

ヤマボウシのシュートにおける主要成分の消長

八田洋章*・平山良治*

HATTA, Hiroaki* and Ryoji HIRAYAMA*: Seasonal and Yearly Changes of
Main Components in the Shoot of *Cornus kousa*

既報において分枝様式の種類を A-F₂ の 8 型に分類し、それぞれ異なる長さのシュートから構成されることを述べた (八田 1980)。また本種の樹冠頂部の成熟枝は多くの場合花芽形成に伴う二又分枝の F₁ 型と無分枝で短枝の E 型だけから構成されていて、花芽形成のあと次の着花までの間に必ず 1 年以上の E 型短枝が介在することを報告した (八田 1984)。これら各分枝様式におけるシュート間の伸長量の差や着花習性と枝条内主要成分との間には何らかの因果関係の存在が予想された。一般に果実の着花、結果は短枝と長枝で明瞭な差があることは古くから認められており、これに関連して田口 (1963) によると Kraus and Kraybill がトマトを用いた実証的研究で C-N 説により花芽形成との関係を明らかにした。この種の研究は農学の分野で多く研究されてきたが、植物学の分野では少ない。

本報ではそれぞれ分枝様式を構成するシュートや、数年間を遡って各年度に伸長したシュートの主要成分を分析し、また開花に伴う植物体各部の含量を季節を追って調べた結果を報告する。

材料および方法

材料は主として 1979 年 10 月 31 日に箱根芦ノ湖畔に自生する推定 50 年生個体および 6 年生個体の樹冠各部より切口の直径 1~1.5 cm の枝を 5 本ずつ採集して使用した。採取後材料を細断し、ただちに生重量を測定し、乾燥した後乾物重量を測定して粉碎し、分析に供した。A, B, C 型分枝については 6 年生個体を、D₂, E, F₁ 型については 50 年生個体のシュートを使用した。なお A 型のシュート b, b' と c, c' および F₁ 型のシュート d, d' はそれぞれ混合して 1 サンプルとして分析した。

各年度に形成されたシュートの成分を比較するために、50 年生樹の樹冠側部および樹冠頂部の枝を使用した。樹冠側部の枝では Fig. 1-A に示すようにそれぞれ 1979, 1978, 1976, 1975 の各年度に最も伸長してその枝の中心軸をなすシュートを分析に用い、樹冠頂部の枝 (Fig. 1-B) では 1970~1979 年のそれぞれ同年度伸長分毎に細断して分析に供した。

着果枝と無着果枝の季節変化の比較のために 50 年生個体から前年 (1979 年) に伸長したシュートを 1980 年 4-10 月に採集して分析した。一方、小花、花梗、総苞、葉、新梢などにおける成分含量の季節変化については当年 (1980 年) 成長中のものを植物体の各部ごとに採取して分析した。

* 国立科学博物館 筑波実験植物園。Tsukuba Botanical Garden, National Science Museum, Ibaraki 305.

全窒素の分析はケルダール法によって測定し、乾燥重の百分比で表わし、また全炭素は湿式燃焼法として小坂・本田・井碓法によって分析し、同じく乾燥重百分比で表わした（土壤養分測定法委員会編 1975）。灰分の測定はマッフル炉を使用して測定し乾燥重の百分比で表示し、また蛋白質中の炭素の占める割合（X，以下 X とする）、炭水化物中の炭素の占める割合（Y，以下 Y とする）を以下の計算式によって算出してそれぞれ百分比で表わし、それらの比 Y/X 値を求めた（作物分析法委員会編 1975 および高野の示唆による）。

蛋白質中の炭素の占める割合 (X) = 全窒素 \times 6.25 \times 0.52

炭水化物中の炭素の占める割合 (Y) = 全炭素 - (X)

結 果

1. 分枝様式と枝条内成分

前述のようにヤマボウシのシュート形成様式には A, B, C, D, E, F の 6 つの主なタイプがある。これらの様式によって形成されるシュートの数は 5 ないし 1 であるが、それぞれのシュートに含まれる主成分の分析結果を Table 1 に示す。これによれば A 型分枝様式によって形成されるシュート a, b+b', c+c' では乾物率、灰分含有率、全窒素率、蛋白構成炭素の率 (X), 炭水化物構成炭素の率 (Y) および Y/X 値は殆んど差がなかった。他方、各シュート間の伸長量

