

## 開花期の温度が‘アンコール’の種子数に及ぼす影響

近 泉 惣次郎<sup>1)</sup>・日 野 昭<sup>1)</sup>  
秋 好 廣 明<sup>2)</sup>・水 谷 房 雄<sup>2)</sup>

Number of Seeds in ‘Encore’ (*Citrus nobilis* Lour. × *C. deliciosa* Ten.)  
Fruit as Affected by Air Temperature during Anthesis

Sojiro CHIKAIZUMI<sup>1)</sup>, Akira HINO<sup>1)</sup>,  
Hiroaki AKIYOSHI<sup>2)</sup> and Fusao MIZUTANI<sup>2)</sup>

### Summary

Effects of temperatures during anthesis on seed number and fruit size of ‘Encore’ (*Citrus nobilis* Lour. × *C. deliciosa* Ten.) were investigated under non-heated plastic houses. The seed number per fruit varied ranging from 16 to 50 depending on the fruit bearing position in the trees. The full bloom was late April and the second blooming was observed in July. From each bloom fruit were harvested. The first crop contained 22.5 seeds per fruit on average and the second were almost seedless. During anthesis the minimum air temperatures in the plastic house were set at 20, 23, 25 °C for heated plots and 8 to 10 °C for control plots, while the maximum temperature was set 30 °C for all plots. The higher temperature treatments greatly reduced the seed number. The fruit bearing in the upper parts of tree had fewer seeds. The high temperature treatment after anthesis had no effect. There was no significant difference in final fruit size among temperature treatments.

### 緒 言

ウンシュウミカンやネーブルオレンジなど世界で広く栽培されているカンキツ類の主要品種はほとんどが無核または少核性である。特に、日本ではウンシュウミカンがカンキツ類の生産量の大部分を占めていた時代はその単為結果性により種子はまったく問題にならなかった。しかし、今日のように種子を有する中晩生カンキツや交雑種の果実の生産が増すにつれて、カンキツ類でも無核化への要望が高まってきている。その中の一つアンコールも種子が多く、食味上の問題点の一つとなっている。当然ながら、アンコールの無核化でも、芽条変異による無核系統の発見が最良であると考えられる。しかし、その発見がない現段階ではいかにして無核或いは種子が少ない果実をつくるかが課題である。

1) 柑橘学研究室 (Laboratory of Citriculture)

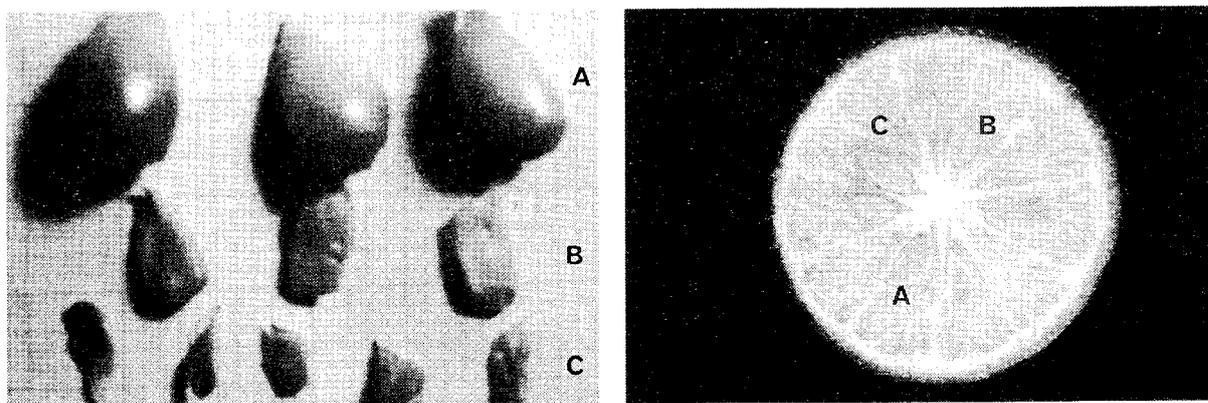
2) 農業 (生物) 生産管理学的研究室 (Laboratory of Agricultural [Biological] Production Management)

