

# イチゴの奇形果発生に関する研究

## 第2報 開花および雌雄ずいの機能について

大和田常晴・加藤昭・川里宏

### 1. 緒言

前報<sup>1)</sup>で雌雄ずいのねん性におよぼす高温の影響を検討した結果、高温による奇形果の発生は主として花粉のねん性低下によるもので、雄ずい(花粉)は開花期と四分子形成期に高温の影響を受けやすく、40℃程度が高温の限界であることを明らかにした。

近年は受精障害回避のために花粉の発芽を抑制する開花時の薬剤散布をさける<sup>2) 3)</sup>、ホルモン剤を利用して単為結果をはかる<sup>4) 5) 6)</sup>、花粉のばい助を蜜蜂の利用で行なう<sup>7) 8)</sup>ことなどが報告されている。

このように奇形果発生防止の要因は明らかにされつつあるが、著者らは1967年以降イチゴの奇形果対策の原因を明らかにする基礎的資料とするため、開花生理に関する試験がまず必要と考えられたので実施した。イチゴの開花に関しては本多ら<sup>9)</sup>が育種上の立場から受精不良や発育障害につき報告している程度で、この種の報告は少ない。

そこで、イチゴに対する高温の影響は明らかにしたが、その基礎試験として行なったのが昼夜間別にみた開花割合であり、開やく時の温・湿度と花粉ねん性の関係についても報告がないので試験を行なった。雌雄ずいのねん性保有期間については能力の限界を明らかにしてイチゴの授粉・受精との関係を知る上で重要であるが、本多ら<sup>9)</sup>が開花前～翌日にかけての能力について、Moore<sup>10)</sup>が雌ずいの能力を報告しているが、そのねん性の限界については報告がない。受精時間についてもDarrow<sup>11)</sup>が指摘している

程度で明らかにされていないので、受精時間とともに受粉後の経過時間をかえた場合の高温がねん性におよぼす影響もあわせて検討した。

これらの試験は1967～1970年に行なったものであるが、本試験の実施にあたり御指導をえた遠藤喜重野菜部長、協力をえた大橋敬技師補に謝意を表する。

### II 試験方法

#### 1. 開花時刻

半促成作型では'67年2月14日～3月20日に30株を供試し、昼間開花数としてハウス内トンネルのコモ被覆前の16時に、夜間開花数としてはコモ除去直後の9時に35日間にわたり調査した。露地作型では'68年4月16日～4月30日の15日間に20株を供試し、昼間開花数は18～18時30分に、夜間開花数は5時～6時30分に調査した。

#### 2. 開やく時の温・湿度条件

開やく時の温度が開やくと花粉の発芽におよぼす影響を検討するため、'67年は開花前日のつぼみを3月29日に採取し、水を入れた直径9cm、深さ2.0cmのシャーレーに5つの小穴をあけたビニルを被覆してイチゴの花梗をさし、穴の周囲にワセリンをぬって密封した。

このシャーレーを硫酸+水の割合から空気湿度を40%にした直径15cm、深さ7cmのシャーレーに入れ、5、10、20、25、30℃の定温器内で開やくさせ、30時間後に開やく率と花粉発芽率を調査した。'68年は同様の方法で3月24日に

処理を開始し、25、30、35℃の温度条件下で開やくさせ、15、20、40時間後に花粉発芽率を調査した。試験規模は両年とも1区5花とした。

花粉発芽の最適温度を知るため'67年3月1日と3月15日に開花直後の6～8花から花粉を採取し、人工発芽床を用い20、25、30、35℃の温度条件下で15、20、30時間後に発芽率を調査した。発芽は1区5視野（約300花粉粒）の3連制で実施した。

開やく湿度と花粉発芽率については開花前日のつばみを温度試験と同様の方法で空気湿度を100、80、60、40、20%とし、25℃の温度で開やくさせた。'67年は3月15日処理開始で15、30時間後に開やく率、30時間後に花粉発芽率を調査した。'68年は3月24日処理開始で30、40時間後に不ねん花粉率と花粉発芽率を調査した。

### 3. 雌雄ずいのねん性保有期間

雌ずいの能力については鉢植えした第1花房2～3番花で開花前日の花を'68年2月4日に除雄して小袋をかけた。そして開花当日、2、4、6日後に1処理10花を供試して開花当日の健全花粉（発芽率64～71%）を十分に授粉し、45日後に果実の形状とねん実種子率を調査した。

