



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	ダイズ在来種における農業形質の地域的分化
Author(s)	平田, 聡之; Hirata, Toshiyuki; 金子, めぐみ 他
Citation	北海道大学農学部農場研究報告, 29, 41-54
Issue Date	1995-03-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/13426
Type	departmental bulletin paper
File Information	29_p41-54.pdf



ダイズ在来種における農業形質の地域的分化

平田 聡之・金子めぐみ・三沢 為一・阿部 純・島本 義也

(北海道大学農学部植物遺伝資源学講座)

(1995年1月23日受理)

緒 論

栽培ダイズ (*Glycine max* (L.) Merr.) は、東アジアおよび東南アジアを中心に世界各国において栽培され、植物蛋白や脂肪の食品や飼料として重要な作物である。しかし、その栽培地域の広域性にも関わらず、個々の品種の感光性、感温性および病虫害に対する耐性が複雑なため、1つの品種が適応する範囲は概して狭い^{1,2)}。また、ダイズの食文化の多様化とともに、利用形態に応じた著しい種子形態の分化が認められる。このような適応性や食文化の多様性により、東アジアの各地域に固有な在来種が存在している。

ダイズの在来種の多様性については、これまで早晩性³⁾、伸育型⁴⁾、子実成分⁵⁾、アイソザイム^{6,7)}、トリプシンインヒビター^{8,9,10)} および核や葉緑体のDNA多型^{11,12)}等の様々な観点から論じられている。在来種の有する種々の形質の変異の解析は、それらを育種素材として効率よく利用する上で、またダイズの起源や品種分化に関する進化機構を理解する上で重要である。

本報の目的は、日本、中国、韓国および台湾のダイズ在来種の種子形態や農業形質をもとに、ダイズ在来種の地域的分化を明らかにし、その分化の機構を検討することである。

材料および方法

1) 供試材料

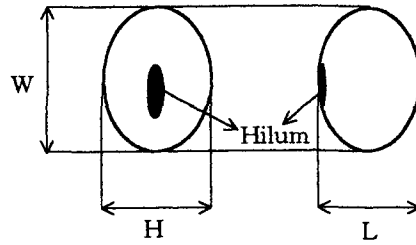
供試系統は、日本、中国、韓国および台湾より導入された在来種とそれらの純系分離品種の計1197系統である。各系統は、農林水産省生物資源研究所より日本の673系統、中国の46系統、韓国の158系統および台湾の16系統を、農林水産省熱

帯農業研究センターより沖縄の3系統を、台湾国立中興大学の曾富生博士より中国の161系統および台湾の5系統を、北海道立十勝農業試験場より北海道の84系統および中国東北(黒竜江省、吉林省、遼寧省)の31系統を、山形大学農学部の笹原健夫博士より本州北部の枝豆用在来種の10系統を、雪印種苗株式会社より北海道および本州北部の枝豆用在来種の10系統をそれぞれ分譲していただいた。日本の計780系統については、農林水産省生物資源研究所発行の「植物遺伝資源配布目録」(1991)および導入資料に基づき、北海道、本州北部(新潟県、山形県および宮城県以北の本州)、本州中部(本州北部より南、福井県、滋賀県、三重県以北の本州)、本州南部(本州中部より南の本州)、四国、九州および沖縄の7地域に分割した。また中国の計238系統は、栽培地域に基づき東北(黒竜江省、吉林省、遼寧省)、華北(河北省、山西省)、西北(甘粛省、陝西省)華東(山東省、江蘇省、浙江省)、華中(河南省、湖北省)、西南(四川省)および華南(湖南省、広東省)の7地域に分割した。

2) 農業形質の調査

調査した形質は、種子形態に関する5形質(粒大、種皮色、鞍掛、臍の色、粒形)、開花期、花色、毛茸色、葉形および伸育型の5形質の計10形質である。

種子形態の調査は、分譲を受けた種子から未熟な種子を除く平均的な種子について行った。粒大は、分譲された種子より100粒重を推定し、100粒重が10.0g未満を極小粒型、10.0g以上20.0g未満を小粒型、20.0g以上30.0g未満を中粒型、30.0g以上40.0g未満を大粒型、40.0g以上を



L: Seed height
W: Seed length
H: Seed thickness

	$L/H \leq 1.17$ thick	$1.17 < L/H \leq 1.35$ medium	$L/H > 1.35$ thin
$L/W \geq 0.96$ round	1* round-thick	2 round-medium	no observation
$0.96 > L/W \geq 0.84$ medium	3 medium-thick	4 medium-medium	5 medium-thin
$L/W < 0.84$ oval	6 oval-thick	7 oval-medium	8 oval-thin

Fig. 1. Eight degree of score for seed shape based on the height-thickness ratio and the height-length ratio of soybean seed.

*: Phenotypic score

極大粒型として5段階に分類した。種皮色は黄、淡緑、緑、濃緑、淡褐、褐、赤褐、濃褐および黒の9段階に分類した。鞍掛の色は、なし、褐、赤褐および黒の4段階に、臍の色は、黄および緑を白日、褐目、暗褐および黒を黒目として3段階にそれぞれ表現型を分類した。粒形は、臍を中心に垂直方向の種子幅(L)、平行方向の種子の最大幅(W)および種子の厚さ(H)の各長さから、視覚的にL/Wで丸み(円, 中, 楕円)を、L/Hで厚み(厚, 中, 薄)を判別して、円-厚, 円-中, 中-厚, 中-中, 中-薄, 楕円-厚, 楕円-中および楕円-薄の8段階に表現型を分類した(Fig. 1)。また、視覚的に識別が困難であった系統は、1系統あたり3-5粒についてL/WおよびL/Hの値を測定して評価した。

開花期および生育形態は、1992, 1994年における北海道大学農学部附属農場および温室での圃場試験およびポット試験により調査し、各地農業試験場の資料を参考にして評価した。参考にした資料は、農林水産省東北農業試験場の「国内の主なダイズ品種および在来種(東北, 北陸, 北海道地

域等)の特性」(1983), 「大豆試験成績書」(1984-1991)および1961-1963年生育調査(農林水産省東北農業試験場刈和野試験地 私信), 農林水産省九州農業試験場の「大豆試験成績書」(1985), 北海道立十勝農業試験場の「北海道立十勝農業試験場資料 第11号 大豆保存品種, 系統の来歴および特性」(1988)である。

各栽培試験では、それぞれ1992年圃場試験で431系統, 1992年ポット試験で139系統, 1994年ポット試験で212系統を供試した。各栽培試験の条件は、1992年圃場試験では、5月28日, 29日にペーパーポットに系統あたり約10粒播種し、6月9日に北海道大学農学部附属農場精密圃場に株間約15cm×畝間50cmで定植し、栽培した。1992年ポット試験では、6月10日に直径25cmの植木鉢に1系統あたり約5粒直播して温室で栽培した。1994年ポット試験では、中国の在来種161系統は5月19日から26日に1系統あたり約4粒をジフィーポット(ジフィーA/S製)に播種後、6月7日に直径25cmの植木鉢に定植し、野外で栽培した。また日本の在来種52系統は、6月9日

Table 1. Number of accessions assessed phenotypically for 10 traits in soybean landraces from Japan including seven regions, China including seven regions, Korea and Taiwan.

