

機関番号 : 12501

研究種目 : 基盤研究 (C)

研究期間 : 2008 ~ 2010

課題番号 : 20580009

研究課題名 (和文) ゴマの食品機能性リグナン関連物質の生産改良-遺伝資源と栽培環境からのアプローチ

研究課題名 (英文) Productivity improvement of sesame lignan content related with food functionality - Approach to heredity and environmental aspects.

研究代表者

田代 亨 (TASHIRO TORU)

千葉大学・大学院園芸学研究科・教授

研究者番号 : 00109315

研究成果の概要 (和文) : ゴマのセサミン含量を高める方策を遺伝資源面と栽培制御面から検討した。保存遺伝資源から高セサミン系統 (7.57 mg/g, タイ国在来白ゴマ種) が選抜された。遺伝資源交雑後代 F₃ 集団から高セサミン含量 (9.17 mg/g) で多収性を備えた有用個体が選抜された。セサミンは低窒素・低リン酸の施肥条件で高含量が得られた。セレン含量は産地間で大きく変動し、ベネズエラ産から 4.8 μg/g と高含量試料 (FONUCLA) が見出された。

研究成果の概要 (英文) : This research investigated the productivity improvement of sesamin content of sesame with reference to heredity and environmental aspects. The white color line with high sesamin content of 7.57 mg/g was selected from the genetic resource of Thailand. The favorable line with high sesamin content of 9.17 mg/g and high yield was selected from F₃ population, a cross of the sesame line with high sesamin content from Laos and the line with high yielding ability from China. Applying fertilizer of low nitrogen and phosphoric acid produced seeds with high sesamin content. Selenium content fluctuated greatly among the production areas, and the high content sample, FONUCLA, with 4.8 μg/g were found in Venezuela.

交付決定額

(金額単位 : 円)

	直接経費	間接経費	合計
2008 年度	2,200,000	660,000	2,860,000
2009 年度	600,000	180,000	780,000
2010 年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
総計	3,300,000	990,000	4,290,000

研究分野 : 農学

科研費の分科・細目 : 農学 作物学・雑草学

キーワード : ゴマ, 食品機能性, リグナン, 遺伝資源, 栽培環境

1. 研究開始当初の背景

現代人は健全な食生活を過ごすために特定生理機能を持つ高次機能性食品素材や新規機能性食品素材を求めるニーズが強く、今後このような動きが一層加速すると見通

される。このような社会的背景のもとで、本研究では機能性食品素材として古くから健康によい食品として珍重されてきたゴマに着目した。

2. 研究の目的

本研究は、遺伝資源からゴマの食品機能性に関与するリグナン関連物質（以下、食品機能性リグナン関連物質）の高含有遺伝資源を探索し、また栽培環境の制御により食品機能性リグナン関連物質を高めた食品素材を生産することを目的とした。

3. 研究の方法

(1) ゴマ属遺伝資源の食品機能性リグナン関連物質の種類及びその含量

富山大学理学部と千葉大学園芸学部の保存系統から有用遺伝資源を一次選抜する。一次選抜された有用遺伝資源の食品機能性リグナン関連物質を定量し、目的形質を有する遺伝資源を二次選抜する。また、選抜された有用遺伝資源交雑後代から食品機能性リグナン関連物質の高含有個体の選抜を行う。

(2) 栽培環境及び食品機能性リグナン関連物質含量と機能性無機成分含量との関係

食品機能性リグナン関連物質の高含量が得られる施肥条件をポット試験と圃場試験とで検討する。また、世界のゴマ生産国からゴマ種子を収集し、機能性無機成分を定量して産地間比較を行う。