雄ずい（花粉）の能力は開花前日に小袋をかけ開花当日、1、2、3、4、5日後の各時期に5花から花粉を採取し、開花前日に除雄した雌ずい10花に'68年3月11日～3月15日の10時～11時に授粉して袋かけを行ない、43日後に調査した。

### 4. 受精時間におよぼす授粉時間と授粉後の高温

受精所要時間を明らかにするため'68年3月4日に除雄した10花に翌日10時に健全花粉（発芽率61%）を授粉し、6、24、30時間後に花柱の基部をカミソリで切除することで、その時期における受精の有無を検討した。第2試験は3月13日に除雄した9花に翌日10時に授粉（発芽

率58%）し、6、12、15、24時間後に前回と同様に花柱を切除した。'70年は授粉を3月30日の10時と16時に行ない、12、24時間後に花柱を切除して授粉時間と受精の関係を検討した。

授粉後の高温の影響については鉢植えした第2花房の2～3番花で開花前日の花を'70年4月2日に除雄し、翌日健全花粉（発芽率75%）を授粉した。そして授粉直後、3時間後、24時間後に30℃と40℃の定温器内で3時間または6時間処理し、処理前後はハウス内の温度で管理して果実の奇形程度を調査した。

以上の試験の供試品種は開花時刻の露地栽培で幸玉を用いた以外はすべてダナーを供試した。各試験共通の調査はつぎの要領で実施した。

開やく率は1花約25のやく数に対する開やくの割合で示した。

花粉ねん性はアセトカーミン染色法で行ない、淡染色、小粒花粉、不整形のものを不ねん花粉とした。

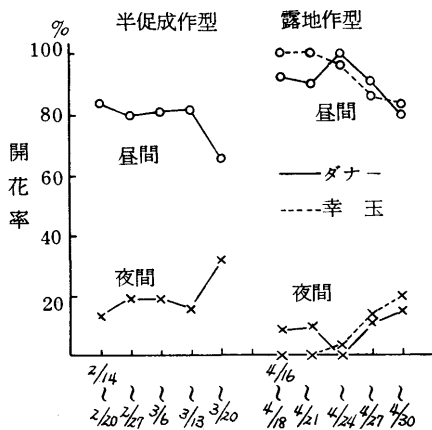
花粉発芽率は市販白砂糖15%、寒天1%、PH 6.0%の寒天発芽床を用い、20時間後に約300花粉粒につき調査した。

果実の形状は0～4の指数で奇形程度を示し、0：健全果、1：不ねん部分がわずかにある、2：不ねん部分がかなりある、4：花たく未発達の不受精果とした。また、果実上部につきねん実種子数を調査し、ねん実種子率で示した。

## III 試験結果

### 1. 開花時刻

半促成、露地作型での昼夜間別開花数を比率で示したのが第1図である。半促成作型の3月上旬までは開花の80%以上が昼間に開花し、夜間の開花は少なかった。3月中旬以降は夜間温度が10℃以上、日の出からコモ除去までの温度が15℃以上に上昇したので、開花率は昼間の66%に対して夜間は34%に増加した。しかし、調



第1図 昼夜間別の開花率 (1967, '68)

査期間中の平均昼夜間別開花率は78.3%：10.2%、幸玉で91%：9%と昼間の開花率が半促成の場合より高かった。

日別の開花数は晴天で温度の高い日に多く、曇・雨天時の低温の日は少なかった。

## 2. 開やく時の温・湿度条件

開やく時の温度が開やく、花粉発芽率におよぼす影響を第1表に示したが、5℃、10℃の低温では30時間経過しても開花しなかったのに対し、温度が高くなるほど開やくは早まり30℃では100%開やくした。

開やくは開花前には認められず、花べんが展開しやくが見えてから開やくしていたが、開やく

第1表 開やく時の温度が花粉発芽率におよぼす影響(1967, 1968)

