

リンゴのY字形棚整枝における物質生産と 栽培法に関する研究

倉橋 孝夫

Studies on Dry Matter Production and the Growing of
Apple Trees Trained to a Y-trellis System

Takao Kurahashi

目 次

緒 論	1	第V章 リンゴ‘ふじ’における葉面積と 新梢の生育特性およびY字形棚整枝 樹と主幹形整枝樹の生育比較	
第I章 Y字形棚整枝における樹形と棚の 構造		第1節 新梢長と葉面積および乾物重の 関係	20
第1節 Y字形棚の構造と栽植方法	3	第2節 短果枝と発育枝における葉位別 個葉面積の季節変化	20
第2節 樹形の構造	3	第3節 短果枝と発育枝における葉面積 と新梢長の季節変化	22
第3節 考 察	4	第4節 Y字形棚整枝樹と主幹形整枝樹 における新梢長と新梢数の年次変化	23
第II章 Y字形棚整枝樹および主幹形整枝 樹‘ふじ’における果実収量と品質 の比較		第5節 Y字形棚整枝樹と主幹形整枝樹 における1樹当たりの葉面積の季 節変化	23
第1節 材料および方法	5	第6節 考 察	24
第2節 結 果	5	第VI章 Y字形棚整枝樹および主幹形整枝 樹‘ふじ’における光環境と果実品 質および光合成特性の比較	
第3節 考 察	7	第1節 材料および方法	25
第III章 Y字形棚整枝樹および主幹形整枝 樹‘ふじ’における乾物生産と器官 別分配の比較		第2節 結 果	27
第1節 材料および方法	8	第3節 考 察	32
第2節 結 果	10	第VII章 リンゴ‘ふじ’における最適葉面 積指数	
第3節 考 察	12		
第IV章 リンゴ‘ふじ’における乾物生産 の季節的变化			
第1節 果実の生長	13		
第2節 若木における乾物生産の季節変 化	14		
第3節 考 察	17		

第1節 栽植密度およびLAIと乾物生産の関係	34	第1節 材料および方法	43
第2節 LAIと果実品質の関係	37	第2節 結 果	43
第3節 樹冠占有面積率およびLAIと収量の関係	39	第3節 考 察	45
第4節 考 察	40	第IX章 総合考察	47
第VIII章 Y字形棚整枝樹および主幹形整枝樹‘ふじ’における作業能率の比較		第X章 摘 要	49
		引用文献	51
		Summary	56

緒 論

植物の物質生産は、光合成による生産活動と群落の維持・発達のための消費活動の収支としてとらえることができる。そして、食用作物の近代品種における収量の増加は、葉面積指数(LAI)の増大、葉面積拡大の早期化、空間における葉群配置の改良による光線利用の効率化と光合成産物の収穫部位への分配割合を増加させることによってもたらされたとされている(Jensen, 1982)。また、物質生産が最大となる植物群落は、より多くの光を捕捉すると同時に、個々の葉がより均等に日射エネルギーを受けるような構造をもったものである(Monsiら, 1953)。

日本に降り注ぐ太陽エネルギーは年間 13.54×10^{11} GJ、生育期間では 9.03×10^{11} GJ であり、植物に利用され、乾物のなかに固定されるのはその1%弱にすぎない(内嶋, 1979)。したがって、農業においては太陽エネルギーを効率よく利用する栽培体系を創造する必要がある。

日本の果樹栽培は、高品質でかつ外観の優れた果実を大量に生産して商品化するために、土地生産性を可能な限り向上させることを大きな目標としている。整枝せん定の主な目的も高品質果実を毎年安定的に多収穫することができる樹に誘導することにある。そのためには、単位土地面積当たりの光合成生産効率を高め、さらに、その産物の果実への分配率が高くなる樹形をつくる必要がある。具体的には、林(1960)が日本ナシで、高橋(1986)がブドウで指摘しているように、園内に空間を作らないようにし、葉を隅々まで展葉させて成園率を高め、早期に葉を展開させて光合成期間を長くすることが大切である。

わが国のリンゴ栽培は明治初期にアメリカから多数の栽培品種を導入したことによって始まった(今ら, 1993)。平成5年度の果樹生産出荷統計(農林水産省統計情報部, 1995)によれば、栽培面積は48,500ha、生産量は1,011,000tで、世界でも有数の生産国である。さらに、わが国固有の野生リンゴ種であるマルバカイドウ(*Malus prunifolia* var. *ringo* Asami)は栽培品種と接ぎ木親和性が高く、土地適応性も広いため、

初期収量や盛果期の収量が多く、わが国のリンゴ台木として広く用いられてきた(土屋, 1987)。ところが、樹勢が旺盛なため樹が大きくなり、栽培管理の省力化が難しく、鳥取県をはじめとする西南暖地では栄養生長が旺盛になりすぎて、開花、結実をみるまでに7~10年もかかるなど栽培が極めて困難であった。こういう中で、イギリスのイーストモーリング試験場で開発されたわい化栽培技術は、昭和40年代後半から、M.26, M.9台などを中心に日本各地に急速に普及してきた。このわい化栽培は、各種作業機械の使用を容易にして、栽培管理を省力化するために、目標樹高は3~2.5m、結実部位を2.5~2m以下にする主幹形整枝(主幹形)の並木植え栽培を基本とする。西南暖地の中国地方でも、昭和50年頃より山口県の友清氏、鳥取県の森安氏などが先駆者となり、リンゴのわい化栽培を導入、普及させてきた。西南暖地のわい化栽培では、青森県などの主産地と比べ夏季が高温多湿なため、新梢の生長は旺盛で大木となり、果実の着色は不良となりやすく、肉質が柔らかいなどの特徴がある(友清, 1982)。しかし、わい化栽培では花芽の着生は容易で、収量が多く単価も高いなど生産と経営が安定しているため、水田転作地や観光農園として増加している。ところが、M.26台、M.9台を用いた主幹形のわい化栽培は、樹齢が10年を過ぎると樹高を4m以上にしないと樹勢が落ち着かない。そのため、樹冠幅は広くなり、樹冠内部への光の透過率が低くなって、果実の品質は低下し、作業性が劣る。また、主幹形のわい化栽培は、樹冠占有面積率が低いため太陽光線の利用率が低く、多くの光エネルギーは光合成に有効に利用されることなく通路に到達してしまう(Jackson, 1970)。さらに、立木仕立てのリンゴやモモでは、樹冠の上部と下部では受光環境が異なるため、果実品質の較差が大きい(小池, 1984; 末澤ら, 1991)など、いろいろな弊害がある。

一方、棚仕立てについてみると、高橋(1989)はブドウなどで行われている平棚仕立てでは、園を樹冠でほぼ完全に覆うことができるため、園に降り注ぐ太陽エネルギーをほぼ完全に利用することができ、品質の揃った果実が生産できると報告している。また、日本ナシ栽培の大部

分が棚仕立てとなったのは、台風による落果を軽減するためであったが、立木仕立てより収量が多いことが知られている(岸本, 1978)。他方、リンゴもナシと同様に、強風による落果が多い。特に西南暖地は台風の常襲地帯であるため、強風による落果を防止する対策が特に必要である。その意味でもリンゴを棚仕立てにすれば、ナシと同様に落果は軽減し、生産が安定するものと考えられる。

これらのことから、わい性台を利用したリンゴ栽培において、光線の効率的利用と樹勢維持の両面を満たす仕立て方法として、筆者はY字型に配置した2本主枝による波状棚栽培のY字形棚整枝(Y字形)を検討した。

これまで、果樹の仕立て方に関する報告の中で、Y字形の樹形をしているのは、山崎(1987)によるわい性台木を利用したモモの2本主枝整枝、文室ら(1987)のカキ「富有」の2本主枝仕立て、Huttonら(1987)、Van den Endeら(1987)、Van Heekら(1980)などによるモモ、ナシなどの機械収穫を目的としたTatura-trellisなどの報告がある。わい性台リンゴを用いて検討したものではRobinsonら(1991a; 1991b; 1991c)の報告があるが、Y字形と主幹形を物質生産の面から比較検討したものはまだみあたらない。

果樹の物質生産については、ブドウで高橋(1986)が、ナシでは小豆沢ら(1983)、イチジクでは株本(1986)、倉橋ら(1989a)、クリでは荒木(1981)、キウイフルーツでは末沢ら(1991)の報告があり、リンゴでは鎌倉ら(1986)、福田ら(1987; 1991; 1992; 1993)、小池ら(1990)などの報告があるが、Y字形と主幹形リンゴ樹についての、生育、収量、乾物生産や光環境などの物質生産的な観点から研究を行った例は見当たらない。また、日本の西南暖地におけるリンゴ栽培の研究も少ない。このような状況から本研究は西南暖地において効率よくリンゴ栽培を行うにはどのような栽培方法をとればよいかを明らかにするために、1984年から10年間にわたり一連の研究を行ってきた(倉橋ら, 1989b; 1990; 1991; 1992a; 1992b; 1994a; 1994b; 1995a; 1995b; 1995c; 1995d)。本稿はそれらの結果を総合的に取りまとめたものである。

第1章にY字形の樹形と棚の構造について述べ、第2章ではY字形と主幹形のリンゴ「ふじ」における果実収量と品質を、また、第3章では整枝法の違いを純生産量と果実への分配率の面から比較検討した。第4章ではリンゴの果実や樹体の乾物生産の季節変化について検討し、第5、6章では、収量、果実品質および乾物生産の違いがどこから生ずるかを明らかにするために、第5章では光合成器官である葉面積の拡大の季節変化と、整枝法による葉面積の拡大の違いを明らかにし、第6章では光環境と光合成特性の違いを検討した。第7章では最適LAIを明らかにし、第8章では作業能率について比較検討した。

本研究を遂行するに当たり懇篤なるご指導とご教示を賜った鳥取大学教授田辺賢二博士、同高橋国昭博士に衷心より御礼申し上げる。本研究を遂行するに当たり懇切なるご指導を賜った島根大学教授山村 宏博士に厚くお礼申し上げます。また、本稿のご校閲を賜った島根大学名誉教授内藤隆次博士および岡山大学助教授村井 保博士に対し深く感謝の意を表す。また、研究実施に当たり適切なお助言と御協力をいただいた島根県農業試験場果樹科長小豆沢 斉博士、鳥取大学講師田村文男氏に厚くお礼申し上げます。また、島根県農業試験場果樹科主任研究員山本孝司氏、安田雄治氏、同研究員持田圭介氏、岡本 敏氏、梅野康行氏、企画推進課専門技術員今岡 昭氏には多くの協力を戴いた。さらに、島根県農業試験場果樹科職員や元職員並びに鳥取大学園芸研究室学生各位からもご援助戴いた。記して深く感謝の意を表す。

第1章 Y字形棚整枝における樹形と棚の構造

リンゴのわい化栽培の樹形は、側枝を主幹に直接配置する細型紡錘形の主幹形が一般的に行われており、この樹形やトレリス棚の構造については多くの報告(津川, 1984; 小池, 1985; Forsheyら, 1992)がある。ところが、Y字形における樹形や棚の構造について報告したものはみあたらない。本章では、栽植方法、樹形やY字棚の構造について述べる。

第1節 Y字形棚の構造と栽植方法

図1にY字形と主幹形における樹冠の基本構造を示した。Y字形は並木植えの2本主枝とし、

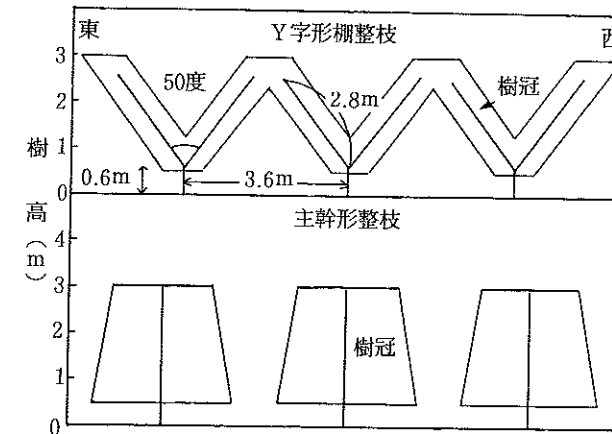


図1 Y字形棚整枝と主幹形整枝における樹冠の模式図

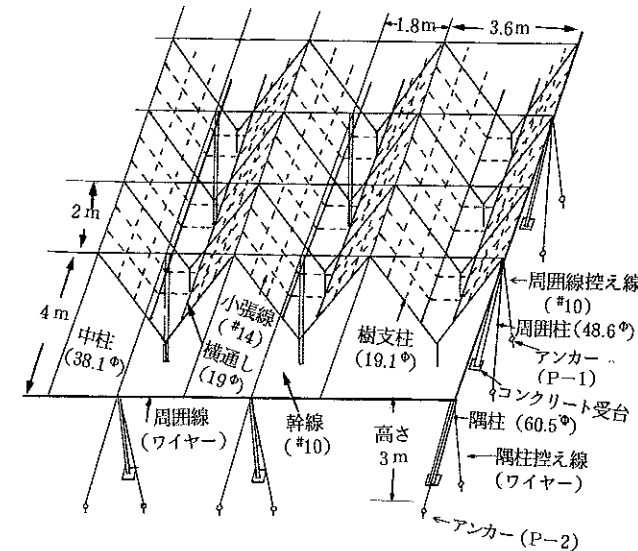


図2 リンゴY字形棚(ネット兼用棚)

植え付け間隔は条間3.6m, 株間2mで、樹列の方向は受光効率のよい南北方向とした。Y字形の樹形は、2本の主枝を地上0.6mから高さ3.0mのY字棚の先端まで、地表面に対して約50度の角度で伸ばし、連続したV字形の棚になるように設計した。一方、主幹形は植え付け間隔を条間3.6m, 株間2mとし、樹高は3mとした。

Y字形、主幹形とも、当果樹園場に、「ふじ」(台木M.26/マルバカイドウ、以下M.26中間台木)を約20cmのM.26中間台木が半分程度地面下になるようにして、1984年3月に植え付けた。供試園は北へ1度、東へ4度下がる総合傾斜5度の園で、防風と鳥虫害防止を兼ねて全体を6×4mmメッシュの白色の寒冷しゃ

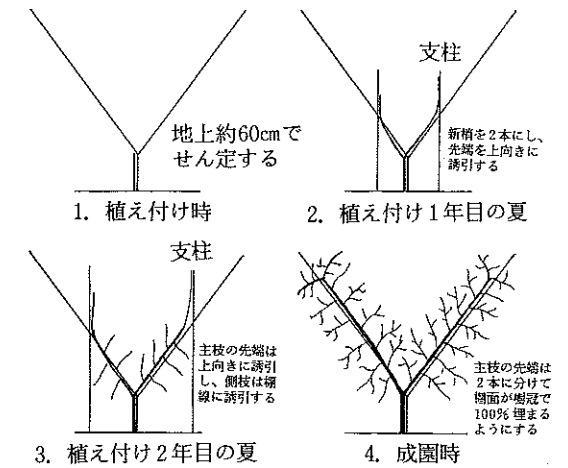


図3 Y字形棚整枝樹の樹形の作り方

で覆った。栽培管理は両整枝法とも島根県の果樹栽培指針に準じて行った。

図2にY字形の防鳥防虫用の網掛け栽培が可能な兼用棚を示した。棚の高さは老人や婦女子が作業しやすいように高さを3mに制限した。網棚は、ブドウ棚と類似したもので、園の周囲、高さ3mに周囲線を張り、南北2m, 東西1.8mごとに幹線を張った。そして、植え列に対して直角になるように幹線で鉄パイプ2本をY字形に組み、パイプの上端を棚の幹線に固定した。さらに、Y字形のパイプには横通しパイプを通し、縦横に針金(12番線)を張って、棚面をV字形の棚とした。

第2節 樹形の構造

Y字形の樹形の作り方の概要は図3に示した。

1. 植え付け1年目

苗木は植え付け後、地上60cm程度でせん定した。新梢が20~30cm伸長した頃、先端から発生した最も生育のよい新梢を第1主枝とし、先端部が垂直になるように支柱に誘引し、第1主枝より下部から反対方向へ発生した第1主枝の1/2~3/4の太さの新梢を第2主枝とし、やや斜めに誘引した。

2. 植え付け2~3年目

冬のせん定時には、両主枝とも全長の3/4程度が残るように切り返して、先端を垂直に誘引した。主枝の先端の新梢は、生長に応じて垂直になるように誘引し、主枝の上面からでた新梢は早めにせん除する。そして、横や下から発生した新



図4 Y字形区10年目の冬、せん定前の状況 (1993年2月)

梢は、側枝にするために棚面へ水平に誘引した。
3. 植え付け4年目～若木

地上約0.6mの高さで分岐した2本の主枝は、地表面に対して約50度の角度で東西に向けて伸ばし、主枝の先端が高さ約2.5mに届いたところでさらに2本に分岐させて、棚全面に新梢を発生させるような構造にした。側枝は、主枝の真横～やや下部に発生し、径が主枝の1/2以下のものを1主枝当たり20本程度残した。

4. 成木

成木になると、図4のような樹形となる。側枝はせん定時に隣接樹と先端が交差しない程度に切り戻した。また、4～5年経ると、主枝基部から発生する結果枝が少なくなるので主枝先端を強く切り返し、新梢の発生を促した。1年間の新梢の誘引および夏季せん定の回数はY字形が3回、主幹形は1回であった。

第3節 考察

M.26中間台木‘ふじ’における主幹形の植え付け間隔は、長野県(小池, 1985)や青森県(青森県農林部リンゴ課, 1993)では2×4mがよいとしている。ところが、島根県では、主産地の青森県や長野県と比べて、平均気温が高く、雨も多いためか、新梢が伸びすぎるので、2.5×5m程度とやや広いほうがよいようである。

Y字形は主枝が2本であり、樹冠の下から作業ができるため、主幹形より若干樹間隔を狭くして条間3.6m×株間2mとした。しかし、植え付けて4～5年目ごろに主枝の先端が隣接樹と

交差してくるので、条間はやや長くして、4.5～5×2m程度の植え付け間隔が良い。

土屋(1987)によれば、わい性台木の目標樹高は、ヨーロッパから導入当時には3.0～2.5mとしていたが、実際に栽培してみると、日本は雨が多いため、樹が予想より大きくなった。長野県や青森県におけるM.9、M.26台木の主幹形の園の樹高は、ほとんどが4m以上である。島根県や鳥取県などの暖地では5m程度とさらに高く、作業性が非常に悪い。そこで、Y字形の棚の高さは1m程度の脚立で、すべての作業が安全に能率良くできるように3mとした。

樹列の方向について久米ら(1987)は、リンゴのヘッジロー仕立ての東西樹列植えでは、樹冠の上下とも樹列の南側の光量が常に北側より高いと報告している。Jackson(1972)はリンゴの樹形モデルと受光量の調査を行い、列方向は、南北が東西より光の利用効率がよいと報告している。Y字形では東西列方向は、Y字形棚の片面だけよく光が当たるのに対して、南北列方向ではY字形棚の両面ともほぼ同じように光が当たるので、Y字形の樹列方向も主幹形と同様に南北向きが良いと考えられる。

樹形の作り方についてみると、林(1960)は日本ナシの収量を高めるためには、園内に空間を作らないようにして葉を隅々まで展葉させて、土地の利用効率を100%まで高める。そして、早く葉を展葉させて太陽光線を受け止める期間を長くして、葉層に適度な厚みを持たせることが大切であると報告している。こういう観点からY字形の樹形の作り方を考えると、せん定は適度に弱くして、若木のうちからできるだけ早く棚面を葉で埋める。そのために、主枝はせん定の基本である三角形の樹形にするのではなく、図3のように先端を2本に分岐させて棚面を100%埋めるようにする。

リンゴもナシと同様に、強風による落果が多い。特に、台風の常襲地帯である西南暖地では、棚仕立てによって台風による落果を軽減することができると考えられる。ちなみに、史上最強といわれた1991年9月の台風19号のとき、当場のリンゴ園の落果被害は、網で覆われていることもあって少なかったが、落果率は主幹形の8%と比べると、Y字形は5%でさらに少なかった(倉橋, 1992b)。

第Ⅱ章 Y字形棚整枝樹および主幹形整枝樹‘ふじ’における果実収量と品質の比較

本章では、Y字形棚整枝と主幹形整枝の並木植え栽培を行い、収量、果実品質の年次変化について比較検討した。

第1節 材料および方法

試験には、当场果樹圃場の1984年春植えの



図5 9年生M.26中間台木Y字形樹‘ふじ’



図6 9年生M.26中間台木主幹形樹‘ふじ’

M.26中間台木樹‘ふじ’をY字形区(図5)で72本、主幹形区(図6)では36本用いた。収量および果実品質の調査は全樹について行い、葉面積、樹冠占有面積などの調査は各年に平均的な3～5樹を選んで行った。果実品質の調査は、各樹から無作為に20個採取し、果皮色は表面色を農林水産省果樹試験場基準のカラーチャート値で求めた。果肉硬度は果実縦断面の赤道部をマグネステレー硬度計(7/16インチプランジャー)で測定した。果実を1/8程度の縦断果肉片にして果皮と果心を取り除き、ジュースで果汁を採取し、糖度は屈折糖度計(アタゴ製)で測定し、滴定酸含量は0.1規定水酸化ナトリウムで中和滴定を行い、リンゴ酸含量に換算して示した。平均果重は収穫全重量を収穫個数で除して求めた。

葉面積を測定するために、落葉前に樹全体を透明寒冷しゃで覆い、全葉を採取した。そして、その約10%を抽出して、葉面積を葉面積計(林電工製AAC-400)で測定した。そして、これを風乾して乾物重を求め、単位乾物重当たりの葉面積を計算した。残りの葉はすべて風乾して乾物重を求め、これらの値をもとに全葉面積を算出した。樹冠占有面積は、植え付け間隔である3.6×2mの長方形を幹が中心となるように地面に描き、この中に投影される面積とし、樹冠占有面積率は、この長方形に占める樹冠占有面積の割合で示した。

第2節 結果

1. 収量の年次変化

整枝法の違いが収量に及ぼす影響について年次別に調査した結果は図7に示すとおりである。

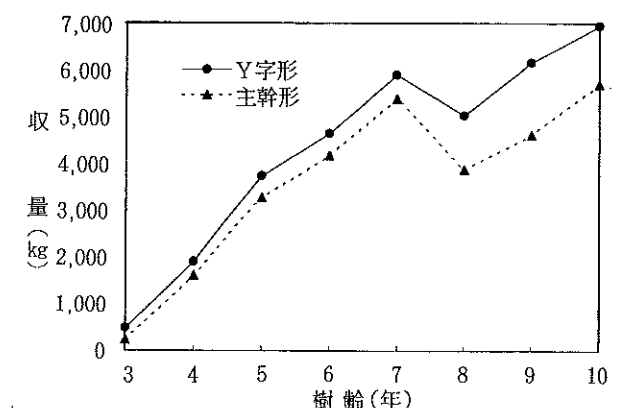


図7 整枝法の違いがM.26中間台木樹‘ふじ’の収量の年次変化に及ぼす影響

表1 整枝法の違いがM.26中間台木樹‘ふじ’の果実品質の年次変化に及ぼす影響

年		1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993
樹 齢		3	4	5	6	7	8	9	10
1果重 (g)	Y字形	346.2	293.7	309.4	313.5	274.8	325.8	326.8	348.6
	主幹形	327.8	291.9	344.4	333.9	295.9	329.3	304.5	354.0
	有意差 ^z	NS	NS	**	*	*	NS	*	NS
果 色 (カラー チャート値)	Y字形	—	3.6	3.3	3.6	2.9	3.0	3.7	3.9
	主幹形	—	2.7	2.9	2.6	2.4	1.9	2.9	3.0
	有意差 ^z	—	**	NS	**	*	**	*	**
Brix値 (%)	Y字形	15.6	15.2	13.1	14.4	14.8	14.0	14.6	14.0
	主幹形	14.9	15.0	12.8	14.2	13.7	13.0	13.7	13.5
	有意差 ^z	NS	NS	NS	NS	*	*	*	NS
リンゴ酸 (g/100ml)	Y字形	0.40	0.38	0.40	0.40	0.32	0.39	0.46	0.35
	主幹形	0.38	0.38	0.40	0.44	0.31	0.33	0.40	0.35
	有意差 ^z	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

^z ** ; $P < 0.01$, * ; $0.01 < P < 0.05$, NS ; 有意差なし

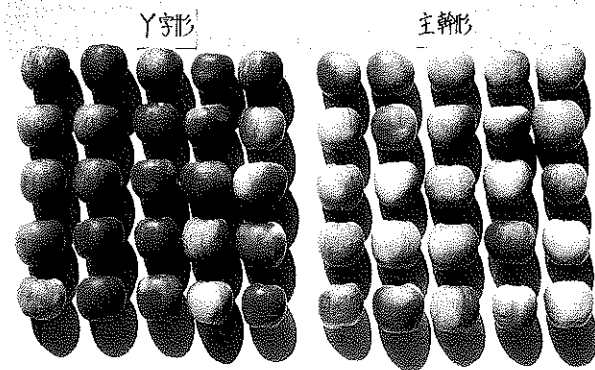


図8 Y字形区と主幹形区‘ふじ’における果実の比較

収量はY字形区、主幹形区ともに7年生までは年とともに増加し、5t/10a程度になった。8年生では台風19号の被害を受けたためにやや減少したが、9～10年生では再び収量は増加した。Y字形区と主幹形区を比較してみると、調査を開始してから8年間つねにY字形区が多かったが、特に8～10年生でその差が顕著であった。10年生におけるY字形区の収量は6.92t/10aで、主幹形区の約1.2倍であった。

2. 果実品質の年次変化

整枝法の違いが果実品質に及ぼす影響を表1と図8に示した。平均果重と滴定酸含量では、整枝法の違いによる有意な差は認められなかった。しかし、果皮色は5年生時を除き、有意な差が認められ、Y字形区の方が高かった。糖度は各年ともY字形区の方が高く、7～9年生では有意な差が認められた。

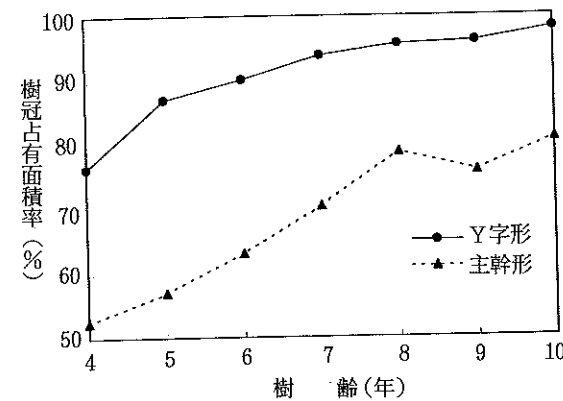


図9 整枝法の違いがM.26中間台木樹‘ふじ’の樹冠占有面積率の年次変化に及ぼす影響



図10 Y字形区における樹列間の空間 (1994年5月22日)

3. 樹冠占有面積率、葉面積指数 (LAI) の年次変化

図9は整枝法の違いが樹冠占有面積率の年次変化に及ぼす影響について示したものである。Y字形区の樹冠占有面積率は4年生樹で75%程

度になり、その後も増加し続け、6年生樹で90%程度、10年生では98%となり、成園に近い状態になった。これに対して、主幹形区は、Y字形区に比べて相当低く、4年生で52%であり、その後徐々に増加したが、10年生でも約81%にとどまった。

図10には10年生‘ふじ’の5月22日におけるY字形の樹冠を示したが、この時点で園が樹冠でほぼ完全に覆われていた。

図11は10年生‘ふじ’の5月22日における主幹形の樹冠を示したが、主幹形では樹の間に空いた空間が認められる。その原因は主幹形は作業するための空間が必要のため、樹列間を空ける必要があるからである。

整枝法の違いがLAIの年次変化に及ぼす影

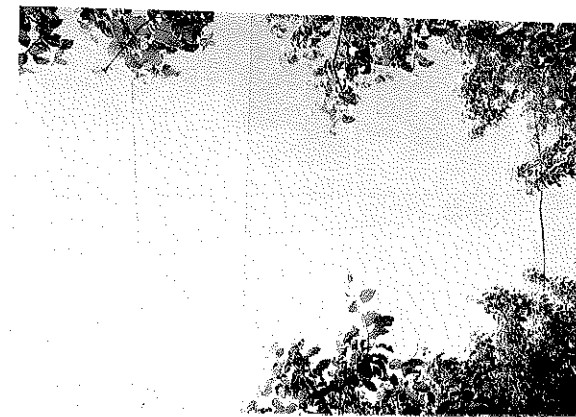


図11 主幹形区における樹列間の空間 (1994年5月22日)

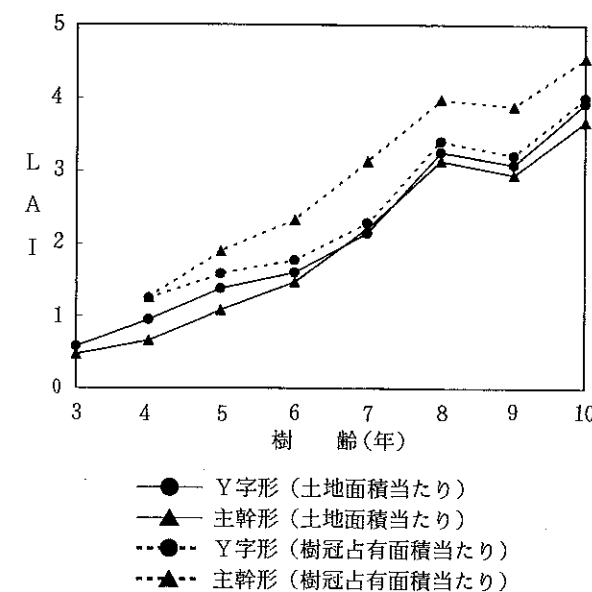


図12 整枝法の違いがM.26中間台木樹‘ふじ’のLAIの年次変化に及ぼす影響

響について示すと図12のとおりである。LAIはY字形区、主幹形区とも樹齢とともに増加し、8年生で3程度になった。整枝法で比較してみると、6年生まではY字形区が主幹形区に比べてやや高い傾向にあったが、7年生以後はほぼ同じ値になった。樹冠占有面積当たりのLAIは5年生以降つねに主幹形区がY字形区より高く、10年生では約1.2倍となった。

第3節 考 察

果樹の仕立て方には立木仕立て、棚仕立て、垣根仕立てなどがあるが、平棚仕立てについて高橋(1989)は、樹冠占有面積率の面で有利であると述べ、ニホンナシでは金戸ら(1968)、岸本ら(1971)が、果実への分配率が高いため収量、平均果重で優れているとしている。さらに、棚仕立ては立木仕立てに比べて、樹高が低い作業が安全に能率良くできるという利点がある。

リンゴの収量については、菊池ら(1987)が青森県内の8～11年生のわい化密植リンゴ園における‘ふじ’(M.26台)の10a当たり収量を調査した結果、最大5.4t、最小1.8t、平均3.7tであった。福田ら(1987)はM.26台‘ふじ’を用いた13年間の台木試験結果から、4t以上の収量をあげたのはわずか2年間のみであったとしている。また、小池ら(1990)は、長野県ではM.26台‘ふじ’で4～5t/10aを目標としている。本結果では、主幹形区で6年生以降4～5tの収量が得られ、ほぼ長野県の目標収量に近い値を得た。これに対して、Y字形区は6年生が4.5t、7年生が5.9tであり、1991年に台風19号の被害を受けた8年生では5.1tとやや減少したが、10年生は6.9tと、明らかに主幹形区より高収量が得られ、岸本ら(1971)のナシの報告と一致した。

