

ウメの生産安定に関する研究

(課題番号 06660027)

平成6年度科学研究費補助金(一般研究C)
研究成果報告書

平成8年3月(1996)

研究代表者 松井弘之
(千葉大学園芸学部)

ウメの生産安定に関する研究

1996

研究代表者 松井 弘之
(千葉大学園芸学部)

成果報告書

1. 研究課題

ウメの生産安定に関する研究

2. 課題番号

06660027

3. 標題

平成7年度科学研究費補助金（一般研究C）

4. 研究代表者

松井弘之（千葉大学園芸学部・教授）

5. 研究経費

平成6年度	1,500千円
平成7年度	400千円
計	1,900千円

6. 研究発表

- 1) Paksasorn, A., M. Masuda, H. Matsui, H. Ohara and N. Hirata. 1995. Effect of fall ethephon application on bloom delay and fruit set in Japanese apricot (Prunus mume Sieb. et Zucc.). Acta Horticulturae 395:193-200.
- 2) Paksasorn, A., T. Hayasaka, H. Matsui, H. Ohara and N. Hirata. 1995. Relationship of polyamine content to ACC content and ethylene evolution in Japanese apricot fruit. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 63:761-766.
- 3) Paksasorn, A. 1995. Studies on bloom delay, induction of perthenocarpic fruit growth and control of fruit ripening in Japanese apricot (Prunus mume Sieb. et Zucc.). Chiba Univ. Doctoral Thesis, 1-168.

ウメの生産安定に関する研究

序

ウメの原産地は中国の北湖省や四川省あたりであり、日本に渡来したのは約2,000年前と考えられている。ウメは古くから花木や果樹として日本人に愛用されてきた。導入当初は早春に咲く花として、また香りの良いことから主に観賞用として愛用されていたが、果実に薬効のあることが判明して以来、薬として利用されるようになった。さらに「梅干し」、「梅酒」、「梅ジュース」、「梅ジャム」、「梅エキス」などとしての利用がしだいに増加してきた。また、最近では、健康食品ブームにより消費量が増大し、1983年には栽培面積14,500ha、生産量67,000tであったものが、1993年には栽培面積19,300ha、生産量96,000tと10年間で約33%も栽培面積が増加した。しかしながら、ウメの生産量は年次によって極めて変動が大きく、ウメ生産者の経営は著しく不安定である。

生産量の年次変動が大きくなる要因は種々あるが、その一つとしてウメの開花期が極めて早く、特に1月の気温が強く影響し、年によって開花期が一定しないことにある。すなわち、暖冬で早期に開花すると、訪花昆虫の種類や数が少ないだけでなく、その活動も鈍く、受粉・受精が円滑に行なわれないことが多い。また、例え受粉・受精が正常に行なわれたとしても、その後低温や遅霜に遭遇する機会が多くなる。さらに、他の果樹の場合と同様に、ウメも開花後の幼果は次第に耐寒性が低下し、低温に遭遇すると胚乳や胚が障害を受け、種子の発育が抑制され、単為結果性のないウメ果実は激しい生理落果を起こす。これが原因でウメ果実の生産は極めて不安定である。

また、ウメ果実は生食用には適せず全て加工され、しかも完熟前に収穫される。しかし、早期に収穫してもその後の日持ちが悪く、2～3日で着色・軟化する。また、ウメ果実は樹上にあっても成熟期になると急速に完熟する性質が強く、一定期間内に収穫せねばならないので、この時期に労力が集中する。これらがウメの栽培面積の拡大を妨げている。

そこで本研究では、植物生長調節物質を用いてウメの開花期を遅らせ、訪花昆虫の飛来も多く、活動も活発な時期に開花させ、また低温に遭遇する機会をできるだけ少なくするための(1)開花の遅延、低温遭遇後の種子の退化した果実を発育させるための(2)単為結果の誘起、さらに樹上果実や収穫後の果実の成熟を人為的に調節する

ための (3)成熟の制御の3方法によりウメの安定生産を図ることを目的として行なってきた。これらの研究は栽培学的、生理学的な面から追求したものであり、もとよりこの種の研究は長い年月を要するものであるが、文部省より助成を頂いた2年間でかなりの部分を明らかにすることができ、一部はただちに実際栽培に応用可能なまでにいたったことは、この文部省科学研究費に負うところ極めて大であり、深く感謝の意を表する。ここにそれらの成果をとりまとめて報告する次第である。

平成8年3月

研究代表者 千葉大学園芸学部
教授 松 井 弘 之

目 次

I. ウメの開花遅延	1
1. エスレルの散布時期と濃度が開花遅延に及ぼす影響	1
2. エスレルによる開花遅延の機構	2
II. ウメ果実の単為結果誘起	12
1. 果実および種子の生長と着果率	12
2. 果実の発育に伴う内生植物ホルモン活性の変化	14
3. n-Substituted phthalimide による単為結果の誘起	18
III. ウメ果実の成熟制御	23
1. 果実の発育に伴う ACCおよびポリアミン含量の変化	23
2. 収穫果中の ACCおよびポリアミン含量とエチレン発生量の変化	25
3. 樹上果に対する ACCおよびポリアミン処理が果実の成熟に及ぼす影響	26
4. 収穫果に対する ACCおよびポリアミン処理が果実の成熟に及ぼす影響	30
5. 収穫果に対するMGBG、AOA および AVG処理が果実の成熟に及ぼす影響	30
IV. まとめ	31
V. 引用文献	36

I. ウメの開花遅延

遅霜による生理落果を防止し、生産を安定させる目的から、化学物質、特に植物ホルモンを利用して開花期を遅延させる試みが多く、果樹類で行われてきた。Proebstingら(1976)は晩夏にエチレン発生剤であるエスレル[(2-chloroethyl)phosphonic acid]を散布すると甘果オウトウの耐寒性を増し、開花を遅延することを、Durnerら(1990)は秋のエスレル散布により、品種により異なるが、モモの開花を3~10日遅延することを、Sunら(1991)はイタリアン・プルーンにエスレルを散布すると花芽の発育が遅れ、開花を遅延することを、Bubanら(1985)やCrisostoら(1987)はモモやアンズで同様なことを報告している。わが国では、しばしば遅霜による被害を受けるウメで開花遅延の研究が行われてきた。宮原ら(1982)は秋期にジベレリンA₃(gibberellic acid A₃あるいはGA₃)を散布すると開花遅延することを報告している。しかし、この効果は品種やその年の気候によって著しく異なり、さらに翌年の新梢生長を徒長的に伸長させる副作用のあることが知られている。

そこで本研究では、ウメに対して他の核果類と同様にエスレルが開花遅延効果を示すのかどうかについて、処理時期や処理濃度を詳細に検討した。さらに、エスレルによる開花遅延のメカニズムについても調査した。

1. エスレルの散布時期と濃度が開花遅延に及ぼす影響

わが国のウメの主要品種である‘白加賀’を供試し、エスレルによる開花遅延効果を明らかにするため、1992年10月初旬、中旬、11月初旬、中旬の4時期に100ppm、200ppmおよび400ppm(展着剤としてアプローチ0.1%を含む)を当年枝に散布し、まずエスレルの好適散布時期と濃度を検討した。なお、本研究における開花遅延効果の判定は、対照区(無散布)の枝の花が60%開花した時期とした。

10月初旬散布では、200ppmと400ppmで2~3日間開花を遅延したが、100ppmでは全くその効果が見られなかった。また、散布濃度が高くなるとやや異常花の発生が多くなった。10月中旬散布では、いずれの濃度においても2~4日間開花を遅延し、200ppmや400ppmよりも100ppmでその効果が著しかった。正常花は100ppmや200ppmで30~40%であったが、400ppmではわずか5%と異常花の割合が著しく増加した。11月初旬散布では、100ppmで約3日間、200ppmで約9日間開花を遅延した。しかし、200ppmと400ppmで多くの花蕾が発育中に退化あるいは脱落し、開花した花も全て異常花となり、100ppmでも正常花は約10%にとどまった。11月中旬散布では、全ての濃度に

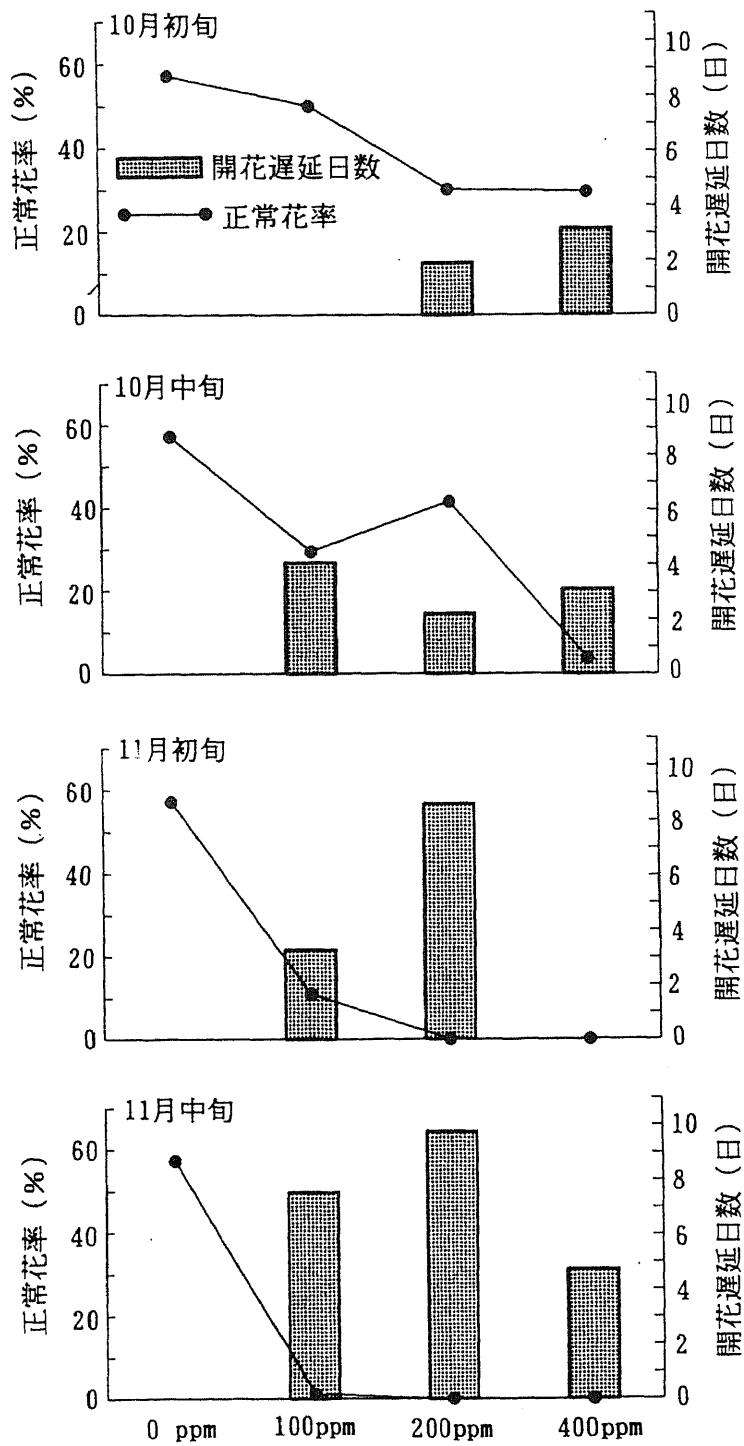
において5～10日間開花を遅延し、今回散布した時期の中で最も高い効果を示した。ところが、100ppmを含むいずれの濃度においても開花した花のほとんどが異常花となった（第1図）。この結果から、ウメに対するエスレルの散布時期は、10月中旬が好適と考えられるが、低濃度の100ppmでも異常花の発生が多く認められたので、低濃度（50ppm、75ppm）のエスレルを10月中旬に樹上散布し、開花遅延効果を調査した。しかし、いずれの濃度でも約6日間開花を遅延し、濃度による差は見られなかった。ただし、異常花の発生は対照区よりかなり増加したが、最終着果率は75ppmや100ppmでやや低下するものの、50ppmではほぼ対照区と差異がなかった。また、75ppmや100ppmでは50ppmより約8日間開花期間が長くなった（第1表）。

以上の結果から、ウメの開花期を遅延させるためには、10月中旬に50～100ppmのエスレルを樹上散布すると有効なことが明らかになった。そこで、他の品種においても‘白加賀’と同様にエスレルの効果がみられるかどうかについて、自花親和性品種である‘稻積’を用いて1992年と1993年に調査した。1992年には100ppm、200ppm、400ppmを、1993年には50ppm、75ppm、100ppmを両年とも10月中旬に樹上散布した。なお、いずれも展着剤としてアプローチ0.1%を加用した。1992年の100ppm、200ppm、400ppm散布では、それぞれ7、11、12日間開花を遅延した。しかし、対照区最終着果率が約30%であったのに対して、100ppmでは約10%、200ppmと400ppmではほとんど落果した。一方、1993年の50ppm、75ppm、100ppmの低濃度散布では、いずれの濃度でも約11日間開花を遅延した。ところが、最終着果率は、100ppmでは約13%で、200ppmでは0.4%、400ppmでは全て落果し、‘白加賀’と同様に高濃度散布は著しく着果を抑制した。なお、低濃度散布でも対照区より着果率が低下する傾向が認められた（第2図、第3図）。

1992年～1994年の3年間にわたり、‘白加賀’と‘稻積’の2品種に、好適濃度と考えられるエスレル100ppmを樹上散布した時の開花遅延効果および最終着果率に及ぼす影響を取りまとめたのが第2表である。わずか2品種の結果であるが、エスレルによる開花遅延効果や着果率は、品種や年度により著しい差異のあることを示している。

