

三倍体無核性カンキツ新品種‘汐里’の育成とその特性

金好純子・柳本裕子・古田貴音・森田剛成・塩田 俊*・川崎陽一郎・塩田勝紀

キーワード：倍数性育種, ブンタン, カットフルーツ, 無核, 三倍性

広島県沿岸島しょ部のカンキツ産地では、ウンシユウミカンをはじめ、瀬戸内の穏やかな気候を活かしてレモンや中晩柑類が栽培されている。中晩柑類では、多様な品種が導入されているが、収穫量はハッサクが最も多く 31% (4,339t), 次いで‘不知火’が 23% (3,260t) を占めており、生産の主体である (農林水産省特産果樹生産動態等調査, 2020)。ハッサクは、尾道市因島で安政年間に発見された偶発実生であり、ほろ苦さのある爽やかな食味が親生まれ、本県発祥の特産品として作り継がれてきた。一方、ハッサクなどのブンタンに由来するカンキツは、種子が多いことや皮が剥きにくく食べ難いことなどから、生果の消費は低迷している。そこで、これらの問題解決のため、無核性で剥皮しやすい、あるいはカットフルーツ等として食べやすい良食味の品種育成に取り組んできた。

無核性品種育成のために、本県では幼苗時に染色体数調査で選抜できる三倍体を活用してきた。まずは育種親となる四倍体をコルヒチン処理により作出し、特性を明らかにした (柳本ら, 2012, 2017)。これらの四倍体を活用して二倍体との交配を行い、これまでに‘大橋’に四倍体‘不知火’を交配した三倍体の‘黄宝’ (金好ら, 2013) を育成した。また、他家受粉によっても安定した無核性を発現する無核紀州型無核性を利用した交雑育種にも取り組み、‘水晶文旦’に‘サザンイエロー’ (‘谷川文旦’×‘無核紀州’) を交配して‘瑞季’ (金好ら, 2019) を育成した。これらの品種は、いずれも減酸が遅く成熟期は 4~5 月で、国産カンキツが少なくなる時期が成熟期であり、種子が少なくカットフルーツとして簡易に食べられる特性を有する。

食味の面では、近年、特に若い年代で酸味が強くなさっぱりした食品への志向が強い (公益財団法人

人中央果実協会, 2020)。海外で育成された‘オロブランコ’ (Soost・Cameron, 1980) や‘メローゴールド’ (Soost・Cameron, 1985) は、クエン酸含量の極めて低いブンタンに、四倍体グレープフルーツを交配した三倍体の無核性品種であり、酸味が弱く食べやすい品種として国内市場でも流通している。

そこで、著者らは、これまでのブンタン由来の育成品種よりも酸味が弱く、無核性でカットフルーツ等により食べやすい品種の育成をめざし、新品種‘汐里’を育成した。ここでは、その育成経過と品種特性を報告する。

育成経過

交配は、2002 年 4 月に広島県立総合技術研究所農業技術センター生物工学研究所 (広島県東広島市八本松町) のガラス温室において行った。種子親として四倍体ヒュウガナツ (*Citrus tamurana hort. ex Tanaka*), 花粉親として‘Siamese Acidless’ (JP 118407)

(*C. maxima* [Burm.] Merr.) を用いた (図 1)。ヒュウガナツは、初夏に成熟する爽やかな風味の品種であり、果皮障害が少なくかいよう病にも強い。一方で、種子数が多いため、本育成では染色体倍加により得られた四倍体ヒュウガナツを用い、二倍体との交配により三倍体を作成して無核性品種の育成を試みた。また、花粉親とした‘Siamese Acidless’は、タイ原産のブンタンでクエン酸含量が 0.3% 程度と極めて低い。この品種は、‘オロブランコ’や‘メローゴールド’の種子親であり、良食味の品種を生み出した実績がある。これと日本発祥の品種との交配により、我が国の気象に適した酸味がまろやかな品種育成をめざした。

