

リンゴの早期落果に関与する気象要因の解析と栽培管理¹

近藤 悟・浅利正義²・熊谷征文²

秋田県果樹試験場鹿角分場 018-52 鹿角市花輪

Effects of Weather Conditions, Tree Vigor, and Pruning on the Early Fruit Drop of Apple

Satoru KONDO, Masayoshi ASARI and Masafumi KUMAGAI

Kazuno Branch, Akita Fruit Tree Experiment Station, Kazuno 018-52

Summary

The early fruit drop of 'Starking Delicious', 'Mutsu', 'Redgold' etc. occurred largely in the north of Akita prefecture in 1978. We tried to clarify the effects of weather conditions on the early fruit drop by investigating the weather conditions in 1978, and analyzing statistically the relationship between those in 1979-1985 and the rate of early fruit drop.

In 1978, early fruit drop occurred from the 36th day after full bloom. From the 31st day after full bloom the maximum and minimum temperatures were much higher, from the 27th day to the 38th day after full bloom the duration of sunshine was less and the precipitation was more than the mean value of the previous 10 years.

The rate of early fruit drop in 1979-1985 was closely correlated with the weather conditions around the 30th day after full bloom; the multiple regression equation which expresses the rate of early fruit drop was obtained using the minimum temperature, the duration of sunshine and the precipitation from the 28th day to the 34th day after full bloom. From these results, it was shown that the early fruit drop was induced by a higher minimum temperature and less sunshine.

We also investigated the effects of tree vigor and pruning on the early fruit drop. To estimate the vigor of each tree, elongation of the terminal shoot was measured regularly and the mineral constituents of leaves were analyzed. The rate of early fruit drop was increased in both vigorous and weak trees, and was closely correlated with the elongation of the terminal shoot. Similar results were observed in heavily pruned trees, that is, heavy pruning increased the elongation of the terminal shoot and early fruit drop.

緒 言

リンゴの早期落果は品種によってその難易度はわかれ、落果しやすい品種でも年により落果程度が異なり、収量不安定の原因となっている。1978年の秋田県北部で「スターキング・デリシャス」を中心として、「陸奥」、「レッド・ゴールド」などにみられた早期落果は、地域によっては80—100%の落果率となり生産農家に大きな被害を及ぼし、その面積と金額はそれぞれ400 ha、ほぼ4億円と推定された。

リンゴの早期落果については、果実内の内生ホルモン、オーキシシン(17, 18)、ジベレリン(5)、エチレン(4, 22)などの消長と均衡の関係について研究され検討されるに至っているが、樹体並びに果実生理に大きく影響を及ぼす気象、土壌などの環境要因の解析が行われ、また栽培管理の影響が検討された上で、これら内生ホルモンの消長と関連させて検討することが必要と思われる。本報告では異常な早期落果が発生した年の気象条件につき、またその後7年間の気象と落果との関係を統計的に解析し、落果に関与する気象要因とその時期を明らかにしようとした。また、樹勢、せん定などの栽培管理が落果に及ぼす影響についても検討したものである。

¹ 1985年9月24日 受理

本研究は農林水産省総合助成試験費補助金によって行われた研究の一部である。

² 現在 秋田県果樹試験場

材料及び方法

1. 気象要素と早期落果

早期落果の激しかった1978年の気象状況を検討し、また1979—1985年の各年の満開日から早期落果終了日（その後の派生的な落果を除く）までの落果の波相とこの期間の各気象要素とを調査し、早期落果率との関係について統計的に解析した。落果波相の調査には7—10年生のM26台木あるいは14—15年生のマルバカイドウ台木の‘スターキング・デリシャス’各々3樹を供試し、結実の確認された150果にラベルし満開10日後より定期的に調査した。

統計処理の方法は、満開日を0日として5日間隔、7日間隔あるいは10日間隔に落果終了日までを区切り、それぞれの期間ごとに、一日当たりの最高気温、最低気温、平均気温、日照時間及び降水量の平均値を求め、それらを説明変数とし最終的な落果率を目的変数として、単相関係数または重相関係数を変数増減法によりすべて計算し、分散分析の結果その分散比F値に有意性が認められ、かつ相関係数の高いものの回帰式を求めた。なお、気象観測値は秋田果樹試験場角分場内にある農業気象総合記録装置（飯尾電機、AMR-1702型）により、また、日平均気温は（日最高＋日最低気温）/2、日日照時間は検出器による電圧信号の一定値以上（0.3 cal/cm²/min）の時間の積算である。