2. エスレルによる開花遅延の機構

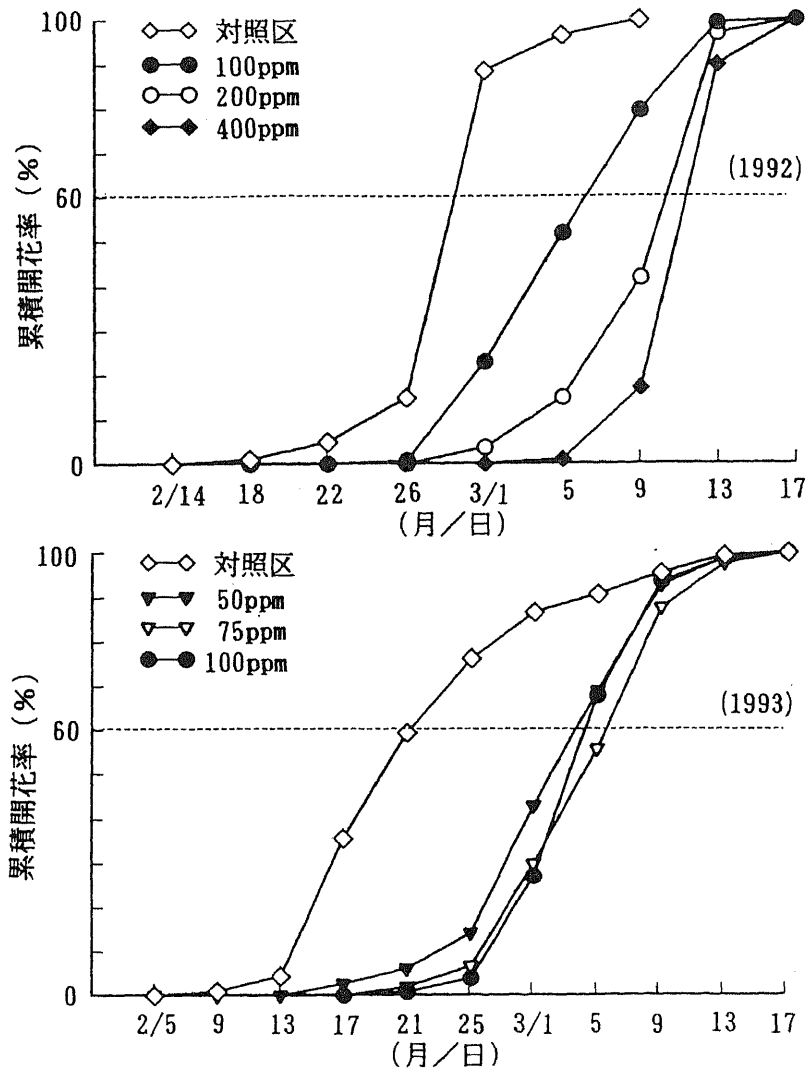
前年度の秋期に散布したエスレルが、なぜウメの開花期を遅延するのかを明らかにするため、散布後から開花期まで一定間隔で花芽を採取し、ただちに新鮮重、外径（縦径、横径）を測定後、FAA（ホルマリン：酢酸：70%エタノール＝5：5：90 V/V）液中で固定し



第1図 エスレルの処理時期および処理濃度がウメ‘白加賀’の開花遅延日数や正常花率に及ぼす影響(1992)

第1表 秋季のエスレル散布がウメ‘白加賀’の開花遅延、
開花期間および着果率に及ぼす影響(1993)

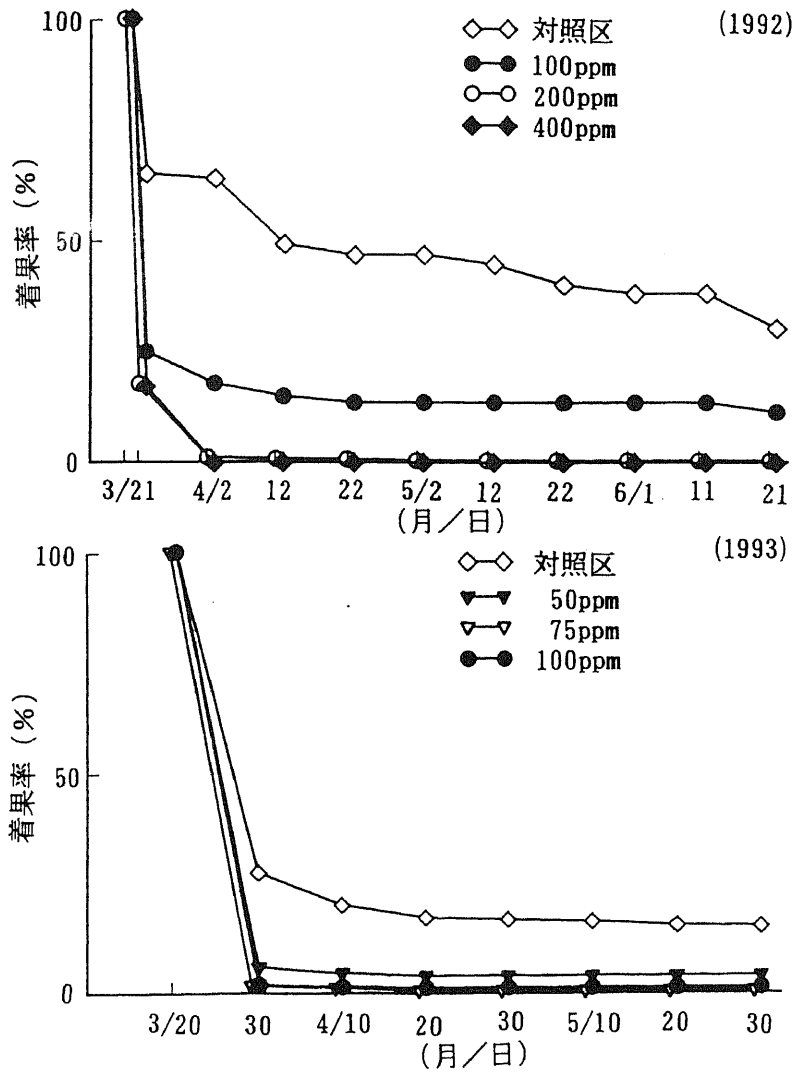
エスレル 濃度 (ppm)	開花遅延 日数	開花期間 (日)	着果率 (%)
0	0	32	9.0
50	6.0	16	8.2
75	5.3	24	1.4
100	6.2	24	4.9



第2図 エスレルの散布濃度の違いがウメ‘稲積’
の開花遅延に及ぼす影響

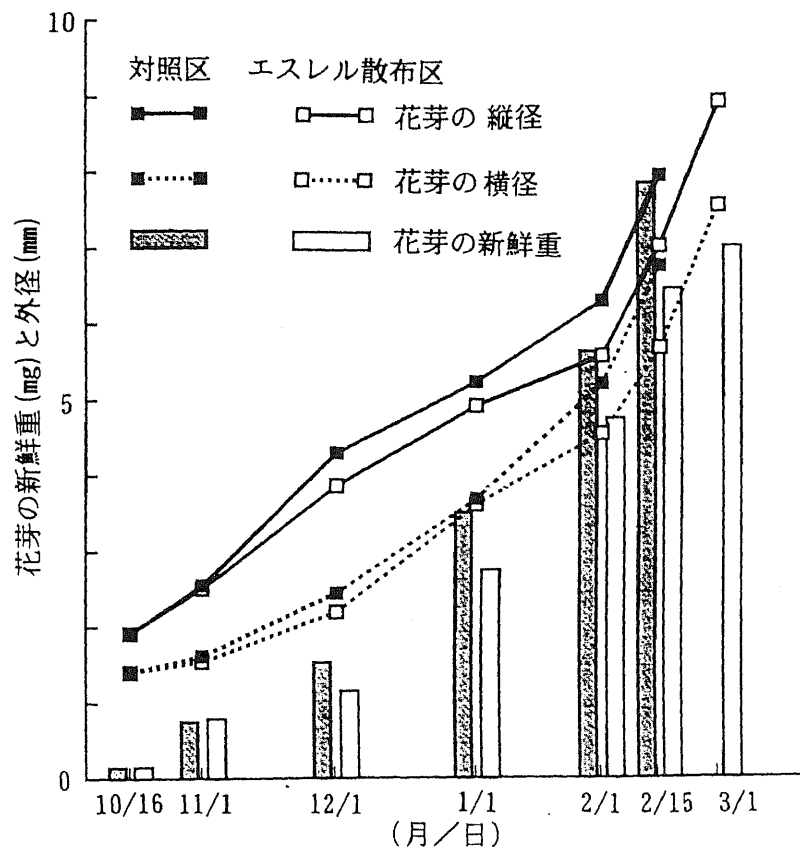
第2表 秋季のエスレル(100ppm)散布がウメ‘白加賀’および‘稻積’の開花遅延や着果率に及ぼす年度別差異

処理年度	開花遅延 日数	着果率 (%)	
		対照区	散布区
‘白加賀’			
1992	4.2	—	—
1993	6.2	9.0	4.9
1994	5.2	17.0	18.4
‘稻積’			
1992	6.7	40.4	15.2
1993	10.9	15.1	1.8
1994	6.3	14.7	12.9

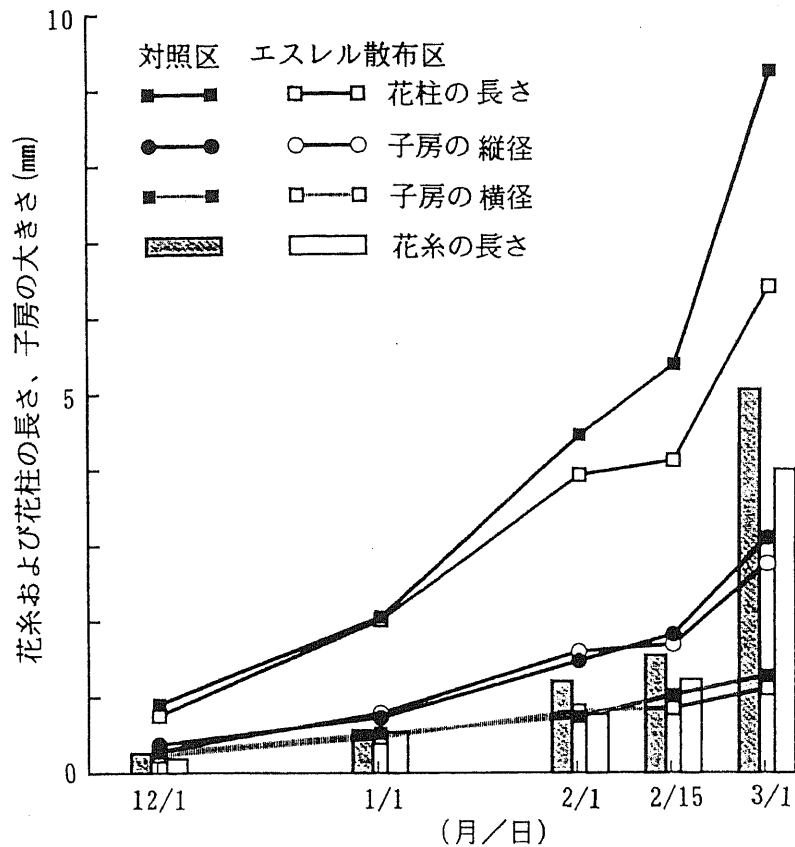


第3図 エスレルの散布濃度の違いがウメ‘稻積’の着果率に及ぼす影響

た。固定した花芽から常法によりパラフィン切片を作成し、各器官の発育（花糸や花柱の長さ、子房の縦径と横径）は、光学顕微鏡下で観察・測定した。また、同時期に当年枝を採取し、直ちに -30°C で貯蔵後、内生植物ホルモン、炭水化物、窒素化合物の分析に供試した。なお、内生植物ホルモンのインドール酢酸、アブシジン酸、ジベレリン、サイトカイニンはそれぞれ常法で抽出・部分精製を行った。その内インドール酢酸とアブシジン酸はODS-HPLCで分取し、それぞれ蛍光検出器 (Ex285nm, Em350nm) と紫外検出器 (O.D. 254nm) で定量した。ジベレリンはODS-HPLCで分取後、矮性稲‘短銀坊主’で、サイトカイニンはペイパークロマトグラフィーで展開後、キュウリの子葉を用いて生物検定により定量した。炭水化物や窒素化合物はそれぞれ常法で抽出後、全糖はアンスロン法で、デンプンは過塩素酸で分解後ソモギ・ネルソン法で、タンパク質はブラッフォード法で、アミノ酸はニンヒドリン法で定量した。



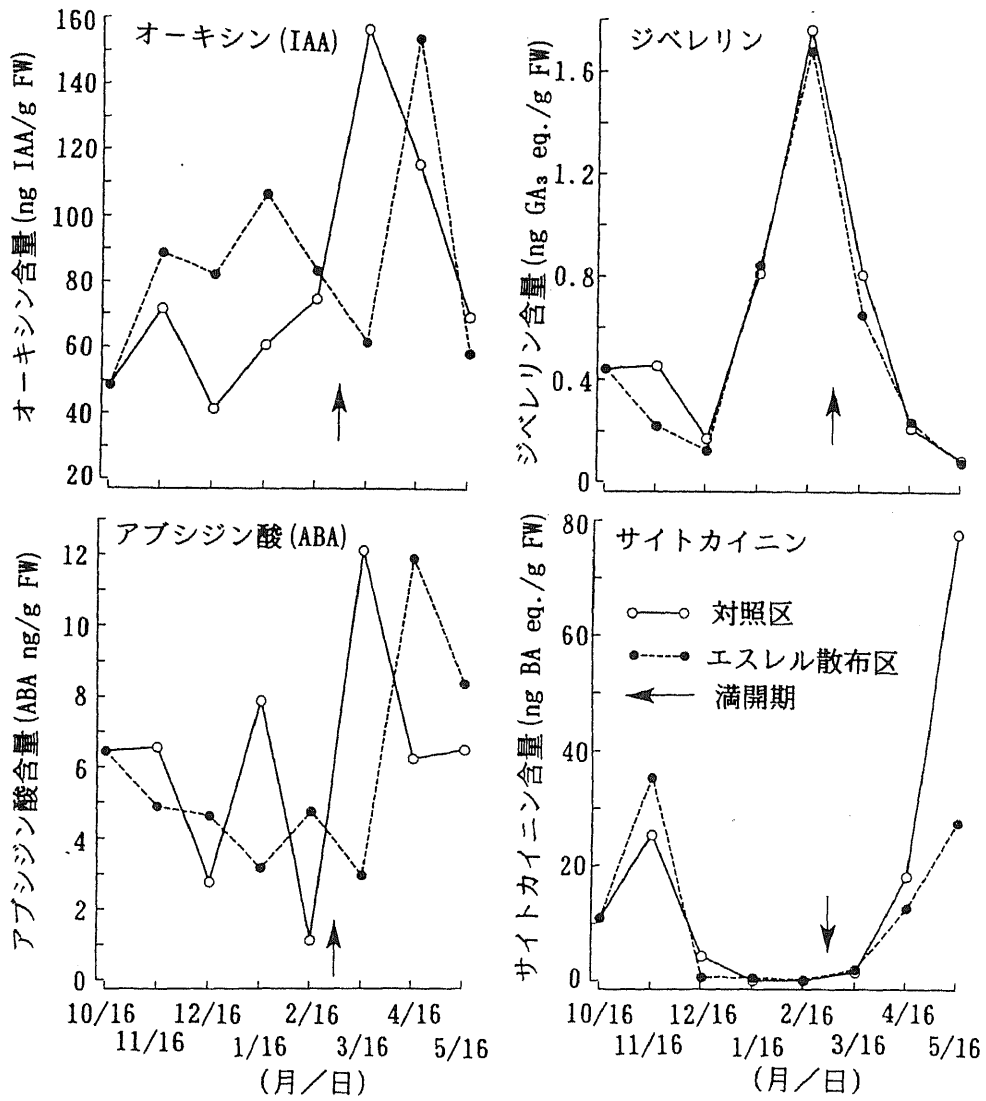
第4図 秋季のエスレル(100ppm)散布がウメ‘白加賀’の花芽の生長に及ぼす影響(1991)



