

ダイズ種子中のイソフラボン含有率の品種・収穫年度による差異

山川, 武夫
九州大学大学院農学研究院

仲野, 快恵
九州大学大学院生物資源環境科学府

山田, 亜里砂
九州大学農学部生物資源環境学科

梶原, さゆり
九州大学農学部附属農場

他

<https://hdl.handle.net/2324/1793446>

出版情報：日本土壌肥料学雑誌. 78 (1), pp.33-38, 2007-03. 日本土壌肥料学会
バージョン：
権利関係：

ダイズ種子中のイソフラボン含有率の品種・収穫年度による差異*1

山川武夫*2・仲野快恵*3・山田亜里砂*4・梶原さゆり*5・望月俊宏*2

キーワード イソフラボン, 配糖体, ダイズ種子, マロニル配糖体

1. 緒 言

ダイズ種子は食材として扱われることが多いが、特有の臭いや苦味、渋味がつきものであった。イソフラボンはその原因の一つであり、遺伝学的方法等多くの試みによってその低減化がなされてきた¹⁾。しかし、近年イソフラボンのもつエストロゲン作用、抗酸化作用、発ガン抑制等の機能が確認され²⁾、それによる効能として心臓病予防やコレステロールの低減効果、ガンや骨粗鬆症の予防、更年期障害の軽減³⁾、また、美肌・美白効果、アルツハイマー病、痴呆症に効果を示す可能性³⁾があるため、ダイズ種子やダイズ食品に含まれているイソフラボンに大きな関心が寄せられている。このようにダイズイソフラボンは多彩な薬理効果をもつため、薬剤、サプリメント、健康食品等、機能性食品としてのダイズ種子の応用が試みられている⁴⁾。

また、種子が形成される時期でのイソフラボンの種類や量的な変化も研究の対象とされてきており、次のようなことがわかっている。ダイズ種子のイソフラボン含量は遺伝的・環境的な影響を受ける⁵⁾。ダイズ種子は開花後35日頃からイソフラボン成分の蓄積が始まり、登熟(種子の肥大)に伴い蓄積量が増大する⁶⁾。ダイズのイソフラボン含量は登熟期(種子肥大期)の温度に影響され、子葉部分よりも胚軸部分での含有率が高い⁷⁾。ただし、胚軸の重量は全粒重の1~2%であり、種子全体からみると胚軸のイソフラボン含有量はかなり少なく、胚軸のみの利用を考えるのは困難である。イソフラボンの生成に関して品種の特性や温度による影響を明らかにし、イソフラボン高含有ダイズを生産できれば食品以外での新しいダイズの利用価値を生むことができるであろう。

ダイズ種子中のイソフラボン含有率は遺伝的要因や環境

的要因によって影響を受けることが示唆されている⁷⁾。しかし、ダイズはかなりの品種があり、まだほとんどの品種のイソフラボン含有率は分析されておらず、環境的要因についても詳しいことはわかっていない。そこで、イソフラボンの生成に関する品種の特性を明らかにし、イソフラボン含有率の高いダイズ品種を検索するため、ダイズの収穫年度と品種間でのイソフラボンの種類と含有率の差を明らかにする必要がある。

本研究は、広範囲のダイズ品種、すなわち早生ダイズから秋ダイズにかけて同じ圃場で栽培した九州大学附属農場保存の種子を用い、その収穫年度と品種間での含有イソフラボンの種類と含有率の差を明らかにすることを目的とする。

分析に必要な標準物質のうち現在市販されているイソフラボンは daidzein, daidzin, genistein, genistin の4種のみである。本研究では、現在知られているダイズフラボノイド12種類⁸⁾のうち、ダイズ種子中の含有率が特に低いアセチル配糖体以外のイソフラボノイド9種類、すなわちアグリコンである daidzein, glycitein, genistein, 配糖体である daidzin, glycitin, genistin, マロニル配糖体である malonyldaidzin, malonylglycitin, malonylgenistin について、山川ら⁸⁾の方法に従って測定した。

2. 材料と方法

1) 材料

(1) 収穫年度が異なるダイズ品種の種子

九州大学附属農場で1998年、2001年に栽培されたダイズ7品種〔奥原1号(Ia)、コガネダイズ(IIa)、ライデン(IIb)、エンレイ(IIc)、アキシロメ(IIIc)、フクユタカ(IVc)、ホウギョク(Vc)〕と1998年度産の改良白目(IIa)、2001年度産のタチスズナリ(IIb)、台湾のAVRDC(Asian Vegetable Research and Development Center)より分譲された遺伝的にイソフラボンを多く含有するダイズ品種AGS292^{9,10)}の種子と2002年にその種子を植物栄養学実験室附属施設で栽培・収穫した種子、2002年度に九州大学圃場で栽培されたサチユタカ(IIIc)、フクユタカ(IVc)の種子を用いた。種子は、-20°Cで凍結した後、凍結乾燥(FDU-506, EYELA, 東京)した。乾物重の測定後、振動ミル(TI-100, 平工製作所, 東京)で粉碎し(20秒)分析用試料とした。()内に示す記号は、福井・荒井¹¹⁾によるダイズ品種の生態型

