

Bendroquinoneによる二十世紀ナシ の摘花(果)に関する研究

田辺賢二・林 真二・伴野 潔
村山信美・生橋 巧

緒 言

果樹栽培における摘果(花)作業は、果実の発育促進、品質向上、樹勢維持および隔年結果防止のために必要な栽培管理の一つである。この作業は、短期間に労力を多く必要とし、人工授粉、袋かけなどの管理とならんで、経営規模の拡大を阻む大きな要因の一つとなっている。そのため、生産現場においては摘果(花)作業の省力化を図り、生産性を向上させるための薬剤摘果(花)の技術開発が強く望まれている。

リンゴ、モモ、カキおよびミカンでは、それぞれデナポン、ピーチシン、NAA、フィガロンが摘花効果のあることが認められ、すでに広範な研究が行なわれ、実用的な技術として確立されたものもある。^{3,7,8,9)}しかし、二十世紀などの日本ナシでは、栃木、群馬、新潟、広島および鳥取の諸県で種々の薬剤による摘果(花)が検討されてきたが、まだ実用的な摘果(花)剤は見い出されていない。

一方、鳥取県では二十世紀の芽条変異株とみなされる自家結実性を有する二十世紀樹(品種名おさ二十世紀)が発見され、人工授粉作業の省力と開花期の天候不良による結実不良を解消するため、本品種への改植が急速に進みつつある。しかし、このおさ二十世紀は、人工授粉を必要としない代わりに、着果過剰のため摘果に多くの労力を必要とし、その摘果(花)剤の開発が急務となっている。

ナシ産地における以上のような事情から、約10年前より摘果(花)剤に関する研究が本研究室で続けられ、塩野義製薬製造のナフトキノ誘導体で黄色色素の bendroquinone (2-benzimidoyl-3-hydroxy-1,4-naphthoquinone)¹⁾ が摘花剤として有望であることが明らかにされた。本研究室におけるこれまでの研究結果によれば、bendroquinoneが二十世紀に対して低濃度で作用し、葉害や収穫果実への影響もほとんどなく実用化の可能性のあることが指摘されている。²⁾しかし、その作用機構についてはまだ不明な点が多く残されている。

ところで、摘花剤を使用する開花期から結実期にかけては、花の発育および内生生長調節物質の動きは活発である。摘花剤がこれらにおよぼす影響を把握することは、作用機構を知る手がかりとなるだけでなく、安定した摘花効果および安全な使用方法を検討する上でも有用なことと考えられる。

本研究は、二十世紀の開花期における子房および花梗の発育と生長調節物質におよぼす bendroquinone の影響を調べ、その落花の機構を生理学的、組織学的に解明しようとしたものである。

※ 鳥取大学農学部園芸学研究室

※※ 鳥取大学農学部附属農場

※※※ 鳥取県果実農業協同組合連合会

第1章 ‘おさ二十世紀’における bendroquinone の摘花効果と落花の様相

日本ナシ二十世紀の芽条変異と見られる自家結実性の高い個体が発見され、‘おさ二十世紀’と命名、昭和54年に種苗登録された。それ以来、鳥取県では新植、高接ぎ更新などの方法でその栽培面積が急速に増加しつつある。

本章では、実際におさ二十世紀成木に bendroquinone を処理し、散布適期および濃度を検討するとともに、落花の様相を調査した。

1. 材料および方法

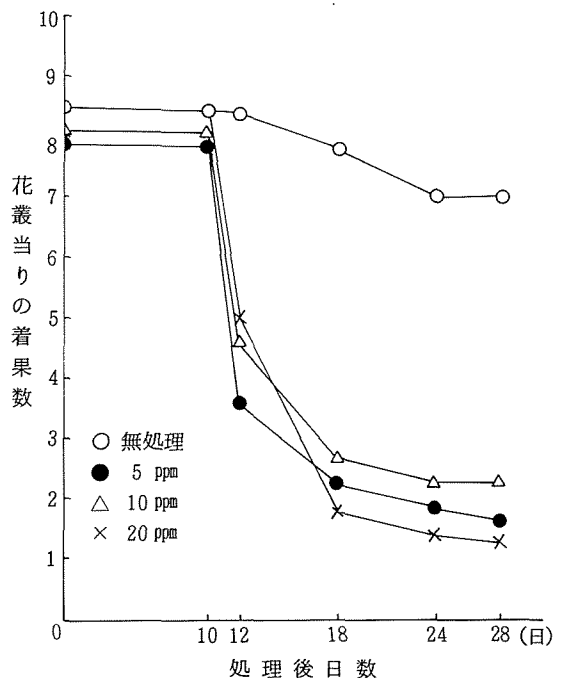
青谷町小林園の15年生おさ二十世紀樹を供試し、花の発育ステージが5～6分咲き期と満開期に、bendroquinone 5, 10 および 20ppm をそれぞれ20花叢に小型噴霧機を用いて散布処理し、3週間後の着果数を調査した。つぎに、本学農場の9年生二十世紀樹を供試し、bendroquinone 処理による落花の様相を調査した。すなわち5番花開花日の午前中に授粉を行ない、午後5, 10 および 20ppm の bendroquinone をそれぞれ50花叢ずつ小型噴霧機を用いて散布処理を行った。処理後0, 10, 12, 18, 24 および 28日目に落花状況を調査した。

2. 結果および考察

おさ二十世紀に対する bendroquinone の摘花効果を調査した結果は、第1表に示すとおりである。5～6分咲き時処理では、どの濃度とも摘花効果はきびしく、残存花を持たない花叢（空房）の発生が著しく多かった。一方、満開期処理では、10 および 20ppm ともに空房の発生が多かったのに対し、5ppm ではその発生は少なく、1花叢当りの残存花数1～3花が68.8%と良好な結果を示した。

つぎに、落花の様相をみたところ第1図に示すようであった。どの濃度とも開花後10日ころまでは着果しており、無処理の果実とはほぼ同様な発育を示した。その後12日ころから急激な落花がおり、24日後には終了した。

したがって、本剤による落花は不受精に



第1図 Bendroquinone 散布処理後における花叢当りの着果数の変化

よる落花とは明らかに様相が異なり、落果を引きおこす要因は他にあると考えられた。

第1表 おさ二十世紀における bendroquinone の摘花効果

処 理	摘花率 (%)	空房率 (%)	1 花 叢 当 り の 残 存 花 数 (%)								
			1	2	3	4	5	6	7	8 以上	
5 ppm	79.6	36.3	31.8	13.6	4.5	0	0	0	4.5	9.3	
5 ~ 6 分咲時 10	96.8	80.7	11.5	7.8	0	0	0	0	0	0	
20	99.5	95.3	4.7	0	0	0	0	0	0	0	
5 ppm	67.3	3.4	27.5	31.0	10.3	3.4	17.6	3.4	0	3.4	
満 開 時 10	88.1	48.3	22.5	19.3	6.4	0	3.5	0	0	0	
20	89.9	58.0	25.8	6.4	6.4	0	0	0	3.4	0	

第2章 ‘二十世紀’の子房および花梗の発育におよぼす bendroquinone の影響

過去にリンゴの摘花剤として使用されていたDNアセテート剤や石灰イオウ合剤は、柱頭を直接害して授粉・受精を阻害し、落果を誘起することが知られている³⁾。しかし、bendroquinoneは前章で示したように授粉・受精した後、落果を誘起する摘花剤であると考えられる。