果実品質についてみると、文室ら(1987)は、カキ‘富有’でY字形に類似した2本主枝仕立ては大果が多く、品質の変動が少なかったとし、岸本ら(1971)は‘長十郎’の棚仕立ては立木仕立てに比べ平均果重が大きいと報告している。本報告ではY字形区と主幹形区による平均果重の差を認めなかったが、果実糖度はいずれの年もY字形区の方が高く、特に7～9年生では有意に高かった。このようにY字形区は主幹形区に比べて、果実品質が優れることが明らかとなった。

Y字形区は主幹形区に比べて、収量や果実品質が優れたが、この原因についてLAIと樹冠占有面積率を中心に解析すると次のようである。わい性台を利用した主幹形並木植えのリンゴ園におけるLAIについての報告は、8年生M.9台木‘ふじ’の4×2m植えで2.39(福田ら, 1991), 9年生M.26台木‘ふじ’の4m×1.5m植えで2.4(Koikeら, 1988)などがあるが、いずれも2.0~2.5の範囲となっている。本報告では土地面積当たりのLAIは、Y字形区、主幹形区とも8, 9年生樹では3程度、10年生ではY字形が3.9, 主幹形が3.7となり、従来の報告より高かった。また、樹冠占有面積当たりのLAIは10年生樹で、主幹形区が4.5とY字形区より1.2倍高かった。栽植本数や樹齢を考慮しても、本結果の値が先の報告例の値よりも高いのは、西南暖地のため樹の生育が著しく旺盛であることに基づくものと考えられる。このように、Y字形は主幹形に比べ、土地面積当たりのLAIはほぼ同じであったが、樹冠占有面積当たりのLAIは低かった。

Y字形は棚仕立てであるため、冬季には、結果枝を園全体にゆきわたるように整枝せん定し、夏季には新梢が混まないように誘引して、園内に葉層を均一に配置することができる。それに対して、主幹形では作業をするために列間に葉層のない空間をとる必要があり、樹冠占有面積率は50~80%にとどまる。そのため、葉層の部分は縦に厚く、樹冠占有面積当たりのLAIが著しく高くなって、無効葉が多くなると考えられる。以上より、Y字形区が主幹形区より収量が多く、果実品質が優れるのは、Y字形区が棚仕立てで樹冠占有面積率が高く、葉層が均一で光環境が優れているためと考えられる。

第三章 Y字形棚整枝樹および主幹形整枝樹‘ふじ’における乾物生産と器官別分配の比較

リンゴの物質生産については、Forsheyら(1970; 1983), 鎌倉ら(1986), 小池ら(1990), 福田ら(1987; 1991; 1992; 1993)の報告があるが、整枝法(Y字形と主幹形)と物質生産の関係について検討した研究例はみあたらない。



図13 10年生M.26中間台木Y字形樹‘ふじ’の収穫直前の状況(1993年11月1日)



図14 10年生M.26中間台木主幹形樹‘ふじ’の収穫直前の状況(1993年11月1日)

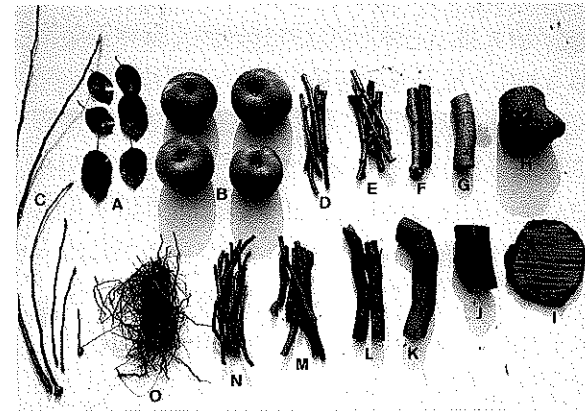
本章では、Y字形区が主幹形区に比べ、収量が多かった原因を物質生産の観点から明らかにするために、両整枝樹を解体調査して、各々の乾物生産と器官別分配率について比較検討した。

第1節 材料および方法

試験は1993年に行った。供試樹には、当果樹園場に1984年春定植した10年生のM.26中間台木Y字形樹(図13)と主幹形樹‘ふじ’(図14)をそれぞれ5樹用いた。

収穫は11月1~15日に行い、果実品質の調査は11月4日に各樹から無作為に20果採取して行った。その他の調査方法は第II章に準じた。

1993年11月16日に各樹を掘り上げ、図15のように地上部は葉、新梢、旧枝(5mm以下、5~10mm、10~20mm、20~40mm、40mm以



- | | |
|----------------|----------------|
| A: 葉 | I: 旧根(根冠) |
| B: 果実 | J: 旧根(40mm以上) |
| C: 新梢 | K: 旧根(20~40mm) |
| D: 旧枝(5mm以下) | L: 旧根(10~20mm) |
| E: 旧枝(5~10mm) | M: 旧根(5~10mm) |
| F: 旧枝(10~20mm) | N: 旧根(2~5mm) |
| G: 旧枝(20~40mm) | O: 新根(2mm以下) |
| H: 旧枝(40mm以上) | |

図15 解体調査したリンゴ樹の各器官(1993年11月17日)

上)に分類し、地下部は可能な限りていねいに掘り取って水洗し、2時間程度風乾して、旧根(2~5mm, 5~10mm, 10~20mm, 20~40mm, 40mm以上, 根冠)と新根(2mm以下)に分類した。地上部、地下部ともそれぞれの生体重を測定後、約200gを採取して、細かく切り刻み、90℃で3~4日乾燥した後、105℃で2~3時間乾燥し、これを一定量になるまでくり返し、乾物重を測定して乾物率を求めた。

各器官の乾物重は生体重に乾物率を乗じて求め、それらの合計を1樹当たりの現存量とし、10a当たりの植え付け本数の139本を乗じて、10a当たりの換算現存量とした。また、摘果した果実、夏季せん定した葉や新梢および生育途中で脱落したものも回収し、各器官の乾物重に加えた。純生産量は果実、葉、新梢、新根の乾物重に旧枝、旧根の当年生長部分(新生部)の乾物重を加えて算出した。旧枝、旧根における当年生長部分の乾物重は、平均的な太さの部分を円板状に切り、当年と前年までの年輪幅から面積比を求めて計算した。

幹周は接木部より約10cm上部を測定した。葉面積は供試樹の全葉を採取したのち、その約10%を抽出して、葉面積計(林電工製 AAC-400)で葉面積を測定した。さらにこれを乾燥し、乾物重を測定して、単位乾物重当たりの葉面積を求めた。この値をもとに残りの葉の乾物

表2 整枝法の違いがM.26中間台木樹‘ふじ’の生育と収量に及ぼす影響(1993)

整枝法	樹数	幹周	平均新梢長	新梢数/樹	樹冠占有面積	葉面積/樹	LAI	着果数/樹	収量/樹	収量/10a	花芽数/樹
	本	cm	cm	本	m ²	%	m ²	果	kg	kg	個
Y字形	5	30.6	14.0	1,380	7.06	98.1	28.31	143.6	50.0	6,945	710.0
主幹形	5	30.8	15.5	1,156	5.83	81.0	26.52	112.8	41.1	5,710	414.5
有意差 ^z		NS	NS	NS	**	**	NS	**	**	**	**

^z **: P<0.01, *: 0.01<P<0.05, NS; 有意差なし

表3 整枝法の違いがM.26中間台木樹‘ふじ’の果実品質に及ぼす影響(1993)

整枝法	1果重	果色 ^z	硬度	Brix値	リンゴ酸
	g		lbs	%	g/100ml
Y字形	348.6±4.4 ^y	3.9±0.1	12.5±0.1	14.0±0.3	0.35
主幹形	354.0±8.5	3.0±0.1	12.9±0.1	13.5±0.2	0.35

^z 農林水産省果樹試験場基準カラーチャート値

^y 平均値±標準誤差

重から全葉面積を算出した。また、樹冠占有面積率は第Ⅱ章の方法で求めた。花芽数は満開期の4月21日に測定した。

第2節 結 果

1. 生育と収量および果実品質の比較

Y字形区と主幹形区における生育状況、土地面積当たりの葉面積指数(LAI)および収量などを表2に示した。幹周、平均新梢長、1樹当たりの新梢数では、Y字形区、主幹形区の間で有意差が認められなかった。供試5樹の調査結果から換算した樹冠占有面積率はY字形区が98.1%で、主幹形区の81%より1.2倍高く、両者の間に有意差が認められた。1樹当たりの葉面積および土地面積当たりのLAIでは有意差が認められなかった。10a当たりの収量はY字形区が6,945kgで、主幹形区より20%以上多く、着果数と同様有意に多かった。また、葉面積1m²当たりの換算収量ではY字形区、主幹形区間に有意差は認められなかった。1樹当たりの花芽数はY字形区が710個で主幹形区より1.7倍多く、有意差が認められた。

Y字形区と主幹形区の果実品質調査の結果は表3のとおりである。平均果重はY字形区、主幹形区とも350g前後ではほぼ同じであった。果色指数値はY字形区が3.9で主幹形区の3.0より

明らかに高く、果実硬度はY字形区が低かった。果実糖度はY字形区が14%で、主幹形区の13.5%よりやや高かった。滴定酸度には整枝法の違いによる差異は認められなかった。

2. 乾物生産と器官別分配率の比較

Y字形区と主幹形区の10a当たり換算現存量は表4に示した。換算現存量はY字形区が4,838kg/10aで、主幹形区より16%多く有意差が認められた。地上部現存量では、Y字形区が3,766kg/10aで主幹形区より15%多く、また、器官別にみると、果実はY字形区が1,198kg/10aで、主幹形区の835kg/10aに比べて43%も多かったが、葉、新梢、旧枝には有意差が認められなかった。地下部全体の現存量では整枝法による差は認められなかったが、新根に限れば、Y字形区の方が有意に多く、主幹形区の1.7倍であった。

Y字形区と主幹形区における10a当たりの換算純生産量は表5に示したとおりである。純生産量はY字形区が2,417kg/10aであり、主幹形区の1,959kg/10aより23%多かった。そのうち、地上部の純生産量はY字形区が2,107kg/10aで、主幹形区のそれより22%多かった。器官別の純生産量では、果実と新根などの新器官では整枝法による有意差を認めたが、旧器官の旧枝と旧根では有意差は認められなかった。

表4 整枝法の違いがM.26中間台木樹‘ふじ’の10a当たりの器官別乾物重に及ぼす影響(1993)

整枝法	地 上 部 (kg/10a)					地 下 部 (kg/10a)			総合計 (kg/10a)
	果実	葉	新梢	旧枝	合計	直径 ≥2mm	直径 <2mm	合計	
Y字形	1,197.9	344.4	216.3	2,007.5	3,766.1	977.5	94.6	1,072.1	4,838.2
主幹形	834.8	304.2	235.6	1,912.2	3,286.8	832.7	54.9	887.6	4,174.4
有意差 ^z	**	NS	NS	NS	*	NS	**	NS	*

^z **: P<0.01, * ; 0.01<P<0.05, NS ; 有意差なし

表5 整枝法の違いがM.26中間台木樹‘ふじ’の10a当たりの器官別純生産量に及ぼす影響(1993)

整枝法	地 上 部 (kg/10a)					地 下 部 (kg/10a)			総合計 (kg/10a)
	果実	葉	新梢	旧枝	合計	直径 ≥2mm	直径 <2mm	合計	
Y字形	1,197.9	344.4	216.3	348.7	2,107.3	214.7	94.6	309.3	2,416.6
主幹形	834.8	304.2	235.6	347.4	1,722.0	182.3	54.9	237.2	1,959.2
有意差 ^z	**	NS	NS	NS	*	NS	**	NS	*

^z **: P<0.01, * ; 0.01<P<0.05, NS ; 有意差なし

表6にはY字形区と主幹形区の純生産の器官別分配率を示した。純生産の地上部器官への分配率は、Y字形区が87.2%、主幹形区が88.0%であり、有意差は認められなかった。また、器官別にみると、純生産の果実への分配率はY字形区が49.5%で、主幹形区より有意に高く、葉への分配率はY字形区が14.3%、主幹形区が15.4%であり、有意差は認められなかった。純生産の新梢への分配率はY字形区が9.0%で主幹形区より有意に低く、旧枝への分配率もY字形区が14.4%で主幹形区の17.6%に比べ有意に低かった。地下部についてみると、純生産の旧

根への分配率はY字形区が8.9%、主幹形区は9.2%であり、有意差は認められなかった。しかし、新根はY字形区が4.0%で主幹形区の2.9%に比べ有意に高かった。

3. 生育と乾物生産および器官別分配率の相互関係

表7には整枝法の違いを無視して全供試樹のLAI、収量、純生産量などの主な生育調査項目相互の単相関を示した。幹周は総新梢長および総乾物重との間に正の有意な相関が認められ、総新梢長はLAI、総乾物重および純生産量との間に正の有意な相関が認められた。また、樹

表6 整枝法の違いがM.26中間台木樹‘ふじ’の器官別分配率に及ぼす影響(1993)

整枝法	地 上 部 (kg/10a)					地 下 部 (kg/10a)		
	果実	葉	新梢	旧枝	合計	直径 ≥2mm	直径 <2mm	合計
Y字形	49.5	14.3	9.0	14.4	87.2	8.9	4.0	12.8
主幹形	43.1	15.4	11.8	17.6	88.0	9.2	2.9	12.0
有意差 ^z	*	NS	*	*	NS	NS	**	NS

^z **: P<0.01, * ; 0.01<P<0.05, NS ; 有意差なし

表7 生育と乾物生産の各項目との単相関(1993)

	幹 周	平 均 新梢長	総新梢長	樹冠占有 面 積 率	L A I	収 量 /10a	果 実 乾物重	総乾物重
平均新梢長	0.174							
総新梢長	0.788*** ^z	0.129						
樹冠占有面積率	0.268	-0.468	-0.035					
L A I	0.591	-0.024	0.864**	0.053				
収量/10a	0.161	-0.375	0.411	0.767**	0.578			
果実乾物重	0.208	-0.519	0.360	0.855**	0.392	0.905**		
総乾物重	0.753*	-0.195	0.762*	0.308	0.668*	0.838*	0.723*	
純生産量	0.606	-0.352	0.659*	0.551	0.668*	0.838**	0.889**	0.952**

^z **: P<0.01, * ; 0.01<P<0.05

表8 生育と器官別分配率の各項目との単相関(1993)

器官別分配率	幹周	平 均 新梢長	総新梢長	樹冠占有 面 積 率	L A I	収 量 /10a	器 官 別 分 配 率			
							果実	葉	新梢	旧枝 (≥2mm)
果 実	0.601	-0.513	-0.387	0.894*** ^z	-0.303	0.514				
葉	0.450	0.346	0.598	0.588	0.556	-0.242	0.196			
新 梢	0.454	0.541	0.449	-0.863**	0.351	-0.483	-0.906**	0.871**		
旧 枝	0.457	0.457	0.016	-0.722*	-0.306	-0.682*	-0.659*	0.135	0.490	
地下部≥2mm	0.432	0.057	0.144	-0.234	0.419	0.192	0.306	-0.425	0.036	0.170
地下部<2mm	-0.394	-0.353	-0.270	0.430	-0.014	0.269	0.393	0.050	0.359	-0.251

^z **: P<0.01, * ; 0.01<P<0.05

冠占有面積率は収量および果実乾物重との間に正の有意な相関が認められた。10a当たりの換算収量は果実乾物重、総乾物重および純生産量との間に正の有意な相関関係が認められた。そして、総乾物重は純生産量との間に正の有意な相関が認められた。

表8には整枝法の違いを無視して、全供試樹の生育、LAI、収量などの主な生育調査項目と純生産の器官別分配率との単相関を示した。純生産の果実への分配率は樹冠占有面積率との間に正の有意な相関が認められた。純生産の新梢への分配率は葉への分配率との間に正の有意な相関、樹冠占有面積率および果実への分配率との間には負の有意な相関が認められた。また、純生産の旧枝への分配率は樹冠占有面積率、収量、果実への分配率との間に負の有意な相関が認められた。旧根、新根への分配率はどの要素とも有意な相関関係が認められなかった。

第3節 考 察

村田ら(1976)は、作物の生産力には広義と狭義の意味があり、広義には単位土地面積、一定期間当たりの純生産量を意味し、狭義には収量として収穫の対象となる部分のみを示し、前者を乾物生産力、後者を収量生産力と定義している。果樹の物質生産についても同様で、収量生産力は単位土地面積当たりの純生産量と果実への分配率によって支配される。

まず、Y字形区と主幹形区の純生産量について比較してみると、Y字形区の換算純生産量は2,417kg/10aで主幹形区の1,959kg/10aより23%多く、純生産量と正の相関が認められる生育項目は、総新梢長、LAI、収量であった。このうち、LAIはY字形区が3.93で、主幹形区の3.68より6.8%高かったが、有意差は認められなかった。このように、LAIに有意差が認められないにもかかわらず、Y字形区の純生産量が多くなった理由としては、倉橋ら(1991; 1994a)が報告しているとおり、Y字形区は主幹形区に比較して、早期に樹冠占有面積率が高まり、均一な葉の配置による良好な受光状態が得られ、光合成生産が増加するためと考えられる。

純生産の果実への分配率について考察すると、

林(1960)は、日本ナシの果実への分配率を高めるためには、果そう葉の比率を高めて、早期に葉数を確保し、枝葉への光合成産物の分配を少なくすることが大切であるとしている。また、ブドウでは、適当な長さで生長を停止するような新梢を多くすることが果実への分配率を高めることであるとしている(高橋, 1986)。これらの報告から果樹の効率的生産を考えると、純生産量を増やすために必要な葉面積を早期に確保したのち、枝・幹・根などの果実以外の器官への分配率をできるだけ低くするような栽培が望ましいということになる。さらに、小池ら(1990)によれば、9年生M.26台木‘ふじ’の普通着果樹(葉果比57枚)における純生産の果実への分配率は49%であるのに対し、多着果樹(葉果比25枚)は73%であり、着果量が純生産の果実への分配率に大きな影響を及ぼしていると報告している。

本報告では、Y字形区における純生産の果実への分配率は49.5%で、主幹形区の43.1%に比べ有意に高く、生体重である収量で比較すると、Y字形区は6,945kg/10aで、主幹形区の5,710kg/10aに比べ22%多かった。したがって、Y字形区は小池ら(1990)、福田ら(1991)の報告と同様に着果数が多かったことも純生産の果実への分配率を高くした要因の一つと考えられる。

しかし、主幹形で着果量を多くすれば、果実への分配率は若干高くなるが、果実品質は著しく低下するものと考えられる。

また、純生産の果実への分配率に影響する他の器官について検討した結果、果実への分配率は新梢と旧枝への分配率との間に有意な負の相関が認められた。本研究では、純生産の新梢への分配率はY字形区が9.0%で、主幹形区の11.8%より有意に低く、ブドウ(高橋, 1986)、イチジク(倉橋ら, 1989a)、キウイフルーツ(末澤ら, 1991)などでは、新梢の生長が抑制されるほど純生産の果実への分配率が高いという結果と同様の傾向を示していると考えられる。

次に、純生産の旧器官への分配率についてみると、旧根への分配率はY字形区、主幹形区がそれぞれ8.9%と9.2%で差を認めなかったが、旧枝への分配率はY字形区が14.4%で、主幹形

区の17.6%より有意に少なく、岸本(1978)が日本ナシで、株本(1986)がイチジクで報告しているように、材の発育を抑えて、純生産の旧器官への分配率を少なくすることも、果実への分配率を高める要因と考えられる。このように新梢や旧枝の現存量と純生産量には整枝法による有意差が認められないにもかかわらず、純生産の分配率に差が認められることは、Y字形では徒長枝を夏期せん定し、新梢や旧枝を斜立状の平面棚に誘引することによって、新梢や旧枝の消費生長を抑制するためではないかと考えられる。

以上のように、本研究実施期間の10年間にY字形樹は主幹形樹より樹冠占有面積率の高い広がった樹冠となり、花芽着生が優れ、収量が多かった。このY字形の優れた収量性は、主幹形より年間の純生産量が多く、純生産の果実への分配率の高いこと並びに新梢や旧枝への分配率が低いことに基づくものであるとみなされた。

第IV章 リンゴ‘ふじ’における乾物生産の季節的変化

第III章でY字形棚整枝樹は主幹形整枝樹より乾物生産が多く、果実への分配率が高いと報告したが、樹体やそれぞれの器官が、どの時期にどの程度の乾物を必要としているのかを明らかにする必要がある。第1節では果実の生長について、第2節では若木の器官別乾物生産の季節変化について検討した。

第1節 果実の生長

果実の生体重の生長は、S字状のシグモイド曲線を描いて増加する(横田, 1982; 瀧下ら, 1993)との報告があるが乾物重については言及したものは少ない。また、日本の西南暖地に栽培されたリンゴにおける果実の生長に関する報告もみあたらない。そこで本節では暖地におけるリンゴ果実の生長を外形の生長と乾物重の増加量の両面から検討した。

1. 材料および方法

供試樹は8年生M.26中間台木Y字形樹‘ふじ’である。1991年4月22日から11月6日ま

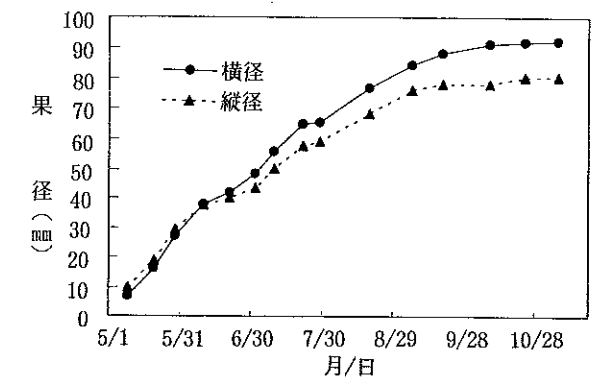


図16 8年生M.26中間台木樹‘ふじ’の果径肥大の季節変化(1991)

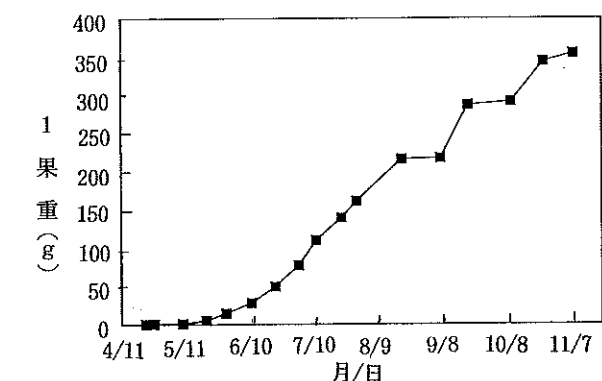


図17 8年生M.26中間台木樹‘ふじ’における1果重の季節変化(1991)

で10~15日の間隔で、果実10個の縦径と横径を経時的に測定した。そして、同時に調査果実とはほぼ同様の径の果実を5果採取し、縦径、横径を測定後、生体重、乾物重を測定した。そして、各時期の1果重、1果乾物重は、採取した果実の径が経時的に調査した果実の径と同じになるように補正した。

2. 結 果

図16には8年生リンゴ‘ふじ’の果径肥大の季節変化を示した。果実の縦径、横径とも二重のS字曲線を描いて増加した。生育初期の5月9日から5月29日までは縦径が横径より大きく、その後は横径が大きくなった。縦径、横径とも6月中下旬と7月下旬にやや停滞したが、10月上旬まで増加し続け、その後は収穫期までほぼ一定であった。

図17には8年生リンゴ‘ふじ’の1果重の季節変化を示した。1果重は6月中旬までは緩やかに増加し、6月中旬頃から増加が急になり、8月下旬と9月下旬にやや停滞したものの収穫

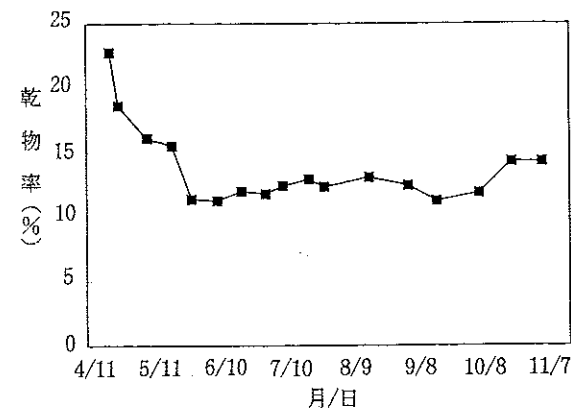


図18 8年生M.26中間台木樹‘ふじ’の果実乾物率の季節変化 (1991)

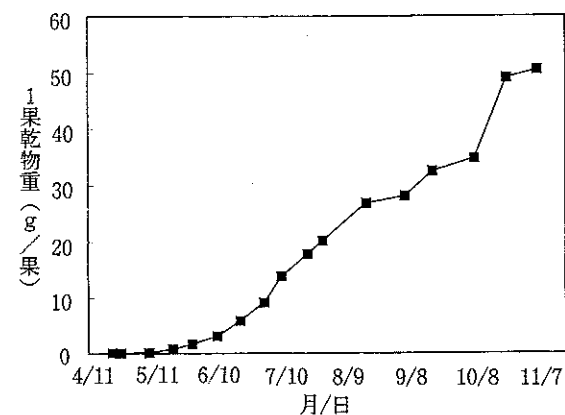


図19 8年生M.26中間台木樹‘ふじ’における1果乾物重の季節変化 (1991)

期まで増加が続いた。

8年生リンゴ‘ふじ’の果実乾物率の季節変化を示したのが図18である。満開期の4月22日の乾物率は23%と高く、その後5月29日まで急激に低下した。その後、5月29日から8月19日にかけて徐々に高くなったものの9月19日まではやや低下し、9月19日から収穫直前の10月24日にかけては再び上昇した。

図19には8年生リンゴ‘ふじ’の1果乾物重の季節変化を示した。1果乾物重は6月中旬までは緩やかに増加し、6月中旬から10月上旬にかけては増加がやや急になり、10月9日から24日には著しく増加した。

第2節 若木における乾物生産の季節変化

リンゴの乾物生産の季節変化については、Forsheyら(1983)が8年生‘McIntosh’の地上部を解体し、収穫期の乾物重は休眠期の

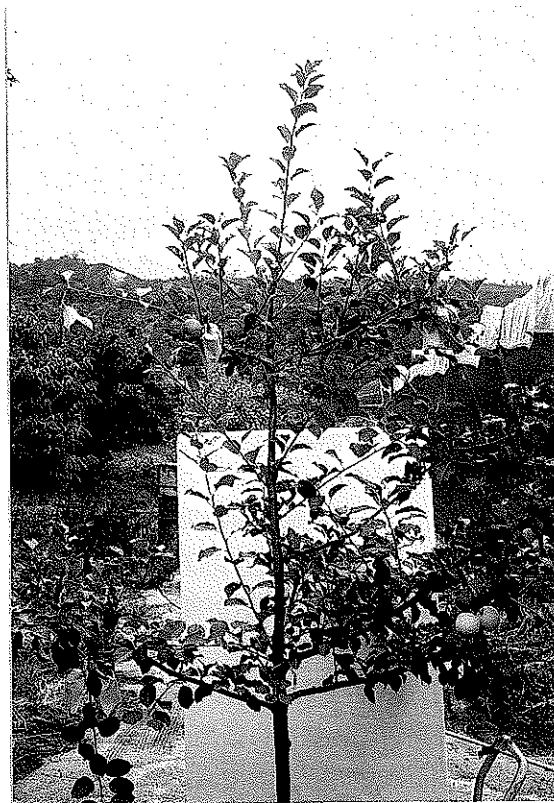


図20 解体調査に用いたM.9中間台木樹‘ふじ’ (1993年8月6日)

124%に増加していたと報告しているが、着果樹の地下部も含めた樹全体における乾物生産の季節変化について検討したものはみあたらない。本節では鉢植えの4年生M.9中間台木樹‘ふじ’を用いて、年間の生育と器官別乾物重の季節変化について検討した。

1. 材料および方法

供試樹はM.9中間台木樹‘ふじ’で、1990年3月にドラム缶半切鉢35個を用い植え付けた。砂1㎡当たり豚糞堆肥を100kgと苦土石灰10kgを加えてよく混合して作った培土を1鉢当たり0.06㎡入れた。1鉢当たりの年間施肥量は高度化成(N:14, P:10, K14)20g, 苦土石灰50g, ナタネ油カス100gであった。また、整枝法は主幹形(図20)としたが、個体間差を少なくするために、植え付け時に母枝の長さを80cmとし、2年目は主枝の先端の母枝長を60cmにして、側枝はすべてせん除した。3年目は主枝の先端の母枝長を40cmに、側枝は40cmの母枝を4本とした。4年目は主枝の先端の母枝長を20cmに、側枝は6本に制限した。

栽培管理は、島根県の基準に基づいて行い、

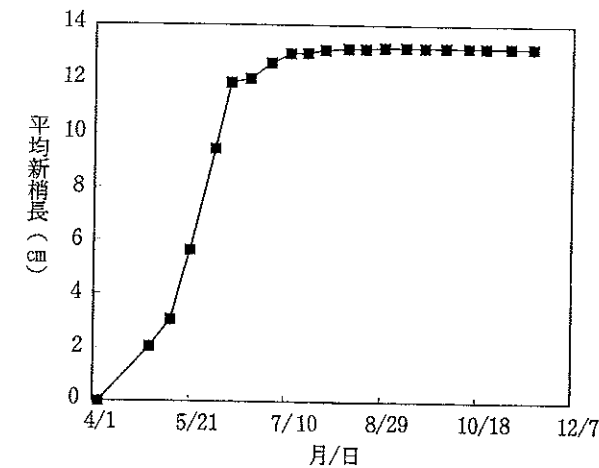


図21 4年生M.9中間台木樹‘ふじ’の新梢長の推移 (1993)

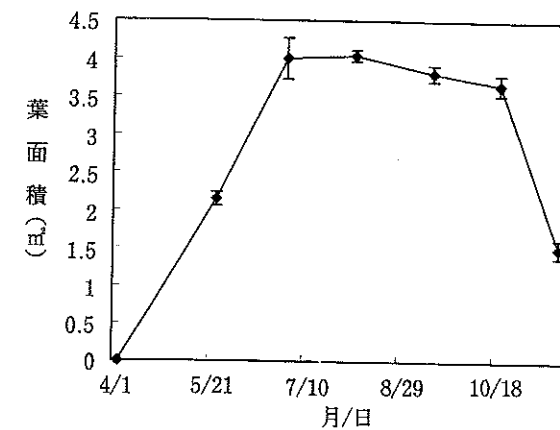


図22 4年生M.9中間台木樹‘ふじ’の1樹当たりの葉面積の推移 (1993)

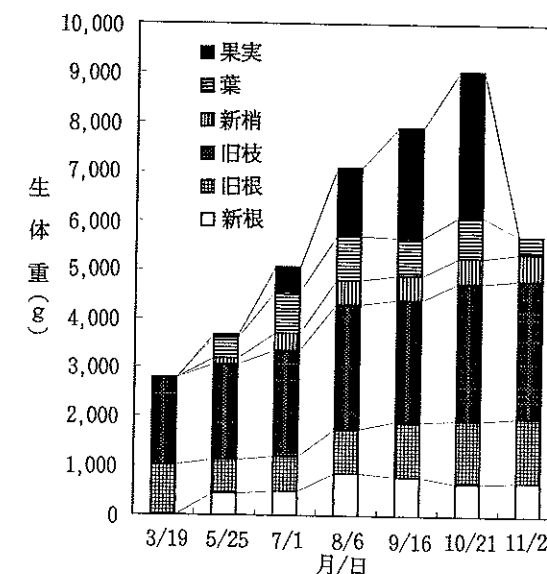


図23 4年生M.9中間台木樹‘ふじ’における1樹当たりの器官別生体重の季節変化(1993)

