

# 福岡県農業総合試験場特別報告

## 第10号

---

### 施設栽培におけるワセウンシュウ夏枝の 花芽分化に関する生理学的研究

---

平成9年1月

福岡県農業総合試験場

(福岡県筑紫野市吉木)

SPECIAL BULLETIN  
OF  
THE FUKUOKA AGRICULTURAL RESEARCH CENTER

NO. 10

A Physiological Study on Flower-Bud Differentiation  
in Summer Shoots of Indoor Wase Satsuma Mandarin Trees

by

YAHATA Daijiro

THE FUKUOKA AGRICULTURAL RESEARCH CENTER

Chikushino, Fukuoka 818, Japan

January 1997

---

施設栽培におけるワセウンシュウ夏枝の  
花芽分化に関する生理学的研究

---

矢羽田 第二郎

1 9 9 7

## 序

ワセウンシュウの加温施設栽培は消費者の高品質果実への指向が高まるなかで急速に拡大した。このため、生産量も増加し、出荷時期が年々早まるのにもなって加温時期も早くなり、最近では11月加温処理の作型も増加している。しかし、早い時期からの加温処理は、発芽が不揃いとなり、着花数が不足して果実収量が減少し、施設栽培の経営を著しく不安定なものにしている。

ワセウンシュウの加温施設栽培において加温処理後に十分な着果数を確保して生産を安定させるには、加温処理前に着花予測を行って結果母枝の花芽の分化程度を正確に把握することが必要である。しかし、ウンシュウミカンの花芽分化の機構はこれまで十分には解明されておらず、正確な着花予測技術を確立するためには、花芽分化期における樹体内の生理的変化と気象及び栽培条件などの諸要因の影響を明らかにすることが求められていた。

本研究は夏枝結果母枝を材料に、生理的観点から花芽分化の機構解明を行って枝内の成分変化を明らかにし、気温低下の影響を検討して低温積算時間を用いた花芽数の推定方法を確立するとともに、栽培条件及び植物調節剤処理が花芽分化に及ぼす影響を明らかにしたものである。

なお、本報告は福岡県農業総合試験場園芸研究所において1989年から1993年までに実施した輸入自由化対策特別研究「施設栽培によるカンキツの高付加価値果実の安定生産技術の確立」及び「温州ミカンの施設栽培における高品質果実の多収生産技術」に関連する試験成績を取りまとめたものである。

本研究の遂行および取りまとめにあたって、ご指導、ご助言を頂いた九州大学教授白石眞一博士、同教授窪田文武博士ならびに同助教授白石進博士に厚くお礼を申し上げますとともに、福岡県農業総合試験場園芸研究所常緑果樹研究室職員の方々の協力により、成果をあげることができたことを付記し、関係各位に深く感謝の意を表する。

平成 9 年 1 月

福岡県農業総合試験場長

松本 明芳

# 目 次

|                                                                |    |
|----------------------------------------------------------------|----|
| 第1章 緒 論                                                        | 1  |
| 第2章 秋季の低温が夏枝の休眠と花芽分化に及ぼす影響                                     | 3  |
| 1. 低温遭遇が休眠と花芽分化に及ぼす影響                                          | 3  |
| 2. 低温処理が休眠と花芽分化に及ぼす影響                                          | 5  |
| 3. 摘 要                                                         | 7  |
| 第3章 花芽分化期における夏枝内の炭水化物, $\alpha$ -アミラーゼ活性, インドール酢酸及びジベレリン様物質の変化 | 8  |
| 1. 6-ベンジルアミノプリンを利用した切り枝水挿し処理による花芽数の変化                          | 8  |
| 2. 枝及び葉内の炭水化物, $\alpha$ -アミラーゼ活性, インドール酢酸及びジベレリン様物質の変化         | 10 |
| 3. 部位別の炭水化物含量及び $\alpha$ -アミラーゼ活性                              | 14 |
| 4. 葉柄と芽内のインドール酢酸及びジベレリン様物質                                     | 16 |
| 5. 摘 要                                                         | 19 |
| 第4章 低温遭遇時間による夏枝の花芽数の推定                                         | 20 |
| 1. 低温遭遇時間と花芽数との相関                                              | 20 |
| 2. 低温遭遇時間による花芽数の推定                                             | 21 |
| 3. 摘 要                                                         | 23 |
| 第5章 栽培条件が夏枝の発生と着花に及ぼす影響                                        | 24 |
| 1. 葉果比が夏枝内の炭水化物含量と着花に及ぼす影響                                     | 24 |
| 2. せん定時期が夏枝の発生と着花に及ぼす影響                                        | 27 |
| 3. マシン油乳剤散布が着花に及ぼす影響                                           | 29 |
| 4. 摘 要                                                         | 30 |
| 第6章 植物生育調節剤が夏枝の発生と着花に及ぼす影響                                     | 32 |
| 1. 秋季のジベレリン処理が着花に及ぼす影響                                         | 32 |
| 2. 秋季のマレイン酸ヒドラジドコリン処理が着花に及ぼす影響                                 | 33 |
| 3. せん定時の6-ベンジルアミノプリン処理が夏枝の発生に及ぼす影響                             | 35 |
| 4. 加温開始時の6-ベンジルアミノプリン処理が着花に及ぼす影響                               | 36 |
| 5. 摘 要                                                         | 39 |
| 第7章 総合考察                                                       | 41 |
| 第8章 総合摘要                                                       | 43 |
| 引用文献                                                           | 45 |
| S u m m a r y                                                  | 49 |



## 第1章 緒 論

1970年に香川県で創められたワセウンシュウ (*Citrus unshiu* Marc. var. *praecox* Tanaka) の加温施設栽培は、その後消費者の高品質果実への指向が高まるなかで急速に拡大し、1993年には全国の栽培面積が1,300ヘクタール余りに達した。その間、出荷時期が年々早まるのに伴って加温時期も早くなり、福岡県内の加温施設でも50%前後が12月上旬までに加温処理を開始する、いわゆる早期加温栽培の作型になっている。早期加温栽培では露地栽培に比較して出荷時期が3～4ヵ月も早まり、最近では11月加温処理の作型も増加している。しかし、このような早い時期から加温処理する場合、結果母枝の花芽分化が十分でないまま加温処理を開始すると、加温処理後の発芽が不揃いとなり、着花数が不足して果実収量が少なくなる。近年の早期出荷用加温処理ミカン（ハウスミカン）は全国的な出荷量の増加に伴って市場価格も低下傾向となっており、収量の減少は施設栽培の経営を著しく不安定にする。このようなことから、早期加温栽培では加温を開始する時期を的確に判定することが生産安定上の重要な課題となっており、そのためには結果母枝の花芽の分化程度を正確に把握することが必要となる。

カンキツ類の花芽分化時期については従来1月中旬～2月上旬頃とする報告が多かったが (ABBOTT 1935, 南部 1931, 高田・倉岡1935), これらは何れも顕微鏡による観察を行った形態的な分化についての研究であった。その後、大崎・佐宗 (1940, 1941) はウンシュウミカン (*C. unshiu* Marc.) について時期別に摘葉、摘果及び環状はく皮を行って翌年の着花数を調査した結果により、花芽分化が9月下旬頃から始まることを報告した。岩崎 (1959) はこのような秋季における花芽の分化を形態的な分化に先立つ生理的な花芽分化として取り扱い、その最も重要な時期は11月中旬前後であり、この時期の栄養状態によって翌年の着花数が著しく左右されることを明らかにした。ウンシュウミカンの結果母枝内で秋季にこのような生理的花芽分化が進行することは、11～12月から加温を開始する早期加温栽培の出現によって実証された。そして近年、カンキツの生理的な花芽分化が低温によって誘起されることが明らかになり (井上 1989a, 1990, NAKAJIMA et al. 1992, POERWANT et al. 1989, SOUTHWICK and DAVENPORT 1986), また土壤乾燥などのストレスによっても花芽数が増加することが報告されている (SOUTHWICK and DAVENPORT 1987, 山田ら 1985a, 井上 1989b)。この内、井上 (1990) はウンシュウミカンの自発休眠が25℃以下の秋季の低温に誘導されて約2ヵ月間続き、この間に花芽の生理的花芽分化が進むことを明らかにした。

しかし、これらの研究はNAKAJIMA et al. (1992) や山田ら (1985a) のように結果母枝内のC-N率やジベレリン活性との関連性を検討した事例もあるが、花芽分化に対する炭水化物や内生植物ホルモンの影響についてはまだ十分に明らかにされておらず、生理的な花芽分化の機構が解明されとは言えない。カンキツの花芽分化に対する炭水化物の影響については、着果量の多い樹で樹体内の炭水化物含量が減少して翌年の着花数が少なくなることが報告されている (GOLDSCHMIDT and GOLOMB 1982, GOLDSCHMIDT et al. 1985, JONES et al. 1974, JONES et al. 1975, 大垣ら 1963, 清水ら 1975)。また、植物ホルモンの影響については、ジベレリン水溶液の散布がカンキツの花芽形成を著しく阻害することが知られており (DAVENPORT 1983, GUARDIOLA et al. 1982, 広瀬 1968, 高原ら 1990), 内生ジベレリンやアブシジン酸が花芽分化に及ぼす影響についても検討が行われている (後藤・岩垣 1992, 尾形ら 1995, 奥田ら 1995, 高木ら 1989)。しかし、これらの炭水化物及び内生植物ホルモンに関する研究は着果負担や隔年結果との関連性を検討したものがほとんどで、花芽分化の進行と同時に結果母枝内の一連の成分変化を調査した報告は見当たらない。ワセウンシュウの早期加温栽培では、結果母枝内に含まれるデンプンや糖などの炭水化物含量が加温処理開始時期を決定する際の判断材料の一つになる (川野1987, 中島ら 1991)。このため、生理的花芽分化期における結果母枝内の炭水化物含量の経時的な変化を明らかにすることは、加温処理後の着花量を確保してその後の生産を安定させる上で重要であり、同時に内生植物ホルモンや酵素類との関連性を検討することは花芽分化の機構を生理的に解明するための基礎資料となる。またワセウンシュウの早期加温栽培において、着果負担、せん定時期、殺虫剤散布などの栽培条件の違いや種々の植物生育調節剤の処理が花芽分化に及ぼす影響について検討した報告も少なく、これらの点を明らかにすることは施設栽培の生産安定に大きく寄与するものと考えられる。

本研究は以上のような背景と観点から、早期加温栽培におけるワセウンシュウの夏枝結果母枝の花芽分化の進行に伴う炭水化物、内生植物ホルモン及び関連酵素の変化について明らかにし、生理的な花芽分化の機構解明を行った。同時に、花芽分化期における気温低下の影響についても検討し、精度の高い加温処理開始時期の判定法を確立するため、低温積算時間を用いた花芽数の推定を試みた。さらに栽培条件や植物生育調節剤処理が花芽分化に及ぼす影響について検討を行い、早期加温栽培における夏枝結果母枝の生理的花芽分化の機構を総合的に明らかにしようとした。

なお、本研究は著者が1989年から1993年にかけて、輸入自由化対策特別研究「施設栽培によるカンキツの高付加価値果実の安定生産技術の確立」及び「温州ミカンの施設栽培における高品質果実の多収生産技術」などの一連の研究として、主に福岡県農業総合試験場園芸研究所果樹部常緑果樹研究室（福岡県筑紫野市大字吉木）において行ったものである。また、本研究の大半は日本園芸学会（矢羽田ら 1993a, 1993b, 1995a, 1995b, 1995c）、福岡農総試研究報告（矢羽田ら 1990, 1991, 1995d）及び農業技術開発特別研究報告書（福岡農総試 1992）に逐次発表してきた。ここでは、それらと未発表の成果を取りまとめ、ワセウンシュウ夏枝の花芽分化に関する研究論文として報告する。

本論文の取りまとめに当たり、終始懇篤なる指導と激励を賜った九州大学農学部教授白石眞一博士に衷心から感謝し、厚く御礼を申し上げる。また、本論文の作成にあたって、懇切な指導と校閲を賜った九州大学農学部教授窪田文武博士ならびに同助教授白石進博士に衷心から感謝の意を表する。

本研究の端緒は、福岡県農業総合試験場園芸研究所果樹部常緑果樹研究室長大庭義材氏（現福岡県農政部農業技術課）から賜った。研究を遂行するにあたっては、福岡県農業総合試験場園芸研究所長室園正敏氏（現福岡県農業総合試験場副場長）、果樹部長清水博之氏（現筑後分場長）ならびに同恒遠正彦氏（現福岡県農業大学校教授）の各位から温情ある指導と助言を賜った。また研究を実施するにあたっては常緑果樹研究室の松本和紀氏（現福岡地域農業改良普及センター）、桑原実氏ならびに前任者の津田勝男氏（現福岡県農業総合試験場企画経営部）に多大の協力と援助をいただいた。ここに各位に対し、深甚なる感謝の意を表する。

## 第2章 秋季の低温が夏枝の休眠と花芽分化に及ぼす影響

ウンシュウミカンの休眠と花芽分化に対しては秋季の気温低下の影響が大きい。このため、ワセウンシュウの早期加温栽培における夏枝結果母枝の花芽分化の機構を解明するためには、まず夏枝発生後の気温変化が花芽分化の進行に及ぼす影響を把握しておく必要がある。そこで本章では、秋季の低温が夏枝の休眠と花芽分化に及ぼす影響について検討した。

### 1 低温遭遇が休眠と花芽分化に及ぼす影響

ウンシュウミカンのえき芽では、9月下旬から11月までの秋季に一時的に発芽率が低下する休眠現象が認められ、この時期から形態的な花芽分化に先立つ生理的な花芽分化が始まる（細井ら 1986, 井上 1990, 大崎・佐宗 1940）。カンキツは15℃程度の低温によって花芽分化が促進され（井上 1989a, 1990, POERWANTO et al. 1989, SOUTHWICK and DAVENPORT 1986）、その際、低温遭遇時間の増加とともに結果母枝内にデンプン、糖などの炭水化物が蓄積される（NAKAJIMA et al. 1992, プルワント・井上 1989）。このため、夏枝を結果母枝として利用する早期加温栽培において加温処理開始時期を決定する際には、夏枝内の炭水化物含量も着花数を予測するための判定材料になる（川野 1987）。しかし、枝内のデンプン及び糖含量は年次や圃地間による変動が大きく（宮本・中屋 1990）、夏枝発生後の経時的变化や気温変化の影響なども明らかになっていない。

そこで、ワセウンシュウの鉢植え樹を対象に時期別の摘葉高温処理（井上1990）を行い、夏枝発生後の花芽分化の進行状況を調査すると同時に、秋季の気温低下と夏枝内の炭水化物含量との関連性を検討した。

### 材 料 及 び 方 法

直径30cmの素焼き鉢に植えたカラタチ台3年生の‘山下紅早生’を供試した。1989年7月中旬にせん定して夏枝を発生させた樹を、9月30日、10月30日、11月16日、12月1日、12月16日及び1990年1月2日にそれぞれ全葉を摘除して室内気温20℃以上となるガラス室内に搬入し、加温処理を行った。供試樹はガラス室に搬入するまで露地圃場で管理し、摘葉高温処理を行う前日までの低温遭遇時間を毎正時ごとの気温から算出した。ガラス室の搬入直前に夏枝を採取して還元糖、デンプン及び全炭水化物含量を定量分析した。還元糖分析のため、除葉した夏枝を脱イオン水で洗浄し、60℃で通風乾燥した後、ミルを使って粉碎して試料を得た。50mgの乾物試料を80%エタノールで3回反復で抽出してソモギーネルソン法で定量分析した。デンプンは糖抽出後の残渣を60%過塩素酸で抽出し、フェノール硫酸法で定量分析した。全炭水化物については50mgの乾物試料に0.7 N塩酸を加えて2.5時間煮沸抽出し、1 N水酸化ナトリウムで中和した後、ソモギーネルソン法で定量分析した。摘葉高温処理後、発芽までの日数、発芽節率、発育枝数及び花らい数を1区3樹を対象に調査した。

### 結 果 及 び 考 察

摘葉高温処理後の夏枝の発芽及び花らい数を第1表に示した。発芽までの日数は7～10日間の範囲にあり、時期による大きな差はなかった。発芽節率は処理開始日が10月30日の場合48.8%で最も低く、11月16日以降は70～80%に上昇した。発育枝数は結果母枝100節当たりで9月30日が62.5本、10月30日が42.5本と多かったが、11月16日以降は急速に減少した。花らいの発生は、10月30日にわずかに認められ、その後11月16日以降に急増した。また、時期が遅くなるにつれて直花の発生する比率が高くなった。

ガラス室に搬入するまでに供試樹が5～25℃以下の気温に遭遇した時間は、20、25℃以下の気温では10月30日、15℃以下では11月16日、5、10℃以下では12月1日以降の増加が著しかった。夏枝内の全炭水化物含量は、9月30日が19.9%で最も少なく、その後増加し、1月2日には28.6%に達した。デンプン及び還元糖含

量も9月30日が最も少なかったが、デンプン含量は10月30日～11月16日に増加した後、12月1日に減少したのに対して、還元糖含量は12月1日～12月16日に多くなった（第2表）。花らいの発生数は、15～25℃以下の気温に遭遇した時間との間で相関が高く、5、10℃以下の気温では相関係数がやや低かった（第3表）。

第1表 時期別に摘葉高温処理した鉢植樹の夏枝の発芽及び花らい数

| 処理<br>開始<br>月日 | 発芽まで<br>の日数 | 発芽<br>節率 | 結果母枝100節当り |      |      |       | 有葉<br>花率 |
|----------------|-------------|----------|------------|------|------|-------|----------|
|                |             |          | 発育枝        | 有葉花  | 直花   | 花計    |          |
| 月日             | 日           | %        | 本          | 個    | 個    | 個     | %        |
| 9/30           | 10          | 61.3     | 62.5       | 0    | 0    | 0     | —        |
| 10/30          | 10          | 48.8     | 42.5       | 3.8  | 2.5  | 6.3   | 60.3     |
| 11/16          | 9           | 71.3     | 17.5       | 47.5 | 16.3 | 63.8  | 74.5     |
| 12/1           | 7           | 77.5     | 10.0       | 68.8 | 31.3 | 100.1 | 68.7     |
| 12/16          | 8           | 72.5     | 8.8        | 41.3 | 50.0 | 91.3  | 45.2     |
| 1/2            | 9           | 80.0     | 3.8        | 41.3 | 88.8 | 130.1 | 31.7     |

第2表 秋季の低温遭遇時間と夏枝内の炭水化物含量の変化

| 採取<br>月日 | 低 温 遭 遇 時 間 <sup>1)</sup> |     |      |      |      | 全炭水<br>化物       | デン<br>ブ | 還元<br>糖 |
|----------|---------------------------|-----|------|------|------|-----------------|---------|---------|
|          | 5℃                        | 10℃ | 15℃  | 20℃  | 25℃  |                 |         |         |
| 月日       | hr                        | hr  | hr   | hr   | hr   | % <sup>2)</sup> | %       | %       |
| 9/30     | 0                         | 0   | 0    | 142  | 508  | 19.9            | 12.2    | 2.4     |
| 10/30    | 0                         | 23  | 262  | 704  | 1225 | 23.2            | 17.1    | 2.8     |
| 11/16    | 0                         | 68  | 460  | 1067 | 1633 | 24.1            | 17.0    | 2.6     |
| 12/1     | 57                        | 330 | 794  | 1427 | 1993 | 23.4            | 13.4    | 3.9     |
| 12/16    | 158                       | 577 | 1134 | 1787 | 2353 | 26.7            | 13.6    | 7.2     |
| 1/2      | 307                       | 934 | 1542 | 2195 | 2761 | 28.6            | 15.6    | 3.7     |

1)低温遭遇時間は9月1日から採取日前日までの各温度以下の積算時間。

2)単位は乾物重量%。

第3表 温度別の低温遭遇時間と摘葉高温処理樹の花らい数との相関関係

| 低温遭遇温度 | 相関係数    |
|--------|---------|
| 5℃以下   | 0.797** |
| 10℃以下  | 0.872** |
| 15℃以下  | 0.935** |
| 20℃以下  | 0.952** |
| 25℃以下  | 0.948** |

夏季せん定により夏枝を発生させた鉢植え樹を用いて、休眠と花芽分化について検討した本実験の結果は井上（1990）の報告とほぼ一致し、10月下旬にえき芽が一時的に発芽しにくくなる休眠現象が認められ、この時期から花芽の生理的な分化が始まると考えられた。その際、分化初期にあたる10月下旬から11月中旬にかけては夏枝内のデンプン含量が多くなるが、花芽数が急速に増加する11月中旬以降はデンプンが減少して糖含量が増加することが明らかになった。岩崎（1959）は、ウンシュウミカンの生理的花芽分化に対して栄養的に最も重要な時期は11月中旬前後であることを指摘しており、本実験でも摘葉高温処理後の花らい数が急増した11月中旬以降にデンプンの糖化が進んだことから、夏枝内では11月中旬前後に花芽分化を促進するような栄養条件を含めた生理的な変化が生じていると推察された。夏枝内で増加した糖の一部は花芽分化に利用されると考えられるが、11月中旬以降のデンプン含量は花芽数の増加に伴って減少するため、着花数予測指標として適切でないと思われた。なお、生理的花芽分化期に夏枝内の各部位で生じている炭水化物やアミラーゼ、内生植物ホルモンなど一連の生理的な変化については後の第3章で詳しく述べる。

また、摘葉高温処理後の花らい数は低温遭遇時間との関連性が深く、中でも15～25℃以下の気温に遭遇した時間との相関係数はきわめて高かった。しかし、11月中旬以降の糖含量の増加は5～10℃以下の気温に遭遇した時間の増加傾向との一致が認められたことから、デンプンの糖化には10℃以下の低温遭遇の効果が大きいと思われた。

## 2 低温処理が休眠と花芽分化に及ぼす影響

ワセウンシュウの夏枝結果母枝について、生理的な花芽分化期における炭水化物含量の変化及び低温遭遇時間との関連性について明らかにしてきたが、ここではさらに秋季に低温処理を行って、温度及び低温遭遇時間の違いが夏枝内の炭水化物含量と花芽分化に及ぼす影響を検討した。

### 材料及び方法

カラタチ台2年生の‘宮川早生’（鉢植え）を1990年7月中旬にせん定し、夏枝を発生させて秋季に温度15℃または5℃、湿度80～90%の低温貯蔵庫内に搬入して低温処理した。処理期間は20日間で、処理時期は9月3日～9月22日を前期、9月25日～10月14日を後期とした（第4表）。夕方5時から翌朝9時まで暗黒条件下で低温処理を行い、昼間は戸外に搬出した。無処理樹は全期間を露地圃場に、また、各処理樹も低温処理期間以外は同一圃場に置いた。処理樹、無処理樹とも11月27日から室内気温20℃以上となるガラス室内に搬入し、加温処理後の発芽及び着花数を調査した。また低温処理の開始直前と終了直後に夏枝を採取し、1と同様の方法で枝内の全炭水化物、デンプン及び還元糖含量を分析した。各処理区とも1区につき5樹を調査対象とした。

