

Breeding of New Black Soybean Cultivar "Kurosayaka" with Three Lipoxygenase Isozyme Deletions

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2019-03-22 キーワード (Ja): キーワード (En): soybean, lipoxygenase, beany flavor, black soybean, Kyushu district 作成者: 高橋, 将一, 高橋, 幹, 河野, 雄飛, 大木, 信彦, 小松, 邦彦, 中澤, 芳則, 松永, 亮一 メールアドレス: 所属:
URL	https://doi.org/10.24514/00001904

リポキシゲナーゼを欠失した黒大豆新品種「くろさやか」の育成

高橋将一・高橋 幹・河野雄飛・大木信彦・小松邦彦¹⁾・中澤芳則・松永亮一²⁾

(2013年8月12日 受理)

要 旨

高橋将一・高橋 幹・河野雄飛・大木信彦・小松邦彦・中澤芳則・松永亮一(2014) リポキシゲナーゼを欠失した黒大豆新品種「くろさやか」の育成.九州沖縄農研報告 61:35-50.

「くろさやか」は2002年に九州沖縄農業研究センター作物機能開発部大豆育種研究室(現九州沖縄農業研究センター作物開発・利用研究領域大豆育種グループ)において,西南暖地での栽培に適し,大豆子実の青臭みの発生に関与する酵素リポキシゲナーゼを全て欠失する黒大豆の育成に加え,農工商連携や6次産業化における黒大豆の利用を促進するため,多収で,極晩生の黒大豆品種より成熟期の早い品種の育成を目標に,「フクユタカ」と同熟期で紫花のリポキシゲナーゼ欠失黒大豆系統「九交870」を母に,「フクユタカ」と同熟期で白花のリポキシゲナーゼ欠失黄大豆系統「九交849」を父として人工交配(九交1162)を行った後代から育成された。2009年から「九系433」として,生産力検定予備試験,系統適応性試験に供し,2011年からは「九州164号」の地方番号を付して,奨励品種決定調査や加工適性試験に供した。その結果,「九州164号」の高い収量性と,粒大やリポキシゲナーゼを全欠失する等の特徴のある品質を活かして,地域の特産品や6次産業化等への利用が期待できるとして,2012年に「くろさやか」として品種登録出願を行った。

「くろさやか」は成熟期が“やや晩”で,茎の長さは“やや長”である。倒伏抵抗性は“やや難”で,裂きよりの難易は“やや難”である。花色は“白”,胚軸の色は“緑”,種皮色と臍の色は“黒”で,草姿・生態型が近似する「フクユタカ」との識別性が高い。子実は大粒で,光沢のある黒大豆で,粗蛋白含有率は“中”に分類される。また,子実中の全リポキシゲナーゼを欠失しているため,本品種の子葉部を原料に製造された豆乳や大豆粉は青臭みが少ない。栽培適地は暖地および中国地方以南の温暖地である。

キーワード:大豆,リポキシゲナーゼ,青臭み,黒大豆,暖地。

I. 緒 言

国産大豆の大部分は豆腐・油揚げ用に利用されており,次いで,煮豆・惣菜,納豆,味噌・醤油に加工されている。少子高齢化により大豆製品の消費量が横ばい~減少している中で,最近,安定した需要が見込める商品としては豆乳・豆乳飲料などの豆乳関連製品がある。これは大豆の優れた栄養性や機能性の解明とともに,消費者の健康意識が高まったこと,また,製造過程の改善により製品の食味が向上したことにより消費の拡大が図られたためと考えられる。さらに原料となる大豆に関しても,収量性や外観品質の向上と合わせ,子実成分や加工適性の改善に重点を置いた品種開発が進められている。

大豆子実中には通常,3種のリポキシゲナーゼ(L-1, L-2, L-3)が含まれているが,これらの脂質酸化酵素

の働きによって生じるn-ヘキサナールは豆腐,豆乳の風味に深く関与している。特に豆乳においてはこの風味が青臭み(豆臭さ)として感じられ,嗜好性に大きく影響している。この青臭みによる食味低下を回避する手段として,大豆子実中のリポキシゲナーゼを遺伝的に欠失した大豆品種の育成が行われ,「いちひめ」²⁾,「エルスター」⁸⁾,「すずさやか」⁹⁾の3品種がこれまでに育成された。さらに,リポキシゲナーゼ以外にも不快味成分で,胚軸に多く含まれるグループA アセチルサポニンも同時に欠失し,より風味が改善した「きぬさやか」³⁾も育成された。しかし,リポキシゲナーゼ欠失大豆(以下,リポ欠大豆と略す)の品質特性を活かすためには,普通大豆の混入を2%未満に抑える必要があり¹⁾,そのため,生産~加工の各段階で厳密な品質管理を要し,リポ欠大豆の生産コストを高くする要因になっていた。

今回育成した「くろさやか」は、花の色が白、胚軸(地表近くの茎)の色が緑であるため、花の色が紫、胚軸の色が紫である「フクユタカ」⁷⁾、「クロダマル」⁶⁾などの主要品種と識別が容易なりポキシゲナーゼ欠失の黒大豆である(写真1)。収量は早播き、標準栽培において黒大豆の「クロダマル」より多収で、暖地の主力品種「フクユタカ」よりも多収である。成熟期は「フクユタカ」よりやや晩生であるが、「クロダマル」より早熟である。また、草丈がやや大きく、倒伏が「フクユタカ」よりやや多い。子実は偏球で「クロダマル」より粒大が小さく、特に豆菓子に好適である。「くろさやか」の栽培適地は暖地および中国地方以南の温暖地であり、2012年に種苗法に基づく品種登録出願を行い、普及を図ることとした。そこで、本品種の来歴、育成経過、特性等について報告し、普及の参考に供したい。