2. 樹勢の相違と早期落果

1983年にMM106台木の‘スターキング・デリシャス’、10年生樹を供試した。個々の樹の樹勢に差を生じさせるため、1979年4月より施肥量の増減及び環状除皮・切傷処理を行った。供試樹の施肥には化成肥料（N：20.0%，P：8.0%，K：14.0%）または堆肥（N：1.05%，P：2.83%，K：1.60%，有機物：30.0%）を継続して用いた。環状除皮は幅1.0cm、切傷処理はのこぎりで上下に2本入れ、いずれも6月中旬に接木部位より20cm上の主幹部分に行った。処理区は、A：化成肥料、10a当たり年間窒素成分換算20kg（以下、窒素成分換算を-Nと記す）、B：化成肥料、10kg-N、C：化成肥料、5kg-N、D：堆肥、15.8kg-N、E：化成肥料、10kg-N及び試験開始1年め（1979年）環状除皮処理、3年め（1981年）環状切傷処理の5区とした。主幹形仕立てで、強い切り返しや間引きせん定の行われていない樹を各処理区より3樹ずつ選び、結実の確認された100中心果にラベルし、満開14日後より落果の波相を調査した。また、1樹につき頂端新梢10本にラベルし定期的に長さの測定を行い、新梢伸長量、停止時期と落果率との関係についても検討した。また7月下旬に供試樹の

頂端新梢中央部の葉を採取し、葉内無機成分含量の分析に供した。分析は常法により、窒素はケルダール法、カルシウム・マグネシウム・カリは原子吸光分光光度計（日立、170—30型）、リンは分光光度計（日立、100—50型）により測定した。

3. せん定の程度が早期落果に及ぼす影響

1984年に紡錘形仕立てのM26台‘スターキング・デリシャス’7年生樹を供試し、1処理区当たり3樹とした。満開10日後に、1樹につき結実が確認された中心果30個を樹全体にばらつくように、また同程度の大きさの果実を選んでラベルをつけ、定期的に落果状況を調査した。さらに1樹当たり頂端新梢10本にラベルし、試験2の調査と同様に調査した。1982年より処理を行い、せん定は切り返しせん定を主体とし、頂芽数の減少の程度に応じて、A：強せん定区（全頂芽数の50—60%が減少）、B：標準区（全頂芽数の30—35%が減少）、C：弱せん定区（全頂芽数の10—15%が減少）とした。施肥は4月下旬及び9月下旬に行い、窒素成分で10a当たり10kg（4月：6kg、9月：4kg）の施肥量とした。

結 果

1. 気象要素と早期落果

1978年は満開36日後の6月20日ごろより7月上旬にかけて激しい早期落果が発生した。同年の満開時から7月上旬までの気象資料（第1図）を平年値（過去10年間）と対比してみると、満開31日後の6月15日以降、最高気温及び最低気温が平年を大きく上回り、特に最低気温は6月16日から6月21日までは平均19.6℃で、平年を7.3℃上回った。加えて、満開27日後の6月11日から6月22日まで日照時間が少なく降水量の多かったことが特徴的であった。

一方、1979—1985年の各年の落果率は、1979年：72.0%、1980年：45.7%、1981年：30.5%、1982年：19.0%、1983年：58.6%、1984年：56.0%、1985年：40.9%で落果率の最も低かった1982年は、落果は満開25日後から始まったがその期間中特にピークが認められず、満開45日後までの気象状態は最高・最低気温とも平年値を下回る日が多く、さらに満開22日以降は、連日日照時間が平年値を上回り降水のほとんどなかったことが特徴であった。これに対して落果率の最も高かった1979年の特徴は、落果が満開後24—30日に集中し、満開後22—27日に多量の降雨があり、また最低気温が満開後9日以降、平年を5℃以上上回る日が多かった。各年を通じて、早期落果は満開20日以降から始まり満開50日後にはほぼ終了した。そこで満開時から満開50日後までの各年の気象状態と落果率の関係を統計的に分析（第1表）してみ

