

シロサポテ (*Casimiroa edulis* La Llave & Lex.) における花粉量 および花粉稔性の季節的変動 (予報)

山本雅史*¹, *^{2†}・遠城道雄*³・野村哲也*³・米本仁巳*⁴・

石畑清武*³, *⁵・久保達也*¹・富永茂人*¹

(*¹果樹園芸学研究室, *²附属農場唐湊果樹園, *³附属農場指宿植物試験場,
*⁴国際農林水産業研究センター沖縄支所)

平成17年8月10日 受理

要 約

暖地で露地栽培されるシロサポテ(*Casimiroa edulis* La Llave & Lex.)が示す結実不安定の要因を解明するため、数品種を供試して、秋から翌春の開花期にかけて花粉量および花粉稔性の季節的変動を2カ年にわたり調査した。兩年とも、ほとんどの品種で花粉量および花粉稔性は1月上旬まで高かったが、その後低下し、3月中下旬に最低となった。それ以降、花粉量および花粉稔性は上昇して、5月には1月上旬のレベルまで回復した。ただし、2003年には花粉稔性が低下する期間が2月から4月まで続いたのに対し、2004年の2、4月の花粉稔性は低くはなかった。また、2003年の'Rixford'および2004年の'Cafeteria'では、花粉稔性の大幅な低下は認められなかった。以上の結果から、冬季の低温の影響を受けて、シロサポテの花粉量および花粉稔性が低下していること、それらが暖地における露地栽培での結実不安定の一要因となっている可能性が高いことが推察できた。

キーワード：花粉、花粉稔性、結実性、シロサポテ、雄性不稔

緒 言

シロサポテ (*Casimiroa edulis* La Llave & Lex.) はメキシコ地方原産の亜熱帯果樹である。樹体は-6.7℃にも耐えるほどの耐寒性を備えているので[5]、わが国における新規の暖地果樹として期待されてきた[1]。実際に、年平均気温が18℃以上の暖地である鹿児島県指宿市における露地栽培においても、樹体は甚大な寒害を受けることなく成長する。しかし、開花期が秋から翌春までと長く、その間に低温期を経るため、果実に寒害が発生したり[12]、受精が不完全になるため[10]、露地で栽培すると結実が安定しない。

シロサポテの品種は、雌蕊が大きく葯が未発達のもの、雌蕊が小さく葯が発達するもの、雌蕊および

葯の両方が発達するものの3タイプに大別できる。このうち、雌蕊、葯共に発達する品種は'Maltby'のみで、残りはいずれかに属する[11]。葯が発達する品種の子房は小さく結実が少ないため、通常はこれらの品種を授粉樹として、果実生産用には雌蕊が大きい品種が栽培される。

筆者らは、暖地における露地栽培での結実不安定の要因として、Yonemoto and Hennayake[10]によって報告された不完全な受精に加えて、受粉も十分に行われていない可能性があることを推測した。本研究では、鹿児島大学農学部附属農場指宿植物試験場(鹿児島県指宿市)で保存している葯が発達した品種を供試して、花粉量および花粉稔性の季節変動を調査したところ、不完全な受粉が結実不安定の要因の一つであることが解明できたので、ここにその結

† : 連絡責任者：山本雅史 (鹿児島大学農学部 果樹園芸学研究室)

Tel: 099-285-8553 E-mail: yamasa@agri.kagoshima-u.ac.jp

*⁴ 907-0002 石垣市真栄里

*⁵ 鹿児島大学名誉教授

果を報告する。

材料および方法

供試樹は全て鹿児島大学農学部附属農場指宿植物試験場の砂じょう土の圃場で露地栽培されているシロサポテを台木とした共台の接木樹で、1993年に2×3.5mで栽植したものである。翌年から開花・結実が認められた。1品種につき1樹を用いた。剪定は果実収穫後の8-9月に行い、摘果は実施していない。

花粉量および花粉稔性の調査は、2003年1月7日から5月15日、2003年9月30日から2004年5月26日の期間、約1か月毎に実施した。供試した品種はTable 1の9品種とTable 2の12品種である。大部分の品種は両年とも供試したが、単年度のみ品種もある。また、調査日に花粉量および花粉稔性を測定するのにふさわしい花がなかった場合は、欠測とした。

