



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	リンゴ果実の着色に関する研究 : 第1報 着色系品種におけるアントシアニン生成と果実の発育段階について
Author(s)	増田, 哲男; MASUDA, Tetsuo; 今河, 茂 他
Citation	北海道大学農学部邦文紀要, 12(2), 109-114
Issue Date	1980-10-24
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/11944
Type	departmental bulletin paper
File Information	12(2)_p109-114.pdf



リンゴ果実の着色に関する研究

第1報 着色系品種におけるアントシアニン 生成と果実の発育段階について

増田 哲男・今河 茂・田村 勉

(北海道大学農学部果樹蔬菜園芸学教室)

(昭和55年4月28日受理)

Studies on the Colouration of Apple Fruit

I. Relation between anthocyanin formation and growth stage of fruit in red apple cultivars

Tetsuo MASUDA, Shigeru IMAKAWA
and Tsutomu TAMURA

(Department of Horticulture, Faculty of Agriculture,
Hokkaido University, Sapporo, Japan)

緒 言

我が国では、リンゴの外観のよしあしが市場における価値判定基準となっているため、リンゴ栽培において“袋掛け”、“葉つき”等の着色技術が一般に広く採用されている。従って、これらの着色管理に費やされる労働力の比重は極めて大きく、一方、農村における労働力の減少は、近年著しいものがある。このような状況を考えると、果実の着色管理の合理化はリンゴ栽培上極めて重大な問題と言わなければならない。

リンゴ果実の着色は、品種によって著しく異なり、果実の色素発現の状態によって着色系品種と非着色系品種に分類されている^{7,8,13}。また、同一品種であっても栽培される地域が異なれば、果実の着色も著しく異なることが知られている^{7,8,13}。このように果実の着色はその品種のもつ遺伝的特性と栽培される地域の環境条件、特に、気象条件によって大きな影響を受けると言って過言ではない。

筆者らは、リンゴ果実における着色の品種特性、環境条件等の関係についての基礎的データをを得る目的で、アントシアニン生成と果実の発育段階の関係について検討を加えたので報告する。

材料および方法

供試材料には、北海道大学農学部附属農場余市果樹園

に栽培されている着色系品種、アーリエスト、紅魁、旭、レッドゴールド、紅玉、スターキングデリシャスの6品種を用いた。また、農薬散布、施肥等の一般栽培管理は同果樹園で行なっている常法に従った。

果実容積の測定： 幼果期の平均的な果実10個を選び、各々を樹上で7月上旬より各品種の収穫時期まで継続的に、アーリエストおよび紅魁は5日毎に、他の品種は10日毎に水置換法で果実の容積を測定した。

アントシアニンおよび種子重の測定： 各品種とも平均的な果実10個を、アーリエストおよび紅魁では5日毎に他の品種では10日毎に採取し、実験に供した。アントシアニンの測定は、1個の果実より直径11mmのコルクボーラーを用いて6切片を採取し、1%塩酸メタノール50mlで0°C暗所にて24時間抽出した後、分光光度計を用いて535nmの吸光度を測定した。種子重は、採取した10個の果実より20個の種子を取出し、生重および乾重を測定した。なお、乾重は70°C、24時間オーブンで乾燥後測定した。

一個体の果実および果皮切片におけるアントシアニン生成： 果実は着色を防ぐためあらかじめ新聞紙袋で7月上旬に被袋し、所定の時期に採取し実験に供した。果実よりコルクボーラーと安全カミソリで直径11mm、厚さ約1mmの果皮切片を得た。切り取った果皮切片は、0.3Mスクロース溶液で2回洗い、さらに流水で1時間洗浄した。そして、直径9cmのシャーレに0.3Mスク

ローズ溶液 10 mℓ を入れ、これに果皮切片 20 個を入れた。一個体の果実を用いた場合は各区 10 個、果皮切片を用いた場合はシャーレ 5 個とし、これらを 20°C, 4,000 lx (昼光色蛍光灯) のもとで、果実の場合は 7 日間、また、果皮切片の場合は 48 および 72 時間アントシアニンを生成させた。これらにおけるアントシアニンの測定は、一個体の果実を用いた場合は、果実の最もよく着色した部分より直径 11 mm のコルクボーラーで 4 個の果皮切片を採取し、また、果皮切片を用いた場合は、シャーレを一単位として、上記の方法でアントシアニンを抽出し測定した。