交配により得られた果実は 22 果で、四倍体を種子親として二倍体を交配したこれまでの報告 (金好ら, 2008) と同様に完全種子が得られ (表 1), 土壌に播種して育苗した。また、不完全種子も完全種子とほぼ同数得られたので、種子中の胚を取り出し培養し

* 広島県西部農業技術指導所
2023 年 8 月 23 日受理

て植物体を再生した。獲得した交雑実生は、生山（1981）の方法により根端の染色体数を調査したところ、完全種子由来の実生 67 個体、不完全種子由来の実生 20 個体はいずれも三倍体であり、他の倍数性実生は出現しなかった。三倍体交雑実生は、カラタチ台木に接ぎ木しガラス温室にて育苗を行った。2007 年には、三倍体交雑実生（カラタチ台木）87 個体のうち、生育良好な 41 個体を供試系統とし、広島県立総合技術研究所農業技術センター果樹研究部（広島県東広島市安芸津町）露地圃場に定植した。定植した系統は、2008 年に初結実して果実品質調査を主体とした一次選抜を開始し、2009 年から果実品質が優良な 17 系統を順次選抜した（表 1）。このうち本品種となった系統（一次選抜時の系統番号：a141、以下、本系統）は、2010 年に選抜したものであり、同年 4 月に 14 年生‘興津早生’を中間台木として高接ぎし、二次選抜に供試した。2012 年には高接ぎ樹が初結実して特性調査を開始し、2016 年 3 月に果実品質が優良で結実良好な有望系統として本系統を選抜した（二次選抜時の系統番号：B67）。

2016 年 4 月からは生物系特定産業技術研究支援センター（以下、生研支援センター）「イノベーション創出強化研究推進事業」（農林水産省の旧「農林水産業・食品産業科学技術研究推進事業」、課題番号 27035C）にて本系統を供試し、育成地に加えて高

知県農業技術センター果樹試験場（高知県高知市）および現地圃場（広島県呉市、高知県土佐市、高知県香南市）にて地域適応性調査を行った。その結果、本系統は、無核性が強く良食味で、果皮障害やかいよう病の発生が少ない等の優秀性が確認できたため、品種登録候補とした。2017～2019 年には、農林水産植物種類別審査基準（ブantan類）に基づいて調査を行い、‘汐里’（しおり）と命名して、2020 年 1 月 31 日に品種登録出願を行った。同年 4 月 2 日に出願公表（第 34481 号）され、2022 年 6 月 9 日に品種登録（第 29244 号）となった。品種名称は、育成地の瀬戸内にちなみ、また、3 月が成熟期の晩生種であり、冬季温暖な汐の香りがする地域が栽培適地であることに由来する。

特性

‘汐里’の品種特性調査は、広島県立総合技術研究所農業技術センター果樹研究部（広島県東広島市安芸津町）にて行った。対照品種は、種子親の染色体倍加の元品種である二倍体のヒュウガナツとブantan類の主要品種で成熟期が類似する‘土佐文旦’の 2 品種とした。調査圃場は、交雑系統および対照品種等の多様な中晩生カンキツを混植している圃地である。

表1 四倍体ヒュウガナツと‘Siamese Acidless’の交配で得られた果実における種子形成と実生の倍数性

交配組合せ (種子親×花粉親)	調査 果実数	種子数(個/果)		各倍数性種子数				三倍体 獲得数 (個/果)	一次選抜 供試 系統数	二次選抜 供試 系統数	品種 登録数 ^{b)}
		完全	不完全	完全種子		不完全種子 ^{a)}					
				調査数	3x	調査数	3x				
四倍体ヒュウガナツ × Siamese Acidless	22	3.7	3.0	67	67	20	20	4.0	41	17	1