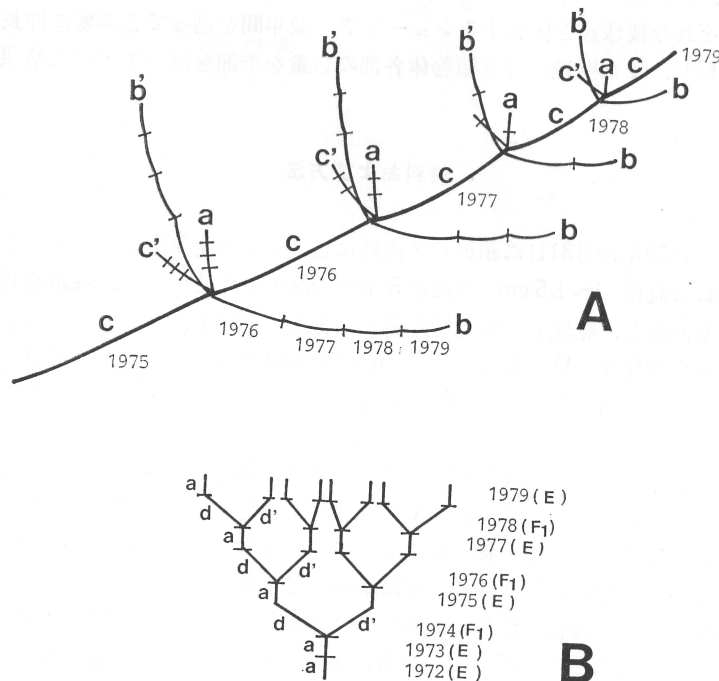


Fig. 1. The part of branches showing the shoots used for analysis. A: lower part of the crown of 50-year-old tree (distal branches were omitted except main shoots. Shoot c in each year was used for analysis; Table 3). B: upper part of the crown of 50-year-old tree (Tables 4, 5 and 6). a-d': shoots comprising each shoot formation type. E, F₁: shoot formation type E and F₁.

Table 1. Comparison of the main components in shoot, formed by different types of shoots

Types of shoot formation	Shoot	Tree age	Dry matter weight	Ash	Total N	Total C	C in protein (X)	C in carbohydrate (Y)	Y/X
			(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	
A	a	6	53.0	3.46	0.57	40.6	1.86	38.8	20.8
A	c+c'	6	54.3	4.01	0.62	45.0	2.01	43.0	21.4
A	b+b'	6	55.0	3.97	0.58	46.3	1.91	44.4	23.3
B, C	a	6	67.0	5.45	0.63	44.2	2.06	42.2	20.5
B, C	Longest	6	57.5	3.61	0.47	42.1	1.51	40.6	26.9
B, C	Shortest	6	85.0	—	0.76	35.5	2.47	33.0	13.4
B, C	Middle	6	64.2	4.99	0.59	43.2	1.91	41.3	31.6
D ₂	a	50	72.4	—	1.39	50.4	4.51	45.8	10.2
D ₂	c	50	59.3	5.87	0.88	40.7	2.88	37.8	14.6
E	a	50	58.3	9.54	1.29	45.3	4.19	41.1	9.8
F ₁	d+d'	50	71.3	6.28	1.01	44.4	3.29	41.1	12.2

X=Total N×6.25×0.52, Y=Total C-X.

Table 2. Comparison of the main components in the shoot internodes in A type shoot (six-year-old tree)

Internodes	Elongated year	Dry matter weight	Ash	Total N	Total C	C in protein (X)	C in carbohydrate (Y)	Y/X
		(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	
first	1979	61.1	2.51	0.37	43.9	1.20	42.7	35.6
third	1979	58.6	2.64	0.40	43.3	1.30	42.0	32.3
sixth	1979	64.8	4.05	0.57	44.5	1.85	42.6	23.1

X=Total N×6.25×0.52, Y=Total C-X.

