

研究ノート

日向カボチャの品種改良のための種間交雑に関する
基礎的研究後藤健治¹, 程内ゆかり², 松下恵巳², 田中佑樹¹,
西村佳子¹, 石井修平¹, 陳 蘭莊(庄)^{1, 2*}¹大学院園芸・食品科学研究科 蔬菜園芸学研究室; ²生物工学研究室

2012年10月11日受付; 2013年1月29日受理

Studies on the interspecific hybridization for the breeding of Hyuga-squash, a Miyazaki origin vegetable

Kenji Goto¹, Yukari Hodouchi², Emi Matsushita², Yuki Tanaka¹,
Yoshiko Nishimura¹, Shuhei Ishii¹, Lanzhuang Chen^{1, 2*}¹Laboratory of Vegetable Horticulture, Graduated School of Horticulture and Food Science, ²Laboratory of Biotechnology,
Faculty of Environmental and Horticultural Science, Minami Kyushu University,
3764-1, Tateno-cho, Miyakonojo city, Miyazaki 885-0035, Japan

Received October 11, 2012; Accepted January 29, 2013

Hyuga-squash, a local squash cultivar in Miyazaki prefecture, Japan, belongs to Kurokawa (black skin) group of *Cucurbita moschata*. 'Miyazaki-wase No.1' is the most popular cultivar in Hyuga-squash. However, as the widespread of *C. maxima* with mealy flesh and favorable taste since 1950, the cultivating area of Hyuga-squash has been decreased and now it is cultivated only in a part of Miyazaki city and Miyakonojo city for high-class Japanese food restaurant. In this study, we have carried out reciprocal interspecific hybridization using 'Miyazaki-wase No.1' to improve the quality of Hyuga-squash. Though 'Miyazaki-wase No.1' had not cross-compatibility with *C. ficifolia*, it had cross-compatibility with *C. maxima* and their hybrid of *C. moschata* x *C. maxima* only when it was used as pollen parent except 'Kyudai No. 33'. The morphologies of the fruits of both reciprocal hybrid of 'Miyazaki-wase No.1' x 'Kyudai No.33' showed the intermediate characteristics of their parents. The analysis using RAPD-PCR method indicated that both reciprocal hybrids of 'Miyazaki-wase No.1' x 'Kyudai No.33' obtained were the true hybrids, as well as morphological characteristics. Then the hybrids obtained from the reciprocal hybridization set fruits, suggesting that the interspecific hybrids using 'Miyazaki-wase No. 1' could improve the cultivar of Hyuga-squash.

Key words: cross-compatibility, Hyuga-squash, Miyazaki-wase No.1, reciprocal interspecific hybridization.

緒 言

日向カボチャは宮崎県で栽培されている黒皮群に属するニホンカボチャの総称である。1922年に宮崎市大工町で半促成栽培が行われ、1923年には栽培技術の改良により収穫が従来5月だったものが4月上旬に繰り上がる早出しが可能となった。その後、1923年に日豊本線が開通すると同時に栽培面積が拡大した。1927年に

は大阪でラジオや飛行機を用いた宣伝や大阪中之島公会堂で試食会を開催するなどの広報活動を阪神方面で積極的に行い、それ以後、宮崎県の特産野菜として知られるようになった。そのような日向カボチャの中で代表品種「宮崎早生1号」は、1963年に宮崎県農業試験場が発表した「富津早生」と「印喰」の選抜系統間のF1の黒皮群の極早生品種である。特徴として、果実は700g程度の小果であり、外観は果形が心臓形で果皮が濃緑色、表面に隆起部と縦溝がある黒皮群の特徴を備えていて、果肉は橙色で粘質である¹⁾。果肉が粘質であるため、加熱しても果肉が崩れにくく、用途とし

*連絡著者: E-mail, lzchen@nankyudai.ac.jp

ては主に煮物に用いられる⁹⁾。以前は宮崎県内で日向カボチャを多くの農家が栽培し、様々な商品に加工され販売されていたので、民謡「いもがらぼくと」にも『日向かぼちやのよかよめじょ〜♪』として登場しているなど、一世を風靡した時代があった。一方、他のセイヨウカボチャなどに比べて、糖度が低く粘質の果肉は煮物以外の用途にあまり適していないため、セイヨウカボチャが粉質の果肉と良好な食味で普及した昭和40年以降は栽培農家が年々減少し、栽培面積および生産量はそれぞれ23ha および853tとなっている²⁾。

