CORE
Metadata, citation and similar papers at core.ac.uk
Provided by Okayama University Scientific Achievement Repository

岡山大農学報（52），25－36（1978）

作型別ならびに追熟中のイチゴ果実の成熟様相

稲葉昭次・中村怜之輔
（園芸利用学研究室）

Received July 1, 1978

Physiological Aspects of Strawberries during Maturation in Relation to Cultivating Conditions, and during Ripening off the Vine

Akitsugu INABA and Reinosuke NAKAMURA
(*Laboratory of Science of Horticultural Products*)

Ripening aspects of the 'Hokowase' strawberries cultivated in different conditions, and of those detached from the vine were investigated physiologically on the base of color development.

1) The respiration rate steadily increased with ripeness and the maximal rate of respiration was observed at the over-ripe stage in every cultivating condition. But, no consistent relation was obtained between respiration rate and cultivating condition.

2) Ethylene evolution during ripening was constantly at a low level until the over-ripe stage. No marked effect was observed in the color development when immature fruit was treated with ethylene.

3) Free abscisic acid contents in the fruit increased remarkably as it ripened in every cultivating condition. However, the increase in content was more rapid in the first crop of both delayed and forced cultivations than the others.

4) The major characteristics of sugar components under different cultivating conditions was found in the sucrose, of which concentration was higher throughout the ripening process in the first crop of both delayed and forced cultivations than the others.

5) Fruit in the first crop of both delayed and forced cultivation contained considerably lower titratable acid throughout ripening than those in the others. The same trend was observed in the citric acid contents.

6) Changes in surface color development, respiration rate, abscisic acid and ascorbic acid contents of the fruit ripened off the vine were essentially the same as the one ripened on the vine throughout ripening. However, detached fruit lost sugar during ripening and contrarily contained higher organic acid than attached one.

7) It is assumed from the above observation that ripening aspects of strawberries in the first crop of both delayed and forced cultivation differ from the others, and also that strawberries continue to ripe physiologically even when detached from the vine, but they look less acceptable commercially due to their lesser quality.

緒　　言

イチゴ果実の周年供給は，現在ではほぼ可能となってきているが，作型により食味がかなり異なるように思われる．前報[9]において，イチゴ‘宝交早生’の果実中の糖および有機酸組成を作型別に比較したところ，抑制栽培は促成栽培より，また１期作は２期作より果実中のシュークロース含量が高い傾向が認められ，シュークロース含量がイチゴ果実の全糖含量の

支配的な要因であることがうかがわれた．しかし，このことは出荷熟度における比較であり，熟度の進展に伴う変化については不明である．そこで，今回は成熟期間中の糖および有機酸組成の消長を成熟段階別に追跡するとともに，成熟に伴う種々の生理的変化を動的に把握することにより，イチゴ果実の成熟様相を作型別に比較検討した．

一方，近年青果物の産地の遠隔化に伴って輸送距離が長くなる傾向にあり，果実が未熟な段階で出荷され，その後の流通過程で追熟させて利用する場合が多くなり，そのための品質低下が問題となってきている．しかしながら，イチゴ果実の追熟に関する報告はほとんどなく，イチゴ果実を追熟させて利用することの可能性あるいは妥当性についてはほとんど知られていない．そこで，ここでは一部の作型の果実について，種々の熟度段階から追熟を試み，その間の成熟様相を圃場で成熟した果実と比較し，イチゴ果実の追熟利用の可能性について検討した．

材 料 と 方 法

材料 岡山県鴨方町産の‘宝交早生’を用い，作型としては長期間の株冷抑制栽培の1期作目（1976年12月15日収穫）と2期作目（1977年5月6日収穫）および促成栽培の1期作目（1977年2月3日収穫）と2期作目（1977年5月23日収穫）の果実を同一農家の同一圃場から入手した．また，比較のため，岡山県邑久町産の露地栽培の果実（1977年5月26日収穫）も用いた．果実は出荷最盛期に一挙収穫し，着色状態から Table 1 に示したように7段階の

Table 1 Stages of ripeness in term of surface color development of strawberries

Stage	Discription
Green (G)	Pale green
White (W)	Uniformly white
Turning (T)	First appearance of pink color
Pink (P)	One-third of surface pink
Red (R)	Two-third of surface pink
Full-ripe (FR)	Uniformly red, but firm
Over-ripe (OR)	Dark red and soft

