中華農業研究（Jour. Agric. Res. China）47(2)：108～124（1998）

綠豆種原外形性狀遺傳歧異之地理分布[1]

陳述[2]　陳成[3]　范明仁[4]　鄒筦生[5]

摘要：本研究之主要目的爲針對一具有全球代表性的綠豆種原，探討其外形性狀遺傳歧異的地理分布模式。本研究共計評估了來自於 8 大地理區域中 50 個國家的 5,363 份種原，所評估之外形性狀包括測度性狀及等級性狀共計 31 個。等級性狀遺傳歧異分析結果顯示，不同地理來源所搜集到的種原，各性狀等級間的分布頻度不同，以南亞區域的種原呈現最高的多型性，其中又以印度種原的多型性最爲豐富；Shannon—Weaver 歧異指數（H'）之估算結果則顯示同一地理來源中的歧異度依性狀之不同而各異，而同一性狀在不同地理來源中的歧異度也不同。測度性狀在各不同地理來源下性狀表現的變域、均值及變異係數（CV）均爲不同，而變方分析結果亦證實各性狀在不同地理區域間之表現確呈極顯著差異。因此顯見分布在各不同地理來源的種原，已因農業環境或人爲選拔等因素的影響而產生了外形性狀遺傳歧異分布不同的現象。另由性狀間相關分析結果顯示，無論測度或等級性狀，性狀彼此之間存有複雜的相關關係。

關鍵詞：綠豆、種原、外形性狀、遺傳歧異、地理分布。

前　言

植物種原具有的多型性與遺傳歧異是作物育種的原動力，而保存種原的主要目的即在於維持這些遺傳歧異以提供作爲育種的遺傳變異來源。由於未來可能的育種需求是無法預知的，因此進行種原保存時也應以維持較寬廣的種原歧異度爲原則。

Vavilov（1949～1950）[22]曾提出物種的原始起源中心（center of origin）就是遺傳歧異中心（center of genetic diversity），其保存著長時期以來所累積的各種突變與人爲馴化的結果，因此在遺傳歧異中心所涵括的地理區域內採集種原，是較有效率的種原收集策略。然而，Harlan 則提出不同看法，認爲重組合之作用大於突變，因此遺傳歧異中心未必就是原始的起源中心[5]；而愈來愈多的種原評估結果[6,9,10,17,18,20]，也顯示並非所有性狀的遺傳歧異模式都遵循著 Vavilov 所提之觀念，學者們發現部分遺傳行爲簡單，具有高度遺傳力之「質」的性狀（qualitative traits）的遺傳歧異模式，的確如 Vavilov 所言係集中於某些地理區域，但遺傳組成較複雜之「數量」性狀（quantitative traits）的遺傳歧異模式則並非如此。因此，只在同一個 Vavilov 歧異中心內加強收集，對於獲取最大量的遺傳變異並不一定有效；另一方面，在環境極端地區所作的收集可能更爲有利[2,23]。爲了達成使種原保存具有較寬廣之種原歧異的目的，除了在所謂的歧異中心內加強收集之外，Brown（1978），Frankel 與 Soule（1981）等學者均提出亦應廣泛地由各不同地理區域與不同環境下搜集種原以因應未來可能的育種與研究需求[7,12]。

綠豆（*Vigna radiata*（L.）Wilczek）屬豆科一年生作物，種子可供食用，含有豐富的蛋白質（24～28％）[3]，尤其是含有高量禾穀類蛋白質中含量較低的離胺酸（lysine），因此可與穀類蛋互相

1. 臺灣省農業試驗所研究報告第 1938 號。
2. 本所作物種原室助理暨臺灣大學農藝學研究所博士班研究生。臺灣省　臺中縣　霧峰鄉。
3. 臺灣大學農藝系教授。臺北市。
4. 本所作物種原室研究員兼主任。臺灣省　臺中縣　霧峰鄉。
5. 亞洲蔬菜研究發展中心主任。臺灣省　臺南縣　善化鎮。

補償[1]，且相較於其它豆類而言，綠豆種子蛋白質較易被人體消化，大量食用後不會引起漲氣；此外，亦可食用豆芽、加工製成粉絲、粉皮、豆餡糕餅，或爲飼料與綠肥之用[4]。Vavilov（1926）曾提出綠豆係起源於印度[21]，考古化石證據亦已證實在公元 2,200 年前印度即已有綠豆之栽培[14]，而由於綠豆具有上述用途及優點，且屬短期性作物（生育期約 65～100 天），故可配合不同的耕作制度，因此已被傳播至世界各地，多以小農、副作物之型態被廣爲栽培。目前亞洲係主要產區，栽培國家衆多遍佈全亞洲，栽培面積和生產量均占世界 50 %以上，其次爲南美洲與非洲[4]。而爲了加強綠豆之育種，亞蔬中心除了不斷地在綠豆起源地印度加強收集之外，也由上述世界各地的綠豆栽植地區蒐集了許多種原，企圖儘量增加種原庫的遺傳歧異度，於是造就了一個經國際植物遺傳資源研究所（IPGRI）及育種學家們所公認之「具有全球代表性」的綠豆種原收集[8]。

然而，當種原保存變得愈來愈龐大時，卻也相對地模糊了我們對於整個種原保存所具有之遺傳歧異狀況的瞭解程度，因此有必要針對整個種原收集的遺傳歧異程度與歧異結構進行再評估，評估結果一方面可協助育種學家更有效率地篩選出所須的育種材料；另一方面可提供種原管理者更清晰快速的瞭解現有保存中之遺傳歧異結構，及其與地理分佈的關係，以作爲制定後續引種計畫或種原採集計畫之參考；此外，亦可作爲篩選種原以形成種原核心收集（core collection）[11]之參考依據。

本研究之主要目的即爲以一具有全球代表性之綠豆種原收集爲研究對象，嘗試針對外形評估性狀的遺傳歧異程度及結構，及其與地理分布間之關係進行初探，以作爲後續篩選種原以進行種原核心收集研究之參考基礎。

材料與方法

本研究係以亞蔬中心所保存的 5,657 份綠豆種原爲研究對象，其中大部份的種原均有記錄來源國家，僅 294 份種原之來源國不明，而這些來源國不明的種原並未被納入本研究，因此共有 5,363 份種原參與統計分析。本研究並依據各種原之來源國家，參考 National Geographic Atlas of the World（revised sixth edition）之分類，將其區分劃歸於八大地理區域（region）中。而本研究所擬探討之此一全球性的綠豆種原保存，其分布於各地理區域與各來源國家中的種原數目及所占的頻度詳如表 1。

本研究之外形性狀評估調查係於亞蔬中心試驗農場進行（23°07´30″ N，120°17´35″ E，海拔高度 14m），種植時間爲 1984 年春季（3 月上旬）、秋季（8 月下旬）與 1985 年秋季（9 月中旬）。由於綠豆生長易受環境因素的影響，爲了減少季節效應所造成的影響，因此所有被評估的種原以儘量採同時間栽植爲宜，於是 1984 年春季便同時栽植了所有的種原以進行特性調查，另又於 1984 與 1985 年秋季各栽植了 1/2 量之種原，以瞭解部分性狀在秋季的表現[8]。本研究共計調查了 31 個外形性狀，其中 15 個性狀爲直接記錄實測尺度之絕對數值的性狀（以下簡稱爲「測度性狀」），另 16 個性狀則是先畫分等級或類別，調查結果係記錄所屬等級或類別之代碼（以下簡稱爲「等級性狀」）。有關此 31 個外形性狀調查的定義詳述於表 2。

統計分析依以下三個部份進行：

一、等級性狀之遺傳歧異分析

採用 SAS（Statistical Analysis System）軟體中之 FREQ Procedure，依地理來源分別建立種原分布於各性狀等級間之頻度分布表（table of frequency distribution）。並計算 Shannon—Weaver 歧異指數（diversity index; H'）[13,15,16,19]以估計各性狀或各不同地理來源間種原的遺傳歧異程度，其估計方法如下：

$$H' = -\sum_{i=1}^{n} P_i \log_2 P_i$$

表 1. 分布於各地理來源之綠豆種原數目及所占頻度(%)

