



## 菜用大豆种质资源评价与筛选

汪桂凤, 钟宣伯, 查 震, 周启政, 何梦迪, 唐桂香

(浙江大学 农学系/作物种质资源重点实验室, 浙江 杭州 310058)

**摘 要:**通过对 121 份来自全国各地种质资源的大豆生育期、农艺性状、产量性状及菜用大豆相关品质及炭疽病抗性性状进行评价,筛选适宜浙江地区种植的菜用大豆品种资源。结果表明:121 份大豆种质资源在生育期、农艺性状、品质性状和炭疽病抗性方面呈现丰富的遗传多样性,各性状种质资源差异显著;生育期为 80 ~ 128 d,鲜籽单株产量为 14.973 ~ 148.791 g,可溶性蛋白含量为 29.037 ~ 136.683  $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ ,可溶性糖含量为 4.310 ~ 31.130  $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ ,游离氨基酸含量为 6.560 7 ~ 37.972 7  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ,维生素 C 含量为 4.832 ~ 15.460  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。采用主成分分析法从 121 份大豆种质资源中筛选出通化平顶香、豫豆 19、中黄 58、冀豆 21、荷豆 13、六月黄为适于浙江地区菜用大豆品种选育的资源。

**关键词:**大豆;种质资源;菜用品质;主成分分析

## Evaluation and Screening of Fresh Soybean Germplasm

WANG Gui-feng, ZHONG Xuan-bo, ZHA Ting, ZHOU Qi-zheng, HE Meng-di, TANG Gui-xiang

(Department of Agronomy, Zhejiang University/Zhejiang Key Lab of Crop Germplasm, Hangzhou 310058, China)

**Abstract:** The growth period traits, agronomic traits, yield traits, fresh soybean related quality and anthracnose resistance in 121 soybean germplasms from different parts of China were evaluated to screen resources suitable for planting in Zhejiang district. The results showed there were abundant genetic variation and diversity in growth period, agronomic traits, quality traits and anthracnose resistance in 121 soybean germplasms. The growth period was 80 ~ 128 d, the fresh grain yield per plant was 14.973 ~ 148.791 g, the soluble protein content was 29.037 ~ 136.683  $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ , the soluble sugar content was 4.310 ~ 31.130  $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ , the free amino acid content was 6.560 7 ~ 37.9727  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  and the vitamin C content was 4.832 ~ 15.460  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ . Six varieties, Tonghuapingdingxiang, Yudou 19, Zhonghuang 58, Jidou 21, Hedou 13, June yellow, were screened out for suitable vegetable soybean germplasms in 121 soybean germplasms by Principal Component Analysis (PCA) and could be used for vegetable soybean breeding in Zhejiang district in the future.

**Keywords:** Soybean; Germplasm; Fresh soybean related quality; Principle Component Analysis (PCA)

大豆种质资源是自然演化和人工改造过程中形成的重要资源,是育种工作的基础。大豆起源于我国,种质资源数量相对丰富<sup>[1-3]</sup>,但我国大豆种质资源的评价和利用工作相对滞后<sup>[4-5]</sup>,对种质资源开发程度不够。种质资源保护工作不足,导致我国大量种质资源流失灭绝<sup>[6-7]</sup>。尤其菜用大豆育种工作开始较晚,国内品种相对匮乏,大量品种引自台湾和日本<sup>[8-9]</sup>,因此筛选具有地区适应性的菜用大豆种质资源意义重大。

菜用大豆,又称毛豆,是指在 R6(鼓粒盛期)至 R7(初熟期)生育期采青作为食用的大豆品种<sup>[10]</sup>。菜用大豆品质包含外观品质、食用品质和营养品质,外观品质主要与荚的大小、每荚粒数、荚的颜色和茸毛色等有关;食用品质包括甜度、鲜度、口感、质地、风味和糯性等方面,甜度与籽粒中可溶性糖特别是蔗糖含量有关,鲜度与游离氨基酸含量有