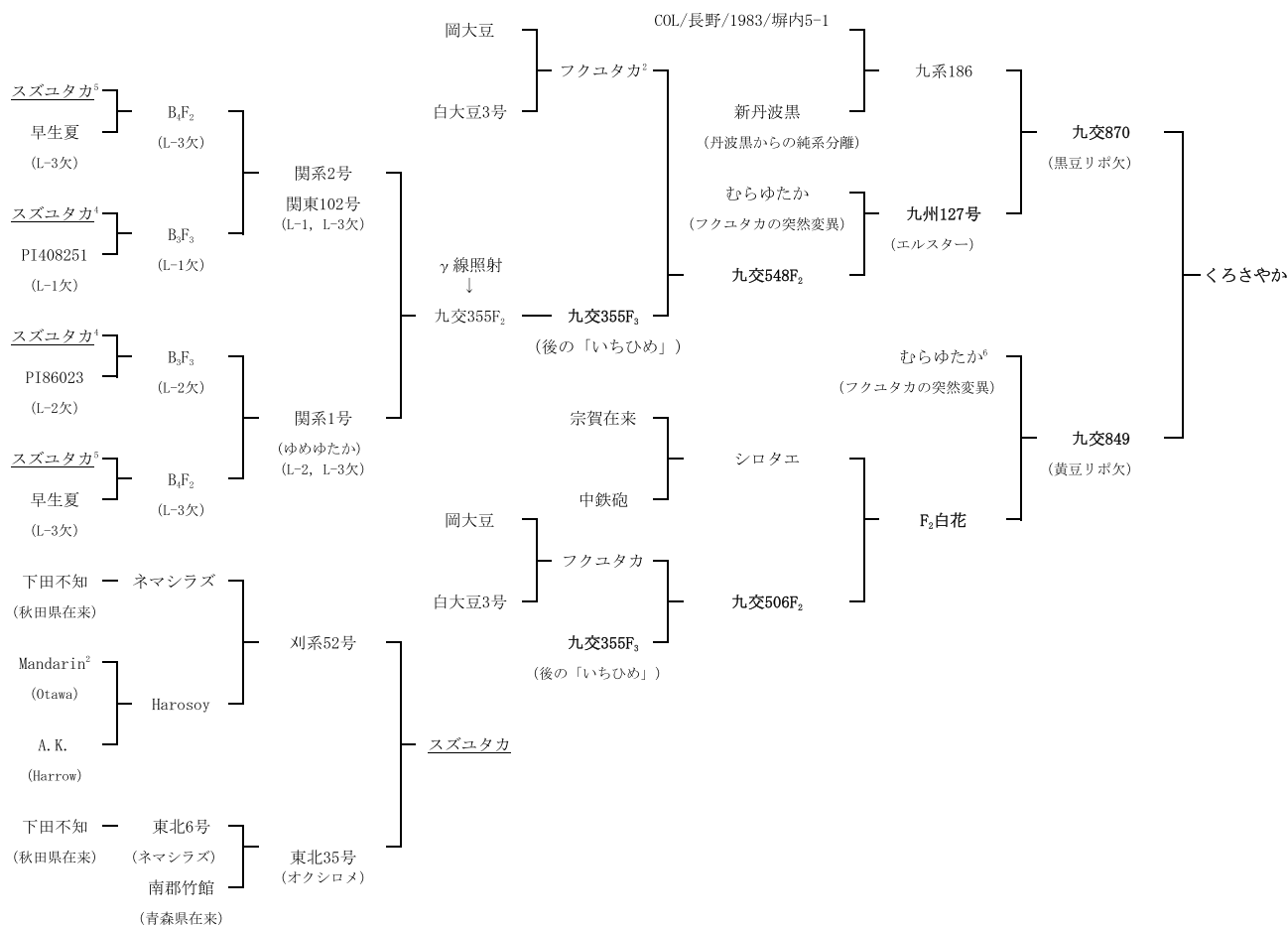
「くろさやか」の育成に際し、奨励品種決定調査、系統適応性検定試験ならびに特性検定にあられた公立農業試験研究期間の担当者各位には多大なご協力をいただいた。また、加工適性試験について国産大豆の品質評価に係る情報交換会、大豆食品メーカー各社には格段のご協力を賜った。最後に、育成地の圃場試験では九州沖縄農業研究センター業務第1科の福盛茂憲、宮川竜二、織方真治、南正覚博、嶋崎二郎および有田俊春の技術専門職員各位には圃場管理および調査等にご尽力いただいた。ここに記して深く感謝する。

II. 来歴および育成経過

2002年春季に、西南暖地での栽培に適し、大豆子実の青臭みの発生に関与する酵素リポキシゲナーゼを全て欠失する黒大豆の育成に加え、農商工連携や6次産業化における黒大豆の利用を促進するため、多収で、従来の黒大豆品種より成熟期の早い品種の育成を目標に、「フクユタカ」と同熟期で紫花のリポキシゲナーゼ欠失黒大豆系統「九交 870」を母に、「フクユタカ」と同熟期で白花のリポキシゲナーゼ欠失を「フクユタカ」に導入した黄大豆系統「九交 849」を父として、九州沖縄農業研究センター作物機能開発部大豆育種研究室(現九州沖縄農業研究センター作物開発・利用研究領域大豆育種グループ)において、人工交配を行った(第1表、第1図)。2002年の夏季にF₁を圃場で養成した。2003年にF₂種子を播種し、得られたF₃種子のうち黒色の種皮を有する種子について、電気泳動法によりリポキシゲナーゼ欠失性を確認し⁴⁾、2004年春季に温室で世代促進した。同年圃場においてF₄世代で「フクユタカ」と比較し、白花で生育特性が近似する系統について個体選抜を実施した。以後、系統育種法で選抜・固定を図り、2009年から「九系 433」として生産力検定予備試験および系統適応性試験に供試し、2011年からは「九州 164号」の地方番号を付して奨励品種決定調査や特性検定試験等に供試した。その結果、「クロダマル」より早熟で、収量が「ク

第1表 「くろさやか」の選抜経過

	2002		2003		2004		2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
	世代	交配	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄	F ₅	F ₆	F ₇	F ₈	F ₉	F ₁₀	F ₁₁
供試	系統群数							5	4	4	1	1	1
	系統数						41	25	20	16	5	5	5
	個体数		8	269	56	906	738	450	360	288	90	125	125
選抜	系統群数							5	4	3	1	1	1
	系統数		8		41		5	5	4	3	1	1	1
	個体数	8粒	269	1226	906	70	35	35	40	21	14	14	18
備考		集	→	→	個	系	→	→	→	→	→	→	→
		団			体	統					生産力検定試験	→	
		選			選	選					予備試験	→	本試験
		抜			抜	抜					標播		早播
													標播
											九系433	→九州164号	



第1図 「くろさやか」系譜

注：太字はリポキシナーゼ欠失系統であることを示す。

ロダマル], 「フクユタカ」より多収で、豆菓子原料としても優れていることが確認されたので、2012年に「くろさやか」の名称で種苗法に基づき品種登録出願を行い、普及を目指すこととした(出願番号:第 26969号)。

なお、「くろさやか」(英語表記:Kurosayaka)の名称は本品種が黒大豆で、青臭みの発生の主因であるリポキシゲナーゼを欠失して不快味が少なく、白い花が爽やかさに感じられることに由来する。

Ⅲ. 特 性

「くろさやか」の形態的特性、生態的特性、品質特性を、九州地域での栽培に適した黒大豆「クロダマル」および九州地域の主力品種「フクユタカ」とともに、第2表～第4表に示した。いずれも「農林水産植物別審査基準(大豆種, 2011年4月)」に示された分類基