Character	Japan							China							Korea	Taiwan	Total		
	Region	a	b	c	d	e	f	g	Total	h	i	j	k	l	m	n		Total	
Seed size	87	227	239	58	20	137	11	779	87	21	17	49	28	15	21	238	158	21	1196
Seed color	87	227	239	58	20	138	11	780	87	21	17	49	28	15	21	238	158	21	1197
Saddle color	87	227	239	58	20	138	11	780	87	21	17	49	28	15	21	238	158	21	1197
Hilum color	87	227	239	58	20	138	11	780	87	21	17	48	28	15	21	237	158	21	1196
Seed shape	85	208	214	53	19	125	9	713	73	21	17	48	28	15	21	223	146	16	1098
Flowering time	87	221	232	51	17	129	10	747	86	21	17	48	28	13	20	233	154	15	1149
Flower color	87	218	235	60	19	135	10	764	85	20	17	48	28	12	21	231	151	14	1160
Pubescence color	87	218	230	60	19	132	10	756	84	20	16	47	28	13	20	228	148	15	1147
Leaflet shape	87	210	232	54	17	116	10	726	85	20	17	48	28	13	20	231	152	15	1124
Growth habit	87	161	191	38	15	94	7	593	85	20	17	45	28	13	20	228	151	8	980
All characters*	85	144	156	26	11	66	6	494	68	20	15	39	28	12	20	202	138	8	842

* : Number of accessions that all phenotypes were indentified for 10 characters and most common phenotypes were more than 50%.

a=Hokkaido, b=Northern Honshu, c=Central Honshu, d=Southern Honshu, e=Shikoku, f=Kyushu, g=Okinawa, h=Dongbei (Touhoku), i=Huabei (Kahoku), j=Xibei (Seihoku), k=Huadong (Katou), l=Huazhong (Kachu), m=Xinan (Seinan), n=Huanan (Kanan). Region name in parenthesis are in Japanese.

Table 2. Descriptor score codes for 10 characters in soybean landrace.

Character	Phenotypic score								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Seed size	very small	small	medium	large	very large				
Seed color	yellow	light green	green	dark green	light brown	brown	dark brown	red brown	black
Saddle color	nothing	brown	red brown	black					
Hilum color	yellow and green	brown	dark brown and black						
Seed shape	See fig. 1.								
Flowering time*	I	II	III	IV	V				
Flower color	white	purple							
Pubescence color	gray	light brown	brown	dark brown	unknown (sparse)				
Leaflet shape	ovate	narrow							
Growth habit	determinate	semideterminate	indeterminate						

*Flowering time was followed the ecotypes described by Fukui and Arai (1951).

に1系統あたり約2-10粒をペーパーポットに播種後、6月21日に植木鉢に定植し同じく野外で栽培した。各栽培試験は標準施肥条件で行い、アラムシ駆除のため数度薬剤散布を行なった。

開花期は、福井・荒井³⁾の定義した開花日数に関する生態型(I-V型)に基づき分類した。各系統の生態型は、各地農業試験場の資料により生態型の明らかとなっている系統を同時に栽培し、比較検討して同定した。花色は白花と紫花の2段階に、毛茸色は白毛、淡褐毛、褐毛および濃褐毛の4色と密度が著しく低く毛茸色の判別がつかなかった

表現型を無毛として計5段階に、葉形は長葉と円葉の2段階に分類した。伸育型は、茎頂部の花芽が開花した後、茎の伸長が止まるものを有限型、2-3節分化して止まるものを半無限型、止まらないものを無限型とした。

各地域の各形質において、栽培試験および資料により表現型が同定された系統数をTable 1に、表現型の分類番号をTable 2に示した。各形質間の関連の検定では、10形質全ての表現型が同定された系統を供試し、優占する表現型を各系統の代表する表現型として解析した。また、優占した表

Table 3. Continued.

Character	Country Japan									China								Korea		Taiwan	Total	
	Region	a	b	c	d	e	f	g	Total	x ²	h	i	j	k	l	m	n	Total	x ²		x ^{2#}	
Flowering time	1	99	12	4	2	6	7	0	18		73	10	6	0	4	0	0	28		1	13	
	2	1	56	32	16	12	36	50	35		17	66	0	25	11	0	10	20		39	13	
	3	0	31	37	22	18	5	10	23	678.4**	9	24	24	33	49	92	20	27	243.9**	49	20	129.1**
	4	0	1	18	48	46	23	20	15	(n=747, df=24)	1	0	35	15	29	8	15	11	(n=233, df=24)	10	7	(n=1149, df=12)
	5	0	0	9	12	18	29	20	9		0	0	35	27	7	0	55	14		1	47	
Flower color	1	22	38	36	26	29	25	60	32	16.9**	51	60	29	31	69	75	29	47	21.1**	26	32	23.8**
	2	78	62	64	74	71	75	40	68	(n=764, df=6)	49	40	71	69	31	25	71	53	(n=231, df=6)	74	68	(n=1160, df=3)
Pubescence color	1	16	39	42	38	53	34	20	36		73	45	51	32	43	38	35	52		64	47	
	2	0	12	5	9	13	10	0	8		4	20	16	2	11	0	0	6		9	6	
	3	75	48	50	52	34	51	80	53	95.4**	22	35	33	66	42	62	65	41	48.1**	27	47	55.8**
	4	0	0	-	1	0	5	0	1	(n=756, df=24)	0	0	0	0	0	0	0	0	(n=228, df=18)	0	0	(n=1147, df=12)
	5	9	1	3	0	0	0	0	2		1	0	0	0	4	0	0	1		0	0	
Leaflet shape	1	83	99	99	96	100	97	100	97	66.6**	91	95	100	100	96	92	100	95	8.6	99	100	4.0
	2	17	1	1	4	0	3	0	3	(n=726, df=6)	9	5	0	0	4	8	0	5	(n=231, df=6)	1	0	(n=1124, df=3)
Growth habit	1	100	97	92	100	86	91	43	94		26	40	18	20	18	33	20	24		72	25	
	2	0	1	2	0	7	4	0	2	66.2**	6	10	12	7	11	15	5	8	8.1	1	0	432.3**
	3	0	2	6	0	7	5	57	4	(n=593, df=12)	68	50	70	73	71	52	75	68	(n=228, df=12)	27	75	(n=980, df=6)

In parenthesis, n is number of landraces, df is degrees of freedom. The phenotypic scores were followed Table 2.

