

# 短果枝の発生部位別構成割合がリンゴ樹の栄養および生殖生長に及ぼす影響

浅田武典

弘前大学農学生命科学部 036-8561 青森県弘前市文京町

## Effect of the Proportion of Terminal and Lateral Spurs on Vegetative and Reproductive Growth of Apple Trees

Takenori Asada

Faculty of Agriculture and Life Science, Hirosaki University, Hirosaki, Aomori 036-8561

### Summary

The influence of the proportion of terminal spurs originating mainly from short 2-year-old woods and lateral spurs originating from lateral buds of long 2-year-old woods to total 1-year-old woods on the vegetative and reproductive growth of 'Fuji' and 'Orin' apple trees (*Malus domestica* Borkh), was investigated. The ratio of terminal spurs to the total 1-year-old woods varied from 1.4 to 62.8%, whereas that of lateral spurs ranged from 22.4 to 85.2%. In 'Fuji' trees, with the open center (OC) system, the proportion of terminal spurs was 24.7% and that of lateral spurs was 56.9%; in the central leader (CL) type, it was 24.6 and 56.7%. In 'Orin', however, the proportion was 30.2 and 46.5% for terminal spurs and lateral spurs, respectively. Hence, the proportion of terminal spurs was inversely related to that of lateral spurs in both varieties and training systems. The ratio of these two kinds of spurs, characterizes the vegetative and reproductive growth of lateral branches, indicating that on branches with a higher percentage of lateral spurs, there are more shoots per 1-year-old wood. There was a negative relationship between the percentage of flower bearing 1-year-old woods and the percentage of terminal spurs in 'Fuji'-CL ( $R^2=0.58$ ). The percentage of terminal spurs and fruit set of lateral spurs accounted significantly for the variation in number of fruit per leaf area. These results suggest that the ratio of lateral to terminal spurs can be utilized as an indicator to control the vegetative and reproductive growth.

**Key Words:** apple, flower formation, lateral spur, terminal spur, vegetative growth.

### 緒言

リンゴ樹の形態形成に関する研究は、新品種育成のための指標 (Lauri ら, 1995; Lauri ら, 1997), 連年結果性品種の生長特性 (Lauri ら, 1997), 色々なタイプの新梢と果実発育の関係 (Lauri・Kelner, 2001), 樹形・葉群構造の解析 (山本・伊藤, 1996), 果実の生産効率 (Asada, 1999) など多面的に行われており, 研究者が広く共用できるデータとするための体系的符号化の試みもなされている (Costes ら, 1997). また, 剪定技術の科学的解明においても枝の形態形成面からの究明が必須である (Porter・Llewellyn, 1984). 枝の発生部位別構成割合は, 剪定によって変化する最も基本的な性質であり, リンゴ樹におけるその仕組みを明らかにすることにより, 剪定技術の理解に役立つものと考えられる. 著者は前報 (Asada, 1999) において, 頂生の短果枝 (以下, スパーという) の全1年枝に占める割合が葉面積当たり果数に関係していること

を報告した. 本研究では, スパーの発生部位別構成割合に注目し, リンゴ樹の栄養生長と結実にどのように関係しているかをさらに詳細に検討した. その結果, 1年枝の大部分が頂生とえき生の発生部位の異なる2種類のスパーで構成されており, それらの全体に占める比率によりリンゴ樹の栄養及び生殖生長が連続的, かつ特徴的な変化を示すことが明らかになったため報告する.

### 材料および方法

弘前大学農学生命科学部附属生物共生教育研究センター藤崎農場に植栽されている16年生開心形 '王林' 12樹から選抜した31本のなり枝 (生枝下直径が約5 cm以下の太さで, 骨格を形成する枝でなく更新の対象となる枝) について2001年に, 津軽地域の慣行栽培園5園から選定した約20年生開心形 'ふじ' 5樹 (全数調査で, なり枝数163) と10a当たり125本植えのマルバカイドウ付き M.26 台主幹形園7園から選んだ各園2樹の約10年生 'ふじ' 計14樹について1983年に調査した資料をもとに解析した. 開心形樹は, 両品種とも台木がマルバカイドウ

2003年1月14日 受付. 2003年5月8日 受理.