結 果

1. 旭における果実および種子の発育とアントシアニン生成

果実の生長を果実容積でみると、果実は S 字曲線を示して生長したが、10 日間ごとの果実容積の増加量でみると、生長の盛んな 2 つの段階がみられ、厳密には二重 S 字曲線を示した。すなわち、この生長の第 1 相は 8 月 13 日～23 日の期間であり、第 2 相は 9 月 2 日～12 日の期間であった (Fig. 1)。

種子の発育をみると、生重では 8 月中旬、また、乾重では 9 月上旬まで急速な生長を示したが、いずれもその段階を過ぎると生長が緩慢となった (Fig. 2)。果実の生長と種子の生長との関係をみると、種子の生重の緩慢になる時期は、10 日間ごとの果実容積の増加量における第 1

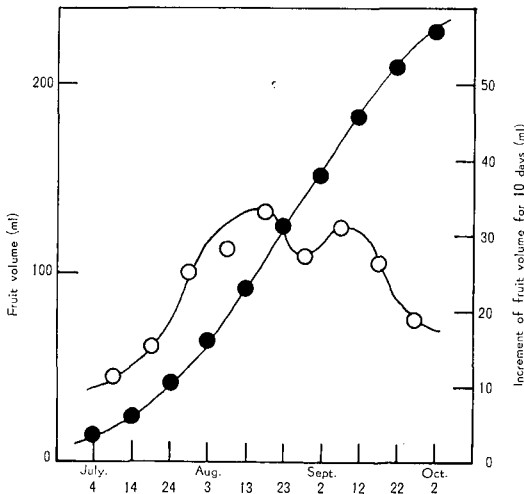


Fig. 1. Growth of McIntosh fruit during the growing season on the tree. Closed circles: fruit volume, Open circles: increment of fruit volume for 10 days.

相のピークの時期と一致し、種子の乾重の緩慢になる時期は、その第 2 相のピークの時期と一致した (Fig. 1, 2)。

樹上における果実のアントシアニン生成は、8 月 3 日～13 日より次第に増加しはじめ、その後急速に増加した (Fig. 3)。果実におけるアントシアニンの増加する時期は、果実の生長における第 1 相のピークの時期と一致した (Fig. 1, 3)。

2. 旭における果実の採取時期と人工照明下におけるアントシアニン生成

採取した果実を除袋し、一個体のまま 20°C, 4,000 lx

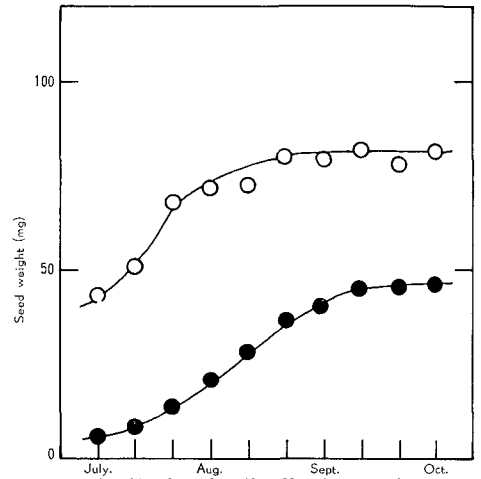


Fig. 2. Growth of McIntosh seed during the growing season. Open circles: fresh weight of seed, Closed circles: dry weight of seed.

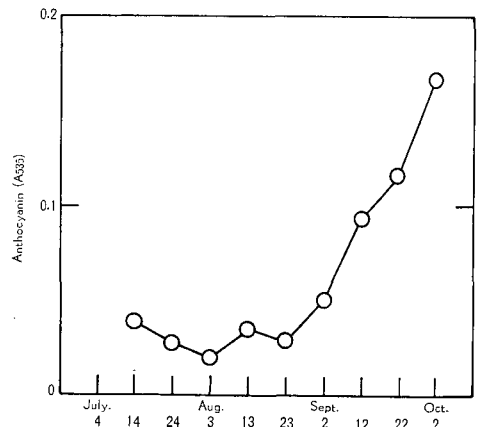


Fig. 3. Seasonal changes in anthocyanin content of McIntosh apple peel on the tree.

