

湖南省饭豆地方种质资源表型多样性评价

王艳兰¹, 李基光¹, 王利群¹, 邓晶², 汤睿¹, 余应弘²

(¹ 湖南省农业科学院作物研究所, 长沙 410125; ² 湖南省农业科学院, 长沙 410125)

摘要: 依托“第三次全国农作物种质资源普查与收集行动”项目, 开展了湖南省饭豆种质资源的考察收集与评价鉴定, 并筛选了优异种质, 为湖南省饭豆种质资源创新和品种选育提供参考。结果表明, 收集到的 76 份地方资源主要分布在湘西湘南山区, 0~600 m 的中低海拔地区。15 项农艺性状表型分析显示其遗传多样性丰富; 主成分分析将 15 个农艺性状分为 4 个主成分, 其主要与株高、籽粒大小、产量、花色粒色相关, 累计贡献率 68.330%; 聚类分析将 76 份资源分为 2 大类群, 第 I 类群蔓生、无限结荚, 第 II 类群直立、有限结荚, 第 I 类群又分为 2 个亚群, 类群 I-1 株型较小, 单株产量较低, 籽粒较大, 类群 I-2 株型较大, 单株产量较高, 籽粒较小。根据聚类分析结果及数量性状极值和质量性状变异类型提取出 22 份饭豆特异种质, 并从中筛选出 3 类可以代表类群特征的资源: 直立适合密植机收的资源, 大粒型优质资源, 高产、高生物量的粮肥两用资源。

关键词: 饭豆; 鉴定评价; 种质资源; 湖南

Evaluation on Phenotypic Variation of Rice Bean Germplasm Collected from Hunan Province

WANG Yan-lan¹, LI Ji-guang¹, WANG Li-qun¹, DENG Jing², TANG Rui¹, YU Ying-hong²

(¹ *Crop Research Institute of Hunan Academy of Agricultural Sciences, Changsha 410125;*

² *Hunan Academy of Agricultural Sciences, Changsha 410125*)

Abstract: Under the frame of the Third National Action of Crop Germplasm Survey and Collection, a series of rice bean germplasm in Hunan province were collected and subjected for the phenotypic diversity analysis. Elite germplasms were screened to provide reference for rice bean germplasm resource innovation and breeding in Hunan. The results showed that 76 rice bean landraces were mainly distributed in mountainous regions of western and southern areas of Hunan province with an altitude of about 0-600 m. The diversity analysis based on 15 phenotypic traits revealed a higher genetic diversity in this collection. The correlation analysis and principal component analysis suggested four principal components including plant height, seed size, yield, flower color and seed coat color, with a cumulative contribution rate of 68.330%. Two main categories were suggested for 76 accessions, consisting of Group I representing prostrate or indeterminate pod, and Group II representing erect or determinate pods. Moreover, Group I was further divided into two subpopulations. The genotypes in Group I-1 generally showed small plant, low yield per plant, and bigger seed, which the accessions from group I-2 showing larger plant, higher yield per plant and smaller seed were predominant. The core collection containing 22 rice bean accessions has been identified by the cluster analysis and the range of quantitative characters, which represented

收稿日期: 2020-08-12 修回日期: 2020-08-24 网络出版日期: 2020-09-03

URL: <http://doi.org/10.13430/j.cnki.jpgr.20200812003>

第一作者研究方向为食用豆育种与栽培, E-mail: 23865029@qq.com

通信作者: 汤睿, 研究方向为作物遗传育种与栽培, E-mail: 195424399@qq.com

余应弘, 研究方向为作物遗传育种, E-mail: yyh30678@163.com

基金项目: 国家作物种质资源库 (NCGR-2020-056); 第三次全国农作物种质资源普查与收集行动 (1120162130135252036); 湖南省农作物种质资源创新平台; 湖南省生物种业协同共建平台培育 (2018XK2005); 湘西州重点研发项目 (2019NC2003)

Fundation projects: National Crop Germplasm Repository (NCGR-2020-056), The Third National Survey and Collection Action on Crop Germplasm Resources (1120162130135252036), Hunan Province Crop Germplasm Resources Innovation Platform, Hunan Province Collaborative Platform Cultivation for Biological Seed Industry (2018XK2005), Key R&D Program of Xiangxi Autonomous Prefecture (2019NC2003)

three groups based on the characteristics: erect accessions suitable for machinery harvest, large grain accessions, as well as the accessions with dual end-uses for grain production and biomass.

Key words: rice bean; appraisal; germplasm resources; Hunan

饭豆 (*Vigna umbellata* (Thunb.) Ohwi & Ohashi) 是豆科 (Leguminosae) 蝶形花亚科 (Papilionoideae) 菜豆族 (Phaseoleae) 豇豆属 (*Vigna* Savi) 中的一个栽培种。别名精米豆、蔓豆、爬山豆、芒豆、竹豆、米豆等。染色体数 $2n=22$ ^[1-3]。

