

多胚性品種のユズ及びハナユにおける単胚種子の出現

誌名	佐賀大学農学部彙報
ISSN	05812801
著者	山口, 清二 岩政, 正男 凌, 経天
巻/号	64号
掲載ページ	p. 97-102
発行年月	1988年2月

多胚性品種のユズ及びハナユにおける単胚種子の出現

凌 経天・山口清二・岩政正男・仁藤伸昌
(果樹園芸学教室)
昭和62年9月30日受理

Occurrence of Monoembryonic Seed in Polyembryonic Cultivars, Yuzu (*Citrus junos* Sieb. ex Tan.) and Hanayu (*C. hanayu* Hort. ex Shirai)

Jing-Tian LING, Seiji YAMAGUCHI, Masao IWAMASA
and Nobumasa NITO
(Laboratory of Fruit Science)
Received September 30, 1987

Summary

Four thousand seven hundred and seventy-eight well-developed seeds were obtained from Yuzu by open pollination, self pollination and cross pollinations with Kabosu, Hanayu and seedless Sudachi, and 1,949 from Hanayu pollinated with Yuzu.

Out of the seeds, 502 were selected in Yuzu as monoembryonic-like seed by external characteristics of smooth surface and 1,505 in Hanayu. After the dissecting test, all of the seeds were judged as monoembryonic and the others as polyembryonic.

In the Yuzu seeds, average number of embryos of the polyembryonic seed ranged from 4.58 to 4.97, which was not affected by the pollen parents.

Frequency of occurrence of the monoembryonic seeds, however, was varied with the pollen parents; viz. 12.1%, 12.6%, 11.2%, 3.9%, and 2.1% in open and self pollination, and pollinations with Hanayu, Kabosu and seedless Sudachi, respectively.

Average embryo number of polyembryonic seed from Hanayu pollinated With Yuzu was 2.44 and frequency of occurrence of the monoembryonic seed was 77.2%.

摘 要

ユズの自然受粉と自家受粉及びカボスとハナユの受粉による交配果実から得られた多胚種子のみの平均胚数は4.6個から5.0個の範囲であり、花粉親による影響はなかった。ハナユ×ユズの交配果実からの多胚種子のみの平均胚数は2.4個であった。単胚種子の出現率は花粉親により異なり、自然受粉で12.1%、自家受粉で12.6%、花粉親としてハナユを用いた場合は11.2%、カボスでは3.9%、無核スダチでは2.1%であった。ハナユでは単胚種子出現率は高く77.2%であった。

種子の外観の特徴により単胚種子の選抜が可能であり、ユズでは4,778粒の種子から502粒の、また、ハナユでは1,949粒から1,505粒の単胚種子を選抜した。

緒 言

カンキツ類の多胚性は、珠心細胞からの無性的胚発生にもとづくものである。珠心胚から生じた実生は遺伝的には種子親と同一で、しかもウイルスフリーになるので、整一な台木実生の繁殖やウイルスに汚染された系統の更新に活用されている。しかし、一般に珠心胚実生は交雑胚を凌駕して育つために、交雑育種にとっては妨げとなっている。品種改良のための雑種実生を効率よく獲得するためには単胚性品種を種子親に用いるのが常法であるが、現実の交配組合せでは多胚性の優良品種をしばしば種子親に用いなければならない。この場合は交配後の操作で雑種個体を選抜しなければならない。

多胚性品種を用いた交配で雑種実生を効率良く得るためには胚数の少ない品種を種子親に用いるのが得策であり、そのような品種系統の探索も必要である^(8, 11)。また胚数の減少をはかることも望ましい。中谷ら^(7, 9, 10)は多胚性の温州ミカン、ミネオラタンゼロ、キングマンダリン、フナドコ及びスイートオレンジの鉢植え樹をガラス室内の高温条件下に置くと、1種子当たりの胚数が露地で育成したものより減少し、雑種実生獲得効率が高められることを示した。