準に従い、原則として育成地での調査結果に基づいて分類した。

1. 形態的特性

胚軸のアントシアニンの着色の有無は“無”で胚軸の色は緑、花の色は“白”で、「フクユタカ」「クロダマル」といづれも異なる(写真1)。側小葉の形は“鋭先卵形”である。茎の毛じの色は“褐”で「クロダマル」と同じであるが、「フクユタカ」は“白”で異なる。茎の長さ(主莖長)は“やや長”で、「フクユタカ」「クロダマル」より長い。茎の節数(主莖節数)は“中”、分枝の数は“中”、最下着きょう節位の高さは“中”である。伸育型は“有限”である。草姿は“直立”で「フクユタカ」と同じであるが、“直立～斜上”の「クロダマル」と異なる。熟さや色の濃淡は“淡”で「フクユタカ」と同じであるが、「クロダマル」は“濃”で異なる(写真2)。

子実の形は“偏球”で、子実の百粒重を元に分類した子実の大きさ（一般群:百粒重が40g以下）は“大”であり極大群（百粒重が40g以上）で“小”に分類される「クロダマル」より小さい。種皮の地色および子実のへその色は“黒”，子実の子葉色は“黄”である（写真3）。

2. 生態的特性

1) 育成地における生産力検定試験

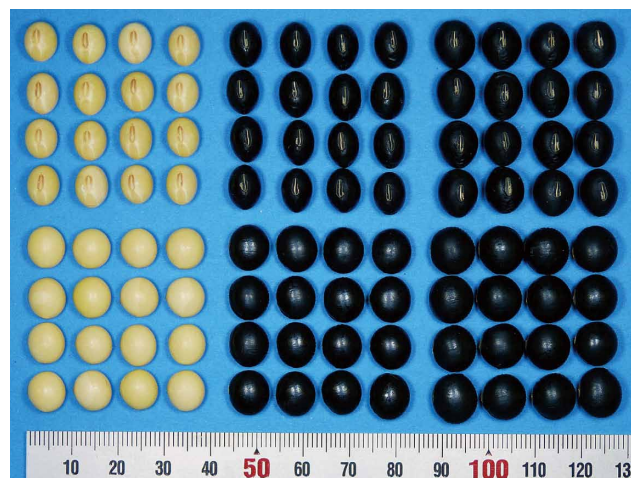
2009年～2011年の3カ年間、普通畑（九州沖縄農業研究センター合志）で、標準栽培（7月上中旬播種、以下、標準播と略す）で生産力検定試験を実施した（第5表）。さらに2011年には早播栽培（6月上中旬播種、



左：フクユタカ 中央：くろさやか 右：クロダマル
写真1 花の色（上段）と胚軸の色（下段）の比較



左：フクユタカ 中央：くろさやか 右：クロダマル
写真2 「くろさやか」の成熟期の草姿



左：フクユタカ 中央：くろさやか 右：クロダマル
写真3 「くろさやか」の子実の外観

第2表 形態的特性

品種名	胚軸の アントシアニ ンの着色 の有無	伸 育 型	分 枝 の 数	草 姿	茎の			側 小 葉 の 形	花 の 色	熟さや		子実の			
					毛 じ の 色	長 さ	節 数			大 き さ	形	地 色	へ そ の 色	子 葉 色	
くろさやか	無	有限	中	直立	褐	やや長	中	鋭先卵形	白	淡	大	偏球	黒	黒	黄
クロダマル	有	有限	中	直立～斜上	褐	中	中	鋭先卵形	紫	濃	小 ^{c)}	球	黒	黒	黄
フクユタカ	有	有限	中	直立	白	中	中	鋭先卵形	紫	淡	中	球	黄白	淡褐	黄

注：a) 農林水産植物種類別審査基準（大豆種，2011年4月）により，育成地，標準播での調査に基づいて分類した。

b) 太字は当該特性について暖地での標準品種になっていることを示す。

c) 「クロダマル」の子実の大きさは「くろさやか」「フクユタカ」の一般群と異なり，極大群の“小”である。

第3表 生態的特性

品種名	開花 始期	成熟期	生態型	裂きょう 倒伏		ダイズモザイクウイルス抵抗性				ダイズ ^{a)}	ダイズ ^{b)}
				の難易	抵抗性*	A系統	B系統	C系統	D系統	黒根腐病 抵抗性*	シストセンチュウ 抵抗性
くろさやか	晩	やや極晩	秋大豆型	やや難	やや難	抵抗性	抵抗性	感受性	感受性	強	弱
クロダマル	晩	極晩	秋大豆型	難	強	—	—	—	—	強	弱
フクユタカ	晩	晩	秋大豆型	中	強	抵抗性	抵抗性	感受性	感受性	強	弱

注：a) 農林水産植物種類別審査基準（大豆種，2011年4月）により，育成地，標準播での調査に基づいて分類したが，病害虫抵抗性については特検定試験成績に基づき分類した。

b) 太字は当該特性について暖地での標準品種になっていることを示す。

c) *印は審査基準外の形質であるが，品種の特性把握の参考になるよう記載した項目を示す。

第4表 粒の品質特性

品種名	子実成分						
	粗蛋白 含有率	粗脂肪 含有率*	リボ ^{a)} キゲナーゼ ^{b)} アイソ ^{c)} イムの有無	7S蛋白質 サブ ^{d)} ユニットの有無	11S蛋白質 サブ ^{e)} ユニットの有無*	裂皮の 難易*	子実の 品質*
くろさやか	やや低	中	全欠	全有	全有	難	中の中
クロダマル	中	中	全有	全有	全有	難	上の下
フクユタカ	やや高	中	全有	全有	全有	中	中の上

注：a) 農林水産植物種類別審査基準（大豆種，2011年4月）により，育成地，標準播での調査に基づいて分類した。

b) 太字は当該特性について暖地での標準品種になっていることを示す。

c) *印は審査基準外の形質であるが，品種の特性把握の参考になるよう記載した項目を示す。

以下，早播と略す）も合わせて試験を実施した（第6表）。栽植条件は畦幅70cm，株間14cm，1株1本立てとし，栽植密度は1,020株/aとした。標準播種は3反復（予備試験は2反復）で，早播きは2反復とした。肥料は豆化成（3-10-10）10kg/a，苦土石灰10kg/aを施用した。

開花期は，標準播では8月17日，早播では7月31日で「クロダマル」，「フクユタカ」並である。成熟期は年次によって大きく異なるが，標準播では3か年平均で11月3日となり「クロダマル」より13日早く，「フ

クユタカ」より4日遅かった。早播では11月3日で「クロダマル」より20日早く，「フクユタカ」より5日遅かった。

主茎長は標準播では73cmで「クロダマル」より8cm長く，「フクユタカ」より4cm長かった。また，早播では82cmと「クロダマル」より9cm，「フクユタカ」より13cm長かった。主茎節数は標準播では16.5節で「クロダマル」より1節程度多く「フクユタカ」と同程度で，早播では19.9節で「クロダマル」「フクユタカ」より1節程度多かった。分枝数は標準播が5.7本，早播が8.0本とともに「クロダマル」「フクユタカ」