の差が明瞭な B, C 型および D₂ 型では伸長量の最も少ないシュート a やシュート b' または c' の乾物率, 全窒素の含有率が高く, 伸長量の大きな枝ほど蛋白質中の炭素や全窒素含有率の値が低い傾向が認められた。

50年生個体の樹冠側部より得た D₂ 型および樹冠頂部から得た枝における E 型や F₁ 型の短枝では全窒素率および蛋白質構成炭素率が高かった。

分枝様式 A 型のシュート a, b·b', c·c' はそれぞれ1年間に平均6節の伸長をする。基部を第1節, 先端を第6節とし, 第1, 第3, 第6節の成分を分析した結果を Table 2 に示す。この結果から灰分含有率, 全窒素率, 蛋白質構成炭素率が第6節でとくに高く, 逆に Y/X 値が低かった。

2. 枝条内成分の経年変化

50年生樹の樹冠側部より得た枝 (Fig. 1-A) の中心軸および樹冠頂部の枝 (Fig. 1-B) において過去数年間を遡って各年度に伸長したシュートの成分分析の結果を Table 3 から Table 5 に示す。Table 4 と Table 5 は同じ樹冠頂部から時期を変えて採集した試料の分析結果である。

Table 3 に示した樹冠側部のシュートの分析結果によれば灰分率、全窒素率、蛋白質中の炭素率は1979年に伸長した若い枝で最も高く、1978年以前に伸長した枝ではほぼ類似の値を示した。

Table 4 に示した樹冠頂部のシュートの分析結果でも灰分率、全窒素率および蛋白質中の炭素率などは当年枝で高かった。F₁ 型よりその前年の E 型による短枝で各成分の含有率が高くなっていた。Table 4 のうち灰分と全窒素を Fig. 2 に示した。

Table 5 は Table 4 と同個体、同部位の異なる枝を1980年5月11日に採集し、分析した結果である。この時期には1979年に形成された短枝上の葉はすでに十分に展開し、葉面積はさらに拡大しつつある季節にあたる。分析結果で特に注目されるのは Table 4 に示した1979年の短枝に比べて、灰分率、全窒素率、蛋白質構成炭素率がやや低くなり、また Y/X 値がかなり高くなっている点である。

3. シュートおよび花器における主要成分含有率の季節的变化

Table 6 は1980年4月～10月に1979年度に伸長したシュートについて行った枝条内成分の季節的变化を花芽を形成したシュート (着果枝) と葉芽を着生したシュートに分けて示したものである。本表では着果枝の方が全窒素率、蛋白質構成炭素率が6月から8月にかけて高く、逆に Y/X 値が同時期に低くなっていた。

Table 7 は1980年に花芽が展開して形成された各部位の成分含有率の季節的消長を示す。乾物率が5月から10月にかけて葉や枝では増加したが、総苞や小花ではやや減少する傾向がみられた。葉、枝条中の灰分や窒素は季節の進行とともに減少傾向にあるが、10月には再び上昇した。Y/X 値は枝条の10月の試料を除き、季節とともに高くなった。

Table 3. Yearly changes in the main components in the shoot
(50-year-old tree; lower part of crown)

Elongated year	Kind of shoot	Dry matter weight (%)	Ash (%)	Total N (%)	Total C (%)	C in protein (X) (%)	C in carbohydrate (Y) (%)	Y/X
1979	c	59.3	5.87	0.88	40.7	2.88	37.8	14.6
1978	c	54.6	1.68	0.32	39.6	1.04	38.5	37.1
1976	c	56.5	1.09	0.32	44.6	1.04	43.4	41.8
1975	c	58.2	1.29	0.33	42.5	1.07	40.4	37.8

$$X = \text{Total N} \times 6.25 \times 0.52, Y = \text{Total C} - X.$$

Table 4. Yearly changes in the main components in the shoot in autumn (50-year-old tree; upper part of crown)

Elongated year	Type of shoot formation	Dry matter weight	Ash	Total N	Total C	C in protein (X)	C in carbohydrate (Y)	Y/X
1979	E	58.3	9.50	1.29	45.3	4.19	41.1	9.8
1978	F ₁	57.2	4.50	1.04	43.9	3.38	40.5	12.0
1977	E	61.0	4.53	0.88	47.5	2.86	44.6	15.6
1976	F ₁	58.8	3.67	0.76	44.5	2.47	42.0	17.0
1975	E	61.5	3.56	0.89	44.3	2.89	41.4	14.3
1974	F ₁	57.2	3.20	0.75	43.8	2.44	41.4	16.9
1973	E	60.9	3.34	0.68	41.9	2.21	39.7	18.0

X = Total N × 6.25 × 0.52, Y = Total C - X.