花粉稔性の調査に当たっては各品種5花から1葯づつ選び、500粒以上の花粉をアセトカーミンで染色して花粉稔性率を算出した。花粉量はシロサポテと同じミカン科であるカンキツの基準[8]に従い、多をハッサク程度、中を‘宮内伊予柑’程度、少を‘アンコール’程度とする5段階で評価した。

なお、気象データは指宿市におけるアメダス測定値を用いた。

結果および考察

2003年1月7日から5月15日までの結果は、Table 1に示した。1月7日では、‘Vista’の花粉稔性が31.2%と低かったのを除くと半数以上の品種の花粉稔性が80%以上で、8品種の平均でも77.0%であった。花粉量も中の品種が多かった。2月11日には、花粉量が少なくなり、‘Vernon’以外の全ての品種で花粉稔性の低下が認められた。9品種の平均は50.3%となった。3月13日における8品種の花粉稔性の平均は11.8%と極端に低くなった。‘Rixford’の花粉稔性は60.4%であったが、‘Vista’等5品種では5%未満の極めて低い値を示した。4月8日になると7品種の平均花粉稔性は31.8%とやや高くなったが、‘Golden Globe’、‘Vista’および‘Fallbrook’では10%未満であった。5月15日には花粉量も多くなり、花粉稔性も6品種全ての平均で93.8%と高かった。

2003年9月30日から2004年5月26日までの結果をTable 2に示した。9月30日から12月1日までは全品種で花粉量は中から多と豊富で、花粉稔性もほとんどの品種で90%以上であった。1月13日になると、花粉量および花粉稔性が低下する品種が認められたが、12品種平均の花粉稔性は、87.3%と高かった。2月12日には全ての品種の花粉量が少となり、‘Edgehill’および‘Golden Globe’では花粉稔性がそれぞれ49.8%および33.9%に低下した。しかし、11品種の平均値は80.8%であった。花粉稔性の低下は3月23日が最も著しかった。‘Cafeteria’は76.4%であったが、7品種では7%未満で、全9品種の平均でも13.8%に過ぎなかった。4月13日では花粉量は3月

Table 1. Seasonal changes in pollen yield and fertility in white sapote (Jan. 7, 2003 - May 15, 2003)

Cultivar	2003 Jan. 7		Feb. 11		Mar. 13		Apr. 8		May. 15	
	Pollen Yield ^a	Pollen Fertility (%)	Pollen Yield	Pollen Fertility (%)	Pollen Yield	Pollen Fertility (%)	Pollen Yield	Pollen Fertility (%)	Pollen Yield	Pollen Fertility (%)
Edgehill	3	92.2	1	67.0	1	1.2	1	46.8	—	—
Cafeteria	3	77.4	1	59.3	—	—	2	66.7	1	96.8
Golden globe	—	—	1	15.7	2	3.1	1	0.2	—	—
Vernon	3	66.6	1	66.5	2	0.7	1	26.3	3	94.6
Vista	1	31.2	1	0.2	1	1.6	1	0.0	3	92.1
Fournoy	3	82.5	1	70.6	1	0.8	—	—	—	—
Fallbrook	1	91.8	1	52.3	1	16.2	1	9.5	2	94.8
Michele	3	86.2	1	34.1	1	10.5	—	—	—	—
Rixford	3	87.8	1	87.2	1	60.4	1	73.4	3	91.8
Mean		77.0		50.3		11.8		31.8		93.8

^a 1: Poor, 2: Slightly Poor, 3: Medium, 4: Slightly rich, 5: Rich.

