

# 暖地におけるリンゴの生育特性

(第1報) M7台のゴールデンデリシャス、ふじ、紅玉の生育

水谷 房雄・上甲 勇仁・広田 龍司・門屋 一臣・苫名 孝\*

Growth Characteristics of Apple Trees in Warm Regions of Japan  
1. Growth of 'Golden Delicious', 'Fuji' and 'Jonathan' Apples on M7  
Rootstocks

Fusao MIZUTANI, Yujin JOKO, Ryuji HIROTA, Kazuomi KADOYA  
and Takashi TOMANA\*

## 緒 言

我が国の地形は南北に細長く、栽培される果樹も北部温帯果樹、中部温帯果樹、南部温帯果樹と地域によって特徴がある。特に、北部と南部の主要果樹がそれぞれリンゴとカンキツであることから、それらはリンゴ地帯 (*Apple zone*)、カンキツ地帯 (*Citrus zone*) と呼ばれている (2)。これまで、日本の西南暖地でリンゴの経済栽培が困難な理由として、冬季の高温による休眠打破の不全、夏季の高温障害、高温多雨による枝の徒長とそれに伴う花芽着生の不良、病虫害の多発などが挙げられてきた。

日本の従来のリンゴ栽培は、ほとんどマルバカイドウやミツバカイドウを台木とした大木仕立てが主であり、上記の問題点もこれらの栽培についての観察に基づいている。しかしながら、日本でもリンゴのわい性台木を用いたわい化栽培が次第に普及しつつある (5)。

そこで、本研究では暖地でわい性台木に接いだリンゴがどのような生育特性を示すかを知る目的で、まず準わい性台木であるM7に接いだゴールデンデリシャス、ふじ、紅玉について数年間生育調査を行ってきたのでその結果の一部をここに報告する。なお、結果は主として1982年と1983年のものである。

---

愛媛大学農学部園芸学研究室 (Laboratory of Horticulture)

\* 京都大学農学部果樹園芸学研究室 (Laboratory of Pomology, Kyoto University)

M7に接いだゴールデンデリシャス、ふじ、紅玉の1年生苗を1976年3月16日に、愛媛大学付属農場畑寺果樹園の緩傾斜地にあるイヨカン園の跡地に植えた。樹形はスレンダースピンドルブッシュ形となるように整枝・剪定した。園は草生栽培とし、夏季に数回草刈機で除草した。土壌はイヨカン園の跡地で比較的肥沃だと思われたので、特別に施肥は行わなかった。病虫害の防除として、ほう芽前に石灰イオウ合剤、生育期に殺菌剤（ダイセン、ダイホルタン）、殺虫剤（ダイアジノン、スミチオン、デナボン）を4～5回適宜散布した。

調査項目は、枝の伸長量、開花時期、花粉の発芽率、結実率、果実の肥大、着色、果実内成分の季節的消長、成熟期の果実内エチレン濃度などであり、これらの他に土壌分析と葉分析を行った。

糖は屈折糖度計とガスクロマトグラフで測定した。なお、ガスクロ用試料の調整は次のようにした。すなわち、果汁を遠心分離機にかけ、その上澄み液4 mlにカチオン交換樹脂（アンバーライトCG120）、アニオン交換樹脂（アンバーライトCG400）をそれぞれ500mgずつ入れてかき混ぜ、その上澄み液5  $\mu$ lを1 mlのリアクティブイエルに入れて乾燥後、ピリジン100  $\mu$ l（内部標準として1, 3, 5-トリフェニルベンゼンを1mg/mlの濃度で含む）、HMDS20  $\mu$ l、TMCS10  $\mu$ lを入れて60°Cで30分間反応させてTMS化した。そのうち2  $\mu$ lをガスクロマトグラフ（日立063型、ガラスカラム2m×3mm $\phi$ 、SE30 1.5% Chromosorb WAW DMCS、60～80メッシュ、カラム温度125°C - 265°C、10°C/min昇温、キャリアーガスN<sub>2</sub> 16.7 ml/min、検出器FID）に注入した。

遊離酸は、果汁2.0 mlを用いて、0.1 N KOHで中和滴定後リンゴ酸当量に換算した。

デンプン含量はCarterとNeubert（1954）の方法で測定した。

エチレンは果実を水中に沈め、減圧法で果実内のガスを採取し、その1 mlをガスクロマトグラフ（ガラスカラム2m×3mm $\phi$ 、活性アルミナ、検出器FID）に注入して測定した。

Nはケルダール法、Pはモリブデン青による比色法、他の無機成分はすべて原子吸光法で測定した。

なお、調査と実験の詳細については必要に応じて結果のところで述べる。

## 結 果

1983年2月22日に、園の5か所から0～20cmの深さの土壌を採取して分析した結果が第1表である。福島県果樹試験場における草生管理の土壌の分析データ（4）と比べると、K、Caの含量がやや低い値を示している。

Table 1.  
Soil pH and chemical compositions in the apple orchard (Feb. 22, 1983)

pH		N (mg/100g)	available* P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg/100g)	exchangeable cations			
KCl	H <sub>2</sub> O			K (me/100g)	Ca (me/100g)	Mg (me/100g)	Mn (ppm)
6.00	6.25	166.1	160.6 (262.6)**	0.64	5.39	2.65	43.1

\* 2.5% acetic acid soluble phosphate.