カンキツ類の無核化に対する研究手法には大きく分けて次の二つがある。第一の手法として、植物ホルモン等の利用によるものである。第二の手法は4倍体の花粉を2倍体の花に授粉することにより無核果実をつくるものである。前者による方法、特にジベレリン処理による無核化の研究として、山本ら<sup>10,11,12</sup>、中島ら<sup>6</sup>、そして牧田<sup>11</sup>のヒュウガナツ、中島ら<sup>7</sup>の土佐ブントウ、湯田ら<sup>14</sup>のポンカン<sup>14</sup>の報告がある。また、比嘉<sup>21</sup>はルチンをカーブチやセミノールに処理することにより、さらに、松井ら<sup>31</sup>はAC-94377[2-(3-chlorophthalimido)-cyclohexanecarboxamide]をナツダイダイに処理をして無核化を試みている。後者の方法については、Esenら<sup>11</sup>がテンプル、クレメンティンなどで、山下<sup>13</sup>、牧田ら<sup>31</sup>がヒュウガナツで、小野ら<sup>8</sup>が清見で研究を行っている。本研究では、これらいずれの方法とも異なった手法による無核化(少核化)の試験を行った。アンコールの結果習性についての観察から、7月に開花・結実した果実には無核の果実が非常に多いことを見いだした。そこで、4月の開花結実期に、7月と同様の環境条件を人為的に与えてやれば、アンコールの無核化が可能になるものと推定された。そこで、4月の開花期にハウス内環境、特に温度を7月期のそれと同じに保つ処理を行った。その結果、アンコールの種子数を減少させることができたのでここに報告する。

### 材料および方法

愛媛県松山市の勝岡地区と同県の丹原町の田野林地区の2ヶ所に調査および実験園を設置した。種子数の実態調査には勝岡地区の園を用いた。園は東西にのびた連棟構造の無加温ハウスで、ウンシュウミカンを中間台とした高接後5年生のアンコールが栽培されていた。種子数を10月25日に調査したが、果実は園内の東西南北、樹冠の上、中そして下部から均等に収穫した。

田野林地区の園では開花期における加温処理の実験を行った。園は南北にのびた連棟構造のハウスで、その内に栽培されている高接後5年生のアンコール樹を実験に用いた。加温処理の方法として、各処理区ごとに1樹全体をビニールで被覆し、それぞれに加温器と換気装置を備え付け、サーミスターによって設定した温度に保った。1985年度の実験にはそれぞれの最低温度を20℃、23℃そして25℃に設定した区を設けた。なお、対照区の最低温度は8~10℃とした。また、いずれの区も最高温度は30℃に設定した。加温期間は開花前の4月9日から5月10日とした。1樹全体をビニールで被覆したため、樹冠内での温度差が生じ、満開時期が樹冠の下部ほど遅れが生じたので、樹冠の上層部(地上より1m以上)と下層部(地上部より1m)に分けて種子数の調査を行った。



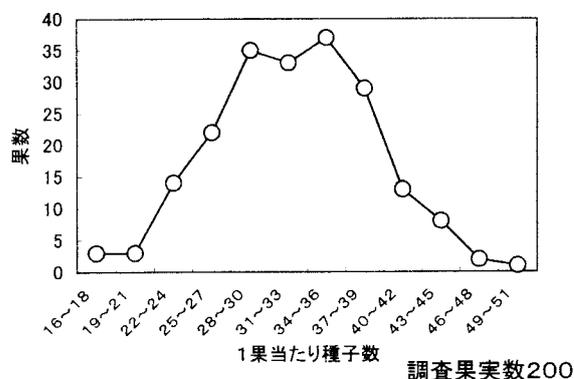
第1図 アンコールの種子の形状と分類  
A：完全種子、B：不完全種子、C：退化種子

1986年度は加温期間中の温度を25℃の一定に設定し、加温開始の時期とその期間を変えた区を設けた。すなわち、開花前から結実まで（4月4日～5月9日）加温した区を1区、開花前から開花終了まで（4月10日～4月23日）加温した区を2区、開花期間中だけ（4月23日～5月9日）加温した区を3区、開花終了後から（5月15日～5月27日）加温した区を4区とした。処理区によって開花期が異なるのは加温によって開花期が早まるためである。対照区の最低温度は8℃～10℃であった。各処理区ごとの果実は完全種子と不完全種子（しいな）の含有数に分けてカウントした。また、果実の肥大を明らかにするため、各処理区の果実の横径と縦径を7月24日、9月3日、10月7日、11月22日そして12月14日に測定した。なお、調査には各区ともそれぞれ20果を用いた。種子は完全種子、不完全種子（しいな）そして発育が十分でないものを退化種子の3種類に分類し、第1図にその状態を示した。

