

2 「こなみずき」の育成および 低温糊化性澱粉の遺伝様式

農研機構 次世代作物開発研究センター
畑作物研究領域 主席研究員

かたやま けんじ
片山 健二

2.1 はじめに

2002年に当時の農研機構作物研究所で育成された青果用品種「クイックスweet」は、通常品種より20℃程度低い温度で糊化する澱粉を含み、その低温糊化性澱粉は耐老化性に優れるなどの特徴を有することから、サツマイモ澱粉の付加価値を高め、食品向けの用途拡大に繋がるものとして注目された。しかし、「クイックスweet」は青果用のため、澱粉収量が低い、萌芽性が劣る、赤皮で澱粉白度が劣るといった問題点が多く、低温糊化性澱粉を含む原料用品種の育成が緊急の課題となっていた。

筆者は、2002年秋に九州沖縄農業研究センターへ異動となり、この課題を担当することとなった。予備的な交配実験により、低温糊化性澱粉は劣性遺伝することが予想

されたため、低温糊化性澱粉系統と糊化開始温度が比較的低めの原料用系統との交配を設計した。また、低温糊化性澱粉は図1のように顕微鏡観察で澱粉粒に亀裂が見られることから、交配後代から低温糊化性澱粉を含む個体を初期世代で選抜するために、交配実生の塊根から小さな組織切片を取り、そこに含まれる澱粉粒を顕微鏡で観察し、澱粉粒に亀裂がある実生個体を選抜した。その後、アルカリ溶解性を利用した低温糊化性澱粉の簡易判定法も開発され、現在はより効率的な選抜が可能となっているが、当時は収穫作業後の初冬の寒い作業場で、パートさん達と顕微鏡を覗く日が続いたことを覚えている。

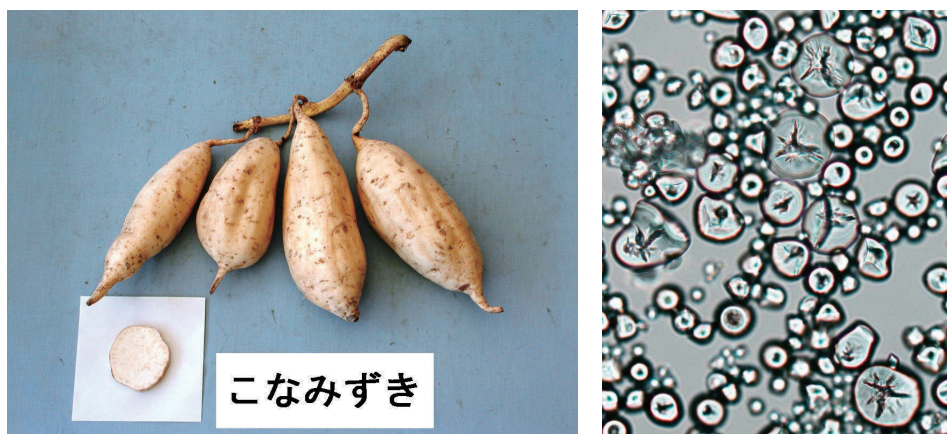


図1 「こなみずき」の塊根（左）および澱粉粒（右）

2.2 「こなみずき」の育成経過と特性

「こなみずき」は「クイックスweet」の後代で低温糊化性澱粉を含む「99L04-3」を母、高澱粉・多収で糊化開始温度が低めの「九系236」を父とする交配組合せから選抜・育成した品種である。その系譜を図2に示す。

