

りんご果実に対する光合成 産物の分配と早期落果

鎌倉二郎・山谷秀明・清藤盛正
一木 茂

Influences of Some External Treatments and Some Cultural Practices on the Occurrence of June Drop in Apple, with Special Reference to Photosynthates and its Translocation.

Jiro KAMAKURA, Hideaki YAMAYA, Morimasa SEITO
and Shigeru ICHIKI.

Aomori Apple Experiment Station
Kuroishi, Aomori 036-03, JAPAN

目 次

緒 言	
I 早期落果と新梢生長, 果実肥大及び葉中ソルビトール濃度との関係	111
実 験 方 法	111
実 験 結 果	113
考 察	119
II 早期落果と光合成産物の果実と新梢への分配	122
実 験 方 法	122
実 験 結 果	122
考 察	124
総 合 考 察	127
摘 要	129
引 用 文 献	130
Summary	132

緒 言

リンゴが満開3～5週間後の幼果の状態では早期に落果することがある。これは品種によって差異が大きく、デリシャス系品種や‘陸奥’、‘つがる’等は特に発生しやすいものに挙げられる。また、早期落果の発生は年によっても程度に差があり、時には著しい落果を見ることがある。近年では1978年に東北地方北部の広い範囲にわたって大発生した。このため早期落果の発生しやすい品種の安定生産を維持する上で適切な防止対策の確立が強く望まれる。そのためには早期落果に関与する要因及び落果の発生機構を解明する必要がある。

早期落果に関与する要因として、気象的な面では気温(4, 6, 16), 日射量(12, 22)が知られており、高温、日射量不足下で早期落果の発生量が多い。また、樹体の生理的な面では、若木の新梢生長の旺盛な樹勢の強い樹で多く発生する(3)。さらに、栽培管理面では早期の一つ成り摘果により早期落果が軽減すると報告されている(15)。しかし、これまで早期落果と種々要因との関係については、それぞれ単一要因との間で検討されていることが多く、これら要因の複合された場合の早期落果に及ぼす影響についての知見は少ない。

また、早期落果は、果実に対する光合成産物の分配が新梢との競合によって減少することにより発生すると推測(16, 20)されているが、実際の栽

培条件下でこの競合関係を明確に示した例は少ない。

本報告でいろいろな要因が複合された場合の早期落果に及ぼす影響を明らかにし、さらに光合成産物の生成量と、光合成産物の果実と新梢との競合の面から早期落果の機構を解明しようとした。

なお、 ^{14}C 放射能の測定に当たり、弘前大学農学部助教齊藤寛氏には多大のご協力をいただいた。さらに本稿の取りまとめに際し青森県りんご試験場前化学部長白崎将瑛氏より御校閲を賜った。これらの方々へ厚く御礼申し上げる。

1 早期落果と新梢生長、果実肥大及び葉中ソルビトール濃度との関係

実験方法

1982年に青森県りんご試験場圃場に栽植されていた12年生‘レッドスパー・デリシャス’8樹を供試した。これら供試樹の満開日は5月12日で、5月10日から14日まで全花に対して人工授粉を行い、側花を含めて結実を確保した。

1. 早期落果に関与する要因条件の設定

実験は直交表による 2^3 要因実験を適用し、剪定、気温・日射量、摘果を因子とし、各因子を2水準とした。各因子の水準の内容は第1表に示したが、この内容の詳細は次のとおりである。

第1表 早期落果の因子設定と処理

因子	水	準	備	考
剪定	無剪定 P_1	強剪定 P_2	強剪定処理は4月9日、結実枝を半分に戻し	
摘果	無摘果 Th_1	1つ成り摘果 Th_2	1つ成り摘果処理は5月28日、中心果を残し側果を摘果	
気温	無加温 T_1	加温 T_2	加温処理期間は6月7日16:30～6月15日16:30、ビニールハウス内で8:30～16:30は 30°C 、16:30～翌日8:30は 20°C	
気温・日射量	無加温・無遮光 TR_1	加温・遮光 TR_2	加温・遮光処理期間は6月15日16:30～6月23日16:30、温度条件は加温処理と同じ、遮光処理はビニールハウスを寒紗で覆って日射量を少なくした。	

(1) 剪定水準

早期落果の発生は新梢生長の旺盛な樹で多く(3)、新梢生長は剪定強度を強めるほど旺盛になる(13)ので、本実験においては剪定により新梢生長の多少を調節した。すなわち剪定強度を無剪定(P₁)と4月上旬結実枝を半分に切り返した強剪定(P₂)の2水準とした。

(2) 気温及び気温・日射量水準

この因子の処理は、前半を気温、後半を気温・日射量とした。すなわち6月7日(満開26日後、平均果実横径15.3mm)16時30分から6月15日(満開34日後)16時30分までビニールハウスで高温に維持した加温区(T₂)と無加温区(T₁)の2水準とし、6月15日16時30分から6月23日16時30分まで加温区をさらに寒冷紗で覆った加温・遮光区(TR₂)と無加温・無遮光区(TR₁)の2水準とした。

早期落果の多発した1978年の6月中旬の気温は、

青森県りんご試験場の観測によれば、16日、19日及び20日に最高気温が25℃以上で19日には33.2℃まで上がり、最低気温も18日、19日に20℃を越えていた。また6月中旬の日照時間は平年の46%にすぎなかった。そこで本実験における加温区は昼間気温(8:30~16:30)を30℃に、夜間気温(16:30~8:30)を20℃に設定した。加温はサーモスタット付き温風機により設定温度の±2℃に保持した。また、昼間にビニールハウス内の気温が30℃を越えるときには、サーモスタットと連動した換気扇で外気を入れることにより30℃±3℃を確保した。

ビニールハウス内の日射量を岡本・工藤(19)の方法により測定した結果、晴天時の日射量はハウスの外の約80%で、ビニールによって若干遮光されていた。さらに寒冷紗によって遮光処理を加えた時には40%となった。なお、1982年6月の気象を第2表に示した。

第2表 1982年6月の気象

日	気温(℃)		日照時間(h)	降水量(mm)	日	気温(℃)		日照時間(h)	降水量(mm)
	最高	最低				最高	最低		
1	17.8	12.6	0.3	12.0	16	25.4	16.7	5.6	0.0
2	17.9	11.2	0.0	8.7	17	24.6	16.8	9.3	
3	16.4	10.9	0.0	7.5	18	22.1	12.0	8.3	
4	21.4	9.8	9.6	0.0	19	24.1	13.6	8.8	
5	22.7	14.7	13.0		20	26.1	13.7	12.8	
6	25.8	11.1	12.4		21	25.5	11.0	8.2	
7	26.1	10.6	11.4		22	25.6	13.6	10.9	
8	25.3	10.4	9.7	0.5	23	23.8	12.5	10.7	
9	23.8	15.4	9.6		24	28.2	14.3	10.0	1.9
10	25.4	12.1	12.3		25	20.3	16.0	0.0	0.0
11	26.2	11.3	12.3		26	20.8	12.7	2.2	7.4
12	28.0	14.1	11.2		27	12.8	11.7	0.0	17.6
13	20.1	11.7	12.2		28	14.5	9.8	0.0	18.2
14	17.8	7.6	1.8		29	19.9	11.6	5.0	
15	24.4	6.5	11.9	0.0	30	21.4	12.0	0.7	

鎌倉ほか：りんご果実に対する光合成産物の分配と早期落果

(3) 摘果水準

熊谷(15)は「スターキング・デリシャス」を満開2週間後に中心果1果を残して側果を摘果すると、早期落果が減少すると報告している。本実験においては摘果の水準を無摘果区 (Th₁) と、満開16日後に当たる5月28日に中心果1果のみを残した一つ成り摘果区 (Th₂) の2水準とした。無摘果の樹では1果叢内の果実数は中心果を含めて3~5果であった。

なお、各供試樹に対する3因子の割り付けは気温・日射量についてはビニールハウスで処理する必要上連続した4樹とし、剪定と摘果の因子については無作為に行った。

2. 落果調査、果実肥大及び新梢生長の測定

落果調査は、1樹当たり50個の中心果について6月1日から7月1日まで1日おきに行ったが、調査中にリンゴコカクモンハマキによって食害を受けた果実や、誤って落果させた果実は対象外として取り扱ったため、1樹当たりの供試果数は47~50個となった。この際、2日間に落果した果実のほかに落果していないが果梗が黄変して手で触れると容易に落ちる果実も落果として扱った。なお落果率は統計処理をする場合は逆正弦変換して使用した。

果実肥大の調査は、落果調査用の果実について

6月1日から6月23日まで1日おきに行い、果実横径をキャリパーにより測定した。

果実の日肥大周期の調査は、加温処理開始2日後から3日後にかけての6月9~10日、及び遮光処理をした3日後から4日後にかけての6月18~19日の2回行い、1樹当たり5果について同一部位の横径を約3時間おきに測定した。

新梢生長量の測定は、1樹当たり20本の目通りの高さの新梢を、6月1日より6月23日まで1日おきに行った。

3. 葉中ソルビトール濃度の測定

果実日肥大周期の調査と同日に行った。果叢葉については約3時間おきに8回、新梢葉(新梢の先端から5~6枚目の葉)については6~10時間おきに、6月9日から10日にかけては4回、6月18日から19日にかけては3回、リーフパンチにより1樹当たり10枚の葉から計5cm²の葉を打ち抜き、80℃で乾燥させ試料とした。ソルビトールは試料を熱水で1時間抽出した後、過よ素酸滴定法(5)で測定し、葉面積100cm²当たりのmgで示した。

実験結果

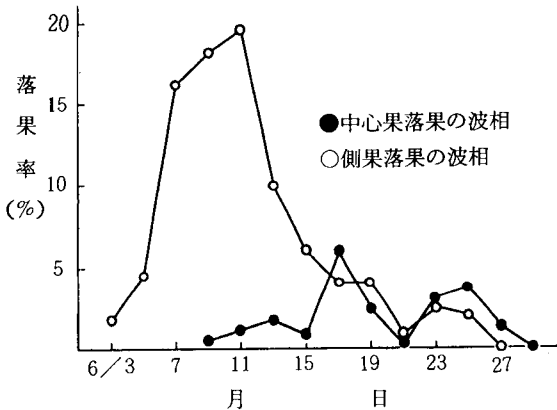
1. 早期落果と各要因

供試樹の早期落果の波相を第1図に、中心果累積落果率を第3表に示した。

第3表 中心果累積落果率と各因子

因子と水準			中心果累積落果率(%)							
P	Th	T(TR) ^z	6月13日	15日	17日	19日	21日	23日	25日	27日
1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	2	2.1	6.4	8.5	17.0	17.0	21.3	31.9	31.9
1	2	1	0	0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
1	2	2	4.1	4.1	4.1	4.1	4.1	6.1	10.2	10.2
2	1	1	6.0	6.0	12.0	12.0	12.0	14.0	14.0	14.0
2	1	2	6.1	8.2	10.2	14.3	18.4	30.6	40.8	40.8
2	2	1	6.4	6.4	10.6	10.6	10.6	12.8	12.8	12.8
2	2	2	0	0	30.7	36.7	36.7	38.8	42.9	53.1

^z 6月7日17:00~6月15日16:30はT, 6月15日16:30~6月23日16:30はTR.