熟度に分け実験に用いた．なお，前報[9]において，極端な大果および小果や奇形果では，糖含量が平均値から大きくずれていたので，ここでは中庸の大きさで正常な形の果実を用いた．

一方，追熟実験は抑制栽培の2期作目の W，T，P 期の果実を用い，室温（約22°C）下で行ない，熟度の進展は Table 1 の外観の着色状態を基準にして判定した．

なお，栽培様式の概要は前報[9]と同様である．

呼吸量 ヘッドスペース法を用い，常法により炭酸ガス排水量をガスクロマトグラフィー（GC）で測定した．測定はいずれも室温下で行なったため，測定温度は 18～22°C の範囲であった．

エチレン発生量 呼吸測定時のヘッドスペースガス一定量を過塩素酸水銀 10ml 入りの減圧密閉フラスコに注入し，低温下でエチレンを過塩素酸水銀に吸収させる方法を用いた．その後は Young ら[23]の方法に準じ，エチレンを再発生させ，GC で測定した．

糖および有機酸組成 前報[9]と同様に TMS 化法により GC で測定した．

遊離型アブシジン酸(ABA)含量 以前に述べた方法[8]に準じ酸性分画の抽出を行ない，GC

で測定した．ただし，ここでは抽出後の精製にはペーパークロマトグラフィーを用い，イソプロパノール，アンモニア，水（10：1：1，v/v）で展開後，RF 0.5－0.85 の分画をアセントで溶出する方法を用いた．

アスコルビン酸含量　ヒドラジンの比色法[18]により還元型および酸化型を常法により測定した．

結　　　果

I．作型と果実の成熟様相

呼吸量　Fig. 1 は果実の熟度の進展に伴う呼吸量の消長を作型別に比較したものである．いずれの作型においても，呼吸量は未熟期で低く熟度が進むほど増加する，いわゆる末期上昇型を示した．作型別には，促成栽培の2期作と露地栽培の果実が，他の作型より呼吸量が全般に高くなった．これは測定を室温で行なったため，測定時の温度が他の作型の測定時よりやや高くなったことに起因すると思われるが，あるいは作型による差異であるかも知れない．今後検討の必要があろう。

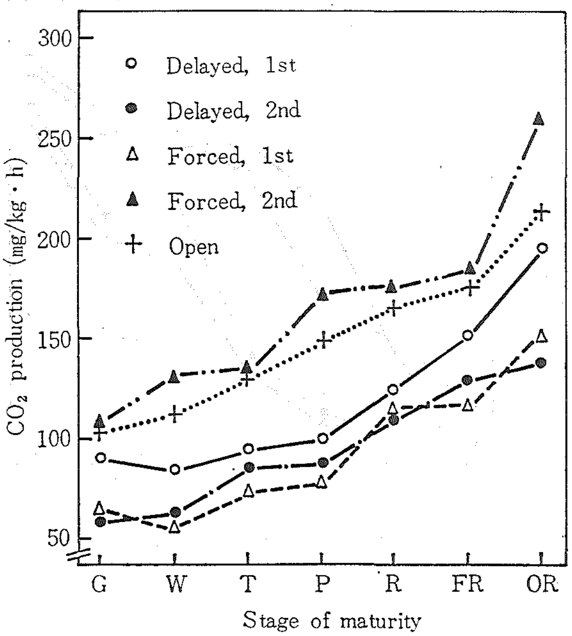

Fig. 1　Changes in respiration rate of the strawberries during maturation cultivated under different conditions.

エチレン発生量　Fig. 2 は成熟に伴うエチレン発生量の消長を抑制栽培の2期作目の果実についてみたものである．果実のエチレン発生量は成熟期間中ほぼ一定で，過熟期になってようやく増加した．また，結果は示さなかったが，後述の追熟実験で未熟果実にエチレン処理を行なっても，無処理果実との間にまったく差異は認められなかった．

ABA 含量　果実の成熟に伴う遊離型 ABA 含量の消長は Fig. 3 に示したとおりである．すべての作型において，果実中の ABA 含量は W 期ではかなり低いが，成熟の開始とともに増加する傾向を示した．作型別には，1期作目の果実は抑制および促成栽培ともに，ABA

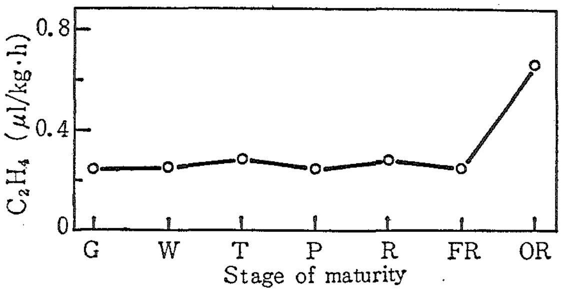

Fig. 2 Changes in ethylene production by the strawberries from the second crop of delayed cultivation during maturation.