多胚性品種の種子中に単胚種子が混じる場合も知られており、この種子を選ぶことができれば雑種獲得は著しく効率化される。上野ら⁽¹²⁾はカンキツ属及び近縁属の種及び品種116の胚数を調査したが、多胚性品種における単胚の出現頻度についてはふれていない。彼らはこの調査及び多胚性の遺伝に関する調査⁽⁴⁾で、平均胚数が1.10個以下を単胚性、1.20個以上を多胚性とみなし、その間の胚数を有するものは珠心胚発生について別途確かめることを提案している。平均胚数1.20個の場合、単胚種子率は最少80%となる。上野ら⁽¹²⁾の調査のうち、ヒロシマブントウ、ウジュキツ、ハナユはとくに平均胚数が少ない品種で、それぞれ1.38個、1.42個、1.52個である。これらの品種の単胚種子発生率はそれぞれ62%、58%、48%以上であるとみなされる。たとえ多胚性品種であっても、常に珠心胚が発生するとは限らず、雑種胚のみの単胚種子が含まれている可能性があるといえる。したがって、交雑種子から単胚種子を選抜することができれば品種改良の効率を高めることができる。

著者らは酢ミカンの品種改良をめざし、ユズ及びハナユを種子親とする交雑を行ったが、その際交雑種子中に含まれる単胚種子の出現頻度と選抜方法について調査を行った。

材料及び方法

種子親として用いたユズとハナユは佐賀県鹿木町で経済栽培を行っている成木を用いた。ユズとハナユの花粉は現地で、無核スダチとカボスの花粉は佐賀大学のカンキツ系統保存園から採取した。花粉は、交配予定日の1～2日前に、パラフィン袋をかぶせて他の品種の花粉の混交を防いだ花から採取した。交配当日に種子親の開花直前の花を除雄し、裂開したやくの花粉を直接柱頭に着け、直ちにパラフィン袋でおおった。

交配花数はユズ自家受粉102、ユズ×ハナユ163、ユズ×無核スダチ50、ユズ×カボス50、及びハナユ×ユズ192であった。

交配3週間後に袋を取り外して、交配200日後の12月8日に果実を収穫した。対照として自然受粉の果実11個を同時に収穫した。

交配した果実の重さ、含核数、単胚種子出現率及び多胚種子の胚数を調査した。これまでも多胚種子は胚の形が浮き出て表面に凹凸があることや珠孔部の特徴により経験的に識別されていた。そこで交配果実から得られた種子の中から、上記のような多胚種子を除き、豊満に発達し凹凸がなく単胚と予測される種子を選び、その後種皮を剥いて単胚性を確認した。一方、外観的に多胚種子とみなされたものから無作為に50粒を取り出し解剖顕微鏡下で胚数を調査した。

結 果

収穫果実に関する調査結果を第1表に示した。交配花に対する着果率は無核スダチを花粉親とした時には12.0%で50花のうち6果が着果した。他の交配組合せでは約50%であった。

平均果実重はユズ×無核スダチの65.3gが最も軽く、ユズ×ハナユの107.4gが最も重かった。ハナユの果実は平均61.5gであった。1果当たりの完全種子数はユズの自然受粉で36.6粒、ユズ×無核スダチで8.0粒、その他の組合せでは30粒前後であった。果実重と含核数の相関は、果実が少なかったユズ×無核スダチでは高く $\gamma=0.95$ であったが、他の組合せではいずれも低く $\gamma=0.60$ 以下であった。1果当たりの不完全種子数はユズの自然受粉果で多く2.8粒であり、ユズ×無核スダチの果実では少なく0.5粒であった。その他の組合せでは1.2粒～1.6粒であった。ユズ自家受粉、ユズ×カボス及びユズ×ハナユでは1～3粒の単胚種子を含む果実が多かった。ユズの自然受粉と自家受粉及びユズ×ハナユで得られた果実のうちそれぞれ90.9%、81.6%及び84.5%に単胚種子が含まれていた。しかし、ユズ×無核スダチとユズ×カボスでは

Table 1. Fruit set and seed formation in Yuzu with different pollen parents and in Hanayu×Yuzu.