a) 種子長5 mm以上の不完全種子

b) 2023年8月時点

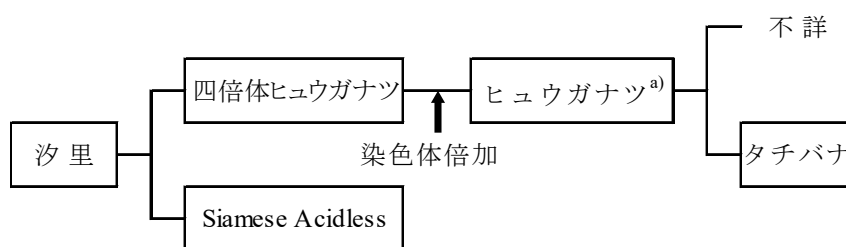


図1 ‘汐里’の系譜

各交配の上段が種子親、下段が花粉親を示す

a) ヒュウガナツの来歴はShimizuら（2016）のDNA解析による推定

1. 樹体特性

‘汐里’の樹姿は「直立」で、樹勢は「強」である(表2, 図2)。枝梢の太さはヒュウガナツより太く‘土佐文旦’と同等で、枝梢の長さおよび節間長は対照2品種と同等である。春枝でのとげの発生率は79.2%で、とげの長さは短く、樹齢が進むと消失する傾向にある。葉身の大きさおよび翼葉の幅は、ヒュウガナツより大きく‘土佐文旦’と同等である。隔年結果性は低く、

結実性は良好である。カンキツかいよう病抵抗性はやや強い。

花は総状花序を形成し、花蕾の重さはヒュウガナツより重く‘土佐文旦’と同等である(表3)。花卉は白色で5.6枚であり対照2品種と同等で、花糸は「一部合一」である(図3)。花粉の量は「多」であり、開花時における花柱の形は「直」である。

表2 ‘汐里’および対照品種の樹体および枝葉の特性^{a)}

品種	樹姿	樹勢	枝葉の密度	枝梢の太さ (mm)	枝梢の長さ (cm)	節間長 (cm)	枝梢のとげ発生率 (%) ^{b)}	とげの長さ	葉身の大きさ (cm ³)	翼葉の幅 (cm)	隔年結果性	かいよう病抵抗性
汐里	直立	強	中	4.8 a ^{c)}	21.2 a	2.6 a	79.2 a	短	51.9 a	6.3 a	低	やや強い
ヒュウガナツ	中間	中	中	3.2 b	18.3 a	2.0 a	73.9 a	短	45.4 b	3.9 b	低	強い
土佐文旦	中間	強	中	5.0 a	21.9 a	2.5 a	64.8 a	短	52.4 a	6.7 a	低	中

a) ‘興津早生’中間台木の高接ぎ樹の枝葉を2019年3月8日に採取し、農林水産植物種類別審査基準(ブント類)に基づいて同日調査した

b) 調査した枝梢のとげ数/調査した枝梢の全着葉節数でArcsin変換後に統計処理を行った

c) 異符号間ではTukeyの多重検定により5%水準で有意差あり(n=10)



