

カンキツにおける自家不和合性および交雑不和合性の検定

山本雅史^{1*}・川口昭二²・福留弘康²・勘米良祥多²・久保達也¹・富永茂人¹

¹鹿児島大学農学部果樹園芸学研究室 〒890-0065 鹿児島市郡元

²鹿児島大学農学部附属農場唐湊果樹園 〒890-0081 鹿児島市唐湊

Examination of Self- and Cross-incompatibility in Citrus

Masashi Yamamoto^{1*}, Shoji Kawaguchi², Hiroyasu Fukudome², Shota Kanmera²,
Tatsuya Kubo¹ and Shigeto Tominaga¹

¹Laboratory of Fruit Science, Faculty of Agriculture, Kagoshima University, Korimoto, Kagoshima 890-0065

²Toso Orchard, Experimental Farm, Faculty of Agriculture, Kagoshima University, Toso, Kagoshima 890-0081

Summary

Self and cross-incompatibility/compatibility of citrus were determined by pollen tube growth in the style. Ichang papeda and pummelo ‘Matou anyu’ were self-incompatible, whereas two papeda accessions, five accessions classified as citron and its relatives, and two hybrids, ‘Hayaka’ and ‘Haruka’, were self-compatible. Of the 396 cross combinations among 26 self-incompatible accessions including 111 reciprocal crosses, ‘Ariake’ and Clementine, Kunenbo and Yamabuki, and Keraji and Kikai-mikan were cross-incompatible. Remaining 390 cross combinations were cross-compatible.

Key Words: compatibility, pollen fertility, pollen tube

キーワード：花粉管，花粉稔性，和合性

緒 言

カンキツにおいて自家不和合性の品種・系統は，単為結果性が備わっている場合に無核性となる（岩政・大庭，1980; Yamamoto ら，1995; Yamamoto・Tominaga, 2002）が，単為結果性が無い場合には不結実性を示す（Kretdorn・Robinson, 1958; 三輪，1951; Mustard ら，1956; Reece・Register, 1961; Soost, 1956）ので，各品種の自家不和合性の有無を解明することは極めて重要である．そのため，多数の品種について自家不和合性の検定が実施されてきており，著者らも前報（Yamamoto ら，2006）においてカンキツ65品種・系統の自家不和合性／和合性を明らかにした．しかしながら，未解明の品種・系統もまだ多く存在する．

カンキツの自家不和合性は配偶体型自家不和合性であり（Soost, 1969），不和合性に関する遺伝子型が同一である場合に交雑不和合性を示す．交雑不和合性の解明は，自家不和合性品種の栽培や育種における基礎的情報として価値が高いが，カンキツにおいては限られた組み合わせで知られているのみである（Nagai・Tanikawa, 1928; Soost, 1964, 1969; Yamamoto ら，2006; 山本ら，2010）．

一般に，自家または交雑不和合性の検定は，人工受粉

果の結実数および種子数を調査することによって実施されるが，カンキツでは生理落果の多発や雌性不稔性のため，その判定が困難であることも多い．そのため，1組み合わせあたりの受粉花数を多くする必要があり，多数の検定には多大の労力を要する．一方，不和合性の検定に花柱内での花粉管の伸長を観察する方法もある（Martin, 1958）．これは配偶体型の不和合性反応が花柱内で起きることを利用した方法であり，短期間で不和合性の検定が可能である．カンキツにおいても Kim ら（2010, 2011），北島ら（2001），Vithanage（1986），Yamamoto・Tominaga（2002）および Yamashita（1978）が，不和合性の検定に本法を利用している．特に Ngo ら（2001）は，花柱内における和合および不和合花粉管の状態を詳細に観察し，この方法がカンキツにおける不和合性または和合性の確実な検定法であることを示した．筆者らも前報（Yamamoto ら，2006）において花粉管伸長の観察によって，多数品種および組み合わせの不和合性および和合性を解明することができた．本研究においては，前報（Yamamoto ら，2006）に引き続いて同様の方法により，数品種・系統の自家不和合性／和合性および多数組み合わせの交雑不和合性／和合性を検定したので報告する．