*1 本報告の概要は2004年4月、日本土壤肥料学会九州支部春季例会(鹿児島)において発表した。

*2 九州大学大学院農学研究科(812-8581 福岡市東区箱崎6-10-1)

*3 九州大学大学院生物資源環境科学府(812-8581 福岡市東区箱崎6-10-1)

*4 九州大学農学部生物資源環境学科(812-8581 福岡市東区箱崎6-10-1)

*5 九州大学農学部生物資源環境学科附属農場(811-2307 福岡県糟屋郡粕屋町原町111)

2006年7月5日受付・2006年8月22日受理

日本土壤肥料学雑誌 第78巻 第1号 p.33~38 (2007)

の分類法を示す。

(2) 枝豆用ダイズ品種の栽培と莢のサンプリング

九州大学附属農場で栽培した枝豆用ダイズ 8 品種 (フジムスメ (Iib)・北海早生枝豆・ボンミノリ (Iib)・摩周大莢枝豆・雪房成枝豆・ゆきみどり・ユキムスメ・緑光早生枝豆) の枝豆としての可食部分の種子を用いた。また、種豆用に秋作で栽培された種子、すなわちこの実験で種として用いた種子についても分析に用いた。これらの品種の多くは近年枝豆用として育種されたものであり、その生育型は明確ではないが、フジムスメとボンミノリ以外の品種の生育型は、Ia ないし Ib と推察される。

ダイズの栽培は、2004 年度に九州大学附属農場で行った。播種前にくみあい豆化成 300 号 (N:3%, P₂O₅:10%, K₂O:10%, (株)菱東肥料製) 40 kg 10 a⁻¹ を全層施肥した。条間×株間を 75×15 (cm) に設定し、各品種当たり 10 株×3 列で栽培した。播種は、4 月 25 日に行った。登熟期間中のサンプリングはすべて 3 連で行い、サンプリング後直ちに -20°C のフリーザーで凍結保存した。莢を凍結乾燥した後、種子と莢殻に解体した。種子の乾物重を測定した後、振動ミルにて粉碎 (20 秒) し分析用試料とした。また、種として用いた種子の処理は、前項と同様に行った。

(3) 登熟時期の異なるダイズの栽培と莢のサンプリング

播種時期を変えることにより登熟時期の温度が異なるダイズ種子を獲得できる。栽培は九州大学附属農場で行った。2004 年 5 月 11 日に奥原 1 号 (Ia)・益香 (一)・白鳥 (Ib)・北海早生 (Ib)・ツルムスメ (Ib)・改良白目 (IIa)・コガネダイズ (IIa) を、2004 年 7 月 14 日に奥原 1 号 (Ia)・改良白目 (IIa)・早生黒大豆 (一)・コガネダイズ (IIa)・タチスズナリ (Iib)・アキシロメ (IVc)・フ

クユタカ (IVc) を播種し、(2) 項と同様に栽培した。莢のサンプリングとその処理も (2) 項と同様に行った。(一) は、生態型が不明であることを示す。

2) イソフラボンの分析方法

1.5 mL 容エッペンに分析用試料 150 mg を秤り取り、0.75 mL の 70%エタノールを加え、ボルテックスで軽く攪拌後、振とう機 (150 rpm) により抽出を行った (25°C, 2 時間)。枝豆用ダイズ品種の抽出は、分析用試料 150 mg に対して 1.5 mL の 70%エタノールを用いて行った。抽出後、遠心分離 (13,000 rpm, 10 min, 4°C) し、上清を HPLC (高速液体クロマトグラフィー) により分析した。HPLC (L-7000 シリーズ, 日立製作所) のカラムは YMC-Pack ODS AM-303 (4.6×250 mm) を用いた。分離条件は、分析開始から 0~10 分は 15%アセトニトリル (0.1%酢酸), 10~50 分で 15~35%アセトニトリル (0.1%酢酸) の濃度勾配で、50~55 分は 35%アセトニトリル (0.1%酢酸) に設定した。1 日に約 20 サンプル抽出し、24 時間以内に分析した。イソフラボン 9 種の定量計算は、山川らの方法⁹⁾に従った。分析は、すべての品種について 3 連で行った。