含量が急速に増加したのに対して，2期作目の果実はP期までは増加が緩慢で，その後急増する傾向を示した．一方，露地栽培の果実では，P期までは2期作目の果実と大差なかったが，その後の増加も緩慢であった．

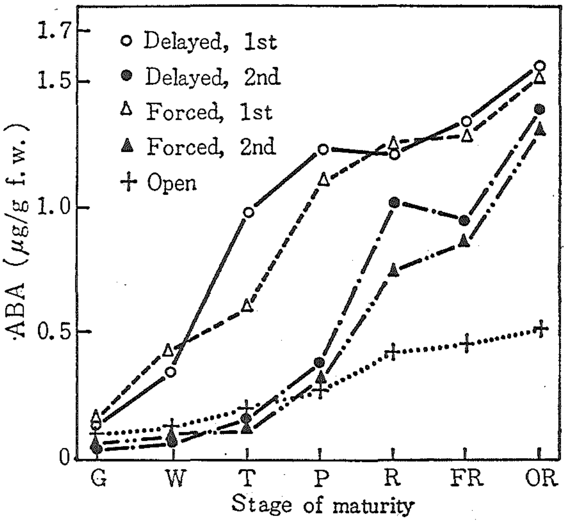

Fig. 3 Changes in free ABA content of the strawberries during maturation cultivated under different conditions.

糖度および糖含量 Fig. 4は果実の成熟に伴う糖度の消長を示したものである．イチゴ果実では，糖度はW期ですでにかなり高く，その後はRからFR期にかけて，わずかしか増加しなかった．作型別には，抑制および促成栽培ともに，1期作目の果実が他の作型より，いずれの熟度でも糖度が高かった．このことを組成別にみると，Fig. 5に示したようであり，シュークロース，グルコースおよびフラクトースともに，全般に1期作目の果実で，それらの含量が高かった．なかでも，シュークロース含量は特徴的で，1期作目の果実が2期作目や露地栽培の果実と比べて，その含量はかなり高かった．

酸度および有機酸含量 Fig. 6は滴定酸度の消長を示したものであり，いずれの作型においても熟度とともに減少する傾向を示した．しかし，抑制および促成栽培の1期作目の果実は他の作型の果実と明らかにその様相が異なっており，全成熟期間を通じて，滴定酸度はき

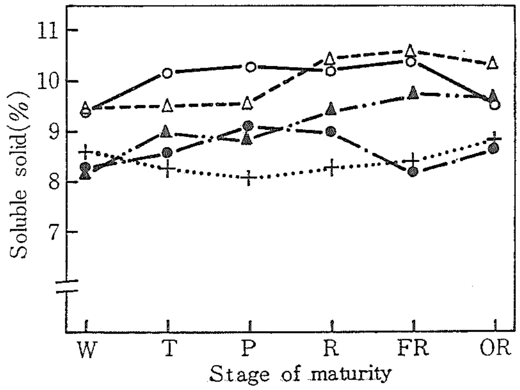

Fig. 4 Changes in soluble solid of the strawberries during maturation cultivated under different conditions. Symbols are the same as in Fig. 3.