** : significant at the 1% level. - : lower than 0.5%. # : x² test between 4 countries.

a=Hokkaido, b=Northern Honshu, c=Central Honshu, d=Southern Honshu, e=Shikoku, f=Kyushu, g=Okinawa, h=Dongbei (Touhoku), i=Huabei (Kahoku), j=Xibei (Seihoku), k=Huadong (Katou), l=Huazhong (Kachu), m=Xinan (Seinan), n=Huanan (Kanan). Region name in parenthesis are in Japanese.

結果および考察

1) 各形質における表現型の地域間差異

各地域における各表現型の頻度とその地域間の差異をχ²検定した結果をTable 3に示した。種子形態に関する4形質(粒大, 種皮色, 臍の色および粒形), 開花期, 花色, 毛茸色および伸育型の計8形質において, 日本, 中国, 韓国および台湾の間で差異が認められた。また, 日本の7地域間では, 10形質全てにおいて, 中国の7地域間では, 鞍掛, 葉形および伸育型を除く7形質において, それぞれ地域間差異が認められた。

粒大では, 日本と韓国で中粒型(表現型番号3型)が, 中国で小粒型(2型)が, 台湾で極小粒型(1型)および小粒型が, それぞれ優占した。各地域では, 沖縄, 中国西北, 中国西南および中

国華南で極小粒型の系統が, 北海道および本州で大粒型(4型)および極大粒型(5型)の系統が多く認められた。本結果は, 平ら⁵⁾の報告した世界各国のダイズ1110系統における100粒重の平均値が東南アジアおよび九州で小さく, 韓国および本州北部で大きい結果とほぼ一致した。粒大は, 栽培環境により変異が生じることを報告されているが¹⁴⁾, 地域的な特徴をよく表している特性の1つと考えられた。

種皮色では, 全ての国で黄色(1型)が優占したが, 特に台湾で黒(9型)の頻度が高かった。各地域では, 北海道で緑(3型)が, 沖縄で薄緑(2型), 緑および濃褐(4型)が, 中国西北で黒が, 中国華南で薄緑が他の地域と比べ高い頻度で認められた。種皮色に關与する遺伝子座は, G座, I座, R座, O座, T座およびWI座の6つが認

められており、それぞれの遺伝子座における計8対立遺伝子により、黄、鈍黄、緑、褐、赤褐および黒の6色の表現型が確認されている^{15,16,17,18}。本報告では、黄色と鈍黄色の区別がつかなかったことから、黄色として同一の表現型に分類した。また、上記以外の淡緑、濃緑、淡褐（5型）および濃褐（7型）の4色の表現型は、育種の評価にも用いられているが、その遺伝的背景は明らかになっていない。

鞍掛は、全ての地域において5%以下の稀な表現型であり、日本において有意な地域間差異が認められた。日本では、北海道、本州中部および本州南部で黒（4型）が、本州北部で褐（2型）が、四国では赤褐（3型）が、九州で褐および黒がそれぞれ認められた。一方、他の国では、韓国で黒が認められたが、台湾および中国では鞍掛が認められなかった。鞍掛の遺伝は、種皮色を支配する6遺伝子座（*G*座、*I*座、*R*座、*O*座、*T*座、*W1*座）のうち*G*座を除く5遺伝子座^{16,17,18}および4つの突然変異遺伝子^{19,20,21}が報告されている。これらのうち*I*座、*R*座、*O*座、*T*座および*W1*座は、*I*座で*i-r*遺伝子が同型接合の時、鞍掛を生じ、他の4遺伝子座により、本報告で分類した褐、赤褐、黒およびなしの4つの表現型が決定される。本結果において、鞍掛が低頻度であったことから、栽培サイズにおいて*i-r*遺伝子は稀な対立遺伝子であることが示唆された。

臍の色では、日本および中国で褐目（2型）が、韓国で白目（1型）が、台湾で黒目（3型）がそれぞれ優占した。各地域では、中国東北で白目が、九州、沖縄、中国華北、中国西南および中国華南で黒目がそれぞれ高頻度で認められた。臍の色は、種皮色に関与する6遺伝子座のうち*G*座を除く5遺伝子座が関与し、黄、鈍黄、褐、赤褐、灰色、黒の計6色の表現型が認められている^{16,17,18}。本報告で分類した3色の表現型は、白目が黄および鈍黄を、褐目が褐および赤褐を、黒目が灰色および黒を含んでおり、*I*座、*R*座、*W1*座および*T*座の4遺伝子座によって決定される。また、近年における日本のサイズ育種では、白目の表現型が経済的価値を高めることから、重要な目標となっ

ているが、日本の在来種の多くは褐目を有しており、過去において臍の色が選択の対象にならなかったと思われる。

粒形では、厚み（*L/H*）に関して明確な地域間差異が認められず、丸み（*L/W*）に関して地域間差異が認められた。全ての国において中型（3, 4, 5型）が優占したが、韓国で円型（1, 2型）が、中国および台湾で楕円型（6, 7, 8型）が高い頻度で観察された。各地域では、北海道および本州で円型が他の地域より頻度が高く、楕円型が中国西北以南の中国で頻度が高かった。特に、円型の頻度が北方地域で、楕円型の頻度が南方地域で高いことから、後述した開花期とともに、粒形と生育期間が関連している可能性がある。また粒形は、葉の形状および種子と葉の生育過程に強く依存していると考えられることから、その解析にはこれらの形態形成に関する解析が必要と思われた。