### 結果及び考察

加温処理開始前日までに15℃以下の気温に遭遇した時間は、無処理区では659時間、また、低温処理各区では948～959時間に達した。5℃以下の気温に遭遇した時間は前期、後期とも5℃区が330時間であったのに対し、前期15℃区及び後期15℃区と無処理区は26時間であった（第4表）。夏枝内のデンプン含量は低温処理により減少したが、全炭水化物含量は処理前後で区間に一定の傾向は認められなかった。還元糖含量は無処理区に比べて低温処理を行った各区で多く、15℃区より5℃区で多くなった（第5表）。加温処理後の発芽節率は無処理区が低い傾向にあり、低温処理区では後期5℃区がやや低かった。発育枝数は無処理区が多かったが、統計的な有意差は認められなかった。着花数は無処理区が顕著に少なく、次いで後期5℃区が少なかった。前期15℃と前期5℃区及び後期15℃区の合計着花数は結果母枝100節当たりで50前後であったが、これらの区では直花が多かった（第6表）。

第4表 低温処理<sup>1)</sup>の期間と内容

| 処 理<br>区 名 | 低温処理<br>期 間   | 処理内容 |          | 低温遭遇時間 <sup>2)</sup> |          |
|------------|---------------|------|----------|----------------------|----------|
|            |               | 気温   | のべ<br>時間 | 15℃<br>以下            | 5℃<br>以下 |
|            |               | ℃    | hr       | hr                   | hr       |
| 前期 15℃     | 9月 3日～9月 22日  | 15   | 304      | 959                  | 26       |
| 前期 5℃      | 9月 3日～9月 22日  | 5    | 304      | 959                  | 330      |
| 後期 15℃     | 9月25日～10月 14日 | 15   | 304      | 948                  | 26       |
| 後期 5℃      | 9月25日～10月 14日 | 5    | 304      | 948                  | 330      |
| 無 処 理      | —             | —    | 0        | 659                  | 26       |

1) 低温処理は毎日夕方5時から翌朝の9時までの夜冷処理。

2) 低温遭遇時間は9月1日から加温処理開始前日の11月26日までの積算時間。

第5表 低温処理前及び処理後の夏枝内の炭水化物含量の変化

| 処 理<br>区 名 | 低 温 処 理 前       |      |         | 低 温 処 理 後 |      |         |
|------------|-----------------|------|---------|-----------|------|---------|
|            | 全炭水<br>化物       | デンプン | 還元<br>糖 | 全炭水<br>化物 | デンプン | 還元<br>糖 |
|            | % <sup>1)</sup> | %    | %       | %         | %    | %       |
| 前期 15℃     | 21.1            | 15.1 | 5.2     | 23.0      | 14.5 | 5.7     |
| 前期 5℃      | 21.9            | 16.1 | 5.3     | 24.6      | 14.6 | 6.4     |
| 後期 15℃     | 25.4            | 16.3 | 5.5     | 24.5      | 14.3 | 7.0     |
| 後期 5℃      | 23.9            | 16.0 | 6.0     | 24.1      | 14.9 | 8.6     |
| 無処理（前期）    | 21.0            | 16.0 | 4.8     | 23.8      | 15.2 | 5.6     |
| 無処理（後期）    | 23.9            | 16.6 | 5.8     | 25.4      | 15.7 | 5.2     |

1) 単位は乾物重量%。

第6表 低温処理樹の夏枝結果母枝の発芽及び着花数

| 処 理<br>区 名 | 発芽<br>節率             | 結果母枝100節当り |       |         |         | 有葉<br>花率 |
|------------|----------------------|------------|-------|---------|---------|----------|
|            |                      | 発育枝        | 有葉花   | 直花      | 花計      |          |
|            | %                    | 本          | 花     | 花       | 花       | %        |
| 前期 15℃     | 44.5 a <sup>1)</sup> | 0 a        | 0 a   | 53.9 a  | 53.9 a  | 0 a      |
| 前期 5℃      | 41.4 ab              | 2.2 a      | 3.6 a | 43.4 a  | 47.0 a  | 7.7 a    |
| 後期 15℃     | 41.9 ab              | 0 a        | 1.7 a | 53.6 a  | 55.3 a  | 3.1 a    |
| 後期 5℃      | 23.4 ab              | 0 a        | 5.7 a | 18.3 ab | 24.0 ab | 23.8 a   |
| 無 処 理      | 13.9 b               | 9.9 a      | 2.0 a | 4.7 b   | 6.7 b   | 42.7 a   |

1) Tukeyの多重検定により異文字間は5%レベルで有意差あり。

以上の結果から、秋季における15～5℃の低温処理はワセウンシュウの夏枝内におけるデンプンの糖化を促進し、特に5℃以下の気温に遭遇した時間が長い場合に糖含量が多くなることが明らかになった。ウンシュウミカンの枝葉内における秋冬季のデンプンの糖化現象は耐寒性の獲得と密接な関係があり、5～0℃以下の低温に遭遇する時間が長いと枝葉内のデンプンが糖に変化して細胞内の浸透圧が高まり、耐寒性が増す

(小中原1975, 吉村1967)。本実験の5℃処理区の夏枝内における還元糖含量の増加も低温遭遇に対応した耐寒性の向上に関係しており、細胞内の浸透圧上昇に寄与するものと考えられる。しかしながら、低温処理区の夏枝はすべて無処理区に比べて加温処理後の発芽及び着花数が増加した。NAKAJIMA et al. (1992) は、冬季に15～5℃の低温処理を行ったブントン幼樹では花らい数と葉内の糖含量が増加することを報告している。本実験の結果からワセウシユウの夏枝でも、15～5℃以下の低温に長時間遭遇した場合は、枝内の糖含量の増加とともに加温処理後の着花数が多くなると考えられる。しかし、15℃処理区に比べて5℃処理区の方が糖含量の増加が顕著であったにもかかわらず、加温処理後の着花数は15℃処理区でやや多くなる傾向にあったことから、糖含量の増加と着花数とが並行して変化する関係にないのは明らかである。加温処理前までの低温遭遇時間は、15℃以下の気温に遭遇した時間が低温処理各区とも無処理区に比べて300時間長かったのに対して、5℃以下の気温に遭遇した時間は前期、後期5℃処理区が330時間、前期、後期15℃区及び無処理区は26時間であった。これらのことから、秋季における15～5℃の低温は夏枝の花芽分化を促進して、えき芽が発芽しやすい状態に移行させるが、その場合、5℃以下よりも15℃以下の気温に遭遇する時間の長い方が花芽数が増加するものと考えられる。

### 3 摘 要

早期加温栽培のワセウシユウについて、夏枝結果母枝の花芽分化の機構を解明するため、秋季の気温低下が夏枝内の炭水化物含量と休眠、花芽分化の進行に及ぼす影響を検討した。

- 1) 全葉を摘除後に加温処理を行う摘葉高温処理を10月下旬に行った鉢植え樹の夏枝では、えき芽が一時的に発芽しにくくなる休眠現象が認められ、この時期から花らいの着生が始まることが確認された。11月中旬以降の摘葉高温処理では、えき芽の発芽が促進され、花らい数も急速に増加した。
- 2) 摘葉高温処理前の夏枝では、花芽分化初期にあたる10月下旬から11月中旬にかけてデンプン含量が多かったが、花芽数が増加した11月中旬以降はデンプンの糖化に伴ってデンプン含量が減少して糖含量が増加した。
- 3) 花芽分化の進行は低温遭遇時間との関連性が密接であり、特に15～25℃以下の気温に遭遇した時間との相関がきわめて高かった。また、11月中旬以降の夏枝内の糖含量の増加は、5～10℃以下の気温に遭遇した時間の増加傾向と一致した。
- 4) 秋季に5℃または15℃の低温処理を行った後、11月下旬から加温処理した鉢植え樹は、無処理の場合に比べて夏枝の発芽及び着花数が多くなった。低温遭遇時間は、5℃以下よりも15℃以下の気温に遭遇した時間の長い方が加温処理後の着花数が多くなる傾向にあった。
- 5) 低温処理は夏枝内におけるデンプンの糖化を促進し、特に5℃低温処理区の糖含量が増加した。しかし、糖含量の増加と加温処理後の着花数の間には相関関係が認められなかった。

### 第3章 花芽分化期における夏枝内の炭水化物、 $\alpha$ -アミラーゼ活性、 インドール酢酸及びジベレリン様物質の変化

ウンシュウミカンの花芽分化に際して生じる炭水化物や関連酵素、内生植物ホルモンなどの一連の生理的な変化を、花芽分化の進行と同時に調査した事例はこれまで見当たらない。そこで本章では、施設栽培におけるワセウンシュウ夏枝の生理的な花芽分化の進行に伴って夏枝内の各部位で生じる炭水化物、 $\alpha$ -アミラーゼ及びインドール酢酸、ジベレリンなどの内生植物ホルモンの量的変化について検討した。

#### 1 6-ベンジルアミノプリンを利用した切り枝水挿し処理による花芽数の変化

カンキツの生理的花芽分化期において、その分化程度を判定する方法としては切り枝水挿し法（細井ら 1986, 川野 1987）や摘葉高温処理（井上 1990）などがある。摘葉高温処理は、鉢植え樹を全葉摘除後に温室に搬入した後、10日前後で発芽や着花が判定できる。しかし、鉢植え樹では地温が変動しやすく、カンキツの樹体内における炭水化物の変動や花芽の分化には気温だけでなく地温も影響することから（POERWANTO et al. 1989, 山田ら 1985b）、鉢植え樹と圃場に栽植されている立木では、同一の気象条件下でも樹体内の成分変化や花芽分化の進行状況が異なることも考えられる。そこで本章では、生理的な花芽分化に関する一連の調査を行うにあたって、連年加温処理している施設内のワセウンシュウの立木を用いることにした。摘葉高温処理は鉢植え樹の使用が前提であるため、立木を対象とする調査には切り枝水挿し法が適している。切り枝水挿し法の欠点は、調査期間が長くなって枝が衰弱しやすく、発芽の多少が着花数に影響して花芽の分化程度が正確に把握できなくなる場合があることである。そこで、カンキツに対して発芽促進効果のある6-ベンジルアミノプリンを使用し、水挿し直前の切り枝の6-ベンジルアミノプリン浸漬処理による調査期間の短縮効果について検討した。

#### 材料及び方法

カラタチ台12年生‘宮川早生’を供試し、1989年7月中旬にせん定後発生した夏枝を11月10日と12月12日にそれぞれ採取し、切り枝水挿し処理を行った。まず全葉を摘除した後、先端3芽以外の芽をナイフで削り落とし、あらかじめ用意しておいた100または200ppmの6-ベンジルアミノプリン（3%液剤、以下BAと略記）水溶液にこの先端3芽のみを2～3秒間浸漬した。その後、これらの枝を発砲スチロールに挿し、これを水を張ったポリ容器に浮かべた。このポリ容器を28℃、3,000lxの定温器内に搬入し、発芽及び花らい数を調査した。調査は1区10枝、2反復で実施し、対照はBA無処理区とした。

さらに、切り枝の水挿し処理による着花数調査の精度を検証するため、ビニルハウスに栽植されたカラタチ台14年生‘宮川早生’及びカラタチ台6年生‘上野早生’の加温処理後の着花数と比較した。‘宮川早生’は1992年11月30日に切り枝水挿し処理を行った後、12月7日から加温処理、また、‘上野早生’は1993年12月3日に切り枝水挿し処理を行った後、12月7日から加温処理し、発芽及び花らい数を調査した。切り枝水挿し処理は、除葉した夏枝の先端3芽を150ppmのBA水溶液に浸漬し、発砲スチロールに挿してポリ容器に浮かべ、28℃、3,000lxの定温器内に搬入した。また、ビニルハウス内の‘宮川早生’及び‘上野早生’には、加温処理直後にBA水溶液75ppmを樹冠全面に散布した。切り枝水挿し処理及び加温処理後の調査にはそれぞれ15枝を供試した。

#### 結果及び考察

11月10日採取の夏枝を用いた切り枝水挿し処理では、発芽日（50%以上の枝が発芽した日）までにBA処理区が7日、無処理区が19日を要し、また調査所要日数はBA処理区が13日、無処理区が25日でBA処理区の

調査に要する日数は無処理区より12日間短くなった。発芽節率は95%，着花枝率と花らい数は0で，両区とも全く同じであった。12月12日の処理では無処理区の発芽が早く，B A 処理により調査期間は2日間短縮した。発芽節率，着花枝率及び花らい数はB A 水溶液200ppmに浸漬処理した区がやや多かったが，B A 100ppm区及び無処理区ともに大きな差はなかった（第7表）。

第7表 切り枝水挿し処理におけるB Aの発芽促進効果

| 処理<br>月日 | B A<br>濃度 | 発芽日 <sup>1)</sup><br>までの<br>日数 | 最終<br>調査日 | 調査<br>所要日数 | 発芽<br>節率 | 着花<br>枝率 | 花らい<br>数 <sup>2)</sup> |
|----------|-----------|--------------------------------|-----------|------------|----------|----------|------------------------|
| 月日       | ppm       | 日                              | 月日        | 日          | %        | %        | 個                      |
| 11/10    | 100       | 7                              | 11/23     | 13         | 95.0     | 0        | 0                      |
|          | 無処理       | 19                             | 12/4      | 25         | 95.0     | 0        | 0                      |
|          | 200       | 5                              | 12/23     | 11         | 95.0     | 55.0     | 30.0                   |
| 12/12    | 100       | 7                              | 12/25     | 13         | 90.0     | 30.0     | 23.3                   |
|          | 無処理       | 9                              | 12/25     | 13         | 80.0     | 40.0     | 26.7                   |

1)発芽日は50%以上の枝が発芽した日。

2)花らい数は結果母枝100節当り。

水挿し処理した切り枝とビニルハウス内で加温処理した後の立木における発芽及び着花数の比較は，‘宮川早生’の発芽節率が切り枝97.8%，立木87.3%，花らい総数が結果母枝100節当たり切り枝116.6，立木119.8，また‘上野早生’の発芽節率は，切り枝61.2%，立木64.9%，花らい総数が切り枝61.6，立木79.7で，発芽節率と花らい総数には切り枝と立ち木調査による差はほとんどなかった。しかし，‘宮川早生’，‘上野早生’ともに立木調査では直花の着生が多く，発育枝と有葉花の発生がきわめて少なかったのに対し，切り枝からは発育枝と有葉花が多く発生し，有葉花率は60%以上に達した（第8表，第9表）。

第8表 ‘宮川早生’の切り枝及び立木調査での発芽・花らい数比較

| 調査<br>区分 | 発芽<br>節率 | 結果母枝100節当り |      |       |       | 有葉<br>花率 |
|----------|----------|------------|------|-------|-------|----------|
|          |          | 発育枝        | 有葉花  | 直花    | 花らい計  |          |
|          | %        | 本          | 個    | 個     | 個     | %        |
| 切り枝      | 97.8     | 57.1       | 80.9 | 35.7  | 116.6 | 69.4     |
| 立木       | 87.3     | 0          | 6.6  | 113.2 | 119.8 | 5.5      |

第9表 ‘上野早生’の切り枝及び立木調査での発芽・花らい数比較

| 調査<br>区分 | 発芽<br>節率 | 結果母枝100節当り |      |      |      | 有葉<br>花率 |
|----------|----------|------------|------|------|------|----------|
|          |          | 発育枝        | 有葉花  | 直花   | 花らい計 |          |
|          | %        | 本          | 個    | 個    | 個    | %        |
| 切り枝      | 61.2     | 24.3       | 40.6 | 21.0 | 61.6 | 65.9     |
| 立木       | 64.9     | 0          | 0    | 79.7 | 79.7 | 0        |

朱ら (1989) は、BA によるウンシュウミカンの発芽促進作用は、分化がすでに完成しているえき芽に対してだけ効果を現し、発育不完全なえき芽の生長点組織を分化発達させるとは考えにくいと述べている。本実験における切り枝水挿し処理の結果についても、BA 処理区と無処理区の違いは発芽及び最終調査までの日数についてのみ認められ、発芽節率や着花数には差がなかったことから、BA の効果は発芽促進作用のみで、えき芽の分化発達作用はなかったと考えられる。その発芽促進効果はえき芽が発芽しにくい時期において大きく、水挿し直前に調査枝のえき芽を 100~200ppm の BA 水溶液に数秒間浸漬することにより、11月上旬前後であれば無処理の場合に比べて調査期間を10日間以上短縮できる。

本実験では、1992年に供試した‘宮川早生’及び1993年に供試した‘上野早生’ともに加温処理後の発芽節率と花らい数が直前に実施した切り枝を対象とした調査結果とほぼ同じであったことから、切り枝水挿し処理により、夏枝結果母枝内で生理的に分化した花芽数を推定できると考えられた。BA 処理による切り枝水挿し法は強制的に発芽を促進するため、えき芽の休眠程度の調査には利用できないが、高い発芽率を前提にすれば、花芽分化の進行を把握する方法としては有効である。ただし、切り枝水挿し処理の場合、実際の加温処理に比べて発育枝と有葉花の発生が著しく多くなり、発育枝数や有葉花率は正確に把握できない。このため、本処理の利用はあくまで総着花数の判定に限定すべきである。

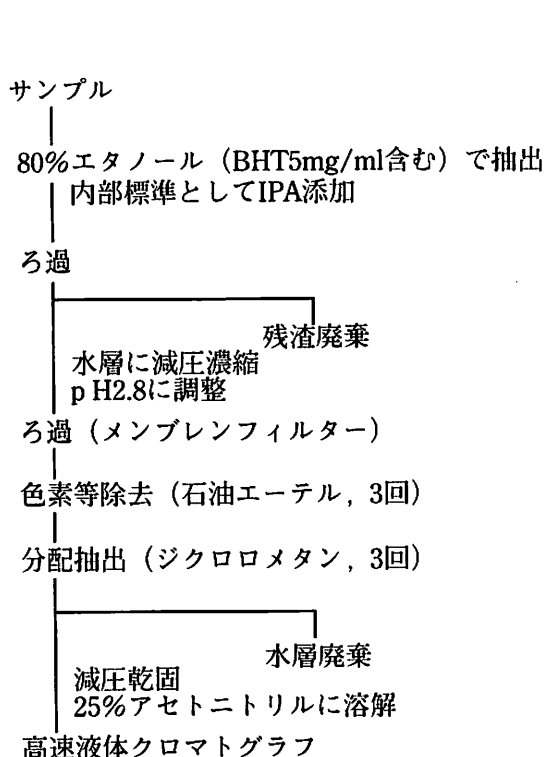
## 2 枝及び葉内の炭水化物、 $\alpha$ -アミラーゼ活性、インドール酢酸及びジベレリン様物質の変化

カンキツの花芽誘導のためには一定値以上のデンプンの蓄積が必要とされ (GARCIA-LUIS 1993)、樹体内の貯蔵養分が少ない場合には翌年の着花数が減少する (GOLDSCHMIDT et al. 1985, Jones et al. 1974, 大垣ら 1963)。しかし、GARCIA-LUIS (1993) はカンキツの着花生理について、炭水化物レベルは必ずしも着花数の決定要因ではなく、植物ホルモンの影響が大きいことを指摘している。そこで、夏枝の花芽分化の進行と枝葉内のデンプン及び糖含量、 $\alpha$ -アミラーゼ活性、インドール酢酸及びジベレリン様物質との関連性について検討した。

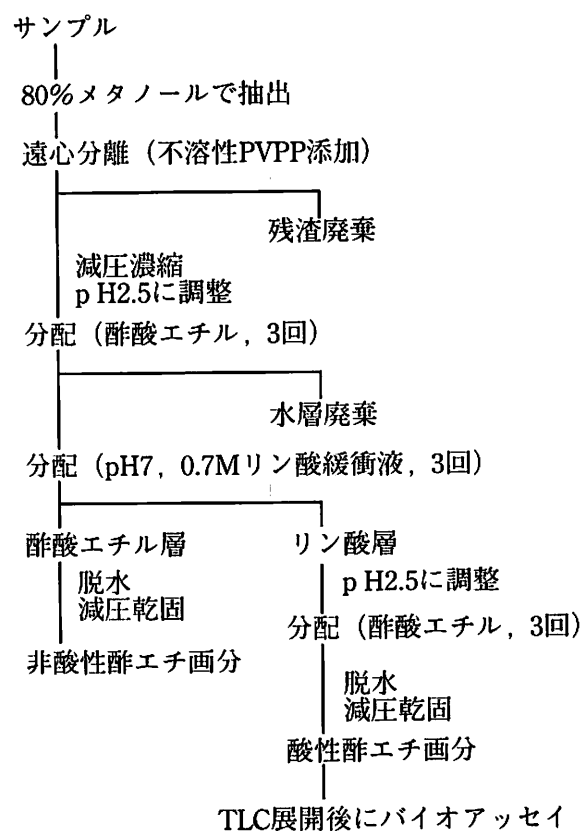
### 材料及び方法

ビニルハウス内で栽培中のカラタチ台14年生‘宮川早生’を1992年7月中旬、果実収穫直後にせん定し、発生した夏枝を9月14日、10月26日及び11月30日に採取して切り枝水挿し処理により発生した花らい数を調査するとともに、炭水化物、インドール酢酸 (以下IAAと略記) 及びジベレリン (以下GAと略記) 様物質含量を定量分析し、 $\alpha$ -アミラーゼ活性を測定した。調査には4樹を供試し、高さ1~1.5mの樹冠外周部より長さ15cm前後の夏枝を1回の調査につき1樹から15枝採取し、この内5枝を対象に切り枝水挿し処理を行い、残りの枝を各分析に用いた。切り枝水挿し処理は1と同じ方法で、調査枝の先端部を150ppmのBA水溶液に浸漬して行い、10日後に発芽及び着花数を調査した。炭水化物の分析には夏枝を枝と葉に分けて脱イオン水で洗浄し、60℃で通風乾燥後にミルを使って粉碎した乾物試料を用いた。糖は80%エタノールで3回反復抽出してソモギーネルソン法で還元糖を、また全糖は抽出液に0.7N塩酸を加えて1夜放置し、1N水酸化ナトリウムで中和した後、ソモギーネルソン法で定量分析した。デンプンは糖抽出後の残渣を60%過塩素酸で抽出し、フェノール硫酸法で定量分析した。 $\alpha$ -アミラーゼ活性の測定はblue-value法 (KATSUMI and FUKUHARA 1969) により、新鮮試料に0.3%塩化カルシウム溶液を加えてポリトロンで粉碎抽出し、遠心分離後、エタノールを加えて沈澱させ、これを0.2%のアミロース溶液と40℃で30分間反応させた後、ヨード・ヨードカリ液 (ヨウ素0.2%, ヨウ化カリウム2%) を加えて700nmで吸光度を測定した。なお酵素活性は700nmの吸光度が40℃で30分間に10%低下した場合のアミロース分解量 (mg) を1 Unitとした。IAAの分析はAKIYAMA et al. (1983) 及びKOJIMA et al. (1993) の方法に従って、第1図に示した方法で抽出、精製を行った後、高速液体クロマトグラフ (WATERS LCモジュール1) を用いて定量分析を行った。分析条件は第13表に示した。GA様物質の

分析は常法に従い、第2図に示した方法で抽出、精製し、得られた酸性酢酸エチル画分を用い、ウニコナゾール処理（西島・桂1988）したイネの‘短銀坊主’による生物検定を行った。なお、 $\alpha$ -アミラーゼ、IAA及びGA様物質の分析には、採取後 $-40^{\circ}\text{C}$ で保存した試料を用いた。



