M.9 わい性台木利用リンゴ樹における乾物生産と その樹体内分配に対する着果程度の影響

福田博之・瀧下文孝・工藤和典・檜村芳記

果樹試験場盛岡支場 020-01 盛岡市下厨川鍋屋敷 92

Effects of Fruiting on Dry Matter Production and Partitioning
in Apple Trees Grafted on M.9 Dwarfing Rootstock

Hiroyuki Fukuda, Fumitaka Takishita, Kazunori Kudo and Yoshiki Kashimura
Morioka Branch, Fruit Tree Research Station, Shimokuriyagawa, Morioka 020-01

Summary

Dry matter production by 'Tsugaru' and 'Fuji' apple trees grafted on M.9 rootstock and planted at distances of 4 m×2 m was evaluated over 4 growing seasons. The trees were 6 year old at the onset of the experiment.

1. The average dry weight of the scion top portion of 'Tsugaru' trees attained about 70% of that of the vigorous 'Fuji' tops. However, the difference in the weight of the rootstock portion was rather small; the weight of the M.9 stock with 'Tsugaru' top was about 90% of the M.9 stock under 'Fuji' top. Consequently, the scion/rootstock dry weight ratio was smaller in the less-vigorous 'Tsugaru' trees.

2. The average leaf area indices (LAI) were 1.20 in 'Tsugaru' trees and 2.39 in 'Fuji' trees. The smaller value in the former cultivar may be attributed by fewer current shoots per tree as compared to those of the latter cultivar.

3. The amount of dry matter produced annually during a growing season (DM) ranged from 4,280 g to 10,011 g per tree for 'Tsugaru', whereas it ranged from 9,091 g to 13,494 g for 'Fuji'. There was a higher correlation between the DM and fruit dry weight (F).

4. A higher correlation ($r=0.96$) existed between the amount of dry matter produced per unit leaf dry weight (DM/L) and fruit-leaf dry weight ratio (F/L) or fruit load, independent of the cultivar. Within the range of the fruit load, DM/L increased from 4.39 g to 7.83 g in 'Tsugaru', and from 4.17 g to 10.27 g in 'Fuji'. There was, however, no difference in DM/L between two cultivars, provided the F/L was comparable.

5. The heavier the fruit load, the greater the proportion of photosynthates which was partitioned to the crop as compared to that partitioned to older wood and shoot. The growth of the older wood and shoot, however, was greater in 'Fuji' than in 'Tsugaru', when the F/L was comparable.

6. An exponential correlation existed between the DM/L value and leaf area per fruit. Its regression equation is:

$$Y = 35.54X^{-0.243} \quad (r=0.83)$$

A similar relation existed between the DM/L and the number of leaves per fruit. Its equation is:

$$Y = 14.69X^{-0.230} \quad (r=0.84)$$

緒 言

わい性台木を用いたリンゴの密植栽培がわが国に導入されたのは1960年代であるが、1970年代の後半からその早期多収性、作業の省力性などが注目され、急速に普及した。栽培技術については、導入当初には北ヨーロッパの技術を参考にして、試行錯誤によってわが国に適合した栽培技術が模索され、ようやく最近になって一応の栽培体系が確立されたところである。樹形管理も初期にはslender spindle仕立てなどを参考にしてきたが、わが国ではこれらの樹形より樹高を高めにしたほうがよいと考えられるようになり、このため日本独自の仕立て方が工夫されてきた(3)。

しかし、わい性台利用リンゴ樹の生産力に関する生育生理的研究はこれまで極めて少なく、特にこれらの樹における適正な着果量が明らかにされていない。わい性台利用リンゴ樹は着果量を少々多めにしても果実が肥大しやすいため、極端な多着果によって樹を衰弱させたり、果実品質が低下する場合がみられる。適正着果量について検討するためには、これらの樹の物質生産力をまず明らかにする必要がある。すでに著者ら(2)は、わい性台利用リンゴ樹の1樹当たり年間乾物生産量が5.73~8.07 kgの値を示すことを報告しているが、これは極く少数の樹での調査であり、さらに多くの樹を供試してこの乾物生産量が着果量、品種間差、樹齢などの要因によってどのような影響を受けるのか検討することが必要と考えられる。

そこで、わい性台利用樹の場合でも比較的生育のよい‘ふじ’と、生育が若干劣る‘つがる’を供試し、数年間にわたって着果程度と樹体生育および乾物生産との関係についての調査を実施した。

