

第4章 総 合 考 察

樹体の生長量と収量

薬師寺 (105、107、108) はミカンの栽植密度に関する一連の研究の中で、樹体の生長と収量の経年的変化並びに樹冠容積と収量及び栽植密度と収量との関係を調査し多収獲理論を確立した。

リングについて今ら (47、48、49) が計画密植園における間伐時期を明らかにするとともに疎植、中密植及び高密植区を設定し、樹冠占有面積、樹冠容積、頂芽数及び収量の変化について調べ、更に経済性まで検討して計画密植の基礎資料を提示した。樹間距離を適正に決定するには樹冠の経年的変化を正しく把握する必要があると考えられたので計画密植栽培に関する一連の研究を行った。

Boswell (6) は栽植密度の異なる 'Washington navel orange' を用い根群の広がりや根の太さを調査し、根群の大きさは樹間隔の広い樹で大きく、根群が重なり合った密植樹の根は短く、根群は小さいと報告している。

本試験の結果は密植の度合いにかかわらず幹周は10年生頃までは直線的に増大したが、その後はやや緩慢になり根群の分布と関連があるように考えられた。また幹周の増大は着果数及び収量とは密接な関係があり、低密度区では幹周と着果数の間に、 $r = 0.798^{***}$ 、幹周と収量の間には $r = 0.769^{***}$ と高い相関関係が認められた。特に幹周70cmまでは着果数が直線的に増大した。しかし、幹周が70cmを超えると着果数との関係は明らかでなかった。中密度区でも幹周と着果数の間には $r = 0.812^{***}$ 、幹周と収量の間には $r = 0.818^{***}$ と高い相関関係が認められた。樹高と樹冠幅には若木時代の栽培管理、特にせん定の強弱によって差が認められるが、低密度区では樹高と着果数の間に $r = 0.753^{***}$ 、樹高と収量の間に $r = 0.709^{***}$ 、樹冠幅と着果数の間には $r = 0.815^{***}$ 、樹冠幅と収量の間には $r = 0.745^{***}$ と高い相関関係が認められた。樹高と着果数及び収量との関係は低密度区、中密度区とも樹高4.5mまでは着果数と収量が直線的に増加するので相関が高かったが、樹高が4.5mを超える場合については樹

高を制限したため、両者の関係を確認することができなかった。樹冠幅と着果数の関係においても低密度区は樹冠幅4.5mまでは高い相関関係が認められたが、4.5m以上では明らかでなかった。低密度区の栽植距離は5.4mであるので枝が交差し、重なるに従って着果数と収量はむしろ減少する傾向も認められた。中密度区では樹高と着果数の間に $r = 0.815^{***}$ 、樹高と収量の間には $r = 0.820^{***}$ 、樹冠幅と着果数の間には $r = 0.866^{***}$ 、樹冠幅と収量の間には $r = 0.872^{***}$ と高い相関関係が認められた。樹高と着果数の関係は中密度区においては低密度区同様樹高4.5m以上になると差が明らかでなかったが、樹冠幅と着果数及び収量との関係も低密度区ほどは明らかでなかった。これは樹齢が若いためであろう。このように幹周から樹冠の大きさ並びに着果数及び収量の多少を推定することはある程度可能であるが、樹高と樹冠幅の増大も併せて調査することは生育指標から収量推定の精度を高める上で重要であると考えられた。

薬師寺は、温州ミカンにおいて樹の小さい若木時代は樹冠容積の増加に伴って収量は急激に増加するが、樹が大きくなって樹冠容積が増大すると収量の増加は緩やかとなり、収量の変化は樹冠容積の増加と比例しない、とくに樹齢が35年以降の老齢期に入ると樹冠容積は増加はするが、収量は急速に減少するので樹冠容積の増加と収量の増加は逆の関係になると報告している。しかし、本研究の場合は若木時代を対象としているので極端な収量減少は認めていない。また薬師寺は愛媛県下のミカン園の樹冠占有率を調査した結果、平均値は40%程度であったが、最も収量の多い園における占有率は83%で、隣接樹の樹冠外周が20cm重なり合う状態であったと報告している。本試験の中密度区は1968年から垣根仕立てに移行するためのせん定を加えたため1970年でも樹冠占有率は46%でまだ園地は明るかったが、低密度区の場合15年生で79%と過密状態になり園地が非常に暗くなった。この状態を継続すると樹冠上部には花芽が着くが、樹冠下部には枝が出なくなり結果面積が著しく少なくなることが予想され、密

植園を間伐するか、樹形改造するかの目安は樹冠占有率70%が適当と思われた。

垣根仕立て方式への転換方法

樹高と樹冠幅が樹の生態や収量、果実品質、労力面にどのように影響を及ぼすかは垣根仕立ての基本的な問題である。またマルバカイドウ台、ミツバカイドウ台などの強勢樹の場合は樹勢の安定及び維持管理が重要な問題点である。10a当たりの生産量を比較的高く維持するには樹高を高く、樹冠幅を広くし、結実面積と結実容積を大きくする必要がある。しかし、樹高が大きいと隣接する樹木の陰となる部分が多くなり、樹冠下部の果実の品質、収量が低下する。樹冠幅の広い樹では作業面で支障が生じ、樹冠下部の果実品質が悪くなる。また改造面では一挙に目標の樹形にもっていくと強せん定になり、その結果栄養生長が強くなることが予想されたので本試験では段階的に改造した。1年目は樹高と樹冠幅を制限し、樹冠内は無せん定にした。2年目には園内通路方向に出た太枝は、作業機械に触れて走行を阻げ、手作業の際樹冠内部への接近を著しく困難にするので論議の余地なくせん去した。また樹形を乱す強い枝、特に高い枝を重点にせん去し樹冠内部への入光を図った。3年目の春には更に上部の大きい枝、下枝への入光を阻んでいる枝をせん去し、樹冠内部の間引きと短いせん定を併用した。これでも樹勢を安定に維持することが困難であるので、わい化処理を施して樹の過剰な生長を抑制しなければならなかった。わい化処理としては窒素の制限、はく皮逆接ぎ、夏季せん定を併用した。また、作業車の構造と1樹当たりの結実面積、結実容積並びに自然条件（当地方の平年最高積雪深が1.4m前後である）などを考慮し樹高は3.5mに制限した。樹冠幅は栽植密度によって異なるが、10a当たり、33本植えの場合は3.6m、10a当たり、50本植えの場合は3.0mとするのが結実面積及び結実容積の点からみて適当で、目標の収量を維持することができた。しかし、作業の能率をも勘案すると10a当たり、50本植えで樹高を3.5m、樹冠幅を3.0mにすると最も生産性が高く、効率のよい樹形と思われた。Cainは、園内通路幅は今日の機械では約8フィート（約2.44m）あればよいと述べているが、

この試験では園内通路幅は1.5mあれば機械の走行に支障はなく、光が入る空間としても十分と思われた。

普通樹を垣根仕立てに移行した場合、その後の管理の難易性を品種間で比較すると、‘ゴールデン’は外科処理に対して敏感で短果枝、中果枝の着生もよく果実品質もすぐれているので改造は比較的容易であった。

‘スターキング’は短果枝型であるためどうしても古い果枝が何回も使われる結果小玉となり、このことが果実品質、収量に悪い影響を与えた。‘ふじ’はリングの中でも最も光線が必要とする品種であるから、太枝を整理し樹冠内部まで光を入れるようにしなければ花芽の充実が悪く、着果しても小玉が多く、収量への影響も大きかった。‘スターキング’の場合は側枝が古くなると果実の肥大が劣るので常に新しい側枝に成らせるようにせん定によって枝を調整し着果させる必要があり、‘ふじ’では樹冠下部へ自然光の50%程度透入するような整枝せん定を実施することによって維持できると思われた。

