

国外绿豆种质资源农艺性状的遗传多样性分析

乔玲^{1,2,3}, 陈红霖³, 王丽侠³, 王素华³, 程须珍³, 张耀文¹

(¹山西省农业科学院, 太原 030031; ²山西农业大学, 太谷 030801; ³中国农业科学院作物科学研究所, 北京 100081)

摘要:以来自 15 个国家和地区的 352 份绿豆种质资源为材料, 评价其 5 个质量性状和 10 个数量性状的遗传变异水平。结果表明: 除美国等 5 个不同地区的 14 份材料未正常开花结荚外, 其余 338 份材料的农艺性状具丰富的遗传变异。其中质量性状中叶形和幼茎色的遗传多样性指数最高(0.69), 数量性状中荚长(2.08)和百粒重(2.07)的最高。UPGMA 聚类将 338 份参试材料分为 6 大类群, 各类群有其独特的性状特征, 其中第 5 类群早熟、矮秆、大粒, 可为杂交育种亲本选配提供理想亲本。亚蔬(Arc-AVRDC)(泰国)、菲律宾、印度、印度尼西亚、韩国、美国和俄罗斯等 7 个不同地理区域材料间具有显著的遗传变异, 其中俄罗斯的遗传多样性指数最高, 韩国最低; 印度尼西亚的生育期较短, 主茎节数、单荚粒数、单株荚数和单株产量最高, 属于早熟、大粒、高产的种质, 可以为我国新品种的选育提供基础材料; UPGMA 聚类可将这 7 个不同地理区域的材料划分为 3 类, 其中印尼和韩国的材料各被划分为一类, 其他 5 个国家聚为第 III 类, 群体间的性状表现与其地理来源有一定的关系。

关键词:绿豆; 农艺性状; 遗传多样性; 国外种质

Genetic Diversity of Foreign Mungbean Germplasm Resources by Agronomic Characters

QIAO Ling^{1,2,3}, CHEN Hong-Lin³, WANG Li-Xia³, WANG Su-Hua³, CHENG Xu-Zhen³, ZHANG Yao-Wen¹

(¹Shanxi Academy of Agricultural Sciences, Taiyuan 030031; ²Shanxi Agricultural University, Taiyu 030801;

³Institute of Crop Sciences, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081)

Abstract: In order to understand the genetic basis of foreign mungbean, broaden the kinship and improve the breeding efficiency of domestic mungbean germplasm, we studied the genetic diversity of 352 foreign mungbean accessions from 15 countries by evaluating 5 qualitative traits and 10 quantitative traits. The results showed that there was a high level of genetic variation in 15 morphologic traits among 338 mungbean accessions except 14 accessions that could not mature for the reason of geography and climate. The genetic diversity index of leaf shape(0.69) and young stem color(0.69) were the highest in the five qualitative traits and length of straight(2.08) and 100 seed-weight(2.07) were the highest in the ten quantitative traits. UPGMA cluster analysis showed that 338 mungbean accessions were classified into 6 groups and the average yield distinctively different between groups. The Group 5 had some traits of early maturity, short stem and large grains, these accessions could be used for reference in the hybridization breeding. The mungbean accessions in Philippines, Indonesia, ARC-AVRDC, Korea, India, the United States and Russia had different characteristics and showed abundant genetic diversity. The diversity index of Russia was the highest, in contrast, the diversity index of Korea was the lowest. The accessions in Indonesia had the highest number of stem node, seeds per pod, pods number per plant and grain yield per plant and the lowest

收稿日期: 2015-01-19 修回日期: 2015-02-12 网络出版日期: 2015-08-01

URL: <http://www.cnki.net/kcms/detail/11.4996.S.20150811.1556.008.html>

基金项目: 国家食用豆产业技术体系建设项目(CARS-09); 中国农业科学院科技创新工程; “948”项目(2014-Z50)

第一作者主要从事绿豆遗传育种研究。E-mail: qiaolingsmile@163.com

通信作者: 程须珍, 主要从事食用豆的遗传资源研究。E-mail: chengxuzhen@caas.cn

张耀文, 主要从事小杂粮遗传育种研究。E-mail: zyw8118571@126.com

growth period, they were early-maturing, large seed and high yield, and could be used for some basic breeding materials in our country. The accessions in seven countries were divided into 3 groups based on UPGMA, group 1 included some mungbean accessions in Indonesia, group 2 included some mungbean accessions in Korea, group 3 included the rest of 5 populations. It indicated that there were some relationships between population traits and geographical origin.