の人工照明下に7日間置き、アントシアニン生成と果実の採取時期との関係を調べた (Fig. 4)。アントシアニン生成が増加し始める時期は、8月3日～13日であり、この時期は樹上でアントシアニンが増加し始める時期と一致し、Fig. 1 に示した果実の生長の第1相のピーク時と一致した。その後、アントシアニン生成は急速に増加し、9月22日に最大となった。

次に、採取した果実より果皮切片を切出し、これを0.3 M スクロース溶液を入れたシャーレに浮かせ、このシャーレを20°C、4,000 lxのもとでアントシアニンを生成させアントシアニン生成と果実の採取時期の関係について調べた (Fig. 5)。アントシアニン生成は約20時間のlag phaseの後、急速に増加するlinear phaseに移った。従って、照明開始後48時間および72時間におけるアントシアニン生成を測定した。アントシアニン生成は、48時間および72時間後のいずれも同様な傾向を示しており、7月14日～24日の期間以後著しく多くなった。また、8月上旬以後、アントシアニン生成は次第に減少した。アントシアニン生成の増加する時期が、果実切片を用いた場合では、樹上における場合および一団体の果実を用いた場合の8月3日～13日より約20日早い時期に

なった。

3. 他の着色系品種 (5 品種) における果実の生長とアントシアニン生成

早生品種として、アーリエストおよび紅魁を用い、また、中・晩生品種として、レッドゴールド、紅玉、スターキングデリシャスを用いて比較検討した。果実の生長を5日または10日間毎の果実容積の増加量でみるといずれも二重S字曲線を示し、果実の生長の盛んな2つの時期がみられた (Fig. 6)。しかし、品種によって果実の生長における第1相の生長量と第2相のそれとの比率が著しく異っている。すれわち、アーリエスト、紅魁の2品種では、果実の生長における第2相の途中で収穫時期に達しており、そのため第2相の生長量の比率が小さかった。また、レッドゴールドおよび紅玉では、第1相の生長量と比較して第2相のそれが非常に小さかった。スターキングデリシャスでは、旭と同様に第1相の生長量と第2相のそれはほぼ等しくなっていた。

樹上における果実のアントシアニンが増加し始める時期は、品種の早晚によって異なり、アーリエストでは8月3日、紅魁では8月8日、そして、レッドゴールド、紅玉およびスターキングデリシャスではいずれも8月23日であった (Fig. 6)。次に、アントシアニンが増加し始める時期と果実の生長との関係を比較検討した。すなわち、アーリエスト、紅魁、レッドゴールド、紅玉およびスターキングデリシャスの5品種では、いずれも樹上に

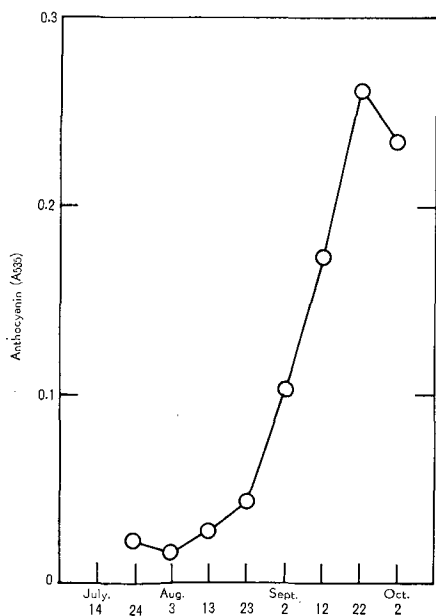


Fig. 4. Development of anthocyanin in the peel of McIntosh in detached whole fruit. Fruits were kept for 7 days at 20°C under 4,000 lx daylight fluorescent lamp, continuously.

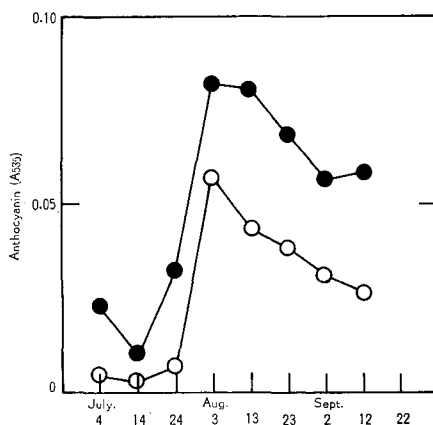


Fig. 5. Development of anthocyanin in the peel disks from detached McIntosh fruits. Disks were kept for 48 hour (open circles) and 72 hour (closed circles), floating on 0.3 M sucrose solution, at 20°C under 4,000 lx daylight fluorescent lamp, continuously.