開花期では、国間よりも主に緯度による地理的差異が認められた。ほぼ北緯35度以北に相当する地域のうち、中国西北を除く北海道、本州北部、本州中部、韓国、中国東北、中国華北および九州と沖縄では早生型（1, 2型）の頻度が高かったのに対し、中国西南を除く本州南部から華東より南の地域および中国西北では晩生型（4, 5型）の頻度が高かった。また、中国西南では中生型（3型）が大部分を占めた。福井・荒井³および永田²²は、特に九州において早生型の夏サイズ型と晩生型の秋サイズ型が分化していることを報告しているが、本研究で供試した材料においても同様な結果が得られた。

花色では、全ての国で紫花（2型）が優占したが、中国では多型的であった。各地域では、白花（1型）が沖縄、中国東北、中国華北、中国華中および中国西南の5地域で頻度が高かった。花色の遺伝分析では、種皮色および臍の色に関与し、優性遺伝子で紫花となる*W1*座^{15,23}、*W1*座が優性遺伝子を含む場合に花色を淡紫、濃紫、赤紫、白に変更する3遺伝子座（*W3*座²³、*W4*座²³、*Wm*座²⁴）および桃色にする突然変異遺伝子*wp*²⁵が確認されている。本報告で分類した花色

は主に *W1* 座の遺伝子型が関与している。

毛茸色では、日本で褐毛（3型）が、中国および韓国で白毛（1型）が優占した。また、台湾では白毛と褐毛が高い頻度で認められた。各地域では、四国を除く日本、中国華東、中国西南および中国華南の計9地域で褐毛が、四国、中国東北、中国華北、中国西北および中国華中で白毛が優占した。また、中国華北および中国西北では淡褐毛（2型）の頻度が高く、濃褐毛（4型）の系統が九州および本州で認められた。毛茸の色は、種皮色および臍の色に関与し、優性遺伝子で褐毛となる *T* 座および *T* 座が優性遺伝子するとき、劣性同型接合で淡褐毛に変更する *Td* 座の2遺伝子座が報告されている^{15,26}。本報告の毛茸色は、濃褐毛を除き、これら2つの遺伝子座によってそれぞれ決定されているが、濃褐毛の遺伝的背景は不明である。無毛の系統は、特に北海道で他地域より多く認められた。これは、無毛の系統が北海道において主要な害虫であるダイズシンクイガに対して耐性を示すことが原因であると考えられた¹⁾。

葉形は、日本国内において地域間差異が認められ、特に北海道で長葉（2型）の在来品種が認められた。

伸育型では、有限型（1型）の頻度が沖縄を除く日本および韓国で高く、70%以上を占めた。一方、無限型（3型）は、沖縄、中国および台湾で、中国華中の50%から台湾および中国華南の75%の頻度で観察された。本結果は、Nagata⁴⁾の報告した、日本で有限伸育型の系統が、沖縄、台湾、中国東北および中国南部で無限伸育型の系統が多い結果と一致した。日本および韓国で有限型の系統が多かった原因として、両国では畦畔ダイズが多く、草丈の低い有限型が望まれたことが考えられた。

2) 各形質間の関連

系統全体および各国における10形質間の関連を χ^2 検定した結果をFig. 2に示した。Fig. 2の各線は、5%以上の有意水準で表現型の組合せに連関関係が認められた形質の組合せを示した。また、各形質の階級をTable 2に示した分類番号とし、

正の相関が認められたものを実線で、負の相関の認められたものを破線で示した。台湾では、有意な形質組合せが認められなかったことから、Fig. 2より除外した。45の形質組合せにおいて、系統全体では28組に、日本では23組に、中国では16組に、韓国では21組にそれぞれ連関関係が認められた。各国における形質の連関は、日本では種子色、粒形、開花期および毛茸色に、中国では粒形および開花期に、韓国では臍の色および粒形にそれぞれ多く認められた。

着色に関する5形質（種皮色、鞍掛、臍の色、花色および毛茸色）は、花色と毛茸色間を除いて共通な遺伝子座(*G*座、*I*座、*R*座、*O*座、*T*座、*W1*座)が関与していることから、互いに強く関連していることが予想された。花色-毛茸色間以外における種皮色、鞍掛、臍の色、花色および毛茸色の相互間では、種皮色-臍の色間および臍の色-毛茸色間において日本、中国および韓国でそれぞれ正の連関が認められた。また、種皮色-毛茸色間では日本および中国で正の連関が、種皮色-花色間では日本で負の連関が、種皮色-鞍掛間および鞍掛-臍の色間では韓国で正の連関が、臍の色-花色間では韓国で負の連関がそれぞれ認められたが、鞍掛-毛茸色間および鞍掛-花色間では連関が認められなかった。上記の形質組合せのうち、花色または鞍掛を含む形質組合せにおいて連関した国が少なく、また種皮色-花色間および臍の色-花色間では、遺伝子の関連と相反した相関が得られた。その原因として、鞍掛は頻度が5%以下の稀な変異であり本実験で供試した中国の系統には変異が観察されなかったこと (Table 3)、花色を支配する *W1* 座は、*R* 座が優性遺伝子を持ち、*T* 座が劣性同型接合の場合のみに種皮色、鞍掛および臍の色に対して作用を及ぼすことが考えられた^{17,18)}。

本報告で調査した10形質に関与する遺伝子座において、遺伝子座の連鎖関係は *T* 座と開花期に関与する *EI* 座間において報告されている²⁷⁾。また、阿部らは、交雑実験から葉形と日長反応性に遺伝的関連を認めている²⁸⁾。これらの形質組合せにおいて、毛茸色-開花期間では日本に負の連関が、開花期-葉形間では日本、中国および韓国で正

