

研究論文

暖地向けダイズ品種における子実中の無機成分含有量について

赤木 功^{1,2)}・西原基樹¹⁾・上田重英¹⁾・横山明敏¹⁾・佐伯雄一³⁾

¹⁾宮崎県総合農業試験場, ²⁾宮崎県産業支援財団, ³⁾宮崎大学農学部応用生物科学科生物機能科学講座

(2008年11月28日 受理)

Mineral Contents in Seeds of Soybean Cultivars Bred for Warm Region in Japan.

Isao AKAGI^{1,2)}, Motoki NISHIHARA¹⁾, Shigehide UEDA¹⁾, Akitoshi YOKOYAMA¹⁾, Yuichi SAEKI³⁾

¹⁾Miyazaki Agricultural Research Institute, ²⁾Miyazaki Prefectural Industrial Support Foundation,

³⁾Department of Biochemistry and Applied Biosciences

Summary : From 2003 to 2005, mineral contents in seeds of thirteen soybean (*Glycine max*) cultivars bred for warm region in Japan were analyzed. The potassium, phosphorus, magnesium and calcium contents (g kg^{-1}) ranged from 11.0 to 19.5, from 5.30 to 8.63, from 2.39 to 3.53, and from 1.24 to 3.25, respectively. The iron, zinc, manganese and copper contents (mg kg^{-1}) ranged from 65 to 125, from 32.3 to 56.8, from 29.0 to 42.9, and from 3.7 to 21.4, respectively. Analysis of variance for mineral contents showed that the potassium, magnesium and calcium contents was significantly influenced by the cultivars or the cultivation years at the 5 or 1% level, that the phosphorus, zinc, manganese and copper contents was significantly influenced by the cultivars at the 1% level. In the analysis of variance, total variance was divided into genotypic variance (σ_g^2), yearly variance (σ_y^2) and error variance (σ_e^2). Genotypic variance was large for magnesium content, and yearly variance was large for potassium, calcium, zinc, manganese and copper contents.

Key words : *Glycine max*, Mineral contents, Soybean cultivars, Yearly changes

I. 緒言

生活習慣病の顕在化が社会問題となり、食生活の見直しが図られている中で、栄養学的見地から無機質の重要性が再認識されてきた。例えば、「21世紀における国民健康づくり運動（健康日本21）」（厚生労働省 2000）では、栄養・食生活分野の改善目標の一つとして、カルシウムに富む食品の摂取量の増加をあげている。これは日本人のカルシウム摂取の充足率が、依然として低い水準

にとどまっていることを受けたものである。また、平成15年に改定された「学校給食の栄養所要量の基準」（文部科学省 2003）においては、カルシウムおよび鉄の摂取基準量を示すとともに、マグネシウムおよび亜鉛の摂取に配慮するよう目標値を設定している。さらに最近では、厚生労働大臣が定める「栄養機能食品の対象成分」（厚生労働省 2004）として、従来のカルシウム、鉄に加えて、亜鉛、マンガンおよび銅の無機3成分が新たに追

加された。

しかしながら、これら無機成分を「農産物の品質」として捉えた、食料を供給する作物生産サイドからの試験研究は必ずしも進んでいるとはいえない。ダイズはカルシウムに富む食糧資源の一つであり、日本人のカルシウム供給源として重要な位置を占めている。したがって、ダイズの無機成分を含めた子実成分含有量については比較的調査研究が進んでいる作物であり、それらの成果は総説（平 1983 ; 1992）にまとめられている。ところが、これらの試験研究事例が報告されて以降、数多くの優良ダイズ品種が育成されており、各地域のダイズ奨励品種も大きく様変わりしている。例えば、豆腐加工適性に優れた広域適応性のある多収品種として、九州地方では「フクユタカ」が、近畿・中国地方では「サチユタカ」が広く普及している。また、ダイズ特有の青臭みの要因となるリポキシゲナーゼを欠失する「いちひめ」、「エルスター」などの新規形質を有するダイズ品種が育成されている。