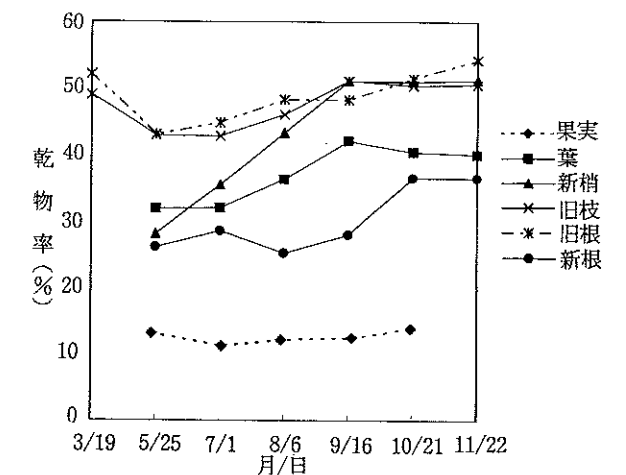


図24 4年生M.9中間台木樹‘ふじ’の器官別乾物率の季節変化 (1993)

着果は1樹当たり10果に制限した。解体調査は1993年3月22日、5月25日、7月1日、8月6日、9月16日、10月21日、11月22日の7回で、各5樹づつ行ったが、各調査時期の個体間差を少なくするために、1993年3月22日に接ぎ木部の上10cmの幹周を測定し、各区の幹周の合計値ができるだけ同じになるように調整した。掘り上げた樹は地上部を果実、葉、新梢、旧枝(5mm以下、5~10mm、10~20mm、20mm以上)に、地下部を旧根(2~5mm、5~10mm、10mm以上、根冠)と新根(2mm以下)に分類し、葉面積や器官別生体重および乾物重などを測定した。純生産量は各調査時期の乾物重から萌芽直前の3月22日の乾物重を差し引いて算出した。

2. 結果

図21には4年生リンゴ‘ふじ’の平均新梢長の推移を示した。平均新梢長は4月上旬から急激に増加し、6月中旬にいったん停止し、その後わずかに伸長して、7月下旬に停止した。

図22には1樹当たりの葉面積の推移を示した。葉面積は4月4日に展葉を開始してから7月1日まで急激に増加した後、収穫期の10月21日まで徐々に減少し、その後は落葉のために急激に減少した。

図23には器官別生体重の季節変化を示した。1樹当たりの総生体重は全体として二重のS字曲線を描き、3月から7月1日まで緩やかに増加したが、それ以降の8月6日までの増加は著しかった。さらに8月6日から9月16日にかけてはやや緩やかで、9月16日から収穫期の10

月21日までは再び著しく増加し、10月21日から落葉期にかけては果実が収穫されたうえに、落葉が伴ったために著しく減少した。器官別にみると、果実は生育初期の増加は少なかったが、7月1日から収穫期までの増加が著しかった。葉は展葉から8月6日までの生育前半に増加し、その後収穫期の10月21日まではほぼ一定で、落葉期にかけて減少した。新梢は展葉期から8月6日までの増加が著しく、それ以降収穫期の10月21日までの増加はわずかであった。旧枝、旧根は5月にいったん減少した後徐々に増加した。新根は生育初期から8月6日まで増加した。

器官別乾物率の季節変化について図24に示し

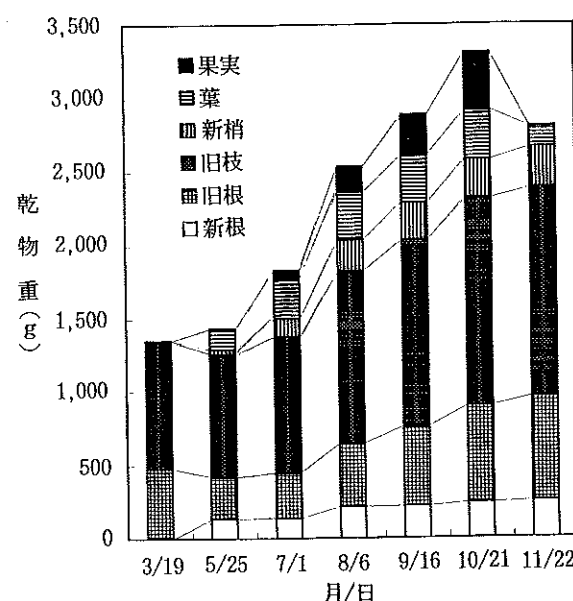


図25 4年生M.9中間台木樹‘ふじ’における1樹当たりの器官別乾物重の季節変化(1993)

た。果実乾物率の変化はわずかであったが、生育初期の5月25日から7月1日にかけてやや減少し、その後収穫期にかけて徐々に高くなった。葉は9月16日に約40%まで上昇した後、落葉期の11月22日にかけてわずかに低下した。新梢は5月25日の27%から9月16日の約50%まで急激に高くなり、その後はほとんど変化しなかった。旧枝は休眠期から5月25日にかけて約8%も低下し、その後徐々に高くなり9月16日には元に回復した。それ以降落葉期まではほぼ一定で、新梢と同じであった。旧根は休眠期から5月25日にかけて約10%も低下し、その後落葉期まで徐々に上昇して元の率まで回復した。新根は5月25日から9月16日まで27%前後でほぼ一定であったが、9月16日から10月21日にかけては約10%も上昇した。

図25には器官別乾物重の季節変化を示した。1樹当たりの器官別乾物重の増加パターンは全体として二重のS字曲線を描き、3月から5月25日まではほとんど一定で、5月25日から7月1日までは緩やかに増加し、それ以降の10月21日までの増加は著しく、10月21日から落葉期にかけては著しく減少した。器官別にみると、果実は生育初期の増加は少なかったが、8月6日から収穫期までの増加が著しかった。葉は展葉から7月1日までの生育前半に増加し、その後収穫期の10月21日まではほぼ一定で、落葉期にかけて減少した。新梢は展葉期から8月6日までの増加が著しく、それ以降収穫期の10月21日までの増加はわずかであった。旧枝、旧根は5月にいったん減少した後落葉期まで徐々に増加した。新根は生育初期から8月6日まで増加し、

表9 4年生M.9中間台木樹‘ふじ’における器官別乾物増加量、積算葉面積、NARの季節変化(1993)

生育期間	乾物増加量						積算葉面積	NAR
	果実	葉	新梢	旧枝	旧根	新根		
	g	g	g	g	g	g	m ²	g/m ² /day
3月19日～5月25日	7.3	136.0	34.7	-34.8	-93.9	17.3	66.6	1.22
5月25日～7月1日	48.7	136.0	91.6	90.3	22.7	24.2	413.5	4.20
7月1日～8月6日	115.4	54.3	85.9	246.7	122.8	76.2	701.3	4.85
8月6日～9月16日	102.5	-3.5	39.6	100.1	106.9	4.1	349.7	2.17
9月16日～10月21日	117.8	15.6	9.8	142.0	117.5	20.1	422.8	3.23
10月21日～11月22日	-	0	13.5	7.7	51.2	11.3	83.7	1.01

その後はほぼ一定であった。

各生育時期における器官別乾物増加量、積算葉面積、NARの変化について示したのが表9である。各生育時期の乾物増加量は、7月1日～8月6日が701.3gと最も多く、次いで、収穫前の9月16日～10月21日と5月25日～7月1日であり、収穫後の10月21日～11月22日と生育初期の3月19日～5月25日は少なかった。器官別にみると、果実は7月から収穫期にかけての増加量が100g程度と多かった。葉は生育初期から7月1日まで136gと多く、その後減少した。新梢は5月25日から8月6日までが90g程度と多く、その後は徐々に少なくなった。旧枝は生育初期から5月25日まではマイナスであったが、その後プラスに転じ、7月1日～8月6日は最大となった。旧根も生育初期から5月25日まではマイナスであり、その後徐々に増加し、7月1日から収穫期まではほぼ一定であった。新根は生育初期から8月6日まで増加し、その後は少なかった。NAR(純同化率)は生育初期から8月6日まで生育が進むにしたがって高くなり、7月1日～8月6日は4.85g/m²/dayと最高になった。8月6日から9月16日の期間に低下したのは長雨のためと考えられ、9月16日から収穫直前の10月21日には再び増加し、それ以降落葉期にかけて低下した。

第3節 考 察

リンゴの果実は、大きくて、外観がきれいで美味しいものほど商品としての価値は高い。しかし、成熟果実は84%程度が水分で、残り約16%の乾物は主として炭水化物である。したがって、品質の高い果実を生産するためには、果実に供給される光合成産物がどの時期にどの程度必要なかを明らかにする必要がある。

横田(1982)は果実の横径と縦径の生長を比較すると、発育の初期は縦径が大きく、しだいに横径の生長が上回るようになり、横径が縦径を上回る時期は岩手県のM.9中間台木樹‘ふじ’が6月下旬であり、暖地産の果実ほど横長の果実になると報告している。本報告では、横径が縦径を上回るようになるのは、横田の報告(1982)より早く5月29日頃であり、暖地産の果実は横径の発達が良いようである。

果実生体重の生長曲線については、瀧下ら(1993)が、‘つがる’、‘ジョナゴールド’、‘ふじ’を用いて精細に検討し、果実の生長曲線は生育前期はゴンベルツ曲線が、7月中旬以降はロジステック曲線が当てはまるとしている。本報告でも、夏季に生長が停滞する時期があるために、二重のS字曲線が当てはまった。また、瀧下ら(1993)は‘ふじ’における1日当たりの果実生体重の増加量は8月中旬が最大となる頂上曲線を描くとしている。本報告では、1日当たりの果実生体重の増加量は7月が最も多くなったが、8月から9月にかけては増加が緩やかになった。その原因はこの年が異常気象年で、8月が冷夏長雨、日照不足であったため、光合成生産が少なかったことによると推察される。

ブドウの果粒の乾物重の季節変化については、高橋(1986)はデラウェアと巨峰で、高木ら(1980)はマスカット・オブ・アレキサンドリアにおいて、二重のS字曲線を描いて増加するが、ベレーゾーン以降の増加は極めて急であるとしている。新居(1980a)はカキ‘富有’においても、成熟期前には急激に乾物重が増加すると報告している。リンゴの乾物重の増加についてみると、1果乾物重は1果重と同様に、7月に増加のピークがみられるが、成熟直前に最大のピークがみられた。この原因としては、1果乾物重の増加量は1果重の増加量に乾物率を乗じたものであり、成熟直前の1果乾物重の急激な増加は主として乾物率の増加に規定されているためと考えられる。したがって、成熟直前は果実に最も多くの物質を必要とする時期であるので、葉面積が少なかったり、着果量が多かったりすると、果実が必要とする物質を供給することができないために、商品価値の高い果実とはならない。高品質な果実を生産するためには、果実が要求する1日当たりの乾物量を上まわる乾物が生産されなければならない。‘ふじ’を10a当たり4t生産するために必要な1日当たりの乾物増加量は、開花から成熟までの期間が198日として、1果乾物重が成熟期までに50g増加するから、2.89kg/10a/dayとなる。10a当たり6t収穫する場合には4.33kg/10a/dayの物質が必要となる。成熟期のみに限って必要量を推定すると、4t/10aの場合は6.17kg/

10a/dayの, 6t/10aでは9.26kg/10a/dayの物質を必要とする。以上のように, リンゴの‘ふじ’の果実が要求する物質の量は成熟期に多くなる。

高橋(1986)はブドウで, 生育ステージごとの物質生産を検討し, 発芽から展葉5~6枚までは, 旧器官から新器官へ貯蔵養分が分配され, 主に葉の増加に利用される。次いで, 全ての器官の量的生長が極めて旺盛になる。そして, 果実生長期は果実に最も多くの物質が分配される。収穫後は全ての器官で乾物率が高まるような生長に変わり, 落葉期を迎えると報告している。内田ら(1995)は二十世紀ナシで, 新器官の乾物重はS字状に増加したが, 貯蔵器官である旧枝や太根の乾物重は開花期には発芽前より減少し, 新梢停止期には増加に転じて落葉直後まで増加すると報告している。

ナシに関する林(1960)の報告を参考に, リンゴの生育期間を4つの生育相に分類してみると, 第1相は萌芽期から養分転換期までの貯蔵養分による枝葉の展葉および開花結実期, 第2相は養分転換期から新梢伸長停止期までの貯蔵養分と同化養分による枝葉の展葉が行われる時期, 第3相は新梢伸長停止期から成熟期までの果実発育盛期あるいは枝の充実期, 第4相は収穫から落葉までの樹体内養分貯蔵期に分けられると考えられる。

養分転換期についてみると, 林ら(1956)はナシなどの落葉果樹は, 生育初期は主に貯蔵養分を消費して行われ, 枝梢内のデンプン含量の消長から二十世紀ナシの養分転換期を5月上旬頃としている。高橋(1986)はブドウで, 第5葉展葉期頃が養分転換期としている。本報の‘ふじ’では5月25日には純生産量がプラスに転じていることから, これより前の5月上旬中が養分転換期と考えられる。

萌芽期から養分転換期の第1相についてみると, 萌芽期から5月25日までは, 葉の乾物増加量は136gと他の器官より著しく多く, 旧枝と旧根はマイナスであった。高橋(1986)がブドウで, 清水ら(1976)がミカンで, 内田ら(1995)がナシで明らかにしているように, リンゴでも生育初期は旧枝と旧根の貯蔵養分を消費して, 新生部特に光合成器官である葉を急激に増加さ

せているものと推察される。

養分転換期から新梢伸長停止期の第2相についてみると, 第4章で‘ふじ’の新梢停止期は短い新梢が6月上旬, 徒長気味の長い新梢が8月下旬で, 平均的な新梢が停止するのは6月下旬から7月上旬であり, 第2相はこの頃までと考えられる。この期間は5月25日から7月1日における旧枝, 旧根の乾物増加量がプラスに転じていることから, 拡大再生産に移行する時期と考えられる。

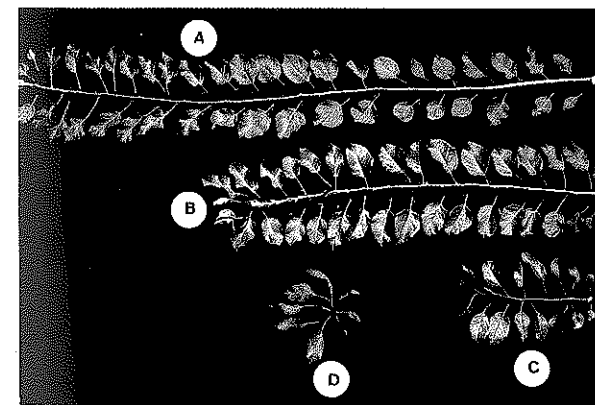
新梢伸長停止期から成熟期の第3相は, 7月1日~8月6日までの乾物増加量が701.3gと最も多く, 物質生産が最も著しくなる時期である。また, 7月1日から10月21日の乾物増加量は各時期とも100g以上と多く, 特に成熟期直前の9月16日から10月21日における果実の乾物増加量は117.8gと各時期の中で最も多く, 収穫期に向けて果実の乾物重が増加した。これは, 果実の生長で述べたように, ‘ふじ’の果実が最も多くの養分を要求する時期は, 果実成熟期であるの一致する。しかし, 収穫前の9月16日~10月21日における果実の乾物増加量は旧枝の増加量である142.0gより少なかったが, これは着果量が各樹10個と少なかったためと考えられる。

第4相の収穫後から落葉期の乾物増加量は83.7gと少なくなるが, 各器官の中で, 旧根が51.2g, 新根が11.3gと他の器官より多く, 収穫後は地下部に多く貯蔵される。一般に, ‘ふじ’の収穫期は11月上中旬で, 落葉まで1ヶ月以内しかないため, 収穫後の貯蔵養分蓄積期間はナシやブドウなどと比べ非常に短い。したがって, 果実への物質分配が多い成熟期も平行して物質を枝や根に蓄積させる必要がある。このため, 着果過多で, 果実への分配率が高くなりすぎると, 旧枝や旧根への分配率が低下し(小池ら, 1990; 福田ら, 1991), これらが充実しないまま休眠期を迎えることになる。

‘ふじ’の物質生産を生育ステージごとにとみると, 萌芽期から5月上旬までは, 消費再生産の時期で, 旧器官から新器官へ貯蔵養分が転送され, 主に葉の増加に利用される。5月上旬からは拡大再生産に転換して新器官へ物質生産は急激に拡大するが, 7月上旬の新梢伸長停

止期までは, 減少した旧枝と旧根への再蓄積が同時進行する。そして, 旧枝, 旧根部分への再蓄積をおえた7月上旬から成熟期までは, 全ての器官の量的生長が極めて旺盛になるが, 果実に最も多くの物質が分配される。収穫後は量的な生長は衰え, 全ての器官で乾物率が高くなるような質的な生長に変わり, 貯蔵される物質が多くなるにつれて物質生産は衰え, 落葉期を迎える。

ブドウのNARについて高橋(1986)は, 養分転換期まではマイナスを示したが, その後プラスとなり開花期から成熟期までは4~5.5g/m²/dayと最も高く, 収穫後は2g/m²/day以下に低下したと報告している。また, 内田ら(1995)はナシで, 発芽直前から開花期まではマイナスで, 開花期から新梢停止期までは4.53g/m²/dayと最も高く, その後落葉期にかけて徐々に低下したと報告している。本報告でも養分転換期を含む時期は, NARが1.22と低く, 生育が進むにつれて高くなり, 7月1日~8月6日が最も高くなった。しかし, 8月6日から9月16日にかけては冷夏長雨で日照不足のため低下し, 成熟期には果実の乾物要求量が高くなると同時に天候も回復し, 増加に転じたものと推察される。収穫後はシンクとしての果実がなくなったために, NARは低下したものと考えられる。



A: 徒長枝 B: 発育枝 C: 中果枝 D: 短果枝

図26 リンゴ‘ふじ’における新梢の種類

第V章 リンゴ‘ふじ’における葉面積と新梢の生育特性およびY字形棚整枝樹と主幹形整枝樹の生育比較

Jensen(1982)によれば, 年間の物質生産量は生育期間の長さに最も影響され, 年中温暖で, 湿潤な気候の熱帯地方では光合成は1年間通して行われる。しかし, ヨーロッパや日本のような四季のあるところでは, 生育期間が限定されるため, 可能な限り最大の物質生産を達成させる

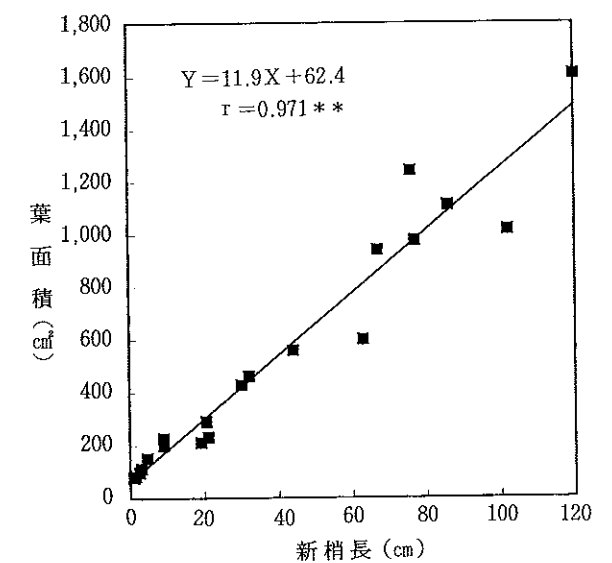


図27 7年生M.26中間台木樹‘ふじ’の新梢長と葉面積の関係(1990)

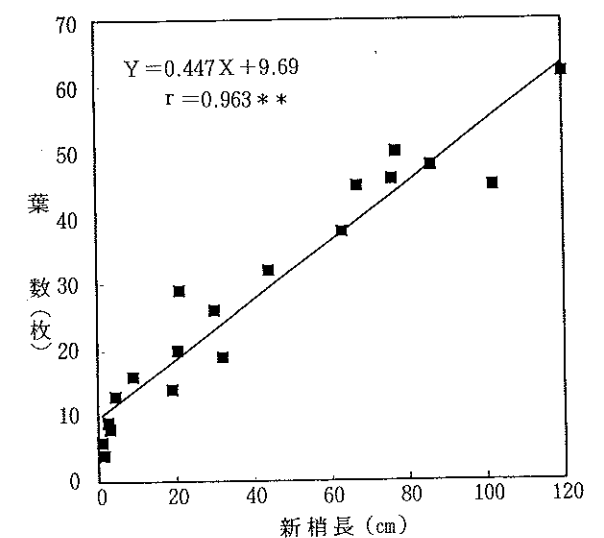


図28 7年生M.26中間台木樹‘ふじ’の新梢長と葉数の関係(1990)

ためには、生育期間中にできるだけ長く葉を維持することが大切である。また、林(1960)によれば、日本なしの単位土地面積当たりの生産力を高めるためには、早く展葉させて太陽光線を受けとめる期間を長くする必要がある。リングではJackson(1980)が、LAIは同程度であっても、せん定を軽くし、果実を多量にさせた樹は、最大葉面積に達する時期が早く、積算葉面積が大きくなるとしている。したがって、Y字形樹および主幹形樹とも、物質生産を高めるにはできるだけ早期に葉面積を拡大させ、最適LAIに達するのを早め、その状況を落葉期まで保つことが大切であろう。本章では、新梢と葉面積の生育特性を検討し、さらにY字形と主幹形における新梢と葉面積に関して比較を行った。

第1節 新梢長と葉面積および乾物重の関係

1. 材料および方法

7年生M.26中間台木樹‘ふじ’から、1990年9月11日に長さの異なる新梢を20本採取した。図26のように新梢を葉と茎に分け、葉面積と新梢長を測定後、器官別に乾物重を測定した。

2. 結果

図27に新梢長と葉面積の関係を示した。‘ふじ’は長い新梢でもほとんど副梢が発生しないため、新梢長Xと葉面積Yとの間には有意な正の相関($r=0.971^{**}$)が認められ、 $Y=11.9X+62.4$ の一次回帰式がよく当てはまった。

図28に新梢長Xと葉数Yの関係を示した。葉

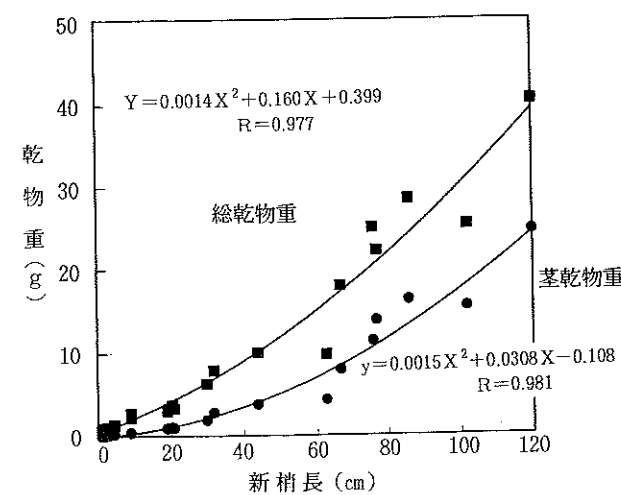


図29 7年生M.26中間台木樹‘ふじ’の新梢長と茎乾物重、総乾物重の関係 (1990)

面積との関係と同様に、新梢長と葉数との間には有意な正の相関($r=0.963^{**}$)が認められ、 $Y=0.447X+9.69$ の一次式がよく当てはまった。

新梢長と茎乾物重、総乾物重の関係を示したのが図29である。新梢長と新梢乾物重および茎乾物重との間には2次回帰式がよく当てはまった。また、総乾物重に占める茎乾物重の割合は長い新梢ほど高くなり、10cm程度の短果枝では10%程度であったが、80cm以上になると50~60%になった。

第2節 短果枝と発育枝における葉位別個葉面積の季節変化

1. 材料および方法

7年生M.26中間台木‘ふじ’のY字形樹を供試し、短果枝と発育枝をそれぞれ20本について個葉面積の調査を行い、そのうち代表的な枝を1本ずつ選んで増加曲線を表した。調査は1990年4月10日から10日程度の間隔で、短果枝は6

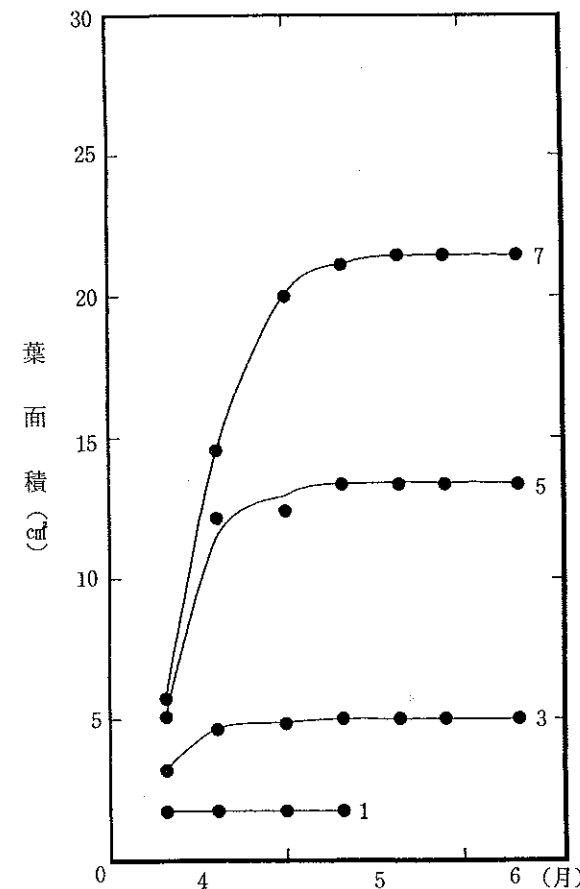


図30 7年生M.26中間台木樹‘ふじ’の短果枝(3.5cm, 10葉)の各節における個葉の葉面積の変化 (1990)

月11日まで、発育枝は7月1日まで行い、展葉したすべての葉の葉身長と葉幅長を葉位ごとに測定した。個葉の面積は葉身長と葉幅長の積と葉面積との回帰式から算出した。回帰式は各調査日に別の新梢から葉を20枚採取した。

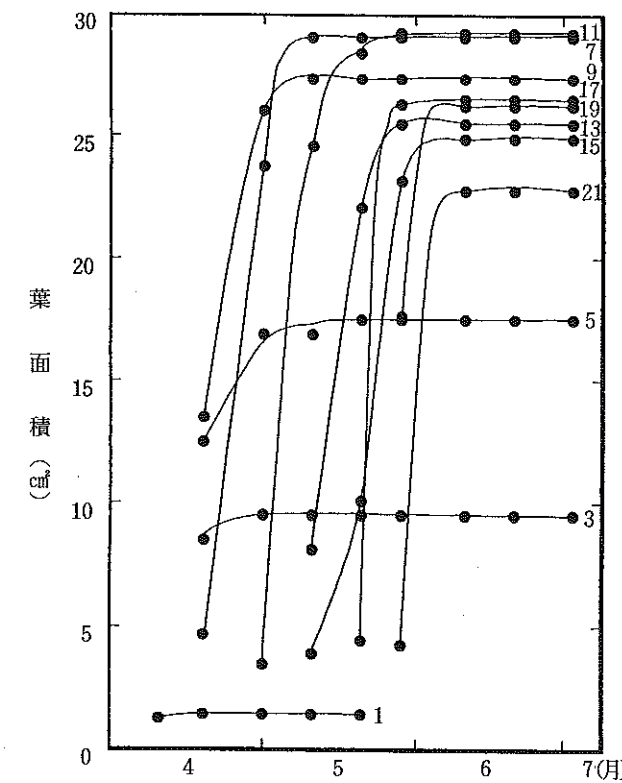


図31 7年生M.26中間台木樹‘ふじ’の発育枝(39cm, 22葉)の各節における個葉の葉面積の変化 (1990)

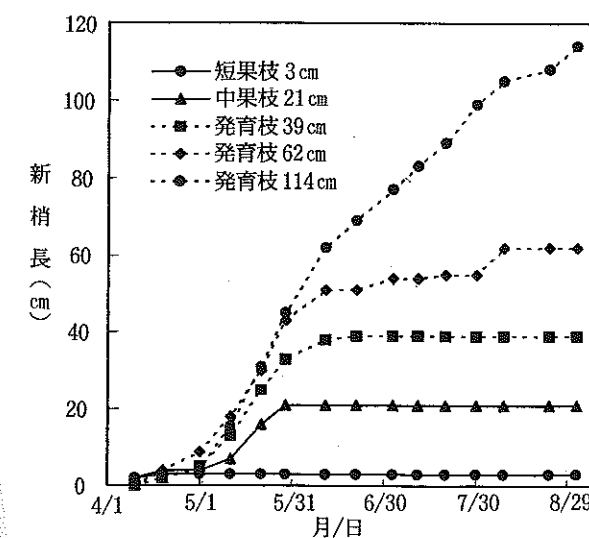


図32 7年生M.26中間台木樹‘ふじ’の長さの異なる新梢における伸長の推移 (1990)

2. 結果

短果枝の葉位ごとの葉面積の変化を示したのが図30である。短果枝の全葉面積の拡大は、4月上旬にはほぼ一斉に始まり、5月上旬にはほぼ終了したが、基部の葉ほど成葉になるのが早かった。展葉に要する日数は、葉の大きさに比例し、葉面積が10cm²以下では10日程度、それ以上では30日程度であった。

図31は発育枝の葉位ごとの葉面積の推移を示

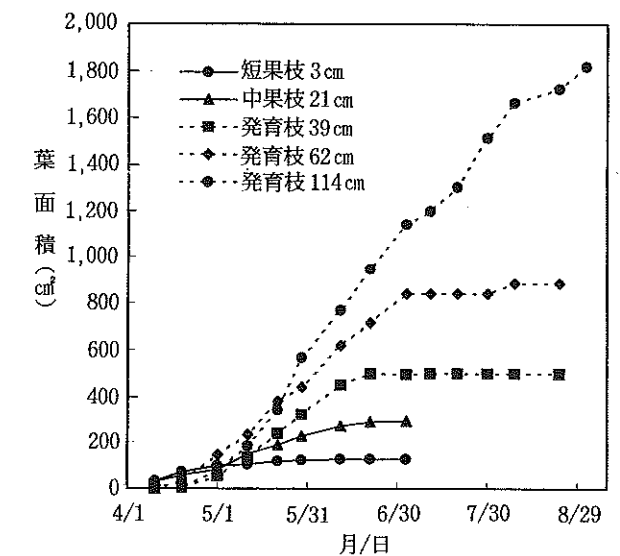


図33 7年生M.26中間台木樹‘ふじ’の長さの異なる新梢における葉面積の季節変化 (1990)

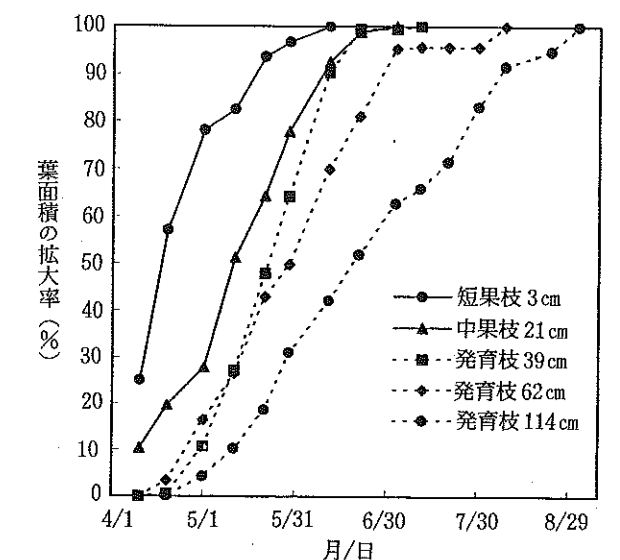


図34 7年生M.26中間台木樹‘ふじ’の長さの異なる新梢における葉面積の拡大率の変化 (1990)