そこで、bendroquinone処理によって落花が誘起されるまでの子房と花梗の重さおよび径を測定し、その発育におよぼす影響を調査した。

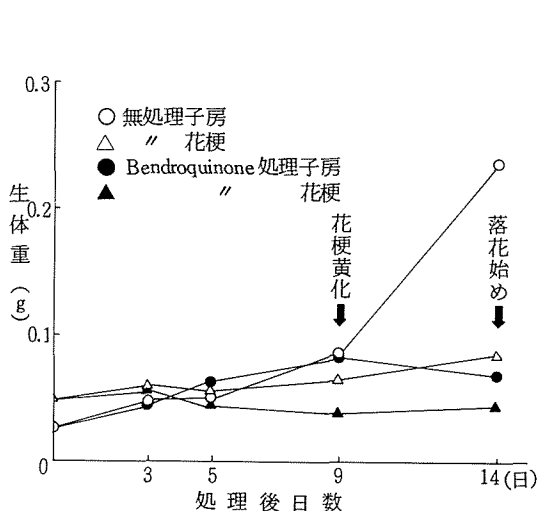
1. 材料および方法

セメントポットに栽植された6年生二十世紀樹を供試し、子房および花梗の発育におよぼす bendroquinone の影響を調査した。花叢内のすべての花に授粉した後、翌日 bendroquinone 25 ppm 溶液を小型噴霧機を用いて散布処理した。処理後0, 3, 5, 9および14日目に子房重、花梗重、子房径および花梗径を50花について測定し、無処理花と比較した。

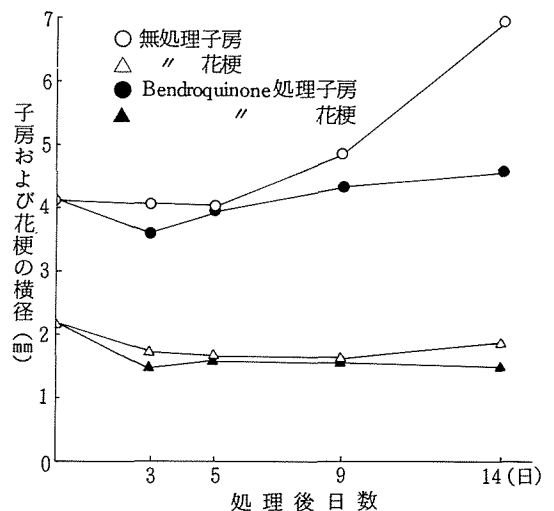
2. 結果および考察

Bendroquinone 処理が二十世紀の子房と花梗の発育におよぼす影響を調査した結果は、第2図と第3図に示すとおりである。花梗の発育をみると、bendroquinone 処理された花梗は5日目ころから無処理花に比べその発育が低下し、9日目以降には花梗の黄化が観察された。一方子房の発育は、処理後9日目までは両者の間に大きな差異は認められなかったが、その後処理花では花梗の黄化に伴って、肥大が著しく抑制された。

以上のことから、bendroquinone は子房および花梗の発育を抑制し、落花を誘起する摘花剤であると考えられた。



第2図 二十世紀の子房および花梗の生長におよぼす bendroquinone 散布処理の影響



第3図 二十世紀の子房と花梗の肥大生長におよぼす bendroquinone 処理の影響

第3章 ‘二十世紀’の花の内生生長調節物質におよぼす bendroquinone の影響

Bendroquinone を摘花剤として使用する開花期から結実期にかけては、花の発育に伴い生長調節物質の動きは活発である⁴⁾ この動きを把握し、これに bendroquinone がどのように影響をおよぼすかを調査することは、作用機構を知る手がかりとなる。

そこで、bendroquinone 処理が子房中の生長調節物質の消長におよぼす影響を調査すると同時に、植物の器官離脱に関与するエチレンの発生量を測定し、落花との関連を検討した。

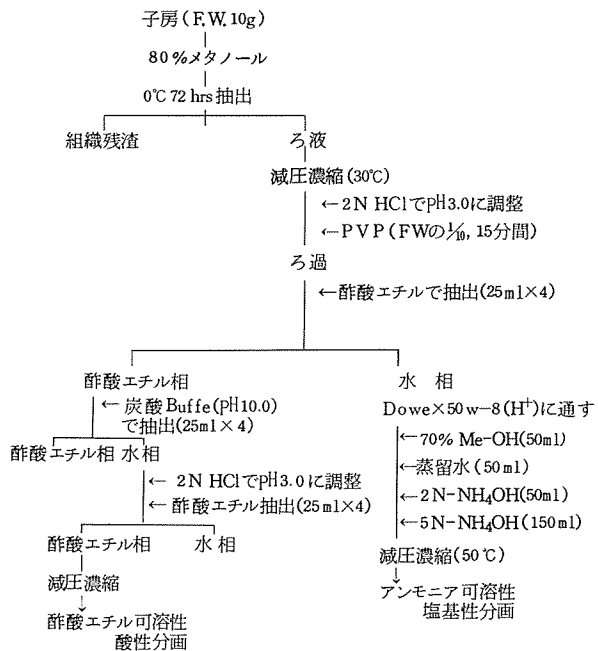
第1節 子房中の IAA、GA および ABA におよぼす bendroquinone の影響

主要なオーキシン類である IAA や GA は植物の生長に関係の深い植物ホルモンであり、ABA は植物の老化、とくに器官の離脱と休眠に関与する植物ホルモンであることが知られている⁵⁾ 摘花剤がこれら植物ホルモンにおよぼす影響として、Ebert と Bangerth はエサフォンをリングに使用した実験において、その摘花の機構は、IAA が子房中に蓄積することによるエチレン発生が原因であると報告している⁵⁾ しかし、GA や ABA におよぼす影響を報告している例はまだみられない。

そこで、bendroquinone 処理が開花期から落花までの子房中の IAA、GA および ABA におよぼす影響を調査し、落花との関連を検討した。

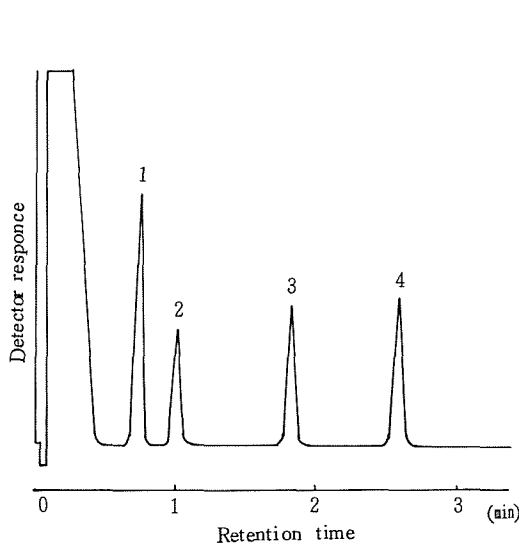
1. 材料および方法

大型コンクリートポットに栽植された6年生二十世紀樹を供試し、子房中の生長調節物質におよぼす bendroquinone の影響を調査した。満開時に花叢内のすべての花に授粉した後、翌日 bendroquinone 25 ppm 溶液を小型噴霧機を用いて散布処理した。処理後 0, 3, 5, 9 および 14 日目に子房 10 g を採取し、直ちに 80% 冷メタノールを加えてホモジナイザーにかけた。80% 冷メタノールで 72 時間抽出した後、第 4 図に従い酢酸エチル可溶性酸性分画を得、メチルエステル化した後、IAA は日立製 163 ガスクロマトグラフ (FTD) によりまた ABA は島津製 GC-3 BE ガスクロ



