

カキ果実の生理落果に関する生理学的研究(4)

誌名	果樹試験場報告. A = Bulletin of the Fruit Tree Research Station. A
ISSN	03852326
著者	壽松木, 章 村上, ゆり子 間苧谷, 徹
巻/号	15号
掲載ページ	p. 41-49
発行年月	1988年3月

カキ果実の生理落果に関する生理学的研究 (第4報)

カキの果実肥大が生理落果に及ぼす影響^{†1}

壽松木 章, 村上ゆり子, 間苧谷 徹

I 緒 言

果樹の生理落果の機構については、果実のエチレンとの関係で論じられた報告が多く、両者の間に関係があるとする報告(高橋ら, 1972; Lipe ら, 1972; Guinn, 1982; Nunez—Elisea ら, 1986)と、関係を否定した報告(Schneider, 1978; 福井ら, 1984)とがある。

筆者らも、カキ果実の生理落果とエチレンとの関係について検討した結果、落果する果実は、落果の5~6日前から肥大が緩慢になるが、その時点における果実のエチレン発生量は極めて小さいこと、更に AVG (アミノエトキシビニルグリシン) で果実のエチレン生成を阻害しても生理落果が起こることから、果実内エチレンは生理落果の最初の引き金でないことを報告した(壽松木ら, 1988)。

カキの生理落果の機構について、生理落果は梅雨期の日射量の不足による光合成産物の減少が主原因であるとする報告(梶浦, 1942)あるいは果実内オーキシンの欠除あるいは量的低下が一因であるとする報告(傍島ら, 1969)等があるがなお不明な点が多い。

そこで筆者らは、従来からカキの生理落果に関与するといわれている土壤乾燥、湛水、摘葉、遮光処理あるいは NAA の外生処理を行い、果実肥大が生理落果に及ぼす影響を明らかにする過程で、生理落果の機構を解明する糸口を得ようとした。

II 材料及び方法

実験1. 土壤乾燥、湛水、摘葉及び遮光が生理落果と果実肥大に及ぼす影響

(1) 無加温のガラス室において直径50cm、高さ60cmの塩化ビニール製の鉢で砂耕栽培した7年生平核無の中から、生育状況が類似している10樹を実験に供試した。処理は土壤乾燥区、湛水区、摘葉区、一重遮光区、及び対照区とし、各区2樹を用いた。土壤乾燥区は灌水を中止し、湛水区は地下部を湛水状態にし、摘葉区は葉数を1/3に減じ、一重遮光区は一重の黒色寒冷沙を樹上50cmから樹全体にかけ、対照区は無処理とした。各処理区とも、実験開始の前日から処理を行い、また、土壤乾燥区及び湛水区を除く他の処理区の灌水は毎日、17時に実施し、樹を乾燥させないようにした。

なお、実験開始の前日に、摘葉区を除く他の処理区の葉果比を15~20にはぼそろえ、遅れ花は全部摘除した。

(2) 果樹試験場の圃場に植栽した、10年生平核無4樹を用い、2樹を二重遮光区、2樹を無遮光の対照区とした。二重遮光区は、実験開始の前日から樹上50cm上に二重にした黒色寒冷沙を2樹

全体にかけた。また、遮光処理開始の前日に遅れ花を摘除した。

実験期間に、落果数、果実肥大、一部の処理区について葉の水ポテンシャル (ϕ) を測定した。

実験2. 落果果実と着果果実の1果重調査

圃場に植栽された11年生平核無1樹を供試し、毎日落果数及び落果果実の1果重を測定するとともに、自然落果波相のピークを中心に前後3回、1回につき樹全体から無作為に30果前後を採取し1果重を測定し、平均1果重の差異と落果との関係を調査した。