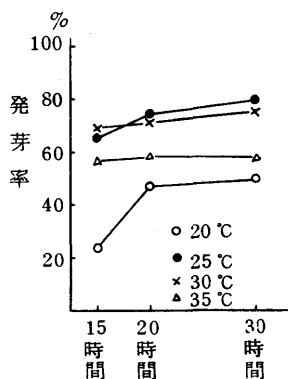
| 開やく温度<br>℃ | 30時間後(1967) |                | 花粉発芽率(1968) |            |            |
|------------|-------------|----------------|-------------|------------|------------|
|            | 開やく率<br>%   | 花粉<br>発芽率<br>% | 15時間後<br>%  | 20時間後<br>% | 40時間後<br>% |
| 5          | 0           | —              |             |            |            |
| 10         | 0           | —              |             |            |            |
| 20         | 7.9         | 67.1           |             |            |            |
| 25         | 49.2        | 69.6           | 53.4        | 63.6       | 55.3       |
| 30         | 100.0       | 37.5           | 45.4        | 43.1       | 30.5       |
| 35         |             |                | 45.4        | 42.7       | 8.6        |

くした花粉の発芽率は20、25℃では約70%で高かったが、30℃では37%の低率となり開やく率とは反対の結果となった。開やく時の温度は花粉発芽率からも25℃が適温と認められた。5℃、10℃で開やくしなかった花を25℃で15時間処理することで約50%が開やくし、発芽率も55%で高かった。

'68年の結果は15時間後で温度間差がなかったのに対し、20時間後に採取した花粉の発芽率は25℃で高く、30℃と35℃では低かった。40時間後には温度の高くなるほど発芽率は低下し、35℃では8.6%の低率となり前年と同様の結果を示した。

開やく時の温度と花粉発芽率の関係は以上の結果であるが、温度20~25℃、湿度35~40%のハウス栽培条件下で開やくした花粉を人工発芽床で温度をかえて花粉発芽率の推移を示したのが第2図である。15時間後の発芽率は25、30℃で67%前後と高く、35℃ではやや低く、20℃の発芽率はもっとも低かった。20時間後で20℃の発芽率は増加したが、やはり25、30℃の発芽率が高かった。30時間を経過しても発芽の増加率は低く、発芽温度は25℃が適温と認められた。

湿度をかえて25℃の温度で開やくさせた場合の開やく率、ねん花粉率および花粉発芽率は第2表のとおりである。10時間後では開やくし



第2図 花粉の発芽温度と発芽率 (1967)

第2表 開やく時の湿度が花粉発芽率におよぼす影響 (1967, 1968)

| 開やく<br>湿度 | 1967年 |       |           | 1968年 |       |       |       |
|-----------|-------|-------|-----------|-------|-------|-------|-------|
|           | 開やく率  |       | 花粉<br>発芽率 | ねん花粉率 |       | 花粉発芽率 |       |
|           | 15時間後 | 30時間後 | 30時間後     | 30時間後 | 40時間後 | 30時間後 | 40時間後 |
| 20%       | 3.5%  | 62.5% | 41.8%     | 30.8% | 33.8% | 50.1% | 51.4% |
| 40%       | 1.9   | 21.2  | 60.9      | 34.0  | 35.9  | 60.2  | 55.3  |
| 60%       | 0     | 16.5  | 43.3      | 32.0  | 35.1  | 43.7  | 36.0  |
| 80%       | 0     | 6.1   | 35.9      | 31.8  | 32.6  | 39.4  | 32.8  |
| 100%      | 0     | 3.1   | 24.5      | 38.6  | 44.4  | 32.6  | 28.6  |

なかったが、15時間後では20、40%湿度のみで開やくを開始した。30時間後には各湿度とも開やくを認めたが、開やく率は20%湿度で高く、湿度の高くなるほど低下して80%湿度で6%、100%湿度では3%と低かった。

'67年に調査したねん花粉率は100%湿度でやゝ高かった以外は差が認められなかった。しかし、30時間後に開やくした花粉発芽率は40%湿度で高く、ついで20%湿度であったが、2ヶ年とも湿度の高くなるほど花粉発芽率は低下した。40時間後の花粉発芽率は30時間後に比較してやゝ低かったが、湿度処理間の差は同様に

推移した。

### 3. 雌雄ずいのねん性保有期間

雌ずいの能力限界を明らかにするため、果実のねん実種子率と奇形程度で示したのが第3表である。ねん実種子率は開花当日がもっとも高く、開花後日数の経過するほど低下したが、雌ずいは開花4日後でも80%以上の高いねん実種子率を示し、6日後には50%となったが、雌ずいは比較的長期間にわたりねん性が保持された。果実の形状もねん実種子率と同様に開花当日の授粉で健全果が多く、健全果率も80%であった。開花後の日数が経過するほど奇形程度は高くな