\*\* Measured by the Truog method.

第1図に、1982年の6月から10月の間に枝の先端から数えて第10節位から第13節位の葉を採取し、葉分析した結果を示す。秋田県果樹試験場で行われたM26台のふじについての葉分析のデータ(3)と比較すると、いずれの品種もややCa含量が低い値を示した。その他の無機成分については、ほぼ適正值に近い値を示している。

1983年に、1樹当たり10花そうずつラベルをつけて、2樹について開花時期を調査した結果が第2図である。最も早く開花を始めたのがふじであり、ゴールデンデリシャスと紅玉はほぼ同じ時期に開花し始めた。3品種のうち、最も遅くまで開花期が続いたのは紅玉であった。ラベルをつけていない花そうでも紅玉は、かなり遅くまで開花が続くのが観察された。

花粉の稔性は、開花当日に開薬したばかりの薬をピンセットで取り、培地(しょ糖15%、寒天1%)に花粉を振り落として、25℃で4時間培養後、コトンプルーで固定染色して検鏡し発芽率を求めたものである(第2表)。どの品種も90%以上の発芽率を示し、最も高いのは紅玉

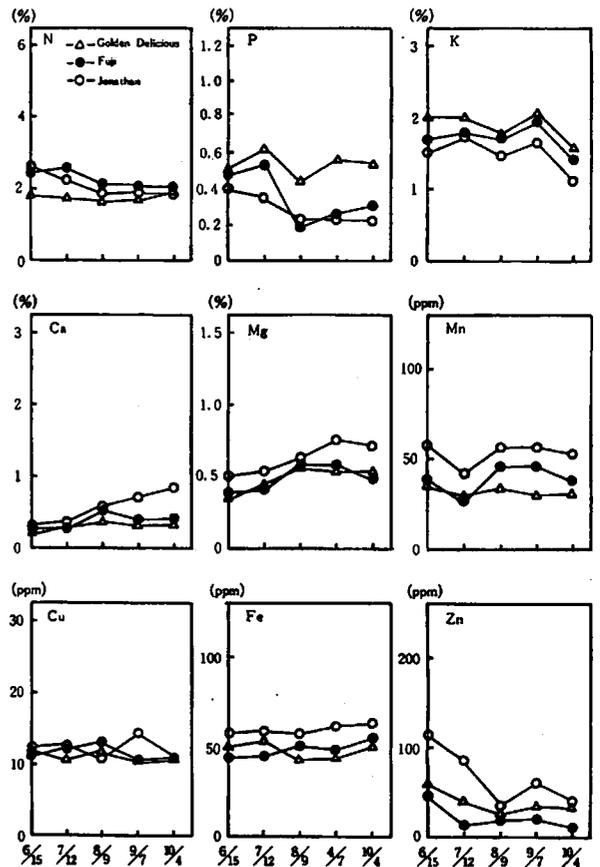


Fig. 1. Leaf analysis of three apple cultivars on M7 rootstocks (1982).

の97.5%であった。人工授粉を行わず、自然放任での結実率を調査したところ、約32~55%の結実率であった(第2表)。3品種の中では、ふじがやや高い結実率を示した。また、蕾の時に花そうに袋掛けをし、自家結実性を調査したところ、紅玉は1.45%(138花のうち2果結実)の結実率を示したが、ふじ(99花)、ゴールドデンデリシャス(98花)はいずれも全く結実しなかった。

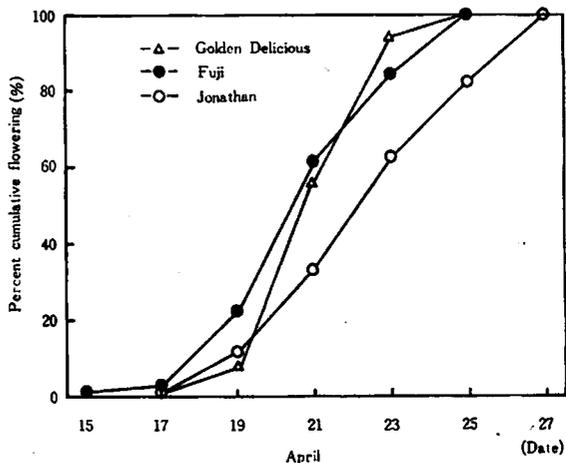


Fig. 2. Cumulative flowering percentage of three apple cultivars on M7 rootstocks (1983).