に比べ多かった。倒伏の発生は標準播では3カ年平均で“微”となり「フクユタカ」より多く、「クロダマル」と同程度であった。早播では“中”と「クロダマル」「フクユタカ」よりやや多かった。青立ち株の発生は標準播で“少”と「クロダマル」より少ないが、「フクユタカ」よりやや多かった。また、早播では“微”で、「クロダマル」より少なく「フクユタカ」と同程度であった。

子実重は、標準播で44.1kg/a、早播で38.1kg/aとなり「クロダマル」「フクユタカ」より多収であった。百粒重は、標準播34.1gおよび早播32.7gとともに「クロダマル」より小さいが、「フクユタカ」より大きかった。標準播と早播から総合的に判断して、しわ粒の発生は「クロダマル」「フクユタカ」よりわずかに多いが、裂皮

粒の発生は両品種と同程度であった。子実の外観品質は標準播では「クロダマル」「フクユタカ」よりやや劣り“中の中”，早播では「フクユタカ」より劣るものの、「クロダマル」と同程度の“中の中”であった。

2) 病害虫抵抗性

(1) ダイズモザイクウイルス病抵抗性

東北農業研究センターにおけるダイズモザイクウイルスの病原系統別接種試験では、A、B系統に対する抵抗性が確認され、「くろさやか」の抵抗性は“中”と判定される(第7表)。

(2) ダイズ黒根腐病抵抗性

岩手県農業研究センターにおけるダイズ黒根腐病抵抗性検定試験の発病度は、同一株内「Harosoy」比で、

第5表 標準播における生育、収穫物および品質調査成績(育成地)

品種名	開花 期 (月・日)	成熟 期 (cm)	主 茎 長 (cm)	主 茎 節 数	分 枝 数 (本)	生育中の障害		収量		標 準 比 率 (%)	百 粒 重 (g)	障害粒程度		品 質
						倒 伏	青 立 ち	全 重 (kg/a)	子 実 重			し わ	裂 皮	
くろさやか	8.16	10.29	74	16.4	5.0	無(0.0) ^{b)}	少	88.9	47.4	125	34.6	無	微	中上
	8.17	11.5	81	17.8	5.8	中(2.5)	少	83.0	41.5	130	33.3	少	無	中下
	8.19	11.7	63	15.4	6.2	無(0.0)	微	77.0	43.4	130	34.4	微	無	中中
	8.17	11.3	73	16.5	5.7	微(0.8)	少	83.0	44.1	127	34.1	微	微	中中
クロダマル (標準)	8.14	11.6	63	14.9	3.7	微(0.5)	多	73.5	37.8	100	54.7	無	微	上下
	8.16	11.17	74	17.0	4.6	無(0.0)	中	70.2	31.9	100	47.0	無	無	上下
	8.18	11.24	59	14.6	4.8	微(1.2)	微	64.2	34.2	100	50.0	微	微	中上
	8.16	11.16	65	15.5	4.4	微(0.6)	中	69.3	34.6	100	50.6	微	微	上下
フクユタカ (比較)	8.16	10.24	66	16.1	4.5	無(0.0)	無	75.3	37.8	100	30.8	無	微	上中
	8.16	11.1	77	18.2	5.4	無(0.0)	微	76.6	38.2	120	27.9	無	微	中上
	8.18	11.3	63	15.6	5.2	無(0.0)	微	73.7	42.1	123	30.3	無	微	中中
	8.17	10.30	69	16.6	5.0	無(0.0)	微	75.2	39.4	114	29.7	無	微	中上

注:a) 試験年次: 2009~2011年。ただし、2009~2010年は生産力予備検定試験(九系433)での試験成績。

b) 生育中の障害および障害粒程度について、無(0)、微(1)、少(2)、中(3)、多(4)、甚(5)で評価を実施した。倒伏程度の()内数字は各年評価した平均値。

第6表 早播における生育、収穫物および品質調査成績(育成地)

品種名	開花 期 (月・日)	成熟 期 (cm)	主 茎 長 (cm)	主 茎 節 数	分 枝 数 (本)	生育中の障害		収量		標 準 比 率 (%)	百 粒 重 (g)	障害粒程度		品 質
						倒 伏	青 立 ち	全 重 (kg/a)	子 実 重			し わ	裂 皮	
くろさやか	7.31	11.3	82	19.9	8.0	中(3.0) ^{b)}	微	80.9	38.1	139	32.7	微	微	中中
クロダマル(標準)	8.1	11.23	73	18.9	7.4	少(1.5)	中	65.4	27.4	100	49.3	無	微	中中
フクユタカ(比較)	7.31	10.29	69	18.9	6.1	微(0.3)	微	71.2	33.7	123	28.5	無	微	中上

注:a) 試験年次: 2011年。

b) 生育中の障害および障害粒程度について、無(0)、微(1)、少(2)、中(3)、多(4)、甚(5)で評価を実施した。倒伏程度の()内数字は試験区の平均値。

第7表 ダイズモザイクウイルス抵抗性検定試験（東北農業研究センター）

品種名	A系統	B系統	C系統	D系統
くろさやか	抵抗性	抵抗性	感受性	感受性
Peking	抵抗性	抵抗性	抵抗性	抵抗性
Harosoy	抵抗性	感受性	抵抗性	抵抗性
奥羽3号	抵抗性	抵抗性	感受性	感受性
ふくせんなり	抵抗性	抵抗性	感受性	抵抗性
農林4号	感受性	感受性	感受性	感受性

注：a) 病原系統別の人工接種により，2011年に各区10本で実施。

b) E系統は病徴出現が遅く，判定不能。

第8表 ダイズ黒根腐病抵抗性検定試験（岩手県農業研究センター）

品種名	発病株率(%)	平均発病度	同一株内Harosoy対比	判定
くろさやか	80.6	2.09	0.54	やや強
フクユタカ	87.4	2.15	0.54	やや強
Harosoy	100.0	3.57	1.00	弱
ナンブシロメ	85.9	2.48	0.68	やや弱
スズカリ	80.5	2.34	0.62	やや強
シロセンナリ	58.0	1.73	0.48	強

注：a) 試験は2011年に実施。同一株に供試系統と「Harosoy」を混播し，

「Harosoy」が罹病した株のみを調査し，病徴を下記（指数…発病程度）に従って指数化した。発病程度0：発病が認められない，1：地際部に褐変が認められる，2：褐変が地際部全体を取り巻いている，3：褐変が地際部を中心に長くのびている，4：主根が腐朽，5：枯死の6段階で調査。