关,口感质地糯性等与蛋白质含量和干物质比有关,研究表明干物质比与蛋白质含量呈显著正相关;菜用大豆除含有丰富的植物蛋白质、氨基酸、碳水化合物、矿物质等营养成分外,还含有丰富的 VC 和 VB1 等营养品质<sup>[11-12]</sup>。菜用大豆除食用品质外还需要考虑到生育期、外观、产量、抗性等多个方面的综合表现,尤其江浙地区在大豆结荚期闷热高湿、降雨频繁,导致鼓粒期大豆采青时炭疽病发病严重影响品质<sup>[13]</sup>。主成分分析可对相关数据进行降维分析,简化多个变量之间的信息重叠和复杂的相关性<sup>[14]</sup>,为此,本研究以本实验室现有大豆种质资源为材料,对其相关食用品质、农艺性状和炭疽病抗性进行评价,并筛选适合浙江地区种植的菜用大豆育种的种质资源,以丰富菜用大豆种质资源库,为菜用大豆高品质育种提供资源。

收稿日期:2018-10-29

基金项目:农业部转基因生物新品种重大专项(2016ZX08004-004-005)。

第一作者简介:汪桂凤(1993-),女,硕士,主要从事大豆遗传育种研究。E-mail: zjuzhating@qq.com。

通讯作者:唐桂香(1966-),女,博士,副教授,硕导,主要从事作物抗逆分子育种研究。E-mail: tanggx@zju.edu.cn。

1 材料与方法

1.1 材料

121 份大豆种质资源由中国农科院油料作物研究所单志慧研究员提供(表 1),于 2016 年和 2017 年春季在浙江大学紫金港校区实验农场种植,试验采用随机区组设计方法,每品种种植 3 行,每行 6 穴,每穴留苗 2 株,采用常规田间管理的方法。

表 1 121 份大豆种质资源产地及生育期类型分布表  
Table 1 The origin and growth period of 121 germplasm

品种名称 Variety	种质来源 Origin	生育期类型 Growth period	品种名称 Variety	种质来源 Origin	生育期类型 Growth period
青皮平顶香	辽宁	春	九丰 1 号	黑龙江	春
羊眼睛豆	山西	春	九丰 3 号	黑龙江	春
早熟 17	北京	春	垦鉴豆 25	黑龙江	春
中黄 3 号	北京	春	垦鉴豆 4 号	黑龙江	春
铁秆 1 号	山东	春	嫩良 7 号	黑龙江	春
鲁豆 8 号	山东	春	绥农 18	黑龙江	春
豫豆 19	河南	春	长豆 18	山西	夏
豫豆 20	河南	春	晋豆 42	山西	夏
辽豆 14	辽宁	春	汾豆 78	山西	夏
中黄 20	北京	春	汾豆 79	山西	夏
晋豆 29	山西	春	徐豆 18	江苏	夏
晋遗 30	山西	春	晋豆 43	山西	夏
晋豆 26	山西	春	吉密豆 2 号	吉林	春
荷豆 13	山东	春	荷豆 21	山东	夏
科新 5 号	北京	春	嘉豆 43	山东	夏
晋大 70	山西	春	临豆 10 号	山东	夏
长农 17	浙江	春	齐黄 35	山东	夏
东农 43	黑龙江	春	潍豆 8 号	山东	夏
东生 1 号	黑龙江	春	晋科 4 号	山西	夏
丰收 12	黑龙江	春	L-6	山西	夏
丰收 19	黑龙江	春	晋大早黄 2 号	山西	夏
合丰 27	黑龙江	春	冀豆 22	河北	夏
合丰 39	黑龙江	春	冀豆 21	河北	夏
合丰 44	黑龙江	春	邯豆 9 号	河北	夏
黑河 30	黑龙江	春	邯豆 10 号	河北	夏
黑农 30	黑龙江	春	保豆 3 号	河北	夏
黑农 48	黑龙江	春	石豆 6 号	河北	夏
吉林 33	吉林	春	沧豆 10 号	河北	夏
垦鉴豆 33	黑龙江	春	吉育 403	吉林	春
垦农 17	黑龙江	春	吉育 501	吉林	春
垦农 18	黑龙江	春	吉科豆 8	吉林	春
垦农 19	黑龙江	春	吉科豆 9	吉林	春
垦农 7 号	黑龙江	春	吉黑 2 号	吉林	春
嫩丰 17	黑龙江	春	吉黑 3 号	吉林	春
绥农 10 号	黑龙江	春	长农 26	吉林	春
绥农 15	黑龙江	春	长农 27	吉林	春
黑河 19	黑龙江	春	吉农 27	吉林	春
黑河 29	黑龙江	春	吉农 29	吉林	春
黑河 54	黑龙江	春	吉农 32	吉林	春
黑河 5 号	黑龙江	春	平安 80	吉林	春