第1図 IAAの抽出・精製法



第2図 GAの抽出・精製法

## 結果及び考察

切り枝水挿し処理した夏枝から発生した花らい数を第10表に示した。発芽節率は9月中旬処理が78.3%，10月下旬処理は85.5%，11月下旬処理は98.3%で各時期とも高く，時期が遅くなるにつれて徐々に増加する傾向にあったが，処理時期間で有意な差は認められなかった。9月中旬処理での発生はすべて発育枝で，花らいは認められなかった。10月下旬処理も発育枝の発生が多かったが，有葉花が結果母枝100節当たり6.3発らいした。11月下旬処理では発育枝が減少傾向となり，有葉花と直花数がそれぞれ100節当たりで85.7及び26.8，合計112.5となって花らい数が急増した。有葉花率は10月下旬処理が100%，11月下旬処理は76.2%であった。岩崎（1959）は夏～秋季に定期的に摘葉，摘果，環状はく皮などを行った枝の翌春の開花数を調査した結果から，ウンシュウミカンの生理的な花芽分化に最も重要な時期を11月中旬前後とし，村井ら（1989）も‘川野なつだいだい’の春枝を摘葉して翌年の着花枝数を調査し，生理的な花芽分化の開始期を11月上旬と推定した。また，井上（1990）はワセウンシュウ鉢植え樹の摘葉高温処理により休眠と花芽分化の状態を調査し，えき芽の休眠が最も深くなる10月下旬を経過した後，11月中下旬に生理的花芽分化が進むとした。連年加温処理しているハウス内の立木から採取した夏枝を切り枝水挿し処理した本実験でも，10月下旬処理でわずかな発らいが認められたことから，夏枝結果母枝の生理的な花芽分化の開始期は10月下旬頃で，その後は11月下旬まで生理的花芽分化が急速に進んで切り枝から発生する花らい数が増加したと考えられる。

第10表 切り枝水挿し処理した‘宮川早生’夏枝の花らい数

| 処理<br>月日 | 発芽<br>節率             | 結果母枝100節当り |        |        |         | 有葉<br>花率 |
|----------|----------------------|------------|--------|--------|---------|----------|
|          |                      | 発育枝        | 有葉花    | 直花     | 花らい計    |          |
| 月日       | %                    | 本          | 個      | 個      | 個       | %        |
| 9/14     | 78.3 a <sup>1)</sup> | 81.7 a     | 0 a    | 0 a    | 0 a     | —        |
| 10/26    | 85.5 a               | 86.0 a     | 6.3 a  | 0 a    | 6.3 a   | 100      |
| 11/30    | 98.3 a               | 60.7 a     | 85.7 b | 26.8 a | 112.5 b | 76.2     |

1)Tukeyの多重検定により異文字間は5%レベルで有意差あり。

第11表 秋季における夏枝内の炭水化物含量の変化

| 採取<br>月日 | 枝      |       |       | 葉      |       |       |
|----------|--------|-------|-------|--------|-------|-------|
|          | デンプン   | 全糖    | 還元糖   | デンプン   | 全糖    | 還元糖   |
| 月日       | %      | %     | %     | %      | %     | %     |
| 9/14     | 16.2 a | 1.5 a | 1.4 a | 19.8 a | 2.3 a | 1.7 a |
| 10/26    | 23.0 b | 3.1 b | 2.4 b | 31.6 b | 1.8 a | 1.2 a |
| 11/30    | 25.7 b | 4.6 c | 2.8 b | 24.6 a | 5.5 b | 3.1 b |

1)Tukeyの多重検定により異文字間には5%レベルで有意差あり。

第12表 秋季における夏枝内の $\alpha$ -アミラーゼ活性<sup>1)</sup>の変化

| 採取月日  | 枝                    | 葉      |
|-------|----------------------|--------|
| 月日    |                      |        |
| 9/14  | 41.0 a <sup>2)</sup> | 7.7 a  |
| 10/26 | 42.1 b               | 18.2 b |
| 11/30 | 44.5 c               | 21.7 b |

1)単位はunits/gFW。

2)Tukeyの多重検定により異文字間には5%レベルで有意差あり。

夏枝の炭水化物の分析結果を第11表に示した。枝は9月中旬の採取ではデンプン含量が16.2%，全糖含量が1.5%で、ともに含量が少なかったが、10月から11月にかけて増加し、11月下旬にはデンプン含量が25.7%，全糖含量は4.6%に達した。葉も9月中旬はデンプン含量が19.8%，全糖含量が2.3%で、ともに少なかったが、10月下旬にはデンプン含量が31.6%に急増し、その後、11月下旬には24.6%に減少した。全糖含量はデンプンとは逆の変化を示し、10月下旬に1.8%に低下した後、11月下旬には5.5%に急増した。

夏枝の $\alpha$ -アミラーゼ活性の変化を第12表に示した。枝内では9月から11月にかけて徐々に活性が高くなったが、41.0～44.5の範囲に止まり、変動幅は小さかった。葉内では酵素活性の変化が大きく、9月中旬の採取では活性がきわめて低く7.7であったが、10月下旬に2倍以上の18.2に上昇し、11月下旬にはさらに活性が高まった。調査期間中、葉よりも枝の酵素活性が常に2～3倍以上高かった。

宮本・中屋(1990)は早期加温栽培のワセウンシュウについて、着花数が多かった年には枝中の可溶性糖

類含量が11月下旬～12月上旬に著しく多くなったことを報告している。本論文においても前章で、鉢植え樹に低温処理を行うと夏枝内の糖含量が増加し、加温処理後の着花数も多くなることを報告した。ビニルハウス内の立木を用いた今回の調査でも、早期加温栽培の加温処理開始期にあたる11月下旬には夏枝の花芽数と枝葉内の糖含量が著しく多くなり、その際、夏枝内では $\alpha$ -アミラーゼの活性が高まることが明らかになった。 $\alpha$ -アミラーゼの活性レベルは枝の方が常に高かったが変動は葉内で大きく、特に11月下旬にデンプンが顕著に減少して糖が急増した。Nii et al. (1993) は、モモの葉ではアミラーゼ活性の変動がデンプン含量の変化に対応しており、その活性が高い場合には葉のデンプン含量が減少して糖含量が多くなることを報告している。本実験では葉内の糖含量は10月下旬に一旦減少した後、11月下旬に再び増加しており、 $\alpha$ -アミラーゼ活性の上昇傾向とは1ヵ月のズレを生じた。カンキツの樹体内の炭水化物の代謝には $\alpha$ -アミラーゼの他にも $\beta$ -アミラーゼやインベルターゼ、ショ糖合成酵素など様々な酵素類が影響を及ぼしており (Sanz et al. 1987, Schaffer et al. 1987)、 $\alpha$ -アミラーゼのみが樹体内の糖の変化に関与しているとは考えにくい。しかし、今回の実験では枝内の糖含量と $\alpha$ -アミラーゼ活性の増加傾向は一致しており、また枝及び葉ともに糖含量が最大になった11月下旬に $\alpha$ -アミラーゼの活性も最高値を示したことから、生理的花芽分化期に夏枝内での糖含量が増加する際には、 $\alpha$ -アミラーゼの活性が上昇してデンプンの分解に関与すると考えられる。

第13表及び14表に枝葉内に含まれる IAA 及び GA 様物質含量の変化をそれぞれ示した。IAA 含量は枝では9月中旬に33.4ng/gfw検出されたが、10月下旬及び11月下旬には検出されなかった。葉では各採取時期とも検出されず、秋季における夏枝の枝葉内の IAA 含量はきわめて少なかった。GA 様物質として換算した GA 含量は9月から11月にかけて1.5～1.8ng/gfwの範囲内にあり、枝、葉ともに時期が遅くなるにつれてわずかに増加する傾向にあったが明確な差ではなかった。カンキツの花芽分化に対する内生 GA の影響については、これまでに多くの報告がなされている (後藤・岩垣1992, Nakajima et al. 1992, プルワント・井上 1989, 朱ら 1988, 高木ら 1989)。しかし、高木ら (1989) は、ウンシュウミカンの結果枝における翌年の花芽形成阻害は GA 様活性の増加に関係があるとし、後藤・岩垣 (1992) は秋季の発育枝及び結果枝の茎葉内の GA 様活性には差がなかったとするなど、必ずしも一致した結論が得られていない。本実験では、生理的花芽分化が進行している夏枝内において、枝葉ともに GA 様活性の明確な変化は認められず、枝葉内の炭水化物含量及び $\alpha$ -アミラーゼ活性の変動や花芽数の増加に及ぼす内生 GA の影響は判然としなかった。しかし、カンキツに対する GA 処理は着花数を減少させ (Davenport 1983, Guardiola et al. 1982)、葉内のデンプン及びアミラーゼ活性にも影響を及ぼす (Goldschmidt et al. 1985, Sanz et al. 1987)。花芽分化期の結果母枝内における GA の役割についてはさらに検討を要するが、花芽分化の機構を解明するには芽の中の生理的变化を明らかにすることが重要であり (Garcia-Luis 1993)、えき芽及びその周辺における内生植物ホルモンや酵素類の局所的な変動について明らかにする必要がある。

第13表 秋季における夏枝内の IAA 含量の変化

| 採取月日  | 枝                  | 葉    |
|-------|--------------------|------|
| 月日    | ng                 | ng   |
| 9/14  | 33.4 <sup>1)</sup> | n.d. |
| 10/26 | n.d.               | n.d. |
| 11/30 | n.d.               | n.d. |

1) 試料新鮮重1g当たり。

2) IAA 含量は高速液体クロマトグラフにより、以下の条件で分析を行った。

カラム；ODSカラム、温度50℃

溶媒；25%アセトニトリル (pH3.5, 20mM酢酸ナトリウムbuffer)

流量；1ml/min.

検出器；蛍光検出器 (励起波長280nm, 蛍光波長350nm)

第14表 秋季における夏枝内のGA様物質含量の変化

| 採取月日  | 枝                  | 葉    |
|-------|--------------------|------|
| 月日    | ng                 | ng   |
| 9/14  | 1.51 <sup>1)</sup> | 1.56 |
| 10/26 | 1.55               | 1.69 |
| 11/30 | 1.64               | 1.77 |

1) 試料新鮮重1g当たりのGA<sub>3</sub>様物質として換算。

### 3 部位別の炭水化物含量及び $\alpha$ -アミラーゼ活性

夏枝の生理的な花芽分化の進行と炭水化物及び $\alpha$ -アミラーゼ活性との関連性についてさらに詳しく検討するため、秋季に芽、葉柄などの部位別のデンプン、糖含量及び $\alpha$ -アミラーゼ活性の変化を調査した。

#### 材料及び方法

ビニルハウス内で栽培中のカラタチ台6年生‘上野早生’を材料として用いた。1993年7月上旬に果実を収穫し、その後直ちにせん定を行って発生させた夏枝を、10月13日、11月4日、11月18日及び12月3日に採取して、調査に供した。24樹を対象に、高さ1mの樹冠外周部から長さ15cm前後の夏枝を1回当たり170本ランダムに採取した。この内、15枝を切り枝水挿し処理に供し、残りの枝は葉身、葉柄、芽、枝の4部位に分けてデンプン、全糖、還元糖含量の定量分析、さらに $\alpha$ -アミラーゼ活性調査に用いた。芽については夏枝の先端から基部までのものすべてを試料に含めた。切り枝水挿し処理とデンプン及び糖含量、 $\alpha$ -アミラーゼ活性の分析は、すべて2と同じ方法で行った。

#### 結果及び考察

切り枝水挿し処理した夏枝の調査結果を第15表に示した。発芽節率は87.1～65.2%で、10月13日から12月3日にかけて低下する傾向が認められたが、有意な差ではなかった。発育枝数は、10月13日処理では結果母枝100節当たり89.3本、11月4日処理は71.5本、11月18日処理は66.7本、12月3日処理は27.3本となり、処理時期が遅くなるにつれて減少したが、10月13日に処理した夏枝では発らいが認められず、すべて発育枝であった。11月4日処理では100節当たりで有葉花16.3、直花3.7、合計20.0の発らいが認められ、その後11月18日処理は全花らい数が35.6、12月3日処理は63.3となった。各時期とも80%前後が有葉花であった。このように本実験の‘上野早生’の夏枝においても生理的花芽分化の開始期は10月下旬前後と考えられ、11月中旬以降は花芽数が急速に増加した。

夏枝内の炭水化物含量の分析結果は第16表に示した。デンプン含量は葉身、葉柄、芽及び枝のいずれも、11月4日～18日に最大となり、その後葉身と枝では4%ほど減少した。部位別では葉柄と芽にデンプン含量が多く、30%以上に達したのに対して、葉身と枝は25～26%以下に止まった。糖含量の変化はデンプン含量の変化と対照的な傾向であり、11月18日には各部位で全糖及び還元糖含量ともに最少となった後、12月3日に急増した。部位別では、葉柄と枝に糖含量が多く、12月3日には全糖含量で5%近くに達した。葉身は調査期間中、他の部位よりも常に糖含量が少なく、全糖含量は1～3%の範囲内にあった。また、全糖量に占める還元糖量の割合は、10月13日には各部位とも80%以上であったが、糖含量が急増した12月3日には50%前後に低下した。

夏枝の $\alpha$ -アミラーゼ活性の変化を第17表に示した。 $\alpha$ -アミラーゼ活性は、各部位とも11月4日に低下した後、11月18日から12月3日にかけて高くなった。部位別の活性は、各時期とも葉柄、芽及び枝で高く、葉身

第15表 切り枝水挿し処理した‘上野早生’夏枝の花らい数

| 処理<br>月日 | 発芽<br>節率             | 結果母枝100節当り |         |        |         | 有葉<br>花率 |
|----------|----------------------|------------|---------|--------|---------|----------|
|          |                      | 発育枝        | 有葉花     | 直花     | 花らい計    |          |
| 月日       | %                    | 本          | 個       | 個      | 個       | %        |
| 10/30    | 87.1 a <sup>1)</sup> | 89.3 a     | 0 a     | 0 a    | 0 a     | — a      |
| 11/4     | 70.7 a               | 71.5 ab    | 16.3 ab | 3.7 a  | 20.0 ab | 81.5 a   |
| 11/18    | 73.3 a               | 66.7 ab    | 28.9 ab | 6.7 a  | 35.6 ab | 81.2 a   |
| 12/3     | 65.2 a               | 27.3 b     | 49.3 b  | 14.0 a | 63.3 b  | 77.9 a   |

1)Tukeyの多重検定により異文字間には5%レベルで有意差あり。

第16表 花芽分化期における夏枝内の部位別のデンプン及び糖含量の変化

| 採取<br>月日 | 葉 身             |     |     | 葉 柄  |     |     |
|----------|-----------------|-----|-----|------|-----|-----|
|          | デンプン            | 全糖  | 還元糖 | デンプン | 全糖  | 還元糖 |
| 月日       | % <sup>1)</sup> | %   | %   | %    | %   | %   |
| 10/13    | 15.9            | 2.8 | 2.4 | 24.0 | 4.5 | 4.0 |
| 11/4     | 22.9            | 2.7 | 1.7 | 29.2 | 4.2 | 3.7 |
| 11/18    | 25.6            | 1.0 | 0.8 | 30.6 | 2.4 | 1.3 |
| 12/3     | 21.5            | 2.4 | 1.3 | 29.5 | 4.9 | 2.1 |

| 採取<br>月日 | 芽    |     |     | 枝    |     |     |
|----------|------|-----|-----|------|-----|-----|
|          | デンプン | 全糖  | 還元糖 | デンプン | 全糖  | 還元糖 |
| 月日       | %    | %   | %   | %    | %   | %   |
| 10/13    | 24.8 | 3.3 | 2.7 | 17.7 | 3.0 | 2.8 |
| 11/4     | 27.3 | 3.1 | 2.5 | 26.0 | 3.0 | 2.6 |
| 11/18    | 30.8 | 2.5 | 1.3 | 24.2 | 2.4 | 1.3 |
| 12/3     | 30.7 | 3.9 | 1.9 | 20.7 | 4.9 | 2.3 |

1)単位は乾物重量%。

第17表 花芽分化期における夏枝内の部位別  $\alpha$ -アミラーゼ活性

| 採取月日  | 葉身                 | 葉柄   | 芽    | 枝    |
|-------|--------------------|------|------|------|
| 月日    |                    |      |      |      |
| 10/13 | 28.4 <sup>1)</sup> | 44.9 | 40.9 | 45.7 |
| 11/4  | 18.7               | 40.3 | 38.5 | 42.5 |
| 11/18 | 26.4               | 44.2 | 43.4 | 43.1 |
| 12/3  | 32.5               | 44.1 | 44.6 | 46.1 |

1)単位はunits/gFW。

で低かった。ただ葉身では、活性の増減幅が他の部位に比較して大きかった。

カンキツでは、樹体内の炭水化物レベルが着花数に大きく影響を及ぼすことが報告されている (GOLDSCHMIDT and GOLOMB 1982, GOLDSCHMIDT et al. 1985, JONES et al. 1974, NAKAJIMA et al. 1992)。しかし、これらのほとんどは、隔年結果樹や環状はく皮処理した樹について炭水化物含量と着花数を関連づけたもので、花芽分化の進行と炭水化物の消長を同時に調査した報告ではない。また、炭水化物含量は分析を行う時期や部位によっても異なり、加温処理後の着花数との間に一定の関係が認められなかったとの報告もある (宮本・中屋, 1990)。本

実験では、生理的な花芽分化が進行中の夏枝の炭水化物含量の変化を調査し、生理的花芽分化の始まる前後から分化初期にかけて葉身、葉柄、芽及び枝の各部位でデンプン含量が急激に増加し、その後、葉身と枝では12月上旬までに減少することを明らかにした。また、糖はデンプンとは対照的に各部位とも10月中旬以降に含量が減少し、生理的な花芽分化が急速に進む11月中旬に最少となった後、12月上旬に急増した。GOLDSCHMIDT et al. (1985) は、‘マーコット’に環状はく皮を行った試験で着花数とデンプン含量の間に強い関連性があることを認めているが、炭水化物レベルが常にカンキツの着花数の決定要因になるとは限らないと述べている。本実験の結果でも、生理的な花芽分化期におけるデンプンの蓄積、減少、糖化という一連の過程が、花芽分化に際して起こる樹体内の生理的な変化に連動している可能性を完全に否定することはできない。しかしながら、切り枝から発生する花らい数が急速に増加した11月中下旬以降、夏枝内の各部位でデンプン含量が減少または一定となり、糖含量も11月中旬に大幅に減少したことから、生理的な花芽分化の進行と炭水化物の消長間には必ずしも対応関係が認められなかったことも事実である。このため、11月を中心とした夏枝内における生理的な花芽の分化数の増加とデンプン、糖含量の変動を経時的に直接結びつけることは難しいと考えられた。しかし、花芽誘導には一定値以上のデンプン蓄積が必要であり (GARCIA-LUIS 1993)、またこれまでに報告したように着花数と糖含量との関連性も深い。花芽の形態的分化期以前に加温処理を開始する早期加温栽培において、加温処理後に十分な着花数を確保するためには、加温処理前の着花予測が重要であるが、夏枝内のデンプン並びに糖含量は着花数を予測するための指標となる (川野 1987, 中島ら 1991)。本報告の結果を踏まえて考えると、これらの炭水化物レベルを着花数予測の参考指標とする場合には、デンプンはその含量が最高値に達して糖化が始まる前の10月下旬～11月上旬に、また糖含量は糖化が進んで増加傾向となる11月下旬～12月上旬に調査を行う必要がある。

夏枝を各部位に分けて10月中旬から12月上旬に調査を行った今回の実験では、 $\alpha$ -アミラーゼ活性は11月上旬に一旦低下した後、切り枝から発生する花らい数が増加した11月中旬以降に再び増加した。また、部位別では葉柄、芽、枝が葉身に比較して活性が高く、葉身は他の部位よりも変動が大きかった。このことから、ウンシュウミカンの枝では部位によって、炭水化物代謝に関わる酵素作用が異なることが示唆された。 $\alpha$ -アミラーゼは、植物体内でデンプンの  $\alpha$ -1, 4グルコシド結合に作用して加水分解し、生成された糖は生長に利用される (坂野, 1989)。本実験においても、 $\alpha$ -アミラーゼは秋季に夏枝内で蓄積されたデンプンを分解して糖を増加させる役割を担っていると思われるが、その活性上昇が糖の増加よりも2週間ほど早かったことから、 $\alpha$ -アミラーゼの活性は糖含量の増加に先立って高まるものと考えられる。また松井ら (1987) は、ウンシュウミカンの葉及び樹皮中のタンパク質含量が秋から冬にかけて増加することを報告している。さらに、村井ら (1989) も‘川野なつだいだい’を用いた試験で、可溶性タンパク質含量が生理的な花芽分化の指標になり得ることを示唆した。本報告では、 $\alpha$ -アミラーゼの活性の変化が花らい数の増加パターンと似ており、特に活性変動が大きかった葉身でその傾向が認められた。このため、早期加温栽培の夏枝結果母枝では、葉内の  $\alpha$ -アミラーゼ活性が生理的花芽分化の指標になり得ると考えられた。

#### 4 葉柄と芽内のインドール酢酸及びジベレリン様物質

これまでの実験で、生理的な花芽分化が進行している夏枝の枝及び葉内ではインドール酢酸 (IAA) とジベレリン (GA) 様物質含量の顕著な変化は認められなかった。ここではこれらの内生植物ホルモンについて、夏枝の葉柄及び芽内における局在的な活性変化を調査した。

#### 材料及び方法

3の実験で10月13日、11月4日、11月18日及び12月3日に採取した葉柄と芽を材料に用いて、IAA及びGA様物質の分析を行った。分析方法はすべて2と同様に行った。

## 結果及び考察

夏枝の葉柄及び芽内の I A A 含量の変化を第18表に示した。芽では10月13日に採取した場合が最も多く 159ng/gfwであり, 11月以降は急激に減少して11月18日~12月3日には57~59ng/gfwになった。葉柄は各時期とも50ng/gfw前後で変化が小さかったが, 芽と同様に10月13日に最大値が得られた。

G A様活性の変化を第3図に示した。芽では10月13日と11月4日にフラクション8~9で最高活性を示したが, その後は低下した。葉柄は芽に比べてG A様活性が低く, 変化も小さかった。

第18表 花芽分化期における葉柄及び芽内の I A A 含量の変化

| 採取月日  | 葉柄                 | 芽     |
|-------|--------------------|-------|
| 月日    | ng                 | ng    |
| 10/13 | 58.6 <sup>1)</sup> | 159.0 |
| 11/4  | 46.6               | 87.0  |
| 11/18 | 43.9               | 57.4  |
| 12/3  | 48.4               | 59.4  |

1) 試料新鮮重1g当たり。

2) I A A 含量は高速液体クロマトグラフにより, 以下の条件で分析を行った。

カラム; ODSカラム, 温度50℃

溶媒; 25%アセトニトリル (pH3.5, 20mM酢酸ナトリウムbuffer)

流量; 1ml/min.