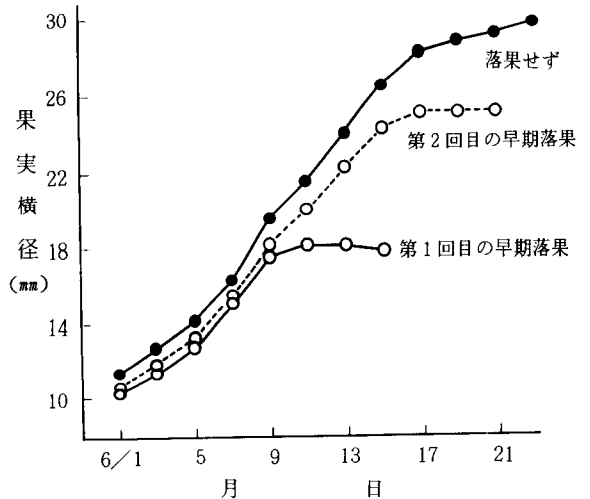


第1図 中心果及び側果、落果の波相

早期落果は側果の落果から始まった。この場合側果の落果は調査開始直後の6月3日から見られ、6月7～11日にピークとなり、以後漸減した。側果の累積落果率は無加温処理の無剪定樹で65%であったが、他の処理樹では90%以上でほとんどの側果が落果した。

中心果の落果は側果の落果がほぼ終了した頃から多くなった。本実験における中心果落果には2つの波相が見られ、第1回目の落果は6月17日を中心に、第2回目の落果は6月23～25日に見られた。第1回目に落果した果実の横径は平均16.8mm、第2回目には25.0mmであった。これらの果実は、落果する約8日前に肥大量が他の果実よりも減少し、ついで肥大が停止し、最後に果梗が黄変し落果に至った。すなわち、第1回目に落果した果実

は6月9日までは順調に肥大したが、6月9日から11日にかけて肥大量が少なくなり、そして11日以降肥大を停止したものであり、第2回目に落果した果実は、6月15日までは順調に肥大しており、6月15日から17日にかけて肥大量が少なくなり、17日以降肥大を停止したものであった(第2図)。



第2図 P₂, T(TR)₂, Th₂ 樹の果実肥大

中心果の早期落果に有意と判断された主効果は、第1回目の早期落果が終了したと考えられる6月21日までの累積落果率については剪定であり(第4表)、強剪定区で早期落果が多かった。第2回目の落果率(6月21日に着果していた果実数に対して23日から27日の間に落果した果実数の割合)

第4表 中心果累積落果率の分散分析表

要因	自由度	6月21日(第1回目の落果終了時)			6月27日(第2回目の落果終了時)		
		平方和	平均平方	F	平方和	平均平方	F
P	1	417.605		9.12*	583.111		12.78*
Th	1	4.5		0.10	0.361		0.01
T(TR)	1	330.245		7.21	974.611		21.36**
P×Th	1	28.88	}		23.461	}	
P×T(TR)	1	2.645			0.281		
Th×T(TR)	1	7.22			31.601		
P×Th×T(TR)	1	144.5			127.201		
e	(4)	(183.245)	(45.811)		(182.544)	(45.636)	

* 5%水準, ** 1%水準.

鎌倉ほか：りんご果実に対する光合成産物の分配と早期落果

について有意と判断された主効果は気温・日射量と剪定であり(第5表), 早期落果は高温・日射量不足の条件下で多発し, また, 強剪定区で多かった。第1回目及び第2回目の早期落果について,

いずれも摘果の影響は明らかでなく, また, 2因子交互作用も明らかでなかった(第4, 5表)。

強剪定区での早期落果の推移を見ると, 6月15日から17日の間に急激に増加した(第1回目)。そ

第5表 6月23日～6月27日の落果率の分散分析表

要因	自由度	平方和	平均平方	F
P	1	203.616		18.80*
Th	1	16.646		1.54
TR	1	878.643		81.12**
P×Th	1	11.664	10.831	
P×TR	1	3.175		
Th×TR	1	17.582		
P×Th×TR	1	10.904		
e	(4)	(43.325)		

* 5%水準, ** 1%水準.

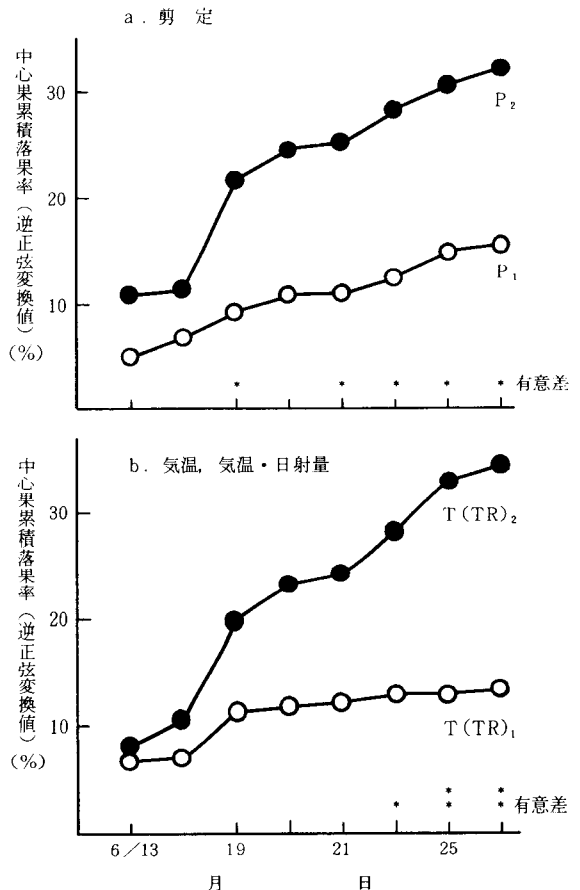
の後21日までは比較的少なかったが, 21日以降再び増加し, 第2回目の落果となった(第3-a図)。

気温及び気温・日射量の影響については, 6月21日までを気温, それ以降を気温・日射量の影響としてみると, 前半の加温区の落果率が無加温区に比べ高い傾向を示したが, 5%の有意水準に達せず, 後半の加温・遮光区が無加温・無遮光区に比べ有意に落果率が高まり, 第2回目の落果となった(第3-b図)。

2. 果実肥大と各要因

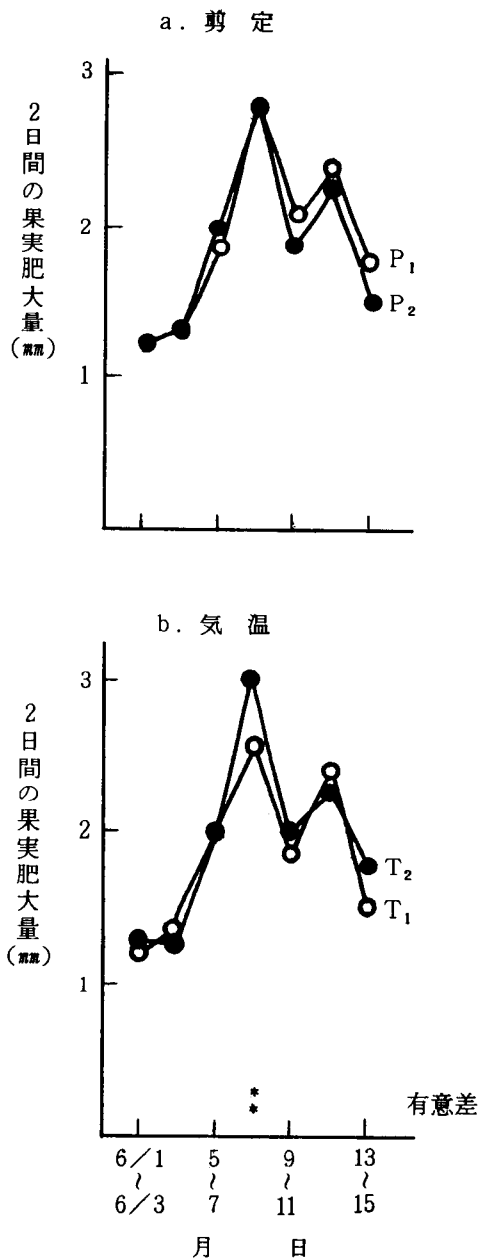
調査果実が途中から落果していくため, 調査果実全体の肥大状況を示すことができない。そこで成績の取りまとめに当たって, 早期落果が急増する前の6月15日までは, 着果していた全ての果実について肥大状況を, さらに最後まで残った果実については, 実験期間中を通して各供試樹ごとに果実20果について肥大状況を示した。

(1) 6月15日まで着果していた果実の肥大状況
果実の2日当たりの肥大量に有意と判断された主効果は気温であり, 剪定, 摘果及び2因子交互作用は明らかではなかった。すなわち, 6月1日から7日までは果実の肥大量に処理の差が認めら



第3図 中心果累積落果率におよぼす要因効果
* 5%水準, * 1%水準.