3. 結果と考察

1) ダイズの収穫年度と品種間での差異

種子中のイソフラボン含有率は、品種によって異なり、比較した品種の中では、ホウギョクが最も高かった (表 1, 2)。また、AGS 292 のイソフラボン含有率は、他の品種に比較し約 2 倍以上で、台湾で選抜された高イソフラボンダイズ品種を反映していた。1998 年と 2001 年に九州大学附属農場で栽培されたダイズ 7 品種: 奥原 1 号, コガネダイズ, ライデン, エンレイ, アキシロメ, フクユタカ,

表 1 ダイズ種子のイソフラボン含有率 (mg 100 g⁻¹) の品種間差

品種名	アグリコン			配糖体			マロニル配糖体			全量
	Daidzein	Glycitein	Genistein	Daidzin	Glycitin	Genistin	M-dai	M-gly	M-gen	
1998 年度産										
奥原 1 号 (Ia)	1.7±0.0	tr	1.9±0.0	16.3±0.2	7.2±0.7	24.6±0.2	24.7±0.0	5.5±0.0	40.8±0.6	122.7±0.6
改良白目 (IIa)	3.2±0.1	tr	2.5±0.1	41.0±0.8	6.3±0.2	26.2±0.5	68.3±2.5	13.7±1.2	48.9±1.6	210.1±6.7
コガネダイズ (IIa)	2.6±0.0	2.1±0.0	3.3±1.0	35.7±0.4	7.8±0.3	37.4±0.2	60.0±0.9	10.5±0.3	65.4±0.6	224.8±1.0
ライデン (Iib)	3.1±0.0	tr	3.1±0.3	28.7±0.1	12.8±0.3	31.4±0.7	48.6±0.4	19.9±0.1	55.1±0.8	203.4±2.8
エンレイ (IIc)	1.5±0.0	tr	1.9±0.0	13.7±0.7	10.8±2.5	19.8±0.6	24.6±0.6	13.9±0.7	36.7±0.9	122.9±6.0
アキシロメ (IIIc)	3.4±0.2	tr	3.4±0.1	29.0±1.9	16.2±2.4	36.3±1.7	51.6±1.8	17.8±1.1	65.2±2.8	222.9±11.9
フクユタカ (IVc)	2.2±0.0	1.5±0.0	4.0±0.1	24.8±0.3	4.1±0.4	64.3±0.1	44.8±0.5	4.3±0.2	119.0±0.8	268.9±2.0
ホウギョク (Vc)	4.5±0.1	2.1±0.0	4.0±0.1	58.0±0.6	12.3±0.3	76.0±0.2	120.3±0.6	18.2±0.2	152.0±3.2	447.4±1.6
2001 年度産										
奥原 1 号 (Ia)	tr	tr	1.0±0.1	16.1±0.9	8.2±1.1	24.3±0.1	84.3±0.5	14.3±0.0	138.4±2.5	286.5±0.9
コガネダイズ (IIa)	tr	tr	tr	17.3±0.4	8.7±0.7	17.5±0.3	117.6±0.1	21.1±0.6	126.4±1.5	308.6±3.5
タチスズナリ (Iib)	tr	tr	tr	12.3±0.4	10.4±0.8	14.6±0.1	97.9±0.8	31.0±0.4	120.2±0.7	286.4±0.3
ライデン (Iib)	1.2±0.0	tr	1.2±0.0	21.2±0.3	12.7±0.3	19.8±0.3	117.1±1.0	34.2±0.9	119.2±0.8	326.5±1.1
エンレイ (IIc)	tr	tr	tr	9.7±0.2	10.6±0.3	11.1±0.4	65.7±0.5	28.3±1.1	80.1±0.4	205.5±2.1
アキシロメ (IIIc)	tr	tr	tr	15.4±0.8	10.5±1.2	16.9±0.4	114.2±2.3	29.6±1.4	118.1±4.2	304.8±10.3
フクユタカ (IVc)	tr	tr	tr	11.0±0.7	5.2±1.2	22.8±0.3	93.4±4.2	12.7±1.3	170.4±5.1	315.5±12.9
ホウギョク (Vc)	tr	tr	tr	22.7±0.4	7.5±1.1	35.4±0.1	195.1±3.3	22.9±0.7	242.5±1.1	526.2±4.4