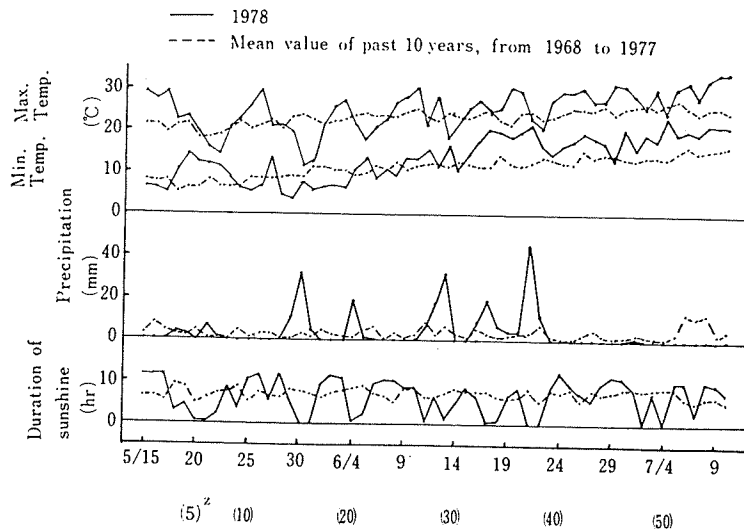


Fig. 1. The weather conditions from the middle of May to the beginning of July in 1978 when the early drop of fruit occurred largely from approximately the 36 th day after full bloom to the 56 th day after full bloom.

* Days after full bloom.

ると、満開後30日前後の気象要素との相関関係が他の時期にくらべて高く、なかでも分散分析の結果1%の危険率で有意性が認められ相関係数の高かったものは、満開後28—34日の最低気温、日照時間及び降水量の相互関係であり、このほか満開後30—39日の平均気温と日照時間の相互関係、また5%の危険率では、満開後28—34日の平均気温と日照時間及び降水量の相互関係などがその年の早期落果率に大きく影響するという結果を得た。

2. 樹勢の相違と早期落果

1980年から1983年まで調査を行ったが、処理開始後4年を経過し処理の影響の結果として示してもよいと考えられる1983年の結果を示した。

各処理区の最終的な落果率は、A：20 kg-N 区及び E：10 kg-N+環状除皮・切傷区が 42~43.0%，B：10 kg-N 区が 30.0%，C：5 kg-N 区及び D：堆肥区が 19.0% であった（第2図）。

Table 1. Relationship between the meteorological elements after full bloom and the rate of early drop of fruit (1979—1985).

Time	R^2 R $\bar{R}$ F-value	Explanatory variable	Partial regression coefficient	Standard partial regression coefficient	Partial correlation coefficient	Standard error of partial regression coefficient	F-value of partial regression coefficient	Linear multiple regression equation
28—34 days after full bloom	0.974 0.987 0.947* 36.85**	X_2 X_4 X_5	3.496 -4.521 -1.253	0.719 -0.746 -0.540	0.970 -0.976 -0.947	0.503 0.586 0.245	48.33** 59.48** 26.06*	$Y = 39.972 + 3.496X_2 - 4.521X_4 - 1.253X_5$
30—39 days after full bloom	0.930 0.965 0.895 26.68**	X_3 X_4	4.778 -6.684	0.564 -0.872	0.904 -0.956	1.131 1.024	17.86* 42.62**	$Y = 0.485 + 4.778X_3 - 6.684X_4$
28—34 days after full bloom	0.960 0.980 0.920 24.07*	X_3 X_4 X_5	4.062 -5.441 -0.883	0.664 -0.898 -0.381	0.955 -0.974 -0.875	0.730 0.735 0.282	31.00** 54.74** 9.83*	$Y = 16.338 + 4.062X_3 - 5.441X_4 - 0.883X_5$

Y: Final rate of fruit drop. X_1 : Max. Temp. X_2 : Min. Temp. X_3 : Ave. Temp.

X_4 : Duration of sunshine. X_5 : Precipitation. R^2 : Coefficient of determination. R : Multiple correlation coefficient.

$\bar{R}$: Multiple correlation coefficient adjusted for the degrees of freedom.

* Significant at $P < 0.01$ (**) or $P < 0.05$ (*).

