

スイートスプリングと Kara におけるやくの異常

仁 藤 伸 昌・岩 政 正 男

(果樹園芸学教室)

昭和60年5月2日 受理

Abnormal anther development in 'Sweet Spring' and 'Kara', hybrid progenies of satsuma mandarin.

Nobumasa NITO and Masao IWAMASA

(Laboratory of Fruit Science)

Received May 2, 1985

Summary

'Sweet Spring' and 'Kara,' which are hybrids of satsuma crossed by 'Hassaku' and 'King,' respectively, were examined on the development of anther locules, amount of pollen, and pollen fertility, comparing with 'Encore' which is a hybrid of 'King' and 'Willow Leaf' mandarin.

In 'Encore,' all of the anther had normally 4 locules except for a very few abnormal anthers showing petaloidy, having 1 or 2 locules. In 'Sweet Spring,' on the other hand, a half of the anthers had 2 locules. Frequency of the anthers with 2 locules was 8% in 'Kara.' Average 2,500 pollen grains per anther were counted in 'Sweet Spring,' 5,400 in 'Kara,' and 6,700 in 'Encore.' Pollen fertility was 57%, 88%, and 93% in 'Sweet Spring,' 'Kara,' and 'Encore,' respectively.

The fewer number of pollen grains was caused by undevelopment of microsporangium resulting in a fewer number of anther locules. The fewer pollen grains and the poor pollen fertility in 'Sweet Spring' probably result in producing seedless fruits. The undevelopment of microsporangium appears to be inherited from the parental satsuma mandarin.

緒 言

カンキツでは無核性は産業上極めて重要な特性であり、育種目標のひとつに挙げられている。無核は種子形成過程における何らかの不稔現象が関与して発現する。カンキツ類において、無核の原因となる不稔には次の3種類、すなわち1) 生殖器の不稔、2) 自家不和合、3) 胚の早期致死が挙げられる⁴⁾。これらのうち、雄性器官の異常による不稔は最も多く報告されている。

Iwamasa²⁾は、温州ミカンを母親としスイートオレンジ、イヨカン、ハッサク、平戸ブンタンを交配した雑種の中に、やく不発達のために全く花粉を生じない雄性不稔個体を発見し、このようなやく不発達は温州ミカンの遺伝的要因に由来することを示唆した。さらに、この遺伝的雄性不稔性の利用により、無核品種の育成が可能であることを指摘した。最近、農林水産省が登録した「タンゴール農林1号」の清見は、宮川早生とトロビタオレンジの雑種であるが、上述したやく不発達個体のひとつで無核果を産し⁷⁾、巷間の好評を博している。

スイートスプリングは、昭和56年にタンゼロ1号として農林登録された新品種で、上田温州 (*Citrus unshiu* Marc.) × ハッサク (*C. hassaku* Hort. ex Tan.) の雑種である。Iwamasa²⁾は本種が育成番号5853の雑種実生として栽植されているときに調査し、親の温州ミカンと同じように花粉量が少なく花粉稔性も低いことを指摘している。西浦ら⁸⁾は、本種の含核数は平均6粒程度で15粒を越えることはなく、無核果も混在すると報告している。

Kara は、California 大学において Frost が尾張系温州に King (*C. nobilis* Lour.) を交雑して育成した品種である。California では多数の種子を含むと記載されているが^{1,3)}、わが国では無核果が散見されている⁵⁾。

このように無核果が混在する品種では、その不稔の原因を検討し栽培様式を改善することにより、完全な無核化をはかることが可能な場合がある。そこでこれら2品種につき、雄性器官の発達について調査した。

供試材料及び実験方法

スイートスプリングと Kara 及び対照品種として温州ミカンの血をうけていないミカンの育成品種 Encore を用いた。Encore は California 大学において Cameron らが King と地中海マングリン (*C. deliciosa* Tenore) を交雑して育成した品種である。いずれも7年生以上の結果樹を供試した。