Table 1. Number and frequency(%)of mungbean accessions by geographic origin

Code identifiers	Region/Country	Number of accessions	Frequency (%)
A	Southwestern Asia and Middle East	1,199	21.19
1	AFGHANISTAN	281	4.97
2	IRAN	629	11.12
3	IRAQ	4	0.07
4	PAKISTAN	261	4.61
5	TURKEY	24	0.42
C	Southern Asia	2,728	48.22
9	INDIA	2,698	47.69
10	SRILANK	24	0.42
11	BANGLADESH	6	0.11
D	Southeastern Asia and Indochina	762	13.47
7	HONGKONG	20	0.35
8	TAIWAN	47	0.83
12	INDONESIA	76	1.34
13	MALAYSIA	3	0.05
14	PHILIPPINES	340	6.01
15	THAILAND	240	4.24
16	VIETNAM	27	0.48
17	MYANMAR (BURMA)	9	0.16
E	Northern Asia and Northeastern Asia	170	3.01
6	CHINA	24	0.42
18	JAPAN	3	0.05
19	KOREA	139	2.46
20	USSR	4	0.07
G	The Americas and West Indies	182	3.22
21	ARGENTINA	3	0.05
22	BRAZIL	5	0.09
23	ECUADOR	1	0.02
24	GUYANA	1	0.02
25	PERU	4	0.07
26	SURINAM	1	0.02
27	CANADA	2	0.04
28	U.S.A	153	2.70
29	MEXICO	2	0.04
30	GUATEMALA	8	0.14
34	CUBA	1	0.02
35	TRINIDAD	1	0.02
J	Australia and Islands of the Pacific	133	2.35
31	AUSTRALIA	127	2.25
32	FIJI	3	0.05
33	GUAM	3	0.05
M	Africa	77	1.36
36	ETHIOPIA	3	0.05
37	KENYA	10	0.18
38	SOMALIA	1	0.02
39	TANZANIA	1	0.02
40	GHANA	2	0.04
41	NIGERIA	32	0.57
42	SENEGAL	1	0.02
43	CONGO	3	0.05
44	IVORY COAST	10	0.18
45	MADAGASCAR	12	0.21
46	SOUTH AFRICA	2	0.04
O	Northwestern Europe	112	1.98
47	FRANCE	29	0.51
48	DENMARK	2	0.04
49	NETHERLANDS	39	0.69
50	ENGLAND	42	0.74
P	UNKNOWN	294	5.20
Total		5,657	100

表 2. 綠豆種原外形性狀調查之定義

Table 2. Definitions of morphological traits for characterization of mungbean accessions.

Code	Characteristic definition
C1	Hypocotyl color 1=Green 2=Greenish purple 3=Red
C2	Primary leaf length(cm) the average of ten leaves
C3	Primary leaf width(cm) the average of ten leaves
C4	Primary leaf shape[Length(L)/Width(W)] 1=Reniform(L/W<1)2=Orbicular(1<L/W<2)3=Elliptic(2<L/W<3) 4=Lanceolate(L/W>3)
C5	Growth habit 1=Erect 2=Semi—erect 3=Spreading
C6	Lodging 1=None 2=Slight 3=Moderate 4=Severe 5=Very severe
C7	Plant heigth(cm)at flowering in spring the average of ten plants
C8	Plant height(cm)at flowering in fall the average of ten plants
C9	Plant height(cm)at maturation in spring the average of ten plants
C10	Plant height(cm)at maturation in fall the average of ten plants
C12	Color of basal petiole 1=Green 2=Purple 3=Dark purple
C13	Leaf pubescence density 0=None 1=Few 2=Moderate 3=Many
C14	Leaf pubescence length 1=Short 2=Medium
C15	Days to flowering(50% of plants)in spring
C16	Days to flowering(50% of plants)in fall
C17	Raceme position 1=Upper(most above canopy) 2=Intermediate 3=Low(no pod visible above canopy)
C18	Number of flower clusters per plant the average of ten plants
C21	Calyx color 1=Green 2=Greenish purple 3=Purple
C22	Number of pods per plant the average of ten plants
C23	Pod length(cm) the average of ten plants
C24	Pod color at maturity 1=Straw 2=Tan 3=Brown 4=Black 5=Others
C25	Pod pubescence density 1=Few 2=Moderate 3=Many
C26	Pod pubescence color 1=Gray 2=Light brown 3=Brown
C27	Pod pubescence length 1=Short 2=Medium 3=Long
C28	Days to maturation(50% of plants)in spring
C29	Days to maturation(50% of plants)in fall
C30	Seeds per pod in spring the average of ten pods
C31	Seeds per pod in fall the average of ten pods
C32	Seed coat color 1=Green 2=Yellow 3=Brown 4=Black
C33	Luster on seed surface A=Shiny B=Dull
C34	Mottling on seed coat M=Mottled P=Plain

n：性狀等級數

P_i：第 i 個性狀等級下的種原頻度

所得之 H'估值皆除以 $\log_2 n$ 以進行標準化，使 H'值介於 0 到 1 之間。

由於歧異指數之計算係以分布在各性狀等級下的種原頻度爲依據，當歧異指數很低時即表示種原具有極端集中分布於某少數性狀等級的現象，即其性狀表現欠缺遺傳歧異；反之，當歧異指數高時即表示在各不同性狀等級下的種原分布較爲均勻，顯示就總體而言具有較高的遺傳歧異程度。

二、測度性狀之遺傳歧異分析

採用 SAS 軟體中之 SORT Procedure 與 MEANS Procedure，依各地理區域與各來源國家分別計算其測度性狀之極小、極大值與平均值，以描述此綠豆種原保存中各性狀在不同地理分布下之情況；並計算變異係數（coefficient of variation, CV）以比較各測度性狀分布在各不同地理區域與來源國家中的變異程度。繪圖部份係採 SigmaPlot 軟體進行，以期使分析結果更清晰與方便閱讀。另又採用 SAS 軟體之 General Linear Model（GLM）Procedure 進行變方分析以檢定各測度性狀於各不同地理區域與來源國家之分布是否存有顯著差異。

三、性狀間相關分析

測度性狀採用 SAS 軟體中之 CORR Procedure 進行簡單相關分析及其顯著性測驗；等級性狀則採用 FREQ Procedure 中「TABLES / CHISQ」選項進行皮爾森卡方獨立性檢定（Pearson Chi—square test for independence）。

結果與討論

一、等級性狀之地理分布與遺傳歧異分析

表 3 顯示由各不同地理來源所搜集到的種原，各性狀等級間的分布頻度不同，顯見起源於印度的綠豆，經由廣泛的傳播與栽培，目前分布在各不同地理來源的種原，已因農業環境或人爲選拔等因素的影響產生了性狀表現上的分歧現象。以各區域種原所具有的多型性而言，南亞區域（區域代號 C）的種原呈現最多的多型性，在全部 16 個等級性狀下的所有等級中，僅欠缺不具葉片絨毛的種原，而南亞諸國中又以印度種原的多型性爲最多，顯示長久以來雖然綠豆的傳播與栽培已廣佈全世界，但起源地印度仍具有最豐富的種原多型性。多型性次之的區域依序爲東南亞與中南半島（印度支那）區域、西南亞與中東區域、美洲與西印度群島區域、大洋洲、北歐、非洲、北亞與東北亞區域，由此結果顯示了目前在綠豆栽培面積和生產量均占世界 50 %以上的亞洲地區，其所具有的種原多型性大都較世界其它區域爲多；不過值得注意的另一個結果是北亞與東北亞區域諸國（中國大陸、日本、韓國、蘇俄）的種原多型性最低，但這些國家也是長久以來綠豆的重要利用栽培國家，是否由於在這些地區種原搜集的努力不夠（由表 1 種原頻度僅佔 3.01 %），亦或這些地區已經由農業環境或人爲選拔因素等篩選作用造成了種原多型性較低？此點值得再深入探討以及作爲日後擬定後續種原採集與利用計畫的考量因素之一。

Shannon—Weaver 歧異指數（H'）[13,15,16,19]之估算係用以比較各性狀或各不同地理來源之間種原歧異程度大小的差異（表 4）。就各性狀間的遺傳歧異程度而言，由表 4「World」（全球）欄位顯示，此一全球綠豆種原收集中各性狀表現的歧異程度不同，歧異指數範圍爲 0.079～0.999，其中歧異程度最高的性狀爲種皮光澤（C33），其歧異指數爲 0.999，再由表 3 整個世界種原保存的頻度分布發現，油綠（等級 A = Shiny）與粉綠（等級 B = Dull）種原約各占 50 %。歧異程度次之的性狀依序爲成熟莢色（C24）、莢絨毛色（C26）、莢絨毛密度（C25）、莢絨毛長（C27）與倒伏性（C6）（表 4），以上這些性狀中種原均勻分布於各性狀等級間的現象爲依序遞減，然於各等級間偏歪的頻度分布現象仍尚緩和（表 3）；而歧異程度再次之的種皮花紋（C34）、胚莖色（C1）、花序位置（C17）、初生