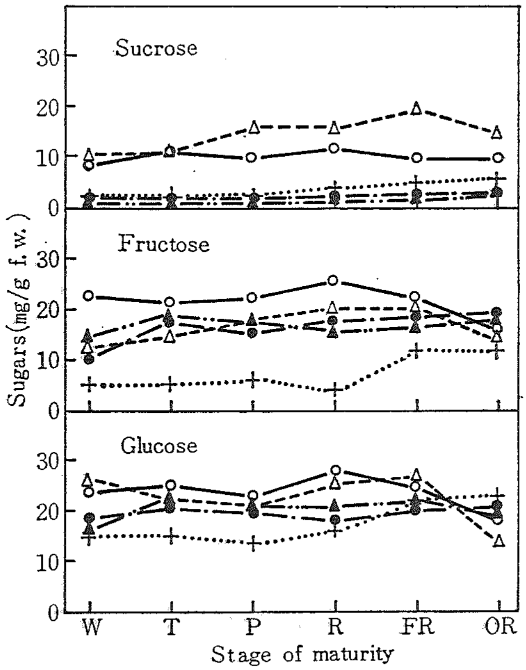

Fig. 5 Changes in sucrose, fructose and glucose content in the strawberries during maturation cultivated under different conditions. Symbols are the same as in Fig. 3.

わめて低かった。Fig. 7は組成別の有機酸含量の消長をみたものであるが，さきの滴定酸度の傾向はそのままクエン酸含量に現われていた。リンゴ酸含量については，量的にも少なく，作型との間に一定の傾向は認められなかった。

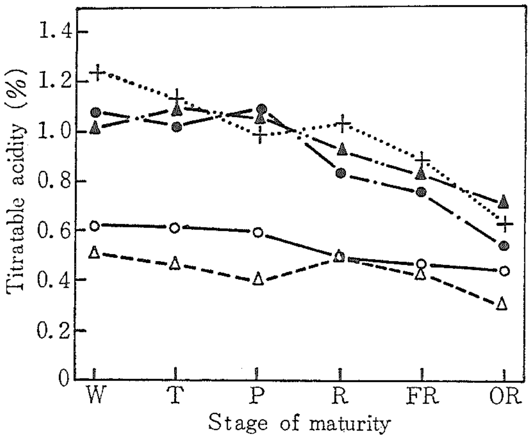

Fig. 6 Changes in titratable acidity (citrate eqv.) of the strawberries during maturation as related to cultivating condition. Symbols are the same as in Fig. 7.

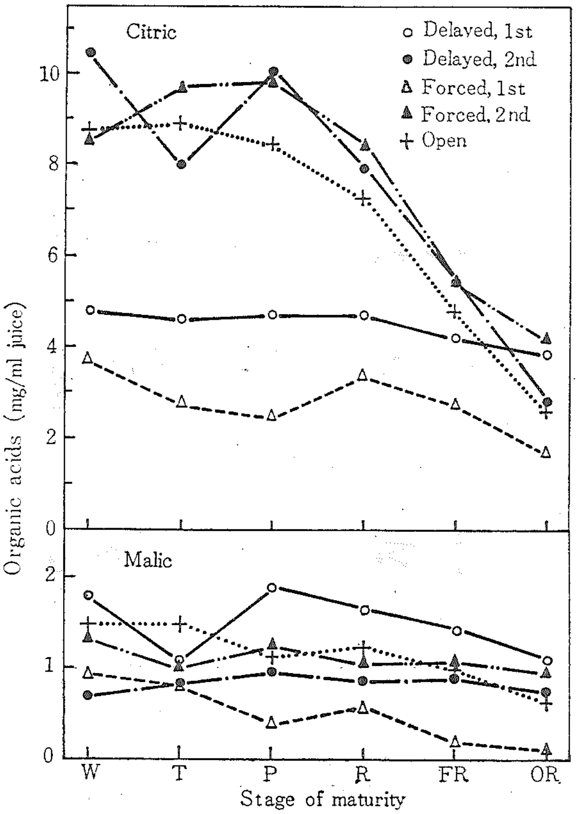

Fig. 7 Changes in citric and malic acid content of the strawberries during maturation under different cultivating conditions.

II. 収穫後の成熟（追熟）様相

着色　イチゴ果実の収穫後の成熟状況は室温（約22°C）下では，外観の着色状態が1日にほぼ1段階ずつ進み，圃場での着色の進行と比較して，ほとんど差異は認められなかった.