本研究では、まだ調査事例の少ないこれら暖地向けダイズ品種の無機成分含有量を明らかにするとともに、それら成分の変動要因について若干の検討を試みた。

II. 材料および方法

1. 栽培概要

供試品種として、九州地方で育成された暖地向けダイズ13品種（「アキシロメ」、「アキセンゴク」、「いちひめ」、「エルスター」、「オリヒメ」、「キヨミドリ」、「コガネダイズ」、「サチユタカ」、「すずおとめ」、「トヨシロメ」、「ニシムスメ」、「ヒュウガ」および「フクユタカ」）を用いた。「フクユタカ」および「キヨミドリ」を除く品種は、九州沖縄農業研究センター、熊本県農業研究センターおよび九州大学農学部より分譲されたものである。

ダイズの栽培は、2003年から2005年の3ヶ年にわたり実施した。2003年は宮崎大学試験圃場（表層多腐植質黒ボク土）、2004年は宮崎県総合農業試験場露地圃場（宮崎細粒灰色低地造成（黒ボク土客土）相）、2005年は台風による被害を回避するために、同試験場の単棟硬質プラスチックハウス内（間口5.5 m、奥行き22 m：細粒灰色低地土）で栽培した。ただし、2003年の「コガネダイズ」

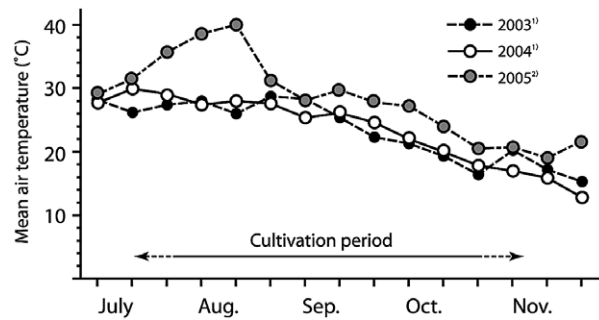


Fig. 1 Change of mean air temperature during the cultivation period every ten-days.

- ¹⁾ Mean air temperature at outdoor (Collected data from the publish report of Miyazaki local meteorological observatory).
- ²⁾ Mean air temperature inside of greenhouse (Measured data from the observation devices set in greenhouse at Miyazaki Agricultural Research Institute).

および「ヒュウガ」は、それぞれ九州大学農学部および熊本県農業研究センターで栽培されたものを用いた。いずれの栽培年次も、畦幅60 cm、株間15 cmの1株2本立ての栽植密度で7月中・下旬に播種を行い、宮崎県の栽培基準に従って栽培した。成熟期に達した品種は速やかに収穫し、ガラス室内で風乾させた後、脱穀・調製を行った。

栽培期間中における日平均気温の平均値の旬別推移をFig. 1に示した。2003年および2004年の平均値は宮崎地方気象台（宮崎市）における観測値（気象庁 2003 ; 2004）、2005年の平均値はプラスチックハウス内に設置した観測装置より得られた観測値を用いた。

2. 無機成分含有量の測定

高速遠心粉砕器で粉砕したダイズ子実の粉末を硝酸-過塩素酸法で湿式灰化した後、リンをアスコルビン酸還元法、カリウムを炎光光度法、マグネシウム、カルシウム、鉄、亜鉛、マンガンおよび銅を原子吸光光度法によってそれぞれ定量した（藤原他 2001）。なお、本報において無機成分含有量は乾物相当量として記載した。

3. 分散分析

各無機成分含有量について、以下に示すモデルを仮定して、品種と年次を要因とする二元配置分散分析を行った（廣崎他 1978）。

$$X_{ij} = \mu + V_i + Y_j + VY_{ij} + e_{ij} = \mu + V_i + Y_j + e'_{ij}$$

X_{ij} : i番目の品種のj番目の試験年次における測定値

Table 1 Summary of expected mean square by the analysis of variance.

	Degree of freedom	Expected value of mean square
Cultivar	12 (12)	$\sigma_e^2 + 3\sigma_v^2 (\sigma_e^2 + 2\sigma_v^2)$
Year	2 (1)	$\sigma_e^2 + 13\sigma_y^2$
Error	24 (12)	σ_e^2

σ_v^2 , σ_y^2 and σ_e^2 show the genotypic, yearly and error variance, respectively.

Numerals or numerical formula in parentheses show the case of iron, zinc, manganese and copper content.

