

## アボカド (*Persea americana* Mill.) の花芽分化 及び発育について

井上弘明・高橋文次郎

日本大学農獣医学部 252 藤沢市亀井野

### Differentiation and Development of Avocado Flower Buds in Japan

Hiroaki INOUE and Bunjiro TAKAHASHI

College of Agriculture and Veterinary Medicine, Nihon  
University, Fujisawa, Kanagawa 252

#### Summary

1. In order to clarify the time of flower bud differentiation and subsequent development in avocado trees (*Persea americana* Mill.) in Japan, flower buds of the cultivars, 'Zutano' (6 to 7-year-old), 'Jalna' (5-year-old) and 'Fuerte' (20 to 28-year-old) were studied morphologically using a stereoscope and a scanning electron microscope (SEM) during 1979-81.
2. In 1979-80, flower bud differentiation was observed on November 11 in 'Zutano' and 'Fuerte', and on November 25 in 'Jalna'. In 1980-81, the differentiation was observed on November 9 in 'Fuerte', and on November 23 in 'Zutano' and 'Jalna'. As the results of this two-time examination, it was shown that time of flower bud differentiation in the south-western warm area of Japan was in November in the three cultivars.
3. The stages and times of flower bud development were as follows:
  - 1) No differentiation (flatness of growing point) ... late in October
  - 2) Differentiation of flower bud (protuberance of growing point) ... November
  - 3) Perianth formation, pistil and stamen primordia formation ... early in December
  - 4) Anther dehiscence valve and staminodium formation ... middle in January
  - 5) Pollen grain and ovule formation ... early in February
  - 6) Carpel suture and floral formation ... middle in March
4. In the south-western warm area of Japan, time of flower bud differentiation in avocado trees was later than in deciduous fruit trees, and earlier than in evergreen fruit trees (except loquat).
5. In 1980-81, flower bud development was inhibited for a short period by the low temperatures of winter, which were lower in the avocado orchard than in 1979-80.

#### 緒 言

近年、ウンシュウミカンなどの生産過剰に伴って、各種新果樹の導入・普及が試みられ、亜熱帯性果樹のアボカド (*Persea americana* Mill.) もその対象の一つとなっている。現在、西南暖地の一部で栽培されている (9, 10, 20, 21) が、その栽培歴が新しいため我が国におけるアボカド栽培に関する基礎的研究は、これまでほとんど行われていない。

本報告は、我が国におけるアボカド栽培に関する基礎

1988年4月20日 受理

資料を得る目的で、現在栽培されている3品種について、花芽の分化、発育過程を走査型電子顕微鏡 (SEM) により観察したものである。

#### 材料及び方法

供試材料には静岡県沼津市西浦久連地区の果樹園 (山田寿太郎氏所有) に栽植されているアボカドの 'ズタノ' (6, 7年生), 'ジャルナ' (5年生2本), 'フェルテ' (20, 28年生) の3品種 (計6樹), いずれも中生種である。

調査材料は1979年10月28日から1980年4月27

日まで(実験1), 1980年が10月26日から1981年4月26日まで(実験2)の2回にわたり行い, それぞれの花穂及び花芽を2週間ごとに14回採取した。採取材料は70% エタノールに保存し, ずい時実験に供試した。花芽分化及び発育についての形態学的観察は材料の一部を実体顕微鏡下で, はく皮法により行った。形態的花芽分化期の判定は生長点が肥厚し, 花芽原基が完成し, 花被の初生突起が現れ始めた時期とした。花穂及び花芽の長さはマイクロメーターで測定した。また, 一部の材料はエタノールに浸漬した後, 4% グルタルアルデヒドと0.2 mol リン酸緩衝液の混合液で固定し, 50~100%のエタノールシリーズで脱水, 酢酸-イソアミル溶液中で保存し, 走査型電子顕微鏡での観察試料とした。観察は試料を臨界点乾燥装置(日立HCP 2型)により, 蒸発乾燥させたのち, 金蒸着を行い, SEM(日立S-450型)により行った(19)。