垣根仕立て樹の整枝方法と受光量

果実の生産にとって光の重要性はこれまでに多く知られている。果実の品質は受光量と密接な関係があり、受光量が多いほど高品質の果実が生産できる。果実生産の制限要因としての光の研究は数多く行われているが、Cain（8、9）によると適当な開花を維持するためには短果枝葉に自然光の約50%を当てる必要があり、これによって短枝の約50%に花芽を着生させることができ、30%以下では不足であると述べている。また、比較的最近の報告でCain（9）、Heinicke（25）及びJackson（30）は樹木の内部に当たる光の重要性和結実部位へ光を透入させるための刈り込み作業の方法などを述べている。そして、北温帯では自然の光の30%あれば短枝の開花には十分で、この水準以下では開花・結実はないと報告している。果実品質への影響については、Heinicke（27）は、果色の発現は日当たりと直接関係し、最も着色の良いのは自然光の70%以上を受けたもので、適度の着色は70~40%の受光で得られ、40%以下では着色不十分であり、果実重量においても50%以下は小さめで、糖度は日当たりの良いものほど高かったと述べている。本試験では樹冠幅

の異なる垣根仕立ての樹体変化と受光量の調査を重点的に行ったが、樹形改造後3～4年間は樹勢が安定せず極めて多くの徒長枝が発生した。このため光の透入が減少して樹冠内は暗くなり、夏季の徒長枝刈りが必須作業となった。この傾向は強せん定が加えられた区ほど著しかったが、窒素の制限、はく皮逆接ぎ処理及び夏季せん定の併用により、4年目には樹勢が安定して受光条件も改善された。

他の果樹と同じように、リンゴの生育習性として、せん定を行わない場合、樹高と樹冠幅がほぼ同一の大きさになる。この形は品種、台木などによっても異なるが通常、樹高より樹冠幅が大きくなった時点で刈り込みが行われている。Cain (9) は20°の刈り込み角度が最も適正で、およその見当として一般的に役立つことを示している。普通樹に刈り込み角度をつけることは強せん定となり、頂芽及び着果の減少のみならず、樹勢を著しく強くする場合があるのでわい化処理を加え、夏季せん定で樹冠内部の頂芽を増加させ、結果枝を適正にした上で徐々に角度をつけると光の透入が改善され、東西方向植えて最も日当たりの悪い北側の下部でも普通側面刈り込みに比較して受光量は多かった。また、Cain (8) は三角刃バリカン式モアを使って刈り込むと新しい短果枝の発生が減少し、結実の外周部では密になるが、樹の内部の短枝は日陰になり花が減少し、一方、溝削り用丸のこでせん定すると樹冠内部への光線の透入が増大し、新しい短枝が3倍近くも生じ、短枝の開花率も約4倍に増加したと報告している。垣根仕立ての場合の着果の様式には大きく分けて2つのタイプが考えられる。一つは樹冠幅を狭くし、表面積の増加によって着果を図る場合であり、他の一つは樹冠幅を広くして容積を拡大し着果を図る場合である。本試験では10a当たり、33本植えと50本植えが供試され、着果の様式としては後者に相当する。すなわち、樹冠内部の細部にわたって鋸が入れているので光の透入はよく、果枝も充実していた。これはCainの報告している溝削り用丸のこによるせん定の結果に似ている。

せん定法の違いによる光の強さと果実品質との関係について Westwood (98) はモモにおいては無せん定樹は初めから受光度が低いが、弱せん定及び中せん

定樹は枝の徒長が少ないため受光量は比較的多く、収量、着色、果実品質は良好であったと報告している。また、Jackson (30) は 'Cox's Orange Pippin' を使って葉の厚さと生育下の日照の関係を調べ、受光量の多い葉はさく状組織が厚く、細胞の数がより多いが、弱い日照下の葉はさく状組織が薄く、しかも海綿状組織は空げき率が高かったと報告している。この関係は 'ゴールデン' の陽葉と陰葉についての測定結果と類似している。

秋田県では1961年以来、集団新植に当たっては10a当たり、30本～50本の密度で栽植するよう指導し1000ha余りの新植園が造成された。園地によっては100本以上に密植したところもあり、垣根仕立てとしての適正な樹形構成となるよう枝の密度と主枝本数を検討する必要があった。樹形構成は主枝、亜主枝、側枝が雪に対して強いこと、果実品質がすぐれていることが要求されるが、次の3つの型の樹形構成に分類することができた。

I型は10a当たり、30～40本の栽植本数で、樹高は3.5m、樹冠幅は3.6mで園内通路幅は1.8mとする。主枝は2～3本とし、開心形で樹冠上部は曲面状の受光面となり、容積型の着果となる。

II型は10a当たり、50～60本の栽植本数で、樹高は3.5m、樹冠幅は3.0mで園内通路幅は1.5mとする。主枝は4～5本で遅延開心形で樹冠上部は曲面状の受光面となり容積型の着果となる。

III型は10a当たり、100本以上の栽植本数で、樹高は3.5m、樹冠幅は2.0m以内で園内通路幅は1.5mとする。側枝は主枝に直結され、10～15本で構成する。樹冠上部の受光は表面状となり、表面型の着果となる。

いずれの型も側枝は主枝、又は亜主枝の側方斜め、又は下腹面から発生させるので樹冠内に入る光は普通の樹より多く、果実の大きさ及び糖度のばらつきは少ない。整枝の注意点としては重なり枝を避け、側枝間に適度の間隔を保ち、枝先きを重くせず、共枝を出さないというのが原則である。

収量は単位土地面積当たりの葉面積（葉面積指数）の多少とそれぞれの葉の生理的能力によって決定される。すなわち、同化能力の高い葉をより多くつけることが多収獲の基本的条件である。Heinicke (23、24、

25、26、27)は樹冠内の受光量を調査し、葉の密度が増加することによってすみやかに減少することから葉面積と関係深いことを見出した。また、わい化度のちがうわい性台木に接いだ‘レッドデリシャス’を用い樹冠内の受光量を調査したところ、樹が大きくなるほど日陰が増加するので、1樹当たりの葉面積は増加するが、単位土地面積当たりの有効葉面積は減少したと報告している。

Looney (72)は標準の大きさの‘デリシャス’を使って樹冠内受光量を測定し受光量帯域図を示している。これによると自然光の30%以下の部分が一番多く、51%以上の部分はほとんどが樹冠外周に位置している。本試験における普通樹は樹冠上部に空けきがあり、樹間距離も大きいので樹冠内部に光がかなり透入しているが、垣根仕立て樹では樹高、樹冠が制限されていてまとまりがよいこと、園内通路幅が光の入り口になっていることなどから普通樹より更に樹冠内受光量は多かった。その結果、1樹の樹冠容積は小さいが、樹冠容積当たりの葉数が多く、かつ葉が厚いので、生産効率は高いものと判断される。

密植栽培を継続してゆくと、隣接樹の枝が互いに交差し、樹冠全体に一樣に光が当たらなくなるので樹冠上部には枝が出て花芽も着くが樹冠内部、樹冠下部には花芽が着かなくなり枝の基部がはげあがってくる。また園地全体が群落としても非常に暗くなる。これを避けるために強せん定を繰り返す結果、樹全体の生長が徐々に妨げられ、結実も極端に悪くなる。計画密植園は栽植距離によっても異なるが10~15年後には間伐するか、樹形改造してそのまま維持するかを選択を迫られる。そこで普通樹でも窒素施肥の制限、外科的処理、夏季せん定などによって樹勢を抑制し、樹形改造のための整枝せん定を計画的、段階的に実施することによって密植の害を解消し、着果数、収量をほとんど減少させず、しかも高品質の果実を生産することができた。

垣根仕立て樹の列方向と受光量

密植になると樹列間に機械の走行及び手作業用の通路が必要になる。列の方位は栽植時に決定されるもので、果樹園の寿命を決める重要な要素の一つである。

そこで、東西方向と南北方向の樹形モデル(高さ3.5m、幅3.0m、長さ4.0m、角度0度)を木箱で作り、各側面の受光量の日変化を測定した結果、6月から10月までの期間を通じて東西列方向が南北列方向より日射量が51%多かった。Cainは東西列と南北列に対して直射光がどのような分配を示すか調査しているが、東西列の南面は南北列の東・西面のいずれより25%多い放射エネルギーを受けるが、北面が受けるエネルギーは非常に少ないので、全体としては東西列は南北列の67%に相当するエネルギーを受けるに過ぎないことを報告しており本試験と結果を異にしたが、実際には整枝法、樹冠内の枝葉の密度、側面刈り込みの角度、樹高と通路幅の割合等が影響しているものと考えられる。

