袋掛けによる果実の遮光処理がM. 9 わい性台利用 リンゴ樹の乾物生産能に及ぼす影響

福田博之¹・山谷秀明²・山田省吾³・瀧下文孝⁴

¹果樹試験場 305 つくば市藤本 2-1

²青森県りんご試験場 036-03 黒石市大字牡丹平字福民 24

³石川県農業総合試験場 920-01 金沢市才田町 295-1

⁴果樹試験場盛岡支場 020-01 盛岡市下厨川鍋屋敷 92

Effect of Shading Fruit by Bagging on the Dry Matter Production in Apple Trees on M.9 Dwarfing Rootstock

Hiroyuki Fukuda¹, Hideaki Yamaya², Shogo Yamada³ and Fumitaka Takishita⁴

¹ Fruit Tree Research Station, Fujimoto, Tsukuba 305

² Aomori Apple Experimental Research Station, Botan-daira, Kuroishi 036-03

³ Ishikawa Agricultural Experiment Station, Saida-cho, Kanazawa 920-01

⁴ Morioka Branch, Fruit Tree Research Station, Shimokuriyagawa, Morioka 020-01

Summary

In a previous experiment, dry matter production per unit dry weight leaf (DM/L) increased more than twofold with the increment in the fruit load on apple trees. Fruits on three 10-year-old 'Tsugaru' and 'Fuji' trees/M.9 were enveloped in bags, and the dry matter production rate of the trees (DM) were compared with the control trees with non-bagged fruits during the 1990 growing season. The purpose of this experiment was to assess the effect of fruit photosynthesis on the total dry matter production rate of the trees.

1. There were significant correlations between the trunk girth measured early in the growing season and a) the total leaf area ($r=0.89$) and b) the total leaf numbers ($r=0.90$), independent of cultivars and the treatments.

2. Total dry matter production per tree (DM) was highly correlated with the fruit dry weight (F), whose regression lines were $Y=1.21X+5441.0$ ($r=0.87$) for the bagging treatment and $Y=1.50X+5164.6$ ($r=0.99$) for the non-bagging treatment (control), respectively. The gradient of the regression lines did not differ significantly between both treatments.

3. A highly significant correlation ($r=0.87$) existed between the fruit/leaf dry weight ratio (F/L) and the dry matter production per unit dry weight leaf (DM/L) of the trees, even if the bagging and the non-bagging treatments were combined. A smaller but significant negative correlation was also found between the leaf area per fruit and DM/L ($r=-0.49$). The fact that the bagging treatment did not alter these correlations also suggests that the dry matter production by the fruit was not so large as to enhance the total dry matter production rate of the tree significantly.

4. The total dry matter production rate per leaf area was higher in 'Tsugaru' than in 'Fuji'.

緒 言

M. 9 などのわい性台木を用いたリンゴのわい化栽培は、1970 年代にわが国に導入されてから次第に増

加し、1989 年度には全栽培面積の約 20 % を占めるに至っている。それとともに、わい性台リンゴ樹の生産力についての検討がはじめられている (福田ら, 1987, 1991, 1992; 小池ら, 1990)。福田ら (1991) は、わい性台利用リンゴ樹の圃場状態における乾物生産の調

査を行い、樹の全乾物増加量 (DM) を葉重量 (L) で除した数値、すなわち葉の乾物生産能 (DM/L) が、着果程度に比例して2倍以上にも増加することを認めている。

着果が葉の乾物生産能を高める効果のあることはすでにポット植えなどのリング若木を用いた試験でも報告されているが (Avery, 1969; Chandler・Heinicke, 1926; Hansen, 1970; Monselise・Lenz, 1980a,b; Proctorら, 1976), その理由として、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ることが推察されている (Hansen, 1970; Monselise・Lenz, 1980b)。

一方、果実についても、まだ試験成績は限られるが、若干の乾物を生産していることが報告されている (Hansen, 1970; Proctorら, 1976)。そのことからみて、福田ら (1991) が樹の全乾物生産量 (DM) として示したうちの若干は果実による生産である可能性がある。着果量の増加が全乾物生産量 (DM) の増大に貢献し、葉の乾物生産能 (DM/L) として示した数値を押し上げたことが考えられる。

そこで、果実による乾物生産の影響を検討するため、袋掛けによって果実の乾物生産を抑制した樹と無袋樹とを設け、福田ら (1987, 1991) と同様な方法で乾物生産能の比較検討を行った。