Cross combination	No. flower pollinated	No. fruit harvested (%)	Fruit weight (g)	No. well-developed seed/fruit	No. fruit containing monoembryonic seed (%)
Yuzu open	—	11 —	93.1±25.4	36.6±4.1	10(90.9)
Yuzu self	102	49(48.0)	85.6±10.3	26.8±4.6	40(81.6)
Yuzu × Hanayu	163	71(43.6)	107.4±14.0	33.2±5.1	60(84.5)
Yuzu × Kabosu	50	26(52.0)	100.5±18.0	28.5±4.3	13(50.0)
Yuzu × Seedless Sudachi	50	6(12.0)	65.3±23.6	8.0±5.5	1(16.7)
Hanayu × Yuzu	192	97(50.5)	61.5±15.2	20.1±6.3	97(100.0)

Table 2. Occurrence of monoembryonic seed and the embryo number in Yuzu with different pollen parents and in Hanayu×Yuzu.

Cross combination	No. well-developed seed	Polyembryonic seed			Monoembryonic seed			Estimated embryo No. (*)
		No.	% ^a	embryo No. ^(b)	No.	% ^c	No. /fruit	
Yuzu open	381	335	87.9	4.58±2.79	46	12.1	4.2	4.15
Yuzu self	1313	1148	87.4	4.74±3.47	165	12.6	3.4	4.27
Yuzu × Hanayu	2350	2087	88.8	4.74±2.21	263	11.2	3.7	4.32
Yuzu × Kabosu	686	659	96.1	4.97±2.60	27	3.9	1.0	4.82
Yuzu × Seedless Sudachi	48	47	97.9	—	1	2.1	0.1	—
Hanayu × Yuzu	1949	444	22.8	2.44±0.73	1505	77.2	15.5	1.33

* : Average embryo number was calculated by $\frac{a \times b + c \times 1}{100}$. — : not counted.

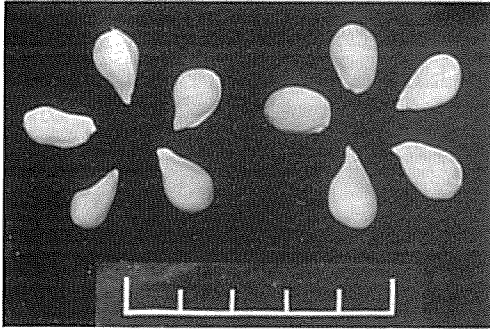


Fig. 1. Seed of Yuzu.

Left; polyembryonic
Right; monoembryonic

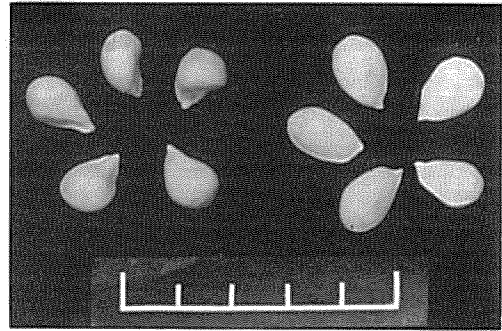


Fig. 2. Seed of Hanayu

Left; polyembryonic
Right; monoembryonic

単胚種子を含む果実の比率は低く、16.7%と50.0%であった。ハナユ×ユズではすべての果実が単胚種子を含んでいた。

多胚種子の平均胚数は交配組合せによって差はなく、ユズでは4.6個～5.0個の範囲で、ハナユでは2.4個であった(第2表)。単胚種子は豊満で充実しており、表面は凹凸がなく滑らかであった(第1図、第2図)。このような外観的特徴を目安としてユズでは総種子数4,778粒のうち502粒を、ハナユでは1,949粒のうち1,505粒を単胚種子とみなした。これらの種子の種皮を剥いで調査したところ、すべてが単胚と判定された。この単胚種子の出現率は交配組合せによって変わり、ユズの自然受粉と自家受粉ではそれぞれ12.1%と12.6%であった。無核スダチとカボスを花粉親とした組合せでは単胚種子の出現率は低く、それぞれ2.1%と3.9%であった。ハナユでは単胚種子出現率は高く77.2%であった。1組合せ当たり50粒の多胚とみなした種子の胚数を調査したところ、すべてが多胚種子であった。

