

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

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

Effects of Temperature on the Flowering Behavior of in Avocado Trees

Hiroaki INOUE and Bunjiro TAKAHASHI

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

Summary

1. In order to clarify flower morphology and the effects of temperature on the flowering behaviors of the Avocado tree (*Persea americana*), cultivars 'Mexicola', 'Zutano', 'Jalna-J', and 'Fuerte' were studied in Yamada Orchard, Numazu, Shizuoka.
2. The flowering dichogamy phenomena were observed and photographed through a scanning electron microscope (SEM).
3. In terms of flower behavior, 'Mexicola' was of type "A" (female-functioning in the morning), 'Zutano' and 'Fuerte' of type "B" (female in the afternoon); these results agree with earlier published observations. But, 'Jalna-J' in Japan was of "B" type, contrary to previous 'Jalna' descriptions.
4. At high flowering temperatures (15~25°C), the sexual organs of all cultivars behaved normally, a high percentage of flowers opened female, the life span of one flower was short, and the period of female receptivity was short.
5. At a low temperature (below 15°C), a low percentage of flowers opened female, some flowers were male-functioning when they first opened, the flowering period was extended, and the life span of one flower was long. Below 7°C, there was no anther dehiscence.
6. With warm temperatures, each flower was female-functioning at its first opening, male-functioning at its second opening the next day. Each day, flowers opened male that had opened female the day before—two days before in cooler weather.
7. Avocado flowers behaved more normally in the warmer weather of middle and late May, as compared with mid-April.

緒 言

前報(6)では、我が国のアボカドの花芽分化期は11月中・下旬であって、カリフォルニアよりも約一ヵ月遅れ、
☒ その後の花芽の発育も冬季の低温期に遭遇するため、さらに遅れることを報告した。

アボカドの花は両性花であるが、それは雌ずいと雄ずいの成熟期を異にする雌雄異熟花である。Nirody(9)、及び Stout(17, 18) は、アボカドの栽培品種を雌ずいと雄ずいの活動時間の相違に基づきA品種群とB品種群に大別し、A群の品種は雌ずいと雄ずいの活動時間が交叉

しないが、B群の品種は両者の活動時間が交叉することを報じている。一方、開花時の気温が雌・雄ずいの活動に影響することも報じられている(13, 14, 15, 16)。

本報告は、我が国におけるアボカドの開花・結実に関する基礎的資料を得る目的で、花の形態的観察、開花型及び開花時の雌・雄ずいの活動に及ぼす気温の影響について検討したものである。

材料及び方法

供試材料は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を用いた。調査には早生品種の'Mexicola'(22年生, 1樹)と中生品種の'Zutano'(8・14年生, 2樹), 'Jalna-J'(6年生, 2樹), 及び'Fuerte'(6・22・30年生, 3樹)を用いた。日本で栽培されて

1989年6月12日 受理

我が国におけるアボカドの開花・結実生理に関する研究(第2報)

いる 'Jalna' は導入先のアメリカの 'Jalna' と花型及び果実形質が相違しているので 'Jalna-J' として取扱った。雌雄異熟花の形態的観察は、走査型電子顕微鏡（日立 S-450 型）によって行った。開花調査は 1981 年 4 月中旬から 5 月下旬まで、すなわち、調査 1—5 月 2~4 日、調査 2—4 月 19~21 日、調査 3—5 月 23~25 日、調査 4, 6, 8—5 月 16~18 日、調査 5, 7—5 月 9~11 日の 5 回行った。各調査期間の気温の測定は栽植地の百葉箱内で自記温度計によって行い、その結果を第 4 図に示した。開花した花の雌ずい及び雄ずいの活動は 1 品種当たり水平枝の長さ 50 cm の結果母枝 40 本上に着生した花について、その形態変化を 2 時間ごとに 60 時間追跡調査した。さらに、花の寿命をカラーペイントの色

