

平成27年度終了 豆類振興事業助成金（試験研究）の成果概要

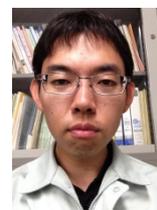
1 課題名 菜豆のサラダ用加工特性の解明と加工適性に優れる品種開発の強化

2 研究実施者

研究代表者（地独）北海道立総合研究機構十勝農業試験場研究部
豆類グループ 研究主任 齋藤優介

分担（地独）北海道立総合研究機構中央農業試験場作物開発部
農産品質グループ 主査（農産品質） 富沢ゆい子

国立大学法人帯広畜産大学 人間科学研究部門 教授 小嶋道之



3 実施期間 平成25年度～27年度（3年間）

4 試験研究の成果概要

（1）試験研究の目的

輸入原料（レッドキドニー）の加工適性を上回る、北海道産サラダ用途向け菜豆（いんげんまめ）の新品種を開発するために、種皮色素特性を解明し、加工適性および色流れ粒発生との関係を明らかにする。加えて、種皮の厚さや伸展性（しなやかさ）等の測定方法を検討することで、煮豆加工時に問題となる皮切れおよび煮くずれ粒発生との関係について解析を行い、皮切れ粒発生の簡易評価手法を開発する。また、これまでに開発した加工適性評価法を用い、サラダ用、煮豆用それぞれの用途向けに加工適性に優れた有望系統を選抜する。

（2）実施計画、手法

1）種皮色の特性解明（帯広畜産大学、十勝農試）

種皮色素の構成および色流れ粒の発生程度の比較から、レッドキドニーと金時品種の違いを明らかにする。

①登熟期における種皮色の変動と色流れ粒発生メカニズムの検討

- ・登熟期に雨よけ栽培を行い、莢内での種皮着色過程、雨よけ有無による種皮色差を調査する。
- ・赤いんげんまめを圃場において栽培し、成熟後および成熟途中の子実サンプル（莢付き）を細霧処理（恒温多湿条件）した際の種皮色の変動を測定する。

②赤いんげんまめ種皮に含まれる色素成分の解析

- ・種皮に含まれる色素成分を異なる方法で抽出し、抽出効率や成分について解析する。
- ・慣行栽培、雨よけ栽培および細霧処理した種子に含まれる色素成分の変動について検討する。

2）皮切れ粒発生のメカニズム解明と簡易評価法の開発（中央農試）

種皮の物理的特性等と皮切れ・煮くずれ粒との関係を解析する。加えて、選抜に利用可能な皮切れ粒発生の簡易評価法を開発する。

①皮切れ粒発生の要因解明

種皮色や種皮の厚さなどと、皮切れ粒発生との関係を解析し、皮切れ粒発生要因について検討する。

②皮切れ粒発生程度の簡易評価法の開発

煮熟後における皮切れ粒発生の大きさを簡易に評価でき、育種選抜に利用可能な手法の開発を試みる。

3) 加工適性に優れる有望系統の選抜強化（十勝農試）

サラダ用、煮豆用それぞれの用途向けにおいて、育成中期世代以降有望系統の加工適性を評価し選抜を行う。

(3) 成果の概要

1) 種皮色の特性解明

これまでの試験成績から、色流れが発生しやすく煮熟粒色が薄い金時類（「大正金時」「福勝」など）、煮熟後も種皮色が濃赤色を呈すレッドキドニー類（「Montcalm 023」「十育 S1 号」など）、および両者の中間の性質を示す「新金時」を見いだした。登熟期間中における種皮着色の進行程度を比較するために、成熟期の 21 日前（平成 25 年 8 月 15 日）から、3~4 日間隔で種皮色の調査を実施した。その結果、成熟期が 9 月 5 日と同日であった「大正金時」「新金時」「十育 S1 号」を比較すると、「大正金時」に比べて「新金時」は初期の着色の進行が早く、「十育 S1 号」では 8 月 15 日段階で種皮色が既に淡赤色であり、初期から L*値が低く、a*値が高い傾向であった（図 1）。