樹相の概念と分類

近年におけるリンゴ栽培の課題は省力化、均産及び品質の向上であり、栽培の重点指針がおいしい果実を確実に毎年生産することに置かれている。そのためには樹の隅ずみまで光を入れて、充実した花芽をたくさん着け、樹相を安定、維持することが重要である。樹勢との関連において1896年、Klebs (94)は窒素の量と炭酸同化作用による炭水化物の生産量が花芽形成の重要な要因であるという説を立てた。この学説はFischer (17)によって支持され、彼は利用できる窒素に対して炭水化物が比較的多量にあるときは花芽の分化が良く、窒素が炭水化物に比較して多いときは花芽が少ないことを見出した。この学説は実際、農業で経験的に見られる諸事実とよく一致し、その後多くの人々によって支持された。特にKrausとKraybill (94)によってC-N率の理論が提唱され、それを裏付けする研究が多く報告されている。Gourley (19)は1938年にリンゴにおける窒素・炭水化物の含量と開花・結実の関係を模式図に示した。彼は四つの場合に区分し、リンゴ樹の樹勢管理の目標はⅢの状態であるとしている。これは窒素が適量にある場合で、枝のような生長はやや衰え花芽の分化や結実が極めて良好な、バランスのとれた樹で、常にこのような樹勢を維持することが望ましいとしている。樹勢の意味については研究者のなかでも必ずしも共通の理解が確立されておらず、慣用語として古くから使われてきたが、望月

(80) は樹の栄養生長の状態を示すものにしたいとしており、これらの樹体特性個々の研究や樹勢の測定法に関する研究は古くから行われている。Wilcox (101) は樹勢の概念を論じ、植物の分裂組織あるいは生長部分の細胞の活力であると表現している。彼は幹周の増加、幹の横断面積の増加、頂端新しょうの長さ及び直径、短果枝の生長、葉面積などについて種々の調査を行い、樹勢を表現するための指標となりうる測定対象は1年間の木部と皮部の生長量によって示され分裂組織、すなわち、形成層と生長点の増加総量であると考えた。そこで幹周の増加量に頂端新しょうの長さを乗じて得られる数値をGrowth index (生長指数) と呼び、これがある程度樹勢の指標として役立つが、一つの樹体特性のみでは完全に信頼できるものはないと述べている。

Chandler (12) は指標として枝しょうと葉を採り上げ、強勢な樹体は生育期間遅くまで生長を続け、新しょうは比較的長く、葉は大きく、葉色はその品種として濃いほうであるとしている。Singh (93) は樹勢判定のために新しょうの長さ、幹の肥大、根の生長を測定している。菊池 (44) は、樹勢は樹の栄養状態であるとし、栽培者の受けとり方として新しょうの長さ、太さ、発生密度、葉の大きさ、葉色、新しょう停止期などを総合的にとらえたものであるとしている。今 (55) は樹の外見的なこれらの形質に加えて、内面的なものも含めて樹相と表現した。このような樹を総合的にみた研究は少なくないが、本試験では垣根仕立て樹の樹相を四つの型に分け、これらの枝しょう、葉、果実について外面的、内面的に調査し、診断時期、診断方法について検討した。

普通仕立て樹においては栽植時に同じ樹勢の樹でも栽培管理、とくに整枝せん定、肥培管理などで異なった樹相となり診断は困難であるが、垣根仕立ての場合は樹の状態にかかわらず画一的に側面刈り込みと樹上面刈り込みをしてあり、肥培管理も一樣なのでそのような問題は生じなかった。樹冠上部の新しょう長を測定した結果に基づいて‘スターキング’ ‘ゴールドン’ とともにⅠ型、Ⅱ型、Ⅲ型、Ⅳ型に分類できた。Wilcox (100) は普通仕立て樹の新しょう長を測定し、1樹の中でも幅の広い分布を示すことを報告している。本試

験における樹体は両品種ともⅠ型が最も大きく、Ⅱ型>Ⅲ型>Ⅳ型の順であった。頂芽数は樹冠容積が大きいほど多かったが単位樹冠容積当たりしてみるとⅢ型が多く密に着生していた。着果数は、‘スターキング’ ではⅢ型が多く、‘ゴールドン’ ではⅡ型のものがⅢ型のものよりわずかに多かった。外見的にはⅠ型の樹では葉色が濃緑で、大型の葉が多く、うすい感じがした。枝はかなり勢よく伸長し、二次伸長もあり、枝が弱々しく節間も長くなっていた。果実は縦軸が長く、クロロフィルの消失が遅く、樹全体として繁茂の様相を呈し、夏季は日かげが多く園地は暗くなっていた。Ⅱ型はⅠ型の樹ほどではないが樹勢が強い様相を呈した。Ⅲ型の葉は中ぐらいの大きさで、厚味があり、強固であった。枝は太く節間は短く栄養生長と生殖生長のバランスがとれ健康的な状態であった。Ⅳ型の葉は淡緑色で小型であり、枝伸びはわずかで樹全体として勢いが感じられなかった。樹肌 (樹皮の色) についても観察したが、Ⅰ型では黒みがかった青みを示し、Ⅲ型では赤褐色で光沢があった。Ⅳ型では淡黄色であり、渋谷 (92) の観察と一致した。Ⅰ型からⅣ型までの分類は Gourley の分類によく似ていたが、リンゴ (‘スターキング’、‘ゴールドン’) の場合Ⅰ型が Gourley らのⅡに該当するようで、Ⅱ型はⅡとⅢの中間にはいるものと思われた。

リンゴの樹相を表現するための樹体特質として枝しょうの長さ、太さを用いた研究は多い。Wilcox (100) は‘デリシャス’ 樹を使って頂端新しょう長に及ぼす樹冠の高さと枝の発生角度について検討している。樹冠上部、中央部、下部に分け、枝の発生角度は垂直に立ったもの、斜めのもの、水平なもの、下垂したものに分けて試験したが、枝の長さを角度別に比べると、垂直>斜め>水平>下垂の順で、垂直に伸びた枝は下垂枝の2.9倍にもなっていた。樹冠の部位別では樹冠上部>中央部>下部の順で、樹冠上部の枝は樹冠下部のものの1.5倍にも伸びていたと報告している。Jolly と Holland (32) は長さ5 cm以上の全新しょうを測定し、サンプリング方法を検討している。新しょう生長量の測定は現在までに小さな樹では容易になされてきたが、大きな樹については適当な方法が少ない。一つの方法はsystematic shoot samplingであり、一

つはrandom branch samplingであるが前者は幼木に適用され、後者は成木に適用されている。

菊池 (39、40、41、42) は新しょう特性の研究を中心に樹相の表現法について検討してきた。対象の樹は普通仕立て樹であるが、樹冠上の特定部位の生長は他の部位の生長の影響を受けているものと考え、特定部位の生長をもって樹全体の生長を代表しているものとみなすことは妥当ではなく、樹全体を測定の対象とすることが唯一の妥当な方法であるとしているが本試験における垣根仕立て樹の場合、測定に当たっての問題点は少なかった。垣根仕立て樹では樹冠容積は見かけ上の樹勢が強いものほど大きく、頂芽数も同様の傾向があった。容積当たりの頂芽数はⅢ型が多く、この区では7月上旬までには樹全体の80%以上の新しょうが生長を停止し、節間長もⅠ型及びⅡ型より短かった。着果数を‘スターキング’は5年間、‘ゴールデン’は6年間の総計でみると、前者ではⅢ型が最も多く、Ⅰ型、Ⅱ型、Ⅳ型の順であった。後者ではⅡ型が多く、Ⅲ型、Ⅰ型、Ⅳ型の順であった。単位容積当たりの着果数でみると両品種ともⅢ型がほかの型よりも多かった。

