

アボカド花粉の形態と稔性

井上弘明・高橋文次郎・白戸一士

熱帯農業 第36巻第1号別刷

平成4年3年

Reprinted from

Japanese Journal of Tropical Agriculture

Vol. 36, No. 1, March 1992

アボカド花粉の形態と稔性

井上弘明・高橋文次郎・白戸一士

日本大学農獣医学部 252 藤沢市亀井野

要約 アボカドの花粉の形態を走査型電子顕微鏡にて観察し、稔性調査は酢酸カーミン染色法により光学顕微鏡にて行った。乾燥花粉はほぼ球形であり、一部に変形花粉が観察された。花粉の外壁表面には多くの刺状の突起をもつものと顆粒状の突起をもつものがあり、品種によって異なっていた。発芽孔は外部からは観察されず、2核性の花粉であった。花粉稔性率は 'Fuerte' が高く、ついで、'Zutano', 'Bacon' で、'Mexicola' が最も低かった。また、各品種とも開花前より開花中の稔性率が高かった。花粉の大きさは、稔性花粉が不稔花粉より大きい。4品種とも、直径が25~72 μm の範囲に分布し、稔性花粉においては 'Fuerte' は44 μm , 'Zutano' は39 μm , 'Bacon' は37 μm にピークがあった。'Mexicola' のピークは認められなかった。なお、供試品種の内稔性率が高く、花粉の大きい品種ほど収量が高い傾向がみられた。

キーワード アボカド、花粉形態、花粉稔性、走査型電子顕微鏡観察

Morphology and Fertility of Pollen of Avocado (*Persea americana* MILL.) Hiroaki INOUE, Bunjiro TAKAHASHI and Kazushi SHIRATO College of Agriculture and Veterinary Medicine, Nikon University, Fujisawa, Kanagawa, 252 Japan

Abstract 1) Studies on the pollen morphology and fertility in four cultivars of Avocado ('Zutano', 'Bacon', 'Fuerte' and 'Mexicola') using scanning electron microscope (SEM) and optical microscope were carried out from 1986 to 1987 in Japan.

2) The dried pollen grains were mainly spherical in shape with a thorny or granular surface depending on the cultivars, and they were binucleate. Based on microscopic observations, no germ pores was delicated on the surface of the pollen grains.

3) The fertility rate during flowering was higher than that before flowering for each cultivar, and it was higher in 'Fuerte', followed by 'Zutano', 'Bacon' and 'Mexicola' in this order.

4) The size of the pollen grains of all the cultivars ranged from 25 to 72 μm in diameter, and the fertile pollen grains were larger than the sterile (infertile) ones.

5) The number of pollen grains of the fertile pollens reached a peak when the pollen grains moded sizes of 44 μm , 39 μm , and 37 μm for "Fuerte", 'Zutano', and 'Bacon', respectively, and no peak was observed in 'Mexicola'. Additionally, the higher fertility rate and the larger the grain size of pollen the higher the fruit yield of the cultivars.

Key words Avocado, Pollen fertility, Pollen morphology, Scanning electron microscopy

緒言

アボカド (*Persea americana* MILL.) は、亜熱帯性の果樹で原産地は中央アメリカ(コロンビア, エクアドル)及びメキシコである¹⁾。

近年、我が国の生産過剰によるカンキツ栽培は問題が多く、新果樹の導入が検討され、アボカドはその対象の一つである。アボカドは両性花であるが、雌雄異熟による特異的な自家受粉の回避機構がみられる。我が国に大正時代に導入され、西南暖地の一部地域で栽培されているが、温度の不足による生育、生殖に障害がみられ普及に至っていない²⁾。とくに、開花期の低温が強く影響し、結実率を著しく低くしている³⁾。

結実率の低下要因の一つとして、花粉の生理的研究の報告は、我が国では皆無であり、また、海外も極めて少ない。本研究は、我が国のアボカドの結実率低下の要因をさぐるために、花粉の形態と稔性について検討した。

材料及び方法

実験1. 供試品種は日本大学農獣医学部藤沢校舎のガラス室で栽培した3年生早生種の 'Mexicola', 中生種の 'Zutano', 'Bacon' 及び 'Fuerte' の4品種である。