## 実験結果

### 1. 花穂の形態と発育

第1図に実験1で観察したアボカド‘フェルテ’の花穂の形態を示した。花穂は第1次花梗から第2次花梗, 第2次花梗から第3次花梗が形成された。第3次花梗の上には2~3個の花をつけ, 花序の形態は二出集繖花序であった。各花梗の基部にはりん片があり, 花芽及び花梗を包んでいた。第1次花梗の頂部から新梢が伸長し, 春枝となり翌年の結果枝となった。

花穂の発育曲線を第2図に, 雄ずい形成期の花序の一部を第3図に, 花穂の発育過程を第4図に示した。花穂は調査兩年とも10月下旬から3月下旬にかけてゆっくりと発育し, 3月下旬から4月にかけて急速に発育していた。発育のパターンは, 品種間で大きい差が認められなかった。

### 2. 花芽の分化・発育

‘フェルテ’の花芽分化と発育過程を第5図に示した

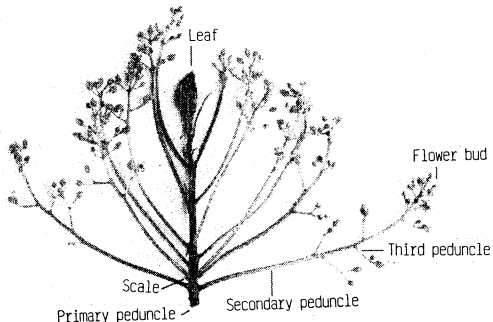


Fig. 1. Spike of avocado ('Fuerte').

1979年10月28日の材料によると, 生長点(頂部分裂組織)は平坦で対の包葉が両側にみられ, 花芽の原基は認められず未分化の状態であった(第5図-ステージ1)。花芽分化初期は, 生長点がわずかに隆起している程度であった(第5図-ステージ2)。11月11日においては生長点が肥厚し, 花芽原基は不整形となり, 原基の外側に花被の初生突起が認められ, これまでの花芽分化期の判定に準じ(2, 3, 4), このような形態的標徴を花芽分化期

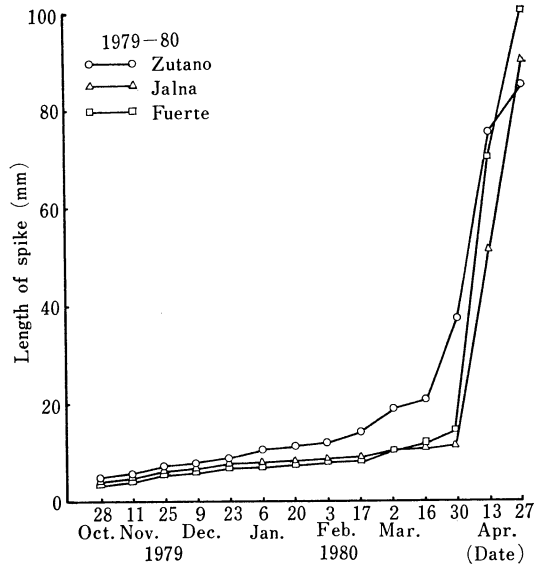


Fig. 2. Growth curve of spike in the avocado trees (1979-80).



Fig. 3. Avocado inflorescence by scanning electron microscope (Stamens formed ( $\times 90$ ) Nov. 23, 1980, 'Fuerte').