これらの現状を踏まえ、南九州大学園芸学部野菜園芸学研究室（現環境園芸学部生物工学研究室）は、2007年から日向カボチャの品種改良に着手し、宮崎市の栽培農家を訪れ、生産上の問題点を調査した。栽培現場には1)1つに1度に1果実しかできないため、半年間で6個しか収穫できないこと；2)糖度が低くて粘質のため用途が限られることと同時に；3)甘物好みの若者に敬遠されがちであることが分かった。栽培農家の要望に応えるべく、日向カボチャの振興と品種改良のために予備実験として、接ぎ木（松下, 2009 卒論）と他品種との正逆種間交雑を行なった（程内, 2009 卒論）。その結果、接ぎ木では、いくつかの組み合わせのうちの1組は同時に2果が着果できた。正逆の種間交雑については、組合せによって交雑親和性が異なることが再確認された。

日本でのカボチャの種間交雑に関する研究では、早瀬（1956）などがニホンカボチャ、セイヨウカボチャ、ペポカボチャを用いて行っている。しかし、日向カボチャを用いた種間交雑の報告はなかった。またカボチャの雑種性確認は、一般的な形態的調査にあわせてランダムプライマーを使用したRAPD-PCR解析法が用いられている^{3,8)}。本研究では、宮崎在来野菜日向カボチャを用いて予備実験の結果を参考に、まず栽培現場での問題である1)1つに1果実しか着果できない低い着果効率を改善することを目的として、正逆交雑による雑

種の育成とその形態学的な調査およびRAPD-PCR解析法による雑種性検定を行なった。

材料および方法

供試材料はニホンカボチャ *Cucurbita moschata* に属する日向カボチャの品種‘宮崎早生1号’と組合せてセイヨウカボチャ (*C. maxima*) の‘えびす’‘くりじまん’および‘久台33号’、両品種の雑種 *C. maxima* × *C. moschata* である‘新土佐1号’および‘クロダネカボチャ’ (*C. ficifolia*) を用いた。材料の育成は2010～2011年に南九州大学環境園芸学部附属都城キャンパスフィールドセンター温室で行った。栽培方法は慣行法に準じた。

交配実験はまず、2010年に、日向カボチャと5品種を組合せた正逆交雑で10通りの交雑を行い（表1）、2011年に、正逆交雑とも種子が得られた1組合せを用いて自殖を行った。2カ年の正逆交雑実験においては、1品種または1雑種につき5株植え、それぞれ交配用の種子親（雌花）と花粉親（雄花）として使われた。交雑方法として、早瀬（1956）が花粉の発芽能力は葯裂開の完了（開花日前日22～23時）で最高となり、開花日の0時前後に乾燥により柱頭で発芽伸長できる能力を持つこと、発芽能力は高温によって減退が早くなること、自然状態での葯の裂開後の気温は1日の中でも最も低温の時間帯であり発芽能力の減退が少ないことを報告していることから、雌花は開花前日にクリップで止めておき、開花日の朝8時頃までに、雌花1花に対し雄花2花を用いて柱頭全体に花粉を塗るように授粉した。授粉済みの雌花は再びクリップで止めた。果実の収穫については最も成熟期間が必要な‘えびす’および‘くりじまん’が45～50日であることから、収穫は受粉後45日目に行った。

表1. 日向カボチャを中心にしたカボチャ属種間の交雑親和性

種子親 (A)	花粉親 (B)	交配花数 (B/A)%	着果数 種子数	着果率 (C)	正常 (D)	シイナ数 (C/C+D)	種子形成率 %
‘宮崎早生1号’	‘宮崎早生1号’	3	3	100	198 ± 71	54 ± 5	77 ± 6
‘えびす’	‘えびす’	5	2	40.0	250 ± 25	49 ± 10	84 ± 2
‘くりじまん’	‘くりじまん’	5	3	60.0	135 ± 15	69 ± 6	66 ± 2
‘久台33号’	‘久台33号’	6	1	16.7	151	58	72
‘新土佐1号’	‘新土佐1号’	3	1	33.3	0	51	0
‘クロダネカボチャ’	‘クロダネカボチャ’	1	1	100	79	239	25
‘宮崎早生1号’	‘えびす’	3	3	100	0	83 ± 64	0
‘宮崎早生1号’	‘くりじまん’	2	1	50	0	260	0
‘宮崎早生1号’	‘久台33号’	4	3	75	235 ± 48	59 ± 49	82 ± 9
‘宮崎早生1号’	‘新土佐1号’	1	1	100	0	78	0
‘宮崎早生1号’	‘クロダネカボチャ’	1	0	0	—	—	—
‘えびす’	‘宮崎早生1号’	14	5	36	81 ± 26	97 ± 56	48 ± 10
‘くりじまん’	‘宮崎早生1号’	5	2	40	79 ± 75	205 ± 104	30 ± 31
‘久台33号’	‘宮崎早生1号’	6	1	17	300	74	80
‘新土佐1号’	‘宮崎早生1号’	5	3	60	109 ± 15	247 ± 142	36 ± 21
‘クロダネカボチャ’	‘宮崎早生1号’	3	0	0	—	—	—