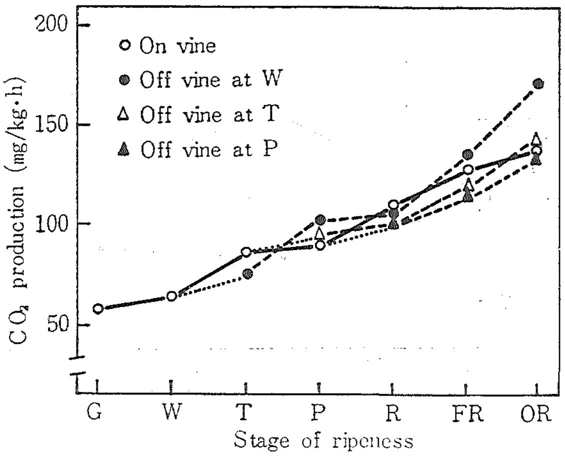

Fig. 8 Changes in respiration rate of the strawberries during ripening on and off the vine.

呼吸量　Fig. 8は果実の外観の着色状態を基準にして，追熟中の呼吸量の消長を圃場での成熟と比較したものである．W，TおよびP期のいずれの熟度からの追熟果実でも，呼吸量は熟度とともに増加し，圃場成熟果実との間に，まったく差異は認められなかった．

ABA含量　追熟中の果実の遊離型ABA含量の消長を圃場での成熟果実と比較すると，Fig. 9に示したようである．追熟果実においても，ABA含量は熟度とともに増加することが認められ，全般的には圃場成熟果実と大差なかった．ただ，W期からの追熟果実では，ABA含量の増加が圃場成熟果実に比べて，やや緩慢であった。

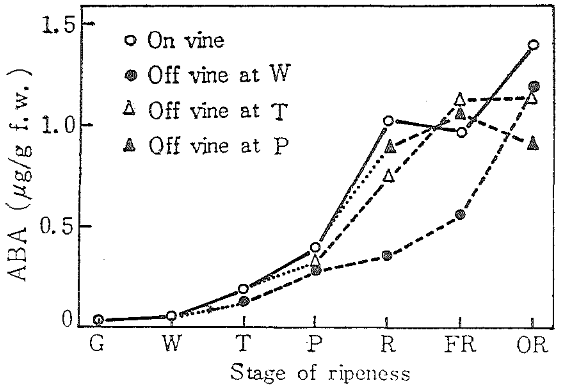

Fig. 9 Changes in free ABA content of the strawberries during ripening on and off the vine.

糖度　Fig. 10は追熟中の糖度の消長を圃場での成熟と比較したものである．圃場成熟果実の糖度は成熟とともに若干増加する傾向がみられたが，追熟果実では収穫後糖度は減少する傾向を示し，可食期における糖度は圃場成熟果よりかなり低かった．

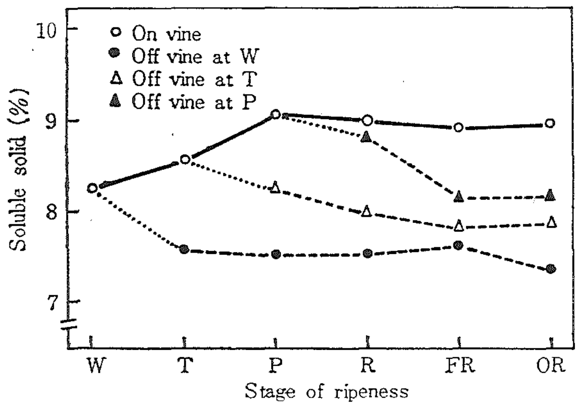

Fig. 10 Changes in soluble solid of the strawberries during ripening on and off the vine.

酸度 追熟果実の酸度の消長を圃場成熟果実と比較すると，Fig. 11のようである．圃場成熟果実では酸度は熟度とともに急減するのに対して，追熟果実では収穫後酸度は一時減少するが，その後の減少がきわめて緩慢であった．そのため，可食期における酸度は，追熟果実のほうがかなり高かった．

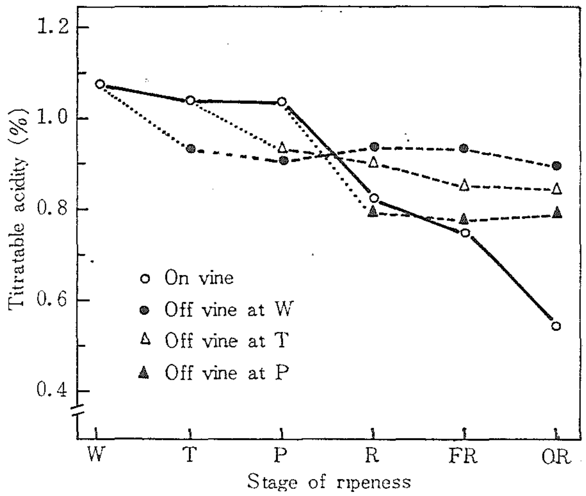

Fig. 11 Changes in titratable acidity (citrate eqv.) of the strawberries during ripening on and off the vine.