Key words: mungbean; agronomic traits; genetic diversity; foreign germplasm

绿豆是豆科(Leguminosae)蝶形花亚科(Papilionoideae)菜豆族(Phaseoleae)豇豆属(*Vigna*)中的一个栽培种,属一年生草本自花授粉植物,染色体 $2n = 2x = 22$,是温带、亚热带地区广泛种植的豆类作物之一^[1]。

中国是世界上最大的绿豆出口国,年出口量在 20×10^4 t,其中白城绿豆、榆林绿豆、张家口鹦哥绿豆的出口量最大^[2]。随着人们生活水平的提高和膳食结构的变化,国内外市场对绿豆及其加工产品的需求量增多,但是我国的绿豆品种由于长期种植退化和混杂现象严重,在国内外市场上正面临着严峻的考验,就当前我国新品种的选育情况来看,育种亲本仅限于部分优良种质,资源利用率低,育种进程缓慢,限制了我国绿豆产业的发展,因此需要引进国外种质拓宽国内种质的血缘,提高育种效率^[3]。

国外绿豆种质资源的引进对我国绿豆品种的改良和产业的发展作出了重大的贡献。其中20世纪80年代中后期我国引进了亚蔬绿豆品种,产量得到大幅提升,品质有了很大的改善^[4],如中绿1号(VCI973A系统选育),产量可达 $1500 \sim 2250 \text{ kg/hm}^2$,具有高产稳定、品质优良、适应性广、抗逆性强等特点,实现了第1次全国绿豆品种的更新换代^[5]。但由于国外绿豆种质在我国部分地区开花难、遗传背景不清晰等问题,影响了引进种质的利用效率。因此需要通过表型性状研究种质资源间的亲缘关系,了解其遗传基础,为杂交育种亲本的选择提供参考依据,加速推进我国绿豆育种产业的发展。

绿豆主要产区是在亚洲,但非洲、欧洲、美洲也有少量种植。全世界共有20多个国家和地区种植绿豆,其中印度、中国、泰国、巴基斯坦、缅甸、印度尼西亚、菲律宾、尼泊尔、孟加拉、斯里兰卡等国家种植面积较多^[2]。国外对绿豆表型性状的遗传多样性分析的实验数据多为原地采集^[6-7],对我国绿豆引种的实用性较低,而本研究则针对4大洲15个国家的352份国外绿豆种质资源在中国农业科学院试验

基地种植并对15个农艺性状调查,通过分析评价引进种质的遗传多样性,为绿豆杂交育种和种质创新、利用提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

参试材料均来自中国农业科学院作物科学研究所国家种质资源库,其中涵盖了北美洲、大洋洲、非洲和亚洲等15个国家的352份材料,其中菲律宾18份,亚蔬中心(ARC-AVRDC)183份,泰国2份,印度尼西亚7份,越南3份,柬埔寨2份,印度6份,巴基斯坦3份,韩国7份,日本1份,中国台湾1份,尼泊尔1份,俄罗斯95份,美国21份,澳大利亚1份,马达加斯加1份。

1.2 田间种植与性状调查

2014年5月在北京市中国农业科学院作物科学研究所实验基地网室种植,每份材料种2行,行长2.5 m,行距50 cm,株距12.5 cm,双粒点播。调查项目严格按照《绿豆种质资源描述规范与数据标准》进行^[8]。自出苗后考察主要质量性状和数量性状:幼茎色、叶形、生长习性、株高、主茎节数、主茎分枝数、单株荚数、荚长、荚宽、单荚粒数、百粒重、单株产量、粒色、种皮光泽度、全生育期数(表1)。

表1 绿豆种质资源鉴定项目及标准

Table 1 The main morphological characters and their criterion for mungbean resources

序号 Code	形态性状 Morphological characters	记载标准 Criterion
1	生育期 GD	自播种第2天至成熟的天数
2	株高 PH	成熟期,从子叶节到植株顶端的距离
3	主茎节数 SNN	成熟期,从子叶节到植株顶端最后一片复叶着生节的节数
4	主茎分枝数 BRN	主茎上一级分枝的个数
5	单株荚数 PNP	单个植株上的成熟豆荚数

表 1(续)

序号 Code	形态性状 Morphological characters	记载标准 Criterion
6	荚长 PDL	豆荚成熟时,基部至顶端的距离
7	荚宽 PDW	成熟荚最宽处两端的距离
8	单荚粒数 NSP	单个豆荚内所含的成熟子粒数
9	单株产量 GYP	单个植株上干子粒的重量
10	百粒重 HSW	100 粒干子粒的重量
11	粒色 SC	成熟子粒的颜色,1 = 黄,2 = 绿,3 = 褐,4 = 蓝青,5 = 黑
12	种皮光泽度 LSS	成熟子粒表面光泽有无状况,1 = 光,2 = 毛
13	生长习性 GH	开花期,主茎和分枝的生长情况,1 = 直立,2 = 半蔓生,3 = 蔓生
14	幼茎色 YSC	出苗时幼茎的颜色,1 = 绿,2 = 紫
15	叶形 LS	盛花期,主茎中部三出复叶中间小叶形状,1 = 三角形,2 = 卵圆形,3 = 楔形,4 = 裂叶形