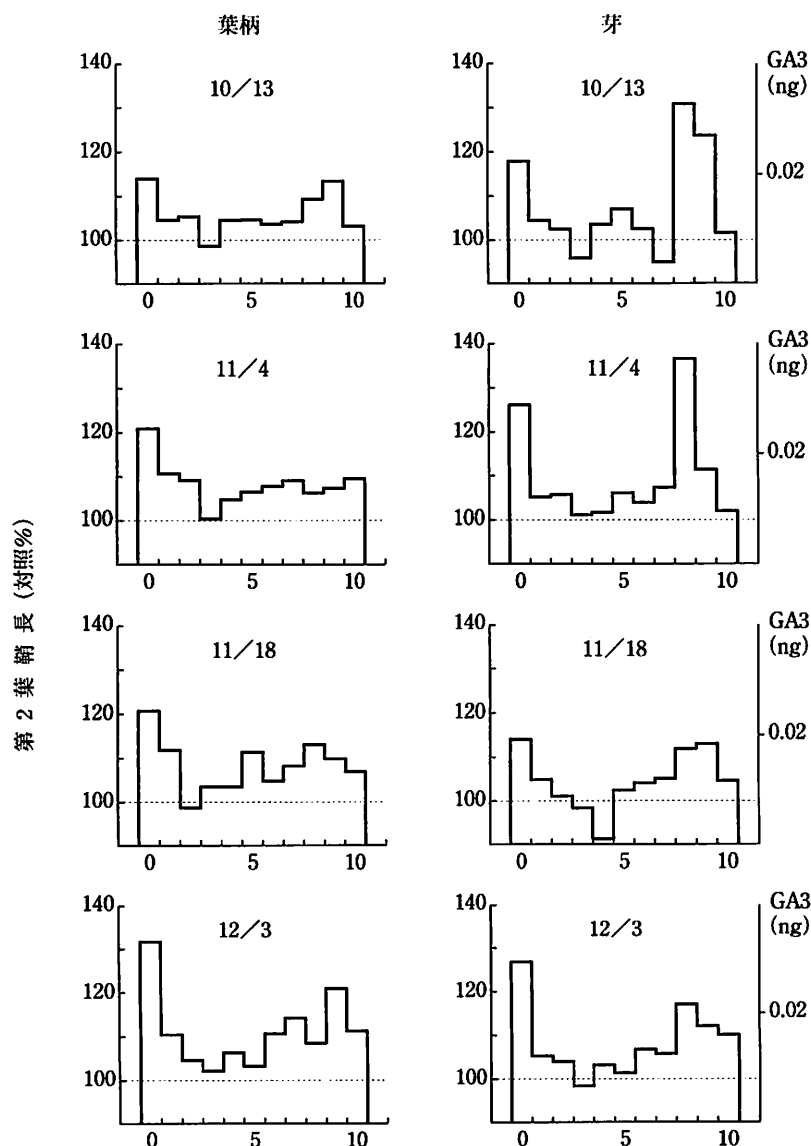
検出器; 蛍光検出器 (励起波長280nm, 蛍光波長350nm)

以上の結果から, 生理的な花芽分化が進行する際のワセウンシュウの夏枝では芽内に I A A 及び G A 様物質の局在的な活性変動が認められ, その活性は, とともに花芽分化開始期前後の10月中旬~11月上旬は高いが, 花芽数の増加する11月中旬以降, 急速に低下することが明らかになった。伴野ら (1985) は, ニホンナシの花芽形成の品種間差異に関する試験で, 新梢内の花芽分化に対しては G A とサイトカイニンが重要な役割を果たし, I A A が直接的に関与している可能性は低く, むしろ頂部優勢との関連性が深いことを指摘している。しかし, 本実験では芽内の I A A 含量が花芽数の増加に伴って減少したことから, I A A の活性変化がワセウンシュウ夏枝の生理的花芽分化の進行に何らかの影響を及ぼしていることも考えられる。カンキツの内生 I A A についての文献は少なく, 花芽分化との関連性についても明らかにされていないが, SCHAFER et al. (1987) は, 展葉期のオレンジ葉内で I A A の活性変化がインベルターゼなどの糖代謝関連酵素の活性に影響を及ぼしていることを報告している。ウンシュウミカンの生理的花芽分化期におけるえき芽内での I A A の役割については, 糖代謝に及ぼす影響も含めて, 今後さらに検討する必要がある。

カンキツに対する G A の作用性についてはこれまで多くの報告があり, 秋季の G A 処理は葉内のデンプン含量を増加させ (GOLDSCHMIDT et al. 1985), また展葉期の G A 処理が葉内のアミラーゼ活性を低下させる (SANZ et al. 1987)。しかし, 本報告で明らかになったように, 生理的花芽分化が進行する夏枝内では枝及び葉や葉柄内に G A 様物質の活性に明確な変化が認められないにもかかわらず, これらの部位のデンプン, 糖含量や  $\alpha$ -アミラーゼ活性は大きく変動した。このため, 内生 G A が炭水化物の消長や  $\alpha$ -アミラーゼの活性変動に影響を及ぼしているとは考えにくい。G A は, カンキツの花芽分化に対して抑制的に作用することが知られており, オレンジでは花芽への G A 処理による葉芽への変換が観察されている (LORD and ECKARD 1987)。また最近, 尾形ら (1995) は果実収穫期の異なる露地栽培ウンシュウミカンの翌春の開花数と内生ジベレリンとの関連

性について検討し、収穫時期が遅い樹では開花数が著しく減少するが、その場合、えき芽内のGA<sub>20</sub>の活性が高いことを報告している。本実験では、加温施設内のワセウシユウ夏枝を材料に、生理的花芽分化の進行と芽内におけるGA様活性の変化を同時に調査した。その結果、GA様活性は花芽分化開始期前後は高かったが、花芽数が急速に増加する11月中旬以降に低下した。本実験におけるGA検定の際のイネ苗に対する点滴量は試料80mg相当分にあたり、点滴量としては少ないため、10月13日と11月4日にフラクション8～9で認められた活性は相当に高い活性であると判断される。この時期の芽内におけるGA様活性は花芽分化に対して阻害的に作用している可能性が高く、また、その後の活性低下は花芽数の増加期と一致したことから、ワセウシユウ夏枝の生理的花芽分化期においては、芽内のGA様活性の低下が花芽分化の進行に対して促進的な作用を及ぼしていると考えられる。

植物に存在するGAは種や器官によって種類が異なり、現在までに80数種類にも及ぶ多様なGAが高等植物やカビから単離されている(後藤 1991)。カンキツの樹体内ではGA<sub>1</sub>、GA<sub>19</sub>、GA<sub>20</sub>などの役割が重要とされているが(後藤 1991, 尾形 1995)、今回の調査におけるGA様活性も一部のフラクションで高かったことから、特定のGAが作用を及ぼしていると思われる。本報告では、GA様活性の測定にイネ苗点滴法を用いたが、GAの分別定量には限界があるため、今後はGC/MSなどの機器測定による活性GAの種類の特定が望まれる。



第3図 花芽分化期における葉柄及び芽内のGA様活性の変化

## 5 摘 要

花芽分化に際して夏枝内で生じる一連の生理的な変化を明らかにするため、切り枝水挿し処理を行って花芽分化の進行状況を観察すると同時に、枝、葉、葉柄及び芽などの各部位におけるデンプン、糖などの炭水化物含量、 $\alpha$ -アミラーゼ活性、及び I A A、G A などの内生植物ホルモン活性を測定し、その変化を明らかにした。

- 1) 生理的な花芽の分化程度を判定するために切り枝水挿し法を行う場合、水挿し直前に切り枝を 100～200ppm B A 水溶液に浸漬処理すると、えき芽の発芽しにくい時期に特に効果的であり、調査期間を 10 日間以上短縮できることが明らかになった。ただし、切り枝水挿し法による調査では、実際の加温処理に比べて発育枝と有葉花の発生が多くなることから、発育枝数と有葉花率は正確に把握できず、あくまで総着花数の判定に限定すべきであると考えられた。
- 2) 早期加温栽培におけるワセウンシュウの夏枝結果母枝では、生理的に分化した花芽数が多くなる 11 月下旬に枝葉内で糖含量が急増し、同時に  $\alpha$ -アミラーゼの活性も高まった。 $\alpha$ -アミラーゼの活性レベルは葉よりも枝の方が常に高かったが、葉内では変動幅が大きかった。また、この間 I A A 及び G A 様物質含量には枝及び葉内ともに明確な変化が認められなかった。
- 3) 夏枝結果母枝をさらに細かい部位に分けて比較した結果、花芽分化初期の 10 月中旬～11 月中旬に葉身、葉柄、芽及び枝の各部位でデンプン含量が急激に増加したが、糖含量は 11 月中旬に一時的に少なくなった。その後、12 月上旬までにデンプン含量が葉身と枝内で減少し、糖含量が夏枝の各部位で急増した。11 月以降の生理的な花芽分化数の増加と夏枝内のデンプン、糖含量の消長間には対応関係が認められなかった。
- 4)  $\alpha$ -アミラーゼ活性は、葉身、葉柄、芽及び枝の各部位とも 11 月上旬に一旦低下した後、11 月中旬以降に再び上昇した。 $\alpha$ -アミラーゼは秋季に夏枝内で蓄積されたデンプンを分解して糖を増加させる役割を担っていると考えられたが、その活性上昇は糖含量の増加よりも 2 週間ほど早かった。また、 $\alpha$ -アミラーゼの活性変化は花芽数の増加パターンとよく似かよっており、特に活性の変動が大きかった葉内の  $\alpha$ -アミラーゼ活性は早期加温栽培における夏枝結果母枝の生理的な花芽分化の指標になり得ることが示唆された。
- 5) 生理的な花芽分化が進行する際のワセウンシュウの夏枝では、芽内に I A A 及び G A 様物質の局在的な活性変動が認められ、その活性は、ともに花芽分化開始期前後の 10 月中旬～11 月上旬は高いが、花芽数の増加する 11 月中旬以降、急速に低下することが明らかになった。この内特に、生理的な花芽分化期における芽内の G A 様活性の低下は、花芽分化の進行に対して促進的な作用を及ぼしていると考えられた。

## 第4章 低温遭遇時間による夏枝の花芽数の推定

早期加温栽培における加温処理開始時期は、切り枝水挿し調査、低温積算温度、枝内の炭水化物含量、葉色や細根の観察などを総合的に検討して決定される。しかし、これらの方法による測定値は年次や圃地間の変動が大きく、加温処理開始が早すぎた場合には加温処理後の着花数が不足するなどの問題が生じている。そこで本章では、さらに精度の高い加温処理開始時期の判定方法を確立するため、花芽分化との関連性が深い低温遭遇時間を用いて、夏枝結果母枝の花芽数の推定を試みた。

### 1 低温遭遇時間と花芽数との相関

カンキツの花芽分化促進には、15℃程度の低温遭遇との関連性が深いとされているが（井上 1989a, 1990, POERWANTO et al. 1989, SOUTHWICK and DAVENPORT 1986）、ワセウンシュウの夏枝について、花芽分化の進行と低温遭遇時間との相関関係について検討した報告は見当たらない。ここでは、これまでの実験を基に、秋季の温度別の低温遭遇時間と夏枝の花芽分化数との関係について検討した。

### 材料及び方法

第3章3の実験で、ビニルハウス内の‘上野早生’から夏枝を採取した10月13日、11月4日、11月18日及び12月3日（1993年）までの温度別の低温遭遇時間と切り枝水挿し調査による花らい数との相関係数を計算した。また第2章1の‘山下紅早生’（1989年）、第3章2の‘宮川早生’（1992年）及び第3章3の‘上野早生’（1993年）を用いた実験で夏枝に着生した花らい数を生理的に分化した花芽数とし、夏枝採取日までの温度別の低温遭遇時間との回帰式及び相関係数を3ヵ年合わせて計算した。なお、3ヵ年とも低温遭遇時間の積算は、夏枝緑化後の9月1日を起算日とした。

### 結果及び考察

1993年の‘上野早生’を用いた調査では、11月18日までは5℃以下あるいは10℃以下の気温に遭遇した時間が少なかったが、その後気温低下により12月3日までは、5℃以下が59時間、10℃以下が226時間となった。15℃以下の気温に遭遇した時間は10月13日では83時間であり、その後調査日ごとに100～300時間の範囲で増加して、12月3日には724時間に達した。20℃以下と25℃以下の気温に遭遇した時間は10月13日の時点でそれぞれ440時間と759時間であり、12月3日にはそれぞれ1,475時間と1,927時間に達した。切り枝の花らい数との相関関係は、15℃以下の気温に遭遇した時間との間における相関係数が0.999ときわめて高く、20℃以下と25℃以下の気温に遭遇した時間との間の相関係数も0.99前後で高かった。これに比べて5℃以下と10℃以下の

第19表 切り枝水挿し処理した‘上野早生’夏枝の花らい数と低温遭遇時間との相関

| 処理<br>月日 | 花らい<br>数 | 低 温 遭 遇 時 間 <sup>1)</sup> |         |         |         |         |
|----------|----------|---------------------------|---------|---------|---------|---------|
|          |          | 5℃                        | 10℃     | 15℃     | 20℃     | 25℃     |
| 月日       | 花        | hr                        | hr      | hr      | hr      | hr      |
| 10/30    | 0        | 0                         | 0       | 83      | 440     | 759     |
| 11/4     | 20.0     | 4                         | 49      | 299     | 851     | 1248    |
| 11/18    | 35.6     | 4                         | 57      | 426     | 1123    | 1567    |
| 12/3     | 63.3     | 59                        | 226     | 724     | 1475    | 1927    |
| 相関係数     | —        | 0.869**                   | 0.942** | 0.999** | 0.992** | 0.987** |

1)調査年は1993年で、低温遭遇時間は各温度以下の積算時間。

気温に遭遇した時間との相関係数はやや低く、特に5℃以下との相関係数が最も低かった（第19表）。

3ヵ年通しての低温遭遇時間と夏枝の花芽数との相関も15℃以下の気温に遭遇した時間との間で最も高く、その相関係数は0.925であった。次いで20℃以下と25℃以下の気温に遭遇した時間との間で相関係数の値が高く、5℃以下と10℃以下の気温に遭遇した時間との間の相関係数はやや低かった。回帰式における回帰係数の値は、温度が高くなるにつれて小さくなった。最も相関の高かった15℃以下の気温に遭遇した時間による回帰式は、夏枝結果母枝100節当たりの花芽数を  $y$ 、遭遇積算時間を  $x$  として、 $y=0.0952x-0.077$  であった（第20表、第4図）。

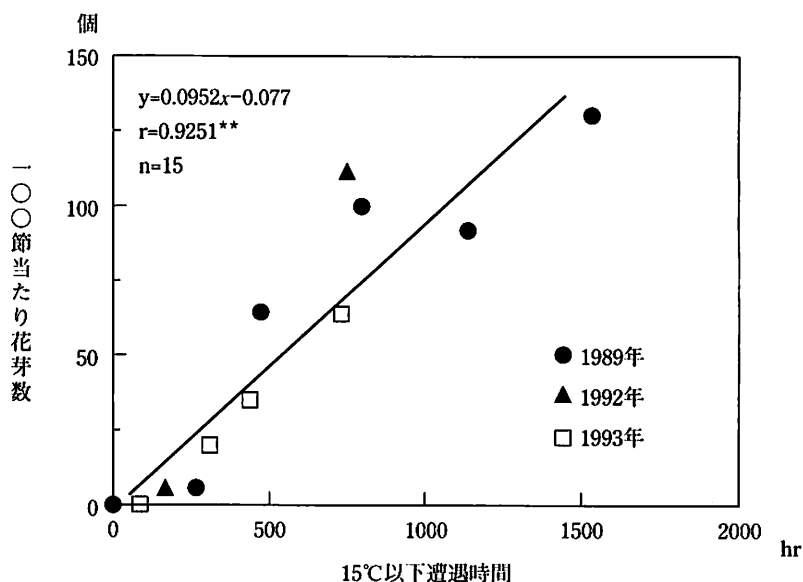
このようにワセウシユ夏枝の生理的な花芽分化期における花芽数と低温遭遇時間との間には正の相関関係が認められ、温度別では15～25℃以下の気温に遭遇した時間との間で相関が高かった。この内、特に相関が高かった15℃以下の気温に遭遇した時間との回帰式を用いることにより、夏枝の花芽数の推定が可能であると考えられる。

第20表 低温遭遇時間とワセウシユ夏枝の花芽数との相関

| 低温遭遇温度 | 回 帰 式             | 相関係数    |
|--------|-------------------|---------|
| 5℃以下   | $y=0.3913x+29.51$ | 0.738** |
| 10℃以下  | $y=0.1443x+19.98$ | 0.855** |
| 15℃以下  | $y=0.0952x-0.077$ | 0.925** |
| 20℃以下  | $y=0.0685x-21.26$ | 0.916** |
| 25℃以下  | $y=0.0578x-35.57$ | 0.900** |

$y$ ：結果母枝100節当りの花芽数。

$x$ ：各低温遭遇温度の積算時間。



第4図 15℃以下の気温に遭遇した時間と花芽数の相関

## 2 低温遭遇時間による花芽数の推定

1において花芽数との間の相関が最も高かった15℃以下の気温に遭遇した時間による回帰式を用いて、ワセウシユ夏枝結果母枝の花芽数の推定について検討した。

## 材料及び方法

1990～1993年の各年に、11月下旬～12月上旬から加温処理を行ったビニルハウス内のワセウンシュウの夏枝の着花数と、加温処理開始前日までに15℃以下の気温に遭遇した時間から計算した推定花芽数を比較検討した。花芽数の推定は1で得られた回帰式  $y=0.0952x-0.077$  ( $y$ : 夏枝結果母枝 100節当たりの花芽数,  $x$ : 15℃以下の気温に遭遇した時間) に各調査年の15℃以下の気温の積算時間を代入して求めた。1990～1993年の‘宮川早生’及び1993年の‘上野早生’を対象にした加温処理開始時にはB A水溶液75～100ppmを樹冠に全面散布した。なお、低温遭遇時間の積算は、夏枝緑化後の9月1日を起算日として計算した。

## 結果及び考察

加温処理開始日までに15℃以下の気温に遭遇した時間は、1990、1992及び1993年ではそれぞれ659、1,089及び813時間であった。加温処理開始が早かった1990年では遭遇時間は短くなった。加温処理後の着花数は結果母枝 100節当たり50.8～119.8で、この内、15℃以下の気温に遭遇した時間の最も多かった1992年の‘宮川早生’の着花数が最も多かった。回帰式から計算した推定花芽数は、結果母枝100節当たり62.7～103.6の範囲にあったが、各調査年及び品種とも加温処理後の着花数とほぼ同様な数値が得られた(第21表)。

第21表 15℃以下の気温に遭遇した時間による推定花芽数と加温処理後の着花数との比較

| 調査年  | 品種名  | 加温処理開始日 <sup>1)</sup> | 15℃以下遭遇時間 <sup>2)</sup> | 結果母枝100節当り |       |
|------|------|-----------------------|-------------------------|------------|-------|
|      |      |                       |                         | 着花数        | 推定花芽数 |
|      |      | 月日                    | hr                      | 花          | 個     |
| 1990 | 宮川早生 | 11/27                 | 659                     | 59.8       | 62.7  |
| 1992 | 宮川早生 | 12/7                  | 1089                    | 119.8      | 103.6 |
| 1993 | 宮川早生 | 12/7                  | 813                     | 50.8       | 77.3  |
| 1993 | 上野早生 | 12/7                  | 813                     | 79.7       | 77.3  |

1)各年とも加温処理開始時に75～100ppm B A水溶液を散布。

2)15℃以下の気温に遭遇した時間は9月1日から加温処理前日までの積算時間。

従来から、モモ、ナシなどの落葉果樹では7.2℃以下の積算時間が休眠覚醒に有効とされてきた(EGGERT 1950, WEINBERGER 1956)。さらにEREZ and LAVEE (1971) はモモの芽に対する休眠打破効果が温度によって異なることを報告し、RICHARDSON et al. (1974) は2.5～9.1℃を基準温度としてこの前後の温度に重みづけを行った‘Chill Unit’が休眠覚醒の判定に有効であることを明らかにした。また最近、田村ら(1992)はニホンナシに連続的に5℃の低温処理を行った実験から、1,400時間で自発休眠が打破されたことを報告している。カンキツでは、休眠打破や花芽分化を低温積算時間または積算温度と関連づけた報告は少ないが、井上(1990)は早期加温栽培のワセウンシュウについて、25℃以下の積算温度により加温処理開始時期を決定できると考え、その目安を750℃以上とした。しかし、この場合、目標とする花らい発生数が1結果母枝当たり2個と少なく、またこの方法では時期ごとの着花数の算定方法も明らかではない。本報告では、ワセウンシュウ夏枝の生理的な花芽分化の進行が15℃以下の低温遭遇時間ときわめて密接な相関関係にあることから、この積算時間を用いた回帰式により花芽分化数を推定した。その結果、計算により推定した夏枝の花芽数は、ビニルハウスの加温処理後に発生した着花数ときわめて近い値が得られ、15℃以下の気温に遭遇した時間との回帰式を用いることによって、生理的な花芽分化数を高い精度で推定できることが裏付けられた。

しかし、ウンシュウミカンの芽にも落葉果樹に似た休眠現象が存在するため(井上 1990, 細井ら 1986, 高

木ら 1980), 生理的に分化した花芽が加温処理によって必ず発芽するとは限らない。加温処理時期が早く、えき芽の休眠状態が十分に打破されていなければ、花芽分化が進行していても加温処理後の発芽が劣るため、結果的に着花数も少なくなる。この場合には、15℃以下の気温に遭遇した時間から推定した花芽数と加温処理後の着花数とは一致しないことも十分あり得る。本実験では加温処理直後に発芽促進のため、BA水溶液を樹冠に散布した。施設栽培のワセウンシュウに対するBAの発芽促進効果については第6章で述べるが、早期加温栽培では加温処理開始時期がえき芽の発芽しにくい11月下旬～12月上旬頃であるため、BA処理の有無によって夏枝の発芽及び着花数が著しく異なる。BAは分化がすでに完成しているえき芽に対してだけ発芽促進効果を現すことから(朱ら 1989)、BA処理後に発生した花らいは、生理的な分化が完了し、加温処理によって形態的に分化した花芽であると考えてよい。このように、15℃以下の気温に遭遇した時間により推定した花芽数から加温処理後の着花数を予測するためには、生理的に分化した花芽が発らいすることが前提となり、BA処理などの発芽促進対策が必要になる。実際、福岡県内におけるワセウンシュウの早期加温栽培では、ほとんどの施設で加温処理開始直後に75ppm前後のBA処理を行って一定の発芽数を確保していることから、15℃以下の気温に遭遇した時間を用いた回帰式により推定した花芽数から、加温処理後の着花数を予測できると考えられる。

早期加温栽培では、その後の生理落果などを考慮すると、十分な果実収量を得るためには1結果母枝当たり6～8花の花らい発生が必要であり、長さ15cm前後、節数が10節程度の標準的な夏枝結果母枝であれば、100節当たりの目標着花数は60～80花となる。これを回帰式 $y=0.0952x-0.077$ から逆算すると、15℃以下の気温に遭遇する時間は631～841時間になる。このため、安定的に着花数を確保するには、加温処理直後のBA処理を前提にすれば、15℃以下の気温に遭遇する時間が少なくとも600時間以上、さらに十分な着花数を得るためには800時間以上が目安になる。