別によって調査した。

なお、実験に供試した品種の開花型は Nirody(9), Stout(17, 18) の説に基づき、雌・雄ずいの活動時間によって分類した。

結 果

1. 雌雄異熟現象の観察

開花時における雌ずいと雄ずいの状態を第 1, 2 図に示した。花は花被が 6 片、雌ずいが 1 本、雄ずい 9 本に仮雄ずい 3 本からなる両性花であり、同一花内の雌ずいと雄ずいでは成熟期を異にする雌雄異熟性を示す。

雌ずいの活動期にある花の雄ずいは、いずれも花柱に対して、90 度の角度で花被片の上に倒れ（第 1 図-A, B）、この時、やくの 4 個の開口弁は閉じたままであった

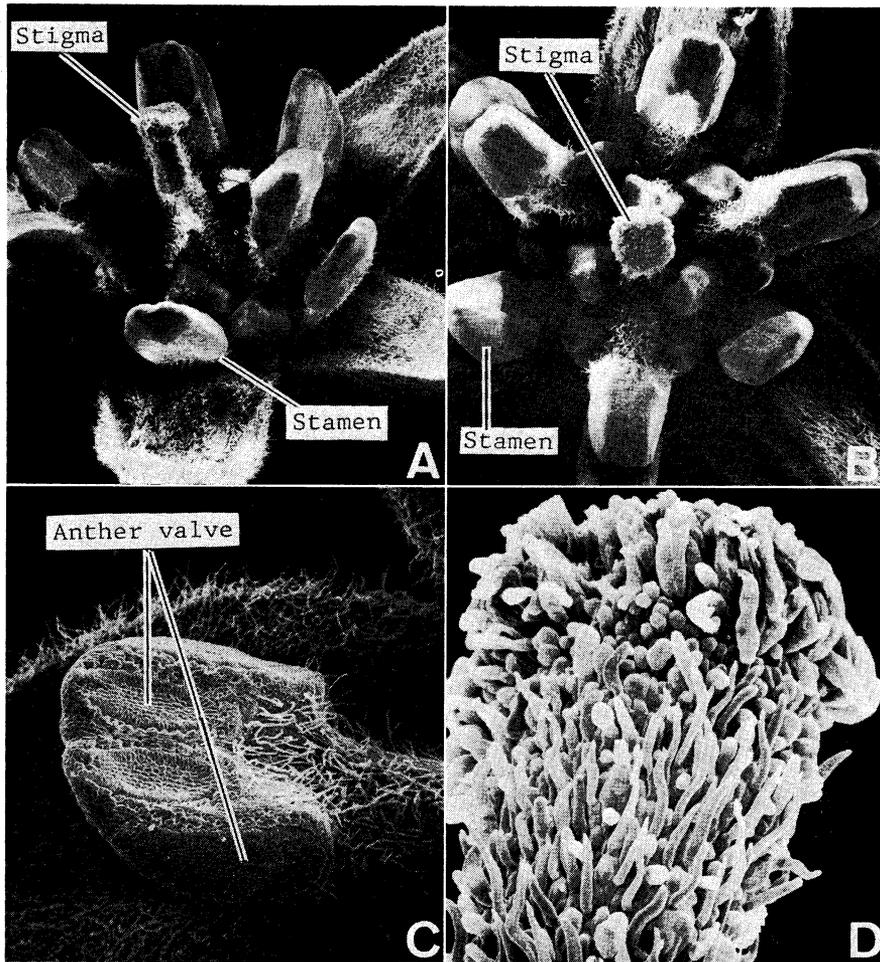
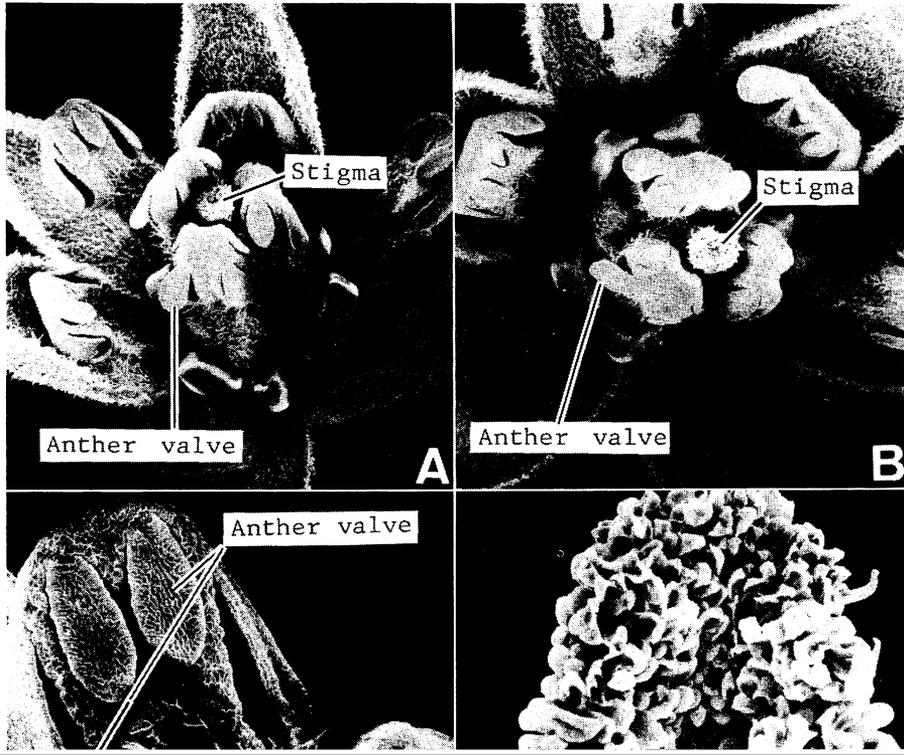