この表のダイズ種子は、表中の各年度に九州大学附属農場で栽培されたものである。M-dai, M-gly, M-gen はそれぞれ malonyldaidzin, malonylglycitin, malonylgenistin を示す。品種の収穫時期は、両年度とも奥原 1 号 (Ia) で 9 月下旬, コガネダイズ (IIa) で 9 月下旬, ライデン (Iib) で 10 月上旬, エンレイ (IIc) で 10 月上旬, アキシロメ (IIIc) で 10 月中旬, フクユタカ (IVc) で 10 月下旬, ホウギョク (Vc) で 11 月上旬であった。括弧内の記号は、ダイズの生育型を示す。表中の tr は、1 mg 100 g⁻¹ 未満を示し、表 2 についても同様である。

表2 ダイズ品種 AGS 292 の種子と同時期に栽培したフクユタカおよびサチユタカのイソフラボン含有率 (mg 100 g⁻¹)

品種名	アグリコン			配糖体			マロニル配糖体			全量
	Daidzein	Glycitein	Genistein	Daidzin	Glycitin	Genistin	M-dai	M-gly	M-gen	
AGS 292*	2.5±0.0	1.4±0.0	1.8±0.0	80.1±0.4	11.1±0.1	61.6±0.2	449.5±6.4	20.1±0.7	280.5±4.1	908.7±12.0
2002 年度産										
AGS 292**	tr	tr	tr	39.8±2.9	8.6±1.1	44.0±6.0	320.3±9.6	15.5±1.6	279.4±25.9	707.9±40.7
サチユタカ	tr	tr	1.0±0.1	22.2±0.2	11.2±0.1	26.4±0.2	114.4±2.3	33.3±0.8	156.9±1.3	365.4±4.7
フクユタカ	tr	tr	tr	16.0±0.5	4.6±0.3	23.1±0.0	144.5±1.6	16.8±0.1	194.0±0.5	399.0±0.3

AGS 292* は、AVRDC より分譲された種子を、AGS 292** は九州大学の研究室保有の栽培施設で 2002 年度にポット栽培で収穫したダイズを示す。サチユタカとフクユタカは 2002 年度に九州大学附属農場で生産され、これらのダイズの生態型は、それぞれ IIIc と IVc であり、収穫時期は 10 月中旬と 10 月下旬、旬平均気温は 20.5°C と 14.9°C であった。

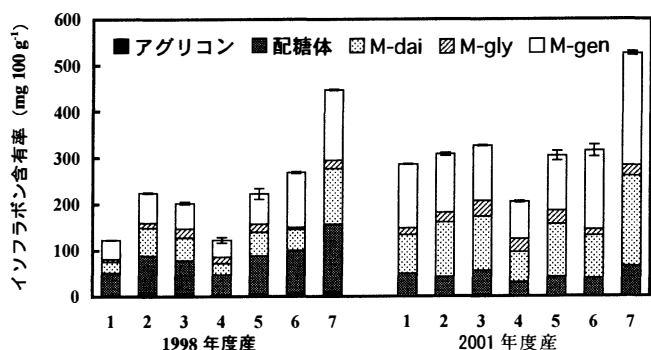


図1 品種・収穫年度によるダイズ種子中のイソフラボン含有率の違い

1: 奥原1号 (Ia), 2: コガネダイズ (IIa), 3: ライデン (IIb), 4: エンレイ (IIc), 5: アキンロメ (IIIc), 6: フクユタカ (IVc), 7: ホウギョク (Vc).

ホウギョクの各収穫年度のダイズ種子中の平均イソフラボン含有率は、1998 年度産が 203.4 mg 100 g⁻¹, 2001 年度産が 324.8 mg 100 g⁻¹ であった。1998 年度産より 2001 年度産の方がイソフラボン含有率は高く、収穫年による差がみられた (表1, 図1)。また、すべての品種の種子で malonyldaidzin, malonylgenistin が主要なイソフラボンであり、アグリコンの含有率は著しく低く、数 mg 100 g⁻¹ 以下であった (表1)。これらのダイズ7品種は、九州大学附属農場で7月上旬に播種され、9月下旬から11月上旬にかけて収穫された。これらの種子の登熟期と考えられる9月上旬から11月上旬の農場の気温について調べると (表3), 1998年より2001年の方が10月下旬以外は気温が低く、この時期を平均すると2001年の方が1.3°C低いという結果となった。このことから、登熟期中の温度がダイズ種子のイソフラボン合成あるいは分解に影響し、結果として1998年度産より2001年度産のダイズ種子中のイソフラボン含有率が高くなったのではないかと考えられ

る。また、ホウギョクでのイソフラボン含有率の高さは、その登熟後半から収穫までの時期の旬平均気温が最も低かったためと推察した (1998年度 16.3°C, 2001年度 15.3°C, 表3)。