れなかったが、7日16時30分から開始した加温処理によって、7日から9日までの肥大量は無加温区に比べて多かった。しかし、9日から15日かけて加温区と無加温区との果実肥大に差が認められなかった(第4-b図)。

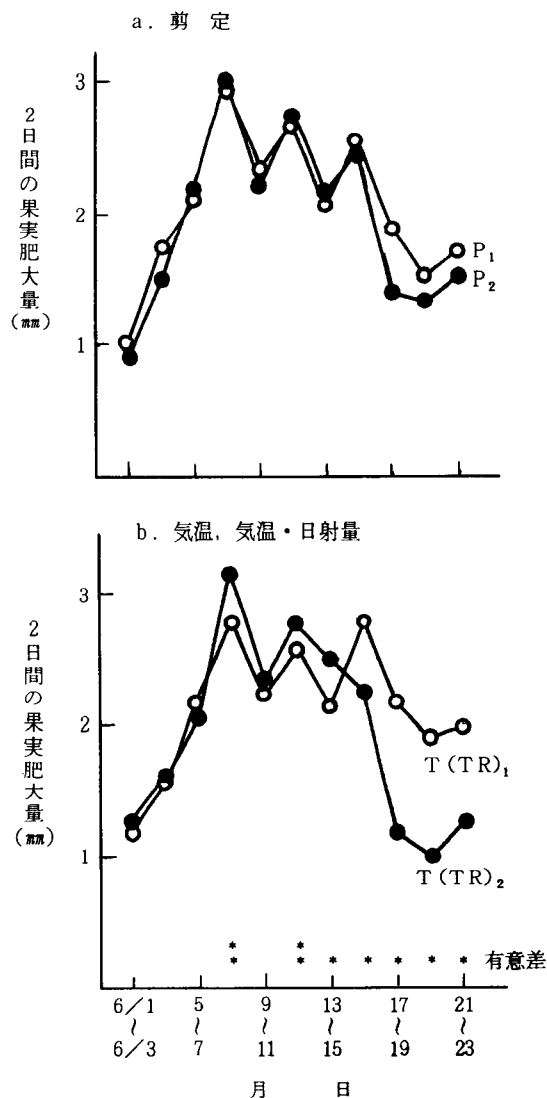


第4図 6月15日まで着果していた果実の2日間肥大量におよぼす要因効果
* 1%水準.

6月1日から15日までの肥大量で特徴的なことは、1日から9日まではほとんどの果実が肥大を続けたのに対し、9日以降は順調に肥大を続ける果実がある反面、肥大量が減少し、さらに肥大の停止する果実も目立ち始めたことであった。

(2) 早期落果しなかった果実の肥大状況

これらの果実の2日当たりの肥大量に有意と判断された主効果は気温及び気温・日射量であり、剪定、摘果及び2因子交互作用は明らかでなかった。すなわち果実肥大は加温処理によって促進さ



第5図 落果しなかった果実の2日間肥大量におよぼす要因効果
* 5%水準, * 1%水準.

れ、その効果は処理を開始した2日後の6月9日にすでに認められ、処理期間中の6月15日まで続いた。しかし、加温処理に遮光処理が加わると直ちに肥大量は減少し、6月19日以降は無加温・無遮光区の約半分の肥大量となった(第5-b図)。

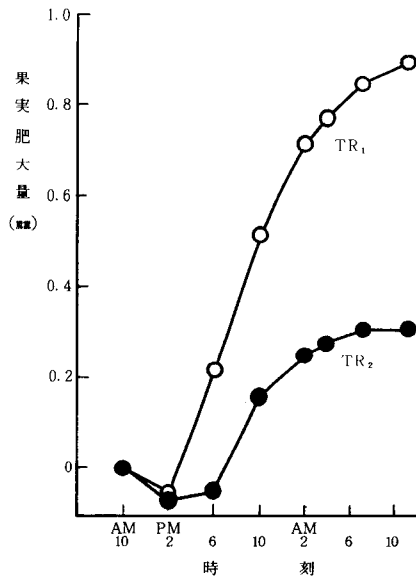
3 果実の日肥大周期と各要因

果実の肥大は午後から夜間に行われ、昼間一時的に果実が若干縮小する傾向が見られた。

6月9日から10日にかけての日肥大周期に対しては剪定、気温、摘果及び2因子交互作用は明らかでなかった。6月18日から19日にかけての日肥大周期に対しては気温・日射量が関与し、加温・遮光処理により果実肥大の開始時が無加温・無遮光区に比べて4時間ほど遅れ、また、日肥大量も劣った(第6図)。剪定、摘果及び2因子交互作用は明らかでなかった。

4 新梢生長と各要因

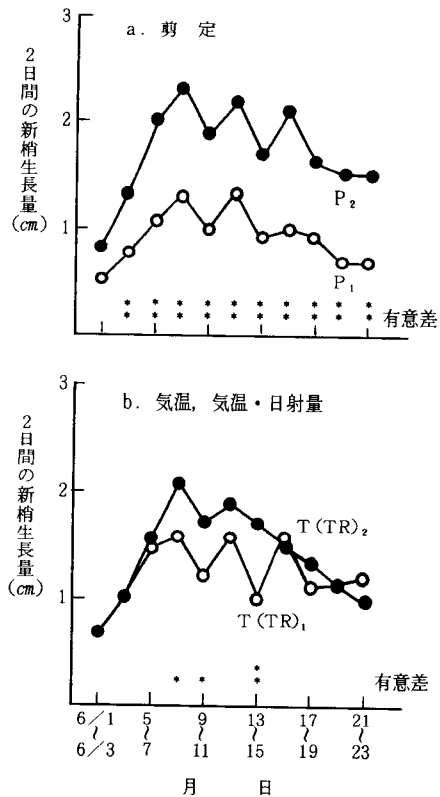
新梢生長に有意と判断された主効果は剪定と気温であった。摘果及び2因子交互作用は明らかでなかった。



第6図 果実の日肥大周期(6月18~19日)に及ぼす気温・日射量の影響

新梢生長に対する強剪定の影響をみると調査を開始した6月1日で、平均新梢長は強剪定区が、9.9cmであり、無剪定区の8.7cmを若干上回っており、その後2日当たりの生長量も常に強剪定区が旺盛で、無剪定区に比べて約2倍の生長量を示した(第7-a図)。新梢生長の最も旺盛な時期は強剪定及び無剪定区とも6月5日から2週間ぐらいで、剪定処理による差は認められなかった。

新梢生長は加温処理によって促進された。すなわち、加温処理を開始した直後の6月7日から9日までの生長量に直ちに反応が認められ、加温処理期間中この傾向は持続した。しかし、加温処理に遮光処理が加わった6月15日以降では、新梢生長は衰え始め、無加温・無遮光区との間に生長量の差はみられなくなった(第7-b図)。



第7図 2日間の新梢生長量におよぼす要因効果

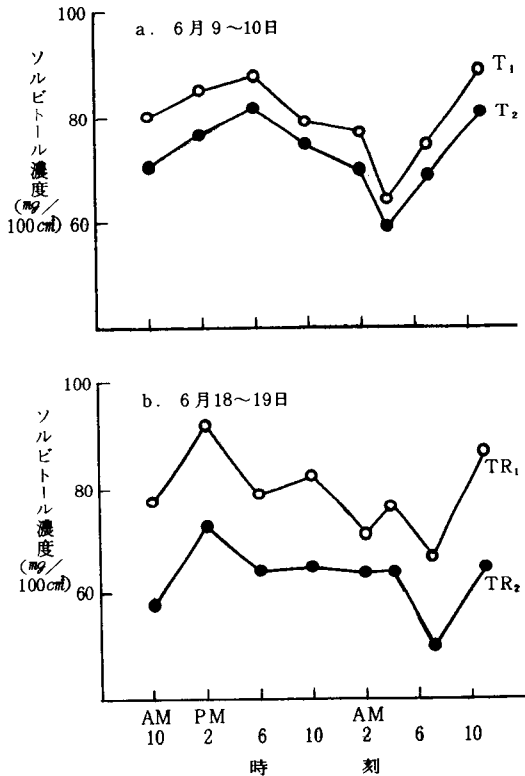
* 5%水準, * 1%水準.