μ : 13品種, 3年間の総平均値

V_i : i 番目の品種の偏差

Y_j : j 番目の栽培年次の偏差

e'_{ij} : 誤差

なお, ここで示す誤差 (e'_{ij}) は品種と栽培年次の間の交互作用と誤差を込みにした値である. 試験コストの制約のため反復がなく, 両者を分離できないため, 便宜的に誤差として扱った.

また一方, 品種および試験年次の平均平方の期待値 (Table 1) から, それぞれの分散成分 (品種間分散; σ_v^2 , 年次間分散; σ_y^2 , 誤差分散; σ_e^2) を推定した (廣崎他 1978; 鶴飼 2002).

III. 結果および考察

供試13品種の子実中の無機成分含有量をTable 2に示す. カリウム含有量は, 15.6~19.5 g kg⁻¹ (2003年), 13.1~17.0 g kg⁻¹ (2004年), 11.0~14.2 g kg⁻¹ (2005年) の範囲に分布し, 3年間を通じた平均値は15.4 g kg⁻¹であった. リン含有量は, 5.66~6.94 g kg⁻¹ (2003年), 5.48~8.63 g kg⁻¹ (2004年), 5.30~6.88 g kg⁻¹ (2005年) の範囲に分布し, 3年間を通じた平均値は6.39 g kg⁻¹であった. マグネシウム含有量は, 2.59~3.53 g kg⁻¹ (2003年), 2.53~3.25 g kg⁻¹ (2004年), 2.39~2.93 g kg⁻¹ (2005年) の範囲に分布し, 3年間を通じた平均値は2.75 g kg⁻¹であった. カルシウム含有量は, 1.24~2.69 g kg⁻¹ (2003年), 2.53~3.25 g kg⁻¹ (2004年), 2.39~2.93 g kg⁻¹ (2005年) の範囲に分布し, 3年間を通じた平均値は3.16 g kg⁻¹であった. 鉄含有量は, 71~117 mg kg⁻¹ (2004年), 65~125 mg kg⁻¹ (2005年) の範囲に分布し, 2年間を通じた平均値は92 mg kg⁻¹であった. 亜鉛含有量は, 39.1~56.8 mg kg⁻¹ (2004年), 32.2~46.6 mg kg⁻¹ (2005年) の範囲

に分布し, 2年間を通じた平均値は43.7 mg kg⁻¹であった. マンガン含有量は, 29.0~36.9 mg kg⁻¹ (2004年), 32.5~42.9 mg kg⁻¹ (2005年) の範囲に分布し, 2年間を通じた平均値は35.7 mg kg⁻¹であった. 銅含有量は, 12.2~21.4 mg kg⁻¹ (2004年), 3.7~13.0 mg kg⁻¹ (2005年) の範囲に分布し, 2年間を通じた平均値は13.5 mg kg⁻¹であった.

カリウム, リン, マグネシウムおよびカルシウム含有量については, いくつかの研究報告がなされている. 国内の3栽培地 (石岡, 塩尻, 熊本) で栽培された30品種および北海道立十勝農業試験場で栽培されたダイズ13品種について調査した事例によれば, カリウム含有量は12.8~20.5 g kg⁻¹ および17.0~22.8 g kg⁻¹, リン含有量は4.66~8.46 g kg⁻¹ および5.31~8.41 g kg⁻¹, マグネシウム含有量は2.12~3.28 g kg⁻¹ および1.91~2.62 g kg⁻¹, カルシウム含有量は1.26~5.24 g kg⁻¹ および0.96~1.65 g kg⁻¹ の範囲の値を示したことが報告されている (Taira & Taira 1971; 平他 1977). また, 五訂増補日本食品標準成分表 (文部科学省 2005) では, 国産ダイズにおけるカリウム, リン, マグネシウムおよびカルシウム含有量について, それぞれ21.7, 6.63, 2.51および2.74 g kg⁻¹ (水分量を差し引いた乾物当たりの値に換算) という値が示されている. 本研究で得られた無機成分含有量と比較すると, リン, マグネシウムおよびカルシウム含有量はこれらの報告で示された値と大きな差異は認められなかったが, カリウム含有量はやや低い傾向にあった. 一方, ダイズ子実中の鉄, 亜鉛, マンガンおよび銅含有量についての調査事例はまだ数少ない. 五訂増補日本食品標準成分表 (文部科学省 2005) では, それぞれ107, 36.6, 21.7および11.2 mg kg⁻¹ (水分量を差し引いた乾物当たりの値に換算) という値が示されている. 本研究で得られた鉄, 亜鉛および銅含有量はこの成分表の値と概ね一致していたが, マンガン含有量は成分表の値よりも1.3~2.0倍ほど高い値を示した.