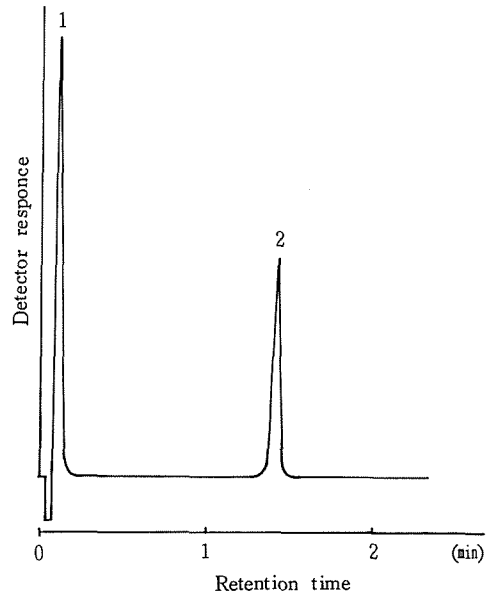
第 4 図 生長調節物質の分離、抽出方法

マトグラフ (ECD) を用いて同定と定量を行なった。また、GA 様物質については、新鮮重 1 g 相当量の酢酸エチル可溶性酸性分画をペーパークロマトグラフ (展開溶媒, イソプロピルアルコール: アンモニア: 水 = 10 : 1 : 1) によって展開後, オオムギ胚乳検定法により測定した。なおガスクロマトグラフによる IAA および ABA の測定条件は第 5, 6 図のとおりである。



第 5 図 IAA のガスクロマトグラム

検出器 FTD
 カラム 1m × 3mm ϕ ガラスカラム
 充填剤 シリコン OV-17 80/100メッシュ
 カラム温度 220 $^{\circ}$ C
 検出器温度 220 $^{\circ}$ C
 キャリアガス He 40 kg/cm 2
 H $_2$ 0.9 kg/cm 2
 空気 3.3 kg/cm 2
 ピーク 1, 2, 4 未確認 3 IAA



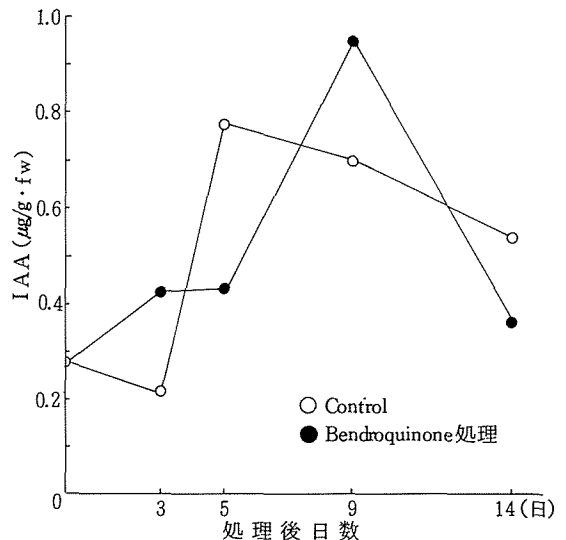
第 6 図 ABA のガスクロマトグラム

検出器 ECD
 カラム 1mm × 3mm ϕ ガラスカラム
 充填剤 シリコン 60~80メッシュ
 カラム温度 220 $^{\circ}$ C
 注入温度 210 $^{\circ}$ C
 キャリアガス He 1.2 kg/cm 2
 ピーク 1. He 2. ABA

2. 結果

Bendroquinone 処理が子房中の IAA 量におよぼす影響を調べた結果は第 7 図に示すとおりである。処理花では生体重 1 g 当たりの IAA 含量は、処理後 9 日目に最高の 958.3 ng に達し、その後 14 日目まで減少した。一方無処理花では 5 日目に最高の 733.3 ng に達しその後は処理花と同様に 14 日目まで減少した。しかし、処理、無処理間における一定の傾向は認められなかった。

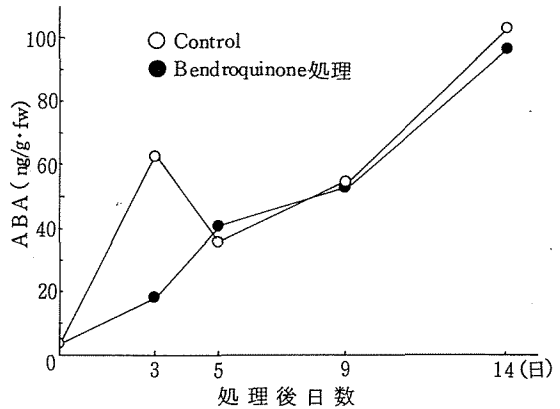
Bendroquinone 処理が子房中の ABA 量におよぼす影響を示すと第 8 図のとおりである。



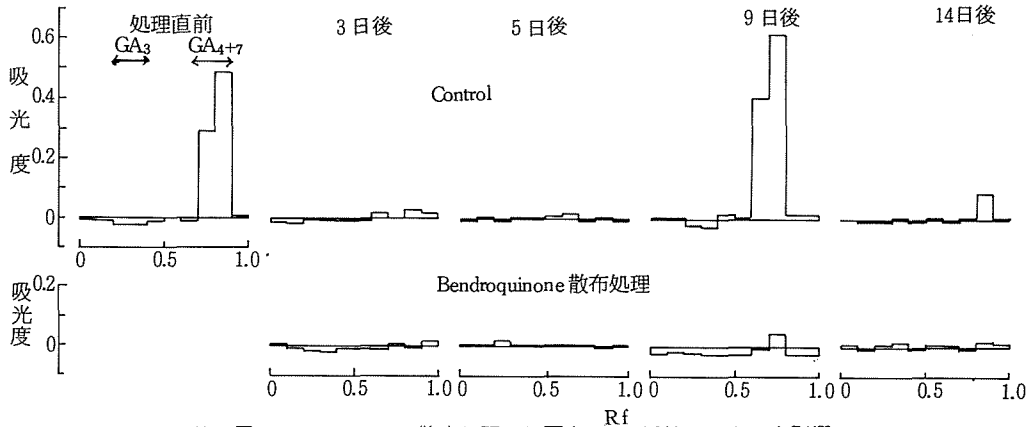
第 7 図 二十世紀の子房中の IAA 含量におよぼす bendroquinone の影響

生体重 1 g 当たりの ABA 含量は、処理後 3 日目に処理花で 18.8 ng、無処理花で 63.7 ng と差異が認められたが、5 日目からは両者とも漸増し、処理間であまり大きな差異は認められなかった。

つぎに、bendroquinone 処理が子房中の GA 様物質の活性におよぼす影響を示すと第 9 図のとおりである。無処理花では授粉の翌日（図では 0 日）の Rf 0.8~0.9 に高い活性が認められ、また 9 日目の Rf 0.7~0.8 にも高い活性が認められた。しかし、処理花ではこのよ



第 8 図 二十世紀の子房中の ABA 含量におよぼす bendroquinone の影響

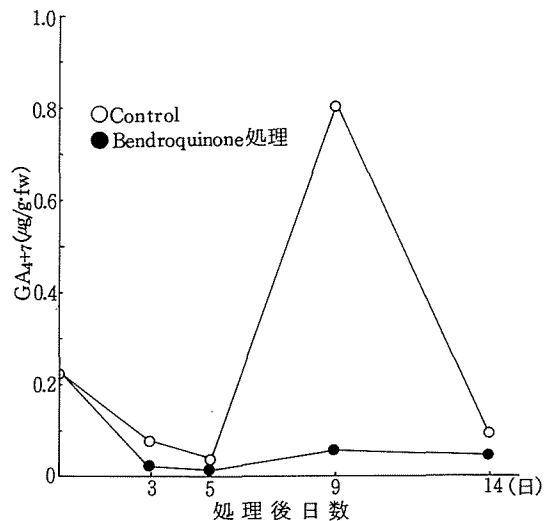


第 9 図 Bendroquinone 散布処理が子房中の GA 活性におよぼす影響
展開溶媒 イソプロピルアルコール：アンモニア水：水 = 10 : 1 : 1