供試品種の花の形態観察は、1986年3月に各品種の開花中の花の葯から採取した。採取された花粉はデシケーターの中で乾燥花粉とした。この花粉を両面テープ上にまき、エイコー IB 3型イオンコーターを用いて金を蒸着した。観察は日立 S-450型走査型電子顕微鏡 (SEM) 下で行った。

各品種の花の稔性調査は、1987年3月から4月まで、開花直前の蕾の葯と開花中の花の葯より採取し、酢酸カーミンの染色法により光学顕微鏡で判定した。花粉の核観察には銀染色法を用いて行った²⁰⁾。

実験2. 1986年~'87年にかけて、静岡県沼津市西浦久連の山田寿太郎氏園に栽植のアボカド 'Mexicola' (19年生, 1樹), 'Zutano' (19年生, 2樹), 'Bacon' (19年生, 2樹)及び 'Fuerte' (19年生, 2樹)を供試し、柱頭上

における自然状態の花粉の発芽を酢酸カーミン染色法にて固定し、写真撮影をした。さらに、2年間の果実の収量について調査した。

結 果

1. 花粉の形態

'Fuerte' 花粉の走査型電子顕微鏡による観察結果を図1に示した。形はほぼ球形、岩波¹⁴⁾の分類によると大きさは中粒で直径は約30.0~50.0 μm の間に分布した。なお、変形花粉がわずかに観察された(図2)。

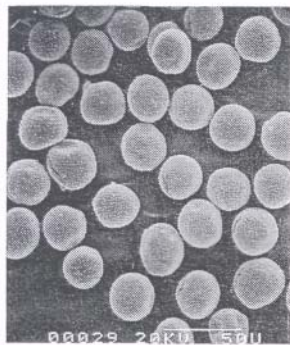


Fig. 1 Group of pollen grains of avocado ('Fuerte', $\times 500$)

花粉の外壁模様を図3に示した。外壁表面には品種によって刺状あるいは顆粒状の突起が認められた(図3A-D)。突起は、品種間に差異がみられ、'Mexicola'では顆粒状(図3A) 'Zutano', 'Bacon'及び'Fuerte'では刺状の突起が観察された(図3B, C, D)。いずれの花粉も、突起の間を縫う網目状の彫紋がみられたが、品種による差異は認められない。発芽孔は、各品種とも外部からは観察されなかった(図3)。

2. 花粉の稔性

酢酸カーミンで染色した稔性花粉を図4Aに、染色されなかった不稔花粉を図4Bに示した。花粉に内容物のない不稔花粉は、稔性花粉に比較してやや小さかった。

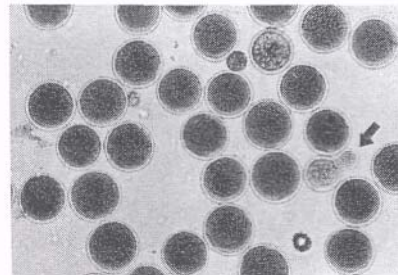


Fig. 2 Mature (and one immature—arrow) pollen grain of avocado ('Fuerte', $\times 300$)