Fig. 1. The female stage of avocado flower in the dual opening by scanning electron microscope, with stigma receptive, but stamens bent outward and anthers not dehisced ('Fuerte').

A, B: Stigma receptive ($\times 20$) A, B: Stamens bent outward ($\times 20$)
C: Anther not dehisced ($\times 50$) D: Stigma receptive ($\times 50$)



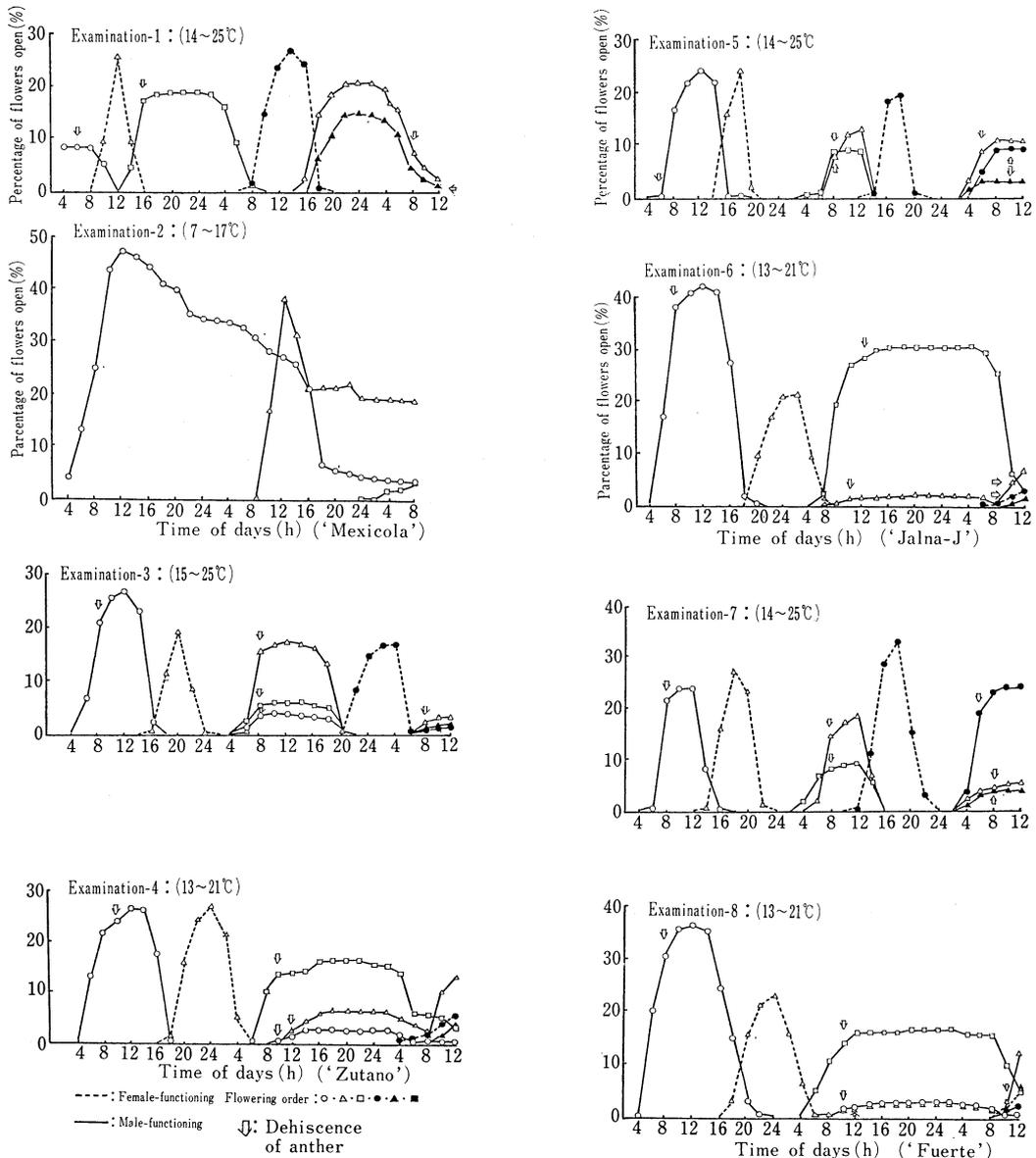


Fig. 3. Daily floral cycle at the two different temperatures.

調査3, 5, 7). なお, A, B群とも雌ずいが先熟であり, 雌ずいの受粉・受精可能時期は開花第1回目のみで, 翌日には柱頭が黒変した。

3. 開花時間