実験方法

土層の深い黒色火山灰土に $2\text{ m} \times 4\text{ m}$ の間隔で栽植した10年生M. 9台‘つがる’と‘ふじ’それぞれ6樹を供試し、1990年度に試験を実施した。供試樹のうち3樹は有袋区とし、満開日から16日後の5月28日に内部を黒色にぬった紙製小袋 (大きさ $9\text{ cm} \times 12\text{ cm}$) をすべての果実に袋掛けした。さらに、果実の生育に従い、7月10日に大袋 ($15\text{ cm} \times 18\text{ cm}$) に掛けかえ、収穫まで袋ははずさなかった。残りの3樹は無袋の対照区とした。

これらの供試樹について、生育初期 (5月12~14日) と終期 (11月7~8日) に1年生以上の全枝幹の長さとお尻の直径を測定し、その値から円錐台形として枝幹の容積を算出した (福田ら, 1987)。また、両時期の容積差から枝幹の増大率を計算した。11月27日には、すべての供試樹を掘り上げ、新梢、1年生以上の枝幹、直径2 mm以上の太根、および2 mm以下の細根に区分して、70℃に設定した通風乾燥機を用いて乾物重を測定した。

このうち、1年生以上の枝幹および直径2 mm以

上の太根については、福田ら (1991) に従い、その乾物重に前述の枝幹増大率を乗じて年間の乾物増加量とした。なお、根部の肥大率は直接の測定は不可能であるが、Knight (1934) が根と枝幹部の生育率が同じになると報告していることから、枝幹と同じ増大率になると推定した。

枝幹および太根の乾物増加量に、新梢、2 mm以下の細根、果実および葉のそれぞれ全乾物重を加え、年間の乾物生産量 (DM) とした。

なお、果実は、‘つがる’が9月5日、‘ふじ’が11月1日に収穫し、葉は、両品種とも11月1日にすべて採取し、それぞれ乾物重を測定した。その際、葉についてはアットランダムに1樹当たり15葉を採取し、葉面積と乾燥重を測定し、それらの値から1樹当たりの葉数、葉面積、および栽植面積 ($2\text{ m} \times 4\text{ m}$) 当たりの葉面積指数 (LAI_a) を算出した。

年間の乾物生産量 (DM) と果実乾物重 (F) の間の相関について袋掛けの影響を検討する際、川端 (1986) に従い、t分析によって回帰直線の差を検定した。なお、川端 (1986) は、回帰直線の勾配の検定は20%水準の危険率まで考慮すべきであるとしているので、それに従った。

実験結果

1. 供試樹の生育および果実品質

‘つがる’と‘ふじ’供試樹での着果量および着葉量は第1表のとおりであった。両品種とも、樹齢は同じであるが、‘ふじ’の方が生育がよく、1樹当たり葉数、葉面積、および葉面積指数 (LAI_a) はいずれも高くなった。また、処理区間の比較では、供試樹は同程度の着果になるように摘果を意図したが、両品種とも、1

Fig. 1. Relationship between the trunk girth and the leaf area per tree in fruit bagging and non-bagging (control) treatments. Tsugaru; ■ bagged, □ non-bagged, and Fuji; ▲ bagged, △ non-bagged.

果当たり葉面積および葉果比の平均値が有袋区でやや高くなった。しかし、樹によるふれが大きいので、LSD分析では有意な差異は認められなかった。また、平均果重も有意差は認められなかったが有袋区の方がやや高くなった。‘ふじ’の平均果重はほぼ例年並であったが、‘つがる’の231~246 gは例年より小玉であった。葉面積指数 (LAI_a) も処理による有意な差は認められなかった。

なお、1樹当たり葉面積および葉数については、それぞれ生育初期 (5月中旬) における幹周との間に高い正の相関が認められ、相関係数 (r) はそれぞれ

0.89, 0.90 であった。1樹当たり葉面積と幹周との相関関係は第1図のとおりであった。

収穫果の品質は、第2表のとおり、本試験では、果肉硬度、屈折計示度、酸含有率とも、袋掛け処理による有意な差異は認められなかった。なお、‘つがる’の有袋区で早期みつ (early watercore) が多発し、調査果の39.6%に達した。対照 (無袋) 区でも4.0%の発生が認められた。しかし、品質調査においては、これらの発生果は除外した。

2. 乾物生産および分配

両品種における1樹当たり乾物生産量、および各部

Table 1. Leaf-fruit ratio, leaf area per fruit, and leaf area index (LAI_a) in apple trees used in the experiment.