材料および方法

1. 供試樹および着果状況

土層の深い黒色火山灰土に4 m×2 mの間隔に栽植されたM.9台‘つがる’および‘ふじ’樹(10 a当たり125本植え)を供試し、1986年度から4年間(‘ふじ’は3年間)にわたって試験を実施した。供試樹は1986年度の時点で6年生であり、樹高約3 mのピラミッド形に仕立てられていた。

1986~1988年の各年度には、両品種それぞれ5樹を供試した。供試樹は、1986年度は慣行に従いほぼ4~5果そう当たり1果になるように摘果したが、1988年度には一部の樹を1~2果そう1果の多着果の状態として、乾物生産などに対する影響を調査した。しかし、同年には‘つがる’は早期生理落果が著しく、多着果状態に

ならなかったため、この品種だけ1989年度にさらに2樹を供試し、多着果の影響を調査した。

2. 乾物生産量調査法

これらの供試樹について次のような方法で乾物生産量を調査した。まず、穂木部については前報(2, 4)に述べたとおり、新梢を除く1年生以上の全枝幹について長さと同端の直径を測定し、これらの測定値から枝を円錐台形と考えて容積を算出した。測定は、生育初期の6月と落葉期の11月に行い、両時期の容積の差によって肥大率を算出した。さらに、11月に供試樹を掘り上げ、新梢と1年生以上の枝幹とに区分して70℃に設定した通風乾燥機で乾燥し、全乾物重を測定した。このうち1年生以上の枝幹については、乾物重に前述の肥大率を乗じた値を年間の乾物増加量とした。新梢については、その乾物重をそのまま年間の増加量とした。また、台木部は穂木部のように生育期間中の肥大率の測定が不可能であるが、リンゴ樹は穂木(stem)部と台木(root)部の生育比率がほぼ一定であるとされているので(9)、次のような方法で乾物増加量を推定した。すなわち、掘り上げ後に直径2 mm以下の細根と、2 mm以上の太根(台木の地上部も含む)とに区分し、後者については1年生以上の枝幹と同じ割合で肥大すると推定し、その乾物重に枝肥大率を乗じて乾物増加量とした。また、前者については年度内に伸長した部分であるので、乾物重をそのまま年間の増加量とした。

果実は‘つがる’が9月中旬、‘ふじ’が11月初旬のそれぞれ収穫適期に、また葉は落葉期直前にすべて採取し、いずれも70℃で乾燥して全乾物量を測定した。果実、葉、新梢および2 mm以下の細根の乾物量に、1年生以上の枝幹および2 mm以上の太根の乾物増加量を加えたものを供試樹の全乾物増加量とした。

また、1988年度には落葉直前に葉を採取した際、品種ごとにアトランダムに100葉ずつ葉面積と乾燥重とを測定し、これらの値と前述の供試樹ごとの葉乾物重を用いて樹当たり着葉枚数および全葉面積を算出した。葉面積の測定には自動面積計(林電工製AAC-400型)を用いた。測定の結果、100葉当たりの平均葉面積は‘つがる’が3,321 cm²、‘ふじ’が2,762 cm²であった。

結 果

1. 樹体の大きさおよび着果量

各年度の供試樹について、乾物重を穂木部と台木部に区分して示したのが第1表である。全試験年度の平均で、穂木部乾物重(A)が‘ふじ’では約10 kgであったのに対し、‘つがる’では約6.9 kgで、前者の約70%で

あった一方、台木部(B)では‘ふじ’の約3.0 kgに対して‘つがる’の約2.7 kgは約90%に当たり、穂木部ほどの差はなかった。その結果、台木部に対する穂木部の乾物重比(A/B)は、一般に生育が旺盛な‘ふじ’のほうが3.58と、‘つがる’の2.60より高い値を示した。幹周の平均値も‘ふじ’のほうが大きかった。

これら供試樹の平均着果量および葉量は第2表に示したとおりであった。1樹当たりの着果数は全試験年度の平均で‘ふじ’が‘つがる’の約2倍であったが、1986年の段階(6年生)ではまだ盛果期に達していなかったことも関係し、両品種とも着果数は平均値よりかなり少なかった。なお、‘ふじ’では、1988年度には一部の樹を多着果の状態にしたため、1樹当たりの着果量が平均値で250個を越え、1果当たりの葉数、すなわち葉果比は28.9と少なくなった。‘つがる’についても、多着果状態とした1989年度には葉果比が17.7と低くなった。