Table 2.  
Pollen germination and fruit set of 3 apple cultivars on M7 rootstocks.

Cultivars	Pollen germination (%)	Fruit Set <sup>2</sup> (%)	
	(1982)	(1982)	(1983)
Golden Delicious	90.5	44.6	31.7
Fuji	96.0	48.0	54.8
Jonathan	97.5	42.5	36.5

Z: Fruit set resulted from open pollination was estimated in late May, 1982 and 1983.

1982年の冬に、その年に伸長した枝の長さを測定し、枝の長さによって分類して、枝の数、総伸長量の割合の度数分布を示したのが第3、4図である。各品種とも2本ずつ調査した。0~5cmまでの短い枝が最も多かったのは、ゴールドデンデリシャスで、全枝数の約70%を占めていたが、ふじ、紅玉では約50~60%であった。

いっぽう、80.5cm以上の長い枝については、ゴールドデンデリシャスでは2樹ともみられなかったが、ふじと紅玉ではみられ、とくにふじではそれらが総伸長量の約15~20%を占めていた。

1983年に、1樹につき10本ずつラベルをつけて、頂端枝の伸長量を経時的に測定した結果が第5図である。ふじのNo.1とNo.2樹で枝の伸び方に大きな違いがみられるが、No.2樹で伸長量が小さかったのは、着果負担によるか、その樹が植わっている局所的土壌条件によるのかも知れない。測定に用いなかった樹の生長の観察も含めて、総合的に判断すると、枝の伸び方がゴールドデンデリシャ

スでは弱く、逆にふじと紅玉では強いように思われた。

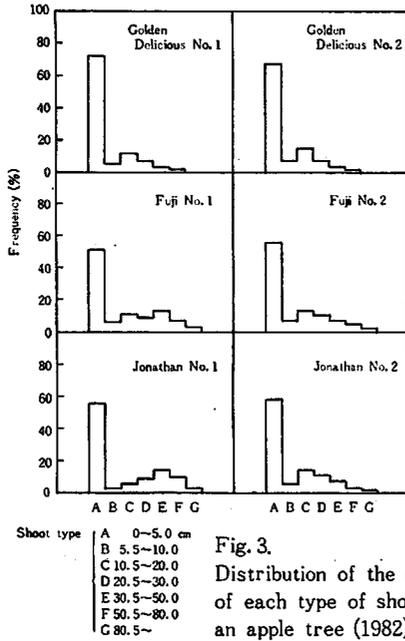


Fig. 3. Distribution of the number of each type of shoots within an apple tree (1982).

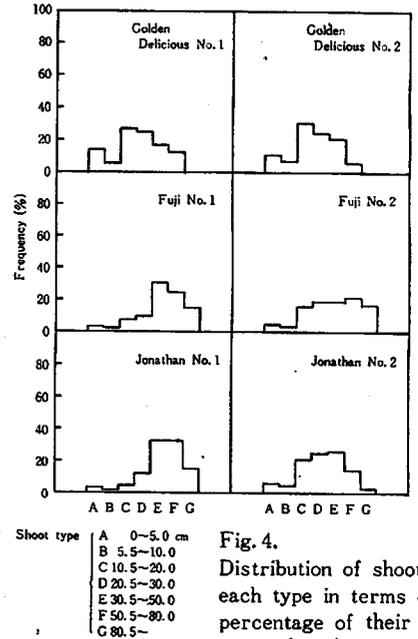


Fig. 4. Distribution of shoots of each type in terms of the percentage of their total length (1982).