うな高い活性は認められなかった。上記のヒストグラムにもとづき、Rf 0.6~1.0 の活性を生体重 1 g 当たりの GA₄₊₇ 相当量に換算した結果を示すと第 13 図のようである。処理花、無処理花ともに処理後 5 日目まで減少したが、9 日目において無処理花で急激な増加を示し、最高値 806 ng に達した。しかし、処理花では増加は認められずつねに低いレベルであった。

3. 考 察

子房中における主要なオーキシン類である IAA 含量の動きは、bendroquinone 処理花および無処理花で同様な傾向を示した。一方、



第 10 図 Bendroquinone 散布処理が二十世紀の子房中の GA₄₊₇ 様物質含量におよぼす影響

EbertとBangerthが報告⁶⁾しているような、子房中におけるIAAの蓄積も認められなかった。したがって、Bendroquinoneは子房中におけるIAA生成には直接関与していないと考えられた。ABAについても処理花および無処理花の子房中含量に差異は認められず、IAAと同様落花に直接関与していないものと考えられた。

一方、子房中のGA様物質の活性およびGA₄₊₇含量は処理により顕著な低下が認められた。このことからGAがbendroquinone処理による落花に何らかの関連を有しているものと考えられた。

第2節 Bendroquinoneが花のエチレン生成におよぼす影響

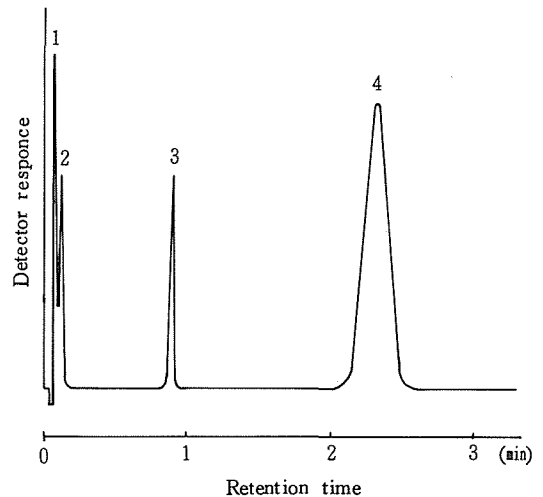
落果(花)、落葉に代表される器官の離脱は、離層細胞の崩壊—離層形成によっておこり、それらはエチレンの生理作用にもとづくことが明らかにされている。ミカン産地ではこのエチレンの生理作用を応用し、NAA⁷⁾やフィガロン⁸⁾を散布することによる薬剤摘果が実用化されている。

一方、bendroquinone処理の場合、落花の様相は離層形成にもとづくものとはかなり異っているが、葉においてエチレンの生理作用である上偏生長とよく似た現象が観察される。

そこで、bendroquinone処理による落花にエチレンが関与しているかどうか確かめるために落花までの花叢の内生エチレン量を測定した。

1. 材料および方法

コンクリートポットに栽植された6年生二十世紀樹を供試し、花叢のエチレン発生におよぼすbendroquinoneの影響を調査した。満開時の午前中に花叢内のすべての花に授粉を行ない、午後bendroquinone 50 ppm溶液を小型噴霧機を用いて散布処理した。処理後0, 1, 3, 7および12時間目に、さらに処理後12日目まで24時間おきに花叢を採取し、エチレン量を2通りの方法で測定した。花叢から発生するエチレン量は、1花叢の生体重を測定した後水挿して1.6ℓ容プラスチック容器に入れて密閉し、20℃の恒温器に3時間入れた後、注射器でヘッドガスを2ml採取し、日立製0631ガスクロマトグラフ(検出器FID)を用いて測定した。組織内のエチレン量は、1花叢の生体重を測定した後水中におき10分間減圧吸引し、水と置換放出された組織内ガスを水上置換採取し、容量を測定した後エチレン濃度を測定した。なお、エチレンのガスクロマ



第11図 エチレン(C₂H₄)のガスクロマトグラフ

検出器 FID
 カラム 1m×2.8mmφ ステンレスカラム
 充填剤 活性アルミナ 60/80メッシュ
 カラム温度 50℃
 検出器温度 70℃
 注入温度 110℃
 キャリアーガス N₂ 0.4 kg/cm²
 H₂ 0.6 kg/cm²
 空気 1.5 kg/cm²
 ピーク 1. N₂ 2. O₂ 3. C₂H₄ 4. 未確認

トグラフによる測定条件は第11図のとおりである。

2. 結 果

Bendroquinone 処理が二十世紀花叢の処理直後におけるエチレン発生におよぼす影響は第12図に示すとおりである。花叢からのエチレン発生量は、処理後3時間目に処理花叢で増加するのが観察され、最高値8.39 nlに達し、無処理花叢との間に差異が認められた。しかしそれ以降においては両者に大きな差異は認められなかった。一方、組織内エチレン量は、無処理花叢で授粉後に減少したのに対し、処理花叢では緩慢に増加し、処理後7時間目に最高値0.84 nlに達した。

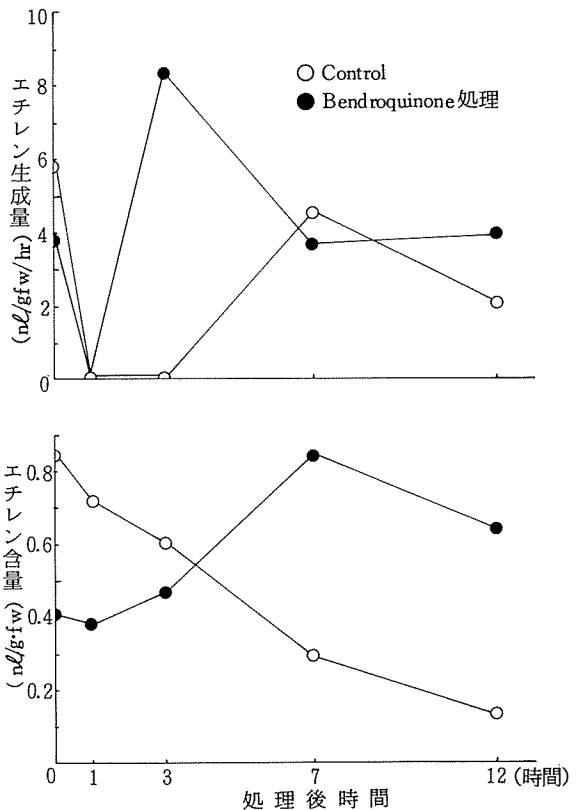
つぎに、bendroquinone処理によって落花が認められる12日目までの花叢のエチレン発生量を測定した結果は第13図と第14図に示すとおりである。