著者らは以前に、温度変換日数(DTS)法による露地栽培のウンシュウミカンの開花予測について、アメダス観測の気象データを利用することにより福岡県内の地域ごとの満開期が予測できることを報告した(矢羽田ら1994)。本報告の施設栽培における夏枝結果母枝の花芽数の推定についても、アメダスなどの地域気象観測データを利用することにより、地域ごとの予測が可能になると思われる。また近年、1km<sup>2</sup>を基礎単位として気温や降水量の平年値を推定したメッシュ気候図の整備が全国的に進められており、福岡県でもすでに作成されている。このメッシュ気候値とアメダス実況値を用いて調和解析法による変換を行うと特定年月日の気温データをメッシュ化することができる(清野 1990)。気象観測の行われていない地域で花芽数の推定などの生育予測を行うには、このようなリアルタイムメッシュ気温情報を用いた予測方法の確立が今後の課題である。

### 3 摘 要

ワセウンシュウの早期加温栽培で、精度が高い加温処理開始時期の判定方法を確立するため、低温遭遇時間を用いた夏枝結果母枝の花芽数の推定法について検討した。

- 1) ワセウンシュウ夏枝の生理的な花芽分化期における花芽数と15～25℃以下の気温に遭遇した時間との間には高い正の相関が認められ、中でも15℃以下の遭遇時間との相関が最も高かった。回帰式は、夏枝結果母枝100節当たりの花芽数を $y$ 、15℃以下の気温に遭遇した時間を $x$ として、 $y=0.0952x-0.077$ であった。
- 2) 回帰式により推定した夏枝の花芽数は、加温処理後に発生した着花数ときわめて近い値が得られ、15℃以下の気温に遭遇した時間との回帰式を用いることによって、生理的な花芽分化数を高い精度で推定できることが裏付けられた。ただしこの場合、加温処理直後にBA処理を行うなどの発芽促進対策が必要である。
- 3) 早期加温栽培で、十分な果実収量を確保するための着花数の目標を1結果母枝当たり6～8花、長さ15cm前後、節数が10節程度の標準的な夏枝結果母枝で100節当たり60～80花とすると、加温処理直後のBA処理を前提にすれば、加温処理開始までに15℃以下の気温に遭遇する時間が少なくとも600時間以上、また、より十分な着花数を得るためには800時間以上が目安になる。

## 第5章 栽培条件が夏枝の発生と着花に及ぼす影響

前章まで、早期加温栽培におけるワセウンシュウの夏枝結果母枝の花芽分化に対する低温の影響とそれに伴う夏枝内の生理的な変化について明らかにしたが、夏季せん定後の夏枝の発生とその後の花芽分化に対しては、せん定前の着果負担の差異やせん定期間など様々な栽培条件も影響を及ぼしている。このため、加温処理後の着花数を十分確保するにはこれらの栽培管理の違いも考慮しておく必要がある。

本章では、ワセウンシュウの早期加温栽培において、着果負担や夏季せん定の時期など栽培管理の違いが、夏枝の発生とその後の養分蓄積や加温処理後の着花に及ぼしている影響について検討を行った。

### 1 葉果比が夏枝内の炭水化物含量と着花に及ぼす影響

カンキツは一般に隔年結果しやすく、着果負担が大きな樹では樹体内の炭水化物含量が減少して翌年の着花数が少なくなることが知られている(GOLDSCHMIDT and GOLOMB 1982, JONES et al.1975)。清水ら(1975)は、着果負担が異なる‘宮川早生’について、葉果比が高くなるにつれて収穫期に葉や根の炭水化物含量が増加し、翌年の着花数が多くなることを報告している。しかし、これらはすべて露地栽培における調査であり、春枝を主とした結果母枝群は、夏から秋にかけて肥大、成熟する果実と直接、養分競合的な関係におかれている。これに対して、夏枝を結果母枝として利用する早期加温栽培では、果実収穫後の7～8月にせん定して夏枝を発生させることから(川野 1988)、果実の着生期間と夏枝の養分蓄積期とは時期的に重ならない。このため、樹体内の炭水化物含量や次年度の着花に対する着果負担の影響は、露地栽培の場合とは異なることが予想される。

そこで、夏枝を結果母枝に利用するワセウンシュウの早期加温栽培を対象にして、前作の葉果比の差が果実収穫後の樹体内の炭水化物含量や次年度の着花に及ぼす影響を検討した。

### 材料及び方法

ビニルハウス内で栽培中のカラタチ台13年生‘宮川早生’を用い、1991年7月中旬にせん定して夏枝を発生させ、12月上旬から翌年の5月下旬まで加温処理した。満開期は1月中旬で、生理落果終了後の3月上旬から摘果を開始した。処理区の設定は4月上旬に1樹につき基部径約15mmの側枝5本について葉数と着果数を調査し、葉果比が15及び10となるように仕上げ摘果を行い、樹内の他の部分も同様の葉果比になるように摘果した。試験には各処理区とも3樹を供試し、試験期間中の栽培管理は同一とした。1992年7月中旬、果実収穫直後に夏季せん定し、その後に発生した夏枝数や樹体内の炭水化物含量を測定した。せん定は軽い間引きせん定とし、各処理区1樹当たり5本の側枝について夏枝数を調査した。さらに、12月上旬から再び加温処理を行い、同じ側枝について翌年1月上旬の開花期に着花数を、また生理落果終了後の2月下旬に着果数を調査した。

結果枝(前年の夏枝)と細根(直径2mm以下)を果実収穫直後の7月中旬に、また、せん定後に発生した夏枝を9月中旬、10月下旬及び11月下旬に採取してデンプン、全糖及び還元糖含量を分析した。細根は土壌の深さ10～15cmの層位より1樹につき3ヵ所から採取して混合し、分析試料とした。結果枝と夏枝はそれぞれ1樹につき10枝を採取して除葉後に分析に供した。なお、分析はすべて第3章と同じ方法で行った。

### 結果及び考察

果実の収量及び品質を第22表に示した。1樹当たりの収量は葉果比10区で多く60kg以上であり、これは葉果比15区の約1.3倍以上であった。1果重は50g余りで両区とも小さかった。果実品質は、果皮色及び果汁のクエン酸含量では区間に有意な差は認められなかったが、糖度は葉果比15区の方が高かった。

果実収穫後に調査した葉数は、せん定後に残した葉数及び新しく発生した葉数とも区間に差はなく、側枝当たりの新梢数も約60本で両区ともせん定後の夏枝の発生数は多かった。また、発生した夏枝の長さは12cm前後、節数は8.4で両区ともほぼ同じであり、夏季せん定後の夏枝発生に対する収穫前の着果負担の影響は認められなかった（第23表）。

果実収穫直後の結果枝の炭水化物含量は、デンプンは両区とも12%前後で差がなかったが、糖含量は葉果比15区の方が全糖で1.1%、還元糖では0.8%多くなった。細根はデンプン、糖含量ともに区間差はなかったが、結果枝に比べて糖含量が低かった（第24表）。せん定後に発生した夏枝の炭水化物含量は、葉の緑化終了後の9月中旬ではデンプン、糖含量とも両区ほぼ同じであった。しかし、デンプンの増加が著しかった10月下旬及び11月下旬には、葉果比15区のデンプン含量が葉果比10区に比べて244~5%多くなり、11月下旬には28.0%に達した（第25表）。

12月からの再加温処理後に発生した側枝当たりの発育枝数、着花数及び生理落果後の着果数を第26表に示した。両区とも発育枝はほとんど発生しなかった。着花数は葉果比15区が葉果比10区より多かったが、統計的に有意な差ではなく、両区とも直花が多く着生した。生理落果終了後の着果数は葉果比10区の方が多かった。また、夏枝結果母枝について比較した結果も側枝の場合と同様の傾向で、発芽節率や着花数に有意な差は認められず、両区とも着花数が多かった（第27表）。

第22表 葉果比が果実の収量と品質に及ぼす影響

| 葉果比 | 収量   | 1果重  | 果皮色 <sup>1)</sup> | 糖度   | クエン酸 |
|-----|------|------|-------------------|------|------|
|     | kg/樹 | g    |                   | Brix | %    |
| 15  | 46.4 | 51.7 | 5.5               | 15.1 | 1.17 |
| 10  | 62.9 | 54.6 | 5.8               | 13.5 | 1.03 |
|     | *    | NS   | NS                | *    | NS   |

1)果皮色の値はカラーチャートの指数。

第23表 葉果比が夏季せん定後の夏枝発生に及ぼす影響

| 葉果比 | 側枝基部径 | 収量 <sup>1)</sup> | せん定後 | 発生    | 発生    | 新梢   | 新梢   |     |
|-----|-------|------------------|------|-------|-------|------|------|-----|
|     |       | 果数               | 重量   | 葉数    | 新葉数   | 新梢数  | 長    | 節数  |
|     | mm    | 果                | kg   | 枚     | 枚     | 本    | cm   | 節   |
| 15  | 15.3  | 19.5             | 1.00 | 218.0 | 322.5 | 63.3 | 12.7 | 8.4 |
| 10  | 15.2  | 29.5             | 1.59 | 220.8 | 313.7 | 59.8 | 11.7 | 8.4 |
|     | NS    | **               | *    | NS    | NS    | NS   | NS   | NS  |

1)収量、葉数及び新梢数は側枝当たり。

第24表 葉果比が収穫時の樹体内の炭水化物含量に及ぼす影響

| 葉果比 | 結果枝                |     |     | 細根   |     |     |
|-----|--------------------|-----|-----|------|-----|-----|
|     | デンプン               | 全糖  | 還元糖 | デンプン | 全糖  | 還元糖 |
| 15  | 11.9 <sup>1)</sup> | 3.9 | 2.4 | 13.3 | 1.4 | 0.9 |
| 10  | 12.2               | 2.8 | 1.6 | 12.5 | 1.6 | 1.0 |
|     | NS                 | *   | **  | NS   | NS  | NS  |

1)単位は乾物重量%。

第25表 葉果比がせん定後に発生した夏枝内の炭水化物含量に及ぼす影響

| 葉果<br>比 | 9 月 中 旬            |     |     | 10 月 下 旬 |     |     | 11 月 下 旬 |     |     |
|---------|--------------------|-----|-----|----------|-----|-----|----------|-----|-----|
|         | デンプン               | 全糖  | 還元糖 | デンプン     | 全糖  | 還元糖 | デンプン     | 全糖  | 還元糖 |
| 15      | 15.9 <sup>1)</sup> | 2.0 | 1.6 | 25.4     | 3.1 | 2.4 | 28.0     | 5.0 | 2.6 |
| 10      | 15.2               | 2.2 | 1.4 | 21.1     | 3.9 | 3.1 | 23.2     | 4.7 | 3.1 |
|         | NS                 | NS  | NS  | **       | NS  | NS  | *        | NS  | *   |

1)単位は乾物重量%。

第26表 葉果比が再加温処理後の側枝の着花に及ぼす影響

| 葉果<br>比 | 側枝<br>基部径 | 発育<br>枝           | 着 花 数 |       |       | 着果<br>数 |
|---------|-----------|-------------------|-------|-------|-------|---------|
|         |           |                   | 有葉花   | 直花    | 花計    |         |
|         | mm        | 本                 | 花     | 花     | 花     | 果       |
| 15      | 15.3      | 0.7 <sup>1)</sup> | 12.3  | 310.1 | 322.4 | 35.9    |
| 10      | 15.2      | 2.1               | 8.4   | 257.5 | 265.9 | 44.2    |
|         | NS        | NS                | NS    | NS    | NS    | *       |

1)発育枝，着花及び着果数は側枝当り。

第27表 葉果比が再加温処理後の夏枝の着花に及ぼす影響

| 葉果<br>比 | 発芽<br>節率 | 結果母枝100節当り |     |       |       | 有葉<br>花率 |
|---------|----------|------------|-----|-------|-------|----------|
|         |          | 発育枝        | 有葉花 | 直花    | 花計    |          |
|         | %        | 本          | 花   | 花     | 花     | %        |
| 15      | 87.5     | 0          | 9.2 | 113.7 | 122.9 | 0        |
| 10      | 83.2     | 0          | 7.4 | 96.8  | 104.2 | 0        |
|         | NS       | NS         | NS  | NS    | NS    | NS       |

露地栽培のカンキツでは，着果負担の大きな樹で樹体内の炭水化物含量が減少する場合，その傾向は特に根のデンプン含量で著しく（GOLDSCHMIDT and GOLOMB 1982, JONES et al. 1975），葉果比の増加につれて果実収穫時の根のデンプン含量は直線的に増加するとの報告もある（清水ら 1975）。しかし，今回調査を行った早期加温栽培のワセウンシュウでは，果実収穫直後の細根のデンプン及び糖含量について着果負担の影響は認められず，結果枝では葉果比の低い区の糖含量が少なくなったものの，せん定後の夏枝の発生数や長さも区間による差はなかった。せん定後に発生した夏枝も，9月中旬はデンプン及び糖含量ともに区間の差は認められなかったが，10月下旬～11月下旬には葉果比10区のデンプン含量が少なくなり，着果負担の大きかった樹では秋季の炭水化物の蓄積が減少した。岡田ら（1984）は，ウンシュウミカンの樹体内の炭水化物に対する着果負担の影響は夏季にはほとんど認められず，秋～冬季になって大きくなることを報告している。早期加温栽培のウンシュウミカンも夏季に果実を収穫することから，収穫期の樹体内炭水化物含量に及ぼす着果負担の影響は比較的小さく，また，新たに発生した夏枝も展葉期前後までは養分競合力が強いため（SCHAFER et al.

1987), 9月中旬頃までは炭水化物含量に差を生じにくいと思われる。しかし, 結果母枝内でデンプンなどが増加する10月以降は樹体の栄養状態が炭水化物の蓄積に影響し, 着果負担が大きく, 果実収穫期に結果枝内の糖含量が少なかった葉果比10区では秋季の夏枝内のデンプンも少なくなったものと推察される。

しかしながら, 本実験の加温処理直前における結果母枝内の炭水化物含量は両区ともデンプンと糖の合計で30%前後と多く, また再加温処理後の着花数は, 夏枝のデンプン含量が多かった葉果比15区の方が多い傾向にあったが統計的な有意差はなく, 両区とも着果数確保のためには十分な着花数であった。本実験の葉果比は, 施設栽培の摘果で一般的に採用されている15と, それよりも多着果となる10に設定した。その結果, 果実の収量は通常の露地栽培に比べて著しく多くなり, 107- $\mu$  当たりに換算した収量は6~8トンに達した。しかしながら, 夏枝内には炭水化物が多く蓄積されたこと, また, 加温処理後の着花数に有意な区間差がなかったこと, さらに着果数は葉果比10区の方が多くなったことから, 早期加温栽培では夏枝の養分蓄積や花芽分化, 加温処理後の着花に及ぼす着果負担の影響は小さく, 露地栽培のような隔年結果現象も認められないことが明らかになった。しかし, 着果負担が大きい樹では, 果実収穫期の夏枝内の糖含量や秋季のデンプン含量が少なくなりやすいことから, 夏秋季の日照不足など結果母枝への養分蓄積が少なくなるような条件下では, 夏枝内の炭水化物レベルによって着花数が変動するものと考えられ, このような場合, 加温処理開始に当たっては果実収穫前の着果負担の影響について考慮しておく必要がある。

## 2 セン定時期が夏枝の発生と着花に及ぼす影響

早期加温栽培では, 夏季セン定により発生させた夏枝を結果母枝として利用するため, セン定の時期や方法によっても樹の生育や着花数が異なる。ここでは, 夏季セン定を行う時期が夏枝の発生や加温処理後の着花に及ぼす影響について検討した。

### 材料及び方法

容量47リットルのコンテナに植え付けたカラタチ台6年生‘山川早生’を供試した。露地圃場で管理していた樹を1989年7月11日, 21日, 31日及び8月10日の各時期にセン定して, 夏枝を発生させた。12月5日から室内気温20℃以上となるガラス室内に搬入して加温処理を行い, 発芽及び着花数を調査した。なお, 試験には1区につき5樹を供試し, セン定以外の栽培管理は各区同一とした。

### 結果及び考察

セン定後, 発芽に要する日数は各区とも約10日間で, セン定時期が遅くなるにつれて発芽期も遅くなった。緑化期もセン定時期と共に遅くなり, 7月11日のセン定では8月下旬, 8月10日のセン定では9月下旬であった(第28表)。セン定後に発生した新葉数及び新梢数は7月11日, 7月21日セン定区の順に多く, 7月31日及び8月10日セン定区では少なかった。新梢の長さや節数は区間で差がなかった。また秋梢の本数は7月31日セン定区で多くなったが, 統計的な有意差はなかった(第29表)。

加温処理後の発芽節率は, 7月11日及び7月21日セン定区はそれぞれ62.3%, 48.0%に達したのに対して, 7月31日及び8月10日セン定区は17.8%, 28.2%で, セン定時期が遅い区は発芽が少なかった。7月11日及び7月21日セン定区では着花数も結果母枝100節当りでそれぞれ82.8, 62.0と多かったのに比べて, 7月31日及び8月10日セン定区は19.2, 24.8で加温処理後の着花数が少なかった(第30表, 第31表)。

船上ら(1980)は, 1月中旬からビニル被覆により加温処理したワセウシユウについて夏季セン定の時期を検討し, セン定時期が早いほど新梢の発生が多く, 加温処理後の着花数も多くなることを報告しており, 8月中旬までにセン定を行うべきであると結論している。12月上旬から加温処理を行う早期加温栽培で検討

を行った本実験でも同じような結果が得られ、せん定時期の早い方が夏枝が多く発生して加温処理後の発芽及び着花数も多く、7月下旬以降のせん定では夏枝の充実が不良となって加温処理後の着花数が著しく減少することが明らかになった。このため、12月上旬までに加温処理を開始する早期加温栽培では、結果母枝となる夏枝を十分に発生、充実させて加温処理後の着花数を確保するには7月中旬までにせん定を実施するとよい。この場合、着花数の多かった7月11日及び7月21日せん定区では、夏枝の発芽期から加温処理開始までに127～135日間、緑化期からでは90～100日間前後を要したことから、加温処理を開始するにあたっては夏枝発生から130日間前後、緑化後では90日間以上を経過していることが目安になると考えられる。

第28表 せん定時期が夏枝の発芽・緑化期に及ぼす影響

| せん定<br>時期 | 発芽<br>期 | 発芽<br>所要日数 | 緑化<br>期 |
|-----------|---------|------------|---------|
| 月日        | 月日      | 日          | 月旬      |
| 7/11      | 7/22    | 11         | 8/下     |
| 7/21      | 7/30    | 9          | 9/上     |
| 7/31      | 8/10    | 10         | 9/上     |
| 8/10      | 8/20    | 10         | 9/下     |

第29表 せん定時期が夏枝の発生に及ぼす影響

| せん定<br>時期 | せん定前<br>葉数 <sup>1)</sup> | せん定後<br>葉数 | 発生<br>新葉数 | 発生<br>新梢数 | 夏 枝      |          | 秋梢<br>本数 |
|-----------|--------------------------|------------|-----------|-----------|----------|----------|----------|
| 月日        | 枚                        | 枚          | 枚         | 本         | 長さ<br>cm | 節数<br>cm | 本        |
| 7/11      | 1,058 a <sup>2)</sup>    | 665 a      | 1,544 a   | 343 a     | 5.6 a    | 7.1 a    | 11.6 a   |
| 7/21      | 1,197 a                  | 553 a      | 1,332 ab  | 236 b     | 5.2 a    | 7.6 a    | 10.8 a   |
| 7/31      | 1,271 a                  | 668 a      | 1,131 b   | 222 b     | 5.9 a    | 7.2 a    | 26.2 a   |
| 8/10      | 1,239 a                  | 660 a      | 1,151 b   | 221 b     | 5.3 a    | 6.9 a    | 13.4 a   |

1)せん定前後の葉数、発生新梢数及び秋梢本数は1樹当たりの数値。

2)Tukeyの多重検定により異文字間には5%レベルで有意差あり。

第30表 せん定時期と加温処理後の発芽節率の推移

| せん定<br>時期 | 発 芽 節 率 |       |       |       |       |
|-----------|---------|-------|-------|-------|-------|
|           | 12/11   | 12/15 | 12/20 | 12/25 | 12/30 |
| 月日        | %       | %     | %     | %     | %     |
| 7/11      | 24.5    | 48.1  | 59.4  | 62.3  | 62.3  |
| 7/21      | 16.3    | 26.9  | 40.4  | 45.2  | 48.0  |
| 7/31      | 6.9     | 11.9  | 16.8  | 17.8  | 17.8  |
| 8/10      | 6.8     | 13.6  | 24.3  | 26.2  | 28.2  |

第31表 せん定時期が加温処理後の発芽・着花に及ぼす影響

| せん定<br>時期 | 発芽<br>節率 | 結果母枝100節当り |         |         |         |
|-----------|----------|------------|---------|---------|---------|
|           |          | 発育枝        | 有葉花     | 直花      | 花計      |
| 月日        | %        | 本          | 花       | 花       | 花       |
| 7/11      | 62.3 a   | 2.2 a      | 36.2 a  | 46.6 a  | 82.8 a  |
| 7/21      | 48.0 a   | 3.6 a      | 25.2 ab | 36.8 ac | 62.0 ac |
| 7/31      | 17.8 b   | 1.3 a      | 8.4 b   | 10.8 b  | 19.2 b  |
| 8/10      | 28.2 b   | 4.3 a      | 6.9 b   | 17.9 bc | 24.8 bc |

1)Tukeyの多重検定により異文字間には5%レベルで有意差あり。

### 3 マシン油乳剤散布が着花に及ぼす影響

ウンシュウミカンの施設栽培ではハダニの発生が多く、薬剤耐性個体も発現しやすいため、有効な防除薬剤の選択が課題になる。マシン油乳剤はハダニに有効な防除効果が認められているが、露地栽培では冬季に散布した場合に着花数を減少させることが報告されている（大崎 1948）。そこで早期加温栽培において、加温処理前のマシン油乳剤の散布が加温処理後の夏枝結果母枝の着花に及ぼす影響について検討した。

### 材料及び方法

露地圃場で管理していたカラタチ台5年生‘上野早生’（コンテナ植え）を1989年7月中旬にせん定して夏枝を発生させた。加温処理15日及び5日前に当たる11月20日と11月30日にそれぞれマシン油乳剤（95%製剤）を60倍希釈液で樹冠に全面散布し、その後、12月5日から室内気温20℃以上となるガラス室内に搬入して加温処理を開始し、着花数を調査した。散布量は1,300cc/樹で、対照区は無処理とした。なお、調査には1区につき3樹を供試した。

### 結果及び考察

マシン油乳剤を散布した両区は無処理区に比べて発芽節率が10%前後低く、着花数も結果母枝100節当りで無処理区の91.4に対し、加温15日前散布区は64.3、加温5日前散布区が54.2で、マシン油乳剤の散布により加温処理後の着花数が減少した。特に、マシン油乳剤散布区は直花が少なかった（第32表）。着果数もマシン油乳剤を散布した区は無処理区に比べて少なくなったが、着果率には大きな差がなかった（第33表）。なお、果実の葉害発生は認められなかった。加温処理1ヵ月後までの落葉率は、無処理区の4.4%に対し、加温前15日散布区は9.9%、加温5日前散布区が6.2%で、マシン油乳剤の散布により加温処理後の落葉が増加する傾向にあった（第34表）。