(*Malus prunifolia* Borkh. var. *ringo* Asami), 栽植密度が 10 a 当たり 18 本植えてであった。‘王林’樹は、地域で剪定指導を行っている生産者 6 名が剪定した樹で、栄養生長の強さの違いを幅広く含むようなり枝を選定した。‘ふじ’の両樹形樹は、該当する地域の農協より品質、収量とも優良と推薦された園地の中央部の代表的な樹姿を有するものであった。主幹形‘ふじ’樹は、栄養生長の強さが異なると推察される上・中・下の 3 部位に分け、各部位毎に測定値をまとめた(全部位数 42)。供試した‘王林’および‘ふじ’の開心形と主幹形樹のなり枝は、頂端新梢長(平均±SD)がそれぞれ  $11.1 \pm 8.9$ ,  $15.1 \pm 5.5$ ,  $10.3 \pm 3.1$  cm であった。調査は 8 月から 9 月にかけて新梢伸長が停止した時点で行い、当年生長した枝を新梢、前年および前前年生長した枝をそれぞれ 1 年枝、2 年枝とした。1 年枝は、その頂芽に果実を着生するので、短、中、長の結果枝に該当する。1 年枝の分類は、1 年枝と 2 年枝の長さ(短、中、長)の組合せおよび頂生とえき生の違いに基づき 18 種類とした。短、中および長の枝長はそれぞれ 0.5~5 cm, 5.1~10 cm, および 10.1 cm 以上とした。なお、「短」に該当する 1 年枝をとくにスパークと呼ぶことにした。1 年枝の頂芽については果台と果実の有無および新梢長を、えき芽についてはえき生花そう葉の有無と新梢数および長さを調査した。それらの調査は、枝の先端から基部に向かってなり枝の枝齢と垂直軸に対する発出角度を記録しながら、1 樹あるいはなり枝全ての 1 年枝について行った。葉面積は、新梢葉と花そう葉に分け、新梢葉は新梢長と新梢上の葉面積の回帰式を各園について求め、その式を用いて総新梢長から、また花そう葉は頂生花そうとえき生花そうのそれぞれの 1 花そう当たり平均葉面積を求め、各花そう数を乗じて算出した。

## 結果および考察

### 1. 1 年枝の長さおよび発生部位別構成割合と果実生産を担う 1 年枝

1, 2 年枝の長さおよび発生部位により 1 年枝を 18 種類に分類し、それぞれの 1 年枝のなり枝における構成割合について検討した。最も大きな割合を占める 1 年枝はスパークであり、‘ふじ’で約 82%, ‘王林’で 77% を占めた。リンゴ樹では、スパークは頂生とえき生の 2 種類で構成される(Asada, 1999)。「頂生スパーク」は、前年枝の頂芽に形成されるスパークで、比較的短い前年枝に形成されることが多い。一方、「えき生スパーク」は前年枝のえき芽に形成されるスパークで、通常は比較的長い前年枝に大部分が形成される。両スパークの 1 年枝に占める割合は、なり枝によって大きく変異し、頂生スパークの場合、最低 1.5%(開心形‘ふじ’)から最高 62.8%(開心形‘王林’)まで、またえき生スパークの場合、同 22.4%(開心形‘ふじ’)から 85.2%(主幹形‘ふじ’)まで認められた(第 3 図)。頂生スパーク(第 1 図の tS/L+tS/M+tS/S)が 1 年枝に占める割合の平均値は、‘ふじ’ 25%, ‘王林’ 30% であった。同様に、えき生スパーク(第 1 図の aS/L+aS/M+aS/S)の割合は、‘ふじ’ 57%, ‘王林’ 47% を占めた。また、10 cm 以上の長い 1 年枝は 1 割弱を占め、5~10 cm の中果枝は‘ふじ’で 5% 以下、‘王林’で 7% と少なかった。頂生とえき生スパークの比率を品種で比較すると、‘王林’は‘ふじ’に比べ、えき生が少なく頂生が多かった(1% 水準で有意)。しかし、‘ふじ’では樹形による違いはなかった。以上の結果、品種間で比率に違いはあるが、2 種類のスパークが 1 年枝の主要な構成要素であることは、リンゴの成木樹に共通する性質であることが認められた。