各品種の開花時間の推移は, A群の'Mexicola'では第3図-調査1に示すように, 8時より雌ずいの活動が始まり, 12時にピークとなり16時には終わった。雄ずいの成熟活動は開花翌日の14時から始まり, 22時から翌

々日の2時までピークを示し12時に終わった。雌ずいと雄ずいの活動には時間的に12時間のずれがあり, 同じ花における両ずいの活動が一致する交叉時間はみられなかった。なお, 第3図-調査1の雌ずい活動と雄ずい活動の交叉は, その雌ずい活動が前日に第1回目の開花をした花のものであり, 同一花におけるものではない。

B群'Zutano'での行動は第3図-調査3に示すように, 雌ずいの活動は14時より始まり, 20時にピークに

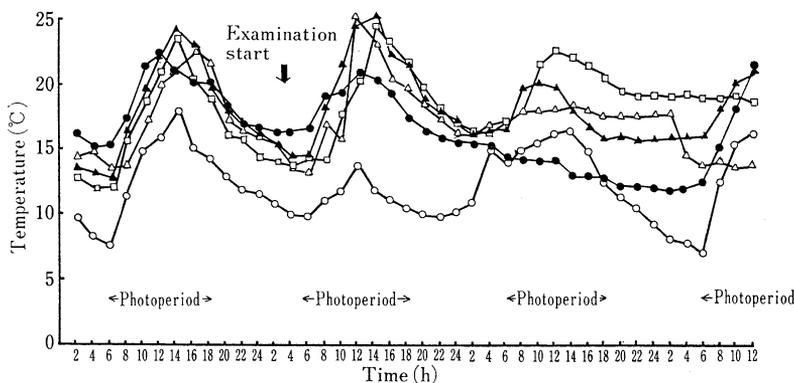


Fig. 4. Mean temperature in avocado field (April to May, 1981)

- △ Examination—1: May, 2~4. ○ Examination—2: April 19~21.
 ▲ Examination—3: May, 23~25. ● Examination—4, 6, 8: May, 16~18.
 □ Examination—5, 7: May, 9~11.

