

令和5年度 成績概要書

課題コード（研究区分）： 6101-622211 （公募型研究）

1. 研究課題名と成果の要約

- 1) 研究成果名：黒大豆の加工時皮切れ耐性の評価法
（研究課題名：和食ブランドを支える味噌・醤油の高機能性・輸出力向上を目指した多収大豆品種の開発）
- 2) キーワード：黒大豆、加工時皮切れ、剥皮、外力耐性
- 3) 成果の要約：黒大豆の加工時皮切れは、原粒時の剥皮が主要因である。剥皮は外力により生じ、子実水分が低いほど増加し、亀甲じわは剥皮を助長する。品種・系統の加工時皮切れ耐性の評価は、子実水分調整後の試料を外力付与（落下高25cm×30回）し、水浸処理後に皮切れ粒率を複数年調査することにより行う。

2. 研究機関名

- 1) 代表機関・部・グループ・役職・担当者名：中央農業試験場・加工利用部・農産品質グループ・主査・杉山 裕
- 2) 共同研究機関（協力機関）：十勝農試・研究部・豆類畑作グループ（普及セ十勝東北部支所、ホクレン帯広支所）

3. 研究期間：令和元～5年度（2019～2023年度）

4. 研究概要

1) 研究の背景

国産黒大豆では安定供給が求められているが、原粒外観上は無損傷様であるものの加工時に皮切れするものがあることから歩留まりの低下が問題となっており、生産者や実需者からは皮切れの発生要因の解明や対策が求められている。この対策として品種育成への期待は大きいですが、客観的な評価法は未確立であり、加工時皮切れ耐性を有する品種開発に取り組むことは困難であった。

2) 研究の目的

加工時皮切れ耐性を有する黒大豆の品種開発に寄与することを目的に、黒大豆の加工時皮切れの発生要因を明らかにし、これに基づく加工時皮切れ耐性の評価法を確立する。

5. 研究内容

1) 黒大豆の加工時皮切れの発生実態と要因解明（R元～R2年度）

- ・ねらい：由来の異なる黒大豆を用いて皮切れ症状の発生要因を明らかにする。
- ・試験項目等：産地9か所、3品種、収穫法等由来が異なる原粒の外観品質（しわ、剥皮等）と水浸後皮切れ程度

2) 黒大豆の加工時皮切れ耐性評価法の確立（R3～5年度）

- ・ねらい：試験1)で得られた皮切れ要因の知見に基づき、黒大豆の加工時皮切れ耐性の評価法を確立する。
- ・試験項目等：子実水分別の皮切れ耐性評価、外力付与法、品種・系統別の加工時皮切れ耐性評価等
 - 【加工時皮切れ】原粒外観上は無損傷様であるが加工時（蒸煮、煮熟）に生じる顕著な皮切れ。加工時皮切れは、視認性に優れる水浸処理後（20℃、24時間）の皮切れ（水浸後皮切れ）により評価することとした。
 - 【過皮切れ】水浸後皮切れ評価において、外・内皮ともに損傷があり子葉が露出したもの。加工時に特に課題とされる顕著な皮切れの指標とした。
 - 【剥皮】拡大観察により外皮損傷が認められ、損傷部周辺が子葉部と剥離した症状。視認が極めて困難なことから、水浸後皮切れにより間接的に評価する。
 - 【その他】縮緬じわは子実へその反対側が細かく波状になるしわ。亀甲じわは種皮が子葉から浮いて剥離状態を伴い亀甲状に隆起したしわ。裂皮は種皮表面上の亀裂。