大崎（1948）は、マシン油乳剤散布によるカンキツの着花数の減少は、油成分による芽組織の直接的な障害が主な原因であるとし、発芽不良になることが花の着生の減少につながると述べている。施設栽培における夏枝結果母枝へのマシン油乳剤の影響を調査した本実験でも同じような結果が得られ、加温処理後の発芽節率が低下して着花数も30～40%減少した。今回の調査の散布時期は加温処理直前の11月下旬であったことから、夏枝では相当数の花芽が生理的に分化していたと考えられる。このため、マシン油乳剤の散布による着花数の減少は、葉の光合成能の低下のような間接的な影響（森永ら 1980）によるものではなく、生理的な花芽分化の状態に達していたえき芽が油成分により直接障害を受けたものと推測される。以上のことから、加

温処理後の着花数が少ないと予想される年や施設では、加温処理前のマシン油乳剤の散布は避けた方がよい。ハダニの発生が多く、やむを得ず散布する場合は今回の実験で用いた95%製剤よりも樹体に対して悪影響の少ない（森永ら 1980, 高原ら 1990）97～98%製剤を用いた方が無難であると思われる。

第32表 マシン油乳剤<sup>1)</sup> 散布が加温処理後<sup>2)</sup> の着花に及ぼす影響

| マシン油<br>散布 | 散布<br>月日 | 発芽<br>節率 | 結果母枝100節当り |      |      |      |
|------------|----------|----------|------------|------|------|------|
|            |          |          | 発育枝        | 有葉花  | 直花   | 花計   |
|            | 月日       | %        | 本          | 花    | 花    | 花    |
| 加温15日前     | 11/20    | 48.3     | 6.5        | 22.7 | 41.6 | 64.3 |
| 加温 5日前     | 11/30    | 45.8     | 4.8        | 27.4 | 26.8 | 54.2 |
| 無処理        | —        | 56.2     | 4.4        | 20.1 | 71.3 | 91.4 |

1) マシン油乳剤は95%製剤を濃度60倍で散布。

2) 加温処理開始は12月5日。

第33表 マシン油乳剤散布が加温処理後の着果に及ぼす影響

| マシン油<br>散布 | 散布<br>月日 | 結果母枝100節当り |      |      | 着果率  |
|------------|----------|------------|------|------|------|
|            |          | 有葉果        | 直果   | 計    |      |
|            | 月日       | 果          | 果    | 果    | %    |
| 加温15日前     | 11/20    | 8.0        | 5.2  | 13.2 | 20.5 |
| 加温 5日前     | 11/30    | 6.5        | 7.7  | 14.2 | 26.2 |
| 無処理        | —        | 4.4        | 17.3 | 21.7 | 23.7 |

第34表 マシン油乳剤散布が加温処理後の落葉に及ぼす影響

| マシン油<br>散布 | 散布<br>月日 | 葉 数 <sup>1)</sup> |      | 落葉数  | 落葉率 |
|------------|----------|-------------------|------|------|-----|
|            |          | 12/5              | 1/11 |      |     |
|            | 月日       | 枚                 | 枚    | 枚    | %   |
| 加温15日前     | 11/20    | 102.4             | 92.3 | 10.1 | 9.9 |
| 加温 5日前     | 11/30    | 106.0             | 99.4 | 6.6  | 6.2 |
| 無処理        | —        | 81.3              | 77.7 | 3.6  | 4.4 |

1) 葉数は側枝当り。

## 4 摘 要

ワセウンシュウの早期加温栽培において、着果負担や夏季せん定の時期など栽培条件が夏枝の発生とその後の炭水化物の蓄積や、加温処理後の着花に及ぼしている影響について検討した。

- 1) 葉果比を15と10に設定して摘果した場合、夏季せん定後に発生する夏枝数には区間差がなく、また長さや節数もほぼ同じで、夏季せん定後の夏枝発生に対する果実収穫前の着果負担の影響は認められなかった。

- 2) 果実収穫直後の細根のデンプン及び糖含量には着果負担の影響は認められなかったが、結果枝では葉果比10区の糖含量が少なくなった。せん定後に発生した夏枝は、9月中旬にはデンプン、糖含量とも区間差は認められなかったが、10月下旬～11月下旬には葉果比10区のデンプン含量が少なくなり、着果負担が大きかった樹では秋季における夏枝結果母枝への炭水化物の蓄積が少なくなった。
- 3) 12月からの再加温処理後の着花数は、葉果比15区が葉果比10区より多い傾向にあったが統計的に有意な差ではなく、両区とも直花が多く着生し、着果数確保のためには十分な数であった。生理落果終了後の着果数は葉果比10区の方が多くなった。このように、早期加温栽培では夏枝の花芽分化や加温処理後の着花に及ぼす着果負担の影響は小さく、露地栽培のような隔年結果現象も認められないことが明らかになった。
- 4) 7月11日～8月10日に夏季せん定を行うと、せん定時期の早い方が夏枝が多く発生して加温処理後の発芽及び着花数も多く、7月下旬以降のせん定では、夏枝の充実が不良となって加温処理後の着花数が減少することが明らかになった。加温処理後に十分な着花数を得るためには、夏枝発生から加温処理開始までに130日間前後、緑化後では90日間以上を経過していることが目安になると考えられた。
- 5) 加温処理開始5～15日前の夏枝結果母枝へのマシン油乳剤の散布は、加温処理後の着花数を減少させ、落葉数も多くなった。マシン油乳剤の散布による着花数の減少は、生理的な花芽分化の状態に達していたえき芽が油成分により直接障害を受けたものと推測された。このため、加温処理後の着花数が少ないと予想される年や施設では、加温処理前のマシン油乳剤の散布は避けた方がよいと考えられた。

## 第6章 植物生育調節剤が夏枝の発生と着花に及ぼす影響

ワセウンシュウの施設栽培では、様々な生育調節剤が生産安定のために利用される。これらの調節剤はほとんどが植物ホルモンとして作用し、発芽や着花などを直接コントロールする。このため、早期加温栽培の夏枝結果母枝に対する植物生育調節剤の影響を検討することは、生産安定技術を確立する上で有益であり、また花芽分化の生理的な解明にも有効な情報となる。

本章では、ワセウンシュウの早期加温栽培において植物生育調節剤が夏枝の発生やその後の花芽分化に及ぼす影響を検討するとともに、加温処理後の発芽、開花をコントロールするための使用方法の確立を図った。

### 1 秋季のジベレリン処理が着花に及ぼす影響

カンキツへのジベレリン（GA）処理は、着花数を著しく減少させることが明らかにされているが（DAVENPORT 1983, GUARDIOLA et al. 1982）、広瀬（1968）は、11月以降、ウンシュウミカンに継続的にGAを散布した試験から、11月10日から11月30日の間にその後の発芽や着花がGAに左右される何らかの転換期があることを認めている。この時期は、夏枝内で生理的な花芽分化が急激に進行する時期にあたる。そこで、早期加温栽培のワセウンシュウに対して秋季にGA処理を行い、加温処理後の発芽や着花に及ぼす影響について検討した。

### 材料及び方法

カラタチ台3年生の‘山下紅早生’（鉢植え）を供試した。1990年7月中旬にせん定して夏枝を発生させ、加温処理開始まで露地圃場に置いた調査樹に対し、9月下旬、10月中下旬、11月中下旬の各時期にそれぞれ8～10日間隔で2回、GA<sub>3</sub>水溶液を100ppmで樹冠全体に散布した。1回の処理量は1樹につき300ccであった。12月8日から室内気温20℃以上となるガラス室内に搬入し、加温処理後の発芽及び着花数を調査した。なお、調査は1区に3樹を供試した。

### 結果及び考察

加温処理後の発芽は全体に不良であったが、中でも9月中旬並びに10月中下旬のGA処理区は発芽節率がそれぞれ9.4、2.0%で、発芽数が著しく少なかった。加温処理直前の11月中下旬に処理した区は他の区に比べて発芽時期が早く、発芽節率も16.7%で、GA処理区の中では最も高くなった。無処理区は発芽が遅れたが、2月20日には発芽節率が41.0%に達し、GA処理を行った各区に比べて高くなった（第35表）。加温処理後の着花数も無処理区が結果母枝100節当たり59.9で最も多かった。GA処理区の着花数は各区とも2～10ときわめて少なく、中でも10月中下旬処理区が少ない傾向にあった。また無処理区の着花はすべて直花であったが、GA処理区は有葉花が多く、9月下旬及び10月中下旬処理区の有葉花率は100%であった。しかし、11月中下旬処理の有葉花率は28.9%で、直花の比率が高かった（第36表）。

このように、早期加温栽培のワセウンシュウでも、秋季のGA処理は花芽の形成を著しく阻害した。高原ら（1990）は、露地栽培のワセウンシュウに対して10月下旬から12月下旬にかけてGAを処理した場合、処理時期が早いほど翌春の着花数が減少することを報告している。本実験では、GAの処理時期を夏枝の生理的な花芽分化期以前の9月下旬、花芽分化が始まる10月中下旬及び花芽数が急増する11月中下旬に設定したが、いずれの時期も無処理区に比べて着花数は大幅に減少した。この内、花芽分化が始まる前の9月下旬処理で加温処理後の着花数が著しく減少したことは、処理されたGAが樹体内に残留し、その影響が花芽分化期にまで及んだことを示している。また、GA処理区では発芽節率も低下したことから、GAの作用は花芽分化の阻害だけでなく、夏枝のえき芽の休眠打破にも影響することが明らかになった。しかし、処理時期によっ

て加温処理後の発芽及び着花の様相は異なり、10月下旬までに処理した区は発芽が著しく不良で、また着花はすべて有葉花であったのに対し、11月中下旬処理区は発芽節率は高くなかったものの、発芽時期は無処理も含めて他の区より著しく早くなり、着生した花も直花が多く、有葉花率が低かった。このため、広瀬(1968)の指摘と同じく、早期加温栽培の夏枝結果母枝でも、11月上旬前後にジベレリンの影響が大きく変化する時期があると思われる。この時期は第3章で明らかにしたように、えき芽内のGA活性が低下する時期にあたる。このため、GA活性の変化が休眠の打破と生理的花芽分化の進行に強く影響していることが本実験の結果からもうかがわれ、秋季にえき芽内のGA活性が高い場合には、花芽の分化に対して抑制的に作用していると考えられる。

第35表 GAの秋季処理<sup>1)</sup>と加温処理後<sup>2)</sup>の発芽節率の推移

| 処理<br>時期 | 発 芽 節 率 (%) |      |      |      |      |      |
|----------|-------------|------|------|------|------|------|
|          | 12/25       | 1/5  | 1/17 | 1/29 | 2/13 | 2/20 |
| 9月下旬     | 0           | 0    | 5.8  | 8.7  | 9.4  | 9.4  |
| 10月中下旬   | 0           | 1.4  | 2.0  | 2.0  | 2.0  | 2.0  |
| 11月中下旬   | 16.7        | 16.7 | 16.7 | 16.7 | 16.7 | 16.7 |
| 無処理      | 0           | 0.8  | 16.3 | 31.9 | 39.7 | 41.0 |

1) GA<sub>3</sub>の100ppm水溶液を各処理時期に8～10日間隔で2回散布。

2) 加温処理開始は12月8日。

第36表 GAの秋季処理<sup>1)</sup>が加温処理後の発芽・着花に及ぼす影響

| 処理<br>時期 | 発芽<br>節率            | 結果母枝100節当り <sup>2)</sup> |        |        |        | 有葉<br>花率 |
|----------|---------------------|--------------------------|--------|--------|--------|----------|
|          |                     | 発育枝                      | 有葉花    | 直花     | 花計     |          |
|          | %                   | 本                        | 花      | 花      | 花      | %        |
| 9月下旬     | 9.4 b <sup>3)</sup> | 3.7 a                    | 9.3 a  | 0 b    | 9.3 b  | 100 a    |
| 10月中下旬   | 2.0 b               | 0 a                      | 2.0 ab | 0 b    | 2.0 b  | 100 a    |
| 11月中下旬   | 16.7 ab             | 7.8 a                    | 2.8 ab | 6.9 b  | 9.7 b  | 28.9 b   |
| 無処理      | 41.0 a              | 0 a                      | 0 b    | 59.9 a | 59.9 a | 0 c      |

1) GA<sub>3</sub>の100ppm水溶液を各処理時期に8～10日間隔で2回散布。

2) 発育枝及び着花数は2月20日までの累計数値。

3) Tukeyの多重検定により異文字間には5%レベルで有意差あり。

## 2 秋季のマレイン酸ヒドラジドコリン処理が着花に及ぼす影響

早期加温栽培のワセウンシュウでは、夏枝結果母枝から秋梢が発生すると加温処理後の着花数が著しく減少するため、秋梢の発生防止対策が課題となる。夏秋梢の伸張抑制にはマレイン酸ヒドラジドコリン処理が有効である。マレイン酸ヒドラジドコリンは一般に抗オーキシン物質とされ、植物の細胞分裂を阻害し、生長を抑制する作用を有している。本報告では、オーキシンの一つであるインドール酢酸 (IAA) の活性が、夏枝の生理的な花芽分化の進行する際にえき芽内で低下することを明らかにしたが、ここでは抗オーキシン作用を有するとされるマレイン酸ヒドラジドコリンの秋季処理が、加温処理後の発芽や着花に及ぼす影響について検討した。

## 材料及び方法

カラタチ台4年生‘宮川早生’（鉢植え）を7月下旬にせん定して夏枝を発生させた後、開放したガラス室内に置いて、マレイン酸ヒドラジドコリン（39%液剤，試験名：改良C－MH，以下改良C－MHと略記）の200倍液を9月3日と10月6日にそれぞれ1回処理する区と，両日に2回処理する区を設けて樹冠に全面散布した。散布量は1樹当たり200ccであった。12月7日よりビニルハウス内に搬入して加温処理を開始し，発芽及び着花数を調査した。また，10月23日及び12月7日には夏葉を採取して改良C－MHの残留量を調査した。残留量の分析は日本ヒドラジン工業（株）に依頼した。また，調査は1区につき4樹を供試した。

## 結果及び考察

夏枝からの秋梢発生は，無処理区を含めたすべての区で認められなかった。10月23日における夏葉の改良C－MHの残留量は，9月1回処理区が40ppm，10月1回処理区138ppm，9及び10月2回処理区232ppmであったが，加温処理開始時の12月7日には各区とも約3分の1に減少し，それぞれ16，40及び84ppmであった。無処理区では，どちらの分析時期も改良C－MH成分がほとんど検出されなかった（第37表）。加温処理後の発芽は，10月1回処理と9月及び10月2回処理区で当初わずかに遅れる傾向にあったが，有意な差ではなかった。また，発育枝数及び着花数も，処理区間に有意な差は認められなかった（第38表，第39表）。

このように，夏枝からの秋梢発生がない場合には，改良C－MHの処理の有無によって，加温処理後の発芽及び着花数が影響されないことが明らかになった。本実験では，供試樹をビニルハウス内に搬入して加温処理するまでは降雨の影響がないガラス室に置いたが，散布後に夏葉の改良C－MH残留量は大幅に減少して加温処理直前には最も多い区で84ppmとなっていた。このため，改良C－MH成分は散布後に比較的分解しやすく，加温処理前の残留量がおおむね100ppm以下になっていれば，加温処理後の発芽や着花には影響しないと考えられる。また，抗オーキシン活性を有する改良C－MHの秋季処理が加温処理後の着花数に影響しなかったことから，秋季の夏枝えき芽内におけるIAAなどのオーキシン活性の変化は生理的な花芽分化に直接的な影響を及ぼしていない可能性も考えられるが，この点については今後さらに検討を要する。

第37表 改良C－MH処理後の夏葉の残留量

| 処理<br>月日 | 処理<br>濃度 | 残留量 <sup>1)</sup> |      |
|----------|----------|-------------------|------|
|          |          | 10/23             | 12/7 |
| 月日       | 倍        | ppm               | ppm  |
| 9/3      | 200      | 40                | 16   |
| 10/6     | 200      | 138               | 40   |
| 9/3,10/6 | 200      | 232               | 84   |
| 無処理      | —        | <10               | <10  |

1)残留量はC－MH分乾物重当り。

第38表 改良C－MH処理が加温処理<sup>1)</sup>後の発芽に及ぼす影響

| 処理<br>月日 | 処理<br>濃度 | 発芽節率  |       |      |      |
|----------|----------|-------|-------|------|------|
|          |          | 12/24 | 12/28 | 1/2  | 1/7  |
| 月日       | 倍        | %     | %     | %    | %    |
| 9/3      | 200      | 6.8   | 22.4  | 27.0 | 29.6 |
| 10/6     | 200      | 1.8   | 11.0  | 14.9 | 16.7 |
| 9/3,10/6 | 200      | 4.4   | 14.5  | 21.4 | 23.7 |
| 無処理      | —        | 4.0   | 17.8  | 20.3 | 20.8 |

1)加温処理開始は12月7日。

第39表 改良C-MH処理が加温処理後の着花に及ぼす影響

| 処理<br>月日 | 処理<br>濃度 | 発芽<br>節率             | 結果母枝100節当り |       |        |        |       |
|----------|----------|----------------------|------------|-------|--------|--------|-------|
|          |          |                      | 発育枝        | 有葉花   | 直花     | 花計     | 有葉花率  |
| 月日       | 倍        | %                    | 本          | 花     | 花      | 花      | %     |
| 9/3      | 200      | 29.6 a <sup>1)</sup> | 1.2 a      | 2.5 a | 27.2 a | 29.7 a | 8.4 a |
| 10/6     | 200      | 16.7 a               | 0 a        | 0 a   | 20.0 a | 20.0 a | 0 a   |
| 9/3,10/6 | 200      | 23.7 a               | 0 a        | 0 a   | 28.1 a | 28.1 a | 0 a   |
| 無処理      | —        | 20.8 a               | 0 a        | 0 a   | 22.8 a | 22.8 a | 0 a   |

1)Tukeyの多重検定により異文字間には5%レベルで有意差あり。

### 3 セン定時の6-ベンジルアミノプリン処理が夏枝の発生に及ぼす影響

6-ベンジルアミノプリン (BA) はウンシュウミカンに対して新梢発生を促進する効果があり、夏季セン定後の夏枝発生促進にも利用できる。そこで、夏枝結果母枝の確保を目的とした、セン定時のBAの処理方法について検討した。

#### 材料及び方法

カラタチ台3年生‘石塚早生’ (鉢植え) を1990年7月17日にセン定し、BAの水溶液をセン定当日の7月17日とセン定6日後の7月23日にそれぞれ樹冠に全面散布して、その後の夏枝発生について調査した。BAの処理濃度は150ppm及び75ppmで、無処理区は散布しなかった。なお処理量は170cc/樹で、1区につき3樹を供試した。

#### 結果及び考察

セン定から発芽までに要した日数はセン定当日の150ppm処理区が9日で最も早く、セン定6日目の処理は150ppm及び75ppm処理区ともこれより4～5日遅れた。セン定当日の75ppm処理区と無処理は発芽までに20日前後を要した。また、新梢停止までの所要日数も発芽と同様の傾向であった。夏季セン定後に発生した新葉数及び新梢数はセン定当日処理の150ppm及びセン定6日目の150ppm及び75ppm処理区が無処理よりも多い傾向にあった。セン定当日の75ppm処理区は新梢及び新葉数とも少なく、効果が劣った (第40表)。

BA処理区はすべて無処理区に比べて新葉の生葉重が小さく、また統計的な有意差はなかったが、葉面積及び新梢長も小さく、特に150ppmで処理した区においてその傾向が強かった。しかし、セン定6日目の75ppm処理区は他の区に比べて葉面積、新梢長とも大きく、無処理区とほぼ同じ形質の夏枝が発生した (第41表)。

このように、夏枝を結果母枝として利用する早期加温栽培では、夏季セン定後にBA剤を処理すると発芽が早まって新梢数も増加することから結果母枝数の確保に有効である。しかし、150ppm程度の高濃度処理では発生した新梢が短く、葉面積も小さくなるので、濃度75ppmの水溶液をセン定から6日ほど過ぎた萌芽期に処理するのがよい。

第40表 夏季せん定<sup>1)</sup>時のBA処理が新梢発生に及ぼす影響

| 処理<br>月日 | BA<br>濃度 | 発芽<br>日 | 新梢<br>停止日 | 所要日数              |        | 発生<br>新葉数 <sup>2)</sup> | 発生<br>新梢数 |
|----------|----------|---------|-----------|-------------------|--------|-------------------------|-----------|
|          |          |         |           | 発芽                | 新梢停止   |                         |           |
| 月日       | ppm      | 月日      | 月日        | 日                 | 日      | 枚                       | 本         |
| 7/17     | 150      | 7/26    | 8/8       | 9 b <sup>3)</sup> | 22 c   | 248.3 a                 | 64.7 a    |
| 7/17     | 75       | 8/5     | 8/23      | 19 a              | 37 ab  | 79.0 b                  | 16.3 b    |
| 7/23     | 150      | 7/31    | 8/15      | 14 ab             | 29 abc | 233.0 a                 | 55.0 ac   |
| 7/23     | 75       | 7/30    | 8/14      | 13 ab             | 28 bc  | 264.0 ab                | 45.0 abc  |
| 無処理      | —        | 8/7     | 8/25      | 21 a              | 39 a   | 124.7 ab                | 18.3 bc   |

1)せん定は7月17日に実施。

2)発生新葉及び新梢数は1樹当たり。

3)Tukeyの多重検定により異文字間には5%レベルで有意差あり。

第41表 夏季せん定時のBA処理が新葉及び新梢に及ぼす影響

| 処理<br>月日 | BA<br>濃度 | 新葉1葉当たり              |        |        | 新梢1本当たり |       |         |
|----------|----------|----------------------|--------|--------|---------|-------|---------|
|          |          | 葉面積                  | 生葉重    | 乾物率    | 新梢長     | 節数    | 節間長     |
| 月日       | ppm      | cm <sup>2</sup>      | mg     | %      | cm      | 節     | cm      |
| 7/17     | 150      | 10.2 a <sup>1)</sup> | 305 b  | 39.9 a | 6.1 a   | 6.4 a | 0.95 b  |
| 7/17     | 75       | 10.5 a               | 393 ab | 37.0 a | 9.5 a   | 8.4 a | 1.13 ab |
| 7/23     | 150      | 10.1 a               | 347 b  | 38.2 a | 7.5 a   | 7.3 a | 1.03 ab |
| 7/23     | 75       | 12.6 a               | 415 ab | 39.6 a | 10.9 a  | 8.1 a | 1.35 a  |
| 無処理      | —        | 14.2 a               | 534 a  | 38.5 a | 10.9 a  | 8.6 a | 1.27 ab |

1)Tukeyの多重検定により異文字間には5%レベルで有意差あり。

#### 4 加温開始時の6-ベンジルアミノプリン処理が着花に及ぼす影響

カンキツでは分化が進行したえき芽に対する6-ベンジルアミノプリン(BA)の高い発芽促進効果が認められており(NAUER et al.1979, NAUER and BOSWELL 1981), ZHU and MATSUMOTO (1987)は100~200ppmのBA水溶液に展着剤としてTween20を0.1%になるように添加してウンシュウミカンに処理すると発芽促進に効果があるとしている。しかし、発芽した新梢の数が多すぎた場合は隣接して発生した新梢との間で養分競合が激しくなると一部の新梢が枯死脱落した事例も報告されており(朱ら1989), また早期加温栽培での使用方法も十分には確立されていない。そこで、加温処理開始時のBA処理が加温処理後の夏枝内の炭水化物含量や発芽及び着花に及ぼす影響について調査し、早期加温栽培における結実確保を目的としたBAによる発芽促進法について検討を行った。