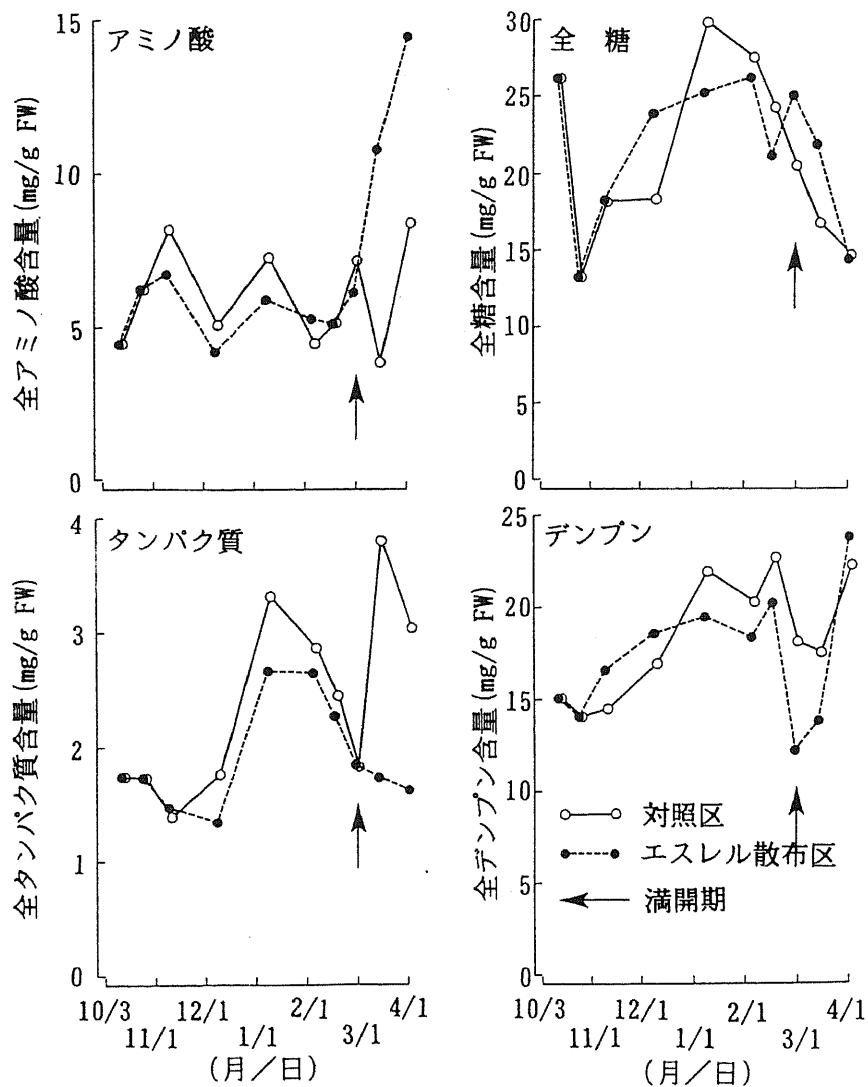
第5図 秋季のエスレル(100ppm)散布がウメ‘白加賀’の花糸および花柱の長さ、子房の大きさに及ぼす影響(1991)

エスレル散布2週間後の11月1日では、散布区と対照区の花芽の外径(縦径、横径)や新鮮重に差異は見られなかったが、散布約7週後の12月1日頃から外径や新鮮重に有意な差が生じ、この差は開花期までしだいに拡大した。すなわち、外径から比較すると対照区の開花直前の散布区の花芽の大きさは、対照区の開花2週間前の花芽の大きさとほぼ同じであった(第4図)。この発育の遅れを内部形態的に観察すると、花芽の発育に伴った花柱の長さや子房の大きさ、花糸の長さに差が認められ、開花期には散布区の花柱の長さ、子房の重さ、花糸の長さはそれぞれ対照区の80%、83%、83%であった(第5図)。

ウメの枝内にはジベレリン、オーキシシン、サイトカイニン、アブシジン酸が存在し、これらの活性は時期によって変化することが認められた。ジベレリンの強い活性はn-ブタノール可溶性酸性分画に見られ、多くのジベレリンが存在する酢酸エチル可溶性酸性分画中の活性は低かった。n-ブタノール可溶性酸性分画をHPLCで分離すると、フ

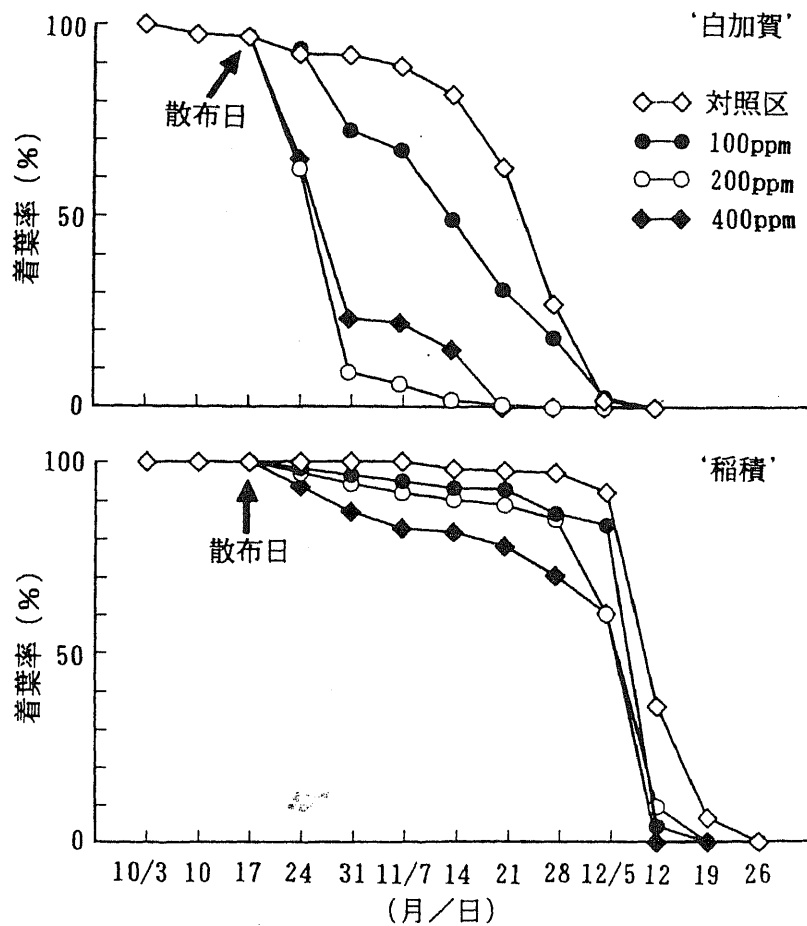


第6図 秋季のエスレル(100ppm)散布がウメ'白加賀'の枝中の植物ホルモン含量の変化に及ぼす影響(1992)

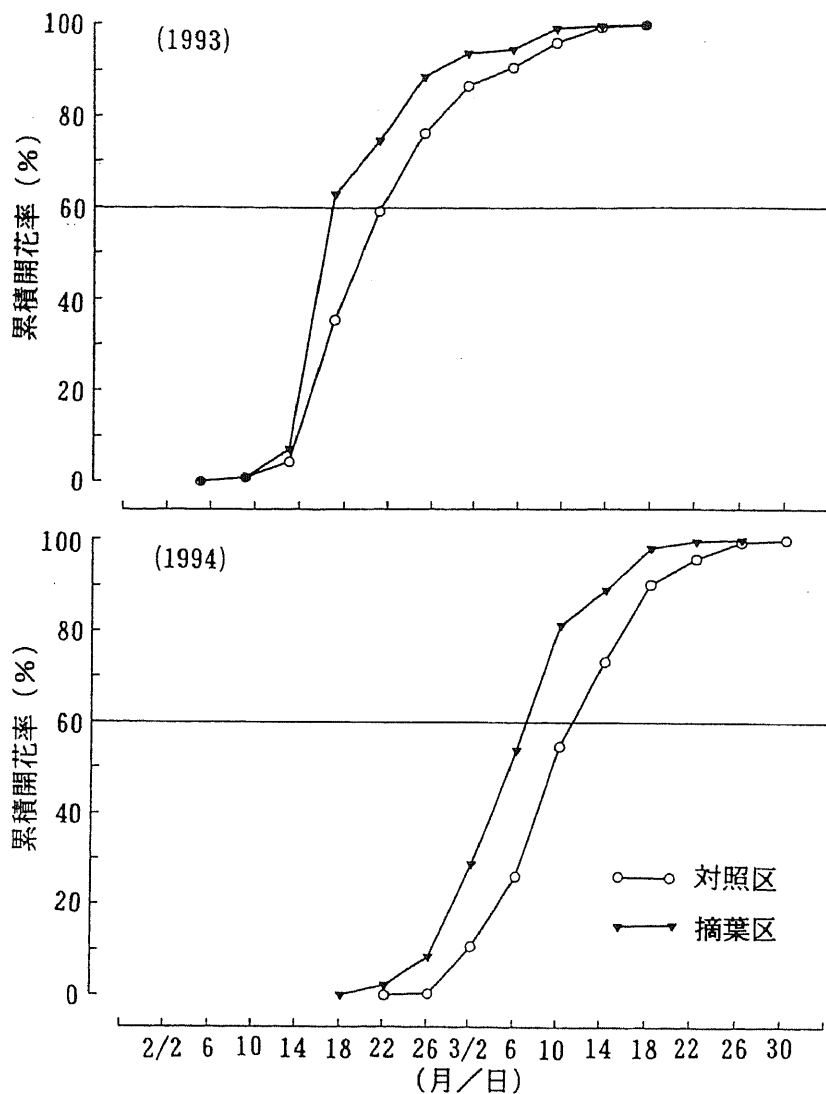


第7図 秋季のエスレル(100ppm)散布がウメ‘白加賀’の枝中炭水化物および窒素化合物含量の変化に及ぼす影響(1992)

ラクシオンNo.15 とNo.28 の2か所に強い活性が見られ、両者は調査した10月から翌年の5月まで類似した活性変化をした。ただし、10月はNo.15の活性が強かったが、それ以後はNo.28の活性が強くなった。両者を合わせた活性変化をエスレル散布区と対照区とで比較すると、両者間でほとんど有意な差は認められなかった。なお、フラクシオンNo.15のジベレリンは、モモ、スモモおよび酸果オウトウの種子から抽出・同定されているジベレリンA₃₂であることが判明した。オーキシン活性はエスレル散布後急速に増加し、1月中旬にピークとなり、その後減少したのに対して、対照区ではそれほど増加しなかった。ただし、開花後に見られるピークは、対照区の方がエスレル散布区より約3週間早くなった。サイトカイニン活性は調査した期間中、散布区と対照区で有意な差異は見られなかったが、アブシジン酸活性はエスレル散布後低下する傾向にあるが、対照区では逆にやや高くなった(第6図)。



第8図 秋季のエスレル散布がウメ‘白加賀’および‘稲積’の落葉率に及ぼす影響(1992)



第9図 秋季の摘葉処理がウメ‘稲積’の累積開花率に及ぼす影響

一方、エスレル散布後から開花期までのアミノ酸、タンパク質、デンプンおよび全糖含量の変化を散布区と対照区とで比較したところ、エスレル散布区では、アミノ酸やタンパク質含量が相対的に少なく、また全糖やデンプン含量は1月頃まで高く、その後開花期にかけてエスレル散布区より少なくなる傾向が認められた(第7図)。

エスレル散布後は散布濃度や品種によって著しい落葉を引き起こすので(第8図)、この落葉現象が開花遅延の原因になっている可能性が考えられる。そこでエスレル散布適期に人為的に摘葉処理したところ、開花期は遅延せず、逆に約4日開花期が促進された(第9図)。

II. ウメ果実の単為結果の誘起

植物ホルモンによる単為結果の誘起については古くから研究されてきた。現在では、全ての果実で単為結果を誘起することが可能と言える。しかし、果実の種類によって単為結果を誘起できる植物ホルモンの種類が異なっている。例えば、リンゴ、ナシ、ブドウ、核果類、カンキツ類、カキなどではジベレリンが (Luckwill 1959, Crane ら 1960, 1968, Rebeiz ら 1961, Griggs ら 1961, Bukovac ら 1967, Nakagawa ら 1973, Kiyokawa ら 1972, Yuda ら 1976, 1984)、イチジク、キウイフルーツ、イチゴ、ウリ類などではオーキシンあるいはサイトカイニンが、有効であることが知られている (Nitsch 1959, Crane 1952, 1965, Jones 1965)。ウメの場合、暖冬の年には開花が早くなるが、このような年にはしばしば受粉・受精がうまく行かず、激しい生理落果を引き起こす。また、例え受粉・受精がうまくいったとしても、その後低温に遭遇する機会が多く、低温に遭うと胚や胚乳が枯死し、結果的に種子が退化するため落果する。このことからウメ果実の単為結果が容易に誘起できるならば実際栽培上極めて有効である。事実、ウメ果実では、ジベレリン A_3 が単為結果誘起に有効なことが知られている (松井ら未発表)。ところが、ジベレリン A_3 では着果率が低いのみならず、新梢を徒長的に伸長させる欠点がある。最近、著者らはジベレリン A_3 を含む天然型ジベレリンの様に植物に対する生理的選択性を示さず、多くの生物検定でジベレリン様活性を示す合成の *n*-Substitutedphthalimide (AC-94, 377) が、ウメや酸果オウトウを含む種々な果実の単為結果誘起に有効なことを報告した (Bukovac ら 1985、松井ら 1986)。

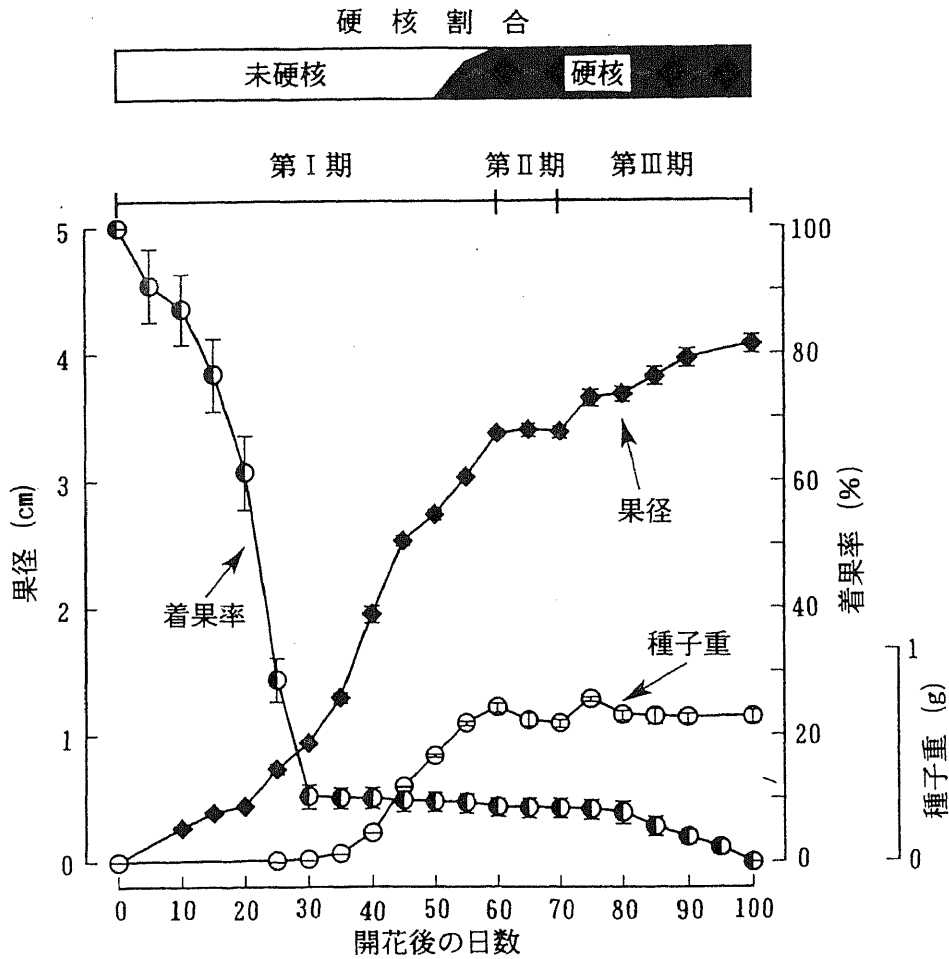
そこで本研究では、ウメの単為結果を容易に誘起できる方法を確立するために、まず果実と種子の生長と内生植物ホルモン活性変化との関係を明らかにし、さらに内生ジベレリンやオーキシン、あるいは合成の AC-94, 377 の利用法などについて詳細に検討した。

