

「べにはるか」の塊根に生じる肉色変異について

農研機構 九州沖縄農業研究センター
サツマイモ育種グループ 研究員

すえまつ けいすけ
末松 恵祐

はじめに

「べにはるか」は、2010年に品種登録された食用サツマイモ品種である¹⁾。従来の品種に比べて、栽培特性や食味が優れていたことから、全国的に栽培されるようになった。平成30年度における全国での総作付面積は3,637haに上り、青果としての利用に加えて焼き芋や干し芋など加工用途への需要も高まっている。一方で、本品種が急速に普及するに伴って、育成時には確認されていなかった「肉色変異が生じやすい」という問題が顕在化してきた。これは、本来は黄白色である塊根の肉色が白色に変わるというものであり、既に複数の生産者や消費者から報告されている。食・加工用サツマイモにとって、加熱調理した時の鮮やかな黄色は食欲をそそる重要な要素であり、このような白肉色変異は商品価値に影響する大きな問題である。しかしながら、白色に変異した塊根は外観からは識別できず、出荷前の選抜による対策は困難である。その上、この肉色変異はどのように発生するのか（遺伝要因か環境要因か）も明らかになっていない。そこで我々は、その発生要因を明らかにするために、年次間における肉色変異の再現性を調査した。また、肉色変異が食用サツマイモの品質に及ぼす影

響を明らかにするために、蒸いもの諸形質についても調査を行った。

1 材料および方法

2017年に別個の株から採取した23塊根を、2018年に種いもとして供試した(図1)。種いもは尾部側の一部を輪切りにして、分光測色計(CM-2600d、コニカミノルタ株式会社)を用いて両面中央部の $L^*a^*b^*$ 値を測定した後、苗床に伏せこんだ。なお、これらの種いものうち8塊根の肉色は正常(正常群)で、残りの15塊根は肉色に変異している(変異群)と肉眼で判定した。それぞれの種いもから苗を5本ずつ採苗し、圃場に移植して20週間栽培した後、それぞれの株から1個ずつ採取した塊根($23 \times 5 = 115$ 塊根)の輪切り両面中央部の $L^*a^*b^*$ 値を測定した。なお、 $L^*a^*b^*$ 値は色の見え方を数値化したもの(L^* 値は明度、 a^* 値は緑～赤の色味、 b^* 値は青～黄の色味を表す)であり、測定した a^* 値および b^* 値から種いもおよび収穫した塊根の彩度($\sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2}$)を算出し、肉色の変化程度を評価した。また、採取した塊根の一部(異なる種いもに由来する23塊根)を用いて、生いもの総カロテノイド含量および蒸いもの乾物率とBrix糖度を測定し、肉色と蒸