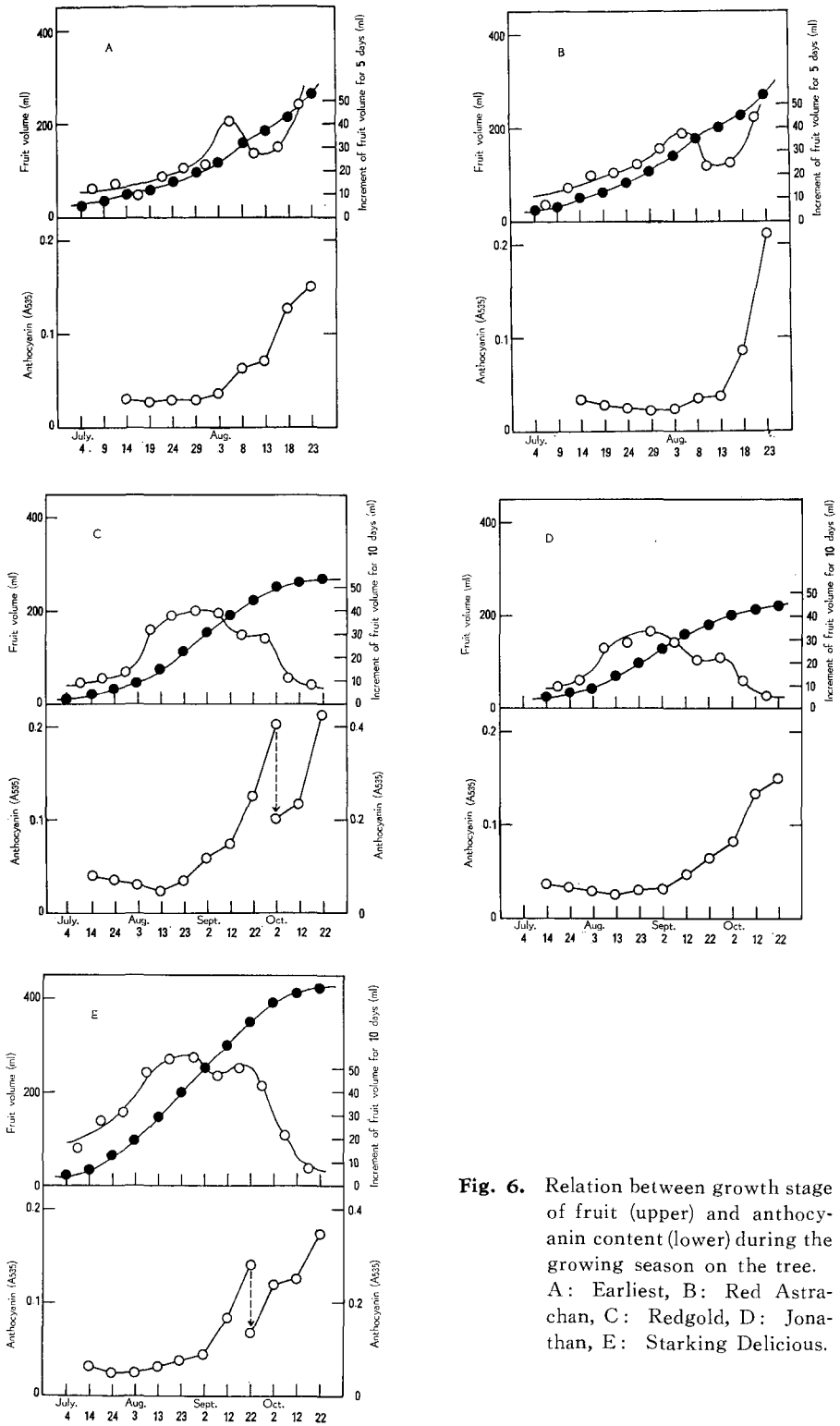


Fig. 6. Relation between growth stage of fruit (upper) and anthocyanin content (lower) during the growing season on the tree. A: Earliest, B: Red Astrachan, C: Redgold, D: Jonathan, E: Starking Delicious.