1. 果実および種子の生長と着果率

果実や種子の生長は、開花後一定間隔で果実を採取し、ただちに果実重と果径を測定後、果実から種子を取り出し、種子重と種子径を測定した。なお、内果皮の硬核割合は、果実をナイフで完全に横断できるかどうかにより判定した。また、着果率は開花直後の花約 300 個にマークを付け、一定間隔で果実数を測定することによって得た。

ウメ果実の生長は、気温の低い開花後約 20 日間は、生長が緩やかであるが、その後気温の上昇に伴って急速な生長を示す第 I 期、開

花後60日～70日目に生長が一時停滞する第Ⅱ期、その後再び成熟期まで緩やかに生長を続ける第Ⅲ期に区別され、他の核果類と同様に典型的な二重S字型生長曲線を示した。一方、種子の生長は果実の場合と異なり、開花35日後頃までほとんど起こらないが、その後開花60日目までの25日間は急激な生長を示した。しかし、その後は収穫期までほとんど外的生長は観察されずほぼ一定であった。また、開花後の着果率の変化を見ると、開花直後は形態的に異常な花が落下するため、着果率は急激に減少した。また、開花後20日～25日に



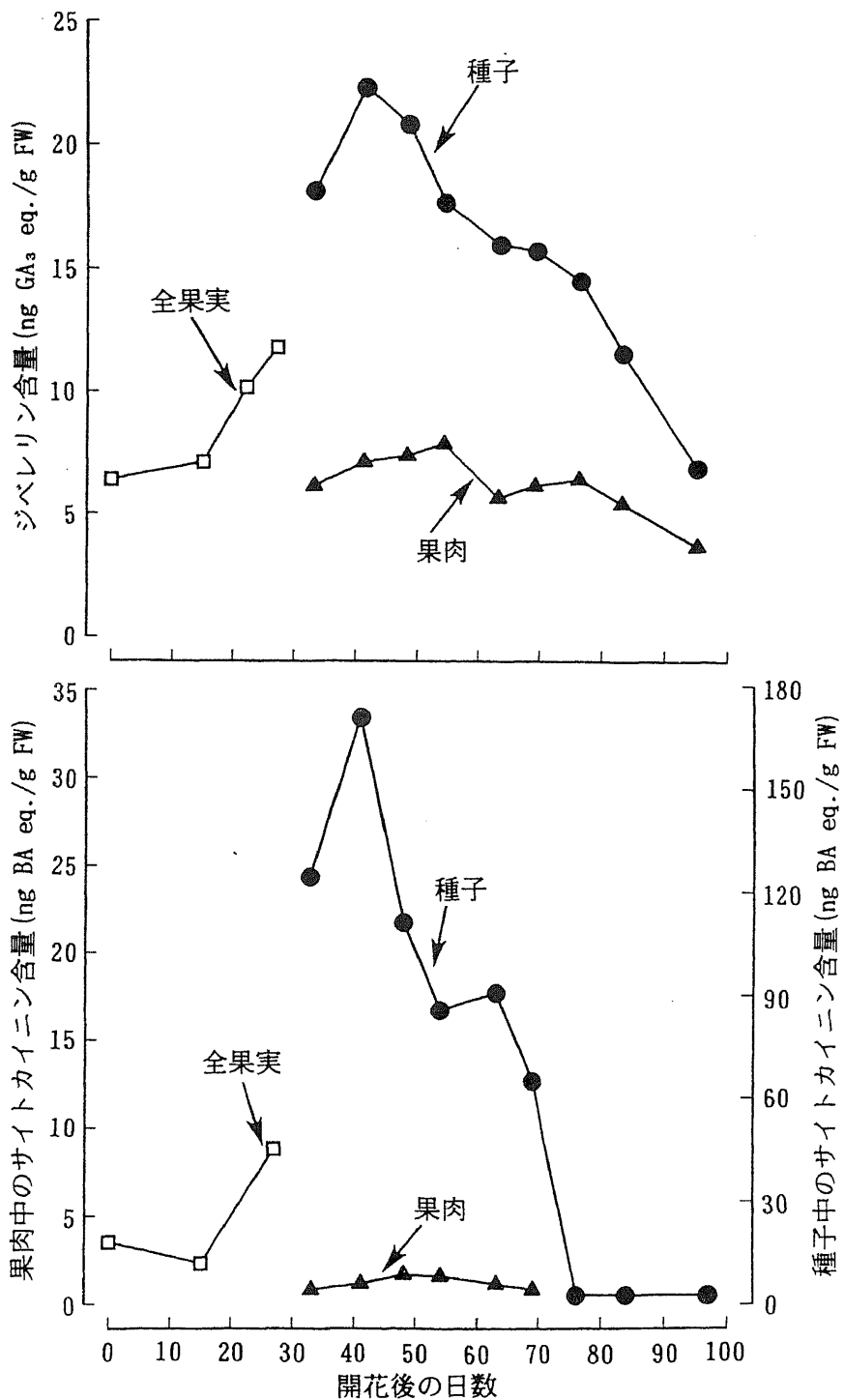
第10図 ウメ‘白加賀’の果実の發育に伴う果径、種子重および着果率の変化(1992)

かけて未受精果が落下するため、着果率がさらに減少し続けた。おそらくこの時期がウメの生理的落果期 (June drop) に当たると考えられる。ただし、開花後30日目からはほとんど落果が見られず、通常の収穫期まで約9%を維持した。ところが、その後果実の軟化・着色が始まるとしだいに落果が増加し、開花後100日目には全ての果実が落下した。なお、核果類の特異的な現象である内果皮(核)の硬化は開花50日目、すなわち果実の生長第I期の後期頃から始まり、開花60日目(第II期の開始頃)には樹上にある果実の全てで完了していた(第10図)。

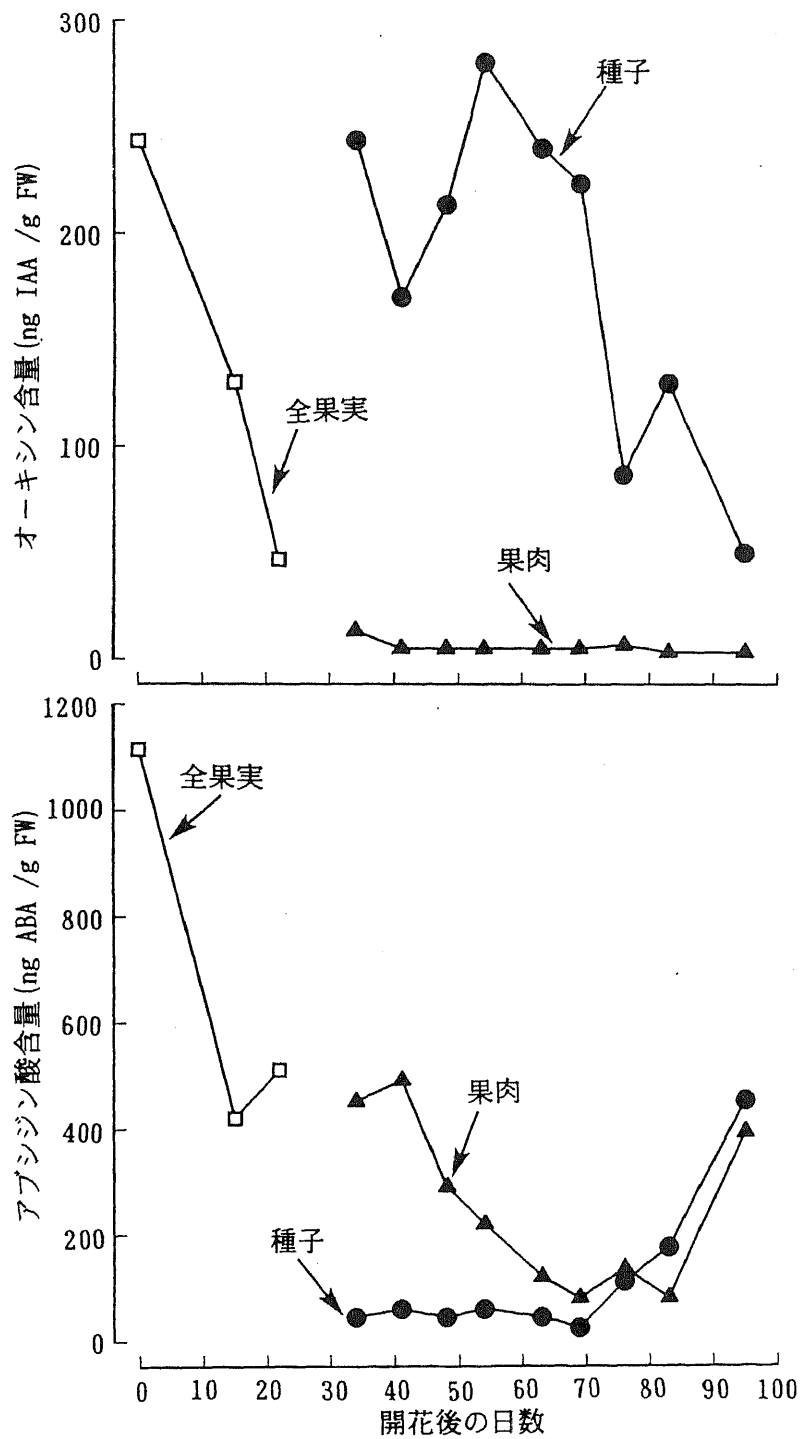
2. 果実の発育に伴う内生植物ホルモン活性の変化

ウメ果実の発育と内生植物ホルモンとの関係を明らかにするために、開花後一定間隔で果実を採取し、開花30日以後は果肉と種子に分けオーキシン、ジベレリン、サイトカイニンおよびアブシジン酸活性の変化について調査した。これらの抽出、精製、分離、生物検定および定量方法はI-1の項で示した方法に準じて行なった。

果肉および種子中にはオーキシン(インドール酢酸)、ジベレリン、サイトカイニンおよびアブシジン酸が存在した。開花後30日までの全果実における活性変化を比較すると、ジベレリンとサイトカイニンは果実の生長に伴って高くなり、インドール酢酸とアブシジン酸は満開期に最も高く、その後急激に低下した。一方、果肉と種子とに分けて活性変化を比較すると、ジベレリンとサイトカイニン活性は、いずれも果肉中よりも種子中で高く、特に種子中では果実や種子の生長が最も活発な果実の生長第I期中期にピークに達し、その後果実の生長第II期から第III期にかけてしだいに低下した。他方、果肉中のこれらの活性は極めて低く、時期的な変化はほとんど見られなかった。インドール酢酸の活性は、ジベレリンやサイトカイニンと同様に果肉中よりも種子中の方が著しく高かった。また、種子中の活性はジベレリンやサイトカイニンと異なり、開花後30日目と果実の生長第II期直前、すなわち内果皮(核)の硬核期にも高くなった。アブシジン酸活性の場合、果実の生長第I期では種子中よりも果肉中で活性が高く、種子中の活性変化はほとんど見られなかった。果肉中の活性はその後低下するが、果実の生長第III期初期頃から成熟期にかけて種子中と同様に急速に高くなった(第11図、第12図)。なお、果肉および種子中のジベレリンはHPLCで分離するとフラクション No.15に強い活性が認められた。そこで、GC-MSで同定したところジベレリン A_{32} と A_{86} であったが、ウメの主要ジベレリンはその中でも GA_{32} であることが判明した。



第11図 ウメ '白加賀' の果実の発育に伴う果肉と種子中のジベレリンおよびサイトカイニン活性の変化 (1990)

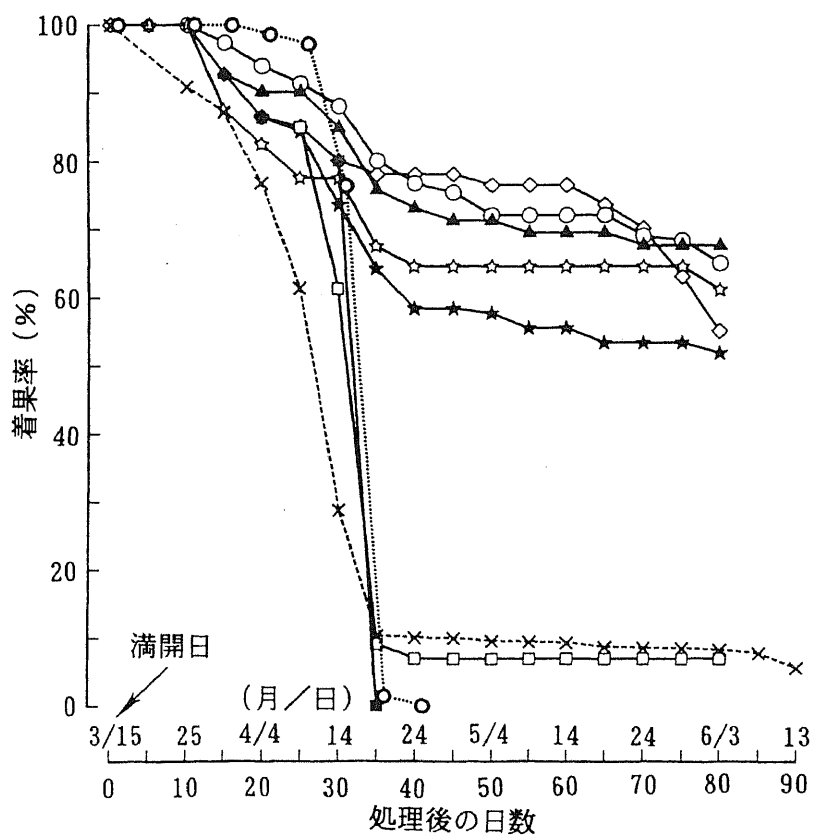


第12図 ウメ‘白加賀’の果実の発育に伴う果肉と種子中のオーキシシンおよびアブシジン酸活性の変化(1990)