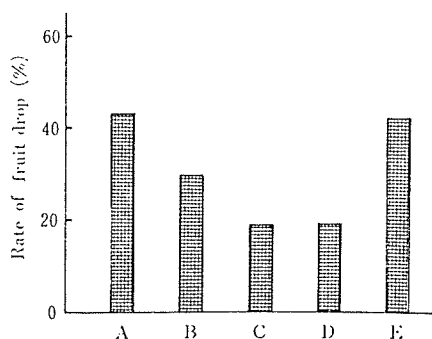


Fig. 2. Effects of fertilizer applications^z on the rate of fruit drop (1983).

A : C. F., 20 kg nitrogen ingredient/10 a/year.

B : C. F., 10 kg nitrogen ingredient/10 a/year.

C : C. F., 5 kg nitrogen ingredient/10 a/year.

D : F. M., 15.8 kg nitrogen ingredient/10 a/year.

E : C. F., 10 kg nitrogen ingredient/10 a/year (Ringing and scoring were applied in 1979 and in 1981, respectively.).

^z The fertilizer applications using compound fertilizer (A, B, C and E) and farmyard manure (D) have continued since 1979.

C. F.: Compound fertilizer, F. M.: Farmyard manure.

第2表には各区の葉分析値を、また第3図には各区の新梢長を示した。それによると施肥量と葉内窒素含量との関係は必ずしも平行的ではなかったが、葉内窒素含量と新梢伸長量及び7月初めまでの新梢伸長停止率との関係が一致した。すなわち、葉内窒素含量が高いほど新梢伸長量が大きく新梢停止がおそくなった。一方、落果率との関係は、葉内窒素含量が高く新梢伸長量が大きかった A : 20 kg-N 区、逆に葉内窒素含量が低く新梢伸長量が最も小さかった E : 10 kg-N+環状除草・切傷区において落果率が高かった。

3. せん定の程度が早期落果に及ぼす影響

1982年から1984年まで調査を行ったが、処理開始後3

Table 2. Effects of fertilizer applications on the mineral element compositions of leaves (1983).

treatment	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)
A ^z	2.59 ^b	0.19 ^a	1.76 ^{ab}	0.67 ^{ab}	0.32 ^a
B	2.37 ^{ab}	0.20 ^a	1.69 ^a	0.78 ^b	0.36 ^a
C	2.43 ^{ab}	0.18 ^a	1.74 ^{ab}	0.56 ^a	0.32 ^a
D	2.51 ^{ab}	0.22 ^a	1.87 ^{ab}	0.86 ^b	0.31 ^a
E	2.32 ^a	0.22 ^a	2.06 ^b	0.77 ^{ab}	0.31 ^a

Different letters within column represent significant differences according to Duncan's multiple range test, 5% level.

^z The same as in Fig. 2.

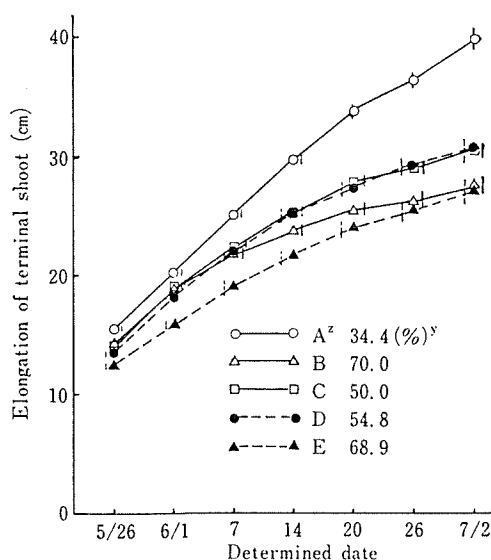


Fig. 3. Effects of fertilizer applications on elongation of terminal shoot (1983).

^z The same as in Fig. 2.

^y The rate of suspended elongation of terminal shoot on July 2.

Vertical bars indicate S. E.

年目で処理の影響がでたと思われる1984年の結果を示した。

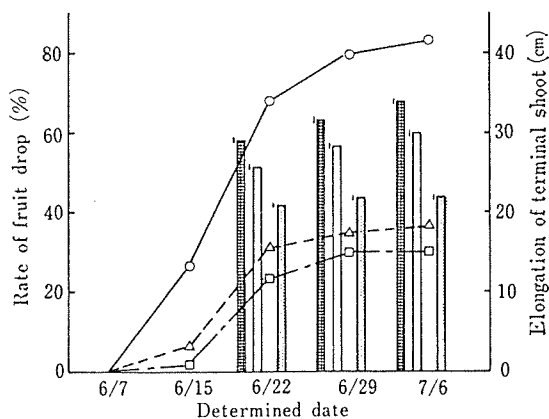


Fig. 4. Effects of prunings on early drop of fruit and elongation of terminal shoot (1984).

