

リンゴ果実の熟度に関する研究(第1報)

誌名	園藝學會雜誌
ISSN	00137626
著者	中島, 武彦 田村, 勉
巻/号	39巻3号
掲載ページ	p. 283-289
発行年月	1970年9月

リンゴ果実の熟度に関する研究(第1報)

果実(旭)の呼吸クライマクテリックと熟度との関係

中島武彦・田村 勉

(北海道大学農学部)

Studies on apple maturity

I. Relationship between respiratory climacteric and maturity in McIntosh apple fruits

Takehiko NAKASHIMA and Tsutomu TAMURA

Faculty of Agriculture, Hokkaido University, Sapporo

Summary

In McIntosh apple fruits, investigations were carried out on the reasonability of application of respiratory climacteric to the determination of the optimum harvest date for storage and the significance of determination of flesh firmness, soluble solids and acid contents for maturity determination. And a new method for maturity determination was devised on the basis of the pattern of the respiration rate variation of a fruit arising from the change of period from picking till measuring. Here, a mention must be made on the terms of RC and rc. The former stands for respiratory climacteric "on the tree" estimated from the respiration rates of fruits picked at different dates, and the latter dose that of at each fruit "off the tree."

1. Considerable individual variation was observed on the respiration rate on a weight basis in fruits picked at the same time, but this may be neglected by using fruits of uniform appearance.

2. When the respiration rates of each picking for periods of about ten days following harvest were measured, all stages of respiratory climacteric were found at earlier pickings but rc-minimum (min.) was not found later and neither rc-min. nor rc-rise at last as fruits were getting ripe.

3. In order to estimate RC, fruits were picked ten times and the respiration rates were measured.

In such cases, the longer the time from picking till measuring became, the sooner RC appeared.

4. The usual method for RC estimation requires respiration measurements on the fruits picked several times at successive dates. And an estimation on the time of RC-min. cannot be made before RC-rise appears. Besides, RC pattern varies with the time from picking till measuring. It seems, therefore, that it is not a suitable method for the determination of the best picking date of the fruit for storage. On the contrary, if the difference of the respiration rate between two measurements carried out different hours after picking is applied, RC estimation becomes possible by only one picking. In other words, when the respiration rate measured 24 hours after harvest is smaller than that done after six hours and larger than after 48 or 96 hours it is before RC-min., and in the reverse case it is after RC-min.

5. No index to maturity was found in flesh firmness or acid content. The variation of soluble solids proved to be taken as a reliable index to maturity. But it has no practical use because it does not allow of the determination being repeated on the same fruit and is involved in considerable individual variations.

I. 緒 言

従来、リンゴ果実において採取時の熟度が適当でなければ、貯蔵可能期間の短縮されることがしばしばあるといわれている。熟期は年によつて著しくずれることがあるので、熟度を判定するための指標について多くの研究

本研究の要旨は 1969 年度園芸学会秋季大会において発表

1970 年 6 月 29 日受理

が行なわれている。熟度を判定するには、果径や果重、開花よりの日数、果実のもげやすさ (ease of separation) 硬度および果皮の着色程度に基づく物理的な方法と、糖、酸、澱粉、ペクチンなどの果実成分の量ならびにその変化および呼吸量またはエチレンの発生量に基づく化学的な方法とが用いられている^{8,16,21)}。特に、呼吸量について多くの研究がなされているが、KIDD ら⁷⁾はリンゴ果実が成熟する時期に呼吸クライマクテリック (res-

piratory climacteric) の存在することを報告している。SMOCK¹⁵⁾ は旭において、貯蔵用果実の最適収穫時期を判定するための方法について長年検討した結果、果皮の地色の変化 (ground color changes) と呼吸クライマクテリックは熟度との間にきわめて密接な関係のあることを報告している。その後、BLANPIED²⁾ は同種の実験を行なつたが、呼吸クライマクテリックは貯蔵用果実の収穫適期を判定するための指標としてはあまり適当ではないと述べている。