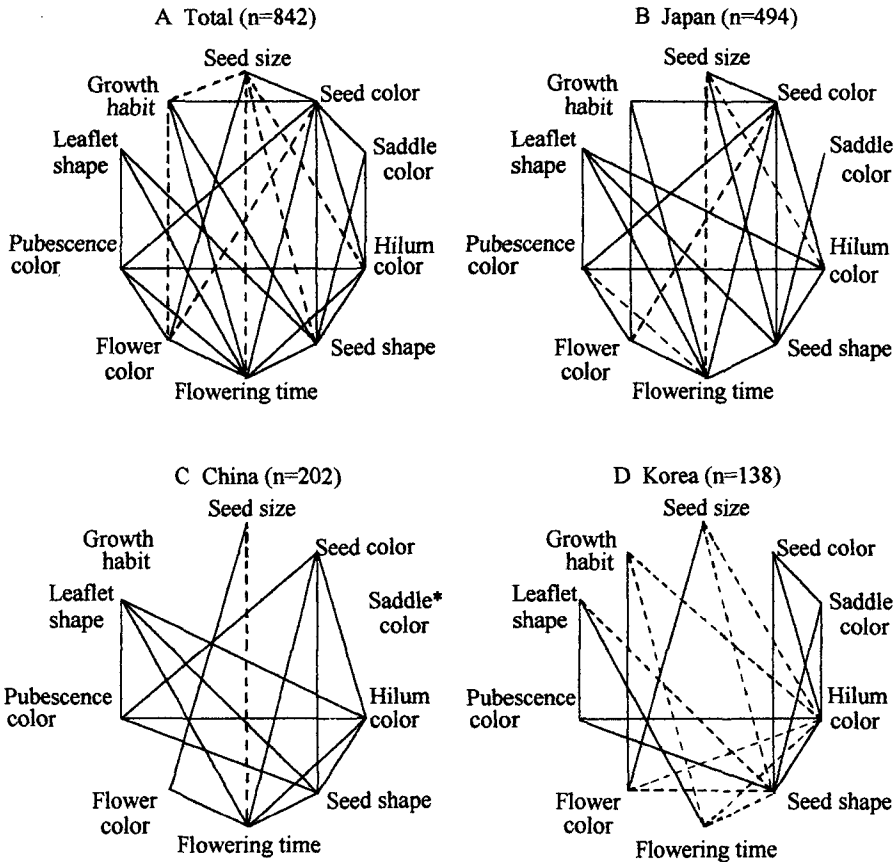


Fig. 2. Interrelationship among 10 characters of soybean landraces in Japan, China, Korea and over all.

n : number of landraces. * : no polymorphism.

Each line indicates a significant character pair at the 5% level. Solid lines and broken lines indicate positive and negative correlation followed the scores showed Table 2, respectively.

の連関が認められた。

日本、中国および韓国の全ての国で連関の認められた形質組合せは、遺伝的に関連している種皮色-臍の色間、臍の色-毛茸色間および開花期-葉形間に加え、種皮色-粒形間、臍の色-粒形間、粒形-開花期間および毛茸色-葉形間の4組でも認められた。これらのうち種皮色-粒形間、臍の色-粒形間および毛茸色-葉形間の3組合せでは、全ての国において正の連関が認められたことから、遺伝的関連があることが考えられた。粒形-開花期間では、日本および中国において正の連関が、韓国において負の連関が認められた。粒形および開花期は、表現型が南北で異なる傾向を示すことで共通

しており (Table 3)、これらの形質を含む関連は、遺伝的な要因よりも両形質の地理的分化を反映したと考えられる。

日本における10形質間の関連を χ^2 検定した結果をFig. 3に示した。各線は、Fig. 2と同様である。また、有意な関連が認められなかった四国および沖縄はFig. 3より除外した。Fig. 3で示した5地域間において、各形質の連関に明確な地域間差異が認められた。北海道では、粒大、種皮色、臍の色および花色と他形質間に連関が認められたのに対し、本州北部では種子形態に関する形質間に、本州中部では粒大および種皮色と地形質間に、本州南部では種皮色-毛茸色間および鞍掛-粒形間

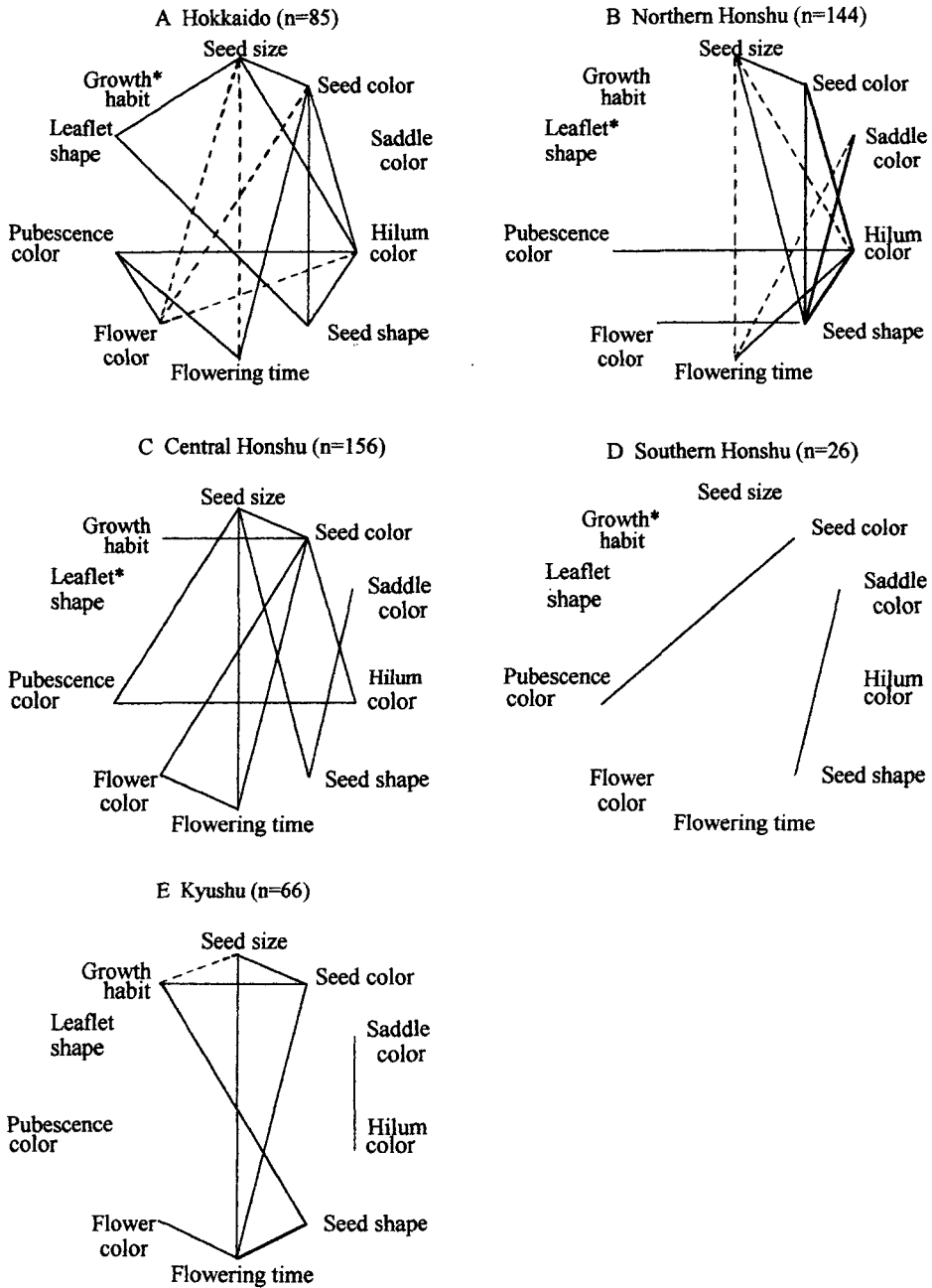


Fig. 3. Interrelationship among 10 characters of soybean landraces of five regions in Japan.

n : number of landraces. * : no polymorphism.