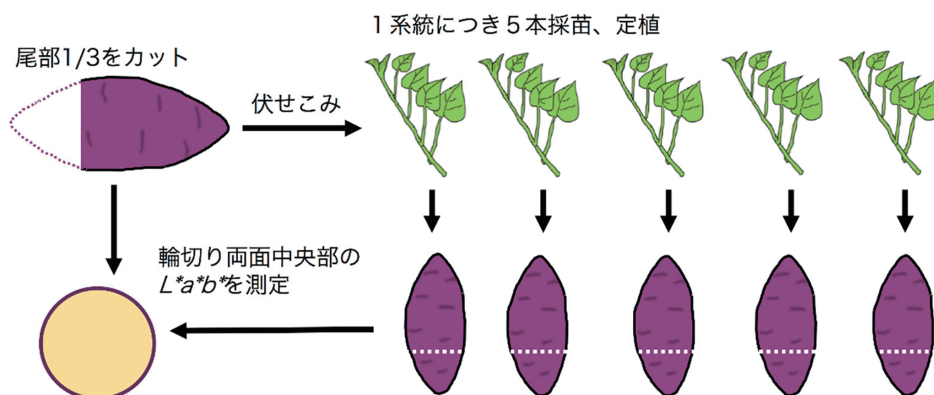


図1 肉色の調査方法

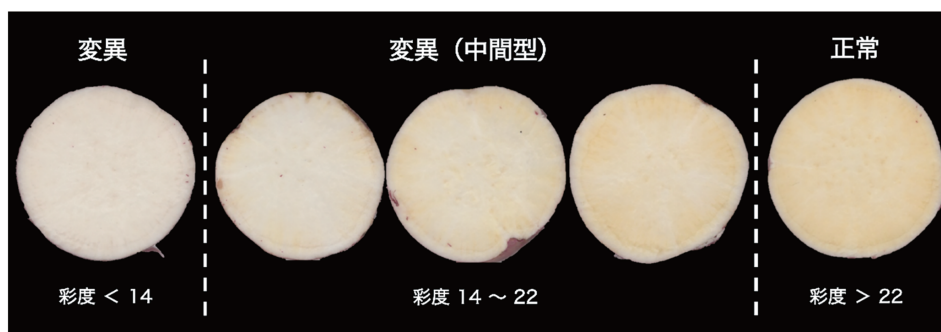


図2 「べにはるか」および変異個体の塊根断面

いも形質との関係を調査した。なお、Brix糖度は蒸いも15gを45mLの蒸留水中で磨砕した溶液の屈折率から換算した数値であり、糖度計（PR-101a、株式会社アタゴ）を用いて測定した。また、総カロテノイド含量の定量はIshiguro et al. (2010)²⁾の方法に従って測定した。

2 肉色変異の多様性

「べにはるか」の肉色変異は突然変異（芽条変異）によって生じたと考えられたため、肉色は元の黄白色か変異した白色か、二値的に決まると予測されていた。しかしながら、複数の「べにはるか」変異個体の肉色を調査したところ、完全な白色から薄い黄白色まで連続的に存在することが明らかに

なった（図2）。

これまでにサツマイモの芽条変異については多くの報告・調査の例がある。例えば、Tanaka et al. (2011)³⁾は、「アヤムラサキ」の肉色変異系統「AYM96」を用いて、その原因遺伝子を明らかにした。また、以前から「ベニアズマ」の皮色変異系統である「クリコガネ」や「コガネセンガン」の肉色変異系統である「コガネニンジン」が知られているほか、近年では三好アグリテック（株）が育成した「ハロウィンスウィート」（「高系14号」の肉色変異系統）が人気を博している。しかしながら、「べにはるか」のように量的な表現型を示す変異個体が複数出現している報告はない。したがって、「べにはるか」の肉色変異は単

純な遺伝変異だけに起因するものではなく、従来の芽条変異とは区別して考える必要があるかもしれない。

3 肉色変異の年次再現性

正常群の種いもの彩度は22.5~27.1であったのに対し、その種いも由来の苗から収穫した塊根の彩度は21.5~27.3であった(図3)。一方で、変異群の種いもの彩度は13.6~22.5であったのに対し、収穫した塊根の彩度は11.0~20.9であった(図3)。