5. 葉中ソルビトール濃度と各要因

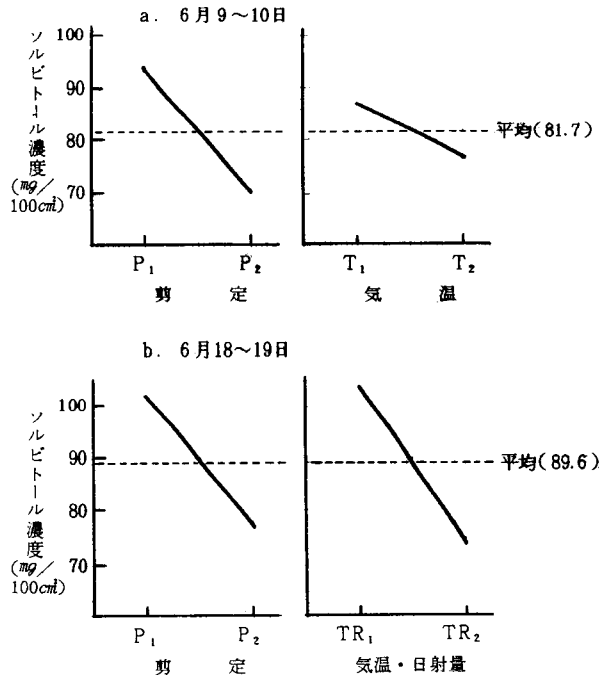
果叢葉中ソルビトール濃度は日中に高く、夕方から早朝に向かって減少し、その後再び増加するという日変化がみられた(第8図)。新梢葉中ソルビトール濃度については、測定回数が少ないの

で日変化は明らかでないが、早朝に最も低い値を示した。

果叢葉で8回、新梢葉で3~4回測定した葉中ソルビトール濃度の平均値について分散分析した結果を第6表に、また、新梢葉中ソルビトール濃度に対する剪定、気温及び気温・日射量の影響を第9図に示した。



第8図 果叢葉中ソルビトール濃度の日変化



第9図 新梢葉ソルビトール濃度におよぼす要因効果

第6表 葉中ソルビトール濃度の分散分析表

要因	自由度	6月9~10日				6月18~19日				
		果叢葉		新梢葉		果叢葉		新梢葉		
		平方和	平均平方	F	平方和	平均平方	F	平方和	平均平方	F
P	1	26.645		5.81	928.805	37.4**	34.445	2.63	1,247.501	25.3**
Th	1	7.605		1.16	2.205	0.09	39.605	3.03	17.111	0.35
T(TR)	1	96.605		21.1*	196.02	7.90*	515.205	39.4**	1,851.361	37.5**
P×Th	1	3.645			3.38		13.005		58.861	
P×T(TR)	1	14.045			23.805		0.125		30.811	
Th×T(TR)	1	0.045			4.805		11.045		11.761	
P×Th×T(TR)	1	0.605			67.28		28.125		95.911	
e	(4)	(18.34)	(4.585)		(99.27)	(24.8175)	(52.3)	(13.075)	(197.344)	(49.336)

* 5%水準, ** 1%水準.

果叢葉中ソルビトール濃度に有意と判断された主効果は気温及び気温・日射量であり、剪定、摘果及び2因子交互作用は明らかでなかった。すなわち果叢葉中ソルビトール濃度は6月9～10日には加温区が低く、また、6月18～19日には加温・遮光処理によりさらに低下した。

6月9日から10日の新梢葉中ソルビトール濃度に有意と判断された主効果は剪定と気温であり、摘果及び2因子交互作用は明らかでなかった。すなわち新梢葉中ソルビトール濃度は強剪定区で低く、また、加温区で低かった。そしてこれら処理のうち強剪定の影響が加温処理のそれよりも強かった。6月18～19日の新梢葉中ソルビトール濃度に有意と判断された主効果は剪定と気温・日射量であり、摘果及び2因子交互作用は明らかでなかった。すなわち、新梢葉中ソルビトール濃度は強剪定区で強く、また、加温・遮光区で低かった。

考 察

本実験に供試した12年生‘レッドスパー・デリシャス’中心果の早期落果には2つの波相がみられ、第1回目の落果は6月17日（満開36日後）を中心に、第2回目の落果は6月23～25日（満開42日～44日後）であり、それぞれの落果果実の横径は、第1回目のものは平均16.8mm、第2回目のものでは25.0mmであった。‘スターキング・デリシャス’では早期落果する場合の果実横径は通常15mm以下であり、20mmを越えるものには殆んど発生しないことが経験的に知られている。しかし、1987年の東北部にみられた早期落果は果実横径が20～30mmの大きな果実に発生し(18)、従来までのものと異なった。本実験において6月17日を中心とした落果果実は横径からみてこれまでの一般的な早期落果果実とはほぼ同じであり、6月23～27日を中心に落果したものは、1978年の早期落果に匹敵する大きさであった。

この場合第1回目の落果に関与した要因は剪定であり、強剪定により樹勢を強めた樹に多発し、また、第2回目の落果には剪定と気温・日射量が

関与し、強剪定区と加温・遮光区で早期落果が多かった。しかし、2因子の明らかな交互作用は認められないので、早期落果に関与する因子が複合された場合、その早期落果率はそれぞれの因子の影響の加算されたものになると考える。

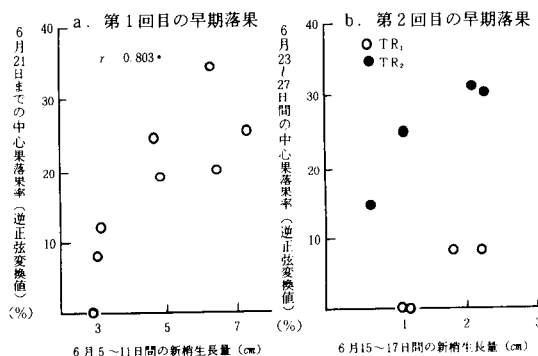
従来より早期落果は新梢生長の盛んな若木に発生が多く(3)、また、遮光によっても発生する(12, 22)ことが知られているが、本実験の結果によってもこれらの点が実証された。1978年の6月下旬から7月上旬にかけて青森県津軽地方並びに秋田県鹿角でおこった異常な早期落果について、中川・一木(17)は気象データの解析の結果から6月中旬のまれにみる高夜温と日照不足によって発生したと推測している。本実験では、夜温を20℃にし、さらに寒冷紗により日射量を制限した結果、1978年の場合と同様に果実横径が20mmを越える果実でも早期落果することを確かめた。

早期落果した果実では、落果に先だって8日前頃から肥大量が減少し始め、6日前頃に肥大が停止した。同様な現象を福井ら(4)が‘旭’について報告している。このことは落果の生ずる約8日前頃に果実の肥大にかかわる生理的变化が起こったことを示唆するものである。したがって、早期落果の機構を解明するためには、果実肥大量の減少する時点の樹の生理的变化を明らかにする必要がある。本実験では、早期落果が強剪定により、また加温・遮光により多発したので、これら処理の樹に及ぼす影響を、特に落果に先立って生ずる果実肥大量の減少のみられた時点を中心にして検討することにした。

まず第1回目の落果に対しては剪定が大きく関与したことが明らかになったが、その場合剪定の影響は新梢生長に顕著に表れ、結実枝を半分に戻した強剪定区の新梢生長量は無剪定区に比べて約2倍になった。また、両区の果実肥大量の推移を見ると、6月9日まではいずれも差異が認められなかったが、9日から11日にかけて特異な変化が起こった。すなわち果実によってその後も順

調に肥大を続けるものと、肥大量が減少するものに分れた(第2図)。これは特に強剪定区に顕著であり、このとき肥大量の減少した果実がその後肥大を停止し、6月17日を中心に落果した。

6月9日は新梢生長の最盛期であり、強剪定区では7日から9日にかけて最もよく伸びた。したがって新梢生長の最も盛んな時期に、後に落果した果実での肥大量の減少が始まったことになる。さらに、第1回目の落果率(6月21日までの累積落果率)と6月5日から11日までの新梢生長量との間には有意な正の関係が認められ、新梢が6日間で3cm前後しか伸びなかった樹で早期落果の発生が少なく、4cmを越える樹で発生が多かった(第10-a図)。牧野ら(16)も'旭'で果実肥大量の減少がみられるのは新梢生長が盛んになる時期と報告し、また、FORSHEY(3)が早期落果の発生は新梢生長の旺盛な樹で多いと報告しており、本実験でも同様な結果が得られ、早期落果の発生と新梢生長と密接な関係があると考えられる。



第10図 早期落果と新梢生長

次に2回目の場合は剪定と気温・日射量に関与したが、特に気温・日射量の影響が強く、加温・遮光処理により早期落果が著しく多かった。この場合、果実肥大量の推移を見ると加温・遮光区においてすべての果実の肥大量は無加温・無遮光区より少なく、6月15日から17日までの2日間の肥大量の特に少ない果実が後に落果した。すなわち、落果しない果実は2日間の肥大量が2.0mmであったのに対し、落果する果実は0.7mmであり(第2

図)、その後に肥大を停止し、6月23日から27日にかけて落果した。

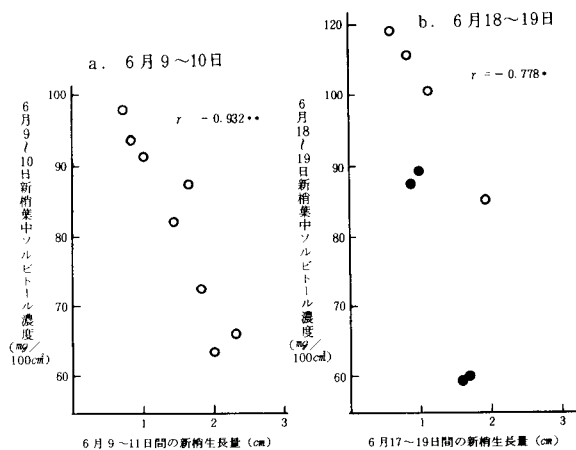
新梢生長量は当初加温処理により旺盛になったが、遮光処理が加わった結果、急激に衰えはじめ、無加温・無遮光区との間に有意な差が認められなくなった。一方、果実肥大に対する加温・遮光の影響も加温処理のみの6月15日までは明らかに肥大が促進されたが、遮光処理を加えた結果肥大量が低下し、6月19日からの肥大量は無加温・無遮光区のおよそ半分になった。この場合、遮光処理の影響が実際には16日から生ずると考えられるので、これに対する新梢生長及び果実肥大の反応は速やかであったといえる。加温・遮光処理は新梢生長と果実肥大を抑制したが、特に新梢生長よりも果実肥大に強く影響するものと考えられる。

果実肥大は午後から夜間にかけて行われ、早朝から日中にかけて停滞ないし減少していた。遠藤(2)はナシ幼果の果実の日肥大周期が本実験でみられたような曲線になることを認めている。リンゴ果実肥大の日肥大周期を見ると、加温・遮光区では無加温・無遮光区に比べて肥大開始時刻が4時間遅れ、加温・遮光処理は単に果実肥大量を減少させるばかりでなく、果実の日肥大周期にも影響を及ぼしたことになる。