図2 ‘汐里’の樹体

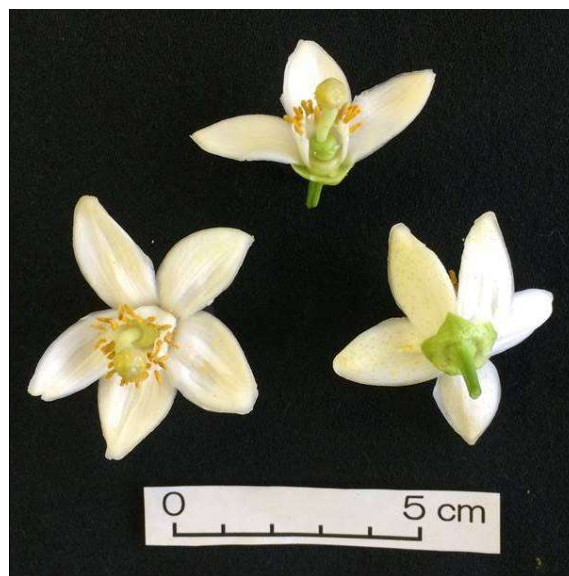


図3 ‘汐里’の花

表3 ‘汐里’および対照品種の花の特性^{a)}

品種	花序の形成	花蕾の重さ (g)	花卉の数 (枚)	花糸の分離程度	花粉の多少	花柱の形
汐里	総状	1.72 a ^{b)}	5.6 a	一部合一	多	直
ヒュウガナツ	総状	0.70 b	5.1 a	一部合一	多	直
土佐文旦	総状	1.61 a	4.8 a	分離	多	直

a) ‘興津早生’中間台木の高接ぎ樹を供試し、特性値は農林水産植物種類別審査基準(ブント類)に基づいて花の形態を2019年に調査した

b) 異符号間ではTukeyの多重検定により5%水準で有意差あり(n=20)

表4 ‘汐里’および対照品種の生育特性^{a)}

品種	発芽始期 ^{b)}	開花始期 ^{c)}	満開期 ^{d)}	着色始期	完全着色期
汐里	4月3日	5月9日	5月20日	11月11日	- ^{e)}
ヒュウガナツ	4月6日	5月9日	5月21日	11月1日	-
土佐文旦	4月3日	5月9日	5月20日	9月30日	12月12日

a) 農林水産植物種類別審査基準(ブンタン類)に基づき調査し、値は2016～2018年の平均

b) 新梢の過半数が3 mmに伸長した時

c) 蕾が連続して開花し始めた時

d) 開花した花が8割に達した時

e) 12月に防寒のため果実に袋掛けを行ったので調査データなし

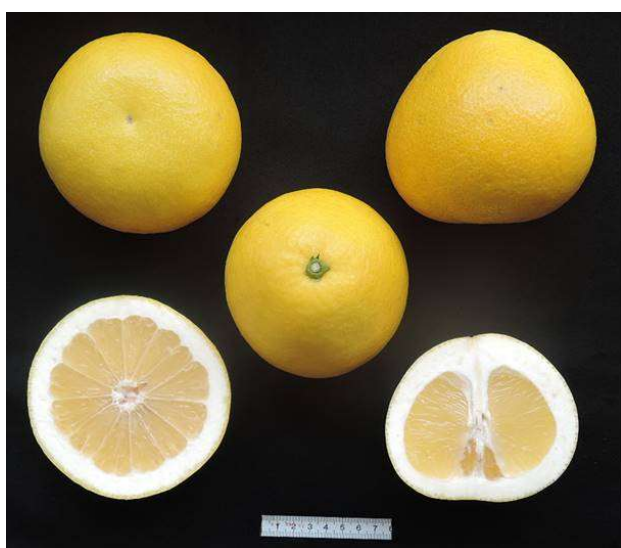


図4 ‘汐里’の果実

育成地での発芽始期は4月3日頃、開花始期は5月9日頃、満開期は5月20日頃で、いずれも対照2品種とほぼ同時期である(表4)。着色開始期は11月11日頃でヒュウガナツとほぼ同時期で‘土佐文旦’より遅い。着色も‘土佐文旦’より遅く、‘土佐文旦’は12月12日に完全着色期となったが、その時期の‘汐里’はヒュウガナツと同様に6分程度の着色歩合であった。その後、防寒のため果実に袋掛けを行ったので、‘汐里’の完全着色期は不明である。なお、3月8日に収穫して3月14日に調査した果実では、‘汐里’および対照2品種はいずれも10分着色であった(表5)。このことから、‘汐里’は成熟期には完全着色しており、着色に支障はないと考えられた。