アスコルビン酸含量 圃場での成熟ならびに追熟中の果実のアスコルビン酸含量の消長はFig. 12に示すようである．還元型アスコルビン酸含量は，圃場成熟果実では熟度とともにFR期まで増加する傾向を示した．一方，追熟果実においても，その含量は熟度とともに増加し，量的にも圃場成熟果実とほとんど差異はなかった．酸化型アスコルビン酸は量的にも少なく，両果実とも成熟期間中ほぼ一定であった．

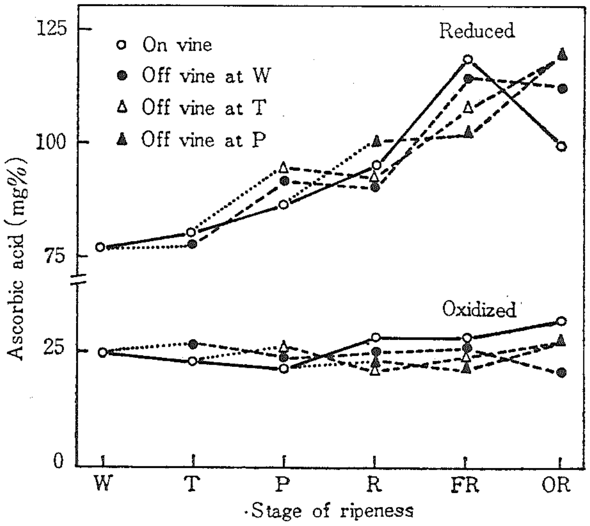

Fig. 12 Changes in concentration of reduced and oxidized ascorbic acid in the strawberries during ripening on and off the vine.

考　　　察

I．作型と果実の成熟様相

岩田ら[11]は果実の成熟中の呼吸型の分類において，いわゆるクライマクテリック型と非クライマクテリック型以外に，カキ，イチゴおよびモモのように熟度とともに呼吸量が増加し続ける果実があり，これらの果実を末期上昇型とした．この点においては，本実験結果も一致していたが，呼吸量と作型との間には一定の傾向は認められなかった．

エチレンが果実の成熟ホルモンであることは周知の事実であり，クライマクテリック型の果実については，それほど異論はないように思われる．しかし，非クライマクテリック型の果実では，エチレンの成熟に対する役割は明確ではなく，むしろ生長促進物質と抑制物質のバランスが成熟に大きく関与しているように思われる[8]．本実験では，イチゴ果実のエチレン発生量は成熟期間中低く，過熟期まで増加することはなかった．さらに，未熟果実に対するエチレン処理も，成熟にはまったく影響しなかった．岩田ら[11]および Mason ら[15]もイチゴ果実に対するエチレン処理は効果がないことを認めている．

一方，果実の成熟と ABA 含量との関係については，Rudnicki ら[20]の研究以来，多くの果実について報告されている．それらによると，イチゴ[20]，リンゴ[21]，西洋ナシ[22]，ブドウ[3]，オレンジ[4]，モモ[14]，トマト[17]，アボカド[1]，カキ[6]など，クライマクテリック型および非クライマクテリック型を問わず，報告のみられる範囲内ではすべての果実で，成熟とともに ABA 含量が増加し，例外はみられないように思われる．われわれもまた，バナナ，トマト[10]およびブドウ[8]について，同様のことを認めている．このような事実から，われわれは果実の成熟に伴う呼吸型やエチレン生成の有無にかかわらず，ABA 含量が成熟の指標となりうるものと考えている．この考えを基礎にして，本実験結果をみると，抑制および促成栽培の1期作目の果実は ABA 含量の増加が他の作型より促進されており，したがって外観の着色の進行がたとえ同じでも，果実の内的な成熟がそれだけ促進されているのではないかと思われる．