果実当りの単胚種子数は交配組合せによって変化した。ユズ×無核スダチでは6果のうち1果にのみ1粒の単胚種子が含まれていた。

考 察

ユズ及びハナユは多胚性品種とみなされ、上野ら⁽¹²⁾の調査によれば胚数の平均値と標準偏差はそれぞれ 4.90 ± 3.16 個と 1.52 ± 0.64 個である。本研究で得られたユズ自然受粉果の種子のうち多胚種子のみの胚数は 4.58 ± 2.79 個で、カボス及びハナユを交配した場合も 4.97 ± 2.60 個と 4.74 ± 2.21 個であった。単胚種子を含めた平均胚数を推定すると自然受粉4.15個、自家受粉4.27個、ユズ×カボス4.82個、ユズ×ハナユ4.32個となる。このことからユズの胚数は4ないし5個とみなしてよい。またハナユの多胚種子のみの平均胚数は 2.44 ± 0.73 個であった。単胚種子を含めた場合の平均胚数の推定は1.33個となり、上述した上野ら⁽¹²⁾の結果に近い数字となる。

古里⁽¹⁾はウンシュウミカンに種々の品種の花粉を交配し、多胚性品種の花粉は胚数に影響しなかったが、単胚性品種の花粉では胚数が増加することを示した。本研究で用いた花粉親品種はいずれも多胚性であるが、胚数に対する影響はみられていない。

花粉親により単胚種子の出現率に差が認められた。すなわちユズの自然受粉と自家受粉では単胚種子出現率は12.1%と12.6%であり、ハナユを交配した場合には11.2%であった。ところが、無核スダチとカボスを交配した時にはそれぞれ2.1%と3.9%であった。単胚種子形成率に影響を及ぼす処理要因としてGA処理⁽⁶⁾、高温処理^(7, 9, 10)、ガンマー線照射^(2, 3, 14, 15)などが報告

されている。以上の要因に加えて、交配花粉が単胚種子形成率に影響を及ぼすとしたら大変興味深いことである。古里⁽¹⁾は交配に用いる花粉の発芽率は交雑種子の胚数と関連しており、発芽率の良い花粉は珠心胚の発育を促し胚数が多くなると推測している。小林ら⁽⁶⁾が指摘しているように珠心胚始原細胞は受精前から存在しているし、また受精しなくても珠心胚形成が始まることも明らかにされている⁽¹³⁾。ユズやハナユのように胚数の少ない品種でも同様な珠心胚始原細胞は存在し珠心胚形成は受精と無関係に起こっていると考えられる。しかし、胚珠内に共存する受精胚や胚乳は珠心胚の発生や生長に多少とも関わりをもつであろうから、その一部を構成する花粉親の遺伝性がなんらかの影響を持つことは当然考えられることである。

多胚性品種間の交雑育種に際し、胚数が少ない品種を種子親に用いることにより育種的効率を高めることができる。上野ら⁽¹²⁾はカンキツ類の胚数調査を行っているが、多胚性品種における単胚種子の発生頻度については触れていない。中谷ら⁽¹¹⁾はオレンジ類17品種の胚数の品種間差異の調査を行い、平均胚数が1.7個で80%程度の高い単胚種子率をもつベルガモットオレンジを見出し、交雑実生を獲得する立場から育種的意義が極めて大きいと報告している。ハナユは上野ら⁽¹²⁾の報告や本研究で示すように胚数が2個以下であり、かなりの単胚種子が含まれている。ユズのように平均胚数が4個を越えるものでも種子を詳細に観察することにより単胚種子をかなりの高率で見出し得たことは極めて興味深いことである。