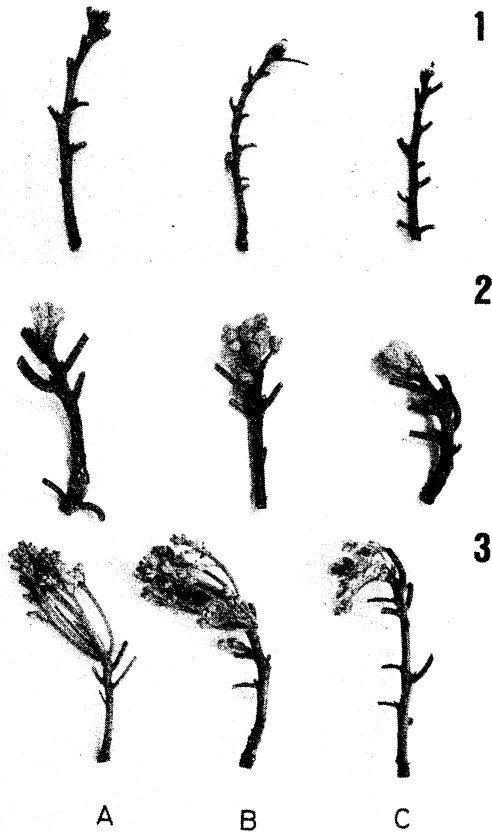


Fig. 4. Development of spike in Avocado (1979-80).  
 1: November 25, 2: March 30, 3: April 27  
 A: 'Fuerte', B: 'Zutano', C: 'Jalna'

とした (第5図—ステージ3, 2片の包葉を除去した状態)。その後, 11月25日には花被の初生突起が形成され, 2片から4片, さらに, 6片となった (第5図—ステージ4)。12月9日には, 内花被片と外花被片の間に雄ずいの初生突起が形成され (第5図—ステージ5), 12月23日には花被内側に雄ずい形成後, 雌ずいの原基が形成された (第5図—ステージ6, 6片の花被を除去した状態)。翌年の1月20日には9本の雄ずいにやくが形成され, それぞれのやくに花粉放出の開やく弁4個が, また, 雌ずいの周りには3本の仮雄ずいの初生突起が形成された (第5図—ステージ7)。2月3日にはやく内部に花粉粒が, 子房の内部には胚珠が形成され, 心皮には大きな割れ目が生じた (第5図—ステージ8)。3月16日には心皮が生長し, 割れ目が徐々に縫合状態になって, 花柱が形成され (第5図—ステージ9), 4月13日には子房及び花柱の表面に微毛が生じ, 柱頭部分がくびれてきた (第5図—ステージ10)。4月中旬にはこのような過程をたどって花器が完成した (第6図)。  
 'ズタノ' 及び 'ジャルナ' においても, ほぼ同様な花芽の發育過程を示した。

花芽分化期と花芽の發育過程を第1表に示した。1979年から80年には, 'ズタノ' と 'フェルテ' が11月11日に, 'ジャルナ' は11月25日に花芽分化がみられた。1980年から81年では, 'フェルテ' が11月9日, 'ズタノ' と 'ジャルナ' では11月23日に花芽分化した。分化後は調査兩年とも12月下旬に雄ずい・雌ずいが形成

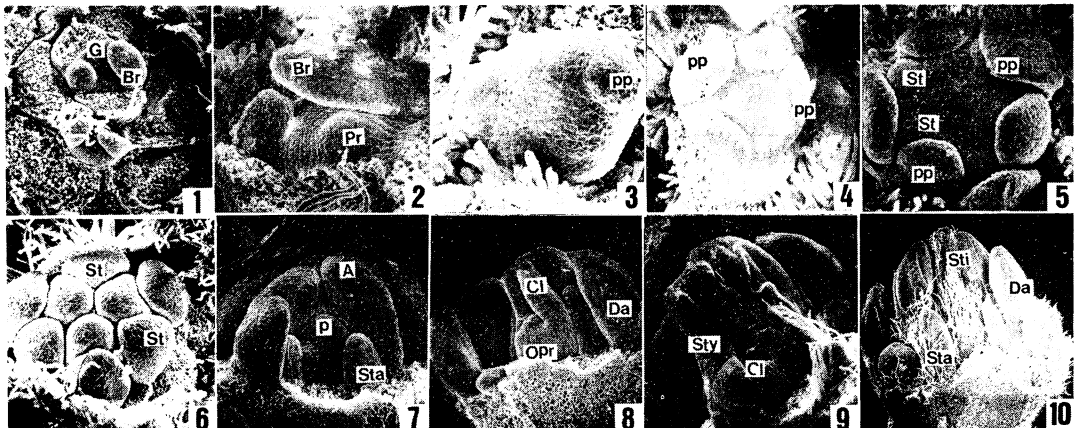


Fig. 5. Differentiation and development of flower buds in the avocado ('Fuerte' 1979-80).