つぎに，糖含量の消長をみると，抑制および促成栽培ともに，1期作目の果実はその含量が高く，この傾向はとくにシュークロースにおいて顕著であった．糖の呈味力はシュークロースを100とすると，フラクトースは約170，グルコースは約70に相当するとされている．したがって，1期作目の果実のシュークロース含量が高いということは，それだけ食味が優っていると思われる．

一般に，果実への糖の転流形態はバラ科の植物を除いて，シュークロースであるものが多いとされている[13]が，果実の種類により熟期にシュークロースを蓄積するものと蓄積しないものがある．しかし，後者に属する果実でも，栽培および環境条件によっては，シュークロースが顕著に蓄積する場合があることが知られている．たとえば，ブドウ[12]では熟度が進むと微量ではあるがシュークロース含量が増加するとされており，カキ[7]では栽培条件や年度により，果実中のグルコース，フラクトースおよびシュークロース含量はかなり異なることが知られている．イチゴにおいても，冷涼下で発育したものほど[16]，また果実の発育日数の長いものほど[19]，糖含量が高くなることが知られている．このような事実は，栽培条件の調節により，イチゴ果実のシュークロース含量を高めうる可能性を示しているように思われる．

一方，抑制および促成栽培ともに，1期作目の果実は全成熟期間を通じて他の作型の果実より，有機酸含量はかなり低かった．しかし，愛知総農試の報告[2]によると糖については本実験結果と一致していたが，有機酸含量は12月収穫の抑制栽培の果実が最も高くなっている．この原因としては，産地によりイチゴの栽培様式が多少異なるためではないかと思われるが，このことは逆に，イチゴ果実の有機酸含量も栽培および環境条件の調節により，かなり変動させうるように思われる．

以上のように，果実中のABA，糖および有機酸含量の増減の様相からみる限り，抑制および促成栽培の1期作目の果実は他の作型のものより，内的な成熟が促進されており，それが可食時の食味が優れている大きな原因になっているように思われた．

II．収穫後の成熟（追熟）様相

近年，青果物の産地の遠隔化に伴い，輸送距離が延長され，輸送中の荷いたみ防止やその後の棚持期間の延長の目的で，果実が未熟な状態で出荷され，流通期間中に追熟させる場合が多くなってきている．イチゴについても，最近一部の地方でこのことが試みられているようである．このような出荷形態は，樹上での成熟と追熟がまったく同質であるならば問題ないが，一般的には食味低下の大きな要因になっている場合が多いように思われる．

イチゴ果実の収穫後の成熟，すなわち追熟に関する報告はきわめて少ない．萩沼ら[5]，岩田ら[11]および Mason ら[15]によると，イチゴ果実は一定の熟度以後では，収穫後も着色は進行するとされているが，その他の生理学的な研究はほとんどなされていない．そこで，実験IIではIで述べた考えに基づき，着色の進行，呼吸量，ABA含量，アスコルビン酸含量，糖度および酸度を成熟の指標として，圃場での成熟と収穫後の追熟を比較検討した．

その結果，着色の進行，呼吸量，ABAおよびアスコルビン酸含量の消長は，いずれの熟度からの追熟においても，圃場での成熟と本質的な差異は認められなかった．しかし，糖度および酸度の消長をみると，追熟果実の糖度は低下の傾向を示し，逆に酸度の減少は緩慢で，追熟果実の可食時における甘味比は圃場成熟果よりかなり小さくなっていた．このような傾向は，とくにWおよびT期からの追熟において強くみられた．

果実の追熟の定義については判然としない面もあるが，果実が樹体に着生した状態で完熟するときの変化が，未熟果実でも収穫後まったく同様に起る場合を真の意味での追熟とする

ならば，イチゴの場合は生理的には一応追熟は起っているようにみえる．しかし，食味の上からみると，追熟したとはいい切れない面を持つように思われる．したがって，イチゴ果実を追熟させて利用することは，食味低下の原因になることが考えられ，本質的には好ましくないと思われる．

摘　　要

イチゴ果実の成熟様相を知るために，種々の作型の‘宝交早生’を用い，果実の成熟に伴う呼吸，エチレン，アブシジン酸（ABA），糖，有機酸およびアスコルビン酸含量の消長を着色状態を基準にして調べた．また，別にイチゴ果実の追熟の有無を調べるために，一部の果実を W，T および P 期からそれぞれ追熟させ，その後の成熟様相を圃場での成熟と比較した．