Each line indicates a significant character pair at the 5% level. Solid lines and broken lines indicate positive and negative correlation followed the scores showed Table 2, respectively.

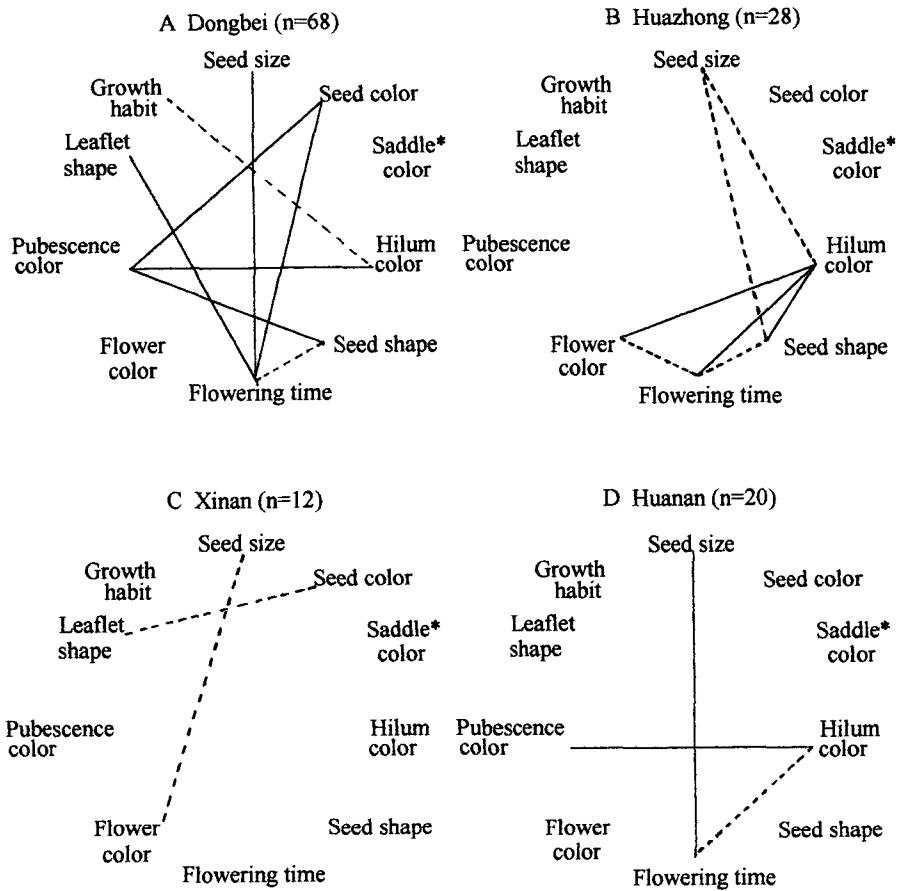


Fig. 4. Interrelationship among 10 characters of soybean landraces of four regions in China.

n : number of landraces. * : no polymorphism.

Japanese name of the four regions (A-D) are *Tohoku*, *Kachu*, *Seinan* and *Kanan*, respectively.

Each line indicates a significant character pair at the 5% level. Solid lines and broken lines indicate positive and negative correlation followed the scores showed Table 2, respectively.

に、九州では粒大、種皮色、粒形、開花期および伸育型間、鞍掛-臍の色間および開花期-花色間に連関が認められた。北海道において多くの形質間で連関が認められた原因として、北海道の在来種が、本州北部の限られた系統から派生したこと、また栽培の歴史が新しく系統間の遺伝的な混合があまり生じていないことが考えられた。本州北部では、ダイズの食文化が特に多様化し、種子形態に対して強い選択が生じている。このことが、種子形態に関する形質間で連関が認められた原因であると考えられた。九州における夏ダイズ型と秋

ダイズ型の分化は、開花期とともに粒大においても認められている^{3,22)}。また、九州では小粒で、種皮色が淡緑または黒、粒形が楕円型、無限伸育型の表現型をもつ青刈りダイズと考えられた系統が認められたことから、粒大、種皮色、粒形、開花期および伸育型内で連関が生じたと考えられた。

中国における10形質間の関連を χ^2 検定した結果をFig.4に示した。Fig.4で示さなかった中国華北、中国西北および中国華東では、形質間で連関が認められなかった。中国の各地域は、主に粒大、臍の色および開花期の間で連関が認められ、

Table 4. Shannon-Weaver diversity index (H') for 10 traits in soybean of Japan, China, Korea and Taiwan.