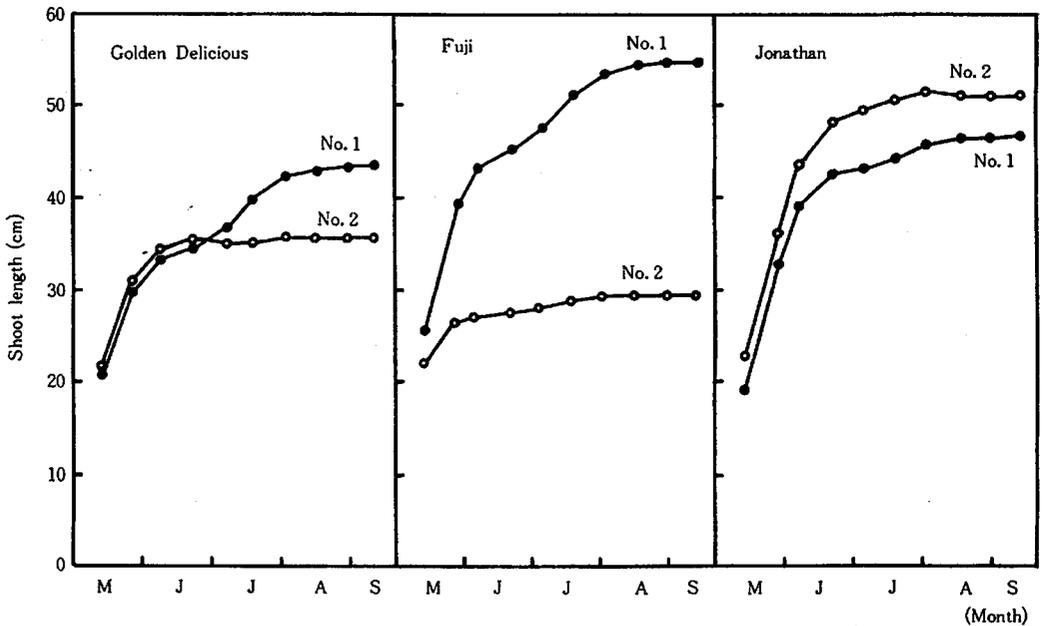


Fig. 5. Terminal shoot growth of three apple cultivars M7 rootstocks (1983). (Ten terminal shoots were tagged and measured at intervals.)

1982年の果実の肥大曲線を第6, 7図に示す。縦径の肥大ではゴールデンデリシャスとふじが大きく; 紅玉が最も小さかった。横径の肥大はゴールデンデリシャス>ふじ>紅玉の順に大きかった。

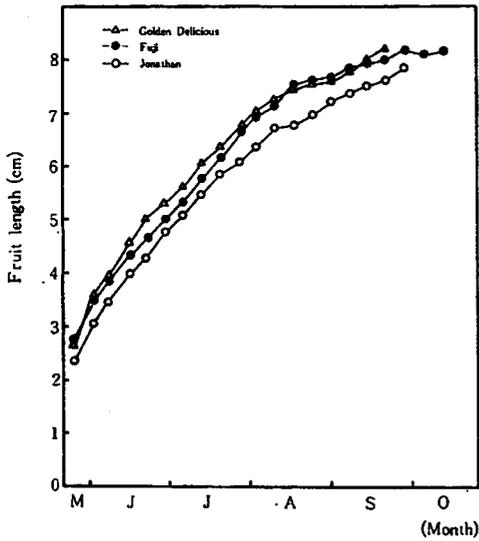


Fig. 6. Seasonal changes in fruit length of three apple cultivars on M7 rootstocks (1982).

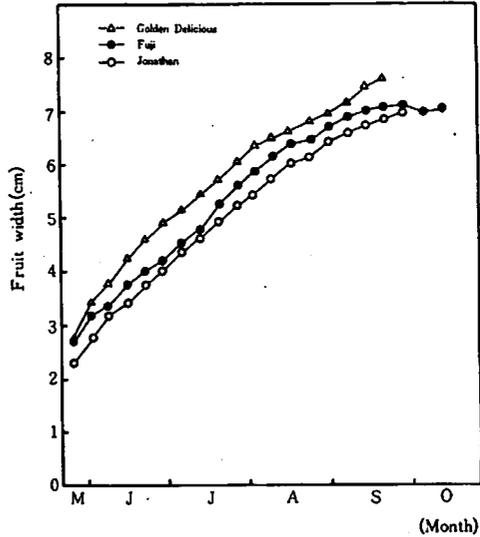


Fig. 7. Seasonal changes in fruit width of three apple cultivars on M7 rootstocks (1982).

屈折糖度計示度による糖度は第8図に示す通りである。いずれの品種も8月中旬ころから糖含量が急に上昇し始め、最終的には17~18度に達した。滴定酸含量は第9図に示す。ふじとゴールデンデリシャスに比べて、紅玉の遊離酸含量は生育の全期間を通じて高かった。

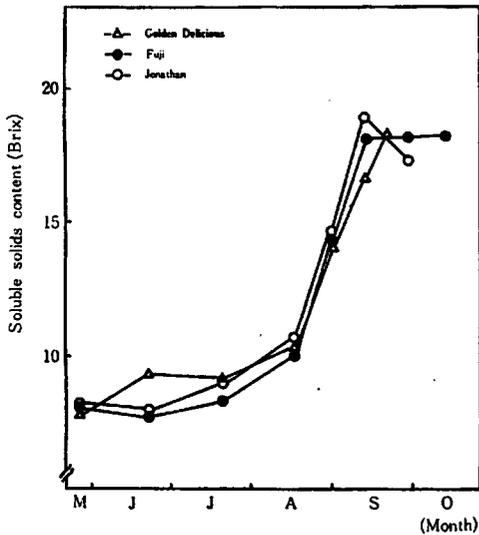


Fig. 8. Seasonal changes in the soluble solids content of apple fruit (1982).

