

氏 名(本籍) 十 寿 十 松 三 木 三 章

学位の種類 農 学 博 士

学位記番号 農 第 389 号

学位授与年月日 平 成 2 年 2 月 8 日

学位授与の要件 学位規則第5条第2項該当

学位論文題目 カキの生理的落果に関する生理学的研究

論文審査委員 (主 査)

教授 斎藤 隆

教授 庄子 貞雄

教授 星川 清親

論 文 内 容 要 旨

我が国における果樹の中で、カキは収量変動が大きい樹種である。その原因として、カキは隔年結果性が大きいことと同時に、生理的落果が激しいことが挙げられる。また、カキの最終着果率は全開花数の40～60%といわれ、他の樹種に比較して著しく高く、生理的落果の程度が収獲量に与える影響は大きい。

カキの生理的落果の研究は、梶浦、傍島、高橋等により行われてきた。その結果、生理的落果に係わる環境要因については、日射量の減少が最も落果に影響を及ぼすこと等、各要因の影響について明らかにされてきた。しかし、それらの環境要因が落果を誘起するときの個々の要因の作用について、定量的に明らかにされていない。

一方、生理的落果と内生植物ホルモンの関係についてみると、エチレンについては、落果時に果実からのエチレン発生量が高まることから、落果と密接な関係があるといわれている。しかし、両者の因果関係については、エチレンが落果の原因なのか、それとも離層形成に伴って発生するのか明らかにされていない。また、オーキシンのについては、落葉や落果に対する外生及び内生オーキシンの作用について多くの研究が行われている。生理的落果の機構と内生オーキシンの関係についてはかなり明らかにされているが、いまだ十分に解明されているとはいえない。アブシジン酸については、外植体では離脱促進作用を示すことが知られているが、実際に果実に施与して落果が促進されたとする報告は少なく、落果との因果関係は不明である。ジベレリンについては、落果を抑制することが認められており、カキ‘富有’の落果防止剤としても認可されている。しかし、年により収獲果に緑斑が残ることもあり広く普及するに至っていない。このように、生理的落果と内生植物ホルモンの関係はかなり明らかになってきているが、いまだ不明な点が多い。

本論文では、カキの開花後3～5週間頃の早期落果を対象として、落果に及ぼす外的要因を解析するとともに、内生植物ホルモンについては、離層形成に関与するといわれるエチレン及びオーキシンと落果との関係を検討した。更に、それらの結果に基づいて植物生長調節剤による落果防止技術を検討した。

1. 生理的落果に及ぼす外的要因の解析

- (1) 果実の発育に伴う果径の変化を差動トランスを用いて連続的に測定した結果、着果した果実では日変化をしながら順調に増大した。しかし、落果した果実では落果の5～6日前から肥大量が停滞した。したがって、果実肥大の面から判断すると、落果の原因は落果の5～6日前に生じていた(第1図)。
- (2) 生理的落果に係わる外的要因のうち、日照、窒素栄養、土壤水分及び葉果比について、それらの要因が生理的落果及び果実肥大に及ぼす影響を調査するとともに、その発生限界条件を検討した。

まず、日照については、日射量を自然光の約60% ($142\text{cal}/\text{cm}^2/\text{day}$) に減じた一重遮光区では落果率、果実肥大とも対照区と差がなかったが、日射量を約30% ($71\text{cal}/\text{cm}^2/\text{day}$) に減じた二重遮光区では、落果率が遮光後11日目まで93.3%に達し(第2図)、果実肥大も対照区の1/2に減少した。

窒素栄養については、生理的落果時期(6月10日頃)の葉の窒素含有率が2.08%(対乾物)と窒素欠乏状態であったN0ppmで落果率が高かった。しかし、N50ppm区とN150ppm区では落果率に差は認められなかったことから、生理的落果の時期における葉の窒素含有率が約2%以下の欠乏状態にならない限り、窒素栄養が生理的落果に及ぼす影響は小さいと判断した。

土壤水分については、乾燥処理では3日以内に全て落果したが、その時の葉の水ポテンシャルは晴天日の13:00～14:00で -23.7bar と自然条件では余り起こり得ない値であった。また、湛水処理では12日間根部を浸漬しても落果は影響されなかった。

葉果比については、葉を対照区の1/3に摘除し、葉面積を対照区の1,650 cm^2 /果を550 cm^2 /果に減少させても、処理後12日目までは落果は増加しなかった。しかし、13日目以降摘葉処理区の枝が二次伸長し始めた時に、落果が急増した(第3図)。この時点での果実肥大量は対照区と大差なかった。

各外的要因の生理的落果の発生限界条件を示すと以下ようになる。生理的落果時期の葉の窒素含有率が約2%以下;葉の水ポテンシャルは -23.7bar (晴天日13:00～14:00);湛水期間は約12日間継続;日射量は自然光の30%以下の $71\text{cal}/\text{cm}^2/\text{day}$ の日が5～6日間継続。しかし、自然条件下では各要