2) イソフラボン含有率の高い枝豆用ダイズ品種の検索

種として用いた種子のイソフラボン含有率は、品種間で大きな差はなく高い傾向を示した。登熟期にサンプリングした枝豆用の種子ではフジスメ、ボンミノリのイソフラボン含有率は他の品種に比較し約2倍以上であった (図2)。しかし、種として用いた種子中の平均イソフラボン含有率は 396.3 mg 100 g⁻¹ であり、枝豆用の種子中のイソフラボン含有率 64.1 mg 100 g⁻¹ と比較すると約7倍の含有率であった。すべての品種の種子で malonyldaidzin, malonylgenistin が主要なイソフラボンであり、アグリコンの含有率は特に低かった。

枝豆用として収穫した月日は、7月14日から8月15日にかけてであった。収穫する前の7月上旬から8月上旬までの旬平均気温が、27.6°Cから29.9°C (表4) と高く推移する時期でも、フジスメ、ボンミノリの2品種が、他の品種と比較してイソフラボン含有率が高い品種だと考えた。また、種として用いた種子の方が登熟した種子よりイソフラボン含有率が高いのは、農場での系統保存種子用の栽培は4~5年に一度秋作として栽培して更新するため、種として用いた種子の方が登熟時期の気温が低かったためだと推定した。このことから、福岡地域で枝豆として7月中旬以降から8月中旬に食している枝豆の可食部のイソフラボン含有率は低い宿命にあると考えられる。

3) 登熟時期の違いがイソフラボンの含有率に及ぼす影響

5月11日に播種したダイズ品種の開花日は、6月18日から7月1日の間であり (図3), 登熟の後半である7月下旬から8月下旬の旬平均気温が 29.6°Cから 27.6°Cと高

表3 1998年度および2001年度の九州大学附属農場の平均気温 (°C)

年度	9月			10月			11月	平均
	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	
1998	25.6	26.4	24.7	22.2	20.9	17.9	16.3	22.0
2001	25.2	24.1	22.6	20.4	19.1	18.3	15.3	20.7
2001-1998*	-0.4	-2.3	-2.1	-1.8	-1.8	+0.4	-1.0	-1.3

* 2001-1998 は 2001 年の平均気温から 1998 年の平均気温を引いた値である。

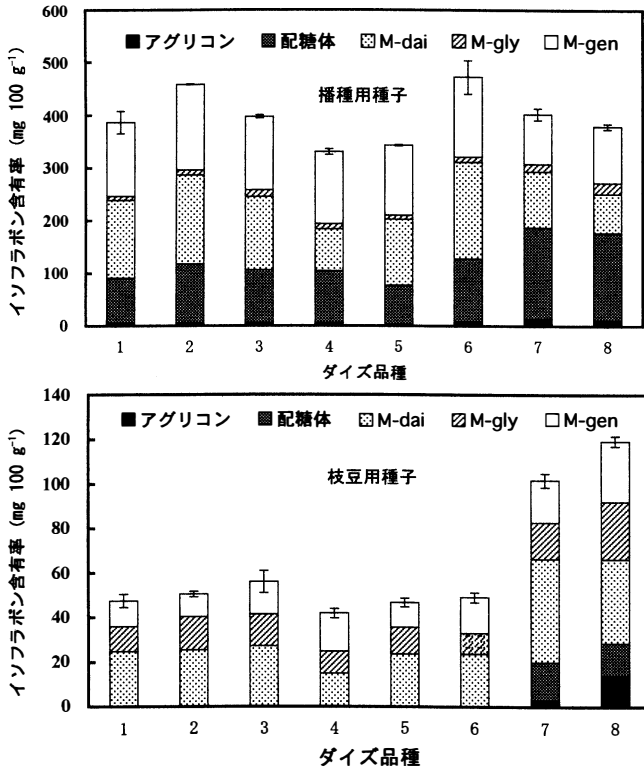


図2 枝豆用ダイズ品種の播種した種子とその枝豆のイソフラボン含有率

用いた品種は、1：ゆきみどり，2：緑光早生枝豆，3：北海早生，4：摩周大莢，5：幸房成，6：ユキムスメ，7：フジムスメ，8：ボンミノリであり，それぞれを収穫した日は，7月14日，7月14日，7月21日，7月21日，7月21日，7月21日，8月15日，8月15日であった。

く，登熟が不完全であった。そのため分析に供試された種子は，完熟したものは得られず，莢肥大期のものだけであった。したがって，ここに示してある最終サンプリング

表4 2004年度の九州大学附属農場の平均気温(°C)