GD: Growth period; PH: Plant height; SNN: Stem node number; BRN: Number of branches on main stem; PNP: Pods number per plant; PDL: Length of straight pod; PDW: Maximum width; NSP: Number of seeds per pod; GYP: grain yield per plant; HSW: 100 seed-weight; SC: Seed color; LSS: Lustre on seed surface; GH: Growth habit; YSC: Young stem color; LS: Leaf shape

1.3 数据标准化处理

分别对 5 个质量性状幼茎色、叶形、粒色、种皮光泽度和生长习性予以赋值(表 1),对数量性状做

10 级分类处理:1 级 $< X - 2\sigma$, 10 级 $\geq X + 2\sigma$, 中间每级间隔 0.5σ , X 为平均值, σ 为标准差^[9]。利用 SPSS 19.0 软件计算数量性状的平均值、标准差和变异系数^[10-11]。采用 Popgene 1.32^[12] 软件计算遗传多样性指数(Shannon index),同时利用 UPGMA 法构建个体以及不同地理来源群体的聚类图进行亲缘关系分析。数量性状的主成分分析(PCA)在 NT-SYS-pc 2.2^[13] 中完成。

2 结果与分析

2.1 绿豆主要农艺性状的变异及分析

经过调查 352 份绿豆种质的农艺性状发现,有 14 份材料不能正常开花结荚,占 3.97%,其中尼泊尔 1 份,印度尼西亚 1 份,越南 1 份,美国 8 份,亚蔬中心 3 份。因此导致与荚和子粒有关的部分数量性状数据的缺失,故就 338 份绿豆种质资源的试验结果进行统计分析。

对 338 份国外绿豆种质资源的 5 个质量性状研究发现共有 15 个变异类型(表 2)。其中,参试材料生长习性的变异类型中,直立所占比例最高(83.1%),半蔓生和蔓生所占比例分别为 7.7% 和 9.2%,蔓生材料主要集中在俄罗斯有 25 份;粒色中以绿色为主(95.6%),只有很少一部分为黄色和蓝色,但没有黑色的子粒;幼茎色的变异类型中绿色和紫色所占比例接近 1:1;而种皮光泽度的光和毛变异类型比率接近 2:1;在叶形中,卵圆形所占比例最高(64.2%),三角形次之(35.5%),楔形最低,但没有裂叶形。

表 2 质量性状变异分布

Table 2 The distribution of variation for different qualitative traits

性状 Traits	类型 Type	材料数 No. of accessions	比例(%) Percentage	性状 Traits	类型 Type	材料数 No. of accessions	比例(%) Percentage
生长习性 GH	直立	281	83.1	幼茎色 YSC	紫色	153	45.3
	半蔓生	26	7.7		绿色	185	54.7
	蔓生	31	9.2	种皮光泽度 LSS	光	233	68.9
粒色 SC	黄色	9	2.6		毛	105	31.1
	绿色	323	95.6	叶形 LS	卵圆形	217	64.2
	褐色	5	1.5		三角形	120	35.5
	蓝色	1	0.3		楔形	1	0.3
	黑色	0	0	裂叶形	0	0	

5 个质量性状的平均变异系数为 33.39%,平均遗传多样性指数 0.56。其中生长习性变异系数最高

(48.53%),粒色最低(11.81%);遗传多样性指数,叶形和幼茎色最高(0.69),粒色最低(0.23)(表 3)。

表 3 质量性状变异参数

Table 3 The variation parameter of quality traits

性状 Traits	极小值 Min.	极大值 Max.	平均值 Mean	标准差 SD	变异系数 (%) CV	遗传多样性指数 Shannon index(I)
生长习性 GH	1	3	1.25	0.62	48.53	0.57
叶形 LS	1	3	1.37	0.51	37.02	0.69
幼茎色 YSC	1	2	1.46	0.50	34.25	0.69
种皮光泽 LSS	1	2	1.31	0.46	35.36	0.62
粒色 SC	1	4	1.99	0.24	11.81	0.23
平均值 Mean	—	—	—	—	33.39	0.56

全生育期等 10 个数量性状的平均变异系数为 47.08%, 平均遗传多样性指数是 1.89(表 4), 表明国外绿豆种质具有丰富的遗传变异。其中主茎分枝的变异系数最高(111.55%), 但遗传多样性指数较低(1.67)。荚宽的变异系数最低(12.07%), 遗传

多样性指数较高(2.01); 单株产量的遗传多样性指数最低(1.56), 变异系数较高(105.35%); 荚长的遗传多样性指数最高(2.08), 变异系数较低(16.15%); 百粒重的变异系数为 24.89%, 遗传多样性指数较高(2.07)。