落果果実のうち病虫害果など明らかに異常果と思われるものは調査から除外した。着果果実及び落果果実とも、へたを除いて1果重を測定した。

実験3. 種子数と生理落果との関係

無加温のガラス室において直径50cm、高さ60cmの塩化ビニール製の鉢で砂耕栽培した7年生松本早生富有の中から、生育状況が類似している2樹を供試した。1樹は毎日17時に十分に灌水し対照区とし、他の1樹は土壤を乾燥させ土壤乾燥区とした。なお、あらかじめ加温栽培した禅寺丸の花粉を実験樹に受粉した。また、実験開始の前日に葉果比を15~20にはぼそろえ、遅れ花は全部摘除した。

実験期間に落果数とその果実の種子数、葉の ϕ を測定した。

実験4. 樹体への NAA 処理が生理落果と果実肥大に及ぼす影響

(1) 無加温のガラス室において直径50cm、高さ60cmの塩化ビニール製の鉢で砂耕地栽培した8年生平核無7樹を供試した。1樹当たり果径の類似している果実6個を選び、2果ずつを対照区、へた片除去区、果頂 NAA 区 (へた片を除去した果実の果頂部に 500 ppm NAA ラノリンペーストを塗布) とし、各区14果を供試した。

(2) 圃場に栽植した11年生平核無1樹を供試し、果径の似た果実を50個選び、果梗部に環状剥皮をした。半数の果実の果頂部に500ppm NAA ラノリンペーストを塗布し、残り半分は無塗布の対照区とした。

(3) 無加温のガラス室において直径50cm、高さ60cmの塩化ビニール製の鉢で砂耕栽培した8年生平核無の中から生育状況が類似している4樹を供試した。2樹の新梢の頂芽に500ppm NAA ラノリンペーストを塗布し、頂芽 NAA 区とし、他の2樹を無処理の対照区とした。なお、実験開始の前日に葉果比を15~20にはぼそろえ遅れ花は全部摘除した。

実験期間中、果実肥大及び落果数を調査するとともに、一部の処理区については葉内水蒸気拡散抵抗 (R_L) を測定した。

本実験1~3においては花器の不完全及び不受精による落果が終った満開10~30日後の果実を対象とした。また、処理による落果がほぼ終了したと思われる時点で実験を打ち切った。果実肥大はあらかじめフェルトペンで印をつけた部位を最小目盛り0.05mmのダイヤルキャリパーで横径を測定し、処理区の平均で示した。葉の ϕ はブレッシャーチャンパー (PMS instrument 社製600型) で、 R_L は拡散抵抗計 (LI-COR 社製 LI-65型) で13~14時に測定し、それぞれ処理区の平均で示した。 R_L は葉内の水蒸気が気孔を通して拡散する時の気孔抵抗を示すもので、気孔開度に左右される。なお、 R_L と炭酸ガスの気孔抵抗 (R_L') の間には、 $R_L' = 1.56R_L$ の関係があり本実験で

は光合成量の多少を示す値として取り扱った。

III 実験結果

実験1. ガラス室の実験において、落果率が最も高かったのは土壌乾燥区で、処理後4日目に100%を示し、その日の13~14時の葉の ϕ は-25.2barであった。その他の処理については、湛水区の葉の黄化が激しくなった処理開始後18日目に実験を中止したが、その時点での落果率は、摘葉区で39.9%、湛水区で36.1%、一重遮光区で26.5%、対照区で20.2%であった (Table 1)。なお、一重遮光区の日射量は対照区の約60%であり、また、摘葉区の新梢先端は処理後13~16日目に二次伸長を開始した。

以上の5処理について、落果率を実験期間中の平均日肥大量との関係でみると、両者の間には非常に密接な相関関係 ($r = -0.9$) が認められた。しかし、詳細に検討すると (Table 1)、摘葉区は対照区に比べて果実肥大は低下していたものの、処理後12日目までは落果率に大差なく、その後、新梢先端が二次伸長を始めた13日以降に急激に落果が生じた。更に、湛水区の12~18日における果実肥大は摘葉区より低下していたにもかかわらず落果率は13.1%で摘葉区の24.0%に比べ低かった。このように落果率と果実肥大との間に密接な関係を示さない事例もみられた。