Table 2. Seasonal changes in pollen yield and fertility in white sapote (Sep. 30, 2003 - May 26, 2004)

Cultivar	2003		Nov. 11		Dec. 1		2004		Feb. 12		Mar. 23		Apr. 13		May. 26	
	Pollen Yield ²	Pollen Fertility (%)	Pollen Yield	Pollen Fertility (%)	Pollen Yield	Pollen Fertility (%)	Pollen Yield	Pollen Fertility (%)	Pollen Yield	Pollen Fertility (%)	Pollen Yield	Pollen Fertility (%)	Pollen Yield	Pollen Fertility (%)	Pollen Yield	Pollen Fertility (%)
Edgehill	—	—	3	97.4	3	98.1	3	81.9	1	49.8	1	0.9	—	—	—	—
Ortega	—	—	—	—	3	96.8	3	84.3	1	90.3	—	—	—	—	—	—
Cafeteria	—	—	5	99.0	4	95.8	3	84.3	1	94.3	1	76.4	1	80.3	—	—
Golden globe	—	—	—	—	3	91.3	3	83.5	1	33.9	1	20.4	1	71.9	—	—
Vernon	3	84.3	—	—	3	96.6	2	85.7	1	79.0	1	0.2	1	59.5	3	86.7
Pike (M)	—	—	3	98.0	3	93.4	2	91.1	1	93.7	1	4.0	1	86.1	3	95.1
Vista	—	—	—	—	3	92.6	1	86.9	1	81.8	1	0.0	—	—	—	—
Fournoy	—	—	3	97.3	3	95.9	3	87.8	1	95.0	—	—	—	—	—	—
Fallbrook	—	—	—	—	3	95.3	3	87.9	1	90.2	1	2.1	—	—	—	—
Michele	3	96.5	3	97.7	3	96.3	3	97.0	1	88.1	1	6.7	1	52.5	3	96.7
Maltby	—	—	—	—	3	88.0	2	88.0	—	—	—	—	1	75.5	—	—
Rixford	—	—	—	—	—	—	2	89.3	1	92.5	—	—	1	82.4	—	—
Mean		90.4		97.9		94.6		87.3		80.8		13.8		72.6		92.8

² 1: Poor, 2: Slightly Poor, 3: Medium, 4: Slightly rich, 5: Rich.

とほぼ同じであったが、花粉稔性は上昇し、7品種の平均で72.6%になった。5月26日には多数の品種の開花期が終了したため、花粉が採取できたのは3品種のみであった。いずれも花粉量は中となり、花粉稔性は最低の‘Vernon’でも86.7%と高くなった。

2カ年にわたる調査の結果から、シロサボテの花粉量および花粉稔性は1月上旬までは比較的高い値を示すものの、その後3月中下旬まで低下し、5月になると回復することが明らかとなった。ただし、2003年では花粉稔性の低下する期間が2月から4月まで続いたのに対し、2004年の2、4月の花粉稔性は低くはなかった。また、ほとんどの品種で前述の花粉稔性の季節的変動が認められたが、2003年の‘Rixford’および2004年の‘Cafeteria’では、変動はそれほど大きなものではなく、その品種間差異も認められた。さらに、‘Vista’では2003年と2004年に得られた結果に大きな差異が認められた。

この花粉量および花粉稔性の低下に最も大きな影響を及ぼすものとして、気温が考えられたので、調査期間約2カ月前から調査終了頃までの指宿市における気温の推移をFig. 1に示した。若干の年次間差異はあるものの、両年とも1月から2月中旬までの気温が最も低かった。2月下旬からは、平均気温が上昇を始め、10℃以上となった。花粉稔性が最も低下する3月中下旬は、気温の変動が大きいものの、1、2月よりも低くなかった。これらはシロサボテの花粉量および花粉稔性の低下が、開花期の低温よりも開花前約2カ月の低温期間に影響されているこ