第3表 ウメ '白加賀' に対する AC-94,377 (1,000ppm) の処理開始時期 (1994)

処理区	開花後の日数 (月/日)											
	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55
	3/15	20	25	30	4/4	9	14	19	24	29	5/4	9
無受粉	-	-	-	-	-	-	-	NAA	-	-	-	-
1	AC	-	AC	-	AC	-	AC	NAA	AC	-	AC	-
2		AC	-	AC	-	AC	-	AC+NAA	-	AC	-	AC
3			AC	-	AC	-	AC	NAA	AC	-	AC	-
4				AC	-	AC	-	AC+NAA	-	AC	-	AC
5					AC	-	AC	NAA	AC	-	AC	-
6						AC	-	AC+NAA	-	AC	-	AC
7							AC	NAA	AC	-	AC	-

NAA の処理濃度は50ppm



第13図 AC-94377 (1000ppm) の処理開始時期の違いがウメ '白加賀' の単為結果誘起に及ぼす影響 (1994)

- ◇—◇ 0 日後
- △—△ 15 日後
- 30 日後
- ☆—☆ 5 日後
- ★—★ 20 日後
- 10 日後
- 25 日後
- 無受粉
- ×—× 自然受粉

3. n-Substituted phthalimide による単為結果の誘起

ウメの単為結果を誘起するためには、ジベレリン様活性を有する合成のn-Substituted phthalimide(AC-94,377)の1,000ppm処理が有効であり、さらに硬核期1週間前にオーキシンを処理すると着果率を高めることができる。しかし、実際栽培においてこの薬剤を使用するためには、さらにAC-94,377の処理回数、処理開始時期、追処理するオーキシンの種類や処理濃度についての検討が必要と考えられる。

そこでまず初めに、AC-94,377の処理開始期を明らかにする目的から、開花率が約60%達した時期に当たる1994年3月15日に、バロン・ステージの蕾をほぼ中央部分でハサミにより切断し除雄した。そして、除雄したその日から5日間隔でAC-94,377(1,000ppm)処理を開始し、処理後はいずれも10日間隔で再処理を行った。また、オーキシンの(NAA,50ppm)の処理は、いずれの処理区も満開後35日目に実施した(第3表)。その結果、自然受粉区の最終着果率が約9%であったのに対して、開花後20日以内に処理を開始した区に着果率は50%~70%であった。しかし、25日と30日後処理ではそれぞれ約8%と0%と極めて低くなった(第13図)。

このように、果実の発育途中でのオーキシン処理が、着果率を高めるのに有効なことが判明したので、1991年~1994年にかけて第4表に示した各種オーキシンを、濃度5~500ppmの範囲内で処理し、着果率や果実重に及ぼす影響を調査した。その結果、着果率を高めるのに有効なオーキシンは、その種類と濃度により著しく異なり、NAA 50ppm、2,4-D 20ppm、IPA 50ppm、2,4-DP 10ppm、MCPB 50ppmなどが高い着果率を示した。しかし、収穫果実の重さは、着果率が高くなるとやや小さくなる傾向が認められた(第5表)。

第4表 処理に用いたオーキシンの種類

4-CPA	: 4-chlorophenoxyacetic acid
2,4-D	: 2,4-dichlorophenoxyacetic acid
2,4-DP	: 2-(dichlorophenoxy)-propionic acid
IAA	: indoleacetic acid
IAN	: indoleacetonitrile
IBA	: indolebutyric acid
IPA	: indolepropionic acid
MCPB	: 4-chloro-2-methylphenoxybutyric acid
NAA	: naphthaleneacetic acid

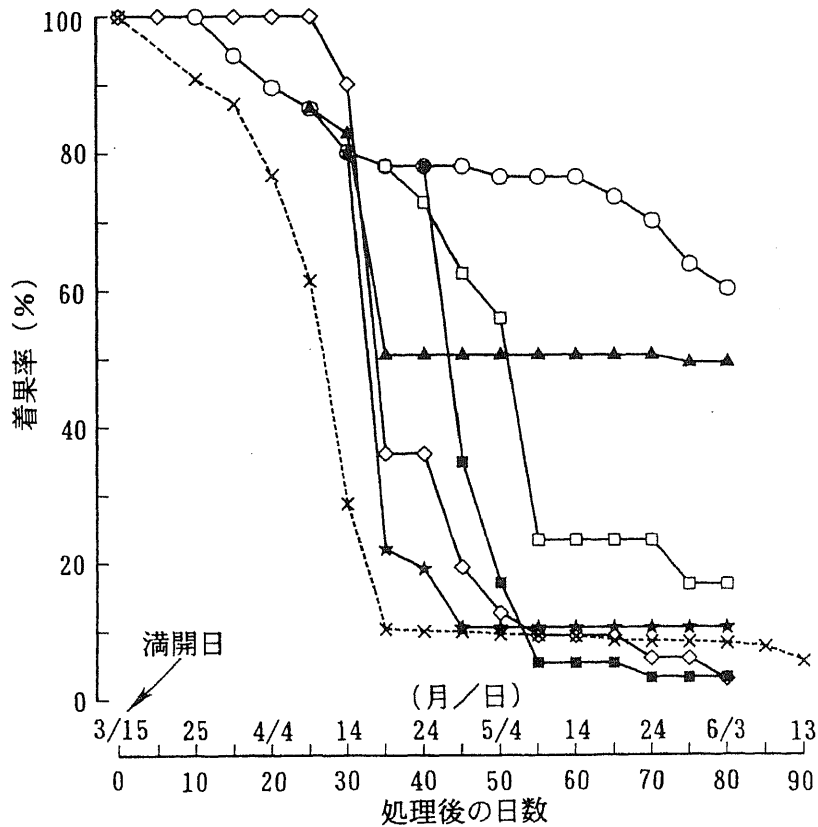
第5表 AC-94,377 により単為結果したウメ‘白加賀’に対するオーキシンの種類と処理濃度が着果と果重に及ぼす影響

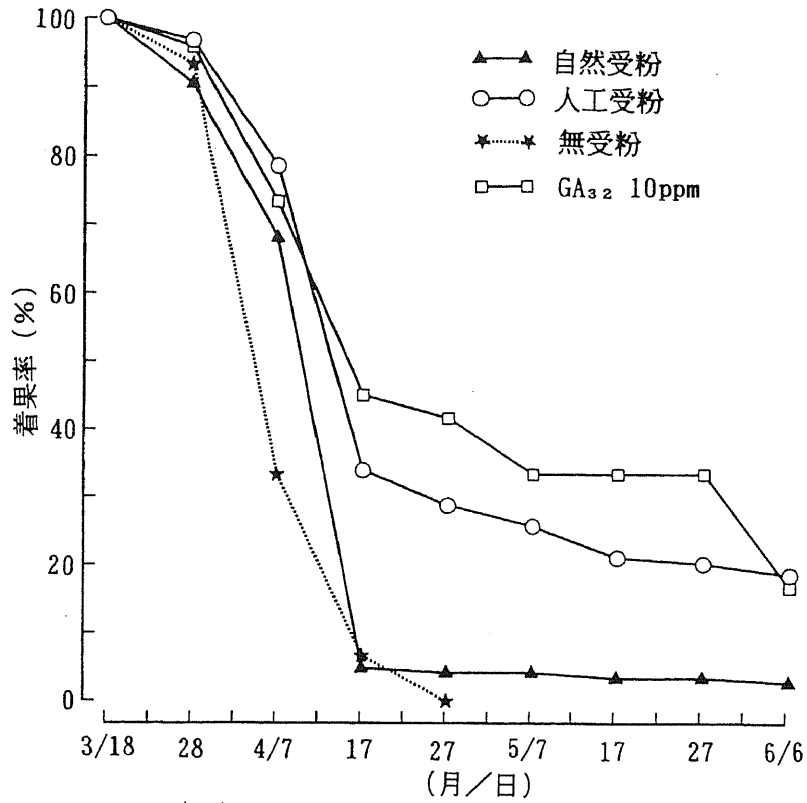
実験年度	オーキシンの種類・濃度	着果率 (%)	果重 (g)
1991	受粉区	9.8	21.6
	NAA 5ppm	18.6	15.6
	NAA 10ppm	25.3	15.9
	NAA 20ppm	41.3	20.2
	NAA 50ppm	48.4	16.9
	NAA 100ppm	15.8	15.9
	2,4-D 10ppm	29.5	14.6
	2,4-D 20ppm	36.9	19.7
	2,4-D 50ppm	10.5	16.2
	2,4-D 100ppm	18.6	19.7
1992	受粉区	12.2	24.6
	AC-94,377	4.8	16.8
	NAA 50ppm	20.0	17.0
	IAA 100ppm	2.8	15.2
	IAA 500ppm	6.7	19.2
	IAA 1000ppm	7.3	16.1
	IAN 10ppm	0	—
	IAN 50ppm	15.7	17.1
	IAN 100ppm	11.6	15.8
	IAN 500ppm	7.5	—
	IBA 10ppm	11.8	16.3
	IBA 50ppm	16.9	15.7
	IBA 100ppm	18.2	20.8
	IBA 500ppm	23.3	18.1
	IPA 10ppm	18.0	17.5
	IPA 50ppm	29.7	20.3
	IPA 100ppm	23.5	23.8
IPA 500ppm	3.5	17.5	
1994	受粉区	54.1	24.2
	AC-94,377	36.0	12.4
	NAA 50ppm	61.9	22.9
	2,4-DP 10ppm	77.1	16.2
	2,4-DP 50ppm	50.4	19.9
	2,4-DP 100ppm	53.5	27.0
	2,4-DP 500ppm	50.8	22.3
	MCPB 10ppm	41.7	18.0
	MCPB 50ppm	73.8	21.4
	MCPB 100ppm	30.3	26.0
	MCPB 500ppm	51.6	21.5
	4-CPA 10ppm	54.0	21.9
	4-CPA 50ppm	42.7	26.9
	4-CPA 100ppm	53.5	30.2
4-CPA 500ppm	37.8	27.0	

第6表 ウメ '白加賀' に対する AC-94,377(1,000ppm)の処理
間隔(1994)

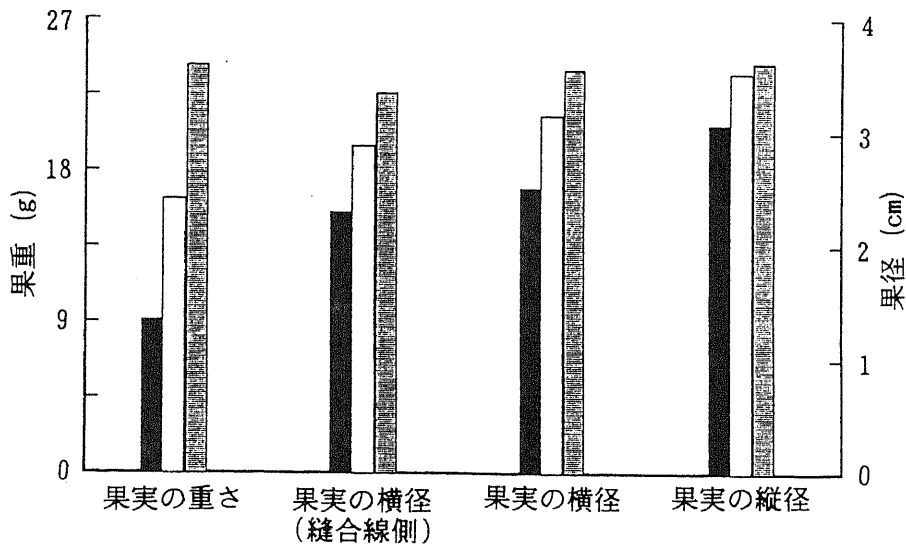
処理区	開花後の日数										
	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
	(月/日)										
	3/15	20	25	30	4/4	9	14	19	24	29	5/4
1	AC	-	AC	-	-	-	-	NAA	-	-	-
2	AC	-	AC	-	AC	-	-	NAA	AC	-	AC
3	AC	-	AC	-	-	AC	-	NAA	AC	-	-
4	AC	-	AC	-	-	-	AC	NAA	-	-	AC
5	AC	-	AC	-	-	-	-	AC+NAA	-	-	-
6	AC	-	AC	-	-	-	-	NAA	AC	-	-

NAA の処理濃度は50ppm





第15図 ジベレリンA₃₂ (10ppm) 処理がウメ '白加賀' の単為結果誘起に及ぼす影響 (1994)



第16図 ジベレリンA₃₂ (10ppm) 処理により単為結果したウメ '白加賀' の果実に対するNAA (50ppm) 追処理が果径および果重に及ぼす影響 (1994)

人工授粉 (ハッチング) GA₃₂ 10ppm (黒)

GA₃₂ 10ppm + NAA 50ppm (白)

次に、実際栽培においてAC-94,377を使用するためには、できる限り処理回数を少なくする必要がある。そこで、満開前日のバロン・ステージの蕾を除雄した後、AC-94,377(1,000ppm)の処理間隔を10日、15日、20日、25日、30日としたところ(第6表)、自然受粉区の最終着果率が約9%であったのに対して、10日や15日間隔では50%~63%で、20日、25日、30日間隔では4%~18%であった。最終着果率や果実の大きさから判断すると10日間隔が好適であると思われた。しかしながら、着果率がやや低下するが、成熟果の大きさから見れば15日や20日間隔でも実用的には十分ではないかと考えられる(第14図)。

II-2で示したように、ウメ果実中に認められる主要ジベレリンは GA_{32} である。そこでウメ種子から GA_{32} を抽出・精製し、その10ppm液を10日間隔で処理し、AC-94,377と同様に単為結果が誘起されるのかどうかについて調査した。その結果、自然受粉区の着果率は約4%、人工受粉区の着果率は約17%であったが、 GA_{32} 処理区においても約18%となった(第15図)。前述のようにAC-94,377を処理した果実の発育途中でオーキシンを処理すると着果率が著しく増加したが、 GA_{32} 処理果実にもオーキシンを追処理しても着果率は増加しなかった。ところが、果実の肥大はかなり促進された(第16図)。この結果は、AC-94,377と天然型ジベレリンとで作用性が異なっていること、さらにウメ果実中の主要ジベレリンを処理すると極めて低濃度で単為結果が誘起されることを示唆している。ただ、これらの点は実際栽培における種なし果実の生産や着果安定を図る上で、常に考慮しておかねばならないところである。