新しょうによる樹相診断

新しょうによる診断では樹冠上部の枝伸びと樹冠下部の枝伸びには顕著な差があったので両部位に分けて調査した。両品種ともに樹冠上部ほど新しょうの生長停止が遅く、二次伸長もみられたが樹冠上部の新しょう長による診断時期は8月下旬、樹冠下部では7月下旬が適期と思われた。長さによる診断では樹冠上部の頂端新しょう長が81cm以上、樹冠下部の頂端新しょう長が61cm以上ではⅠ型、同様に前者が61~80cm、後者が41~60cmではⅡ型、前者が41~60cm、後者が21~40cmではⅢ型、前者が40cm以下、後者が20cm以下ではⅣ型に分類された。‘ゴールデン’では果そうから発出した新しょう(副しょう)によっても診断できた。果そうには果実が成っているものが対象となるが、Ⅰ型は25cm、Ⅱ型は15~16cm、Ⅲ型は10~13cm、Ⅳ型は5cm以下が該当した。

Overley と Overholser (84) は頂端新しょうの長さと直径との間に高い相関関係があることをみい出

しているが、長さと枝の基部の径を併せて測定すると信頼度が高くなると報告している。神戸ら (33、35) は‘ゴールデン’を用い、新しょう停止時期と果実品質の関係を調査し、6月中旬頃に樹冠全体の90%ほどの新しょうが生長を停止した樹を早期停止樹、6月末から7月上旬に停止した樹を中期停止樹、7月20日以降に停止する樹を晩期停止樹とした。そして一般的には早期に停止するものは老木によって代表され、中期に停止するものには成木、晩期まで枝伸びするものには幼木が該当していることを述べている。本試験の垣根仕立て樹において6月末に調査すると、両品種とも樹冠上部においても樹冠下部においても見かけ上の樹勢が弱いものほど停止割合は高く、見かけ上の樹勢が強いものほど停止割合は低かった。また神戸 (53) は‘ゴールデン’の全新しょう長の分布を示し、樹勢の強い樹では10cm以下の枝の割合が30%程度であるが、樹勢が適当である樹では42%程度で樹勢が弱い樹では77%程度であったと報告している。本試験の垣根仕立て樹の場合もⅠ型、Ⅱ型では41~51%、Ⅲ型では66%、Ⅳ型では88%と傾向としては似ていた。新しょうによる診断では頂端新しょうの停止時期、短果枝の割合、長果枝の割合が樹相を最も的確に表現しうる樹体特性であった。

葉による樹相診断

葉による診断では大きさ、葉面積は昔からは場試験における重要な調査項目とされてきた。葉の生長過程、葉面積の拡大状況について調査したところ果そう葉は展葉後生長を続けるが、5月下旬をピークにその後は変化がみられなかった。新しょう葉は果そう葉が生長停止した後も生長をつづけるが、6月中旬をピークとして停止している。Cain (10) は旭の垣根仕立て樹における樹冠葉の生長について報告しているが、果そう葉は落花期の5月下旬まで生長を続け、その後葉面積は変わらず、新しょう葉は6月下旬まで生長し、その後の葉面積は変わらないとしている。

Kato と Ito (38)、Luckwill (73) によれば果実が成っている果そう葉はゆっくりと生長し、花の咲かない果そう葉より葉面積は小さいと報告しており、同様のことを Maggs (74、75) も報告している。本試

験において葉面積は Halfacre (21) らの方法でもに測定した。葉面積の実測値と Halfacre らの方法による値の相関係数は 'スターキング' では $r = 0.868^{***}$ 、'ゴールデン' では $r = 0.841^{***}$ であり、高い相関関係が認められた。葉の大きさと葉面積では 'スターキング' においてⅠ型>Ⅱ型=Ⅲ型>Ⅳ型、'ゴールデン' ではⅠ型>Ⅱ型>Ⅲ型>Ⅳ型の順であり、各型の間に有意な差が認められた。診断時期は 'スターキング' の果そう葉では生育初期の5月中旬頃、'ゴールデン' では5月下旬から6月中旬頃までであった。新しょう葉は各型の間に有意な差が認められず、このものによる診断は困難であった。葉重は 'スターキング' において果そう葉、新しょう葉ともに生育初期で、'ゴールデン' では生育後期において有意な差が認められた。山崎 (53, 111) らは樹相診断の指標となるべき葉色カラーチャートを 'ゴールデン' について作製し、カラーチャート指数とクロロフィル含量との間に $r = 0.846^{***}$ と有意な相関関係を認めている。松井 (76) らは 'ふじ' についてカラーチャート指数とクロロフィル含量及び葉中Nとの関係並びに地色指数との関係を調査し、それぞれ $r = 0.856^{***}$ 、 $r = 0.782^{***}$ 、 $r = -0.626^{***}$ と高い相関関係があることを報告している。'スターキング' は生育初期の5月20日は果そう葉、新しょう葉とも各型間に差が認められたが、その後大きな差は認められなかった。7月中旬から葉色カラーチャートを用いたが各型間に有意な差が認められた。'ゴールデン' では果そう葉で各型間にほとんど差が認められなかったが、新しょう葉は7月中旬から各型間に明らかな差が認められた。葉内成分、とくに新しょう葉では 'スターキング' 'ゴールデン' ともにⅠ型、Ⅱ型の栄養生長が旺盛な区ほど窒素含量は高かった。しかし 'スターキング' では 'ゴールデン' と異なりその傾向は明らかではなかった。カリウム含量は 'ゴールデン' では差は認められなかったが、'スターキング' では栄養生長と同じくⅣ型が低い傾向を示した。カルシウム及びマグネシウムは 'スターキング' ではカリウム含量と同じ傾向を示したが、'ゴールデン' では明らかではなかった。山崎 (111) は 'ゴールデン' における葉中窒素の基準値を示し、1.53~1.96%の範囲では欠乏、1.96~2.06%の範囲で

は不足、1.92~2.26%の範囲では適当、2.46%以上であればやや過剰としている。Raese (90) によれば 'ゴールデン' の適正葉中窒素含量は9月中旬の分析で1.8~2.1%とされており、Williams (53) の報告でも高品質の果実を生産するためには1.9~2.1%が適正とされており、2.2%以上では果色が緑色を帯びる傾向があるとしている。WestwoodとGerber (98) はモモのせん定法について報告しているなかで、強せん定の樹では茎頂部に窒素が多く使われ、C-Nバランスを失っていると述べている。'ゴールデン' の茎頂部の葉を2~3枚加えた窒素含量は見かけ上の樹勢が強いⅠ型では高く、樹相診断ができるものと思われた。葉による診断は葉色によるのが最も適切で診断時期は7月中旬から8月中旬であった。

果実による樹相診断

果実による診断には果実の大きさ、着色及び地色为重点に調査したが、'スターキング' では6月頃の生育初期からⅠ型、Ⅱ型が大きく、Ⅳ型では小さかった。'ゴールデン' でも同じ傾向であり、収穫時の平均果重が 'スターキング' のⅠ型では252.0 g、Ⅱ型では277.8 g、Ⅲ型では266.6 g、Ⅳ型では225.8 gであった。'ゴールデン' ではⅠ型が246.6 g、Ⅱ型は268.8 g、Ⅲ型は265.4 g、Ⅳ型は234.6 gであった。果実の着色、等級別区分ではⅢ型で着色良好な果実が多く、次いでⅡ型、Ⅳ型の順であるが、Ⅰ型の割合は低かった。各型別に割合の高いものはⅠ型では「良」、Ⅱ型は「優」、Ⅲ型は「秀」、Ⅳ型は「優」であった。'ゴールデン' は果色別に区分してみると、見かけ上樹勢が強いⅠ型で「アオ実」(5GY果)が多く、見かけ上の樹勢が弱いⅣ型で黄色果(7.5Y果、5Y果)が多かった。果実品質では 'スターキング' のⅠ型が果実は小さく、果肉硬度は高く、糖度も高かったが食味については渋味が残っていた。Ⅲ型、Ⅱ型はほとんど食味は同じであったがⅠ型の果実では不良であった。'ゴールデン' のⅢ型の果実は甘酸適和で良好であったがⅠ型、Ⅳ型の果実は劣った。神戸 (35) らは新しょう停止期が早く、新しょうの短い樹で生産された果実は平均重量が小さく、果色は良好で糖度が高く、リンゴ酸含量が高いこと、逆に新しょう停止期の遅れた樹