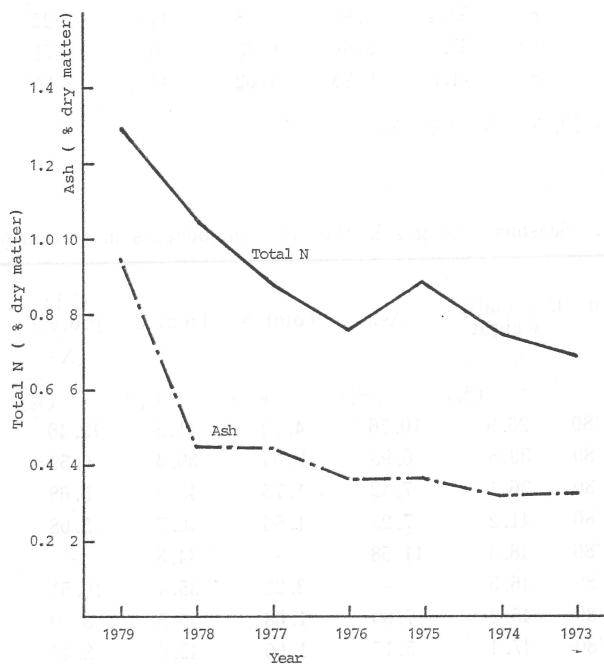


Fig. 2. Yearly changes of total N and ash in the shoot of 50-year-old tree (upper part of crown).

Table 5. Yearly changes in the main components in the shoot in late spring (50-year-old tree; upper part of crown)

Elongated year	Type of shoot formation	Dry matter weight	Ash	Total N	Total C	C in protein (X)	C in carbohydrate (Y)	Y/X
1979	E	48.2	7.91	1.21	35.6	3.93	31.6	25.4
1976	F ₁	54.3	3.93	0.59	47.1	1.92	45.2	25.1
1973	E	57.3	3.18	0.57	43.1	1.85	41.2	22.3
1970	F ₁	57.5	2.93	0.53	39.6	1.72	37.9	22.0

X = Total N × 6.25 × 0.52, Y = Total C - X.

Table 6. Seasonal changes in the main components in the shoot with or without fruit

Collected date	Elongated year	Tree age	Dry matter weight	Ash	Total N	Total C	C in protein (X)	C in carbohydrate (Y)	Y/X
			(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	
Shoot with fruit									
April 27 '80	1979	50	58.0	8.59	0.91	42.5	2.96	39.5	13.34
June 12 '80	"	"	57.5	5.65	0.92	47.6	2.99	44.6	14.92
July 3 '80	"	"	61.8	4.75	0.78	44.2	2.54	41.7	16.42
Aug. 8 '80	"	"	54.6	5.57	0.72	35.1	2.36	32.7	13.86
Oct. 5 '80	"	"	65.9	7.54	1.05	38.5	3.42	35.0	10.23
Shoot without fruit									
April 27 '80	1979	50	57.4	7.48	0.95	43.2	3.09	40.0	12.98
June 12 '80	"	"	56.4	5.72	0.68	46.6	2.22	44.4	20.00
July 3 '80	"	"	53.4	4.81	0.68	44.0	2.22	41.8	18.83
Aug. 8 '80	"	"	55.7	3.69	0.52	40.1	1.71	38.4	22.46
Oct. 5 '80	"	"	71.3	6.28	1.02	44.4	3.30	41.1	12.45

X=Total N×6.25×0.52, Y=Total C-X.