月	上旬	中旬	下旬
7	27.6	29.6	29.6
8	29.0	29.9	27.6
9	24.7	26.6	23.0
10	20.8	18.4	16.7
11	16.7	14.6	12.0

日でも枝豆として利用できる程度に肥大した種子であった。7月14日に播種したダイズ品種の開花日は，8月9日から8月25日であり(図4)，登熟の後半である9月下旬から11月上旬の旬平均気温が23.0°Cから16.7°Cと低温で推移し，登熟は完全であった。また収穫前の11月上旬から11月下旬の旬平均気温は，16.7°Cから12.0°Cと低い温度であった。

イソフラボン含有率は，5月11日に播種したものより7月14日に播種したものの方が高かった。5月11日に播種したダイズ種子のイソフラボン含有率は登熟に伴った増加がみられず減少するものもあった(図3)。これは，5月11日播種のダイズの登熟期が前述したように27°C以上と高温であったためイソフラボンの合成が抑制されたか分解が促進されたためと考えた。しかし7月14日に播種したダイズ種子のイソフラボン含有率は登熟に伴い増加した(図4)。これは，Kudouら⁶⁾の報告と同様であった。さらに，7月14日に播種した早生黒大豆，フクユタカ，アキシロメでイソフラボン含量が高く，同時期に播種した他のダイズ品種のイソフラボン含有率と比較すると約2倍であった。フクユタカ，アキシロメの生育型はIVcであり，これら3品種の収穫日が11月30日と遅く気温の低下が著しかったためであろう。この結果は，登熟時期に低温である方がイソフラボン含有率が高い⁷⁾ことを裏付けた。ま

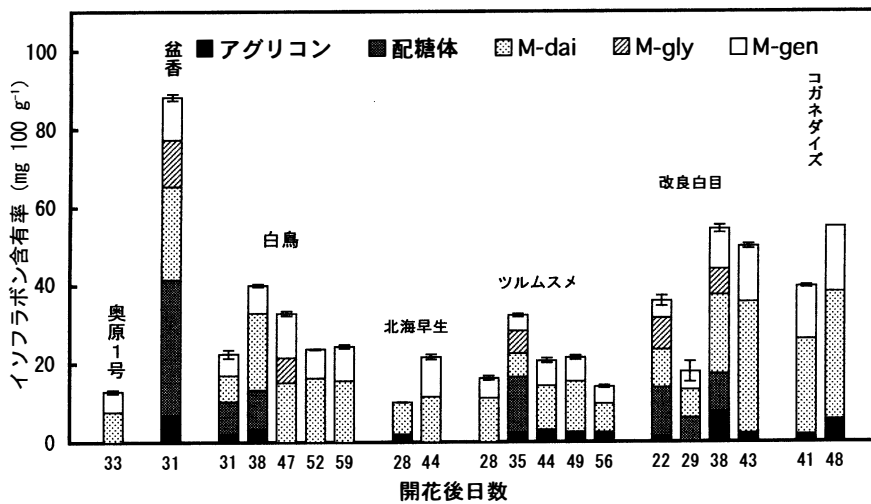


図3 5月11日播種の各ダイズ品種の登熟過程での種子中のイソフラボン含有率の遷移

各品種の開花日は，奥原1号(6月18日)，盆香(6月20日)，白鳥(6月20日)，北海早生(6月22日)，ツルムスメ(6月22日)，コガネダイズ(7月1日)であった。