の果実是一般に大きく、果色は悪く、糖度の低い食味の劣る果実が生産されることを報告しており、この結果と一致していた。‘スターキング’など着色系品種では果実の着色状況、‘ゴールドデン’など黄色品種では果色、地色（クロロフィルの消失程度）が樹相の一つの指標となった。

垣根仕立て樹の適正樹相

‘スターキング’ ‘ゴールドデン’の垣根仕立て樹の場合、毎年高品質果を均産できる樹相は樹冠上部の頂端新しょう長は41～60cm、樹冠下部のそれは21～40cm、新しょう停止時期は6月下旬から7月上旬で、結果枝の長さ別割合をみた場合、短果枝割合が66%、中果枝割合が7%、長果枝割合27%程度の樹である。葉では新しょう葉の平均葉身長が7.5cm、平均葉幅が3.8cm、全クロロフィル含量が4.72mg、葉色カラーチャート指数5、葉内窒素含量が2.14%、果そう葉の葉身長は6.8cm、葉幅が3.2cm、全クロロフィル含量が6.07mg、葉内窒素含量が2.10%ぐらいを保持しているべきである。こういう樹相の樹から生産された果実は中玉割合が高く、果色は良好で地色は黄色であり、食味がすぐれており、翌年の花芽形成も十分であった。

わい化処理と効果

樹のわい化と早期に花を誘発させる方法は園芸家によって古くから用いられてきたが、なかでも夏季せん定はヨーロッパの園芸家によって一世紀前から行われてきた。夏季せん定は時期、せん定の方法、樹相、品種、その他環境条件によって反応がいろいろ変わってくるため一般の果樹園では広く利用されることがなかった。しかしながら条件がそろって栄養生長を抑制し花芽を増加させ、早期結実によって生産の増大を確約するものである。

浅見（2）は1948年、夏季せん定について論じ、その目的とするところとしては、①伸長を抑えて他の新しょうと釣り合いのとれたものとする。②花芽形成を良好にする。③枝上に短果枝を形成させ、果実の着生を良好にする。④密生枝をせん去して果実への光線透入の妨げを少なくして果実の着色、成熟を促進することなどをあげている。これらの目的を達成すべく垣根

仕立て樹に夏季せん定を実施し、処理時期と処理枝長を組み合わせて検討した。処理時期は6月上旬、6月中旬、6月下旬の3時期、せん去の際に残す枝長は5cmと10cmにした。まず‘スターキング’の樹冠容積の拡大状況を指数でみると処理後2年目では対照区の151に対し、枝長5cm区では136から148、枝長10cm区では111から118と枝長10cm区の方が枝長5cm区より樹冠の拡大が抑制された。処理時期で比較すると枝長5cm区では遅いほど、枝長10cm区では早いほどわい化傾向が現れた。同様に‘ふじ’でみると対照区が145に対し、枝長5cm区では125から138、枝長10cm区では119から136と樹冠拡大は抑制された。処理時期でも‘スターキング’と同じ傾向であったが対照区との差は‘スターキング’の方が顕著であった。

PrestonとPerring（88）は‘Cox’s Orange Pippin’を用い、夏季せん定と冬季せん定区を設定し幹周などについて比較調査している。これによると幹周は夏季せん定により21%ほど減少し、花芽の発達が促進されわい化傾向が認められた。

夏季せん定による芽の発生は枝長5cm区、10cm区とも6月下旬処理では1芽のみであったが、6月上旬処理では2芽から3芽の発生割合が高く、この頂芽の開花割合も高かった。夏季せん定によって形成された頂芽の結実率をみると、‘スターキング’では枝長5cm区、10cm区とも処理時期が早いほど有意に高かった。

William（104）は1976年と1977年に‘Cortland’と‘Red Delicious’に夏季せん定を実施したところ6月上旬及び7月上旬の処理によってわい化し、花芽分化を誘発するのに非常に効果的であったと報告している。永沢（81）は夏季せん定を主要品種に施し、短果枝化させ多収、均産させている。処理時期は6月中旬頃とし、‘デリシャス’系、‘ふじ’では發育枝の長さにより処理の長さを変えている。Stembridge（95）はMM.106についで‘Red Delicious’の4年生枝を用い、強勢な發育枝に対し約4分の1インチから2分の1インチの長さでせん去し、1974年の6月初めから8月末まで処理時期を変えて試験している。これによると8月中に処理したものに比べ6月中に処理したものでは約30%が花芽となり、翌年に開花している。処理時期が遅れるほど花芽形成の効果は少なかつ

た。そして処理時期が遅い区で出来た短果枝のいくつかは翌年勢いよく伸び、徒長枝になったと報告している。本試験では処理時期が6月1か月で短かったが6月上旬、6月中旬、枝長10cm処理では2芽から3芽の着生がみられ頂芽数は増加した。夏季せん定によって発生した二次枝の頂芽の開花率は‘スターキング’では早期処理で高い傾向がみられたが、‘ふじ’では一定の傾向は認められなかった。しかし二年目には芽は大きく、よく充実し、開花率も高くなり、一花そう内の花数も多く観察された。

菊池 (45) は新しょう基部に小さな葉がロゼット状に着生した部分を残して1~2cmの長さに切るのがよさそうであると報告している。しかし実際には均一にせん去するのではなく、発育枝の長さ、太さなど樹相によって差をつける必要があると思われる。果実品質では等級差に顕著にあらわれ、対照無処理区に比較して秀・優果の割合が高かった。果実の着色状態についてはPrestonとPerringも調査しているが同じ結果を得ている。これは密生枝をせん去して葉による果実への光線透入の妨げを少なくすることで果実への受光量を増大したものと考えられた。

Bark inversionの予備試験は1935年、Robertら(37)によって報告されているが、これを組織的に試験したのはSax(37)で1955年に発表している。神戸ら(34)はこの方法をはく皮逆接ぎと名づけ、1963年から‘ゴールデン’を主体に処理時期、処理幅などについて検討し、時期は7月中旬頃で、最適の幅は5~6cmぐらいで幹周の10%を残して処理することを報告している。はく皮逆接ぎによる根への影響についての試験は見当らない。本試験ではコンクリートポットに‘ふじ’の1年生苗木を植え、処理時期による地下部の根の状態を主体に地上部のわい化状態も調査した。幹周の肥大を断面積でみると、対照無処理区に比較して各処理とも抑制された。処理された上部(地上15cm)でみると処理時期が早いほど肥大が抑制され、2年目でも同じ傾向であった。処理された下部(地上5cm)をみると、はく皮逆接ぎの時期が遅れるにつれて肥大が抑制された。枝の長さとも重さは処理時期が早いほど枝の長さは抑制され、重さも枝の長さに比例していた。新しょうの長さを秋の時点で比較すると初年度、2年

目ともに処理時期が早いほどかなり抑制された。特に4月下旬処理では7月中旬頃まで一次停止し、それ以後頂端新しょうに二次伸長がみられたが極端に抑制された。根の重さは対照無処理区に比較して各区とも抑制されており、2年目では初年度より差が明らかであった。しかしA区では根の伸長が一次停止し褐色になっていたがその先端に新根が発生していた。B区、C区はその新根の量は少なかった。2年間の樹の状態から生長抑制、花芽形成には5月下旬の早期処理が有効と思われた。

従来わい化方法を組み合わせて行った試験は少ないが、本試験では施肥量を調整しこれに夏季せん定、はく皮逆接ぎを組み合わせて行った。その結果、樹体のわい化、花芽形成、果実肥大には組み合わせ処理が大きく影響した。とくにリンゴ樹のわい化には窒素施肥量の調節の効果が大きい。山崎(109、110)は窒素の多い区、少ない区をもうけ生育、収量、着色との関係について検討しているが、窒素施肥量の多いほど生育は旺盛であったが、収量では両区の間有意な差は認められなかった。このことから少肥区の樹体は小さいにもかかわらず花芽は密に着生していたものと考えられる。