因が複合して作用しており、これらの限界条件に達する以前に落果は誘起されることになる。

2. 生理的落果に対するエチレンの役割

- (1) カキ果実の生理的落果とエチレンとの因果関係を明らかにするため、樹上の果実にエチレン捕集用の容器を取り付け、果実を採取せずにエチレン発生量を継続的に測定する方法を考案した（第4図）。同方法によるエチレン発生量の測定は、減圧抽出法による果実内エチレン濃度と高い相関関係があり、生理的落果とエチレン発生量との関係を検討するのに有効な方法であることを認めた。
- (2) カキ果実の生理的落果と内生エチレンとの因果関係を明らかにするため、開花後3～5週間の果実を対象に種々の処理を行い、果実のエチレン発生量の推移と落果との関係を調査した。

まず、無遮光、遮光及び土壌乾燥処理樹の果実では、落果の0.5～1日前から急激にエチレン発生量が多くなり、落果直前の発生量は150～300nl/果/0.5hに達した（第5、6図）。しかし、それ以前のエチレン発生量は少なく、着果果実と差がなかった。

次に、エチレンの前駆物質である1-アミノシクロプロパン-1-カルボン酸（ACC）液を施与した結果、果実のエチレン発生量は無処理果より増加し、特に5,000ppm処理果では無処理果の50～150倍に増加した（第7図）。しかし、ACCのいずれの濃度処理果実でも落果はみられなかった。エチレン抑制剤のアミノエトキシビニルグリシン（AVG）を施与した果実のエチレン発生量は、無散布果に比べて明らかに低かったが、落果には影響がみられなかった（第1表）。また、500ppmAVG液を数回施与し、果実のエチレン発生量をほぼ完全に抑制しても落果は起こった（第8図）。このことは、果実のエチレン生成を抑制しても離層形成は進んでいることを示唆している。

以上の結果から、エチレンは落果に伴って発生するもので、生理的落果の誘因とは考え難かった。

3. 生理的落果に対するオーキシンの役割

- (1) カキ果実の離層部をはさんで頂部側の果頂部と基部側のへた部に α -ナフタレン酢酸(NAA)を施与し、生理的落果及び果実肥大について調べた。頂部側の果頂部にNAAを施与すると落果は抑制され、基部側のへた部に施与すると落果が促進された。これらNAA施与の影響は特に遮光樹で著しかった(第2表)。へたの一部を除去したり、果梗部を環状剥皮すると生理的落果は多発したが、それらの果実の果頂部にNAAを施与すると生理的落果は抑制された(第3表)。

摘葉処理樹において、落果が処理12日目以降に急増した(第3図)のは、果実肥大の低下によるものではなく、枝の二次伸長に伴う芽のオーキシン活性の増大によるものと推察された。そこで、新梢の頂芽にNAAを施与した結果、生理的落果が増加した(第4表)。これらの結果は、離層部を中心に頂部側組織のオーキシン活性が高いと落果が抑制され、逆に、基部側組織のオーキシン活性が高い場合に落果が促進されることを示していた。

- (2) 離層を中心に頂部側の果肉部と基部側のへた部のオーキシンの濃度及びその濃度勾配が生理的落果の誘因であるかどうかを明らかにするため、自然の生理的落果における内生オーキシン濃度の変化を調査した。

自然状態の生理的落果の波相と果実のインドール酢酸(IAA)濃度の推移を検討した結果、満開後10日目の落果ピークの4日前に、離層をはさんで頂部側の果肉部のIAA濃度が急激に低下し、逆に基部側のへた部のIAA濃度が急激に上昇し、その濃度差は最も大きくなった。その後、果肉部のIAA濃度は徐々に上昇し、逆にへた部のIAA濃度は徐々に低下し、その濃度差は落果が減少するにつれて小さくなっていることが認められた(第9図)。また、遮光処理樹での処理前後のIAA濃度を調査した結果、対照樹に比べて、果肉部のIAA濃度が著しく減少し、へた部と果肉部のIAAの濃度差が対照樹の4倍になっていた(第5表)。

このように、果肉部及びへた部のIAA濃度の急激な変化、並びにそれによって生じる果肉部とへた部のIAA濃度勾配差が、生理的落果の誘因と密接な関係のあることが認められた。