第2回目の落果には剪定強度も関与しており、強剪定区での早期落果が多かった。この場合6月15~17日の2日間の新梢生長量と第2回目の早期落果率(6月21日に着果していた果実数に対して6月23日から27日にかけて落果した果実の割合)の関係を第10-b図に示したが、いずれの処理区でも新梢生長の旺盛な樹で落果が多かった。ただし、無加温・無遮光区では新梢生長量が2日で1cm程度の場合には落果の発生はなかったが、加温・遮光区では、新梢生長量が1cm程度でもかなりの落果がみられた。したがって新梢生長量が同一であっても、温度・日射量の条件が異なれば早期落果の発生率に大きな差が生ずることになる。

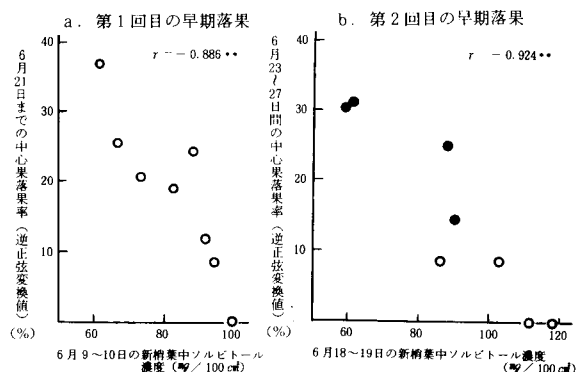
6月9~10日及び6月18~19日の2回、リンゴ

樹の光合成産物であるソルビトール(10)濃度を測定した。新梢葉中ソルビトール濃度は剪定処理の影響を受け、強剪定区における新梢葉中ソルビトール濃度は無剪定区に比べて低かった。そして、新梢葉中ソルビトール濃度は新梢生長量と強い負の相関関係が認められた(第11-a, b図)。ここで、盛んに生長している新梢先端には多量のソルビトールが供給されているはずであるが、このような新梢ほどソルビトール濃度は逆に低い値を示していたことは、新梢生長のためのソルビトール消費量が多いためと考える。また、加温・遮光処理は新梢葉及び果叢葉中ソルビトール濃度を低下させたのは、遮光によって光合成を抑制した結果と考える。



第11図 新梢葉中ソルビトール含量と新梢生長量

早期落果率と新梢葉中ソルビトール濃度との間には第1回目及び第2回目とも強い負の相関関係が認められ(第12-a, b図), ソルビトール濃度の低い樹で落果が多発した。この場合, ソルビトール測定時期は早期落果に先立つ果実肥大量の減少時期ないしその直後であることから, 早期落果は光合成産物の生成量及びこれの新梢と果実間での競合の程度によって早期落果の発生を説明できると考える。



第12図 早期落果と新梢葉中ソルビトール濃度

すなわち, 加温・遮光区では遮光によって光合成産物の生成量が少なく, 一方, 加温により生長が促進されるため光合成産物の消費量が多くなる。その結果, 樹体内の光合成産物が減少して果実への供給量が低下し, 果実の肥大量が抑制される。この場合果実間に供給量の差異を生じ, それが特に少ない果実で肥大抑制が著しく, 早期落果にいたると思われる。

次に, 新梢生長の旺盛な樹で早期落果の多い点についてみると, すでに述べたように新梢葉中でソルビトール濃度の低いことは, 新梢生長に多量のソルビトールを消費しているとみなされ, その結果, 果実に対する分配量が減少して果実肥大量の減少を引き起こし, 後に早期落果に至ったと考える。早期落果が新梢との競合の結果生ずるとしたこのことは, 牧野ら(16)及びQUINLAN and PRESTON(20)の推論とも一致する。

本実験では加温処理によって早期落果の発生率が高まる傾向がみられたものの有意とはいえなかった。これは早期落果は高温のみでも(6), または夜間の温度を高めるだけでも(4, 16)発生した例と一致しなかった。本実験では加温処理により新梢生長が促進され, 新梢葉中ソルビトール濃度が低下したが, その程度が強剪定や加温遮光処理による影響よりも小さく, このことが加温処理の早期落果に対する影響を明確に示さなかった原因と考える。

また本実験では早期落果に対する摘果の影響が

認められず、熊谷(15)の結果と一致しなかった。本実験の無摘果区では6月7日から11日にかけて大部分の側果が落果し、中心果の早期落果が始まった時には摘果区と大差のない着果状態であったことから、摘果処理の早期落果への影響については論議できない。

ェルスパール・デリシャス' 18樹を供試し、4月10日にこれら供試樹のうち9樹に対し結実枝を半分になり返す強い剪定を行い、残り9樹を無剪定とした。これら供試樹には5月3～5日に人工授粉を行い、5月29日に果実横径が12mm以上の中心果のみを残して摘果し、1樹当たりの着果数を19～39果とした。これら供試樹は第7表に示すような設計に従いそれぞれ処理した。

II 早期落果と光合成産物の 果実と新梢への分配

実験方法

1983年に直径30cmの素焼ポットに栽植した'ウ

第7表 試験区の構成及び供試樹数

処 理	供 試 樹 数			早期落果調査樹	
	¹⁴ Cを同化処理した樹				
	5月29日解体 ^Z	5月31日解体	6月4日解体		
強剪定	加温・遮光	1	1	1	2
〃	無加温・無遮光		1	1	2
無剪定	加温・遮光	1	1	1	2
〃	無加温・無遮光		1	1	2

^Z 同化処理直後、加温・遮光処理前解体。

まず、強剪定及び無剪定の各5樹に対し5月29日12時15分から1時間、1樹ごとにビニール袋をかぶせて密封したのち、この袋内で20 μ ciの¹⁴CO₂を同化させた(以後同化処理という)。同化処理した強剪定及び無剪定の各2樹、並びに同化処理しなかった強剪定及び無剪定の各2樹を、昼間30℃(8:30～16:30)、夜間20℃(16:30～8:30)及び寒冷紗により日射量を50%減じたビニールハウス内で5月29日午後5時より加温・遮光処理した。加温・遮光処理は6月4日午後3時まで行った。

¹⁴Cの樹体内分配状況を見るために、同化処理直後に強剪定及び無剪定の各1樹、同化処理2日後の5月31日と、6日後の6月4日に強剪定及び無剪定の加温・遮光及び無加温・無遮光の各1樹を、果実(果梗を含む)、新梢(新梢葉・枝)、

果叢(果叢葉・果台)に分け、乾物重を求めた後、¹⁴C放射能を測定した。なお、5月29日以降芽破れして再生長を始めたものはすべて新梢とした。

¹⁴C放射能は試料を自動試料燃焼装置(アロカASC-113)で燃焼させ、発生した¹⁴CO₂をモノエタノールアミンに吸収させ、トルエンベースのシンチレーターを加え、液体シンチレーション・カウンターで測定した。

早期落果の調査は同化処理しなかった供試樹について6月10日に行った。果実横径、新梢長(1cm以上のもの)の測定は5月25日から1日おきに6月4日まで行った。

実験結果

早期落果は加温・遮光処理によって多発し、また、強剪定樹の早期落果率が無剪定樹よりも多か

第8表 剪定, 気温・日射量と早期落果

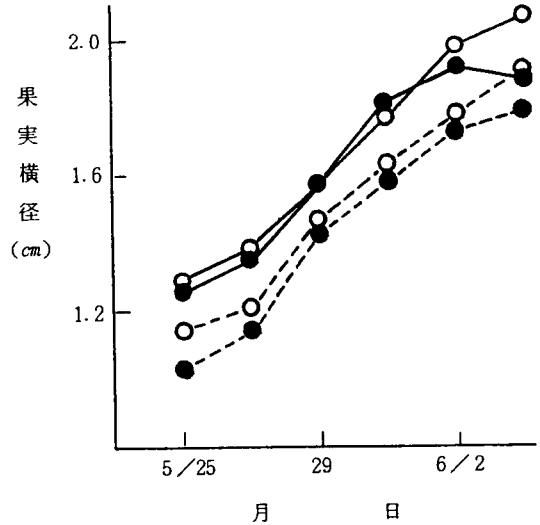
処 理	早期落果率 (%)
強剪定, 加温・遮光	100
〃, 無加温・無遮光	8
無剪定, 加温・遮光	70
〃, 無加温・無遮光	0

った(第8表)。

果実の肥大は無加温・無遮光処理の強剪定及び無剪定樹とも順調であったが, 加温・遮光処理の強剪定樹は5月31日から, 無剪定樹では6月2日からそれぞれ肥大量が減少した(第13図)。新梢生長はいずれの場合も強剪定樹で旺盛であった。無剪定樹は加温・遮光条件下で芽破れして再生長し始めた。

同化処理直後の¹⁴C放射能(dpm)を強剪定と無剪定樹で比較すると, それぞれの果実, 新梢及び果叢の乾物重に違いがあるにもかかわらず, 両樹とも約 37×10^6 dpmの¹⁴Cを同化していた(第9表)。

同化処理直後の¹⁴Cの比放射能(dpm/mg)を各部位について比較すると, 強剪定及び無剪定樹とも果叢, 新梢で高く, 果実では低かった。果叢の比放射能を100として果実, 新梢の比放射能の強



第13図 供試樹の果実肥大

- 強剪定, 加温・遮光.
- 〃, 無加温・無遮光.
- 無剪定, 加温・遮光.
- 〃, 無加温・無遮光.