饭豆富含蛋白质、淀粉以及矿质元素、功能因子等^[4-5], 可与其他粮食混合煮饭或磨面做主食, 也可制作豆沙、豆馅等。饭豆种皮颜色多样, 有红、黄、绿、黑等, 其中红色饭豆, 又叫赤小豆, 有清热、消肿、排脓等功能, 其药用价值在 2000 多年前的古医书中就有记载。饭豆茎叶是优质饲料, 常用作绿肥或覆盖作物^[6-7]。与绿豆、小豆、豇豆等近缘种相比, 饭豆的耐旱、抗病虫^[8]等能力更强, 生物学产量也更高, 因此利用前景广阔。然而, 由于饭豆炸荚性、蔓生性强等不利因素, 目前为止, 对饭豆遗传育种等领域的相关研究落后于普通菜豆、绿豆、小豆等食用豆作物。李莉等^[9]对湖北省的 291 份饭豆种质资源的主要农艺性状进行了鉴定和评价, 发现饭豆在单株荚数、单株产量、分枝数等几个重要农艺性状上均表现出基因广泛的变异性; 王丽侠等^[10]首次构建了我国

饭豆核心种质, 但并未后续研究报道。开展种质资源表型评价鉴定, 既有助于优特异基因资源的发掘和利用^[11-13], 也可为下一步收集考察提供指导。

湖南省位于 $108^{\circ} 47' \sim 114^{\circ} 15' E$, $24^{\circ} 38' \sim 30^{\circ} 08' N$ 之间, 属大陆性亚热带季风湿润气候, 生物资源丰富多样, 是全国乃至世界珍贵的生物基因库之一^[14], 也广泛分布有饭豆种质资源^[15]。本研究依托“第三次全国农作物种质资源普查与收集行动”, 在湖南境内, 收集到一批饭豆种质资源, 通过对这些种质资源表型性状的评价和多样性分析, 以期资源创新利用奠定基础, 并为资源再收集提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料与试验地点

试验材料为 2015-2018 年在第三次全国农作物种质资源普查与收集行动中收集到的来自湖南省 39 个县市的 76 份地方种质资源 (表 1)。试验地点设于湖南省农业科学院作物研究所试验地, $113^{\circ} E$, $28.3^{\circ} N$, 海拔 50 m。试验地为红壤粘土, 肥力中等。

表 1 湖南省 76 份饭豆地方种质资源的基本信息

Table 1 Information of 76 rice bean germplasm collected from Hunan province

序号 No.	采集编号 Collecting number	名称 Name	经度 ($^{\circ}E$) Longitude	纬度 ($^{\circ}N$) Latitude	海拔 (m) Altitude	来源 Origin
1	2015432116	石门饭豆	110.784	29.935	536.0	石门县壶瓶山镇
2	2015432126	石门饭豆	110.784	29.935	817.0	石门县壶瓶山镇
3	P431026028	汝城饭豆	113.528	25.378	426.0	汝城县小垣镇
4	2015431105	道县饭豆	111.491	25.650	265.0	道县乐福堂乡
5	P430527003	绥宁饭豆	110.278	26.573	319.6	绥宁县关峡乡
6	P430482006	常宁饭豆	112.400	26.421	176.0	常宁市西岭镇
7	P431027035	桂东饭豆	113.945	26.078	849.0	桂东县新访乡
8	P430626007	平江饭豆	113.581	28.704	184.0	平江县城关镇
9	P431022008	宜章野生饭豆	113.252	25.528	497.0	宜章县里田乡
10	2015431053	凤凰饭豆	109.511	28.238	637.0	凤凰县米良乡
11	P430100015	浏阳锁匙豆	113.564	28.471	51.6	浏阳市社港镇
12	P430223013	攸县红锁匙豆	113.491	27.351	99.0	攸县皇图岭镇
13	P431227011	新晃长饭豆	108.899	27.037	801.0	新晃县登寨乡

表 1(续)

序号 No.	采集编号 Collecting number	名称 Name	经度(°E) Longitude	纬度(°N) Latitude	海拔(m) Altitude	来源 Origin
14	P430426012	祁东饭豆	112.104	26.662	129.0	祁东县过水坪镇
15	P430581029	武冈饭豆	110.382	26.351	397.0	武冈市文坪镇
16	P433130006	龙山饭豆	109.711	29.578	855.0	龙山县乌鸦乡
17	2015431038	凤凰饭豆	109.407	27.864	457.0	凤凰茨岩乡
18	P430802005	四都红豆	110.442	28.929	970.0	张家界市四都坪乡
19	P433022063	沅陵红滚豆	110.257	28.671	592.0	沅陵县明溪口镇
20	P433022050	沅陵滚豆子	110.438	28.759	171.0	沅陵县借母溪乡
21	P433126012	古丈滚豆	110.058	28.562	427.0	古丈县岩头寨
22	P433130007	龙山滚豆	109.711	29.578	855.0	龙山县乌鸦乡
23	P430481011	耒阳老鼠豆	112.830	26.313	97.0	耒阳县小水镇
24	P432925009	江永鼠屎豆	111.264	25.295	262.2	江永县允山镇
25	P433125014	保靖马豆	109.577	28.744	527.0	保靖县碗米破镇
26	P433124015	花垣马豆	109.449	28.521	502.0	花垣县道二乡
27	P431224014	溆浦粽粑豆	110.760	27.722	572.5	溆浦县中都乡
28	P432322014	南县鸡屎豆	112.404	29.171	38.0	南县华阁镇
29	P432322015	南县鸡阿豆	112.404	29.171	38.0	南县华阁镇
30	2015433188	沅江鸡窝豆	112.322	28.812	55.0	沅江市三眼塘镇
31	2015433189	沅江鸡窝豆	112.322	28.812	55.0	沅江市三眼塘镇
32	P432524019	新化纵线豆	110.963	27.759	994.2	新化县奉家镇
33	P430426013	湖北豆	112.190	26.640	150.0	祁东县白鹤镇
34	P431126017	宁远黄花豆	112.034	25.563	366.0	宁远县鲤溪镇
35	P431126018	宁远黄花豆	112.034	25.563	366.0	宁远县鲤溪镇
36	P430525017	洞口棕线豆	110.241	27.105	487.0	洞口县江口镇
37	P431026012	红江豆子	113.682	25.758	490.8	汝城县南洞乡
38	P431127042	蓝山上树豆	112.105	25.225	600.0	蓝山县紫良瑶族乡
39	P433127004	永顺巩豆	109.734	29.258	420.0	永顺县盐井乡
40	2016431544	大堡饭豆	112.191	26.471	137.0	常宁市大堡乡
41	2016431594	官岭饭豆	112.236	26.390	137.0	常宁市官岭镇
42	2016431049	麻冲饭豆	109.365	27.971	758.0	凤凰县麻冲乡
43	2016431620	雪峰饭豆	110.289	27.333	426.0	洪江市雪峰镇
44	2016431654	熟坪饭豆	110.168	27.193	254.0	洪江市熟坪乡
45	2016431416	饭豆	109.746	27.198	205.0	洪江市岩垅乡
46	2016431417	饭豆	109.746	27.198	205.0	洪江市岩垅乡
47	2016432418	桃花蔓豆	112.780	29.616	86.0	华容县东山镇