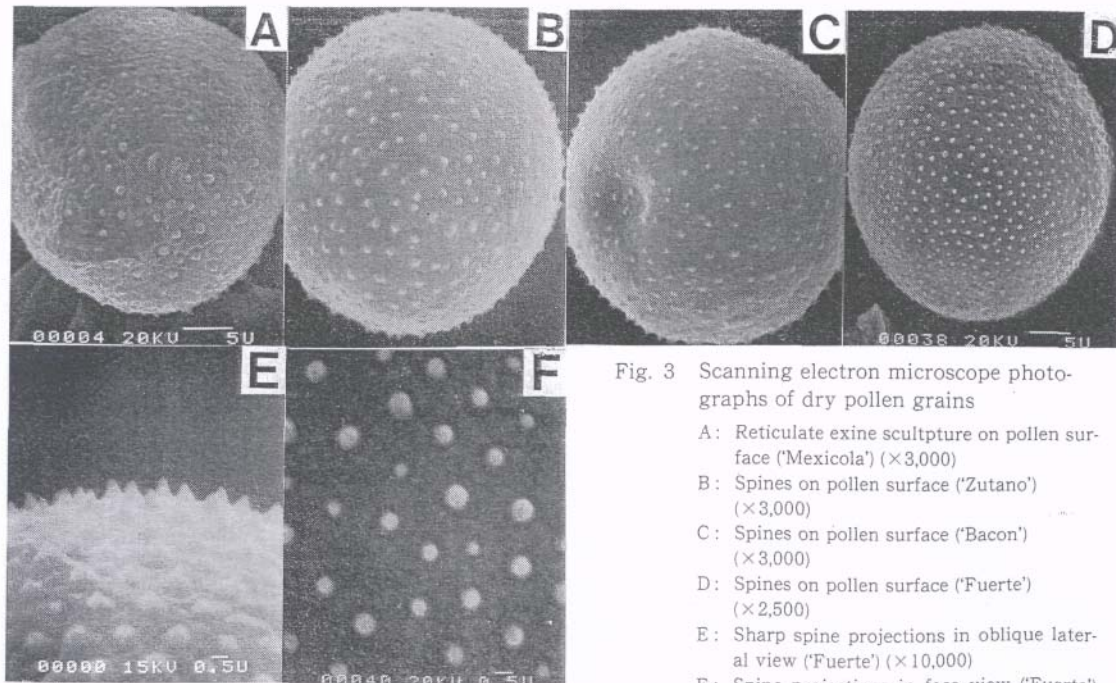


Fig. 3 Scanning electron microscope photographs of dry pollen grains

- A: Reticulate exine sculpture on pollen surface ('Mexicola') ($\times 3,000$)
- B: Spines on pollen surface ('Zutano') ($\times 3,000$)
- C: Spines on pollen surface ('Bacon') ($\times 3,000$)
- D: Spines on pollen surface ('Fuerte') ($\times 2,500$)
- E: Sharp spine projections in oblique lateral view ('Fuerte') ($\times 10,000$)
- F: Spine projections in face view ('Fuerte') ($\times 10,000$)

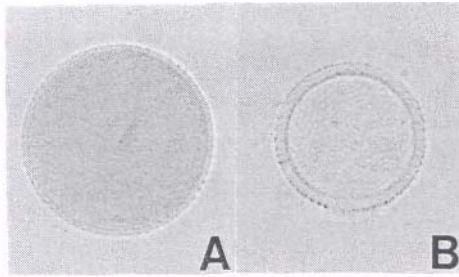


Fig. 4 Morphology of fertile and sterile pollen grains ('Fuerte')

A: Fertile pollen (×1,000)
B: Sterile pollen (×1,000)

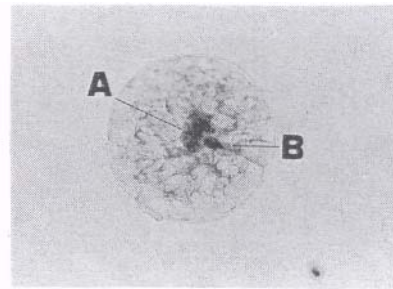


Fig. 5 Binucleate pollen grain of avocado ('Fuerte', ×700)

A: Vegetative nucleus, B: Generative nucleus

銀染色によれば稔性花粉に栄養核と生殖核の2核が認められた(図5)。

表1と図6に、各品種の開花前と開花中の稔性花粉と不稔花粉の頻度を示した。'Mexicola'は開花前の稔性花粉比率は53.0%、開花中では77.2%、'Zutano'は開花前は92.4%で開花中は99.0%、'Bacon'では開花前は82.8%、開花中は89.5%、'Fuerte'では開花前は96.8%、開花中は98.7%であった。各品種とも全般的に開花前より開花中の稔性比率が高かった。花粉稔性比率の最も高い品種は'Fuerte'で、ついで、'Zutano'、'Bacon'の順位であり、低い品種は'Mexicola'であった。稔性花粉と不稔花粉の大きさの分布を図7に示した。稔性花粉の大きさの分布をみると、'Mexicola'が35.0~72.0 μm と幅広い分布を示し、'Zutano'は35.0~51.0 μm 、'Bacon'は28.0~49.0 μm 、'Fuerte'は35.0~49.0 μm の範囲に分布し、稔性花粉の大きさのピークは、'Fuerte'が44.0 μm と大きく、'Zutano'の39.0 μm 、'Bacon'の37.0 μm の順に低下し、'Mexicola'の明瞭な