果実生産の役割を担う主な 1 年枝を明らかにするために、前述の 18 種類に分けた 1 年枝について着果している

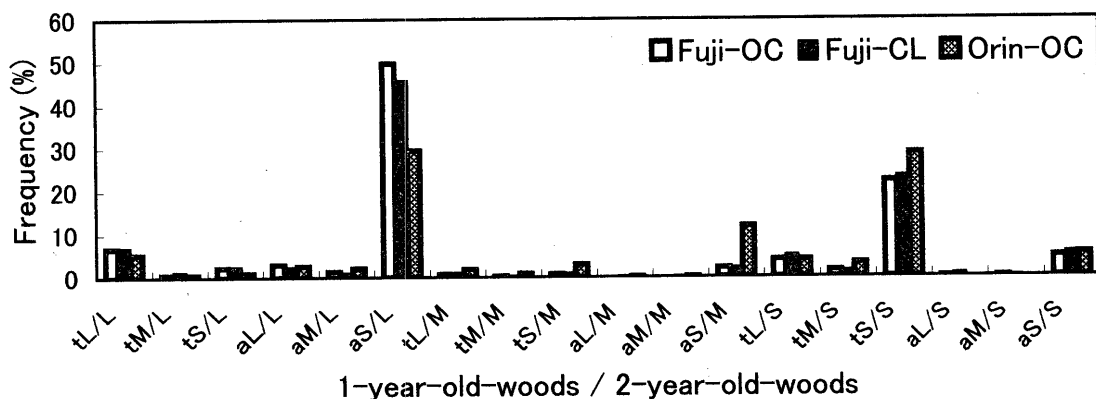


Fig. 1. Frequency distribution of various types of 1-year-old woods after dormant pruning in ‘Fuji’ and ‘Orin’ apple trees trained as an open center (OC) and a central leader (CL). Small letters, t and a mean terminal and lateral positions on 2-year-old woods. Capital letters, L, M and S represent long (10 cm<), mid sized (5.1–10 cm) and short (5 cm ≥) 1 and 2-year-old woods, respectively. aS/L = lateral spurs on long 2-year-old woods; tS/S = terminal spurs on short 2-year-old woods.

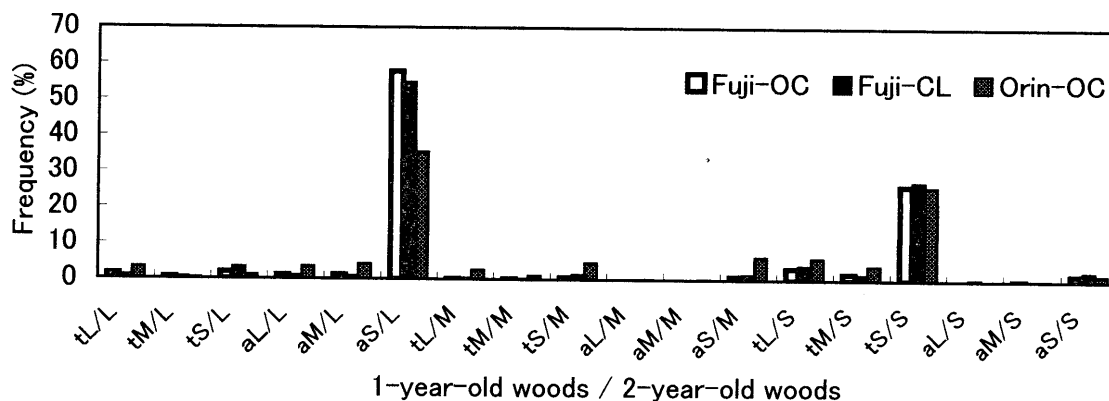


Fig. 2. Frequency distribution of various types of bearing 1-year-old woods in 'Fuji' and 'Orin' apple trees trained as an open center (OC) and a central leader (CL). The footnotes in Fig. 1 are applied to this figure.

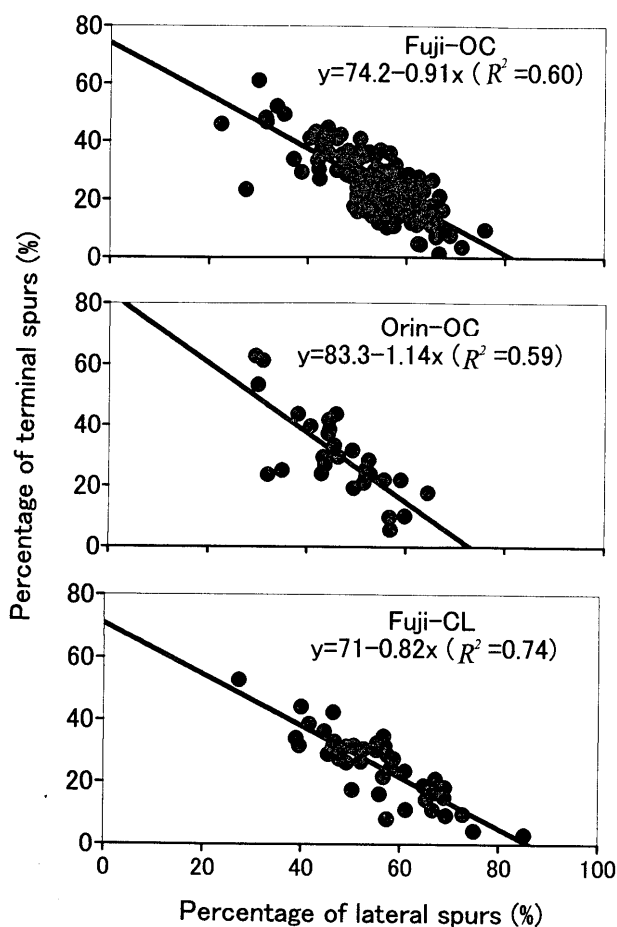


Fig. 3. Relationships between percentage of terminal and lateral spurs in 'Fuji' and 'Orin' apple trees trained as an open center (OC) and a central leader (CL). Each point represents a lateral branch.