ダイズの子実成分は品種, 栽培条件等によって変動することが知られている. 本研究で得られた供試13品種の無機成分含有量の変動要因について検討するために, 品種 (遺伝的要因) および栽培年次 (環境的要因) を要因とする二元配置分散分

Table 2 The content of mineral components in seeds of soybean cultivars bred for warm region in Japan.

Cultivar	cultivation year	Mineral content							
		K (g kg ⁻¹)	P (g kg ⁻¹)	Mg (g kg ⁻¹)	Ca (g kg ⁻¹)	Fe (mg kg ⁻¹)	Zn (mg kg ⁻¹)	Mn (mg kg ⁻¹)	Cu (mg kg ⁻¹)
Akishirome	2003	18.9	6.13	2.68	1.89	—	—	—	—
	2004	15.6	7.49	2.62	2.48	95	53.2	29.7	18.7
	2005	14.2	6.16	2.69	5.11	105	46.6	39.8	9.2
	total	16.2	6.59	2.67	3.16	100	49.9	34.7	14.0
Akisengoku	2003	15.6	6.52	3.53	1.94	—	—	—	—
	2004	14.3	7.46	2.83	3.78	91	55.2	35.0	16.5
	2005	11.0	6.32	2.81	4.66	74	39.2	39.3	10.9
	total	13.6	6.76	3.06	3.46	83	47.2	37.1	13.7
Ichihime	2003	18.2	6.32	2.81	1.62	—	—	—	—
	2004	15.9	6.45	2.88	2.96	107	53.0	36.4	21.4
	2005	14.0	6.31	2.77	5.12	96	39.2	34.2	9.3
	total	16.0	6.36	2.82	3.23	101	46.1	35.3	15.3
L-star	2003	17.5	6.21	2.63	1.55	—	—	—	—
	2004	13.7	6.79	2.70	3.23	74	43.3	34.3	12.2
	2005	12.2	5.62	2.63	5.88	85	34.9	42.5	11.1
	total	14.5	6.21	2.66	3.55	80	39.1	38.4	11.6
Orihime	2003	18.5	6.94	2.98	1.55	—	—	—	—
	2004	13.1	8.63	3.25	0.74	86	56.8	30.6	14.0
	2005	13.3	5.95	2.93	4.70	115	41.0	35.4	11.1
	total	15.0	7.17	3.05	2.33	100	48.9	33.0	12.5
Kiyomidori	2003	18.0	5.66	2.79	1.83	—	—	—	—
	2004	14.5	6.26	2.89	2.42	99	50.5	29.0	14.1
	2005	13.5	5.30	2.54	4.30	125	38.9	32.5	11.0
	total	15.3	5.74	2.74	2.85	112	44.7	30.8	12.6
Kogamedaizu	2003	18.8	6.08	2.70	2.25	—	—	—	—
	2004	14.0	5.64	2.79	3.10	65	50.8	31.2	15.6
	2005	13.6	6.88	2.56	4.73	111	33.3	34.2	11.1
	total	15.4	6.20	2.68	3.36	88	42.1	32.7	13.3
Sachiyutaka	2003	18.1	6.34	2.59	1.24	—	—	—	—
	2004	15.2	7.00	2.68	1.57	72	47.6	33.2	15.8
	2005	14.2	6.63	2.48	3.53	95	32.2	35.0	3.7
	total	15.8	6.66	2.58	2.11	83	39.9	34.1	9.7
Suzuotome	2003	18.3	6.28	2.74	2.69	—	—	—	—
	2004	14.0	7.04	3.17	3.99	86	50.1	33.9	20.1
	2005	14.0	6.41	2.73	5.49	115	35.8	36.4	11.1
	total	15.4	6.58	2.88	4.06	100	42.9	35.1	15.6
Toyoshirome	2003	17.1	5.99	2.64	1.58	—	—	—	—
	2004	17.0	7.18	2.53	3.79	81	49.7	36.9	17.2
	2005	13.1	5.87	2.50	4.72	85	39.1	42.0	11.1
	total	15.7	6.35	2.56	3.36	83	44.4	39.5	14.1
Nishimusume	2003	19.5	6.08	2.70	1.55	—	—	—	—
	2004	15.5	7.55	2.81	3.23	99	53.0	35.9	18.3
	2005	14.2	5.87	2.70	4.72	100	37.7	40.6	13.0
	total	16.4	6.50	2.74	3.17	100	45.4	38.3	15.6
Hyuga	2003	18.0	6.22	2.94	2.15	—	—	—	—
	2004	15.1	5.48	2.59	2.17	117	45.1	30.8	15.3
	2005	12.7	5.57	2.39	5.05	74	39.5	42.9	12.8
	total	15.3	5.76	2.64	3.12	96	42.3	36.9	14.0
Fukuyutaka	2003	16.3	6.19	2.74	1.70	—	—	—	—
	2004	14.5	6.77	2.59	3.16	71	39.1	35.1	14.9
	2005	13.7	5.63	2.64	5.09	65	32.6	41.9	11.1
	total	14.8	6.20	2.66	3.32	68	35.8	38.5	13.0
Total		15.4	6.39	2.75	3.16	92	43.7	35.7	13.5