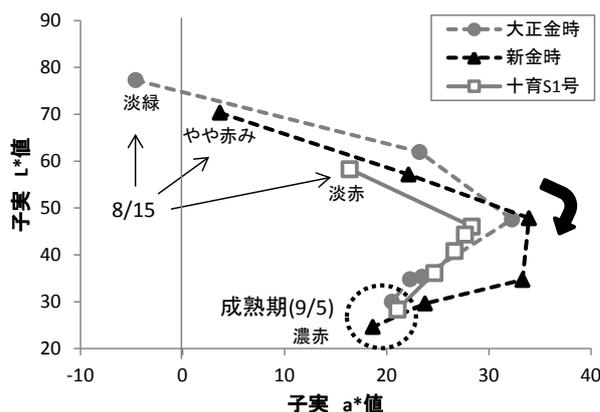


図 1 登熟期間の子実 L*、a*の推移（雨よけ栽培、平成 25 年）

調査日：8/15, 19, 23, 27, 30, 9/5(成熟期)

成熟莢を細霧条件下に置き色流れ粒を人工的に発生させたところ（図 2 左）、「大正金時」は処理 5 日目以降、明度および彩度が大きくなり、処理 10 日後の種皮色は処理前と比べ大きく色流れした（色差 $\Delta E^*_{ab}=13.41$ ）。「Montcalm 023」において、処理 10 日後の種皮色変動は大正金時と比べて小さいものであった（ $\Delta E^*_{ab}=3.86$ ）。

同様の処理を未成熟の莢（莢色が黄色に変化している段階）に行った結果（図2右）、「大正金時」は処理3日目以降、明度（L*）が大きくなる一方、彩度（C*）が小さくなった。処理10日後の種皮色は処理前と比べ著しく色流れし、成熟莢の場合よりも色差は大きくなった（ $\Delta E^*_{ab}=24.13$ ）。これらのことから、色流れ粒は成熟後より未成熟の種子のほうが、発生程度が大きくなることが示唆された。また、品種系統によって種皮色変動の傾向が異なり、種皮中の色素の組成および含量の差異に起因するものと示唆された。