续表 1

品种名称	种质来源	生育期类型	品种名称	种质来源	生育期类型
Variety	Origin	Growth period	Variety	Origin	Growth period
延农 12	吉林	春	黑河 1 号	黑龙江	春
通农 943	吉林	春	淮阳春豆	河南	春
白农 12	吉林	春	吴江五月牛毛黄	江苏	春
中黄 58	北京	夏	ZDD04918	安徽	秋
中黄 60	北京	夏	湘豆 4 号	湖南	秋
中黄 61	北京	夏	通化平顶香	吉林	秋
中黄 54	北京	夏	早熟黄豆	山东	秋
科豆 1 号	北京	夏	巴中田坎豆②	四川	秋
中黄 62	北京	夏	邛崃黄毛子	四川	秋
中黄 63	北京	夏	绿蓝子	浙江	秋
中黄 64	北京	夏	宜章六月黄	湖南	秋
中黄 66	北京	夏	二季早豆-2	贵州	秋
中黄 69	北京	夏	柏枝豆	广西	秋
中黄 70	北京	夏	2340322	四川	秋
中黄 71	北京	夏	六月黄	四川	秋
中黄 74	北京	夏	彭山黄壳子-3	四川	秋
大黄豆-2	广东	秋	冀 NF58	山西	夏
马带青豆-2	广东	秋	中品 03-5373	黄淮海地区	夏
二季早豆-2	贵州	秋			

1.2 方法

1.2.1 生育期性状考察 参照 Fehr 和 Caviness<sup>[15]</sup>的方法,完整记载各大豆种质资源的生育期。

1.2.2 农艺性状及产量性状考察 在 R7 期对大豆种质农艺性状和产量性状进行考察,农艺性状包括株高、主茎节数、底荚高度、茸毛色、荚皮颜色、多粒荚比例、荚长和荚宽;产量性状包括单株有效荚数、单株有效分枝数、单株有效粒数、鲜百粒重及鲜籽单株产量。

1.2.3 可溶性糖、可溶性蛋白、游离氨基酸、维生素 C 含量及干物质比测定 在 R7 期,每个品种分别取 10 个新鲜的豆荚,剥开籽粒切碎混匀,采用考马斯亮蓝 G-250 显色法<sup>[16]</sup>测定可溶性蛋白含量;采用蒽酮法<sup>[16]</sup>测定可溶性糖含量;采用茚三酮显色法<sup>[16]</sup>测定游离氨基酸含量;采用红菲罗啉显色法<sup>[16]</sup>测定维生素 C 含量。

采用烘干法测定干物质比,将鲜籽置于烘箱 80℃烘干至恒重,称重烘干后的物质质量。干物质比=烘干后籽粒量重/烘干前籽粒重。

1.2.4 炭疽病抗性鉴定 炭疽病菌株为浙江大学农业与生物技术学院生物所从浙江省栽培菜用大豆中分离纯化的 C3421,采用离体叶片接种法<sup>[17-18]</sup>鉴定炭疽病抗性。摘取大豆植株顶端幼嫩的倒二叶,叶背面朝上并用针戳破,在每片单叶中脉附件