花叢からのエチレン発生量は、処理花叢で落花の始まる12日目に最高値4.79 nl、無処理花叢では10日目に最高値5.64 nlに達した。ま

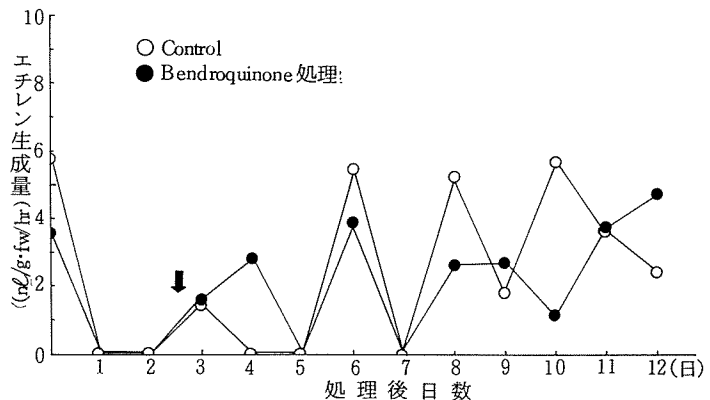
た、全体の傾向として、5日目以降無処理花叢の方が高い傾向であった。一方、組織内エチレン量についてみると、処理花叢で処理後11日目に最高値18.74 nl、無処理花叢では2日目に最高値21.16 nlを示した。しかし、組織内エチレン含量および発生量いずれの動きからも、bendroquinone処理による落花に結びつくような傾向は認められなかった。

3. 考 察

bendroquinone処理後3時間目に組織内エチレン量の急激な増加が認められたが、これは50 ppmという高濃度散布の結果であると考えられ、ストレスによるエチレン発生であると思われた。落花が始ま

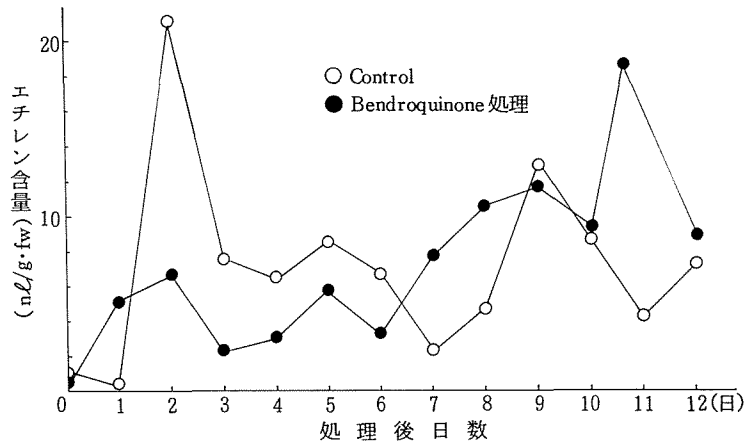


第12図 Bendroquinone 散布処理が花叢のエチレン生成におよぼす影響



第13図 Bendroquinone 散布処理が花叢のエチレン生成におよぼす影響
※矢印は葉の下垂時期を示す

るまでのエチレン発生量には処理と無処理の間で大きな差異は認められなかったが、ただ処理花叢で落花開始1日前(処理後11日)に組織内エチレン量の増加が認められた。しかし、無処理花叢においても授粉2日後に、処理花叢で11日後に認められた量とほぼ同程度



第14図 Bendoquinone 散布処理が花叢内エチレン含量におよぼす影響

の増加が認められたものの、その後において落花は観察されなかった。このことから上記の処理花叢でのエチレンの増加は、落花を引きおこすのに有効な濃度に達していないと解釈され、処理によるエチレン生成が落花の誘因になるとは考えられなかった。

一般に、エチレンが器官の離脱に関与する場合、離層細胞層に作用しセルラーゼ、ペクチナーゼなどの細胞壁を分解する酵素の活性を高めることにより器官の離脱を促進することが知られている。温州ミカン⁷⁾、カキ⁹⁾では200~400 ppmのNAAが幼果期に散布されると、高濃度のオーキシンによるエチレン生成が誘導され、その結果として離層が形成されるといわれている。しかし、bendoquinoneの場合は、花梗が黄化し、ついで褐変萎凋した後落花し、離層形成による落花とは明らかに様相が異なる。したがって、bendoquinone 処理による落花は、処理によるエチレン生成の誘導にもとづくものではないと考えられた。

第4章 GAの花梗塗布処理がbendroquinoneの摘花効果におよぼす影響

第3章において、bendroquinone処理によって子房中のGA活性が低下することが明らかとなり、これが処理による落花に結びつくのではないかと推察した。

そこで本章では、bendroquinoneの散布処理前後にGAを花梗に塗布した場合、処理による落花が誘起されるかどうかを調べた。

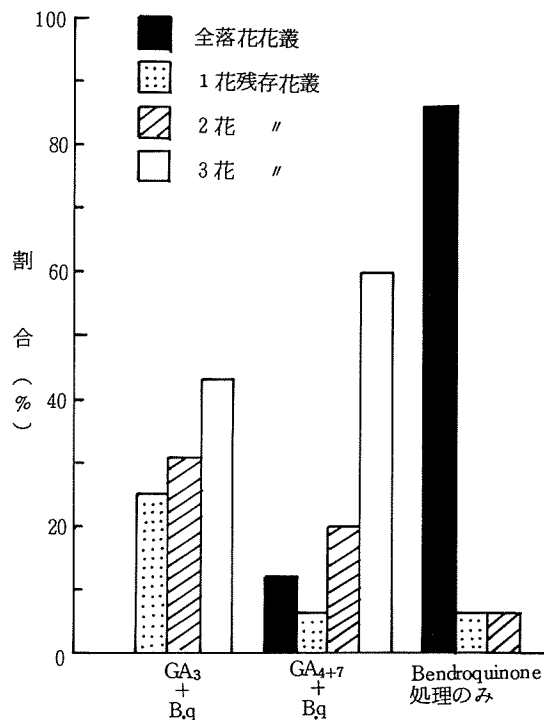
1. 材料および方法

本学農場の16年生二十世紀樹を供試し、GAの花梗塗布がbendroquinoneの摘花効果におよぼす影響を調査した。1花叢を4～6番花で開花ステージのそろったもの3花に制限した後、授粉を行った。翌日bendroquinone 25 ppm溶液を小型噴霧機を用いて散布処理し、15花叢ずつGA₃とGA₄₊₇のランリンペースト(0.3%)を花梗に塗布処理した。なお、無処理区については、授粉後15花叢にbendroquinone処理のみを行った。この結果は落花が完全に終了した処理後3週間目に調査した。

つぎに、bendroquinone処理前後におけるGA花梗塗布処理の影響を調査するためつぎのような処理を行なった。授粉およびbendroquinone処理日に開花しそうな花に2日前と1日前からあらかじめGAランリンペースト(2.7%)を花梗に塗布処理した。開花日の午前中に授粉を行ない、午後bendroquinone 25 ppm溶液を小型噴霧機を用いて散布処理した。一方bendroquinone散布処理後の0, 6時間後および2日後にもそれぞれGAを花梗に塗布処理する処理区も設けた。なお、各処理は、4～6番花の開花ステージのそろった3花に制限した10花叢について行ない、対照区は授粉だけを行なった。この結果は、落花が完全に終了する3週間後に調査した。

2. 結果

GA₃およびGA₄₊₇のランリンペースト(0.3%)の花梗塗布処理が、bendroquinoneの摘花効果におよぼす影響を調査した結果は第15図に示すとおりである。授粉後bendroquinone処理した区では、きびしい摘花効果が認められ、1花も着果していない花叢(空房)が86



第15図 GAペーストの花梗塗布処理がbendroquinoneの摘果効果におよぼす影響

%にも達した。それに対し、GA₃およびGA₄₊₇の花梗塗布処理区における空房率は、それぞれ0%と12%できわめて低かった。一方、1花の落花もなく3花すべてが着果した花叢をみると、GA₃塗布処理で43%、GA₄₊₇塗布処理で60%も認められ、bendroquinoneの作用が強く抑制されていることがうかがわれた。第16図に示すように、GAを塗布処理し着果した幼果はすべて有てい果であった。