本研究は次の点を明らかにするため行なつたものである。すなわち、(1) 旭果実の呼吸クライマクテリックが貯蔵用果実の収穫時期を決定するための指標として利用できるか、(2) 果実の品質および熟度を判定するためにしばしば行なわれている硬度、糖度 (soluble solids) および酸含量の測定の意義、ならびに (3) 従来用いられていたものとは異なつた判定方法を検索することの3点である。なお、採取後の個々の果実に認められる呼吸クライマクテリックと、採取時期を異にする果実の呼吸量より推定される着生状態における呼吸クライマクテリックとを区別し、前者を rc、後者を RC と略記する。

本研究を行なうにあたり、種々のご助言をいただいた本学農学部附属農場の今河 茂助教授に深く感謝の意を表す。

II. 材料および方法

供試材料は北海道大学農学部附属農場の果樹園の30年生旭1樹に結実したものである。採取は1968年8月26日より10月15日までの間、約5日ごと、10回にわたつて行なつた。各採取日に無傷の平均的な果実を無作為に20果ずつ採取し、30分以内に実験に供した。5果(4果供試、残り1果は補助用)を呼吸測定用とし、残りは硬度、糖度および酸含量の測定に用いた。

呼吸量 測定には CLAYPOOL³⁾ が考案した比色法を利用する通気式呼吸量測定装置に多少の改変を加えたもの^{9,10)} を使用した。呼吸量は5時間以内に安定するという報告⁴⁾ があるので、測定はまず6時間目に行ない、その後10日目まで毎日1回20°Cのもつで行なつた。また、10日目の呼吸測定後、これらの果実を硬度、糖度および酸含量の測定に用いた。

硬度 各果実について、赤道部分の相対する部位2箇所を、切断面の直径が約3cmになるように切除した。直径7/16インチ(約1.1cm)の検圧針を装着したマグネス・テラー硬度計を使用した。測定後、搾汁液について糖度および酸含量の測定を行なつた。

糖度 糖用屈折計の示度にて表示した。

酸含量 搾汁液を、フェノールフタレインを指示薬として0.1N-NaOH規定液で滴定し、リンゴ酸とみなして搾汁液1ml中のmg量として表示した。

なお、予備実験として果実の個体間における呼吸量の差異を調査した。この場合、遠隔地(本学余市果樹園)の試料を用いたので、呼吸測定容器に収納するまでに約3時間を要したため、採取後24時間目の呼吸量から測定を開始した。

III. 実験結果および考察

予備実験として、呼吸量の個体差を知るために、同時に採取した果実について呼吸量の差異を調査した。その結果は第1図および第2図に示すとおりである。

第1図は果実の大きさと呼吸量との関係を示したものである。中果のA(約150g)と中果のB(約170g)の間にはほとんど差が認められなかつたが、小果(約100g)および大果(約250g)に比べて、中果は採取後1日目より単位重量当りの呼吸量(CO₂排出量)が大きく、クライマクテリック・ミニマム(以後rc-min.)および同・マキシマム(以後rc-max.)の時期においても同様の傾向を示した。また、大果は小果よりもrc-min.以後、大きな呼吸量を示した。rc-min.およびrc-max.の時期はいずれも果実の大きさにかかわらず、ほとんど同じであつて、SMOCKら¹⁷⁾の報告にある、rc-max.の時期は大きい果実ほどおくれるという現象は認められなかつた。

第2図は着生部位と呼吸量との関係について示したものである。同一樹において、樹冠の中心部に着生し、着

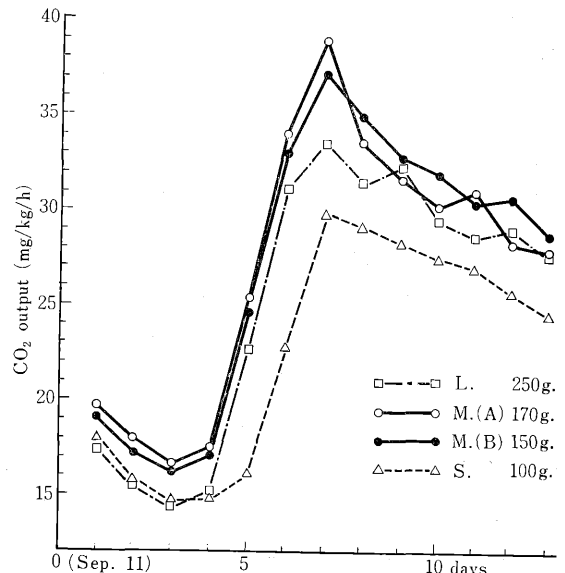


Fig. 1. Effect of fruit size on respiration rate at 20°C.