Stage 1: Not differentiated ( $\times 120$ ) Oct. 28      6: Pistil formed ( $\times 110$ ) Dec. 23  
 2: Predifferentiated ( $\times 290$ ) Nov. 11      7: Anthers formed ( $\times 240$ ) Jan. 20  
 3: Differentiated ( $\times 350$ ) Nov. 11      8: Pollens & Ovules formed ( $\times 130$ ) Feb. 3  
 4: Perianth formed ( $\times 280$ ) Nov. 25      9: Style formed ( $\times 140$ ) Mar. 16  
 5: Stamens formed ( $\times 170$ ) Dec. 9      10: Stigma formed ( $\times 150$ ) Apr. 13

Br: bract Pr: primordial dome G: growing point PP: perianth primordia St:stamen  
 Sta: staminodium P: pistil Cl: cleft in pistil Opr: ovule primordia A: anther  
 Da: dehiscence of anther valve Sty: style Sti: stigma

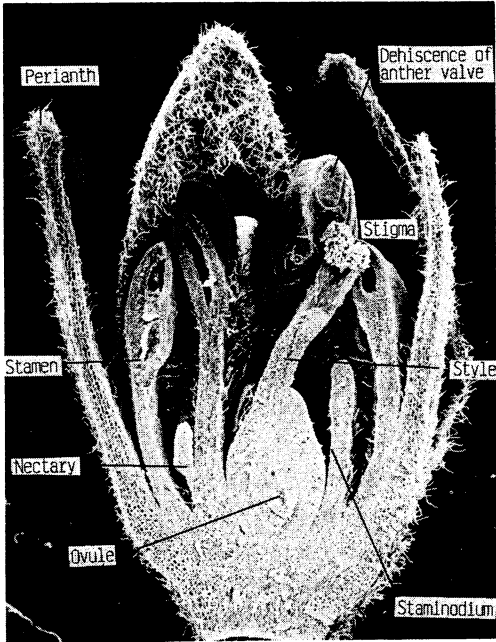


Fig. 6. Longitudinal section of avocado flower bud ('Fuerte').

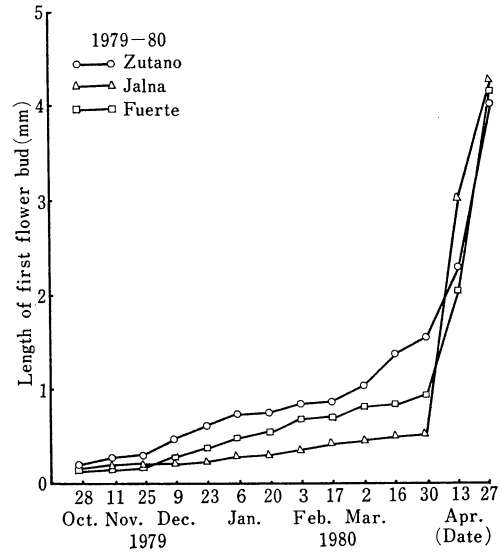


Fig. 7. Growth curve of flower buds in the avocado trees (1979-80).

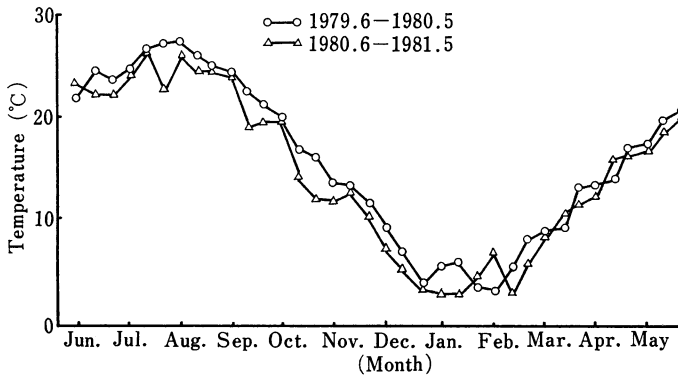


Fig. 8. Mean temperatures in the avocado field (1979-1981).