表 4 数量性状变异参数

Table 4 The variation distribution of quantitative traits

性状 Traits	极小值 Min.	极大值 Max.	平均值 Mean	标准差 SD	变异系数(%) CV	遗传多样性指数 Shannon index(I)
全生育期(d) GP	56	117	85.96	11.93	13.89	1.98
株高(cm) PH	11.0	137.4	47.11	25.49	54.11	1.91
主茎节数 SNN	5.0	21.3	11.06	3.03	27.36	2.00
主茎分枝 BRN	0.9	4.5	0.89	0.99	111.55	1.67
单株荚数 PNP	1.0	64.0	12.25	10.55	86.12	1.65
荚长(cm) PDL	4.2	11.2	8.00	1.29	16.15	2.08
荚宽(cm) PDW	0.38	0.74	0.55	0.07	12.07	2.01
单荚粒数 NSP	1.8	14.2	9.75	1.88	19.29	1.99
百粒重(g) HSW	1.88	8.69	5.75	1.43	24.89	2.07
单株产量(g) GYP	0.16	30.8	4.66	4.91	105.35	1.56
平均值 Mean	—	—	—	—	47.08	1.89

2.2 绿豆数量性状主成分分析

对全生育期等 10 个数量性状进行主成分分析, 结果显示(表 5), 前 4 个主成分的贡献率分别为 39.103%、25.887%、11.747% 和 7.757%, 累积贡献率为 84.494%。其中 PC1(第一主成分)的特征

向量中株高、主茎节数、主茎分枝和单株荚数在其中有较高载荷; 第 2 主成分的特征向量中载荷较高的有荚长、荚宽和百粒重; 第 3 主成分特征向量中生育日数的载荷较高, 第 4 个主成分特征向量是单荚粒数的载荷最高。

表 5 前 4 个主成分的特征值及特征向量描述

Table 5 The eigenvalues and eigenvectors of the first four principal components

特征向量 Eigenvectors	主成分因子 Principal components factor			
	PC1	PC2	PC3	PC4
生育日数(d)GP	0.395	-0.322	0.661	0.200
株高(cm)PH	0.856	-0.086	0.304	0.016
主茎节数SNN	0.861	-0.177	0.300	0.083
主茎分枝BRN	0.822	-0.095	-0.115	0.180
单株荚数PNP	0.753	0.322	-0.443	0.179
荚长(cm)PDL	0.164	0.868	0.189	-0.231
荚宽(cm)PDW	-0.257	0.790	0.293	0.157
单荚粒数NSP	0.616	0.273	0.069	-0.692
百粒重(g)HSW	-0.328	0.792	0.260	0.252
单株产量(g)GYP	0.676	0.505	-0.390	0.209
贡献率(%) Variance	39.103	25.887	11.747	7.757
累计贡献率(%)Cumulative	39.103	64.990	76.737	84.494

2.3 聚类分析

利用 Popgene 软件对 338 份材料的 10 个数量

性状进行聚类分析,并构建 UPGMA 树状图(图 1)。结果发现材料大致分为 6 个类群,其中每类群份数、构成特点和农艺性状的平均值见表 6。

其中,第 I 类群有 61 份材料,多为晚熟、高秆种质,生育期数较长,株高较高;百粒重较小,荚长较短但单荚粒数最高,属于小粒型子粒;主要包括菲律宾 6 份,亚蔬中心 29 份,印尼 1 份,印度 2 份,韩国 1 份,俄罗斯 20 份,美国 1 份,越南 1 份。

第 II 类群有 93 份材料,多为高秆、半蔓生种质,株高、主茎节数和主茎分枝最高;单株荚数最高,单株产量较高,属于高产种质;主要包括菲律宾 5 份,亚蔬中心 50 份,印尼 2 份,韩国 3 份,俄罗斯 26 份,美国 6 份,澳大利亚 1 份。

第 III 类群有 71 份材料,多为晚熟、高秆种质,生育期较长,株高较高;荚长较大而且单荚粒数和百粒重较多,单株荚数较高并且单株产量最高,属于大粒高产种质较适于南方种植。包括菲律宾 5 份,亚蔬中心 39 份,泰国 1 份,印尼 1 份,柬埔寨 1 份,印度 1 份,巴基斯坦 1 份,韩国 2 份,日本 1 份,俄罗斯 17 份,美国 1 份,越南 1 份。