Country	Japan								China							Korea	Taiwan	Total		
	Region	a	b	c	d	e	f	g	Total	h	i	j	k	l	m	n	Total			
Character																				
Seed size		1.60	1.79	1.73	1.57	1.36	1.54	1.35	1.80	1.25	0.79	1.25	1.17	0.95	0.72	1.41	1.28	1.52	1.42	1.78
Seed color		1.28	1.98	1.51	1.16	1.29	1.21	2.19	1.66	0.90	2.03	2.16	1.75	1.41	1.74	1.38	1.59	1.66	1.78	1.70
Saddle color		0.09	0.04	0.10	0.12	0.29	0.12	-	0.10	-	-	-	-	-	-	-	-	0.14	-	0.10
Hilum color		1.14	1.50	1.46	1.31	1.30	1.24	0.85	1.41	1.45	1.55	1.09	1.10	1.07	1.00	1.00	1.49	1.57	1.27	1.48
Seed shape		2.13	2.41	2.32	2.36	1.95	2.05	1.66	2.35	2.24	2.19	1.81	2.01	1.91	1.93	1.62	2.35	2.17	1.70	2.43
Flowering time		0.09	1.44	2.02	1.88	2.00	2.03	1.76	2.19	1.17	1.21	1.79	1.94	1.81	0.39	1.68	2.23	1.49	2.01	2.19
Flower color		0.76	0.96	0.94	0.82	0.87	0.81	0.97	0.91	1.00	0.97	0.87	0.89	0.89	0.81	0.86	1.00	0.82	0.91	0.93
Pubescence color		1.05	1.47	1.40	1.39	1.40	1.56	0.72	1.49	1.08	1.51	1.44	1.05	1.56	0.96	0.93	1.32	1.23	1.29	1.46
Leaflet shape		0.66	0.04	0.05	0.23	-	0.22	-	0.20	0.45	0.29	-	-	0.22	0.39	-	0.28	0.10	-	0.21
Growth habit		-	0.22	0.45	-	0.70	0.55	0.99	0.37	1.12	1.36	1.16	1.05	1.44	1.44	0.99	1.16	0.94	0.81	0.96

- : not variable.

a=Hokkaido, b=Northern Honshu, c=Central Honshu, d=Southern Honshu, e=Shikoku, f=Kyushu, g=Okinawa, h=Dongbei (*Touhoku*), i=Huabei (*Kahoku*), j=Xibei (*Seihoku*), k=Huadong (*Katou*), l=Huazhong (*Kachu*), m=Xinan (*Seinan*), n=Huanan (*Kanan*). Region name in parenthesis are in Japanese.

特に中国東北で8組の、中国華中で7組の連関が認められた。

3) 各形質における多様性

各地域における調査した10形質の多様性指数(H')をTable 4に示した。日本、中国、韓国および台湾において各形質の多様性指数を比較したところ、日本で粒大、粒形および毛茸色が、中国で粒形、開花期、花色、葉形および伸育型が、韓国で鞍掛および臍の色が、台湾で種皮色が最も大きな値を示した。特に、粒大および伸育型において日本と他国間に大きな差異が認められ、それぞれ日本で最大値および最小値を示した。日本では、ダイズの粒大はその利用目的と強く関連しており、味噌用に中粒および大粒が、納豆用に小粒および中粒が、煮豆用に大粒が、青刈り用に極小粒がそれぞれ好まれて利用され、粒大の多様化をもたらしたと考えられる。また、日本において伸育型の多様性が低いことは、前述したように日本で特に有限型が望まれたことが原因と考えられた。

日本と中国において、地域間で多様性指数を比較したところ、臍の色および粒形が北部で、開花期が中国西南を除き南部で大きい傾向が認められた。また、日本では本州北部および中部において特に多様性指数が大きく、日本全体と匹敵した。

これらの地域では、著しい農業形質の分化が生じていると考えられた。中国では、種子形態に関する5形質が中国東北および中国華北で、その他の形質が華中で大きい傾向が認められた。栽培ダイズの起源地について、中国北部説と中国南部説で議論が分かれているが^{4,10,29,30,31,32}、本結果では、中国北部で多様性が高い傾向が認められ、多様性の中心地が中国北部にある可能性を示唆した。しかしながら、中国における供試系統数が少なく、また地域的な偏りも大きいことから、今後より多くの系統について解析を進める必要がある。

以上の結果から、ダイズ在来種の農業形質には、開花習性や伸育型以外の農業形質においても明確な地域的分化が生じていることが明らかとなった。更に各形質間において、地域特異的な連関が認められ、各地域に特異的な品種群の分化が示唆された。これらの地域的分化は、地域に特異的な栽培環境への適応や利用の多様化が関与していると考えられ、今後、各形質の表現型の組合せを検討することにより、より詳細にダイズの系統分化を評価することが期待される。

摘 要

1) 日本、中国、韓国および台湾のダイズ在来種1197系統について、種子形態に関する5形質(粒

大, 種皮色, 鞍掛, 臍の色, 粒形), 開花期, 花色, 毛茸色, 葉形および伸育型の計10形質を調査し, 在来種の特性的な地域的分化を検討した。

2) 粒大, 種皮色, 臍の色, 粒形, 開花期, 花色および毛茸色において, 各国間および日本と中国の地域間で明確な差異が認められた。粒形および開花期では, 地理的傾斜が認められ, 北部では円型および早生型の頻度が高かったのに対し, 南部では楕円型および晩生型の頻度が高かった。

3) 共通の遺伝子座が関与する着色に関する形質間(種皮色, 鞍掛, 臍の色, 花色, 毛茸色)と, それ以外の形質間において連関関係が認められた。また, 形質の連関には, 地域特異性が認められ, 各地域に特異的な表現型組合せをもつ在来種群が分化していることが示唆された。

4) 各形質の表現型の多様性は, 日本で粒大, 粒形および毛茸色が, 中国で粒形, 開花期, 花色, 葉形および伸育型が, 韓国で鞍掛および臍の色が, 台湾で種皮色が最も大きな値を示した。また, 本州北部および本州中部において表現型の多様性が高く, 在来種が多様化していることが示唆された。

謝 辞

材料を御提供して頂いた農林水産省生物資源研究所, 農林水産省熱帯農業研究センター, 台湾国立中興大学の曾富生博士, 山形大学農学部の笹原健夫博士, 北海道立十勝農業試験場, 雪印種苗株式会社に感謝の意を表します。

引用文献

1. 古谷義人: 14. 食用作物 ダイズ 農学大事典 1975 増訂版 野口弥吉監修 pp 501-508. 1975
2. 渡辺 巖: 第2部 食用豆類の起源と分化 ダイズの品種分化と育種 育種学最近の進歩 23: 53-58. 1982
3. 福井重郎・荒井正雄: 日本に於ける大豆品種の生態学的研究 (I) 開花日数と結実日数による分類とその地理的分布 育種 1: 27-39. 1951
4. Nagata, T.: Studies on the differentiation of soy-