A : Heavy pruning (50-60%), B : Standard (30-35%), C : Light pruning (10-15%).

^z Parenthesized numbers indicate the rate of decrease of the terminal bud reduced by each pruning.

Vertical bars indicate S. E.

せん定前の供試樹の樹高、開張度、幹周はそれぞれ 3.2~3.3 m, 2.2~2.6 m, 20.5~21.8 cm で、3 樹の平均値が処理区間で統計的に有意差がなくほぼ同様な樹で処理できた。また、各樹のせん枝重量の平均は A: 強せん定区が 3.19 kg, B: 標準区が 0.94 kg, C: 弱せん定区が 0.4 kg であった。

せん定の程度別の落果状況及び新梢伸長量(第4図)は、A: 強せん定区の落果率が83.3%で他区に比べ2倍以上となり、逆にC: 弱せん定区では30.0%で最も低かった。新梢伸長量はA: 強せん定区で大きく、落果率との関係は平行的となった。

考 察

リンゴの早期落果の程度や時期と気象条件との関連をみた報告はこれまでにもあるが(14)、開花期から落果率を追跡調査していったものが多く、その最終的な早期落果率が必ずしもいったん受精結実した果実のみを対象としたものとはいえないと思われた。そこで、本研究の試験1では結実の確認された果実の早期落果と気象との関連を検討した。

1978年は満開36日後以降に急激な落果がみられ、この前後の気温、日照時間、降水量が落果率の高かった1979年と似かより、さらに極めて落果率の低かった1982年と対照的であったことを考えあわせると、最高及び最低気温の上昇、日照時間の減少、降水量の増加の気象要素が累積して影響したことが落果に大きく関連したと考えられた。また、その後7年間平均の満開後30日前後の気象要素、なかでも満開後28~34日の最低気温、日照時間、及び降水量の相互関係がその年のいったん結実した果実の早期落果率に大きく影響し、それらの関係をあらわした $Y = 39.972 + 3.4959 X_2 - 4.5214 X_4 - 1.253 X_5$ (Y は最終落果率, X_2, X_4, X_5 はそれぞれ満開後 28~34 日の最低気温、日照時間、降水量)の重回帰式の中でも、特に大きな影響をもつ要因は日照時間と最低気温であった。このことに関して、遮光の程度が大きくなるほど同化養分の生産量が減少し(11)、落果が増加したこと(2, 23, 25)が報告され、また落花後から夜間加温を続けた場合、高夜温区は幼果落果が多く観察されたこと(26)などの報告を本報の気象要因との関連結果が環境条件の点で支持するものであり、このことから果実及び樹体内の栄養条件と落果との関係が示唆された。

試験2では個々の樹の樹勢と早期落果率について検討を行った。樹勢を判断する指標としては、新梢の長さ、太さ、葉の大きさ、厚さ、葉色、果実肥大など多くの要因がとりあげられ、それらが総合されて診断されている(13)。本試験では樹勢を判断する一つの手段として頂端

新梢長の測定を行ったが、このことに関して、もとより頂端新梢長の測定のみでは不十分(12)と考えられるが、中位の長さの2年生枝上の最長1年生枝と定義することにより客観的に判断できる(27)と思われ、山崎(27)らの方法に従い先端が切り返されていない2年生枝上の最長1年生枝を測定した。また、樹の栄養状態を知るためには葉分析が有効であり(1, 21, 24)、栄養生長がおう盛なほど葉内窒素成分含量の高いことが報告されている(15)。このため7月下旬に採取した葉の葉内無機成分含量の分析を行い、これらの結果をもとに総合的に判断した。

本試験では施肥量と各樹の生長量は必ずしも一致しなかったが、5月下旬からの新梢伸長量が大きすぎたり、逆に小さすぎたりした場合に落果率が高かった。さらに試験3より、強せん定は新梢の生長をおう盛にし落果を助長した。鎌倉ら(10)は早期落果率の高かった樹の光合成によって生産された糖の転流は、果実よりも新梢へ多く配分されていたことを報告しており、また黒田(20)はモモについて新生養分消費期に入っているGA散布などの新梢伸長を促すような処理は落果を増加させたことを示し、リンゴでも牧野ら(19)はBナインなどによる新梢伸長の抑制は着果率を増加させたことを報告している。このため本試験の結果も果実と新梢との養分の競合にもとずく、果実への養分配分のアンバランスの結果と考えられる。