花粉粒数は、開花当日の5花から1個ずつ計5個のやくを採取して調査した。まず、裂開前のやくをスライドグラス上に置き、加温して裂開させた後、そのスライドグラスと他の1枚のそれぞれにアセトカーミン3滴を滴下し、その中に上述のやくの花粉を適当量づつ入れカバーグラスをかけた。最後のアセトカーミンにはやく組織を針先でつぶして封入した。こうして作製した6点のプレパラートの全面について花粉粒を数え、1やく中の全花粉粒とみなした。花粉稔性は、上述の5花から1個ずつ採り出したやくの花粉をアセトカーミンで染色し、完全に染色し形態的にも正常なものを稔性花粉とし、1やく当り500粒の花粉について調査した。花粉発芽率は、しょ糖10%、寒天2%の発芽床に、開花当日の花粉をまき、25°Cの定温器中で10時間培養後、コットンブルーで染色して調査した。

やく腔の発達の調査には、開花前日の20花を用いた。それぞれのつぼみのやく全体にわたる横断切片を作り、実体顕微鏡下でもれなく観察した。やくの内部形態は、エタノール・ブタノールで脱水透徹してパラフィンに包埋し、15 μ mの切片を作り、サフランインとファーストグリーンで二重染色して観察した。

実験結果

各品種の1花中のやく数、1やく中の花粉粒数、花粉稔性、花粉発芽率及びやく腔数を Table 1 に示した。1花当りのやく数は品種間に差はなく、15~19本であった。花弁化したやくが Encore で、やくが退化し花糸のみの雄ずいがスイートスプリングで、ごくまれにみられたが、いずれの品種においてもほとんどのやくは外観上は正常に発達していた。

スイートスプリングの1やく中の花粉粒は約2,500粒で、Kara の約5,400粒および Encore の約6,700粒に比べて少なかった。花粉稔性は、Encore と Kara では約90%であったが、スイートスプリングでは低く57%であった。花粉発芽率は Kara とスイートスプリングでは低く、それぞれ11.7%と8.7%で、Encore の29%に比べ、その $\frac{1}{2}$ 前後に過ぎなかった。

Table 1. Number of anther, number of pollen grain, pollen fertility, pollen germination and number of locules in 'Encore,' 'Kara' and 'Sweet Spring.' Mean \pm S.D.

Cultivar	No. of anther/flower	No. of pollen grain/anther	pollen fertility(%)	pollen germination(%)	No. of pollen locules/anther
Encore	16.9*	6722.4 \pm 1423.0	92.8 \pm 0.9	29.0 \pm 6.7	3.85
Kara	17.3 \pm 2.3	5445.4 \pm 805.6	87.7 \pm 3.3	11.7 \pm 1.2	3.76
Sweet Spring	17.6 \pm 1.9	2532.2 \pm 376.2	57.4 \pm 4.5	8.7 \pm 2.5	2.69

* Standard deviation is not calculated.

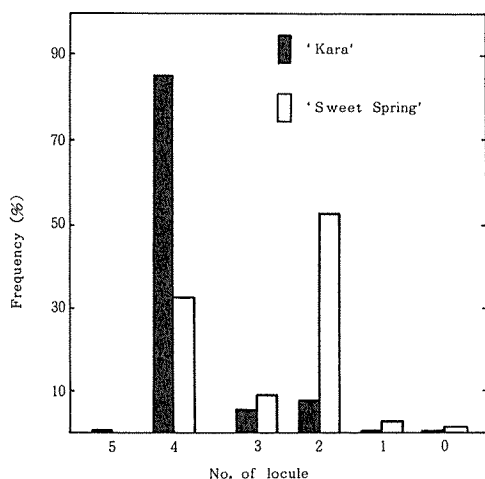
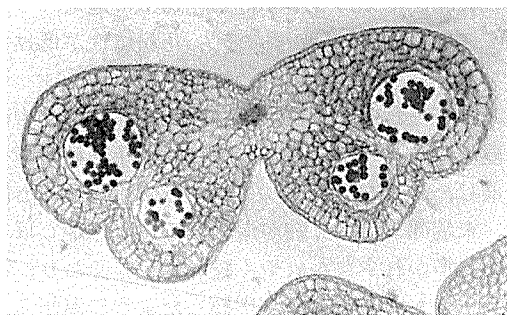


Fig. 1 Frequencies of occurrence of anthers with different number of locule in 'Kara' and 'Sweet Spring.'