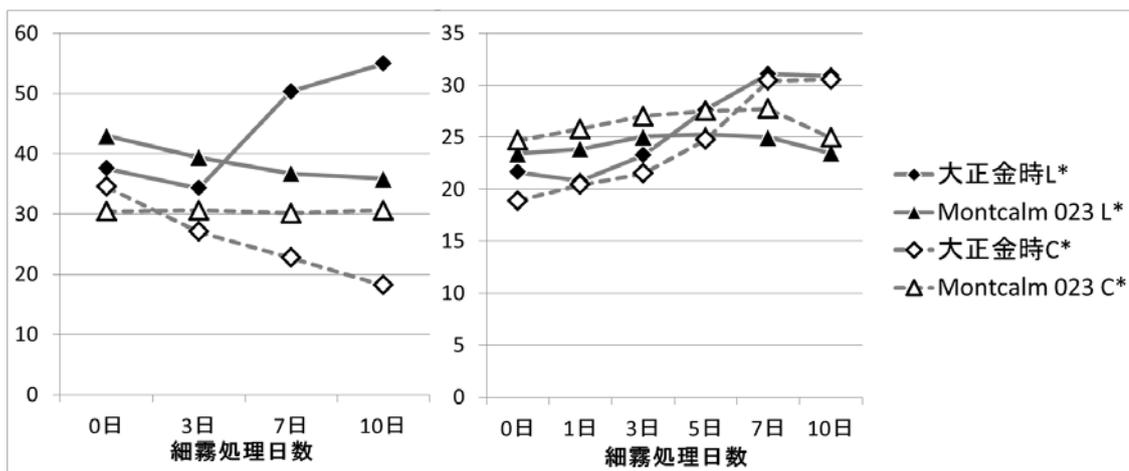


図2 細霧処理による種皮色（L*、C*値）の変動（左：未成熟莢、右：成熟莢）

「大正金時」と「Montcalm 023」の種子に含まれるアントシアニン量（Swllappanらの方法）およびポリフェノール量（フォーリンチオカルト法）を比較したところ、アントシアニンは「大正金時」では認められたが、「Montcalm 023」にはほとんど含まれていなかった（表1）。また、雨よけ栽培を行った場合、両品種ともポリフェノール含量は慣行栽培より多かった。さらに、細霧処理を行い、色流れを人工的に発生させた種子では、アントシアニンが大きく減少していた。

表1 赤いんげんまめに含まれるポリフェノール量とアントシアニン量

		ポリフェノール含量	アントシアニン含量
		(mg/100g)	(mg/100g)
大正金時	慣行栽培	165.06 ± 4.93	5.16 ± 0.25
	雨よけ栽培	233.57 ± 8.97	8.25 ± 0.33
	細霧処理	173.17 ± 7.32	1.60 ± 0.07
Montcalm 023	慣行栽培	151.96 ± 7.12	0.00 ± 0.13
	雨よけ栽培	183.36 ± 6.02	0.00 ± 0.03
	細霧処理	122.59 ± 5.42	0.16 ± 0.08

次に、種皮に含まれるアントシアニンの組成解析を試みた。種皮抽出液を ODS カラムやゲル濾過により精製し、高速液体クロマトグラフィー（HPLC、UV520nm 検出）で分

析したところ、「大正金時」ではペラルゴニジン-3-グルコシドおよびシアニジン-3-ルチノシドが認められた一方、「Montcalm 023」においては検出限界以下であった（データ省略）。これらのことから、登熟期～成熟期の降雨により、種皮中の水溶性ポリフェノール、特にアントシアニンが流出することで色流れ粒が発生することが明らかになった。

2) 皮切れ粒発生メカニズム解明と簡易評価法の開発

品種および系統（金時類、サラダ用途系統および遺伝資源を含む）の各種試料について各種品質項目（皮切れ程度、種皮色、種皮厚さ、かたさ等）を測定し、皮切れと各項目との関係性について検討した。なお、皮切れの指標には、整粒と皮切れ小（皮切れが粒円周の3割以内）を合わせた「整粒+皮切れ小」率を使用した。供試試料には平成25年中央農試産および平成23、25、26年十勝農試産51点を使用した。

その結果、品種および系統間の皮切れの差に関連する項目として、種皮のかたさ、種皮色が考えられた（表2）。煮熟増加比は皮切れ部分から煮汁を吸収して高まった可能性があり、皮切れの要因とは判断できなかった。種皮色は皮切れの直接的な要因ではないものの、皮切れの少ない品種が持つ種皮色が、皮切れの特性と併せて遺伝することで、皮切れと間接的に関連している可能性が考えられた。種皮の厚さは、測定値に年次間差があるため、複数年産地を合わせると皮切れとの相関関係が認められないが、年産地毎で検討すると有意な相関が認められた（図3）。ただし、いずれの項目も皮切れとの相関がそれほど高くないことから、皮切れにはこれらの項目が複合的に関わっていると推察された。

表2 異なる品種および系統における「整粒+皮切れ小」率と各種測定項目との関係

	相関係数	(n数)
水分	-0.03	(51)
百粒重	-0.33 *	(51)
煮熟増加比	-0.58 **	(51)
かたさ 種皮	0.36 **	(51)
子葉部	0.52 **	(51)
種皮色 原粒L*	0.44 **	(51)
原粒a*	-0.41 **	(51)
原粒b*	-0.34 *	(51)
煮熟粒L*	-0.56 **	(51)
煮熟粒a*	0.68 **	(51)
煮熟粒b*	-0.13	(51)
種皮厚さ	0.12	(41)