圃場において、二重遮光区の日射量は、対照区の約30%に低下し、二重遮光区の果実肥大は対照区の約半分に低下した。一方、処理後11日目の落果率は対照区が11.3%に対し二重遮光区は93.3%であった (Table 2)。

実験1及び後述する実験4—(3)は、果実の発育ステージが近似していたので、両実験結果の落果率と果実肥大との関係を同一の図に表した。その結果 (Fig. 1)、落果率は平均日肥大量の

Table 1. Effect of soil desiccation, submergence, defoliation and shading treatments on fruit growth and fruit abscission rate (cv. Hiratanenashi)

	Fruit growth (diameter, mm)			Fruit abscission rate (%)			Total
	Day after onset of treatments			Day after onset of treatments			
	0 to 4	4 to 12	12 to 18	0 to 4	4 to 12	12 to 18	
Soil desiccation	0.95	—	—	100	—	—	100
Submergence	2.70	5.49	2.27	16.7	6.3	13.1	36.1
Defoliation	2.07	4.43	3.25	12.9	3.0	24.0	39.9
Shading ^a	2.06	4.96	4.75	19.5	4.5	2.6	26.5
Control	2.08	5.13	4.85	12.6	7.6	0	20.2

^a Solar radiation decreased to about 60%

Table 2. Effect of intensive shading treatment on fruit growth and fruit abscission rate (cv. Hiratanenashi)

	Fruit growth (diameter, mm/day)	Fruit abscission rate (%)
Shading ^a	0.29	93.3
Control	0.53	11.3

^a Solar radiation decreased to about 30%

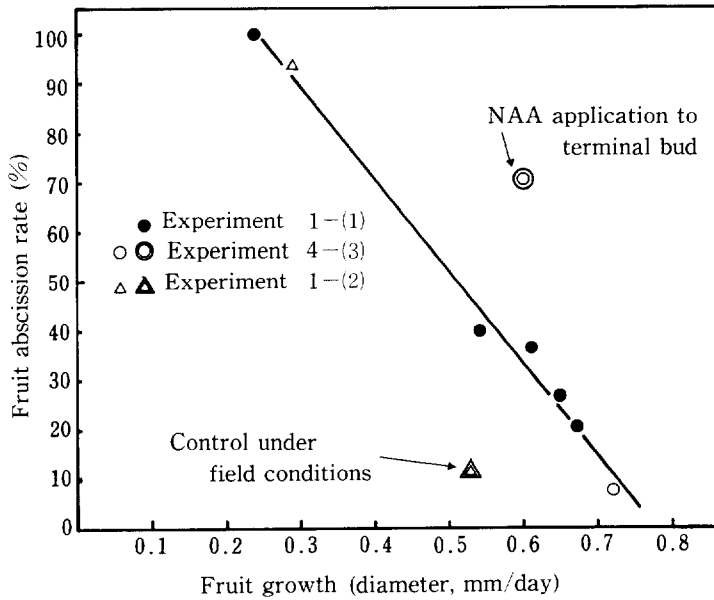


Fig. 1. Relation between fruit growth and fruit abscission rate.

Table 3. Changes of average weight of abscised fruits and persisting fruits (cv. Hiratanenashi)

Days after full bloom	Average weight of fruit (g)								
	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Abscised fruits	0.77	0.83	0.92	1.06	1.17	1.17	1.26	1.47	—
Persisting fruits	1.07	—	—	1.73	—	—	—	—	2.46

増加に伴って減少する傾向がみられたが、圃場の対照区 (△) (実験1) と頂芽 NAA 区 (◎) (実験4-3) のように回帰直線から大きくずれている例もみられた。