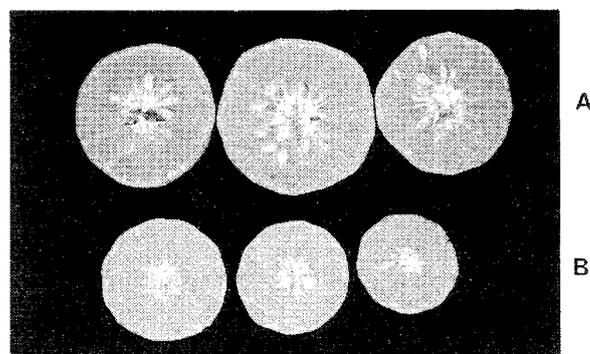
## 結 果

### 1) アンコール果実1個当たりの種子数

第2図はアンコール果実1個当たりの種子を数えて、その分布を示したものである。調査果数は200個で、樹冠方位は東西南北と樹冠の上、中そして下部から均等に収穫した。その結果、種子数は少ない果実で16個（不完全種子を含む）で、1果当たりの平均種子（不完全種子を含む）数は32.6個であった。



第2図 アンコール1果当たりの種子数の分布



第3図 アンコールの一次果と二次果  
A：一次果、B：二次果

次に開花時期の違いと種子数との関係を調査した結果を第1表に示した。第1表において、4月に開花結実した果実を一次果と、7月に開花結実した果実を二次果と呼称した。なお、第3図に一次果と二次果の果実の写真を示した。一次果は調査した果実のすべてに種子を有していたが、二次果では、種子の全く含まれていない果実が30果中27果もあり、種子を有していた3果も1果当たり平均で4.7個と、その数は非常に少なかった（第1表）。

第1表 開花時期の違いが種子数に及ぼす影響

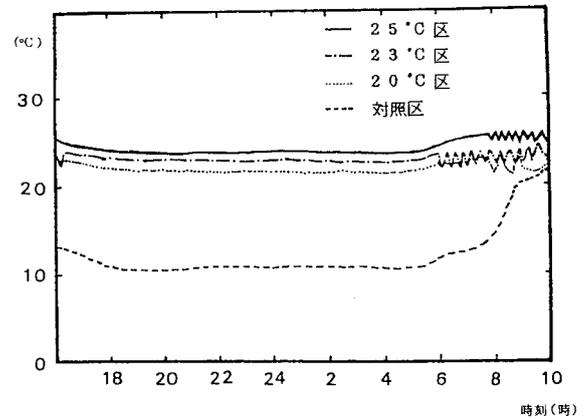
| 果実区分 | 調査果数 | 有種子果数 | 有種子1果当たりの種子数 |           |            |
|------|------|-------|--------------|-----------|------------|
|      |      |       | 完全種子         | 不完全種子     | 計          |
| 一次果* | 30   | 30    | 19.5±1.37    | 2.97±0.41 | 22.47±1.43 |
| 二次果  | 30   | 3     | 4.67±1.67    | 0         | 4.67±1.67  |

一次果：4月開花、二次果：7月開花

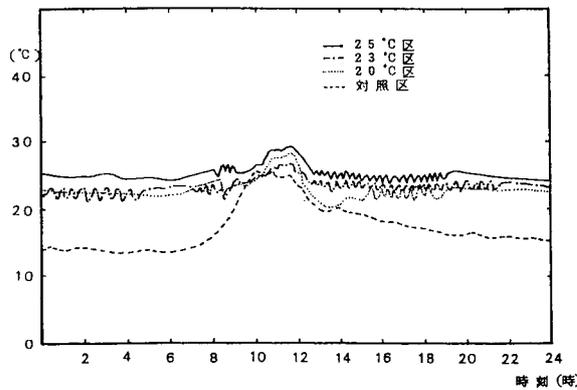
## 2) 開花期の温度調節と種子数

処理区の夜間の温度の変化を第4図に、曇天日の温度の日変化を第5図に、晴天日の温度の日変化を第6図にそれぞれ示した。23℃と25℃区では安定した温度の推移を示したが、20℃区はかなりの変動を示した。しかし、処理区間の温度差は保たれた。各処理区における果実の完全種子数をカウントした結果を第2表に示した。樹冠上層部の種子数は対照区で19.8個であったが、20℃区では14.4個、25℃区で9.5個そして23℃区は7.1個であった。一方、下層部では対照区の24.2個に対し、25℃区で14.5個、23℃区で11.7個そして20℃で13.9個であった。第3表は各温度処理と種子（完全種子と不完全種子の合計）数の関係について示したものである。各処理区とも上層部と下層部の種子数がほぼ同数であり、対照区においても同数であることが分かった。