注)**は1%、*は5%でそれぞれ有意
かたさと種皮厚さは煮熟粒の値

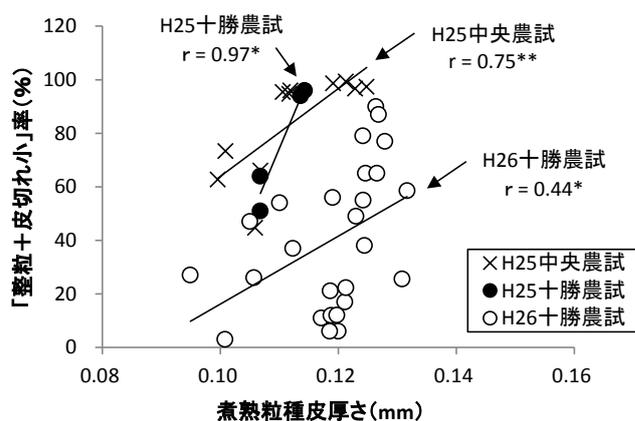


図3 年産地別の煮熟粒種皮厚さと「整粒+皮切れ小」率との関係

**は1%、*は5%でそれぞれ有意

皮切れと種皮色との間に直接の関連はないが、相関関係が認められたことから、可視光～近赤外スペクトルの測定値から皮切れの推定を試みた。原料を近赤外分光器で測定し、二次微分スペクトルを用いた PLS 回帰分析により、煮豆の皮切れ実測値（整粒率％）を SEP=12.7 の精度で評価できる推定式を作成できた。また、この推定値を圃場反復の平均値とし、基準品種と相対比較することにより対象試料の皮切れ程度を推定できる可能性が考えられた。しかし、未知試料を用いて推定式の適用安定性を評価したところ、実測値と推定値が大きく異なる場合があり、育成材料の検定評価には不十分な精度であった（データ省略）。今後推定式の作成・検証手法（試料集団の選択、実測データ加工方法等）を再精査し、年次および遺伝的背景の異なる未知試料集団への適用性をさらに高めるための検討が必要である。

3) 加工適性に優れる有望系統の選抜強化

各年次において、F₄世代系統～F₆世代系統を圃場に展開し、草姿や収量性などを調査した。併せて、得られた種子の形状や加工試験（簡易煮熟粒色判定）による選抜を実施し、最終年度においては、煮熟特性として「大正金時」並の金時類 9 系統およびレッドキドニー類並のサラダ用途向け 3 系統の F₇世代を選抜した。F₇世代系統については、生産力検定予備試験に供するとともに、煮熟試験を実施し加工特性を評価した。

平成 25 年度における F₇世代の加工特性を評価することで、サラダ等用途に高い適性を有する「十育 S3 号」を選抜し、平成 26 年度以降は生産力検定試験に供するとともに、加工適性の評価を実施した。平成 26 年度および 27 年度における F₇世代の加工特性を評価することで、煮豆・甘納豆向けに「大正金時」並の煮熟特性を有する「十育 B84 号」、「十育 B85 号」を選抜した。

(4) 今後の課題

- 1) 種皮に含まれる色素成分の解析などにより、赤いんげんまめの色流れが生じる要因が明らかになってきたため、今後は色流れの発生しにくい品種の開発などを検討する。
- 2) 煮熟後の皮切れ簡易評価法については、新たな測定データの追加および解析手法の精査を行い、育種選抜に適用できる評価法の確立を目指す。
- 3) 本課題で選抜された育成系統について、農業特性および加工特性の確認を行い、優れた特性を有する品種を開発する。

(5) 成果の波及効果

本課題の成果により加工適性の高い赤いんげんまめが開発が促進され、北海道産菜豆の生産・供給の安定化に寄与する。

(6) 論文、特許等 なし