実験2. 満開後13日目から21日目までの自然落果果実の1果実の推移と無作為に採取した着果果実の1果実をみると (Table 3), 落果果実の1果重が明らかに軽かった。即ち、満開後16日目の調査を例にとると、落果した果実の1果重は Fig. 2 のような一山型で左右にひずみの少ない分布を示し、1果平均重は1.06gであったのに対し、着果果実は1.73gであった。

しかし、すでに明らかにしたように (壽松木ら, 1988), 落果する果実は落果の5.5日前に落果の引き金が引かれて、果実肥大が緩慢になっている。従って、落果果実と着果果実の1果実の差異を明らかにするためには、落果の5.5日前の1果重を比較しなければならない。

そこで、満開後16日目の値を例にとり5.5日前の1果重を算出すると次式のようになった。

着果果実の場合：

$$1.73g - 1.20g^{\text{①}} = 0.53g$$

落果果実の場合：

$$1.06g - 1.02g \times \frac{1.6}{7.4} g^{\text{②}} + 0.08g^{\text{③}} = 0.88g$$

- ①: 5.5日間の果重増加量で、あらかじめ測定
- ②: 前報 (壽松木ら, 1988) より, 落果前の 5.5 日前の落果果実と着果果実の肥大量の比
- ③: 12時間の減重量で、健全果を採取し、樹上果と近似した環境下に放置

以上のように、5.5 日前の 1 果平均重は落果果実の方が着果果実より明らかに重かった。仮に、落果果実は 4 日前から肥大が緩慢になるとして 1 果重を試算した場合でも、着果果実で 0.85g、落果果実で 0.88g となり、落果果実の方が重かった。

実験 3. 土壌水分が減少するに従い、生理落果は増加し、葉の ψ が -25.4bar になった 6 月 20 日に、種子数ゼロの果実は全部落果した。しかし、種子数 3 以上の果実は、葉の ψ が -25.4bar での時点でも 1 果が落果したにすぎなかった (Table 4)。

実験 4. ヘタ除去区では 28.6% の落果がみられたが、ヘタを除去した果実の果頂部に 500ppm NAA のラノリンペーストを塗布した場合 (果頂 NAA 区)、落果率は対照区と同様の 7.1% にとどまった。果実肥大量は対照区が最も大きく、ヘタ除去区及び果頂 NAA 区の果実肥大は小さく、両区に有意な差はなかった (Table 5)。

次に果梗に環状剥皮をし、果実への光合成産物の転流量を極端に減少させた場合 (Table 6)、処理 3 日目に 80.8% の落果率を示したが、果頂部に 500ppm NAA ラノリンペーストを塗布すると、その落果率は 8.0% にとどまった。なお、両処理区の果実肥大量には差がなかった。

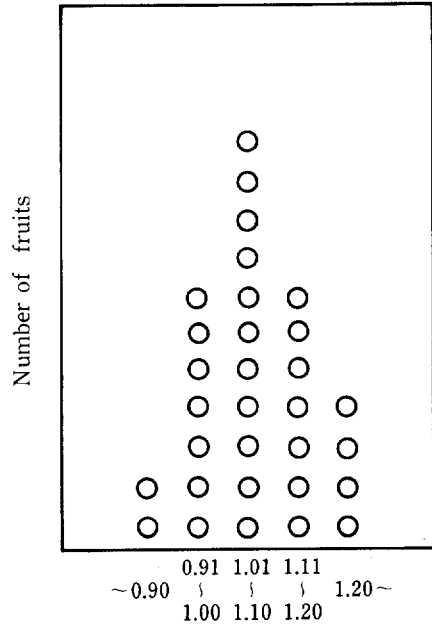


Fig. 2. Distribution of weight of abscised fruits (Hiratanenashi, under field conditions, 16 days after full bloom)
○: One fruit

Table 4. Relation between the number of seeds per fruit and fruit abscission rate (cv. Matsumoto Wase Fuyu)

	Control			Soil desiccation				
	Number of abscised fruits			Number of abscised fruits				
	Leaf water potential (bar)	Number of seeds		Leaf water potential (bar)	Number of seeds			
	0	1 to 2	above 3		0	1 to 2	above 3	
June 17	-14.0	—	—	—	-16.4			
18	-13.8	1			-18.0	1		
19	-12.1				-21.1	4	1	
20	-14.0	1			-25.4	6	2	1
Total number of fruits		14	8	17		11	10	16
Fruit abscission rate (%)		14	0	0		100	30	6

Table 5. Effect of removal of sepals and NAA treatment on fruit growth and fruit abscission rate (cv. Hiratanenashi).