さを比べると強剪定樹と無剪定樹ではほぼ同一の値が得られた(第9表)。

第9表 ¹⁴C同化処理直後における果実, 新梢及び果叢の¹⁴C放射能

部 位	強 剪 定 樹				無 剪 定 樹			
	乾物重 (g)	¹⁴ C放射能 ($\times 10^3$ dpm)	比放射能 (dpm/mg)	濃度比 ^z	乾物重 (g)	¹⁴ C放射能 ($\times 10^3$ dpm)	比放射能 (dpm/mg)	濃度比 ^z
果 実	12.3	1,942	158	21.4	10.8	1,432	133	24.1
新 梢	20.4	13,113	643	87.2	1.5	695	463	83.7
果 叢	30.7	22,620	737	100	64.1	35,447	553	100
計	63.4	37,675			76.4	37,574		

^z 果叢の比放射能を100とした場合の他部位の比放射能の比。

同化処理2日後及び6日後の比放射能は同化処理直後に比較して果叢で低下がみられ, 果実では著しく高まった。加温・遮光処理と無加温・無遮

光処理の比較では, 加温・遮光処理樹の比放射能が高かった(第10表)。

第10表 同化处理 2日後及び6日後における果実、新梢及び果叢の¹⁴C比放射能

解体月日	処 理	比放射能 (dpm/mg)		
		果 実	新 梢	果 叢
5月31日 (同化处理 2日後)	強剪定, 加温・遮光	655	609	364
	〃, 無加温・無遮光	678	522	301
	無剪定, 加温・遮光	875	663	387
	〃, 無加温・無遮光	521	456	289
6月4日 (同化处理 6日後)	強剪定, 加温・遮光	755	466	363
	〃, 無加温・無遮光	470	331	236
	無剪定, 加温・遮光	775	481	320
	〃, 無加温, 無遮光	450	392	246

果実1果当たりの¹⁴C放射能は、同化处理2日後では加温・遮光処理の無剪定樹、無加温・無遮光処理の強剪定樹で多かったが、同化处理6日後では強剪定及び無剪定樹とも加温・遮光処理で多く、特に早期落果の激しかった加温・遮光処理の強剪定樹で多かった(第11表)。

第11表 剪定、気温・日射量と1果当たりの¹⁴C放射能

処 理	1果当たりの ¹⁴ C放射能(×10 ³ dpm)	
	5月31日 (同化处理 2日後)	6月4日 (同化处理 6日後)
強剪定, 加温・遮光	344	413
〃, 無加温・無遮光	414	366
無剪定, 加温・遮光	433	407
〃, 無加温・無遮光	268	316

考 察

早期落果は加温・遮光処理で多発し、また強剪定樹で多かった。この結果はIと同様であった。

同化处理直後にリンゴ樹に同化された¹⁴Cは、強剪定及び無剪定樹ともほぼ同一であった。

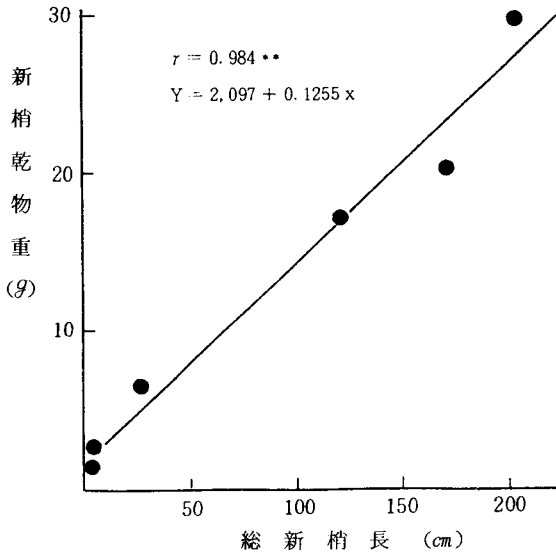
HANSEN(9)もリンゴ樹に一定量の¹⁴Cを同化させた際、樹による¹⁴C同化量に差異が少なかったと報告している。

同化处理直後の各部位¹⁴Cの比放射能は果叢、新梢で高く、果実で低かった。果叢の比放射能を100とした場合、果実、新梢の比放射能は強剪定及び無剪定樹ともほぼ同一の値を示し、果実では23前後、新梢では85前後であった。このことは強剪定及び無剪定樹とも、それぞれの果叢、新梢及び果実の同化能に差のないことを示している。

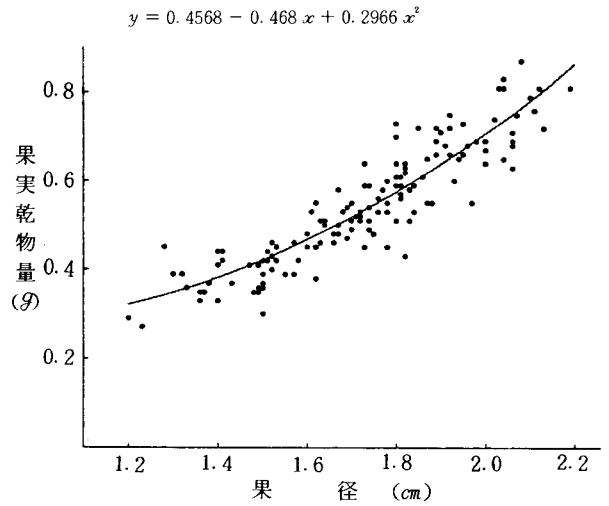
同化处理2日後及び6日後の各部位の比放射能は¹⁴Cの転流が剪定、気温日射量の差異に影響を受けたものとみなされるが、それを比放射能の比較では明確に示すことができない。そこで同化2日後及び6日後に解体した供試樹の同化直後における果実、新梢及び果叢の¹⁴C放射能を推定し、同化处理の2日後及び6日後の各部位の¹⁴C放射能の増減から¹⁴Cの転流状況を推定することにした。

まず、供試樹の同化处理直後における¹⁴C放射能を推定した。各供試樹は $37,625 \times 10^3$ dpmの¹⁴Cを同化し、同化处理直後において¹⁴Cが果実、新梢及び果叢に22.7:85.5:100の比放射能の濃度比で同化されたと仮定した。次に、同化处理時のリンゴ樹各部位の乾物重を推定した。すなわち、5月29日に供試樹と同様なポット植えの6樹を解

体し、新梢長と新梢乾物重、果実横径と果実乾物重の回帰式(第14, 15図)を求め、これらを基に各供試樹の果実乾物重量及び新梢乾物重量の推定値を得た。果叢については重量に増減がないものとした。

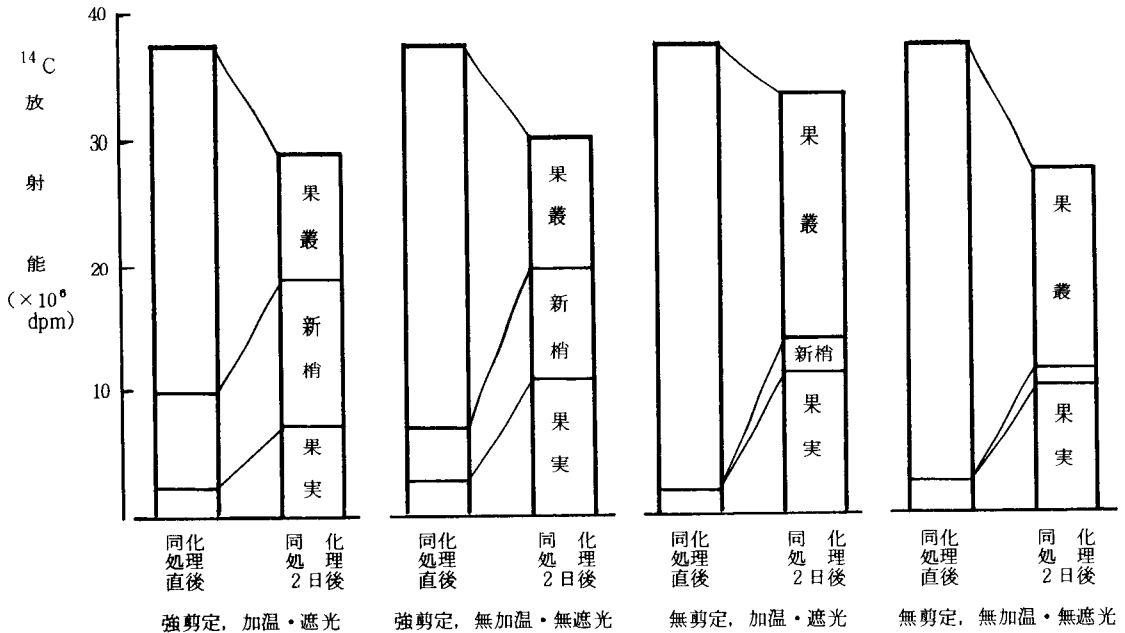


第14図 新梢乾物重と総新梢長



第15図 果径と果実乾物重

まず、同化处理直後から2日後までの果実、新梢及び果叢の ^{14}C 放射能の変化を見ると、いずれの処理においても果叢での減少が著しく、果実及び新梢で増加した(第16図)。これは果叢で同化された光合成産物が果実及び新梢へ転流したことを示すものである。QUINLAN and PRESTON(20)も、果叢葉に ^{14}C を同化させたところ、 ^{14}C が果実及び新梢先端葉に転流したことを認めている。



第16図 各部位 ^{14}C 量の同化处理直後から同化处理2日後の変化

この時期のリンゴ樹は新梢が盛んに生長し、同時に果実も肥大しており、光合成産物は葉のはぼ完成している果叢から、生育を続けている新梢と果実へ転流したことになる。新梢は果叢と同様に高い同化能を持っているが、新梢生長の旺盛なこの時期には、新梢自身で同化した光合成産物に加えて、果叢からの供給も受けていると考える。一方、果実の ^{14}C 放射能増加量は新梢よりも多かった。果実が光合成産物の大きな受容器官であることはHANSEN (7,10) も認めている。