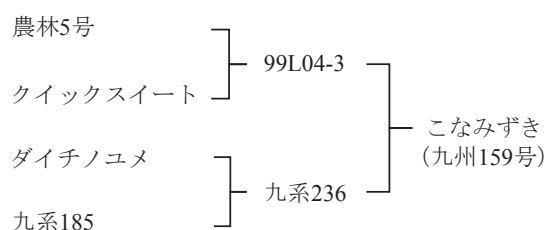


図2 「こなみずき」の系譜図

交配採種は2003年に九州沖縄農業研究センターで実施し、2004年以降同所で選抜を

重ねた。2007年から「九州159号」の系統名で地域適応性検定試験等を行った結果、「九州159号」は低温糊化性や耐老化性といった新規特性を有する澱粉を含み、原料用品種としての適性を有することが明らかとなった。このため、農林水産省から早急に現場への普及を推進する重要な作物として「農業新技術2011」に選定されるとともに、2012年1月に品種名「こなみずき」として品種登録され、鹿児島県で澱粉原料用品種として普及に移されることとなった。「こなみずき」の品種名は、糊化した澱粉が長くみずみずしさを保つことができる耐老化性澱粉を含む品種であることを示す。

育成地（宮崎県都城市）で2006年～2009年の間に実施した生産力検定試験の結果から、「こなみずき」の主な特性を表1に示す。

表1 「こなみずき」の主な特性（2006～2009年）

品種名	こなみずき	シロユタカ	コガネセンガン	クイックスweet
特性名				
萌芽性	やや良	良	やや良	やや不良
葉形	心臓形	単欠刻浅裂	単欠刻浅裂	単欠刻浅裂
いもの形状	長紡錘形	短紡錘形	下膨短紡錘形	紡錘形
いもの皮色	白	白（紅）	黄白	濃赤紫
いもの肉色	白	白	黄白	黄白
貯蔵性	中	やや難	やや難	中
サツマイモネコブセンチュウ抵抗性	強	強	やや弱	強
ミナミネグサレセンチュウ抵抗性	やや強	やや強	やや弱	中
澱粉白度	95.1	96.6	96.2	94.9
糊化開始温度（℃）	58.1	75.5	75.0	57.0
離水率（％）	0.0	19.3	17.2	0.0
標準無マルチ栽培 ¹⁾				
いも収量（kg/a）	305	307	280	203
澱粉歩留（％）	24.6	23.6	23.4	22.7
澱粉収量（kg/a）	75	72	66	46
長期マルチ栽培 ²⁾				
いも収量（kg/a）	341	431	-	311
澱粉歩留（％）	24.5	24.4	-	23.7
澱粉収量（kg/a）	83	105	-	74

1) 5月中旬植付、10月上旬収穫、標準施肥。

2) 4月下旬植付、10月末～11月初収穫、多肥。

萌芽性はやや良で、草型はやや匍匐型、葉色は緑、葉形は心臟形である。いもの皮色・肉色は白で、形状は長紡錘形である(図1)。いもの貯蔵性は中である。病虫害抵抗性については、サツマイモネコブセンチュウ抵抗性は強、ミナミネグサレセンチュウ抵抗性はやや強、黒斑病抵抗性はやや強で、標準品種の「シロユタカ」と同程度である。

「こなみずき」の収量および関連形質を表1に示す。育成地におけるいも収量は、標準無マルチ栽培と晩植無マルチ栽培では「シロユタカ」や「コガネセンガン」と同程度を示し、長期マルチ栽培と早掘マルチ栽培では「シロユタカ」や「コガネセンガン」より低収であるが「クイックスweet」より多収を示した。澱粉歩留は、標準無マルチ栽培や晩植無マルチ栽培では「シロユタカ」や「コガネセンガン」より1~2%高い。そのため単位面積当たりの澱粉収量は、標準無マルチ栽培や晩植無マルチ栽培では「シロユタカ」や「コガネセンガン」より多収を示し、長期マルチ栽培や早掘マルチ栽培では「シロユタカ」や「コガネセンガン」より低収であるが、「クイックスweet」よりは多収である。

「こなみずき」の澱粉は、既存の原料用品種より20℃程度低い温度で糊化し、澱粉ゲルを4~10週間冷蔵保存した後も離水が無く硬くなりにくいという耐老化性を有するが、白度は「シロユタカ」よりやや劣る。その低温糊化性は異なる栽培条件でも安定して発現したが、晩植無マルチ栽培で最も低い糊化開始温度を示した。一方、早掘マルチ栽培では糊化開始温度が高めになる傾向があり、いも収量も「シロユタカ」より低くなることから、「こなみずき」のいも