ピークはなかった。不稔花粉の大きさをみると、各品種とも稔性花粉より小さく、'Mexicola'では25.0~58.0 μm 、'Zutano'では35.0~56.0 μm に分布し、明かなピークはなかった。

3. 柱頭上の花粉発芽

自然状態における柱頭上の花粉発芽について図8に示した。各品種の花粉は柱頭に置床し、3時間後に発芽が観察された。(図8A)。花粉の外壁は柱頭に置床した接合部より、発芽管の伸長が観察された(図8B)。

4. 収量

年次別における1樹当たりの収量を表2に示した。1986年においては、'Fuerte'が87.4~100.4kgと最も多く、ついで、'Zutano'の73.5~75.5kg、'Bacon'の45.0~55.7kg、'Mexicola'の10.8kgであった。1987年においても、'Fuerte'が191.6~195.3kg、'Zutano'が120.5~144.6kg、'Bacon'は56.4~93.6kg、'Mexicola'は15.4kgであり、2年間を通して、'Fuerte'の収量が最も高く、ついで、'Zutano'、'Bacon'、'Mexicola'の順位であった。

Table 1 Percentage of fertile and sterile pollen grains before and at the time of flower opening

	'Mexicola'		'Zutano'		'Bacon'		'Fuerte'	
	Before flowering	Open flower	Before flowering	Open flower	Before flowering	Open flower	Before flowering	Open flower
Number of observations	844	1,078	1,909	2,908	1,032	1,023	1,015	1,038
Number of fertile pollen grains	397	778	1,764	2,880	855	916	983	1,024
Percentage of fertility	53.0 (%)	77.2	92.4	99.0	82.8	89.5	96.8	98.7
Number of sterile pollen grains	477	300	145	28	177	107	32	14
Percentage of sterility	47.0 (%)	27.8	7.6	1.0	17.2	10.5	3.2	1.3

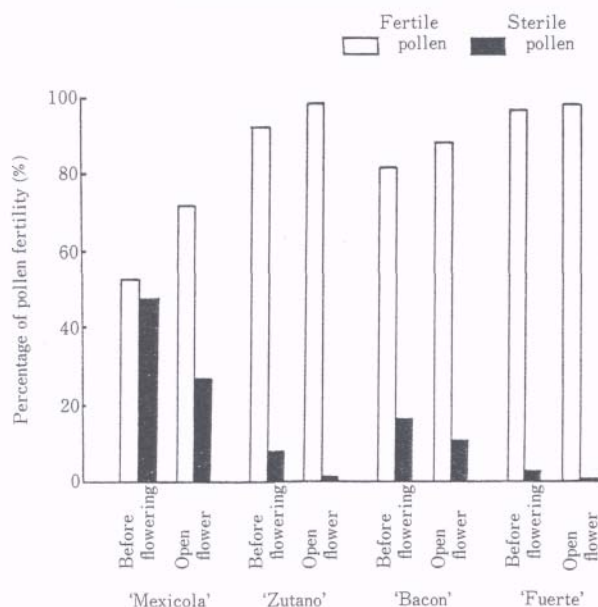


Fig. 6 Percentage distribution of fertile and sterile pollen before and flowering opening, in four cultivars