1）呼吸量は熟度とともに増加する，いわゆる末期上昇型を示したが，作型との間には一定の傾向は認められなかった．

2）エチレン発生量は成熟期間中ほぼ一定で，過熟期まではほとんど変化しなかった．また，未熟果実に対するエチレン処理は成熟にはまったく影響しなかった．

3）遊離型 ABA 含量はすべての作型において成熟の開始とともに増加したが，抑制および促成栽培ともに1期作目の果実は，2期作目や露地栽培の果実より，その増加時期が早かった．

4）糖含量は成熟とともにそれほど大きく変化しなかったが，抑制および促成栽培の1期作目の果実はシュークロース含量が高かった．

5）滴定酸度はすべての作型で熟度とともに減少する傾向を示した．作型別には，抑制および促成栽培の1期作目の果実は全成熟期間を通じて，滴定酸度がかなり低かった．この傾向はそのままクエン酸含量に現れていた．

6）追熟果実と圃場成熟果実の比較では，着色の進行，呼吸，ABA およびアスコルビン酸含量の消長には，両果実間に本質的な差異は認められなかった．しかし，追熟果実では糖度は低下し，逆に酸度は高くなる傾向がみられた．

7）以上のことから，作型別には抑制および促成栽培の1期作目の果実の成熟様相は，明らかに他の作型の果実と異なっているように思われた．また，イチゴ果実は生理的には一応追熟するが，食味の点からは追熟するとはいい切れない面をもつように思われた．

本実験にあたり，岡山県井笠農業改良普及所および六条院町農業協同組合の関係諸氏の御協力を得た．ここに記して感謝の意を表する．

文　　献

1）Adato, I., S. Gazit and A. Blumenfeld : Aust. J. Plant Physiol. **3**, 555－558 (1976)
2）愛知総農試，昭和51年度農産物流通利用試験成績書．55－56 (1977)
3）Coombe, B. G. and C. H. Hale : Plant Physiol. **51**, 629－634 (1973)
4）Goldschmidt, E. E., R. Goren, Z. Even-Chen and S. Bittner : Plant Physiol. **51**, 879－882 (1973)
5）萩沼之孝・水田　昂・三浦　洋：食品工誌 **9**, 63－68 (1962)
6）平田尚美・林　真二・田辺賢二：鳥取大農研報 **30**, 26－37 (1978)
7）飯室　聡・岡村隆生・沢村泰則・松本善守・福長信吾：奈良農試研報 **6**, 9－15 (1974)
8）Inaba, A., M. Ishida and Y. Sobajima : J. Jap. Soc. Hort. Sci. **45**, 245－252 (1976)

9) 稲葉昭次・伊東卓爾・中村怜之輔：岡山大農学報 **50**, 37－42 (1977)
10) 稲葉昭次・中村怜之輔：園芸学会秋季大会発表要旨 446－447 (1977)
11) 岩田　隆・大亦郁子・緒方邦安：園学誌 **38**：279－286 (1969)
12) 岩田　隆・大亦郁子・緒方邦安：園学誌 **38**, 350－358 (1969)
13) LEOPOLD, A. C. Plant Growth and Development 36－55, McGraw-Hill (1964)
14) LOONEY, N. E., W. B. MCGLASSON and B. G. GOOMBE : Aust. J. Plant Plysiol. **1**, 77－86 (1974)
15) MASON, D. T. and W. R. JARVIS : Hort. Res. **10**, 125－132 (1970)
16) 松浦秀上：神奈川県普及指導室資料 (1965)
17) MCGLASSON, W. B. and I. ADATO : Aust. J. Plant Physiol. **3**, 809－817 (1976)
18) 名大農芸化学基礎実験 136－141, 養賢堂 (1966)
19) 二宮敬二：農及園 **44**, 1103－1109 (1969)
20) RUDNICKI, R. and J. PIENIAZEK and N. PIENIAZEK : Bull. Acad. Pol. Sci. **16**, 127－130 (1968)
21) RUDNICKI, R. and J. PIENIAZEK : Bull. Acad. Pol. Sci. **18**, 577－580 (1970)
22) WANG, C. Y., S. V. WANG and W. M. MELLENTHIN : J. Agr. Food Chem. **20**, 451－453 (1972)
23) YOUNG, R. E., H. K. PRATT and J. B. BIALE : Anal. Chem. **24**, 551－555 (1952)