収量および澱粉の品質を向上させるためには、早掘栽培を避けることが重要と考えられた。

2.3 低温糊化性澱粉の遺伝様式

低温糊化性澱粉を含む品種を効率的に育成するために、低温糊化性澱粉の遺伝様式の解明にも取り組んだ。サツマイモは、生存に必要な最小限の染色体(ゲノム)が15本1組で、ほぼ同じ6組のゲノムを持つ同質6倍体であり、合計で $15 \times 6 = 90$ 本の染色体を持つ。さらに同じ品種系統同士で交配しても結実しない自家不和合性を示すことから、サツマイモは遺伝実験の交配後代の分離比が複雑で、遺伝様式の解明が難しい作物である。

遺伝実験では「クイックスweet」とその交配後代系統、および通常の品種系統を交配親として供試し、各種組合せで交配種子を得た。交配後代を圃場で栽培し、収穫した塊根の澱粉粒の亀裂および糊化開始温度を調査した。サツマイモは他殖性の栄養繁殖作物で、交配後代はその雑種第1代(F1)で形質が分離するため、交配後代の分離比の適合度検定はすべてF1で行った。

「クイックスweet」のような糊化開始温度が55℃程度の低温糊化型と通常(75℃程度)の野生型との交配後代は、糊化開始温度が54~77℃の範囲に広く分布し、63~64℃の間が分布の谷間となり、54~64℃の低温糊化型の個体群と63~77℃の野生型の個体群に分離するか、すべて野生型となる傾向がみられた。一方、両親が低温糊化型同士の組合せでは、交配後代はすべて低温糊化型となった。そこで、サツマイモは同質6倍体であるので、低温糊化型は1対の

表2 交配後代における澱粉の低温糊化性の分離および両親の推定遺伝子型

交配組合せ		糊化開始温度(℃)		F ₁ の分離		期待値		推定遺伝子型	
母本	父本	母本	父本	野生	低温糊化	＋：－	χ^2	P値	母本 父本
クイックスイート	99L03-1	56.8	60.9	0	20	0：1			ssssss ssssss
99L04-3	99L04-13	56.5	59.5	0	22	0：1			ssssss ssssss
九系97230-5	クイックスイート	68.9	56.8	26	27	1：1	0.019	0.891	Ssssss ssssss
クイックスイート	九系00214-3	56.8	67.7	24	23	1：1	0.021	0.884	ssssss Ssssss
農林5号	クイックスイート	72.8	56.8	41	9	4：1	0.125	0.724	SSssss ssssss
クイックスイート	宮農36号	56.8	70.5	39	9	4：1	0.047	0.829	ssssss SSssss
クイックスイート	ダイチノユメ	56.8	73.4	60	4	19：1	0.211	0.646	ssssss SSSsss
九系02250-209	九系236	57.1	72.0	51	2	19：1	0.168	0.682	ssssss SSSsss
ベニアズマ	99L03-1	75.6	60.9	46	3	19：1	0.130	0.718	SSSsss ssssss
九州127号	九系97230-5	66.4	68.9	40	13	3：1	0.006	0.937	Ssssss Ssssss
九州127号	九系00214-3	66.4	67.7	42	11	3：1	0.509	0.475	Ssssss Ssssss
九州127号	農林5号	66.4	72.8	42	8	9：1	2.000	0.157	Ssssss SSssss
シロユタカ	クイックスイート	75.5	56.8	191	0	1：0			≥SSSS ssssss
クイックスイート	コガネセンガン	56.8	75.0	65	0	1：0			ssssss ≥SSSS