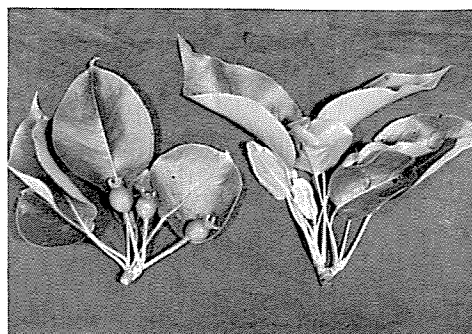
つぎに、bendroquinone 処理前後におけるGA花梗塗布の影響を調査した結果は第2表に示すとおりである。GAをあらかじめ塗布処理しておくか、またはbendroquinone処理直後に塗布処理を行なった区では、落花が抑制され着果率も60%前後であった。それに比べbendroquinone処理後6時間および2日にGAを塗布処理した区では、そのGAの効果はあまり認められず、とくに2日後塗布では着果率が16.6%と低く、bendroquinoneの摘花効果への影響はほとんど認められなかった。

3. 考 察

GAの花梗塗布によってbendroquinoneの摘花効果は明らかに抑制された。GAの中でもGA₃に比べGA₄₊₇の方が、その抑制効果が高い傾向にあった。また、bendroquinone処理前後におけるGAの花梗塗布の結果から、処理後6時間経過してからGAを塗布してもbendroquinoneの摘花効果はそれほど抑制されなかった。このことは、散布処理されたbendroquinoneは6時間以内に組織中に浸透し作用しはじめていることを示すものと考えられた。

一方、GAを花梗に塗布処理した花は、着果後すべてが有てい果となった。この結果は従来有てい果は、開花時から受精直後にGAレベルが高い場合に発生するといわれていることを証明することにもなる。

いずれにせよ本結果は、bendroquinone処理による落花の誘起は子房中のGA活性低下と関係していると考えられた第3章の結果を強く支持するものである。さらに、bendroquinoneを摘花剤として使用するようになった場合、GAの処理方法を検討することにより、空房の発生を防止し、花叢内で必ず残る花を保障する手段が開かれる糸口となるものと考えられる。



GA(2.7%)花梗塗布 + Bendroquinone 散布
Bendroquinone 散布

第16図 Bendroquinoneの摘果効果におよぼすGA花梗塗布処理の影響

第2表 Bendroquinone 処理前後におけるGA花梗塗布の影響

GA 処理時期	1 花叢当りの残存花数(%)				着果率 (%)
	3	2	1	0	
2 日 前	43.4	13.0	17.3	26.0	57.9
1 日 前	30.0	30.0	20.0	20.0	56.6
処 理 直 後	40.0	20.0	20.0	20.0	60.0
6 時 間 後	20.0	10.0	10.0	60.0	30.0
2 日 後	12.5	0	37.5	50.0	16.6
Cont (GA, Bq無処理)	77.7	11.1	11.1	0	88.0

第5章 ‘二十世紀’花梗組織の発達におよぼす bendroquinone の影響

これまでの結果から、GAがbendroquinoneの摘果効果に関与していることが明らかとなった。一般に、GAは通導組織の分化、発達に関与し、また第2章で述べたように、落花の兆候としての花梗の黄化が観察されたが、これはGAレベルの低下に伴い花梗の通導組織の分化、発達が抑制されたためではないかと考えられる。

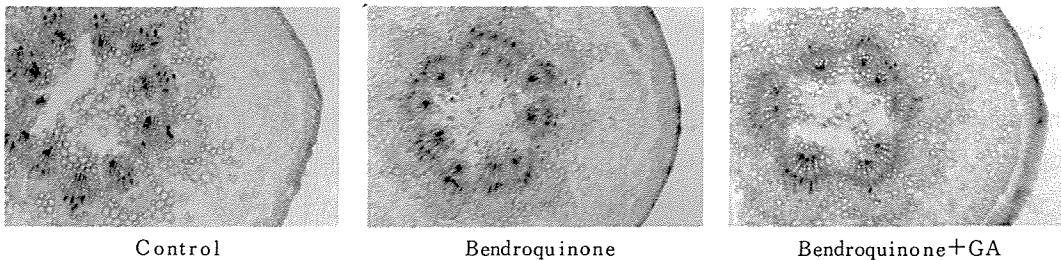
そこで本章では、花梗の通導組織の分化、発達におよぼすbendroquinoneの影響を組織学的に調査した。

1. 材料および方法

本学農場の16年生二十世紀樹を供試し、花梗組織の分化、発達におよぼすbendroquinoneの影響を調査した。処理区として、無処理（授粉のみ）、授粉+GA（2.7%）花梗塗布+bendroquinone 25 ppm溶液散布および授粉+bendroquinone 25 ppm溶液の3処理区とし、それぞれ15花叢について行った。花叢内のすべての花に授粉した後、翌日上記の処理を行なった。処理後0、3、5、9および14日目に各処理区から3花叢ずつ採取し、ただちにFAAで固定保存した。固定した試料は、一夜水洗し花梗中央部を氷結切片法により薄い切片とした。組織中のリグニン化も同時に観察するため、花梗切片をフロロゲルシン塩酸溶液に5分間浸漬して染色した。その後、その切片をスライドガラス上におきグリセリン・ゼラチン液で包埋し、光学顕微鏡下（10×4）で花梗組織を観察し、同時に写真撮影も行った。

2. 結 果

Bendroquinone処理およびGAの花梗塗布が花梗組織の分化、発達におよぼす影響を調べた結果は、第17図から第19図に示すとおりである。写真で赤紫色に染色されている部分は、木部通導組織にリグニンが存在していることを示している。bendroquinone処理花においては、処理後9日目までは無処理花と同様な通導組織の分化、発達が観察できた。しかし処理後14日目においては、通導組織の分化、

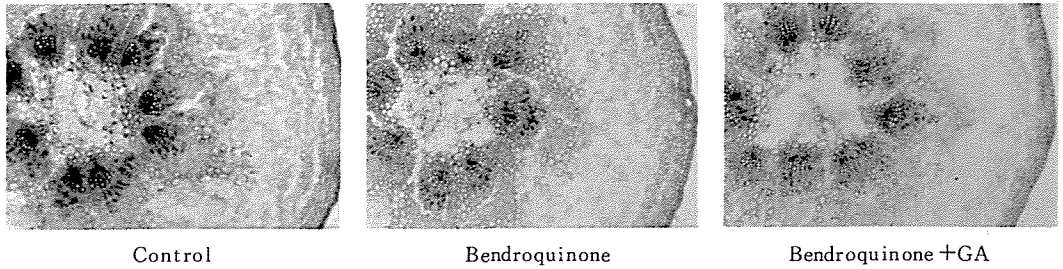


Control

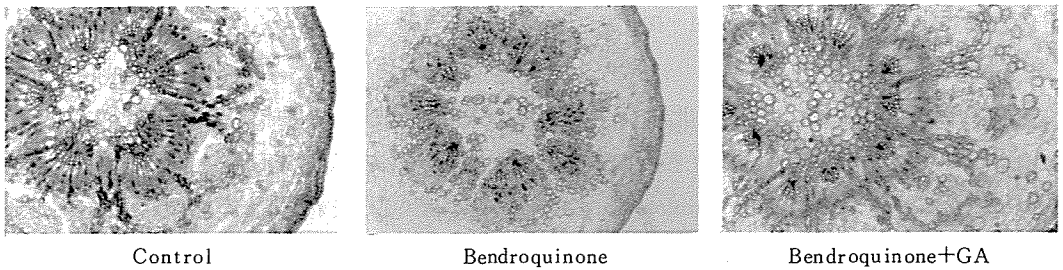
Bendroquinone

Bendroquinone+GA

第17図 二十世紀花梗組織の発達におよぼす bendroquinone 処理およびGA花梗塗布の影響（処理後3日目）



第18図 二十世紀花梗組織の発達におよぼす bendroquinone 処理
および GA 花梗塗布の影響 (処理後 9 日目)