	Fruit growth (diameter, mm/day)	Fruit abscission rate (%)
Removal of sepals	0.44	28.6
NNA applied on fruit apex ^a	0.48	7.1
Control	0.60	7.1

^a Application of lanoline-paste containing 500ppm NAA on apex of fruit in which the sepals had been removed.

Table 6. Effect of ringing of peduncle and NAA treatment on fruit growth and fruit abscission rate. (cv. Hiratanenashi)

	Fruit growth (diameter, mm)		Fruit abscission rate (%)			
	Day after onset of treatments		Day after onset of treatments			
	0 to 2		2	3	4	5
Ringing of peduncle	0.34		11.5	80.8	100	—
NAA applied on fruit apex ^a	0.38		0	8.0	72.0	100

^a Application of lanoline-paste containing 500ppm NAA on apex of fruit with ringed peduncle.

Table 7. Effect of NAA application to terminal bud on fruit growth and fruit abscission rate (cv. Hiratanenashi)

	Fruit growth ^a (diameter, mm/day)	Fruit abscission rate (%)	R _L ^b (sec/cm)
NAA application to terminal bud	0.603	70.7	2.8
Control	0.721	7.8	2.7

^a Average value during treatment

^b Average value of leaf diffusion resistance from 13:00 to 14:00 during the treatment.

一方、新梢の頂芽に NAA を塗布すると (Table 7)、生理落果は対照区が7.8%に対して70.7%と多発した。平均日肥大量は対照区の0.72mm にたいして、頂芽 NAA 区は0.60mm と低下したが、本実験の他の平均日肥大量に比べると大きい値であった。なお、R_L は処理間に差はなかった。

IV 考 察

土壤乾燥、湛水及び遮光処理とカキの生理落果との関係については、すでに梶浦 (1942) の詳細な研究があり、これらの処理の中で遮光処理が生理落果に最も大きな影響を及ぼしたと報告している。本実験においても、13:00~14:00の葉の ϕ が-22~-24bar という圃場では起こり得ない水分ストレスになって初めて落果が多くなること、12日間以上の湛水処理をしないと落果は助長されないこと、また健全樹の葉を2/3摘除しても落果はさほど増加しないことから判断して、これらの処理が自然の生理落果の引き金になるとは考え難い。一方、遮光処理については、日射量を自然の30%程度に低下させると遮光開始後5日目から生理落果が起こり、10日目には93.3%の果実が落

果した。曇天～雨天の日は、晴天の日射量の30%以下になることもあり、日射量の低下が、生理落果の引き金になる可能性は高い。しかし、自然の生理落果は単に日射量の低下だけに起因して発生するのではなく、土壌過湿、葉果比、樹の栄養状態等の要因が交錯し合って落果を引き起こすものと考えられる。

いま、生理落果に関与する種々な処理を行い生理落果と密接な関係を示す共通の生理現象（共通項）を検索できれば、その共通項は生理落果の機構を解明する上で、重要な要因になると思われる。そこで、まず果実肥大が共通項になり得るか否かについて検討した結果、第1図のように、果実肥大と生理落果との間には比較的密接な関係が認められた。これは、生理落果の主因は果実への同化産物の供給不足であるとする従来の考え方とほぼ一致するものである。しかし、実験1の摘葉区において、処理の前半は果実肥大が悪くても落果率は対照区と差がなく、新梢が二次伸長を初めた頃から落果が急増した。二次伸長後も果実肥大は変らないことから、落果を助長させたのは果実肥大の低下ではなく、二次伸長に伴う樹体の生理変化が起因するように考えられた。