Ⅲ. ウメ果実の成熟制御

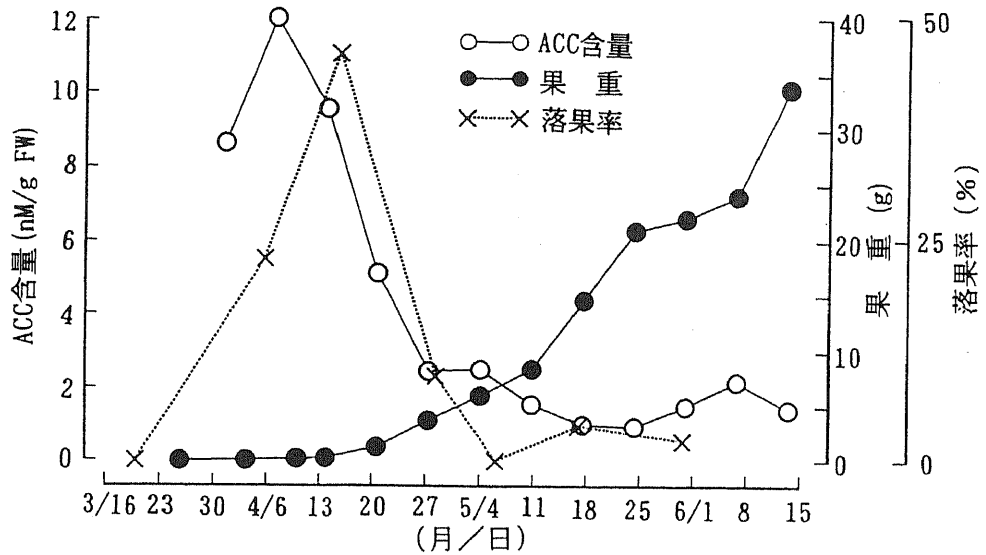
成熟は果実の生長・発育過程の中で最も著しい変化をもたらす生理現象である。果実の成熟には、成熟過程進行中に呼吸量とエチレン発生量が急激に上昇するクライマクテリック・ライズ型果実と、そのような現象が起こらない非クライマクテリック・ライズ型果実とがあり、ウメは前者に属する(Inaba, 1993)。植物ホルモンの一種であるエチレンは、植物の生長、発育、老化などに関わる様々な生理作用を制御していることが知られており、クライマクテリック・ライズ発現にも重要な働きをしている。このエチレンはメチオニンからSAM(S-adenosylmethionine)とACC(1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid)を経て生合成される(Kende, 1993)。したがってエチレンの生成には、まずACCが生合成される必要があり、そのためにはACC合成酵素とACCをエチレンに酸化するエチレン生成酵素を誘導する必要がある。

一方、ポリアミンは多くの植物中に存在し、細胞分裂、胚形成、開花、花粉管伸長、根の形成、果実の発育促進などの生理作用に関与していることが知られている(Smith 1985, Evansら 1989, Bagniら 1992, Faustら 1992, Egea-Cortines 1993)。また、ポリアミンはエチレンが引き起こす様々な生理作用に対して拮抗的な作用を有していることも報告されている(Slocumら 1984, Yangら 1984, Evans 1989)。ところが、ポリアミンはACCの前駆物質であるSAMから生合成される(Tiburcioら 1993)。このことから、クライマクテリック・ライズ型果実であるウメの成熟機構を解明するためにはACCとポリアミンとの関係を把握することが重要と考えられる。

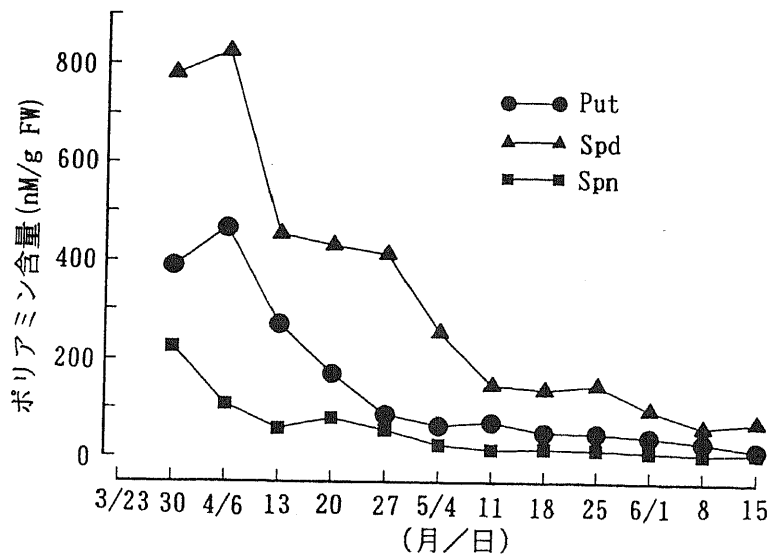
1. 果実の発育に伴うACCおよびポリアミン含量の変化

満開32日後から収穫期までウメ‘白加賀’の果実を約1週間間隔で採取し、ただちに果径と果重を測定後、ACCとポリアミンの分析を行なうまで-60℃で凍結貯蔵した。ACCとポリアミンの定量は果肉のみを用い、ACCは80%メタノールで抽出後、Lizadaら(1979)、Suzuki(1988)らの方法に従って、ポリアミンは4%過塩素酸で抽出後、Walterら(1987)、Smithら(1985)の方法に従って行なった。

ACC含量は開花39日後に最も高くなり、その後は果実の成熟開始期まで急速に減少した。このピーク後急激な生理落果が起こり、2週間で約35%の果実が落下した。この落果は、いわゆるJune dropに当たり、未受精果や何らかの原因で受精胚が発育中に退化した果実が落下する。そのためには果梗に離層を形成する必要があり、それにエチレンを必要とするため前駆物質であるACCの生合成が起こ



第17図 ウメ‘白加賀’の果実の発育に伴う ACC含量および着果率の変化(1993)



第18図 ウメ‘白加賀’の果実の発育に伴うポリアミン含量の変化(1993)

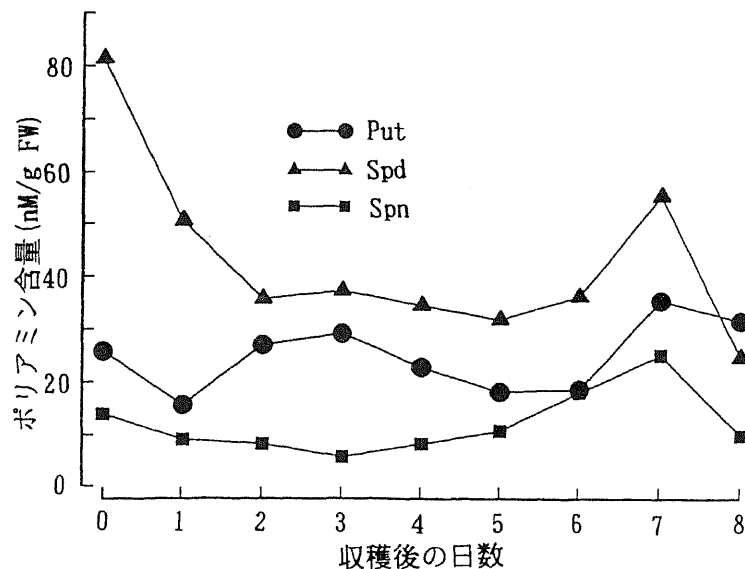
ると考えられる。このように、ACC と落果のパターンはよく類似していた。なお、ACC 含量は成熟期にやや増加するものの、初めのピークほどには高くならなかった(第17図)。

一方、果実中にはプトレシン (Put) 、スペルミジン (Spd) 、スペルミン (Spn) の3種類のポリアミンが存在し、いずれの時期においても Spd 、Put 、Spn の順に含量が高かった。また、果実の発育に伴うこれらの変化は、Spd と Put 含量は ACC のピーク時に最も高くなり、成熟期にかけて減少した。しかし、Spn 含量は開花期から成熟期まで減少を続けた (第18図)。

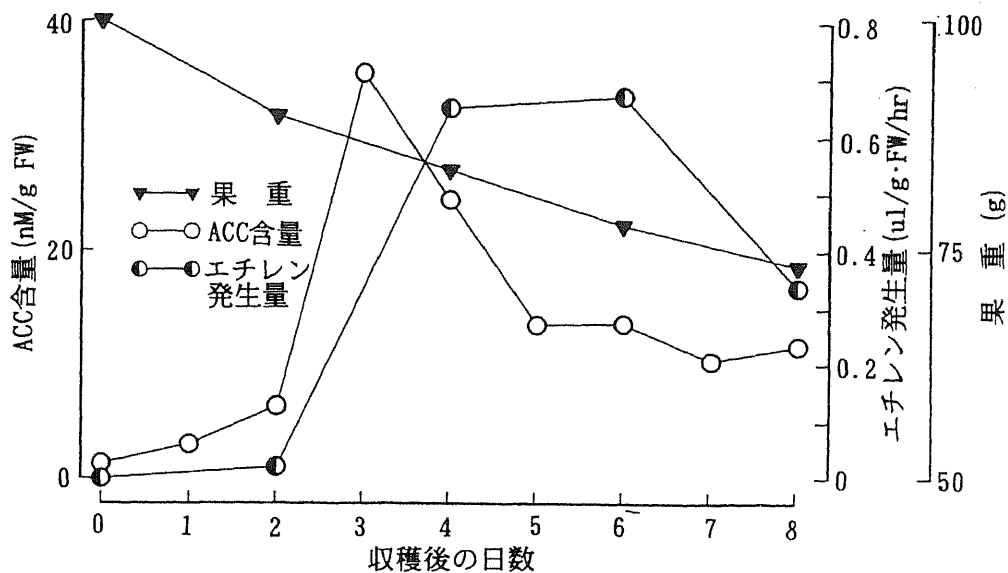
2. 収穫果中の ACC およびポリアミン含量とエチレン発生量の変化

完熟前 (グリーン・ステージ) のウメ '白加賀' を採取し、ただちに、果径と果重を測定後、常温で空気の流れのある所に置き、毎日果重を測定後 ACC、ポリアミン含量を III-1 の項で示した方法により、エチレン含量は 1,200ml の容器に果実 3 個を封入し、常温で 1 時間放置後、容器から一定量の空気を採取し、ガスクロマトグラフィーで定量した。

ウメ果実は収穫するとすぐ成熟し、日持ちの悪い果実とされている。収穫後の果実中のポリアミンと ACC 含量、エチレン発生量の変化を見ると、収穫 2 日後にポリアミン、特に Spd 含量が急激に減少した。しかし、Spn と Put 含量はほとんど変化しなかった。また、



第19図 収穫後のウメ '白加賀' の果実中のポリアミン含量の変化 (1993)

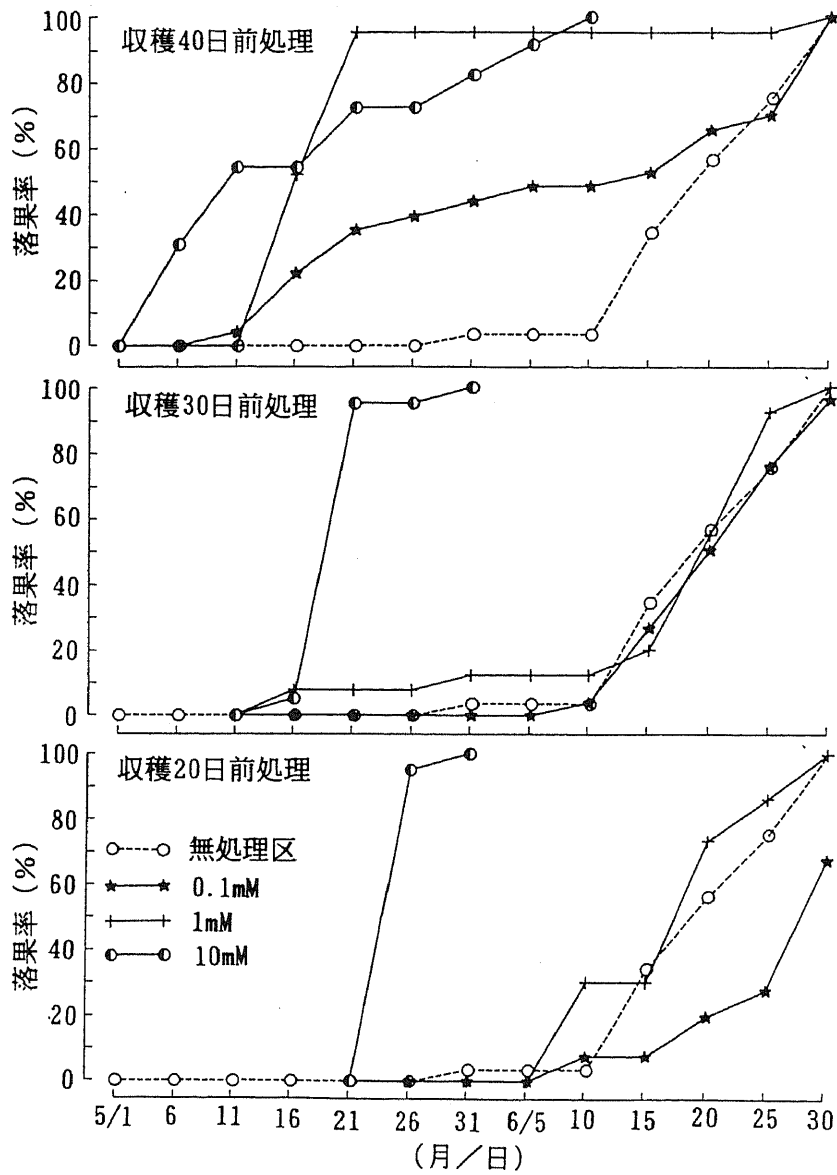


第20図 収穫後のウメ‘白加賀’の果実中のACC含量、エチレン発生量および果重の変化(1993)