第19図 二十世紀花梗組織の発達におよぼす bendroquinone 処理
および GA 花梗塗布の影響 (処理後 14 日目)

発達が著しく阻害されていた。一方、bendroquinone 処理 + GA 花梗塗布花では、無処理花と同様に、
通導組織が分化・発達しているのが観察された。

3. 考 察

Bendroquinone 処理によって花梗の通導組織の発達が顕著に抑制された。一方、bendroquinone
処理前に GA 処理をしておいた花においては花梗の通導組織の発達は無処理 (授粉のみ) とほぼ同じ
であった。したがって、bendroquinone 散布による落花は、花梗の通導組織の発達が抑制されること
により、受精後の子房の発育が不良となって落花をみるものと考えられる。さらに、通導組織の発達
抑制は、GA レベルの低下と密接に関係しているものと推測された。

第6章 ‘二十世紀’花梗のリグニン含量および フェニールアラニンアンモニアリアー ゼ(PAL)活性におよぼすbendroqui- noneの影響

リグニンの生合成にはフェニールアラニンアンモニアリアーゼ(PAL)が関与している。すなわち、PALはL-フェニールアラニンからケイ皮酸への反応を触媒し、リグニンやアントシアンなどのポリフェノール類の生合成に関与する重要な酵素である¹⁰⁾。

ところで、リグニンは花梗に限らず木部通導組織が発達している器官では必ず見られるものである。とくに、木部組織の分化、発達との関連性が強い。つまり、形成層の細胞が分裂を終え、細胞がそれぞれ特有の木部組織(仮道管、道管など)に分化して細胞壁に一次膜のS層が形成されるころになると、一次膜のすみからリグニンの形成(木化)が始まる。さらに、木部組織の発達に伴いリグニンの生成も増加する。

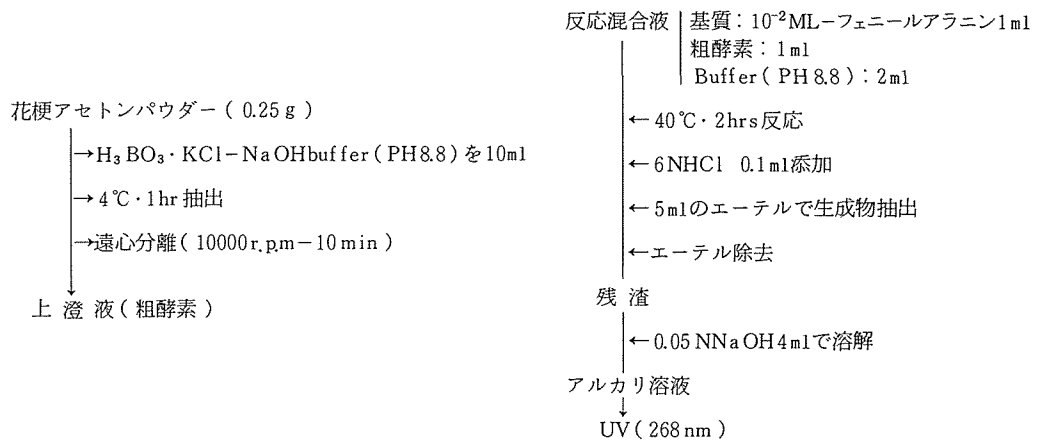
前章の結果より、bendroquinoneが花梗の通導組織の分化、発達を抑制していることが組織化学的な観察により明らかとなった。一方、花梗のリグニン含量を定量することにより、bendroquinone処理と通導組織の分化、発達との関係がより一層明らかになると考えられる。

そこで、花梗のリグニン含量を定量することにより、bendroquinone処理と花梗の木部組織の分化、発達との関連性を検討し、またリグニン生成に重要な関係をもつ酵素であるPALの活性との関係もあわせて検討した。

1. 材料および方法

コンクリートポットに栽植された6年生二十世紀樹を供試し、花梗のリグニン形成におよぼすbendroquinoneの影響を調査した。花叢内のすべての花に授粉した後、翌日bendroquinone 25 ppm溶液を小型噴霧機を用いて散布処理した。0, 3, 5, 9および14日目に花を採取し、花梗部を乾燥、粉碎した。この乾物をあらかじめソックスレー抽出器で6時間アルコール、ベンゼン(1:1)混合液による脱脂を行なった後、72%硫酸法によりリグニンの定量を行った。すなわち、脱脂試料1gを50 ml容ビーカーに採り、72%硫酸15mlを加え、よくかく拌した後、20℃で4時間放置した。その後これを1 l容三角フラスコ中に蒸留水560mlで洗い落とし、還流冷却器をつけて4時間煮沸した。これを、あらかじめ恒量を求めておいたガラスフィルター(1G3)で吸引口過し、乾燥・秤量して求めた。

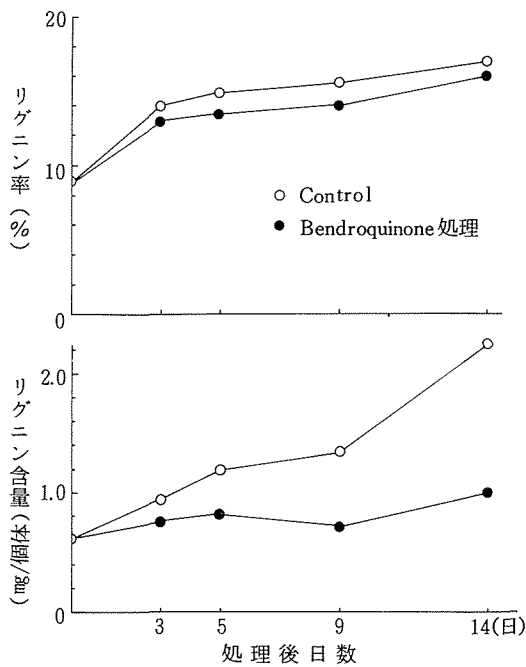
つぎに、コンクリートポットに栽植された6年生二十世紀樹を供試し、花梗のPAL活性におよぼすbendroquinoneの影響を調査した。花叢内のすべての花に授粉した後、翌日bendroquinone 25 ppm溶液を小型噴霧機を用いて散布処理した。処理後0, 3, 5, 9および14日目に花を採取し、花梗部のアセトンパウダーを得た。すなわち、アセトンパウダーは花梗10gに20倍量の冷アセトン(-20℃)を加え、粉碎、口過後減圧下で乾燥して得た。粗酵素の調製ならびにPAL活性の測定は、第20図の方法に従って行った。



第20図 P A L 活性の測定法

2. 結 果

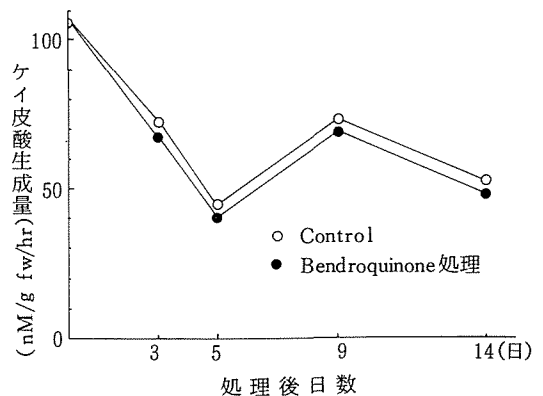
Bendroquinone 処理が二十世紀花梗のリグニン含量におよぼす影響をみた結果、第21図に示すとおりであった。リグニン率は無処理花の方が処理花より常に高く、その差は1%前後であった。花梗