達し翌日の2時に至るまで活動を続けた。雄ずいの活動は4時より始まり12時にピークに達し22時に終わった。なお、前述したように雌ずいと雄ずいの活動時間が、交叉しているのはすべて前日に開花した別の花であった。

B群の‘Jalna-J’は第3図-調査5に示すように、雌ずいの活動は14時より始まり、18時にピークとなり22時に終わった。雄ずいの活動は翌日の2時より始まり、12時にピークとなり16時に終わった。翌日は他の花が同様な活動を繰り返し、雌・雄ずいの活動の交叉は前日に開花した別の花相互においてであった。

B群の‘Fuerte’は第3図-調査7に示すように、雌ずいの活動は12時より始まり、18時にはピークに達し24時に終わった。雄ずいの活動は翌日の2時より始まり、12時にピークに達し16時に終わった。翌日は他の花が同様な活動を繰り返していた。雌・雄ずいの活動の交叉は前日開花のものであった。

B群の品種の雌ずいは12~14時より始まり、20時から翌日の6時まで活動し、雄ずいは4時から22時まで活動していた。雌ずいと雄ずいの活動時間の交叉は短時間であった。

4. 開花時の温度と開花時間

開花時における気温を第4図に示した。開花時の気温が比較的高い期間は、調査1, 5, 7 (14~25°C)、調査3 (15~25°C) であり、開花時の気温が比較的低い期間は、調査2 (7~17°C) と調査4, 6, 8 (13~21°C) であった。

開花時の気温が比較的高い調査1, 3, 5, 7 (14~25°C) の条件下で、各品種の雌ずいと雄ずいの活動状況を見ると (第3図-調査1, 3, 5, 7), 各品種とも雌

ずいと雄ずいの活動は、ほぼ同じ開花比率で交互に現われていた。しかし、開花順序は最初に雌ずいとして活動した花のすべてが、翌日の同じ花の雄ずいとして活動するわけではなく、大部分の花が雄ずいとして活動するがその翌日に残りの花が雄ずいとして活動した。したがって、同じ時間に雄ずいとして活動する花の中には、前日並びに前々日に活動すべき花が含まれていた。

全般的に気温の比較的高い場合は、各品種とも雌ずいの開花比率が高く、雌ずいと雄ずいの活動時間が短縮され、一つの花の寿命が短くなり、雌ずいと雄ずいの活動時間の交叉は少なかった。また、開やくについては、‘Mexicola’では16~18時に開やくし、翌日の8~12時に閉じていた。‘Zutano’、‘Jalna-J’及び‘Fuerte’においては、6~8時に開やくしていた。

開花時の温度がさらに低い調査2, 4, 6, 8 (7~21°C, 第3図) についてみると、調査2の‘Mexicola’では、7~17°Cの最も低い条件下にあり、雌ずいの活動がなく、雄ずいの活動のみで開花比率も高く活動時間は長かった。翌日も雌ずいの活動はなく、雄ずいののみであった。‘Zutano’、‘Jalna-J’及び‘Fuerte’は、雌ずいの開花比率はやや低く、雌ずいと雄ずいの出現時刻の遅れや開花時間の延長がみられ、一花の花の寿命が長くなっていた。とくに、雄ずいの開花時間の延長がみられた。雌ずいと雄ずいの出現時刻の遅れや延長によって、逆に交叉時間が長くなった。さらに、気温の低い条件下の‘Mexicola’は、雄ずいの活動はみられたが開やくは認められなかった。‘Zutano’、‘Jalna-J’及び‘Fuerte’については、開やく時間が遅れ10~12時にずれ込んだ。開花順序については、前日または前々日の雄ずいの開花