され、それらの内部には花粉粒及び胚珠も形成されていた。その後の発育速度はおそく、4月上旬に柱頭が形成されて花器は完成した。

花芽の発育曲線は第7図に示す通りである。各品種とも1979年の花芽分化期から、翌年の3月30日までの発育速度は各品種ともきわめておそく、その後に急速な発育を示した。品種間で比較すると、'ズタノ'、'フェルテ'、'ジャルナ'の順で発育が進む傾向がみられた。1980年から81年の調査結果も、同様な傾向を示した。総じて、花芽の発育は各品種とも1979年から80年の調査に比較して、1980年から81年の方がやや遅れていた。

## 考 察

アボカドの花芽分化について、Reece (12, 13) はフロリダにおいて1940~41年、1941~42年の2回にわたって'Lula'と'Nabal'を用い、パラフィン切片法で観察した結果、花芽分化期は第2次花梗で10月下旬から11月中旬であると述べている。また、Schroeder (14) はカリフォルニアにおいて、'Fuerte'、'Mexicola'、'Dickinson'を用いて、花芽の分化、発育を調べ、'Fuerte'は10月10日以前に、遅いものでも11月7日以前に花芽分化し、12月に開花するとし、'Mexicola'については12月に花芽原基を認め、2月7日に開花したと報じ

Table 1. Flower bud differentiation and development in avocado, cv. 'Zutano', 'Jalna' and 'Fuerte'.  
(First flower bud of terminal flower cluster)

Cultivar	Zutano							Jalna							Fuerte										
	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.				
Sampling date	28	11	25	9	23	6	20	3	17	2	16	30	3	17	2	16	30	3	17	2	16	30	13	27	28
Not differentiated	5*							5	1													5			
Predifferentiated								4	1													1			
Differentiated	4							4			1	1										4	1		
Perianth formed	1	2	1					3	1	1												4	1		
Stamens formed	3	1						2	3	2	1	3									4	1	2	1	
Pistil formed	3	1						1	3	1	2											4	3	2	1
Anthers formed	4	2	2	1				1	1	3	1											2	1	3	1
Pollens & ovules formed	3	3	4	1				4	3	4												3	2	1	
Style formed								4	1	2												3	5	1	
Stigma formed								4	3	5	5	5	5	5	5	5	5	4	5	5		4	5	5	
Sampling date	Oct. <th>Nov.</th> <th>Dec.</th> <th>Jan.</th> <th>Feb.</th> <th>Mar.</th> <th>Apr.</th> <th>Oct.</th> <th>Nov.</th> <th>Dec.</th> <th>Jan.</th> <th>Feb.</th> <th>Mar.</th> <th>Apr.</th> <th>Oct.</th> <th>Nov.</th> <th>Dec.</th> <th>Jan.</th> <th>Feb.</th> <th>Mar.</th> <th>Apr.</th>	Nov.	Dec.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.				
	26	9	23	7	21	4	18	1	15	1	15	29	12	26	26	9	23	7	21	4	18	1	15	29	12
Not differentiated	5							5	3													5	1		
Predifferentiated	4	2						2	1													2			
Differentiated	1	2	1					1	1																
Perianth formed	1	2						3	2	1												2			
Stamens formed	2	1						2	4	3	3	1										2			
Pistil formed	4							2	2	4	3	3	2									2	2		
Anthers formed	4	2	1	2	2			1	1	2	2	1										1	2	2	4
Pollens & ovules formed	1	3	4	3	3	5																1	3	1	2
Style formed								5														3			
Stigma formed								5	5				5	5	5	5	5	5	5	5	5	5			

\* Subscript numerals show the number of flower buds.