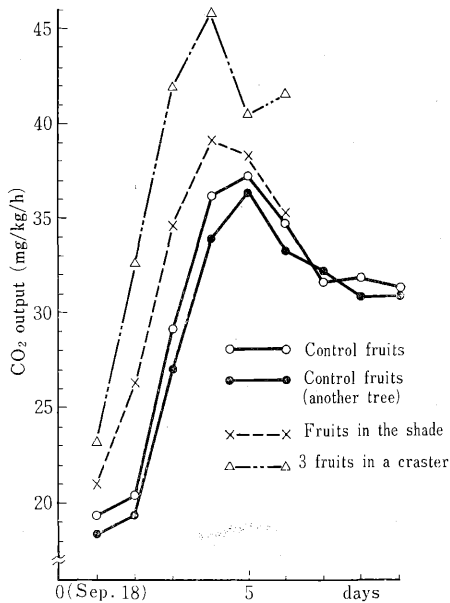


Fig. 2 Effect of bearing conditions of fruits on respiration rate at 20 °C.

色の著しく劣る果実は周辺部の果実に比べ、採取後1日目の呼吸量が大きく、rc-riseの発現はわずかに早く、rc-max.に到達するまでの期間も1日短かかった。1花叢に3果着生した果実は一般には異常であるが、このようなものは他の果実に比べ、著しく呼吸が促進され、rc-max.に到達するのが1日早く、その値も著しく大きかった。

以上の結果より、単位重量当りの呼吸量には個体間に少なからぬ差が認められたが、外観のそろった果実を選抜すれば、その差は大きな問題とはならないことがわかった。また、各果実のrc-min., rc-riseおよびrc-max.の発現時期については、特に異常な個体は別として差異はないものと考えられる。

1. 採取時期を異にする果実についての呼吸量の測定

各採取時期の果実について、採取後6時間目およびその後10日目まで毎日1回、呼吸量を測定した結果は第3図に示すとおりである。熟度が進むにつれて各果実のrc曲線はそれぞれ次のごとく変化した。

1) 早期採取の果実（食味の点から言えば未熟と思われるもの）については、rc-min., rc-riseおよびrc-max.がいずれも明らかに認められた。

2) 中期採取の果実（同適熟）については、rc-riseおよびrc-max.が認められたが、rc-min.は認められなかった。

3) 晩期採取の果実（同過熟）については、rc-max.のみが認められ、rc-min.およびrc-riseは認められなかった。

しかし、第3図からは着生中の果実のRCを推定することは困難である。

SMOCKら^{1,10)}はRCを推定するためには、時期を変えて数回以上の採取を行ない、毎回採取後70°F（約21°C）恒温下に置き、24時間後に呼吸量を測定し、その結果から判断するのが適当であると報告している（以後、この方法をSMOCKのRC推定法と呼ぶ）。また、HULMEら^{5,6)}も果実を12°Cに保ち、同様の結果を得ている。この方法は簡易であるので、多少の改変を加える場合もあるが、一般に良く使用されている^{11,13,18,22)}。

本研究においては、第3図に示した各採取果について、採取後24時間目（1日目）のほか、6時間目、48時間目（2日目）および96時間目（4日目）における同一果実の呼吸量の変化を検討した。その結果は第4図に示すとおりである。採取より測定までの時間が異なれば、RC曲線はそれに応じて変わり、RC-min.およびRC-max.の時期はそれぞれ次のごとくであった。