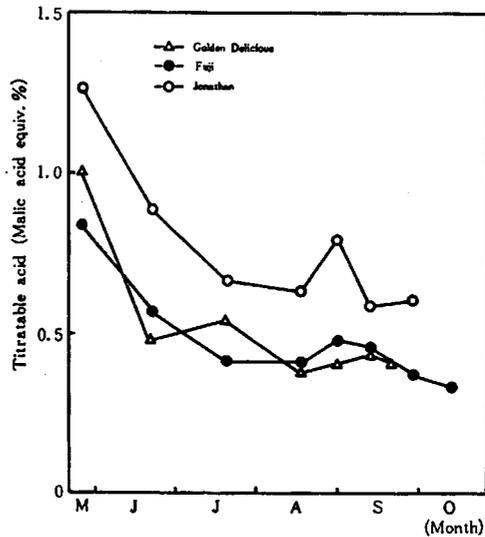


Fig. 9. Seasonal changes in the titratable acid content of apple fruit (1982).

ガスクロマトグラフによる糖の分別定量の結果が第10図である。収穫期には品種によって糖の組成に若干の違いがみられ、果糖ではゴールデンデリシャスが高く、ブドウ糖ではふじが高く、しょ糖では紅玉、ゴールデンデリシャスが高かった。糖アルコールのソルビトールでは、ゴールデンデリシャスとふじが高い傾向を示した。

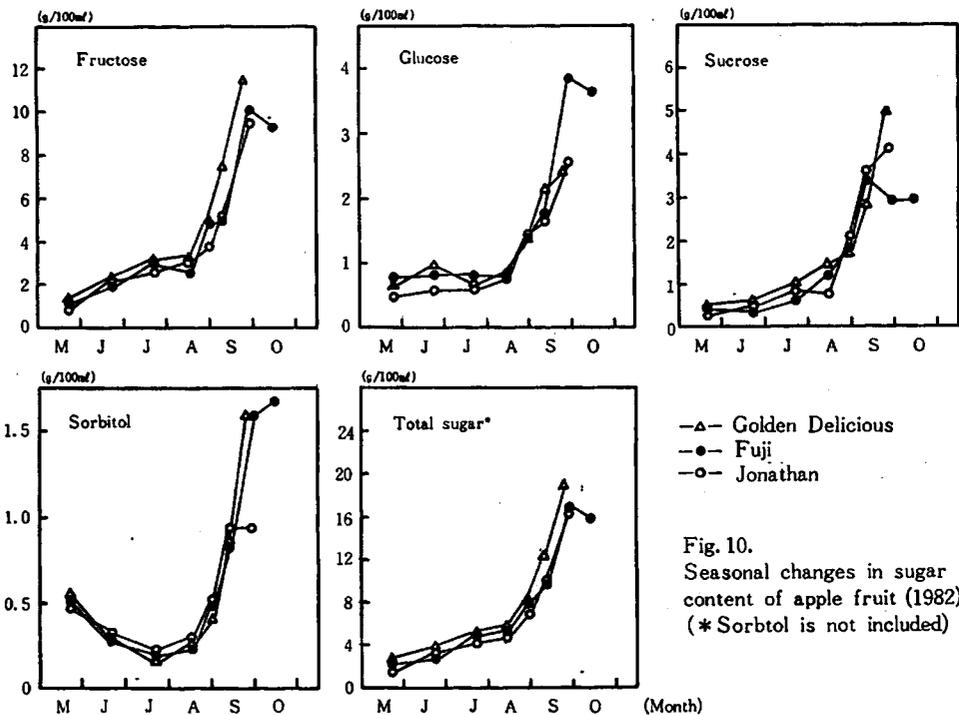


Fig. 10. Seasonal changes in sugar content of apple fruit (1982). (\* Sorbitol is not included)

デンプン含量は6月～8月にかけて、ふじと紅玉に比べてゴールデンデリシャスで低いのが特徴的であった。いずれの品種も8月中旬から急激にデンプン含量が減少し始め、収穫期には約0.7～0.8%になった(第11図)。