2. 果実特性

供試樹は前記1. と同じである。果実特性調査での糖度およびクエン酸含量の測定には、酸糖度分析装

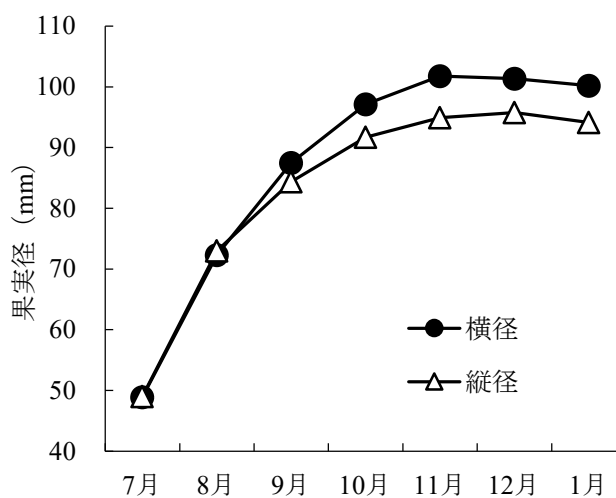


図5 ‘汐里’果実径の推移

2016～2018年度の3年間の平均値で各月20日前後に調査した

置(Horiba, NH-2000)を用いた。‘汐里’の果形は短卵形で、果皮は黄色である(図4)。果実は、11月中旬まで横径、縦径ともに肥大する(図5)。果形指数は107で対照2品種と同等である(表5)。果実重は285 g程度でヒュウガナツより大きく‘土佐文旦’と同等である。果皮色は赤味の強さを示すa*値および黄味の強さを示すb*値はヒュウガナツより低く‘土佐文旦’と同等で、果皮の粗滑は「滑」である。剥皮性は「中」で、果皮の厚さはヒュウガナツより厚く‘土佐文旦’と同等である。香りはヒュウガナツに類似する。完全種子数は0.6個/果で、対照2品種に比べて極めて少ない。3月上旬に収穫した果実の3月中旬の糖度は12.0°で対照2品種と同等で、クエン酸含量は1.06%でヒュウガナツより低く‘土佐文旦’と同等である。果芯の密度は「中」で、じょうのう膜の硬さは「中」で、じょうのう膜にはブンタン特

表5 ‘汐里’ および対照品種の果実特性

品種	果形 指数 ^{a)}	果実重 (g)	果皮色			果皮の 粗滑	着色歩合 (0-10分)	剥皮の 難易	果皮厚 (mm)
			L*値	a*値	b*値				
汐里	107 a ^{c)}	285 a	74.2 a	-1.8 b	61.6 b	滑	10.0	中	7.9 a
ヒュウガナツ	109 a	151 b	74.0 a	4.8 a	75.3 a	滑	10.0	中	4.9 b
土佐文旦	120 a	391 a	75.1 a	-3.8 b	59.5 b	滑	10.0	やや難	8.3 a

品種	果肉 歩合 ^{b)} (%)	完全 種子数 (個/果)	糖度 (°Brix)	クエン酸 含量 (%)	果芯の 密度	じょうのう幕		果汁の 多少	さじょうの 硬さ
						硬さ	苦味		
汐里	64.7 a	0.6 b	12.0 a	1.06 b	中	中	有	多	柔
ヒュウガナツ	72.0 a	35.8 a	11.9 a	1.84 a	密	中	無	多	柔
土佐文旦	70.8 a	37.6 a	12.1 a	1.19 b	密	中	有	中	中

果実は2018年3月8日に収穫後、3月14日に分析し、特性値は農林水産植物種類別審査基準(ブタン類)による

a) 果実横径÷縦径×100

b) (果実重-果皮重)÷果実重×100

c) 異符号間ではTukeyの多重検定により5%水準で有意差あり(n=20)

表6 ‘汐里’ の収穫後の果実品質の推移

収穫日	調査日	糖度 (°Brix)	クエン酸含量 (%)	糖酸比 ^{a)}	貯蔵中の障害	
					果皮障害	す上がり
1月15日	1月15日	10.2 b ^{b)}	1.45 a	7.0 c	-	-
2月13日	2月13日	11.2 ab	1.37 a	8.2 c	-	-
3月8日	3月14日	12.0 a	1.06 b	11.3 b	-	-
3月8日	4月15日	11.5 a	1.06 b	10.9 b	0.0	0.0
3月8日	5月17日	10.3 b	0.79 c	13.1 a	0.0	0.0