表 3. 各地理來源等級性狀之頻度分布

Table 3. Phenotypic frequency distribution (%) based geographic origin

Origin	Traits	C1			C4				C5			C6					C12			C13				C14		C17		
		1	2	3	1	2	3	4	1	2	3	1	2	3	4	5	1	2	3	0	1	2	3	1	2	1	2	3
A		4.02	95.17	0.80	—	—	34.05	65.95	85.79	10.99	3.22	38.32	29.91	23.36	5.61	2.80	1.08	98.92	—	—	78.55	17.96	3.49	98.39	1.61	14.29	83.81	1.90
	1	3.03	94.95	2.02	—	—	38.38	61.62	76.77	15.15	8.08	36.59	24.39	29.27	9.76	—	1.01	98.99	—	—	76.77	20.20	3.03	98.99	1.01	17.07	82.93	—
	2	1.85	97.69	0.46	—	—	28.24	71.76	90.28	8.80	0.93	31.03	37.93	24.14	3.45	3.45	0.93	99.07	—	—	78.24	17.59	4.17	98.61	1.39	10.71	89.29	—
	3	—	100.00	—	—	—	100.00	—	100.00	—	—	—	50.00	50.00	—	—	—	100.00	—	—	50.00	50.00	—	50.00	50.00	—	100.00	—
	4	15.56	84.44	—	—	—	44.44	55.56	86.67	13.33	—	40.00	32.00	20.00	4.00	4.00	2.27	97.73	—	—	86.67	11.11	2.22	97.78	2.22	16.67	83.33	—
	5	9.09	90.91	—	—	—	54.55	45.45	72.73	9.09	18.18	70.00	20.00	—	—	10.00	—	10.00	—	—	72.73	27.27	—	100.00	—	100.00	70.00	20.00
C		22.69	77.11	0.20	—	0.10	49.05	50.85	91.33	7.17	1.49	52.85	20.08	17.97	8.25	0.85	2.12	97.68	0.20	—	66.40	26.02	7.58	97.11	2.89	22.81	75.91	1.28
	9	22.61	77.19	0.20	—	0.10	49.04	50.86	91.35	7.14	1.51	52.99	19.87	18.16	8.33	0.64	1.94	97.86	0.20	—	66.26	26.08	7.65	97.18	2.82	23.01	75.70	1.29
	10	40.00	60.00	—	—	—	80.00	20.00	80.00	20.00	—	50.00	25.00	—	—	25.00	40.00	60.00	—	—	80.00	20.00	—	80.00	20.00	—	100.00	—
	11	20.00	80.00	—	—	—	20.00	80.00	100.00	—	—	—	100.00	—	—	—	—	100.00	—	—	80.00	20.00	—	100.00	—	—	100.00	—
D		18.27	80.77	0.96	—	0.48	72.60	26.92	92.82	4.78	2.39	72.30	19.59	4.05	4.05	—	9.13	90.38	0.48	—	58.85	25.36	15.79	95.22	4.78	8.84	86.39	4.76
	7	—	100.00	—	—	—	50.00	50.00	100.00	—	—	100.00	—	—	—	—	—	100.00	—	—	66.67	16.67	16.67	100.00	—	20.00	80.00	—
	8	—	92.31	7.69	—	—	69.23	30.77	100.00	—	—	100.00	—	—	—	—	—	100.00	—	—	46.15	15.38	38.46	84.62	15.38	—	100.00	—
	12	14.29	85.71	—	—	—	78.57	21.43	92.86	7.14	—	76.92	23.08	—	—	—	—	100.00	—	—	64.29	21.43	14.29	100.00	—	—	92.31	7.69
	13	—	100.00	—	—	—	—	—	100.00	—	—	—	—	—	—	—	—	100.00	—	—	100.00	—	—	100.00	—	—	—	—
	14	28.57	71.43	—	—	—	80.95	19.05	88.68	6.60	4.72	66.32	24.21	3.16	6.32	—	16.04	83.96	—	—	54.72	28.30	16.98	97.17	2.83	10.64	85.11	4.26
	15	8.20	90.16	1.64	—	1.64	60.66	37.70	98.36	1.64	—	88.00	8.00	4.00	—	—	3.33	95.00	1.67	—	60.66	27.87	11.48	91.80	8.20	8.00	84.00	8.00
	16	33.33	66.67	—	—	—	100.00	—	100.00	—	—	—	50.00	50.00	—	—	—	100.00	—	—	100.00	—	—	100.00	—	—	100.00	—
	17	—	100.00	—	—	—	—	40.00	80.00	20.00	—	50.00	—	50.00	—	—	—	100.00	—	—	100.00	—	—	100.00	—	—	100.00	—
E		15.91	84.09	—	—	—	77.27	22.23	95.45	—	4.55	66.67	16.67	16.67	—	—	9.09	90.91	—	—	75.00	20.45	4.55	100.00	—	—	100.00	—
	6	—	100.00	—	—	—	100.00	—	50.00	—	50.00	100.00	—	—	—	—	—	100.00	—	—	75.00	—	25.00	100.00	—	—	100.00	—
	18	—	100.00	—	—	—	—	100.00	100.00	—	—	—	—	—	—	—	—	100.00	—	—	—	100.00	—	100.00	—	—	—	—
	19	19.44	80.56	—	—	—	80.56	19.44	100.00	—	—	75.00	25.00	—	—	—	11.11	88.89	—	—	75.00	22.22	2.78	100.00	—	—	100.00	—
	20	—	100.00	—	—	—	33.33	66.67	100.00	—	—	—	—	100.00	—	—	—	100.00	—	—	100.00	—	—	100.00	—	—	100.00	—
G		8.20	91.80	—	—	—	60.66	39.34	72.13	22.95	4.92	62.07	13.79	20.69	3.45	—	3.28	96.72	—	—	70.49	24.59	4.92	98.36	1.64	3.45	93.10	3.45
	21	—	100.00	—	—	—	—	100.00	100.00	—	—	—	—	—	—	—	—	100.00	—	—	100.00	—	—	100.00	—	—	—	—
	22	—	100.00	—	—	—	100.00	—	75.00	25.00	—	100.00	—	—	—	—	—	—	—	—	100.00	—	—	100.00	—	33.33	66.67	—
	23	—	100.00	—	—	—	—	100.00	100.00	—	—	—	—	—	—	—	—	100.00	—	—	—	100.00	—	100.00	—	—	—	—
	25	—	100.00	—	—	—	—	100.00	100.00	—	—	—	—	—	—	100.00	—	100.00	—	—	—	100.00	—	100.00	—	—	—	—
	28	9.80	90.20	—	—	—	60.78	39.22	70.59	23.53	5.88	62.50	12.50	20.83	4.17	—	3.92	96.08	—	—	68.63	25.49	5.88	98.04	1.96	—	95.83	4.17
	30	—	100.00	—	—	—	66.67	33.33	66.67	33.33	—	—	50.00	50.00	—	—	—	100.00	—	—	100.00	—	—	100.00	—	—	100.00	—
J		17.14	74.29	8.57	—	—	85.71	14.29	97.14	2.86	—	64.52	12.90	16.13	6.45	—	2.86	97.14	—	—	77.14	22.86	—	97.14	2.86	—	90.00	10.00
	31	17.65	73.53	8.82	—	—	85.29	14.71	97.06	2.94	—	66.67	13.33	16.67	3.33	—	2.94	97.06	—	—	76.47	23.53	—	97.06	2.94	—	89.66	10.34
	33	—	100.00	—	—	—	100.00	—	100.00	—	—	—	—	—	100.00	—	—	100.00	—	—	100.00	—	—	100.00	—	—	100.00	—
M		14.29	85.71	—	—	—	42.86	57.14	85.71	9.52	4.76	71.43	14.29	14.29	—	—	4.76	95.24	—	—	61.90	38.10	—	100.00	—	14.29	85.71	—
	36	—	100.00	—	—	—	—	100.00	—	—	100.00	—	—	—	—	—	—	100.00	—	—	100.00	—	—	100.00	—	—	—	—
											0																	
	37	—	100.00	—	—	—	50.00	50.00	100.00	—	—	—	—	—	—	—	—	100.00	—	—	50.00	50.00	—	100.00	—	—	—	—
	38	—	100.00	—	—	—	100.00	—	100.00	—	—	—	—	—	—	—	—	100.00	—	—	100.00	—	—	100.00	—	—	—	—
	41	37.50	62.50	—	—	—	37.50	62.50	100.00	—	—	100.00	—	—	—	—	12.50	87.50	—	—	50.00	50.00	—	100.00	—	—	100.00	—
	43	—	100.00	—	—	—	100.00	—	100.00	—	—	—	—	100.00	—	—	—	100.00	—	—	—	100.00	—	100.00	—	100.00	—	—
	44	—	100.00	—	—	—	33.33	66.67	100.00	—	—	66.67	33.33	—	—	—	—	100.00	—	—	33.33	66.67	—	100.00	—	—	100.00	—
	45	—	100.00	—	—	—	40.00	60.00	60.00	40.00	—	100.00	—	—	—	—	—	100.00	—	—	100.00	—	—	100.00	—	—	100.00	—
O		5.00	95.00	—	2.50	—	90.00	7.50	95.00	2.50	2.50	50.50	40.40	—	10.00	—	2.50	97.50	—	2.50	80.00	7.50	10.00	100.00	—	10.00	90.00	—
	47	—	100.00	—	—	—	100.00	—	100.00	—	—	50.00	40.00	—	10.00	—	—	100.00	—	—	66.67	16.67	16.67	100.00	—	10.00	90.00	—
	48	—	100.00	—	—	—	100.00	—	100.00	—	—	—	—	—	—	—	—	100.00	—	—	100.00	—	—	100.00	—	—	—	—
	49	—	95.00	—	—	—	85.00	15.00	95.00	5.00	—	—	—	—	—	—	—	100.00	—	—	100.00	—	—	100.00	—	—	—	—
	50	14.29	85.71	—	14.29	—	85.71	—	85.71	—	14.29	—	—	—	—	—	14.29	85.71	—	14.29	42.86	14.29	28.57	—	—	—	—	—
	World	13.19	85.49	1.32	0.31	0.07	64.07	35.55	89.42	7.60	2.98	59.76	20.93	14.13	4.72	0.46	4.35	95.56	0.09	0.31	71.04	22.86	5.79	98.28	1.72	9.21	88.12	2.67