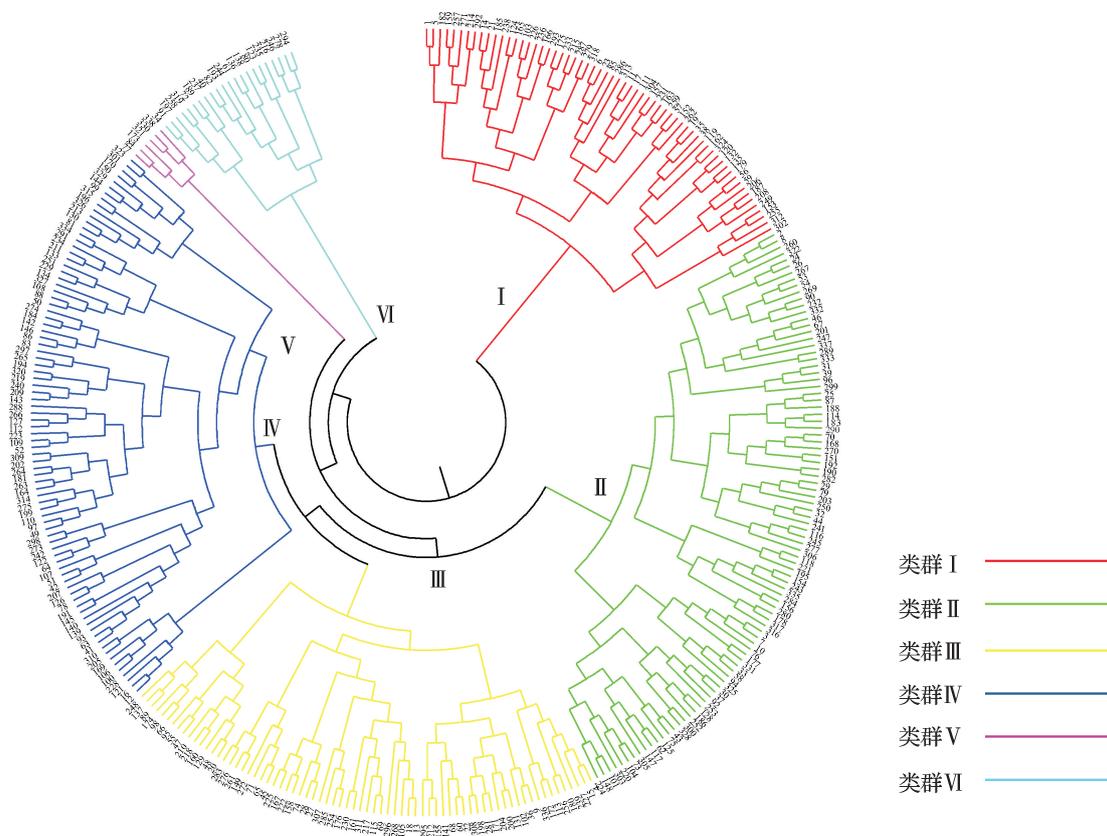


图 1 绿豆种质基于表型数据的 UPGMA 聚类图

Fig. 1 UPGMA dendrogram based on phenotypic characteristics of the mungbean germplasm

表 6 各类群数量性状的平均表现

Table 6 The average expression of quantitative characters in groups

组名 Name	材料数 No. of accession	生育期 (d) GP	株高 (cm) PH	主茎节数 SNN	主茎分枝 BRN	单株荚数 PNP	荚长 (cm) PDL	荚宽 (cm) PDW	单荚粒数 NSP	百粒重 (g) HSW	单株产量 (g) GYP
I	61	86.9	46.76	11.0	0.94	11.53	7.94	0.54	10.01	5.58	4.26
II	93	85.6	49.38	11.43	1.01	13.62	8.10	0.55	9.71	5.80	5.52
III	71	87.0	47.33	10.91	0.93	12.29	8.15	0.55	9.92	5.80	5.80
IV	85	87.1	45.81	10.96	0.81	11.92	7.84	0.54	9.58	5.82	4.59
V	6	75.3	38.41	9.73	0.27	9.13	8.18	0.52	9.40	5.92	2.30
VI	22	83.5	44.45	10.71	0.69	10.87	7.83	0.55	9.45	5.48	3.60

第IV类群包含 85 份材料,多为晚熟、矮秆种质,该类群生育期最长,株高较矮,荚长最短而且单荚粒数中等,百粒重较高,属于大粒型子粒;包含菲律宾 2 份,亚蔬中心 46 份,泰国 1 份,印尼 2 份,柬埔寨 1 份,印度 2 份,巴基斯坦 1 份,韩国 1 份,俄罗斯 23 份,中国台湾 1 份,美国 4 份,越南 1 份。

第V类群包含 6 份材料,多为矮秆、直立、早熟种质,生育期最短,株高最矮,主茎节数和分枝最少,是植株紧凑型;荚长最长但是单荚粒数最少,单株荚数最少,单株产量最低,但是百粒重最高,因此该类群属于大粒型子粒,较适于北方地区种植。包括马达加斯加 1 份,亚蔬中心 3 份,俄罗斯 1 份,美国 1 份。