したものである。発育枝は4月中旬から5月下旬まで葉位の低い節から順に展葉を始め、6月上旬に拡大を終了した。成葉になるのに要した日数は、基部の1, 3節は葉面積が10cm²と小さいため10日程度であったが、5~11節は30日程度、それ以上の節位は20日程度であった。短果枝と発育枝を比較すると、短果枝の1枚当たりの葉面積は20cm²以下と小さかったが、発育枝は20cm²以上の大きい葉が多かった。

第3節 短果枝と発育枝における葉面積と新梢長の季節変化

1. 材料および方法

供試樹はY字形区の7年生M.26中間台木樹‘ふじ’で、4月上旬に20個の芽にラベルを付して、それぞれについて経時的に新梢長と個葉面積を調査した。そして、ほとんど個体間差のない短果枝と中果枝については平均値に近い各1本を選び、発育枝については3本を選んで調査した。調査間隔は10日程度で短果枝と中果枝は1990年4月10日から6月11日まで、発育枝は9月1日

表10 整枝法の違いがM.26中間台木樹‘ふじ’の新梢数と新梢長の年次変化に及ぼす影響

年		1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993
樹 齢		3	4	5	6	7	8	9	10
新 梢 数 (本)	Y字形	114.0	229.3	537.0	413.7	933.0	929.3	1,326.2	1,380.2
	主幹形	76.0	157.0	359.7	280.7	984.3	896.3	1,022.6	1,156.2
	有意差	**	**	**	**	NS	NS	*	NS
平均新梢長 (cm)	Y字形	30.7	25.0	15.5	20.9	11.8	15.3	10.7	14.0
	主幹形	36.6	24.6	17.7	25.3	11.2	17.3	12.6	15.5
	有意差	*	NS	*	*	NS	*	*	NS
短 果 枝 数 (10cm以下) (本)	Y字形	51.0	73.0	294.0	142.3	610.7	506.0	858.6	816.2
	主幹形	25.0	55.3	185.3	57.0	660.3	475.0	603.4	655.6
	有意差	*	*	*	**	NS	NS	*	NS

* **: $P < 0.01$, * : $0.01 < P < 0.05$, NS : 有意差なし

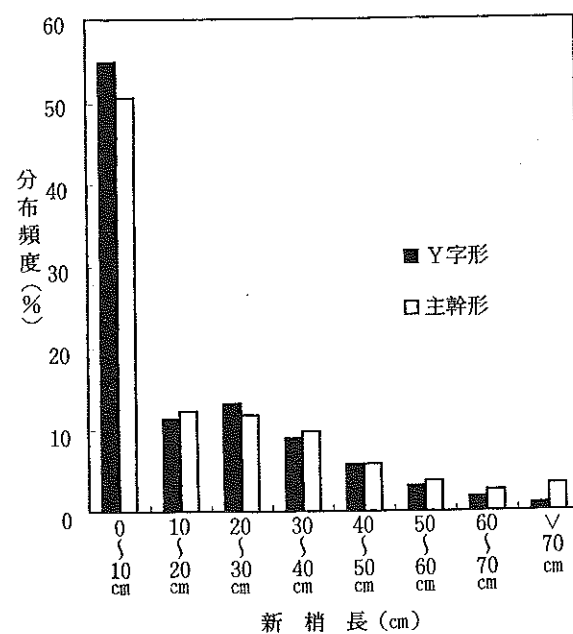


図35 5年生リンゴ‘ふじ’の新梢長別分布頻度 (1988)

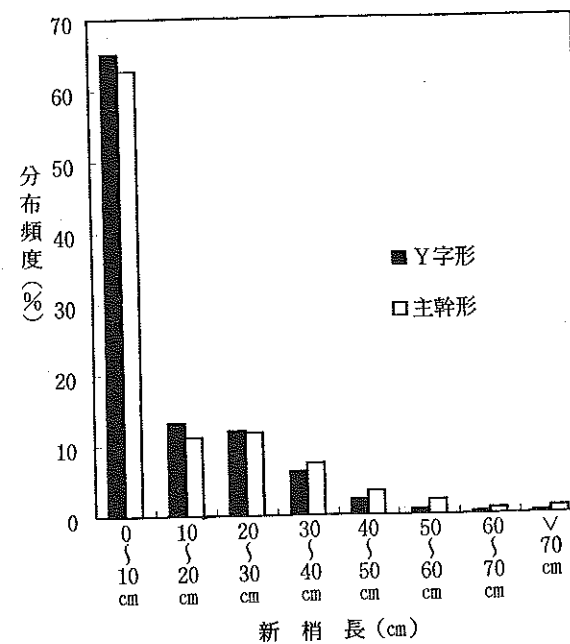


図36 9年生リンゴ‘ふじ’の新梢長別分布頻度 (1992)

まで行い、展葉したすべての葉の葉身長と葉幅を測定した。個葉の面積は葉身長と葉幅長の積と葉面積との回帰式から算出した。回帰式は各調査日に別の新梢から葉を20枚採取して求めた。

2. 結 果

長さの異なる新梢における伸長の季節変化は図32に示した。新梢伸長停止期は短果枝、中果枝が発育枝に比べ早く、また、3cmの新梢は4月中旬、21cmが5月下旬、39cmが6月中旬、62cmが8月上旬、114cmが9月上旬であり、短い新梢ほど早かった。3cmの短果枝を除いた新梢の生長は、5月中旬から旺盛となり、長い新梢ほど遅くまで旺盛であった。

長さの異なる新梢の葉面積の季節変化は図33に示した。葉面積は新梢長が長いほど遅くまで拡大し続け大きくなった。短果枝と中果枝は4月上旬から展葉を開始したが、発育枝は短果枝よりやや遅れて4月中下旬から展葉を開始した。

図34は長さの異なる新梢における葉面積の拡大率の季節変化を示したものである。葉面積の拡大停止期は、新梢伸長停止期と同様に、短い新梢ほど早く、3cmの新梢が6月上旬、21cmと39cmの枝が6月下旬、62cmが8月上旬で、114cmの枝は9月上旬であった。

第4節 Y字形棚整枝樹と主幹形整枝樹における新梢長と新梢数の年次変化

1. 材料および方法

供試樹は1984年春植えのM.26中間台木樹‘ふじ’で、Y字形区と主幹形区の中から各年に平均的な3~5樹を用いた。1986年から1993年まで、毎年収穫後に新梢長と新梢数を測定し、10cm以下を短果枝とした。また、5年生樹と9年生樹について新梢長別分布頻度を調査した。

2. 結 果

表10に整枝法の違いが新梢数と平均新梢長および短果枝数の年次変化に及ぼす影響を示した。新梢数は樹齢を経るにつれて増加したが、Y字形区の新梢数は主幹形区に比べ3~6年生と9年生で多く、有意差が認められた。4年生までの平均新梢長はY字形区、主幹形区とも20cm以上で長かったが、7年生からは20cm以下になった。また、平均新梢長は8年間のうち5年間で有意差が認められ、Y字形区が短かった。10cm以

下の短果枝数はいずれの年ともY字形区が多く、特に3~6年生と9年生で有意差が認められた。

図35に5年生樹の新梢長別分布頻度を示した。新梢の分布頻度は、Y字形区、主幹形区とも10cm以下が50%以上と最も多く、10~20cm、20~30cm、30~40cmは10%程度であった。Y字形区と主幹形区で比較すると、10cm以下の新梢の頻度はY字形区が55%で主幹形区に比べ4%程度高かったが、30cm以上の新梢の頻度では主幹形区が高かった。

図36に9年生樹の新梢長別分布頻度を示した。10cm以下の新梢の分布頻度は、Y字形区、主幹形区とも5年生樹より10%程度高く60%以上となったが、40cm以上の分布頻度は低下した。Y字形区と主幹形区で比較すると、5年生樹と同様な傾向を示し、10cm以下の新梢の分布頻度はY字形区が主幹形区に比べやや高かったが、逆に、30cm以上の新梢では主幹形区が高かった。

第5節 Y字形棚整枝樹と主幹形整枝樹における1樹当たりの葉面積の季節変化

1. 材料および方法

供試樹は9年生M.26中間台木樹‘ふじ’で、Y字形区と主幹形区それぞれ5樹であった。各樹の葉面積は1992年5月2日から11月15日までの間に6回全新梢長を測定し、同時に、各区から20本の新梢を採取し、新梢長と葉面積の回帰式を求め、この式と全新梢長から算出した。そして、各樹の葉面積に植え付け本数を乗じて、

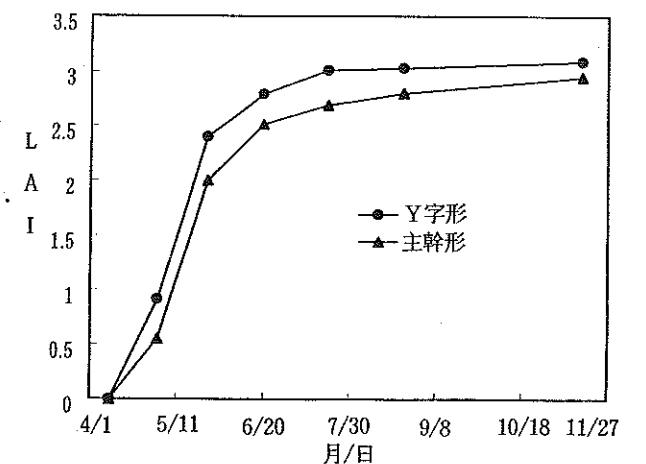


図37 整枝法の違いが9年生M.26中間台木樹‘ふじ’におけるLAIの季節変化に及ぼす影響 (1992)

10 a 当たりの葉面積を求め、それを1,000 m²で除してLAIを求めた。

2. 結 果

図37は整枝法の違いがLAIの季節変化に及ぼす影響をみたものである。LAIはY字形区、主幹形区とも、4月から6月に急激に増加し、7月下旬になるとほぼ一定になったが、常にY字形区のLAIが高く推移した。11月には主幹形区のLAIは2.8となり、Y字形区の3.0とほぼ同じになった。また、各調査日のY字形区と主幹形区のLAIの比率をみると、5月2日が1.8倍、5月25日が1.4倍、7月20日が1.3倍、11月15日が1.02倍であり、生育の初期ほどY字形区が主幹形区より高かった。

整枝法の違いが最終LAIに対する葉面積の拡大率の季節変化に及ぼす影響を示したのが図38である。5月2日におけるLAIの拡大率はY字形区が29%、主幹形区が18%、5月25日はY字形区が78%、主幹形区は67%であり、初期の拡大率はY字形区のほうが高かった。LAIの拡大率を生育時期で積算すると、Y字形区は主幹形区より約6%多かった。

第6節 考 察

高橋(1986)はブドウの純生産量は累積LAIに比例して多くなり、累積LAIは新梢の長さや密度に規定され、果実分配率は新梢長が短いほど高くなるとしている。また、小豆沢ら(1983)によれば、二十世紀ナシの高生産樹は低生産樹

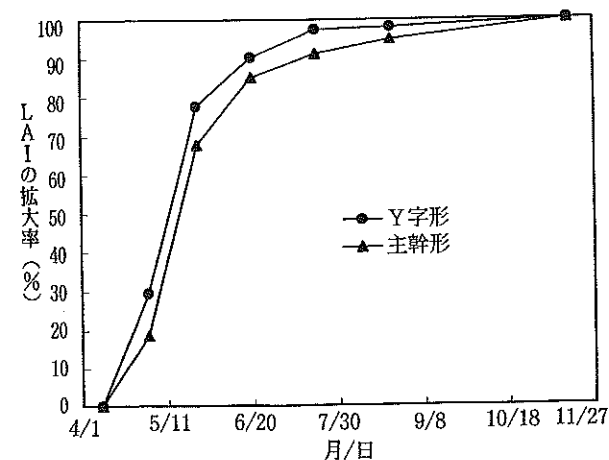


図38 整枝法の違いが9年生M.26中間台木樹‘ふじ’における葉面積の拡大率の季節変化に及ぼす影響 (1992)

に比べ果そう葉の割合が高く、果そう葉は5月の早い時期に展葉を終了するので、展葉してから落葉するまでの期間が長い。発育枝は9月頃まで伸び続けるものもあり、落葉までの光合成期間が短いとしている。また、果そう葉は短果枝に着生しているため葉当たりの茎の割合が少ないが、発育枝は茎の割合が高いため、茎に分配される乾物の割合が高くなり、果実生産に不利になると報告している。

まず、新梢長と葉面積の関係をみると、ブドウでは、高橋(1986)が新梢長と葉面積の関係について、副梢が発生していないものは一次回帰式が当てはまるが、副梢の発生が多い場合には二次回帰式を適用するのが望ましいと報告している。リンゴの新梢長と葉面積の間には、副梢の発生が少ないため、相関係数が0.971と非常に高い一次回帰式が適用でき、新梢長を測定することによって、葉面積を高い精度で推定することができると思われる。したがって、リンゴ園のLAIは、新梢長と葉面積の回帰式から簡易に推定できる。

葉面積の拡大についてみると、Barrittら(1990)はリンゴの個葉面積の拡大する日数は、‘Delicious’が21日、‘Granny Smith’が35日、‘Rome’が56日と報告している。高橋(1986)は、ブドウにおける個葉の面積はS字状の曲線を描いて生長し、基部の葉ほど早く展葉するが、大きな葉は30日程度かかると報告している。リンゴ‘ふじ’の個葉も同様にS字状曲線を描いて増加し、着果節や個葉の面積によって異なるが、10~30日程度で成葉になり、‘Delicious’とほぼ同様であった。

新梢当たりの葉面積の拡大についてみると、新居(1980)はカキ‘富有’で新梢と葉面積の拡大を調査したところ、新梢の生長速度のピーク期は5月上旬で、葉面積の生長速度はやや遅れて5月中旬が最大であったとしている。リンゴ‘ふじ’でもほぼ同様で、新梢伸長のピークは4月下旬から5月下旬であり、葉面積の拡大生長は新梢伸長よりやや遅くまで続き、4月下旬から6月下旬であり、新居の報告と似ていた。

高橋(1986)は、ブドウにおける中庸新梢の葉面積の拡大は6月下旬に終了したが、強勢新梢は8月中旬まで増加し続けたとしている。

本章でリンゴの短果枝と発育枝における葉面積の生育を比較すると、3.5cmの短果枝の葉は4月上旬から展葉を開始し、5月中旬にはほぼどの葉とも成葉になった。これに対し、39cmの発育枝の葉は4月中旬から展葉を開始し、すべての葉が成葉になったのは6月中旬であった。また、葉面積拡大停止時期は、短果枝や中果枝が6月中旬であるのに、62cmの発育枝は8月中旬で、114cmの枝では9月上旬であり、長い新梢ほど遅いことが明らかになった。したがって、リンゴの物質生産を高めるには、成葉になるのが早い短果枝葉の割合を高めて、最適LAIに達する時期を早めて、それを落葉期まで保つことが大切である。

松井(1989)によれば光合成産物の転流には、葉で生成された光合成産物が直接転流する一次的な経路と、一度葉や他の器官に貯蔵された後に、転流する二次的な経路があり、さらに光合成産物はシンクに均等に分配されるのではなく、シンク力の高い器官により多く分配されると報告している。また、鎌倉ら(1990)は、‘ウェルスパーク・デリシャス’を用いて、強せん定樹と無せん定樹に¹⁴Cを処理したところ、新梢伸長には新梢自身で同化した光合成産物のほかに短果枝葉で同化した光合成産物の供給を受けており、新梢伸長が盛んな樹ほど果実への分配が少ないと報告している。本報告の‘ふじ’では、新梢長と新梢乾物重の関係をみると、新梢長が長くなるにつれて、茎乾物重は二次曲線を描いて増加し、全乾物重に対する茎乾物重の割合も高くなった。Johnsonら(1985)はリンゴの5品種を用いた調査でも同様の報告をしている。このように、短い新梢は茎の比率が少ないため、シンク力が弱まり、短い枝が生産した光合成産物ほど果実への分配率は高くなると考えられる。塩崎(1994)が弘大方式の半密植主幹形樹が高収量を維持しているのは、側枝に比較的小さい成り枝を数多く着生させているためとしている。以上のことから、日本の西南暖地のリンゴ園では新梢が良く伸びて徒長しやすいので(友清, 1982)、東北地方の主産地よりさらに、せん定を弱くして、新梢を伸ばさないような管理をする必要がある。

Y字形区と主幹形区の新梢の生育を3~10年

生まで比較してみると、8年間の結果からはY字形区は主幹形区に比べて、短果枝が多く、かつ、短い新梢が多い。これは、Y字形区の若木は側枝数が主幹形区の2倍程度残る弱せん定になり、その上に、母枝や新梢を棚に誘引することにより生長が抑えられる結果と考えられる。それが、9年生樹におけるY字形区の年間積算葉面積が主幹形区より多くなったことにつながったものとみなされる。

以上のことから、Y字形区は主幹形区に比べ、平均新梢長が短く、新梢数、特に短果枝数が多いため、葉面積の拡大が早く、LAIも高く推移するので、純生産量が多くなったものと考えられる。さらに、短い新梢は、茎への分配率が低くなるだけ、果実への分配率が高くなるので、Y字形の収量が多くなると考えられる。したがって、Y字形区で安定して高収量を得るためには、強せん定をさけて樹勢を落ち着け、LAIが3程度になるように新梢を配置することが大切であると考えられる。

第VI章 Y字形棚整枝樹と主幹形整枝樹‘ふじ’における光環境と果実品質および光合成特性の比較

リンゴにおける樹冠内の光環境については、Heinicke(1963)、小池(1984)、Ferree(1989)などにより報告されているが、Y字形と主幹形を比較したものはみあたらない。また、個葉の光合成特性については石井ら(1979; 1980)、鴨田ら(1986)など多くの報告があるが、Y字形と主幹形を比較し、樹冠内の各部位について検討したものはみあたらない。

本章では、Y字形区が主幹形区に比べ、収量や乾物生産が多く、果実品質が優れた原因をより掘りさげて検討するために、1989年および1990年の2年にわたり樹冠内の葉分布、相対照度、果実糖度および光合成特性などについて比較検討した。

第1節 材料および方法

樹冠内の光環境や果実品質の調査には、Y字形区、主幹形区とも、平均的に生育している樹を1989年は6年生を2樹、1990年は7年生を

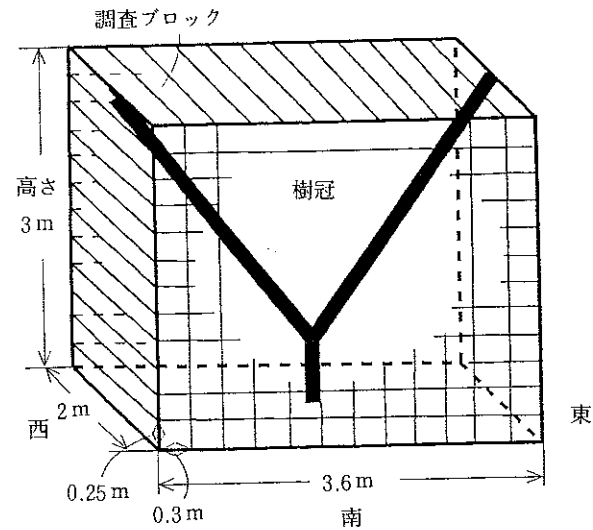


図39 Y字形棚整枝樹における樹冠の模式図と調査ブロック

1 樹, 計 3 樹を供試した。試験区には図39, 40のように幹を中心として南北2 m, 東西3.6 m, 高さ3 mの枠を作り, その中に東西0.3 m, 高さ0.25 mの立方体状のブロックを作った。

1 樹当たりの葉面積は1989年には9月29日に, 1990年には10月30日にそれぞれ全ブロックの葉数を数え, 1 枚当たりの平均葉面積を乗じて求めた。1 枚当たりの平均葉面積は層別に約100枚の葉を採取し, 葉面積計(林電工製AAC-400)で測定して求めた。

照度の測定は, 1989年9月21日(曇り)および1990年7月25日(曇り)に行い, 両日とも8時50分~16時40分にかけて午前と午後の2回, 各調査ブロックの中心部と天空をデジタル照度

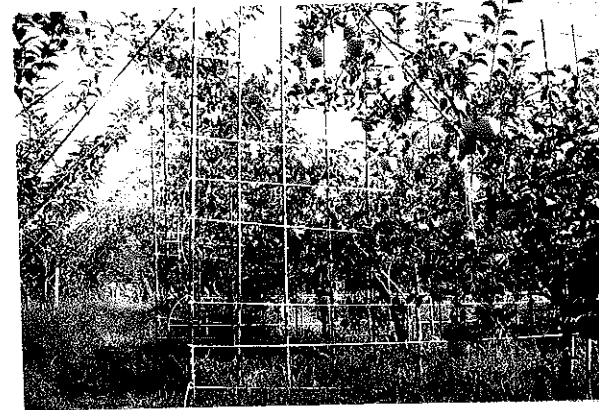


図40 Y字形区の調査ブロック

計(東京光学製, IM-3)で測り, 天空に対する調査部位における照度の比率を相対照度とし, 百分率で表した。

果実は1989年には11月4日に, 1990年には11月12日にそれぞれ収穫し, すべての果実についてブロックごとに1果重と果実糖度(Brix)を測定し, その中から無作為に20個採取し, 果皮色(農林水産省果樹試験場基準カラーチャート値)を測定した。樹冠占有面積は第II章の方法で行った。

光合成速度は, 携帯用光合成蒸散測定装置(島津製SPB-H)を用いて, 1990年10月16日(晴れ)に8時から17時まで8回測定した。測定部位は図41のようにY字形区が西側の樹冠上部, 中部, 下部で, 主幹形区は樹冠の東側上部, 中部, 下部と樹冠中心部であった。そして, 各部位とも5枚の葉について測定し平均した。

表11 M.26中間台木樹‘ふじ’における整枝法と葉面積, 収量, 果実品質

整枝法	樹No.	年	樹齡	樹冠占有面積率	葉面積	LAI	収量/樹	収量/葉面積	着果数/樹	1果重	屈折計示度	果色 ^z
			年	%	m ²		kg	kg/m ²	果	g	%	
Y字形	No.1	1989	6	83.6	10.87	1.51	30.9	2.84	105	294.6	14.9	3.9
	No.2	1989	6	93.6	12.48	1.73	45.6	3.65	141	323.5	14.3	3.6
	No.3	1990	7	96.7	16.66	2.31	44.6	2.68	144	309.7	14.3	2.9
	平均			91.3	13.34	1.85	40.4	3.06	130	309.3	14.5	3.5
主幹形	No.1	1989	6	55.7	9.20	1.28	24.1	2.62	69	302.2	14.1	3.5
	No.2	1989	6	74.8	15.45	2.15	35.7	2.31	106	336.4	14.1	3.3
	No.3	1990	7	77.2	18.31	2.54	42.0	2.29	140	300.0	13.0	2.4
	平均			69.2	14.32	1.99	33.9	2.41	105	312.9	13.7	3.1

^z 農林水産省果樹試験場基準カラーチャート値

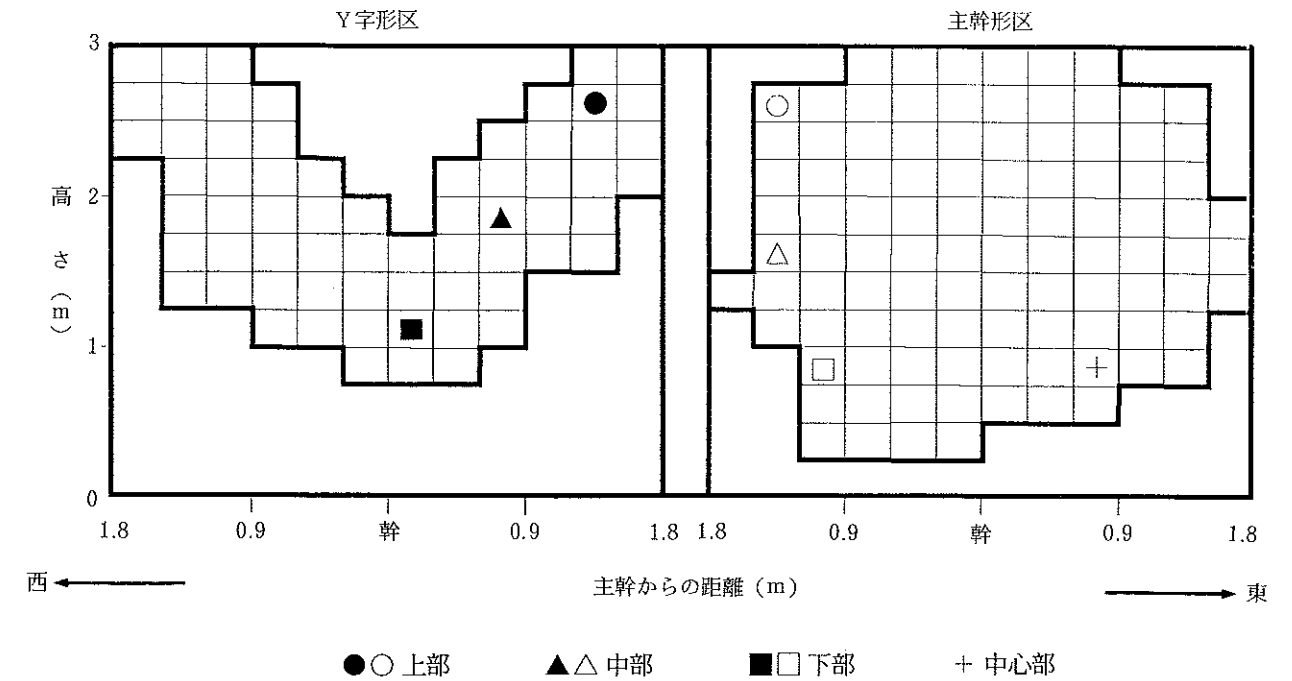


図41 Y字形棚整枝樹と主幹形整枝樹における光合成速度の測定位置

光量子束密度は光合成速度を測定した葉について, 同じ装置で, 同時に測定した。

第2節 結 果

1. 葉面積と収量および果実品質の差異

Y字形区と主幹形区の葉面積と収量および果実品質の違いを表11に示した。Y字形区の樹冠占有面積率は91.3%で, 9%弱の空間が空いていたが, 主幹形区では69.2%で30%以上の空間があった。Y字形区では1樹当たりの葉面積が13.34 m²で主幹形区よりやや少なく, LAIもやや低かった。しかし, 1樹当たりの収量はY字形区で40.4 kgと主幹形区より多く, 葉面積1 m²当たりの収量はY字形区では3.06 kgと, 主幹形区の2.41 kgより明らかに多かった。果実品質についてみると, 全果平均の1果重はほぼ同じであったが, 果実糖度はY字形区で14.5%と主幹形区より0.8%高かった。また, 各樹から平均的な20果を抽出して調査した果皮色は, Y字形区の方が主幹形区よりやや優れた。

2. 樹冠内の葉の分布および相対照度と果実糖度の差異

図42は樹冠内における葉の分布をみるために, 高さ0.25 m, 東西方向に幅0.3 m, 南北に奥行き2.0 mのブロックごとの総葉面積と, 東西に

幅0.3 m, 南北に奥行き2.0 mの樹冠の上部から下部までのブロックのLAIを合計した部位別LAIを示した。Y字形区の葉の分布は棚仕立てのためV字型であるが, 幹から樹冠の先端までどの部位ともほぼ均一に分布していた。そのため, 垂直方向における葉層の厚さは0.5~2.0 mであり, 部位別のLAIをみても, 0.2~4.1の範囲にあった。一方, 主幹形区の葉の分布は円筒型で, 幹を中心として東西方向に約0.9 mの部位に多く分布していた。そして, 葉層の厚さは最大で2.75 mとY字形区より約2倍大きく, 部位別のLAIも0.1~5.5と格差が大きかった。また, Y字形区の樹冠容積は10.1 m³であり, 主幹形区の73%を示すにすぎなかった。

図43に樹冠内の相対照度の分布をブロックごとに示した。相対照度が20%以上のブロックの分布をみると, Y字形区は樹冠全体に分布し, 3樹の平均で81.1%を占めていた。これに対し, 主幹形区では樹冠外周部に分布しており, その占める割合は74%で, Y字形区より明らかに少なかった。また, 10%以下のブロックの占める割合はY字形区では3.1%で, 主幹形区の8.3%より少なかった。このように, Y字形区は主幹形区に比べ, 樹冠内が均一に受光し, 各ブロックの

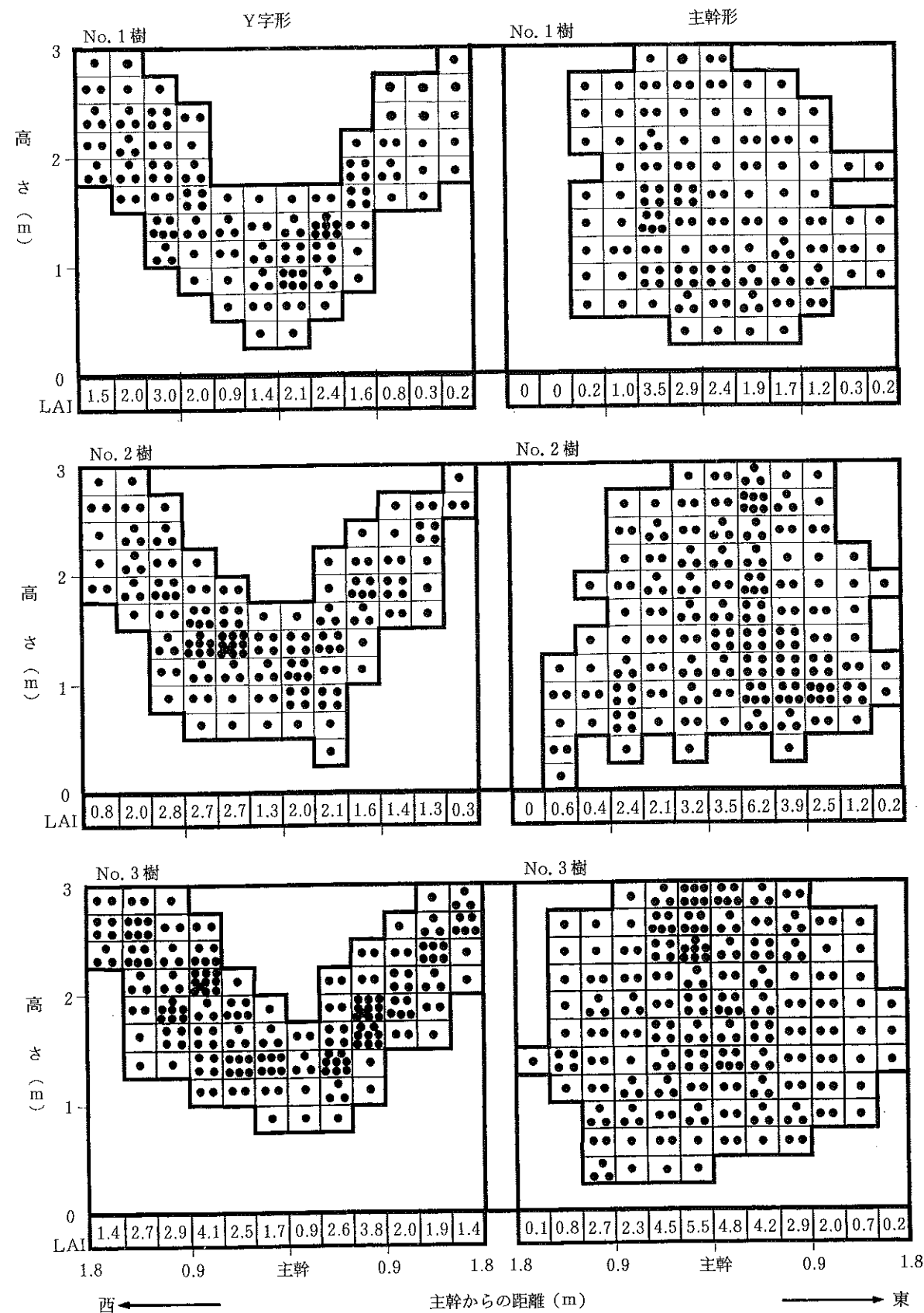


図42 整枝法の違いがM.26中間台木樹‘ふじ’における樹冠内の葉の分布とLAIに及ぼす影響
1点は葉面積1,000cm²を示す

平均照度も高く、受光環境が明らかに良かった。

樹冠内のブロックごとに果実糖度を調査した結果を図44に示した。Y字形区では糖度の高い果実が多かったが、樹冠の上層部でより高かった。主幹形区では樹冠外周部で高い傾向がみられたが、Y字形区に比べると、果実糖度の低い

