planch, cultivar, 'Hayward') moved from storage at 0°C were investigated. The ethylene treatment accelerated the softening of the fruits. The fruits exposed to ethylene at over 20°C and then kept in air softened rapidly at 10°C as well as 15°C. The respiration rate of the fruits kept in air at 15°C after ethylene treatment at 25°C was obviously higher than that of no ethylene treatment, but there was no difference between the fruits kept in air at 10°C with and without ethylene treatment in the respiration rate. Rotting and decay due to *Phomopsis* sp. and/or *Botryosphaeria* sp. in the fruits during ripening at 15°C slightly increased when the fruits were exposed to ethylene at 25°C.

These results suggest that the best quality of ripened kiwifruit can be obtained when the fruits are exposed to over 50ppm concentration of ethylene at 20°C for 24 hours and then kept in air at 10~15°C.