接种一滴 20 μL 浓压度为 10<sup>8</sup>~10<sup>9</sup> cfu·mL<sup>-1</sup>的孢子悬浮液;然后用保鲜膜覆盖保湿 48 h,28℃黑暗处理,后转入 18 h 光照/6 h 黑暗条件培养,定期喷水保持叶片湿润,7 d 后统计病斑相对面积。采用 Photoshop 软件快速测量作物叶片相对病斑面积(Relative leave area, RLA)<sup>[19]</sup>,将炭疽病侵染程度分级为:1 级:RLA 小于 0.5%;2 级:RLA 在 0.5%~1%;3 级:RLA 在 1%~5%;4 级:RLA 在 5%~10%;5 级:RLA 在 10%~20%;6 级:RLA 大于 20%<sup>[17]</sup>。计算病情指数和确认品种抗性。

病情指数(Disease index:DI)=[(∑各级叶片数×对应级别)/(接种叶片数×6)]×100;抗性等级根据 DI 来确定,高抗病情指数为 0~25,中抗病情指数范围 25.1~50.0,中感(病情指数 50.1~75.0,高感病情指数 75.1~100.0。

1.3 数据分析

试验所得数据使用 Excel 2013 和 SPSS 20 软件进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 121 份大豆种质资源生育期性状表现

121 份大豆种质资源生育期为 80~128 d,其中生育期最短的品种是黑河 28,生育期最长的是 ZDD04918。根据生育期划分,将参试大豆划分为极早熟(3 个)、早熟(14 个)、中熟(46 个)、中晚熟(43

个)、较晚熟(14个)和晚熟(1个),分别占参试大豆种质的2.96%、11.11%、36.30%、35.56%、13.33%、0.74%(图1)。

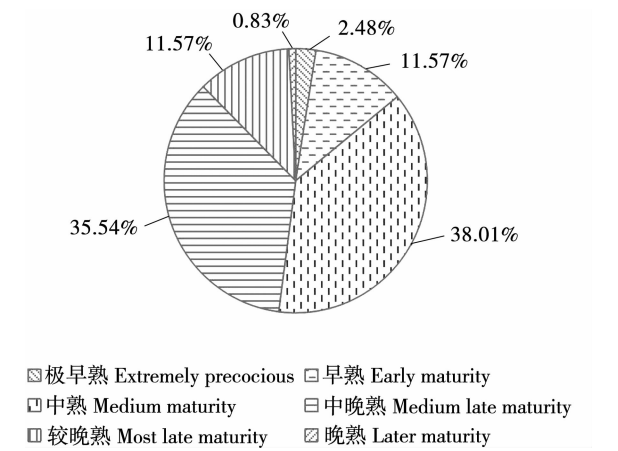


图1 参试大豆种质生育期分布

Fig. 1 Distribution pie chart of growth period among different soybean varieties

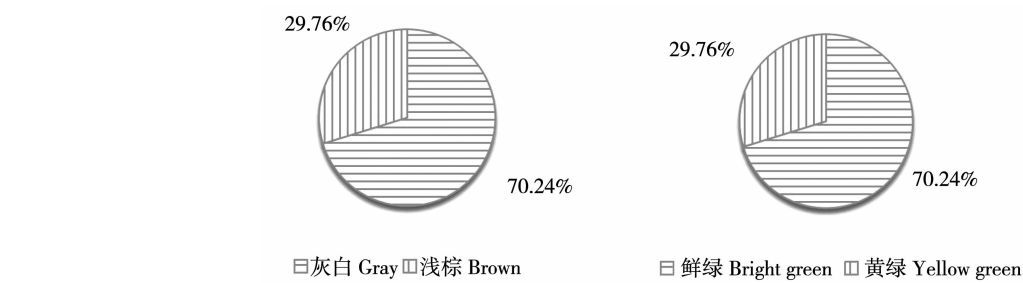


图2 参试大豆种质茸毛颜色、豆荚颜色分布

Fig. 2 Distribution pie chart of pubescence color and pod color among different soybean varieties