Table 3 Analysis of variance for themineral contents in soybean seeds.

	Mean Square							
	K	P	Mg	Ca	Fe	Zn	Mn	Cu
Cultivar	1.72*	0.46 ^{ns}	0.08**	0.76*	293.11 ^{ns}	31.69 ^{ns}	13.97 ^{ns}	5.50 ^{ns}
Year	70.19**	2.68**	0.11*	31.25**	400.15 ^{ns}	952.88**	161.00**	231.61**
Error	0.70	0.27	0.03	0.28	280.65	8.62	6.88	6.57

* and ** show significance at $P < 0.05$ and $P < 0.01$, respectively, and ns is not significant.

Table 4 Estimates of components of variance due to cultivar and cultivation year for contents of soybean seed.

	Variance component							
	K	P	Mg	Ca	Fe	Zn	Mn	Cu
Cultivar	0.34(5.3)	0.06(12.2)	0.02(35.5)	0.16(5.7)	6.23(2.1)	11.54(12.4)	3.55(15.9)	-0.54(0.0)
Year	5.35(83.7)	0.19(35.7)	0.01(12.4)	2.38(84.4)	9.19(3.1)	72.64(78.3)	11.86(53.2)	17.31(72.5)
Error	0.70(11.0)	0.27(52.1)	0.03(52.2)	0.28(9.9)	280.65(94.8)	8.62(9.3)	6.88(30.9)	6.57(27.5)

Numerals in parentheses show the percentage to total variance.

析を行った。その結果、カリウム、マグネシウムおよびカルシウム含有量は品種間および栽培年次間に、リン、亜鉛、マンガンおよび銅含有量は栽培年次間のみそれぞれ有意差が認められた (Table 3)。ただし、本研究では栽培年次によって試験圃場が異なっていることから、栽培年次間の変動の中には場所 (栽培地) 間の違いといった環境的要因の変動も含まれる。

一方、分散分析の結果から推定された分散成分を Table 4 に示した。これによれば、マグネシウム含有量は品種間の分散成分の方が栽培年次間の分散成分よりも大きく、品種間の分散成分は全分散の 36% と示された。一方、マグネシウム以外の無機成分含有量は栽培年次間の分散成分の方が品種間の分散成分よりも大きかった。特に、カリウム、カルシウム、亜鉛、マンガンおよび銅含有量の栽培年次間分散は誤差分散よりも大きく、全分散の 50% 以上の値を示した。このことは、供試した暖地向けダイズ 13 品種において、マグネシウム含有量の変動は遺伝的要因による影響が、カリウム、カルシウム、亜鉛、マンガンおよび銅含有量の変動は環境的要因による影響が大きいことを示唆する。平 (1978) は北海道立十勝農業試験場で栽培されたダイズについて子実成分の変動要因について解析を行い、カルシウム含有量は脂質、オレイン酸、リノレン酸とともに品種よりも栽培年次からの影響の方が大きいことを報告している