スコアリング、リングング処理も樹の生長を抑制し、花芽形成を促進させ、果実品質を良好にする効果があるが永続的なものではない。したがって樹勢が落ちつくまで毎年処理する必要がある。密植園のわい化処理は結実初期に処理したほうが樹体の生育抑制、早期結実に鋭敏で、組み合わせ処理ほど効果が高く、回復も遅いようであった。わい化の組み合わせに当っては処理樹の環境、土壌の表層の厚さなどを考慮しないと極端に衰弱することがあるので注意を要する。極端に衰弱した樹に対しては液肥の土壌注入、窒素の増肥により樹勢を回復することができた。マルバカイドウ台を使った密植園を継続して維持していくためにはわい化処理は欠くべからざる技術である。

リンゴの計画密植園の完成後の管理方法としては、当初の栽植密度を維持しながら垣根仕立て方式へ転換し、生長抑制処理を併用することによって長期に亘って安定した収量と高品質を維持することができる。

実用的意義

計画密植栽培の目的は、リンゴ園の新植から成園化までの経済的空白期間を短縮し、収量、果実品質とも長期に亘って安定生産することにある。

計画的に密植されたリンゴ樹は、結果開始後、少なくとも10年程度は収量、果実品質とも年々向上するが、それ以後、1本の樹の占有する土地及び空間が少なくなるため枝が相互に交差する。これを避けるために強いせん定をくり返すと、徒長的な生長を示す枝が多くなり、樹冠全体に一様に光線が当らなくなる。そして樹冠下部には枝が出なくなり、結果面積が甚だしく少

なくなる。間伐すると一次的に収量が減少するので、樹形を垣根仕立て方式へ転換して、受光態勢を改善し、樹体の管理方法として夏季せん定、窒素施肥の制限、はく皮逆接ぎなどのわい化処理を組み合わせることによって樹体の生長を抑制し、高品質果と多収の維持が可能であることを実証した。また秋田県においては1961年以来、集団新植に当っては、10a当たり、30本から50本程度栽植するよう指導し、1000ha余りの新植園が誕生したが、1973年頃から現地でも垣根仕立て方式へ転換し、省力的で収量、果実品質が向上することからこの技術が取り入れられている。

第5章 摘 要

本研究はリンゴの計画密植園において間伐を行うことなく、過密化を防ぐ方法として垣根仕立て方式への樹形の改造法を確立する目的で行ったもので、これが受光量、樹相、生産力、果実品質などに及ぼす影響を調査した結果、実用化し得ることを実験的に実証し得た。さらに樹形改造後の樹体の管理方法として、夏季せん定、窒素施肥の制限、はく皮逆接ぎなどのわい化处理を実施し、その効果についても検討した。その概要は次のとおりである。

1. リンゴ樹において幹周の増大は地上部の増大な
らびに着果数、収量と密接な関係があり、低密度区
では幹周と着果数の間には $r = 0.798^{***}$ 、幹周と収
量の間には $r = 0.769^{***}$ と高い相関関係が認められ
た。とくに幹周70cmまで着果数は直線的に増大した。
中密度区では幹周と着果数の間には $r = 0.812^{***}$ 、
幹周と収量の間には $r = 0.818^{***}$ と高い相関関係が
認められた。

樹高と樹冠幅は若木時代の栽培管理、とくにせん
定の強弱によって差は認められるが、低密度区では
樹高と着果数の間に $r = 0.753^{***}$ 、樹高と収量の間
に $r = 0.709^{***}$ 、樹冠幅と着果数の間に $r = 0.815^{***}$ 、
樹冠幅と収量の間には $r = 0.745^{***}$ と高い相
関関係が認められた。中密度区では樹高と着果数の
間に $r = 0.815^{***}$ 、樹高と収量の間には $r = 0.820^{***}$ 、
樹冠幅と着果数の間には $r = 0.866^{***}$ 、樹冠
幅と収量の間には $r = 0.872^{***}$ と高い相関関係が認
められた。

幹周の増加は地上部の発育状態を知るうえで樹体
調査項目中で最も安定した生育指標であったが、樹
高、樹冠幅の増大と合わせて調査することが収量推
定の精度を高めるうえに重要なことが判明した。

2. 10a 当たり、33本植え (5.4m×5.4m) では15年
生で、10a 当たり、50本植え (4.5m×4.5m) では
11年生で密植の害が果実品質に現れた。この時期か
ら間伐するか、樹形改造するか、いずれかの措置を

とらなければならぬが、時期の目安は樹冠占有
率が70%になった時であると判断された。

3. 高品質、多収を維持するためには、10a 当たり、
33本植えの場合は樹高が3.5m、樹冠幅が3.6m、10
a 当たり、50本植えでは樹高が3.5m、樹冠幅3.0m
が結実面積、結実容積から適当で、この樹形が最も
生産性があり、効率のよい樹形であることを明らかにした。

4. 樹冠幅の異なる垣根仕立て樹の樹体変化と受光量
を調査した結果、改造後3年までは樹勢が安定せず、
多くの徒長枝が発生し、光の透入が悪く、樹冠内部
は暗かった。この傾向は強せん定を加えた樹ほど著
しかったが、夏季せん定、はく皮逆接ぎ、窒素の制
限などを併用することによって4年目には樹勢が安
定し、受光態勢が改善された。

普通樹の垣根仕立て樹に対して側面刈り込み角度
をつけることは、樹冠への光透過を良好にし、着色
と果実品質には良い影響を与えるが、一挙に強く刈
り込むことによって樹を若返らせるので、適正な樹
勢にし、夏季せん定などで樹冠内部に頂芽を増加さ
せ、結果枝を適正に配置したうえで徐々に角度をつ
けることが良好であった。

5. 垣根仕立て樹の適正な樹形構成として枝の密度、
主枝本数、側枝の発出位置を検討した結果、3つの
型の樹形構成が考えられた。

I型は主幹—主枝—亜主枝—側枝で、10a 当たり
の栽植本数は30本から40本、樹高は3.5m、樹冠幅
は3.6mで園内通路幅は1.8m、主枝本数は2本から
3本、側枝は亜主枝の側方斜め、下腹面より発生さ
せ、着果は容積型である。

II型は主幹—主枝—側枝で、10a 当たりの栽植本
数は50本から60本、樹高は3.5m、樹冠幅は3.0mで
園内通路幅は1.5m、主枝本数は4本か5本、側枝
は主枝の側方斜め、下腹面から発生させ、着果は容

積型である。

Ⅲ型は主幹一側枝で、10a当たりの栽植本数は100本以上で、樹高は3.5m、樹冠幅は2.0m以内で、園内通路幅は1.5m、側枝は20本程度を主枝に直結して構成され、着果は表面型である。

6. 普通樹を垣根仕立て方式へ転換した場合、樹相診断の時期と方法について検討した結果、樹冠上部の新しょう長により4つの型に分類された。

Ⅰ型：見かけ上の樹勢が著しく強いもの。

Ⅱ型：見かけ上の樹勢が強いもの。

Ⅲ型：見かけ上の樹勢がおおむね適なもの。

Ⅳ型：見かけ上の樹勢が弱いもの。

この樹相診断は頂端新しょう長、新しょうの停止時期がよい指標であるが、‘ゴールデン’、‘スターキング’における樹冠上部の頂端新しょう長は、Ⅰ型が81cm以上、Ⅱ型は61cmから80cm、Ⅲ型は41cmから60cm、Ⅳ型は40cm以下のものが該当した。

樹冠下部ではⅠ型が61cm以上、Ⅱ型が41cmから60cm、Ⅲ型が21cmから40cm、Ⅳ型が20cm以下のものが該当し、診断時期は樹冠上部では8月下旬、樹冠下部では7月下旬が適期であった。