1) 採取後6時間目の場合、RC-min.は9月27日に認められ、RC-max.は10月15日以後と推定される。

2) 同24時間目（1日目）の場合、RC-min.は9月11日、RC-max.は10月10日に認められた。

3) 同48時間目（2日目）の場合、RC-min.は8月28日以前にあつたと推定され、RC-max.は10月5日に認められた。

4) 同96時間目（4日目）の場合、RC-min.は8月28日以前と推定され、RC-max.は9月22日に認められた。

このように、RC-min.およびRC-max.は、採取後24時間目の場合には同6時間目の場合より早く、同48および96時間目の場合よりおそく出現した。このことは、採取より測定までの時間が長びくにしたがい、RCの発現が早まることを示している。EZELLら⁴⁾の実験においても同様の結果が得られている。

次に、採取より測定までの時間を異にする場合のRCの差異を明確に表すため、採取後24時間目の呼吸量と採取後6時間目、同48時間目および96時間目の呼吸量との差（以後、この差を時間的呼吸量差と称する）を求めると第5図に示すとおりである。早期採取の果実では24時間目に比べ、6時間目の呼吸量が大きく、逆に48および96時間目では小さかった。採取期がおそくなるにしたがい、この差は小さくなり、9月10日ま

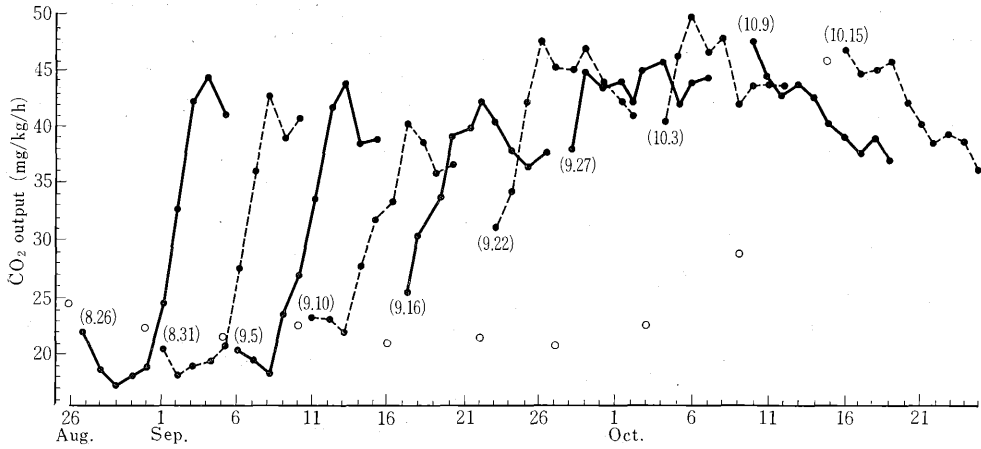


Fig. 3. Respiration rates of 10 samples picked at intervals of about five days in 1968 (20°C).

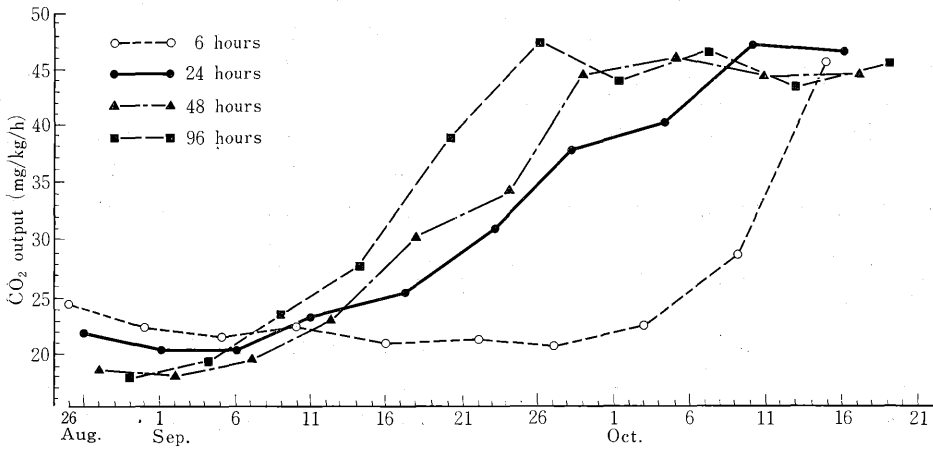


Fig. 4. Respiratory climacteric estimated by respiration rates determined at various times after each picking (20°C).