表 1(续)

序号 No.	采集编号 Collecting number	名称 Name	经度(°E) Longitude	纬度(°N) Latitude	海拔(m) Altitude	来源 Origin
48	2016432445	前锋饭豆	112.780	29.616	35.0	华容县章华镇
49	2016432470	栗树蔓豆	112.780	29.616	61.0	华容县章华镇
50	2016432485	农林红饭豆	112.539	29.530	85.0	华容县三峰寺镇
51	2016432639	江南饭豆	113.443	29.738	26.0	临湘市江南镇
52	2016432641	江南红饭豆	113.443	29.738	26.0	临湘市江南镇
53	2016432066	百合饭豆	113.745	28.972	743.0	平江县南江镇
54	2016432135	连云黄花豆	113.745	28.972	402.0	平江县加义镇
55	2016432248	岩板红小豆	110.864	27.791	811.0	新化县奉家镇
56	2016432323	新化饭豆	111.185	27.824	425.0	新化县西河镇
57	2016432324	新化饭豆	111.185	27.824	425.0	新化县西河镇
58	2016433385	红饭豆	112.366	27.154	152.4	衡阳县三湖乡
59	2016433096	长江株豆	113.574	25.548	654.2	汝城县马桥镇
60	2016433105	长黄株豆	113.574	25.548	654.2	汝城县马桥镇
61	P433123006	茶田饭豆	109.529	27.849	397.0	凤凰县林峰乡
62	P433123022	前进饭豆	109.358	27.807	531.0	凤凰县茶田镇
63	P431281020	茶溪粽子豆	109.799	27.369	251.0	洪江市黔城镇
64	P430623016	华一饭豆	112.651	29.529	105.0	华容县三封寺镇
65	P431122029	迴龙饭豆	111.386	26.824	288.2	东安县大盛乡
66	P430382003	南村饭豆	112.613	27.880	83.0	韶山市银田镇
67	2016433026	八角楼饭豆	110.699	27.389	1203.0	隆回县麻塘山乡
68	2016433053	添壁饭豆	111.094	27.358	581.7	隆回县岩口镇
69	2016433054	添壁饭豆	111.094	27.358	581.7	隆回县岩口镇
70	2016433058	茶仁饭豆	111.094	27.358	510.3	隆回县岩口镇
71	2016433064	梅塘饭豆	111.094	27.358	510.3	隆回县岩口镇
72	2016433465	桑植饭豆	109.924	29.667	563.0	桑植县五道水镇
73	P431228009	梨坳粽子豆	109.668	27.244	257.0	芷江县禾梨坳乡
74	P431228009	粽子豆	109.668	27.244	257.0	芷江县禾梨坳乡
75	2016432510	福星细豆	112.539	29.530	76.0	华容县三峰寺镇
76	2017433008	宜章狸饭豆	113.274	25.669	453.0	宜章县瑶岗仙镇

1.2 试验方法

本试验于 2017-2019 年进行。种质鉴定顺序排列, 不设重复, 试验小区行长 2 m, 5 行区, 行距 50 cm, 株距 30 cm, 穴播, 每穴留苗 2~3 株。小区面积 5 m²。开花期对试验材料的花色、生长习性、结荚习性进行调查。以试验小区全部植株为调查对

象, 记录自播种第 2 天至成熟的天数为全生育期。成熟期每小区随机连续取 5 株调查试验材料的株高、主茎节数、主茎分枝数、单株荚数、单荚粒数、荚长、荚宽、成熟荚色、粒色、百粒重和单株产量等农艺性状。调查、考种方法参照《饭豆种质资源描述规范和数据标准》^[2]。

采用 Shannon 多样性指数分析法对表型性状进行遗传多样性分析, 根据性状表现及相关分析筛选特异种质。

1.3 数据整理与分析

采用 Microsoft Excel 2019 进行数据整理, 对 5 个质量性状分别赋值进行数据分析。Shannon 多样性指数分析: 先计算试验材料总体平均数 (X) 和标准差 (σ), 然后划分为 10 级, 从第 1 级 [$X_i < (X - 2\sigma)$] 到第 10 级 [$X_i > (X + 2\sigma)$], 每 0.5σ 为一级, 每一级的相对频率用于计算 Shannon 多样性指数。Shannon 多样性系数 $H' = -\sum P_i \ln P_i$ 。式中 P_i 为该性状第 i 级别内的材料份数占总份数的百分比, \ln 为自然对数^[16]。采用 DPS 7.05 软件进行相关性分