Table 3. Continued

Origin \ Traits	C21			C24					C25			C26			C27			C32				C33		C34	
	1	2	3	1	2	3	4	5	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	4	A	B	M	P
A	1.61	98.12	0.27	1.87	23.36	47.66	23.36	3.74	0.93	14.95	84.11	—	51.40	48.60	56.07	42.06	1.87	8.75	21.75	1.33	68.18	55.70	44.30	25.82	74.18
1	1.01	98.99	—	2.44	31.71	43.90	19.51	2.44	—	4.88	95.12	—	43.90	56.10	65.85	34.15	—	13.13	17.17	2.02	67.68	62.63	37.37	5.62	94.38
2	1.85	98.15	—	—	27.59	58.62	13.79	—	3.45	6.90	89.66	—	55.17	44.83	55.17	41.38	3.45	7.29	26.82	0.45	65.46	52.27	47.73	17.66	82.34
3	—	100.00	—	—	—	50.00	50.00	—	—	50.00	50.00	—	50.00	50.00	50.00	50.00	—	50.00	—	—	50.00	—	100.00	—	100.00
4	2.27	97.73	—	4.00	12.00	44.00	36.00	4.00	—	24.00	76.00	—	52.00	48.00	60.00	40.00	—	4.44	13.33	4.44	77.77	57.78	42.22	2.36	97.64
5	—	90.91	9.09	—	10.00	40.00	30.00	20.00	—	50.00	50.00	—	70.00	30.00	10.00	80.00	10.00	9.09	—	—	90.91	63.64	36.36	0.18	99.72
C	4.98	93.53	1.49	0.21	5.71	52.01	36.79	5.29	4.67	26.33	69.00	4.03	57.11	38.85	46.71	51.80	1.49	10.64	8.39	3.22	77.76	51.61	48.39	56.43	43.57
9	4.92	93.57	1.51	0.21	5.77	52.14	36.75	5.13	4.50	26.34	69.16	4.07	56.96	38.97	46.47	52.03	1.50	10.74	8.38	3.06	77.83	51.72	48.28	55.98	44.02
10	25.00	75.00	—	—	—	25.00	50.00	25.00	33.33	33.33	33.33	—	100.00	—	66.67	33.33	—	—	—	20.00	80.00	60.00	40.00	0.09	99.91
11	—	100.00	—	—	—	100.00	—	—	—	—	100.00	—	—	100.00	100.00	—	—	—	20.00	20.00	60.00	20.00	80.00	0.36	99.64
D	10.19	89.81	—	13.51	3.38	22.97	43.24	16.89	13.89	33.33	52.78	3.47	51.39	45.14	47.22	49.31	3.47	1.90	3.33	11.90	82.86	59.52	40.48	6.34	93.66
7	—	100.00	—	40.00	20.00	20.00	—	20.00	20.00	80.00	—	—	20.00	80.00	80.00	20.00	—	—	—	—	100.00	83.33	16.67	0.18	99.82
8	7.69	92.31	—	—	—	—	33.33	66.67	—	100.00	—	16.67	66.67	16.67	16.67	83.33	—	7.69	7.69	—	84.62	38.46	61.54	0.63	99.37
12	—	100.00	—	7.69	—	7.69	76.92	7.69	—	16.67	83.33	—	33.33	66.67	50.00	50.00	—	—	14.29	—	85.71	14.29	85.71	0.18	99.82
13	—	100.00	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	100.00	100.00	—	0.09	99.91
14	17.92	82.08	—	7.37	4.21	28.42	45.26	14.74	15.22	28.26	56.52	4.35	56.52	39.13	36.96	58.70	4.35	—	3.74	18.69	77.57	64.49	35.51	1.36	98.64
15	1.67	98.33	—	40.00	—	12.00	28.00	20.00	20.00	40.00	40.00	—	48.00	52.00	76.00	20.00	4.00	4.92	—	6.56	88.52	69.93	36.07	3.53	96.47
16	—	100.00	—	—	—	50.00	50.00	—	—	—	100.00	—	50.00	50.00	100.00	—	—	—	—	—	100.00	33.33	66.67	0.09	99.91
17	—	100.00	—	—	—	50.00	50.00	—	—	—	100.00	—	—	100.00	100.00	—	—	—	—	20.00	80.00	60.00	40.00	0.27	99.73
E	13.64	86.36	—	16.67	16.67	—	66.67	—	—	66.67	33.33	—	83.33	16.67	33.33	66.67	—	—	11.36	—	88.64	20.45	79.55	3.44	96.56
6	—	100.00	—	100.00	—	—	—	—	—	100.00	—	—	100.00	—	100.00	—	—	—	25.00	—	75.00	25.00	75.00	0.27	99.73
18	—	100.00	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	100.00	100.00	—	0.09	99.91
19	16.67	83.33	—	—	—	—	100.00	—	—	50.00	50.00	—	75.00	25.00	25.00	75.00	—	—	8.33	—	91.67	13.89	86.11	2.90	97.10
20	—	100.00	—	—	100.00	—	—	—	—	100.00	—	—	100.00	—	—	100.00	—	—	33.33	—	66.67	66.67	33.33	0.18	99.82
G	4.92	95.08	—	3.45	27.59	20.69	37.93	10.34	3.45	20.69	75.86	3.45	48.28	48.28	58.62	41.38	—	1.64	11.48	1.64	85.25	54.10	45.90	2.99	97.01
21	—	100.00	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	100.00	100.00	—	0.09	99.91
22	—	100.00	—	—	33.33	33.33	—	33.33	—	66.67	33.33	—	100.00	—	66.67	33.33	—	25.00	—	25.00	50.00	50.00	50.00	0.09	99.91
23	—	100.00	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	100.00	100.00	—	0.09	99.91
25	—	100.00	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	100.00	—	100.00	0.09	99.91
28	5.88	94.12	—	4.17	25.00	20.83	41.67	8.33	4.17	12.50	83.33	4.17	41.67	54.17	62.50	37.50	—	—	13.73	—	86.27	52.94	47.06	2.54	97.46
30	—	100.00	—	—	50.00	—	50.00	—	—	50.00	50.00	—	50.00	50.00	—	100.00	—	—	—	—	100.00	66.67	33.33	0.09	99.91
J	15.63	84.37	—	—	6.45	12.90	67.74	12.90	3.33	23.33	73.33	3.33	53.33	43.33	66.67	30.00	3.33	2.86	5.71	11.43	80.00	54.29	45.71	0.63	99.37
31	16.13	83.87	—	—	6.67	13.33	66.67	13.33	3.45	24.14	72.41	3.45	51.72	44.83	68.97	27.59	3.45	2.94	5.88	11.76	79.41	52.94	47.06	0.54	99.46
33	—	100.00	—	—	—	—	100.00	—	—	—	100.00	—	100.00	—	—	100.00	—	—	—	—	100.00	100.00	—	0.09	99.91
M	—	100.00	—	—	—	42.86	42.86	14.29	14.29	—	85.71	14.29	57.14	28.57	28.57	71.43	—	4.55	—	9.09	86.36	59.09	40.91	1.54	98.46
36	—	100.00	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	100.00	100.00	—	0.09	99.91
37	—	100.00	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	100.00	—	100.00	0.18	99.82
38	—	100.00	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	100.00	100.00	—	0.09	99.91
41	—	100.00	—	—	—	—	100.00	—	—	—	100.00	—	—	100.00	100.00	—	—	—	—	25.00	75.00	75.00	25.00	0.72	99.28
43	—	100.00	—	—	—	—	100.00	—	—	—	100.00	—	100.00	—	—	100.00	—	—	—	—	100.00	—	100.00	—	100.00
44	—	100.00	—	—	—	66.67	—	33.33	33.33	—	66.67	33.33	33.33	33.33	—	100.00	—	—	—	—	100.00	33.33	66.67	0.09	99.91
45	—	100.00	—	—	—	50.00	50.00	—	—	—	100.00	—	100.00	—	50.00	50.00	—	20.00	—	—	80.00	60.00	40.00	0.27	99.73
46	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	100.00	100.00	—	0.09	99.91
O	10.00	90.00	—	10.00	—	—	70.00	20.00	—	30.00	70.00	10.00	20.00	70.00	90.00	10.00	—	12.20	14.63	—	73.17	58.54	41.46	2.81	97.19
47	8.33	91.67	—	10.00	—	—	70.00	20.00	—	30.00	70.00	10.00	20.00	70.00	90.00	10.00	—	—	8.33	—	91.67	41.67	58.83	0.18	99.72
48	—	100.00	—	—	—	—	—	—	—	30.00	70.00	10.00	20.00	70.00	90.00	10.00	—	—	—	—	100.00	100.00	—	0.09	99.91
49	10.00	90.00	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	23.81	23.81	—	52.38	61.90	38.10	1.90	98.10
50	14.29	85.71	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	100.00	71.43	28.57	0.63	99.37
World	7.62	92.16	0.22	5.71	10.40	24.89	48.57	10.43	5.07	26.91	68.02	4.82	52.75	42.43	53.40	45.33	1.27	5.32	9.58	4.83	80.27	51.66	48.34	12.50	87.50

表 4. 各地理來源等級性狀之 Shannon—Weaver 歧異指數（H'）

Table 4. Estimates of the Shannon—Weaver diversity index（H'）by geographic origin.