1982年に紅玉とふじについて、無袋のもの、8月23日まで有袋でその後二重袋の外側を外して内側の赤色の袋だけにしたもの、有袋の果実の果皮の着色度を9月23日に測定した結果が第12図である。アントシアニン含量は、果皮を内径1 cmのコルクボーラーで1枚打ち

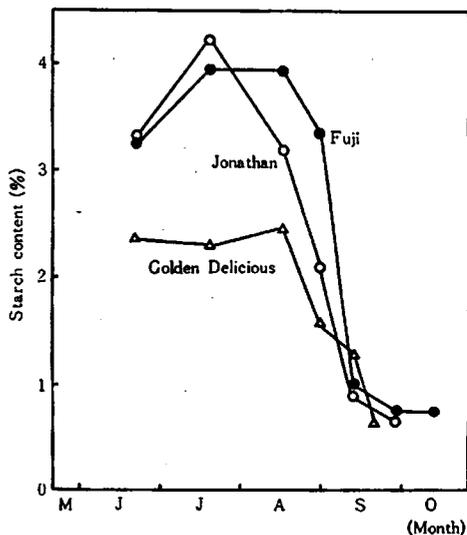


Fig. 11. Seasonal change in the starch content of apple fruit (1982).

抜き、1% HClメタノール5ml で抽出した液を波長530 nm で吸光度を測定して求めた。

無袋でも、除袋した果実でも、ふじは紅玉に比べて着色が悪かった。同様に、9月13日に二重袋の全部を取り外して、その後の着色の進行具合をみたのが第13図であるが、この場合にも、ふじの方が紅玉よりも着色が劣った。

1983年の7月下旬から収穫期にかけて、果実内のエチレン濃度を測定した結果が第14図である。紅玉は他の2品種に比べて8月段階ですでにエチレン濃度が高く、8月の終わりから9月上旬にかけて著しい濃度の上昇がみられた。ゴールドデリシヤスは、9月上旬まで濃度が最も低かったが、それ以降急激に上昇した。いっぽう、ふじは7月下旬から10月中旬まで濃度がゆるやかに上昇した。

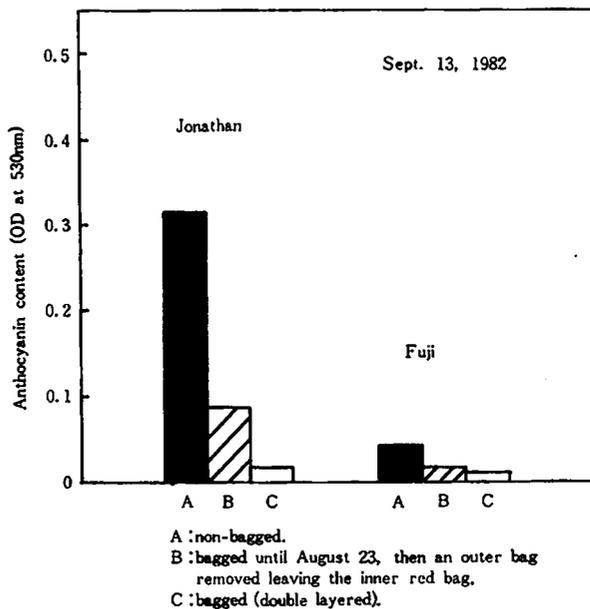


Fig. 12. Effect of the removal of bag on the skin coloration of 'Jonathan' and 'Fuji' apples.

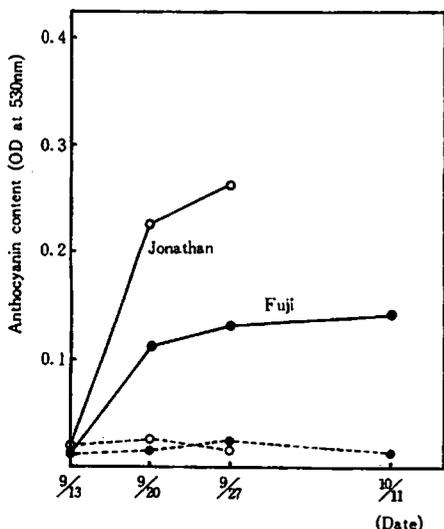


Fig. 13. Anthocyanin formation in the skin of apple fruit after the removal of bag (1982). (Dotted lines represent the bagged controls.)