比率は低い傾向を示した。

考 察

アボカドの花は雌雄異熟現象のために、自家受粉が難しく、さらに、開花時の気温が雌・雄ずいの活動に強く影響し、不結実の要因となっている。

アボカドの雌雄異熟現象については、Bringhurst(3)やDavenport(4)の実体顕微鏡による形態観察や、走査型電子顕微鏡によるScholefield(12)の報告がある。本調査ではさらに、両性花における雌ずいと雄ずいの花器活動を形態学的に詳細に観察した。

我が国で栽培され、本調査に供試した品種の開花型をみると、'Mexicola'では第1回目の開花が午後に行われて雌ずいが成熟し、同じ花の第2回目の開花は翌日の午後に行われて雄ずいが成熟するA群であった。'Zutano'、'Jalna-J'、'Fuerte'の3品種では、第1回目の開花が午後に行われて雌ずいが成熟し、同じ花の第2回目の開花が翌日の午前中に行われて雌ずいが成熟するB群であった。それらの結果はStout(17, 18)、Papademetriou(10)、Peterson(11)、及びItoとFujiyama(7)の分類と一致していた。しかるに、'Jalna'は、Bergh(1)、Sedgley(16)によるとA群に属する品種であるが、日本に導入されていた'Jalna'('Jalna-J'と仮称)はB群であり、Bergh(1)やSedgley(16)の報告と明らかに異なるので、異品種と考えられる。

開花時間についてみると、A群の'Mexicola'の雌ずいの活動は8~16時であり、雄ずいの活動は翌日の12時より始まり、翌日の10時には閉じ、雌ずいと雄ずいの活動時間の交叉はなかった。ItoとFujiyama(7)はA群の'Hass'では雌ずいの活動は8時から始まり、11時45分に終り雌ずいの活動は翌日の11時より始めると述べ、また、Peterson(11)もA群の'Rincon'で雌ずいの活動は7時25分~8時10分に始まり、11~13時10分に終る。そして雄ずいの活動は翌日の11~12時に始まり、花粉の放出は13時20分~22時まで行っていたと報告している。本調査の'Mexicola'の場合は雌ずいの活動は8時より始まり、12時に最高の開花比率となり16時に終了し、雄ずいの活動は翌日の13時から始まり翌々日の12時まで活動している。花粉の放出は16時~翌日の8時まで行われていた。このことは'Hass'や'Rincon'の開花時間とほぼ同じ傾向を示したが、雌ずい及び雄ずいの活動時間がやや長くなっているのは開花時の気温によるものと考えられる。

B群の'Zutano'、'Jalna-J'及び'Fuerte'の3品種においては、雌ずいの活動は14~16時の午後に、雄ずいの活動は翌日の4~8時の午前中に始まり、16~22

時にかけて終了しており、品種間の差異はなかった。Peterson(11)はB群の'Zutano'の雌ずいの活動は、14時50分より始まり19時15分に終了し、雄ずいの活動は翌日の6時21分より始まり11時に終了したと述べている。また、ItoとFujiyama(7)は'Fuerte'についても、雌ずいの活動は、14時45分より始まり、雄ずいの活動は翌日の6時45分より始まり、14時45分に終了すると報告している。このことは本調査とほぼ同じような結果であったが、雌・雄ずいの活動時間はやや長くなっており、開花時の気温が影響しているものと考えられる。