を占め、4腔が33.0%、3腔が9.4%、1腔が2.8%、腔を全く欠くやくが1.7%であった。2腔のやくが $\frac{3}{4}$ 以上を占めた花が30%、 $\frac{1}{4}$ ~ $\frac{3}{4}$ を占めた花が50%みられ、他の2品種に比べやく腔の発達が著しく異常であることがまとめられた。

Karaの4腔をもつ正常なやくの横断面をFig. 2に示した。4腔を有するやくの形態はKaraとスイートスプリングとで差異はみられなかった。やく腔が退化し3腔、2腔、1腔となったやくの場合も両品種とも同様な形態であった。すなわち、外側のやく腔は発達しやすく、退化するのは内側のやく腔であった (Fig. 3-A,B, C)。

Fig. 2 Normal anther with four locules of 'Kara'. $\times 135$.

外観上正常に発達したように観察されたやくでも、やく腔の発達に異常のあるものがみられた。

Encoreの1やく当りの平均やく腔数は3.85であるが、外観的に正常なやくでは、すべての4腔が正常に発達していた。花弁化し異常な形態を呈していたやくが1ないし2腔しか形成せず、これが平均値を4以下に低下させたのである。Karaの平均やく腔数は、3.76であった。4腔のやくが全体の85.2%、2腔が8.1%、3腔が5.5%、1腔が0.6%、5腔及び胞原細胞が当初から欠除した不発達のやくがそれぞれ0.3%であった (Fig. 1)。また、同一花内で4腔のやくが $\frac{3}{4}$ 以上あった花は、20の調査花のうち、80%に当たる16花であった。スイートスプリングの平均やく腔数は2.69であった。2腔のやくは53.1%で約半数

考 察

温州ミカンの無核は、胚のうの部分的退化も一因であるが、やく内に形成される花粉粒が少ないことと花粉の不稔性が高いことが主因と考えられている。岩政⁹⁾は1やく当りの花粉量を調査し、ハッサクで約20,000粒、ナツミカンで約10,000粒を数え、温州ミカンで

は約1,000粒に過ぎなかったという。しかも、この1,000粒中に、稔性花粉はわずかに50~100粒しか存在しないことを指摘している。

本研究で調査した Kara 及びスイートスプリングの1やく中の花粉粒数はそれぞれ約5,500粒と2,500粒で、ハッサクやナツミカンに比べると少なく、とくにスイートスプリングでは非常に少ない。

花粉稔性を乗じて1やく当りの稔性花粉粒を算出すると、Encoreで6,238粒、Karaで4,776粒、スイートスプリングで1,454粒となり、スイートスプリングの稔性花粉粒は極めて少ないといえる。

寒天培地上でのカンキツ類の花粉発芽率は一般に低く、ナツダイダイ¹¹⁾や川野ナツダイダイ⁹⁾でも30%前後である。従って、Encoreの花粉発芽率29%は正常な花粉が示す数値とみなしてよく、同一条件下で調査した Kara とスイートスプリングの花粉発芽率は、一般の品種よりも低いと判断してさし支えないと思われる。そこで、花粉発芽率を1やく当りの花粉粒数に乗じて発芽可能な花粉粒数を算出すると、Encoreで1,950粒、Karaで637粒、スイートスプリングで220粒となり、スイートスプリングの発芽可能花粉は、Encoreの $\frac{1}{3}$ 、Karaの $\frac{1}{2}$ となり、極めて少ない。

カンキツ類が正常に種子形成を行うために柱頭に付着する花粉粒数がどの程度必要であるかについて明らかにされていないが、人工交配に際しての経験的な知見では、多量の花粉を柱頭に塗付することにより種子形成率が高まっている。1やく中の花粉粒が少ないとやくの裂開が不十分となり、訪花昆虫に運ばれる量も少なく、ひいては柱頭に付着する機会も激減し、無核を招くこととなる⁴⁾。花粉稔性が低ければ、受精率はさらに劣り、無核化を促す結果となる。