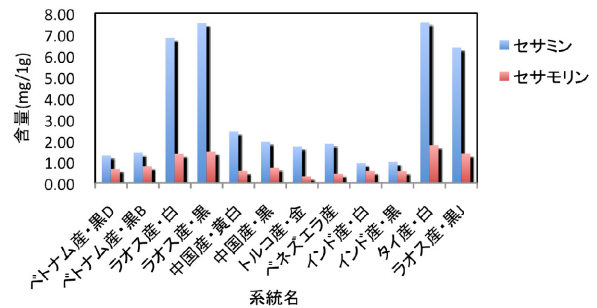
4. 研究成果

(1) 食品機能性リグナン関連物質の高含有遺伝資源の探索

富山大学理学部と千葉大学園芸学部の保存系統から一次特性により12系統を一次選抜した。

セサミン含量は0.93~7.57mg/gの範囲にあり、変動係数が80.9%と極めて大きかった。また、セサモリン含量は0.31~1.78mg/gの範囲にあり、変動係数が54.8%と比較的大きかった。セサミンとセサモリンの高含量系統はタイ在来の白ゴマ種であった(第1図)。セサミン・セサモリン高含量系統として見出され

た「タイ産・白」は粒重が108mg/100粒と極小粒で劣悪農業形質を持つが、交配母本として有望であると思われた。



第1図 遺伝資源のセサミン・セサモリン含量の変異

(2) 交雑後代からの食品機能性リグナン関連物質の高含有個体の選抜

有用遺伝資源交雑後代F₃集団から食品機能性リグナン関連物質の高含有個体の選抜を行った。交配親のリグナン含量を第1表に示した。多収性である中国産35を母本として、高セサミン含量のラオス産・黒を交配した（以下CRWとする）。また、多収性の伊佐郡産を母本として、高セサミン含量のラオス産・淡紫と高セサモリン含量のサバ州産をそれぞれ交配した（以下 IRB, ISとする）。F₁ 個体を養成し、F₂ 集団より優良個体を一次選抜した。その後、F₃集団から多収性・早晩性により60個体を二次選抜した。

第1表 交配親のリグナン含量

系統名	セサミン	セサモリン	配糖体
	(mg/種子1g)		
中国産35	4.12	3.49	3.04
サバ州産	3.62	7.83	1.35
伊佐郡産	1.15	1.75	3.50
ラオス産・黒	12.62	5.78	1.37
ラオス産・淡紫	13.00	4.91	0.68

セサミン、セサモリン、及び配糖体で最も高い含量は、それぞれ10.33mg/g, 5.51mg/g,

3.25mg/gであり、これらの値を示す個体はCRWグループ（個体番号1~42）に属した。IRBグループ（個体番号43~58）では、全体的にCRWグループと比べリグナン含量が低かった。ISグループ（個体番号59~60）はCRWグルー

プ、IRBグループと比較して極端にリグナン含量が低かった。CRWグループのセサミン含量を降順に示した(第2表)。36はセサミン含量が10.33mg/gと最も高い値を示しが、小粒であり収量形質は劣った。また、14と40はセサミン含量、セサモリン含量ともに高かった。特徴的個体として、18と26はセサミンがセサモリンの3倍以上含まれていた。以上の結果、リグナン含量のバランスと収量性(100粒重、さく果長)から評価して、40は有用性が期待された。

第2表 CRWグループのセサミン高含有個体の諸形質

個体番号	セサミン セサモリン 配糖体 (mg/g種子)			100粒重 (mg/100粒)	さく果長 (mm)
	セサミン	セサモリン	配糖体		
36	10.33	4.74	2.24	168.0	33.1
18	10.08	3.11	2.44	156.2	31.7
14	9.79	3.91	1.32	161.3	28.2
26	9.41	2.77	1.18	220.1	33.2
40	9.17	4.43	2.38	211.7	34.3
15	8.85	3.36	0.59	175.2	28.8
28	8.57	3.57	1.98	245.8	31.2
33	8.55	4.47	1.17	216.9	29.3
17	8.47	0.39	2.10	198.6	27.6
22	8.40	4.08	1.55	215.6	38.1
基準値	8.00>	4.00>	2.00>	200.0>	30.0>

(3) 施肥条件が食品機能性リグナン関連物質含量に及ぼす影響

①化学肥料 - ポット試験

窒素とリン酸の両肥料の施用量と食品機能性リグナン関連物質含量との関係を検討し、高含量をもたらす施用条件を明らかにするためにポットレベルで試験を行った。材料には単一茎型の白ゴマ種(三重大改良種)を用いた。未耕地から得た心土を風乾し、1/2000aワグネルポットに充填した。標準施肥量はポット当たり窒素(N)、リン酸(P₂O₅)、加里(K₂O)を、それぞれ1.1