4. 植物生長調節剤の利用による生理的落果防止技術

- (1) 果肉中のオーキシン活性を高めることにより生理的落果が抑制された。そこで、オーキシン活性物質の中から現在使用できる可能性のあるインドール酪酸 (IBA) を用いて落果防止試験を行った。即ち、IBAを粘着部分に含ませたテープを試作し、このテープを開花後10日目の‘平核無’の果実の果頂部に貼付したところ、生理的落果は抑制された(第10図)。また、処理果実について収穫後に品質調査を行った結果、対照果と差がなく、処理による悪影響はなかった。
- (2) 近年新しい植物生長調節剤として注目されているブラシノライド (BR) はオーキシンと相乗効果があるといわれている。また、BRがネーブルオレンジの着果に効果があるという報告もあり、生理的落果に対する影響を検討した。‘平核無’を供試し、0.1ppmBR液を開花前3日目から開花後20日目まで時期別に果実に施与したところ、開花前3日目処理が生理的落果を抑制することが認められた(第11図)。

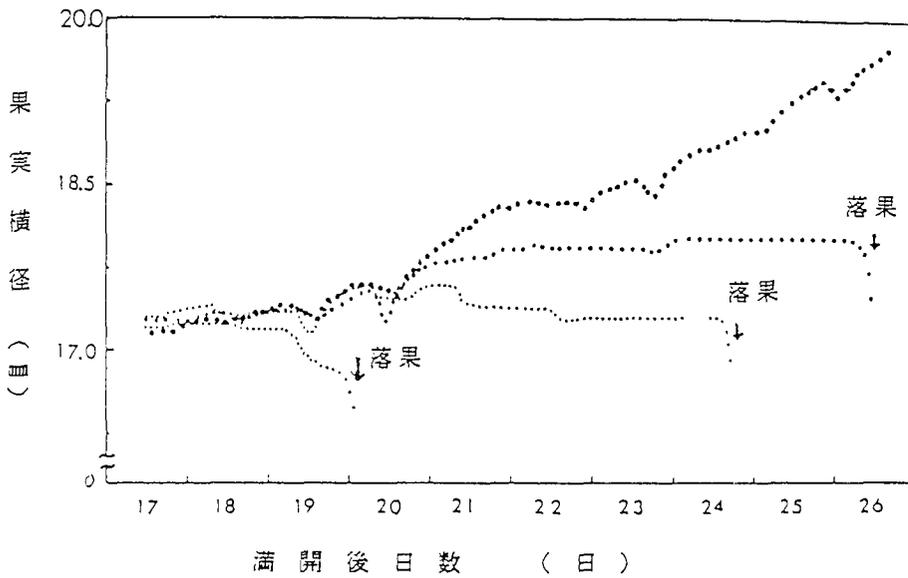
5. まとめ

本研究において、カキの生理的落果は、落果する5～6日前に最初の原因が生じ、その後、果実肥大が低下し、落果に至ることが明らかになった。落果に影響する外的要因としては、日射量の減少が最も大きく、自然光の30%に制限した71cal/cm²/day下で5～6日間継続すると90%以上落果した。

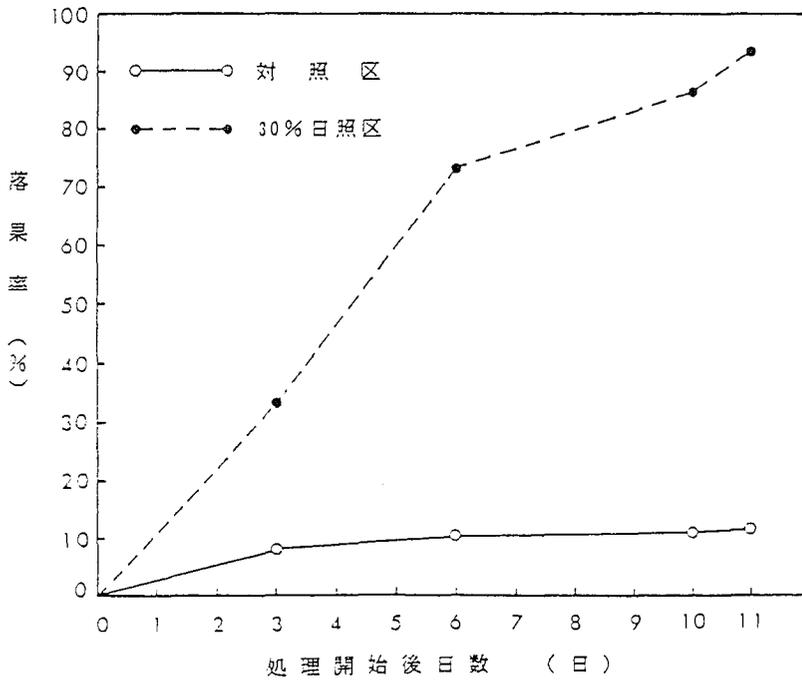
エチレンは落果に伴って発生するもので、生理的落果の誘因ではないと考えられた。即ち、果実からのエチレン発生量は、落果する0.5～1日前から急激に増加するが、落果の誘因が生じる落果5～6日前の発生量はほとんどみられなかった。また、AVGでエチレン発生量を完全に抑制しても、落果は生じた。