注：±は標準偏差値

結果および考察

2010年度に、種間雑種の果実は日向カボチャの‘宮崎早生1号’との10通りの交雑組合せの内、‘えびす’、‘くりじまん’、‘新土佐1号’および‘久台33号’4品種を用いた8通りの組み合わせで得られた(表1)。まず、自殖した時の着果率は、‘宮崎早生1号’と交配花数は少なかったが、‘クロダネカボチャ’で100%を示したのに対し、セイヨウカボチャあるいはセイヨウカボチャと日本カボチャの雑種では60%以下であった。一方、種間交雑では、‘宮崎早生1号’を種子親にしたとき、交配花数は少なかったが、‘クロダネカボチャ’とは結実が見られず、セイヨウカボチャあるいはその両種の雑種とは結実が見られた。ただし、交雑で得られた果実の中で正常種子を形成したものは‘宮崎早生1号’×‘久台33号’だけで正常種子率は81.7%であった。

一方、‘宮崎早生1号’を花粉親としたときも、‘クロダネカボチャ’とは結実が見られず、他の品種とは結実が見られ、果実が得られた4つの組合せでいずれも正常な種子が形成され、その形成率は、29.9~80.2%であった。このように交配花数が少なく、再現性に疑問も持たれるが、日本カボチャの日向カボチャはクロダネカボチャと交雑親和性がないのに対し、セイヨウカボチャとの正逆交雑では、セイヨウカボチャを種子親に用いたとき種子が得られ、日向カボチャを種子親にしたときには‘久台33号’を花粉親にしたとき以外は種子が得られなかった。早瀬(1956)も1951~1953年

の3年間 *C. maxima* と *C. moschata* の間で交配した結果、*C. maxima* × *C. moschata* と *C. moschata* × *C. maxima* 間の着果率には顕著な差が見られなかったが、種子形成は *C. maxima* × *C. moschata* の方が良好であったと述べている。今回の結果はその報告と同じような結果となった。Kwack and Fujieda (1987) は栽培カボチャの自殖したときと比較して種間交雑した時の種子の発育について、胚乳の発達は自殖したときと同じような生長であったが、胚の発達は自殖した時より生長が劣ったことを報告している。そしてこの生長の差は胚と胚乳の和合性の差異によるものと考察し、交雑の成否には品種間差異があることを報告している。この原因として早瀬(1956)は *C. moschata* × *C. maxima* の組み合わせにおいて、*C. maxima* の花粉管は *C. moschata* の子房通導組織内で伸長の遅滞が見られ種子形成が1果当たり10粒以下であったことを報告している。

正逆交配に用いた両親と雑種の果実の写真を図1に示す。‘宮崎早生1号’が心臓形で表面に深い溝と凹凸の隆起があり、色は収穫時期に黒色で追熟につれて薄い褐色に変わり、粉状のブルームが全体に発生するのに対し、‘久台33号’は心臓形で表面にごく浅い溝が微かに見え、つるつるしており、色は収穫時期に淡いクリームで追熟しても変わらずブルームもなかった。一方、両正逆交配雑種の果実は共通して表面にやや深い溝と凹凸の隆起が見られ、心臓形の果形を示した。しかし、果実の表面は、‘宮崎早生1号’×‘久台33号’が両親の中間色でブルームも若干あったのに対し、‘久台33号’



図1. 交配親品種とその種間雑種の果実

上段左より‘宮崎早生1号’の収穫適期の果実、‘宮崎早生1号’の追熟期の果実、‘久台33号’の収穫適期と追熟期の果実、下段左より‘宮崎早生1号’×‘久台33号’の追熟期の果実、‘久台33号’×‘宮崎早生1号’の追熟期の果実

表2. '宮崎早生1号' と '久台33号' 間の雑種およびその親品種を自殖したときの着果率

供試品種 (A)	交配花数 (B)	着果数 (B/A) %	着果率 種子数	正常 (C)	シイナ数 (D)	種子形成率 (C/C+D) %
'宮崎早生1号'	19	13	68.4	1986 ± 98	250 ± 45	89 ± 11
'久台33号'	1	1	100.0	288	54	81
'宮崎早生1号' × '久台33号'	27	8	29.6	2411 ± 87	240 ± 57	91 ± 15
'久台33号' × '宮崎早生1号'	16	10	62.5	1265 ± 95	181 ± 39	88 ± 14

注: ±は標準偏差値

× '宮崎早生1号' は両親の中間色よりも '久台33号' に近い色でブルームは現れなかった。このように正逆交配雑種の果実とも片親の特徴のみが現れるのではなく、両親の特徴を併せ持った形質を示した。さらに、予備試験的に RAPD 法を用いて '宮崎早生1号' × '久台33号' の雑種性の検定を行ったところ、それぞれの親に特有のバンドを併せ持っていた。これらの結果から両正逆交配雑種とも真の雑種であることが示唆された。