3g, 1.32g,

第3表 試験区概要

	リン酸系列	リン酸系列			
		P0	P1	P2	P4
窒素	N0	N0P0	N0P1	N0P2	N0P4
素	N1	N1P0	N1P1	N1P2	N1P1
系	N2	N2P0	N2P1	N2P2	N2P4
列	N4	N4P0	N4P1	N4P2	N4P4

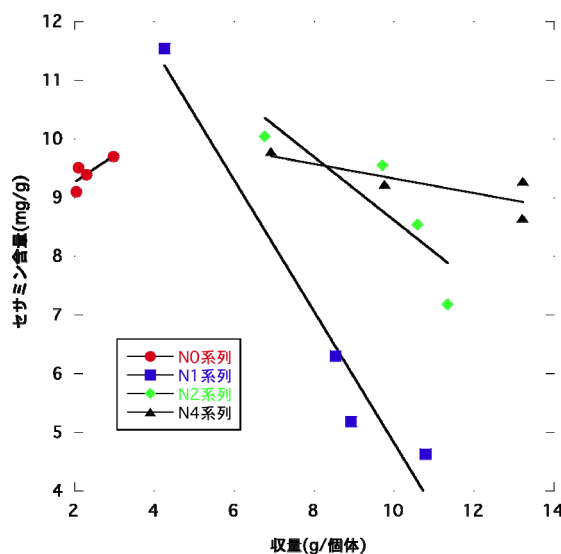
0:無施用区 1:標準量区
2:2倍区 4:4倍区

1.25gとした。試験区の概要は第3表に示した。試験は各区3反復とした。

さく果の総数は地上部の生長量に連動して生産され、その結果収量はN₄P₂区で最も高くなった。セサミン含量は4.63(N1P4区)~11.54(N1P0区)mg/gの範囲にあり変動係数が21.4%と大きく、セサモリン含量は3.48(N1P4区)~5.22(N1P0区)mg/gの範囲にあり変動係数が11.9%であった(第4表)。また、セサミン含量は、リン酸肥料では無施用のP0系列区が最も高く、施用量が増すP1~P4系列区にかけて順次低下した。一方、窒素肥料ではN0系列で最も高く、N1系列で最も低くなった(第4表)。セサミン含量と収量との関係は、収量が2.35g/個体と極めて低いN0系列では正の相関関係となり、8.12, 9.60, 10.78g/個体へと順次高まるN1, N2, N4系列では負の相関関係となり、その回帰係数はそれぞれ -1.12, -0.54, -0.12と順次小さくなった(第2図)。以上の結果、セサミン含量を向上させる窒素・リン酸

第4表 窒素及びリン酸肥料の施用量がセサミン含量に及ぼす影響
単位:mg/g

	リン酸系列	リン酸系列				平均
		P0	P1	P2	P4	
窒素系列	N0	9.10	9.51	9.39	9.70	9.42
	N1	11.54	6.30	5.18	4.63	6.91
	N2	10.04	9.55	8.54	7.18	8.83
	N4	8.82	9.22	9.27	8.64	8.99
平均		9.87	8.65	8.09	7.53	



第2図 収量とセサミン含量との関係

肥料の低施用条件が必ずしも高収量が得られる限らないことがポットレベルで実証された。

②化学肥料 - 圃場試験

化成肥料の施肥量と食品機能性リグナン関連物質含量との関係を圃場レベルで検討し、高含量をもたらす施用条件を明らかにするためにに行った。材料には単一茎型の白ゴマ種(三重大改良種)を用い、千葉大学園芸学部実験圃場で栽培した。試験区として高度化成肥料(N-P₂O₅-K₂O = 15-15-15)の施肥量を0, 15, 30, 60, 120g/m²の5水準設けた。各試験区は、1区画を3.7m×0.7mとし、3反復乱塊法により配置した。