における果実のアントシアニンが増加し始める時期は、果実の生長の第1相のピークの時期と一致した。

考 察

果実の生長は、柑キツ類などがS字曲線、桃、桜桃、ブドウなどが二重S字曲線、そして、キウイフルーツなどが三重S字曲線を示すように3種類に分けられている^{11,15)}。従来、リンゴはS字曲線を示すと言われていたが、奥瀬らは、リンゴはブドウ、桃のような典型的な二重S字曲線とはならないが、厳密に言えば、二重S字曲線を示すことを報告している¹²⁾。また、我妻らは、果実の生長を果径などで測定するのではなく、一定日数あたりの果実容積の増加量でみると明らかな二重S字曲線を示すことを報告している¹⁾。筆者らの結果は、これらの報告と一致しており、供試した6品種のすべてが二重S字曲線を示した。

ブドウ、桃などその生長が典型的な二重S字曲線を示す果実では、シグモイドの第1相と第2相の間に果実の生長がほとんど停止する時期があるが、リンゴの場合では、そのように極端なことはなく、果実の生長する割合が低下するだけであるから、果径等の測定では明確にあらわれなかったものと考えられる。

種子の発育において、生重と乾重でその生長に時期的なずれのあることが以前から知られている⁶⁾。我妻らは、リンゴ果実の生長における二重S字曲線の第1相、第2相のピーク時に種子の生重、乾重がそれぞれ一定の生長量に達しはば一定の重量になることを報告している¹⁾。筆者らの試験においてもこれと良く一致した結果が得られた。また、種子が生長調節物質であるオーキシシン、ジベレリンなどの果実への供給源として重要な役割を持っていることが報告されており^{9,10)}、このようなことから、リンゴ果実において果実の生長と種子の発育は非常に密接な関係におかれているものと考えられる。

着色系品種において、アントシアニン生成を果実の成熟の進行とともに変化する形質の一つとしてとらえ、アントシアニン生成の時期が果実の成熟期を知るうえでの一つの指標となるということが知られている^{3,8)}。しかし、果実におけるアントシアニン生成が果実の生長の過程においてどのような意義を持つものであるのかということとはほとんど知られていない。本実験に供試した6品種はすべて、果実の生長の第1相のピーク時よりアントシアニンが増加し始め、その後、急速に増加している。

アントシアニンが増加し始める時期は、品種の早晚によって著しく異なるが、果実の生長からみると一定の時

期から、すなわち、果実の生長の第1相のピークの時期から始まっていることから、アントシアニン生成は、果実および種子の生長などと相互に密接な関係があるものと考えられる。また、リンゴ果実におけるアントシアニン生成が、オーキシシンやエスレルなどによって促進されることが報告されており¹⁴⁾このようなことから、果実における内生の生長調節物質によってアントシアニン生成が制御されていることが推論される。

果実を採取して実験に供した場合、一個体の果実と果皮切片でいろいろな生理的反応が異なることが知られている⁴⁾。リンゴにおけるアントシアニン生成と果実の発育段階との関係は、一個体の果実を用いた場合は樹上におけるアントシアニン生成と時期的に全く一致している。しかし、果皮切片を用いた場合、アントシアニン生成が増加する時期が相当早くなっている。植物体から組織片を切出す際の傷害にもなうエチレン生成が、リンゴの場合でも報告されており^{2,5)}、傷害によって生成されるエチレンがアントシアニン生成に影響を与え、その結果、果皮切片の場合にアントシアニン生成の増加が早くなったものと考えられる。従って、果皮切片を用いる実験では、樹上における場合あるいは一個体の果実を用いた場合とアントシアニン生成の生理的過程が異なることを十分に考慮しなければならない。

摘 要

リンゴ果実におけるアントシアニン生成に関する基礎的研究の一環として、早生および中・晩生の着色系の6品種（アーリエスト、紅魁、旭、レッドゴールド、紅玉およびスターキングデリジャス）を用いて、果実の生長とアントシアニン生成との関係について検討を加えた。また、アントシアニン生成に及ぼす実験方法の違い（樹上における果実の場合、果皮切片および採取した一個体の果実を用いた場合の3つの方法）について検討を加え、次のような結果を得た。

(1) リンゴ果実の生長は、実験に供した6品種のすべてにおいて、急速に生長する2つの相をもつ二重S字曲線を示した。種子の生重、乾重のほぼ一定になる時期が、それぞれ果実の生長における第1相、第2相のピークの時期と一致した。