1樹当たりの葉数は生育の旺盛な‘ふじ’において3か年の平均で約6,900枚となり、‘つがる’(4年の平均)に比べると2倍以上の数値であった。年度による差異は両品種ともそれほど大きくなかった。1樹当たり葉面積も‘ふじ’が平均191,161 cm²で、‘つがる’の約2倍に達していた。栽植面積(4 m×2 m)当たりの葉面積指数(LAI_d)も、生育の旺盛な‘ふじ’では平均2.39であったのに対し、‘つがる’は1.20と著しく低かった。

2. 乾物生産量

これらの供試樹で生産された乾物量およびその樹体各部位への分配の状況は第3表に示した。1樹当たり全乾物増加量(DM)の各年の平均値はいずれの年度とも‘ふじ’の方が多かった。なお、供試樹ごとの全乾物増加量(DM)は‘つがる’が最低4,280 g、最高10,011 g、‘ふじ’では最低9,091 g、最高13,494 gの変動幅がみられた(図表省略)。全乾物増加量(DM)を葉の乾物重(L)で除したDM/L値、すなわち葉1 g当たり乾物生産量(以下、葉の乾物生産能とする)は、多着果であった1988年度の‘ふじ’と1989年度の‘つがる’を除くと、年度平均で約5 gの値を示した。多着果の年度では両品種とも平均で7 gを越え、着果程度の増加によって葉の乾物生産量が増加する傾向が認められた。なお、本試験における着果程度の範囲では、供試樹ごとの乾物生産能(DM/L)値は、‘つがる’が4.39~7.83 g、‘ふじ’が4.17~10.27 gの変動幅が認められた(図表省略)。特に‘ふじ’では最高と最低の間で2倍以上の差がみられた。

着果程度を示す葉に対する果実の乾物重比(F/L)は多着果の年度に著しく高かった(以下、F/L値を着果

Table 1. Dry weights of the scion tops and rootstocks of ‘Tsugaru’/M.9 and ‘Fuji’/M.9 graft combinations².

Cultivar	Year	Scion (g/tree)		Rootstock (g/tree)		Scion/rootstock dry wt ratio (A/B)	Tree girth (cm)		
		Current shoot	Older wood	Total (A)	Diameter ^b (< 2 mm)			Diameter (≥ 2 mm)	Total (B)
Tsugaru	1986	622.6	5,489.4	6,112.0	181.4	1,718.5	3.22	17.5	
	1987	538.0	5,040.5	5,578.5	183.7	2,331.5	2.21	21.2	
	1988	698.4	7,666.9	8,365.5	192.9	3,277.4	3,470.4	2.41	21.9
	1989	513.6	8,151.3	8,664.9	186.4	3,306.7	3,493.1	2.33	23.7
	Aver.	607.0	6,311.0	6,918.0	186.1	2,544.1	2,730.1	2.60	20.6
	S.D.	± 175.2	$\pm 1,677.8$	$\pm 1,726.4$	± 24.0	± 735.2	± 741.2	± 0.54	± 2.7
Fuji	1986	1,170.8	9,479.1	10,649.9	159.3	2,084.5	2,243.8	4.75	23.5
	1987	865.0	10,040.6	11,085.6	229.7	3,118.9	3,348.6	3.23	26.1
	1988	664.5	8,796.6	9,461.6	211.6	3,266.5	3,478.1	2.72	25.1
	Aver.	900.1	9,438.8	10,399.0	200.2	2,823.3	3,023.5	3.58	24.9
	S.D.	± 311.9	$\pm 1,415.9$	$\pm 1,634.9$	± 63.6	± 642.5	± 681.3	± 0.953	± 2.0

² The dry weight measurements were carried out over 4 seasons for ‘Tsugaru’ and over 3 seasons for ‘Fuji’.

³ Root was separated into 2 classes; less than 2 mm in diameter and 2 mm or more.

Table 2. Fruit set and leaf count per annum of 'Tsuagaru' and 'Fuji' apple trees propagated on M.9 rootstock.