開花時の気温と開花状態の関係は各品種とも比較的気温の高い15~25℃では、雌ずいと雄ずいの活動が交互に行われ、その開花比率は雌ずい、雄ずいとも同じであり、開花時間も短くなり、とくに、B群の'Zutano'、'Jalna-J'及び'Fuerte'の品種においては、雌ずいと雄ずいの活動時間の交叉は短くなっている。しかし、比較的気温の低い15℃以下では、雌ずいと雄ずいの活動が交互に行われず、雌ずいと雄ずいとも活動時間の遅延や延長がみられ、活動が低下していたり、ときには活動がみられなかった。雌ずいと雄ずいの活動時間の交叉は、逆に活動時間の遅延や延長のためにやや長くなっており、さらに、7℃以下の気温では雌ずいの活動は行われず、雄ずいのみで活動し、しかし、開やくはみられなかった。

Sedgleyら(13, 15)は開花に及ぼす温度の影響について、グロースキャビネットを用い、昼温33℃、夜温28℃区と昼温25℃、夜温20℃区ならびに昼温17℃、夜温12℃区の温度条件下で1日の開花比率を調べ、'Fuerte'では雌ずいの開花比率は昼温25℃、夜温20℃で最も高い65%を示し、ついで、昼温33℃、夜温28℃区が40%、昼温17℃、夜温12℃はわずか6.7%であった。とくに、昼温17℃、夜温12℃区の低温状態では雌ずいの活動は約8%で、その約半分(3.6%)が1~2日遅れて雌ずいとして活動すると報じている。さらに、Sedgley(16)は花粉管の伸長や胚の発育は昼温25℃、夜温20℃で正常に行われると報告している。LesleyとBringhurst(8)は圃場において、11.5~21.5℃の温度条件下では雌ずいの活動がなかったと述べ、Bringhurst(2)も7.5~21.5℃の温度条件下では、雌ずいと雄ずいの開花周期が入れ替わることを報告している。本調査においても、15~25℃の比較的気温の高い条件下での雌ずいの開花比率は、各品種とも20~30%を示し、開花時の気温が比較的低い15℃以下の条件下では、雌ずいの開花比率が低く、雌ずい及び雄ずいの活動の開花時刻が遅れ、開花時間の延長

がみられ、Sedgley(16)の昼温17°C、夜温12°C区の実験結果と同様に開花開始が遅れ、雌ずいの開花比率が低くなった。

以上のことから、アボカドの雌雄異熟性による不結実対策として、A群とB群に属する品種の混植によって結実の向上をはかるとともに、それらの開花時には少なくとも20~25°Cの気温が必要であることが明らかとなった。我が国で栽培されているアボカドの開花期は一般に5月上旬~6月上旬であるが(5)、開花期が上記の気温条件になるのは5月中・下旬~6月上旬である。したがって、我が国でのアボカド栽培地の選定には開花時に好適気温条件の得られることが、産地形成の一つの重要な条件となるものと考えられる。

摘 要

1. 静岡県沼津市西浦久連の山田寿太郎氏園に栽植の‘Mexicola’、‘Zutano’、‘Jalna-J’、‘Fuerte’を用い、花の形態的観察、開花型、開花時の温度が開花習性に及ぼす影響について調査した。

2. 走査型電子顕微鏡による雌雄異熟現象の観察を行った結果、両性花の雌ずい及び雄ずいの活動時における花器の開花機構が明らかとなった。

3. 開花型は、‘Mexicola’がA群に属し、‘Zutano’、‘Fuerte’はB群に属し、既報の研究結果と一致していた。しかし、我が国へ導入されていた‘Jalna’はA群とされてきたが、本調査の結果から異品種であることが明らかとなり、それはB群に分類され、‘Jalna-J’と仮称した。

4. 開花時の気温が比較的高い15~25°Cの条件下では、各品種とも雌ずいと雄ずいの活動が正常に行われ、雌ずいとしての開花比率が高く、一花の寿命は短くなった。また、雌・雄ずいの活動交叉時間は短かった。

5. 開花時の気温が比較的低い15°C以下の条件下では、雌ずいの開花比率が低く、雌ずいの活動が低下したり、活動開始が遅れたり、あるいは開花時間の延長がみられ、一花の寿命も長くなった。さらに、7°C以下では雌ずいの開やくはみられなかった。