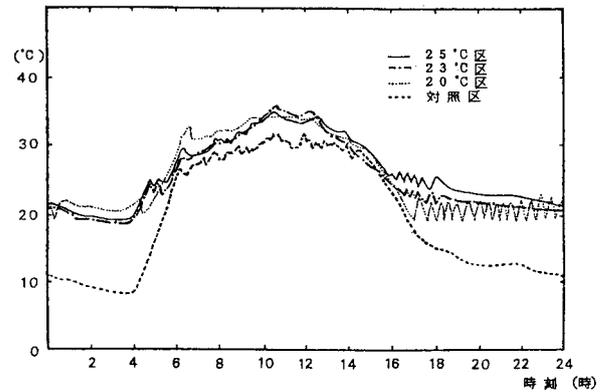
次に、温度を25℃の一定に保ち、加温温度の処理期間の違いが種子数に及ぼす影響を調査した結果を第4表に示した。開花前から加温処理した1区及び2区で種子数が明らかに少なかった。3区でも対照区よりも完全種子が少ない傾向を示したが、開花後に加温した4区では対照区の種子数と全く変わらない結果であった。



第4図 各温度処理区における夜温の経時的变化



第5図 各温度処理区における曇天日の温度の経時的变化



第6図 各温度処理区における晴天日の温度の経時的变化

第2表 処理温度の違いが1果当りの種子数（完全種子）に及ぼす効果

| 処理区<br>結果部位 | 対照   | 20℃  | 23℃  | 25℃  |
|-------------|------|------|------|------|
| 上層部         | 19.8 | 14.4 | 7.1  | 9.5  |
| 下層部         | 24.2 | 13.9 | 11.7 | 14.5 |

第3表 処理温度の違いが1果当りの種子数（完全種子+不完全種子）に及ぼす効果

| 処理区<br>結果部位 | 対照   | 20℃  | 23℃  | 25℃  |
|-------------|------|------|------|------|
| 上層部         | 22.1 | 22.0 | 18.3 | 20.1 |
| 下層部         | 24.7 | 20.4 | 19.6 | 20.3 |

第4表 25℃処理による加温時期の違いが1果当りの種子数に及ぼす影響

| 処理区 | 調査項目 |  | 完全種子 | 不完全種子 | 退化種子 | 総個数  |
|-----|------|--|------|-------|------|------|
|     | 部位   |  |      |       |      |      |
| 1区  | 上層部  |  | 11.8 | 1.2   | 15.1 | 31.4 |
|     | 中層部  |  | 13.5 | 1.2   | 11.5 | 26.1 |
|     | 下層部  |  | 17.2 | 0.9   | 8.8  | 26.8 |
| 2区  | 上層部  |  | 8.3  | 2.8   | 9.9  | 20.9 |
|     | 中層部  |  | 18.5 | 1.9   | 4.6  | 24.9 |
|     | 下層部  |  | 23.9 | 2.5   | 5.4  | 31.8 |
| 3区  | 上層部  |  | 13.6 | 1.9   | 8.3  | 23.8 |
|     | 中層部  |  | 13.7 | 1.3   | 4.5  | 19.5 |
|     | 下層部  |  | 15.6 | 1.8   | 3.3  | 20.6 |
| 4区  | 上層部  |  | 22.7 | 1.5   | 3.0  | 27.1 |
|     | 中層部  |  | 24.1 | 1.6   | 3.3  | 29.0 |
|     | 下層部  |  | 25.5 | 1.5   | 2.5  | 29.4 |
| 対照区 | 上層部  |  | 26.7 | 2.8   | 2.0  | 31.4 |
|     | 中層部  |  | 27.6 | 1.2   | 1.4  | 30.1 |
|     | 下層部  |  | 28.3 | 1.4   | 2.1  | 31.7 |