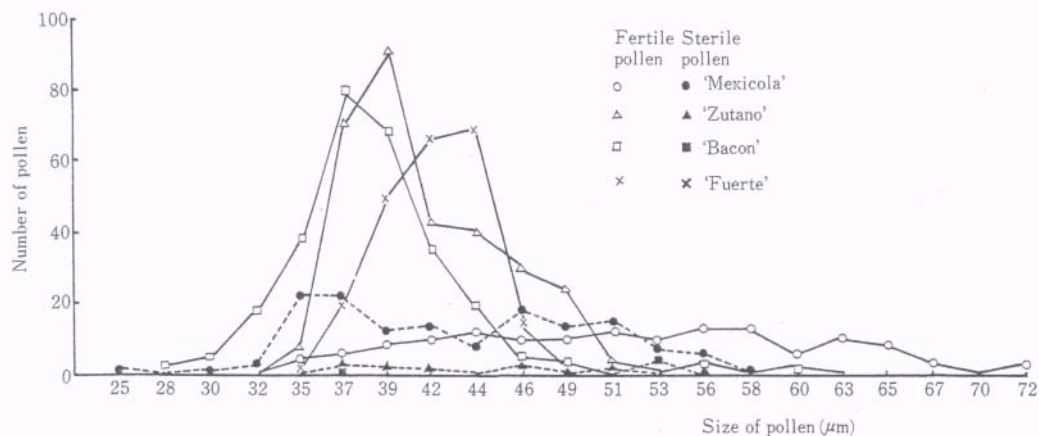


Fig. 7 Distribution of pollen size at full bloom as indication of fertility and sterility

考 察

我が国の西南暖地に導入された亜熱帯果樹は、アボカドのほかにパッションフルーツ¹¹⁾、フェイジョア^{4,23)}、グァバ¹²⁾、レイシ¹³⁾、チェリモア^{24,25)}などがあるが、いずれの導入果樹も結実率が低い。結実率を高めるための基礎的研究として、花粉の形態的特性や花粉の発芽機構について検討されている^{4,11,21,24)}。近年、走査型電子顕微鏡によって、多くの植物の花粉形態の特徴が明らかにされている^{14,15,22)}。しかし、アボカド³⁾、フェイジョア⁴⁾、パパ

イヤ¹⁶⁾、ナツメヤシ¹⁶⁾などの亜熱帯果樹の花粉形態の研究は比較的少ない。

弦間ら⁴⁾はフェイジョアの花粉の大きさは15~20 μmと小粒型で、三角形状を呈し、外壁表面はいぼ状や顆粒状であり、3溝中孔型と報告している。低結実性の原因として花粉のほかに雌ずいの柱頭が小さく、分泌物の少なさを指摘し、着果安定の対策として親和性品種の混植の必要性を述べている。山本ら²³⁾もフェイジョアで、開花早期の開葯前の花に親和性品種の花粉の人工受粉が着果率を向上させると報告している。

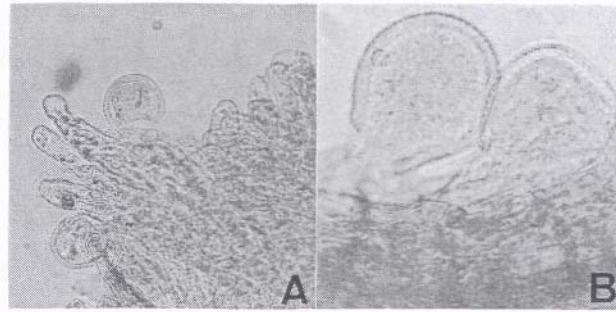


Fig. 8 Pollen tube growth of the stigma in natural condition
A: 'Fuerte' ($\times 400$), B: 'Fuerte' ($\times 1,000$).

Table 2 Fruit production per cultivar and tree (1986-'87)

Kg	'Mexicola'		'Zutano'		'Bacon'		'Fuerte'	
	No. 1	No. 2	No. 1	No. 2	No. 1	No. 2	No. 1	No. 2
1986 (19 year-old)	10.8	75.5	73.5	55.7	45.0	87.4	100.4	
1987 (20 year-old)	15.4	144.6	120.5	93.6	56.4	191.6	195.3	

岸本¹⁶⁾はパパイヤとナツメヤシの花粉を走査型電子顕微鏡にて観察し、パパイヤの花粉は円形で3溝中孔型であり、中央部に鮮明な発芽口(孔)を、ナツメヤシではだ円形で長径に沿って浅い溝があることを述べている。