枝の全着果数に占める割合を比較した(第2図). 果実を着生したスパーは, 両樹形の 'ふじ' で 89%, '王林' で 77% を占め, 本調査樹における果実生産を担う主要な 1 年枝がスパーであった. 2 種類のスパーを比較すると, えき生スパーが 'ふじ' で 57~59%, '王林' で 44% と高く, 頂生スパーが 'ふじ' で 30~32%, '王林' で 33% と低かった. その他果実を生産する枝は, 前述の 1 年枝の分布割合とほ

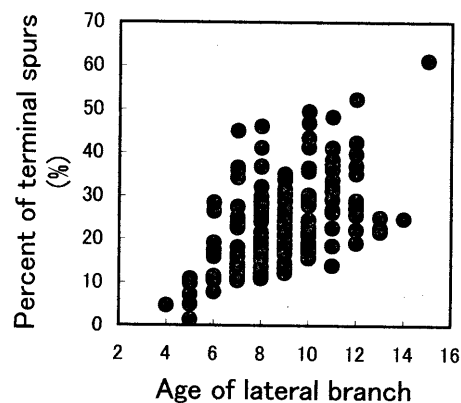


Fig. 4. Relationship between percentage of terminal spur and age of lateral branch in open center 'Fuji' trees.

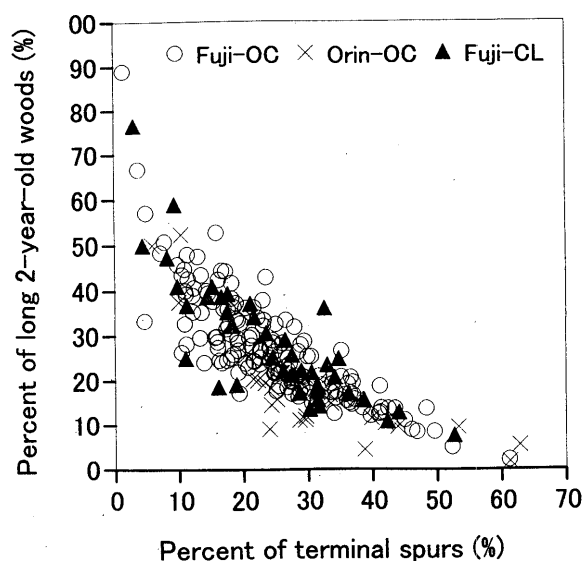
ぼ同じであり, 全調査樹で長果枝が 6.7~13.5%, 中果枝が 3.3~9.6% といずれも少なかった. 以上のように, 1 年枝の剪定後の長さ別構成割合はスパーが大部分を占め, 全果実の 80~90% をスパーが生産すること, 平均するとえき生が頂生より多くを占めることが認められた. この構造は, 樹齢および品種によりいくらか変化するが, 成木樹に共通する性質と考えられる.

## 2. 2 種類のスパーの構成割合と相互関係

リンゴ樹のスパーが頂生とえき生の 2 種類で構成されるため, 1 年枝に占める全スパーの比率が高ければ, 両スパーの 1 年枝に占める比率は反比例関係になる. そのことを確認するために, 両スパーの比率における相互関係を検討した結果, 第 3 図に示したように, 開心形 'ふじ' と '王林', さらに主幹形 'ふじ' のいずれにおいても, 両スパー率は密接な負の相関関係にあることを認めた. 頂生とえき生スパーの比率が, 樹や枝の年齢とともに一定の割合で変化するのであれば, 人為的な操作が関与できる余地はない. リンゴ 'ふじ' の短果枝率が 17 年生に達するまで樹齢とともに増加することが報告されている (塩崎・菊池, 1988). そこで, 開心形 'ふじ' の頂生スパー率と枝齢の関係を検討した (第 4 図). その結果, 6 年生までの若枝では, 頂生スパー率が低く, 樹齢が進むほど頂生スパー率が高くなる傾向が認められた. しかし, 全体とし

**Table 1.** Coefficients of determination ( $R^2$ ) in relationships between percentage of terminal spurs and percentage of long 1- and 2-year-old woods and shoot number per terminal 1-year-old wood in 'Fuji' and 'Orin' apple trees trained as an open center (OC) and a central leader (CL). Relationships were represented as a logarithm function.

