

リンゴの成熟関連物質の推移と栽培管理との関わり

— ‘やたか’、‘ジョナゴールド’における1-アミノシクロプロパン-1-カルボン酸、
アブシジン酸及びアントシアニン含量の変化 —

近 藤 悟

Relationship between the Changes of Substances which Relate
to Maturation of Apple Fruit and the Culture Management

— The Changes of 1-Aminocyclopropane-1-carboxylic Acid, Absciscic Acid
and Anthocyanin Content in Apple Cultivars Yakata and Jonagold —

Satoru Kondo

目 次

緒 言	2
材料及び方法	2
結 果	3
1. 糖含量	
2. ACC 含量及び内生エチレン濃度	
3. ABA 含量	
4. アントシアニン含量	
考 察	5
摘 要	5
引用文献	6

緒 言

リンゴの開花から収穫までの生育日数は、気象条件によって多少前後するものの、品種によっては一定とされ、着色管理（摘葉）は、一般的に各品種の収穫開始 20～30 日前頃から行われている。しかしながら、この作業開始時期がリンゴ果実の生理において、妥当な時期であるかどうかは必ずしも明らかでない。さらに摘葉は、時期や程度を誤ると果実への糖の集積を妨げること⁽¹⁾も報告されている。

‘やたか’は秋田県増田町で‘ふじ’の枝変わりとして発見された品種であり、収穫時期は‘ふじ’に比べ 30 日程度早まるとされているが熟期にばらつきがあり、着色管理の作業開始時期の判断が難しい。また、

‘ジョナゴールド’は着色・食味とも劣る不良果実の発生が多く、着色管理が難しい品種である。1986～1989 年には‘つがる’、‘千秋’、‘ふじ’について検討を行ったが^(2,3)、今回は上記 2 品種を供試した。

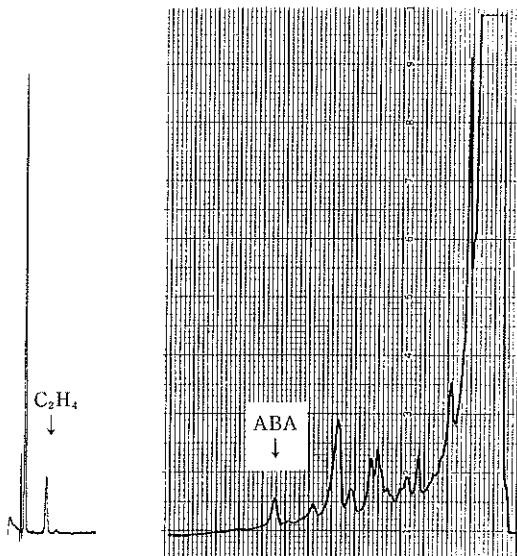
本試験では、成熟に関連する 1-アミノシクロプロパン-1-カルボン酸（ACC）、アブシジン酸（ABA）などの果実中における推移を明らかにするとともに、糖含量及びアントシアニン含量の変化から、着色管理を始めとした栽培管理への関わりを検討した。

なお、本試験の一部の分析は筑波大学農林学系果樹園芸学研究室の施設を借りて行ったものである。弦間洋助教授はじめ研究室の方々に感謝いたします。

材料及び方法

秋田県増田町の‘やたか’（高接ぎ後 5 年、マルバ台）、秋田果樹試験場の‘ジョナゴールド’（16 年生、マルバ台）を 1989 年に供試した。満開後 44 日から各品種の収穫時まで定期的に果実を採取し分析を行った。果実の糖含量、内生エチレン濃度、ACC 含量、ABA 含量、アントシアニン含量の測定は前報⁽³⁾

と同様に行った。すなわち、ACC 含量の測定は Lizada と Yang⁽⁵⁾の方法にしたがって、ガスクロマトグラフィー（第 1 図）で測定した。また ABA 含量は高速液体クロマトグラフィーで定量し（第 2 図）、GC-MS で同定した。