化成肥料の施用は、植物体の生育を旺盛にし、さく果の着生を高め、その結果、種子の生産量を向上させた。セサミン含量は、施肥量が増すにつれて低下傾向を示し、120g/m²区で有意に低い値を示した。一方、セサモリン含量では施肥量間で差異は認められなかった(第5表)。セサミン含量は、収量と負の相関関係が存在し(第3図)、油脂含量とは正の相関関係が存在した(第4図)。以上の結果、セサミン含量、油脂含量などの品質を向上さ

第5表 施肥量がゴマのリグナン含量に及ぼす影響

施肥量 (g/m ²)	セサミン	
	(mg/gFW)	(mg/gFW)
0	5.14 a	3.84
15	4.72 ab	3.92
30	4.73 ab	3.83
60	4.68 ab	3.83
120	4.31 b	3.74
	*	ns

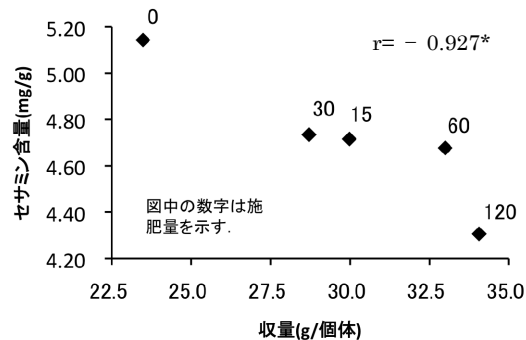
同一英文字間には有意差がないことを示す(Tukey法)。

*はそれぞれ1%、5%水準で有意差があることを示す。

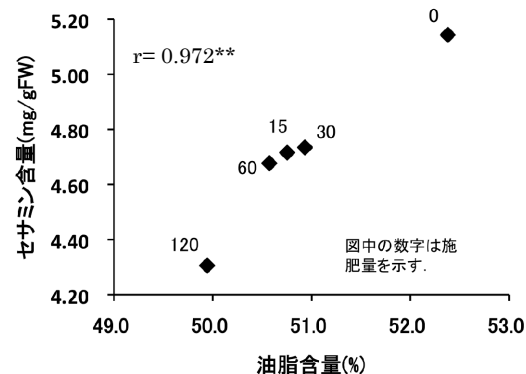
せる施肥条件が必ずしも高収量を得られるとは限らないことが圃場レベルで実証された。

③有機質肥料 - ポット試験

EU諸国では有機栽培ゴマに感心が高まり、年々消費量が増大している。我が国でも年間約500トンが消費されている。有機質肥料を



第3図 収量とセサミン含量の関係



第4図 油脂含量とセサミン含量との関係

長期連用した圃場土壌を用いてポットレベルで栽培し、慣行栽培と比較検討した。材料には単一茎型の白ゴマ種(三重大改良)を用いた。土壌は、名古屋大学農学部附属農場圃場で食品排水汚泥堆肥(食肥区)、厩肥(厩肥区)、化成肥料(化成区)、化成肥料と厩肥(慣行区)を、それぞれ17年間連用したものを用いた。試験区の概要は第6表に示した。食肥区と厩肥区を有機栽培とし、化成区と慣行区を慣行栽培とした。土壌を1/2000aワグネルポットに充填後、肥料を混和した。試験は各区3反復とした。

第6表 試験区の概要

区名	施肥設計
慣行区	IB化成(N:P:K=15:4:15):166.7kg/10a
	牛糞厩肥:2t/10a
	粉状消石灰:100kg/10a
化肥区	IB化成(N:P:K=15:4:15):166.7kg/10a 粉状消石灰:100kg/10a
食肥区	食品排水汚泥堆肥:2.5t/10a 全窒素3.5% 全リン酸4.6% 全加里1.8% 全石灰7.8%
厩肥区	牛糞厩肥:10t/10a

・鉬質洪積土壌(赤黄色土)

収量は慣行栽培に比べ有機栽培の方が優れ、とくに厩肥区は高収量であった(第7表)。セサミンとセサモリンの含量は、慣行栽培に比べて有機栽培で高まった(第7表)。以上の結果、有機質肥料の長期間連用は土壌の肥沃度を増し、土壌環境が改善され、その結果生育が良好になり、収量とセサミン含量の向上がもたらされたと思われた。