Origin \ Traits	C1	C4	C5	C6	C12	C13	C14	C17	C21	C24	C25	C26	C27	C32	C33	C34
A	0.196	0.463	0.441	0.826	0.054	0.444	0.075	0.456	0.092	0.764	0.431	0.631	0.695	0.623	0.991	0.824
1	0.213	0.480	0.630	0.807	0.051	0.456	0.051	0.416	0.051	0.762	0.177	0.624	0.584	0.658	0.953	0.312
2	0.111	0.429	0.318	0.812	0.048	0.455	0.067	0.310	0.084	0.585	0.363	0.626	0.737	0.610	0.999	0.673
3	0	0	0	0.431	0	0.500	0.631	0	0	0.431	0.631	0.631	0.631	0.500	0	0
4	0.394	0.496	0.357	0.814	0.099	0.327	0.097	0.410	0.099	0.771	0.502	0.630	0.613	0.534	0.982	0.161
5	0.277	0.497	0.691	0.498	0	0.423	0	0.730	0.277	0.795	0.631	0.556	0.582	0.220	0.946	0.020
C	0.500	0.505	0.304	0.754	0.107	0.590	0.119	0.548	0.250	0.646	0.683	0.743	0.691	0.543	0.999	0.988
9	0.499	0.505	0.304	0.750	0.100	0.591	0.117	0.551	0.249	0.645	0.679	0.745	0.691	0.540	0.999	0.990
10	0.613	0.361	0.455	0.646	0.613	0.361	0.455	0	0.512	0.646	1	0	0.579	0.361	0.971	0.010
11	0.455	0.361	0	0	0	0.361	0	0	0	0	0	0	0	0.685	0.722	0.034
D	0.480	0.441	0.276	0.506	0.305	0.686	0.175	0.442	0.300	0.861	0.890	0.744	0.746	0.431	0.974	0.341
7	0	0.500	0	0	0	0.626	0	0.455	0	0.828	0.455	0.455	0.455	0	0.650	0.019
8	0.247	0.445	0	0	0	0.730	0.391	0	0.247	0.395	0	0.790	0.410	0.387	0.961	0.055
12	0.373	0.375	0.234	0.336	0	0.644	0	0.247	0	0.493	0.410	0.579	0.631	0.296	0.592	0.019
13	0	—	0	—	0	0	0	—	0	—	—	—	—	0	0	0.010
14	0.545	0.351	0.391	0.559	0.401	0.713	0.117	0.464	0.428	0.823	0.879	0.752	0.744	0.457	0.939	0.104
15	0.333	0.533	0.076	0.275	0.210	0.655	0.258	0.501	0.077	0.807	0.960	0.630	0.600	0.314	0.891	0.220
16	0.579	0	0	0.431	0	0	0	0	0	0.431	0	0.631	0	0	0.918	0.010
17	0	0.485	0.455	0.431	0	0	0	0	0	0.431	0	0	0	0.361	0.971	0.027
E	0.399	0.385	0.168	0.539	0.277	0.491	0	0	0.363	0.539	0.579	0.410	0.579	0.255	0.731	0.216
6	0	0	0.631	0	0	0.406	0	0	0	0	0	0	0	0.406	0.811	0.027
18	0	0	0	—	0	0	0	—	0	—	—	—	—	0	0	0.010
19	0.448	0.355	0	0.349	0.318	0.469	0	0	0.410	0	0.631	0.512	0.512	0.207	0.581	0.189
20	0	0.459	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.459	0.918	0.019
G	0.258	0.483	0.657	0.628	0.131	0.534	0.076	0.272	0.179	0.870	0.593	0.746	0.617	0.375	0.995	0.194
21	0	0	0	—	0	0	0	—	0	—	—	—	—	0	0	0.010
22	0	0	0.512	0	—	0	0	0.579	0	0.683	0.579	0	0.579	0.750	1	0.010
23	0	0	0	—	0	0	0	—	0	—	—	—	—	0	0	0.010
25	0	0	0	0	0	0	0	—	0	—	—	—	—	0	0	0.010
28	0.292	0.483	0.685	0.629	0.151	0.558	0.088	0.158	0.204	0.856	0.496	0.755	0.602	0.289	0.998	0.171
30	0	0.459	0.579	0.431	0	0	0	0	0	0.431	0.631	0.631	0	0	0.918	0.010
J	0.668	0.296	0.118	0.633	0.118	0.388	0.118	0.296	0.395	0.602	0.619	0.738	0.678	0.499	0.995	0.055
31	0.679	0.301	0.121	0.591	0.121	0.394	0.121	0.303	0.402	0.614	0.631	0.744	0.662	0.509	0.998	0.048
33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.010
M	0.373	0.493	0.456	0.495	0.174	0.479	0	0.373	0	0.624	0.373	0.870	0.545	0.350	0.976	0.115
36	0	0	0	—	0	0	0	—	0	—	—	—	—	0	0	0.010
37	0	0.500	0	—	0	0.500	0	—	0	—	—	—	—	0	0	0.019
38	0	0	0	—	0	0	0	—	0	—	—	—	—	0	0	0.010
41	0.602	0.477	0	0	0.343	0.500	0	0	0	0	0	0	0	0.406	0.811	0.062
43	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
44	0	0.459	0	0.395	0	0.459	0	0	0	0.395	0.579	1	0	0	0.918	0.010
45	0	0.485	0.613	0	0	0	0	0	0	0.431	0	0	0.631	0.361	0.971	0.027
46	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0	0	0.010
O	0.181	0.275	0.212	0.585	0.106	0.502	0	0.296	0.296	0.498	0.556	0.730	0.296	0.553	0.979	0.185
47	0	0	0	0.586	0	0.626	0	0.296	0.261	0.498	0.556	0.730	0.296	0.207	0.977	0.020
48	0	0	0	—	0	0	0	—	0	—	0.556	0.730	0.296	0	0	0.010
49	0.181	0.305	0.181	—	0	0	0	—	0.296	—	—	—	—	0.737	0.959	0.136
50	0.373	0.296	0.373	—	0.373	0.921	—	—	0.373	—	—	—	—	0	0.863	0.055
World	0.417	0.278	0.186	0.671	0.169	0.132	0.079	0.390	0.259	0.827	0.698	0.771	0.682	0.240	0.999	0.544

葉形（C4）、花萼色（C21）、種皮色（C32）、生長習性（C5）、葉柄基色（C12）、葉片絨毛密度（C13）、葉片絨毛長（C14）等性狀（表 4）則開始出現種原分布集中於某 1—2 個等級的現象（表 3）；歧異指數愈低則極端集中分布的現象愈顯著，最顯著的是葉片絨毛長這個性狀，有 98.28 %的種原集中在「短毛」這個性狀等級中（表 3）。

此外，由表 4 亦發現同一性狀在各不同地理來源區域或國家中的歧異程度不同，而同一地理來源中的歧異狀況也隨著性狀之不同而有異；至於歧異分布的頻度結構則詳如表 3。

因此，綜合表 3 與表 4 的統計分析，我們可以清楚地瞭解某一性狀或某一地理來源中的歧異程度及其歧異分布的結構，有關這樣洞悉種原地理分布與遺傳歧異的資訊分析結果是以往諸多有關綠豆種原收集的研究報告中[8,13,19,21,23,25,26]所未見的。以往探討綠豆種原收集之報告係多就自身單位或國家所保存的綠豆種原爲研究對象，針對各性狀之頻度分布進行敘述統計，主要目的僅在於提供育種家選擇育種材料之參考，並未就種原之地理分布與遺傳歧異度進行詳盡的分析探討；而本報告所選擇的研究對象係一具有全球代表性之種原收集，相較於以往報告所針對的種原收集範圍而言，預期本研究報告所得之資訊分析結果將更有助於綠豆育種家選擇材料及作爲制定未來種原收集策略的重要參考依據，至於針對種原遺傳歧異之地理分布的初探結果，更是後續一系列進行綠豆種原核心收集研究的重要基礎。