Cultivar	Treatment	No. trees used	Fruit No. per tree (A)	Average fruit wt g	Leaf No. per tree (B)	Leaf area per tree dm ² (C)	Leaf-fruit ratio (B/A)	Leaf area per fruit dm ² (C/A)	Leaf area index ² (LAI _a)
Tsugaru	Bagging	3	132	246	6,312.5	1,409.5	48.3	10.8	1.76
	Control	3	165	230	5,362.2	1,197.3	32.6	7.3	1.50
	LSD		ns	ns	ns	ns	ns	2.9	ns
Fuji	Bagging	3	206	284	10,503.8	2,500.3	50.9	10.1	3.13
	Control	3	248	267	9,546.7	2,272.5	38.5	9.2	2.84
	LSD		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

² Leaf area index on the basis of total ground area.

Table 2. Fruit quality in the bagging and the non-bagging (control) treatments.

Cultivar	Treatment	No. trees used	Fruit wt (g)	Firmness (lbs)	Soluble solid (%)	Acidity (%)	Watercore index ²
Tsugaru	Bagging	3	265.2	14.6	11.3	0.29	0
	Control	3	269.8	13.5	11.1	0.29	0
	LSD		ns	ns	ns	ns	
Fuji	Bagging	3	310.8	15.6	14.1	0.37	0.8
	Control	3	319.0	15.3	13.4	0.36	1.0
	LSD		ns	ns	ns	ns	ns

² Watercore index: 5 (severe), 4 (large), 3 (medium), 2 (small), 1 (trace) and 0 (none).

Table 3. Dry matter production and partitioning to each part of apple trees.

Cultivar	Treatment	Dry matter increase (g/tree) in each part							DM increase per g dry wt leaf (DM/L)	Fruit-leaf dry wt ratio (F/L)
		Fruit (F)	Leaf (L)	Current shoot	Older wood	Root ² (≥ 2 mm)	Root (< 2 mm)	Total (DM)		
Tsugaru	Bagging	4,735.8	1,757.7	762.1	3,390.9	1,404.3	282.7	12,333.5	7.03	2.70
	Control	5,526.3	1,493.1	525.6	2,691.8	1,089.6	289.5	11,615.9	7.79	3.73
	LSD	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	0.84
Fuji	Bagging	8,143.7	2,338.9	1,261.6	3,984.5	1,211.5	376.2	17,316.4	7.38	3.45
	Control	9,261.7	2,125.7	1,012.2	3,466.2	1,002.2	286.4	17,154.4	8.09	4.41
	LSD	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

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

位に対する乾物分配は第3表のとおりであった。1樹当たり乾物生産量(DM)は生育のよい‘ふじ’において有袋, 対照の両区とも約17,000 gで, ‘つがる’の約1.5倍であった。しかし, 両品種とも処理区による差異は認められなかった。この乾物生産量(DM)を葉乾物量(L)で除した数値(DM/L; 以下, 葉の乾物生産能とする)は, 両品種とも対照区の方が平均値が高かったが, 樹ごとの数値の変動が大きく, 有意差は認められなかった。また, 品種間における差異も認められなかった。果実/葉の乾物重比(F/L; 以下, 着果程度とする)は, ‘つがる’では対照区が有意に高かったが, ‘ふじ’では有意差が認められなかった。また, 各部位への乾物分配も, 1果当たり葉面積が大きかった有袋区において, 果実の平均分配量が多く, 枝幹の分配量が少なくなったが, 処理間における有意差は認められなかった。

1樹当たり全乾物生産量(DM)と果実乾物量(F)の間の相関は第2図のとおりであった。両品種を込みにした場合, 回帰直線($Y = aX + b$)は, 有袋区でa値が対照区よりやや高かったが, t検定によって20%水準の危険率でも, 両区のa値に有意差は認められなかった。また, 図において, 有袋区の回帰直線は無袋区よりやや下部に位置したが, t検定の結果, 5%水準で有意差は認められなかった。ただし, 10%水準までの危険率を認めれば, 両区の回帰直線の間に差異が認められた。

葉の乾物生産能(DM/L)と着果程度(F/L)の間には, 品種, 処理を込みにしても, 1%水準で有意な正の相関($r = 0.87$)が認められた(第3図)。こ

Fig. 2. Relationship between the total dry matter production (DM) and the fruit dry weight (F) of the bagged and the non-bagged (control) apple trees. Tsugaru; ■ bagged, □ non-bagged, and Fuji; ▲ bagged, △ non-bagged.