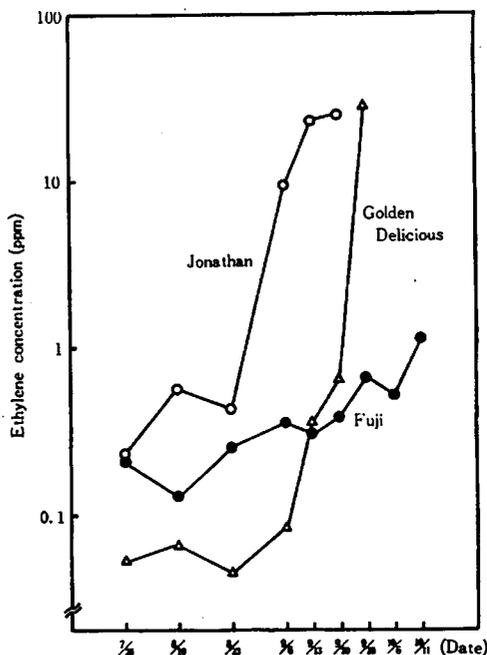


Fig. 14. Internal ethylene concentrations of apple fruit during maturation (1983).

## 考 察

日本のリンゴ栽培はこれまでいわゆるリンゴ地帯 (Apple zone) と呼ばれる地域でのみ、経済栽培がなされてきた。過去に、西南暖地でもリンゴ栽培が試みられたことがあるが成功せず、大きな産地が形成されることはなかった。種々の原因が考えられるが、その一つに、暖地では枝が徒長し過ぎて花芽が着きにくいという点があげられる。他には、栽培技術の不慣れ、病虫害の多発、冬季の低温不足によるほう芽不全、夏季の高温障害などが考えられる。

近年、リンゴでは日本でもわい性台木を利用したわい化栽培が普及してきた。そこで、これらのわい性台木を日本の西南暖地でのリンゴ栽培に用いると、枝の徒長や花芽の着生不全は解決できるのではないかと思われる。

本研究では、準わい性台木のM7を用いたが、枝の伸び方でみると、ゴールデンデリシャスでは本台木で枝が徒長気味になるということとはなかった。しかしながら、ふじや紅玉では徒長気味の枝が多くみられたので、もう少しわい化度の強い台木を用いる方がよいと思われた。3品種の開花時期は、紅玉が少し遅くまで開花が続く他は、ほぼ同時期であり、自然放任でも約32~55%の結実率を示すので、人工授粉をしてやれば更に結実率を高めることができるであろう。インドネシアのリンゴ栽培で、リンゴに自家結実性がみられるという報告があるが(6, 8)、本研究では、3品種ともほとんど自家結実性を示さなかった。

果実の肥大生長は寒地産のものに比べてやや劣るように思われたが、これは夏季の温度が生長適温よりも高過ぎるためかも知れない。糖度はいずれの品種も最終的には、17~18度に達したが、収穫適期でも15~16度くらいにはなるとされる。この点に関して、苫名(6)はリンゴ果実の糖含量は果実温が高くなるほど多くなり、また、高果実温では全糖に占める還元糖含量の割合が多くなり、低果実温ではショ糖含量の占める割合が多くなることを指摘している。また、同氏(7)は福岡、岡山、京都、大阪、長野、北海道産のM7台のゴールデンデリシャス、紅玉、ふじ果実の糖組成を比較しているが、本研究の結果もそれらのうちの暖地産果実の糖組成とほぼ同様な傾向を示し、全糖に占めるショ糖含量は低かった。

着色品種である紅玉、ふじは除袋しない限り全く着色せず、除袋後の着色の進行はふじに比べ紅玉の方が良かった。ふじは見た目にも寒地産の果実に比べて着色が悪く、このような着色しにくい品種の暖地での経済栽培は一考を要すると思われる。宇都宮(9)は紅玉とふじについて、果実温度が果皮の着色に及ぼす効果を調査して、ふじは紅玉に比べて着色が劣ること、両品種とも高温では果皮のアントシアニン含量が低くなることを報告している。

玉揃いに関しては、具体的なデータはあげていないが、ゴールデンデリシャスが最も良く、ふじが最も悪いようであった。

紅玉とゴールデンデリシャスでは、成熟期に果実内のエチレン濃度が急激に上昇したが、ふじでは緩やかに上昇した。これらの特性は果実の日持ち性に関係すると思われる。すなわち、紅玉やゴールデンデリシャスはふじに比べて収穫後の日持ちが悪い。したがって、これらの果実の収穫は果実内のエチレン濃度が急上昇する前に行うのが望ましいと思われる。また、収穫が遅くなるとボケ果となってしまう危険もある。更に、エチレン濃度が急激に上昇する時期に一致して、紅玉やゴールデンデリシャスでは収穫前落果が多く見られた。