6. 研究成果

- 1) (1)加工時皮切れの指標とした過皮切れに対する影響は、原粒剥皮>裂皮>産地≒年度>品種≒縮緬じわ≒亀甲じわの順に大きく、剥皮が加工時皮切れの主要因と考えられた（表1）。
 - (2)子実水分18～20%で収穫する基本技術（2007年指導参考事項）の励行が作業競合等で困難な地域の生産物には亀甲じわが多く、過皮切れ粒率は高かった（データ略）。亀甲じわを有する試料では外力が弱いほど過皮切れ粒率が高くなることから、亀甲じわは剥皮を助長すると考えられた。また、子実水分が低いほど外力付与による剥皮は増加した（データ略）。
 - (3)加工時皮切れは、原粒時の剥皮発生部から水分が直接子葉部へ到達し、子葉部が急速に吸水、膨潤することにより発生すると推察された（データ略）。
- 2) (1)解明した発生要因を再現する観点から、子実水分別に外力付与（落下高25cm×30回）による剥皮を発生させた試料と無処理の試料を水浸処理（20℃、24時間）し、皮切れ耐性の評価を試みた。無処理では、子実水分が低いほど、程度1の皮切れが増える傾向にあったが、程度2,3の皮切れ（過皮切れ）は子実水分や品種・系統の違いによる差は判然としなかった（表2）。
 - (2)外力付与により過皮切れに至らない割合を示す外力耐性指数を調査した結果、子実水分10.0%と8.0%では「いわいくろ」と「十育271号」の間で有意な差がみられたが、12.5%以上では判然としなかった（表2）。このため子実水分9.0%における外力耐性指数により品種・系統間差を判断することが適当と考えられた。
 - (3)子実水分14%群（剥皮等の外皮損傷が発生しにくい条件）の外力耐性指数をみたところ、「十育279号」は「いわいくろ」と比べて有意に低かったことから（図1）、本系統は一般的な子実水分における加工時皮切れ耐性が劣ることが推察された。
 - (4)収穫期が遅いほど剥皮を助長する亀甲じわ粒率は増え、脱穀強度が強いほど過皮切れ粒率は高くなった（データ略）。評価用の試料は剥皮等の外皮損傷を最小限とするため、収穫を成熟期後10～14日とし、収穫後は過乾燥を防ぐために早期脱穀（脱穀強度は弱め）のうえ、防乾用のチャック付きラミ袋に保管することが望ましい。
 - (5)以上をふまえて確立した加工時皮切れ耐性評価法を図2に示した。すなわち、上記(4)の保管試料を用いてシリカゲル添加により所定の子実水分に調整した後、外力付与の有無で皮切れ粒率を調査し、外力耐性指数を算出する。

<具体的データ>

表1. 過皮切れの発生要因

要因	自由度	尤度比 ¹⁾ カイ2乗	同左 p値
剥皮の有無	1	1652.5	<.0001
裂皮の有無	1	60.3	<.0001
産地 (9産地)	8	39.8	<.0001
年度 (3か年)	2	37.5	<.0001
品種 (3品種)	2	13.9	0.001
縮緬じわの有無	1	12.1	0.001
亀甲じわの有無	1	6.2	0.013
粒大・粒厚	1	5.1	0.024
調製工程の有無	2	5.2	0.075
収穫法 (3水準)	2	5.0	0.081
粒大・粒重	1	2.7	0.101
粒大・粒高	1	0.7	0.415
粒大・粒長	1	0.3	0.572
粒大・粒長/粒高	1	0.3	0.578

1) 原料の由来や外観品質、収穫法を説明変数とした多変量ロジスティック回帰分析による尤度比検定 (n=6162)。

表2. 子実水分や品種・系統の違いが皮切れに及ぼす影響

子実水分	品種・系統名	程度別皮切れ粒率(%、無処理)			外力耐性指数
		皮切れ無	程度1	程度2,3 (過皮切れ)	
18.0%	いわいくろ	86.1	4.7	9.2	99.9
	十育271号	80.2	8.2	11.6	103.0
15.0%	いわいくろ	82.7	10.6	6.7	99.3
	十育271号	84.4	4.9	10.6	99.4
12.5%	いわいくろ	75.2	13.3	11.4	97.6
	十育271号	77.4	9.2	13.3	89.6
10.0%	いわいくろ	79.0	12.0	9.0	84.2
	十育271号	81.1	10.7	8.2	75.2
8.0%	いわいくろ	74.6	14.6	10.8	80.5
	十育271号	75.2	13.3	11.5	64.2
5.0%	いわいくろ	71.2	19.8	8.9	79.9
	十育271号	46.6	41.5	11.9	68.4

1) 現地 2021 年産 (当初子実水分: いわいくろ 15.5%、十育 271 号 14.0%) を子実水分調整したうえで調査したもの。

2) 皮切れ区分は、程度1: 外皮は損傷しているが、内皮は健全で子葉が露出してない。程度2,3: 外・内皮ともに損傷があり、子葉が露出している (過皮切れ)。

3) 外力耐性指数=100-[(B₃₀-B₀)/(100-B₀)/100]