25℃に加温した期間

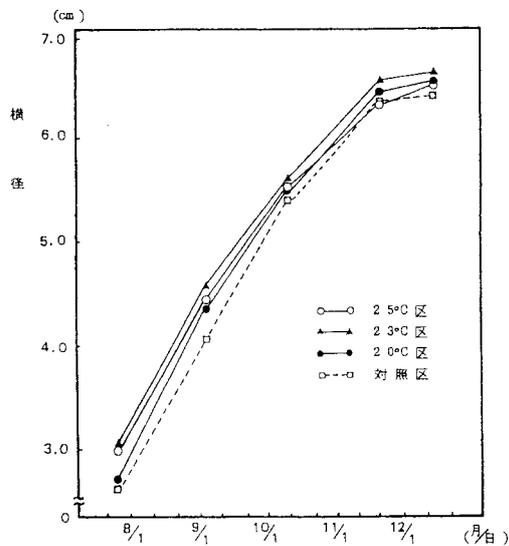
調査果数各20個 1986年

- 1区：開花前から結実まで（4/4～5/9）
- 2区：開花前から開花終了まで（4/10～4/23）
- 3区：開花期間中だけ（4/23～5/9）
- 4区：開花終了後（5/15～5/27）

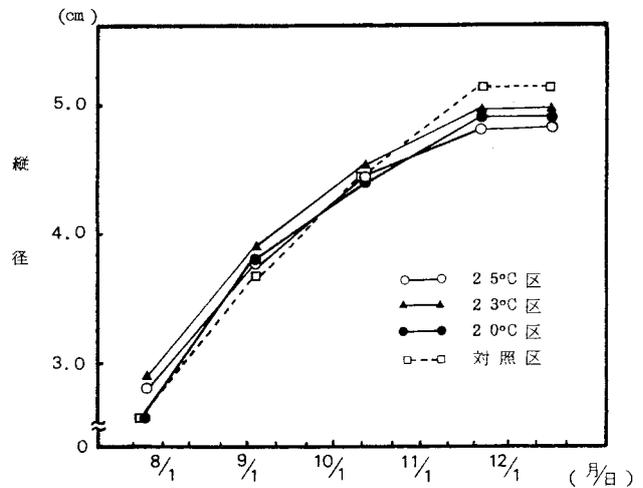
処理区によって開花期が異なるのは、加温によって開花が促進されるためである。

### 3) 加温処理が果実の肥大に及ぼす影響

第7図と第8図に果実の横径及び縦径を測定した結果を示した。果実の横径は発育初期の段階において、加温区が優れていたが、12月には加温処理区と対照区で肥大の違いは認められなかった。一方、



第7図 処理温度の違いが果実の肥大に及ぼす影響（横径）



第8図 処理温度の違いが果実の肥大に及ぼす影響（縦径）

縦径は7月期には加温処理区の肥大が良いが、10月を過ぎると、やや対照区の方が良かった。

## 考 察

アンコールは果皮色が濃紅で、糖度も12から13度と高く、さらに比較的カンキツ類の少ない4月から出荷できるなどの多くの優れた形質や利点を備えているが、種子の多いことが欠点の一つとされ、その改良が望まれている。アンコールの1果中に含まれる完全種子数は平均で20個、不完全種子数を含めると約32個と非常に多く、食味上の問題点の一つである。さらに、その含有種子数は非常に幅広い分布を示すと共に個体差や年次差が大きいのも欠点である。カンキツ類の無核化の研究は主に1) 4倍体花粉を2倍体種に授粉させる方法、2) 植物ホルモンの植調剤による方法の二つが行われている。特にヒュウガナツの無核化の実験並びに実用化試験が多く認められる<sup>3,6,10,11,12)</sup>。ヒュウガナツは強度の自家不親和性であるが、アンコールは自家受精により種子が形成される。アンコールの開花と結実についての調査で、二次開花の果実では無核の果実が多い現象を見いだした。この点に着目し、1次開花期である4月に施設内の温度を7月期と同じ条件にすることにより種子の軽減がはかれるのではないかと考えた。なお、アンコールは施設栽培品種であるため、一次果の環境条件を二次果の環境条件と同一にすることは実用化にあたっては栽培農家に対しても経済的には大きな負担とはならないと考えられた。特に、環境条件の中でも、開花期の最低温度を二次果のそれと同様にすることを基本に試験を行った。加温処理の結果、種子数を対照区の半分以下にすることができた。しかし、加温処理によって花粉の稔性が低下したのか、あるいは受精はしたが種子の形成が高温により妨げられたのかについては明らかにすることはできなかった。実験結果からみると、加温処理果に不完全種子の数が増加したことから後者、すなわち受精しても種子の形成が妨げられたのではないかと考えられる。また、種子数の減少によって果実肥大への影響が心配されたが、発育初期には加温区で生育が良かったものの、成熟期にはほとんど差が認められなかった。