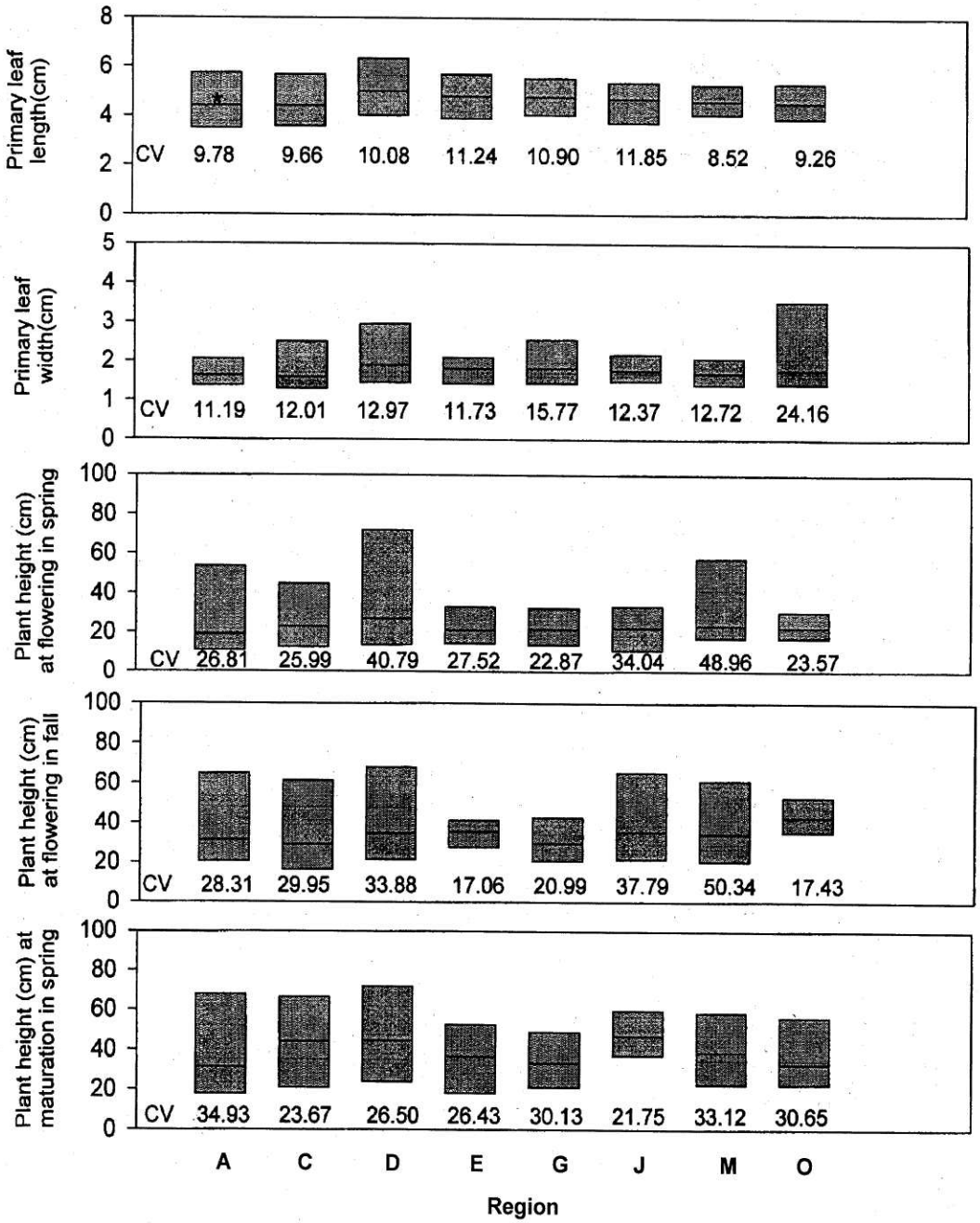
二、測度性狀之地理分布與遺傳歧異分析

由表 5 針對 15 個測度性狀進行變方分析的結果顯示，各性狀在不同地理來源區域（regions）的表現呈顯著差異，而來自於同一區域內各不同國家（countries within a region）的種原，其性狀表現也呈現顯著差異，顯見隨著綠豆長久以來的廣爲傳播與栽培，在測度性狀部份也如前述等級性狀一般，已因農業環境或人爲選種等因素的影響，在不同的地理來源間產生了外形上的歧異現象。然而，由於國家是屬於人爲的分界，並非自然環境下的地理分布現象，又本研究中各種原並未具有原始完整的採集地位置（locations）記錄，因此以下將僅就各來源區域間遺傳歧異之地理分布作探討。而各種原於不同來源區域中性狀表現的變域（由極小值至極大值），所有該區域內種原表現的性狀平均值，以及區域內各種原性狀表現的變異係數（CV）詳如圖 1。

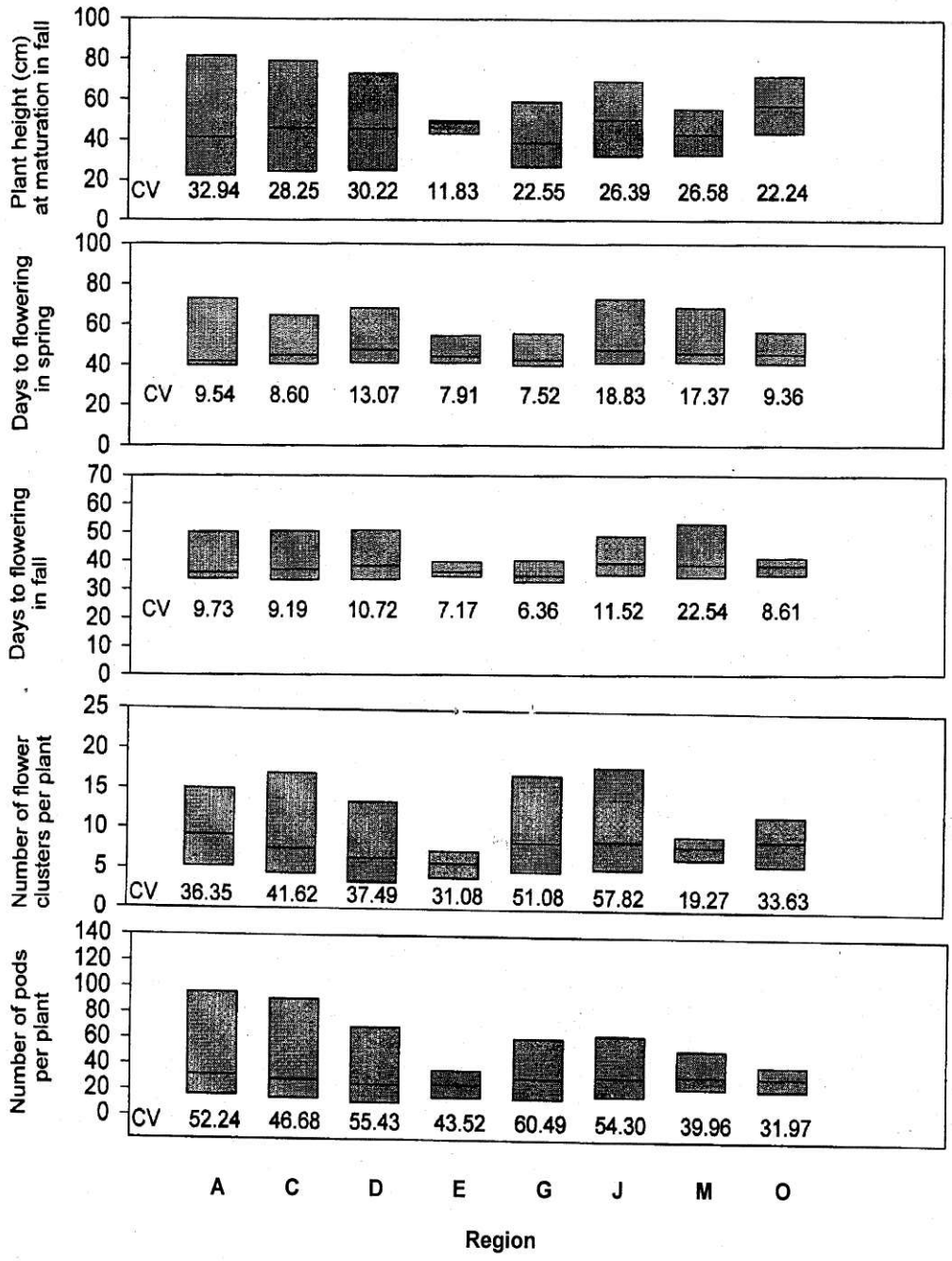
首先就各性狀於不同來源區域中性狀表現的變域與均值而言，圖 1 顯示同一性狀在各不同地理來源的表現不同。若只針對南亞區域（區域代號 C）的種原觀之，結果顯示除了莢長度、成熟日數（春作）、成熟日數（秋作）這三個性狀之外，南亞區域的種原在其它性狀上的表現並未能完全地涵括到最寬廣的性狀表現變域，也就是說有許多具有極端表現的種原出現在世界其它區域中，因此顯見只在同一個 Vavilov 所謂的綠豆歧異中心內加強搜集種原對於獲取最寬廣的種原歧異並不一定有效，因此建議以後應廣泛地由各不同地理區域或不同環境下進行種原之收集，以儘可能地拓寬種原歧異的範圍。此外，藉由圖 1 的資訊，育種學家可瞭解該種原保存中各性狀表現的範圍及其地理分布狀況，可提供作爲選取所須之育種材料，以及規劃後續引種或種原收集計畫之參考依據。再就種原的變異程度而言，經由變異係數之比較得知，同一性狀在各不同地理來源區域的變異程度不同，而各不同地理來源區域彼此間變異程度的排名趨勢也隨評估性狀之不同而各異。

以往有關綠豆種原收集的研究報告[8,13,19,21,23,25,26]，在測度性狀部份係多針對整個種原收集或依不同的種原來源國家進行性狀變域、平均值與變異係數的種原敘述統計，然本文前已述及由於國家是屬於人爲的分界，並非自然環境下的地理分布現象，因此本研究以一具有全球代表性的綠豆種原收集爲研究對象，針對各不同的地理來源，探討種原外形性狀遺傳歧異之地理分布，這是本文相較於過去有關綠豆種原收集之研究報告而言有較不同的特色，主要目的在於可提供作爲規劃後續引種或種原收集計畫之參考依據，而就種原管理而言，此研究結果更是作爲後續形成種原核心收集之研究基礎。

此外，由於綠豆的生長易受環境因素的影響，爲了瞭解季節效應所造成的影響，亞蔬中心的資料庫中，特別針對了開花株高、成熟株高、開花日數、成熟日數及每莢粒數這 5 個性狀分別進行了春作