Table 7. Seasonal changes in the main components in certain organs

Organ	Collected date	Dry matter weight	Ash	Total N	Total C	C in protein (X)	C in carbohydrate (Y)	Y/X
		(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	
Leaf	May 11 '80	26.9	10.76	4.12	41.3	13.40	27.9	2.08
"	June 12 '80	33.8	6.93	2.03	39.4	6.59	32.8	4.98
"	July 3 '80	36.1	7.42	1.75	43.9	5.68	38.3	6.74
"	Aug. 8 '80	41.2	7.23	1.56	40.7	5.08	35.6	7.00
"	Oct. 15 '80	48.4	11.58	—	44.8	—	—	—
Shoot	May 11 '80	46.5	—	3.23	35.4	10.51	24.9	2.37
"	June 12 '80	45.2	7.00	1.08	40.5	3.49	36.9	10.57
"	July 3 '80	47.4	5.15	1.06	42.6	3.45	39.2	11.36
"	Aug. 8 '80	47.6	4.81	0.74	43.1	2.41	40.7	16.89
"	Oct. 15 '80	58.3	9.54	1.28	45.3	4.18	41.1	9.83
Peduncle	June 12 '80	38.8	5.11	0.96	41.2	3.12	38.1	12.20
"	July 3 '80	42.3	4.50	0.74	41.7	2.41	39.3	16.31
"	Aug. 8 '80	46.4	3.59	0.56	30.8	1.85	28.9	15.62
Bract	June 12 '80	34.5	7.35	1.17	42.2	3.82	38.4	10.05
"	July 3 '80	26.3	6.18	0.75	37.8	2.42	35.3	14.59
Florets	May 11 '80	44.7	8.57	3.45	42.5	11.20	31.3	2.79
"	June 12 '80	39.9	5.95	1.73	46.1	5.61	40.5	7.22
"	July 3 '80	37.9	5.00	1.17	43.0	3.81	39.2	10.29
"	Aug. 8 '80	35.4	4.86	0.95	43.9	3.10	40.8	13.16

X=Total N×6.25×0.52, Y=Total C-X.

考 察

ヤマボウシの冬芽の展開によるシュート形成様式と各シュートの伸長量についてはすでに報告した。これらのシュートの伸長量についてはオーキシン (Gunckel *et al.* 1949, Gunckel and Thimann 1949, Kozlowski 1964, Titman and Wetmore 1955) の影響とともにいわれる頂芽優勢 (Gunckel *et al.* 1949, Kozlowski 1964, Moorby and Wareing 1963) の概念によって説明されてきた。しかしシュートの成長量は根から吸収され、あるいは葉で同化されてシュートの生長部に運ばれてくる窒素化合物や炭水化物の量つまりシュート形成のために消費されるこれらの化合物とも基本的に相関関係をもっていると考えられる。枝条内成分については Kozlowski らの樹木生理学的な立場の他に園芸学的な立場から花芽形成、果実内成分、隔年結果などの諸問題との関連で調べられていて (黒田ら 1969, 大垣ら 1963a, 1963b, 小中原・酒井 1966, 山下 1971), 植物体の栄養と生殖作用の消長が根より吸収された窒素化合物と、葉で同化された炭水化物との割合に密接に関係することが認められている。一般的には炭水化物の体内蓄積が旺盛と思われるときは生殖作用が盛んとなり、窒素の吸収が多量と思われるときには栄養作用が盛んになるといわれる (苔名 1970)。

各分枝様式を構成するシュート毎の分析では伸長量の少ないシュート程乾重率や灰分、全窒素、蛋白質中の炭素の含有率が高い傾向がみられ、また長枝ほど、炭水化物中の炭素が低い値を示す傾向が認められた (Table 1)。これらのことは黒田ら (1969) のモモの徒長枝で調べられた結果と同様であった。また短枝で炭水化物中の炭素/蛋白質中の炭素の値が低かった。これは10月の試料で花芽の形成に関係していること、かつ分化後の枝の状態を示すと考えられる。

Table 2 に示す同一年度に伸長したシュートの節位間による相違は黒田らがモモの徒長枝を先端部、中央部、基部とに分けて測定した結果と同様で、灰分率、全窒素率とも後から伸長した新しい部分程高い。一般に伸長初期の萌芽期または開花期にどの物質の含有率も高く、生長が進むに従って漸減すると考えられていて (田口 1963), この場合も第6節で生理活性が最も旺盛で、炭水化物から蛋白化が行われ、従って Y/X 値が低くなると考えられる。