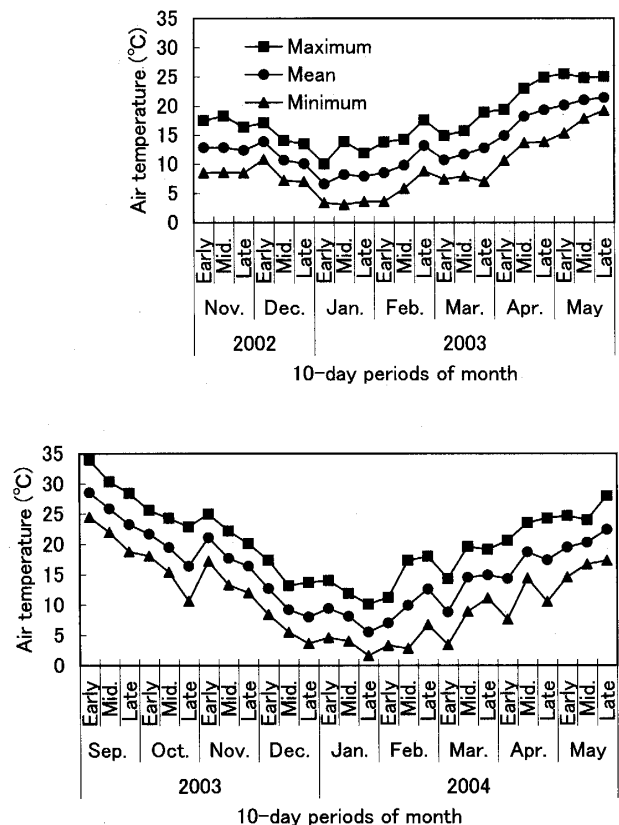


Fig. 1 Ten-day averages of daily maximum, mean and minimum air temperature from autumn through spring in Ibusuki, Kagoshima Prefecture.

とを示唆しているものと考えられた。多数の植物で、低温が雄性不稔性の原因となることが報告されている[3]。シロサボテ同様ミカン科に属するカンキツ類においても、加温によってウンシュウミカンの花

花粉性は上昇し[9], 低温はメキシカンライムの不稔性を誘発する[2]. 本研究では, 花粉量および花粉稔性の季節変動のみを明らかにし, その原因になり得る減数分裂の観察や, 人工気象器を用いた気温と花粉量および花粉稔性との関係の詳細な調査は実施しなかった. しかし, 冬季の低温がシロサポテの花粉量および花粉稔性の低下と密接な関係をもっていることは明らかで, これが暖地におけるシロサポテ露地栽培の結実不安定の要因の一つであると考えられた.

しかしながら, 調査した両年において気温はほぼ同様に推移したにもかかわらず, 2003年と2004年では2月および3月における花粉稔性が異なり, 冬季の低温だけが花粉稔性低下の原因でないことも推察できた. ブドウでは樹体の貯蔵養分の不足が花粉発芽率の低下を招くことが明らかにされており[4], 本研究のシロサポテにおいても供試した樹の貯蔵養分に両年で差異があった可能性もある. 特に'Vista'においては2月の結果を除き, 2003年と2004年では花粉稔性の差異が大きく, 樹体条件の違いが結果に影響を及ぼしたことも考えられる. さらに, シロサポテの光合成に関する知見はないものの, 同じミカン科の常緑果樹であるウンシュウミカンでは冬季に光合成速度が極端に低下する[7]. シロサポテにおいても同じ現象により, 光合成による炭水化物の生成が不足したことが花粉量および花粉稔性の低下の要因になったのかもしれない. また, 2003年および2004年ともに花粉量および花粉稔性の低下には品種間差異が認められた. カンキツでは花粉退化に及ぼす花蕾期の低温感受性に品種間で差異があることが認められており[6], シロサポテにおいても同様の品種間差異があることが推察できた.

暖地の露地栽培において, 結実を安定させるためには, 花粉量が多く, 花粉稔性の高い時期に受粉が行われることが必要である. 9月から1月までおよび5月がそれにあたる. しかし, 5月には, 雌蕊が大きく葯が未発達の果実生産用品種の開花期は既に終了している. 1月は気温が低いので, 受粉しても雌蕊内で花粉管が十分に伸長できない可能性もある[10]. これらのことから, 12月上旬までに開花した花を効率良く結実させる必要がある. ただし, 幼果は -2°C までしか耐えないので[12], その寒害対策

には万全を払わなければならない. 以上の結果を総合すると, 暖地におけるシロサポテの露地栽培は冬季の低温による結実不安定の可能性を否定できないため, 冬期間は簡易的な施設栽培を導入することが得策であると考えられる.

謝辞: 本稿のご校閲を賜った附属農場教授の黒田治之博士に謝意を表す.