さらに、このことは一般に指摘される樹勢の強すぎる場合のみでなく、試験2でみられたように生育初期からの新梢伸長の割合が小さく5~7月の生育期を通じて樹勢の劣る場合でも早期落果率が高かったことから、逆に貯蔵養分や新生養分の供給量が少なすぎて、果実と新梢間の競合により早期落果を多くしたものと考えられた。同様なことがモモについても報告され、新梢の初期生長が劣る樹や、摘梢を行った結果枝上の果実の落果が増加したことが観察されている(20)。

本報告では早期落果について、気象要因からみた解析と樹勢、せん定など栽培管理の影響についての解析とをそれぞれ別々にとりあげたが、樹勢を判断する一つの指標としての新梢の生長は施肥のほか降水量及び気温が大きくかわり、かん水が新梢の伸長や幹周の増加など栄養生長を増加させることは多く報告され(3, 6, 16)、また夜間の加温が新梢伸長を増加させることも観察されている(26)。さらに、Jacksonらは開花後以降に生育期間を通じて程度別に遮光を行った場合、その程度が強いほど枝の生長量や葉の厚さが減じ(7)、果実肥大が抑制され(9)、早期落果の増加したこと(8)を報告している。このように樹をとりまく気象上の環境条件によって栄養生長

が著しく強められたり、また逆に弱められたりした場合に落果が多くなることは、本実験の樹勢と落果に関する結果からみても支持できる。

以上、リンゴの早期落果と気象要因との関連を調査し、樹の状態及びそれを左右する代表的な管理技術のせん定、施肥と早期落果率との関連を明らかにしてきた。これらは早期落果現象の栽培学上の解析の2～3にとどまるものであるが、この解析によって得られた知見をもとにして、気象要因及び栽培条件が果実内成分に及ぼす影響についてさらに検討したい。また、本報告から栽培的に早期落果率を軽減させる方法として、強せん定を避け適正な樹勢を維持していく管理が必要であることを知りうることは言うまでもない。

摘 要

秋田県北部において1978年にリンゴ、'スターキング・デリシャス'を中心として'陸奥'、'レッド・ゴールド'などに激しい早期落果のみられたその気象状況を検討し、1979～1985年の気象条件と早期落果率との関係を統計的に相関及び単、重回帰解析することにより、早期落果に関与する気象要因を明らかにしようとした。

1978年は満開36日後以降に落果が多発し、その気象状況は満開31日後以降、最高及び最低気温が平年（過去10年間の平均）を大きく上回り、また満開後27～38日に日照時間が少なく降水量の多かったことが特徴的である。一方、1979年から1985年までの早期落果率は満開後30日前後の気象条件と関係が深く、なかでも満開後28～34日の最低気温、日照時間及び降水量から早期落果率を回帰する重回帰式が得られた。これらより、特に最低気温が高く日照時間が少ないと落果を助長することが明らかとなった。

個々の樹に対する栽培管理と落果率との関係については、頂端新梢の伸長量の定期的な測定と葉内無機成分の分析により樹の樹勢を知る手段とし、樹勢が強すぎたり、また逆に弱すぎても落果が助長され、新梢伸長量と密接に関係していた。このことは強せん定を行った樹についても観察され、強せん定は新梢伸長をおう盛にし落果を増加させた。