生理的落果は、離層を中心に頂部側の果肉部のオーキシン活性を高めたときに抑制され、逆に、基部側のへた部のオーキシン活性を高めたときに促進された。その現象は、自然状態の落果における果肉部とへた部の内生IAA濃度の変化でも認められた。即ち、離層を中心にオーキシン活性が頂部側組織よりも基部側組織で高くなるのが、落果の最初の誘因である可能性が高い。

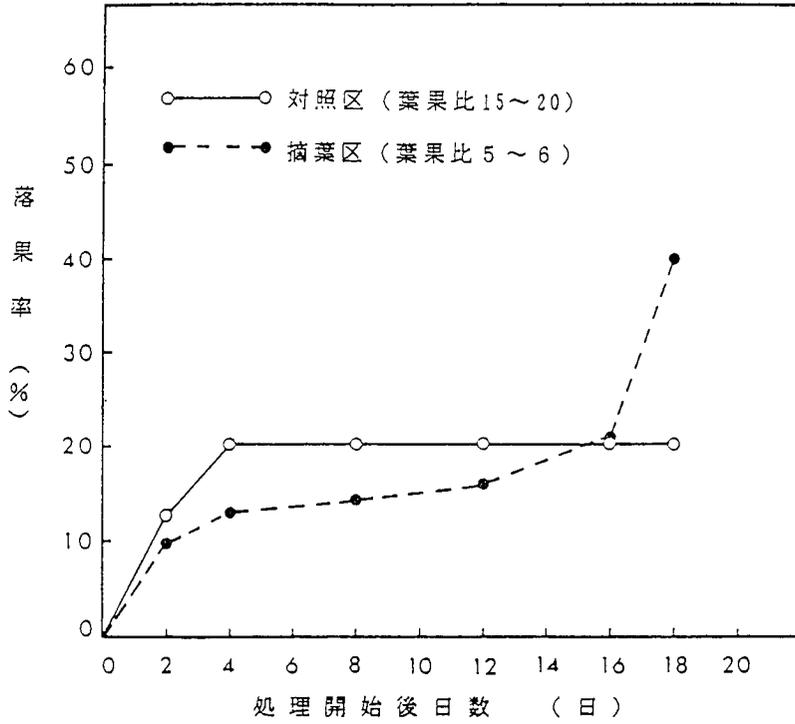