の場合, ‘つがる’有袋区の1樹が回帰直線からかなりふれる結果が得られた。両品種とも, 有袋区ではF/L値の低い樹が多いため図の左下の方に主として分布したが, この1樹を除いて, 対照区の供試樹とともにほぼ同一の回帰直線上に乗ることが認められた。なお, DM/L値は, ‘つがる’が6.57~8.17, ‘ふじ’では7.08~8.84の変動がみられた。

葉の乾物生産能(DM/L)と1果当たり葉面積との間にも, 相関係数はやや低下したが, 5%水準で有意な負の相関($r = -0.49$)が認められた(第4図)。この場合も, 有袋, 対照の両区ともほぼ同一の回帰直線上に乗る傾向がみられた。

Fig. 3. Relationship between the dry matter production per unit leaf dry weight (DM/L) and fruit/leaf dry weight ratio (F/L) in the bagged and the non-bagged (control) apple trees. Tsugaru; ■ bagged, □ non-bagged, and Fuji; ▲ bagged, △ non-bagged.

Fig. 4. Relationship between the dry matter production per unit leaf dry weight (DM/L) and the leaf area per fruit in the bagged and the non-bagged (control) apple trees. Tsugaru; ■ bagged, □ non-bagged, and Fuji; ▲ bagged, △ non-bagged.

考 察

1. 供試樹の生育および果実品質

リンゴ樹においては、幹周または幹断面積が樹の大きさ、全葉面積と密接に関連していることはすでに報告されている (Barlow, 1969; Holland, 1968; Jackson, 1980; Pearce, 1952; Westwood・Roberts, 1970; Verheij, 1972). Holland (1968) は、葉面積 (Y) と枝周 (X) との間に、

$$\log Y = \log K + b \log X$$

(ただし、K, b は定数)

の関係があることを見出したが、Jackson (1980) はいくつかの報告を比較検討し、b 値は枝周または幹周に関係なく 2.22~2.59 とほぼ一致していることを認めている。第 1 図に示した本試験の結果についても、この数式に当てはめて計算すると、

$$\log Y = 1.02 + 2.97 \log X \quad (r=0.88)$$

となり、b 値はやや高いが、類似した数値が得られた。

幹周は樹の大きさを反映している。生育初期における幹周と収穫期の葉面積量との間に高い相関が認められたことから、葉量は春季の樹の大きさによって、ある程度、決定されたと考えられる。統計的な有意差はなかったが、有袋区の平均葉面積が両品種とも大きかったことは、やや大きめの樹が有袋区に配置されたことを示している。なお、わい性台木利用樹では、'ふじ'が'つがる'より生育がよいことはすでに報告されている (福田ら, 1991)。

本試験では、有袋区の'つがる'に早期みつ (early watercore) が多発したが、この生理障害は高温条件で発生することが報告されており (Carne, 1948)、袋のなかの温度が著しく高まったためではないかと推察される。

2. 乾物生産および分配

内部を黒色にぬった紙製袋で袋掛けを行った有袋区では、果実の光合成が抑制される。果実が年間を通じて高い乾物生産を行っているとする、第 2 図において、回帰直線の勾配 (a 値) に有袋区と無袋区との間で差が生じるはずであるが、本試験の結果では、20%水準の危険率まで考慮しても差が認められなかった。一方、処理による回帰直線のずれには 10%水準まで危険率を考慮すると差がみられた。しかし、この危険率を許容したとしても、この差は袋掛けで果実の乾物生産を抑制したためではなく、第 1, 3 表に示したように、有袋区では葉一果比、着果程度 (F/L) の低い樹が多かったことを反映したのではないかと推察さ

れる。

また、第 2 図の結果は、葉量の差異が考慮されていない。そこで、DM/L 値と F/L 値の相関関係を検討したが、第 3 図のとおり、'つがる'の有袋樹 1 樹を除き、有袋樹および無袋樹を込みにした場合も同一の回帰直線上に、ほぼ乗ることが認められた。なお、本試験では、'つがる'と'ふじ'を込みに相関を計算したが、両品種が同一回帰直線上に乗ることはすでに報告されており (福田ら, 1991)、込みで取り扱って計算しても差し支えないと考えられる。