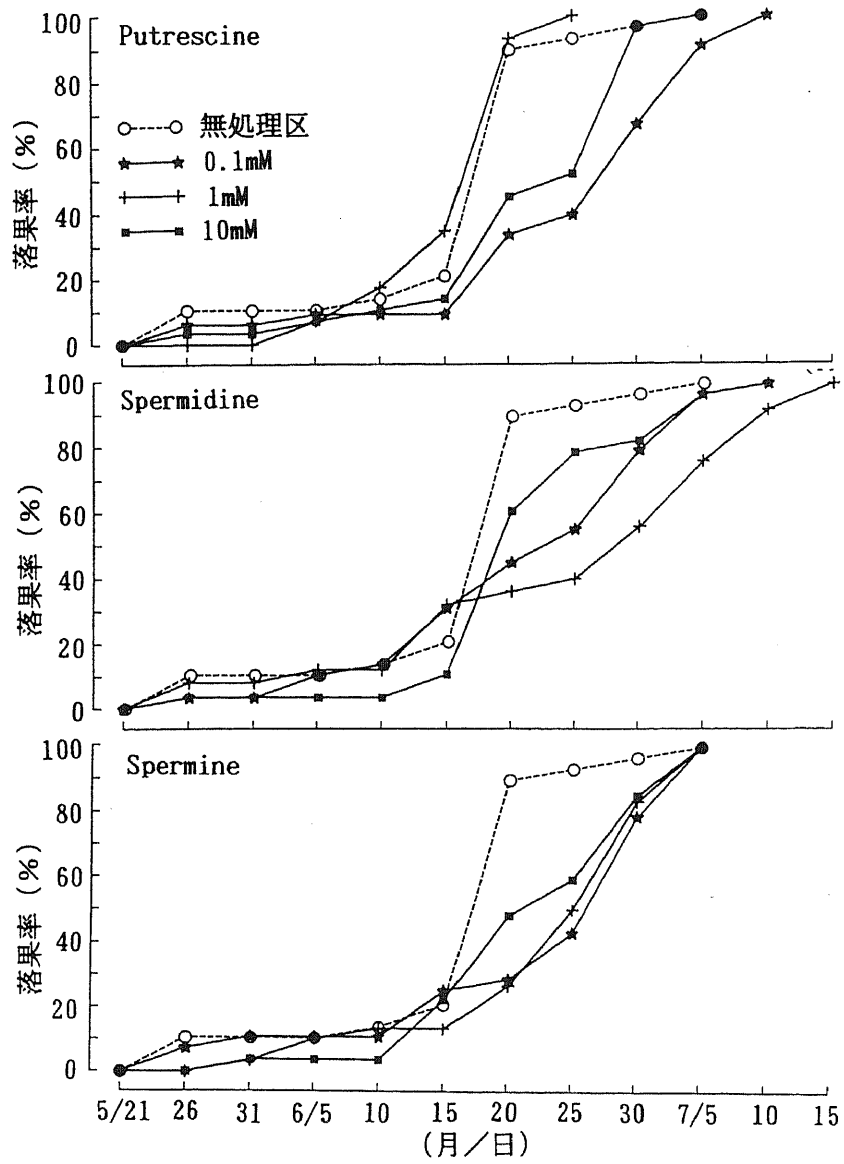
ACC含量は収穫3日後に急増し、エチレン発生量は4日目より増加した。なお、ウメ果実の場合、収穫後急速に水分を失い、収穫1週間後には約25%減少した(第19図、第20図)。以上の結果は、ウメ果実の成熟が、ポリアミンの中でもSpdとエチレンによって制御されていることを示している。また、水分の減少すなわち果重の減少がウメ果実の成熟の引き金になっていると考えられる。

3. 樹上果に対するACCおよびポリアミン処理が果実の成熟に及ぼす影響

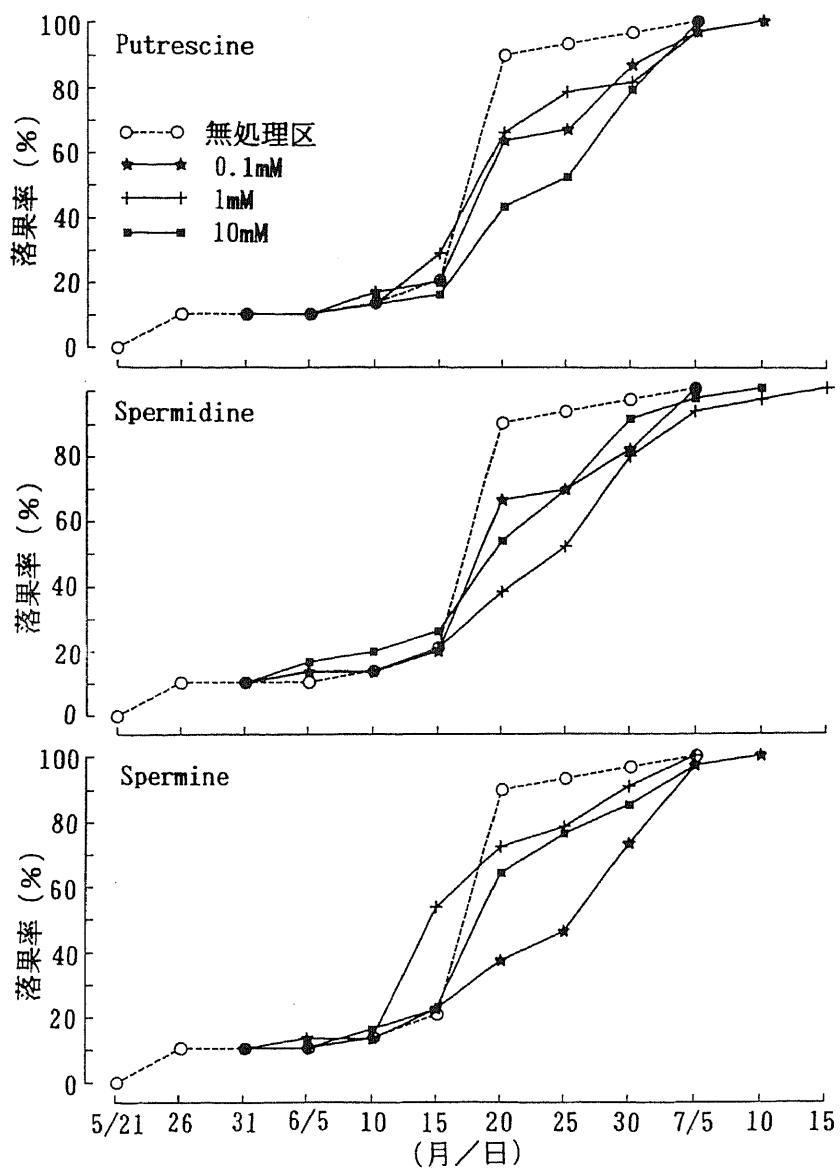
樹上にあるウメ果実は、成熟期に達するまで成熟現象は起こらない。ところが、収穫適期前に樹体から切り離すと急速に成熟する。そこで、樹上果の成熟現象とACCやポリアミンとの関係を明らかにし、さらに樹上果の成熟を人為的に制御するための方法を検討した。すなわち、収穫40日前、30日前、20日前のウメ‘白加賀’の樹上果実に対してACCの0.1mM、1mM、10mMを果実当たり3ml(展着剤、アプローチBI 1,000ppmを含む)つつ処理した結果、高濃度の10mM処理では、いずれの時期に処理しても急速に成熟を促進した。しかし、0.1mMや1mMの低濃度処理では収穫40日前処理で成熟を促進し



第21図 ウメ‘白加賀’の樹上果実に対する ACC処理が落果に及ぼす影響(1994)



第22図 収穫20日前のウメ‘白加賀’の樹上果実に対するポリアミン処理が落果に及ぼす影響(1994)



第23図 収穫10日前のウメ‘白加賀’の樹上果実に対するポリアミン処理が落果に及ぼす影響(1994)

たが、30日前や20日前処理ではまったく成熟促進効果が認められなかった（第21図）。このことは、果実が樹上に付いている間はエチレン合成酵素が存在するにもかかわらず、ACCの生合成が抑制されているために成熟が起らないことを示している。ただし、成熟期が近づくほど低濃度のACCが成熟を促進しなくなるのは、成熟が進むと処理したACCが果実表面から吸収されにくくなるのか、果実内にACC分解酵素（エチレン合成酵素でない）が生成され吸収されたACCが速やかに分解されるのか、あるいはエチレン合成酵素の活性が低下するためのいずれかと考えられる。

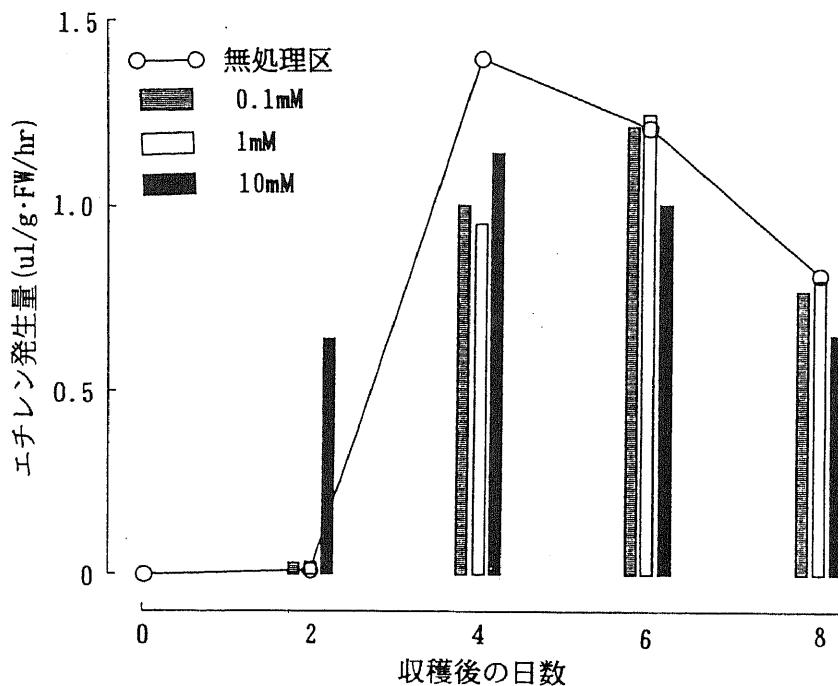
一方、ウメ‘白加賀’の樹上果実に対してポリアミン(Put、Spd、Spn)の0.1mM、1mM、10mMを果実当たり3ml（展着剤、アプローチBI 1,000ppmを含む）づつ収穫20日前と10日前に処理した。ポリアミンの種類や濃度、処理時期により多少効果が異なるが、いずれも果実の成熟を抑制した。特に、収穫20日前処理ではPutの0.1mMとSpnの1mMで、収穫10日前処理ではSpdの1mMとSpnの0.1mMで成熟遅延効果が著しかった（第22図、第23図）。

4. 収穫果に対するACCおよびポリアミン処理が果実の成熟に及ぼす影響

ウメ果実は収穫後急速に着色、軟化し、成熟が促進されるが、この成熟はエチレンによって起こることが知られている。そこで適期に収穫したウメ‘白加賀’の果実にエチレン代謝に関連する物質、すなわち、ACCやポリアミン(Put、Spd、Spn)の0.1mM、1mM、10mMを前述と同じ方法で処理し、成熟に対する影響を調査した。その結果、無処理果実では収穫後4日目エチレン発生量がピークになるのに対してACC処理果実では、すでに収穫2日目にエチレン発生が認められ、特に濃度の高い10mMではエチレン発生量が極めて多くなり、果皮の黄化と果肉の軟化が促進された（第24図）。他方、収穫した果実に対するポリアミンの影響を見ると、PutやSpnではいずれの濃度でもエチレン発生量を抑制し、成熟過程の進行を抑制した（第25図）。

5. 収穫果に対するMGBG、AOA、AVG処理が果実の成熟に及ぼす影響

最近、物質の代謝経路を研究する中で多くの代謝阻害物質がつけられている。エチレンの代謝経路においても、SAMからSpdへの代謝経路を阻害するMGBGやSAMからACCへの経路を阻害するAOAおよびACCからエチレンへの経路を阻害するAVGが知られている。そこでこれらの物質を収穫したウメ‘白加賀’に、それぞれ0.1mM、

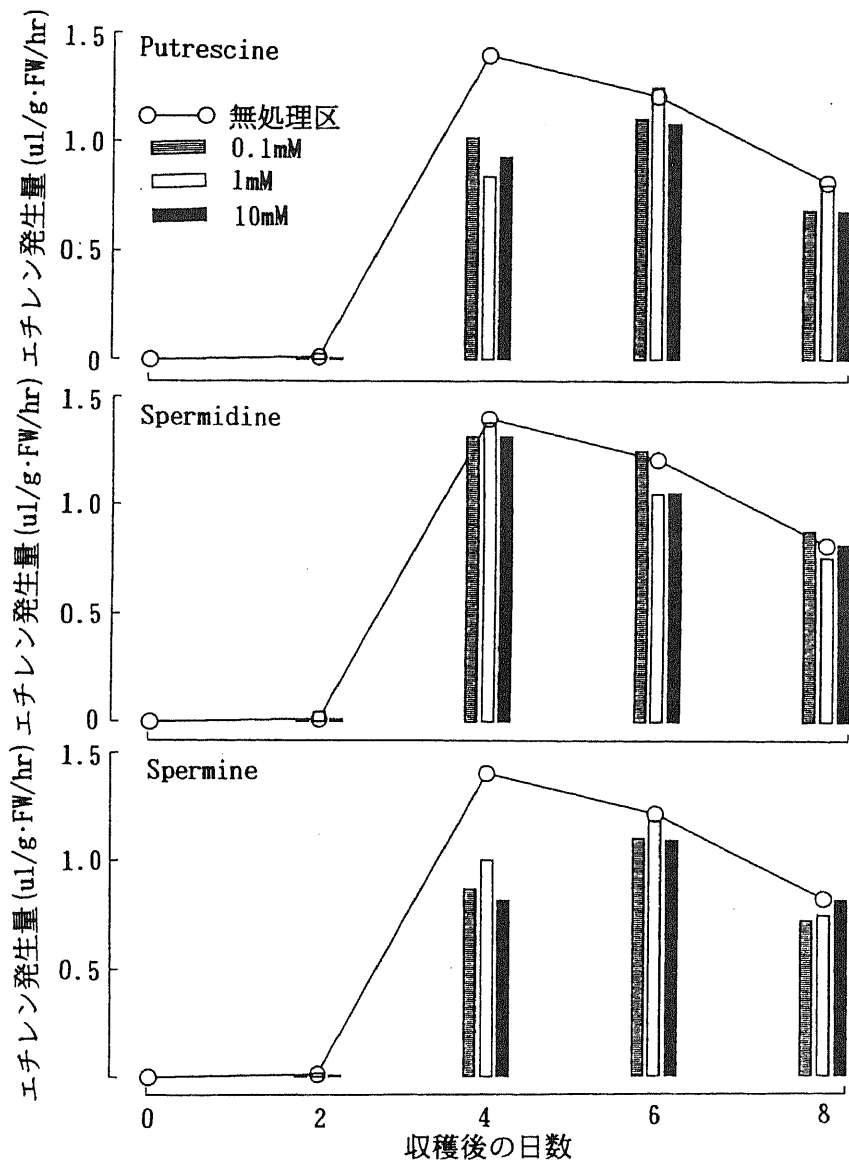


第24図 収穫後のウメ‘白加賀’の果実に対するACC処理がエチレン発生量に及ぼす影響(1993)