その結果は、IBAテープによる新たな落果防止技術の可能性を明らかにした。



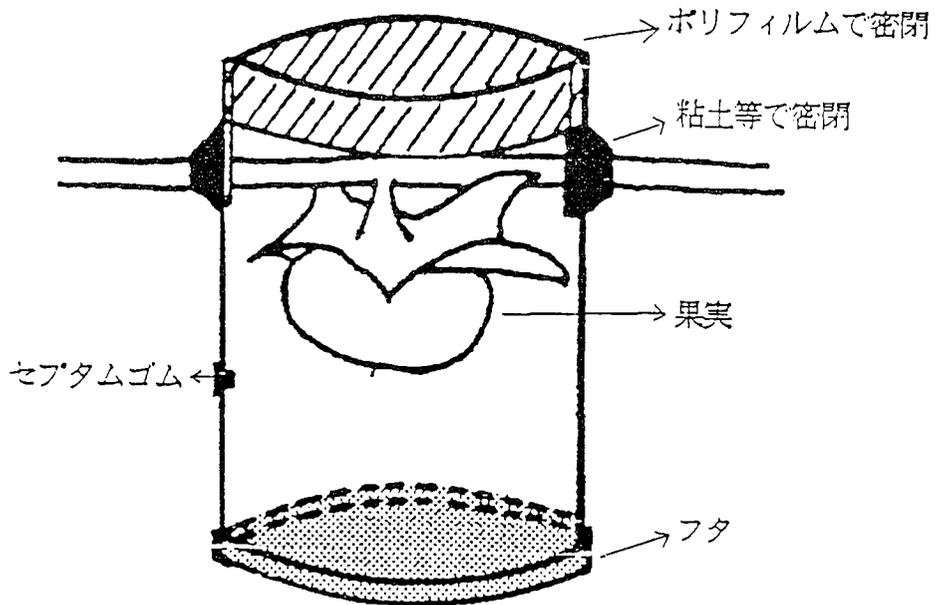
第1図 果実の発育に伴う果径の日変化と落果との関係



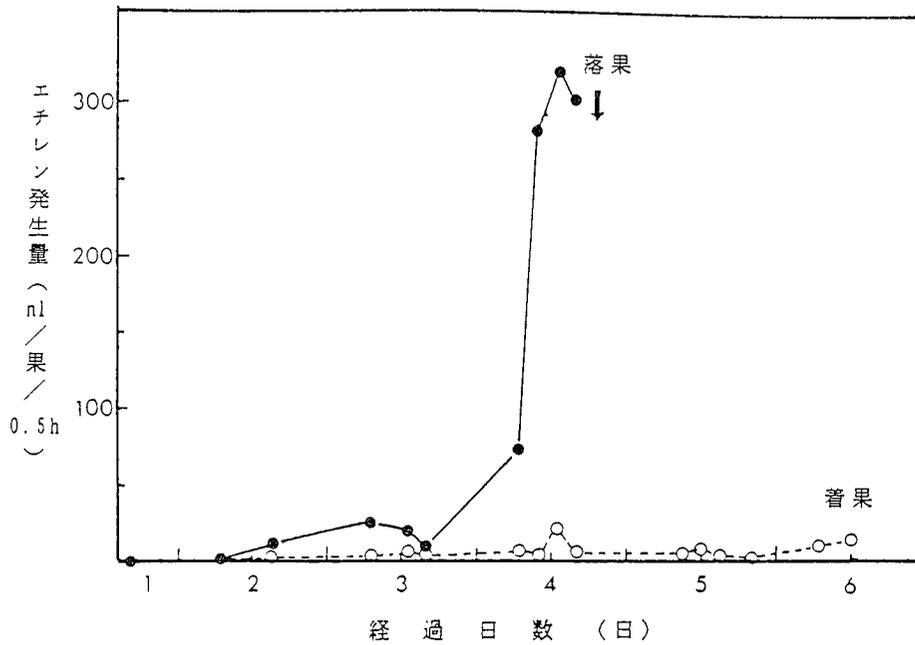
第2図 遮光処理が落果に及ぼす影響



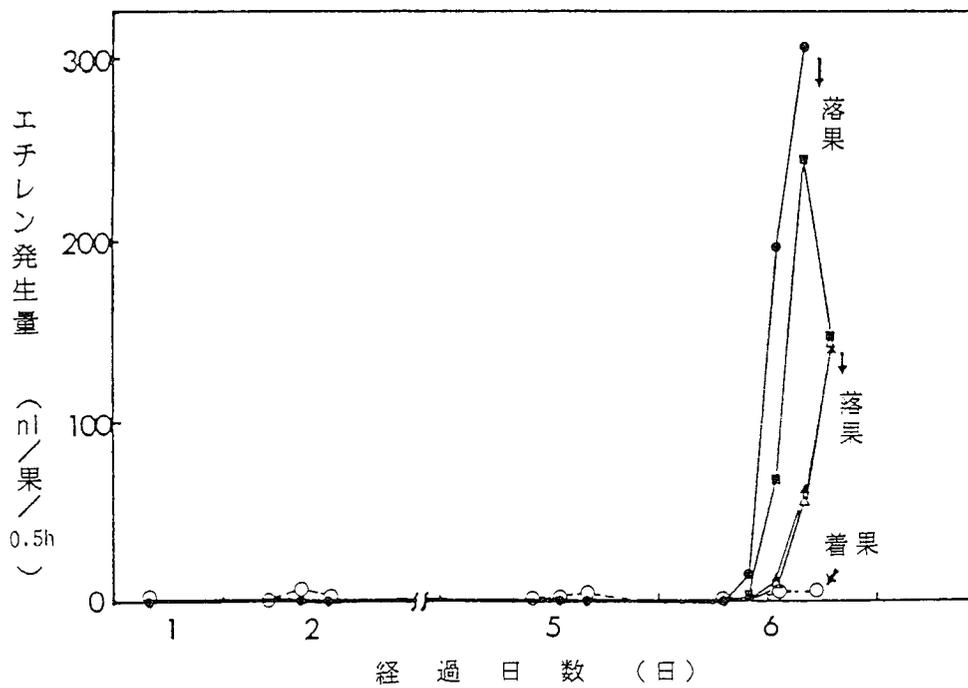