単胚種子が種子の外観で判定できたことは極めて重要な意義を持つものである。微小胚が少数含まれているものでは、外観による判定が困難な場合があるが、胚数が少ない品種では、多くの場合、胚は大きく育ち、微小胚を含むことはまれである。胚数が少なく単胚種子の発生が予測される品種では、このような単胚種子のみを選抜して実生を育成することにより、容易に交雑育種を推進できるものと思われる。ユズの場合単胚種子の出現率を約10%とし、1果当たりの種子数を約30粒、すなわち1果に平均3粒の単胚種子が含まれるとし、交配果の着果率を50%とすれば1,000本の雑種実生を育成するためには700花を交配すれば足りることになり、ユズの交雑育種の規模を設定できる。

なお本研究で得た単胚種子は発芽させ実生を育成中である。

引用文献

1. 古里和夫. 1961. 柑橘の細胞遺伝と多胚種子に関する研究. 京都大学学位論文.
2. 池田富喜夫・西田光夫. 1977. ガンマー線によるカンキツ多胚現象の制御に関する研究. 園学要旨, 昭52年春, 100-101.
3. 池田富喜夫. 1979. ガンマー線によるカンキツ多胚現象の制御に関する研究(第2報). 成熟種子照射による交雑実生獲得率の向上. 園学要旨, 昭59年秋, 6-7.
4. Iwamasa, M., I. Ueno and M. Nishiura. 1967. Inheritance of nucellar embryony in citrus. *Bull. Hort. Res. Sta. Japan. Ser. B* 7: 1-8.
5. 小林省蔵・池田 勇・中谷宗一. 1978. カンキツ類の珠心胚形成に関する研究. I. 珠心胚形成と胚珠の発育. 果樹試報, 2: 9-24.
6. Mohamed, A. H., M. G. Mougheith and E. M. Ashram. 1978. Gibberellic acid as suppressor of the gene causing polyembryony in some sweet orange and mandarin varieties and its possible uses in breeding programs. *Ann. Agric. Sci. Moshtohor*. 10: 135-144.
7. 中谷宗一・池田 勇・小林省蔵. 1978. 多胚性カンキツ品種の雑種獲得の効率化に関する研究 I. 高温条件がウンシュウミカンの胚数に及ぼす影響. 果樹試報E 2: 25-38.
8. 中谷宗一・池田 勇・小林省蔵. 1980. 多胚性カンキツ品種の雑種獲得の効率化に関する研究 II. ウンシュウミカンの胚数の系統間差異について. 果樹試報E 3: 15-23.
9. 中谷宗一・池田 勇・小林省蔵. 1982. 多胚性カンキツ品種の雑種獲得の効率化に関する研究 III. 高温

- 処理によるミネオラタンゼロとスイートオレンジの胚数の制御について, 果樹試報E 2:29-39.
10. 中谷宗一・池田 勇・小林省蔵. 1984. 多胚性カンキツ品種の雑種獲得の効率化に関する研究 IV. 高温条件がキングマンダリンとフナドコの胚数に及ぼす影響, 果樹試報E 5:29-34.
 11. 中谷宗一・池田 勇・小林省蔵. 1984. 多胚性カンキツ品種の雑種獲得の効率化に関する研究 V. スイートオレンジの胚数の品種・系統間差異について, 果樹試報E 5:35-42.
 12. 上野 勇・岩政正男・西浦昌男. 1967. カンキツ属および近縁属品種の胚数, 園試報B 7:11-21.
 13. Wakana, A. and S. Uemoto. 1987. Adventive embryogenesis in citrus. I. The occurrence of adventive embryos without pollination or fertilization. *Amer. J. Bot.* 74:517-530.
 14. Watanabe, H. 1985. Artificial control of polyembryogenesis in *Fortunella* by continuous gamma irradiation. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 110:418-421.
 15. Watanabe, H. 1985. F₁ hybrids obtained through the regulation of polyembryony by continuous gamma irradiation in *Citrus unshiu* cultivars. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 110:742-744.