ている。また、‘Dickinson’については、2月7日に花芽分化し、3月には開花したと報告している。

本実験の第2次花梗上の頂芽の花芽分化期は、調査兩年を通じて、‘ズタノ’が11月11日～23日、‘ジャルナ’が11月23日～25日、‘フェルテ’が11月9日～11日であったことから、我が国のアボカドの花芽分化は11月上旬～下旬であり、前述(12, 13, 14)のフロリダ、カリフォルニアの花芽分化期に比較して約30日遅れていることが明らかになった。

花芽の発育について、Schroeder (14, 15)は‘Fuerte’において10月上旬に花芽が分化し、12月より4月まで開花し、‘Zutano’は2月から4月まで開花することを報告している。

調査兩年における花芽の発育を比較してみると、1979年から80年での花芽の発育は分化後順調に発達し、12月下旬には雌ずい及びやくが形成され、3月下旬から4月上旬にかけて、柱頭形成期に達し花器が完成していた。しかし、1980年から81年では1月上旬に雌ずい及びやくの形成期に達したものの、その後、3月下旬まで約3か月花芽の発育はほとんどみられず、4月になってから柱頭形成期に達し、花器の完成をみている(第1表)。この発育の相違は第8図に示すように、とくに、1、2月がやや低温であったためと考えられる。

我が国の場合は、花芽分化後ある程度発育してから冬の低温に遭遇しやすく、花器の完成まで長期間を必要とする。したがって、開花は5月上旬～6月上旬となり、カリフォルニアより4か月以上開花が遅れ、開花期間が短くなる。亜熱帯性のアボカドを我が国で栽培する場合、花芽の発育が冬の低温の影響を受けやすいものと考えられた。

我が国では、一般に落葉果樹のモモは8月上～中旬、ニホンナシは6月中旬(1, 4)、ブドウは6月中旬(5)、カキは7月下旬(17, 18)、リンゴは7月中旬～8月上旬(23)、オウトウは7月上～中旬(22, 23)にそれぞれ花芽分化し、冬期までにはほぼ花器が完成し、花芽分化後7か月以上を経て開花する。常緑果樹のウンシュウミカン(6)、ビワは7月中旬～8月中旬(11)に花芽を分化し、分化から花器の完成までに2、3か月を必要とし、分化から開花まで約2か月がかかる。したがって、常緑果樹は落葉果樹に比べて花芽分化後短時間で開花に至る特性を有している。

我が国におけるアボカドの花芽分化の特性と以上のような果樹類の花芽分化の特性を比較してみると、アボカドは落葉果樹より遅く、他の常緑果樹より早く、また、

花芽分化期から花器の完成までは比較的長い期間を要し、この点は落葉果樹に類似しているように思われた。

## 摘 要

静岡県沼津市の果樹園に栽植のアボカドを用い、1979～81年まで2回にわたって、花芽の分化・発育について実体顕微鏡及び走査型電子顕微鏡を用いて形態観察を行った。

1. 花芽の分化期は、1979～80年においては‘ズタノ’、‘フェルテ’が11月11日、‘ジャルナ’は11月25日であった。1980～81年では‘フェルテ’が11月9日、‘ズタノ’、‘ジャルナ’は11月23日であった。2回の調査を通じて、我が国の西南暖地における花芽分化期は11月上旬から下旬とみなされた。

2. SEMを用い形態学的な観察を行った結果、アボカドの花芽の発育過程は、次の各ステージに分けることができた。

生長点平坦・未分化	10月下旬
生長点肥厚・花芽分化	11月
花被片形成・雌雄ずい原基形成	12月上旬
開やく弁、仮雄ずい形成	1月中旬
花粉粒、胚珠形成	2月上旬
心皮縫合、花器形成	3月中旬