#### 材料及び方法

##### 1)BA処理後の夏枝内の炭水化物含量の変化

カラタチ台3年生‘山下紅早生’(鉢植え)を用いて、1988年7月中旬にせん定を行って夏枝を発生させ、12月1日に室内気温20℃以上となるガラス室内に搬入して加温処理を開始した。加温処理開始時にBA水溶

液を濃度100ppmで樹冠に全面散布し、処理日、10日後、20日後、及び30日後の夏枝内のデンプン及び糖含量を測定し、発芽及び着花数の調査も行った。なお、デンプン及び糖含量の分析は第3章と同じ方法で行った。

## 2) B A の処理時期及び濃度

カラタチ台2年生‘石塚早生’（鉢植え）を用い、1989年7月中旬にせん定を行って夏枝を発生させた。12月1日から室内気温20℃以上となるガラス室内に搬入して加温処理を開始し、B A 水溶液を濃度150ppm及び75ppmで処理した。処理時期は、12月1日の加温処理開始時及び加温処理5日後の12月5日で、対照区は無処理とした。

## 結果 及び 考察

### 1) B A 処理後の夏枝内の炭水化物含量の変化

第42表にB A 処理後の夏枝の炭水化物含量の変化を示した。デンプン含量は加温処理開始後増加して、20日後にはB A 処理区及び無処理区とも15%前後に達したが、その後、開花直前の加温処理30日後にはB A 処理区10.1%、無処理区14.0%に減少し、特にB A 処理区での減少が顕著であった。全糖含量は両区とも加温処理開始時には7%弱、還元糖は3%前後であったが、加温処理30日後に全糖含量は0.8～1.5%、還元糖は0.6%に減少した。還元糖含量は処理区間による差が認められなかったが、全糖含量はB A 処理区で少なくなった。加温処理後の発芽節率、着花及び着果数は第43表に示した。発芽節率は、B A 処理区は91.7%ときわめて高かったが、無処理区は38.5%で低かった。結果母枝100節当たりの着花数もB A 処理区の156.3に対して無処理

第42表 B A 処理後の夏枝内の炭水化物含量の変化

| 項目   | 処理  | 0 <sup>1)</sup>    | 10   | 20   | 30日  |
|------|-----|--------------------|------|------|------|
| デンプン | B A | 11.5 <sup>2)</sup> | 14.2 | 15.4 | 10.1 |
|      | 無処理 | 9.4                | 12.2 | 14.9 | 14.0 |
| 全 糖  | B A | 6.7                | 1.8  | 1.5  | 0.8  |
|      | 無処理 | 6.9                | 2.1  | 2.2  | 1.5  |
| 還元糖  | B A | 3.3                | 0.6  | 0.7  | 0.6  |
|      | 無処理 | 2.8                | 1.2  | 0.8  | 0.6  |

1) 加温後の日数。

2) 単位は乾物重量%。

第43表 B A 処理後の着花及び着果数

| 処理  | 発芽<br>節率 | 結果母枝100節当り |       |      | 着果<br>率 |
|-----|----------|------------|-------|------|---------|
|     |          | 発育枝数       | 着花数   | 着果数  |         |
|     | %        | 本          | 花     | 果    | %       |
| B A | 91.7     | 0          | 156.3 | 15.6 | 10.0    |
| 無処理 | 38.5     | 16.7       | 21.9  | 6.3  | 28.8    |

区は21.9と少なかった。着果数はB A処理区が15.6，無処理区は 6.3で，B A処理区は生理落果が多く着果率が低かった。

## 2) B A の処理時期及び濃度

第44表にB Aの処理時期及び濃度別の発芽節率の推移を示した。B A処理を行った区はすべて無処理区に比べて発芽が早くなった。発芽節率は150ppmで処理した区が高く，加温処理開始当日の12月1日及び加温処理5日後の12月5日処理とも加温処理25日後に80%前後に達した。75ppm区は12月1日処理では発芽節率が58.1%であったが，12月5日処理では34.4%と低くなった。無処理区は発芽に要する期間が長く，発芽節率も23.6%と低かった。第45表にはB A処理後の花らい数の推移を示した。当初発生した花らい数は150ppmで処理した区が多かったが，12月1日処理では加温処理後20～25日にかけて落らいが多く，開花時の着花数は減少した。このため，加温処理1ヵ月後の着花数は12月5日処理の150ppm区が最も多く，ついで12月1日処理の75ppm区，150ppm区，12月5日処理の75ppm区及び無処理区の順であった。第46表には開花時期と開花及び着果数を示した。無処理区はB A処理した区に比べて開花が20日間以上遅れ，開花期間も27日間と長かった。着果数は12月1日処理の75ppm区が結果母枝100節当たり8.8と最も多く，ついで無処理区の8.2，12月5日処理の150ppm区の3.3の順であった。無処理区は他の区に比べて着果率が高くなったが，開花期間が長かったため，果実の大きさがきわめて不揃いであった。

第44表 B Aの処理時期及び濃度が発芽に及ぼす影響<sup>1)</sup>

| 処理<br>月日 | B A<br>濃度 | 発 芽 節 率 |       |       |       |       |      |      |
|----------|-----------|---------|-------|-------|-------|-------|------|------|
|          |           | 12/8    | 12/11 | 12/15 | 12/20 | 12/25 | 1/4  | 1/25 |
| 月日       | ppm       | %       | %     | %     | %     | %     | %    | %    |
| 12/1     | 150       | 39.9    | 68.3  | 74.3  | 74.3  | 76.6  | —    | —    |
| 12/1     | 75        | 20.0    | 42.2  | 47.6  | 54.1  | 58.1  | —    | —    |
| 12/5     | 150       | 0.0     | 31.3  | 66.4  | 79.5  | 80.3  | —    | —    |
| 12/5     | 75        | 0.0     | 16.6  | 28.5  | 34.4  | 34.4  | —    | —    |
| 無処理      | —         | 0.0     | 0.0   | 1.0   | 8.6   | 13.1  | 17.2 | 23.6 |

1)加温処理開始は12月1日で，無処理区以外は12月25日に調査終了。

第45表 B Aの処理時期及び濃度が着花に及ぼす影響

| 処理<br>月日 | B A<br>濃度 | 花らい数の推移 <sup>1)</sup> |       |       |      |                    |      |
|----------|-----------|-----------------------|-------|-------|------|--------------------|------|
|          |           | 12/20                 | 12/25 | 12/30 | 1/4  | 1/14               | 1/25 |
| 月日       | ppm       | 個                     | 個     | 個     | 個    | 個                  | 個    |
| 12/1     | 150       | 78.4                  | 41.4  | 40.5  | 41.4 | —                  | —    |
| 12/1     | 75        | 46.5                  | 43.9  | 45.6  | 45.6 | —                  | —    |
| 12/5     | 150       | 86.4                  | 85.6  | 83.2  | 83.2 | —                  | —    |
| 12/5     | 75        | 24.3                  | 25.1  | 24.3  | 24.3 | —                  | —    |
| 無処理      | —         | 6.6                   | 5.8   | 7.4   | 9.9  | 11.5 <sup>2)</sup> | 14.8 |

1)花らい数は結果母枝100節当り。

2)無処理区以外は1月4日で調査終了。

第46表 B Aの処理時期及び濃度が開花と着果に及ぼす影響

| 処理<br>月日 | B A<br>濃度 | 満開<br>期 | 加温～<br>満開日数 | 開花<br>日数 | 開花<br>数 | 着果<br>数 | 着果<br>率 |
|----------|-----------|---------|-------------|----------|---------|---------|---------|
| 月日       | ppm       | 月日      | 日           | 日        | 花       | 果       | %       |
| 12/1     | 150       | 1/1     | 31          | 8        | 41.4    | 0.9     | 2.2     |
| 12/1     | 75        | 1/3     | 33          | 9        | 45.6    | 8.8     | 19.3    |
| 12/5     | 150       | 1/6     | 36          | 8        | 83.2    | 3.3     | 4.0     |
| 12/5     | 75        | 1/9     | 39          | 10       | 24.3    | 0.8     | 3.3     |
| 無処理      | —         | 1/29    | 59          | 27       | 14.8    | 8.2     | 55.4    |

カンキツでは発芽に際してえき芽内のサイトカイニンが増加し、発芽後は展開中の新葉で急速に利用される (HENDRY et al. 1982a, 1982b)。B Aの処理はこのような内生サイトカイニンの代謝を外的に補っているものと考えられる。ウンシュウミカンの施設栽培では加温処理後の発芽及び開花時期を揃えてその後の管理を集約的に行う必要があることから、発芽促進効果のあるB Aは実用性が高い。NAUER and BOSWELL(1981)はカンキツに対する春季のB A処理について、125ppm以上の濃度では高い発芽促進効果が得られるのに対して、64ppm、32ppm等の低い濃度になると効果が低下することを報告している。本実験では、B Aを100ppmで処理した1988年の調査では加温処理後に90%以上の高い発芽節率が得られたが、1989年の調査では75ppmで処理した区の発芽節率が150ppm処理区に比べて低く、花らいの発生数も少なくなった。1989年は無処理区の発芽節率もきわめて低く、全般に発芽が不良な年であったが、150ppm区の花らいの発生数は80個前後であったことから、75ppm処理区では生理的な花芽分化が進行しながら、加温処理によっても発らいまでには至らなかったえき芽が相当数あったと推測される。このように、秋季の低温遭遇が不足している場合など、花芽の分化・発達程度が不十分なえき芽に対しては、処理濃度によってB Aの発芽促進の効果に差が生じるものと思われる。しかし、B A処理により着花過多になった夏枝では、花らい間の養分競合によって枝内では開花前にデンプン、糖などの炭水化物が急激に消費されるため、150ppm程度の高濃度処理では落らいや生理落果が多くなって最終的な着果数が不足しやすくなる。このため、早期加温栽培におけるB Aの処理濃度は、発芽促進効果が得られ、なおかつ生理落果が比較的少ない100～75ppmを基準的な濃度とするのが妥当である。ただし、B Aの効果は処理時期による影響も大きく (BROOME and ZIMMERMAN 1976)、処理濃度が100～75ppmの場合には加温処理を開始した直後にB A処理を行った方が発芽数が多くなる。

## 5 摘 要

ワセウンシュウの早期加温栽培において植物生育調節剤が夏枝の発生やその後の花芽分化に及ぼす影響を検討するとともに、加温処理後の発芽、開花をコントロールするための使用方法を確立した。

- 1) 9月下旬～11月下旬の生理的花芽分化期におけるG A処理は、いずれの時期も夏枝結果母枝の花芽の形成を阻害した。しかし、処理時期によって加温処理後の発芽及び着花の様相は異なり、10月下旬までに処理した区は発芽が著しく不良でまた着花はすべて有葉花であったのに対し、11月中下旬処理区は発芽節率は高くなかったものの発芽時期は著しく早くなり、着生した花も直花が多く有葉花率が低かった。
- 2) 秋季の改良C—MH処理は、夏枝からの秋梢発生がない場合には加温処理後の発芽及び着花数に影響しないことが明らかになった。改良C—MH成分は散布後に比較的分解しやすく、加温処理前の残留量が

おおむね100ppm以下になっていれば、加温処理後の発芽や着花には影響しないと考えられた。

- 3) 夏枝を結果母枝に利用する早期加温栽培では、夏季せん定後にB A剤を処理すると発芽が早まって新梢数も増加することから、結果母枝数の確保に有効である。しかし、150ppmの高濃度処理では発生した新梢が短く葉面積も小さくなるので75ppmの水溶液をせん定から6日ほど過ぎた萌芽期に処理するのがよい。
- 4) 加温処理開始時にB A処理を行うと、無処理の場合に比べて発芽及び着花数が増加したが、枝のデンプン含量が開花直前の加温30日後に急減し、全糖含量も少なくなった。このため、B A処理区は生理落果が多く着果率が低下した。
- 5) 加温処理開始時のB A処理は処理濃度150ppmの場合、発芽及び花らの発生は多いがその後の落らいや生理落果が多くなって着果数が不足する。このため処理濃度は、発芽促進効果が得られ、なおかつ生理落果が比較的少ない100～75ppmを基準とするのが妥当であり、処理時期は加温処理開始直後がよい。

## 第7章 総 合 考 察

ウンシュウミカンを含むカンキツ類の花芽分化の機構解明は、古くから多くの研究者によって取り組まれてきた課題である。しかし、生理的な観点からの検討は未だ十分とは言えず、特に生理的花芽分化期における結果母枝内の成分変化が花芽の分化に及ぼす影響については明らかではなかった。

本研究では施設栽培におけるワセウンシュウの夏枝結果母枝を材料に、生理的花芽分化期における夏枝内のデンプン、糖などの炭水化物とその関連酵素である  $\alpha$ -アミラーゼ、及びGA、IAAなどの内生植物ホルモンの変化を明らかにした。その結果、生理的花芽分化期におけるデンプンの蓄積、減少、糖化という一連の過程が花芽分化に際して起こる樹体内の生理的な変化に連動していることが示唆された。夏枝内のデンプンは、生理的に分化した花芽数が急増する11月中旬以降に急速に糖化される。その際、夏枝内の各部位では糖の増加に先立って  $\alpha$ -アミラーゼ活性が高まり、同時にえき芽内ではIAA及びGA様活性が低下することを明らかにした。この内、 $\alpha$ -アミラーゼは夏枝内のデンプンを分解する役割を担っていると考えられるが、その活性変化は花芽数の増加パターンとよく似ており、中でも葉内の  $\alpha$ -アミラーゼ活性が夏枝の生理的な花芽分化の指標となる可能性を示した。夏枝内のデンプンの糖化は15℃以下の低温によって促進され、特に5℃以下の遭遇時間が長い場合に糖含量が多くなる。枝葉内における糖含量の増加は耐寒性の向上に関連すると思われるが、生理的な花芽の分化も低温遭遇に伴って進むことから、夏枝内では秋季の低温に誘導されてデンプンの糖化と生理的花芽分化が同時に進行すると考えられる。生理的な花芽分化が進行するワセウンシュウの夏枝結果母枝について、葉身、葉柄、芽、枝などの部位ごとに炭水化物含量や酵素等の活性変化を明らかにした本研究の内容は、夏枝の花芽分化についての基礎的な資料となる。

しかしながら、本研究では生理的に分化した花芽数の増加とデンプン、糖などの炭水化物の消長間には数量的な対応関係が認められないことも明らかにした。このため、早期加温栽培のワセウンシュウの夏枝結果母枝について、これらの炭水化物含量から花芽数の変化を経時的に推定することは困難であるとの結論に達した。しかし、このような結果は、花芽分化に対する炭水化物の影響の大きさを否定するものではなく、本研究の調査結果からもGARCIA-LUIS (1993) が指摘しているように花芽の誘導には一定値以上の炭水化物の蓄積が必要であることがうかがわれた。さらに、生理的花芽分化期におけるえき芽内でのIAA及びGA様活性の変化は、花芽分化を誘導する内生物質として植物ホルモンの影響が大きいことを示唆した。秋季における枝葉内のIAA及びGA様活性はきわめて低く、えき芽内でのみ明確な活性変化を示したことから、これらの内生植物ホルモンは花芽分化の進行する芽内で局在的作用を及ぼしている可能性が高い。中でもウンシュウミカンの花芽形成に対して阻害作用の強いGA様活性の低下は、花芽分化の進行を直接的に促進していると推察された。

ワセウンシュウの早期加温栽培において、加温処理後に十分な着花数や収量を確保するためには、加温処理開始時期を的確に判定することが必要となる。そのため、夏枝結果母枝の花芽の分化程度を高精度で判定できる手法の確立が強く要望されてきた。本研究では、ワセウンシュウ夏枝の花芽分化数と低温遭遇時間との間に高い正の相関を認め、温度別では5～10℃以下よりも15～25℃以下の積算時間との相関が高いことを明らかにした。そこで、低温遭遇時間を用いた花芽数の推定方法について検討し、特に相関が高かった15℃以下の積算時間との回帰式を用いることにより、高い精度で夏枝の花芽数が推定できることを明らかにした。標準的な夏枝結果母枝で、1枝当たりの目標着花数を6～8花とした場合、花芽分化に必要な15℃以下の気温に遭遇する時間は600～800時間以上が目安となる。本研究で明らかにした15℃以下の積算時間による花芽数の推定方法は、ワセウンシュウの早期加温栽培で加温処理開始時期を決定する際に活用できる。

ワセウンシュウの施設栽培では施設ごとに栽培環境条件が異なっており、栽培管理の違いも結果母枝の花芽分化に大きく影響している。このため、栽培条件の違いが結果母枝の花芽分化に及ぼす影響を明らかにしておくことは生産を安定させる上で重要である。本研究では早期加温栽培のワセウンシュウについて、着果負担、せん定時期の違いやマシン油乳剤の散布の有無が夏枝結果母枝に及ぼす影響について明らかにした。これらの栽培条件の中では、せん定時期の違いが夏枝の発生と加温処理後の着花数に及ぼす影響が最も大きく、

また加温処理前のマシン油乳剤散布も着花数を減少させた。これに対して、着果負担の違いは収穫直後の夏季せん定によって発生する夏枝の数及び形質に何ら影響を及ぼさなかった。また、秋季の夏枝内へのデンプン蓄積は着果負担の大きい樹で減少傾向となったものの、加温処理後の着花数に及ぼす影響は小さく、早期加温栽培では露地栽培のような隔年結果現象が認められないことを明らかにした。ワセウンシュウの早期加温栽培において、着果負担が夏枝結果母枝に及ぼす影響についてはこれまで明らかにされていなかった。本研究で得られた結果は、ウンシュウミカンの果実と枝の養分競合や隔年結果の機構についての新たな知見となるものである。さらに本研究では、植物生育調節剤が夏枝の発生と花芽分化に及ぼす影響についても検討を行い、結実確保を目的とした利用技術を明らかにした。中でもB A剤が夏枝発生や加温処理後の発芽に及ぼす影響は大きく、早期加温栽培における着花促進に高い効果を示した。今後は、花成に抑制的な影響を及ぼすジベレリンに対して拮抗作用を示す抗ジベレリン剤を利用した着花促進法の実用化など、新たな植物生育調節剤の利用技術確立に向けた取り組みが必要である。

ウンシュウミカンの花芽分化の機構については解明されていない点はまだ数多くあり、今回検討できなかったアブシジン酸の影響やジベレリンが花成を抑制する機構の解明、内生植物ホルモンがえき芽の休眠に果たす役割、花芽分化期における各種酵素類の働きとその制御因子の特定など今後に残された課題は多い。しかし、ワセウンシュウ夏枝の花芽分化の生理的機構について詳細に検討した本研究の内容は、早期加温栽培における加温処理開始時期決定に活用できる。さらに、加温処理後の発芽及び着花をコントロールするための総合的な技術対策を明らかにしたことにより、着花数確保に向けた栽培管理の適正化が図られ、ワセウンシュウの早期加温栽培における生産安定と経営の向上を図ることができるものと考えられる。

## 第8章 総 合 摘 要

夏枝を結果母枝として12月上旬までに加温処理を開始するワセウンシュウの加温施設栽培、いわゆる早期加温栽培では、結果母枝の花芽分化が十分でないまま加温処理を行った場合は、加温処理後の着花数が不足して収量が減少する。このため、加温処理開始にあたっては、結果母枝の花芽の分化程度を把握して加温処理後の着花数を予測することが必要になる。本論文は、早期加温栽培における着花予測技術確立のための基礎的知見を得る目的で夏枝の花芽分化の機構について生理的観点から検討を行い、花芽分化と枝内の成分変化との関係を解明するとともに、気温低下の影響を解析して低温積算時間を用いた花芽数の推定法を明らかにした。また、栽培条件や植物生育調節剤処理が夏枝の花芽分化と加温処理後に着花に及ぼす影響についても明らかにした。

1. ワセウンシュウの鉢植え樹を用い、全葉を摘除後に加温処理する摘葉高温処理を9月下旬以降、時期別に行った結果から、生理的花芽分化の開始時期は10月下旬頃で11月中旬以降は花芽数が急増すると考えられた。夏枝内では、花芽分化初期の10月下旬から11月中旬にかけてデンプン含量が多かったが、11月中旬以降はデンプンの糖化が進行した。
2. 秋季に5℃または15℃の低温処理を行った鉢植え樹は、無処理樹に比べて加温処理後の発芽及び着花数が増加した。加温処理前の低温遭遇は、5℃よりも15℃以下の気温に遭遇した時間の長い方が着花数が多くなる傾向にあった。また、低温処理は夏枝内におけるデンプンの糖化を促進し、特に5℃の低温処理を行った区で糖含量が増加した。
3. 結果母枝の生理的な花芽の分化程度を調査するために切り枝水挿し法を行う場合、水挿し直前に切り枝をBAの100~200ppm水溶液に浸漬処理すると、えき芽の発芽しにくい時期には調査期間を10日間以上短縮できることが明らかになった。
4. 生理的に分化した花芽数が急増する11月中旬以降、夏枝内では葉身、葉柄、芽及び枝の各部位でデンプンが急速に糖化されたが、生理的な花芽分化の進行と夏枝内のデンプン、糖含量の消長間には対応関係が認められなかった。
5. 夏枝内の葉身、葉柄、芽及び枝の各部位では、糖含量の増加に先立って $\alpha$ -アミラーゼ活性が高まった。葉身内の $\alpha$ -アミラーゼ活性は他の部位に比べて低かったが、活性の変動は最も大きかった。 $\alpha$ -アミラーゼは夏枝内でデンプンを分解する役割を担っていると考えられた。
6. 夏枝の芽内では、花芽分化開始期前後の10月中旬~11月上旬にIAA及びGA様活性が高く、その後、花芽数の増加する11月中旬以降には低下することが明らかになった。芽内のGA様活性の低下は、花芽分化の進行に促進的な作用を及ぼしていると考えられた。
7. 夏枝の生理的花芽分化数と15~25℃以下の低温遭遇時間との間には高い正の相関が認められ、中でも15℃以下の気温に遭遇した時間との相関が最も高かった。15℃以下の低温遭遇時間から推定した夏枝の花芽数は、加温処理後の着花数ときわめて近い値が得られた。
8. 早期加温栽培で、加温処理後の着花数の目標を1結果母枝当たり6~8花、10節程度の標準的な夏枝結果母枝で100節当たり60~80花とすると、加温処理開始までに15℃以下の気温に遭遇する時間が少なくとも600時間以上、十分な着花数を得るためには800時間以上に達することが目安になると考えられた。
9. 摘果時の葉果比を15と10にした場合、果実収穫後の夏季せん定により発生する夏枝数には差がなく、長さや節数もほぼ同じであった。また、12月から再び加温処理した後の着花数も変わらなかったことから、早期加温栽培では夏季せん定後の夏枝発生や加温処理後の着花に及ぼす着果負担の影響は小さく、露地栽培のような隔年結果現象も認められないことが明らかになった。
10. 果実収穫後の夏季せん定の時期は7月上中旬の早い時期に行った方が夏枝が多く発生して加温処理後の発芽及び着花数も多く、7月下旬以降のせん定では着花数が減少した。加温処理後に十分な着花数を確保するためには、夏枝発生から加温処理開始までに130日間前後、緑化後では90日間以上を経過していることが目安になると考えられた。