ものが多かった。糖度が15%以上の高い果実の分布するブロック割合をみると、Y字形区では34.1%もあり、主幹形区の11.5%より明らかに多かった。一方、13%以下の低糖度の果実の占めるブロック割合はY字形区では9.6%で、主幹形区の18.7%と比べ明らかに少なかった。

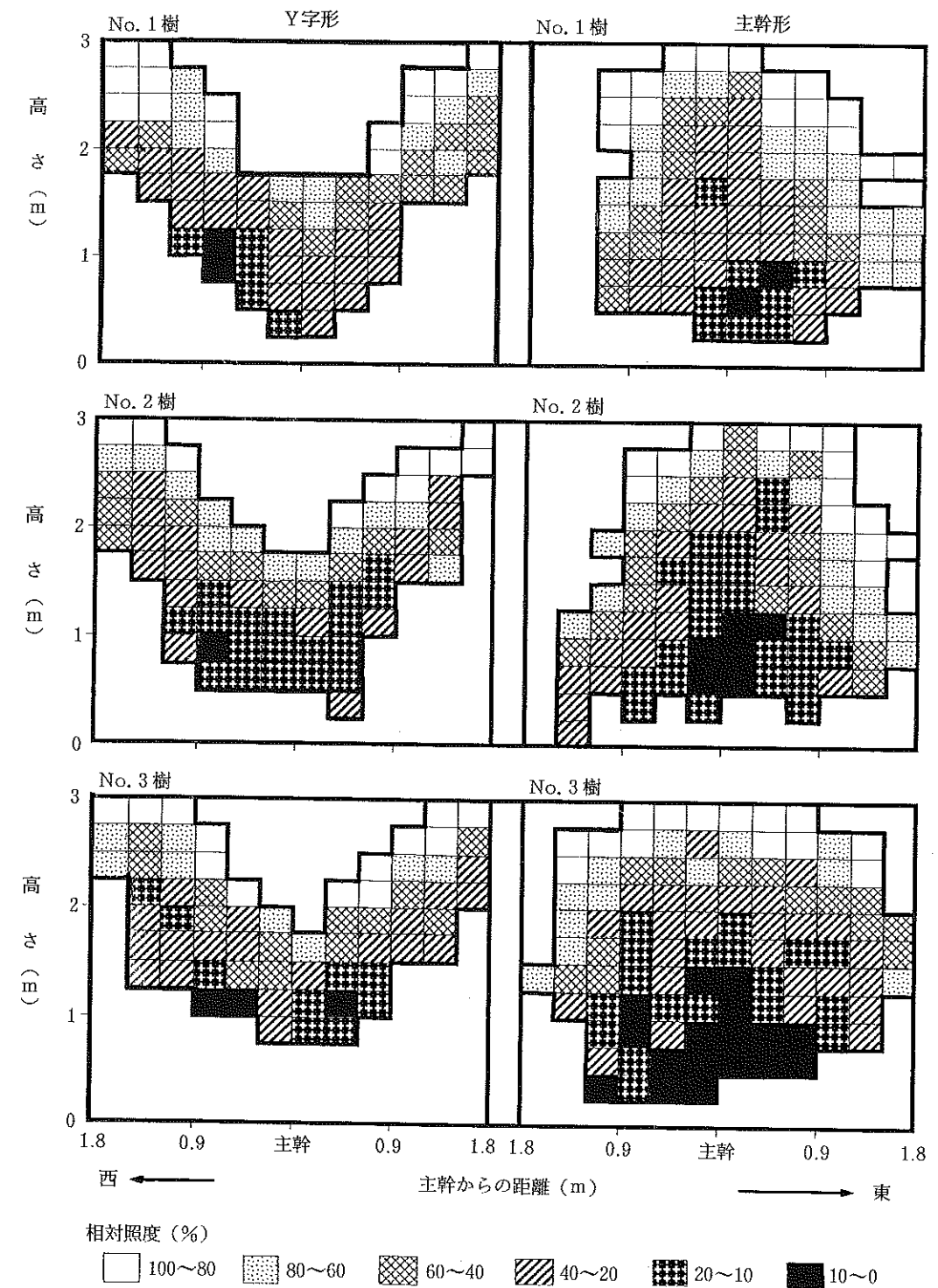


図43 整枝法の違いがM.26中間台木樹‘ふじ’における樹冠内各部位の相対照度に及ぼす影響

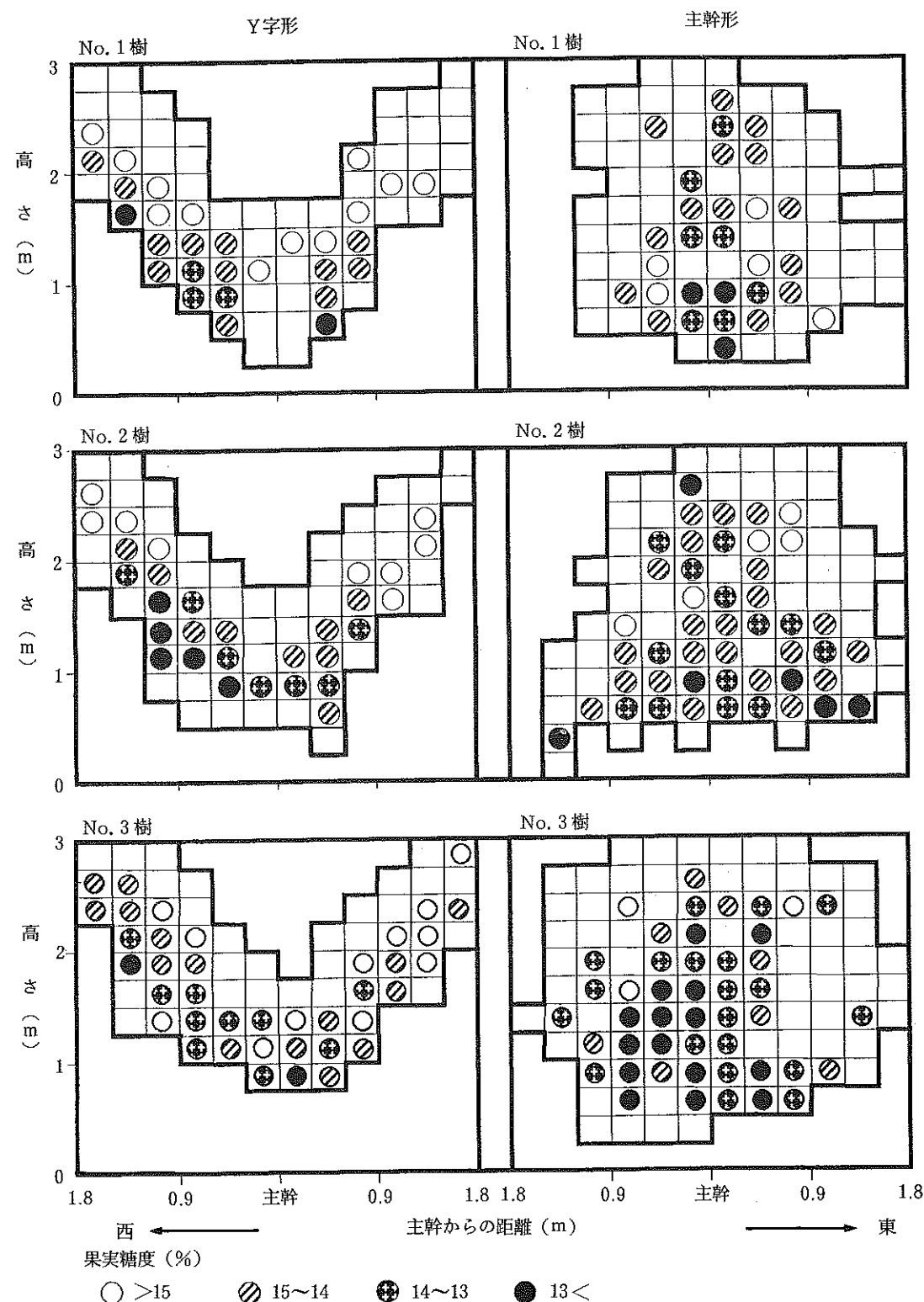


図44 整枝法の違いがM.26中間台木樹‘ふじ’における樹冠内各部位の果実糖度に及ぼす影響

ブロックごとの相対照度と果実糖度の関係を図45に示した。相対照度と果実糖度の間には有意な正の相関があり、相対照度が高い部位の果実ほど糖度は高い傾向にあった。そして、相対照度が30%以上の部位における果実の糖度はほとんどが13%以上であった。また、Y字形区は主幹形区に比べ、同一照度であっても、明らかに糖度の高い傾向が認められた。この傾向は30%以下の低い相対照度で特に顕著であった。

3. 光量子束密度と光合成速度の日変化

図46に図41で示した樹冠内の各測定位置における光量子束密度の日変化を示した。Y字形区における樹冠上部の光量子束密度は10時頃に

最大になり、その後緩やかに減少し、14時30分頃から急に減少した。樹冠中部は樹冠上部よりやや遅く最大値になり、14時まで高い値を維持して減少する台形的な変化を示した。樹冠下部は12時頃に最大値に達する尖塔形の変化を示した。主幹形区における樹冠上部の光量子束密度は、9時頃に最大値となり、10時頃にいったん減少したが、再び増加し、11時頃から15時30分頃まではほぼ一定でその後減少する台形に近い変化を示した。樹冠中部は11時頃に最大値となる尖塔形の変化を示したが、最大値は樹冠上部より少なかった。樹冠下部は11時~13時頃を最大値とする台形的な変化を示したが、その値はいずれの時間においても樹冠上部より少なかった。樹冠中心部は全体的に著しく少なく、最高値でも他の部位の20%程度であった。Y字形区と主幹形区を比較すると、いずれの部位においても、最高値はY字形区のほうが多かった。

図41に示した樹冠内の測定位置における光合成速度の日変化を図47に示した。Y字形区における樹冠上部と中部の光合成速度はほぼ同様に推移し、9時頃に最高値になり、その後やや低下し、10時頃から14時までほぼ一定で、14時頃から16時30分にかけて直線的に低下した。樹冠下部は12時頃に最高値に達し、その後すぐに低下する尖頭形の変化を示した。主幹形区における樹冠上部の光合成速度はY字形区の樹冠上部と同じように、10時頃に最高値となり、その後やや低下し、11時頃から15時30分頃まではほぼ一

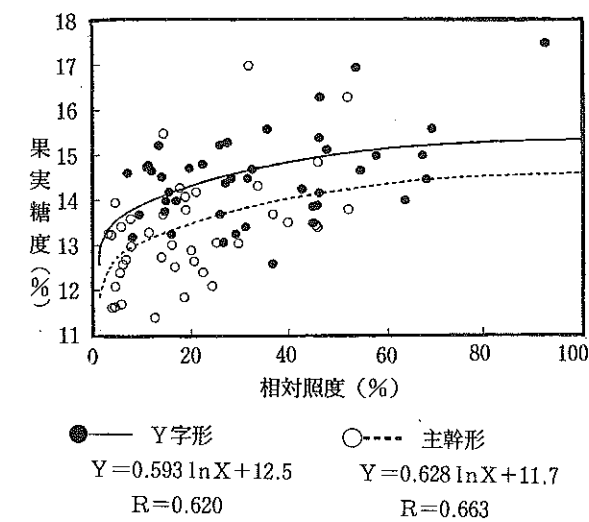
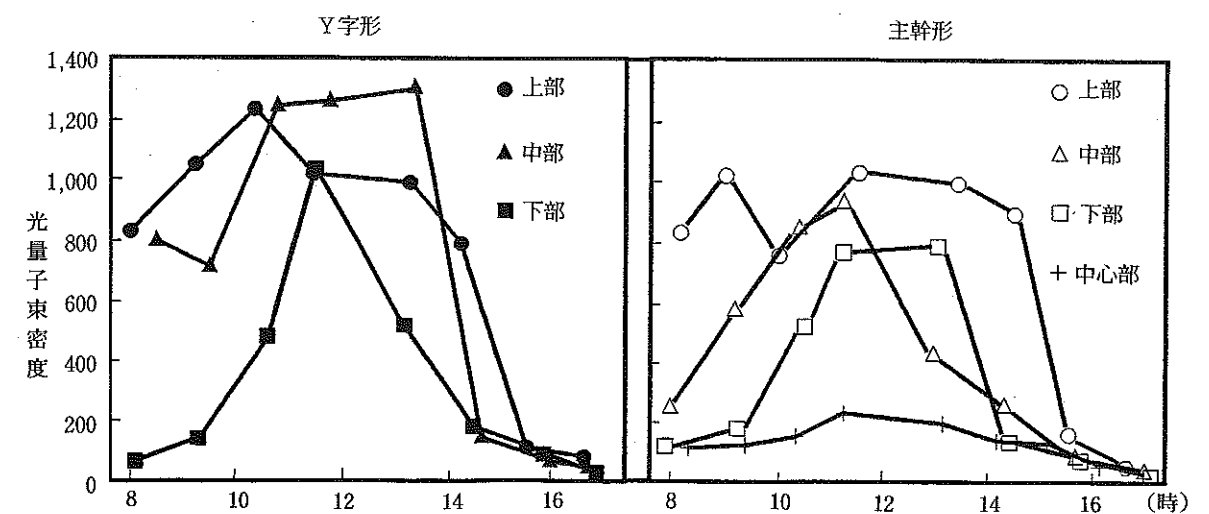


図45 M.26中間台木樹‘ふじ’における着果位置の相対照度と果実糖度の関係

図46 整枝法の違いがM.26中間台木樹‘ふじ’の樹冠内各部位における光量子束密度(μmol・m⁻²・sec⁻¹)の日変化に及ぼす影響(測定日:1990年10月16日)

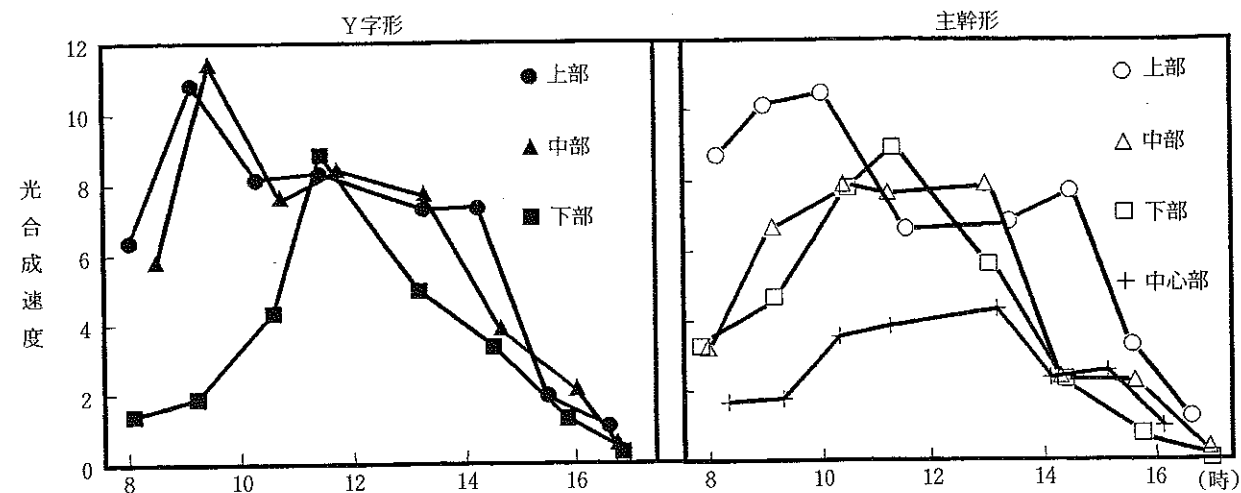


図47 整枝法の違いがM.26中間台木樹‘ふじ’の樹冠内各部位における光合成速度 ($\mu\text{molCO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{sec}^{-1}$)の日変化に及ぼす影響 (測定日:1990年10月16日)

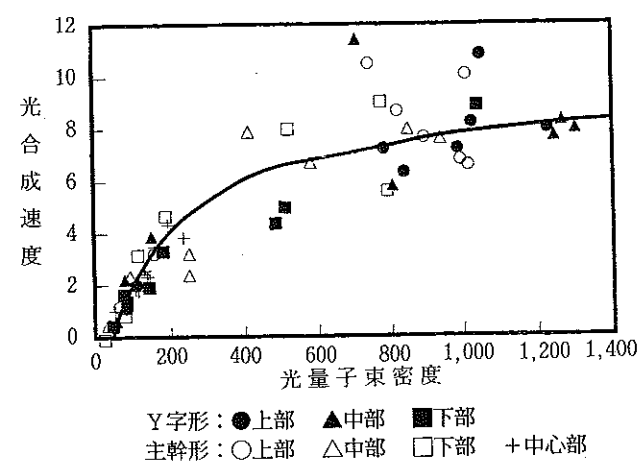


図48 M.26中間台木樹‘ふじ’における光量子束密度 ($\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{sec}^{-1}$)と光合成速度 ($\mu\text{molCO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{sec}^{-1}$)の関係 (1990)

定で、その後低下した。樹冠中部と下部はよく似た変化を示し、10時30分頃から13時頃まで高い値を維持し、その後低下するドーム形であった。樹冠中心部は10時30分～13時30分頃まで高かったが、この最高値は他の部位の約50%であった。

図48に光量子束密度と光合成速度の関係を示した。光量子束密度と光合成速度との間には、有意な正の相関が認められ、光合成速度は光量子束密度が多い葉ほど高かったが、800 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{sec}^{-1}$ 以上になると、ほぼ一定となった。

第3節 考 察

Y字形区における果実収量が、主幹形区に比べて多かった点について光環境の面から考察する。果実の乾物率が同じだと仮定すれば、収量

は単位土地面積当たりの純生産量と果実への分配率に規定され、また、純生産量はLAIと単位土地面積当たりの光合成速度で規定されると考えられる(高橋, 1986)。倉橋ら(1994b)によると、リンゴの最適LAIはY字形区が3で、主幹形区の2.3に比べて明らかに高かった。それはY字形区が棚仕立てで葉の配置が均一になるように栽培管理をしているので主幹形区に比べて受光態勢がよいためであろうと推定した。

両樹形の葉や相対照度の分布についてみると、主幹形区の葉は園の約69%の面積に分布し、幹を中心とした円筒形の部分に集まっており、部位別LAIは幹付近が5.5と極めて高い。一方外周部は0.1と著しく低く、部位によるLAIの差が大きかった。これに対し、Y字形区の葉は園の91%に分布して、V字の先端から下部まで棚状に、薄く均等になっており、部位別のLAIは0.2～4.1と主幹形区に比べ差が少なかった。また、Y字形区と主幹形区の相対照度の分布をみると、Y字形区では相対照度が20%以上のブロックは81.1%を占め、10%以下は全体の3.1%しかなく、光を効率よく受容している。これに対して、主幹形区は相対照度が20%以上のブロックは74.1%でY字形区より少なく、逆に10%以下のブロックは約8.3%と多かった。また、表11のLAIが2.31のY字形区のNo.3樹は、相対照度が20%以上のブロックが81.5%を占めているのに対し、LAIが2.15とY字形区よりやや低い主幹形区のNo.2樹では69.2%し

か占めていないことから、Y字形区に比べると主幹形区はLAIが低いにもかかわらず受光環境が悪いことがうかがわれる。このように、光環境的にみて、Y字形区は主幹形区より優れていると考えられた。Monsiら(1953)によれば植物群落の光合成効率を最高にするための必要条件として、個葉間均等受光および葉群の完全吸光をあげているが、Y字形区は光合成効率を高める条件を十分にそなえている。

次に、リンゴの個葉の光合成速度についてみると、石井ら(1979)は‘ふじ’で17～18 $\mu\text{molCO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{sec}^{-1}$ としている。また、Schechterら(1994)は‘Sturdeespur Delicious’で、7月前半が20～23 $\mu\text{molCO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{sec}^{-1}$ と最も高く、生育が進むにつれて低下し、10月には10 $\mu\text{molCO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{sec}^{-1}$ になったとしている。本報告は測定時期が10月であり、葉がやや老化していたため、Schechterら(1994)の報告とほぼ同様の値であり、石井ら(1979)の報告より低かった。

照度と光量子量の関係については、荒川ら(1990)が照度センサーと光量子センサーを用いて、リンゴの樹冠内で受光率を調査し、両者の受光率の間には高い正の相関が認められたと報告している。したがって、照度を測定することにより光量子束密度に換算できると考えられる。

個葉の光合成速度と光量子束密度との関係をみると、光合成速度の瞬時値は光量子束密度が多くなるにつれて高くなったが、800～1,000 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{sec}^{-1}$ で光飽和した。また、個葉の光合成速度の測定値を合計したものを1日の総光合成量Yと仮定すると、光量子束密度Xとの間には、有意な正の相関が認められ、 $Y=6.43 \times 10^{-3}X + 13.9$ の関係があった。このように、個葉の光合成速度は、瞬時値および1日の総量とも光量子束密度の多い光環境の良いところほど高いことが明らかになった。実際に、樹冠の部位ごとに1日の総光合成速度を比較すると、樹冠上部と下部はY字形区が主幹形区よりやや低く、中部はY字形区が高かった。これはY字形区の場合、光合成速度を第41図のように主枝中心部の光環境の悪いところで測定しているのに対し、主幹形区では樹冠外周部の光環境の良いところで測定したためと考えられた。そこで、樹冠内の相対照度別葉面積を比較してみると、

相対照度が20%以上の葉面積の割合は、Y字形区が83%で、主幹形区の67%と比べると明らかに多い。一方、相対照度が10%以下の葉面積はY字形区が1.8%で、主幹形区の10.4%比べると顕著に少なく、Y字形区は光がよく当たる部位の葉面積が多かった。すなわち、Y字形区は主幹形区に比べ樹全体の葉層で平均してみれば、単位面積当たりの光合成速度が高いと考えられる。小野ら(1980)も同様の報告をしており、ウンシュウミカンの開心自然形と棚仕立て樹の光合成速度を比較したところ、1日の光合成量は棚仕立て樹が開心自然形より多く、光利用効率が高く、樹当たりの光合成能が優れたとしている。一方、葉面積1㎡当たりの収量はY字形区では3.1kgであり、主幹形区の2.4kgと比べ約1.3倍高かった。したがって、Y字形区は棚仕立てであるため、主幹形に比べLAIがやや低いにも関わらず、樹当たりの光合成速度が高く収量が多くなったと考えられる。

以上は、物質生産の観点から両樹形の光環境について論じたが、果実品質と光環境との関係について考察する。光環境と果実糖度の関係については、田辺ら(1982)はナシで、光環境の良い部位の果実は品質が優れたと報告し、末澤ら(1991)は、モモで相対照度が20%以上の部分に着果する果実は糖度が高い傾向にあり、樹冠下部は低糖度の果実の割合が多かったと報告している。また、リンゴでは小池(1984)がわい性台木主幹形樹で、相対照度20%以下の部位における果実は糖度が劣るとしている。本報告でも、従来の報告と同様に光環境の良いところほど果実糖度が高い傾向にあり、特に相対照度30%以上の部位で糖度の高い果実が多かった。また、個葉における1日の総光合成量Xとそれを測定した部位に最も近い果実糖度Yの間には、有意な正の相関が認められ、 $Y=0.103X + 11.0$ の関係があった。このように、光環境の良いところの果実糖度が高いのは、果実周辺部の光合成速度が高いためと考えられる。実際に、相対照度が20%以上の部位に着果している果実数の割合はY字形区では68%で、主幹形区の54%と比べ明らかに高かった。したがって、Y字形区が主幹形区に比べ平均果実糖度が高くなったのは、光環境の良い部位に多くの果実が着果して

いることも大きな要因であると考えられる。

果実の着色についてみると、果皮色は果実に直接光が当たることによって優れることが明らかにされている(神戸ら, 1992)。本報告では、果皮色はブロック別に調査していないが、前述したように、Y字形区では、相対照度が20%以上となる果実の割合は主幹形区より高く、Y字形区の果実の方が、受光量が多いことがうかがえた。このため、Y字形区は主幹形区に比べ着色が良かったものと考えられた。

以上より、Y字形区は主幹形区に比べ、LAIが低いにも関わらず、樹当たりの光合成速度が高いため、収量が多くなるものと考えられる。また、Y字形区は光環境の良い部分に多くの果実が着果しているため果実糖度や着色が優れるものと考えられる。

第七章 リンゴ‘ふじ’における最適葉面積指数

植物の物質生産を最も高める上で、太陽エネルギーを最も効率良く受ける葉の重なり程度を最適LAIとしている(Monsi, 1953)。果樹栽培の目標は高品質な果実を連年多収することであるので、果樹の最適LAIは商品価値のある果実が連年多収できるLAIと考えられる。リンゴの最適LAIについては、小池(1984)は主幹形M.26台木‘ふじ’で果実品質のそろったものを生産するためのLAIは2~2.5が良いと報告している。本章では、LAIと乾物生産、収量および果実品質の関係についてそれぞれ検討した。

第1節 栽植密度およびLAIと乾物生産の関係 1. 材料および方法

供試樹は、図49、50のような高さ3.5m、幅10×10mの寒冷しゃ(6×6mm)で被覆した園に、1990年3月26日にM.9中間台木樹‘ふじ’を100樹、1×1mの間隔に植え付けた。植え付け前には100㎡当たり、豚ふん堆肥を5t、NK化成(N14:P0.3:K14)を60kg、苦土石灰を60kg施用し、深さ30cmまでの土壌とよく混合した。そして、M.9中間台木が約10cm程度地上部に出るように植え付けた。次年度から

は基肥として1年に1回、2月に100㎡当たりNK化成を20kg、苦土石灰を20kg、ナタネ油カスを10kg施用した。そして、樹相互の遮蔽が始まる植え付け4年目の1993年3月22日にこの園を5×5mの4区画に分けた。

試験は供試樹の‘ふじ’が5年生になった1994年に、図49のうちの3区画を用いて行った。3月22日に各区の10a当たりの栽植密度(栽植距離)が1,000本(1×1m)、500本(1.4×1.4m)、250本(2×2m)になるように間伐して設定し、その後摘果、新梢管理などの樹体管理はいっさい行わなかった。そして、その年の11月10日に

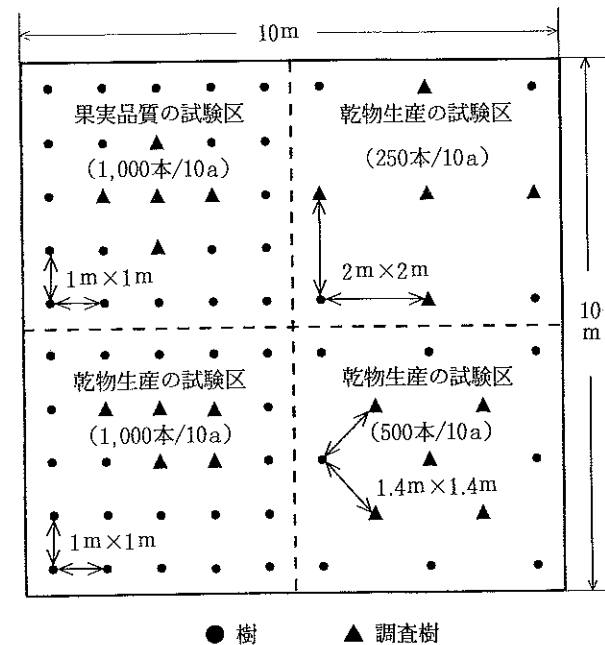


図49 層別果実品質の試験区と10a当たりの栽植本数を250本、500本、1,000本に設定した乾物生産の試験区

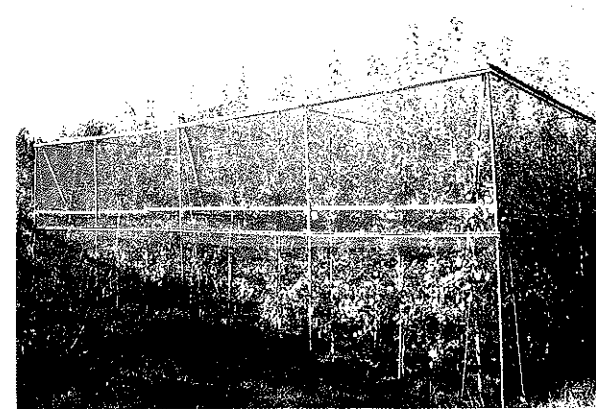


図50 栽植密度の違いが乾物生産に及ぼす影響と層別の果実品質を調査した園

表12 栽植密度の違いが5年生M.9中間台木樹‘ふじ’の生育と収量に及ぼす影響(1994)

栽植密度 本/10a	栽植距離 m m	新梢(樹)		樹冠占有 面積率 %	葉面積(樹)		LAI(土地面積当)		収量	
		平均長 cm	本数 本		解体時 ㎡	累積 ㎡	解体時	累積	樹当 kg	10a当 kg
1,000	1.0×1.0	19.8a ²	210.0a	100.0a	5.56a	6.31a	5.56a	6.31a	7.7a	7,658a
500	1.4×1.4	26.1b	249.2b	100.0a	10.02b	10.78b	5.01a	5.39a	10.5b	5,241b
250	2.0×2.0	24.4b	256.4b	57.9b	9.37b	9.67b	2.34b	2.42b	11.4b	2,842c

² ダンカンの多重検定により異なる文字間に5%水準で有意差あり



図51 栽植本数1,000本/10aの樹冠内の状況(LAI, 5.56, 1994年10月8日)

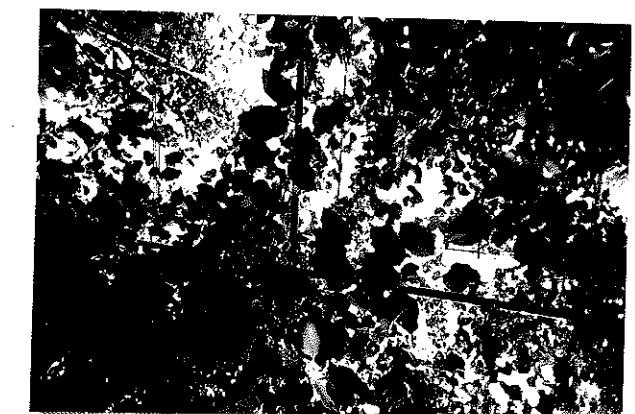


図52 栽植本数500本/10aの樹冠内の状況(LAI, 5.01, 1994年10月8日)



図53 栽植本数250本/10aの樹冠内の状況(LAI, 2.34, 1994年10月8日)

すべての果実を採取し、各区25個について果実調査を行った。11月11日には各区5樹を解体調査し、地上部を葉身、新梢、旧枝(10mm以下、10~20mm、20mm以上)、地下部は旧根(根冠、10mm以上、10~5mm、5~2mm)、新根(2mm以下)に分類した。そして、葉面積や器官別生体重および乾物重などを測定した。純生産