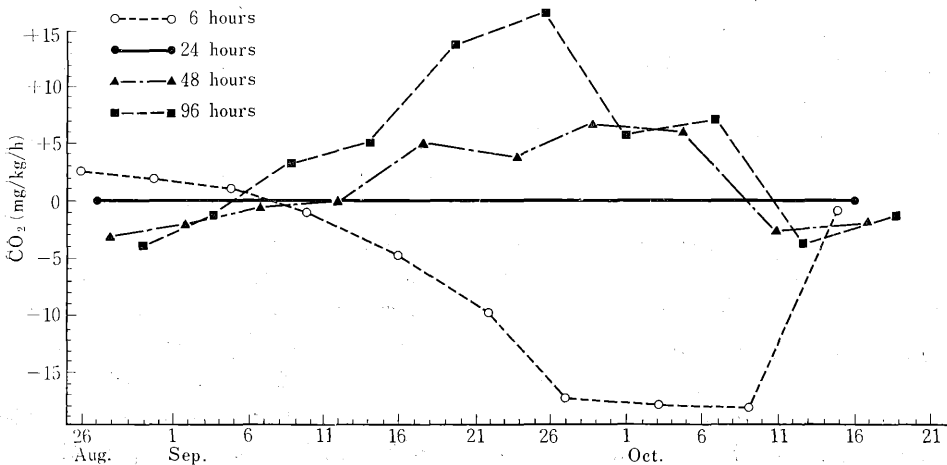


Fig. 5. The respiration rate differences (value obtained by subtracting the respiration rate measured 24 hours after picking from that of given hours after picking).

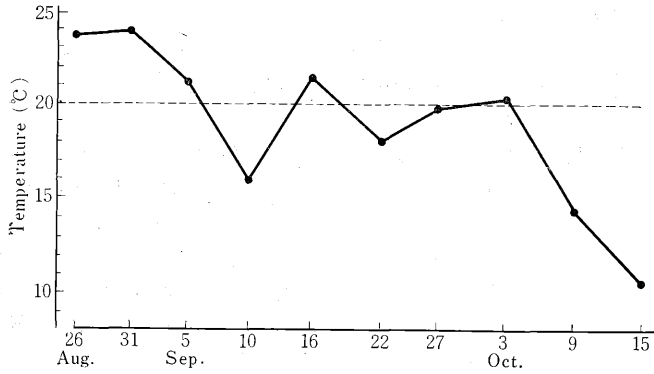


Fig. 6. Temperatures of picking time.

でこの関係の逆転する、すなわち、6, 24, 48 および 96 時間目の順に呼吸量が大きくなる時期（以後、これを呼吸量差の逆転期と称する）が認められた。ついで、この差が著しく大きくなる時期（以後、呼吸量差の増大期と称する）があり、晩期採取の果実ではその差がふたたび小さくなった。これを SMOCK の RC 推定法の場合と対比すると、呼吸量差の逆転期は RC·min. の時期に、呼吸量差の増大期は RC·rise の時期にそれぞれ相当する。上記の呼吸量差の逆転期を利用し、この時間的

呼吸量差に基づいて RC 判定を行なう方法が考えられる。すなわち、ある時期に採取した果実について時間的呼吸量差を求め、その値の正負から呼吸量差の逆転期以前、または以後のいずれであるかがわかり、果実の熟度を推定することが可能である。この方法によれば試料の採取は1回だけでよい。

一方、従来用いられている SMOCK の RC 推定法を検討した結果、次のような理由から誤差が生じやすいことがわかった。すなわち、（1）少くとも数回以上にわた

って採取時期を異にする果実について呼吸の測定を必要とし、（2）RC·rise 発現前には RC·min. を推定できず、（3）採取より測定までの時間によつて RC 曲線に変化が生じることである。田村¹⁹⁾ならびに SMOCK¹⁵⁾は貯蔵用果実の収穫適期は RC·min. または RC·rise のできるだけ早い時期が良いと報告しているが、SMOCK の RC 推定法は前述の理由により、果実の収穫期の判定の指標として適当であるとは思われない。

なお、各採取の気温を測定した結果は第6図に示すと

Table 1. Changes in flesh firmness during ripening.