Cultivar	Year	Tree age	No. trees	Tree height (m)	No. fruits per tree	No. leaves ² per tree	No. leaves per fruit	Leaf area per tree (cm ²)	Leaf area per fruit (cm ²)	LAI ^y
Tsuagaru	1986	6	5	301.6	42.2	2,612	71.8	86,754	2,385	1.08
	1987	7	5	263.4	67.6	2,481	41.9	82,390	1,391	1.03
	1988	8	5	293.3	76.2	3,648	54.3	121,137	1,802	1.51
	1989	9	2	295.0	166.5	2,872	17.7	95,363	586	1.19
	Aver.			287.2	74.3	2,909	39.2	96,596	1,710	1.20
S.D.				±25.5	±49.1	±755	±28.8	±25,057	±956	±0.313
Fuji	1986	6	5	274.0	56.4	7,242	155.3	200,019	4,290	2.50
	1987	7	5	289.4	124.2	7,286	72.6	201,238	2,006	2.52
	1988	8	5	279.0	263.0	6,236	28.9	172,228	798	2.15
	Aver.			280.8	147.9	6,921	85.6	191,162	2,365	2.39
	S.D.			±14.1	±110.6	±1,217	±70.1	±33,610	±1,199	±0.420

² No. leaves per tree was calculated by the following equation; Total dry wt leaf ÷ avg. 1 leaf dry wt.

^y Leaf area index on the basis of total ground area.

Table 3. Annual partitioning of dry matter in 'Tsuagaru' and 'Fuji' apple trees on M.9 rootstock and the increment per tree/year.

Cultivar	Year	Dry matter increment (g/tree) and partition ² (%)					DM increment per g wt leaf		Fruit-leaf dry wt ratio
		Fruit (F)	Leaf (L)	Current shoot	Older wood	Root (<2 mm)	Root (≥2 mm)	Total (DM)	
Tsuagaru	1986	1,651.6 (30.1)	988.5 (18.0)	622.6 (11.3)	1,560.2 (28.4)	181.4 (3.3)	486.0 (8.9)	5,490.3 (100)	1.67
	1987	2,563.0 (41.6)	1,029.8 (16.7)	538.0 (8.7)	1,291.3 (20.9)	183.7 (3.0)	562.3 (9.1)	6,168.1 (100)	2.49
	1988	3,050.3 (39.4)	1,479.9 (19.1)	698.6 (9.0)	1,632.6 (21.1)	192.9 (2.5)	698.4 (9.0)	7,752.7 (100)	2.06
	1989	5,514.5 (63.7)	1,160.8 (13.4)	513.6 (5.9)	913.7 (10.6)	186.4 (2.2)	370.9 (4.3)	8,659.9 (100)	4.75
Fuji	1986	2,717.5 (27.8)	1,882.1 (19.3)	1,170.8 (12.0)	3,144.3 (32.2)	159.3 (1.6)	691.2 (7.1)	9,765.3 (100)	1.44
	1987	4,694.3 (43.8)	1,925.7 (18.0)	865.0 (8.1)	2,453.9 (22.9)	229.7 (2.1)	641.1 (9.1)	10,712.2 (100)	2.44
	1988	8,148.4 (65.8)	1,617.8 (13.1)	664.5 (5.4)	1,247.2 (10.1)	211.6 (1.7)	487.7 (3.9)	12,377.2 (100)	5.04

² Percentage of dry matter partition in each portion was shown in parenthesis.

Table 4. Regression coefficients between the dry matter accumulated by one portion and that of another portion of apple trees.

	Fruit (F)	Leaf (L)	Current shoot	Older wood	Root (<2 mm)	Root (≥2 mm)	Total (DM)	F/L	DM/L
Tsugaru (n=17)									
Fruit (F)			-0.31	-0.25	0.21	-0.04	0.87**	0.88**	0.67**
Leaf (L)	0.46		0.39	0.44	0.15	0.59*	0.78**	0.02	-0.27
Current shoot				0.45	-0.13	0.42	0.04	-0.56*	-0.54*
Older wood					-0.18	0.74**	0.22	-0.54*	-0.37
Root (<2 mm)						-0.04	0.16	-0.25	0.12
Root (≥2 mm)							0.38	-0.35	-0.30
Total (DM)								0.56*	0.37
F/L									0.88**
Fuji (n=15)									
Fruit (F)		-0.50	-0.78**	-0.91**	0.30	-0.63*	0.82**	0.92**	0.87**
Leaf (L)			0.82**	0.68**	0.17	0.70**	0.03	-0.76*	-0.82**
Current shoot				0.88**	-0.27	0.73**	-0.34	-0.89**	-0.88**
Older wood					-0.23	0.74**	-0.53*	-0.94**	-0.89**
Root (<2 mm)						-0.24	0.38	-0.18	0.10
Root (≥2 mm)							-0.19	-0.75**	-0.71**
Total (DM)								0.57*	0.51
F/L									0.99**
Combined (n=32)									
Fruit (F)		0.26	-0.23	-0.35*	0.31	-0.31	0.81**	0.88**	0.79**
Leaf (L)			0.76**	0.69**	0.21	0.54**	0.75**	-0.16	-0.29
Current shoot				0.84**	-0.13	0.60**	0.32	-0.56**	-0.58**
Older wood					-0.12	0.70**	0.24	-0.63**	-0.59**
Root (<2 mm)						-0.16	0.29	0.22	0.13
Root (≥2 mm)							0.16	-0.57**	-0.54**
Total (DM)								0.49**	0.40*
F/L									0.96**