収穫および調査は2018年で4月と5月の分析には6mm径4穴のLDPEで個装し、常温貯蔵した果実を用いた

a) 糖度/酸度

b) 異符号間ではTukeyの多重検定により5%水準で有意差あり(n=5)

有の苦みがある。果汁は多く、果肉は柔らかく、ヒュウガナツに類似している。ゼリーのような食感であり、赤道面で半分は切ってスプーンですくったり、スマイルカットで食したりするのに適する。果実の糖度は、3月中旬まで上昇し、クエン酸含量は同時期には1%程度となる(表6)。3月に収穫して常温貯蔵を行うと、糖度およびクエン酸含量は低下傾向にあるが、6月まで糖酸比は高く推移し良食味であり、常温貯蔵での出荷適期は3~6月と考えられる。貯蔵期間中の果皮障害やす上がりの発生は極めて少ない。以上のとおり、‘汐里’はヒュウガナツの食味に類似した3月に成熟する品種である。果汁が多く大果で種子が極めて少なく、カットフルーツとして簡易に食べられる品種として、需要拡大に貢献することが期待される。

適応地域および栽培上の留意点

これまでの広島県および高知県での地域適応性試験では、いずれの地点でも着果は安定し良食味の果実が生産さ

れており、適応地域は広いと考えられる。ただし、樹は直立性であり、特に幼木期は樹勢が強くなると着果が不安定になるため、中庸な樹勢の管理に留意する。3月が成熟期であり樹上越冬で食味が向上するので、冬季温暖な地域での栽培が望ましい。冬季に気温が-3℃以下になる場合は、果実は凍結する恐れがあるため、防寒対策が必要である。かいよう病にはやや強いが、苗木や風雨の強い地域では適宜防除を行う。本品種は、苗木の供給地域を限定せず普及することとしている。

摘 要

‘汐里’は、広島県立総合技術研究所農業技術センターにおいて、2002年に四倍体ヒュウガナツを種子親として、‘Siamese Acidless’を花粉親として育成した新品種である。2014年からは農林水産業・食品産業科学技術研究推進事業にて地域適応性等を検討した。その結果、優良な形質を有する品種として‘汐里’と命名し、2020年1月31日に

品種登録出願を行い、同年4月2日に出願公表(第34481号)され、2022年6月9日に品種登録(第29244号)となった。

樹勢は強く樹姿は直立性である。とげは多いが短く、樹齢が進むと消失する傾向にあり、カンキツかいよう病にはやや強い。結実性は良好であり、隔年結果性は低い。

果形は短卵形で果皮は黄色で果面の粗滑は滑である。果実は300g程度で完全種子数は1粒程度で少ない。じょうのう膜には弱い苦みがある。果肉は柔らかく多汁で、カットフルーツに適している。育成地での成熟期は3月中旬で、糖度は12°程度、クエン酸含量は1%程度となる。

謝 辞

本研究の一部は生研支援センター「イノベーション創出強化研究推進事業」(JP J007097)の支援を受けて行い、共同研究機関の方々に多大なご協力をいただいた。また、国立大学法人鹿児島大学農学部教授山本雅史博士には、本事業でのご指導・ご助言および本論文の高閲を賜った。国立大学法人京都大学の北島宣名誉教授には、無核性品種育成についてご指導・ご助言をいただいた。国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構に在籍された生山巖博士には、倍数性育種についてご指導・ご助言をいただいた。ここに記して感謝の意を表す。また、本品種の育成にあたり、終始ご尽力をいただいた当センター職員の方々に心より御礼申し上げます。

引用文献

金好純子・古田貴音・赤阪信二・塩田 俊・柳本裕子・蔵尾公紀・川崎陽一郎・松下修司・金谷新作・長久 逸・塩田勝紀. 2013. 黄宝. 品種登録22295.