|         | % long 2-year-old wood | % long 1-year-old wood | Shoot no. per terminal 1-year-old wood |
|---------|------------------------|------------------------|----------------------------------------|
| Fuji-OC | 0.76                   | 0.44                   | 0.63                                   |
| Orin-OC | 0.81                   | 0.68                   | 0.81                                   |
| Fuji-CL | 0.76                   | 0.13                   | 0.57                                   |



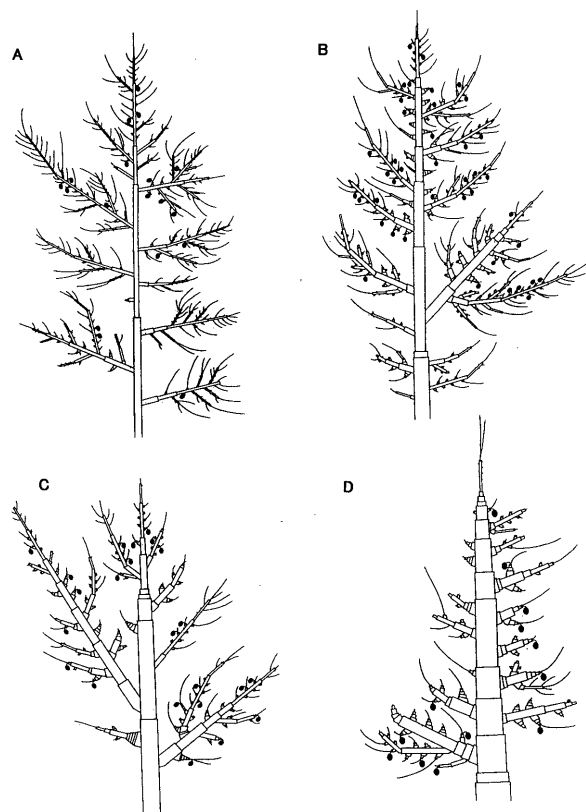
**Fig. 5.** Relationship between percentage of terminal spurs and long 2-year-old woods on lateral branches of 'Fuji' and 'Orin' apple trees trained to an open center (OC) and a central leader (CL).

では、同じ齢でも両スパーの比率に大きな変異があり、剪定などにより人為的に操作できる性質であることが認められた。

### 3. なり枝における頂生スパーの構成割合と栄養生長および外部形態の関係

両スパー率は、互いに反比例する関係にあり、かつ変化する幅も 0~80% と大きいため、なり枝の性質も各スパー率の変化によって大きく異なると考えられる。そこで、頂生スパー率となり枝の栄養生長との関係について検討した。

頂生スパー率と 10 cm より長い 1, 2 年枝の割合および頂生 1 年枝当たり発生新梢数との関係を示したのが第 1 表である。主幹形 'ふじ' の長い 1 年枝率を除き、いずれの関係も、0.5 に近いかそれ以上の決定係数が得られ、頂生スパー率が減少するにつれて、長い 1, 2 年枝の割合および頂生 1 年枝上の発生新梢数が急激に増加するという負の相関関係を示した。第 5 図のように、対数関数としてよく適合した。平均頂生新梢長と頂生スパー率の間にも負の相関が得られた (データ省略)。従って、頂生スパー率が



**Fig. 6.** Schematic drawings of trees, illustrating lateral branches with various percentage of terminal spurs, based on the data obtained from 'Fuji' trees trained to an open center system. A, B, C and D have 10.5, 24.2, 35.2 and 61.2 % terminal spur, respectively. Closed circles and single lines represent fruits and current shoots, respectively.

低いほど栄養生長が旺盛になることが認められた。なお、主幹形 'ふじ' では、頂生スパー率と長い 1 年枝率との関係が密接でなかった。主幹形樹では、2 年枝上に発生する 1 年枝の中でスパーを残し、長い、特に側生の 1 年枝を剪除する強い剪定が行われていることを示唆している。枝の齢別に調査した新梢のデータに基づき、なり枝を再現したものが第 6 図である。頂生 1 年枝から発生する新梢の数を目安にすると、頂生スパー率の低い方から高い方に向かって連続した外部形態の変化が認められ、その違いを判別することができる。頂生スパー率の低い枝は、長い

1, 2年枝が多いため、枝全体にわたり古い枝に対し新梢が高密度に存在する状態を示し、逆に頂生スパー率が高くなるにつれ、古い枝が目立ち新梢の密度が低くなる特徴を顕著に示した。これらの外部形態的特徴は、品種と樹形にかかわらず一致した特徴であった。ただ、栄養生長は良果生産に適した強さの範囲が存在するため、頂生スパー率にも適正範囲が存在すると考えられるが、今後の検討課題である。