第3図 摘葉処理が落果に及ぼす影響



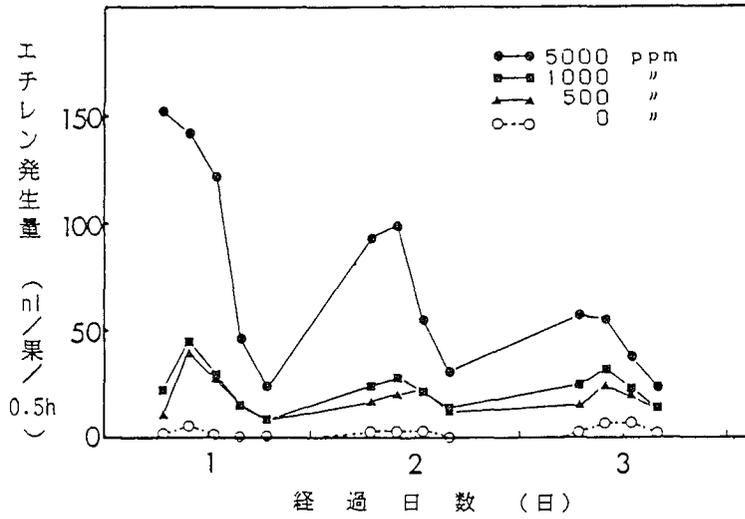
第4図 樹上果実からのエチレン発生量の測定模式図



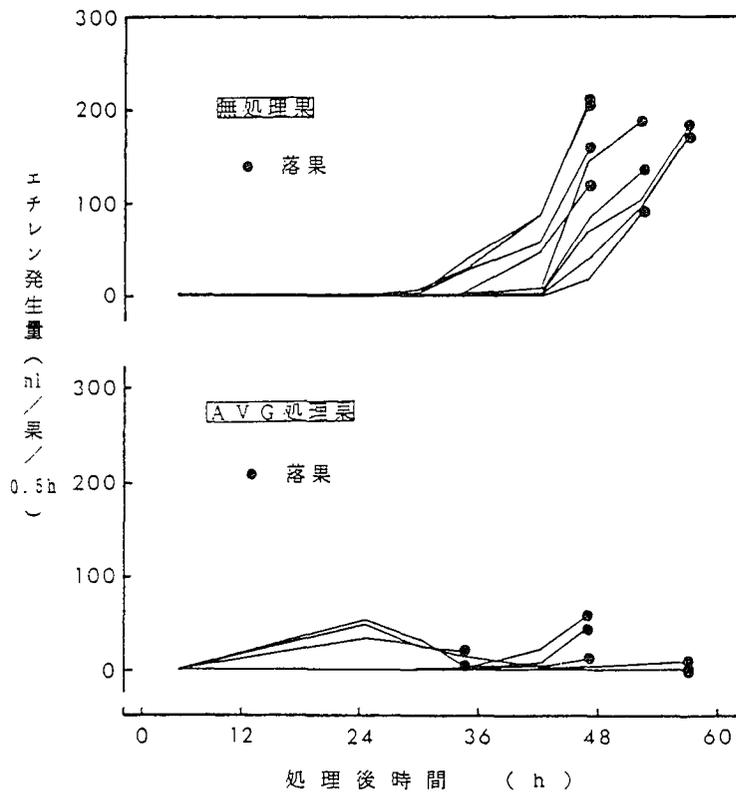
第5図 果実のエチレン発生量と落果との関係



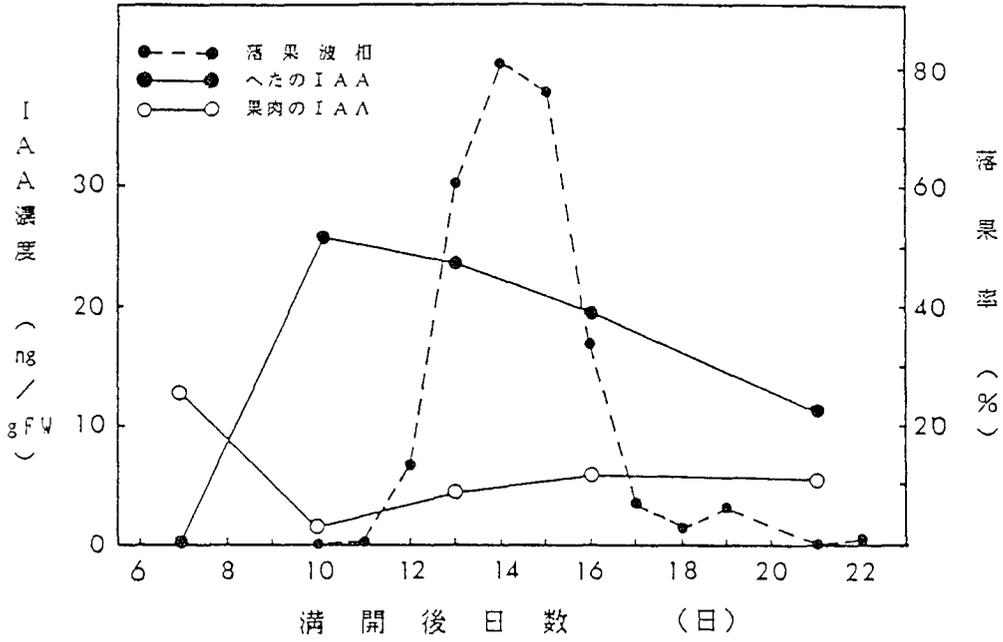