注) $\chi^2 < 3.841$, $P > 0.05$ の場合、期待値と適合している。

劣性遺伝子がホモ型になった時に発現すると仮定した。すなわち、その遺伝子を *spt* (略称：*s*) とした場合、低温糊化型の遺伝子型は ssssss となり、優性遺伝子 *Spt* (*S*) が一つでも入ると野生型となる (表2)。野生型と低温糊化型 (ssssss) の交配では、野生型親の遺伝子型が Ssssss、SSssss、SSSsss の場合は、交配後代で野生型：低温糊化型がそれぞれ 1：1、4：1、19：1 の分離比で出現するが、野生型親の優性遺伝子 *S* の数が4つ以上だと交配後代に低温糊化型は出現しなくなる。遺伝実験を行った主な交配組合せのF₁の分離を表2に示した。

これらの結果は仮説の期待値とよく適合し、低温糊化性澱粉には1対の劣性遺伝子 (*spt*) が関与していると推定された。また図3に示したように、遺伝実験に用いた品種系統の推定遺伝子型とその糊化開始温度との関係から、優性遺伝子の数が増えるにともなう、澱粉の糊化開始温度が高くなるという遺伝子の量的効果がみられた。

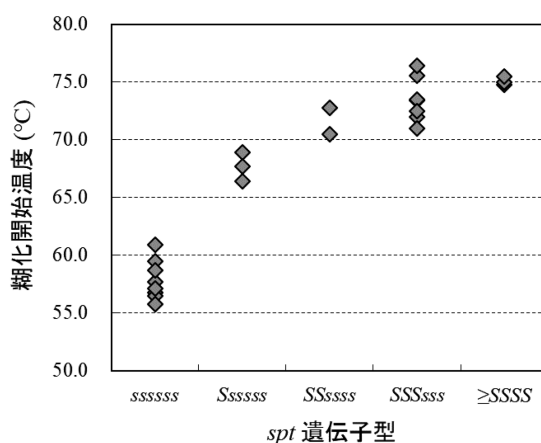


図3 澱粉の低温糊化性の遺伝子型と糊化開始温度の関係

これらから、サツマイモ澱粉の糊化開始温度は *spt* 遺伝子型により影響されることが考えられた。遺伝子型が不明の品種系統は、低温糊化型との検定交配を行うことにより遺伝子型を推定可能で、遺伝子型が明らかな両親間の交配後代では各遺伝子型 (ssssss～SSSSSS) の出現率が推定できるため、育種家が遺伝学に基づいた交配組合せを設計することが可能である。この遺伝様式から「こなみずき」は、遺伝子型 ssssss の母

親「99L04-3」と遺伝子型SSSSssの父親「九系236」との交配組合せから、1/20の確率で出現する低温糊化型後代を選抜した品種であることが推測される。今後は、こうした遺伝様式を参考にして「こなみずき」の後継品種の育成が効率的に進むことを期待している。

2.4 おわりに

今回の受賞研究は、「こなみずき」という品種に注目し、特性解明、澱粉製造および食品利用技術の開発に取り組んでいただいた産学官の「いも仲間」の連携の力が実を結んだ成果と考えている。この場を借りて、ご協力いただいた各機関の関係者並びに、「こなみずき」の共同育成者である吉永優氏、甲斐由美氏、境哲文氏、中澤芳則氏、および「こなみずき」の普及活動に尽力いただいた高畑康浩氏に、心より御礼申し上げます。また、これらの研究開発がサツ

マイモ澱粉の生産・消費拡大の一助となることを願っている。

引用文献

- 1) 片山健二, 田宮誠司, 藏之内利和, 小巻克巳, 中谷誠: サツマイモ新品種「クイックスイート」. 作物研報, 3, 35-52 (2003).
- 2) 片山健二, 境哲文, 甲斐由美, 中澤芳則, 吉永優: サツマイモ新品種「こなみずき」の育成. 九州沖縄農研報告, 58, 15-36 (2012).
- 3) K. Katayama, S. Tamiya, T. Sakai, Y. Kai, A. Ohara-Takada, T. Kuranouchi, M. Yoshinaga: Inheritance of low pasting temperature in sweetpotato starch and the dosage effect of wild-type alleles. Breed. Sci., 65, 352-356 (2015).