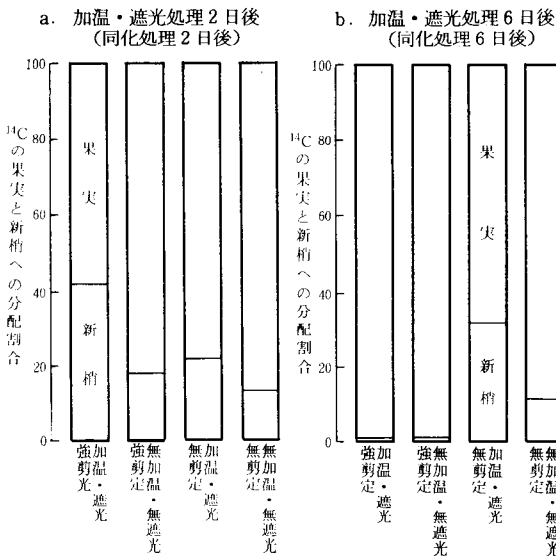
果叢から新梢と果実に対する光合成産物の転流状況について剪定、加温・遮光の処理条件の差異から比較するために、同化処理直後から2日後までの果実と新梢での ^{14}C 放射能増加量を、それぞれの分配割合で示すと第17-a図のとおりである。

定の影響を受け、特に気温・日射量の影響が大きかった。

次に、同化処理直後から6日後までの果実及び新梢での ^{14}C 放射能増加量の分配割合をみると第17-b図のとおりである。強剪定樹では加温・遮光及び無加温・無遮光処理のいずれも新梢への分配割合が非常に少なく、ほとんどが果実に分配されており、同化処理2日後までとは著しく異なった。新梢で同化処理2日後までに増加した ^{14}C が、6日後までに消失した原因として他器官への再分配や呼吸による消耗が考えられるが、この点について本実験では明らかにできなかったので今後検討を要する。ただし、同化処理6日後の新梢の ^{14}C 放射能が、同化直後の ^{14}C 放射能とほぼ同じであったことは、同化処理時に新梢で同化された光合成産物が他器官の生長に役だたなかったものと考ええる。一方、無剪定樹の場合、加温・遮光処理では新梢への分配割合が高まったが、これは、芽破れして新たに新梢が生長し始めたためと思われる。

早期落果の激しかった加温・遮光処理において、早期落果に先立って果実肥大量の減少がみられた時期は強剪定樹で同化2日後、無剪定樹では4日後からであった。この場合果実肥大量の減少は ^{14}C の果実に対する分配割合と関係があると思われる。すなわち、加温・遮光処理の強剪定樹において、同化処理2日後の ^{14}C の果実への分配割合は他の処理より低いこと、無剪定樹において、同化処理6日後の果実への分配割合が低いことが、それぞれの果実肥大が抑制された点と一致する。果実への ^{14}C 分配割合の低下は、 ^{14}C の新梢への分配割合の増加の結果であることは前に述べたが、果叢で同化される光合成産物には限りがあるため、果叢から新梢への光合成産物の分配量が増加することは、果実への分配量が減少することになり、果実と新梢は光合成産物の分配を巡って競合関係にあるといえる。

ところが、強剪定及び無剪定樹とも加温・遮光処理で、果実に対する ^{14}C の分配の減少にもかか



第17図 加温・遮光処理後の新梢と果実の ^{14}C 増加量の分配割合

これによるといずれの場合でも果実への分配割合が新梢よりも高く、また、処理条件の違いにより果実への分配割合に差異がみられた。すなわち、果実への分配割合は加温・遮光処理樹が無加温・無遮光処理樹より低く、また、強剪定樹が無剪定樹よりも低かった。このように、果叢からの光合成産物の果実への分配割合は、気温・日射量及び剪

わらず果実1個に含まれる ^{14}C 放射能が無加温・無遮光処理に比べて多かった(第11表)。また、同化処理から2日後及び6日後までに果実を乾物で1g増加させるに要する ^{14}C 放射能所要量を試算した結果を第12表に示したが、 ^{14}C 所要量は加温・遮光処理で多かった。このことは、果実肥大のために供給される光合成産物が、加温・遮光処理では同化処理時に同化された ^{14}C に負うところが大きく、これに対して無加温・無遮光処理では、同化処理後も光合成が順調に行われることから、果実肥大に対して同化処理時の光合成産物に依存する割合が小さいことを意味すると考える。

第12表 果実乾物重を1g増加させるに要した ^{14}C 所要量

処 理	^{14}C 所要量 ($\times 10^3\text{dpm}$)	
	同化処理 2日後 (5月31日)	同化処理 6日後 (6月4日)
	強剪定, 加温・遮光	2,822
“ , 無加温・無遮光	2,308	861
無剪定, 加温・遮光	2,802	1,940
“ , 無加温・無遮光	2,290	819

また、加温・遮光及び無加温・無遮光のいずれの場合も、果実肥大に要した ^{14}C は強剪定樹が無剪定樹よりも多い傾向が認められ、強剪定樹の果実肥大が同化処理時の光合成産物に依存する割合が無剪定樹のそれよりも高いと思われた。この場合も、強剪定樹において同化処理後、新たに同化された光合成産物の新梢へ分配される割合が無剪定樹のそれよりも高いことによるものと考えられる。

本実験における早期落果は第8表に示したように加温・遮光処理の影響が顕著であり、加温・遮光処理の強剪定樹で全果が落果し、無剪定樹でも70%の果実が落果した。これに対して無加温・無遮光処理では、強剪定樹でも8%しか落果せず、無剪定樹においては全く落果しなかった。このような処理の違いによる早期落果率の多少は、同化処理後の果実乾物重を1g増加させる ^{14}C 所要量の多少と関係があると思われた。すなわち、同化処理後の果実乾物重を1g増加させる ^{14}C 所要量の多い樹ほど早期落果が多発した。

以上のことから、リンゴの早期落果には果実に対する光合成産物の供給量が大きく関わっている。果実への光合成産物の供給の減少は日照不足によって光合成が抑制されたり、新梢との競合によって生じ、これにより早期落果が発生すると結論づけることができる。

総 合 考 察

本実験における早期落果はジュン・ドロップと呼ばれるものを対象とした。

早期落果に関与する要因として剪定、気温・日射量が有意と判断され、I及びIIの実験とも早期落果は強剪定及び加温・遮光処理により増大した。しかし、本実験では複数因子の明らかな交互作用は認められなかった。

剪定と早期落果との関係について、近藤ら(14)は‘スターキング・デリシャス’/M. 26を供試

して、剪定強度を強めるにつれて新梢生長が旺盛となり、早期落果が増大することを認めた。熊谷(15)は‘スターキング・デリシャス’を植え付け時から無剪定の樹と中程度の剪定を行ってきた樹について、樹齢が10、11年生時に両者の着果率を比較したところ差がみられなかったと報告しているが、本実験では、結実枝を半分に切り返すという強い剪定により著しい早期落果をみた。この様に早期落果に対する剪定は供試した樹の樹齢、

剪定方法、あるいは剪定の強さなどで異なるものと思われるが、新梢生長を極度に高めるような強い剪定は早期落果を増大させる原因になるといえる。

すなわち、強剪定により早期落果が多発するのは、果実と新梢の間で光合成産物の分配をめぐる競合が起こるためとみなされ、このことはⅠの実験で、新梢生長の旺盛な樹で早期落果の多かったこと、早期落果する果実は、落果に先立って認められる肥大量が減少する時期と新梢生長の最盛期が一致したこと、さらに新梢葉中ソルビトール濃度の低い樹に早期落果が多発したことから推察できる。また、Ⅱの実験で、新梢生長には新梢自身で同化した光合成産物のほかに、果叢で同化した光合成産物の供給を受けていることを認め、新梢生長の旺盛な樹ほど果実への分配が減少するという競合のあることを確認した。QUINLAN and PRESTON(20)は新梢の先端を剪去することにより果叢葉で同化された光合成産物の果実への分配量が増大し、着果率の高まることを認め、果実と新梢が競合関係にあることを指摘している。

果実と新梢との競合関係の程度は、樹齢によっても異なると考えられる。早期落果が成木より若木で多いことは1978年の実態調査(18)でも明らかにされており、一般的には果実と新梢との競合関係が若木で強く現れると考えられる。本実験のⅡにおいて、新梢で同化した光合成産物は新梢自身の生育のみに使われ、他の器官の生育には役だっていないという結果が得られた。しかし、HANSEN(8)は盛んに生長している新梢を供試して、その新梢の上部葉と基部葉に ^{14}C を同化させたところ、基部葉で同化された ^{14}C は新梢上部への転流はきわめてわずかで、新梢以外の部位の生長に役立つと推論し、本実験の結果と異なった。このように新梢で同化される光合成産物の役割について一致した成績が得られていない。DENNIS(1)が指摘するように早期落果と新梢生長との関係が樹齢で異なるとすれば、新梢で同化された光合成

産物の役割が樹齢によって異なることも考えられる。本実験では若木を供試したため、果実と新梢との競合や新梢生長と早期落果との関係が明確に示されたものであろう。

加温・遮光処理は新梢生長及び果実肥大を抑制し、特に果実肥大を強く抑制した。これはⅠの実験で新梢生長量には加温・遮光処理区と無加温・無遮光処理区との間に有意な差がみられなかったのに対し、果実肥大量は加温・遮光処理区が無加温・無遮光区との約半分となり、また、Ⅱの実験で同化処理後、加温・遮光処理すると、 ^{14}C の果叢から新梢への分配割合が無加温・無遮光処理樹より多いという結果が得られた。したがって、高温でかつ日射量不足下では、単に光合成産物の生成量が減少するばかりでなく、光合成産物の新梢への分配割合が高まるものとする。