新しょうの停止時期は、見かけ上の樹勢が弱い型ほど早く停止し、診断時期は6月下旬が適期であることを明らかにした。

7. 葉による診断は葉色、葉中窒素含量、新しょう茎頂部の窒素含量がよい指標であった。葉色は見かけ上の樹勢が強い型ほど濃緑で、診断時期は7月下旬から8月上旬にかけて葉色カラーチャートを用いて

測定するのが適当であった。見かけ上の樹勢がおおむね適なⅢ型では‘ゴールデン’、‘スターキング’とも葉色カラーチャート指数が5であることを明らかにした。

新しょう葉の葉中窒素含量は、‘スターキング’のⅠ型では2.6%、Ⅲ型は2.4%、Ⅳ型が1.8%、‘ゴールデン’ではⅠ型が2.5%、Ⅲ型が2.1%、Ⅳ型が2.0%で見かけ上の樹勢が強いほど窒素含量が高かった。

8. 果実による樹相診断は等級別区分、「アオ実」の発生程度がよい指標となることを明らかにし、診断時期は採取時であった。

9. 夏季せん定による樹冠の拡大は、‘スターキング’では処理枝長10cmで抑制され、処理時期が早いほどわい化傾向が示された。‘ふじ’では処理枝長5cm区の6月中旬、6月下旬処理でわい化傾向が認められ、頂芽数は増加した。また夏季せん定によって受光態勢は改善され、‘スターキング’では高品質果の割合が向上した。

10. はく皮逆接ぎは根量を抑制し、枝伸びを抑え、花芽を増加させた。これは処理後2年目できくに顕著であり、処理時期は5月下旬が適期であった。

11. 垣根仕立て樹の樹勢を安定させるわい化処理として窒素の制限、夏季せん定、はく皮逆接ぎの組み合わせ処理の効果が高く、回復も遅かった。わい化技術の組み合わせ処理を行う場合、樹相、土壌の表層の厚さを考慮すべきであることを明らかにした。

引用文献

1. 青木二郎 (1975) 新編リングの研究 273-327 津軽書房
2. 浅見与七 (1948) 果樹栽培汎論 (剪定及摘果編) 120-134 養賢堂
3. Atkinson, D., D. Naylor, and G. A. Coldrick. (1976) The effect of tree spacing on the apple root system. Hort.Res.16:89-105
4. Barlow, W. B. (1964) An interim report on a long-term experiment to assess the effect of cropping on apple tree growth. R. E. Malling Res.Stn.for 1963.84-92
5. ——— (1965) The effect of cropping on the number and kind of shoots on four apple varieties. R. E. Malling Res. Sta.for 1965. 120-124
6. Boswell S.B., McCarty C.D.and Lewis L. N. (1975) Tree density affects large-root distribution of Washington nevel orange trees. Hort. Sci.Vol.10(6) 593-595
7. Cain John C. (1971) Effect of pruning and tree size on within-tree bruising of McIntosh apples. J.Amer.Soc.Hort. Sci.96:91-93
8. ——— (1971) Effect of mechanical pruning of apple hedgerows with a slotting saw on light penetration and fruiting. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 96:664-667
9. ——— (1972) Hegerow orchard design for most efficiency interception of solar radiaton. Effect of tree size,shape,spacing, and row direction. SEARCH AGRICULTURE POMOLOGY(GENEVA) 2
10. ——— (1973) Folliage canopy development of McIntosh apple hedgerow in relation to mechanical pruning the interception of solar radiation and fruiting. J. Amer. Soc.Hort.Sci. 98 (4) : 357-360
11. Cartwright J. and Meakin D. (1976) The effect of late pruning and SADH on the development of young Bramley Seedling apple trees. Hort. Res. vol.16 pp 115-120
12. Chandler, W. H. (1925) Fruit growing. Constable and company limited. London Bombay Sydney14
13. Childers, Norman F. (1949) Modern Fruit Science 128-145
14. Cook, P.H.(1959) A close look of hedging. Calif. Citrog. 44(8):254,269-270
15. Ferguson, J. H. A. (1960) A comparison of two planting system in orchards as regards the amount of radiation intercepted by the trees. Neth. J. Agr. Sci. 8:271-280
16. Ferree, M. E. and Barden, J. A. (1971) The influence of strains and rootstock on photosynthesis, respiration, and morphology of Delicious apple trees. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 96 (4) :453-457
17. Fisher, J. E. and Loomis, W. E. (1954) Auxin-florigen balance in florigen balance in flowering of soybean.Science 119:71-73
18. Gerber J. F. ,Martsolf J. D. ,and Bartholic J. F. (1974) The climate of tree and vines. Hort. Sci. Vol. 9(6) : 569-572
19. Gouley Joseph Harvey. and Howlett, Freeman, Smith. (1941) Modern Fruit Production. 62-79
20. Grady Aubil (1966) Molder of trees.....and Men. American Fruit Grower 7-25
21. Halfacre, R. G. Barden, J. A. and Rollins. H. A. Jr. (1968) Effect of Alar on morphology, chlorophyll content, and net CO_2 assimilation rate of young apple trees. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 93:40-52

22. Harold B. Tukey. (1964) Dwarfed Fruit Trees. 83-99
23. Heinicke D. R. (1963) The micro climate of fruit trees. I. Light measurements with Uranyl Oxalate Actinometers. Can. J. Plant. Sci. 43 (4) : 561-568
24. ——— (1963) Note on estimation of leaf area and leaf distribution in fruit trees. Can. J. Plant. Sci. 43 (4) : 597-598
25. ——— (1963) The micro climate of fruit tree. Foliage and light distribution patterns in fruit trees. Amer. Soc. Hort. Sci. 83:1-11
26. ——— (1964) The micro climate of fruit trees. The effect of tree size on light penetration and leaf area in Red Delicious apple trees. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 85:33-41
27. ——— (1966) Characteristics of McIntosh and Red Delicious apple as influenced by exposure to sunlight during the growing season. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 89:10-13
28. 石田善一 (1971) 結実期を迎えたミカンの計画的密植園の管理 果実日本 26(4) 26-34
29. Jackson, J. E. (1967) Effect of shading on apple trees. Rep. E. Malling Res. Stn. 69-73
30. ——— and Beakbane A. B. (1969) Structure of leaves growing at different light intensities within mature apple tree. Rep. East Malling Res. Stn. 87-89
31. ——— (1970) Aspect of light climate within apple orchards. J. Applid Ecology 7:207-216 Abst. Ann. Rep. East Malling Res. Sta. 172
32. Jolly, G. M. and Holland, D. A. (1958) Sampling methods for the measurement of extension growth of apple trees. Ann. Rep. E. Malling Res. Sta. for 1975. 87-90
33. 神戸和猛登・久米靖穂 (1967) リンゴ (ゴールドンデリシヤス) の摘果の強度 農及園 42 (7) 63-66
34. ———・今 喜代治・久米靖穂 (1968) リンゴの剥皮逆接法 農及園 43 (1) 43-46
35. ———・久米靖穂 (1969) リンゴの品質向上の管理法 農及園 44 (1) 51-54
36. ——— (1971) リンゴの受光指数と品質 果実日本 26 (9) 46-48
37. Karl Sax. (1955) The control of vegetative growth and the induction of early fruiting of apple trees. Amer. Soc. Hort. Sci. V. 69:68-74
38. Kato, T. and Ito, H. (1962) Physiological factors associated with shoot growth of apple trees. Tohoku J. Agric. Res., 13:1-21
39. 菊池卓郎 (1969) 新しょうの度数分布よりみたリンゴの生長特性に関する研究 第1報 SpurとShootの度数分布の一般的性質、秋季園芸学会発表要旨 14-15
40. ——— (1971) 新しょうの度数分布よりみたリンゴの生長特性に関する研究 第2報 樹齢とせん定の影響について、春季園芸学会発表要旨 116-117
41. ——— (1972) 新しょうの度数分布よりみたリンゴの生長特性に関する研究 第3報 成木の分布型の解析と生長特性の判定 (その1) 春季園芸学会発表要旨 60-61
42. Kikuchi, T. (1974) Growth and structure of the shoot system of apple tree as characterized by the frequency distribution of shoot lengths characterized. Bull. Fac. Agric. Hirosaki Univ. 23:27-59
43. 菊池卓郎・塩崎雄之輔 (1978) 頂端新しょう長によるリンゴの樹勢の標示 春季園芸学会発表要旨 156-157
44. ——— (1979) 果樹の樹勢の測定をめぐる問題点 農及園 54 (11) 9-14
45. ——— (1979) リンゴの夏季せん定 農及園 54 (6) 49-53
46. 小林 章 (1968) 果樹の早期増収と早期出荷 245-399 誠文堂新光社