第6図 遮光処理樹の果実のエチレン発生量と落果との関係



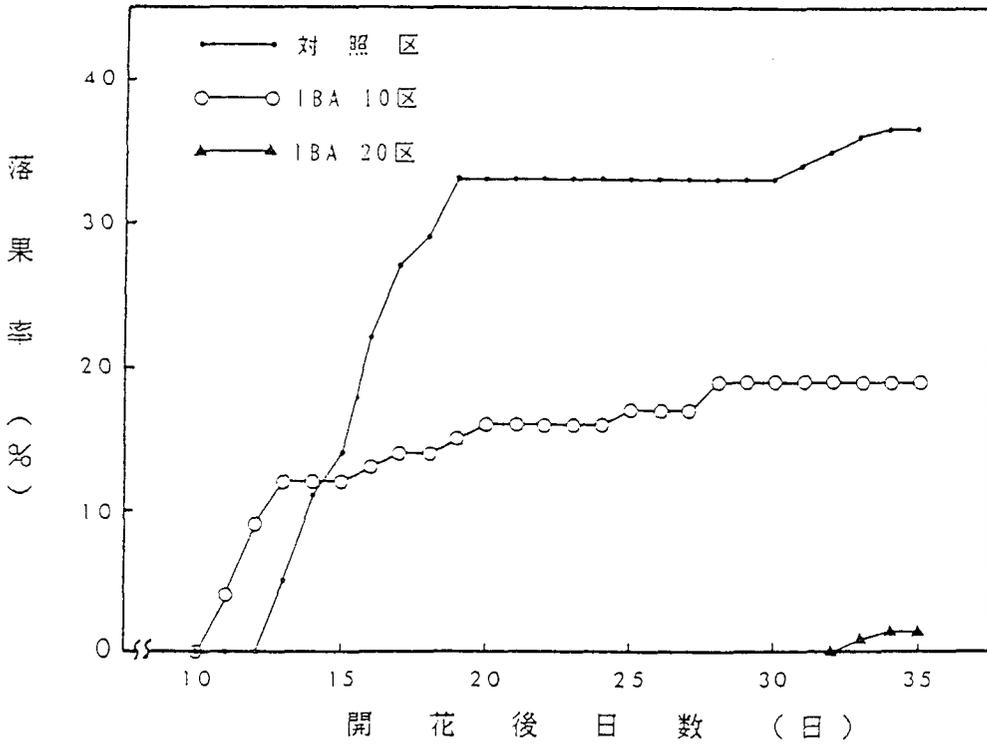
第7図 ACC施与果のエチレン発生量と落果との関係
('松本早生富有')



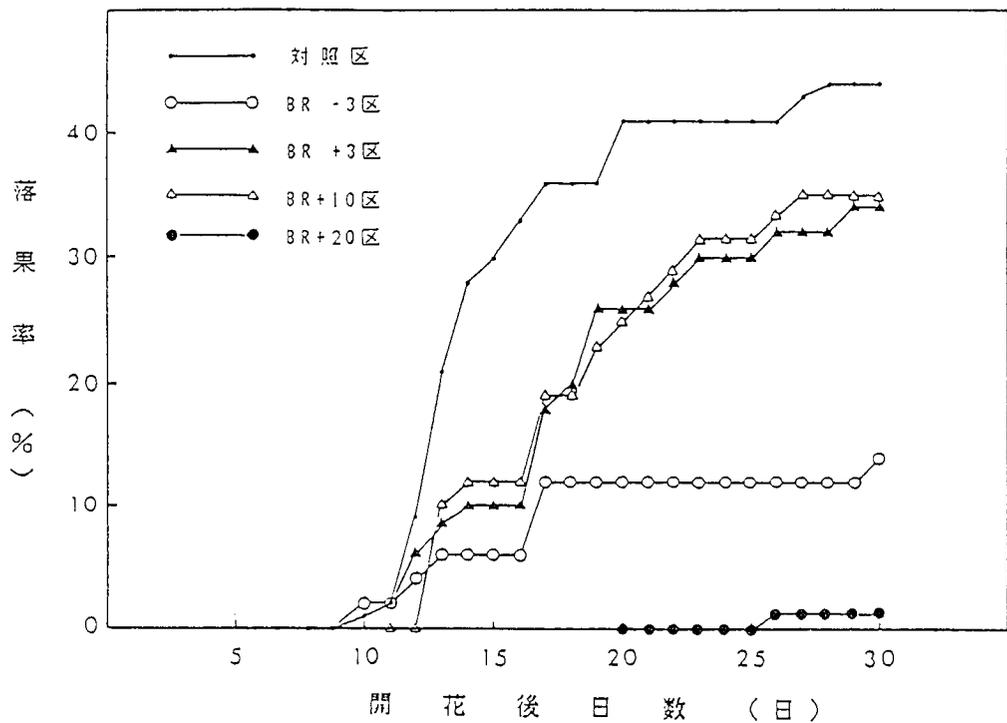
第8図 AVG処理が果実のエチレン発生量と落果に及ぼす影響 (遮光樹)