福田ら (1991) は、DM/L 値は F/L 値に比例して増大し、最高値と最低値との間に 2 倍以上の差異がみられたことを報告している。本試験では、この増大のうち若干は果実の乾物生産によるのではないかと考えて試験を実施したのであるが、有袋樹と無袋樹が同一回帰直線上に乗ったことから、DM/L 値の増大に対する果実の乾物生産の影響は少ないといえる。さらに、F/L 値は果実の肥大程度によって影響を受ける可能性がある、肥大に関係しない 1 果当たり葉面積と DM/L 値との間の相関についても検討したが、やはり両処理区とも同一の回帰直線上に分布することが認められている。

本試験は、有袋区に大きめの樹が多く配置されたこと、品種ごとの調査樹の反復数が少ないこと、相関関係において回帰直線からはずれた樹があること、など問題を含んでいるが、これらの結果から、果実による乾物生産量は DM/L と F/L の間の相関関係に影響を与えるほど大きくないことが推定された。

なお、本試験では、リンゴ果実の光合成を測定しなかったが、Hansen (1970) によると、果実の光合成量は葉の光合成量の 1~1.5% と推定されている。Proctor ら (1976) も、果実の光合成は自身の呼吸による損失を越えることはなく、その呼吸量も葉、枝、および根に比べて著しく低いことを報告している。これらの結果からも、乾物生産量に対する果実乾物生産の影響は大きくないとする、本試験の結果が裏付けられる。

また、Hansen (1970) は、着果したリンゴ樹の葉の光合成を測定し無着果樹の 1.59 倍に増加したことを報告している。リンゴ樹から果実を取り去るとなるらかのフィードバック機構が働き、葉の気孔が閉じて光合成が低下することが観察されている (Hansen, 1970; Monselise・Lenz, 1980a)。このフィードバック機構に影響しているのは糖で、果実を取り去ると葉

中の糖含有量が高まり、そのため気孔が閉じて、光合成も低下するという説が提出されている (Monselesse・Lenz, 1980b)。これらの結果からも、前報 (福田ら, 1991) における、着果程度 (F/L) に比例した乾物生産能 (DM/L) の増大は、ほとんどが葉による光合成の増加に基づいていると推察される。

なお、本試験では、 DM/L を葉の乾物生産能としたが、Avery (1969) は DM 値を葉面積 (LA) で除した数値を photo-synthetic efficiency (DM/LA) とし、ポット植えの1年生リンゴ樹において着果樹では葉面積 1 dm^2 当たり 8.3 g 、無着果樹では 6.0 g を得ている。Proctor ら (1976) も同様なポット植え幼木でそれぞれ 10.7 g 、 6.2 g の数値を報告している。比較のため、第1、2表の結果からこれらの数値を計算すると、‘つがる’の有袋および対照区では 8.8 g と 9.7 g 、‘ふじ’ではそれぞれ 6.9 g と 7.5 g であった。数値は‘つがる’の方が高いが、いずれも、彼らの示した数値の範囲内であることが認められる。また、福田ら (1991) の結果でも、‘つがる’が4年間の平均で 9.0 g 、‘ふじ’が3年間の平均で 6.4 g であった。

両品種の葉面積 1 dm^2 当たり乾物重は、前報 (福田ら, 1991) が 1.22 g 、 0.94 g 、本試験では 1.24 g 、 0.93 g と、ともに‘つがる’の方が高く、このような差異が、 DM/LA の品種間差に影響した可能性もある。しかし、‘紅玉’/M.26 での結果 (福田ら, 1992) では、 DM/LA が 6.39 g と、‘ふじ’に近い値であったが、その際の葉面積 1 dm^2 当たり乾物重は 1.21 g であり、 DM/LA の品種間差は面積当たり乾物重ではかならずしも説明できなかった。

摘 要

前報において、着果程度に比例して樹の乾物生産能が2倍以上に上昇する結果が得られた。そこで、この上昇に対する果実の乾物生産力の影響を検討するため、10年生のM.9わい性台利用‘つがる’と‘ふじ’リンゴ樹を供試し、袋掛けによって果実の乾物生産を制限した場合と無袋の場合における樹の乾物生産能を比較した。