3. 我が国の西南暖地におけるアボカドの花芽分化期は、落葉果樹より遅いが、常緑果樹(ビワを除く)より早く、分化から花器完成までの発育には比較的長期を必要とした。

4. 調査地の気温は、1980～81年においては1979～80年に比較してやや低く経過し、そのため、アボカドの花芽は冬の低温によって発育が停滞した。

## 謝 辞

本実験を実施するに当たり、貴重な材料を提供して頂いた山田寿樹氏に深く謝意を表します。また、本稿をご校閲くださった山形大学教授渡部俊三博士に深く謝意を申し上げます。

## 引用文献

- BANNO, K., S. HAYASHI and K. TANABE. 1986. Morphological and histological studies on flower bud differentiation and development in Japanese pear (*Pyrus serotina* Rehd.) J. Japan. Soc. Hort. Sci. 55: 258—265.
- 江口庸雄. 1927. 果樹の花芽分化期に就いて. 農学会報. 292: 111—121.
- 江口庸雄. 1928. 桃の花芽分化期及び其発生に就いて. 農及園. 3: 875—982.
- 江口庸雄・大塚耕二. 1930. 桃、梨及莓の花芽分化期其成生経過に就いて(第二報). 農学会報. 323: 63—87.
- 江口庸雄・加藤照孝・小出正文. 1952. 葡萄の花

- 芽分化並びに花芽の発育に就いて. 園学雑. 21: 46—51.
6. 出田正夫. 1974. オリーブの開花結実に関する基礎的研究. 香川農試研報. 24: 1—46.
  7. 伊東秀夫・藤田克治・大垣智昭. 1958. 温州蜜柑の隔年結果防止に関する研究 (第1報) 花芽の分化時期について. 園学雑. 27: 94—100.
  8. 伊東秀夫・藤田克治・大垣智昭. 1958. 温州蜜柑の隔年結果防止に関する研究 (第2報) 花芽の分化感応期間について. 園学雑. 27: 249—255.
  9. 井上弘明・山田寿樹・高橋文次郎. 1982. アボカドの導入と栽培現況. 農及園. 57 (11): 1394—1398.
  10. 貴島豊智. 1939. 台湾に於けるアボカド. 台湾総督府農業試験所彙報. 162: 1—46.
  11. 大野正夫・松村久雄・白木孝蔵. 1948. 枇杷の花芽分化期に就いて. 園学雑. 17: 100—110.
  12. REECE, P.C. 1942. Differentiation of Avocado blossom bud in Florida. Bot. Gaz. 104: 323—328.
  13. REECE, P.C.. 1939. The floral anatomy of the avocado. Amer. J. Bot. 26: 429—433.
  14. SCHROEDER, C.A. 1951. Flower bud development in the avocado Calif. Avocado Assoc. Yrbk. 159—163.
  15. SCHROEDER, C.A. 1952. Floral development sporogenesis, and embryology in the avocado, *Persea americana*. Bot. Gaz. 270—278.
  16. 白石雅也. 1978. カンキツ類の花器官形成に関する走査電顕像. 細胞. 10 (10): 757—762.
  17. 傍島善次. 1979. カキの花芽形成ならびに果実の発育. 園学研集. 9: 157—169.
  18. 傍島善次・石田雅士・弦間 洋. 1980. カキの花芽の発育に関する研究 (第4報) 走査電顕による花器の外部形態調査. 園学要旨. 昭55年春: 66—67.
  19. 田中敬一・永谷 隆. 1980. 図説走査電子顕微鏡—生物試料作成法—. p. 1—282. 朝倉書店. 東京.
  20. 鳥潟博高. 1975. アボカドの栽培の可能性. 農及園. 50 (11): 1407—1408.
  21. 宇都文男. 1980. 熱帯果樹の導入と育種について. 熱帯農業. 24: 82—89.
  22. 渡部俊三. 1982. 走査電顕によるオウトウ花芽分化の観察. 山形農林会報 39: 15—18.
  23. 渡部俊三. 1985. 走査電子顕微鏡による落葉果樹花芽の形態調査. カキ, リンゴ, 西洋ナシ, オウトウについて. 山形大紀要 (農学) 9: 515—531.