2011年11月16日 受付日

2012年1月16日 受理日

* Corresponding author. E-mail: yamasa@agri.kagoshima-u.ac.jp

材料および方法

鹿児島大学農学部附属農場唐湊果樹園においてカラタチを台木として栽培されているカンキツ品種・系統（以下、系統と略）を供試した。自家不和合性の検定には11系統を（Table 1）、交雑不和合性の検定には既報（Yamamoto ら, 2006）および本研究で自家不和合性であることが確認された26系統を用いた111組み合わせの正逆交雑を含む396組み合わせを供試した（Table 2）。

不和合性の検定においては、開花直前の花蕾の花弁および雄蕊を除き、自家または他家受粉し、直ちに袋掛を行った。受粉6～8日後に花を採取し、雌蕊をメタノール酢酸（3：1）に浸漬して-20℃で保存した。花柱内の花粉管はMartin（1958）に従って観察した。すなわち、8Nの水酸化ナトリウムで軟化した花柱を0.1%アニリンブルーで約4時間染色し、押しつぶし法で顕微鏡標本を作製した。蛍光顕微鏡（UV）下で、花柱上部、中部、基部の花粉管数を計数した。併せて、花粉管の状態についても観察した。本観察には3花以上を用いた。

花粉稔性は上野（1986）に従い、5花からの各1葯中の花粉を混合した500粒以上の花粉をアセトカーミンで染色し、顕微鏡で観察した。

結 果

カンキツ属11系統のうち、花柱基部における花粉管数はイーチャンパペダで0.3本、ブンタンの‘麻豆紅柚’で0.0本であり、この両者は自家不和合性であった。一方パペダのマクロプテラおよびブルット、シトロンの丸

仏手柑およびその近縁種のメキシカンライム、ベルガモット、パロティンベルガモット、レモンリアル並びに交雑品種である‘早香’および‘はるか’では花柱基部における花粉管数は最低でも21.3本で、これらは自家和合性と判定できた（Table 1）。

26系統を用いた396組み合わせのうち、交雑不和合性が確認できたのは‘ありあけ’とクレメンティンとの正逆交雑、クネンボとヤマブキとの正逆交雑並びにケラジミカンと喜界ミカンとの正逆交雑の6組み合わせだけであった。残りの390組み合わせでは、花柱基部における花粉管数は10～100本以上であり、交雑和合性と認められた（Table 2）。交雑不和合性の6組み合わせでは、花柱基部における花粉管数は0.0～1.7本であった（Table 3）。

考 察

本研究および既報（Yamamoto ら, 2006）の結果、調査した76系統のうち、33系統が自家不和合性を示した。調査した全てのブンタンは自家不和合性であり、ブンタン類縁系統にも自家不和合性のものが多数認められた。マンダリンのうち自家不和合性を示したものはシクワサー等ほとんど日本原産のマンダリンで、インド原産のボンカン等、中国原産のキノクニ等は全て自家和合性であった。また、シトロンの近縁のライムやレモン等は全て自家和合性を示した。近年の類縁関係研究の結果、カンキツの起源種はシトロン、ブンタンおよびマンダリンであること（Barkley ら, 2006; Federici ら, 1998; Nicolosi ら, 2000; Yamamoto ら, 1993）、タチバナやシクワサー等の日本原産マンダリンは他地域原産のマン

Table 1 Pollen fertility and self-incompatibility/compatibility of citrus accessions used in this study.

Accession	Latin name Cross combination	Pollen fertility ^z (%)	Self-incompatibility/compatibility					SI or SC ^x
			No. of days after polli- nation	No. of flowers observed	No. of pollen tubes ^y			
					Top of the style	Middle of the style	Base of the style	
Papeda								
Ichang papeda	<i>C. ichangensis</i> Swing.	92.8	7	4	62.1	4.5	0.3	SI
Macroptera	<i>C. macroptera</i> Montr.	86.8	7	4	100<	100<	100<	SC
Purutto	<i>C. hystrix</i> DC.	93.3	7	4	100<	91.0<	55.8<	SC
Citron and its relatives								
Marubusshukan	<i>C. medica</i> L.	90.4	7	3	81.7<	80.7<	70.0	SC
Mexican lime	<i>C. aurantifolia</i> (Cristm.) Swing.	30.3	7	7	58.4<	46.1	21.3	SC
Bergamot	<i>C. bergamia</i> Risso et Poit.	40.0	7	3	100<	63.7<	24.0	SC
Balotin bergamot	<i>C. balotina</i> Poit. Et Turp.	84.5	6	3	100<	100<	84.3	SC
Lemonreal	<i>C. excelsa</i> Wester	53.3	7	4	100<	100<	79.5<	SC
Pummelo								
Matou anyu	<i>C. maxima</i> (Burm.) Merr.	98.3	6	4	30.8	1.8	0.0	SI
Hybrid								
Hayaka	<i>C. unshiu</i> × <i>C. reticulata</i>	90.1	6	4	100<	92.5<	69.0<	SC
Haruka	<i>C. tamurana</i> hybrid	88.7	7	4	100<	84.8<	37.0	SC

^z Pollen fertility was determined by acetocarmin method according to Ueno (1986).