(2) 供試した6品種のすべてにおいて、果実におけるアントシアニンの増加し始める時期は、果実の生長における第1相のピークの時期と一致した。

(3) 採取した一個体の果実を用いた場合アントシアニンの増加する時期は樹上における場合と一致したが、果

皮切片を用いた場合は、樹上における場合と異なり、アントシアニン生成の増加する時期が相当早くなっている。これは、果皮切片を切出すことによる、wounding effect によるものと考えられる。

以上のことから、果実におけるアントシアニン生成は、果実の生長および種子の発育と相互に密接な関係があるものと考えられる。

謝 辞

本研究をすすめるにあたって、本学農学部附属農場余市果樹園主任、三野義雄氏には御助言並びに御協力をいただいた。ここに感謝の意を表します。

引用文献

1. 我妻正雄・田村 勉：リンゴ果実の成熟機構に関する研究，第1報，果実の成熟と種子登熟との関係について，北大農邦文紀，9：127-132. 1973
2. AGATSUMA, M. and TAMURA, T.: Changes in the chemical compositions of apple fruit. I. Ethylene evolution in apple tissue and seed at various stages of maturity, *J. Fac. Agr. Hokkaido Univ.*, 57: 331-339. 1973
3. CHALMERS, D. J., FARAGHER, J. D. and RAFF, J. W.: Changes in anthocyanin synthesis as an index of maturity in red apple varieties, *J. Hort. Sci.*, 48: 387-392. 1973
4. CHALMERS, D. J. and FARAGHER, J. D.: Regulation of anthocyanin synthesis in apple skin. I. Comparison of the effects of cycloheximide, ultraviolet light, wounding and maturity, *Aust. J. Plant Physiol.*, 4: 111-121. 1977
5. CHALMERS, D. J. and FARAGHER, J. D.: Regulation of anthocyanin synthesis in apple skin. II. Involvement of ethylene, *ibid.*, 4: 123-131. 1977
6. HARLEY, C. P.: Seasonal growth and dry matter accumulation in Winesap apples, *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 40: 165-168. 1942
7. 木村甚弥：リンゴ栽培全編，p. 162-261, 養賢堂 1961
8. 黒上泰治：果樹園芸各論(中)，p. 10-38, p. 146-150. 養賢堂 1968
9. LUCKWILL, L. C.: Studies on fruit development in relation to plant hormones. I. Hormone production by the developing apple seed in relation to fruit drop, *J. Hort. Sci.*, 28: 14-24. 1953
10. LUCKWILL, L. C. and WEAVER, P.: Gibberellins and other growth hormones in apple seeds, *ibid.*, 44: 413-424. 1969
11. 中川昌一：果樹園芸原論，p. 236-249, 養賢堂 1978
12. 奥瀬一郎・青木二郎：袋かけの有無とリンゴ，紅玉の果実の発育，成分変化，銹果並びに貯蔵障害発生との関係，弘大農報，10：78-88. 1964
13. 渋谷潤一：リンゴ栽培新書，p. 13-41, 養賢堂 1967
14. 高橋信孝・広瀬和栄・他3名：植物調節物質の園芸的利用，p. 145-164, 誠文堂新光社 1973
15. 菅名 孝：果実の生理，p. 29-91, 養賢堂 1970

Summary

As a series of basic research for the study of anthocyanin formation in apple fruit, we investigated the relation between anthocyanin formation and growth stage of fruit in 6 red apple cultivars (Earliest, Red Astrachan, McIntosh, Redgold, Jonathan and Starking Delicious), and several kinds of experimental methods on anthocyanin formation in which peeled disks, detached whole fruit and fruit growing on the tree were used. The results were summarized as follows:

1. The pattern of fruit growth of all 6 cultivars appeared as a double sigmoid curve in volume, which showed two rapid growth phases, namely 1st and 2nd growth phases. The peak of 1st and 2nd growth phase coincided with the stage in which the seed attained their maximal fresh and dry weight.

2. The stage in which anthocyanin formation of fruit on the tree increased gradually, in the 6 cultivars used, coincided with the peak of 1st growth phase.

3. The stage, in which anthocyanin formation increased in detached whole fruit, coincided with that in the fruit on trees. However, the stage in the peeled disks was earlier than that in fruits on the trees. It seems to be accelerated by the wounding effect of the peeled disks.

Thus, it is suggested that anthocyanin formation in apple fruit is correlated with fruit growth and seed growth.