発病度 = $\{ \sum (\text{階級値} \times \text{該当株数}) / (\text{全調査株数} \times 5) \} \times 100$

b) 発病株率(%)は全5区調査区で発病程度2以上の株割合を示す。

c) 供試系統の平均発病度と，混播している「Harosoy」の発病度から「Harosoy」対比を求めた。「シロセンナリ」は“強”，「スズカリ」は“やや強”，「ナンブシロメ」は“やや弱”，「Harosoy」は“弱”の指標品種である。

判別品種「スズカリ」並であり，「くろさやか」の黒根腐病抵抗性は“やや強”と判定される（第8表）。

（3）ダイズシストセンチュウ抵抗性

長野県野菜花き試験場におけるダイズシストセンチュウ（桔梗ヶ原個体群）抵抗性検定試験では，シスト寄生指数が抵抗性“弱”の指標品種「フクユタカ」と同等であり，「くろさやか」の抵抗性は“弱”と判定される（第9表）。

3) 機械化適性

「くろさやか」の最下着莢節位高は「クロダマル」「フクユタカ」よりやや高くなったが，両品種と同じ“中”に分類される（第10表）。裂莢の難易について，熱風乾燥処理による裂莢検定試験の結果，「くろさやか」

の裂莢率は「フクユタカ」よりやや低く，「クロダマル」よりやや高いことから“やや難”と判定される（第11表）。倒伏抵抗性について，育成地の生産力検定試験における倒伏程度は「クロダマル」「フクユタカ」より大きく“やや難”と判定される（第5表，第6表）。

3. 品質特性

1) 粒大，粒形および子実成分

「くろさやか」の粒度分布は標準播，早播とも「クロダマル」「丹波黒」より，小さい粒が多いが，「フクユタカ」より粒大の大きいものが多く，8.5mmのふるい目の上に，標準播で73.5%，早播で77.0%が残った（第12表）。「くろさやか」の子実の幅と長さ，厚さと幅の比は，

第9表 ダイブシストセンチュウ抵抗性検定試験 (長野県野菜花き試験場)

品種名	供試系統					対照品種					補正後		判定	
	階級値別個体数				着生 指数	階級値別個体数				着生 指数	対照品種	着生 指数		
	0	1	2	3		4	0	1	2					3
くろさやか				10	75			2			75	フクユタカ	100	弱
Peking	10				0				4		75	Lee	0	極強
PI88788		9			25			1	2		67	Lee	37	強
ネマシラズ		4	2	3	47				2	2	88	Lee	53	弱
フクユタカ		1	2	6	64			1	3		69	Lee	93	弱

注:a)2011年に線虫隔離温室で実施。9月14日、線虫汚染土壌を充填した小プランター (24cm×12cm×1cm) に供試系統10粒と感受性の対照品種 (「Lee」, 九州系統は「フクユタカ」) 4粒を播種し12月1日 (78日後) にシストの着生程度を調査。

b) 判定方法: シスト着生程度に応じて個体毎に0(無)~4(甚)の階級値に判別し, 供試系統および混植した対照品種について下式によりシスト着生指数を算出した。対照品種の着生指数が100に満たない場合, 供試系統の着生指数を対照品種の着生指数で補正した。級値とシスト着生数との関係を次のとおり。0(無): 0, 1(少): 1~10, 2(中): 11~30, 3(多): 31~100, 4(甚): 101以上。

着生指数 = $\{\sum (\text{階級値} \times \text{個体数}) \times 100\} / (4 \times \text{全個体数})$,

補正後着生指数 = (供試系統の着生指数 / 対照品種の着生指数) × 100

当該系統の指数を指標および比較品種の着生指数と比較して判定した。判定と着生指数との関係は, 極強: 10未満 (無着生~「Peking」), 強: 10以上40未満 (「PI88788」級), 弱: 40以上。

c) 指標品種の着生状況からレース3のネマシラズ寄生型が優先することが確認された。

第10表 最下着莢節位高調査成績 (育成地)

品種名	最下着莢節位高 (cm)	判定
くろさやか	12.9	中
クロダマル	11.4	中
フクユタカ	11.8	中

注: 2009~2011年の3カ年平均。生産力検定試験, 標準播の株を調査。

第11表 熱風乾燥処理による裂莢率の調査成績 (育成地)

品種名	裂莢率 (%)			判定	既往の 判定
	0-1h	0-2h	0-3h		
くろさやか	7.0	57.5	79.0	やや難	
クロダマル	9.5	46.0	62.0	難	難
フクユタカ	26.0	87.5	94.0	中	中

注: a) 試験材料は2011年, 普通畑標準播, 育成地産。成熟期に収穫し自然乾燥させ, 2粒莢以上の健全莢を各200莢を用いた。

b) 熱風乾燥処理は60℃で実施。

c) フクユタカは“中”の標準品種である。

標準播で0.92と0.81であり, 早播では0.92と0.78で, 粒形は“偏球”に分類される(第13表)。

「くろさやか」の粗蛋白含有率は, “やや高”の標準品種「フクユタカ」, “中”の「クロダマル」より低く“やや低”に分類される(第14表)。また, 「くろさやか」の粗脂肪含有率は“中”の「フクユタカ」並であり“中”に分類される(第14表)。子実中のリポキシゲナーゼについて, 「クロダマル」, 「フクユタカ」は3つのアイソザイムを有しているが, 「くろさやか」は「エルスター」と同じく全て欠失している(写真4)。

また, 黒大豆に多く含まれる機能性成分について, 九州沖縄農業研究センター作物開発・利用研究領域(機能性研究グループ)で評価した(第15表)。「くろさやか」のアントシアニン含量, プロアントシアニン含量は「クロダマル」より少なく, ポリフェノール含量は「クロダマル」並であった。炒り豆にした場合, 3成分とも「クロダマル」より含量は少なかった。また, 「くろさやか」の子実の種皮率は「クロダマル」「丹波黒」より高かった(第16表)。

2) 加工適性

(1) 豆菓子加工適性

豆菓子メーカー I 社による「くろさやか」を原料とした豆菓子加工適性試験では、焙煎した大豆を粉でコーティングする行程への適性である“粉巻き適性”が高く、粒形サイズも I 社基準を満たした。官能評価は I 社標準使用大豆「いわいくろ」並であった(第 17 表)。

(2) 豆腐

大豆食品メーカー A 社において、育成地で製造した豆腐を用いて官能評価試験を行った。「くろさやか」を原料とした豆腐は「フクユタカ」と比較して全ての項目で評価が劣り、官能評価が低かった(第 18 表)。また、育成地における豆腐加工適性試験では、「くろさやか」の豆乳粘度、豆乳濃度は「クロダマル」「フク

第12表 粒度分布調査成績(普通畑, 育成地)