第3表 開花後日数と雌ずいのねん性 (1968)

| 授粉<br>時期 | ねん実<br>種子率 | 果実の奇形程度(指数) |   |   |   |   |     | 健全<br>果率 |
|----------|------------|-------------|---|---|---|---|-----|----------|
|          |            | 0           | 1 | 2 | 3 | 4 | 平均  |          |
| 開花当日     | 98.8%      | 8           | 2 | 0 | 0 | 0 | 0.2 | 80.0%    |
| 2日後      | 88.2       | 5           | 1 | 3 | 1 | 0 | 1.0 | 50.0     |
| 4日後      | 84.2       | 5           | 1 | 0 | 2 | 2 | 1.5 | 50.0     |
| 6日後      | 50.3       | 0           | 0 | 0 | 6 | 4 | 3.4 | 0        |

第4表 開花後日数と雌ずいのねん性 (1968)

| 授粉時期 | 不ねん花粉率 | 花粉発芽率 | ねん実種子率 | 果実の奇形程度(指数) |   |   |   |    | 健全果率 |      |
|------|--------|-------|--------|-------------|---|---|---|----|------|------|
|      |        |       |        | 0           | 1 | 2 | 3 | 4  |      | 平均   |
| 開花当日 | 10.2   | 65.0  | 50.1   | 12          | 1 | 2 | 1 | 0  | 0.50 | 75.0 |
| 1日後  | 16.0   | 59.2  | 39.0   | 8           | 4 | 1 | 3 | 0  | 0.94 | 50.0 |
| 2日後  | 27.2   | 45.9  | 39.1   | 2           | 6 | 4 | 2 | 2  | 1.75 | 12.5 |
| 3日後  | 25.2   | 23.3  | 30.7   | 1           | 4 | 6 | 2 | 3  | 2.13 | 6.3  |
| 4日後  | 44.2   | 12.9  | 13.4   | 0           | 2 | 4 | 4 | 6  | 2.88 | 0    |
| 5日後  | 38.7   | 2.6   | 2.5    | 0           | 0 | 1 | 2 | 13 | 3.75 | 0    |

り、健全果率も2、4日後では50%となり、6日後には健全果が認められなかった。

花粉のねん性保有期間は第4表で、開花当日の花粉は不ねん花粉率が低く、花粉発芽率も高かったが、開花3日以降の花粉発芽率はいちじるしく低下した。これらの花粉を健全な雌ずに授粉すると、開花当日の花粉はねん実種子率が高く奇形程度も低く、花粉発芽率と同様の傾向を示した。健全果率も開花当日が75%、1日後50%であったが、開花2日以降の花粉では健全果率がいちじるしく低下し、開花4日および5日後の花粉ではまったく認められなかった。

4. 受精時間におよぼす授粉時刻と授粉後の高温

第5表 授粉後の経過時間と受精 (1968)

| 授粉後の経過時間 | 試験 I ※ |     |       | 試験 II ※※ |     |       |
|----------|--------|-----|-------|----------|-----|-------|
|          | 受精     | 不受精 | 受精    | 受精       | 不受精 | 受精    |
|          | 果数     | 果数  | 果率    | 果数       | 果数  | 果率    |
| 6時間      | 0      | 10  | 0%    | 0        | 9   | 0%    |
| 12       |        |     |       | 3        | 4   | 42.9  |
| 15       |        |     |       | 6        | 0   | 100.0 |
| 24       | 9      | 0   | 100.0 | 8        | 0   | 100.0 |
| 30       | 8      | 0   | 100.0 |          |     |       |

注) ※ 3月5日授粉昼温23℃, 昼湿度38%, 夜温8℃  
 ※※ 3月14日授粉昼温21℃, 昼湿度44%, 夜温10℃, 病害などの障害花は数値から除外した

第6表 授粉時刻と受精時間 (1970)

| 授粉時間 | 経過時間 | 果実奇形程度 |   |   |   |   | 計  | 平均   | 受精果率  |
|------|------|--------|---|---|---|---|----|------|-------|
|      |      | 0      | 1 | 2 | 3 | 4 |    |      |       |
| 10時  | 12時間 | 1      | 2 | 0 | 0 | 5 | 22 | 2.75 | 37.5  |
|      | 24時間 | 6      | 2 | 0 | 0 | 0 | 2  | 0.25 | 100.0 |
| 16時  | 12時間 | 0      | 0 | 0 | 1 | 7 | 31 | 3.87 | 12.5  |
|      | 24時間 | 4      | 2 | 0 | 0 | 2 | 10 | 1.25 | 75.0  |