第9図 落果波相と果実のIAA濃度の推移



第10図 IBAの果頂部施与が落果状態に及ぼす影響



第11図 BR施与が落果状態に及ぼす影響

第1表 遮光及びAVG施与が落果に及ぼす影響

処理後日数	遮光樹		無遮光樹	
	AVG	対照	AVG	対照
0	0	0	0	0
ニチレン発生 量 (nl/果/0.5h)	1	0	0	2.0
2	0	0	0	2.3
6	0	51.5	0	1.8
7日後の落果率 (%)	82.6	81.8	29.4	23.5

第2表 遮光及びNAA施与が落果に及ぼす影響

日照処理	N A A 施与部位	供試果数 (個)	落果数 (個)	落果率 (%)
無遮光	対 照	30	0	0
	へ た 部	30	5	16.7
	果 頂 部	30	0	0
	へ た 部 + 果 頂 部	30	2	6.7
遮 光	対 照	30	11	36.7
	へ た 部	30	26	86.7
	果 頂 部	30	1	3.3

第3表 へた片除去及び果頂部へのNAA施与が果実肥大と落果に及ぼす影響

処 理	供試果数 (個)	落果数 (個)	落果率 (%)	果実肥大量* (横径: mm/day)
対 照	14	1	7.1	0.60
へた片除去	14	4	28.6	0.44
へた片除去 + 果頂NAA	14	1	7.1	0.48

* 処理期間中の平均値。

第4表 頂芽へのNAA施与が果実肥大と落果に及ぼす影響

	供試果数 (個)	落果数 (個)	落果率 (%)	果実肥大量* (横径: mm/day)	R L° (sec/cm)
対 照	24	2	3.3	0.72	2.7
頂芽NAA	24	17	70.8	0.60	2.8

* 処理期間中の平均値。

° 処理期間中、13:00~14:00のRLの平均値。

第5表 遮光処理が果実のIAA濃度に及ぼす影響

時 期	日 照	I A A 濃 度 (ng/gFW)			落果率 (%)
		果肉	へた	へた/果肉	
処理時 (6月12日)	無遮光	9.7	14.4	1.5	
	遮光	8.1	9.8	1.2	
7日後 (6月19日)	無遮光	10.1	20.0	2.0	23.5
	遮光	2.2	17.5	8.0	81.3

審査結果の要旨

カキは隔年結果性が強く、また、生理的落果が激しいことから、収穫量の年変動が大きい果樹である。カキの最終着果率は全開花数の40~60%と高く、生理的落果の程度が収穫量に与える影響が大きく、栽培上大きな問題となる。本論文では、カキの開花後3~5週間頃に発生する早期落果を対象として、落果に及ぼす外的要因を解析するとともに、内生植物ホルモンについて、特に離脱に関与するとされるエチレン及びオーキシンと落果との関係を検討した。さらに、それらの結果に基づいて植物生長調節剤による落果防止技術を検討した。

カキ果実の初期発育を連続的に測定した結果、落果した果実では落果の5~6日前から発育が停滞し、落果の誘因はそれ以前に生じていた。生理的落果に係わる外的要因のうち、日射量、窒素栄養、土壌水分及び葉果比について、それらの要因が果実の肥大及び生理的落果に及ぼす影響を明らかにするとともに、その発生限界条件を明らかにした。生理的落果と内生エチレンとの因果関係を明らかにするため、果実を採取せずに樹上の果実のエチレン発生量を継続的に測定する方法を考案し、エチレン発生量と果実内エチレン濃度との間に高い相関関係があることが認められた。日射量や土壌水分を調節した条件下での果実でエチレン発生量を調べ、落果直前から急激にエチレン発生量が多くなることが認められた。エチレンの前駆物質の1-アミノシクロプロパン-1-カルボン酸 (ACC) によって果実のエチレン発生量は増加したが、落果には影響はみられなかった。エチレン抑制剤のアミノメトキシビニルグリシン (AVG) によって果実のエチレン発生量は減少したが、落果は抑制されなかった。エチレンは落果に伴って発生するもので、生理的落果の誘因とは考え難いことが認められた。生理的落果に対するオーキシンの役割について、果実の離層部を中心に頂部側の果頂部に α -ナフタレン酢酸 (NAA) を施与すると落果は抑制され、基部側のへた部に施与すると落果が促進された。自然状態や日射量調節下での生理的落果における果肉部とへた部の内生インドール酢酸 (IAA) 濃度の推移を調べた結果、離層部を中心に果肉部のIAA濃度が低下し、逆に、へた部のIAA濃度が上昇して、その濃度勾配差の拡大が、生理的落果の誘因と密接な関係のあることが認められた。オーキシン活性物質を含む粘着テープを試作し、開花後10日頃の果実の頂部に貼附することによって生理的落果を抑制することが確認された。

以上のように本論文はカキの生理的落果に関与する外的ならびに生理的要因を明らかにし、それに基づいて生理的落果の防止技術の可能性を明らかにした。よって審査員一同は、本論文は農学博士の学位を授与するに値する内容であると判定した。