表2 参试大豆种质农艺性状及产量性状

Table 2 The agronomic and yield traits of tested soybean varieties

性状 Traits	平均值 Average value	标准差 Standard deviation	变异系数 Coefficient of variation/%
株高 Plant height/cm	57.20	16.00	28.02
主茎节数 Main-stem section number	10.40	2.00	18.97
底荚高度 Bottom pod height/cm	12.80	4.90	38.43
单株有效荚数 Number of pods	23.50	10.40	44.21
单株有效分枝数 Number of branches	1.90	1.10	58.15
单株有效粒数 Number of seeds	54.10	23.30	43.04
多粒荚比例 Multi-pod ratio/%	0.33	0.20	52.13
荚长 Length of pods/cm	4.43	0.50	11.15
荚宽 Width of pods/cm	0.91	0.10	12.85
鲜百粒重 100-fresh seeds weight/g	50.36	13.90	27.64
鲜荚单株产量 Fresh yield per plant/g	62.73	29.00	46.29

2.3 参试大豆种质品质性状表现

根据试验数据分析,参试大豆种质可溶性蛋白含量29.037~136.683 mg·g<sup>-1</sup>,最低的是中黄71,

2.2 大豆农艺性状与产量性状表现

根据试验数据分析,参试大豆种质中茸毛颜色分为灰白和浅棕两种,85个品种茸毛颜色为灰白,占总参试大豆的70.24%;36个品种是浅棕的,占总参试大豆的29.76%。荚皮颜色有鲜绿和黄绿两种,其中有85个品种荚皮为鲜绿,占70.24%;有36个品种荚皮颜色为黄绿,占比20.76%(图2)。

参试大豆种质株高为31.1~113.3 cm,主茎节数6.0~18.5节,底荚高度4.2~28.8 cm,单株有效荚数6.3~64.0荚,单株有效分枝数0~5.0个,单株有效粒数16.3~154.0粒,多粒荚比例0~0.80,荚长3.07~5.63 cm,荚宽0.63~1.23 cm,鲜百粒重24.492~94.667 g,鲜籽单株产量在14.973~148.791 g。各性状变异系数11.15%~46.29%,遗传变异丰富(表2)。

最高的是合丰27。可溶性糖含量4.310~31.130 mg·g<sup>-1</sup>,最低的是邯豆9号,最高的是垦鉴豆33。游离氨基酸含量6.5607~37.9727 mg·kg<sup>-1</sup>,最低

的是六月黄,最高的是沧豆 10 号。维生素 C 含量是九农 35。干物质比例 25.00% ~ 43.70% ,最低的 4.832 ~ 15.460 mg·kg<sup>-1</sup> ,最低的是六月黄,最高的是中黄 74,最高的是垦农 17(表 3)。

表 3 参试大豆种质品质性状考察结果  
Table 3 Result of quality traits of tested soybean varieties

品质性状 Traits	变动范围 Range	最高的品种 Highest variety	最低的品种 Lowest variety
可溶性蛋白 Soluble protein/(mg·g <sup>-1</sup> )	29.037 ~ 136.683	合丰 27	中黄 71
可溶性糖 Soluble sugar/(mg·g <sup>-1</sup> )	4.310 ~ 31.130	垦鉴豆 33	邯豆 9 号
游离氨基 Free amino acids/(mg·kg <sup>-1</sup> )	6.560 7 ~ 37.972 7	沧豆 10 号	六月黄
维生素 C Vitamin C/(mg·kg <sup>-1</sup> )	4.832 ~ 15.460	九农 35	六月黄
干物质比 Dry matter ratio/%	25.00 ~ 43.70	垦农 17	中黄 74