また、第1表の結果は、えき生スパー率の高いなり枝を作るための方法を示唆している。すなわち、えき生スパー率の高いなり枝では、比較的長い2年枝が高比率で存在しており、その2年枝のえき芽には長い1年枝とスパーが着生し、また頂芽には比較的多くの新梢を発生させた長い1年枝が着生するという枝形成の特徴を示している。このことから、えき生スパー率の高いなり枝を作るには、適切な位置に比較的長い1年枝を剪定で残し、そのえき芽から短い新梢を発生させることが必要になる。しかし、それには長い2年枝、長いえき生1年枝、さらに着生新梢数の多い頂生1年枝の形成を伴う傾向があることを結果は示した。従って、なり枝の容積拡大につながらないえき

生スパー形成法を検討する必要がある。

#### 4. 頂生スパー率と着花率および果実生産性との関係

頂生スパー率となり枝の生殖生長との関係について検討した。1年枝の頂芽が花を着生した割合を着花率として頂生スパー率との関係を示したのが第7図である。主幹形‘ふじ’樹の着花率は、いずれの頂生スパー率でも60%以上を維持したが、密接な負の相関関係 ( $R^2 = 0.58$ ) を示した。開心形‘ふじ’でも、頂生スパー率が高くなるにつれ着花率の上限が低下する関係が認められた ( $R^2 = 0.36$ )。しかし、開心形‘王林’では、頂生スパー率に関わらず着花率は大きく変動した。頂生スパー率の高いなり枝の方が

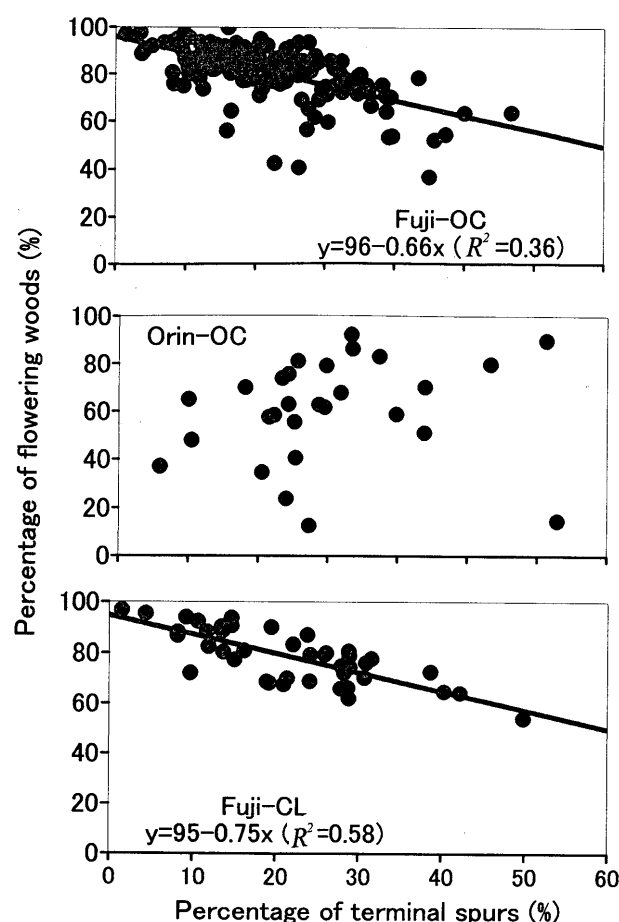


Fig. 7. Relationships between percentage of terminal spurs and flowering of 1-year-old woods on lateral branches of ‘Fuji’ and ‘Orin’ apple trees trained to an open center (OC) and a central leader (CL).