第 1 図

第 2 図

第 1 図. リンゴ果実（果肉及び果皮）における ACC（ C_2H_4 ）のクロマトグラム
測定条件 ガスクロマトグラフィー
（日立、モデル 163）

カラム：Porapak Q
カラム温度：75℃
検出器：FID
キャリアガス： N_2 20 ml/分
リテンションタイム：1.97 分

第 2 図. リンゴ果実（果肉及び果皮）における ABA のクロマトグラム
測定条件 高速液体クロマトグラフィー
（東曹 8000）

カラム：Zorbax ODS 4.6 mm×25 cm
カラム温度：30℃
移動相：40%メタノール/60%蒸留水
（0.1%酢酸含）

検出器：UV (254 nm)
リテンションタイム：22 分

結 果

1. 糖 含 量

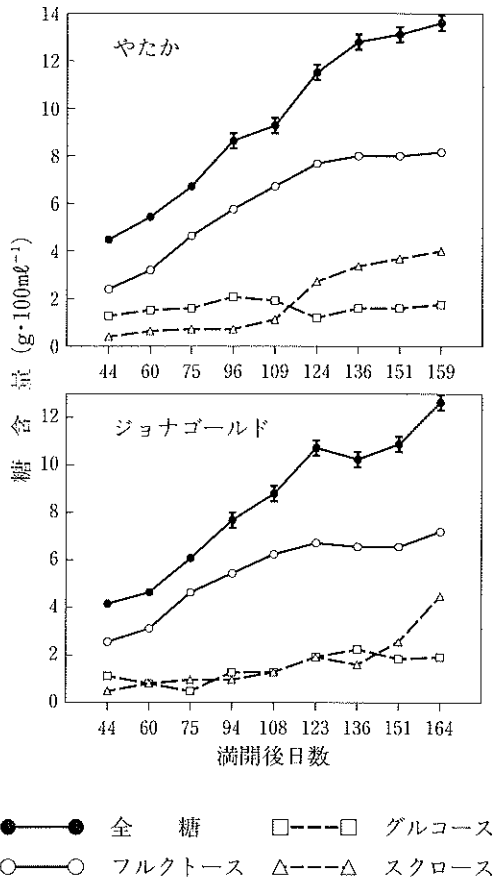
糖含量の変化を第3図に示した。発育当初はフルクトース、グルコース、スクロースの順に多く含有されていたが、'やたか'では満開後109日以降、'ジョナゴールド'では満開後136日以降にスクロースがグルコース含量を上回った。

2. ACC 含量及び内生エチレン濃度

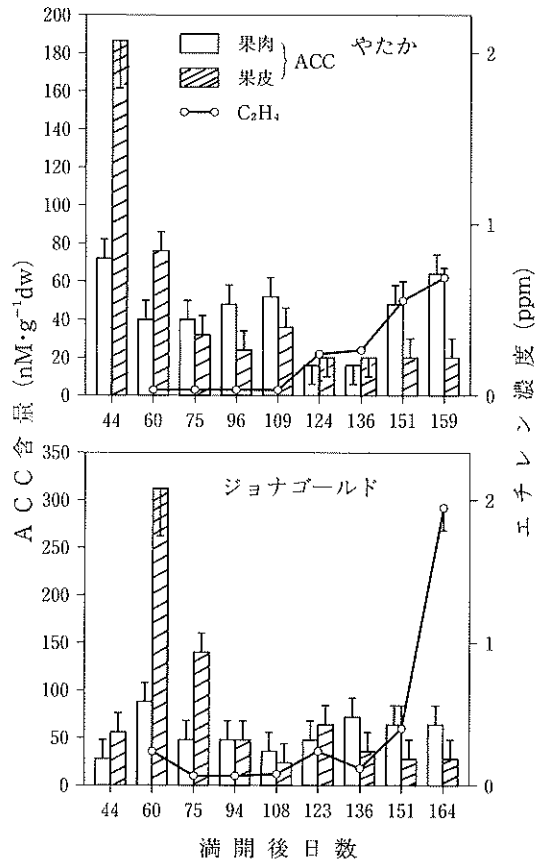
果肉及び果皮中の ACC 含量の推移及び内生エチレン濃度の変化を第4図に示した。果肉中の ACC 含量