文 献

- [1] 石畑清武・遠城道雄・野村哲也・福留紘二・福村和則・長野幸男: シロサポテの栽培. 1. 導入と増殖法について. 鹿大農場研報, 20, 21-33 (1995)
- [2] 岩政正男・岩崎藤助: 低温に由来するメキシカンライム (*Citrus aurantifolia*) の不稔性. 園試報, B2, 25-45 (1963)
- [3] Kaul, M.L.H.: Male sterility in higher plants. p. 68-72, 149-157, Springer-Verlag, Berlin, Heiderberg (1988)
- [4] 小林 章: 果樹風土論. p. 216-223. 養賢堂, 東京 (1985)
- [5] Morton, J.F.: Fruits of warm climate. p. 191-196, Creative Resource Systems, Inc., Winterville, North Carolina (1987)
- [6] 中川昌一: 果樹園芸原論. p. 114-170. 養賢堂, 東京 (1982)
- [7] 小野祐幸・大東 宏: 温州ミカンの光合成作用および生産構造に関する研究 第2報 圃場における環境要因が成木の光合成速度に及ぼす影響について. 四国農試報, 32, 1-12 (1978)
- [8] 山本雅史・奥代直巳・松本亮司: やくの退化した品種を種子親に用いたときのカンキツにおけるやくの退化の遺伝. 園学雑, 60, 791-797 (1992)
- [9] Yang, H. and Nakagawa, S.: Studies on the male sterility of satsuma orange (*Citrus unshiu* Marc.). Effect of temperature on the recovery of pollen fertility concerning the metabolism of carbohydrates and enzyme activities in anther. J. Japan. Soc. Hort. Sci., 39, 6-20 (1970)
- [10] Yonenoto, Y. and Hennayake, C.K.: Pollen tube growth in the pistil as affected by temperature and effective pollination period in white sapote (*Casimiroa edulis* Llave and Lex.). Jpn. J. Trop. Agr., 46, 77-81 (2002)
- [11] 米本仁巳・樋口浩和・石畑清武・池田 稔・富田栄一: シロサポテ (*Casimiroa edulis* Llave and Lex.) の花器および果実形態における品種間差異. 熱帯農業, 45, 38-44 (2001).
- [12] Yonemoto, Y., Inoue, H., Majikina, M. and Okuda, H.: Critical temperature leading to frost damage in young fruits of white sapote (*Casimiroa edulis* Llave and Lex.) cv. Florida. Jpn. J. Trop. Agr., 48, 88-93 (2004).

Seasonal changes in pollen yield and fertility in white sapote
(*Casimiroa edulis* La Llave & Lex.) (Preliminary Report)

Masashi YAMAMOTO^{*1, *2†}, Michio ONJO^{*3}, Tetsuya NOMURA^{*3}, Yoshimi YONEMOTO^{*4},
Kiyotake ISHIHATA^{*3}, Tatsuya KUBO^{*1} and Shigeto TOMINAGA^{*1}
(*¹Laboratory of Fruit Science, *²Toso Orchard, *³Ibusuki Experimental Botanical Garden,
*⁴Okinawa Subtropical Station, Japan International Research Center for Agricultural Sciences)

Summary

The fruit productivity of white sapote (*Casimiroa edulis* La Llave & Lex.) is unstable under open culture in the warm temperate zone in Japan. The seasonal changes in pollen yield and fertility were investigated in several cultivars over two years in order to elucidate the reason for this. Both the high pollen yield and fertility were maintained until early January both years. They were the lowest in March, and became high in May. A period of low pollen fertility continued from February to April in 2003, but this was not the case in February and April 2004. Both 'Rixford' in 2003 and 'Cafeteria' in 2004 did not show low pollen fertility in March. From these results, it could be considered that the seasonal changes in pollen yield and fertility were affected by the winter air temperature, and a low pollen yield and/or fertility were one of the factors for the unstable fruit production of white sapote under open culture in the warm temperate zone in Japan.

Key words : fertility, male sterility, pollen, productivity, white sapote

†: Corresponding to: Masashi YAMAMOTO (Laboratory of Fruit Science)