量は果実、葉身、新梢、新根の乾物重に旧枝、旧根の当年生長部分を加えて算出した。旧枝と旧根の当年生長部分の乾物重は平均的な太さの部分で円板に切り、年輪幅から当年と前年までの面積比から求めた。また、生育途中で脱落した果実、葉身なども乾物重に加えた。

2. 結 果

栽植密度の違いが生育とLAIおよび収量に及ぼす影響を表12に示した。平均新梢長は500本区と250本区が長くて、1,000本区は短く、新梢数は250本区と500本区が多く、1,000本区は少なかった。このように、栽植密度の高い区ほど新梢が短く、本数は少ない傾向にあった。樹冠占有面積率は1,000本区と500本区が100%で、葉が園を全面に覆っていたが、250本区は57%で、園の43%は空いていた。解体調査時のLAIは樹冠が密閉状態の1,000本区(図51)が5.56で、500本区(図52)も5.01と高かったのに対し、250本区(図53)は2.34で低かった。10a当たりの換算収量は1,000本区が7,658kgと最も多く、次いで500本区が5,241kgであり、250本

区は2,842kgで最も少なかった。

表13には栽植密度の違いが果実品質に及ぼす影響を示した。硬度とリンゴ酸含量は栽植密度の違いによる有意な差は認められなかったが、1果重は1,000本区が最も小さく、次いで250本区、500本区の順で重かった。果実糖度は250本区と500本区が高く、1,000本区は低かった。このように、栽植密度が高く、LAIの高い区ほど1果重が軽く、果実糖度が低く、果実品質が劣る傾向にあった。

器官別乾物率に及ぼす影響は表14に示した。果実乾物率は250本区が13.4%と最も高く、次いで500本区の12.2%であり、1,000本区は10.5%と低かった。旧根と新根は1,000本区が他の区より低かった。また、葉身、新梢、旧枝は各区で有意な差は認められなかった。

表15には栽植密度の違いが1樹当たりの器官別純生産量に及ぼす影響を示した。1樹当

表13 栽植密度の違いが5年生M.9中間台木樹‘ふじ’の果実品質に及ぼす影響(1994)

栽植密度	1果重	硬度	Brix値	リンゴ酸
本/10a	g	lbs	%	g/100ml
1,000	226.9a ²	13.5a	10.7a	0.42a
500	262.7c	13.5a	12.8b	0.42a
250	244.3b	13.5a	13.3b	0.39a

² ダンカンの多重検定により異なる文字間に5%水準で有意差あり

表15 栽植密度の違いが5年生M.9中間台木樹‘ふじ’の1樹当たりの器官別純生産量に及ぼす影響(1994)

栽植密度	果実	葉	新梢	旧枝	旧根	新根	合計
本/10a	g	g	g	g	g	g	g
1,000	795.5a ²	515.2a	622.8a	755.1a	225.8a	55.6a	2,970.0a
500	1,273.1b	929.6b	1,153.4b	1,384.6b	317.3b	75.4b	5,133.4b
250	1,517.3b	924.6b	1,237.3b	1,380.2b	323.4b	91.1c	5,473.8b

² ダンカンの多重検定により異なる文字間に5%水準で有意差あり

表16 栽植密度の違いが5年生M.9中間台木樹‘ふじ’の10a当たりの器官別純生産量に及ぼす影響(1994)

栽植密度	果実	葉	新梢	旧枝	旧根	新根	合計
本/10a	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg
1,000	795.5a ²	515.2a	622.8a	755.1a	225.8a	55.6a	2,970.0a
500	636.6a	464.8a	576.7a	692.3a	158.7b	37.7b	2,566.8a
250	379.3b	231.1b	309.3b	345.1b	80.8c	22.8b	1,368.4b

² ダンカンの多重検定により異なる文字間に5%水準で有意差あり

りの純生産量は250本区が5,474g、500本区が5,133gと多かったが、1,000本区は2,970gと少なかった。器官別にみると、新根以外の各器官では250本区と500本区がほぼ同じで多く、1,000本区だけ少なかったが、新根は栽植密度に反比例する傾向がみられた。

表16には栽植密度の違いが10a当たりの器官別純生産量に及ぼす影響について示した。10a当たりの純生産量は栽植密度の高い1,000本区が2,970kgで、500本区も2,567kgと多かったのに対して、250本区は1,368kgと少なかった。器官別でもほぼ同様の傾向であった。

栽植密度の違いが器官別分配率に及ぼす影響を示したのが表17である。器官別分配率については各器官とも栽植密度による差は認められなかった。

表14 栽植密度の違いが5年生M.9中間台木樹‘ふじ’の器官別乾物率に及ぼす影響(1994)

栽植密度	果実	葉	新梢	旧枝	旧根	新根
本/10a	%	%	%	%	%	%
1,000	10.5a ²	36.6a	46.6a	46.7a	44.4a	36.9a
500	12.2b	36.9a	47.1a	48.9a	49.0b	45.2b
250	13.4c	37.9a	48.0a	48.4a	50.4b	44.4b

² ダンカンの多重検定により異なる文字間に5%水準で有意差あり

表17 栽植密度の違いが5年生M.9中間台木樹‘ふじ’の器官別分配率に及ぼす影響(1994)

栽植密度	果実	葉	新梢	旧枝	旧根	新根
本/10a	%	%	%	%	%	%
1,000	27.4a ²	17.2a	20.6a	25.3a	7.6a	1.9a
500	25.7a	18.0a	21.8a	26.9a	6.1a	1.5a
250	28.5a	16.7a	22.2a	25.0a	5.9a	1.7a

² ダンカンの多重検定により異なる文字間に5%水準で有意差あり

第2節 LAIと果実品質の関係

1. 材料および方法

試験は1993年に行い、第1節の図49の左上の1区画内で栽培中の4年生M.9中間台木樹‘ふじ’を5樹用いた。地上部から高さ3.75mまで、0.25m間隔でビニル紐を張って層を作り、層別のLAI、相対照度および果実品質などを測定した。LAIは10月27日に層別に葉をすべて採取し、葉面積を求めて計算した。果実品質の調査は10月29日に各層から果実を10個ずつ採取して、1果重、果色、着色率、硬度、果実糖度、リンゴ酸含量を求めた。果実品質調査は第II章の方法に準じた。相対照度は9月22日(曇り)と10月6日(曇り)の2回、各層の下部と樹冠外部の照度を照度計で各10回測定して求めた。SLA(比葉面積)は葉乾物重1g当たりの葉面積とした。花芽形成率は層別に前年の新梢の頂部について花芽とそうでないものを1994年4月20日に調査した。

2. 結果

表18にはリンゴ‘ふじ’の層別LAIとSLAおよび相対照度を示した。層別に上部から積算したLAIは、地上から300cmで0.89、200cmで2.39、地表面では4.7であった。SLAは下層になるに従い大きな値を示し、最下部は最上部の1.9倍となり、下層葉ほど陰葉化の傾向は著しかった。相対照度は下層になるほど低くなり、200cm以下で20%以下、150cm以下では10%より低くなった。

積算LAIと相対照度の関係を示したのが図54である。相対照度は積算LAIが高くなるにつれ指数曲線を描いて低下し、積算LAIが2.8前後で20%になり、3.5では10%程度となった。

表18 4年生M.9中間台木樹‘ふじ’の層別LAIとSLA及び相対照度(1993)

層位	高さ	葉面積	積算LAI	SLA	相対照度
	cm	cm ²		cm ² /g	%
15	350-375	3,251	0.33	89.6	100.0
14	325-350	2,445	0.57	90.7	90.3
13	300-325	3,193	0.89	92.5	78.4
12	275-300	3,378	1.23	97.9	63.3
11	250-275	3,422	1.57	107.5	55.0
10	225-250	3,608	1.93	117.9	43.3
9	200-225	4,578	2.39	128.3	26.9
8	175-200	5,536	2.94	132.9	15.2
7	150-175	4,043	3.35	145.2	11.3
6	125-150	5,133	3.86	152.8	8.3
5	100-125	4,337	4.29	164.2	6.3
4	75-100	3,312	4.62	166.7	3.9
3	50-75	733	4.70	171.3	3.9
2	25-50	32	4.70	—	4.2

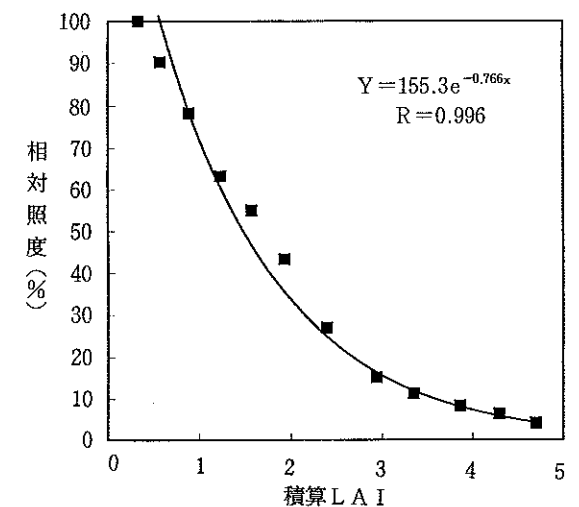


図54 4年生M.9中間台木樹‘ふじ’における積算LAIと相対照度の関係(1993)

リンゴ‘ふじ’の層別の果実品質について示したのが表19と図55である。1果重、果皮の地色、果実硬度は層位による差は認められなかったが、果皮の表面色、着色率、果実糖度は下層になるほど低かった。これに対して、リンゴ酸は下層ほど高い傾向にあった。

図56には相対照度と果実の着色率および果色との関係を示した。果実の着色率、果色とも相

表19 4年生M.9中間台木樹‘ふじ’の層別果実品質 (1993)

層位	高さ	積算 LAI	1果重	果色 ²	着色率	硬度	Brix 値	リンゴ酸
	cm		g	表面色 地色	%	lbs	%	g/100ml
11	250-275	1.57	283.2	4.9 4.5	76	15.1	13.1	0.44
10	225-250	1.93	341.7	4.1 4.0	73	14.5	13.0	0.40
9	220-225	2.39	307.9	2.9 4.5	63	14.5	12.4	0.44
8	175-200	2.94	325.2	2.1 3.9	49	14.5	11.6	0.44
7	150-175	3.35	334.4	1.8 4.2	32	13.9	11.8	0.44
6	125-150	3.86	309.3	1.9 4.3	34	15.5	11.4	0.47
5	100-125	4.29	346.6	1.8 4.8	28	14.5	10.7	0.44
4	75-100	4.62	307.3	1.4 4.8	13	14.5	10.7	0.50
3	50-75	4.70	278.5	1.4 4.4	16	15.4	10.5	0.50
2	25-50	4.70	259.2	1.2 5.0	4	15.4	10.3	0.50

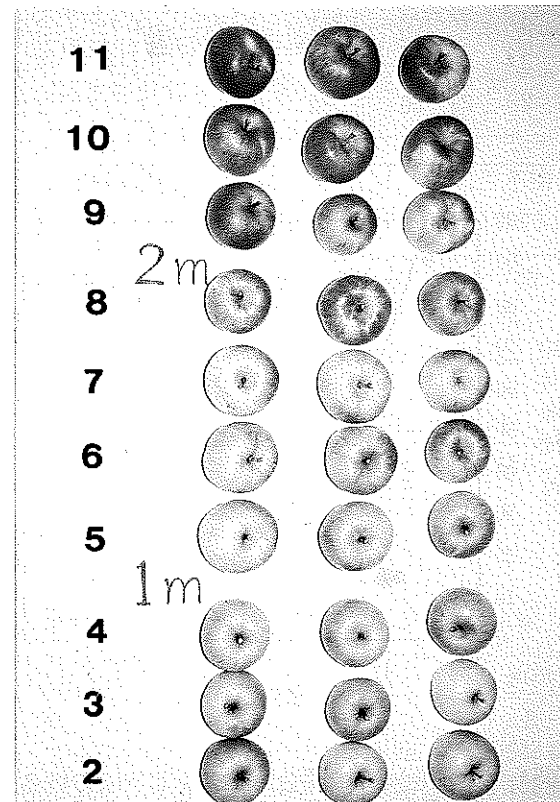
注) ² 農林水産省果樹試験標準カラーチャート値

図55 着果位置と果実の着色程度

対照度が高くなるにつれて、着色率は対数曲線を、果色は直線を描いて上昇した。しかし、相対照度が15~20%以下の層では果色と着色率が極端に低かった。

図57には相対照度と果実糖度の関係を示した。相対照度が高くなるにつれて、果実糖度は対数曲線を描いて上昇し、20%以上の照度になると、糖度は12%以上となった。

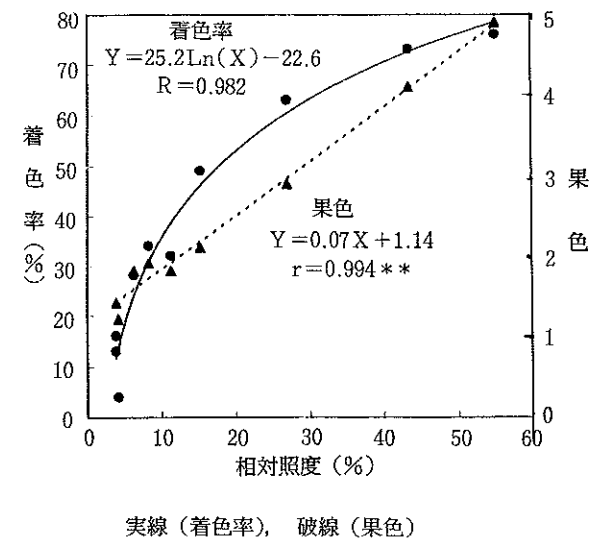


図56 4年生M.9中間台木樹‘ふじ’における相対照度と果実の着色率、果色(カラーチャート値)の関係(1993)

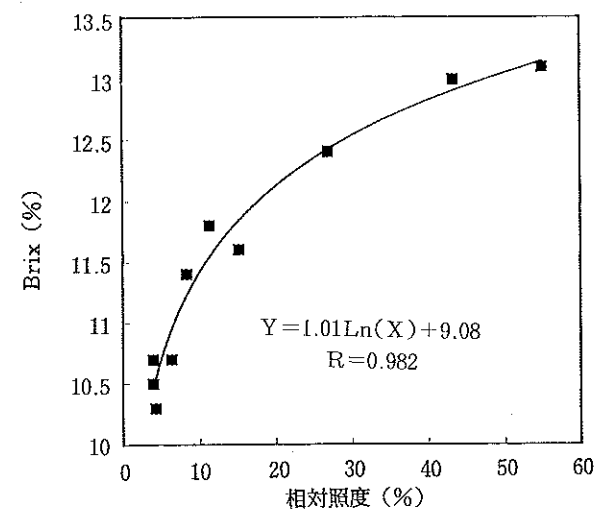


図57 4年生M.9中間台木樹‘ふじ’における相対照度と果実糖度(Brix%)の関係(1993)

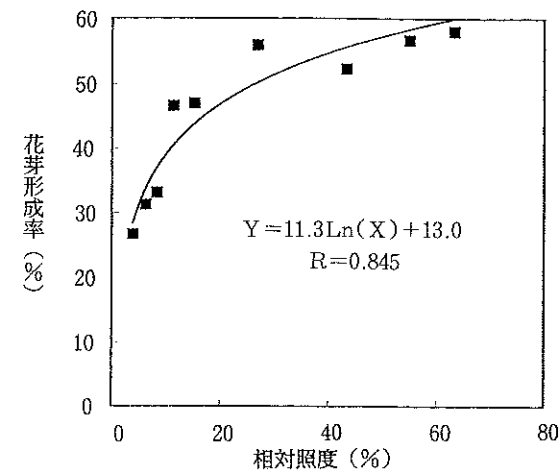


図58 4年生M.9中間台木樹‘ふじ’における相対照度と花芽形成率の関係(1993)

相対照度と花芽形成率の関係を図58に示した。相対照度が高くなるにつれて花芽形成率は対数曲線を描いて上昇し、10%以上の照度になると、花芽形成率は45%以上と高くなった。

第3節 樹冠占有面積率およびLAIと収量の関係

1. 材料および方法

試験には、M.26中間台木樹‘ふじ’を用いて、3~10年生の各年に、平均的な3~5樹を選んで、LAI、樹冠占有面積率、10a当たりの換算収量、単位葉面積当たりの収量の相互関係を検討した。葉面積、樹冠占有面積、収量の調査は第II章の方法で行った。

2. 結果

樹冠占有面積率と10a当たりの換算収量の関係を、Y字形区については図59に、また、主幹形区については図60に示した。Y字形区では、樹冠占有面積率が高くなるにつれて収量は直線的に増加し、樹冠占有面積率が100%で最大となった。これに対して、主幹形区では樹冠占有面積率が70%程度までは、その値が高くなるにつれて収量は二次曲線を描いて増加したが、それ以上は増加せずほぼ一定となった。

樹冠占有面積率と単位葉面積当たり収量との関係を、Y字形区については図61に、主幹形区については図62に示した。Y字形区、主幹形区とも単位葉面積当たりの収量は樹冠占有面積率

が高くなるにつれて、1次直線を描いて低下したが、主幹形区の低下の方が顕著であった。

LAIと10a当たりの換算収量の関係について、Y字形区を図63に、主幹形区については図64に示した。Y字形区の収量はLAIが高くなるにつれて、対数曲線を描いて増加し、LAI 4.5で8,000kg/10a程度まで増加した。また、立ち上がり急で、比較的低いLAIで収量の増加は著しかった。それに対して、主幹形区もLAIが高くなるにつれて対数曲線を描いて収量は増加したが、2.3程度が上限となった。収量からみたY字形区の最適LAIは主幹形区より明らかに高く、収量の最大値は、Y字形区の方が1.3倍多くなった。

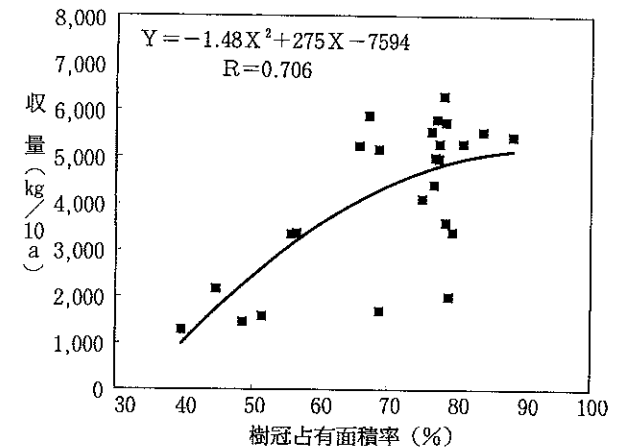


図60 M.26中間台木‘ふじ’の主幹形整枝樹における樹冠占有面積率と収量の関係

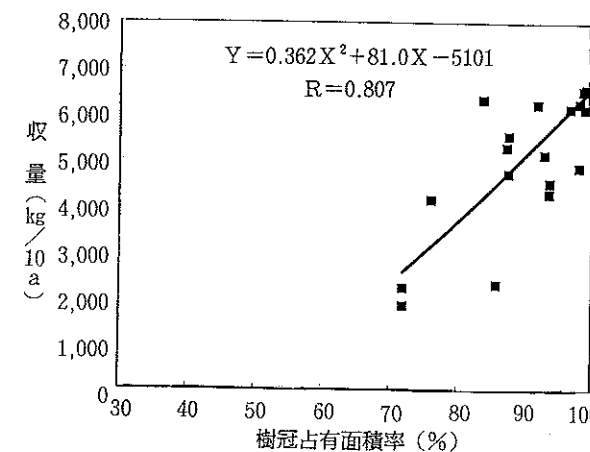


図59 M.26中間台木‘ふじ’のY字形棚整枝樹における樹冠占有面積率と収量の関係

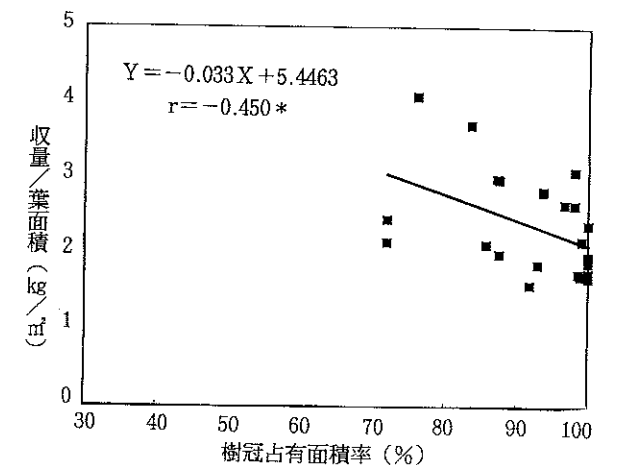


図61 M.26中間台木‘ふじ’のY字形棚整枝樹における樹冠占有面積率と単位葉面積当たりの収量との関係

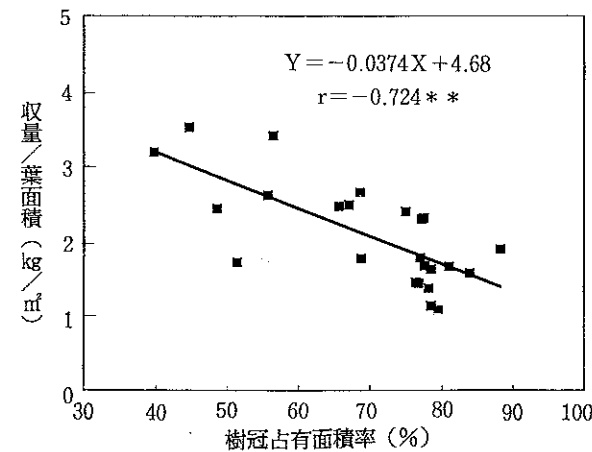


図62 M.26中間台木 'ふじ' の主幹形整枝樹における樹冠占有面積率と単位葉面積当たりの収量との関係

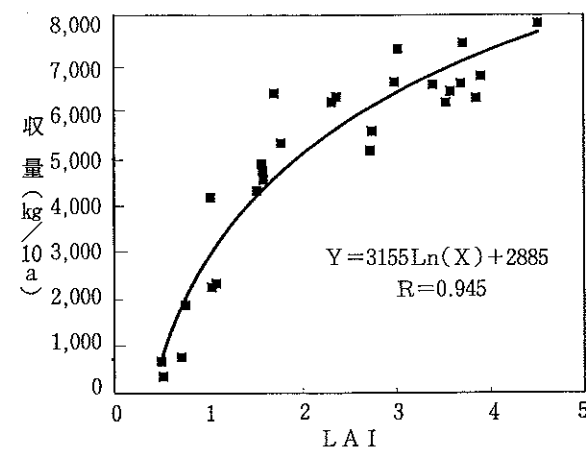


図63 M.26中間台木 'ふじ' のY字形棚整枝樹におけるLAIと収量の関係

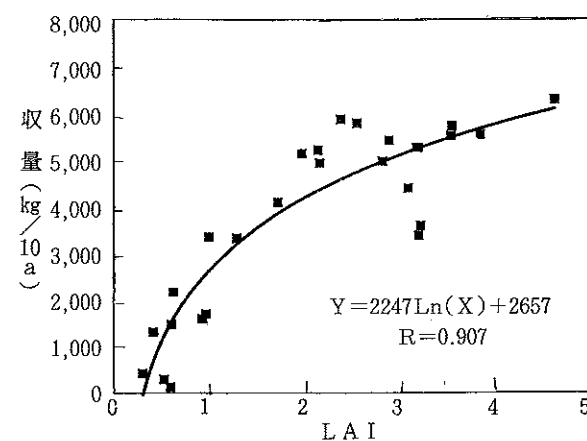


図64 M.26中間台木樹 'ふじ' の主幹形整枝樹におけるLAIと収量の関係

LAIと単位葉面積当たりの収量を示すと、Y字形区は図65、主幹形区は図66のようである。単位葉面積当たりの収量は、LAIが1.5程度までの低い状態では、Y字形区と主幹

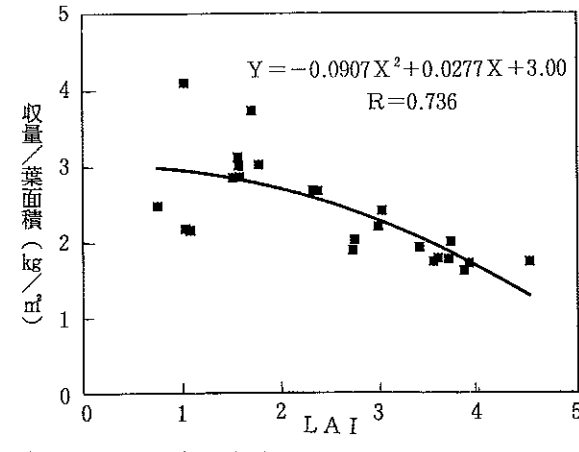


図65 M.26中間台木樹 'ふじ' のY字形棚整枝樹におけるLAIと単位葉面積当たりの収量との関係

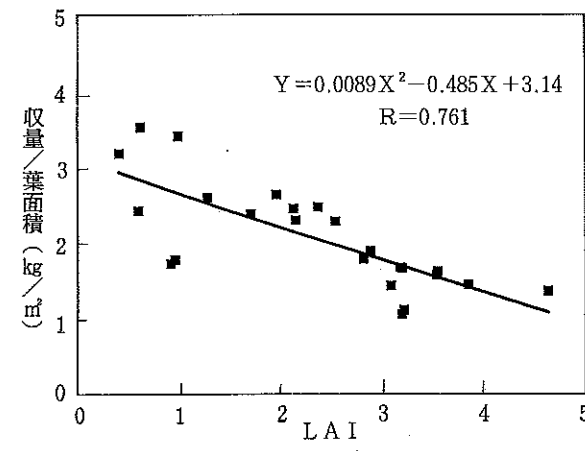


図66 M.26中間台木樹 'ふじ' の主幹形整枝樹におけるLAIと単位葉面積当たりの収量との関係

形区に間に差が認められなかったが、LAIが1.5以上になると、Y字形区の方が高いことがわかれた。

第4節 考察

光は植物群落の中で、LAIが増大することによって指数関数的に減少し、そのため下層の葉層の発達には上層の群落の繁茂に伴って消滅する (Jensen, 1982)。また、LAIの増加に伴い、純生産量は増加するが、ある段階になると、葉量は一定以上に増加しなくなる。しかし、呼吸量は増加蓄積された植物体の総量に比例して増加するために、純生産量は最大値を有する1頂曲線となり、この純生産量が最大となるLAIを最適LAIであるとしている (Monsi,

1953)。

果樹では、平野 (1989) らがウンシュウミカンを用いて、10a当たりの栽植密度が1,000本、500本、250本、125本における樹齢ごとのLAIの推移を調査し、250本以上で、8年生以上になると、密度に関係なくLAIが8程度で一定になったと報告している。

本報告ではLAIが5.56の1,000本区や5.01の500本区は、夏以降になると下層の葉から順次黄化落葉することが観察された。このような密植状態では上層の葉面積が増加するのに伴って、下層に到達する光が減少し、光合成という本来の役割を果たし得なくなって下層の葉から落葉し、ほぼ一定のLAIにとどまったものと考えられる。累積LAIに占める落葉の比率をみると、1,000本区が11.9%と非常に高く、次いで500本区が7.2%、250本区は3.3%とわずかであった。したがって、リンゴではLAI 5.0以上になると下層の光線不足が顕著になるとみなされる。ちなみに、LAIが4.7で下層の相対照度は4.2%であり、熊代ら (1984) がリンゴの苗が生育可能な限界受光量は5%としていることから、LAIで4.7程度が限界受光量と考えられる。したがって、果実品質や花芽形成などを無視したリンゴ 'ふじ' の最適LAIは温州ミカンの8 (平野, 1989) よりかなり低く5程度と考えられる。

次にLAIと純生産量の関係について検討する。高橋 (1986) はブドウで、純生産量はLAIに比例して増大することを明らかにしている。村田ら (1976) によれば、自然界の純生産量は、森林、耕地、草原で大きな違いはなく、10~25 t/ha・年の範囲であるが、森林のスギ林や常緑広葉樹林では15~25 t/ha・年であったと報告している。果樹についてみると、リンゴでは、小池ら (1990) の9年生M.26台木樹 'ふじ' (4×1.5m 植え) の純生産量は普通着果樹 (葉果比57枚) の平均が1,396 kg/10aと報告している。ブドウでは高橋 (1986) が、純生産量の平均は1,045 kg/10aで、最高が1,713 kg/10aであったと報告している。第Ⅲ章における10年生M.26中間台木樹 'ふじ' (3.6×2m 植え) の純生産量は、Y字形区が2,416.6 kg/10a、主幹形区は1,959 kg/10aで、平均すると2,189

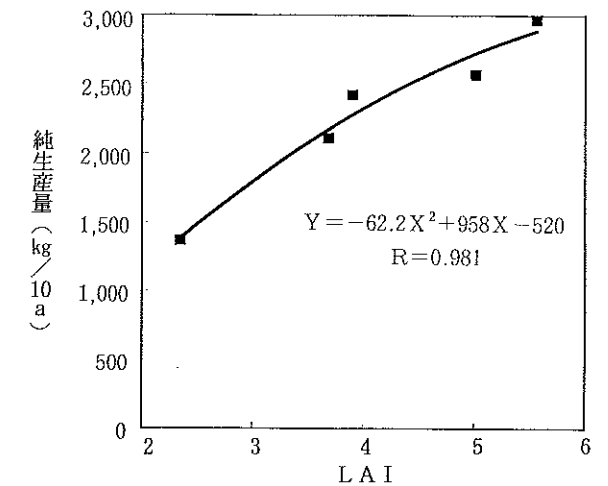


図67 リンゴ 'ふじ' のLAIと純生産量の関係

kg/10aである。この値は、小池ら (1990) の報告の1.57倍であり、村田ら (1976) のスギ林や常緑広葉樹とほぼ同程度に高い値である。次に、純生産量の増加に関係の深いLAI (高橋, 1986) から考察すると、第Ⅲ章で得られたLAIの平均は3.80で、小池ら (1990) の9年生M.26台木樹 'ふじ' (4×1.5m 植え) の調査結果から推定される2.0程度のLAI値とは大きく異なる。すなわち、Forsheyら (1970)、小池ら (1990)、福田ら (1991) の報告に比べて、第Ⅲ章の純生産量が多かった要因のひとつとしてLAIが小池ら (1990) の推定LAIより1.9倍も高いためと考えられる。また、第Ⅲ章と本章における純生産量とLAIの数値から、それらの関係を図67に示した。これによると、純生産量はLAIが高くなるにつれて二次曲線を描いて増加し、LAIが高くなるにつれて増加は緩慢になった。したがって、生態学的な面からみた純生産量は、密植して、肥料を多く施用することによって増加し、3 t/10a程度が最大で、そのときのLAIは5.5程度であると考えられる。

しかし、果樹栽培では、高品質果実を連年多収することが目的であるので、純生産量を増やすだけではなく、果実への分配率を高め、果実に当たる光を増やし、着色が良く糖度の高い果実を生産する必要がある。受光量と果実品質については、茂原ら (1990)、神戸ら (1992) の報告があり、果実品質に影響を与え、良品質の果実を生産するためには、光環境として20~30%

以上の受光量が必要であると報告している。施肥量と果実品質については、窒素の施用が多いほど糖度が低く、着色は遅れるという報告（斉藤，1994）があり、友清（1982）は暖地の山口県で栽培されるリンゴは主産地の青森県などと比べて平均気温が高いため着色が悪いと報告している。本試験では早期に樹体を大きくするために、多肥栽培を行っている上に、暖地で栽培しているので、着色、果実糖度とも全体的に低く、果実品質の判断が非常に難しいが、本章でも相対照度が低下するにつれて、果実糖度、着色率、果色が低下し、リンゴ酸含量が増加した。特に、相対照度が15～20%以下の果実は糖度が12%以下で、着色率も40%以下と品質が極端に低かった。また、前章でも考察したとおり、相対照度が20%以下の樹冠内にある果実は糖度の低いものが多かったことから考えても、品質良好な果実を生産するためには相対照度が20%以上必要と推察される。