について、'やたか'、'ジョナゴールド'ともその推移に一定の傾向はみられなかった。果皮中の ACC 含量については、両品種とも発育初期にやや多く、すなわち'やたか'では満開後44日に $188 \text{ nM} \cdot \text{g}^{-1} \text{ d.w.}$ 、'ジョナゴールド'では満開後60日に $307 \text{ nM} \cdot \text{g}^{-1} \text{ d.w.}$ であったが、他の時期では大きな差がみられなかった。

内生エチレン濃度は'やたか'では満開後109日以降に増加し、'ジョナゴールド'では満開後136日以降に増加した。



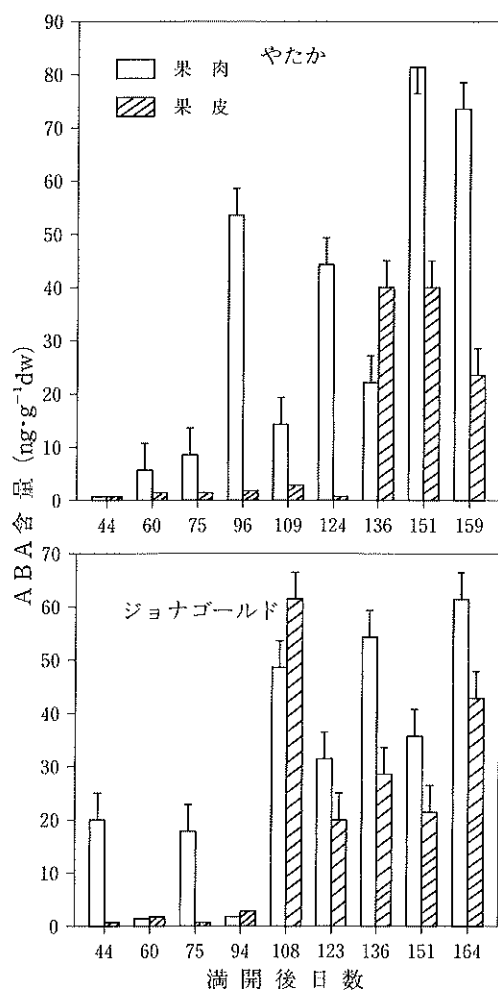
第3図 リンゴ'やたか' 'ジョナゴールド'の糖含量の推移
(縦線はSEを示す)



第4図 リンゴ'やたか' 'ジョナゴールド'果実のACC含量及び内生エチレン濃度

3. ABA 含量

ABA 含量の推移を第 5 図に示した。‘やたか’の果肉の ABA 含量は満開後 76 日以降に増加したが、その値は満開後 136 日まで増減した。一方、果皮中では満開後 124 日以降に急激に増加した。‘ジョナゴールド’では、果肉・果皮とも ABA 含量は概ね満開後 94 日以降に増加した。ただしその時期以降でも、果肉中の含量は $31.2 \sim 60.6 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1} \text{d.w.}$ の範囲で増減