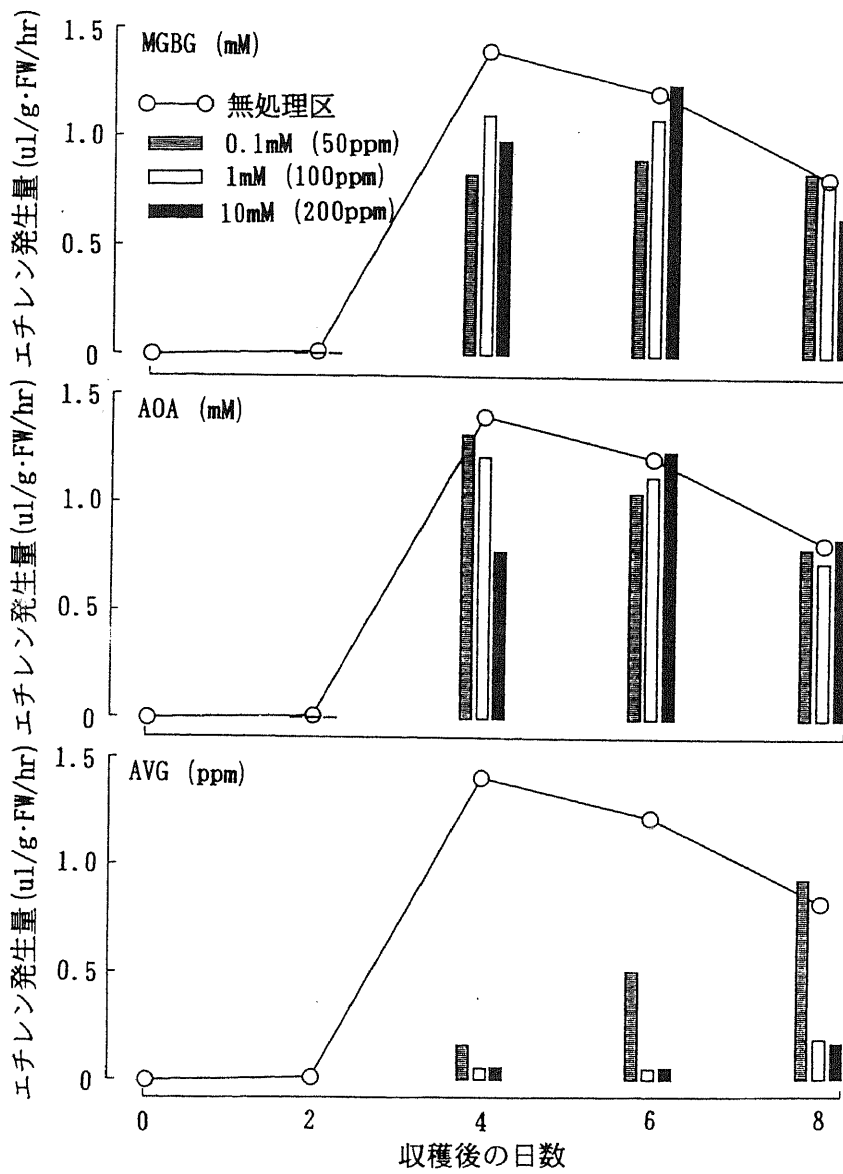
1 mM、10mM (AVG は 50ppm、100ppm、200ppm) を前述の場合と同様に処理した。MGBG処理ではいずれの濃度でも、AOA 処理では10mMでエチレンの発生を抑制し、成熟の進行を強く抑制した。また、AVG 処理はいずれの濃度でも著しくエチレン発生量を抑制した。特に、100ppmや200ppmではほとんどエチレン発生が認められず、果肉の軟化や果皮の黄化が極めて遅れ、成熟が抑制された(第26図)。

IV. まとめ

ウメの開花期は、冬季の気温により決定される。すなわち暖冬の年は早く開花するが、その頃は花粉媒介昆虫の数が少なく、また活動も鈍いため、受粉・受精がうまくいかない場合が多くなる。さらに、例え受粉・受精が行われたとしても、その後低温に遭遇する機会が多く、もし低温に遭遇すると胚や胚乳が枯死し、種子が退化するため激しい生理落果を起こす。このことから、開花期を遅延させることはウメの生産を安定させるために有効な手段である。モモ、



第25図 収穫後のウメ‘白加賀’の果実に対するポリアミン処理がエチレン発生量に及ぼす影響(1993)



第26図 収穫後のウメ‘白加賀’の果実に対するMGBG、AOA および AVG処理がエチレン発生量に及ぼす影響(1993)

オウトウ、プルーンなどで開花遅延に効果のあったエスレルは、ウメにおいても有効であった。すなわち、エスレル散布による開花遅延程度、花芽の落下割合および異常花の発生割合から判断すると、10月中旬に50~100ppmのエスレルを散布するのが開花遅延に最適であった。ただし、品種によってエスレルの効果が異なり‘白加賀’と‘稲積’との比較では、後者の方が効果が高かった。両品種のエスレル散布に対する反応の違いは、‘白加賀’では散布後著しい落葉を引き起こすが、‘稲積’では落葉割合が少なかった。このことは、落葉の少ない‘稲積’では樹体に散布されたエスレルが長期間葉から芽に供給されるために開花遅延効果が高いのではないかと考えられる。エスレルによる開花遅延効果は、形態的に見ると花芽の発育遅延にあった。特に、花柱や花糸の長さおよび子房の大きさが無散布区に比較して著しく抑制されていた。なお、花芽の発育抑制には内生植物ホルモンや炭水化物、窒素化合物代謝が関係しているようであるが、何がどのように関与しているかは明らかにできなかった。この点については今後も継続して研究していく必要があると考えられる。

開花期に受粉・受精がうまくいかなかったり、幼果が低温に遭遇し、種子が退化したとしても、単為結果が簡単に誘起できればウメの生産を安定させることができる。そこでウメの発育についての基礎的な資料を得ると共に、内生植物ホルモンとの関連を調査した。さらに、これらの結果をもとに単為結果の誘起を試みた。

ウメ果実や種子の生長は、他の核果類と同様であり、果実の生長は典型的な二重S字型生長曲線を示した。また、種子の生長は果実の生長と異なり、果実の生長第I期中期から後期にかけて急速に生長し、その後はほとんど生長しなかった。この生長には内生植物ホルモン、特にオーキシン、ジベレリン、サイトカイニンおよびアブシジン酸が重要な働きをしていることが明らかとなった。さらに、核果類の特徴である硬核現象にオーキシンが強く関与していることが判明した。また、ウメ果実中の主要ジベレリンはGA₃₂であることがGC-MSにより同定された。

ウメの単為結果を誘起するためには、ジベレリン様活性を有する合成AC-94,377(n-Substituted phthalimide)の1,000ppmを開花後20日以内に処理すると有効なこと、さらに硬核開始10日前にオーキシンを追処理すると着果率が著しく高くなることが明らかになった。なお、オーキシンは種類と処理濃度により、着果率や収穫果重に著しい違いを生じた。特に、有効なオーキシンの種類と濃度はNAA、IPA、MCPBの50ppm、2,4-Dの20ppm、2,4-DPの10ppmであった。ウメの内生主要ジベレリンであるGA₃₂を処理すると、10ppmの低濃度でも十分に高い割合で単為結果が誘起された。ただし、オーキシ

ンを追処理しても着果率は高くならなかったが、果実の肥大が促進された。

ウメ果実はすべて加工されるため完熟する前に収穫される。しかし、収穫が少しでも遅れると果実は樹上で急速に成熟する。このため、収穫期に労力が集中し、栽培面積の拡大が抑制されている。したがって、人為的に成熟期が制御できればウメの生産を安定させることが可能となるとともに、栽培面積の拡大を図ることができる。そこで、ACC、ポリアミン、エチレンなどの代謝を考慮し、ウメ果実の成熟制御を試みた。

果実の発育に伴うACC含量は、生理落果が起こる前に高くなり、その後は成熟期にかけて減少した。果実中にはプトレシン(Put)、スペルミジン(Spd)、スペルミン(Spn)の3種類のポリアミンが存在し、いずれの時期でもPut、Spd、Spnの順に含量が高く、ACC含量と同時期に最も高くなった。しかし、収穫後はポリアミンの中でSpdのみが急速に減少し、その後ACC含量が急増し、さらに1日遅れてエチレンが発生した。

収穫40日前以降の樹上果実にACCの10mMを処理すると、果実の軟化と着色が起こり急速に成熟した。ところが、Put、Spd、Spnのポリアミンの0.1~10mMを樹上果実に処理すると、種類や濃度により効果が異なるものの、いずれも成熟を抑制した。一方、収穫後の果実に対するACC処理は急速にエチレン発生を促進し、成熟が促進された。また、ポリアミン、特にPutやSpnはエチレンの発生量を抑制し、成熟を遅らせた。さらに、ACC、ポリアミン、エチレンとの関係を明らかにするため、SAMからSpdへの代謝経路を阻害するMGBGやSAMからACCへの経路を阻害するAOAおよびACCからエチレンへの経路を阻害するAVGとエチレン発生量との関係を調査したところ、MGBGでは0.1mM~10mMで、AOAでは10mMで成熟を抑制した。また、AVGの100ppmや200ppmではほとんどエチレン発生が認められず、果肉の軟化や着色を強く抑制した。

本研究はウメの生産安定を図る目的から、「開花遅延」、「単為結果の誘起」、「成熟の制御」について研究を行ってきた。その結果、10月中旬にエスレル50ppm~100ppmを樹上散布すれば、翌春の開花期が遅れ、遅霜や低温に遭遇する機会を少なくすることができた。また、例え幼果が低温に遭遇し胚乳や胚に障害を受け種子形成が阻害されたとしてもAC-94,377 1,000ppmあるいはGA₃210ppmを処理し、オーキシンを追処理すれば容易に単為結果が誘起され、安定した着果を確保することができた。さらに、成熟を促進するためにはACCを、逆に成熟を抑制するためにはポリアミンやMGBG、AOA、AVGを処理すれば可能であった。したがって、この3方法はウメの生産安定を図るのに有効な手段になると考えられる。

V. 引用文献

- Bagni, N. and R. Pistocchi. 1992. Polyamine metabolism and compartmentation in plant cells. *Nitrogen Metabolism of Plants*. 33:229-248.
- Buban, T. and I. Turi. 1985. Delaying bloom in apricot and peach trees. *Acta. Hort.* 192:57-63.
- Bukovac, M. J. and S. Nakagawa. 1967. Comparative potency of gibberellin in inducing parthenocarpic fruit growth in Malus sylvestris Mill. *Experientia*. 23:865.
- Bukovac, M. J., J. A. Retamales, X. Shao-Ying and H. Matsui. 1985. Induction of parthenocarpic fruit growth in 'Montmorency' sour cherry with N-substituted phthalimide and NAA. *HortScience*. 20(6):1083-1085.
- Crane, J. C. 1952. Ovary wall development as influenced by growth regulators inducing parthenocarpy in the Calimyrna fig. *Bot. Gaz.* 114:102-107.
- Crane, J. C., P. E. Primer and R. C. Campbell. 1960. Gibberellin-induced parthenocarpy in Prunus. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 75:129-137.
- Crane, J. C. 1965. The chemical induction of parthenocarpy in the Calimyrna fig and its physiological significance. *Plant Physiol.* 40:606-610.
- Crane, J. C. and J. R. Hicks. 1968. Further studies on growthregulator-induced parthenocarpy in the 'Bing' cherry. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 59:113-118.
- Crisosto, C. H., P. B. Lombard and L. H. Fuchigami. 1987. Effect of fall ethephon and hand defoliation on dormant bud ethylene levels, bloom delay and yield components of 'Redhaven' peach. *Acta. Hort.* 201:203-211.

- Dennis, Jr. F. G. 1976. Trials of ethephon and other growth regulators for delaying bloom in tree fruits. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 101(5):519-523.
- Durner, E. F. and T. J. Gianfagna. 1990. Peach pistil growth inhibition and subsequent bloom delay by midwinter bud whitewashing. *HortScience.* 25(10):1222 -1224.
- Egea-Cortines, M. and Y. Mizrahi. 1993. The effect of difluoromethylornithine on polyamine levels in pollinated and naphthaleneacetic acid-induced young tomato fruits. *Plant Growth Regulation.* 12:287-292.
- Evans, P. T. and R. L. Malmberg. 1989. Do polyamines have roles in plant development? *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* 40:235-269.
- Faust, M. and S. Y. Wang. 1992. Polyamines in horticulturally important plants. *Horticultural Reviews.* 14:333-356.
- Griggs, W. H. and B. T. Iwakiri. 1961. Effect of gibberellin and 2,4,5-trichlorophenoxypropionic acid sprays on Bartlett pear trees. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 77:73-89.
- Inaba, A. 1993. Recent studies on postharvest physiology and technology of horticultural crops in Japan. *Horticultural Abstracts.* 63(9):813-827.
- Jones, C. M. 1965. Effects of benzyladenine on fruit set in muskmelon. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 87:335-340.
- Kende, H. 1993. Ethylene biosynthesis. *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* 44:283-307.
- Kiyokawa, I. and S. Nakagawa. 1972. Parthenocarpic fruit growth and development of the peach as influenced by gibberellin application. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 41: 133-143

- Lizada, M. C. C. and S. F. Yang. 1979. A simple and sensitive assay for 1-aminocyclopropane-carboxylic acid. Anal. Biochem. 100:140-145.
- Luckwill, L. C. 1959. The effect of gibberellic acid on fruit set in apples and pears. In Ann. Report Agr. Hort. Res. Sta., Univ. of Bristol. 59-64.
- 松井弘之・湯田英二・中川昌一・越智英典. 1986. AC-94,377 が数種果樹の単為結果誘起に及ぼす影響. 園学雑発要. 148-149.
- Miyahara, T. and K. Tomita. 1982. Studies on methods for stabilizing Japanese apricot bearing. I. Effect of gibberellin and flowering of Japanese apricot (Prunus mume Sieb. et Zucc.). Fukui Pref. Hort. Res. Cent. Bull. 1.
- Nakagawa, S., I. Kiyokawa, H. Matsui and H. Kurooka. 1973. Fruit development of pear as affected by destruction of the embryo and application of gibberellins. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 42 (2):104-112.
- Nitsch, J. P. 1950. Growth and morphogenesis of the strawberry as related to auxin. Amer. Jour. Bot. 37:211-215.
- Proebsting, Jr., E. L. and H. H. Mills. 1976. Ethephon increases cold hardiness of sweet cherry. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 101 (1):31-33.
- Rebeiz, C. A. and J. C. Crane. 1961. Growth regulator-induced parthenocarpy in the Bing cherry. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 79:69-75.
- Sedgley, M. 1990. Flowering of deciduous perennial fruit crops. Horticultural Reviews. 12:223-264.
- Slocum, R. D., R. Kaur-Sawhney and A. W. Galston. 1984. The physiology and biochemistry of polyamines in plants. Archives of Biochemistry and Biophysics. 235(2):283-303.

- Smith, M. A. and P. J. Davies. 1985. Separation and quantitation of polyamines in plant tissue by high performance liquid chromatography of their dansyl derivatives. *Plant Physiol.* 78:89-91.
- Sun, X., A. N. Miller, M. Faust and W. Potts. 1991. Effect of fallethephon application on flower development in Italian prune. *Scientia Horticulturae.* 45:199-207.
- 鈴木富男. 1988. カキの生理落果に関する研究. 千葉大学修士論文. 1-80.
- Tiburcio, A. F., J. L. Campos, X. Figueras and R. T. Besford. 1993. Recent advances in the understanding of polyamine functions during plant development. *Plant Growth Regulation.* 12:331-340.
- Walter, H. J. P. and J. M. C. Geuns. 1987. High speed HPLC analysis of polyamines in plant tissues. *Plant Physiol.* 83:232-234.
- Yang, S. F. and N. E. Hoffman. 1984. Ethylene biosynthesis and its regulation in higher plants. *Annu. Rev. Plant Physiol.* 35:155-89.
- 湯田英二・松井弘之・中井功. 1976. GA処理がポンカンの無核化に及ぼす影響. 園学雑発要. 142-143.
- Yuda, E., H. Matsui, M. Yukimoto and S. Nakagawa. 1984. Effect of 15 β -OH gibberellin on the fruit set and development of three pear species. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 53(3):235-241.