Picking	No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Date	Aug. 26	31	Sept. 5	10	16	22	27	Oct. 3	9	15
0 day		17.1*	16.6	15.1	14.4	13.8	13.6	13.7	12.9	11.9	11.4
10 days		13.8	12.1	10.2	9.3	9.0	9.0	9.0	9.2	9.0	8.4
Difference		4.3	4.5	4.9	5.1	4.8	4.6	4.7	3.7	2.9	3.0

* firmness value : Magness-Taylor pressure tester reading obtained with a 7/16-inch plunger.

Table 2. Changes in soluble solids content during ripening.

Picking	No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Date	Aug. 26	31	Sep. 5	10	16	22	27	Oct. 3	9	15
0 day		9.7*	9.9	10.8	11.3	11.5	12.3	12.2	12.8	13.3	13.4
10 days		10.3	10.3	10.2	10.3	10.4	11.0	11.5	11.6	12.4	12.0
Difference		-0.6	-0.4	0.6	1.0	1.1	1.3	0.7	1.2	0.9	1.4

* content value : refractometer reading.

Table 3. Changes in acid content (mg/ml) during ripening.

Picking	No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Date	Aug. 26	31	Sep. 5	10	16	22	27	Oct. 3	9	15
0 day		10.45	10.05	10.15	9.80	9.60	9.40	9.55	9.30	9.35	8.65
10 days		9.05	8.10	7.85	7.95	7.50	6.95	7.10	6.30	5.85	5.55
Difference		1.40	1.95	2.30	1.85	2.10	2.45	2.45	3.00	3.50	3.10

おりである。第9 (15.7°C) および第10 (10.8°C) 採取を除き果実は約 20°C で採取された。この結果と第4図とを比べると、採取後6時間目の呼吸量は低温状態で採取されるほど、高い値をとる傾向が認められた。このことから、採取時の気温は RC の発現に対し、少なからぬ影響を与えることが考えられるが、この点についてはさらに検討を加えたい。

2. 硬度、糖度および酸含量の測定

各採取日 (採取当日) および採取後 10 日目に果実の品質を調査した結果は、第1表、第2表および第3表に示すとおりである。

第1表は採取時期と硬度との関係を示したものである。採取当日の硬度は採取時期がおそくなるにつれて減少する傾向が認められた。採取後 10 日目についても同様の傾向があつたが、RC-rise の期間中は硬度の減少は認められなかつた。また、いずれの採取時期の果実についても、追熟によつて硬度の減少が著しかつたが、初期より後期のほうがその程度は小さくなる傾向にあつた。

第2表は採取時期と糖度との関係を示したものである。採取当日の糖度は採取時期がおそくなるにつれて増加する傾向が認められた。採取後 10 日目についても同様の傾向を示したが、その程度は採取当日の場合ほど大きくはなかつた。RC-min. 以前に採取した果実は追熟によつて糖度が増加し、それ以後のものは減少した。これは未熟果に存在する多量の澱粉が糖化する現象であると考えられる。

第3表は採取時期と酸含量との関係を示したものである。採取当日の酸含量は採取時期がおそくなるにつれて増加する傾向が認められた。採取後 10 日目についても同様の傾向があつた。また、いずれの採取時期の果実においても追熟による酸含量の減少は著しかつたが、後期になるにつれてその差は大きくなつた。

以上のことから、貯蔵中の品質の判定には硬度および酸含量を指標として用いることができるが、糖度は追熟による差が小さいため、余り適当ではないものと考えられる^{12,14,20}。一方、熟度を判定するための指標となりうるような推移は硬度および酸含量には見出すことができなかつた。しかし、糖度の変化は RC-min. の時期以前には、追熟によつて増加するのに対し、それ以後には逆に減少するという経過をたどるので、この点を利用する可能性がある。もつとも、上記のような方法によつて熟度を判定する際には、同一果実について反復測定ができず、しかも少なからぬ個体差があるので、その結果は信頼度が低く、実用的であるとは思われない。