47. 今 喜代治・神戸和猛登・久米靖穂 (1967) リンゴの計画密植栽培について 農及園 42 (9) 1357-1361
48. ————— (1971) リンゴの栽培密度に関する研究 第1報 成木園の間伐について 秋果試研報 4 : 1-13
49. —————・久米靖穂 (1971) リンゴの栽植密度に関する研究 第2報 ゴールデンデリシャスの栽植本数 秋果試研報 4 : 15-31
50. ————— (1971) リンゴ園省力化の試み 果実日本26 20-24
51. —————・久米靖穂・田口辰雄・神戸和猛登 (1973) 既成リング園のヘッジロー化に関する研究 第1報 ヘッジロー化がゴールデンの樹相ならびに果実品質におよぼす影響 春季園芸学会発表要旨 112-113
52. —————・————— (1974) 既成リング園のヘッジロー化に関する研究 第2報 樹冠幅別とせん定の有無が果実の大きさ、果色におよぼす影響 春季園芸学会発表要旨 104-105
53. —————・川嶋東洋一 (1976) リンゴ無袋栽培技術 90-166 誠文堂新光社
54. ————— (1978) リンゴ無袋栽培の推進と技術対策 果実日本33 (1) 24-29
55. ————— (1978) ふじ無袋栽培事例集 1-86 青森県りんご協会
56. 久米靖穂・田口辰雄 (1971) 垣根仕立てに関する試験 寒冷地果樹に関する試験研究打合わせ会議資料
57. ————— (1972) 垣根仕立てに関する試験 寒冷地果樹に関する試験研究打合わせ会議資料
58. ————— (1973) ヘッジローに関する試験 寒冷地果樹に関する試験研究打合わせ会議資料
59. ————— (1973) リンゴのヘッジロー化による樹相の変化と品質 果実日本 28 (8) 48-51
60. —————・鈴木 宏 (1974) ヘッジローに関する試験 寒冷地果樹に関する試験研究打合わせ会議資料
61. ————— (1974) リンゴ園のヘッジロー化と良品質果の条件 農及園 49 (7) 895-899
62. —————・今 喜代治・田口辰雄・鈴木 宏 (1975) 既成リング園のヘッジロー化に関する研究、第4報 ヘッジ樹、既成樹における受光分布と樹体形質 春季園芸学会発表要旨 94-95
63. —————・田口辰雄・鈴木 宏 (1975) 既成園のヘッジロー化に関する試験 寒冷地果樹に関する試験研究打合わせ会議資料
64. —————・今 喜代治・田口辰雄・鈴木 宏 (1976) 既成リング園のヘッジロー化に関する研究 第5報 ヘッジロー樹の生育相診断について 春季園芸学会発表要旨 18-19
65. —————・工藤哲男 (1976) 既成リング園のヘッジロー化に関する研究 寒冷地果樹に関する試験研究打合わせ会議資料
66. ————— (1977) リンゴのヘッジロー仕立て 既成リング園の樹形改造と作業車の導入 果実日本 32 (9) 72-77
67. —————・今 喜代治・田口辰雄・鈴木 宏・神戸和猛登 (1978) 既成リング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、その他要因におよぼす影響 秋果試研報 10: 1-26
68. —————・工藤哲男 (1978) ふじ若木に対するわい化処理効果 寒冷地果樹に関する試験研究打合わせ会議資料
69. Lee B.W. (1962) Hedging and Topping of mature Valencia orange trees. Calif. Citrog. 48 (2) : 42,52-53
70. ————— (1965) Hedging and Topping of mature Valencia orange tree. Citrog. 51 (2) : 46,76,78-79
71. Lewis L. N. McCarty D. M., and Crim L. W. (1962) Planting distance in orange groves. Calif. Citrog. 47 (3) : 84-86
72. Looney N. E. (1969) Light regimes within standard size apple trees as determined spectrophotometrically. J. Amer. Soc. Hort.

- Sci. 93:1-6
73. Luckwill, L. C. (1970) The control of growth and fruitfulness of apple trees. In physiology of tree crop. 237-254 Academic Press, London and New York.
74. Maggs, D. H. (1963) The reduction in growth of apple trees brought about by fruiting. J. Hort. Sci. 38:119-128
75. ——— (1964) The distance from tree base to shoot origin as a factor in shoot and tree growth. J. Hort. Sci. 39:298-307
76. 松井 巖・佐々木高・佐々木美佐子 (1978) カラーチャートによるふじの栄養診断 寒冷地果樹に関する試験研究打合わせ会議資料
77. McCarty C. D. (1966) High-density planting. Citrog. 51 (3) : 91
78. Moore, P. W. and E. Nauer (1955) Mechanical hedging in California orchards. California Citrograph. 40:339,419-424
79. 森谷睦夫 (1968) ジアゾ感光紙による作物群落内照度の測定 農及園 43 (8) 1290-1294
80. 望月武雄 (1962) リンゴ樹において果実着生によって惹起される樹勢衰弱現象の解明に関する研究 弘大農報 8 : 40-124
81. 永沢勝雄 (1948) 園芸の基礎知識 葉、花、果実 1-343 鳳文書林
82. 永沢鶴松 (1974) リンゴの新しいせん定法 79-103 農山漁村文化協会
83. 大崎 守 (1948) 果樹せん定原則 1-42 岡山県園芸協会
84. Overley, F. L. and Overholser, E. L. (1935) Progress report of fertilizer studies with Jonathan apple upon Ephrata fine sandy loam. Washington Agr. Exp. Sta. Bull. 319
85. Owen F. W. (1968) High density peach Plantings A dream or a reality ? American Fruit Grower 11-14
86. Pehrson J. E. and McCarty C. D. (1966) Hedge wall pruning of mature orange trees. Calif. Citrog. 51 (4) : 130
87. Perring M. A. and Preston A. P. (1974) The effect of orchard factors on the chemical composition of apple. Some effects of pruning and nitrogen application on Cox's Orange Pippin fruit. J. Hort. Sci. 49, 85-93
88. Preston A. P. and Perring W. A. (1974) The effect of summer pruning and nitrogen on growth, Cropping and storage quality of Cox's Orange Pippin apple. J. Hort. Sci. 49. 77-83
89. Prosser D. S. (1953) Hedging machine for citrus groves. Univ. Fla. Exp. Sta. Bull. 519 (June) 12pp
90. Raese, J. T. and Williams, M. W. (1974) The relationship between fruit color of Golden Delicious apples and nitrogen content and color of leaves. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 39:61-65
91. Rogers, W. S. and Booth, G. A. (1961) Relationship of crop and shoot growth in apple. J. Hort. Sci. 39:61-65
92. 渋谷伝次郎 (1965) 新版リンゴ剪定図説 34-52 青森県りんご協会
93. Singh, L. B. (1948) Studies in biennial bearing. Growth studies in on and off year trees. J. Hort. Sci. 24:123-148
94. 志佐 誠・加藤幸雄 (1962) 植物生殖生理 1-108 誠文堂新光社
95. Stembridge G. E. (1977) Summer pruning. A century old 'New' Idea. Fruit Grower 23-24
96. 田口辰雄・久米靖穂・鈴木 宏 (1975) 既成リンゴ園のヘッジロー化に関する試験 列方向に関する試験 寒冷地果樹に関する試験研究打合わせ会議資料
97. Tukey L. D. (1970) Automation and the Low trellis-hedgerow orchard. American Fruit Grower. 16-18
98. Westwood, M. N. and Gerber, R. K. (1958) Seasonal light intensity and fruit quality