^y When numbers of observed pollen tubes were more than 100, we counted them as ‘100<’. In this case, we could not calculate exact mean number. We calculated mean number by regarding ‘100<’ as 100, and add ‘<’.

^x SI: self-incompatibility, SC: self-compatibility.

Table 2 Cross-incompatible/compatible of citrus analyzed in this study.

No.	Accession	Latin name (Cross combination)	Pollen parent																							
			Cross- incompatible	Cross- compatible																						
1	Anseikan	<i>C. maxima</i> (Burm.) Merr.	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	16	19	20	21	22	23	24	25			
2	Banokan	<i>C. maxima</i> (Burm.) Merr.	1	3	4	5	7	8	9	10	11	14	16	17	24	25										
3	Hayasaki	<i>C. maxima</i> (Burm.) Merr.	4	6	14	16																				
4	Benimadoka	<i>C. maxima</i> (Burm.) Merr.	7	14																						
5	Suisho buntan	<i>C. maxima</i> (Burm.) Merr.	1	3	4	8	9	13	15	16	20	21	22	24	25											
6	Chandler	<i>C. maxima</i> (Burm.) Merr.	2	4	5	7	8	9	11	13	16	17	22													
7	Mato anyu	<i>C. maxima</i> (Burm.) Merr.	2	3																						
8	Hassaku	<i>C. hassaku</i> hort. ex Tanaka	1	3	4	5	6	7	9	11	12	13	14	16	17	19	20	21	22	23	24	25				
9	Otachibana	<i>C. ootachibana</i> hort. ex Y. Tanaka	1	3	4	5	6	7	8	13	15	16	17	19	20	21	22	23	24	25						
10	Hyokan	<i>C. ampullacea</i> hort. ex Tanaka	3	4	6	7	8	9	11	12	15	16	17	24	25											
11	Kawachi bankan	<i>C. kawachiensis</i> hort. ex Y. Tanaka	1	3	4	5	6	7	8	9	12	13	14	16	19	20	22	23	24	25						
12	Fusuu	<i>C. rokugatsu</i> hort. ex Y. Tanaka	1	2	3	4	5	6	7	9	10	13	14	17	18	19	20	24	25							
13	Kikudaidai	<i>C. canaliculata</i> hort. ex Y. Tanaka	1	2	3	4	5	6	7	8	10	12	14	16	17	19	20	21	22	24	25					
14	Clementine	<i>C. clementina</i> hort. ex Tanaka	15	2	4	6	7	8	17	18	20	22	24	25												
15	Ariake	<i>C. sinensis</i> × <i>C. clementina</i>	14	1	3	5	6	8	9	10	11	12	13	16	20	21	22	23	25							
16	Hyuganatsu	<i>C. tamurana</i> hort. ex Tanaka		1	4	5	6	7	8	9	11	12	13	14	17	19	20	21	22	23	24	25				
17	Kunenbo	<i>C. nobilis</i> Lour.	26	1	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	16	19	20	21	22	23	24	25		
18	Keraji	<i>C. keraji</i> hort. ex Tanaka	19	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	16	17	20	21	25				
19	Kikai-mikan	<i>C. keraji</i> hort. ex Tanaka	18	16	22	23	24																			
20	Shiikuwasha (Okitsu)	<i>C. depressa</i> Hayata		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	16	17	18	19	21	22	23	24	25	
21	Koji	<i>C. leiocarpa</i> hort. ex Tanaka		1	2	3	4	5	6	7	8	9	11	12	13	14	16	17	19	20	23	24	25			
22	Kimikan	<i>C. flaviculpus</i> hort. ex Tanaka		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	20	21	23	24	25
23	Fortune	<i>C. clementina</i> × <i>C. tangerina</i>		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	16	17	18	20	21	22	24	25	
24	Nova	<i>C. clementina</i> × (<i>C. paradisi</i> × <i>C. tangerina</i>)		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	16	17	18	20	21	22	23	25	
25	Minneola	<i>C. paradisi</i> × <i>C. tangerina</i>		1	3	4	5	6	7	8	9	11	12	13	14	16	17	18	21	22	23	24				
26	Yamabuki	<i>C. yamabuki</i> hort. ex Y. Tanaka	17																							

Table 3 Number of pollen tubes observed in the style of cross-incompatible combination in this study.