第21図 二十世紀の花梗のリグニン含量におよぼす bendroquinone 散布処理の影響

1 個体当たりのリグニン含量は、無処理花において漸増し、実験終了時では 2.24 mg に達し、実験開始時に比べ 1.64 mg 増加した。一方、処理花のリグニン含量はほとんど増加せず、その増加量は無処理花の $\frac{1}{4}$ 以下であった。

つぎに、bendroquinone 処理が二十世紀花梗の P A L 活性におよぼす影響を調べた結果



第22図 二十世紀花梗の P A L 活性におよぼす bendroquinone 散布処理の影響

は第22図に示すとおりである。生体重1gで1時間あたりに生成されるケイ皮酸量は、処理花および無処理花ともに処理後5日目まで減少し、それぞれ41 nMと44 nMを示した。その後、両者とも増加を示し、9日目では処理後70 nM、無処理花73 nMに達し、再び14日目まで減少した。実験期間中をとおして両者に大きな差異はみられず、また同じような動きを示したが、常に無処理花が高い傾向にあった。

3. 考 察

リグニンを定量することは、木部組織の分化、発達を判定する上で有効な方法である。そこで、花梗のリグニンを定量した結果、bendroquinone 処理花ではほとんど増加しなかったのに対し、無処理花では順調な増加が認められた。この結果ならびに第2章の花梗の生長と第5章の通導組織の観察結果を考え合せると、bendroquinone 処理により木部組織の分化、発達が抑制されることが明らかである。

ChengとMarshはえんどうを使った実験で、GAと光の併用処理は、茎のPAL活性を増加させ、リグニン量も増加したと報告している¹¹⁾。本実験においても、このような傾向が認められた。しかし、bendroquinone 処理によって、GAレベルの低下が著しくあらわれたのに対し、PAL活性ではその低下はわずかな範囲に止まり、必ずしもGAレベルの低下と一致しなかった。ChengとMarshの実験結果によると、GA濃度には最適濃度があり、 10^{-4} MGAがPAL活性を増加させ、一方これより高濃度ではかえって阻害効果となることを報告している¹¹⁾。

第7章 総合考察

二十世紀の開花時に bendroquinone 処理を行なうと、処理後9日目ころから落花の兆候として花梗が黄化し、それに伴い子房の発育が抑制され、14日目ころから落花が認められた。このことから、bendroquinone は授粉、受精以外の場面に作用する摘花剤であると考えられた。

つぎに、生長ホルモンである IAA の子房中での動きについて bendroquinone 処理の影響をみると一定の傾向が認められなかった。しかし GA 量は処理により常に低下する傾向にあった。一方、老化ホルモンであり、植物の器官離脱に関与する ABA やエチレンの動きは、IAA と同様に、処理による一定の傾向は認められなかった。他方、GA を bendroquinone 処理前後に花梗に塗布処理すると、その摘果効果は顕著に抑制された。このことから、bendroquinone の作用機構には GA が関与していることが明らかになった。

一般に、GA は通導組織の分化、発達に関与するホルモンとして知られている⁵⁾。そこで黄化した花梗組織を観察すると、通導組織の分化、発達の抑制が認められた。また、通導組織の分化、発達に伴って増加するリグニンを定量すると、処理花は無処理花に比べその増加量はわずかであった。さらに、リグニン生合成に関与する PAL 活性は、わずかではあるが処理花で抑制されていることが認められた。すなわち、bendroquinone 処理による落花は、通導組織の分化、発達が阻害されることにより誘起されるものと考えられる。

以上のことより、bendroquinone 処理による落花の機構を推察するとつぎのようになる。すなわち、bendroquinone 処理により、まず花の GA 活性が低下し、これに伴いリグニン生合成にかかわる PAL 活性が低下する。その結果、通導組織の分化、発達が抑制され、子房への養水分供給が不十分となり、子房の枯死、ついで落花を来す。さらに bendroquinone は器官離脱や老化に関係する ABA やエチレンの増減には関係せず、花中の GA 生成に関与する作用機構をもつ新しい摘果剤であると考えられた。

摘 要

日本ナシ二十世紀について摘花(果)効果を有する bendroquinone についてその作用機構を明らかにするため、二十世紀の開花期に散布処理し、子房と花梗の発育・生長調節物質、リグニンと PAL 活性におよぼす影響を調べた。その結果を要約するとつぎのようになる。

- 1 Bendroquinone をおさ二十世紀に散布処理した結果、満開時での 5 ppm がそれよりやや低い濃度が適当と考えられた。また、落花の様相についてみると、濃度にあまり関係なく処理後2週間ころから落花が始まり、3週間後には終了することが認められた。
- 2 子房と花梗の発育におよぼす影響を調査した結果、花梗の発育は抑制され、処理後9日目には黄化が観察できた。この黄化に伴い、子房の発育が著しく抑制された。
- 3 生長調節物質の消長におよぼす影響を調査した結果、子房中の GA₄₊₇ 量は処理により常に低いレベルとなったのに対し、子房中の IAA と ABA 量および花叢のエチレン発生量には処理による一定

の傾向は認められなかった。

4 Bendroquinone 処理花の花梗にGAを塗布すると、その摘果効果は顕著に抑制された。GAの種類別にみると、GA₃よりGA₄₊₇の方が落花抑制の効果が強くあらわれた。また、GAによる摘果効果の抑制は、bendroquinone 処理前～直後で認められた。しかし、6時間以上経過してからの塗布処理では、ほとんどbendroquinone の効果は抑制されなかった。

5 花梗組織を観察したところ、bendroquinone 処理により、その木部通導組織の分化、発達が顕著に抑制されていた。また、処理花にGAを塗布し、落花をしなかった花の花梗では、正常な通導組織の分化、発達が観察された。

6 花梗のリグニン量とPAL活性を測定した結果、処理によりリグニン量の増加は阻害され、またPAL活性もやや抑制された。

7 以上の諸結果から、bendroquinone による二十世紀の摘花(果)効果は、エチレンが関与する離層形成によって誘起されるものではなく、GA活性の低下にもとづく花梗の通導組織の分化、発達抑制によるものと考えられた。

文 献

- 1) Yukinaga H. M. Ogata, H. Kano
Photochemical synthesis of 2-benzimidoyl-3-hydroxy-1,4-naphthoquinone and its analogus. A new type of plant growth regulator. (1973)
- 2) 行永寿二郎; 園芸学会昭和51年度春季大会発表要旨 32~33 (1976)
- 3) 西貞夫; 園芸作物とケミカルコントロール 家の光協会 pp.148~151
- 4) 小林章; 果樹園芸大要 養賢堂 pp.104~106
- 5) 増田芳雄. 勝見允行. 今関英雅; 植物ホルモン
- 6) A. Ebert and F. Bangerth; Scientia Horticulturae 16 343~356 (1982)
- 7) 広瀬和栄; 園芸学会昭和49年度春季大会発表要旨40~41 (1974)
- 8) 平井康市; 園芸学会昭和53年度春季大会発表要旨36~37 (1978)
- 9) 山村宏; 園芸学会昭和49年度春季大会発表要旨146~147 (1974)
- 10) 樋口陸昌; 樹木生化学 共立出版 pp.80~114
- 11) K. C. Cheng and H. V. Marsh; Plant Physiol 43 1755~1759 (1968)