Significant at: * 5%, and ** 1% level.

Fig. 1. Relationship between the dry matter production per unit leaf dry weight (DM/L) and fruit-leaf dry weight ratio (F/L) for 2 apple cultivars.

Fig. 4. Relationship between the annual dry matter accumulated by the M.9 rootstocks and the fruit-leaf dry weight ratio (F/L) for 2 apple cultivars.

Fig. 2. Relationship between total dry matter production per tree (DM) and the fruit dry weight production (F) for 2 apple cultivars.

Fig. 5. Curvilinear relationship between dry matter production rate per unit leaf dry weight (DM/L) and the leaf area per fruit for 2 apple cultivars.

Fig. 3. Relation between the annual dry matter accumulated by the scion sections (current shoot+older wood) and the fruit-leaf dry weight ratio (F/L) for 2 apple cultivars.

Fig. 6. Curvilinear relationship between dry matter production rate per unit leaf dry weight (DM/L) and the number of leaves per fruit for 2 apple cultivars.

程度とする)。また、多着果の年度には果実への乾物分配率が両品種とも 60% を越え、新梢、1 年生以上の枝幹および根への分配率は低下する傾向が認められた。

3. 各部位に分配された乾物生産量間の相関

各部位に分配された乾物生産量間の相関関係は第 4 表のとおりであった。品種別および品種込みでいずれも相関係数が 0.7 を越えたのは、(ア)着果程度(F/L)と葉の乾物生産能(DM/L)、(イ)果実乾物重(F)と全乾物生産量(DM)、(ウ)果実乾物重(F)と着果程度(F/L)、および(エ)枝幹肥大量と 2 mm 以上の太根肥大量の各項目であった。このほか、(オ)果実乾物重(F)と葉の乾物生産能(DM/L)との間も 1% 水準で有意な相関が認められた。これらの項目は、(エ)を除くと、すべて着果程度または果実乾物重が増加するほど葉の乾物生産能および樹当たり全乾物生産量が増加することに関係していた。このうち、特に相関係数が高かったのは(ア)および(イ)で、第 1, 2 図に示したとおりの関係が認められた。このうち(イ)では、品種込みの回帰直線を境にして分布が別れ、‘つがる’では主として下方に、‘ふじ’は上方に分布した。

また、品種別および品種込みがともに 5% 水準で有意な相関が認められたのは次のとおりである。すなわち、(カ)葉乾物重(L)と直径 2 mm 以上の太根増加量、および(キ)全乾物生産量(DM)と着果程度(F/L)において正の相関、(ク)新梢乾物重と葉の乾物生産能(DM/L)および(ケ)枝幹肥大量と着果程度(F/L)において負の相関が認められた。このうち負の相関が認められた各項目は、いずれも葉の乾物生産能または着果程度が増加すると枝幹の肥大および新梢伸長、すなわち穂木部の増加が少なくなることを示していた。

そこで、穂木部(新梢+枝幹)の乾物増加量と着果程度(F/L)との関係を示したのが第 3 図である。両品種とも、着果程度(F/L)が増加するほど穂木部の増加量が減少する傾向が認められたが、品種込みの場合の回帰直線を境に、‘つがる’は下方に、‘ふじ’は上方に分布が別れた。また、台木部(太根+細根)の増加量も第 4 図のとおり樹の着果程度(F/L)と反比例したが、穂木部ほど明確な品種による分布の別れは認められなかった。