- beans in the world, with special regard to that in southeast Asia : 2. Origin of culture and paths of dissemination of soybeans, as considered by distributions of their summer vs. autumn soybean habit and plant habit. Proc. Crop. Sci. Jap. 28: 79-82. 1959
5. 平 春江・平 宏和・海妻矩彦・福井重郎・松本茂男: 大豆の品種と粒重・タンパク質および含硫アミノ酸含量. 日作紀 45: 381-393. 1976
6. Kiang, Y. T., Y. C. Chiang, Y. J. H. Doong and M. B. Gorman: Genetic resources of soybean germplasm. In: Crop Exploration and Utilization of Genetic Resources-Proceeding of an international symposium held at Changhua, Taiwan in 1986. Published by Taichung District Agriculture Improvement Station. 1988
7. Hirata, T., M. Kaneko, J. Abe and Y. Shimamoto: Genetic structure of cultivated soybeans in Japan. In: Proceeding of the 7th International Congress of SABRAO and WSAA Symposium, Taipei, Taiwan, R. O. C. in 1993: 241-246. 1994
8. 高木 胖: ダイズ種子タンパクにみとめられるトリプシンインヒビターの地理的多型 佐大農彙 42: 9-13. 1977
9. Hymowitz, T. and N. Kaizuma: Dissemination of soybean (*Glycine max*): seed protein electrophoresis profiles among Japan cultivar. Econ. Bot. 33: 311-319. 1979
10. Hymowitz, T. and N. Kaizuma: Soybean seed protein electrophoresis profiles from 15 Asian countries or regions: Hypotheses on paths of dissemination of soybeans from China. Econ. Bot. 35: 10-23. 1981
11. Close, B. J., R. C. Shoemaker and P. Keim: Distribution of restriction site polymorphism within the chloroplast genome of the genus *Glycine*, subgenus *Soja*. Theor. Appl. Genet. 77: 768-776. 1989
12. Skorupska, H. T., R. C. Shoemaker, A. Warner, E. R. Shipe and W. C. Bridges: Restriction fragment length polymorphism in soybean germplasm of the Southern USA. Crop Sci. 33: 1169-1176. 1993
13. Shannon, C. E. and W. Weaver: The mathematical theory of communication. Univ. Illinois Press, Urbana. 1949
14. 砂田喜与志: ダイズ特性 北海道における豆類の品種増補版 北海道における豆類の品種編集委員会編集財団法人日本豆類基金協会発行 pp 50-61. 1991
15. Woodworth, C. M.: Inheritance of cotyledon, seed-coat, hilum, and pubescence colors in soybeans. Genetics 6: 487-553. 1921
16. Williams, L. F.: The inheritance of certain black

- and brown pigments in the soybean. *Genetics* **37** : 208-215. 1952
17. Specht, J. E. and J. H. Williams : Hilum color as a genetic maker in soybean crosses. *Soybean Genet. Newsl.* **5** : 70-73. 1978
 18. Palmer, R. G. and D. M. Stelly : Reference diagrams of seed coat colors and patterns for use as genetic markers in crosses. *Soybean Genet. Newsl.* **6** : 55-57. 1979
 19. Williams, L. F. : Alteration of dominance and apparent change in direction of gene action by a mutation at another locus affecting the pigmentation of the seedcoat of the soybean. *Proc. Int. Congr. Genet.*, 10th **2** : 315-316 (Abstr.) 1958
 20. Rode, M. W. and R. L. Bernard : Inheritance of a tan saddle mutation. *Soybean Genet. Newsl.* **2** : 39-42. 1975
 21. Barnard, R. L. and M. G. Weiss : Qualitative genetics *In* : Soybeans : Improvement, Production, and Uses B. E. Caldwell (ed.), ASA, CSSA and SSSA, Madison, Wisconsin, pp 117-154. 1973
 22. 永田忠男：大豆の夏秋大豆性に関する研究 第2報 夏秋大豆性と他形質との相関 日作紀 **19** : 147-151. 1950
 23. Hartwing, E. E. and K. Hinson : Inheritance of flower color of soybeans. *Crop Sci.* **2** : 152-153. 1962
 24. Buzzell, R. I., R. L. Buttery and R. L. Bernard : Inheritance and linkage of a magenta flower gene in soybeans. *Can. J. Genet. Cytol.* **19** : 749-751. 1977
 25. Stephens, P. A. and C. D. Nickell : Inheritance of pink flower color in soybean. *Crop Sci.* **32** : 1131-1132. 1992
 26. Barnard, R. L. : The inheritance of near-gray pubescence color. *Soybean Genet. Newsl.* **2** : 28-30. 1975
 27. Weiss, M. J. : Genetic linkage in soybeans. Linkage group I. *Crop Sci.* **10** : 69-72. 1970
 28. 阿部 純・平田聡之・島本義也：早生ダイズの長日不感受性の変異 育雑 **43** (別1) : 267. 1993
 29. Hymowitz, T. and C. A. Newell : Taxonomy of genus *Glycine*, domestication and uses of soybeans. *Econ. Bot.* **35** : 272-288. 1981
 30. 海老原英雄：中国における大豆の起源について 味噌の科学と技術 **39** : 45-48. 1991
 31. 王 書恩：中国大豆栽培の起源および変異についての調査 味噌の科学と技術 **39** : 49-53. 1991
 32. 杉山信太郎：大豆の起源について 醸協 **87** : 890-899. 1992

Regional differentiation in agricultural characters of soybean landraces.

Toshiyuki HIRATA, Megumi KANEKO, Tameichi MISAWA,
Jun ABE and Yoshiya SHIMAMOTO

(Laboratory of Plant Genetics and Evolution, Faculty of Agriculture,
Hokkaido University, Sapporo 060, Japan)

(Received January 23, 1995)

Summary

- (1) Ten agricultural characters of 1197 soybean landraces from Japan partitioning seven regions, China partitioning seven regions, Korea and Taiwan were surveyed to elucidate the regional differentiation of their traits.
- (2) The regional differences were observed in seed size, seed color, hilum color, seed shape, flowering time, flower color and pubescence color among four countries and among regions of Japan and China. Seed shape and flowering time exhibited the geographical cline which round shape and early-flowering were frequent in northern regions and southern regions had high frequency for oval shape and late-flowering.
- (3) Correlation among pigmentation characters, such as seed color, saddle color, hilum color, flower color and pubescence color which were controlled by common loci, and among other characters were found. The pattern of character association was specific to countries and regions, indicating landrace groups were differentiated.
- (4) Phenotypic diversity was high for seed size, seed shape and pubescence color in Japan, for seed shape, flowering time, flower color, leaflet shape and growth habit in China, for saddle color and hilum color in Korea, for seed color in Taiwan. Northern and central Honshu exhibited higher phenotypic diversity than other regions of Japan, indicating that the great variability of landrace was observed in these regions.