栽培条件	品種名	ふるい目の大きさ(直径mm)別の粒度(%)									百粒重(g)	
		7.9mm未満	7.9~8.5mm	8.5~9.1mm	9.1~9.5mm	9.5~10.0mm	10.0~10.5mm	10.5~11.0mm	11.0mm以上	8.5mm以上		
標準播	くろさやか	6.4	20.1	63.8	8.8	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	73.5	34.3
	クロダマル	0.1	1.2	11.9	22.0	47.8	15.9	1.0	0.1	98.8	50.1	
	フクユタカ	27.1	61.7	11.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	11.2	30.6	
	丹波黒	0.0	0.2	0.9	2.3	13.8	28.4	35.1	19.3	99.8	66.8	
早播	くろさやか	3.8	19.2	64.3	11.2	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	77.0	32.6
	クロダマル	0.1	1.6	13.8	22.7	42.0	18.8	1.0	0.0	98.3	49.9	
	フクユタカ	30.5	60.2	9.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.8	28.9	
	丹波黒	0.0	0.0	0.6	2.9	14.1	31.5	31.0	19.9	100.0	62.5	

注: 試験材料は2011年, 生産力検定調査で得られた子実を調査。各品種2区(各約1kg)の平均値。

第13表 子実の粒形調査成績(普通畑, 育成地)

栽培条件	品種名	粒長(mm)	粒幅(mm)	粒厚(mm)	幅/長さ	厚さ/幅	判定
標準播	くろさやか	9.33	8.53	6.86	0.92	0.81	偏球
	クロダマル	10.00	9.50	8.29	0.95	0.87	球
	フクユタカ	8.69	8.09	6.92	0.93	0.86	球
早播	くろさやか	9.45	8.73	6.81	0.92	0.78	偏球
	クロダマル	10.39	9.65	8.33	0.93	0.86	球
	フクユタカ	8.72	8.19	6.75	0.94	0.82	偏球

注: a) 標準播は2010~2011年の2カ年の生産力検定試験で得られた子実を, 2010年は30粒, 2011年は90粒を調査した平均値。早播は2011年に生産力検定試験で得られた子実60粒を調査した平均値。

b) 粒形の判定は農林水産植物別審査基準(大豆種, 2011年4月)による。球: 幅/長さが0.85以上で, 厚さ/幅が0.85以上, 偏球: 幅/長さが0.85以上で, 厚さ/幅が0.84以下。

第14表 子実成分調査成績(普通畑, 育成地)

品種名	標準播		早播	
	粗蛋白含有率(%)	粗脂肪含有率(%)	粗蛋白含有率(%)	粗脂肪含有率(%)
くろさやか	39.7	21.1	39.6	21.9
クロダマル	41.2	20.2	42.2	19.9
フクユタカ	42.2	21.4	41.1	22.5
丹波黒	43.3	20.1	43.9	20.3

注: a) 近赤外分析法により生産力検定調査で得られた子実を分析した。

標準播は2009~2011年の3カ年の平均値, 早播は2011年の分析値。

b) 分析値は乾物当たり%, 窒素蛋白質換算係数6.25を用いた。

第15表 子実の機能性成分調査成績 (育成地)

加工状態	成分	成分含量(mg/g)		
		くろさやか	クロダマル	丹波黒
生	アントシアニン ^{c)}	0.837	1.222 **	0.935 *
	プロアントシアニジン ^{d)}	1.104	1.169 *	0.859 **
	ポリフェノール ^{e)}	7.786	7.773	6.341 **
炒り豆 ^{f)}	アントシアニン	0.389	0.758 **	0.423
	プロアントシアニジン	0.645	0.763 **	0.516 **
	ポリフェノール	7.083	7.672 **	5.923 **

注：a)九州沖縄農業研究センター作物開発・利用研究領域（機能性研究グループ）で実施。

b)試験材料は2010年，普通畑標準播，育成地産。異なる3圃場の平均値。

c)アントシアニン含量測定法：大豆50粒をミルサーで粉碎し，抽出液には40%メタノール/0.5%トリフルオロ酢酸で調製したものをを用いた。アントシアニン含量は，pH differential法で測定（分析化学，Vol.60(2011) No.10 pp.819-824）。

d)プロアントシアニジン含量測定法：大豆50粒をミルサーで粉碎し，抽出液には70%アセトン/0.5%酢酸で調製したものをを用いた。プロアントシアニジン含量は，DMAC法で測定。

e)ポリフェノール含量測定法：大豆50粒をミルサーで粉碎し，抽出液には70%アセトン/0.5%酢酸で調製したものをを用いた。ポリフェノール含量は，フォーリン・チオカルト法で測定。

f)炒り豆はサンプルを蒸留水に25℃で4時間浸漬後，水切りし1時間放置したものをコンバクションオープンで加熱（160℃で40分間）したもの。

g)*, **はBonferroni/Dunn法の多重比較検定により有意水準5%，1%で「くろさやか」との間に含量に有意差があることを示す。

第16表 子実種皮率 (育成地)

品種名	種皮率(%)
くろさやか	6.56
クロダマル	5.64
丹波黒	5.91

注：a)試験材料は2011年，普通畑標準播，育成地産。

b)風乾子実50gの種皮を剥離し，130℃で24時間乾燥後，重量を測定。

c)種皮率=種皮重/(種皮重+子葉重+胚軸重)×100

ユタカ」より低く，豆腐破断強度は「フクユタカ」より低かったが，「クロダマル」より高かった（第19表）。リポ欠大豆を原料にした豆腐では，豆腐臭さが無く，甘み，こく味のうすいあっさりとした豆腐となるが，「くろさやか」では，種皮に含まれるアントシアニンなどのポリフェノール類による“渋み”がより強く感じられるため，「くろさやか」をそのまま利用する場合，食味の点で豆腐には適さない。

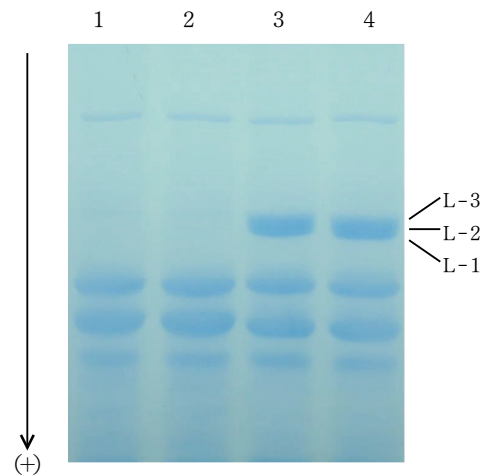


写真4 子実中の子実リポキシゲナーゼの電気泳動像

1：エルスター（全欠），2：くろさやか（全欠）

3：クロダマル（L-1,2,3全有），4：フクユタカ（L-1,2,3全有）

(3) 納豆

大豆食品メーカーM社で，納豆を製造し，加工評価と官能評価試験を行った。「くろさやか」を原料とした納豆加工評価では，蒸煮大豆の硬さが社内基準値より僅かに大きくなった。また蒸煮大豆の形状では，皮うき38.3%と基準値を大きく超え，健全粒は59.6%とM社の標準使用大豆「光黒」の79.2%を大きく下回った（第20表）。官能評価試験では「光黒」の製造