山村(1977)は、富有においては果径の小さい果実で落果が多いと報告しているが、本実験結果では落果した果実の落果5.5日前の1果平均重は着果果実のそれより大きく、山村の報告とは矛盾する結果が得られた。カキの場合、一般に大果ほど種子数が多く、種子数が多い果実ほど生理落果が少ないことは本実験結果を含め一般に認められていることである(梶浦, 1941; 山村, 1977)。従って、山村の報告も1果重ではなく、種子数との関係で論じた方が、より妥当ではないかと考えられる。このように、同化産物の果実への転流、換言すると果実肥大を生理落果の共通項とするには多少無理があり、生理落果により近い距離で働く、共通項があるように思われる。

芽の萌芽に関与する植物ホルモンはオーキシンであることから、摘葉区の二次伸長時には芽にオーキシンが集積し、樹体内にオーキシンの不均衡が生じたのではないかと推定された。そこで逆にオーキシンを芽に塗布すると落果が起こるか否かについて検討したところ、頂芽NAA区は処理後9日の間で約70%の落果が起こり、摘葉区の現象を近似的に再現できた。ただ、頂芽NAA区では果実肥大も低下したが、その肥大量は本実験の他の処理区の結果から判断して、決して小さいものではなく、果実肥大の低下が落果の原因とは考え難い。なお、Schneider(1975)は、リンゴ樹にNAAを散布すると葉から果実への ^{14}C 蔗糖の転流が減少すると報告している。頂芽NAA処理により果実肥大が低下した理由は、 R_L の値が処理によって差異がなかったことから、光合成の低下ではなく、果実への光合成産物の転流量の減少によるものと考えられる。

本実験結果では、果頂部にNAAを処理すると生理落果を抑制することができ、頂芽にNAAを処理すると、逆に落果を促進した。即ち、NAAを処理する部位により生理落果が増・減することになる。Addicottら(1955)は、離層形成部をはさんで先端部のオーキシン濃度が高いと離層形成は抑制されるという勾配説を提唱した。仁藤(1985)は、ブドウの花振いについて、花房内のオーキシンの分布と移行の方向が乱れ、果粒から穂軸へオーキシン濃度の勾配が失われることが離層形成を促進させたと、Addicottら(1955)の勾配説を支持する報告をしている。筆者らの実験結果はこの勾配説を適用すると説明しやすいが、自然の生理落果がこの勾配説で説明できるか否かは、樹体の内生オーキシンの動態の解明を待つ必要がある。また、果梗部の剥皮処理でみるよう

に、果実への同化産物を完全に抑制した場合、NAAの落果抑制効果に限界があることも考慮し、オーキシンが生理落果の共通項になり得るかどうか検討する必要がある。

V 摘 要

カキの生理落果に関与するといわれている土壤乾燥、湛水、摘葉、遮光処理あるいはNAAの外生処理を行い、主に果実肥大と生理落果との関係について調査した。

1. 落果率は土壤乾燥区が最も高く、次が摘葉区、湛水区、一重遮光区（日射量、約60%）、対照区の順に減少した（Table 1）。

日射量を約30%に減じた二重遮光区の落果率は遮光後11日目まで93.3%に達した（Table 2）。

2. 果実肥大量と落果率の間には負の相関関係が認められたが、両者の間に密接な関係を示さない事例も認められた（Fig. 1）。

3. 土壤水分が減少するに従い生理落果は増加したが、種子数の多い果実の落果は遅延した（Table 4）。

4. 果実のヘタの一部を除去したり、果梗部を環状剥皮すると生理落果は多発したが、それらの果実の果頂部に500ppm NAA ラノリンペーストを塗布すると生理落果は抑制できた（Table 5, 6）。