4. 葉の乾物生産能と 1 果当たり葉面積および葉果比との関係

葉の乾物生産能(DM/L)と、樹の着果程度としてこれまで一般に使用されてきた 1 果当たり葉面積および葉果比との間には、第 5, 6 図のとおり、指数級数的な関係が認められた。葉の乾物生産能(Y)と 1 果当たり葉

面積(X_1)、葉果比(X_2)との間の回帰式は、品種込みでそれぞれ $Y = 35.54 X_1^{-0.243}$ ($r = 0.83$)、および $Y = 14.69 X_2^{-0.230}$ ($r = 0.84$) であった。

考 察

1. 樹体の大きさおよび着果量

M.9 などのわい性台木を用いた場合、‘つがる’は‘ふじ’より生育が劣るとされているが、本試験でも、葉量、地上部の乾物量、さらには幹周などの調査結果からこのことが確かめられた。

本試験ではまた、‘つがる’は台木部に対する穂木部の乾物重比が‘ふじ’より低いことが認められた。この結果は、M.9 台利用樹と強勢台木を用いた樹とでは地上部と根部の重量比に差がなかったとする Rogers・Vyvyan (16) の報告とは異なるが、著者ら (2) は以前にも、M.9 台‘ふじ’樹は、生育の劣る M.9 台‘スターキング・デリシャス’樹より台木部に対する地上部の重量比が高かったことを認めている。生育の弱い品種では台木との接木親和性が劣ることが多く、養分の流れが接木部でなんらかの原因で制限を受けるためではないかと推察される (4)。なお、M.9 などのわい性台木に比較的親和性の高い‘ふじ’を接木した上に‘つがる’を高接ぎすると、この品種の生育が改善されることが一般に知られている。

本試験ではまた、‘つがる’の平均葉面積指数 (LAI_a) が 1.20 と、‘ふじ’に比べて低いことが認められた。 LAI_a は樹高、樹形、剪定方法などで変動し、どの程度が適正かはかならずしも明かでないが、Verheij・Verwer (17) は、3 m × 1 m に栽植したリンゴ園の LAI_a は 2.15 が北ヨーロッパの条件では最適に近いとしている。また、Palmer and Jackson (15) は 4 年生の 2.9 m × 0.9 m に栽植した園で 1.5、わが国でも、Koike ら (10) は 4 m × 1.5 m のリンゴ園で 2.5 の値を報告している。これらの結果と比較しても、本試験の‘つがる’の LAI_a 値はかなり低いものと考えられる。この品種は一般に新梢の発生が少ない傾向があり、このため低い LAI_a 値を示したのと考えられる。

なお、本試験の結果では、‘ふじ’の 1 樹当たり平均乾物生産量は、6 年生で 9.77 kg、8 年生で 12.38 kg であったが、これは前報 (2) における 10 年生 M.9 台樹での値 5.73~8.07 kg より高かった。本試験では 10 アール当たり 125 本植えであるのに対し、前報では 167 本植えであったことも関係していると思われる。なお、最近、小池ら (11) は 9 年生の‘ふじ’/M.26 樹で平均 8.36 kg の数値を報告しているが、これも 165 本植えの結果で

ある。また、Palmer(14)は、10 a 当たり 444 本植えて約 1.7 t, 889 本植えて約 1.3 t の乾物生産量を報告しているが、これを 1 樹当たり に換算すると、それぞれ約 3.83 kg, 1.46 kg となる 1 乾物生産量(DM)は密植度により変動する可能性がある。

2. 各部位に分配された乾物生産量間の相関

着果が葉の光合成能を増加させる可能性については、Hansen(5, 6)や Avery(1)らがポット植えのリング幼樹での試験で示唆している。また、平野・森岡(7)は、ウンシュウミカン幼木でも着果量の増加によって葉の乾物生産量が高まることを報告している。本試験でも、圃場に栽植されたリング成木において同様の結果が認められたが、これらはいずれも果実が光合成産物に対する強いシンクとして働き、葉の光合成能を高めたものと推察される。さらに、第 1 図に示したように、品種を込みにした場合も葉の乾物生産能(DM/L)と着果程度(F/L)の間に高い直線的な相関が認められた。この結果から、着果程度(F/L)を一定とした場合の比較では、‘つがる’と‘ふじ’との間で葉の乾物生産能(DM/L)に品種間差異はないと推察された。