注) 3月30日昼温25℃, 昼湿度35%, 夜温7℃  
 3月31日昼温23℃, 昼湿度30%, 夜温8℃

第7表 授粉後の高温と奇形程度 (1970)

| 処 理      |                 | 供試<br>花数 | 果 実 奇 形 程 度 (指数) |   |   |   |   |    |      |
|----------|-----------------|----------|------------------|---|---|---|---|----|------|
|          |                 |          | 0                | 1 | 2 | 3 | 4 | 計  | 平均   |
| 標 準      |                 | 13       | 9                | 1 | 2 | 1 | 0 | 8  | 0.62 |
| 30°<br>C | 授粉後 3 時間処理      | 14       | 8                | 1 | 3 | 2 | 0 | 13 | 0.93 |
|          | 授粉後 6 時間 "      | 15       | 6                | 3 | 2 | 2 | 2 | 21 | 1.40 |
|          | 授粉 3 時間後 3 時間処理 | 15       | 9                | 2 | 3 | 0 | 1 | 12 | 0.80 |
|          | 授粉24時間後 3 時間 "  | 13       | 7                | 3 | 2 | 1 | 0 | 10 | 0.77 |
|          | 授粉24時間後 6 時間 "  | 11       | 7                | 0 | 1 | 2 | 1 | 9  | 0.81 |
| 40°<br>C | 授粉後 3 時間処理      | 14       | 2                | 5 | 4 | 1 | 2 | 24 | 1.71 |
|          | 授粉後 6 時間 "      | 15       | 0                | 6 | 2 | 4 | 3 | 34 | 2.27 |
|          | 授粉 3 時間後 3 時間 " | 14       | 3                | 4 | 4 | 1 | 2 | 23 | 1.64 |
|          | 授粉24時間後 3 時間 "  | 10       | 4                | 2 | 2 | 1 | 1 | 13 | 1.30 |

注) 昼温13~15℃, 夜温10~8℃, 昼湿度60~65%

授粉後受精に要する所要時間および授粉時刻と受精時間の関係を結実状態から検討したのが第5, 6表である。第5表では授粉後15~24時間で受精が行なわれるようにみとめられた。この結果は10時に授粉した場合であるが、'70年に授粉時刻を10時と16時にわけて行なった第6表では10時授粉の12時間後に一部の果実で受精して結実したが、16時授粉では不受精であった。授粉後24時間には10時授粉に供試した全部の花が受精して結実果となり、16時授粉では8花のうち2花が不受精だったので、夜間を経過して低温となる16時授粉の受精は遅延した。

授粉直後、3時間後、24時間後に3, 6時間づつ30℃と40℃にした場合の奇形程度は第7表である。30℃では授粉直後の6時間処理でやゝ奇形程度が高かった以外は、ハウス内温度で管理した標準区と大差のない結果を示した。40℃処理は授粉直後で奇形程度が高く、処理時間の長い6時間処理では奇形指数が2.27となり高温障害が高く示された。しかし、授粉24時間後の40℃3時間処理では授粉後3時間処理に比較し

て奇形発現の程度が低く、高温障害は軽減された。

#### IV 考 察

イチゴの開やくについては本多ら<sup>9)</sup>が交配時の除雄操作上から、がく片が開き花べんが白く見える頃としており、本試験の花べんが開いてからの開やくとはことなった。しかし、本多らの場合もほぼ開花に近い状態での開やくと推察されるので、栽培条件などの影響とも思われるが明らかでない。イチゴの開やくが開花時に行なわれることが明らかなので、開花時の高温・高湿および薬剤散布などによる花粉ねん性の低下が考えられ、栽培管理の良否による奇形果の発生が重要視されることになる。そこで、開花・開やく時における花粉のねん性が高く保持され、受精が円滑に行なわれる温度は25℃、湿度は40%が適当とみとめられた。この開やく時の適温・湿度はビニール被覆条件下における昼間の晴天時にがい当するが、イチゴの開花のほとんどが比較的温度的の高い昼間に行なわれることを

確認したので、昼間晴天時は適温に管理されれば湿度が花粉ねん性におよぼす影響は少ないものと考えられる。

高温がねん花粉におよぼす影響は前報<sup>1)</sup>で報告したが、授粉後の経過時間と高温障害につき検討した結果つぎのことが明らかになった。すなわち、受精完了に近づくほど高温障害は軽減され、授粉前後に40℃の高温に遭遇することで障害が多かったので、開花・開やく時の温度管理がもっとも重要であることがみとめられた。