11. 加温処理開始 5～15日前の夏枝結果母枝へのマシン油乳剤の散布は、加温処理後の発芽及び着花数を減少させ、落葉数も多くなった。マシン油乳剤の散布による着花数の減少は、生理的な花芽分化後のえき芽が油成分により直接障害を受けたものと推測された。
12. 生理的花芽分化期における G A 処理は、夏枝の花芽形成を強く阻害した。しかし、処理時期によって加温処理後の発芽及び着花の様相は異なり、11月上旬前後に夏枝の休眠と花芽分化に対するジベレリンの影響が大きく変化する時期があると思われた。
13. 改良 C－MH は散布後に比較的分解しやすく、夏枝結果母枝に対して秋季処理を行っても加温処理前の残留量がおおむね 100ppm 以下になっていれば、発芽や着花には影響しないと考えられた。
14. 夏季せん定後の B A 処理は、発芽を促進して夏枝の発生が多くなることから結果母枝の確保に有効である。しかし、150ppm の高濃度処理では発生した新梢が短く葉面積も小さくなるので、75ppm の水溶液をせん定から 6 日ほど過ぎた萌芽期に散布するのがよい。
15. 加温処理開始時の B A 処理は夏枝からの発芽及び着花数を増加させるが、開花前に枝内のデンプン及び糖含量が減少して生理落果が多くなる。このため、処理濃度は加温処理後の発芽促進効果が得られ、なおかつ生理落果が比較的少ない 100～75ppm を基準的な濃度とし、加温処理開始の直後に処理を行うとよいことが明らかになった。
16. 以上のように、ワセウンシュウの早期加温栽培における夏枝結果母枝の花芽分化の進行に伴う枝内の生理的な変化を解明し、低温積算時間を用いた花芽数の推定法並びに栽培条件及び植物調節剤処理が花芽分化と加温処理後の着花に及ぼす影響を明らかにした。これらの結果は、早期加温栽培における管理の適正化と生産安定に大いに寄与するとともに、ウンシュウミカンの花芽分化の機構を解明する上での基礎資料になると考えられる。

## 引用文献

- ABBOTT, C. E. 1935. Blossom-bud differentiation in citrus trees. *Amer. Jour. Bot.* 22: 476-485.
- AKIYAMA, M. N., N. SAKURAI and S. KURAISHI 1983. A simplified method for the quantitative determination of indoleacetic acid by high performance liquid chromatography with a fluolometric detector. *Plant Cell Physiol.* 24: 1431-1439.
- 伴野潔・林真二・田辺賢二 1985. ニホンナシにおける花芽形成の品種間差異と内生生長調節物質の関係. *園学雑* 54: 15-25.
- BROOME, O. C. and R. ZIMMERMAN 1976. Breaking bud dormancy in tea crabapple [*Malus hupehensis* (Pamp.) Rehd] with cytokinins. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 101: 28-30.
- DAVENPORT, T. L. 1983. Daminozide and gibberellin effects on floral induction of citrus latifolia. *HortScience* 18: 947-949.
- EGGERT, F. P. 1950. A study of rest in several varieties of apple and in other fruit species grown in New York state. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 51: 169-178.
- EREZ, A. and S. LAVEE 1971. The effect of climatic conditions on dormancy development of peach buds. I. Temperature. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 96: 711-714.
- 福岡県農業総合試験場 1992. 施設栽培によるカンキツの高付加価値果実の安定生産技術の確立（輸入自由化対策特別研究）. 平成3年度農業技術開発特別研究報告書: 43-62.
- 船上和喜・西山富久・石田善一・大和田厚 1980. 早生温州のハウス加温栽培に関する研究. (第3報) ハウスミカンのせん定時期について. *園学要旨* 昭55春: 10-11.
- GARCIA-LUIS, A. 1993. [岩堀修一訳, 1994] 柑橘の着花の生理. *農業および園芸* 69: 689-695.
- GOLDSCHMIDT, E. E. and A. GOLOMB 1982. The carbohydrate balance of alternate-bearing citrus trees and significance of reserves for flowering and fruiting. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 107: 206-208.
- GOLOSCHMIDT, E. E., N. ASCHKENAZI, Y. HERZANO, A. A. SCHAFFER and S. P. MONSELISE 1985. A role for carbohydrate levels in the control of flowering in citrus. *Scientia Hort.* 26: 159-166.
- 後藤明彦 1991. カンキツのジベレン(1). *農業および園芸* 66: 893-899.
- 後藤明彦・岩垣功 1992. ウンシュウミカン結果枝及び発育枝の葉、茎及び果実の発育過程におけるジベレリン(GA)様活性. *園学雑* 61(別1): 58-59.
- GUARDIOLA, J. L., C. MONERRI and M. AGUSTI. 1982. The inhibitory effect of gibberellic acid on flowering in Citrus. *Physiol. Plant.* 55: 136-142.
- HENDRY, N. S., and J. V. STADEN and P. ALLAN 1982a. Cytokinins in citrus. I. Fluctuations in the leaves during seasonal and developmental changes. *Scientia Hort.* 16: 9-16.
- HENDRY, N. S., and J. V. STADEN and P. ALLAN 1982b. Cytokinins in citrus. II. Fluctuations during growth in juvenile and adult plants. *Scientia Hort.* 17: 247-256.
- 広瀬和栄 1968. ミカンの花芽分化・発達の調節に関する研究 第1報 ジベレリンの冬季継続散布が温州ミカンの花芽と新梢に及ぼす影響. *園試報* B8: 1-9.
- 細井寅三・大石惇・岩佐映子 1986. ウンシュウミカンの芽の活性の季節的变化とそれに影響する要因. *園学雑* 55: 1-7.
- 井上宏 1989a. ウンシュウミカンの花芽の分化、発達の温度条件. *園学雑* 58: 75-82.
- 井上宏 1989b. ウンシュウミカンの花芽分化に及ぼす土壤乾燥と温度条件. *園学雑* 58: 581-585.
- 井上宏 1990. ウンシュウミカンの芽の休眠と花芽分化の温度条件. *園学雑* 58: 919-926.
- 岩崎藤助 1959. 柑橘の花芽の分化と発達に関する研究. *東海近畿農試研究報告園芸部* 5: 1-76.
- JONES, W. W., T. W. EMBLETON, E. L. Barnhart and C. B. Cree 1974. Effects of time and amount of fruit thinning on leaf carbohydrates and fruit set in valencia oranges. *HILGARDIA* 42: 441-449.

- JONES, W. W., T. E. EMBLETON C. W. COGGINS, Jr. 1975. Starch content of roots of 'Kinnow mandarin trees bearing fruit in alternate years. HortScience 10: 514.
- KATSUMI, M. and M. FUKUHARA 1969. The activity of  $\alpha$ -amylase in the shoot and its relation to gibberellin-induced elongation. Physiol. Plant. 22: 68-75.
- 川野信寿 1987. ハウスミカンの生産安定と品質向上(1). 農業および園芸 62: 1393-1400.
- 川野信寿 1988. ハウスミカンの生産安定と品質向上(2). 農業および園芸 63: 306-310.
- KOJIMA, K., S. KURAISHI, N. SAKURAI, T. ITOU and K. TSURUSAKI 1993. Spatial distribution of abscisic acid in spears, buds, rhizomes and roots of asparagus (*Asparagus officinalis* L.). Scientia Hort. 54: 177-189.
- 小中原実 1975. カンキツの寒害発生機構と防除法に関する実験的研究. 静岡県柑橘試験場特別報告 3: 1-164.
- LORD, E. M. and K. J. ECKARD 1987. Shoot development in *Citrus sinensis* L. (Washington navel orange). II. Alteration of development fate of flowering shoots after GA<sub>3</sub> treatment. Bot. Gaz. 148: 17-22.
- 松井弘之・足立浩代・湯田英二・中川昌一 1987. 果樹の葉及び枝梢中のタンパク質・アミノ酸含量の季節的消長. 園学要旨 昭62春: 82-83.
- 宮本久美・中屋栄治 1990. ハウスミカン夏枝の栄養と着花量との関係. 園学雑59(別1): 20-21.
- 森永邦久・富永茂人・小野祐幸・大東宏 1980. マシン油乳剤がカンキツの光合成能, 果実品質に及ぼす影響. 園学要旨 昭55春: 18-19.
- 村井泰広・湯田英二・松井弘之・中川昌一 1989. '川野なつだいでい'の花芽分化と葉及び樹皮中のタンパク質, アミノ酸含量との関連. 園学雑 58: 69-73.
- NAKAJIMA, Y., S. SUSANT and K. HASEGAWA 1992. Effect of Winter-chilling treatment on flower bud induction in young pomelo trees. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 61: 287-293.
- 中島貞彦・柴田萬・末次信行・藤田博行 1991. カンキツ樹体管理のための近赤外分光法の利用. (第3報) ハウス栽培温州ミカンの新梢中の糖濃度の推定. 園学雑60(別2): 46-47.
- 南部寛人 1931. 柑橘類の着花習性並に花芽の分化. 柑橘研究 5: 21-32.
- NAUER, E. M., S. B. BOSWELL and R. C. HOLMES 1979. Chemical treatments, greenhouse temperature, and supplemental day length affect forcing and growth of newly budded orange trees. HortScience 14: 229-231.
- NAUER, E. M., S. B. BOSWELL 1981. Stimulating growth of quiescent citrus buds with 6-benzylamino purine. HortScience 16: 162-163.
- NII, N., M. KATO, Y. HIRANO and T. FUNAGUMA 1993. Starch accumulation and photosynthesis in leaves of young peach trees grown under different levels of nitrogen application. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 62: 547-554.
- 西島隆明・桂直樹 1988. ウニコナゾール処理によるジベレリンイネ苗検定法の改良. 園学要旨 昭63秋: 368-369.
- 尾形凡生・蓮川博之・堀内昭作・河瀬憲次・岩垣功・奥田均 1995. ウンシュウミカンの花芽分化期における内生ジベレリンについて. 園学雑64(別1): 62-63.
- 岡田正道・鈴木晴夫・小中原実 1984. ウンシュウミカンの着果量と摘果法が収量と樹体養分に及ぼす影響. 園学要旨. 昭59春: 8-9.
- 奥田均・木原武士・岩垣功 1995. ウンシュウミカンの着果が発育枝の光合成速度, 暗呼吸速度, 葉中遊離ABA濃度ならびに翌年の着花に及ぼす影響. 園学雑 64: 9-16.
- 大垣智昭・藤田克治・伊東秀夫 1963. 温州ミカンの隔年結果に関する研究. (第4報) 体内成分の季節的变化について. 園学雑 32: 157-167.
- 大崎守・左宗久夫 1940. 柑橘の花芽分化期に関する試験(1). 園学雑 13: 24-29.
- 大崎守・左宗久夫 1941. 柑橘の花芽分化期に関する試験(2). 園学雑 14: 103-106.
- 大崎守 1948. 果樹栽培技術. 374-380. 朝倉書店 東京.
- プルワント・井上宏 1989. ウンシュウミカンの生理的变化と開花誘導に及ぼす秋季の気温と地温の影響. 園学雑58(別2): 80-81.

- POERWANTO, R., H. INOUE, Y. IKOMA and I. KATAOKA 1989. Effects of air and soil temperature on vegetative growth and flower bud differentiation of satsuma mandarin trees. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 58: 275-281.
- RICHARDSON, E. A., S. D. SEELEY and D. R. WALKER 1974. A model for estimating the completion of rest for and 'Elberta' peach trees. HortScience 9: 331-332.
- 坂野好幸 1989. 澱粉およびグリコーゲンの合成と分解に關与する酵素.  $\alpha$ -アミラーゼ. p. 129-151. 中村道徳・貝沼圭二編著 生物化学実験法25 学会出版センター 東京.
- SANZ, A., C. M. CORTINA, and J. L. GUARDIOLA 1987. The effect of the fruit and exogenous hormones on leaf expansion and composition in citrus. J. Exp. Bot. 38: 2033-2042.
- SCHAEFFER, A. A., O. SAGEE, E. E. GOLDSCHMIDT and R. GOREN 1987. Invertase and sucrose synthase activity, carbohydrate status and endogenous IAA levels during Citrus leaf development. Physiol. Plantarum. 69: 151-155.
- 清野裕 1990. 農業環境研究におけるメッシュデータと気象情報の利用(2). 農業および園芸 65: 925-931.
- 清水達夫・鳥瀧博高・鳥居鎮男 1975. 温州ミカンの着果負担に關する研究. (第3報) 葉果比が収穫期の樹体内炭水化物含量ならびに翌春の着花数・新葉数に及ぼす影響. 園学雑 43: 423-429.
- 朱向榮・水谷房雄・松本和夫・井上宏 1988. 温度処理がウンシュウミカンのジベレリン様物質とABAの含量に及ぼす影響. 園学要旨 昭63秋: 50-51.
- 朱向榮・松本和夫・白石雅也 1989. 6-Benzylamino purine (BA)の散布がウンシュウミカン (*Citrus unshiu* Marc.)のえき芽に及ぼす発芽促進効果. 園学雑 57: 578-584.
- SOUTHWICK, S. M. and T. L. DAVENPORT 1986. Characterization of water stress and low temperature effects on flower induction in citrus. Plant Physiol. 81: 26-29.
- SOUTHWICK, S. M. and T. L. DAVENPORT 1987. Modification of the water stress-induced floral response in 'Tahiti' lime. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 112: 231-236.
- 高田邦輔・倉岡繹 1935. 温州蜜柑花芽の形成時期に關する研究(予報). 園芸之研究 31: 85-92.
- 高木信雄・渡辺悦也・赤松聡・渋谷政夫 1980. カンキツの早期加温栽培における台木の種類と地上部の休眠との関連. 園学要旨 昭和55春: 48-49.
- 高木敏彦・富安章子・松島美登里・鈴木鉄男 1989. ウンシュウミカンの果実及び枝葉中のジベレリン様物質の経時的变化. 園学雑 58: 569-573.
- 高原利雄・広瀬和栄・岩垣功・小野裕幸 1990. ジベレリンによるカンキツの着花抑制効果増強のためのマシン油乳剤の混用. 果樹試報 18: 77-89.
- 田村文男・田辺賢二・伴野潔 1992. 低温処理がニホンナシ '二十世紀'の芽の休眠の深さ, 呼吸および内生生長調節物質に及ぼす影響. 園学雑 60: 763-769.
- WEINBERGER, J. H. 1956. Prolonged dormancy trouble in peaches in the south east in relation to winter temperatures. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 67: 107-112.
- 矢羽田二郎・大庭義材・松本和紀・津田勝男 1990. 温州ミカンの早期加温栽培に關する研究. (第1報) 休眠・花芽分化に及ぼす低温の影響. 福岡農総試研報 B-10: 57-60.
- 矢羽田二郎・大庭義材・松本和紀・津田勝男 1991. 温州ミカンの早期加温栽培に關する研究. (第2報) 発芽・開花に及ぼす6-ベンジルアミノプリン(BA)の影響. 福岡農総試研報 B-11: 77-80.
- 矢羽田二郎・大庭義材・桑原実・松本和紀 1993a. 施設栽培で根域制限を行ったワセウンシュウの果実品質と収穫後の生育に及ぼす葉果比の影響. 園学雑 62(別2): 84-85.
- 矢羽田二郎・桑原実・大庭義材 1993b. ウンシュウミカンの早期加温栽培に關する研究. (第2報) 夏枝内の炭水化物,  $\alpha$ -アミラーゼ及びジベレリン様活性と花芽分化. 園学雑62(別2): 90-91.
- 矢羽田二郎・大庭義材・桑原実 1994. 温度変換日数(DTS)法によるウンシュウミカンの満開期予測と精度. 園学九支集 録 3: 31-32.
- 矢羽田二郎・大庭義材・桑原実 1995a. ウンシュウミカンの早期加温栽培に關する研究. (第3報) 夏枝の葉柄及び芽の $\alpha$ -アミラーゼ, IAA, GA様活性と花芽分化. 園学雑64(別1): 64-65.

- 矢羽田第二郎・大庭義材・桑原実・松本和紀 1995b. 施設栽培で根域制限を行ったワセウンシュウの着果量が樹体の水分ストレス, 果実の品質, 収量ならびに花芽分化に及ぼす影響. 園学雑 63: 745-752.
- 矢羽田第二郎・大庭義材・桑原実 1995c. 施設栽培の早生ウンシュウミカンの夏枝の花芽分化に伴う炭水化物,  $\alpha$ -アミラーゼ活性, インドール酢酸及びジベレリン様物質の変化. 園学雑 64: 527-533.
- 矢羽田第二郎・桑原実・大庭義材 1995d. ウンシュウミカンの早期加温栽培に関する研究. (第3報) 夏枝内の炭水化物,  $\alpha$ -アミラーゼ及びジベレリン様活性と花芽分化. 福岡農総試研報 B-14: 129-132.
- 山田寿・田中康治・杉浦明・苫名孝 1985a. ウンシュウミカンの花芽分化に及ぼす水ストレスの影響. 園学要旨 昭和60春: 18-19.
- 山田寿・向井啓雄・宇都宮直樹・杉浦明・苫名孝 1985b. カンキツ及びアボカドの耐寒性に及ぼす低地温の影響. 園学雑 53: 419-426.
- 吉村不二男 1967. カンキツ類の寒害に関する研究. 高知大学農学部紀要 18: 1-134.
- ZHU, X. R., and K. MATSUMOTO 1987. Absorption and translocation of 6-benzylamino purine in satsuma [*Citrus unshiu* Marc.] trees. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 56: 159-165.

# A Physiological Study on Flower-Bud Differentiation in Summer

## Shoots of Indoor Wase Satsuma Mandarin Trees

by

YAHATA Daijirou

The present study was conducted to clarify the physiological effects of low temperature, pruning and plant growth regulators on the flower-bud differentiation in the summer shoots of indoor Wase satsuma mandarin (*Citrus unshiu* Marc. var. *praecox* Tanaka) trees by investigating changes in sugar and starch contents, and  $\alpha$ -amylase, IAA and GA-like substance activities with plant growth response. To determine the time of the flower-bud differentiation, pot-grown 3-year-old 'Yamashitabeni Wase' trees budded onto trifoliate orange rootstocks were exposed to low temperatures in a field after pruning in mid July. During late September to early January at intervals of one or half month, the defoliated trees were transferred to a greenhouse heated above 20°C. On the summer shoots, a few flowers began to emerge in late October, then the number rapidly increased after mid November. As a following treatment, in autumn, the summer shoots from 14-year-old 'Miyagawa Wase' and 6-year-old 'Ueno Wase' trees on trifoliate orange rootstocks were defoliated, sprayed with 150 ppm BA, and then placed at 28°C for 10 days with the shoot bases in water. By mid October, only vegetative buds broke on the summer shoots, whereas in early November a considerable number of flowers emerged. This fact may suggest that the flower-bud initiation occurs in late October and the flower-bud formation accelerates after mid November.

The content of starch in the summer shoots increased during the flower-bud initiation period, while the sugar content decreased from mid October to mid November. Toward early December, the starch content in the leaf laminas and stems decreased, and concomitantly the sugar accumulation began in the laminas, petioles, buds and stems. From these results, it is concluded that flower-bud differentiation of satsuma mandarin has not a direct correlation with change in carbohydrate content in the shoots. In the summer shoots,  $\alpha$ -amylase activity decreased in early November, then increased with flower-bud development. The activity in the laminas was low compared with those in the petioles, buds and stems. The role of  $\alpha$ -amylase during flower-bud differentiation is supposed to decompose starch into sugar. During the flower-bud initiation, endogenous indoleacetic acid (IAA) and gibberellin (GA)-like substance in the buds of the summer shoots were higher in activity than those in the petioles. Then, both IAA and GA-like substance activities in the buds decreased in mid November. The activity decrease in GA-like substance seems to relate with promotion of flower-bud formation.

Pot-grown 2-year-old 'Miyagawa Wase' trees on trifoliate orange rootstocks were placed at a night temperature of 5 or 15°C for 20 days in autumn, and then transferred to a greenhouse heated above 20°C after late November. This treatment was effective in increasing the number of flowers on the summer shoots. The treatment of 15°C was more effective in increasing the flower numbers than the 5°C treatment. Chilling treatment of 5°C accelerated starch decomposition and sugar content increase in the summer shoots.

The number of differentiated flower-buds in the summer shoots correlated closely with time that the trees had been exposed to low temperatures below 15~25°C, and the exposing to 15°C was the most effective. The exposing time of 600 to 800 hours at temperatures below 15°C is considered to be essential for producing 6 to 8 flower buds per bearing shoot.

Effects of crop load, pruning time and spraying with machine oil emulsion on development and flower-bud differentiation of the summer shoots were investigated. Thirteen-year-old 'Miyagawa Wase' trees on trifoliate orange rootstocks grown in a heated plastic house were thinned to adjust the leaf-to-fruit ratio to 15 (L:F-15) or to 10 (L:F-10). The sugar content in the bearing shoots at harvest was significantly higher in the L:F-15 treatment, but there were no differences in the sugar content of fine roots (<2mm diam.). No differences in the starch contents were observed for both shoots and fine roots in the two treatments. The summer shoots appearing after fruit harvest and summer pruning were nearly equal in number and length. In late October and late November, the starch contents of the summer shoots more reduced by the L:F-10 treatment; however, no differences were observed in the number of flower buds between the two treatments. On the other hand, pruning time affected significantly the development of summer shoots. Pruning before mid July was more effective in increasing the summer growth flush and flower bud break compared with pruning after late July. It is suggested that the number of days from summer growth flush to heating in a greenhouse was about 130 days, and the number of days from greening to heating was more than 90 days. Spraying with machine oil emulsion at 5 or 15 days before the start of heating in a greenhouse resulted in decreasing flower bud break and increasing leaf fall.

The investigations on the applications of plant growth regulators to indoor young potted Wase satsuma mandarin trees on trifoliate orange rootstocks clarified the effects of GA and BA on flower-bud formation and flowering. GA application from late September to late November severely inhibited flower-bud formation in the summer shoots. The effects of GA application before late October and from middle to late November on dormancy and flower-bud differentiation were very different; and the latter treatment allowed accelerating bud break and increasing the number of leafless inflorescences. Post-pruning application of BA promoted the summer growth flush; particularly 75 ppm BA spraying at the bud break stage was effective in the summer shoot development. BA application after heating by placing the trees in a greenhouse accelerated flower bud break, and led to reduction in starch and sugar contents in the summer shoots. At an increased concentration like 150 ppm, the physiological fruit drops were detected more frequently and accordingly the number of fruit sets was less than that counted at 75 ppm. Spraying with 75 ppm BA at the start of heating in a greenhouse increased both flower bud break and fruit sets in number.

The results of this study is basic information for understanding an eco-physiological mechanism in the flower-bud differentiation, and may give agronomically useful idea for realizing the stable and high quality production of fruit of Wase satsuma mandarin in the plastic house.

福岡県農業総合試験場特別報告  
第10号

施設栽培におけるワセウシユウ夏枝の  
花芽分化に関する生理学的研究

発 行 平成9年1月  
福岡県農業総合試験場  
(福岡県筑紫野市吉木)

著 者 矢羽田 第二郎

印刷所 城島印刷有限会社