が、本研究で得られた結果はこれと一致するものである。

分散分析で品種間に有意差が認められたカリウム、マグネシウムおよびカルシウム含有量について品種毎の平均値を比較すると、カリウムではニシムスメ (16.4 g kg^{-1} ; 3 ヶ年の平均値, 以下同じ)、アキシロメ (16.2 g kg^{-1}) が高含有量を、アキセンゴク (13.6 g kg^{-1})、エルスター (14.5 g kg^{-1}) が低含有量を示し、マグネシウムではアキセンゴク (3.06 g kg^{-1})、オリヒメ (3.05 g kg^{-1}) が高含有量を、トヨシロメ (2.56 g kg^{-1})、サチユタカ (2.58 g kg^{-1}) が低含有量を示し、また、カルシウムではすずおとめ (4.06 g kg^{-1})、コガネダイズ (3.36 g kg^{-1})、トヨシロメ (3.36 g kg^{-1}) が高含有量を、サチユタカ (2.11 g kg^{-1})、オリヒメ (2.33 g kg^{-1}) が低含有量を示すことがそれぞれ認められた。ただし、これら品種間には多重比較検定 (Tukey-Kramer's HSD 法) による有意差は認められず、また、含有量が高い品種と低い品種との量比関係 (低含有品種に対する高含有品種の含有量比率) は、カリウムが 1.20 倍、マグネシウムが 1.19 倍、カルシウムが 1.91 倍であり、品種間における含有量の変動幅はカルシウムを除けば大きくなかった。

成分含有量の品種間序列 (相対的順位) の栽培年次間における順位相関を Table 5 に示す。栽培年次間で有意な順位相関が認められたのは、2003

Table 5 Correlation coefficients among the cultivation year.

		2003	2004
2004	K	0.060 ^{ns}	—
	Mg	0.461 ^{ns}	—
	Ca	0.23 ^{ns}	—
2005	K	0.703 [*]	0.439 ^{ns}
	Mg	0.505 ^{ns}	0.686 [*]
	Ca	0.230 ^{ns}	0.351 ^{ns}

*show significance at $P < 0.05$, and ns not significant according to Spearman's rank correlation test.

年と2005年間のカリウム、2004年と2005年間のマグネシウムだけであった。このことは、成分含有量の品種間の相対的關係は栽培年次によって変動することを示している。

分散分析において栽培年次間に有意差が認められたカリウム、リン、マグネシウムおよびカルシウム含有量の各栽培年次における平均値をTable 6に示した。カリウムおよびカルシウム含有量の平均値の間には、いずれの年次間においても多重比較検定で有意な差が認められ、カリウムは2005年 (13.4 g kg^{-1}) < 2004年 (14.8 g kg^{-1}) < 2003年 (17.9 g kg^{-1}) の順に、カルシウムは2003年 (1.81 g kg^{-1}) < 2004年 (2.82 g kg^{-1}) < 2005年 (4.85 g kg^{-1}) の順にそれぞれ含有量が高い値を示した。

カルシウム含有量は栽培期間の気温の影響を著しく受けることが知られており (Cartter & Hopper, 1942), 冷涼な年よりも温暖な年に栽培されたダイズの方が高い値を示す傾向にあるといわれている (平他 1977)。本研究における栽培期間中 (7月中旬から10月下旬) の日平均気温の平均値を比較すると (Fig. 1), 各栽培年次における平均気温は2003年 ($24.5 \text{ }^{\circ}\text{C}$) < 2004年 ($25.3 \text{ }^{\circ}\text{C}$) < 2005年 ($30.4 \text{ }^{\circ}\text{C}$) の順に高かった。この平均気温とカルシウム含有量の関係を比較すると、栽培期間の気温が高い年ほどカルシウム含有量が高い傾向にあることが示され、前述の平ら (1977) の見解と一致するものであった。試験年次間変動には様々な環境的要因が関係しているため、その要因を特定することは困難であるが、カルシウム含有量については生育期間の気温が一つの要因となっている可能性が考えられる。

以上のことから、供試した暖地向けダイズ13品種では、カリウム、マグネシウムおよびカルシウム

Table 6 Mean content of potassium, phosphorus, magnesium and calcium every cultivation years.