Cross combination	No. of days after pollination	No. of flowers observed	No. of pollen tubes		
			Top of the style	Middle of the style	Base of the style
Ariake × Clementine ^z	6	4	33.8	15.8	0.3
Clementine × Ariake ^z	8	8	24.7	2.7	0.0
Kunenbo × Yamabuki	8	3	11.7	3.3	1.7
Yamabuki × Kunenbo	6	5	19.0	1.8	0.0
Keraji × Kikai-mikan ^z	7	4	19.5	2.8	0.8
Kikai-mikan × Keraji ^z	7	5	7.8	1.6	0.4

^z These results were reported in Yamamoto et al. (2006, 2010).

ダリンと遺伝的に明確に区別できること (Hirai ら, 1986; Yamamoto・Tominaga, 2003) が解明された。これらの結果と前述のカンキツにおける自家不和合性系統の分布から、カンキツにおける自家不和合性はブンタンおよび日本原産マンダリンを起源とする可能性があることがわかった。ただし、ブンタンと日本原産マンダリンとの間に類縁関係を認める報告は無く、これらが独立に発生したのか、両者に何らかの遺伝的關係があるのか、という点は今後研究を進める必要がある。また、供試した野生種のうち、イーチャンパペダのみが自家不和合性であった。カンキツ属におけるイーチャンパペダの分類学上の位置には未解明の点が多いが、マンダリンとの関係を示

唆する結果も得られている (Asadi Abkenar ら, 2004; Deng ら, 2007; Nicolosi ら, 2000)。上記の日本原産マンダリンとこのイーチャンパペダの不和合性との関係についても今後の検討事項である。

26系統間において交雑不和合関係は3組み合わせで認められた。このうち、‘ありあけ’とクレメンティンおよびケラジミカンと喜界ミカンは、親子関係にある (山田ら, 1995; 山本ら, 2010)。クネンボとヤマブキとの類縁関係は明らかでないが、この両者の交雑不和合関係は既に Nagai・Tanikawa (1928) によって報告されている。さらに、現在まで知られている交雑不和合性は極めて近縁な系統間のみである (Soost, 1969) ことから、カン

キツにおいて交雑不和合性は限定されていることが推察できた。これは、カンキツの不和合性に関する遺伝子の多様性が大きく、同一の遺伝子型を示すことがほとんど無いことを示しているのであろう。

今後、自家および交雑不和合性の理解を深めるためには、各品種における不和合性に関する遺伝子型を解明する必要がある。従来、遺伝子型は膨大な組み合わせの人工受粉によって決定するしかなかったが、近年、果樹においてはリングやナシ等バラ科果樹で遺伝子型決定の種々の方法が開発された。バラ科果樹における不和合性にはS-RNaseと呼ばれる不和合反応を担うRNaseが関与するため、それを支配するS-RNase遺伝子型を解明することで不和合性遺伝子型は決定できる (Ishimizu ら, 1999; Sakurai ら, 1997)。また、不和合性遺伝子に連鎖しているアイソザイムマーカ―を利用したり (Batlle ら, 1995)、不和合性遺伝子に関してホモ接合体の個体を用いた人工受粉 (寺井ら, 1999) によっても効率的に遺伝子型を解明することができる。

カンキツにおいても近年、上記の研究が進展しており、Ngo ら (2011) はアイソザイム遺伝子型を解明することによって多数品種の不和合性遺伝子型を推定した。Kim ら (2010, 2011) は‘平戸文旦’または‘晩白柚’の自家受粉で作出した不和合性遺伝子に関するホモ接合体を用いた人工受粉により、多数品種の中で‘平戸文旦’または‘晩白柚’の備える自家不和合性遺伝子の有無を明らかにした。また、カンキツでは花粉数を制限した人工受粉における花粉管数を計測することによっても不和合性遺伝子型が推定されている (Ngo ら, 2010)。これらの手法を用いることによって、カンキツにおける自家および交雑不和合性に関する知見は一層進展するものと考えられる。