一方、新梢の頂芽に500ppm NAA ラノリンペーストを塗布すると生理落果が助長された（Table 7）。

引 用 文 献

- 1) Addicott, F.T., Lynch, R.S. and Carns, H.R. (1955). Auxin gradient theory of abscission regulation. *Science* **121**, 644-645.
- 2) 福井博一・今河 茂・田村 勉 (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. 園学雑. **53**, 303-307.
- 3) Guinn, G. (1982). Fruit age and changes in abscisic acid content, ethylene production, and abscission rate of cotton fruits. *Plant physiol.* **69**, 349-352.
- 4) 梶浦 実 (1941). 柿の生理的落果に関する研究. II. 受粉及単為結実と落果との関係. 園学雑. **12**, 247-283.
- 5) 梶浦 実 (1942). 柿の生理的落果に関する研究. III. 降雨及乾燥と落果との関係. 園学雑. **13**, 1-14.
- 6) Lipe, J.A. and Morgan, P.W. (1972). Ethylene: Role in fruit abscission and dehiscence processes. *Plant physiol.* **50**, 759-764.
- 7) 仁藤伸昌 (1985). ブドウの花振りにおける内生植物ホルモンの役割に関する研究. 佐賀大農彙. **58**, 1-44.
- 8) Nunez-Elisea, R. and Davenport, T.L. (1986). Abscission of Mango fruitlets as influenced by enhanced ethylene biosynthesis. *Plant Physiol.* **82**, 991-994.
- 9) Schneider, G.W. (1975). ¹⁴C-sucrose translocation in apple. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* **100**, 22-24.
- 10) Schneider, G.W. (1978). Abscission mechanism studies with apple fruitlets. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* **103**, 454-458.
- 11) 傍島善次・石田雅士・清川薫雄・崎山 睦 (1969). カキの生理的落果防止に関する研究 (II) 受粉およびGA処理が生理的落果に及ぼす影響ならびに果実内オーキシンの消長について. 京府大学報, 農. **21**, 12-23.
- 12) 壽松木章・岩永秀人・村上ゆり子・間苧谷徹 (1988). カキ果実の生理落果とエチレン発生量との因果

関係. 園学雑. 印刷中.

- 13) 高橋英吉・西元直行・永沢勝雄 (1972). カキの落果に関する生理学的研究 (第4報) 離脱とエチレン生成との関係. 園学要旨. 昭47秋, 84-85.
- 14) 山村 宏 (1977). カキの落果に関する生理学的研究. 京都大学学位論文.

Physiological Studies on Physiological Fruit Drop of Persimmon, *Diospyros kaki* Thunb.

IV. Effect of Fruit Growth on Physiological Fruit Drop of Persimmon

Akira SUZUKI, Yuriko MURAKAMI and Tōru MAOTANI

Summary

In order to analyse the relationship between fruit growth and physiological abscission of intact fruits on persimmon trees, treatments consisting of soil desiccation, submergence, defoliation, shading and application of NAA, which are related to physiological abscission, were tested.

The results obtained are as follows;

1. The fruit abscission rate was the highest for the soil desiccation treatment, followed by defoliation, submergence, shading by which solar radiation decreased to about 60 %, and control (Table 1).

The fruit abscission rate in the shading treatment using 2 cloth layer by which solar radiation decreased to about 30%, reached 93.3% at 11 days after the treatment (Table 2).

2. A highly significant negative correlation was recognized between fruit growth and fruit abscission rate except for some of the treatments (Fig. 1).

3. In fruits which contained more than three seeds abscission was delayed although the rate of fruit abscission increased by the soil desiccation treatment (Table 4).

4. Fruit abscission was promoted by the ringing of the peduncle when some of the sepals were removed. However, fruit abscission was inhibited by the application of lanoline-paste containing 500ppm NAA on the apex of the fruit (Tables 5, 6).

On the other hand, fruit abscission was promoted when lanoline-paste containing 500 ppm NAA was applied to the terminal bud (Table 7).