Cultivation year	Mean mineral content			
	K (g kg^{-1})	P (g kg^{-1})	Mg (g kg^{-1})	Ca (g kg^{-1})
2003	17.9c	6.23a	2.81a	1.81a
2004	14.8b	6.90b	2.79a	2.82b
2005	13.4a	6.04a	2.64a	4.85c

Values within a column followed by the different letters are significantly different at $P < 0.05$ with the Tukey-Kramer's multiple range test.

含有量において遺伝的要因の影響が認められたものの、これら3成分を含めたいずれの無機成分含有量も環境的要因の影響を強く受けているものと推察される。したがって、例えば、カルシウムをはじめとする無機成分含有量の高いダイズ子実を生産するためには、それら成分含有量の高い品種の選定とともに、成分含有量を安定的に高めるための栽培条件の解明が必要であるものと考えられる。

農産物の安全性に対する消費者の関心が高まる中で、豆腐の原材料としての国産ダイズの需要は大きく、豆腐の加工適性の高いダイズ育種・栽培技術の開発が進められている。これまではダイズの豆腐の加工適性として高タンパク質含有量が求められてきた。ところが、最近、豆腐の破断応力 (硬さ) はタンパク質含有量に加え、豆乳タンパク質の凝固を促すカルシウム含有量および金属イオンによる豆乳タンパク質の凝固作用を緩衝するフィチン (ダイズ子実に含まれるリンの貯蔵形態) 含有量が相互に影響しあっていることが明らかにされ (Toda *et al.* 2003; 2006), これら無機成分の含有量についても関心が向けられている。

また一方、ダイズの優れた栄養・健康機能性が評価されつつある中で、カルシウムをはじめとする子実中の無機成分についても見直されつつある。例えば、「21世紀における国民健康づくり運動 (健康日本21)」 (厚生労働省 2000) では、日本人の慢性的なカルシウム摂取量不足を改善するために、カルシウムに富むダイズをはじめとする豆類の摂取目標値 (成人1日あたり100g) を設定している。

このように、ダイズの無機成分含有量に対する消費者・実需者の関心は今後も高まることが予想され、ダイズの無機成分含有量に関する知見は国

産ダイズの利用促進を図る上で非常に有用な情報になるものと考えられる。特に、亜鉛、マンガン、銅などの微量無機成分は、「第6次改定日本人の栄養所要量—食事摂取基準」(厚生労働省 1999)の策定栄養素として、また「栄養機能食品の対象成分」(厚生労働省 2004)として新たに追加された栄養成分であるが、これらの成分についての作物生産サイドからの調査事例はまだ少なく、さらなる調査研究の推進が求められるものと考えられる。本研究では、調査事例の少ない暖地向けダイズ品種の無機成分含有量を明らかにし、それら成分の変動要因について検討を行った。ここで得られた知見は、暖地で生産されるダイズの無機成分に着目した育種・栽培技術あるいは加工利用技術の開発を進める上で有効な基礎的資料となるものと考えられる。

IV. 要 約

暖地向けダイズ13品種について、2003~2005年の子実中の無機成分含有量について分析した。カリウム、リン、マグネシウムおよびカルシウム含有量は、それぞれ $11.0\sim 19.5\text{ g kg}^{-1}$ 、 $5.30\sim 8.63\text{ g kg}^{-1}$ 、 $2.39\sim 3.53\text{ g kg}^{-1}$ 、 $1.24\sim 3.25\text{ g kg}^{-1}$ および $11.0\sim 19.5\text{ g kg}^{-1}$ の範囲の値を示した。一方、鉄、亜鉛、マンガンおよび銅含有量は、それぞれ $65\sim 125\text{ mg kg}^{-1}$ 、 $32.3\sim 56.8\text{ mg kg}^{-1}$ 、 $29.0\sim 42.9\text{ mg kg}^{-1}$ および $3.7\sim 21.4\text{ mg kg}^{-1}$ の範囲の値を示した。これら無機成分含有量について、品種、年次を要因とする二元配置分散分析を行った結果、カリウム、マグネシウムおよびカルシウム含有量は品種間および年次間において5%ないし1%水準で有意差が、リン、亜鉛、マンガンおよび銅含有量は年次間において1%水準で有意差が認められた。分散分析の結果から全分散を品種間分散(σ_v^2)、年次間分散(σ_y^2)、誤差分散(σ_e^2)を推定した結果、マグネシウム含有量は品種間分散が大きく、カリウム、カルシウム、マンガンおよび銅含有量は年次間分散が大きいことが示された。