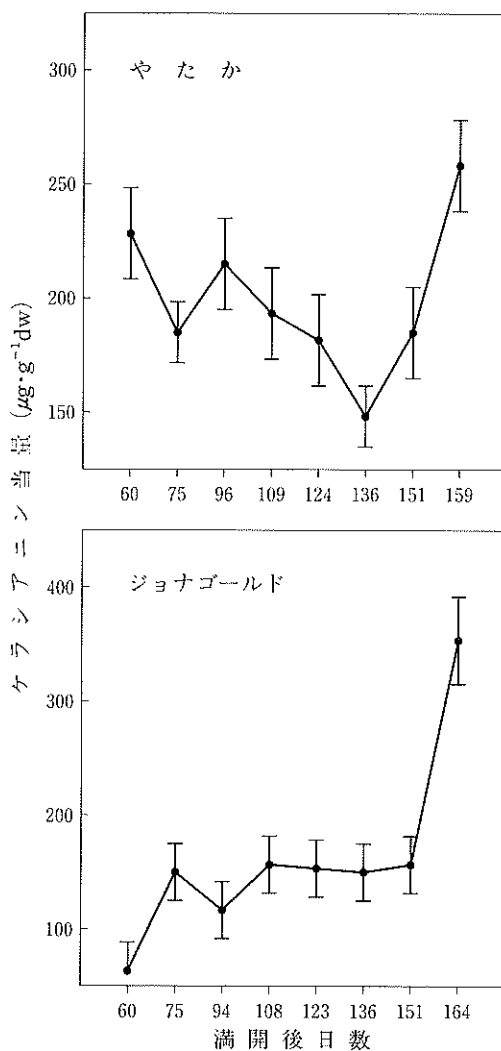


第 5 図 リンゴ‘やたか’‘ジョナゴールド’
果実の ABA 含量の推移

し、果皮中の含量も $19.7 \sim 60.4 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1} \text{d.w.}$ の範囲内で上下した。

4. アントシアニン含量

果皮中のアントシアニン含量の変化を第 6 図に示した。‘やたか’では満開後 136 日以降から増加する傾向をみせ、‘ジョナゴールド’では満開後 151 日以降に急激に増加した。



第 6 図 リンゴ‘やたか’‘ジョナゴールド’
果皮のアントシアニン含量の推移

考 察

‘やたか’では満開後 109 日以降に、‘ジョナゴールド’では満開後 136 日以降にスクロース含量がグルコース含量を上回ったが、この時期は各品種での内生エチレン濃度の増加時期とほぼ一致した（第 3、4 図）。リンゴ果実のエチレン発生は成熟と密接に関係していることが多く報告されている^(1,6)。したがって前報⁽³⁾でも報告したように、これらの時期は‘やたか’、‘ジョナゴールド’における発育期から成熟期への転換期であろうと推察される。本試験では、収穫期は地色、食味、着色などから総合的に判断したが、‘やたか’と‘ジョナゴールド’の収穫適期の相違を考慮しても、中生の両品種を比較した場合、‘やたか’では成熟開始期が‘ジョナゴールド’に比べかなり早いとみることができよう。

一方、両品種とも果肉中の ACC 含量は生育期間を通じてほぼ同量で、その変化には一定の傾向はみられなかった（第 4 図）。早生品種‘つがる’では、ACC 含量の増加と内生エチレン濃度の増加は一致したが、収穫時期の遅い品種ほど ACC とエチレン濃度との関係は明らかでなかった⁽³⁾。本報告の中生種‘やたか’、‘ジョナゴールド’でも同様の結果を得たが、両品種とも成熟期に若干ではあるがエチレン濃度が増加しており、エチレン生成酵素活性との関連を明らかにする必要がある。これに対して、果皮中の ACC 含量は両品種とも発育初期に高い傾向であった。‘千秋’でも同様な傾向がみられており⁽³⁾、中生以降の品種に特有な現象かどうか品種間差についてさらに検討を要す

る。

モモ、ナシ果実において、ABA はエチレンとともに成熟あるいは追熟中に増加し、ABA もまた成熟に大きく関わっていることが報告されている^(7,8)。果肉中の ABA 含量は‘やたか’では満開後 75 日以降、‘ジョナゴールド’では満開後 94 日以降から増加してきているが（第 5 図）、この増加率は早生品種‘つがる’に比較するとわずかであり⁽³⁾、前報⁽³⁾の考え方に従って ABA を成熟よりも老化関連物質と考えた場合、中生品種‘やたか’、‘ジョナゴールド’の貯蔵力を表す数値と考えることができることが示唆された。

リンゴ果実のアントシアニンの発現には、果面に直接光が照射されることが必要であるが、アントシアニン発現への摘葉の影響を少なくするために、本試験では、摘葉は果面に接触している果そう葉 2~3 枚のみに限った。アントシアニン含量の増加は、‘やたか’では満開後 136 日以降（収穫前 23 日）であり、‘ジョナゴールド’では満開後 151 日（収穫前 13 日）以降であった（第 6 図）。したがって、摘葉作業についてはこの時期を目安に行われるべきであると考えられる。強度の摘葉は糖含量の中でも、特にスクロースの増加を抑制し、そのため全糖含量も減少する⁽⁴⁾。‘やたか’の満開後 136 日、‘ジョナゴールド’の満開後 151 日は第 3 図に示すようにスクロースの増加期であり、この時期の摘葉は、果そう葉のみの軽い摘葉とすべきと考えられた。