条件で実施したため、「くろさやか」で菌の被りが悪く、各評価項目とも「光黒」を下回った(第21表)

(4) 煮豆

食品メーカーF社で、製造した煮豆を用いて製品評価試験を行った。「くろさやか」を原料とした煮豆は、粒径が「クロダマル」よりかなり小さかった。製品評価項目別では、色沢がやや色が抜けて赤みを呈したことや、舌触り、皮残りでは皮が硬めであったこと、香りでは青臭みとは別の豆臭さが強かったことから、「クロダマル」より低評価となった(第22表)。また、育成地における蒸煮大豆加工適性試験では、蒸煮した「くろさやか」の子葉の破断強度は「フクユタカ」よりも柔らかいものの、「クロダマル」「丹波黒」よりやや硬かった(第23表)。

IV. 適地および栽培上の留意点

1. 奨励品種決定調査等における試験成績

「くろさやか」の奨励品種決定調査等を2009年～2011年の3カ年で、佐賀県、広島県の2県、延べ4カ所で行った。各県での栽培試験結果の平均値を第24表に示した。

佐賀県で「くろさやか」は「フクユタカ」より成熟期が5日遅く、広島県では「クロダマル」より成熟期が7日早かった。いずれの栽培試験でも「くろさやか」は標準品種より多収であったが、主莖長がやや長く、生育中の倒伏程度が大きかった。

第17表 I社における豆菓子加工評価

項目\品種名	くろさやか	いわいくろ	クロダマル
粒形サイズ	適	適	不適
粉巻き適性 ^{e)}	良	良	—
官能評価			
食味	良	良	—
味	良	良	—

注：a)試験に用いた「くろさやか」,「クロダマル」は広島県産,「いわいくろ」はI社標準使用品で北海道産。

b)評価は良,可,不可の3段階。「クロダマル」の評価「—」は粒形サイズが原料大豆として不適と判断されたため,試験未実施。

c)「粉巻き適性」とは焙煎した大豆を粉でコーティングする行程への適性。

第18表 A社における豆腐官能評価成績

評価項目	くろさやか	クロダマル	丹波黒	フクユタカ
外観	—	—	—	3.0
甘み	2.4	3.2	2.7	3.0
こく味	2.6	3.2	3.2	3.0
不快味	2.4	3.2	3.2	3.0
食感	2.4	3.1	3.1	3.0
おいしさ	2.2	3.6	3.4	3.0

注：a)国産大豆の品質評価に係る情報交換会で2011年に実施。

b)原料大豆「くろさやか」「クロダマル」「丹波黒」は2010年,普通畑標準播の育成地産。「フクユタカ」上記交換会における標準品種で,2010年度福岡県産。

c)豆腐は育成地において6.25倍加水,加熱絞り法により豆乳を作成し,にがり0.25%MgCl₂で80℃で40分凝固させたものをA社(パネル5名)において評価した。

d)「フクユタカ」の評点を3とし,各項目の良5,普通3,悪1として評価した。

第19表 豆腐加工試験成績 (育成地)

評価項目	くろさやか	クロダマル	フクユタカ	丹波黒
吸水倍率(%)	244.4	245.3	246.7	257.0
豆乳粘度(mPas)	18.0	19.5	29.0	19.9
豆乳濃度(Brix%)	11.1	11.6	11.7	11.3
豆腐破断強度				
0.25%MgCl ₂	49.4	43.4	59.5	40.2
0.30%MgCl ₂	74.5	73.3	79.4	63.8

注：a) 試験材料は2010年，普通畑標準播，育成地産。

b) 吸水倍率は20℃で18時間浸漬後測定，豆乳粘度は粘度計を用い5℃，30rpmで3分後に測定。

c) 豆腐は7.25倍加水，加熱絞りにより豆乳を作成後，にがり(MgCl₂)を添加後，80℃で40分凝固させ，氷水中にて冷却し常温に戻したものをレオメーター(直径15mm粘弾性用プランジャー，移動速度6cm/min)で測定。

第20表 M社における納豆加工評価

評価項目	くろさやか	光黒	備考
発芽率(%)	93.0	86.0	100～90%：優，89～80%：良，79～70%：可，69%以下は不可
原料大豆水分含量(%)	10.8	14.9	8～13%の範囲内を良とする
吸水率(倍)	2.5	2.8	吸水率が2.2倍以上であること
浸漬液中溶出固形分量(%)	0.7	1.6	原料大豆重量に対して1%以下であること
蒸煮大豆重量増加比(倍)	2.4	2.6	増加比が2.0倍以上であること
蒸煮大豆水分含量(%)	58.1	61.5	水分含量が56%以上であること。
蒸煮大豆硬さ(g)	200.4	17.2	200g以下
蒸煮大豆の形状			
健全粒(%)	59.6	79.2	
皮うき(%)	38.3	20.8	30%以下であること
くずれ(%)	2.1	0.0	30%以下であること
石豆(%)	0.0	0.0	3%以下であること
納豆の硬さ(g)	245.6	107.0	170g以下であること

注：試験はM社常法で実施。原料大豆「くろさやか」は2010年，普通畑標準播の育成地産。「光黒」はM社の標準使用品。

第21表 M社における納豆官能評価

評価項目	くろさやか	光黒
菌の被り	1.9	3.9
溶菌状態	2.7	4.0
割れ・潰れ	2.4	3.0
豆の色	2.4	3.0
香り	3.1	3.0
硬さ	2.6	2.9
味	2.9	3.3
糸引き	2.4	3.1
合計点数(To)	20.4	26.2
100点換算(Av)	51.3	65.5

注：a) 第21表で作成した納豆試作品を評価。

b) パネル7名，官能試験法は5；とても良い，4；良い，3；普通，2；悪い，1；とても悪いまでの5段階で実施。

c) 官能評価結果点を100点に換算した場合に，80点以上を優，79～70点を良，69～60点を可とし，59点以下は不可とする。

第22表 F社における煮豆製品評価

評価項目	くろさやか	クロダマル
原料検査		
水分	8.7	8.1
粒数 (100gあたり)	296.0	239.0
皮切れ	10.1	6.3
割れ豆	2.7	16.3
虫食い	0.0	0.0
汚れ豆	0.3	0.0
不良粒率	13.1	22.6
製造工程		
製品収量 (選別除去前) (g)	1074.0	1221.0
包装前選別除去率 (%)	8.9	7.1
製品評価		
色沢 (悪1-良5)	2.7	3.0
光沢 (悪1-良5)	2.6	3.0
香り (悪1-良5)	2.6	3.0
舌触り (ざらつく1-なめらか5)	2.8	3.0
豆の硬さ (軟1-硬5)	3.2	3.0
味 (悪1-良5)	2.7	3.0
皮残り (軟1-硬5)	3.2	3.0
総合 (悪1-良5)	2.4	3.0