(Continued on next page)



(Continued on next page)

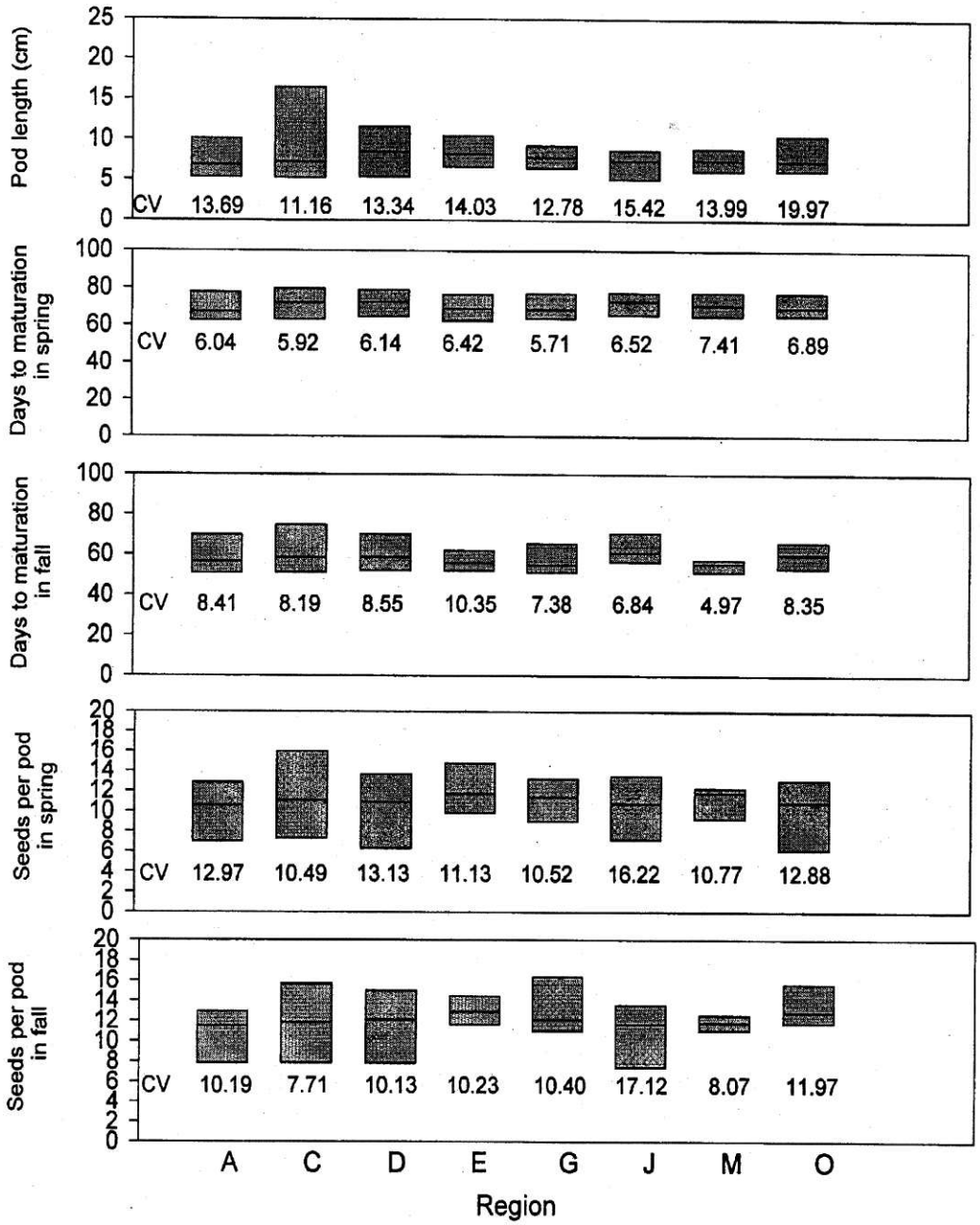


圖 1. 各不同地理來源測度性狀之變域、平均值與變異係數(CV)

Fig. 1. The ranges, means and coefficient of variation (CV)of numerical traits based on geographic origin. *The means

與秋作的調查紀錄。而經由圖 1 的研究結果的確發現同一批種原栽植於春作與秋作時的變異程度不同，以期作間之比較發現，一般而言每莢粒數、開花日數與成熟株高這 3 個性狀於春作時的 CV 值較高，而成熟日數則以秋作 CV 值較高，顯示被評估種原具有基因型與環境（期作）交感效應之存在；而不同來源區域的種原在春作與秋作的變異表現不同，且依性狀之不同而情況各異，推測此不但與種原地理來源所在的緯度有關，與種原所在的海拔高度及當地的栽培環境亦有關，然由於欠缺原始完整的採集地位置記錄，無法再作更詳細的討論。不過就種原的利用而言，由於綠豆屬短日照（光期）植物，對光期與溫度相當敏感，因此本研究結果可提供育種家參考，日後倘針對這幾個性狀進行育種改良計畫時，在選取育種材料時應再針對本省的栽培環境與耕作制度，就種原的適應性及變異性作更進一步地詳細評估，爲增加綠豆在不同環境的適應性，建議應選取在期作間表現較爲鈍感的種原爲宜。

三、性狀間相關分析

測度性狀間之簡單相關係數及其顯著性測驗結果如表 6，而等級性狀間皮爾森卡方獨立性檢定結果如表 7，結果顯示無論測度性狀或等級性狀，許多性狀彼此間存在著相當複雜的相關關係。此外，性狀間相關係數值很小，但顯著性測驗結果卻呈現顯著（$P < 0.05$）或極顯著（$P < 0.01$），這是由於參試樣品之自由度較大所致。

因此，倘若我們想要將全部 31 個性狀合併考量，企圖描繪出整個種原收集的遺傳歧異程度與結構，以進行後續種原核心收集的取樣研究工作時，由於性狀間存有複雜的相關關係，將使得取樣策略面臨挑戰，因此筆者認爲表 6 與表 7 性狀間相關性的分析結果所昭示的另一層非常重要的參考意義爲：在未來嘗試合併所有被調查的多個性狀企圖重建整個種原保存的遺傳歧異結構時，由於性狀間存在著複雜的相關關係，因此應考慮利用多變數統計分析方法中之「主成分分析」（Principal Component Analysis），找出幾個彼此互相「獨立」且又能儘量反映出原來多個變數中訊息量的「綜合指標」(主成分)，以簡化各觀測性狀數據間彼此依存的複雜關係。

誌 謝

本文稿承中研院植物所研究員暨臺大農藝系教授鄔宏潘老師詳加斧正，並承亞蔬中心黃永光先生協助收集相關性狀調查資料，謹此致謝。

引用文獻

1. 陳好款。1985。綠豆與黑豆種間與種內雜交之遺傳研究。國立臺灣大學農藝學研究所碩士論文。
2. 張德慈。1997。植物遺傳資源－未來植物生產的關鍵。臺灣省農業試驗所編印。臺中縣霧峰鄉。
3. 蔡文福。1988。紅豆、綠豆、花豆及蠶豆之生產研究。科學農業 36：173—179。
4. 蔡承良、黃慧穗。1994。綠豆。雜糧作物各論 II .油料類及豆類。1227—1266 頁。臺灣區雜糧發展基金會編印。
5. 盧守耕。1976。作物育種學導論。國立臺灣大學農學院編印。
6. Bogyo, T. P., E. Porceddu, and P. Perrino. 1980. Analyses of sampling strategies for the collection of genetic material. Econ. Bot. 34：160—174.
7. Brown, A. H. D. 1978. Isozymes, plant population genetic structure and genetic conservation. Theor. Appl. Genet.52：145—157.
8. David, C. S. T., Y. K. Huang, and Y. L. Chen. 1989. Germplasm catalog f mungbean [Vigna radiata（L.）Wilczek] and other Vigna species. AVRDC. Press, Tainan.
9. Doebley, J., J. D. Wendel, J. S. C. Smith, C.W. Stuber, and N. M.Goodman. 1988. The origin of cornbelt maize: the isozyme evidence. Econ. Bot. 42：120—131.
10. Erskine, W., Y. Adham, and L. Holly. 1989. Geographic distribution of variation in quantitative traits in a world lentil collection. Euphytica 43：97—103.
11. Frankel, O. H. 1984. Genetic perspective of germplasm conservation. pp. 161—170. In: W. K. Arber, K. Limensee, W. J. Peacock, and P. Stalinger（eds.）Genetic manipulation:impact on man and society. Cambridge University Press, Cambridge.

表 5. 測度性狀之變方分析

Table 5. Analyses of variance for numerical traits.

Source of variation	DF	Mean Squares														
		C2	C3	C7	C8	C9	C10	C15	C16	C18	C22	C23	C28	C29	C30	C31
Regions	7	15.2**	4.27**	1,830**	1,438**	7,465**	1,379**	1,140**	177**	139**	2,207**	83**	769**	332**	10.6**	8.0**
Countries within regions	30	0.44**	0.10**	314**	344**	557**	567**	177**	78**	20**	490**	3**	70**	119**	3.2**	2.5**

** Significant at p=0.01

表 6. 15 個測度性狀之相關係數及其顯著性測驗

Table 6. Correlation coefficient and its significant test among 15 numerical traits.