なお、葉の乾物生産能(DM/L; Y とする)と着果程度(F/L; X とする)との間には回帰式 $Y = 0.73X + 4.05$ が認められた。この回帰式の勾配値 0.73 から、本試験では葉の乾物生産能(DM/L)は着果程度(F/L)の増加分の 73%しか補償されず、残りの 27%は、第 3, 4 図の結果から、枝幹や根などの生育低下によってまかなわれたと推定される。着果程度はリング樹の穂木部および台木部の生育に大きな影響を持っており、ヨーロッパでは、幼木時代から着果させることが、わい性台利用樹の大きさのコントロールにきわめて重要であることが認識されている(8)。

なお、穂木部については、第 3 図のとおり、‘ふじ’は品種込みの回帰直線の上部、‘つがる’は下部に分布したが、このことは、着果程度(F/L)が同じ樹で比較した場合、強勢な‘ふじ’のほうが穂木部への乾物分配率が高いことを示している。第 2 図において、1 樹当たり全乾物増加量(DM)と着果量(F)との関係に品種間差が認められたのもこのためである。

一方、台木部については、本試験では径 2 mm 以上の太根の肥大を枝幹の肥大率から推定しているので、若干の検討すべき問題があるが、地上部ほど穂木品種による生育の差異は認められなかった。なお、Maggs(12)および Avery(1)は、ポット植えの幼木による試験で、また望月(13)は圃場に栽植された 8 年生‘紅玉’/ミ

ツバカイドウを用いて、着果が根の生育を抑制することを報告している。

福田ら(2)は、4 年生の M.9 台‘ふじ’若木では葉の乾物生産能(DM/L)値が 8.67 g に達し、同品種の M.9 台 8, 9 年生成木やマルバカイドウおよびミツバカイドウ台樹より著しく高かったことを見出だし、若木では樹の日陰部分が少ないためではないかと推察している。しかし、この結果と本試験との関連を検討した結果、これらの供試樹も樹齢、台木の差異に関係なく前述の回帰直線 $Y = 0.73X + 4.05$ の上によく乗ることが認められた。したがって、この M.9 台若木の場合も、日陰の多少ではなく、着果程度(F/L)の影響によって葉の乾物生産能(DM/L)が高まったものと考えたほうが正しいようである。マルバカイドウ台およびミツバカイドウ台樹の結果についてもこの回帰直線に乗ることが認められるから、台木を異にする場合もこの回帰直線は有効である可能性が高い。

樹の日陰程度は LAI₀ 値によって示すことができるが、本試験の結果ではこの値が著しく低かった‘つがる’と、2.0 を越えた‘ふじ’とが、第 1 図のとおり、ともに同一の回帰線上に乗った。このことから、本試験における LAI₀ 値の程度では、葉の乾物生産能(DM/L)に対する日陰の影響は大きくないことが推察される。

3. 葉の乾物生産能と 1 果当たり葉面積および葉果比との関係

本試験では着果程度を主として F/L で示したが、一般には 1 果当たりの葉面積または葉果比で表すことが多い。そこで 1 果当たり葉面積および葉果比と葉の乾物生産能(DM/L)との関係を調査したところ指数級数的な相関関係が認められた。この結果は、果実と葉の乾物重比(F/L)と葉の乾物生産能(DM/L)の間の直線的な関係とは異なっていた。この理由についてはさらに検討が必要であるが、DM/L, F/L 値は乾物生産量のパラメータであるので果実の肥大程度も組み込まれているのに対し、1 果当たり葉面積および葉果比の場合は果実の肥大程度が無視されるためと考えられる。着果程度に差異があると、果実の大きさにも差が生じること一般に認められていることである。

摘 要

わい性台木に接木した場合、比較的旺盛な生育をする‘ふじ’と、弱勢になりやすい‘つがる’の 6~9 年生樹を供試して、4 年間にわたり乾物生産に対する着果程度の影響を検討した。

1. 弱勢の‘つがる’供試樹は、‘ふじ’樹に比較して、地

上部の重量が平均で約70%と少なかったが、台木部では約90%で大きな差異はなかった。この結果、'つがる'樹は、台木部に対する地上部の重量比が小さくなった。

2. 供試樹の平均葉面積指数(LAI_a)は'ふじ'が2.39であったのに対して、'つがる'では1.20と著しく低かった。'つがる'で葉面積指数が低かったのは、新梢の発生が少ないことが関係していると思われる。

3. これら供試樹の1樹当たり年間乾物生産量(DM)は、それぞれ'つがる'が4,280~10,011 g、'ふじ'が9,091~13,494 gであった。1樹当たり乾物生産量(DM)と果実乾物重(F)の間には高い正の相関が認められた。