第VI类群包括 22 份材料,多为矮秆、早熟品种,生育期较短,株高较矮;荚长最短而且单荚粒数较低,百粒重最低,因此该类群属于小粒型子粒;包含亚蔬中心 13 份,印度 1 份,俄罗斯 8 份。

通过分析得出,聚类结果与类群中种质的地理

来源无一定的对应关系。

2.4 不同地理来源群体数量性状研究

对取样数多于 5 份的 7 个区域的 325 份种质的数量性状进行比较分析得出(表 7):7 个区域的平均变异系数 39.32%,遗传多样性指数(I)为 1.51,其中亚蔬中心种质变异系数最高 48.50%,印尼和美国的变异系数较高,韩国的变异系数最低,俄罗斯的遗传多样性指数最高(1.80),亚蔬中心(1.77)、菲律宾(1.67)和美国(1.62)的遗传多样性指数较高,而韩国(1.11)的最低,另外还比较发现亚蔬中心的材料数最多,但其遗传多样性指数不是最高。具体比较 7 个区域的数量性状发现:菲律宾种质株高、主茎节数和主茎分枝数中等,但荚长最长,单荚粒数较高,百粒重中等,主要以植株直立、株型紧凑、子粒中等的材料为主;亚蔬中心的材料取材数最多,其株高最矮,主茎节数最少,主茎分枝较少,荚宽最宽,百粒重较高,多为矮秆、直立、大粒型种质;印度尼西亚的群体取材数最少,但其主茎节数最高,株高

表 7 群体的数量性状的平均表现

Table 7 The average expression of quantitative characters in populations

来源 Origin	材料数 No. of accession	生育期 (d) GP	株高 (cm) PH	主茎 节数 SNN	主茎 分枝 BRN	单株 荚数 PNP	荚长 (cm) PDL	荚宽 (cm) PDW	单荚 粒数 NSP	百粒重 (g) HSW	单株 产量 (g) GYP	变异 系数 (%) CV	遗传 多样性 指数 (I)
菲律宾 Philippines	18	83.28	54.58	11.53	1.01	15.12	8.82	0.54	10.88	5.96	6.58	35.12	1.67
亚蔬中心 AVRDC	180	83.75	39.60	10.07	0.64	11.00	8.26	0.57	9.27	6.37	4.65	48.50	1.77
印尼 Indonesia	6	80.50	65.96	12.64	1.48	24.93	8.70	0.54	8.80	6.51	9.68	47.00	1.36
印度 India	6	76.67	39.97	10.27	0.33	10.17	8.07	0.54	10.13	5.51	3.42	37.29	1.23
韩国 Korea	7	81.86	76.06	12.66	1.49	20.60	8.03	0.51	11.69	4.89	6.43	20.11	1.11
俄罗斯 Russia	95	91.35	55.93	12.45	1.26	12.47	7.30	0.51	10.24	4.69	3.77	39.00	1.80
美国 American	13	93.54	51.33	12.75	1.04	13.74	7.45	0.49	9.65	4.30	4.31	48.20	1.62
平均 Mean	—	86.11	46.95	11.06	0.89	12.21	7.96	0.55	9.72	5.73	4.60	39.32	1.51

和主茎分枝数较高,单荚粒数,百粒重,单株荚数和单株产量最高,大多属于高秆、大粒、高产的种质;印度材料生育期最短,株高较矮,主茎分枝数最低,单株荚数和单株产量最低,主要为早熟矮秆但产量不高的种质;韩国群体中株高、主茎节数和主茎分枝数最高,生育期较短,荚长较长,单荚粒数最多,百粒重较少,多为高秆、半蔓生、早熟、小子粒型种质;俄罗斯群体取材数较多,生育期较长,株高的中等但主茎节数和主茎分枝数较多,荚长最短,单荚粒数较多,百粒重较少,多为晚熟、株型松散、小子粒型种质;美国材料其生育期最长,荚宽和百粒重最低,因此属于晚熟、小子粒型。

将7个区域的数量性状进行聚类分析,构建UPGMA聚类图(图2),结果发现,7个区域分为3大类,韩国、印度尼西亚单独聚为一类,剩下的5个群体聚为第Ⅲ类。第Ⅲ类又可以分为两个亚类,俄罗斯和美国群体被聚为一个亚类,印度、亚蔬中心和菲律宾聚为一个亚类。