析、主成分分析及聚类分析。

2 结果与分析

2.1 湖南饭豆种质资源分布

2015-2018 年, 调查组通过对湖南省 14 个地级市, 39 个县 (区、市), 63 个乡镇开展系统调查和征集工作, 共收集了 76 份饭豆种质资源。

2.1.1 水平分布 由图 1 可以看出, 湖南省饭豆种质资源主要分布在湘西湘南一带, 2 个地区的资源占总数的 76.3%, 湘中地区最少, 只有 1 份资源。这可能是因为湘西湘南地区大部分处于武陵山脉、雪峰山脉和南岭山脉之中, 适合旱杂粮种植, 很多珍贵的食用豆资源得以保存下来。



灰色部分表示饭豆种质收集的地区

The gray parts represent the surveyed of rice bean

图 1 湖南饭豆种质资源收集县市分布图

Fig.1 The counties or cities of Hunan province in where rice bean accessions have been collected

2.1.2 垂直分布 湖南饭豆种质资源在海拔 26~1203 m 的区域均有分布。由图 2 可知, 海拔 1000 m 以上地区收集到的资源最少, 只有 1 份; 海拔 0~200 m 和 400~600 m 地区收集到的资源最多, 均有

24 份; 海拔 200~400 m 地区, 收集到资源 14 份。湖南饭豆种质资源集中分布在 0~600 m 的中低海拔地区, 占收集资源总数的 81.6%。

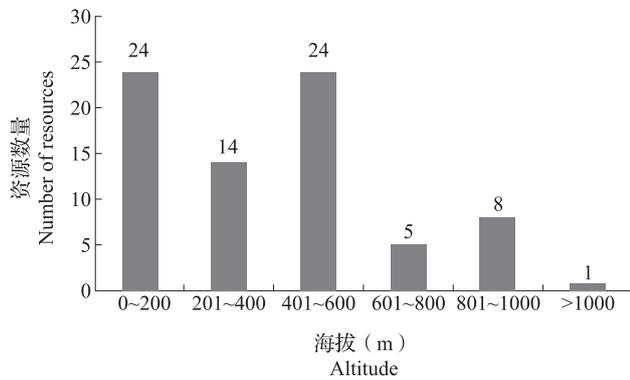


图2 湖南饭豆种质资源垂直分布情况

Fig.2 Vertical distribution of rice bean germplasm resource in Hunan province

2.2 遗传多样性分析

2.2.1 质量性状 76份饭豆资源的花色以黄色为主,有75份,占98.7%;黄带紫色仅1份,占1.3%。成熟荚色以褐色为主,有72份,占94.7%;黑色和黄白色

各2份,分别占2.6%。粒色以红色为主,占64.5%;黄色占17.1%;黄绿色占5.3%;绿色占11.8%;花斑色占1.3%。生长习性以蔓生为主,占78.9%;半蔓生占2.6%;直立占18.4%。结荚习性以无限为主,占81.6%;有限占18.4%。5个质量性状的多样性指数依次为粒色(1.050)>生长习性(0.594)>结荚习性(0.478)>成熟荚色(0.243)>花色(0.070)。

2.2.2 数量性状 由表2可以看出,湖南省饭豆种质资源数量性状的变异相对丰富,10个数量性状的变异系数范围在10.4%~51.8%之间,其中,单株产量最大,达51.8%,其次是株高41.9%、单株荚数36.5%、主茎节数34.0%、百粒重30.0%,均 $\geq 30\%$,表明这5个数量性状进行遗传改良的潜力较大。其他5个数量性状的变异系数较小(10.4~28.7)。饭豆10个数量性状的多样性指数范围为1.58~2.04,均超过1.500。其中,单荚粒数最大(2.04),百粒重次之(2.02),主茎节数最小(1.58)。

表2 10个数量性状的多样性分析

Table 2 Diversity analysis of ten quantity characters

性状 Traits	最小值 Min.	最大值 Max.	平均值 Mean	极差 Range	标准差 <i>s</i>	变异系数(%) <i>CV</i>	Shannon 多样性指数 Shannon diversity index
株高(cm) PH	35.0	384.0	216.5	349.0	91.38	41.9	1.72
主茎节数 NNMS	7.0	32.0	20.4	25.0	6.95	34.0	1.58
主茎分枝数 NB	2.0	12.0	6.4	10.0	1.82	28.7	1.94
单株荚数 PPP	45.0	415.0	212.3	370.0	78.26	36.5	1.91
单荚粒数 SPP	5.4	10.6	8.0	5.2	1.13	14.1	2.04
单株产量(g) YPP	23.4	330.1	107.7	306.7	56.10	51.8	1.83
荚长(cm) PL	4.5	11.9	8.9	7.4	1.22	13.5	1.96
荚宽(cm) PW	0.3	0.8	0.5	0.5	0.07	12.9	1.95
百粒重(g) HSW	3.1	15.0	8.0	11.9	2.37	30.0	2.02
全生育日数(d) GP	128.0	202.0	161.1	74.0	16.63	10.4	1.90