加温・遮光処理によって果実肥大に直ちに抑制され、Ⅰの実験で処理2日後に、Ⅱの実験で4日後に認められた。HANSEN(11)はリンゴ樹の生長が貯蔵養分に依存している期間は生育初期の段階までであり、その後の果実や新梢生長には当年に同化された光合成産物の割合はるかに大きいと述べている。したがって早期落果の危険期である幼果期の新梢生長や果実肥大は、当年の光合成産物に大きく依存しているとみなされ、加温・遮光により光合成産物生成量が減少し、さらに、光合成産物の新梢への分配割合が高まる結果、果実肥大が直ちに抑制されたものと思われる。

本実験における早期落果は、果実への光合成産物の供給が減少した条件下において発生している。果実に供給される光合成産物の果実着果に対する重要性について、SCHNEIDER(21, 22)はNAA散布によってリンゴ幼果の落果する原因は、光合成産物の果実への移行が減少するためとし、また、QUINLAN and PRESTON(20)は果実と競合関係にある新梢先端を剪去することにより着果率が高まることを認め、果実への光合成産物の供給増が果実着果に有効であったと報告している。

これらの結果は、果実に対する光合成産物の供給量の多少が果実着果に影響することを示しているものであり、果実が光合成産物の供給が十分受けられない場合には早期落果が発生するものといえる。

以上の結果を総括すると、新梢生長が旺盛な場合、光合成産物の果実に対する供給過程で新梢との競争を生じ、このため肥大量の減少する果実が生じ、このような果実はその後肥大を停止する。また、天候が高温でかつ日射量が不足の場合、光合成産物生成量が減少するとともに果実への光合成産物の分配割合が低下し、この結果、果実肥大

量が減少する。この際すべての果実肥大量が一律に減少するのではなく、肥大を継続する果実と、肥大を停止する果実に2分される。肥大を停止した果実はやがて果梗が黄変して、その後落果するようになる。果実肥大量が減少し始めてから落果するまでの日数は約8日間であった。

このように、早期落果は樹の樹勢が強い場合、あるいは天候が高温でかつ日射量が不足の場合、光合成産物の果実に対する供給量が減少することによって発生するが、特に高温でかつ日射量不足の影響がきわめて大きいと思われる。

摘

リンゴ早期落果に関与する要因を明らかにし、これら要因の新梢生長、果実肥大、葉中ソルビトール濃度、光合成産物の生成及び果実と新梢への分配に対する影響を検討した。

I 早期落果と新梢生長、果実肥大及び葉中ソルビトール濃度との関係

1) 1982年に12年生‘レッドスパー・デリシャス’8樹を供試し、剪定、気温(気温・日射量)摘果を因子として、各因子を2水準とした直交表による2³要因実験を行った。

2) 早期落果に関与する要因は剪定と気温・日射量で、早期落果は強剪定によって、また加温・遮光処理により多発した。2因子交互作用は明らかでなかった。

3) 早期落果した果実は、落果に先立つ約8日前に、果実の肥大量が減少し、約6日前肥大を停止し、その後果梗が黄変して落果に至った。早期落果に先立つ果実肥大量の減少する時期は、強剪定樹で新梢生長の最盛期と一致し、加温・遮光処理樹では、この処理直後であった。

4) 新梢葉中ソルビトール濃度は強剪定樹で低く、加温・遮光処理樹で低かった。また、早期落果は新梢葉中ソルビトール濃度の低い樹ほど発

要

生量が多かった。この結果から、早期落果に先だって見られる果実肥大量の減少が、光合成産物の生成量の減少及び果実と新梢との光合成産物の競争によるものと考えられた。

II 早期落果と光合成産物の果実と新梢への分配

1) 1983年に直径30cmの素焼ポットに栽植した‘ウエルスパー・デリシャス’の強剪定樹と無剪定樹に¹⁴C同化した後、加温・遮光ならびに無加温・無遮光処理し、¹⁴Cの果実、果叢及び新梢での分布状況と早期落果との関係を検討した。

2) 早期落果は加温遮光処理によって多発し、また、強剪定樹に多かった。

3) ¹⁴C同化直後では¹⁴Cが果叢及び新梢に多く、果実には少なかった。¹⁴C同化2日後6日後では果叢の¹⁴Cが減少し、果実で著しく増加した。

4) 新梢の¹⁴Cの増加量は、加温・遮光処理樹で多く、また強剪定樹で多かった。これらの処理を受けた樹では、¹⁴Cの果実への分配割合が減少し、果叢で同化された¹⁴Cの、果実と新梢への分配過程に競争関係が認められた。

5) 早期落果は果実に対する光合成産物の供給量が、遮光や新梢生長との競争によって減少する条件下で発生した。

引 用 文 献

1. DENNIS, F. G. (1979) Factors affecting yield in apple, with emphasis on 'Delicious'. Horticultural reviews, 1: 395 - 422.
2. 遠藤融郎 (1973) 和ナシ果実の日肥大周期に関する研究 第1報 果径の日肥大周期と気象要因との関係. 園学誌, 42: 91 - 103.
3. FORSHEY, C. G. (1978) Factors associated with red delicious yields. Mich. state Hort. Soc. Annu. Rpt., 1977: 39 - 44.
4. 福井博一・今河 茂・田村 努 (1984) リンゴの早期落果とエチレン生成及び離層形成との関係. 園学誌, 53: 303 - 307.
5. FLOOD, A. E. and C. A. PRIESTLEY (1973) Two improved methods for the determination of soluble carbohydrates. J. Sci. Fd Agric., 24: 945 - 955.
6. GRAUSLUND, J. and P. HANSEN (1975) Fruit trees and climate. III. The effect of temperature on fruit set in apple trees. Tidsskrift for Planteavl., 79: 481 - 488.
7. HANSEN, P. (1967) ¹⁴C-studies on apple trees. I. The effect of the fruit on the translocation and distribution of photosynthates. Physiol. Plant., 20: 382 - 391.
8. HANSEN, P. (1967) ¹⁴C-studies on apple trees. II. Distribution of photosynthates from top and base leaves from extension shoots. Physiol. Plant., 20: 720 - 725.
9. HANSEN, P. (1967) ¹⁴C-studies on apple trees. III. The influence of season on storage and mobilization of labelled compounds. Physiol. Plant., 20: 1103 - 1111.
10. HANSEN, P. (1970) ¹⁴C-studies on apple trees. V. Translocation of labelled compounds from leaves to fruit and their conversion within fruit. Physiol. Plant., 23: 564 - 573.
11. HANSEN, P. (1971) ¹⁴C-studies on apple trees. VII. The early seasonal growth in leaves, flowers and shoots as dependent upon current photosynthates and existing reserves. Physiol. Plant., 25: 469 - 473.
12. JACKSON, J. E. (1975) Effects of light intensity on growth, cropping and fruit quality. In: PEREIRA, H. C. Climate and the orchard, 17 - 25. Commonwealth agricultural bureaux. England.
13. JONKERS, H. (1982) Testing koopmann's rules of apple tree pruning. Scientia Hort., 16: 209 - 215.
14. 近藤 悟・浅利正義・熊谷征文 (1987) 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. 園学誌, 55: 415 - 421.
15. 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. 宮園試研報, 1: 1 - 72.
16. 牧野時夫・福井博一・今河 茂・田村 勉 (1986) リンゴの早期落果と新梢生長との関係. 園

学誌, 55:40-45.

17. 中川行夫・一木 茂 (1984) 1978 年東北北部に起こったリンゴの早期落果. 農業気象, 40:55-58.
18. 小原信実 (1987) リンゴ異常落果の発生実態とその解析. 青森りんご試報, 24:15-48.
19. 岡本道夫・工藤仁郎 (1979) 簡易日射測定法について. 東北農業研究, 25:115-116.
20. QUINLAN, J. D. and A. P. PRESTON (1971) The influence of shoot competition on fruit retention and cropping of apple trees. J. hort. Sci, 46:525-534.
21. SCHNEIDER, G. W. (1975) ^{14}C -sucrose translocation in apple. J. Amer. Soc. Hort. Sci., 100:22-24.
22. SCHNEIDER, G. W. (1978) Abscission mechanism studies with apple fruitlets. J. Amer. Soc. Hort. Sci., 103:455-458.

Influences of Some External Treatments and Some Cultural Practices on the Occurrence of June Drop in Apple, with Special Reference to Photosynthates and its Translocation.

Jiro KAMAKURA, Hideaki YAMAYA, Morimasa SEITO and Shigeru ICHIKI

Aomori Apple Experiment Station
Kuroishi, Aomori 036 - 03, JAPAN

Summary

The present paper deals with an attempt to elucidate the causal mechanism of june drop. Experiments were carried out over the two years in 1982, 1983.

1. In 1982, an experiment was carried out to determine the effects of air temperature and light intensity on june drop. The effect of pruning, and fruit thinning in combination to above external factors were also investigated.

In 1983, another experiment was carried out to determine the translocation of photosynthates using ^{14}C , in compared with heavy pruned trees and nonpruned trees, in combination with the high air temperature and shading treatment.

2. The june drop was promoted by the heavy pruning, and the high air temperature (day : 30°C , night : 20°C) with 40~50% shading of full sun light.

3. The heavy pruning stimulated the shoot growth, whereas the sorbitol content in shoot leaves was decreased. The fruit growth at the maximum shoot growth period were different with particular fruits, some fruits grew normal, however some fruits retarded growth and these fruits dropped after eight days.

The rate of june drop was positively correlated with the shoot growth.

4. The trees received high air temperature with shading treatment retarded the shoot and fruit growth, and more fruit growth retarded was more fruit drop after eight days. The sorbitol content in spur and shoot leaves were decreased.

5. The rate of june drop was negatively correlated with sorbitol content in shoot leaves.

6. The trees received heavy pruning, high air temperature with shading treatment increased the translocation of assimilated ^{14}C from spurs to shoots, however decreased to fruits.

7. From these results, we concluded that one of causal mechanism of the

鎌倉ほか：りんご果実に対する光合成産物の分配と早期落果

june drop in apple trees was the reduction in translocation of photosynthates from leaves to fruits.