過去数年間に伸長したシュートの年度毎の体内成分の比較では樹冠側部の枝でも樹冠頂部より得た枝においても灰分率、全窒素率、蛋白質中の炭素率は当年枝に特に多く、古い枝では乾物率が高いのでより低く、ほぼ均一であるか、あるいは漸減する傾向がみられる。Kozlowski (1964) も確認しているように当年枝が冬芽の形成や翌年の新梢の伸長に大切な役割を果すことが推定され、上記の結果はこれを反映していると考えられる。一方樹冠側部と頂部の枝の個々の値を比べると、とくに灰分率や全炭素率、蛋白質中の炭素率が樹冠頂部においていちじるしく多く、その他のいずれも樹冠頂部での値が高い。これは樹冠頂部における枝の物質吸引蓄積が樹冠側部の枝よりも大きいことを示す。炭水化物の体内蓄積がある範囲で旺盛なときは生殖作用が盛んになるといわれる (田口 1963) が、本種の場合も同様の傾向を示すものと考えられる。

これらの結果と同一年度に伸長したシュートの節間ごとのデータ (Table 2) を比較してもほぼ類似の増減を示しており、同年度に伸長したシュート内でも基部から頂部へ転流し、頂部が必要部となっていると考えられる。また Table 4 では F₁ 型より前年の E 型による短枝において各成分の含有率が高い。他方 E 型短枝によって養分が蓄積され、翌年は花芽の裂開と開花によって養分が消費された、従ってそれらに伴って形成された F₁ 型では枝条内成分が減少したであろうことが数年を経ても影響をうけていると考えられる。

同個体の樹冠頂部で10月31日と5月11日に採集した試料につき比較すると、当年枝では全炭素率を除く他の成分含有率が春期にやや低く、Y/X 値が著しく高かった。Kozlowski and Ward (1957), 黒田ら (1969) も推定したように秋期に含量が多いのは葉で生成された炭水化物が枝条に転流して蓄積された結果で、また春の値の低いのは冬芽の展開とそれにつづく新梢生長などによって消費された結果であると考えられる。また Y/X 値が春期に低く秋期に高いことも樹木成分の通例とされている。

果実を着生している短枝と着生しない短枝の主要成分分析結果では6月～8月にかけて着果枝の炭水化物中の炭素/蛋白質中の炭素の値が無着果枝に比べて著しく低いこと。また着果により枝の灰分や窒素含有率が高いことは着果に伴う物質吸引力が大となり、転流が増加したためと考えられる。

花芽の発達に伴う各部位への物質分配の季節変化をみると、箱根では葉は5月10日頃には展葉し6月上旬には長さ、幅とも成葉の大きくなるが(八田 1979)、この期間に葉の乾物率が高まり、炭水化物中の炭素が多くなることに対応していた。また乾物率が5月から10月にかけて葉や枝では増加したが、小花では減少傾向がみられた。全窒素率と灰分率はすべての部位で類似の増減を示した。すなわち5月から6月にかけて大きく減少し、7月、8月と漸減し、10月に増加した。全炭素率としては著しい変動はないが、蛋白質中の炭素率と炭水化物中の炭素率の分配の見地からみると器官の成熟に伴って前者は減少し、後者は増加する傾向が認められた。

以上の諸データからは実験開始に先立って意図した様な、分枝型ごとに異なるシュートの生長の微妙な差や、着花に備えて養分を蓄積し花芽形成で急に消費するというような結果は得られなかったが、それらの外部形態の変化に対応する主要成分含量の分配と消長のおおよその傾向をよみとることができた。しかし栄養・生殖両作用のような重要な生理作用を論ずるにあたって漠然と全炭水化物或いは全窒素の含量を対象としてみることはできない(田口 1963)。

したがって本実験では、C-N 比ではなく、炭水化物中の炭素率と蛋白質中の炭素率の比を指標とし、少なくとも花芽形成がある好適比率の範囲にあることを示した。単純に炭水化物が多いということと関係するのではなく、蛋白含量が重要なことを示唆した。他方、分枝型を異にする枝条の生物季節学的現象の成分指標として、これらの結果は役立てられるものと考えられる。

謝 辞

本研究遂行にあたり名城大学農学部の高野泰吉教授から懇切な助言をいただき、また校閲の労をも賜った。同博士に厚く御礼申し上げます。

Summary

Since some relationships between shoot length and alternate bearing habit of fruits, and the contents of main components in shoot are expected, the authors analysed total C, total N and ash in shoots formed by different types of shoots. The main results were as follows;

(1) Total C, total N and ash were normally higher in short shoots than long shoots.