要 約

カンキツにおける自家および交雑不和合性の有無を花柱内における花粉管伸長によって検定した。カンキツ11系統のうち、イーチャンパペダおよびブンタンの‘麻豆紅柚’は自家不和合性であった。パペダの2系統、シトロロンおよびその近縁種5系統並びに交雑品種である‘早香’および‘はるか’は自家和合性であった。自家不和合性26系統を用いた111組み合わせの正逆交雑を含む396組み合わせにおいて、交雑不和合性であったのは‘ありあけ’とクレメンティン、クネンボとヤマブキおよびケラジミカンと喜界ミカンとの正逆交雑の6組み合わせだけで、残りの390組み合わせは交雑和合性であった。

引用文献

- Asadi Abkenar, A., S. Isshiki and Y. Tashiro. 2004. Phylogenetic relationships in the “true citrus fruit trees” revealed by PCR-RFLP analysis of cpDNA. *Sci. Hort.* 102: 233-242.
- Barkley, N. A., M. L. Roose, R. R. Krueger and C. T. Federici. 2006. Assessing genetic diversity and population structure in a citrus germplasm collection utilizing simple sequence repeat markers (SSRs). *Theor. Appl. Genet.* 112: 1519-1531.
- Batlle, T., F. H. Alston and K. M. Evans. 1995. The use of isoenzymic marker gene *Got-1* in the recognition of incompatibility *S* allele in apple. *Theor. Appl. Genet.* 90: 303-306.
- Deng, Z., S. La Malfa, Y. Xie, X. Xiong and A. Gentile. 2007. Identification and evolution of chloroplast uni- and trinucleotide sequence repeats in citrus. *Sci. Hort.* 111: 186-192.
- Federici, C. T., D. Q. Fang, R. W. Scora and M. L. Roose. 1998. Phylogenetic relationships within the genus *Citrus* (*Rutaceae*) and related genera as revealed by RFLP and RAPD analysis. *Theor. Appl. Genet.* 96: 812-822.
- Hirai, M., I. Kozaki and I. Kajiura. 1986. Isozyme analysis and phylogenetic relationship of citrus. *Japan. J. Breed.* 36: 138-146.
- Ishimizu, T., K. Inoue, M. Shimonaka, T. Saito, O. Terai and S. Norioka. 1999. PCR-based method for identifying the *S*-genotype of Japanese pear cultivars. *Theor. Appl. Genet.* 98: 961-967.
- 岩政正男・大庭義材. 1980. 自家不和合性による江上ブンタンの無核性. 佐大農彙. 49: 39-45.
- Kim, J., T. Mori, A. Wakana, B. X. Ngo, J. Masuda, K. Sakai and K. Kajiura. 2010. Production of homozygous *S*₁ seedlings for *S* gene in ‘Hirado Buntan’ pummelo (*Citrus grandis* Osbeck) and determination of the *S* alleles (*S*₉ and *S*₁₀) by pollination with the *S*₁ seedlings to *Citrus* cultivars. *J. Fac. Agr., Kyushu Univ.* 55: 239-245.
- Kim, J., T. Mori, A. Wakana, B. X. Ngo, K. Sakai and K. Kajiura. 2011. Determination of self-incompatible *Citrus* cultivars with *S*₁ and/or *S*₂ alleles by pollination with homozygous *S*₁ seedlings (*S*₁*S*₁ or *S*₂*S*₂) of ‘Banpeiyu’ pummelo. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 80: 404-413.
- 北島 宣・岡田嘉樹・長谷川耕二郎. 2001. ヒュウガナツ無核性品種‘室戸子夏’と‘西内子夏’における花粉管伸長、受精および種子形成. 園学雑. 70: 320-327.
- Kretdorn, A. H. and F. A. Robinson. 1958. Unfruitfulness in the Orlando tangelo. *Proc. Fla. State Hort. Sci.* 71: 86-91.
- Martin, F. W. 1958. Staining and observing pollen tubes in the style by means of fluorescence. *Stain Technol.* 34: 125-128.
- 三輪忠珍. 1951. 日向夏ミカンの授粉、受精現象と落果問題について. 宮崎大学時報 (自然科学). 2: 1-67.
- Mustard, J. M., S. J. Lynch and R. O. Nelson. 1956.