PH: Plant height, NNMS: Node number of main stem, NB: Number of branches, PPP: Pods per plant, SPP: Seeds per pod, YPP: Yield per plant, PL: Pod length, PW: Pod width, HSW: 100-seed weight, GP: Growth period. The same as below

可见株高、主茎节数、主茎分枝数、单株荚数、单株产量、百粒重的变异程度较高,主茎分枝数、单株荚数、单荚粒数、荚长、荚宽、百粒重的离散程度较高。

2.3 相关性分析

15个农艺性状的相关性分析显示,花色与粒色相关性极显著,1份粒色为花斑色的资源其花色是黄带紫色,其余资源花色均为黄色,但是由于只有1份资

源,可能是假相关;单株产量与生长习性、结荚习性、株高、主茎节数、主茎分枝数、单株荚数、单荚粒数、荚长相关性极显著。其中,单株产量较高的资源多为蔓生、无限结荚,且具有较多的主茎节数、主茎分枝、单株荚数、单荚粒数以及长荚等;百粒重与荚长、荚宽相关性极显著,籽粒较大的种质一般荚型较大;株高与生长习性、结荚习性、主茎节数等性状相关性极显著(表3),株高较高的资源多为蔓生、无限结荚。

表 3 主要农艺性状的相关性分析

Table 3 The correlation analysis of main agronomic traits

性状 Traits	株高 PH	主茎 节数 NNMS	主茎 分枝数 NB	单株 荚数 PPP	单荚 粒数 SPP	单株 产量 YPP	荚长 PL	荚宽 PW	百粒重 HSW	全生育 日数 GP	花色 FC	成熟 荚色 MPC	粒色 SCC	生长 习性 GH	荚荚 习性 PoH
株高 PH	1.00														
主茎节数 NNMS	0.86**	1.00													
主茎分枝数 NB	0.12	0.06	1.00												
单株荚数 PPP	0.47**	0.44**	0.28	1.00											
单荚粒数 SPP	0.53**	0.48**	0.00	0.19	1.00										
单株产量 YPP	0.58**	0.54**	0.31**	0.72**	0.34**	1.00									
荚长 PL	0.28	0.24	-0.03	-0.11	0.46**	0.36**	1.00								
荚宽 PW	0.17	0.06	0.15	-0.16	-0.01	0.22	0.30**	1.00							
百粒重 HSW	0.11	0.06	0.09	-0.10	-0.23	0.23	0.32**	0.62**	1.00						
全生育日数 GP	0.45**	0.48**	0.03	0.02	0.44**	0.27	0.47**	0.14	0.19	1.00					
花色 FC	-0.05	-0.01	-0.02	-0.01	-0.02	0.00	-0.07	-0.08	0.01	-0.18	1.00				
成熟荚色 MPC	0.16	0.08	0.21	0.01	0.08	0.10	0.14	0.17	0.29	0.16	-0.03	1.00			
粒色 SCC	0.26	0.24	-0.12	0.03	0.14	-0.02	0.12	-0.09	-0.10	0.05	0.35**	0.01	1.00		
生长习性 GH	0.88**	0.79**	0.03	0.35**	0.57**	0.49**	0.30**	0.23	0.17	0.52**	0.06	0.12	0.22	1.00	
荚荚习性 PoH	0.83**	0.75**	0.07	0.35**	0.54**	0.49**	0.29	0.25	0.17	0.49**	0.05	0.11	0.20	0.98**	1.00

** 表示在 $P=0.01$ 水平极显著

** represent significant at 0.01 level, FC: Flower color, MPC: Mature pod color, SCC: Seed coat color, GH: Growth habit, PoH: Podding habit. The same as below

2.4 主成分分析

主成分分析显示, 15 个农艺性状的主要信息集中在前 4 个主成分中, 累计贡献率为 68.330% (表 4)。为了解释 4 个主成分的实际意义, 主成分分配如下: 第 1 主成分贡献率为 34.784%, 载荷较高且有较大的正系数的农艺性状为株高、主茎节数、单株产量和生长习性, 说明第 1 主成分是产量和生长习性的综合反映, 在高产育种工作中, 第 1 主成分应该越大越好; 第 2 主成分贡献率为 13.699%, 荚宽和百粒重系数绝对值大于其他性状, 说明第 2 主成分是由荚宽和百粒重组成, 而单株荚数为相对较高的负向载荷, 它在一定程度上制约了籽粒大小; 第 3 主成分贡献率为 10.945%, 其中主茎分枝数、单株荚数、单株产量载荷较高, 该主成分综合了植株生长势和产量性状, 而粒色是主要的负向载荷, 分析可知, 生长势较强、产量较高的种质多集中在红粒和黄粒类型中; 第 4 主成分贡献率为 8.903%。花色和粒色载荷值最大, 说明第 4 主成分是花色和粒色因子, 单荚粒数和全生育日数是主要的负向载荷, 分析可知, 籽粒多、生育期长的种质多为红粒和黄粒种质。