アボカドに関しては、SCHROEDER¹⁹⁾は、'Fuerte'の花粉の直径は約 $50\mu\text{m}$ とし、Gazit³⁾は、アボカドの外壁表面には品種により異なる刺状や顆粒状の突起が認められ、発芽孔は外部から観察されないと報告している。クスノキ科の花粉の、2核性が BREWBAKER²⁾によって報告され、単粒でIA型(球形で発芽孔がない⁶⁾)、中粒で刺状突起をもつことが知られている。

本研究で観察されたアボカド花粉はほぼ球形で、外壁表面は品種により異なり、多くの刺状の突起のもの、顆粒状の突起および網目状の彫紋がみられた。発芽孔は外部からは観察されず、2核性花粉であった。また、アボカド花粉は単粒で、大きさは中粒の $30.0\sim 50.0\mu\text{m}$ 範囲に分布した。この結果は、他の報告と一致している^{2,3,5,19)}。

大部分の果樹花粉には発芽口(孔・溝)が存在し、そこから発芽管が伸長し受精する。アボカドでは、発芽孔は外部からは観察されず、発芽に際して独特な機構があると思われる。著者ら¹⁰⁾のアボカド花粉の発芽試験の結果、人工培地上の発芽率は低く、栽培上、適温とされる $20\sim 25^\circ\text{C}$ 下でも7%以下であった。自然状態で柱頭上における花粉の発芽が観察された。その場合、花粉の外壁が柱頭上の粘液によって溶解されて発芽管が伸長する

と考えられる。しかし、その頻度は極めて少なく、受精率の低さを示唆している。

花粉稔性をみると、稔性花粉より不稔花粉は花粉内容物が少なくやや小型であった。稔性率は、4品種とも開花前より、開花中の方の比率がやや高くなっている。このことは、開花中は不稔花粉が軽いための飛散によると思われる。'Mexicola'の稔性率が低いのは、早生品種のために我が国での花芽の発達(花粉粒・胚珠形成)は2月上旬の厳寒期の低温に遭遇しやすく⁷⁾、花粉稔性に影響していると思われる。

カンキツでも花粉稔性は気候、栽培地や開花時期によって異なり、時期が遅い場合ほど稔性率が低い^{17,18)}、上野²¹⁾は中・晩生カンキツは開花直前の蕾の花粉と開花中の花粉には、稔性率に相違のあることを述べている。

アボカド花粉の稔性と大きさの分布をみると、'Fuerte'のピークが $44\mu\text{m}$ と最も大きく、ついで、'Zutano'の $39\mu\text{m}$ 、'Bacon'の $37\mu\text{m}$ の順に低下し、'Mexicola'にはピークはみられない。品種間での花粉の大きさの変異幅についてみると、'Fuerte'、'Zutano'、'Bacon'及び'Mexicola'の順に幅が広がっていた。

アボカドを栽培している沼津市西浦久連の山田農園における自然条件下での4品種の結実率及び収量を比較すると'Fuerte'、'Zutano'、'Bacon'、'Mexicola'の順に低下している。このことと花粉の稔性並びに花粉の大きさとの間に密接な関係があるように思われた。著者ら⁹⁾は結実習性と収量構成要素について、山田農園のアボカド

結実率を調べた結果 'Fuerte' では、結実率も 0.038% と高く、ついで、'Zutano' は 0.007%, 'Bacon' は 0.002% であった。すなわち、花粉の稔性率が最も高く、大きい花粉を形成する品種は 'Fuerte' でついで、'Zutano' 'Bacon' となった。最も低い稔性率の品種 'Mexicola' は結実率、収量とも低かった。このことから、花粉の稔性並びに花粉の大きさと収量との間に関係があることを示唆しているものと考えられる。

謝辞 本研究を実施するに当たり、ご助言を賜った元日本大学教授伊東秀夫先生、有益なご教示を賜ったカリフォルニア大学 Dr. B. O. BERGH、並びに、本稿をご閲覧下さった帝京大学上條明雄先生に深く謝意を表します。また、調査にご協力下さった本学の果樹蔬菜園芸学研究室の学生諸氏に深謝いたします。