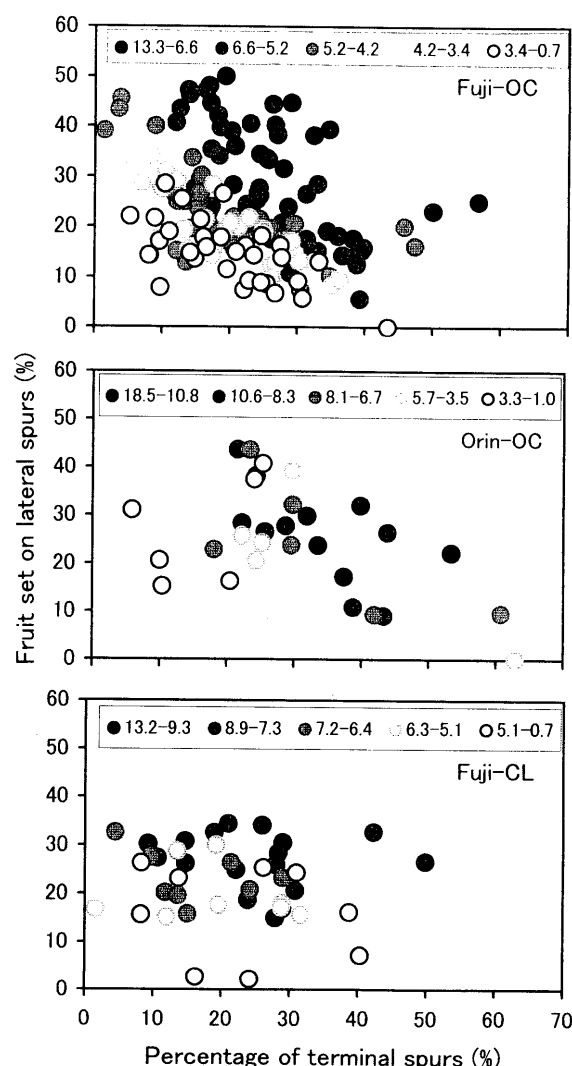


Fig. 8. Relationships between fruit number per leaf area (FLA,  $y$ ), percentage of terminal spurs ( $x_1$ ) and fruit set on lateral spurs ( $x_2$ ) in ‘Fuji’ and ‘Orin’ apple trees trained as an open center (OC) and a central leader (CL). FLA is shown by symbols with different density. Equations of multiple regression are:  $y = 0.12x_1 + 0.16x_2 - 1.03$  (Fuji-OC,  $R^2 = 0.59$ ),  $y = 0.18x_1 + 0.16x_2 - 1.65$  (Fuji-OC,  $R^2 = 0.59$ ),  $y = 0.02x_1 + 0.21x_2 - 1.61$  (Fuji-OC,  $R^2 = 0.59$ ).

着花率が劣る原因については、次のように考えられる。頂生スパークが形成される過程においては、その基部の果台に果実が着生する場合があるが、えき生スパークの場合は基部に果台が存在するとしてもえき芽花の果台であるため、その果台の果実は摘除される。そのため、頂生スパークの方がより近い位置に果実が存在し、花芽形成が阻害されやすいためと考えられる。本調査の結果、密植主幹形樹は開心形樹に比べ、頂生スパーク率が高くなると花芽分化がより強く阻害されたため、頂生スパーク率を高くすることには限界があることを示唆している。ただ、頂生スパーク率と花芽形成の関係については、再現性および品種間差異等さらに検討する必要がある。なお、‘王林’樹では、頂生スパーク率と着花率との間に密接な関係がみられなかったが、その原因として前年の夏季の高温による花不足が関係していると考えられた。

果実生産性を表す項目として葉面積当たり果数を取り上げ頂生スパーク率との関係を調べたが、有意な関係は認められなかった。そこで、葉面積当たり果数を目的変数、頂生スパーク率とえき生スパークの結果率(着果したえき生スパーク数/全えき生スパーク数)を説明変数として重回帰分析を行った。その結果、いずれの樹形と品種の回帰も分散分析により有意であることが認められ、葉面積当たり果数が頂生スパーク率とえき生スパークの着果率の合成関数により説明され得ることが認められた(第8図)。ただ、回帰係数の有意性の検定の結果、主幹形‘ふじ’の頂生スパーク率の係数のみが有意でなかった。主幹形‘ふじ’の頂生スパーク率が葉面積当たり果数の違いに貢献しなかった理由については不明である。

以上のように頂生スパーク率は、その増加が花芽形成を減少させ、一方で葉面積当たり果数を増加させるよう働くため、果実生産にとって望ましい適正範囲が存在すると考えられる。スパーク年齢が果実品質に影響すること(Robinsonら, 1983; Jackson, 1967; Rom・Barrit, 1990; Volzら, 1994)、また、果台から果台枝が発生する力に品種間差異があること(Lauriら, 1995)も報告されており、頂生スパーク率の適正範囲について今後さらに検討する必要がある。また、実際栽培では、品種によっては中果枝の方がスパークより果実品質が優れたり、整枝上都合がよい場合も見受けられるので、品種間差異についても検討する必要がある。

本報告では、スパークの発生部位別構成割合と栄養および生殖生長との間に存在する基本的な関係を明らかにした。この関係の成立には、スパークの1年枝に占める割合が過半を占め、極端に低くないことが前提となる。本調査では、幅広い強さの栄養生長を示すなり枝を選んで検討したが、いずれの品種及び樹形においてもスパーク率50%以下のなり枝は存在しなかった。また、スパーク率が極端に低い樹は栽植直後の若木あるいは強樹勢の樹であって、実際栽培上極めて非生産的な木である。以上のことから、