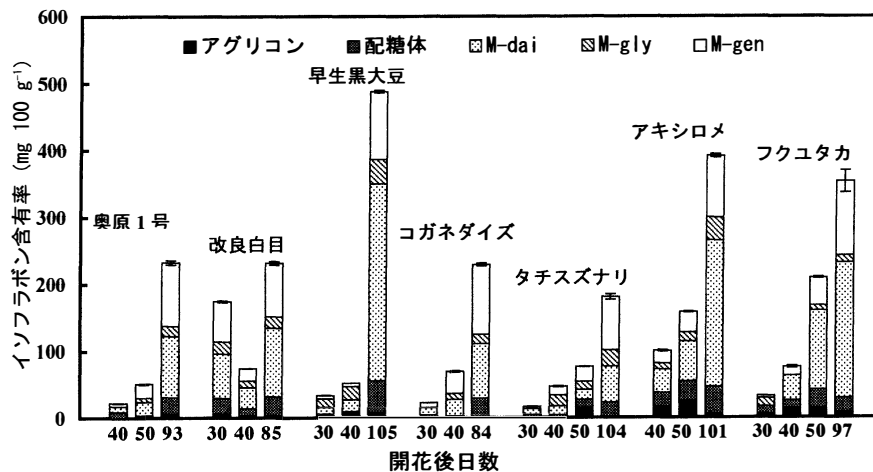


図4 7月14日播種の各ダイズ品種の登熟過程での種子中のイソフラボン含有率の遷移

各品種の開花日と収穫日は、以下の通りであり、開花後経過日数の最終日が収穫日に当たる。それぞれの品種について、奥原1号(8月9日, 11月10日), 改良白目(8月17日, 11月10日), 早生黒大豆(8月17日, 11月30日), コガネダイズ(8月18日, 11月10日), タチスズナリ(8月18日, 11月30日), アキシロメ(8月21日, 11月30日), フクユタカ(8月25日, 11月30日)であった。

た、早生黒大豆、フクユタカ、アキシロメでイソフラボン含有率が高かったことから、この3品種がイソフラボン生産能力が高い品種と考えた。すべての品種の種子で malonyldaidzin, malonylgenistin が主要なイソフラボンであり、アグリコンや配糖体の含有率は低かった。

4) 総合考察

ダイズは、多くの栽培品種があり、福岡地方で栽培できる品種の多くを、九州大学附属農場で保有している。これらのダイズとイソフラボン高含有品種として AVRDC で選抜されたダイズ品種 AGS 292 を用いて、イソフラボン含有率の高いダイズ品種を特定するための研究を行った。ダイズ品種には、枝豆として利用される早生品種から西南暖地で奨励品種としてその栽培が盛んな秋ダイズであるフクユタカなど多くの品種があり、その栽培期間も幅広い。

まず、栽培年度と種子のイソフラボン含有率について調べたところ(表1, 図1), 登熟期の平均気温が低い年度の含有率が高く、その中でも生育型が最も遅いホウギョクでイソフラボンの集積量が高かった。また、AGS 292 のイソフラボンの集積量は、日本のどの品種より高かった(表1, 2, 図4)。枝豆の各品種を栽培し、枝豆の可食部分のイソフラボン含有率を測定したところ、その含有率は低くそのほとんどが $100 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ 以下であった(図2)。その中でもフジスメとボンミノリが他の品種の2倍程度であった。次に早播きと標準播きで栽培可能な品種について、登熟期での経時的なイソフラボン含有率の推移について調査したところ、5月11日に播種し、8月に登熟を終了する場合、その含有率は低くほとんどが $50 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ 程度であった(図3)。7月14日に播種し11月頃に収穫するダイズではその含有率は、登熟が進むとともに増加した(図4)。その中でも、早生黒大豆、アキシロメ、フクユタ

カの順にイソフラボン含有率が高かった。このことは、登熟時期が遅い生育型(IVc)の品種を反映していると考えた。

登熟期の温度が高いほどダイズ種子中のイソフラボン含量が低下する事実は、Tsukamoto ら⁷⁾ が指摘したとおりである。また、種子中のイソフラボンの濃度は登熟が進むにつれて増加し、主要な貯蔵形態はマロニル配糖体であり、アグリコンの含量は著しく低かった。特に malonylgenistein が最も高く、ついで malonyldaidzin であった。これらの結果は、Kudou ら⁹⁾ の実験結果と一致していた。

高温状態でのイソフラボンの集積低下に関しては、合成の抑制か分解の促進か明確でない点がある。ダイズのイソフラボノイドの含有率は貯蔵期間中に低下することが知られており、その低下の程度は貯蔵環境によって変わり、高温であるほど減少率が大きいことが指摘されている¹²⁾。すなわち、種子中のイソフラボノイドは、イソフラボノイド以外の物質へと常に分解されている。近年、イソフラボノイドの生合成系のキー酵素が単離され¹³⁾、配糖体の合成に関わる酵素が部分的に単離される¹⁴⁾ など、イソフラボンの代謝系に関する研究が積極的に行われてきている。また、それらの代謝系の遺伝子操作も行われつつある¹⁵⁾。今後イソフラボンの集積量の高いダイズ品種の育種を考える場合、イソフラボノイドの合成と分解に対する温度の影響を特に明らかにする必要があるかもしれない。

4. 要 約

調査したダイズ品種の中で、最も高いイソフラボンの生産能力をもつ可能性がある日本の品種は、ホウギョクと早生黒大豆で、ついでアキシロメとフクユタカの順であった。夏に収穫したダイズ種子のイソフラボン含有率が、秋