引用文献

1. BERGH, B. O. 1975 Avocados, Advances in fruit breeding. Purdue University press. p. 541-567.
2. BREWBAKER, J. L. 1959 Biology of the angiosperm pollen grain. *Int. J. Genet. Plant. Breed.* **19**: 121-123.
3. GAZIT, S. 1976 Pollination and fruit set of avocado. Proceeding of the first international tropical fruit short course. The avocado. University of Florida, Gainesville. p. 88-92.
4. 弦間 洋・福島正幸・大垣智昭 1988 フェイジョア (*Feijoa sellowiana* BERG.) の花器及び花粉の形態観察. 日本熱帯農業学会第 64 回講演会研究発表講演要旨. 32-33.
5. 幾瀬マサ 1956 日本植物の花粉, p. 1-303. 広川書店 (東京).
6. 井上弘明・山田寿樹・高橋次次郎 1982 アボカドの導入と栽培現況. *農業および園芸*. **57**: 1394-1398.
7. 井上弘明・高橋次次郎 1989 アボカド (*Persea americana* MILL.) の花芽分化および発育について. *園学雑*. **58**: 105-111.
8. ———— 1990 アボカド品種の開花型、とくに開花時の気温が開花習性に及ぼす影響. *園学雑*. **58**: 927-934.
9. ———— 1990 アボカドの結実習性と収量構成要素について. *園学雑*. **59**: 487-501.
10. ————・白戸一士 1988 アボカドの花粉発芽について. 日本花粉学会第 29 回大会講演要旨. 3.
11. 石畑清武 1986 紫果物時計草の受精に関する研究: 受粉処理した柱頭数が結果率ならびに果実品質に及ぼす影響. 鹿兒島大農学報. **36**: 53-56.
12. 河崎佳寿夫 1985 グワバ. 果樹全書 (特産果樹). p. 619-622. 農文協 (東京).
13. ———— 1985 レイシ. 果樹全書 (特産果樹) p. 714-746. 農文協 (東京).
14. 岩波洋造 1981 花粉学. p. 1-212. 講談社 (東京).
15. IWANAMI, Y., SASAKURA, T. and Y. YAMADA 1988 Pollen. p. 1-198. Kodansha & Springer-Verlag. (Tokyo).
16. 岸本 修 1976 熱帯果樹の花粉 I. パパイアとナツメヤシ. *園学要*, 昭 51 秋. 20-21.
17. 中村三八夫 1929 柑橘属の細胞学的研究 I: 枝変早生温州に就いて. *柑橘研究*. **3**: 1-14.
18. ———— 1934 柑橘属の細胞学的研究 II. 染色体数, 花粉の不稔及び異常四分子形成. *柑橘研究*. **6**: 162-178.
19. SCHROEDER, C. A. 1953 Some aspects of pollination in the avocado. *Calif. Avocado Soc. Yearbook*. **54**: 159-162.
20. 白戸一士・上条明雄・田中信徳 1986 コンフリーの花粉形成における仁の動態. 日本植物学会第 51 回大会. 研究発表記録. 109.
21. 上野 勇 1986 カンキツ花の諸形質の遺伝様式について: 第 1 報 花粉稔性の分離. *果樹試報 B*, **13**: 1-9.
22. 上野実朗 1987 花粉学研究. p. 21-98. 風間書房 (東京).
23. 山本泰嗣・下群嘉勝・無田上重治 1987 フェイジョア (*Feijoa sellowiana* BERG.) の特性調査 (第 1 報): 着果要因について. *園学要*, 昭 62 秋. 172-173.
24. 米本仁巴・中屋英治・山下重良 1990 チェリモヤの施設栽培に関する研究 (第 4 報): 開花習性と人工受粉, 気温及び湿度が結実率に及ぼす影響. *園学雑* 59 別. 188-189.
25. ———— 1991 チェリモヤの栽培技術. *果実日本* **49**(1): 54-59.