2010年に '宮崎早生1号' と '久台33号' の正逆交配で得られた種間雑種を用いて2011年に自殖を行った(表2)。その結果、着果率は '宮崎早生1号' × '久台33号' で29.6%で、'久台33号' × '宮崎早生1号' で62.5%で正常種子率はそれぞれ91%および88%であった。このようにニホンカボチャの '宮崎早生1号' を中心に行った交雑親和性の実験では 'クロダネカボチャ' との間に交雑親和性がなく、セイヨウカボチャとの間では '宮崎早生1号' を種子親にしたとき、単為結果をする品種が多く、花粉親にしたとき、正常な種子が得られた。今回は例外的に正逆交雑で雑種種子が得られた '宮崎早生1号' と '久台33号' 間の雑種性の検定を主に行ったが、今後は台木用品種である '久台33号' だけではなく、品質のよい 'くりじまん' や 'えびす' を種子親にしたときに得られる雑種を用いて、日向カボチャの品種改良を行いたい。

要約

宮崎県在来野菜の日向カボチャはニホンカボチャ *Cucurbita moschata* の黒皮品種群に属している。しかし、昭和40年以降はセイヨウカボチャ *C. maxima* が粉質の肉質と良好な食味で普及し、日向カボチャの栽培面積は減少し、現在は高級和食料理亭用として宮崎市と都城市の一部で施設栽培が行われているにすぎない。本研究では、日向カボチャの品種改良のための基礎的研究として他の種との種間交雑を行った。日向カボチャの '宮崎早生1号' を中心に正逆交雑実験を行ったとき、'クロダネカボチャ' との間に交雑親和性がなく、セイヨウカボチャあるいはその両種の雑種との間では、'宮崎早生1号' を花粉親にしたとき、4つの品種との間に不完全であるが、交雑親和性があり、種子親にしたとき、'久台33号' 以外では単為結果しか見られなかった。正逆交配で得られた '宮崎早生1号' × '久台33号' 間の雑種の果実の形質は両親の中間で、ブルームも若干あっ

た。予備実験的に行った RAPD-PCR 解析法による雑種検定でも種間雑種であることが示唆された。さらに雑種株を用いて自殖を行ったとき、正常な着果が見られた。

謝辞

本実験で使った一部の '宮崎早生1号' の種子を提供していただき、また日向カボチャの栽培および育種技術等をご指導いただいた宮崎県バイテクセンター所長轟篤氏、宮崎県立農業大学校河原五朗氏、元宮崎県総合農業試験場副場長富永寛氏に心から感謝の意を表します。また南九州大学都城キャンパスフィールドセンターでの栽培実験をサポートしていただいた蔬菜園芸学研究室教授の川信修治先生、技能職員梅田知季氏、ならびに研究室の皆さまに厚く御礼申し上げます。

引用文献

- 岡迫義孝 (1972) カボチャ「現代農業技術双書」第1版 奥原潔 pp151-220 家の光協会。
- 富永寛 (2002) 宮崎県日向カボチャ「都道府県別地方野菜大全」第1版 タキイ種苗(株)出版部 pp303-304 社団法人農村漁村文化協会。
- Chen, L.Z., Murai, K., Inoue M., Kaneko, Y., Sato, Y. and Adachi, T. (2002) Somatic hybrids between *Lycopersicon esculentum* and *Lycopersicon chmielewskii*. *Plant Biotechnology* **19**: 389-396.
- 早瀬広司 (1956) カボチャ属の交雑に関する研究 VII. 柱頭において花粉が発芽開始する時刻と葯の裂開 育種学雑誌 **4**: 261-267.
- 早瀬広司 (1956) カボチャ属の交雑に関する研究 VIII. *Cucurbita maxima* と *C. moschata* との相反交雑について 北海道農業試験場彙報第 **70** 号: 26-30.
- Kwack, S.N. and Fujieda, K. (1987) Seed abortion and techniques for obtaining hybrids in interspecific crosses of *Cucurbita*. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* **55**: 455 ~ 460.
- 早瀬広司 (1963) *Cucurbita* 属の交雑に関する研究 XVI. 3種の栽培カボチャ *Cucurbita pepo*, *C. maxima* および *C. moschata* における花令と相反交雑親和性 育種学雑誌 **3**: 159-167.

- 8) Chen, L.Z., and Imanishi, S. (1991) Cross-compatibility between the cultivated tomato *Lycopersicon esculentum* and the wild species *L. peruvianum*, *L. chilense* assessed by ovule culture *in vitro*. *Japan. J. Breed.* **41**: 223 ~ 230.
- 9) 高橋敦子, 伊藤喜誠, 奥島佐知子, 吉田企世子 (1997) カボチャの品種による果肉成分の違いが食味に及ぼす影響 日本調理科学会誌 **30**: 232-238.