に収穫したダイズ種子のそれに比較し非常に低かったことから、栽培期間として夏作よりも秋作が優れていると結論した。以上のことから、イソフラボンをより多く種子に集積させるためのダイズの栽培は、7月中旬以降の晩播でかつ11月中旬以降の収穫といった栽培体型が最も適していると推察した。

文 献

- 1) 太田静行：第1章 大豆と大豆イソフラボン，家森幸男・太田静行・渡邊 昌編，大豆イソフラボン，p.1~6，幸書房，東京（2001）
- 2) 渡邊 昌：第5章 イソフラボンの生理活性，同上，p.39~47
- 3) 戸田登志也：第9章 大豆イソフラボンの摂取と期待される効果，同上，p.126~129
- 4) 根本容子：第11章 大豆イソフラボンの食品への応用，同上，p.143~155
- 5) Vyn, T. J., Yin, X., Bruulsema, T. W., Jackson, C. C., Rajcan, I. and Brouder, S. M. : Potassium fertilization effects on isoflavone concentrations in soybean [*Glycine max* (L.) Merr.]. *J. Agric. Food Chem.*, **50**, 3501~3506 (2002)
- 6) Kudou, S., Fleury, Y., Welti, D., Magnolato, D., Uchida, T. and Kitamura, K.: Malonyl isoflavone glycosides in soybean seeds (*Glycine max* Merrill). *Agric. Biol. Chem.*, **55**, 2227~2233 (1991)
- 7) Tsukamoto, C., Shimada, S., Igita, K., Kudou, S., Kokubun, M. and Okubo, K. : Factors affecting isoflavone content in soybean seeds: Changes in isoflavones, saponins, and composition of fatty acids at different temperatures during seed development. *J. Agric. Food Chem.*, **43**, 1184~1192 (1995)
- 8) 山川武夫・仲野快恵・山田亜里砂：ダイズイソフラボンのHPLCでの精製と定量方法，土肥誌，**78**，印刷中（2007）
- 9) Shanmugasundaram, S.: AVRDC vegetable soybean evaluation trial (AVSET). AVRDC Report 1998, p. 55~56, Asian Vegetable Research and Development Center, Taiwan (1999)
- 10) Tsou, C. S.: Isoflavone content in soybean. AVRDC Report 2000, p. 74~76, Asian Vegetable Research and Development Center, Taiwan (2001)
- 11) 福井重郎・荒井正雄：日本における大豆品種の生態学的研究，1 開花日数と結実日数による品種の分類とその地理的分布について，育種学，**1**，27~39 (1951)
- 12) Kim, J. J., Kim, S. H., Hahn, S. J. and Chung, I. M. : Changing soybean isoflavone composition and concentrations under two different storage conditions over three years. *Food Res. Int.*, **38**, 435~444 (2005)
- 13) Jung, W., Yu, O., Lau, S.-M. C., O'Keefe, D. P., Odell, J., Fader, G. and McGonigle, B. : Identification and expression of isoflavone synthase, the key enzyme for biosynthesis of isoflavones in legumes. *Nat. Biotechnol.*, **18**, 208~212 (2000)
- 14) Hsieh, M.-C. and Graham, T. L.: Partial purification and characterization of a soybean β -glucosidase with high specific activity towards isoflavone conjugates. *Phytochemistry*, **58**, 995~1005 (2001)
- 15) Dixon, R. A. and Steele, C. L.: Flavonoids and isoflavonoids—a gold mine for metabolic engineering. *Trends Plant Sci.*, **4**, 394~400 (1999)

Difference by Soybean Cultivar and Harvest Year of Isoflavone Content in Soybean Seeds

Takeo Yamakawa, Yoshie Nakano*, Arisa Yamada**, Sayuri Kajihara*** and Toshihiro Mochizuki
(Dept. Plant Resour., Fac. Agric., Kyushu Univ., *Grad. Sch. Bioresour. Bioenviron. Sci., Kyushu Univ.,
Sch. Agric., Kyushu Univ., *Univ. Farm, Sch. Agric., Kyushu Univ.)

Among the investigated soybean cultivars, Japanese cultivars that have possibility for the highest productivity of isoflavone were Hougyoku and Wasegurodaizu, followed by Akisirome and Fukuyutaka. Because the isoflavone content of soybean seeds harvested in summer was lower than of those harvested in autumn, it was decided that the autumn cropping was superior to the summer cropping for the period of cultivation. From the above, the cultivation form constructed from a late sowing after mid-July and a harvesting after mid-November was understood to be most suitable for the cultivation of soybeans with high isoflavone content in the seeds.

Key words glucoside, isoflavone, malonylglucoside, soybean seed

(Jpn. J. Soil Sci. Plant Nutr., **78**, 33-38, 2007)