第7表 施肥条件が収量とセサミン・セサモリン含量に及ぼす影響

区名	収量 (g/個体)	セサミン セサモリン	
		(%)	
慣行区	6.83 bc	5.26 b	3.21 b
化肥区	5.56 c	6.41 ab	3.50 b
食肥区	9.15 ab	7.16 a	3.49 b
厩肥区	11.14 a	7.84 a	4.14 a

同一英字文字間は有意差がないことを示す(Tukey法)。

④栽培環境が機能性無機成分含量に及ぼす影響

ゴマはセレンの補給源となっている。セレンの土壌中の存在量は地球上の地域によって大きな差があり、土壌中のセレン含量はその地域で生育する植物のセレン含量に影響を及ぼす。世界の主なゴマの生産地から収集した21試料を用いた。試料は0.1gをテフロン製容器に入れ、マイクロウェーブ加圧分解装置にて分解した。セレンはICP質量分析装置を用い、共存元素はICP発光分光分析装置をそれぞれ用いて測定した。

セレン含量は産地間で大きな差異が存在し、ベネズエラ産のFONUCLAとBLANCO PUROが高く、各々4.8 μ g/g、2.2 μ g/gであった。次いで、タンザニア産が1.4 μ g/gであり、インド産が0.7 μ g/gと続いたが、他のほとんどの試料は0.1~0.2 μ g/gであり、低い値を示した(第8表)。セレン含量と共存元素含量との単相関係数を求め、相関関係が認められなかった。以上の結果、セレン含量が高い産地を特定することができ、有益な情報を提供することができたと思われた。

(4)異なる種皮色の品種間における種子構

第8表 ゴマ試料のセレンおよび共存無機成分の含量

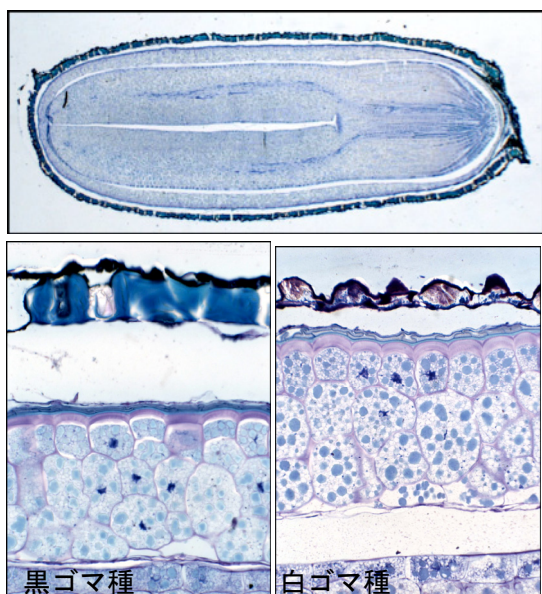
試料名	Se	Fe	Ca	Mg
	(μg/g)		(mg/g)	
竹富島産	0.1	49	13.0	3.9
伊佐郡産	0.1	51	12.0	3.9
安徽省産	0.1	53	13.0	3.7
湖北省産	0.2	63	15.0	3.8
広東省産	0.2	68	12.0	3.6
雲南省産	0.1	57	11.0	4.0
ミャンマー産	0.1	44	11.0	4.1
ベトナム産	0.2	66	12.0	3.4
インド産	0.7	50	12.0	2.9
パキスタン産	0.5	83	12.0	3.6
アフガニスタン産	0.2	100	9.1	3.7
トルコ産	0.1	47	7.2	3.2
スリランカ産	0.3	120	13.0	3.6
エリトリア産	0.1	67	10.0	3.6
スーダン産	0.2	57	10.0	3.8
タンザニア産	1.4	63	11.0	3.7
ナイジェリア産	0.2	54	9.2	3.4
グアテマラ産	0.3	67	12.0	3.6
ベネズエラ産 (BLANCO)	2.2	58	12.0	3.7
ボリビア産	0.4	56	7.6	3.7
ベネズエラ産 (FONUCLA)	4.8	130	15.0	3.6
平均	0.6	66.8	11.4	3.6
変動係数(%)	183.2	34.7	17.9	7.3