スイートスプリングでは、しばしば無核果がみとめられているが、その無核は、1やく中の花粉粒が少なく、高率な不稔により健全花粉が極端に少ないためと考えられる。花粉粒の減少は、やく腔の退化によるものである。本実験を通じ、スイートスプリングでも温州ミカンと同様に、やく中央部では4腔が形成されていても、末端部ではやく腔が退化している例がしばしば観察された。つまり、本品種ではどのやくでも、多かれ少なかれやく腔が退化しており、花粉量が減少しているとみなされる。従って本種の無核は、Iwamasa²⁾が指摘したように温州ミカンと軌を一にする花粉量の減少と花粉不稔によるもので、他品種の花粉から隔離することにより、安定した無核果生産を行うことができると推察される。西浦ら⁸⁾の報告にみられる有核果

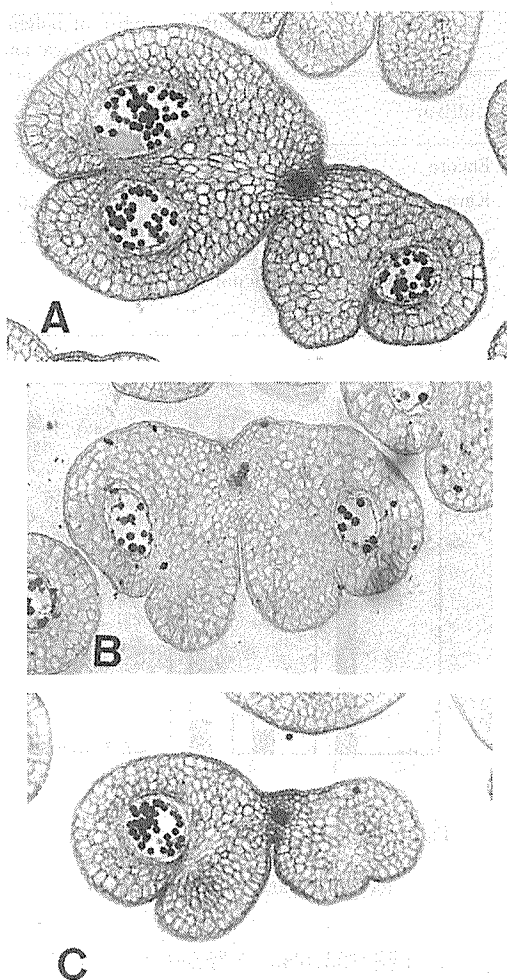


Fig. 3. Anther with three locules(A), two locules(B) and one locule(C) of 'Sweet Spring'. $\times 135$.

は、他品種の花粉の受粉によるものであろう。

Karaでも無核果が散見されている。本種でも、やく腔の部分的な不発達による花粉粒の減少や、花粉不稔もみとめられるが、その程度は、無核を招くほどのものとは思われない。本種は温州ミカンとKingの雑種である。Kingはクネンボの血縁とみなされており、クネンボは自家不和合性である⁶⁾。従って、本種の無核は自家不和合性に基づくものかもしれない。

Osawa¹⁰⁾はワシントンネーブルにおいて、Iwamasa²⁾は温州ミカンとカラタチの雑種において、花粉母細胞が早期に退化し花粉が全く形成されない雄性不稔現象を観察している。しかし、この場合は、開花期に退化したやく内にタペート組織や花粉母細胞の残がいみとめられている。本研究で観察されたやく腔の欠除は、タペート組織や花粉母細胞の退化によるものではなく、小孢子のうとなるはずの胞原細胞が、部分的に当初から形成されなかったためである。Iwamasa²⁾が報告した清見をはじめとする温州ミカンとスイートオレンジ、イヨカン、ハッサク、平戸ブンタンとの雑種にみられるやく不発達は、胞原細胞が全く形成されず、やく腔がすべて欠除したものである。温州ミカンでも部分的なやく腔の不発達はみとめられており¹⁰⁾、清見などのやく不発達は、温州ミカンの遺伝性によるもので²⁾、これが極度に表現されたものと思われる。本研究で観察されたスイートスプリングやKaraの部分的なやく腔の不発達も、温州ミカンの遺伝的要因によることは明らかであり、スイートスプリングにみられる程度に強く発現すれば、無核化が期待できる。