謝 辞 本稿をまとめるに当たり、御助言と御校閲を賜った筑波大学教授 大垣 智昭博士に深謝の意を表します。

引用文献

1. ABDALLA, O. A., H. KHATAMIAN and N. W. MILES. 1982. Effect of rootstocks and interstems on composition of 'Delicious' apple leaves. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 107: 730—733.
2. BYERS, R. E. and C. G. LYONS, Jr. 1984. Peach fruit abscission by shading and photosynthetic inhibition. *HortScience* 19: 649—651.
3. CRIPPS, J. E. L. 1981. Biennial patterns in apple tree growth and cropping as related to irrigation and thinning. *J. Hort. Sci.* 56: 161—168.
4. DANIELL, J. W. and R. E. WILKINSON. 1972. Effect of ethephon-induced ethylene on abscission of leaves and fruits of peaches. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 97: 682—685.
5. DENNIS, F. G. Jr. 1976. Gibberellin-like substances in apple seeds and fruit flesh. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 101: 629—633.
6. GOODE, J. E., K. H. HIGGS and K. J. HYRYCZ. 1979. Effects of water stress control in apple trees by misting. *J. Hort. Sci.* 54: 1—11.
7. JACKSON, J. E. and J. W. PALMER. 1977. Effects of shade on the growth and cropping of apple trees. I. Experimental details and effects on vegetative growth. *J. Hort. Sci.* 52: 245—252.
8. JACKSON, J. E. and J. W. PALMER. 1977. Effects of shade on the growth and cropping of apple trees. II. Effects on components of yield. *J. Hort. Sci.* 52: 253—266.
9. JACKSON, J. E. and J. W. PALMER. 1977. Effects of shade on the growth and cropping of apple trees. III. Effects on fruit growth, chemical composition and quality at harvest and after storage. *J. Hort. Sci.* 52: 267—282.
10. 鎌倉二郎・山谷秀明・清藤盛正・一木 茂. 1984. リンゴの早期落果と光合成産物の果実、新梢への配分. 園学東北要旨. 昭 59: 11—12.
11. KAPPEL, F. and J. A. FLORE. 1983. Effect of shade on photosynthesis, specific leaf weight, leaf chlorophyll content, and morphology of young peach trees. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 108: 541—544.
12. 菊地卓郎. 1979. 果樹の樹勢の測定をめぐる問題点. 農及園. 54: 9—14.
13. 今喜代治・川島東洋一. 1976. リンゴ無袋栽培技術. 小原信実, 神戸和猛登, 久米靖穂編著. リンゴ無袋栽培の一般的技术. p. 65—74, p. 90—99. 誠文堂新光社. 東京.
14. 熊谷徹郎. 1978. リンゴ（デリシャス系品種）の結実性に関する栽培学的研究. 宮城園試研報. 1: 1—72.
15. 久米靖穂・今喜代治・田口辰雄・鈴木 宏. 1980. 既成リンゴ園のヘッジロー化に関する研究. 第2報. ヘッジロー仕立て樹の樹相診断について. 秋田果樹試研報. 12: 13—30.
16. LAYNE, R. E. C., C. S. TAN and J. M. FULTON.

1981. Effect of irrigation and tree density on peach production. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 106 : 151—156.
17. LUCKWILL, L. C. 1948. The hormone content of the seed in relation to endosperm development and fruit drop in the apple. J. Hort. Sci. 24 : 32—44.
18. LUCKWILL, L. C. 1953. Studies of fruit development in relation to plant hormones. I. Hormone production by the developing apple seed in relation to fruit drop. J. Hort. Sci. 28 : 14—24.
19. 牧野時夫・福井博一・今河 茂・田村 勉. 1984. リンゴの早期落果の制御に関する研究. 園学要旨. 昭59秋 : 72—73.
20. 中川昌一. 1982. 果樹園芸原論. p. 361—364. 養賢堂. 東京.
21. POLING, E. B. and G. H. OBERLY. 1979. Effect of rootstock on mineral composition of apple leaves. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 104 : 799—801.
22. SCHNEIDER, G. W. 1975. Ethylene evolution and apple fruit thinning. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 100 : 356—359.
23. SCHNEIDER, G. W. 1977. Studies on the mechanism of fruit abscission in apple and peach. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 102 : 179—181.
24. SCHNEIDER, G. W., C. E. CHAPLIN and D. C. MARTIN. 1978. Effects of apple rootstock, tree spacing, and cultivar on fruit and tree size, yield, and foliar mineral composition. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 103 : 230—232.
25. SCHNEIDER, G. W. 1978. Abscission mechanism studies with apple fruitlets. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 103 : 455—458.
26. TUKEY, L. D. 1956. Some effects of night temperatures on the growth of 'McIntosh' apples. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 68 : 32—43.
27. 山崎利彦・新妻胤次・田口辰雄. 1970. リンゴの窒素施用基準の設定. 第1報. 国光, ゴールデン・デリシャスの葉内無機含量, 生育, 収量, 果実品質に及ぼすN制限の影響. 秋田果樹試研報. 3 : 1—33.