## 摘 要

アンコールの1果当りの種子数は16~50個と非常に多く、またそのバラツキも大きかった。ハウス中央部よりも周縁部に位置する果実で種子数は少なかった。7月に開花結実する二次果では、全く種子を含まない無核果が多く、含まれていても数は極めて少なかった。アンコールの開花期の前後に加温処理を行い、果実の種子数と肥大に及ぼす影響について調査した。加温処理によって種子数は減少した。また、樹冠の上層部に結果した果実で著しく減少した。さらに、開花前から開花期間中の加温処理でのみ効果があり、開花終了後の処理では効果がなかった。加温による果実肥大の影響は生育初期に認められたが、成熟期にはほとんど差が認められなかった。

## 謝 辞

本研究を行うにあたり、愛媛県松山及び丹原農業改良センター、東予園芸農協の関係各位から多大な助言と援助をいただいた。また、本研究に対し、常に激励と有意な御助言をいただいた愛媛大学農学部門屋一臣教授に心より感謝の意を表す。

## 引用文献

- (1) Esen, A. and R. K. Soost. 1972. Tetraploid progenies from  $2X \times 4X$  crosses of *Citrus* and their origin. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 97:410-414.
- (2) 比嘉照夫. 1980. 果樹類の無核化に関する研究(第1報) 柑橘類の種子発達に及ぼすルチンおよびトマトトーンの影響園学要旨. 昭55春:38-39.
- (3) 牧田好高・小中原実. 1981. 有核性カンキツの無核果に関する研究(第1報) 4倍体ナツダイダイ花粉の授粉によるヒュウガナツの無核果生産. 静岡柑試研報. 17:1-11.
- (4) 牧田好高. 1983. カンキツの生産安定と果実品質向上に関する研究(第2報) ジベレリンペーストを利用した果実の無核化. 園学要旨. 昭55春:56-57.
- (5) 松井弘之・湯田英二・中川昌一・越智英典. 1896. AC-94377が数種果樹の単為結果誘起に及ぼす影響. 園学要旨. 昭61秋:148-149.
- (6) 中島芳和・木村正明・原田和寿・吉村不二男. 1981. ヒュウガナツの単為結果性に及ぼすジベレリン粉末、人工授粉の影響. 園学要旨. 昭56春:12-13.
- (7) 中島芳和・スラメトスサント. 1990. ハウスブンタンの単為結果性に及ぼす生長ホルモン剤散布の影響. 園学雑. 59:12-13.
- (8) 小野祐幸・広瀬和栄・高原利雄・吉永勝一. 1983. 4倍体川野ナツダイダイの授粉による清見の結実安定ならびに品質向上. 果樹試報. D5:47-58.
- (9) 山田彬雄・竹原敏郎・七条寅之助. 1980. カンキツの単為結果性、種子数と果実重について. 園学要旨. 昭55春:56-57.
- (10) 山本末之・吉田逸朗. 1972. ヒュウガナツの単為結果に関する研究(第1報) 種々の植物生長調節物質が結果率に及ぼす影響. 園学要旨. 昭47秋:6-7.
- (11) 山本末之・吉田逸朗. 1973. ヒュウガナツの単為結果に関する研究(第2報) GA処理無核果の発育と肥大促進処理について. 園学要旨. 昭48春:60-61.
- (12) 山本末之・越智春樹. 1973. ヒュウガナツの単為結果に関する研究(第3報) GA処理無核果と有核果内の生長物質について. 園学要旨. 昭48秋:116-117.
- (13) Yamashita, K. 1976. Production of seedless fruits in Hyuganatsu, *Citrus tamurana* Hort. ex. Tanaka, and Hassaku, *Citrus hassaku* Hayata through pollination with pollen grains from the  $4x$ Natsudaidai, *Citrus natsudaidai* Hayata. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 45:225-230.
- (14) 湯田英二・松井弘之・中井功. 1976. GA処理がポンカンの無核化に及ぼす影響. 園学要旨. 昭51春:142-143.