表 4 主要农艺性状的主成分分析

Table 4 The principal components analysis of main agronomic traits

性状 Traits	主成分 Principal components			
	1	2	3	4
株高 PH	0.458	-0.093	0.024	0.029
主茎节数 NNMS	0.417	-0.145	-0.006	0.007
主茎分枝数 NB	0.124	0.124	0.502	0.058
单株荚数 PPP	0.290	-0.272	0.522	0.021
单荚粒数 SPP	0.338	-0.156	-0.221	-0.263
单株产量 YPP	0.421	0.026	0.382	0.021
荚长 PL	0.287	0.288	-0.293	-0.137
荚宽 PW	0.140	0.527	0.011	0.161
百粒重 HSW	0.126	0.563	0.050	0.264
全生育日数 GP	0.328	0.146	-0.237	-0.289
花色 FC	-0.006	-0.160	-0.111	0.684
成熟荚色 MPC	0.090	0.275	0.087	0.126
粒色 SCC	0.100	-0.227	-0.319	0.485
生长习性 GH	0.404	-0.056	-0.096	0.062
结荚习性 PoH	0.393	-0.041	-0.071	0.069
特征值 Eigenvalue	5.218	2.055	1.642	1.335
贡献率 (%)	34.784	13.699	10.945	8.903
Contribution Rate				
累计贡献率 (%)	34.784	48.483	59.427	68.330
Cumulative contribution rate				

2.5 聚类分析

根据主成分分析的结果, 用离差平方和法对 76 份饭豆种质资源的 15 个农艺性状数据进行聚类分析, 在卡方距离为 64.4 处可以把全部种质资源划分为 2 个类群 (图 3), 各类群的性状平均值和变异系数见表 5。

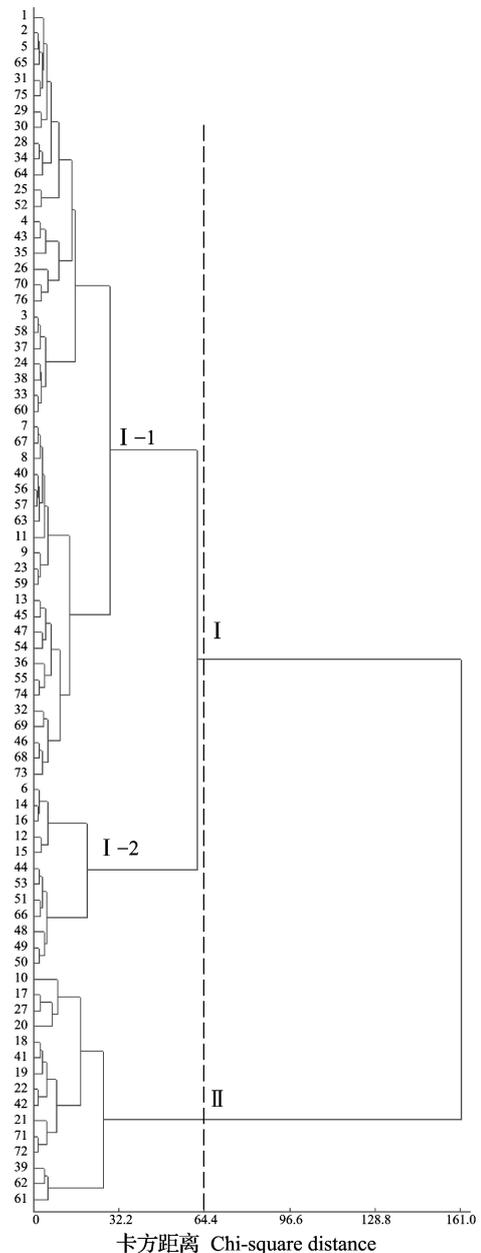


图 3 饭豆种质资源聚类图

Fig.3 Cluster graph of rice bean germplasm resources

第 I 类群包括 61 份种质, 其主要特征是株高较高, 平均 255.3 cm, 主茎节数平均 23.1 个, 单株荚数平均 225.5 个, 单株产量平均 121.3 g, 百粒重平均 8.1 g。其中, 单株产量的变异系数最高, 荚宽的变异系数最低, 综合各性状, 该类群资源为蔓生、无限结

表 5 饭豆种质资源各类群特征
Table 5 Characteristics of various groups in rice bean germplasm resources

性状 Traits	类群 I Group I			亚群 I-1 Subgroup I-1			亚群 I-2 Subgroup I-2			类群 II Group II		
	均值	变异系数 (%)	Type-Frequency	均值	变异系数 (%)	Type-Frequency	均值	变异系数 (%)	Type-Frequency	均值	变异系数 (%)	Type-Frequency
	Mean	CV	Type-Frequency	Mean	CV	Type-Frequency	Mean	CV	Type-Frequency	Mean	CV	Type-Frequency
株高 (cm) PH	255.3	19.4		230.6	17.9		290.8	13.1		58.5	20.4	
主茎节数 NNMS	23.1	20.1		21.8	20.6		25.0	17.0		9.4	22.3	
主茎分枝数 NB	6.4	28.8		5.9	28.3		7.1	26.1		6.3	29.4	
单株荚数 PPP	225.5	30.7		186.8	19.0		281.1	24.3		158.6	55.6	
单荚粒数 SPP	8.3	12.1		8.3	12.8		8.6	8.6		6.7	9.0	
单株产量 (g) YPP	121.3	43.5		97.1	29.1		156.2	38.6		52.3	49.2	
荚长 (cm) PL	9.0	13.4		9.0	14.4		9.1	9.1		8.2	10.6	
荚宽 (cm) PW	0.53	11.8		0.53	10.3		0.54	13.6		0.49	16.2	
百粒重 (g) HSW	8.1	30.6		8.3	33.2		7.9	26.0		7.2	24.7	
全生育日数 (d) GP	165.4	9.1		165.7	9.9		164.0	4.4		143.6	7.5	
花色 FC			黄色-98.4			黄色-100			黄色-98			黄色-100
成熟荚色 MPC			黄带紫-1.6			黄带紫-0			黄带紫-2			褐色-100
			褐色-93.4			褐色-100			褐色-93.9			黑色-0
			黑色-3.3			黑色-0			黑色-2			黄白色-0
			黄白色-3.3			黄白色-0			黄白色-4.1			红色-93.3
			红色-57.4			红色-53.1			红色-75			黄色-0
			黄色-21.3			黄色-26.5			黄色-0			黄绿色-0
			黄绿色-6.6			黄绿色-6.1			黄绿色-8.3			绿色-6.7
			绿色-13.1			绿色-12.3			绿色-16.7			花斑色-0
			花斑色-1.6			花斑色-2.0			花斑色-0			直立-93.3
生长习性 GH			直立-0			直立-0			直立-0			半蔓-6.7
			半蔓-1.6			半蔓-0			半蔓-2			蔓生-0
			蔓生-98.4			蔓生-100			蔓生-98			有限-93.3
结实习性 PoH			有限-0			有限-0			有限-0			无限-6.7
			无限-100			无限-100			无限-100			