キーワード: ダイズ品種, 無機成分含有量, 年次間差, *Glycine max*

謝 辞

ここで得られた成果の一部は、JST・宮崎県地域結集型共同研究事業で得られたものである。本研究を進めるにあたり、九州沖縄農業研究センターの小松邦彦研究員からダイズ種子を分譲していただくとともに、貴重なご助言をいただいた。また、宮崎県総合農業試験場の西畑充博氏をはじめとする職員、研究補助員のみなさまには多大な協力をいただいた。以上の各位に心から謝意を表す。

引用文献

- Cartter, J.L. & T.H., Hopper (1942) Influence of variety, environment, and fertility level on the chemical composition of soybean seed. *U.S. Dept. Agr. Tech. Bull.* **787**, 1-66.
- 藤原伸介・大脇良成・田中福代 (2001) 作物体分析法. 土壌, 水質及び植物体分析法. 日本土壌協会. 東京. pp. 247-282.
- 廣崎昭太・吉田 實・塩見正衛 (1978) 実験計画法. 応用統計ハンドブック. 養賢堂. 東京. pp. 194-317.
- Toda, K., T., Ono, K., Kitamura, M., Hajika, K., Takahashi, Y., Nakamura (2003) Seed protein content and consistency of Tofu prepared with different magnesium chloride concentrations in six Japanese soybean varieties. *Breeding Sci.* **53**, 217-223.
- Toda, K., K., Takahashi, T., Ono, K., Kitamura, Y., Nakamura (2006) Variation in the phytic acid content of soybean and its effect on consistency of tofu made from soybean varieties with high protein content. *J. Sci. Food Agric.* **86**, 212-219.
- Taira, H. & H., Taira (1972) Influence of location on the chemical composition of soybean seeds. II. Potassium, phosphorus, magnesium, and calcium contents. *Proc. Crop Sci. Soc. Japan* **41**, 213-225.
- 平 春枝・平 宏和・斉藤正隆 (1977) 大豆の粒度・品種および栽培年度が化学成分組成に及ぼす影響. 日作紀 **46**, 483-491.
- 平 春枝 (1978) 大豆の栽培条件と化学成分組成—品質との関連要因—. 農業及び園芸 **53**, 303-308.
- 平 春枝 (1983) 大豆の育種・品種・栽培と品質. 化学と生物 **21**, 455-464.

- 平 春枝 (1992) 国産大豆の品質特性とその変動要因の解明. 日食工誌 **39**, 122-133.
- 鵜飼保雄 (2002) 量的形質の遺伝解析. 医学出版. 東京. pp. 229-238.
- 気象庁 (2003) 気象観測統計.
<http://www.jma.go.jp/jma/menu/report.html>. (2008年8月閲覧)
- 気象庁 (2004) 気象観測統計.
<http://www.jma.go.jp/jma/menu/report.html>. (2008年8月閲覧)
- 厚生労働省 (1999) 第6次改定日本人の栄養所要量について.
http://www1.mhlw.go.jp/shingi/s9906/s0628-1_11.html. (2008年8月閲覧)
- 厚生労働省 (2000) 21世紀における国民健康づくり運動 (健康日本21) について (報告書).
http://www1.mhlw.go.jp/topics/kenko21_11/pdff.html. (2008年8月閲覧)
- 厚生労働省 (2004) 「栄養機能食品」への3成分 (亜鉛, 銅およびマグネシウム) 追加等について.
<http://www.mhlw.go.jp/topics/bukyoku/iyaku/syoku-anzen/hokenkinou/dl/1d-6.pdf>. (2008年8月閲覧)
- 文部科学省 (2003) 学校給食における食事内容について.
http://www.mext.go.jp/b_menu/houdou/15/05/03053003.htm. (2008年8月閲覧)
- 文部科学省 (2005) 五訂増補日本食品標準成分表.
http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/gijyutu/gijyutu3/toushin/05031802.htm. (2008年8月閲覧)