昼間に対し夜間のトンネル内湿度は100%になるが、開やくは進まないで低温障害を受けない程度の夜温が確保されれば、高湿度による障害は少ないものと考えられる。しかし、昼間でも低温時にはビニルを密閉して保温をはかるが開やくは遅延し、低温による密閉期間が長びくことで花も老化するので、花粉のねん性が低下するものと考えられる。これらのことから、イチゴの開やくそして授粉は適温・湿度条件下ですみやかに行なわれ、受精することが望ましいことが確認された。

以上のことは雌雄ずいのねん性保有期間からも明らかであり、本多ら<sup>9)</sup>が雌ずいは開花前日でも高い受精能力をもっと報告しているが、筆者らは開花後の能力限界を検討した結果、開花4日後でも健全花粉の授粉があれば受精能力が高く奇形果の発生も少ないことがみとめられ、雌ずいの能力は長期間保持されることを明らかにした。本試験の結果は Moore<sup>10)</sup>が168時間後でも交配により着果し、13℃の冷涼下では種子数の減少もなく、生理的な能力は長いと報告している結果と一致した。雌ずいに対し花粉の場合は開花2日後でも能力の低下がいちじるしかったので、イチゴの受精障害は花粉による影響が多く作用し、花粉ねん性の高低により不受精の程度が決定されるものと考えられる。

授粉してから受精までの所要時間は24~48時

間とされている<sup>11)</sup>が、半促成作型で検討した結果では結実状態から判定して授粉後24時間以内には受精するようであり、受精は夜間または朝方までには完了するものと考えられる。午前中に開花して授粉が行なわれるのに対し、温度などの気象条件の影響で夕方に開花した場合には、少時間で夜間の低温条件下に入るために受精の所要時間は延長されることがみとめられた。

しかし、花粉の発芽は低温下においても可成りの耐性を示すとの報告<sup>12),13)</sup>があり、本試験でも花粉の発芽を低温下から適温の25℃にもどすことで高い発芽率を示したので、花粉の発芽そして伸長に対する低温の影響は重要な障害とはならないものと推察された。花粉の発芽は15~19℃では行なわれなとしている並木らの報告<sup>13)</sup>と、20℃で可成り高い発芽率を示した筆者らの結果とはかならずしも一致しなかったものと考えられる。このことは受精が夜間にかけて行なわれていることから推察して、花粉の伸長は比較的低温下でも行なわれるものと判断される。

## V 摘 要

イチゴ奇形果の基礎的な検討として、開花および雌雄ずいの機能に関する試験を1967~1970年に行なった。

1. 開花は昼間に多く行なわれ、夜間の開花数は少なかった。

2. 開やく時の温度は25℃、湿度は40%の場合に開やく率および花粉発芽率が高く、30℃以上の高温と60%以上の高湿度条件下では低下した。

3. 雌雄ずいは開花当日のねん性をもっとも高く、雌ずいは開花4日後でもねん性の低下が少なかったのに対し、雄ずいは開花2日後でいちじるしく低下した。

4. 受精は授粉後24時間以内で完了することがみとめられ、10時授粉に対し16時授粉では所

要時間が延長した。

5. 開花時の高温は授粉直後の40℃で影響が大きく、受精完了に近づく花ほど高温障害の程度は軽減した。

## VI 引用文献

1. 川里宏・大和田常晴・加藤昭 (1969) 栃木農試研究報告 13:67~71

2. 高橋和彦 (1969) 園芸学会昭和44年度秋季大会研究発表要旨

3. Eaton G. W. and Chen L. I. (1969) Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 94:565-568

4. 中静愷・桜井博 (1962) 園芸学会昭和37年度春季大会研究発表要旨

5. 倉田久男 (1969) 農および園 44(8) 55~58

6. 藤本幸平・木村雅行・中村重蔵 (1969) 園芸学会昭和44年度秋季大会研究発表要旨

7. Moore J. N. (1969) Proc. Soc. Hort. Sci. 94:362-364

8. 阿部泰典・町田治幸・野口孝 (1970) 農および園 45(6) 987~988

9. 本多藤雄・二井内清之 (1964) 九州農業研究 26:222~223

10. Moore J. N. (1964) Proc. Amer. Soc. Sci. 85:295-301