その他、具体的な調査はしなかったが、観察中に気付いた点を挙げると、7月上旬ころからカミキリムシの発生が見られ、枝のあちこちに産卵すること、紅玉では袋掛けをしても陽光面の果皮に日焼け障害が生じやすいこと、袋掛けした果実にも吸蛾の害が見られること、ゴールデンデリシャスではサビ果が多く発生することなどがある。これらの問題は今後解決されるべきであるが、更にこれら3品種以外について、あるいはM7台以外の台木について暖地での栽培適性を検討するとともに、施肥を中心とした肥培管理などの検討も併せて行う必要があると思われる。

## 摘 要

M7台のゴールデンデリシャス、ふじ、紅玉について、暖地（愛媛県松山市）での生育特性を調査した。

1. 枝の伸長では、ゴールデンデリシャスで徒長枝があまりなかったに対し、ふじと紅玉では多く見られた。
2. 3品種とも花粉の発芽率は90%以上を示したが、自家結実性はほとんどなかった。自然放任による結実率は約32～55%であった。
3. 葉分析の結果、3品種ともCa含量が標準値よりやや低かったが、他の無機成分はほぼ適正値に近い値であった。
4. 果実の糖度は17～18度に達した。滴定酸含量は、全期間を通じて紅玉が他の2品種に比べ高かった。どの品種とも、8月中旬以降急激にデンプン含量が減少したが、6月～8月中旬までは、ゴールデンデリシャスのデンプン含量が他より低かった。
5. 除袋しない限り、ふじも紅玉も着色せず、除袋後はふじに比べて紅玉の方が着色が良かった。成熟期に紅玉とゴールデンデリシャスの果実内エチレン濃度が急上昇するのに対し、ふじの果実内エチレン濃度の上昇はゆるやかであった。

以上の結果から、本地域でのリング栽培にあたって、M7台はゴールデンデリシャスには適していると思われるが、ふじや紅玉についてはもう少し徒長枝を抑えることのできるわい性台木の選択が必要と思われる。

## 引用文献

- 1) CARTER G. H. and A. M. NEUBERT (1954) Plant starch analysis. Rapid determination of starch in apples. Agr. Food Chem. 2: 1070-1072.
- 2) 小林 章 (1967) 果樹栽培大要 汎論 養賢堂, 東京, P. 31 - 33.
- 3) 松井 巖 (1982) リンゴの養分吸収の特徴. 農業技術大系 果樹編 リンゴ, 農山漁村文化協会, 東京, P. 139 - 141.
- 4) 佐藤雄夫 (1982) 土壌管理と施肥. 農業技術大系 果樹編 リンゴ, 農山漁村文化協会, 東京, P. 129 - 133.
- 5) 津川 力 (1981) 実践・リンゴのわい化栽培 青森県編. 青森県農業改良普及会.
- 6) 苫名 孝 (1983) リンゴ研究ノート 1. 農業及び園芸 58: 651 - 655.
- 7) 苫名 孝 (1983) リンゴ研究ノート 2. 農業及び園芸 58: 777 - 782.
- 8) 湯田英二 宇都宮直樹 久保田尚浩 (1981) インドネシアにおけるリンゴ栽培. 園学要旨 昭56秋 154 - 155.
- 9) 宇都宮直樹 (1981) 樹上果実の成熟と温度環境に関する研究 - 特に果実温度の影響について -. 京都大学学位論文.

## Summary

Growth characteristics of 'Golden Delicious', 'Fuji', and 'Jonathan' apple trees on M7 rootstocks were investigated in warm regions (Matsuyama, Ehime Prefecture) of Japan.

Few water sprouts were formed in 'Golden Delicious' trees but many formed in 'Fuji' and 'Jonathan'. Germination percentages of pollen grains were more than 90% in all cultivars, although they showed self-incompatibility. Open pollination resulted in the fruit set of about 32~55%. Calcium content in the leaves was lower compared with the recommended standard levels for apples, whereas the other elements were within the extent of their recommended levels. Total soluble solids content reached 17~18° Brix at maturity. Titratable acid content of 'Jonathan' was consistently higher than that of 'Golden Delicious' and 'Fuji' during the growing periods.

A rapid decrease in starch content occurred in the middle of August in all cultivars. The starch content in 'Golden Delicious' was lower than 'Fuji' and 'Jonathan' from June to early August. After the removal of bag, coloration occurred in the skin of 'Jonathan' and 'Fuji'. The anthocyanin formation was poorer in the skin of 'Fuji' than 'Jonathan'.

The internal ethylene concentration increased rapidly in the fruits of 'Golden Delicious' and 'Jonathan' but gradually in those of 'Fuji' during maturation.

In conclusion, M7 rootstocks can be recommended for 'Golden Delicious' but more dwarfing rootstocks should be used for 'Fuji' and 'Jonathan' in warm regions of Japan.