4. 1樹当たり乾物生産量(DM)および果実乾物重(F)をそれぞれ葉重(L)で除した、葉の乾物生産能(DM/L)と着果程度(F/L)との間には、両品種を込みにした場合にも、極めて高い直線的な相関($r=0.96$)が認められた。このことから、着果程度(F/L)が同じ樹での比較では、葉の乾物生産能(DM/L)には品種間差異はないと推察された。なお、葉の乾物生産能(DM/L)は着果程度(F/L)の増加とともに2倍以上に増大することが認められた。

5. 着果程度(F/L)が増加すると果実に対する乾物の分配率が高まり、枝幹に対する分配率が低下した。着果程度(F/L)が同じ樹での比較では、枝幹および新梢の生育量は'つがる'より'ふじ'のほうが大きかった。

6. 1果当たりの葉面積および葉果比と葉の乾物生産能(DM/L)との間には、指数級数的な関係が認められた。

引用文献

1. Avery, D. J. 1969. Comparisons of fruiting and deblossomed maiden apple trees, and of non-fruiting trees on a dwarfing and an invigorating rootstock. *New Phytol.* 68: 323-336.
2. 福田博之・工藤和典・櫻村芳記・西山保直・瀧下文孝・久保田貞三・千葉和彦. 1987. わい性台木利用によるりんごの密植栽培. 第1報. わい性台りんご樹の生産力. 果樹試報. C14: 27-38.
3. 福田博之・櫻村芳記・工藤和典・瀧下文孝・西山保直・久保田貞三・千葉和彦. 1987. わい性台木利用によるりんごの密植栽培. 第2報. 密植栽培下における樹形変化. 果樹試報. C14: 39-52.
4. Fukuda, H. 1989. Growth of two apple cultivars Fuji and Tsugaru grafted on M.9. *Acta Hort.* 243: 213-216.
5. Hansen, P. 1967. ¹⁴C-studies on apple tree. I. The effect of the fruit on the translocation and distribution of photosynthesis. *Physiol. Plant.* 20: 382-391.
6. Hansen, P. 1970. ¹⁴C-studies on apple trees. VI. The influence of the fruit on the photosynthesis of the leaves, and the relative photosynthetic yields of fruits and leaves. *Physiol. Plant.* 23: 805-810.
7. 平野 暁・森岡節夫. 1975. カンキツの着果程度と樹の生長および収量との関係. 第1報. 宮川早生幼木における果実収量と葉の物質生産力. 園学雑. 44: 99-106.
8. Jackson, J.E. 1989. World-wide development of high density planting in research and practice. *Acta Hort.* 243: 17-27.
9. Knight, R.C. 1934. The influence of winter stem pruning on subsequent stem- and root-development in the apple. *J. Pom. & Hort. Sci.* 12: 1-14.
10. Koike, H., K. Tsukahara and Y. Kobayashi. 1988. Influence of planting depth on growth, yield and fruit quality of M.26 interstem 'Fuji' apple trees. *J. Jap. Soc. Hort. Sci.* 57: 360-365.
11. 小池洋男・吉沢しおり・塚原一幸. 1990. りんごわい性台樹の適正着果量と乾物生産の分配. 園学雑. 58: 827-834.
12. Maggs, D.H. 1963. The reduction in growth of apple trees brought about by fruiting. *J. Hort. Sci.* 38: 119-128.
13. 望月武雄. 1962. りんご樹において果実着性によって惹起される樹勢衰弱現象の解明に関する研究. 弘大農学報. 8: 40-124.
14. Palmer, J.W. 1988. Annual dry matter production and partitioning over the first 5 years of a bed system of Crispin/M.27 apple trees at four spacings. *J. Appl. Ecol.* 25: 569-578.
15. Palmer, J.W. and J.E. Jackson. 1977. Seasonal light interception and canopy development in hedgerow and bed system apple orchards. *J. Appl. Ecol.* 14: 539-549.
16. Rogers, W.S. and M.C. Vyvyan. 1934. Root studies. V. Rootstock and soil effect on apple root systems. *J. Pom. & Hort. Sci.* 12: 110-150.
17. Verheij, E.W.M. and F.L.J.A.W. Verwer. 1973. Light studies in a spacing trial with apple on a dwarfing rootstock. *Sci. Hort.* 1: 25-42.