毎年一定以上の果実を生産するためには、良質な花芽の形成が必要である。相対照度と花芽形成率について茂原ら（1990）は、良質な花芽を形成するためには日射量の40%以上の受光量が必要であると報告している。本試験では、相対照度が10%以下では花芽形成率が35%以下になったことから十分な花芽を確保するためには、10%以上の相対照度が必要と考えられる。しかし、着果量が多いほど次年度の花芽形成率が低下するとの報告（小池，1990）があり、本試験で相対照度が低くても花芽形成率が高かったのは、1樹当たり10果とやや着果量が少なかったことにより、着果量の影響が極めて少なかったためと考えられる。したがって、果実品質や花芽形成からみて最低限必要な相対照度は20%程度と考えられ、その時のLAIは2.8～3.0となる。

リンゴの最適LAIについて、小池ら（1984）は果実品質のそろったものを生産するためには2～2.5が良いとしている。また、橘ら（1989）はウンシュウミカンで、収量はLAIが高くなるにつれて増加するが、LAIが6.7のときに最大値となり、それ以上になると減少したと報告している。本試験では、Y字形ではLAIが4.5

まで高くなるにつれて収量は8t/10a程度と高くなったが、主幹形区はLAIが2.3以上になると、収量が6t/10a程度で上限となった。このように、果実収量からみたリンゴの最適LAIは、Y字形が4.5程度で、主幹形区は2.3程度となり、整枝法により明らかに違いがみられた。

Y字形区の最適LAIが高いのは棚仕立てで、結果枝を樹全体に均一に配置し、夏季には徒長枝をせん除したり、新梢が混まないように誘引して、葉層を均一に分布させるためと考えられる。それに対して、主幹形区では作業をするために列間をあける必要があり、樹冠占有面積率は50～70%で止めなければならない。このため、樹冠占有面積当たりのLAIは著しく高くても、土地面積当たりのLAIは低くなってしまふと考えられる。以上のことから、Y字形の最適LAIは主幹形より明らかに高く、3程度と考えられる。この数字は高橋のブドウ、内田のナシの報告とほぼ一致し、棚仕立て果樹では共通する値とみなされる。

以上のことから、Y字形区が主幹形区より収量が多く、果実品質が優れたのは、Y字形区が棚仕立てで樹冠占有面積率が高く、最適LAIを高くすることができるためと考えられる。

第Ⅷ章 Y字形棚整枝樹および主幹形整枝樹‘ふじ’における作業能率の比較

わが国では、外観がすぐれ、食味が良好な果実を生産するため、生産者は摘果や袋掛けのような細かい作業に多くの時間を費やしている。しかし近年、果樹農家では従事者が減少するとともに、老人や婦女子の割合が高まっているため、労働生産性が高く、安全で効率良く作業できる栽培法が求められている。現在行われているわい性台木を使用したリンゴの主幹形は、樹高が4m前後と高く、袋掛けや収穫などの作業には、2m以上の高い脚立を用いるため、能率が悪く危険が伴う。それに対して、Y字形は樹高が3mと低く、すべての作業は高さ1m程度の脚立で樹冠の下から行うので、老人や婦女子でも安全にしかも快適に作業ができる。リンゴ

の作業能率については、塩崎（1993）がマルバカイドウ台‘ふじ’で主幹形と開心形を比較した報告があるが、Y字形と主幹形を比較したものはみあたらない。本章では9年生‘ふじ’を用いて、Y字形と主幹形区における作業能率の違いを比較検討した。

第1節 材料および方法

作業時間の調査は、1992年に9年生M.26中間台木樹‘ふじ’のY字形区と主幹形区の中からそれぞれ24樹を供試し、当場の3人の職員で行った。受粉は満開期の4月20日に絵筆で、咲いているほぼすべての花に行った。摘果は5月6日に、肥大が最も旺盛で形の良いのを1花そう当たり1果に制限した。袋掛けは6月12日に行い、袋は2重袋（小林製袋所製）を使用した。収穫は11月12日に行い、ビニール製の収穫袋に一旦果実を採ったのち、約20kg入りのプラスチックコンテナに移しかえた。整枝・せん定は1993年2月27日の晴天日に鋸と鉋で行い、Y字形区では側枝や母枝を棚に誘引結束した。10a当たりの各作業時間は1樹当たりの平均値に、植え付け本数の139本を乗じて算出した。高所の作業には、Y字形区が高さ0.8m、主幹形区は0.8と1.8mの永野鉄工所製の3本足の脚立をそれぞれ使用した。

花芽数、袋掛け数および収量の調査は、Y字形区、主幹形区とも作業時間の調査に供試した全樹について行ったが、樹高、葉面積および樹冠占有面積などはその中から平均的な5樹を選んで第Ⅱ章に準じて調査した。

第2節 結 果

1. 供試樹の生育と収量の比較

整枝法の違いが生育、花芽数および収量に及

ぼす影響について示したのが表20である。Y字形区の樹高は3mのY字棚に誘引してあるために3mであったが、主幹形区の樹高はせん定時に3mであったが、新梢が伸びて調査時点では3.45mであった。Y字形区の樹冠占有面積率は96%とほぼ園を樹冠で覆っていたが、主幹形区は24%程度の空間が空いていた。1樹当たりの花芽数はY字形区が300芽で主幹形区より1.4倍多く、袋掛け数もY字形区が148枚と主幹形区より1.2倍多かった。収穫果数はY字形区が136個と主幹形区より1.25倍多く、10a当たりの収量もY字形区が6,174kgと主幹形区より1.3倍多かった。袋掛け数と収穫果数が一致しないのは生育途中で落果があったからである。

2. 各作業時間の比較

Y字形区の作業は地上または図68のように、高さ0.8mの脚立を用いて行ったが、主幹形区では図69のような1.8m程度の脚立が必要であった。また、Y字形区はほぼ園を樹冠で覆っているため、作業を樹冠の下から行ったが、主幹形区では樹列間の空いた空間から行った。

表21は整枝法の違いが受粉と摘果時間に及



図68 Y字形区の袋掛け作業

表20 供試樹の生育状況、花芽数と収量の差異 (1992)

整枝法	樹高	樹冠占有面積率	LAI	花芽数(樹当)	袋掛け数(樹当)	収穫果数(樹当)	収 量	
	m	%		芽	枚	個	kg	kg
Y字形 ^Y	3.00±0.02 [*]	96.1±2.6	3.09±0.17	300.0±51.4 [*]	147.5±11.6	136.4±7.4	44.4±2.7	6,174
主幹形 ^Y	3.45±0.08	75.9±2.3	2.95±0.16	219.0±24.1	125.1±6.8	109.0±8.1	33.3±3.5	4,629

^{*} 平均値±標準誤差

^Y 9年生M.26中間台木樹‘ふじ’

ばす影響をみたものである。10 a 当たりの受粉時間はY字形区が7時間56分で、主幹形区とはほぼ同じであったが、1花芽当たりではY字形区が0.6秒で、主幹形区の0.9秒より明らかに短かった。10 a 当たりの摘果時間はY字形区と主幹形区で明らかな差は認められなかったが、1花芽当たりではY字形区が6.5秒と主幹形区より24%短かった。

次に、袋掛け、収穫およびせん定時間に及ぼす影響について示したのが表22である。10 a 当



図69 主幹形区の交配作業

表21 整枝法の違いが9年生M.26中間台木樹‘ふじ’の受粉・摘果時間に及ぼす影響 (1992)

整枝法	受粉時間(1回)		摘果時間	
	(10a当)	(花芽当)	(10a当)	(花芽当)
	hr:min	sec	hr:min	sec
Y字形	7:56±0:50 ²	0.6±0.1	75:46±9:46	6.5±0.6
主幹形	7:22±0:41	0.9±0.1	72:05±11:15	8.5±0.7

² 平均値±標準誤差

表22 整枝法の違いが9年生M.26中間台木樹‘ふじ’の袋掛け・収穫・せん定時間に及ぼす影響 (1992)

整枝法	袋掛け時間		収穫時間		せん定時間 (10a当)
	(10a当)	(果当)	(10a当)	(果当)	
	hr:min	sec	hr:min	sec	hr:min
Y字形	116:47±6:41 ²	21±0.9	48:36±3:42	9.2±0.2	79:32±8:01
主幹形	105:24±6:33	22±1.3	43:49±3:41	11.0±1.1	49:25±4:05

² 平均値±標準誤差

たりの袋掛け時間は、Y字形区が116時間で主幹形区より1.1倍長かったが、1果当たりではほとんど差がなかった。また、10 a 当たりの収穫時間はY字形区が主幹形区より1.1倍長かったが、1果当たりでは、Y字形区が9.2秒と主幹形区より明らかに短かった。さらに、せん定時間はY字形区が79時間32分で主幹形区より1.6倍長かった。

3. 年間の作業時間の比較

Y字形区と主幹形区の年間の主な作業時間を、整枝せん定や収穫などの比較的頭脳を働かせ技能を必要とする作業を精神労働的作業、除草や薬剤散布などを肉体労働的作業とに分けて表23に示した。10 a 当たりの全労働時間はY字形区が445.6時間で主幹形区より75.4時間長かったが、全作業時間に占める精神労働的作業はY字形区、主幹形区とも96%程度と高く、作業の大部分を占めていた。整枝法で比較すると、精神労働的作業はY字形区が429.8時間で主幹形区より1.2倍長かったが、肉体労働的作業時間はY字形区、主幹形区とも15.8時間で同じであった。各作業の中では袋掛け時間が最も長く、次いで収穫調整と受粉・摘果および整枝せん定の順であった。

表23 整枝法の違いが9年生M.26中間台木樹‘ふじ’の年間の主な作業時間に及ぼす影響 (1992)

作業項目		年間作業時間		収量1t当たりの推定年間作業時間	
		Y字形	主幹形	Y字形	主幹形
		hr	hr	hr	hr
精神労働の作業	整枝・せん定	79.5	49.1	12.9	10.6
	夏季せん定・誘引	16.2	4.0	2.6	0.9
	受粉・摘果	96.8	87.2	15.7	18.8
	袋掛け・除袋	140.4	127.1	22.7	27.5
	収穫・調整	96.9	87.0	15.7	18.8
	小計	429.8	354.4	69.7	76.5
肉体労働の作業	中耕・除草	8.1	8.1	1.3	1.7
	施肥・かんがい	2.2	2.2	0.4	0.5
	薬剤散布	5.5	5.5	0.9	1.2
	小計	15.8	15.8	2.6	3.4
総合計		445.6	370.2	72.3	79.9

収量1 t 当たりの推定年間作業時間についてみると、全作業時間は、Y字形区が72.3時間で主幹形区より10%短く、精神労働的作業ではY字形区が主幹形区より9%、肉体労働的作業では24%短かった。各作業のうち整枝・せん定と夏季せん定・誘引作業はY字形区が長かったが、その他の作業は主幹形区が長かった。

第3節 考 察

果樹栽培は経済行為であるから、労働生産性を向上させることは極めて重要である。しかし、高橋(1982)が指摘したように、日本では、果物は限りなく食味、外観とも良好でなければならないため、高品質果実生産が前提となる。また、わが国のように耕地面積が狭い場合には土地生産性を高めることも重要である。このため、果樹の樹形は高品質多収が可能のように、受光効率が高く、かつ同化産物の果実への分配率が高いもので、なおかつ管理作業能率の良いものが望まれる。

果樹の樹形には立ち木仕立て、垣根仕立て、棚仕立てなどがあるが、葉師寺(1973)は立ち木仕立ての開心形と垣根仕立てに近い並木植え計画密植のウンシュウミカン園における収量と労働生産性を比較している。これによれば、立ち木仕立てでは、樹園地内に、果実生産用の空間と作業用の空間が必要であるが、収量が最大となる樹冠占有面積率は84%であるとしている。

しかし、労働生産性を上げるためには、自走式作業機械の直進運転ができるように樹冠間隔が2 m程度空いた垣根仕立てがよいが、樹冠占有面積率が50%程度のため、収量が低く作業性と収量の兼ね合わせが難しいと報告している。一方、棚仕立ては、立ち木や垣根仕立てと異なり、自走式の作業機械の運行を含め、作業を樹冠の下から行うことができる。そのため、生産用の空間と作業用の空間を分ける必要がなく、樹冠占有面積率が100%で最大収量を得ることができる。Y字形区は並木植えで棚仕立てなので、スピードプレーヤーのような作業機械も直進で運行することができ、立木仕立ての主幹形区より労働生産性と土地生産性をともに高めることが可能になる。

次に、果樹の各種作業労働について考察する。高橋(1982)によれば、果樹栽培は、水稻や麦類と比較すると単位土地面積当たりの労働時間が長いだけでなく、整枝せん定、摘果、収穫などは高度な技能を要する作業が多いため、極めて機械化し難いのが特徴であるとしている。さらに、高橋(1982)は果樹の作業を除草や薬剤散布などの肉体労働的作業と比較的頭脳を働かせ、技能を要するせん定や摘果などの精神労働的作業とに分類している。本報告においてもこの分類にしたがって作業を分けてみた。その結果、肉体労働的作業はほとんどが機械化され、能率化されているため、全労働時間に占める割

合はY字形区、主幹形区ともわずか4%程度にすぎなかった。それに対して、精神労働的作業は非常に長く、Y字形区、主幹形区とも96%程度とほとんどの作業時間を占めていた。したがって、果樹栽培における労働生産性の向上には、精神労働的作業の省力化をはからなければならないと考えられる。

Y字形区と主幹形区における精神労働的作業と作業能率についてみると、受粉、摘果などの作業時間は作業者の技能に差がないと仮定すると、花そう数あるいは果実数と作業中の移動距離によって規定されと考えられる。人工受粉についてみると、主幹形区の作業は高さ0.8～1.8mの脚立を用いて、脚立の足を樹冠の中に入れて登り、花に受粉し、降りて移動するという動作をくり返すため、移動距離が長くなる。これに対して、Y字形区は樹冠が平面で結果部位が低いため、ほとんどの作業が地上または高さ0.8m程度の低い脚立で行うことができるので移動距離が短くて済む。このように、Y字形区は主幹形区に比べ、脚立の移動や登り降りなどの作業中の移動距離が短いと考えられ、それぞれの作業に要する時間は短くて済む。したがって、Y字形区は花芽数が多いにもかかわらず、1花芽当たりの受粉や摘果時間が短くなり、10a当たりでは差がでなかったものと考えられる。収穫時間も受粉や摘果作業と同様の理由で1収穫果当たりの時間はY字形区が主幹形区より短かった。これに対して、1果当たりの袋掛け時間はY字形区と主幹形区で明らかな差は認められなかった。その理由は、1果当たりの作業時間が受粉や摘果作業と比べて長い場合、全作業時間の内に占める移動時間の比率が低く、その差が現れにくかったためと考えられる。収穫作業について付け加えるならば、主幹形区では、樹冠上部の果実を採取するためには、脚立の足を樹冠の中に入れるが、そのときに脚立の足が果実に当たって、傷が付いたり落ちたりすることがある。それに対して、Y字形区では樹冠の下から収穫するために、傷をつけずに収穫できるという利点がある。

せん定作業は、樹全体や枝の各部位を眺めて、どの枝を切るか判断し、そして、せん定の対象となる枝まで移動し、鋸や鉋で切るという動作

を繰り返すため、主に判断、移動、せん定の3つの要素に分解できる(佐藤ら, 1983)。Y字形区の側枝数は1樹当たり約40本と主幹形区に比べ約2倍多く、その上にせん定と同時に側枝や母枝を棚に結束しなければならないので、主幹形区よりせん定作業時間は長くなる。しかし、せん定は作業の少ない冬季に行われるので、時間的余裕があり、果樹園経営に支障をきたすことは少ない。

平成4年度農産物生産費調査報告(農林水産省統計情報部, 1992)によれば、各果樹の10a当たりの年間の作業時間は、岡山県の‘マスカットオブアレキサンドリア’が882時間、鳥取県の‘二十世紀’ナシが459時間、山梨県の‘白桃’が364時間、福岡の‘富有’が173時間などとなっており、リンゴでは長野県の有袋‘つがる’が455時間、無袋‘ふじ’が364時間である。本報告におけるY字形区の作業時間は446時間で、主幹形区の370時間より長く、鳥取県の‘二十世紀’ナシや長野県の‘つがる’とはほぼ同様であった。しかし、重要なのは単位収量当たりの作業時間である。収量1t当たりの全作業時間は、Y字形区が72.3時間で、主幹形区より10%短く、単位収量当たりの労働生産性はY字形区が高いことになる。

更に付け加えるならば、果樹の精神労働的な作業の能率は、作業者の技能によって大幅に異なる。すなわち技能が高い作業者と低い作業者では2倍以上の開きがあるのは珍しいことではない。そういう観点からY字形区と主幹形区を比較すると、Y字形区は主幹形区に比べ技能の差が現れにくく、かつ技能の修得がきわめて容易である。主幹形区は立体的なため、せん定に際しての側枝の配置や受粉、摘果作業などの判断が難しく、思案する時間が長くなりがちである。それに比較して、Y字形区は樹形が平面的であるため、側枝の配置や摘果作業などが単純作業として行えるから、技能の低い作業者でも判断に苦労することなく比較的容易にできる。そのために、Y字形区は主幹形区より栽培管理作業の能率が上がるように考えられる。また、本報における主幹形区の樹高は、Y字形区と同様にネット棚下で栽培しているため3.4mであったが、現地リンゴ園では4m以上が普通である

から、実際の移動距離はさらに長くなると考えられる。このことを考慮すれば、主幹形の作業時間はY字形よりさらに長くなるかもしれない。

以上のように、Y字形は、わが国で一般に行われている主幹形より単位収量当たりにおける精神労働的作業の能率を高め、労働生産性を向上することができる整枝法といえることができる。

第IX章 総合考察

植物工場のように光エネルギーを補うことができる場所では、光に合わせた葉群構造をつくることできる。しかし、自然界における物質生産が最大となる植物群落は、限られた光のエネルギーをできるだけ高率に受けると同時に、個々の葉がより均等に光を受けるような構造をもったものである(Monsiら, 1953)。果樹栽培においても同様であるが、日本における果実生産は、外観と内容のすぐれることを前提に多収を目的としている。そのため、果樹の樹形は単位土地面積当たりの光合成生産力が高く、その産物の果実への分配率が高いことに加え、果実にも一定以上の光が当たるようにする必要がある。そこで、わい性台木を利用したリンゴ栽培における光線の効率的利用と樹勢維持の両面を満たす仕立て方法として、Y字型に配置した2本主枝による波状棚栽培のY字形棚整枝を検討した。

平成5年度の果樹生産出荷統計(農林水産省統計情報部, 1995)によれば、各果樹の平均収量は、リンゴが2,080kg、ナシが2,090kg、ブドウが1,110kg、モモが1,470kgである。一方、優良農家の10a当たりの目標収量は、リンゴ‘ふじ’とナシの‘二十世紀’が4t、ブドウの‘デラウェア’が1.5t、モモの‘清水白桃’が2t程度といわれている。この果実生産を物質生産からみると、果樹の生産力は生体重としての収量ではなく、乾物重としての評価が重要である。各果樹の目標収量に果実の乾物率を乗じた10a当たりの果実乾物重は、リンゴが560kg、ナシが440kg、ブドウが270kg、モモが260kgとなり、リンゴが最も多い。しかし、リンゴは光合成産物が果実へ供給される開花から成熟期までの期間が210日程度とナシの120～150日、

ブドウの90～100日、モモの90～120日と比べて最も長い。そこで、果実乾物重を成熟期間で除した1日当たりの果実乾物生産力を計算してみると、リンゴが2.67kg、ナシが2.93kg、ブドウが2.45kg、モモが2.26kgであり、ナシがもっとも高い。本報告のY字形区の収量は10年生で6.9t/10a、1日当たりの果実乾物生産力は4.63kgとなり、他の果樹の目標とするものより高いだけでなく、主幹形より高い値が得られ、Y字形の生産性が極めて高いことが明らかになった。次に、果実品質においても、1果重ではY字形区と主幹形区で差が認められなかったものの、果実糖度はいずれの年もY字形区の方が高く、特に7年生以降有意に高かった。また、光環境の良いY字形区の果実は糖度、着色とも優れる傾向があった。このように、Y字形樹は主幹形樹に比べ、高品質果実を多く収穫することができた。

これを乾物生産の面から検討すると次のようになる。果実収量は単位土地面積当たりの純生産量と果実への分配率によって規定される(高橋, 1986)。果樹の純生産量は、ブドウでは高橋(1986)が、年間純生産量は652～1,713kg/10aで平均で1,045kg/10aであったとし、‘二十世紀’ナシでは小豆沢ら(1983)が、745.3～1,419.1kg/10aで平均1,053kg/10aとなったと報告している。また、イチジクでは‘樹井ドーフィン’が1,561～1,865kg/10a(株本, 1986)、『蓬萊柿’で1,015～1,225kg/10a(倉橋ら, 1989a)、モモの‘白鳳’は916kg/10a(佐藤ら, 1983)などの報告がある。これらの値に比べ本報告の純生産量はY字形区が2,416.6kg/10a、主幹形区が1,959.2kg/10aで前者が明らかに多かった。

Y字形の純生産量が多くなった原因を検討する。小池ら(1990)によれば、長野県における主幹形リンゴ樹の純生産量は平均して1,396kg/10aで、そのときのLAIの推定値は2.0であり、本報の純生産量が高いのはLAIが高いためと考えられる。しかし、小池ら(1990)の純生産量もLAIが2と低いことを考慮すれば、他の果樹に比べて高いと言える。このようにみると、リンゴは葉が小型でかつ、シンクである果実が遅くまで着いているため、乾物生産力が

高いとも考えられる。

次に、Y字形と主幹形の生産力に差が生じた原因について考察する。リンゴも他の植物と同様に純生産量はLAIに比例した。したがって、単に純生産量を多くしようとすれば、LAIを高めればよいわけであるが、高すぎると果実糖度が低くなったり、着色が悪くなる。すなわち、高品質果実生産を前提として多収することができる最適LAIが存在する。Y字形は葉層が平面で園全体を覆っているため、主幹形に比べ、最適LAIを高くすることができることがY字形の純生産量を高くしている主要因である。さらに、必要葉面積の確保が早い短果枝葉の割合が高いほど物質生産が多く、Y字形は主幹形区に比べ、平均新梢長が短く、新梢数、特に短果枝数が多いため、葉面積が早期に確保され、純生産量が多くなったものと考えられる。

果実への分配率についてみると、ブドウの果実への分配率は、平均で26.7%で、最高は48.9%であり(高橋, 1986)、ナシでは高生産樹が32.9%、低生産樹は21.6%であり(小豆沢ら, 1983)、イチジクでは「樹井ドーフィン」の一文整枝が37.3%で、開心自然形は33.9%であったと報告(株本, 1986)し、「蓬萊柿」の高生産樹は17.8%であった(倉橋ら, 1989a)。

リンゴでは小池ら(1990)の報告があり、M.26台「ふじ」の多着果樹が73%、普通着果樹が49%であった。本報告のY字形区における果実への分配率は49.5%で、小池ら(1990)の多着果樹より低い、普通着果樹や高橋(1986)がブドウで認めた最高値と同じである。このように、わい性台木リンゴ樹の果実への分配率が高いのは接ぎ木親和性に由来する根を含めた他の器官への分配率が低いことによるのかもしれない。また、同じわい性台木であっても、Y字形区の果実への分配率は主幹形区に比べ6.4%高かったが、その原因はY字形区は主幹形区に比べ新梢が短いため、新梢への分配率が低いだけでなく、旧枝への分配率も低く、その結果として果実への分配率が高まったものと考えられる。以上のように、Y字形の収量が主幹形に比べて多いのは、純生産量が多く、果実への分配率の高いことによるものであるとみなされる。

次に、Y字形の最適LAIについて検討する。

光エネルギーを捕捉するLAIの最大値である最適LAIは、イネ、コムギ、ダイズ、パイナップルが8前後、トウモロコシ、カンショが6前後、サトウキビ、バレイショが4.5程度であると報告(田中, 1982)されている。果樹ではウンシュウミカンが8で(平野, 1986)、本報のリンゴの「ふじ」は5.5であり、ウンシュウミカンより低く、トウモロコシやカンショより若干低い程度であると考えられる。果樹栽培では内容成分の優れるのはもちろんのこと、可能な限り外観の優れた果実を大量に生産しなければならないので、最適LAIは純生産量が最大となるLAIではなく、商品価値のある果実が多収できるLAIでなければならない。最大乾物生産のためのリンゴの最適LAIは5.5であったが、本報のY字形区の「ふじ」における果樹園経営上の最適LAIは、収量、果実品質や花芽形成率からみて2.8~3であった。オーストラリアなどで行われているTatura-trellisはY字形によく似た樹形であり、着色を良くするために、主枝の先端を空けるほうがよいと(Forsheyら, 1992)されている。Y字形ではできるだけ棚を葉で覆って、園内に降り注ぐ太陽エネルギーを高率に利用する方がよいと考えられる。そして、着色を良くするためには、Y字棚に葉をできるだけ均一に配置することが大切で、過繁茂になるようなときには、誘引や夏季せん定によって、LAIを必要な数値まで下げるか、あるいは、果実の直上の葉を摘葉して果実に直接太陽光線が当たるようにすればよい。

総括すると、リンゴのY字形棚整枝樹は、主幹形整枝樹に比べ、乾物生産が多く、果実への分配率が高いために、高品質多収が可能となった。Y字形の乾物生産が高くなった要因は、主幹形に比べて樹冠占有面積率が高く、園全体に葉層がまんべんなく広がった樹冠のため、受光環境が優れ、そのうえに、早期に葉面積が拡大する短果枝葉や短い新梢が多いため、葉面積が早期に拡大したためであった。また、純生産の果実への分配率が高くなったのは、新梢の生育や材の発育が抑えられて、純生産の新梢や旧器官への分配率が少なくなったためであった。さらに、Y字形の果実品質が優れたのは、光環境の良い部分に多くの果実が着果しているためで

あった。

Y字形棚整枝樹における高生産多収の栽培管理を検討してみると、若木の時は、可能な限り早く樹を大きくして、主枝の先端を2本に分岐させた樹形にして、園が出来るだけ早く樹冠で埋まるようにする。成木時に安定して高収量を得るためには、強せん定をさせて、樹勢を落ち着けて、成葉になるのが早い果そう葉の割合を高め、徒長枝は抜いて、長い新梢を誘引し、葉が園内に均一になるように配置し、LAIは3程度にして、それを落葉期まで保つことが大切である。

以上のように、中国地方のような暖地においても、Y字形棚整枝を行うことによって高品質果実を安定多収することが可能であることが示された。また、作業性の面からも樹高が低い安全であるだけでなく、単位収量当たりの作業時間が短く、労働生産性の向上に結びつく仕立て方であることが認められた。

第X章 摘 要

近年、わい性台木を利用したリンゴ栽培が中国地方でも増加している。しかし、栽培の主流である主幹形のわい化栽培は、樹高が4 m以上と高く、樹冠幅も3 m以上と広い樹形であり、樹冠内部へ20%以下の太陽光しか透さないため、果実品質は低下し作業性が劣る。また、樹冠占有面積率が50%程度と低いため収量が上がらないなど、いろいろな問題が発生してきた。そこで、暖地におけるリンゴ栽培を安定化させるために、M.26中間台木樹「ふじ」を用いてY字形棚整枝を行い、その特徴と有利性を検討した。

1. Y字形棚整枝における樹形と棚の構造

M.26中間台木樹「ふじ」を用いて、栽植方法、樹形とY字棚の構造を検討した。

1) Y字形の植え付け間隔は畝間3.6 m、株間2 mとし、畝の方向は南北とした。

2) Y字形の2本の主枝は、地上0.6 mから高さ3.0 mのY字棚の先端まで50度の角度で伸ばし、連続したY字棚になるようにした。側枝は1主枝当たり20本程度とした。

3) 網掛け栽培用のY字形棚を考案した。

2. Y字形棚整枝樹と主幹形整枝樹「ふじ」における収量と果実品質の比較

M.26中間台木Y字形と主幹形リンゴ樹「ふじ」における収量、果実品質の年次変化を10年生まで検討した。

1) Y字形区の収量は10年生まで毎年主幹形区より多く、特に、10年生ではY字形区が6.9 t/10 aで、主幹形区の1.2倍であった。

2) Y字形区は主幹形区に比べ、平均果重は変わらなかったが、果色、果実糖度が優れた。

3) 10年生時の樹冠占有面積率はY字形区が98%、主幹形区が81%であった。土地面積当たりのLAIは、Y字形、主幹形とも3.8程度とほぼ同じであったが、樹冠占有面積当たりのLAIは、主幹形区が4.5で、Y字形区より1.2倍高かった。

4) 以上の結果より、Y字形区が主幹形区より収量が多く、果実品質が優れたのはY字形区が棚仕立てで樹冠占有面積率が高く葉層が均一であるためと考えられる。

3. Y字形棚整枝樹と主幹形整枝樹「ふじ」の乾物生産と器官別分配の比較

M.26中間台木樹「ふじ」のY字形樹が主幹形樹に比べて、収量が多かった原因を物質生産の観点から明らかにするために、両整枝樹を解体調査して、各々の乾物生産と器官別分配率について比較検討した。

1) 平均新梢長、新梢数、LAIではY字形区、主幹形区の間で有意差はなかったが、果実収量はY字形区が6,945 kg/10 aで、主幹形区より22%多かった。

2) 純生産量はY字形区が2,417 kg/10 aであり、主幹形区より23%多かった。果実乾物重はY字形区が1,198 kg/10 aで主幹形区より43%多かった。純生産の果実への分配率はY字形区が49.5%で、主幹形区より6.4%高く、新梢と旧枝への分配率はY字形区が低かった。

3) 純生産量は、総新梢長、LAI、収量との間に正の有意な相関関係が認められた。純生産の果実への分配率は樹冠占有面積率との間に正の、新梢および旧枝への分配率との間には負

の有意な相関が認められた。

4) 以上の結果から、Y字形樹は主幹形樹より純生産量が多く、果実への分配率が高いために、収量が多くなったことが明らかになった。

4. リンゴ 'ふじ' における乾物生産の季節的变化

1) 果実の生長

8年生M.26中間台木Y字形樹 'ふじ' における果実の生長を検討した。

1) 果実の縦径、横径とも二重のS字曲線を描いて増加した。

2) 4月22日の果実乾物率は23%と高く、その後5月29日まで急激に低下した。5月29日から8月19日にかけて徐々に高くなり、その後9月19日まではやや低下し、9月19日から収穫直前の10月24日にかけては再び上昇した。

3) 1果乾物重は6月中旬までは緩やかに増加し、6月中旬頃から10月上旬までやや急になり、収穫直前には急激に増加した。

2) 若木における乾物生産の季節変化

ドラム缶半切り鉢植えの4年生M.9中間台木主幹形樹 'ふじ' を用いて、年間の生育と器官別乾物重の季節変化について検討した。

1) 1樹当たりの葉面積は4月4日に展葉してから7月1日まで急激に増加した後、収穫期の10月21日まで徐々に減少し、その後は落葉のために急激に減少した。

2) 乾物率の変化をみると、果実では5月25日から収穫期にかけて徐々に高くなった。葉は5月25日から9月16日まで上昇した。新梢は5月25日から9月16日まで急激に高くなった。旧枝は生育初期から5月25日にかけて低下し、その後徐々に高くなり9月16日には元に回復した。旧根は休眠期から5月25日にかけて低下し、その後落葉期まで徐々に上昇した。