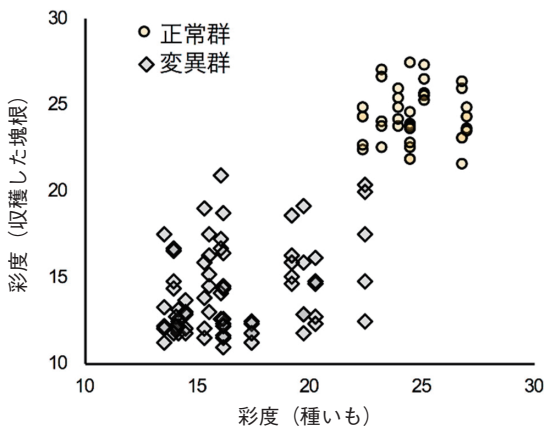


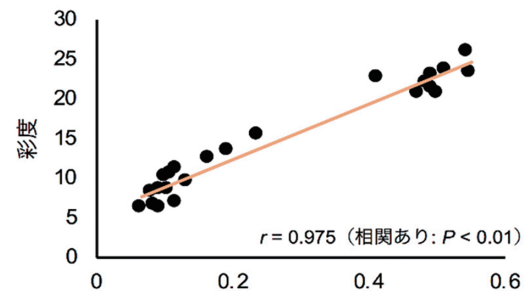
図3 種いも(2017年産)と収穫した塊根(2018年産)の彩度

両群の彩度はともに年次間で同程度の範囲に収まることから、肉色変異は環境による影響より、遺伝的な変異による効果が大きいものと推察された。しかしながら、変異群において彩度が比較的高かった(薄い黄白色)種いもから彩度が低い(白い)塊根が生じる現象が認められた。また反対に、彩度が低かった種いもから、比較的彩度が高い塊根が生じる場合もあった。したがって、肉色の黄色味(白さ)の程度は、遺伝要因以外の諸条件によっても一定の範囲内で変動することが示唆された。

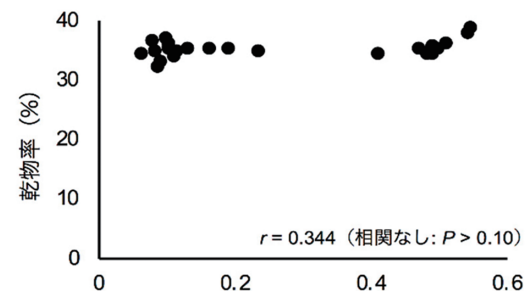
4 肉色変異が蒸いも品質に及ぼす影響

生いも塊根の総カロテノイド含量と蒸いもペーストの彩度を比較したところ、有意な相関が認められた(図4A)。一方で、蒸いもの乾物率やBrix糖度とは有意な相関は認められなかった(図4B、C)。即ち、肉色変異によってカロテノイド含量が減少しても、食感(粉質、粘質)や食味(甘さ)にはほとんど影響がないことが明らかに

(A) 蒸いもの彩度



(B) 蒸いもの乾物率



(C) 蒸いものBrix糖度

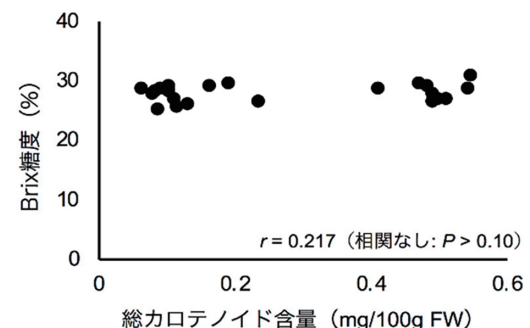


図4 塊根(生いも)の総カロテノイドと蒸いも品質の関係
(A) 蒸いもペーストの彩度、(B) 蒸いもの乾物率、(C) 蒸いものBrix糖度

なった。しかしながら、人によっては通常の「べにはるか」に比べて風味が弱いと感じる場合がある。 β -カロテンを含有するサツマイモはニンジン様の独特の風味を有することが知られているが、「べにはるか」に含まれるカロテノイド類（ β -カロテン5,8,5',8'-ジエポキシドや β -クリプトキサンチン5',8'-エポキシドなど）もサツマイモの美味しさを引き立てる風味に関与しているのかもしれない。もしくは、単純に視覚的な要因に起因する心理的なものであることも考えられるため、「べにはるか」の肉色と風味の関係については更なる調査が必要である。

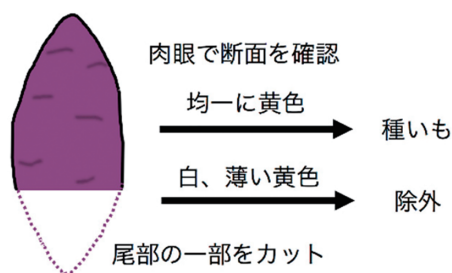
5 肉色変異の対策

本研究では、8個の正常な種いもから採苗した苗40本からは、全て黄白色の塊根が得られた（図3）。各苗から1個ずつ採種した40塊根のみの結果ではあるが、新規に肉色変異が発生する確率は極端に低いことが推測される。このことから、正常な種いもを選別し用いることが、肉色変異に対する最も実効的な対策といえる。しかし、ここでとりわけ注意したいのが、中間的な変異（不均一で薄い黄白色）を示す塊根である。繰り返しになるが、白肉色の変異体を種いもに用いた場合だけでなく、このような中間型の種いもを用いた場合でも白肉色の塊根が生じる可能性が高い（図3）。図2に示すとおり、正常な「べにはるか」は塊根全体がムラなく均一に黄白色であるのに対し、中間型は中心部の肉色が白～黄白色を示し不均一である。そのため、色見本等の明確な選別指標によって変異個体を区別することは難しい。選別者が塊根断面