6. 開花順序は、最初に雌ずいとして開花した花は、翌日に大部分が雄ずいとして開花するが、同時間に雄ずいとして活動する花は前日及び前々日に開花すべき花が含まれ、低温条件になるほど、これらの開花時間は長くなった。

7. 開花時の気温は、4月中旬より5月中・下旬の方がアボカドの開花の好適気温であった。

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、本稿をご校閲くださった

筑波大学大垣智昭教授ならびに有益なご教示を賜ったカリフォルニア大学 Dr. B. O. Bergh に深く謝意を表します。また、貴重な材料を提供して頂きました山田寿太郎氏ならびに積極的に調査にご協力下さいました山田寿樹氏、本学の果樹蔬菜園芸学研究室の学生諸氏に深謝致します。

引用文献

1. BERGH, B. O. 1974. The remarkable avocado flower. Calif. Avocado Soc. Yearbook 1973-74: 40-41.
2. BRINGHURST, R. S. 1951. Influence of glass-house conditions on flower behavior of ‘Hass’ and ‘Anaheim’ avocados. Calif. Avocado Soc. Yearbook 1951: 164-168.
3. BRINGHURST, R. S. 1952. Sexual reproduction in the avocado. Calif. Avocado Soc. Yearbook. 1952: 210-214.
4. DAVENPORT, T. L. 1986. Avocado flowering. Hort. Rev. Vol. 8: 257-289.
5. 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: 1394-1398.
6. 井上弘明・高橋文次郎. 1989. アボカド (*Persea americana* Mill.) の花芽の分化及び発育について. 園学雑. 58: 105-111.
7. ITO, P. J. and D. K. FUJIYAMA. 1980. Classification of Hawaiian avocado cultivars according to flower types. HortScience. 15: 515-516.
8. LESLEY, J. W. and R. S. BRINGHURST. 1951. Environmental conditions affecting pollination of avocados. Calif. Avocado Soc. Yearbook 1951: 169-173.
9. NIRODY, B. S. 1922. Investigations in avocado breeding. Calif. Avocado Assoc. Annu. Rept. 1921-22: 65-78.
10. PAPADEMETRIOU, M. K. 1976. Some aspects of the flower behavior, Pollination and fruit set of avocado (*Persea americana* Mill.) in Trinidad. Calif. Avocado Soc. Yearbook. 106-152.
11. PETERSON, P. A. 1955. Dual cycle of avocado flower. California Agriculture Oct. 6~13.
12. SCHOLEFIELD, P. B. 1982. A scanning electron microscope study of flowers of avocado, litchi, macadamia and mango. Scientia Hort. 16: 263-272.
13. SEDGLEY, M. 1977. The effect of temperature on floral behaviour, pollen tube growth and fruit set in the avocado. J. Hort. Sci. 52: 135-141.
14. SEDGLEY, M. and C. M. ANNELLS. 1981. Flowering and fruit-set response to temperature in the avocado cultivar ‘Hass’. Scientia

- Hortic. 14: 27-33.
15. SEDGLEY, M. and W.J.R. CRANT. 1982/83. Effect of low temperatures during flowering on floral cycle and pollen tube growth in nine avocado cultivars. *Scientia Hortic.* 18: 207-213.
 16. SEDGLEY, M. 1985. Some effects of day-length and flower manipulation on the floral cycle of two cultivars of avocado (*Persea americana* Mill., Lauraceae), a species showing protogynous dichogamy. *J. Exp. Bot.* 36: No. 166. 823-832.
 17. STOUT, A. B. 1927. The flower behavior of avocados. *Memoirs of the New York Botanical Garden* 7: 145-203.
 18. STOUT, A. B. 1933. The pollination of avocados. University of Florida. *Agri. Exp. Sta. Gainesville. Florida Bulletin.* 257: 1-44.