- Pollination and floral studies of the Minneola tangelo. Proc. Fla. State Hort. Soc. 69: 277-281.
- Nagai, K. and T. Tanikawa. 1928. On citrus pollination. Proc. Third Pan-pacific Sci. Cong.: 2023-2029.
- Ngo, B. X., Kim, J-H, A. Wakana, S. Isshiki and T. Mori. 2011. Estimation of self-incompatibility genotypes of *Citrus* cultivars with *Got-3* allozyme markers. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 80: 284-294.
- Ngo, B. X., A. Wakana, J-H, Kim, T. Mori and K. Sakai. 2010. Estimation of self-incompatibility S genotypes of *Citrus* cultivars and plants based on controlled pollination with restricted number of pollen grains. J. Fac. Agr., Kyushu Univ. 55: 67-72.
- Ngo, B. X., A. Wakana, S. M. Park, Y. Nada and I. Fukudome. 2001. Pollen tube behaviors in self-incompatible and self-compatible *Citrus* cultivars. J. Fac. Agr., Kyushu Univ. 45: 443-457.
- Nicolosi, E., Z. N. Deng, A. Gentile, S. La Malfa, G. Continella and E. Tribulato. 2000. Citrus phylogeny and genetic origin of important species as investigated by molecular markers. Theor. Appl. Genet. 100: 1155-1166.
- Reece, P. C. and R. O. Register. 1961. Influence of pollinators on fruit set on Robinson and Osceola tangerine hybrids. Proc. Fla. State Hort. Sci. 74: 104-106.
- Sakurai, K., S. K. Brown and N. F. Weeden. 1997. Determining the self-incompatibility alleles of Japanese apple cultivars. HortScience 32: 1258-1259.
- Soost, R. K. 1956. Unfruitfulness in the clementine mandarin. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 67: 171-175.
- Soost, R. K. 1964. Self-incompatibility in *Citrus grandis* (Linn.) Osbeck. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 84: 137-140.
- Soost, R. K. 1969. The incompatibility gene system in citrus. Proc. First Int. Citrus Symp. vol. 1: 189-190.
- 寺井理治・佐藤義彦・齋藤寿広・阿部和幸・壽 和夫. 1999. ニホンナシの自家不和合性遺伝子 (S 遺伝子) 型の決定に有用な S 遺伝子ホモ接合体の同定. 果樹試報. 32: 31-38.
- 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. B13: 1-9.
- Vithanage, V. 1986. Incompatibility relationships among some mandarin cultivars. Plant Cell Incomp. Newsletter 18: 41-46.
- 山田彬雄・奥代直巳・松本亮司・山本雅史・高原利雄・生山 巖・石内傳治・浅田謙介・池宮秀和・村田広野. 1995. カンキツ新品種 ‘ありあけ’. 果樹試報. 28: 1-13.
- 山本雅史・福田麻由子・古賀孝徳・久保達也・富永茂人. 2010. 喜界島 (鹿児島県) の在来カンキツであるケラジミカン (*Citrus keraji*) の来歴の検討. 園学研. 9: 7-12.
- Yamamoto, M., S. Kobayashi, Y. Nakamura and Y. Yamada. 1993. Phylogenic relationships of citrus revealed by RFLP analysis of mitochondrial and chloroplast DNA. Japan. J. Breed. 43: 355-365.
- Yamamoto, M., T. Kubo and S. Tominaga. 2006. Self- and cross-incompatibility of various *Citrus* accessions. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 75: 372-378.
- Yamamoto, M., R. Matsumoto and Y. Yamada. 1995. Relationship between sterility and seedlessness in citrus. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 64: 23-29.
- Yamamoto, M. and S. Tominaga. 2002. Relationship between seedlessness of Keraji (*Citrus keraji* hort. ex Tanaka) and female sterility and self-incompatibility. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 71: 183-186.
- Yamamoto, M. and S. Tominaga. 2003. High chromosomal variability of mandarin (*Citrus spp.*) revealed by CMA banding. Euphytica 129: 267-274.
- Yamashita, K. 1978. Studies on self-incompatibility of Hyuganatsu, *Citrus tamurana* Hort. ex Tanaka. I. Pollen behavior on stigmas and pollen tube growth in styles observed under a scanning electron microscope and a fluorescent microscope. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 47: 188-194.