荚、产量较高的种质。第Ⅱ类群包括 15 份种质,其主要特征是株高矮,平均 58.5 cm,主茎节数少,平均 9.4 个,单株荚数平均 158.6 个,单株产量平均 52.3 g,百粒重平均 7.2 g。综合各性状,该类群资源为直立、有限结荚、株型小、生物量小的饭豆资源。

第Ⅰ类群又可以分为 2 个亚群,亚群Ⅰ-1 包括 49 份种质,亚群Ⅰ-2 包括 12 份种质。亚群Ⅰ-1 与亚群Ⅰ-2 相比株高较矮,主茎节数较少,主茎分枝数较少,单株荚数较少,单株产量较低,籽粒较大。

2.6 筛选出的优异种质

根据性状鉴定结果,综合考虑矮生、大粒、长荚、单株产量等性状,从 76 份种质中筛选出 3 类优异资源。

直立资源 15 份,株高在 35~89 cm 之间,有限结荚。其中,编号 2015431053,来源于凤凰县米良乡,海拔 637 m,其株型直立、有限结荚、株高较矮(52.0 cm)、单株荚数较多(377.0 个)、单株产量较高(125.5 g)、籽粒中等大小(9.3 g/100 粒),是可以改良为适合密植机收的珍贵材料。

大粒资源 3 份,百粒重均在 13.5 g 以上。其中,编号 P431127042,来源于蓝山县紫良瑶族乡,海拔 600.0 m,蔓生、无限结荚、株高较高(213.0 cm)、单株产量中等(107.2 g)、籽粒大(15.0 g/100 粒),属于特大粒型材料。

高产资源 4 份,单株产量在 224~330 g 之间。其中,编号 P430581029,来源于武冈市文坪镇,海拔 397.0 m,蔓生、无限结荚、株高较高(295.0 cm)、单株荚数多(415.0 个)、单株产量高(330.1 g)、籽粒较小(7.6 g/100 粒),是粮肥兼用的高产、高生物量材料。

3 讨论

湖南三面环山,地形地貌复杂,76.3% 的饭豆种质资源都分布在湘西湘南山区,这是因为湘西湘南地区大部分处于武陵山脉、雪峰山脉和南岭山脉之中,适合旱杂粮种植,很多珍贵的杂豆资源得以保存下来。海拔 0~600 m 收集到的资源占总数的 81.6%,即中低海拔地区较适宜饭豆生长,表明这些地区可作为今后资源考察收集的重点区域。

我国饭豆遗传资源在质量性状、数量性状方面均存在丰富的遗传变异^[11]。本研究表明湖南饭豆资源也有丰富的表型变异,尤其 10 个数量性状的多样性指数均在 1 以上,其中单株产量、株高、主茎节数变异度较高,离散度较低,可用于饭豆资源的初步

分类;5 个质量性状的变异分布与总体资源一致,即多黄花、褐荚、红种皮、蔓生和无限生长;少数直立生长的资源弥足珍贵,可作为饭豆育种的亲本来源。

通过主成分分析发现,15 个性状分为 4 个主成分,分别反映了饭豆的株高特征、籽粒大小、产量水平及花色粒色,累计贡献率 68.330%,从侧面说明,可根据这 4 个主要特征,有针对性地发掘育种中间材料,为资源的有效利用提供依据。

聚类分析将 76 份资源分为 2 大类群,类群间种质的生长习性有明显差异,而且大多数按地理来源聚在一起,少数种质可能因为地区间引种或市场交换等因素在聚类图上有偏差。当然,考察的农艺性状毕竟有限,且受环境影响较大,对一些重复收集或混杂的种质并不能很好地区分。因此,下一步应该加强种质资源分子标记水平的分析,促进资源的高效管理和创新利用。最后,基于综合性状表现,评价筛选出直立、大粒、高产等 3 类优异资源共 22 份,可作为饭豆育种的亲本来源^[10]。