温州ミカンは、やく腔の退化だけでなく、花粉母細胞の早期退化の性質ももち、カラタチとの雑種ではそれが極端に表現されて、すべての花粉母細胞が退化し完全な雄性不稔を示す²⁾。やく腔の退化も、雑種によって表現の程度が異なり、その遺伝性は極めて複雑である。いずれにせよ、温州ミカンの花粉形成に関わる複雑多岐な遺伝性は、無核品種の育成にとって、注目すべきものといえる。

摘 要

温州ミカンの雑種であるスイートスプリングとKaraについて、温州ミカンの血をうけていないEncoreを対照として、花粉稔性、花粉発芽率、花粉量およびやく腔の発達について調査した。

Encoreでは、弁化した異常なやくを除き、すべてのやくが正常な4腔を有していたが、Karaとスイートスプリングではやく腔の退化がみとめられ、とくにスイートスプリングでは50%以上のやくが2腔であった。

1やく中の花粉粒は、Encoreで6,700粒、Karaで5,400粒、スイートスプリングで2,500粒であった。後者がとくに少ないのはやく腔の部分的な不発達によるものである。

花粉稔性は、EncoreとKaraでは90%であったが、スイートスプリングでは低く57%であった。花粉発芽率は、Encoreは29%で一般の品種と同様であったが、Karaとスイートスプリングでは低く、11.7%と8.7%であった。

以上の結果から、スイートスプリングにみられる無核果は、やく腔の退化による花粉量の減少と花粉不稔によるものとみなされる。Karaでも無核果が散見されているが、花粉量の減少や花粉不稔によるものではなく、自家不和合性などの他の理由によるものと思われる。

謝 辞

本実験遂行に当り、助力を受けた沢山直人氏と内田圭一郎氏に心から感謝の意を捧げる。

引 用 文 献

1. Hodgson, R. W. (1967). Horticultural varieties of citrus. In : W. Reuther, H. J. Webber and L. D. Batchelor (eds.) *The citrus industry*. Vol. 1. Div. Agri. Sci. Univ. Calif., Berkley. p. 431—591.
2. Iwamasa, M. (1966). Studies on the sterility in genus *Citrus* with special reference to the seedlessness. *Bull. Hort. Res. Sta. Ser. B*, 6 : 1—81.
3. 岩政正男 (1976). 柑橘の品種. 静柑連. 清水, p.145.
4. 岩政正男 (1978). 柑橘の育種に関する諸問題(18). 農及園. 53 : 70—74.
5. 岩政正男 (1978). 柑橘の育種に関する諸問題(19). 同上. 53 : 345—348.
6. Nagai, K. and T. Tanikawa (1928). On citrus pollination. *Proc. Third Pan-Pacific Sci. Cong. (Tokyo 1926)*, 2 : 2023—2029.
7. 西浦昌男・七條寅之助・上野 勇・岩政正男・木原武士・山田彬雄・吉田俊雄・故岩崎藤助 (1983). カンキツの新品種‘清見’について. 果試報B (興津) 10 : 1—9.
8. 西浦昌男・七條寅之助・上野 勇・山田彬雄・吉田俊雄・木原武士・岩政正男・故岩崎藤助 (1983). カンキツの新品種‘スイートスプリング’について. 果試報B (興津) 10 : 11—23.
9. 仁藤伸昌・山口清二・岩政正男 (1983). カンキツ類の花粉の発芽におよぼす花の齢及び貯蔵条件の影響. 園学九州支部23回大会研究発表要旨. 1.
10. Osawa, I. (1912). Cytological and experimental studies in *Citrus*. *Jour. Coll. Agr. Tokyo. Imp. Univ.* 4 : 83—116.
11. 弥富忠夫・古賀敬一・内田英夫 (1952). 夏橙の花粉発芽について. 山口大農学部学術報告. 3 : 161—164.