をよく観察し、全面が均一に黄白色であるものを選ぶことが必要である。できれば「疑わしきは罰せよ」の意識を持って、厳しく選別してもらいたい。とはいえ、容易に判別できる白い塊根を種いもから除くだけでも、無選抜に比べて肉色変異個体の発生はかなり抑制できると考えられる。

種いも選抜の方法として、二つ提案したい。一つ目は伏せこみ前に種いもの一部（例えば尾部1/3）をカットし、肉色を確認する方法である（図5A）。カットした断面の肉色を確認した後、均一な黄白色であれば種いもとし、そうでなければ種いもから除外する。なお、本研究ではカットした種いもの伏せこみ後腐敗率などは調査していないが、経験則からカット面をよく乾燥させることで腐敗を防ぐことができると考えている。またキュアリング処理が可能であれば、より望ましい状態で伏せこむことができるだろう。二つ目は収穫時に株ごとにまとめて肉色を確認する方法である（図5B）。複数の塊根からなる株の塊根一つをカットし、断面を確認する。カットした塊根の肉色が均一な黄白色であれば、その株についている残りの塊根は全て種いも用として保存する。一方、カットした塊根の断面が均一な黄白色でない場合、残りは全て種いもから除外する。全ての塊根を調査することが理想ではあるが、この方法は作業時間を短縮できる点やカットによる種いもの腐敗を避けられる点などの利点がある。各自状況に合わせて、種いもの選別を行っていただきたい。

(A) 伏せ込み前に種いもの肉色を確認



(B) 収穫時に株ごとにまとめて肉色を確認

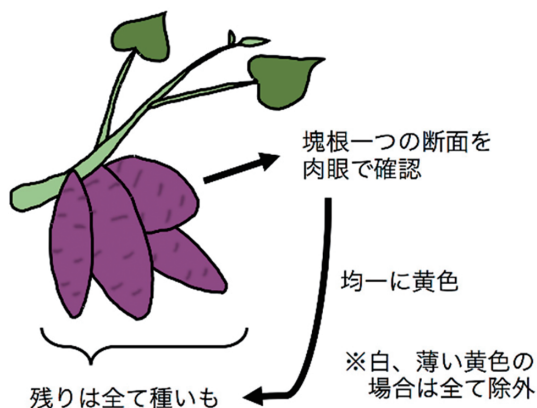


図5 肉色による種いもの選抜方法

(A) 伏せ込み前に種いもの肉色を確認する方法、
(B) 収穫時に株ごとにまとめて肉色を確認する方法

おわりに

本研究によって、「べにはるか」の塊根に生じる肉色変異の一端が明らかになった。しかしながら、どのようなメカニズムで、またどの程度の確率で、新たに肉色変異が発生するのか、今後解明すべき課題も多く残されている。現在、肉色変異系統の網羅的遺伝子発現解析を行っており、あるカロテノイド合成関連遺伝子の関与が示唆されている。「べにはるか」の肉色変異の原因を解明することによって、黄肉色サツマイモのカロテノイド蓄積における分子遺伝学的メカニズムの理解も進むと考えられる。白い「べにはるか」が、より鮮やかで美しいサツマイモ品種の育成に貢献する日も遠くはないだろう。

引用文献

- 1) 甲斐由美ら (2016) 九州沖縄農業研究センター報告 66 : 87-119
- 2) Ishiguro, K et al. (2010) Breed. Sci. 60 : 324-329
- 3) Tanaka, M et al. (2012) Mol. Breed. 29 : 565-574