参考文献

- [1] 郑卓杰,中国食用豆类学.北京:中国农业出版社,1997:3-6
Zheng Z J. Chinese food legumes. Beijing: China Agriculture Press, 1997: 3-6
- [2] 程须珍,王素华,王丽侠.饭豆种质资源描述规范和数据标准.北京:中国农业出版社,2006
Cheng X Z, Wang S H, Wang L X. Descriptors and data standard for rice bean [*Vigna umbellata* (Thunb.) Ohwi & Ohashi]. Beijing: China Agriculture Press, 2006
- [3] 林汝法,柴岩,廖琴,孙世贤.中国小杂粮.北京:中国农业科学技术出版社,2002:274-284
Lin R F, Chai Y, Liao Q, Sun S X. Minor grain crops in China. Beijing: China Agriculture Science and Technology Press, 2002: 274-284
- [4] Pattanayak A, Roy S, Sood S, Iangrai B, Banerjee A, Gupta S, Joshi D C. Rice bean: a lesser known pulse with well-recognized potential. *Planta*, 2019, 250 (3): 873-890
- [5] Katoch R. Nutritional potential of rice bean (*Vigna umbellata*): an underutilized legume. *Journal of Food Science*, 2013, 78 (3): 8-16
- [6] 汪汇海,李德厚.滇南热区优良绿肥饭豆栽培及其利用研究.中国生态农业学报,2005,13(3):127-129
Wang H H, Li D H. Study on the cultivation and utilization of fine green manure of *Phaseolus calcalatus* Roxb. in the tropical areas of southern Yunnan province. *Chinese Journal of Eco-Agriculture*, 2005, 13 (3): 127-129
- [7] 陈秀德,吴明波,姚伦俊,胡腾胜.山地猕猴桃园间作夏季绿肥品种的筛选.贵州农业科学,2018,46(9):34-37
Chen X D, Wu M B, Yao L J, Hu T S. Screening of summer green manure varieties for intercropping in *Kiwifruit* orchards in mountainous region. *Guizhou Agricultural Sciences*, 2018, 46 (9): 34-37

- [8] Dhillon P K, Tanwar B. Rice bean: a healthy and cost-effective alternative for crop and food diversity. *Food Security*, 2018 (10): 525-535
- [9] 李莉, 万正煌, 陈宏伟, 仲建锋, 伍广洪. 湖北省饭豆地方种质资源鉴定与评价. *园艺与种苗*, 2012 (11): 33-36, 51
Li L, Wan Z H, Chen H W, Zhong J F, Wu G H. Identification and evaluation of local rice bean germplasm in Hubei province. *Horticulture & Seed*, 2012 (11): 33-36, 51
- [10] 王丽侠, 程须珍, 王素华. 中国饭豆种质资源遗传多样性及核心种质构建. *植物遗传资源学报*, 2014, 15 (2): 242-247
Wang L X, Cheng X Z, Wang S H. Genetic diversity analysis and a core collection construction in Chinese rice bean (*Vigna umbellata*). *Journal of Plant Genetic Resources*, 2014, 15 (2): 242-247
- [11] 王丽侠, 程须珍, 王素华. 小豆种质资源研究与利用概述. *植物遗传资源学报*, 2013, 14 (3): 440-447
Wang L X, Cheng X Z, Wang S H. Review on genetic study and application of adzuki bean (*Vigna angularis*) germplasm. *Journal of Plant Genetic Resources*, 2013, 14 (3): 440-447
- [12] 白鹏, 程须珍, 王丽侠, 王素华, 陈红霖. 小豆种质资源农艺性状综合鉴定与评价. *植物遗传资源学报*, 2014, 15 (6): 1209-1215
Bai P, Cheng X Z, Wang L X, Wang S H, Chen H L. Evaluation in agronomic traits of Adzuki bean accessions. *Journal of Plant Genetic Resources*, 2014, 15 (6): 1209-1215
- [13] 王述民, 曹永生, Redden R J, 胡家蓬, Usher T. 我国小豆种质资源形态多样性鉴定与分类研究. *作物学报*, 2002, 28 (6): 727-733
Wang S M, Cao Y S, Redden R J, Hu J P, Usher T. The morphological diversity and classification of adzuki bean [*Vigna angularis* (Willd.) Ohwi & Ohashi] germplasm resources in China. *Acta Agronomica Sinica*, 2002, 28 (6): 727-733
- [14] 陆魁东, 屈右铭, 张超, 王勃, 汤宇. 湖南气候变化对农作物生产潜力的响应. *湖南农业大学学报: 自然科学版*, 2017 (1): 9-13
Lu K D, Qu Y M, Zhang C, Wang B, Tang Y. Responses of crops productive potential to climatic change in Hunan Province. *Journal of Hunan Agricultural University: Natural Sciences*, 2017 (1): 9-13
- [15] 王同华, 王艳兰, 汤睿. 湖南省饭豆地方种质资源遗传多样性的 RAPD 和 ISSR 分析. *中国农学通报*, 2020, 36 (14): 41-45
Wang T H, Wang Y L, Tang R. Genetic diversity of rice bean (*Vigna umbellata*) germplasm in Hunan province: RAPD and ISSR analysis. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2020, 36 (14): 41-45
- [16] 郝曦煜, 杨涛, 梁杰, 郭文云, 肖焕玉, 王英杰, 马信飞, 刘婷婷, 宗绪晓. 160 份外引鹰嘴豆种质主要农艺性状的遗传多样性分析. *植物遗传资源学报*, 2020, 21 (4): 875-883
Hao X Y, Yang T, Liang J, Guo W Y, Xiao H Y, Wang Y J, Ma X F, Liu T T, Zong X X. Genetic diversity analysis of major agronomic traits in 160 introduced chickpea (*Cicer arietinum* L.) germplasm resources. *Journal of Plant Genetic Resources*, 2020, 21 (4): 875-883