金好純子・古田貴音・蔵尾公紀・山口 聡. 2008. 単胚性カンキツにおけるコルヒチン処理による四倍体の作出とその種子親としての利用による三倍体の獲得.

園学研. 7:5-10.

金好純子・柳本裕子・北島 宣・古田貴音・山崎安津・川崎陽一郎・中野道治・塩田勝紀・森田剛成・松下修司・中崎鉄也. 2019. 瑞季. 品種登録27604.

公益財団法人中央果実協会. 2020. 令和元年度 果物の消費に関するアンケート調査報告書. 中央果実協会調査資料 No253: 58-59.

農林水産省. 1994. 農林水産植物種類別審査基準(ブタン類). <http://www.hinshu2.maff.go.jp/info/sinsakijun/kijun/1171.pdf>.

農林水産省. 2020. 特産果樹生産動態等調査.

https://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/tokusan_kazyu/

生山 巖. 1981. カンキツ類の根端細胞における染色体の一観察法について. 果樹試報 D. 3: 1-7.

Shimizu T, A. Kitajima, K. Nonaka, T. Yoshioka, S. Ohta, S. Goto, A. Toyoda, A. Fujiyama, T. Mochizuki, H. Nagasaki, E. Kaminuma, and Y. Nakamura. 2016. Hybrid Origins of Citrus Varieties Inferred from DNA Marker Analysis of Nuclear and Organelle Genomes. PLOS ONE 11(11): e0166969. doi:10.1371/journal.pone.0166969.

Soost, R. K. and J. W. Cameron. 1980. ‘Oroblanco’ a triploid pommelo-grapefruit hybrid. HortScience. 15: 667-669.

Soost, R. K. and J. W. Cameron. 1985. ‘Melogold’ a triploid pommelo-grapefruit hybrid. HortScience. 20: 1134-1135.

柳本裕子・金好純子・古田貴音・川崎陽一郎・塩田勝紀. 2017. カンキツのコルヒチン処理により作出した2x-4x-4x 倍数性キメラの花粉および果実組織の倍数性と三倍体育種親としての活用. 園学研. 16(3):249-257.

柳本裕子・金好純子・古田貴音・北野剛志. 2012. カンキツのコルヒチン処理により作出した四倍体および倍数性キメラの形態的特性. 園学研. 11(4):449-457.

Breeding and Characteristics of New Seedless

Triploid Citrus ‘Shiori’

Junko KANEYOSHI, Yuko YANAGIMOTO, Takane FURUTA, Takeshige MORITA,

Takashi SHIODA, Yoichiro KAWASAKI and Katsunori SHIODA

Summary

‘Shiori’ (*Citrus* sp.) was produced in 2002 at the Hiroshima Prefectural Technology Research Institute Agricultural Technology Research Center from a cross between tetraploid Hyuganatsu as the seed parent and diploid ‘Siamese Acidless’ as the pollen parent. From 2014, its regional adaptability was examined. We named it ‘Shiori’ and filed a variety registration application on 31 January 2020 (application number 34481). It was registered on 9 June 2022 (registration number 29244). The tree vigor is strong and the shape is upright. It has many thorns, but they are short and tend to disappear as the tree ages. It has moderate resistance to canker scab. The fruiting is good, with low biennial bearing. The fruit shape is short ovoid. The pericarp is yellow and the fruit surface is smooth. The fruit weight is about 300 g. Fruits rarely have more than 1 seed. The Segment Membrane is weakly bitter. The flesh is soft and juicy and suitable for use as cut fruit. At harvest in mid-March, the sugar content is about 12° Brix and the acidity is about 1%.

Key words: cut fruit, polyploidy breeding, pummelo, seedless, triploidy