注：a) 国産大豆の品質評価に係る情報交換会で2011年に実施されたものである。

b) 原料大豆「くろさやか」「クロダマル」は2010年、普通畑標準播の育成地産。

c) 煮豆製造条件はF社常法に従い実施。製品評価は品質管理グループ員11名で実施。

第23表 蒸煮大豆加工試験成績 (育成地)

項目 \ 品種名	くろさやか	クロダマル	丹波黒	フクユタカ
子葉の破断強度 (g/cm ²)	692	633	540	791

注：a) 材料は2010年、普通畑標準播の育成地産。

b) 条件：蒸留水に20℃、24時間浸漬後、鍋で沸騰した湯の中で10分間ゆで、10分間冷却し、種皮を剥離し、片側の子葉をレオメーターで直径3mmのアダプターを用いて測定。

2. 栽培適地

「くろさやか」の遺伝的背景や、公立試験研究機関における奨励品種決定調査成績、成熟期およびダイズモザイク病抵抗性等の成績から、「くろさやか」の栽培適地は暖地および中国地方以南の温暖地と判断される。

3. 栽培上の留意点

「フクユタカ」「クロダマル」に比べ長茎となり、倒

伏する可能性が高くなるため、播種時期、栽植密度等に留意する。また、リボキシゲナーゼ欠失大豆として利用する場合には、普通大豆の混入や普通大豆との交雑があると、子実特性が損なわれるため、本品種の単独隔離栽培を行うとともに、生育の各段階で異品種の混入の有無について、苗立ち時には胚軸の色、開花期には花の色、収穫時には毛じの色や熟さやの色など、本品種の識別性を活かして純度管理を徹底する。

い。また、成熟期は「クロダマル」に比べて1～3週間早い。また、早霜の被害を軽減でき、作柄の安定が期待できる。また、「くろさやか」の子実の大きさは“極大粒”の「クロダマル」より小さい“大粒”であり、これまでの極大粒品種と需要が重なる心配がない。

これらの特性を有する「くろさやか」を品種登録して普及に移すことにより、西日本におけるリポ欠大豆および黒大豆の高品質・安定生産に貢献することが期待される。

VI. 育成従事者

育成従事者と担当世代を第25表に示した。

引用文献

- 1) 古田収・須田郁夫・西場洋一・高橋将一・松永亮一 (2002) リポキシゲナーゼ完全欠失大豆に混入した普通大豆の検定法. 九州沖縄農業研究成果情報 **18**: 645 - 646.
- 2) 羽鹿牧太・高橋将一・異儀田和典・酒井真次・中澤芳則 (2002) ダイズ新品種「いちひめ」の育成とその特性. 九州沖縄農業研究センター報告 **40**: 79 - 94.
- 3) 加藤信・湯本節三・高田吉丈・河野雄飛・島田信二・境哲文・島田尚典・高橋浩司・足立大山・田淵公清・菊池彰夫 (2007) リポキシゲナーゼとグループAアセチルサポニンを欠失した大豆新品種「きぬさやか」の育成. 東北農業研究センター報告 **107**: 29 - 42.
- 4) Kitamura, K. (1984) Biochemical characterization of lipoxygenase lacking mutants, L-1-less, L-2-less, and L-3-less soybean. *Agric. Biol. Chem.* **48**: 2339 - 2346.
- 5) 九州農業試験場 (1995) 過酸化脂質の少ない健全性に優れた大豆加工食品の開発. 交流共同研究成果報告書.
- 6) 中澤芳則・高橋将一・小松邦彦・松永亮一・羽鹿牧太・酒井真次・異儀田和典 (2007) ダイズ新品種「クロダマル」の育成とその特性. 九州沖縄農業研究センター報告 **48**: 11 - 30.
- 7) 大庭虎雄・岩田岩保・竹崎力・工藤洋男・異儀田和典・小代寛正・原正紀・池田稔・高柳繁・下津盛昌・橋本篤一・志賀鑑昭・富田貞光 (1982) ダイズ新品種「フクユタカ」について. 九州農試報告 **22**: 405 - 432.
- 8) 高橋将一・松永亮一・小松邦彦・羽鹿牧太・酒井真次・異儀田和典・中澤芳則 (2003) ダイズ新品種「エルスター」の育成とその特性. 九州沖縄農業研究センター報告 **42**: 49 - 65.
- 9) 湯本節三・島田信二・高田吉丈・境哲文・河野雄飛・島田尚典・高橋浩司・足立大山・田淵公清・菊池彰夫・村田吉平・酒井真次・喜多村啓介・石本政男・異儀田和典・中澤芳則・羽鹿牧太 (2006) 東北地域向きリポキシゲナーゼ欠失大豆新品種「すずさやか」の育成. 東北農業研究センター報告 **105**: 35 - 48.

Breeding of New Black Soybean Cultivar “Kurosayaka” with Three Lipoygenase Isozyme Deletions

Masakazu Takahashi, Motoki Takahashi, Yuhi Kono, Nobuhiko Oki
Kunihiko Komatsu¹⁾, Yoshinori Nakazawa and Ryoichi Matsunaga²⁾

Summary

“Kurosayaka” was developed at the NARO Kyushu Okinawa Agricultural Research Center from 2002 through 2012 and was registered in 2012. This variety was selected from progeny derived from the cross Kyukou870 × Kyukou849. Kurosayaka is a late to very late maturing variety with determinate growth, pointed ovate leaflets, white flowers, tawny pubescence, and light-brown pod shells at maturity. The plant is taller than Fukuyutaka and Kurodamaru. The seed yield is higher than that of Fukuyutaka and Kurodamaru, and it is well-adapted for combine harvesting. Kurosayaka has resistance to the A and B strains of soybean mosaic virus (SMV). The cultivar is susceptible to soybean cyst nematode (SCN).

The average seed size of Kurosayaka is 34.1g/100 seeds, which is smaller than that of Kurodamaru (50.6g/100 seeds). The seed coat is lustrous black, and the seed shape is spherical and flattened. The seeds have less protein than those of Fukuyutaka.

Kurosayaka lacks all the seed lipoygenase isozymes causing the beany flavor and is expected to be used to develop new materials for soybean food processing. Kurosayaka is well adapted for cultivation in the Kyushu district or the southern part of Japan.

Key words : soybean, lipoygenase, beany flavor, black soybean, Kyushu district.

Crop and Agribusiness Research Division, NARO Kyushu Okinawa Agricultural Research Center, Suya 2421, Koshi, Kumamoto 861 - 1192, Japan.

Present address:

- 1) NARO Hokkaido Agricultural Research Center
- 2) Japan International Research Center for Agricultural Sciences