但し、B₃₀: 外力付与後の過皮切れ粒率、B₀: 無処理における過皮切れ粒率。数値が大きいく程、加工時皮切れ耐性が強いことを示す。

4) **, * はt検定により1、5%水準の有意性、nsは有意性がないことを示す (n=3)。

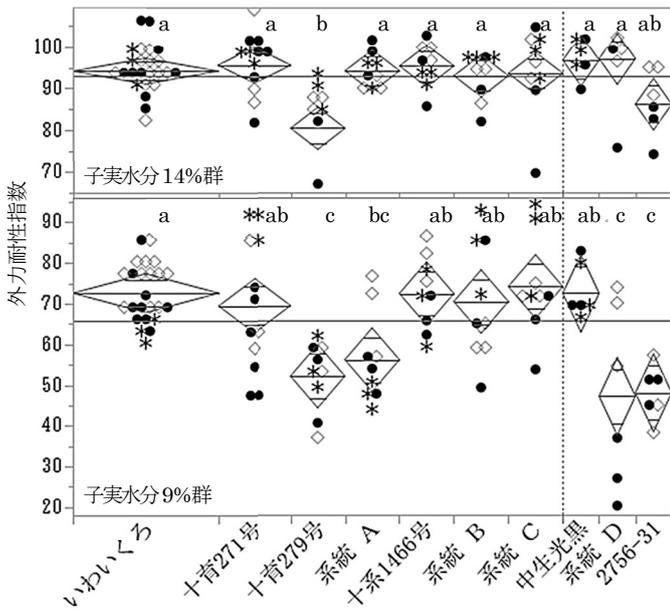


図1. 品種・系統間の子実水分別の外力耐性指数

●: 2021年産 ◇: 2022年産 *: 2023年産

- 1) 成熟期後14日収穫・慣行脱穀 (概ね収穫1か月後)。但し、2023年産14%群は成熟期後14日収穫・早期脱穀 (収穫直後~2日後)。
- 2) 系統A~Dは育成中の系統
- 3) 中生光黒、系統D、2756-31は2か年のみ供試。
- 4) 中央線は全サンプルの平均値、ひし形の中央線は各品種・系統の平均、高さは95%信頼区間、短線はオーバーラップマーク、横幅はサンプルサイズを示す。
- 5) 異文字間で5%水準の有意差あり (Tukey法)。
- 6) 3か年供試品種・系統間による分散分析: 品種・系統***、生産年**、品種・系統×生産年*** (***, **は0.1, 1%水準で有意差あり)。

7. 成果の活用策

1) 成果の活用面と留意点

- (1) 加工時皮切れ耐性に優れる黒大豆の品種開発において活用する。
- (2) 本評価は年次間差が認められることから、栽培や収穫・脱穀時の条件を極力揃え、複数年の傾向を把握しながら行う。
- (3) 本研究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」(JPJ007097)の支援を受けて実施した。

2) 残された課題とその対応 なし

8. 研究成果の発表等 佐々木 亮 (2021) 第251回日本作物学会講演会 p57

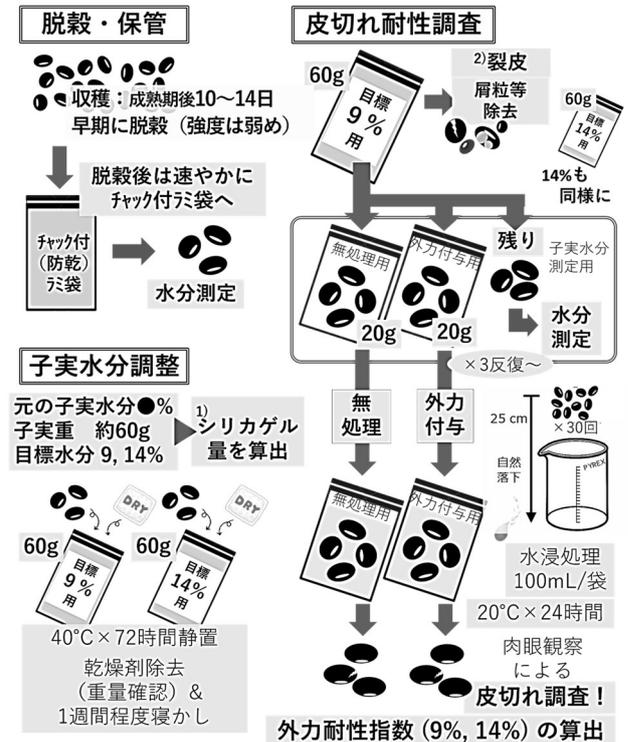


図2. 黒大豆の加工時皮切れ耐性評価法

- 1) シリカゲル量 = $-4.89 \times \{\tanh [0.5 \times (-0.77a - 0.04b + 5.32c - 48.85)]\} - 15.95 \times \{\tanh [0.5 \times (-0.38a - 0.02b + 0.46c + 1.92)]\} - 5.93 \times \{\tanh [0.5 \times (-0.50a - 0.15b - 0.94c + 26.41)]\} + 11.89$ ($r=0.996^{***}$, RMSE=0.823) 但し、a: 元の子実水分 (%), b: 子実重 (g), c: 目標とする子実水分 (9 or 14)。
- ※シリカゲルは使用毎に袋ごと乾燥 (105°C、24時間以上) しておく。
- 2) チャック付きラミ袋: PET/アルミ箔ラミネート製の防乾用袋。
- 3) 裂皮多発年は、調査の妨げになる不定形裂皮や裂皮幅2mm以上の粒は除く、又は無処理用と外力付与用に均等配分する。