造の比較

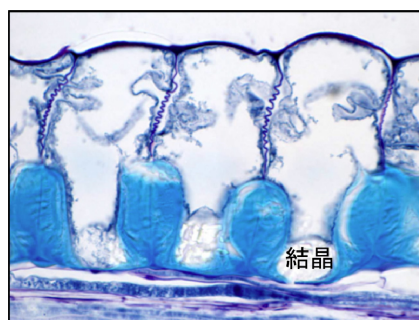
黒ゴマ種は一般に種皮が厚いことにより強度が高く、一方白ゴマ種は薄くて強度は低い。また、蓆酸カルシウム結晶は一般に黒ゴマ種の種皮に多く含まれる。種皮色と種皮構造及び蓆酸カルシウム結晶との関係をより明らかにするために、黒・白ゴマ種の種子組織構造を比較検討した。材料には、黒ゴマ種(南部黒ゴマ)と白ゴマ種(三重大改良)を用いた。完熟乾燥種子のパラフィン切片またはテクノビット樹脂切片による観察を行った。

黒ゴマ種と白ゴマ種の成熟種子はともに胚、内乳、種皮からなり、種皮以外には構造的な差異は認められなかった。種皮はいずれもほぼ外表皮からなり、黒ゴマ種では外表皮の表面に対する垂直細胞壁に強度の細胞壁肥厚が見られ、白ゴマ種ではいずれの細胞壁も薄かった。また黒ゴマ種では黒色の層が外表皮の外側に沈着していた(第5図)。蓆酸カルシウムの結晶はいずれの外表皮にも見られるが白ゴマ種ではやや少なかった(第6

図)．以上の結果，黒・白両種間には種皮外表皮の細胞壁と色素層の組織構造に大きな違いがあることが明らかにされた．



第5図 黒ゴマ種の成熟種子の中央縦断切片（上段）と黒ゴマ種と白ゴマ種の種皮及び内乳部分の拡大（下段）



第6図 黒ゴマ種の種皮外表皮内の沈着結晶

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕（計1件）

①田代 亨・西野栄正・今井 勝，ゴマ属遺伝資源の無機成分含量と種子形質との関係，*Sesame Newsletter*，査読無，Vol. 23, 2009, 18-20

〔学会発表〕（計6件）

①田代 亨・家田利夫・金田真人・平野正真・橋口武史，ゴマ (*Sesamum indicum* L.) の収

量と品質に及ぼす播種時期の影響，日本作物学会第231回講演会，2011年3月30日，東京農業大学

②石井良実・田代 亨，リン酸肥料がゴマの収量と品質に及ぼす影響，日本作物学会第231回講演会，2011年3月30日，東京農業大学

③田代 亨・石井良実，ゴマのリグナン含量に及ぼす登熟温度の影響，日本作物学会第230回講演会，2010年9月5日，北海道大学農学部

④田代 亨・洞鶏和代・志村真樹子・望月正・今井 勝，ゴマにおけるセレン含量の産地間差異，ゴマにおけるセレン含量の産地間差異，2010年3月31日，宇都宮大学農学部

⑤田代 亨・岡江優樹・平野正真・橋口武史，ゴマ (*Sesamum indicum* L.) の収量と品質に及ぼす施肥量の影響，日本作物学会第228回講演会，2009年9月29日，静岡県コンベンションアーツセンター

⑥田代 亨・今井 勝，ゴマ属遺伝資源の無機成分含量の変異，日本作物学会第227回講演会，2009年3月28日，つくば国際会議場エポカルつくば

〔図書〕（計1件）

①田代 亨，朝倉書店，作物栽培大系 7巻3.2節「ゴマ」，2011，印刷中

6. 研究組織

(1) 研究代表者

田代 亨 (TASHIRO TORU)

千葉大学・大学院園芸学研究科・教授

研究者番号：00109315

(2) 研究分担者

西野 栄正 (NISHINO EISHOU)

千葉大学・大学院園芸学研究科・教授

研究者番号：30110274

長島 万弓 (NAGASHIMA MAYUMI)

名古屋経済大学・人間生活科学部

研究者番号：80261105