摘 要

中生種‘やたか’、‘ジョナゴールド’を供試して、生育中の果実内糖含量、内生エチレン濃度、アントシアニン含量を測定した。また果皮と果肉の部位別に 1-アミノシクロ-1-カルボン酸（ACC）、アブシジン酸（ABA）含量を測定した。これらの変化と着色管理を始めとした栽培管理との関わりを検討した。

1. ‘やたか’果実では満開後 109 日以降、‘ジョナゴ

ールド’果実では満開後 136 日以降に果実内のスクロース含量がグルコース含量を上回り、この時期は内生エチレン濃度の増加時期と一致した。

2. 果肉中の ACC 含量は、‘やたか’、‘ジョナゴールド’とも発育、成熟期間を通じて大きな差はみられなかった。一方、果肉中の ABA 含量は、‘やたか’では満開後 75 日以降、‘ジョナゴールド’では満開後 94 日

以降から、やや増加した。

3. 果皮中のアントシアニン含量は‘やたか’では満開後136日(収穫前23日)以降、‘ジョナゴールド’では満開後151日(収穫前13日)以降増加した。この

時期の果実内でのスクロースの増加を考慮した場合、着色管理作業(摘葉)はこの時期をめどにできるだけ軽度に行われるべきであろうと推察された。

引用文献

1. Blankenship, S. M. and C. R. Unrath. 1988. Internal ethylene levels and maturity of 'Delicious' and 'Golden Delicious' apples destined for prompt consumption. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 113: 88-91.
2. 近藤悟・水野昇・高橋佑治. 1987. リンゴ‘ふじ’の収量、品質に及ぼす施肥及び各種管理の影響. 秋田果樹試研報. 18:23-33.
3. Kondo, S., J. Uthaibutra and H. Gemma. 1991. Comparison of 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid, abscisic acid and anthocyanin content of some apple cultivars during fruit growth and maturation. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 60: 505-511.
4. 近藤悟・鈴木栄司. 1991. リンゴ果実の加工適応性と品質について(第2報)栽培条件とリンゴ果実のアスコルビン酸及び糖含量. 園学雑別冊2, 平3秋:100-101.
5. Lizada, M. C. C. and S. F. Yang. 1979. A simple and sensitive assay for 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid. Anal. Biochem. 100: 140-145.
6. Stakiotakis, E. M. and D.R. Dilley. 1973. Internal ethylene concentrations in apple fruits attached to or detached from the tree. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 98: 501-503.
7. Tsay, L. M. and S. Mizuno. 1984. Changes of respiration, ethylene evolution and abscisic acid content during ripening and senescence of fruits picked at young and mature stage. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 52: 458-463.
8. Tsuchida, H., S. Mizuno and N. Kozukue. 1990. Changes in abscisic and phaseic acids during ripening and senescence of peach fruits. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 58: 801-805.

Relationship between the Changes of Substances which Relate
to Maturation of Apple Fruit and the Culture Management

— The Changes of 1-Aminocyclopropane-1-carboxylic Acid, Absciscic Acid
and Anthocyanin Content in Apple Cultivars Yataka and Jonagold —

Satoru Kondo

Summary

The changes in sugar and anthocyanin content, internal ethylene concentration (IEC), 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid (ACC) and abscisic acid (ABA) of the mid-season apple cultivars Yataka and Jonagold were investigated. The relationship between these changes and culture management are discussed.

1. The sucrose content became greater than that of glucose at 109 days after full bloom (DAFB) in 'Yataka' and 136 DAFB in 'Jonagold'. The increase in IEC initiated at about the same times, too.
2. The ACC content in the pulp in both cultivars hardly varied until harvest time. On the other hand, the ABA content in the pulp in 'Yataka' increased from 75 DAFB, and that of the pulp in 'Jonagold' increased from 94 DAFB.
3. The anthocyanin content in the peel increased from 136 DAFB (23 DAFB before harvest time) in 'Yataka' and 151 DAFB (13 DAFB before harvest time) in 'Jonagold'. Therefore, the defoliation for the coloring should be applied slightly around these times, because the sucrose content in the fruit is increasing at these times.