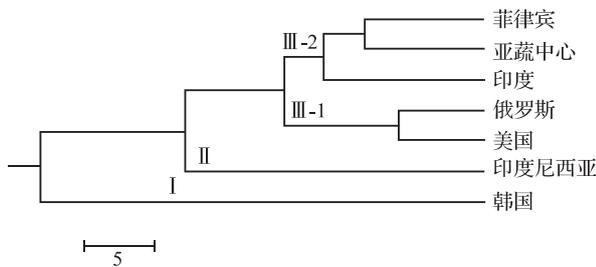


图2 7个群体数量性状聚类图

Fig. 2 Dendrogram of quantitative characters in seven groups

3 讨论

遗传多样性是育种研究的基础,可以充分了解育种材料的遗传变异和遗传背景,为我国绿豆新品种的选育提供参考^[14]。本研究中种植352份国外材料,其中有14份材料无法开花结荚,其原因有可能是绿豆属短日照作物,有些种质对光周期比较敏感^[1],而且各个国家的温度、湿度、降雨量等生态环境的不同都是影响绿豆开花结荚的重要因素。研究其余338份15个国家的绿豆种质的15个农艺性状发现,国外种质具有丰富的遗传变异,粒色的变异系数和遗传多样性指数都是最低,生长习性的变异系数最大,其中蔓生的材料主要来源于俄罗斯,荚长、荚宽和百粒重的遗传多样性指数最高,这与刘岩^[15]和刘长友等^[16]的研究结果一致。对比质量性状和

数量性状的遗传变异,得出质量性状的变异系数较高,遗传多样性指数较低,而数量性状的变异系数较低,遗传多样性指数较高,这与其遗传特征有关。

对全生育期等10个数量性状进行主成分分析得出前4个主成分的累积贡献率为84.494%,接近85%,基本代表了10个数量性状的变异信息。根据各主成分的载荷大小,可将4个主成分归为两类,PC1和PC3可作为第一因子,反映植株的长势,是与产量有间接关系的性状,PC2和PC4可作为第二因子,所代表的性状直接与产量相关。因此利用这两个因子,可以对绿豆的综合性状进行优劣评价。

对10个数量性状的个体进行聚类分析,可将所有材料分为6大类群,各个类群间的差异明显,有其独特的性状特征,其中第Ⅲ类群为晚熟高秆、大粒、高产种质,适于南方种植;第Ⅴ类群的6份材料为早熟、矮秆、直立、大粒型种质,可以为杂交组合选配提供参考,并且适于北方地区种植,但是考虑到绿豆光周期敏感和同一生态区不同年份间光照、温度、降水量等条件的变动,优良种质性状会有所偏差^[17]。另外发现,聚类结果无法把地理来源不一致的绿豆种质区分开,这主要是因为数量性状是微效多基因控制,易受环境的影响,在不同的生态条件下表现形式多变^[18]。

对7个区域绿豆材料的数量性状比较发现,各个区域的遗传变异丰富,变异系数和遗传多样性指数较高,而且在性状表现上有着其独特的特征。俄罗斯的遗传多样性指数最高(1.80),说明俄罗斯材料具有丰富的遗传变异,这与其地理气候多样有关。俄罗斯群体取材数较多,其在株高、荚长、生长习性上表现出了特性可用于进行相关遗传学的研究及新基因的挖掘。具体来看印度尼西亚群体虽然取材数较少,但其早熟、矮秆、直立、高产等优异特征可以为我国新品种的选育提供依据。亚蔬中心引进品种通常在我国种植都表现出了优异的性状,如早熟、矮秆、高产、大粒,为我国绿豆的直接利用和杂交亲本利用发挥了重要作用,如中绿1号、中绿2号、晋绿1号等都是从亚蔬中心品种VC1973A系统中选育出的^[2],豫绿2号和4号是VC1526A分别于农家种杂交选育的,因此应加强对亚蔬中心绿豆资源的引种工作。

将7个区域进行聚类分析发现,韩国和印尼材料被单独聚为一类,其他5个区域聚为第三类,这与其地理来源有一定的关系。韩国位于亚洲东北部,属于温带海洋性气候,潮湿多雨,而种质资源高秆、

半蔓生、早熟、小子粒型,因此单独聚为一类。而印尼位于东南亚,是热带雨林气候,常年高温、潮湿、多雨,作物可常年播种,而绿豆种质表现高秆、大粒、高产,因而聚为第Ⅱ类。第Ⅲ类群又可以分为两个亚类,其中菲律宾、印度和亚蔬中心由于其所处热带季风气候,高温多雨,有旱季雨季之分等独特的地理环境而聚为一类。而俄罗斯和美国材料聚为一个亚类,可能是由于美国位于北温带,俄罗斯大部分地区位于温带和亚寒带,而且美国和俄罗斯都幅员辽阔,气候多变,而且有可能是由于美国不属于绿豆起源地,当地没有地方品种,可能是从俄罗斯引进的品种因而聚为一类,对比这两个群体的数量性状发现,生育期比较长,荚长、荚宽较短,百粒重较低,属于晚熟小粒型种质。