3) 乾物重の増加パターンは二重のS字曲線を示した。果実は8月6日から収穫期までの増加が著しかった。葉は展葉から7月1日までの生育前半に増加し、新梢は展葉期から8月6日までの増加が著しかった。旧枝、旧根は5月に減少した後、10月21日まで徐々に増加し、新根は生育初期から8月6日まで増加した。

4) NARは4月4日から8月6日まで生育

が進むにしたがって高くなり、7月1日～8月6日は $4.85 \text{ g/m}^2/\text{day}$ と最高になった。8月6日から9月16日は低下し、9月16日から収穫直前の10月21日は再び増加し、それ以降落葉期にかけて低下した。

5. リンゴ 'ふじ' における葉面積と新梢の生育特性およびY字形棚整枝樹と主幹形整枝樹の生育比較

リンゴ 'ふじ' の葉面積と新梢の生育特性を検討し、さらに、Y字形樹と主幹形樹における新梢と葉面積の生育を比較検討した。

1) 新梢長と葉面積との間には一次回帰式が当てはまったが、新梢長と新梢乾物重との間には2次回帰式が当てはまった。

2) 短果枝は4月上旬にほぼ一斉に展葉を開始し、5月上旬に拡大をほぼ終了したが、発育枝のそれは4月中旬に基部から順次展葉を始め、6月中旬に拡大を終了した。

3) 新梢当たりの葉面積の拡大停止期は、3cmの新梢が6月上旬、21cmと39cmの枝が6月下旬、62cmが8月上旬で、114cmの枝は9月上旬であった。

4) Y字形区の新梢数は主幹形区に比べて多く、平均新梢長は短い傾向にあった。10cm以下の短果枝数はY字形区が多かった。

5) 樹当たりのLAIの季節変化は、5月から6月に急激に増加し、7月下旬になるとほぼ一定になったが、Y字形区の拡大率のほうが初期から高かった。

6. Y字形棚整枝樹と主幹形整枝樹 'ふじ' における光環境と果実品質および光合成特性の比較

Y字形樹が主幹形樹に比べ、収量が多く、果実品質が優れた原因を明らかにするために、樹冠内の光環境と果実品質および光合成特性について比較検討した。

1) Y字形区の葉の分布はV字形で、幹から樹冠の先端までほぼ均一であったが、主幹形区では円筒形で、幹付近に多く分布していた。

2) 樹冠内の相対照度が20%以上のブロックはY字形区が樹冠全体に分布しているのに対し、主幹形区では樹冠外周部に分布しており、Y字

形区は主幹形区に比べ受光環境が良かった。

3) Y字形区は主幹形区に比べ糖度の高い果実の割合が多かった。また、相対照度が高い部位の果実ほど糖度は高い傾向にあった。

4) 光量子束密度と光合成速度との間には、正の有意な相関関係があった。

5) Y字形区は主幹形区に比べ、LAIが低いにも関わらず、効率良い受光態勢のため、樹当たりの光合成生産量が多いために収量が多いものと考えられる。

7. リンゴ 'ふじ' における最適葉面積指数

1) 栽植密度およびLAIと乾物生産の関係

5年生主幹形M.9中間台木樹 'ふじ' を用いて、10a当たりの栽植密度が1,000本、500本、250本になるように設定し、LAIと乾物生産の関係について検討した。

(1) LAIは1,000本区が5.56、500本区が5.01と高かったのに対し、250本区は2.34と低かった。

(2) 1樹当たりの収量と純生産量は栽植密度に反比例したが、単位土地面積当たりでは正比例した。

(3) 栽植密度が高い区ほど1果重が軽く、果実糖度が低かった。

(4) 最大の純生産量は $2,970 \text{ kg}/10 \text{ a}$ で、そのときのLAIは5.56であった。

2) LAIと果実品質の関係

4年生の主幹形M.9中間台木樹 'ふじ' を用いて、LAIと果実品質の関係について検討した。

(1) 相対照度は積算LAIが高くなるにつれて低下し、積算LAIが2.8前後で相対照度は20%となった。

(2) 果実の着色率、果色および果実糖度は、相対照度が低下するにつれて劣り、特に相対照度が15~20%以下になると極端に低下した。

(3) 相対照度が低下するにつれて花芽形成率は低下し、相対照度が10%以下になると、花芽形成率は35%以下となった。

(4) 高品質果実を生産するための相対照度は、15~20%以上であり、その時のLAIは2.8~3.0であった。

3) 樹冠占有面積率およびLAIと収量の関係

3~10年生M.26中間台木樹 'ふじ' を用い

て、LAI、樹冠占有面積率、10a当たりの換算収量、単位葉面積当たりの収量の相互関係を検討した。

(1) 収量が最大となった樹冠占有面積率は、Y字形区が100%、主幹形区が80%であり、LAIはY字形区が4.5で、主幹形区は2.3であった。

(2) 高品質果実生産を前提にして、収量を最大にするための最適LAIは、Y字形区が3前後で、主幹形区は2.3前後と考えられた。

8. Y字形棚整枝樹と主幹形整枝リンゴ樹 'ふじ' における作業能率の比較

6年生M.26中間台木樹 'ふじ' を用いて、Y字形樹と主幹形樹における収量と作業能率を比較検討した。

1. Y字形区は主幹形区に比べ、花芽数、着果数、収量が多かった。特に、収量はY字形区が $6.2 \text{ t}/10 \text{ a}$ で、主幹形区の1.3倍であった。

2. 精神労働的作業はY字形区、主幹形区とも年間の全作業時間の96%程度を占めていた。

3. 単位収量当たりにおける受粉・摘果・収穫の作業時間は、Y字形区が主幹形区より短かった。

4. 年間の作業時間はY字形区が445.6時間で、主幹形区より1.2倍長かったが、単位収量当たりの年間作業時間ではY字形区が主幹形区より10%短く、労働生産性は高かった。

引用文献

- 青森県農林部りんご課 (1993) 平成5年度りんご指導要項。青森県、1-369。
- 荒木 斉 (1981) クリの結実に関する生理生態的研究。兵庫農総セ特別研究報告、1-92。
- 小豆沢 斉・伊藤武義 (1983) 二十世紀ナシの乾物生産と養分吸収。島根農試研報18、31-47。
- 荒川 修・塩崎雄之輔・菊池卓郎 (1990) リンゴ樹における樹冠内光環境の測定。園学雑59 (別2)、88-89。
- Barritt, B.H. and B.J. Schonberg (1990) Cultivar and canopy position effects on seasonal development of vegetative spurs

- of apple. Hortscience. 25, 628-631.
- Jensen, P.B (1982) 植物の物質生産(門司正三・野本宣夫共訳). 東海大学出版会, 1-248.
- Ferree, D.C (1989) Influence of orchard management systems on spur quality, light, and fruit within the canopy of 'Golden Delicious' apple trees. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 114, 869-875.
- Forshey, C.G. and M.W. McKee (1970) Production efficiency of a large and a small 'McIntosh' apple tree. Hort Science. 5, 164-165.
- Forshey, C.G., R.W. Weires, B.H. Stanley and R.C. Seem (1983) Dry Weight Partitioning of 'McIntosh' apple tree. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 108, 149-154.
- Forshey, C.G., D.C. Eelfving, and R.L. Stebbins (1992) Training and pruning apple and pear trees. Amer. Soc. Hort. Sci. 1-141.
- 福田博之・工藤和典・樫村芳記・西山保直・瀧下文孝・久保田定三・千葉和彦 (1987) わい性台木利用によるリンゴの密植試験(第1報) わい性台リンゴ樹の生産力. 果樹試報C14, 27-38.
- 福田博之・瀧下文孝・工藤和典・樫村芳記 (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・瀧下文孝・工藤和典・樫村芳記 (1992) 土盛り処理がM.26台 '紅玉' リンゴ樹の生育および乾物生産能に及ぼす影響. 園学雑60, 839-844.
- 福田博之・瀧下文孝 (1993) 強勢台木とわい性台木を用いたリンゴ 'ジョナゴールド' 樹の乾物生産およびその分配の比較. 園学雑62, 513-517.
- 文室政彦・村田隆一 (1987) 低樹高密植カキ園の整枝法(第1報) 整枝法による果実生産力及び品質の差異. 滋賀農試研報28, 72-76.
- 林 真二・脇坂幸雄 (1956) 二十世紀梨の貯蔵養分並びに養分転換期. 農及園31, 77-79.
- 林 真二 (1960) 果樹栽培生理新書・梨. 朝倉書店, 1-277.
- Heinicke, D.R (1963) The micro-climate of fruit trees. II. Foliage and light distribution patterns in apple trees. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 83, 1-11.
- 平野 暁 (1989) 果樹の物質生産と収量. 農文協, 156-201.
- Hutton, R.J. and L.M. McFadyen (1987) Relative productivity and yield efficiency of canning peach trees in three intensive growing systems. HortScience. 22, 552-560.
- 石井現相・長井晃四郎 (1979) リンゴ個葉の光合成能測定方法と光合成特性. 果樹試報C6, 65-81.
- 石井現相・長井晃四郎 (1980) 通気及び日射条件がリンゴ個葉の光合成能に及ぼす影響. 果樹試報C7, 63-74.
- Jackson, J.E (1970) Light distribution within hedgerow orchards. Annual Rep. E. Malling Res. Stn. 32-35.
- Jackson, J.E. and J.W. Palmer (1972) Interception of light by model hedgerow orchards in relation to latitude, time of year and hedgerow configuration and orientation. J. Appl. Eco. 9, 341-357.
- Jackson, J.E (1980) Light interception and utilization by orchard systems. Hort. Rev. 2, 208-267.
- Johnson, R.S. and A.N. Lakso (1985) Relationships between stem length, leaf area, stem weight, and accumulated growing degree days in apple shoots. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 110, 586-590.
- 株本暉久 (1986) イチジクの整枝法に関する生理生態研究. 特に新たに考案した一文字整枝法について. 兵庫農総セ特別研報, 1-88.
- 鎌倉二郎・西村達弘・清藤盛正 (1986) リンゴ樹の乾物生産と果実への配分には及ぼす着果量の影響. 東北農研39, 215-216.
- 鎌倉二郎・山谷秀明・清藤盛正・一木 茂 (1990) りんご果実に対する光合成産物の分配と早期落果. 青森りんご試報26, 109-133.
- 鴨田福也・本條 均・朝倉利員 (1986) 果樹の光合成・呼吸特性に関する研究. (第1報) 落

- 葉果樹の光合成・呼吸特性について. 園学要旨61春, 84-85.
- 神戸和猛登・小野寺 勇 (1992) リンゴわい性樹ふじの樹冠内光環境の時期別変化と受光量が果実品質に及ぼす影響. 園学雑61(別1), 98-99.
- 金戸橋夫・岸本 修・中屋栄治 (1968) 日本ナシの整枝せん定に関する研究. I. 整枝法を異にしたナシ樹の果実生産の経年変化. 園試報A7, 147-156.
- 菊池卓郎・佐藤健勝 (1987) 青森県における密植リンゴ園の盛果期収量, 第1報 'ふじ', 'ジョナゴールド', 'つがる' の樹勢と収量. 弘大農報48, 136-147.
- 岸本 修・清家金剛・松永晴夫 (1971) 日本ナシの整枝せん定に関する研究. II. 整枝法を異にしたナシの生態的特性. 園試報A10, 39-54.
- 岸本 修 (1978) カキとナシにおける摘果とせん定の適正度に関する研究. 宇都宮大学農学部学術報告特輯33, 1-78.
- 小池洋男 (1984) 果樹の物質生産と収量問題. II. リンゴわい性樹の収量に関する諸問題. 園学シンボ講演要旨, 12-26.
- 小池洋男 (1985) 図解リンゴのわい化栽培-実技と対策. 誠文堂新光社, p1-134.
- Koike, H., K. Tsukahara and Y. Kobayashi (1988) Influence of planting depth on growth, yield and fruit quality of M.26 inter-stem 'Fuji' apple tree. J. Jap. Soc. Hort. Sci. 57, 360-365.
- 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.
- 今 喜代治・菊池卓郎・りんご剪定技術研究会 (1993) リンゴの樹形と剪定. 農文協, 1-101.
- 熊代克巳・西村 昇 (1984) 受光量がリンゴ樹の生育に及ぼす影響(第1報) 生育可能限界受光量. 園学要旨59秋, 98-99.
- 久米靖穂・今 喜代治・田口辰雄・鈴木 宏・神戸和猛登 (1987) 既成リンゴ園のヘッジロー化に関する研究. 第1報 樹形改造が生産力, 果実品質, 受光量, その他の要因に及ぼす影響. 秋田果試研報10, 1-26.
- 倉橋孝夫・高橋国昭 (1989a) イチジク蓬萊柿の乾物生産と養分吸収. 近畿中国農研77, 29-36.
- 倉橋孝夫・高橋国昭 (1989b) リンゴのY字形整枝法に関する研究. 園学雑58(別2), 687.
- 倉橋孝夫・高橋国昭 (1990) リンゴのY字形整枝法に関する研究(第2報) 樹冠内の相対照度と果実品質. 園学雑59(別1), 134-135.
- 倉橋孝夫・高橋国昭 (1991) リンゴの棚仕立てY字形整枝法に関する研究(第3報) 樹冠内の相対照度と光合成特性. 園学雑60(別1), 70-71.
- 倉橋孝夫・高橋国昭・平佐聡尚 (1992a) リンゴの棚仕立てY字形整枝法に関する研究(第4報) 8年生までの収量の推移と新梢の生育特性. 園学雑60(別1), 70-71.
- 倉橋孝夫 (1992b) 農業技術体系, 果樹編, 1-II, リンゴ. 農文協, 200の38-45.
- 倉橋孝夫・高橋国昭 (1994a) 棚仕立てY字形整枝法が10年生M.26台 'ふじ' リンゴの乾物生産と分配に及ぼす影響. 園学雑63(別1), 108-109.
- 倉橋孝夫・高橋国昭 (1994b) リンゴ 'ふじ' の棚仕立てY字形整枝法と主幹形整枝法における生産力と果実品質の比較. 園学雑63, 305-311.
- 倉橋孝夫・高橋国昭 (1995a) リンゴ 'ふじ' における器官別乾物生産の季節変化. 園学雑64(別1), 100-101.
- 倉橋孝夫・高橋国昭 (1995b) Y字形棚整枝樹と主幹形整枝リンゴ樹 'ふじ' における作業性の比較. 農業生産技術管理学会誌2, 15-19.
- 倉橋孝夫・高橋国昭 (1995c) Y字形棚整枝と主幹形整枝リンゴ樹 'ふじ' の光環境と果実品質および光合成特性の比較. 園学雑64, 499-508.
- 倉橋孝夫・高橋国昭 (1995d) Y字形棚整枝と主幹形整枝リンゴ樹 'ふじ' の乾物生産と器官別分配の比較. 園学雑64, 509-515.
- 松井弘之 (1989) 果樹の物質生産と収量. 農文協, 25-81.
- 村田吉男・玖村敦彦・石井龍一 (1976) 作物の光合成と生態. 農文協, p147-150.

- Monsi, M. • T. Saeki. 1953. Über den lichtfaktor in den pflanzengesellschaften und seine bedeutung für die stoffproduktion. Jap. Journ. Bot. 14, 22-52.
- 新居直祐 (1980) カキ '富有' 樹の新しょうと葉の発育過程について, 特に葉の組織系発達との関係. 園学雑49, 149-159.
- 新居直祐 (1980) カキ '富有' 果実の肥大と果柄部維管束の発達について. 園学雑49, 160-170.
- 農林水産省統計情報部 (1992) 平成4年度産農産物生産費調査報告, 果実生産費. 農林統計協会, 1-67.
- 農林水産省統計情報部 (1995) 平成5年度産果樹生産出荷統計. 農林統計協会, 1-257.
- 小野祐幸・工藤和典・大東 宏 (1980) ウンシュウミカンの光合成作用および生産構造に関する研究. (第3報) 樹形の違いが光合成速度に及ぼす影響. 四国農試報35, 41-54.
- Robinson, T.L. and A.N. Lakso, and S.G. Carpenter (1991a) Canopy development, yield, and fruit quality of 'Empire' and 'Delicious' apple trees grown in four orchard systems for ten years. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 116, 179-187.
- Robinson, T.L. and A.N. Lakso (1991b) Bases of yield and production efficiency in apple orchard systems. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 116, 188-194.
- Robinson, T.L. and A.N. Lakso, and Z. Ren (1991c) Modifying apple tree canopies for improved production efficiency. Hort Science. 26, 1005-1012.
- 斉藤 寛 (1994) リンゴの樹体生長, 収量および果実品質におよぼす窒素多肥の影響. 弘大農報58, 198-314.
- 佐藤幹夫・朝野生三郎・林 光夫 (1983) 省力栽培を前提とした果樹の樹形, 第4報, モモにおける三本主枝慣行仕立樹及び2本主枝樹に対するせん定の作業研究. 農作業研究47, 1-6.
- 佐藤雄夫・寿松木 章・佐々木生雄 (1983) モモの苗木から成木までの生長過程と養分吸収量の推移 (第1報) 乾物生産からみた生長過程. 園学要旨昭58秋, 124-125.
- Schechter, I. • J.T.A. Proctor and D.C. Elfving (1994) Carbon exchange rate and accumulation in limbs of fruiting and nonfruiting apple trees. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 119, 150-156.
- 茂原 泉・小野剛史・柴 寿 (1990) リンゴ樹内における日射量が果実品質および花芽分化に及ぼす影響. 園学雑59 (別2), 90-91.
- 清水達夫・鳥潟博高・鳥居鎮男 (1976) 温州ミカンの着果負担に関する研究 (第4報) 着果樹と不着果樹の物質生産過程について. 園学雑45, 123-134.
- 塩崎雄之輔 (1993) リンゴの栽植密度, 樹形が作業能率に及ぼす影響. 農作業研究28, 33-39.
- 塩崎雄之輔 (1994) マルバカイドウ台リンゴ半密植栽培の技術確立に関する研究. 第5報. 主幹形樹と開心形樹の成り枝の特性. 弘大農報57, 33-38.
- 末澤克彦・若林義則 (1991) キウイフルーツの収量構成要因の定量化 (第3報) 樹勢の異なる樹体における新梢伸長, 乾物生産及び分配の比較. 香川農試研報44, 27-35.
- 末澤克彦・若林義則 (1991) モモの果実品質に及ぼす光条件の影響. 香川農試研報42, 33-39.
- 高木伸友・井上襄吉 (1982) ブドウ 'マスカット・オブ・アレキサンドリア' の果粒の生長と葉における光合成速度の季節変化. 園学雑51, 286-292.
- 高橋国昭 (1982) 果樹園芸における農作業の現状と問題点. 農作業研究44, 18-26.
- 高橋国昭 (1986) ブドウの適正収量に関する研究. 島根農試研報21, 1-104.
- 高橋国昭 (1989) 果樹の物質生産と収量. 農文協, 125-155.
- 瀧下文孝・福田博之・工藤和典 (1993) リンゴ果実重の推定法と理論曲線による生育特性の検討. 果樹試報25, 57-75.
- 田辺賢二・林 真二・伴野 潔・村尾和博 (1982) 果樹園の光環境とナシ二十世紀の果実品質. 園学要旨昭和57秋, 64-65.
- 田中市郎 (1982) 農業における太陽エネルギー

- 有効利用 (2) 作物の光合成と生産力の種特性. 農及園57, 896-900.
- 橘 温・中井滋郎 (1989) 異なった栽植密度及び栽培条件におけるワセウンシュウの収量と葉面積指数の関係. 園学雑57, 561-567.
- 友清隆男 (1982) 農業技術体系, 果樹編, 1-II, リンゴ, 基礎編. 農文協, 121-130.
- 津川 力 (1984) リンゴ栽培技術. 養賢堂, 379-442.
- 土屋七郎 (1987) 果樹のわい化栽培 (2) リンゴのわい化栽培 (総説). 農及園62, 103-107.
- 内嶋善兵衛 (1987) 太陽エネルギーの分布と測定. 学会出版センター, 1-12.
- 内田吉紀・高橋国昭 (1995) ナシ '二十世紀' における物質生産と無機成分の季節変化. 島根農試研報29, 125-137.
- Van den Ende, B., D.J. Chalmers and P.H. Jerie (1987) Latest developments in training and management of fruit crops on Tatura trellis. HortScience. 22, 561-568.
- Van Heek, L.A.G. and H.H. Adem (1980) Mechanical harvesting of Tatura trellis fruit trees. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 105, 695-699.
- 薬師寺清司 (1973) 愛媛県における傾斜地みかん園の農作業問題, みかん園の現状と問題点. 農作業研究18, 11-16.
- 山崎利彦 (1987) 果樹のわい化栽培 [1] モモのわい化栽培. 農及園62, 877-886.
- 横田 清 (1982) 農業技術体系, 果樹編, 1-II, リンゴ, 基礎編. 農文協, 41-47.

Summary

Recently, the apple cultivation with some dwarfing rootstocks has been increasing in the Chugoku district of Japan. In the usual training system (Central leader system), tree grows higher than 4m and wider than 3m at the base to take the less than 20% light penetration into the interior of tree. Therefore, the central leader system has many problems of low yield, poor fruit quality, low efficiency in orchard management and so on, which accounts for unstable apple cultivation in temperate area of Japan.

Characteristics and advantages of the Y-trellis system with 'Fuji' apple trees on M.26/Marubakaido (*Malus prunifolia* var. ringo Asami) were studied to prove the superiority of the Y-trellis system in the temperate area.

1. Tree form and trellis structure supporting trees of the Y-trellis system

The tree spacing, tree form and the Y-shaped supporting trellis of 'Fuji' apple trees on M.26/Marubakaido trained to a Y-trellis system were studied.

1) The Y-trellis system was planted at 3.6×2m (1,389 trees/ha) with a north-south rows.

2) The Y-trellis system had a continuous inclined plane canopy at the angle of 50° above the horizontal with a 60-cm long trunk. 20 lateral branches trained for each side of the Y-trellis were distributed in a rectangular arrangement. The tree height was 3.0m.

3) The Y-shaped supporting trellis with netting culture was devised.

2. Comparison of yields and fruit quality between 'Fuji' apple trees trained to a Y-trellis system and a central leader system.

The yields and fruit quality of 'Fuji' apple trees on the M.26 intercross trained to a Y-trellis system were compared with those from a central leader system. The experiment continued until the trees were 10-year-old.

1) The trees in the Y-trellis system consistently yielded more fruits annually than did those trained to a central leader system; the former produced 6.9t/10a, 1.2 times more than did the latter in the final experimental season.

2) No significant difference in fruit weight was observed between two training systems, but the fruit color was superior to and soluble solids content (brix) was higher in fruits harvested from the Y-trellis system than from the central leader trees.

3) The crown density of 10-yr-old trees trained to the Y-trellis system reached 98%, whereas that of the central leader trees attained only 81%; the maximum leaf area indices (LAI/land area) were almost the same, about 3.8 in both training systems, and the maximum LAI/tree crown area of the Y-trellis was 4.5, 1.2 times higher than that of the central leader.

4) From above results, it seems possible to assume that the superior yield and fruit quality obtained in the Y-trellis is due to its higher crown density as well as flatter foliage.

3. Comparison of dry matter production and assimilate partitioning between 'Fuji' apple trees trained to the Y-trellis system and the central leader system.

The dry matter production and assimilate partitioning ratio (APR) in each organ of 'Fuji' apple trees on M.26/Marubakaido trained to a Y-trellis system were compared with those trained to a central leader to make clear the reason of superiority of trees trained to the Y-trellis in yield.

1) No significant differences in current shoot length, shoot number, and leaf area index (LAI) were found between trees trained to the two training systems. The yield of the Y-trellis trained trees was 6,945kg/10a, which is 22% higher than that of the central leader trained trees.

2) The dry matter production and the fruit dry weight of the Y-trellis trees was 2,417kg/10a and 1,198kg/10a, and 23% and 43% heavier than those of the central leader trees, respectively. The APR into fruit was 49.5% in the Y-trellis trees and 43.1% in the central leader trees. The APR into the current shoot and older wood in the Y-trellis trees were lower than those in the central leader trees.

3) There were significant positive correlations between the dry matter production and the current shoot length, LAI, and yield. The APR into fruit was positively correlated with the crown density, whereas it was negatively correlated with current shoot and older wood.

4) It can be concluded that more efficient dry matter production and higher assimilate partitioning ratio into fruit of the Y-trellis trained trees gave rise to the superior yield over the central leader trees.

4. Seasonal change of dry matter production in 'Fuji' apple trees

1) Seasonal change of fruit growth

The seasonal change of fruit growth of 8-year-old 'Fuji' apple trees on M.26/Marubakaido was investigated.

(1) The seasonal growth curves of the length and the diameter in 'Fuji' apple fruit showed a double-growth pattern.

(2) The dry matter percentage of the fruit was 23% in Apr.22 of flowering period, highest throughout the growing season, and then decreased rapidly until May.29, increased gradually from May.29 to Aug.19, after that, decreased slowly until Sept.19, and increased again from Sept.19 to Oct.24 at harvesting time.

(3) The increasing rate in dry weight of fruit was low from the flowering time to mid-June, and relatively high from mid-June to early October, and subsequently highest from early October to the harvesting time.

2) Seasonal change of dry matter production in young apple trees

The seasonal change of growth and dry matter production of 4-year-old 'Fuji' apple trees on M.9/Marubakaido in a pot of drum cut into halves were investigated.

(1) The leaf area per tree increased very rapidly from April 4 at the leafing time to July 1, and decreased gradually until Oct.21 at the harvesting time, after that, decreased rapidly in consequence of the defoliation.

(2) The dry matter percentage (DMP) of fruit increased gradually from May 25 to the harvesting time. DMP of both leaf and current shoot increased from May 25 to Sept.19. DMP of old shoot decreased from the beginning of the growing period to May 25, and subsequently increased gradually, restored to the percentage of the beginning time at Sept.19. DMP of old root decreased from the beginning of the growing period to May 25, and subsequently increased gradually until defoliation time.

(3) The increase of dry matter production showed a double-sigmoidal growth pattern. The dry matter production of fruit increased rapidly from Aug.8 to the harvesting time. That of leaf increased rapidly from early April to Jun.1 (the first growth period). That of shoot increased rapidly from early April to Aug.6. That of old shoot and old root decreased until May 25, and subsequently increased gradually until Oct.21. That of new root increased from early April to Aug.6.

(4) Net assimilation rate (NAR) increased as the growth period proceeded from Apr.4 until Aug.6, and decreased from Aug.6 to Sept.16, and increased again from Sept.16 to Nov.21 (harvesting time), subsequently decreased until defoliation time.

5. Seasonal changes of leaf area and current shoot and comparison of those between 'Fuji' apple trees trained to the Y-trellis system and the central leader system.

The characteristics of leaf area and current shoot in 'Fuji' apple trees were investigated, and those of 'Fuji' apple trees trained to a Y-trellis system were compared with those trained to a central leader system.

1) The relationship between current shoot length and leaf area was represented by a single regression, while current shoot length and shoot dry weight was represented by a quadratic regression.

2) The leaf area of spur began to increase simultaneously in early April, and ceased in early May. The leaves on the vegetative shoots increased gradually from the base of shoot, and ceased in mid-June.

3) The periods that the leaves on different shoot reached their maximum areas were as follows: early June for 3cm long shoot, and the end of June for 21cm long and 39cm long shoot, and early September for 62cm, 114cm long shoot, respectively.

4) The current shoot number in the Y-trellis system was more than that of the central leader system, and the average shoot length tended to be shorter in the Y-trellis than that of the central leader. Especially, the number of spur (less than 10cm) of the Y-trellis was more than that of the central leader annually.

5) LAI per tree increased rapidly from May to June, and kept constant from late July to the end of the season. The enlargement of leaf area in the Y-trellis was completed earlier.

6. Comparison in light condition, fruit quality and photosynthetic rate between 'Fuji' apple trees trained to a Y-trellis system and a central leader system.

The light condition, fruit quality and photosynthetic rate of 'Fuji' apple trees on the

M.26 interstock trained to a Y-trellis system were compared with those trained to a central leader system in order to make clear the superiority of the Y-trellis system in the yield and fruit quality.

1) The foliar canopy in the Y-trellis was V-shaped, the leaves covered evenly the ground surface area; whereas, the canopy of the central leader tree was cylindrical and the leaves were concentrated around the trunk.

2) The survey blocks (foliar zones) with more than 20% relative illuminance were evenly distributed over the entire canopy in the Y-trellis, whereas those of the central leader tree were concentrated in the periphery of the canopy; hence, the canopy of the Y-trellis was superior to that of the central leader for light interception.

3) Percentage of soluble solids content in the fruit from the Y-trellis was higher than that harvested from the central leader tree. The brix of fruit exposed to relatively intensive illumination tended to be higher than those growing in the shade.

4) There was a significant positive correlation between PPFD (photosynthetic photon flux density) and photosynthetic rate.

5) It can be concluded that, in spite of the smaller leaf area index (LAI), the higher photosynthetic rates on trees trained to the Y-trellis give rise to a superior yield.

7. Optimum leaf area index in 'Fuji' apple trees

1) The relation between LAI and dry matter production

The relation between LAI and dry matter production was investigated on 5-year-old 'Fuji' apple trees on the M.9 interstock trained to the central leader system. The trees were planted with three spacings of 1×1m (1,000 trees/10a), 1.4×1.4m (500 trees/10a) and 2×2m (250 trees/10a).

(1) LAI of the apple tree was 5.56 on 1,000 trees/10a, was 5.01 on 500 trees/10a, and was 2.34 on 250 trees/10a, respectively.

(2) The yield and dry matter production per tree were inversely proportional to the planting density and those per unit land area were directly proportional to the planting density.

(3) The higher planting density was, the lower fresh fruit weight and soluble solid content were.

(4) The maximum dry matter production was 2,970kg/10a, and LAI was 5.56.

2) The relation between LAI and fruit quality

The relation between LAI and fruit quality of 4-year-old 'Fuji' apple trees on the M.9 interstock trained to the central leader system was investigated.

(1) The relative illuminance decreased as accumulative LAI was higher, and was 20% as accumulative LAI was 2.8.

(2) The percentage of red color, color index and soluble solid content of fruits decreased as the relative illuminance declined, especially decreased extremely as the relative illuminance was less than 15~20%.

(3) The percentage of flower-bud formation decreased with the decline of relative illuminance, it was less than 35% when the relative illuminance was less than 10%.

(4) In order to produce the fruit with good quality, it was required that the relative illuminance was 15~20%, and LAI was 2.8~3.0.

3) The relations among crown density, LAI and yield

The relations among crown density, LAI and yield of 3-to10-year-old 'Fuji' apple trees were investigated.

(1) The each crown density with a maximum yield was 100% and 80% in the Y-trellis and central leader system, and LAI was 4.5 and 2.3 in the Y-trellis and central leader system, respectively.

(2) The optimum LAI for maximum yields with good fruit quality was 3 and 2.3, respectively in the Y-trellis and central leader system.

8. Comparison of work efficiency between 'Fuji' apple trees trained to Y-trellis and central leader systems.

The work efficiency of 'Fuji' apple trees on 'Marubakaido' rootstock with M.26 interstock trained to a Y-trellis system was compared with that trained to a central leader system.

1) The bud and fruit numbers from trees trained to the Y-trellis system were more than those from the central leader system. Especially, the yield in the Y-trellis system was 6.2t/10a, 1.3 times as much as the central leader system.

2) The conventional work required special technique was about 96% of all working hours.

3) Working hours for the pollination, fruit thinning and harvest per yield in the Y-trellis system were shorter than those of the central leader system.

4) The annual working hours in the Y-trellis system was 445.6, 1.2 times as long as the central leader system. However, the annual working hours per yield in the Y-trellis system was 10% shorter than that in central leader system, and the productivity of labor per yield in the Y-trellis system was superior to that of the central leader system.