1. 生育初期における幹周と11月初旬の1樹当たり葉面積、葉数との間には、それぞれ相関係数 (r) が 0.89 、 0.90 の高い相関が認められた。

2. 樹当たり全乾物生産量 (DM) と果実乾物量 (F) の間には、高い相関が認められたが、有袋区と無袋区とでは、回帰直線の勾配には有意差は認められなかった。

3. 着果程度 (F/L) と葉の乾物生産能 (DM/L)

との間には、品種および処理を込みにした場合も高い正の直線的な相関 ($r=0.87$) が認められた。また、1果当たり葉面積と DM/L との間にも、相関係数が若干低下したが ($r=-0.49$)、負の有意な相関が認められた。これらの相関関係に対する袋掛けの有無の影響はほとんどなく、この結果から、前報における乾物生産能 (DM/L) の上昇については、果実の乾物生産力による影響は少なく、ほとんどが葉の光合成能の増加によって達成されたと推定した。

4. 葉面積当たりの乾物生産量は、‘つがる’より‘ふじ’の方が低い傾向がみられた。

引用文献

- Avery, D. J. 1969. Comparisons of fruiting and de-blossomed maiden apples, and of nonfruiting trees on a dwarfing and an invigorating rootstock. *New Phytol.* 68 : 323-336.
- Barlow, H. W. B. 1969. The relationship of leaf area to stem cross-section. *Rept. E. Malling Res. Sta.* 1969 : 117-119.
- Chandler, W. H. and A. J. Heinicke. 1926. The effect of fruiting on the growth of Olfenburg apple trees. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 23 : 36-46.
- Carne, W. M. 1948. The non-parasitic disorders of apple fruits in Australia. *C. S. I. R. Bul.* 238, Melbourne, Australia.
- 福田博之・工藤和典・榎村芳記・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リンゴの密植栽培. 第1報. わい性台リンゴ樹の生産力. *果樹試報*, C 14 : 27-38.
- 福田博之・瀧下文孝・工藤和典・榎村芳記. 1991. 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. *園学雑*, 60 : 495-503.
- 福田博之・栗村光男・瀧下文孝・西山保直. 1992. 土盛り処理がM.26台利用‘紅玉’リンゴ樹の生育及び乾物生産能に及ぼす影響. *園学雑*, 60 : 839-844.
- Hansen, P. 1970. ^{14}C -studies on apple trees. VI. The influence of the fruit on the photosynthesis of the leaves, and the relative photosynthetic yield of fruits and leaves. *Physiol. Plant.* 23 : 805-810.
- Holland, D. A. 1968. The estimation of total leaf area on a tree. *Rept. E. Malling Res. Stn.* 1967 : 101-104.
- Jackson, J. E. 1980. Light interception and utilization by orchard systems. *Hort. Rev.* 2 : 208-267.
- 川端幸蔵. 1986. 回帰と相関. P.91-149. 奥野忠一編. 応用統計ハンドブック. 養賢堂. 東京.
- Knight, R. C. 1934. The influence of winter stem pruning on subsequent stem- and root-development in the apple. *J. Pomol. & Hort. Sci.* 12 : 1-14.
- 小池洋男・吉沢しおり・塚原一幸. 1990. リンゴわい性

- 台樹の適正着果量と乾物生産の分配. 園学雑. 58 : 827-834.
- Monselise, S. P. and F. Lenz. 1980a. Effect of fruit load on photosynthetic rates of budded apple trees. *Gartenbauwiss.* 45 : 220-224.
- Monselise, S. P. and F. Lenz. 1980b. Effect of fruit load on stomatal resistance, specific leaf weight, and water content of apple leaves. *Gartenbauwiss.* 45 : 188-191.
- Pearce, S. C. 1952. Studies in the measurement of apple trees. I. The use of trunk girths to estimate tree size. *Ann. Rept. E. Malling Res. Sta.* 1951 : 101-104.
- Proctor, J. T. A., R. L. Watson and J. J. Landsberg. 1976. The carbon budget of a young apple tree. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 101 : 579-582.
- Westwood, M. N. and A. N. Roberts. 1970. The relationship between trunk cross-sectional area and weight of apple trees. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 95 : 28-30.
- Verheij, E. W. M. 1972. Competition in apple, as influenced by alar sprays, fruiting, pruning and tree spacing. *Med. Landb. Wageningen* 72-4 : 1-54.