IV. 摘 要

リンゴ (旭品種) において、貯蔵用果実の収穫適期を判定するために呼吸クライマクテリックを用いることの妥当性と、果実の品質および熟度を判定するために行なわれている硬度、糖度および酸含量の測定意義について検討した。また、同一果実における呼吸量の時間的变化より、熟度を判定する方法を案出した。なお、採取後の個々の果実に認められる呼吸クライマクテリックと、採取時期を異にする果実の呼吸量より推定される着生状態における呼吸クライマクテリックとを区別し、前者を rc、後者を RC と略記する。

1. 同時に採取した果実の単位重量当りの呼吸量には、少なからぬ個体差が認められたが、外観のそろつた果実を選抜すれば、その点はさほど問題とする必要はない。

2. 採取時期を異にする場合、熟度が進むにつれて各果実の呼吸は、まず rc-min. ついで rc-rise の順にその段階の一部を欠除する。

3. RC を推定するため 10 回にわたり果実を採取し、呼吸量を測定したが、この場合、採取より測定までの時間が長びくにしたがい、RC の発現が早められた。

4. 従来の RC 推定法は、少なくとも数回にわたつて採取した果実についての呼吸測定を必要とし、RC-rise 発現前には RC-min. の時期を推定できず、採取より測定までの時間によつて RC 曲線に変化が生じるので、貯蔵用果実の収穫適期の判定に用いるのは適当とは思われない。これに反し、時間的呼吸量差 (採取より測定までの時間が異なる場合の呼吸量の差異) を求めれば、ただ 1 回の採取によつて RC を推定することができる。すなわちその差の値の正負から RC-min. の時期が推定されるのである。

5. 硬度および酸含量には、熟度を判定するための指標となりうるような推移を見出すことはできなかつたが、糖度の変化を熟度判定に利用することはできる。しかし、この方法は同一果実について反復測定ができず、少なからぬ個体差があるため実用的とは思われない。

引用文献

1. BLANPIED, G. D. 1965. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 87 : 85—92.
2. ——— 1969. Ibid. 94 : 177—178.
3. CLAYPOOL, L. L. and R. M. KEEFER. 1942. Ibid. 40 : 177—186.
4. EZELL, B. D. and F. GERHARDT. 1942. Jour. Agr. Res. 65 : 453—471.
5. HURME, A. C., JONES, J. D. and L. S. C. WOOLTON. 1963. Proc. Roy. Soc. B. 158 : 514—534.

6. JONES, J. D., HULME, A. C. and L. S. C. WOOLTORTON. 1965. *New Phytol.* 64: 158—167.
7. KIDD, F. and C. WEST. 1945. *Plant Physiol.* 20: 467—504.
8. MAGNESS, J. R. *et al.* 1926. U. S. D. A. Bulletin No. 1406: 1—24.
9. 中島武彦. 1968. 北海道大学大学院農学研究科修士論文. pp. 42—50.
10. ———・田村 勉. 1968. 北海道園芸研究談話会報. 1: 28—29.
11. ———・———. 1969. 園芸学会昭和 44 年度秋季大会発表要旨 pp. 306—307.
12. 岡本辰夫・原田順厚. 1959. *農化.* 33: 753—756.
13. ———. 1963. *食品工誌.* 10: 520—527.
14. 沢田英吉・田村 勉・八鍬利郎・今河 茂. 1968. 北海道大学農学部邦文紀要. 6: 371—381.
15. SMOCK, R. M. 1948. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 52: 176—182.
16. ——— and A. M. NEUBERT. 1950. *Apples and apple products*, Interscience Publishers, Inc., N. Y. pp. 161—170.
17. ———. ———. *Ibid.* pp. 153—154.
18. 高田峰雄. 1967. *園学雑.* 35: 95—100.
19. 田村 勉. 1966. *農耕と園芸* 21 (10): 73—75.
20. ———・中島武彦・今河 茂・原田 隆. 1969. 北海道大学農学部邦文紀要 7: 27—31.
21. U. S. D. A. 1965. *ARS* 51—4: 2—23.
22. WILKINSON, B. G. and R. O. SHARPLES. 1967. *Jour. Hort. Sci.* 42: 67—82.