表型性状受遗传因素和环境的双重影响,可能导致研究结果的局限性,所以为了能够更好地评价种质资源的遗传背景,DNA 分子标记技术已经广泛的应用于遗传多样性的研究^[19-20],因此综合分子标记技术和形态学性状的结果,可以提高种质资源的利用率,缩短育种进程^[2]。

参考文献

- [1] 郑卓杰,王述民,宗绪晓. 中国食用豆类学[M]. 北京:中国农业出版社,1997:141-163
- [2] 林汝法,柴岩,廖琴. 中国小杂粮[M]. 北京:中国农业科学技术出版社,2002:192-194
- [3] 王丽侠,程须珍,王素华. 绿豆种质资源、育种及遗传研究进展[J]. 中国农业科学,2009,42(5):1519-1527
- [4] 程须珍,王素华. 中国绿豆产业发展与科技应用[M]. 北京:中国农业科学技术出版社,2002:38-40
- [5] 程须珍,王述民. 中国食用豆类品种志[M]. 北京:中国农业科学技术出版社,2009:21
- [6] Dos A, Biswas M, Dastidar K K G. Genetic divergence in green gram (*Vignaradiata*. Wilczek) [J]. J Agron, 2010, 9:126-130
- [7] Singh S K, Singh B B, Singh O. Genetic divergence in mungbean (*Vignaradiata* L. Wilcaek) [J]. Legume Res, 2009, 32:98-102
- [8] 程须珍,王素华,王丽侠. 绿豆种质资源描述规范与数据标准[M]. 北京:中国农业科学技术出版社,2006:1-2
- [9] 李鸿雁. 扁蓊豆种质资源遗传多样性的研究[D]. 呼和浩特:内蒙古农业大学,2008
- [10] 马育华. 植物育种的量遗传学基础[M]. 江苏:江苏科技出版社,1996:98-107
- [11] 刘来福,毛盛贤,黄远樟. 作物数量遗传[M]. 北京:农业出版社,1984:39-43
- [12] Yeh F C, Yang R C, Boyle T. Popgene Version 1. 31 Quick User Guide[M]. Canada: University of Alberta, and Centre for International Forestry Research, 1999
- [13] Rohlf F J. NTSYS-pnumerical taxonomy and multivariate analysis system version 2. 2[M]. New York: Applied biostatistics, 2004
- [14] 李莉,方正煌,黄益勤,等. 湖北绿豆地方种质资源鉴定和主要农艺性状评价[J]. 现代农业科学, 2009, 16(1):30-36
- [15] 刘岩. *Ceratropis* 亚属系统进化及其主要栽培种 - 绿豆多样性研究[D]. 北京:中国农业科学院, 2013
- [16] 刘长友,程须珍,王素华,等. 中国绿豆种质资源遗传多样性研究[J]. 植物遗传资源学报, 2006, 7(4):459-463
- [17] 王丽侠,程须珍,王素华,等. 中国绿豆核心种质资源在不同环境下的表型变异及生态适应性评价[J]. 作物学报, 2014, 40(4):739-744
- [18] 王丽侠,程须珍,王素华,等. 中国绿豆应用型核心样本农艺性状的分析[J]. 植物遗传资源学报, 2009, 10(4):589-593
- [19] 王丽侠,程须珍,王素华,等. 小豆 SSR 引物在绿豆基因组中的通用性分析[J]. 作物学报, 2009, 35(5):816-820
- [20] 任红晓,程须珍,徐东旭,等. 应用 SSR 标记分析中国北方名优绿豆的遗传多样性[J]. 植物遗传资源学报, 2015, 16(2):395-399

欢迎订阅 2016 年《植物分类与资源学报》

《植物分类与资源学报》是由中国科学院主管、中国科学院昆明植物研究所及中国植物学会承办的全国性自然科学学术期刊。本刊是我国与植物科学研究相关的主要学术性期刊之一,目前已成为“中国科学引文数据库来源期刊(CSCD)”、“中文核心期刊要目总览(2011 版)来源期刊”、“中国科技论文统计源期刊”及“中国科技核心期刊”等。

本刊明年将变更为英文版期刊,刊名也将变更为《Plant Diversity》,广泛接受植物学相关研究领域的各类研究论文和综述,研究对象以野生植物为主,兼顾引种驯化后的野生物种,分布地以中国及喜马拉雅地区为主,兼顾其他地区。

双月刊,每期 30 元,邮发代号:64-11,若在邮局漏订的读者可直接与编辑部联系订阅。

地址:云南昆明市蓝黑路 132 号中国科学院昆明植物研究所

邮编:650201

电话:0871-65223032

E-mail:bianji@mail.kib.ac.cn;linnana@mail.kib.ac.cn

网址:http://journal.kib.ac.cn