(2) Comparisons of the main components in shoot elongated in past several years in both the six-year-old and 50-year-old trees showed that the current shoot had the highest amount of main components and older one becomes lower with the age. The contents in autumn shoots were much more than those in spring shoots.

These results showed that the current shoots and older shoots also have taken part in the accumulation and absorption of nutrients in trees.

(3) The ratio of carbon in carbohydrates to carbon in proteins in fruiting shoot was lower than that in non-fruiting shoot, and the content in ash and total N was high in the shoot bearing fruit.

(4) Seasonal changes of main components in peduncle, bract, leaf and current shoot were also investigated.

Results were discussed from the view point of reproductive growth and phenology.

引用文献

- 土壤養分測定法委員会(編), 1975. 土壤養分分析法. 1-430. 養賢堂, 東京.
- Gunckel, J. E. and K. V. Thimann, 1949. Studies of development in long shoots and short shoots of *Ginkgo biloba* L. III. Auxin production in shoot growth. *Amer. J. Bot.* 36: 145-151.
- , ——— and R. H. Wetmore, 1949. Studies of development in long shoots and short shoots of *Ginkgo biloba* L. IV. Growth habit, shoot expression and mechanism of its control. *Amer. J. Bot.* 36: 309-316.
- 八田洋章, 1979. ヤマボウシの変異と生態 I. 成熟枝における季節的生長の観察. *生研時報* 27-28: 81-91.
- , 1980. ヤマボウシの樹冠形成に関する研究 I. 分枝様式と新梢の伸長. *国立科学博物館研究報告 B(植物)* 6: 65-76.
- , 1984. 箱根のヤマボウシ. *採集と飼育* 46: 211.
- Kozłowski, T. T., 1964. Shoot growth in woody plants. *Bot. Rev.* 30: 335-392.
- and J. J. Clausein, 1965. Shoot growth characteristics of heterophyllous woody plants. *Can. J. Bot.* 44: 827-843.
- and R. C. Ward, 1957. Seasonal height growth of deciduous trees. *Forest Science* 3: 168-174.
- 黒田喜佐雄・岡本五郎・福島忠昭・福田 照, 1969. モモの徒長枝に関する研究(第1報). 徒長枝の発生部位と体内成分について. *園芸学雑誌* 38: 8-11.
- Mooby, J. and P. F. Wareing, 1963. Ageing in woody plants. *Ann. Bot. N.S.* 27: 291-308.
- 小中原実・酒井 昭, 1967. カンキツの寒害防除に関する研究(第1報). 温州ミカンの耐凍性, 浸透濃度および糖含量の季節的変動. *園芸学雑誌* 36: 170-178.
- 大垣智昭・藤田克治・伊東秀夫, 1963a. 温州ミカンの隔年結果に関する研究(第3報). 温州ミカン園の隔年結果状態, その収量構成ならびに結実と翌春の着花率, 結果率について. *園芸学雑誌* 32: 13-19.
- , 1963b. 温州ミカンの隔年結果に関する研究(第4報). 体内成分の季節変化について. *園芸学雑誌* 32: 157-167.
- 作物分析法委員会(編), 1975. 栽培植物分析測定法 1-545. 養賢堂, 東京.
- 田口亮平, 1963. 作物生理学. 1-826. 養賢堂, 東京.
- Titman, O. W. and R. H. Wetmore, 1955. The growth of long and short shoots in *Cercidiphyllum*. *Amer. J. Bot.* 42: 346-372.
- 苦名 孝, 1970. 果実の生理. 1-301. 養賢堂, 東京.
- 山下研介, 1971. モモ徒長枝の生理学的研究(第1報). 徒長枝の花器の形質. *園芸学雑誌* 40: 101-104.