Traits	C3	C7	C8	C9	C10	C15	C16	C18	C22	C23	C28	C29	C30	C31
C2	0.792**	0.152**	0.056*	0.077**	− 0.071**	0.021	− 0.023	− 0.246**	− 0.196**	0.482**	− 0.082**	− 0.104**	0.051*	0.060*
C3		0.127**	0.063*	− 0.016	− 0.111**	0.040*	− 0.040	− 0.248**	− 0.209**	0.506**	− 0.113**	− 0.144**	0.019	0.043
C7			0.399**	0.540**	0.352**	0.608**	0.458**	− 0.074**	− 0.068**	0.246**	0.319**	0.373**	0.126**	0.214**
C8				0.295**	0.703**	0.405**	0.535**	0.225**	0.207**	0.218**	0.251**	0.403**	0.137**	0.282**
C9					0.516**	0.452**	0.439**	− 0.086**	0.014	0.202**	0.603**	0.533**	0.206**	0.208**
C10						0.383**	0.525**	0.221**	0.244**	0.052**	0.410**	0.643**	0.118**	0.318**
C15							0.597**	− 0.032	0.032	0.214**	0.607**	0.519**	0.064**	0.171**
C16								0.084**	0.022	0.099**	0.521**	0.770**	0.077**	0.191**
C18									0.579**	− 0.271**	0.083**	0.159**	− 0.023	− 0.111**
C22										− 0.223**	0.106**	0.117**	− 0.009	− 0.033
C23											0.123**	− 0.017	0.398**	0.368**
C28												0.549**	0.086**	0.098**
C29													0.007	0.176**
C30														0.308**

*,** Significant from 0 at p=0.05 and p=0.01, respectively

表 7. 16 個等級性狀間之相關係數及皮爾森卡方獨立性檢定結果

Table 7. Correlation coefficient and the Pearson Chi-square test for independence among 16 coded traits.

Traits	C4	C5	C6	C12	C13	C14	C17	C21	C24	C25	C26	C27	C32	C33	C34
C1	0.049	0.078**	0.122**	0.342**	0.074*	0.096**	0.537**	0.443**	0.094	0.071	0.070	0.422**	0.337**	0.140**	0.270**
C4		0.124**	0.083	0.306**	0.583**	0.578**	0.131**	0.115**	0.181**	0.092*	0.027	0.039	0.177**	0.140**	0.318**
C5			0.062	0.203**	0.176**	0.142**	0.121**	0.168**	0.135**	0.096**	0.039	0.117**	0.092	0.165**	0.225**
C6				0.094	0.114**	0.042	0.366**	0.068	0.177**	0.107*	0.078	0.115**	0.194**	0.112	0.141
C12					0.152**	0.106**	0.056	0.558**	0.129**	0.164**	0.037	0.099**	0.161**	0.091	0.131
C13						1.019**	0.044	0.151**	0.090	0.094**	0.225**	0.340**	0.133*	0.175**	0.163*
C14							0.031	0.090**	0.109**	0.108**	0.045	0.056	0.056	0.171**	0.098
C17								0.190**	0.172**	0.095**	0.044	0.260**	0.234**	0.081	0.074
C21									0.090	0.088*	0.067	0.163**	0.126**	0.093	0.125
C24										0.427**	0.307**	0.172**	0.186**	0.204**	0.243
C25											0.371**	0.110**	0.083	0.090	0.102
C26												0.446**	0.127	0.075	0.201
C27													0.240**	0.119	0.410**
C32														0.274**	0.777**
C30															2.162**

*,** Significant from 0 at P=0.05 and P=0.01, respectively.

12. Frankel, O. H., and M. E. Soule. 1981. Conservation and evolution. Cambridge University Press, New York.
13. He, X., T. He, Y. Xiong, and C. Jiao. 1998. Research and use of mungbean germplasm resources in Hubei, China. In:Mungbean , Proceedings of the Second International Symposium.AVRDC & IDRC Press, Taipei.
14. Holcomb, J., D. M. Tolbert, and S. K. Jain. 1977. A diversity analysis of genetic resources in rice. Euphytica 26 : 441—450.
15. Jain, H. K. and K. L. Mehra.1980. Evaluation, adaptation,relationship and cases of the species of Vigna cultivation in Asia. pp. 459—468. In: R. J. Summerfield and A. H.Bunting (eds.) Advances in Legume Science. Royal Botanical Garden, Kew.
16. Jain, S. K.,C. O. Qualset, G. M. Bhatt, and K. K. Wu. 1975.Geographical patterns of phenotypic diversity in a world collection of durum wheat. Crop Sci. 15 : 700—704.
17. Jain, S. K., and K. K. Wu. 1977. A note on germplasm diversity in the world collections of safflower. Econ. Bot. 31 : 72—75.
18. Negassa, M. 1985. Patterns of phenotypic diversity in an Ethiopian collection, and the Arussi—Dale Highland as a center of origin of barley. Hereditas 102 : 139—150.
19. Paroda, R. S., and T. A. Thomas. 1988. Genetic resources of mungbean (Vigna radiata (L.) Wilczek) in India.In: Mungbean,Proceedings of the Second International Symposium. AVRDC & IDRC Press, Taipei.
20. Peeters, J. P. 1988. The emergence of new centers of diversity: evidence from barley. Theor.Appl. Genet.76 : 179—245.
21. Sandhu, T. S., K. Singh, and B. Singh. 1998. Mungbean germplasm resources: evaluation and utilization. In:Mungbean, Proceedings of the Second International Symposium. AVRDC & IDRC Press, Taipei.
22. Shannon, C. E., and W. Weaver. 1949. The Mathematical Theory of Communication. Univ. Illinois Press, Urbana.
23. Siemonsma, J. S., and M. Anwari, 1988. Mungbean genetic resources in East Java, Indonesia. In:Mungbean,Proceedings of the Second International Symposium. AVRDC & IDRC Press, Taipei.
24. Spagnoletti, Z. P. L., and C. O. Qualset. 1987. Geographical diversity for quantitative spike characters in a world collection of durum wheat. Crop Sci. 27 : 235—241.
25. Srinives, P.1991. Mungbean breeding and genetic resources in Thailand. pp. 31—41. In: Proceedings of the Mungbean Meeting 90. Tropical Agriculture Research Center Press, Bangkok, Thailand.
26. Tomooka, N., C. Lairungreang, P. Nakeeraks, Y. Egawa, and C. Thavarasook.1991. Center of genetic diversity,dissemination pathways and landrace differentiation in mungbean. In: Proceedings of the Mungbean Meeting 90. Tropical Agriculture Research center Press, Bangkok, Thailand.
27. Vavilov, N. I. 1926. Studies on the Origin of Cultivated Plants. Trudy Nyuro Bikl. Bot. 16 : 139—248.
28. Vavilov, N. I. 1949—1950. The Origin, Variation, Immunity and Breeding of Cultivated Plants. Chron. Bot.13 : 1—364. (Translated from Russian by K.S. Chester.)
29. Witcombe, J. R. and M. M. Gilani. 1979. Variation in cereals from the Himalayas and the optimum strategy for sampling plant germplasm. J. Appl. Ecol. 16 : 633—640.

Geographic Distribution and Genetic Diversity for Morphological Characters in a World Germplasm Collection of Mungbean (*Vigna radiata* (L.) Wilczek) [1]

Shu Chen[2], Cheng Chen[3], Ming-Jen Fan[4] and Samson C. S. Tsou[5]

Summary

The objective of this study is to describe the distribution of morphological diversity based on geographic origin within the world collection of mungbeans. A total of 5,363 accessions from 50 countries grouped into 8 regions were analysed. In this study, the traits recorded by the absolute-value of measurement were called"numerical traits" ,and the traits expressed as states of descriptor were called "coded traits". Thirty-one traits comprising fifteen numerical traits and sixteen coded traits were evaluated. For coded traits, the phenotypic frequency distribution was different according to various geographic origin. The Southern Asia has the highest degree of polymorphism, and India was the most polymorphic country within the Southern Asia. The estimates of the Shannon-Weaver diversity index for the coded traits were variable among geographic origin, and the diversity within a region/country also varied, depending on the evaluated traits. As for numerical traits, the results of summary statistics showed differences among geographic regions in their ranges,means and coefficient of variation (CV) . Significant differences among geographic regions were observed for all traits. It is evident that the distribution of morphological diversity was different among various geographic region due to the agricultural environmental, and/or human-selection factor. Besides, complicated correlations existed among numerical and coded tratits.

Key words: Mungbean, Germplasm, Morphological traits, Genetic Diversity, Geographic distribution.

---

1. Contribution No. 1938 from Taiwan Agricultural Research Institute.
2. Assistant, Crop Genetic Resources Laboratory, TARI, and Graduate Student, Department of Agronomy, National Taiwan University, Taipei, ROC.
3. Professor, Department of Agronomy, National Taiwan University, Taipei, ROC.
4. Senior Agronomist and Head, Crop Genetic Resources Laboratory, TARI, Wufeng, Taichung,Taiwan, ROC.
5. Director, Asian Vegetable Research and Development Center, Shanhua, Tainan, Taiwan, ROC.