この基本的関係は、リンゴ樹が有する生長特性に基づくもので、栽培に供されているリンゴ樹に広く成り立つものと考えられる。

スパークの種類別構成割合は、剪定によって制御できる可能性がある。それには、各スパークを人為的に増減させる剪定法が必要になるが、えき生スパークが長い2年枝に着生することと、そのえき生スパークから頂生スパークが形成されることがスパーク形成の起点となることに注目する必要がある。そして、第3項で述べたようなえき生スパーク率を高める剪定方法および長い1年枝の比率を減少させながら頂生スパーク率を増加させる方法等について検討することにより、スパークの発生部位別構成割合を制御する剪定法を確立できると考えられる。また、スパークの発生部位別構成割合の違いが外観で判別できることから、その判別法を明らかにすることにより習熟に多くの経験を必要とする剪定をより簡明に会得することに役立つものと考えられる。

## 摘 要

リンゴのマルバカイドウ台開心形‘ふじ’および‘王林’樹とM.26台主幹形‘ふじ’樹を供試し、休眠期剪定後の長さ5 cm以下の短果枝(スパーク)を、発生部位によって頂生とえき生の2種類に分け、それらの全1年枝に占める割合と栄養・生殖生長との関係について検討した。頂生スパークは主として5 cm以下の2年枝の頂芽に、えき生スパークは10 cm以上の2年枝のえき芽から形成されたが、両者の1年枝に占める比率は、開心形と主幹形‘ふじ’、開心形‘王林’でそれぞれ24.7と56.9, 24.6と56.7, 30.2と46.5%であった。頂生スパーク率は最低1.4%から最高62.8%まで、えき生スパーク率は同22.4%から85.2%までの範囲で変化し、両者の比率は互いに反比例した。長い2年枝の割合が高いほどえき生スパーク率が高く、頂生1年枝当たり発生新梢数が増加し、長い新梢が密度高く樹冠を形成する外部形態を示した。主幹形‘ふじ’では、頂生スパーク率と1年枝の頂芽における着花率の間に有意な負の相関が認められた( $R^2 = 0.58$ )。葉面積当たり果数は頂生スパーク率とえき生スパークの結果率の合成関数によって説明され得ることが認められた。以上の結果、樹冠の外部形態から識別できるスパークの発生部位別構成割合を、剪定等における樹体調節の目安として利用可能なことが示唆された。

## 引用文献

- Asada, T. 1999. Studies on yield efficiency of fruiting units in ‘Fuji’ apple trees. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 68: 1084–1089.
- Costes, E., C. Godin and Y. Guedon. 1997. A methodology for the exploration of fruit tree structures. Acta Hortic. 451: 709–715.
- Jackson, J. E. 1967. Variability in fruit size and color within

- individual trees. Rpt. E. Malling Res. Sta. for 1966: 110–115.
- Lauri, P. E., E. Terouanne, J. M. Lespinasse, J. L. Regnard and J. J. Kelner, 1995. Genotypic differences in the axillary bud growth and fruiting pattern of apple fruiting branches over several years – An approach to regulation of fruit bearing. *Scientia Hortic.* 64: 265–281.
- Lauri, P. E., J. M. Lespinasse and E. Terouanne. 1997. Vegetative growth and reproductive strategies in apple fruiting branches – An investigation into various cultivars. *Acta Hortic.* 451: 717–724.
- Lauri, P. E., J. M. Lespinasse and F. Laurens. 1997. What kind of morphological traits should be sought in apple seedling progenies in order to select regular bearing cultivars? *Acta Hortic.* 451: 725–729.
- Lauri, P. E. and J. J. Kelner. 2001. Shoot type demography and dry matter partitioning : a morphometric approach in apple (*Malus × domestica*). *Can. J. Bot.* 79: 1270–1273.
- Porter, J. R. and F. W. Llewelyn. 1984. The architectural dynamics of pruned apple trees. *J. Hort. Sci.* 59: 313–321.
- Robinson, T. L., E. J. Seeley and B. H. Barritt. 1983. Effect of light environment and spur age on ‘Delicious’ apple fruit size and quality. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 108: 855–861.
- Rom, C. R. and B. H. Barritt. 1990. Spur development of ‘Delicious’ apple as influenced by position, wood age, strain and pruning. *HortScience* 18: 585–587.
- 塩崎雄之輔・菊池卓郎. 1988. 開心形リンゴ園の収量経過と葉面積指数, 樹勢. 園学要旨. 昭63秋: 120–121.
- Volz, R. K., I. B. Ferguson, E. W. Hewett and D. J. Woolley. 1994. Wood age and leaf area influence fruit size and mineral composition of apple fruit. *J. Hort. Sci.* 69: 385–395.
- 山本隆儀・伊藤博祐. 1996. 広角レンズを用いた直角2側面写真による密植わい性リンゴ樹の樹形・葉群構造の計測. 園学雑誌. 64: 729–739.