2.4 参试大豆种质炭疽病抗性表现

参试大豆种质中鉴定为高抗的有 8 个品种,分别是青皮平顶香、中黄 3 号、铁秆 1 号、中黄 20、晋豆 26、长农 17、黑河 54、荷豆 21;中抗的有 70 个品种,中感的有 36 个,高感的有 7 个品种。分别占 6.61%、57.85%、29.75%、5.79%(图 3)

2.5 基于主成分分析参试大豆的综合评价

2.5.1 主成分分析法确定筛选指标 根据前人研究成果,结合菜用大豆选育实际,本试验根据外观性状、产量性状、品质性状及抗性性状制定了筛选条件,选取相关指标:单株有效荚数、单株有效粒数、多粒荚比例、鲜百粒重、鲜单株产量、荚长、荚宽、可溶性蛋白含量、可溶性糖含量、游离氨基酸含量、维生素 C 含量、干物质占比进行主成分分析。

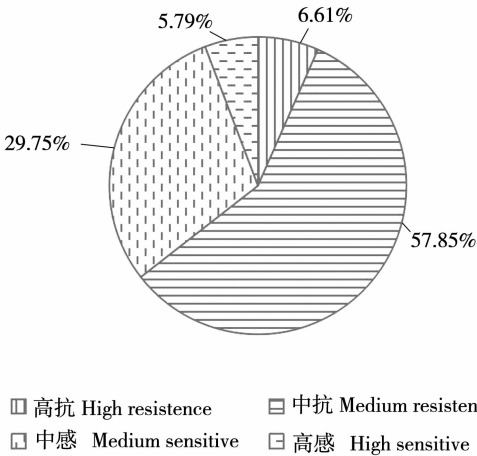


图 3 参试大豆种质抗性分布  
Fig. 3 Distribution pie chart of anthracnose resistance of different soybean varieties

表 4 不同指标主成分分析结果  
Table 4 Results of principal component analysis on different indicators

指标 Test indicators	主成分 1 Main factor I	主成分 2 Main factor II	主成分 3 Main factor III	主成分 4 Main factor IV	主成分 5 Main factor V	主成分 6 Main factor VI	主成分 7 Main factor VII
单株有效荚数 Number of pods per plant	<b>0.4370</b>	-0.2026	0.2118	0.2556	-0.1360	0.2015	-0.0291
单株有效粒数 Number of seeds per plant	<b>0.4307</b>	-0.1604	0.2080	0.3510	-0.1148	0.1159	-0.0359
多粒荚比例 Multi-pod ratio	-0.1810	0.2683	-0.0478	<b>0.5509</b>	0.0958	<b>-0.5226</b>	-0.0184
鲜百粒重 100-fresh seed weigh	0.0099	<b>0.4855</b>	-0.0834	0.3393	-0.1093	0.0341	<b>0.5433</b>
鲜单株产量 Fresh yield per plant	-0.0048	<b>0.4698</b>	-0.2032	-0.0719	-0.1735	<b>0.6229</b>	-0.1139
荚长 Length of pods	0.2103	<b>0.4706</b>	-0.2015	-0.2242	0.0120	-0.1131	-0.3530
荚宽 Width of pods	<b>0.4578</b>	0.2035	0.0327	0.2399	-0.0263	-0.0549	-0.2866
可溶性蛋白含量 Soluble protein content	-0.3678	-0.1008	-0.1213	0.3487	-0.0773	0.0929	<b>-0.6470</b>
可溶性糖含量 Soluble sugar content	-0.0286	-0.0257	-0.0005	-0.1692	<b>-0.9292</b>	-0.3135	-0.0003

续表 4

指标 Test indicators	主成分 1 Main factor I	主成分 2 Main factor II	主成分 3 Main factor III	主成分 4 Main factor IV	主成分 5 Main factor V	主成分 6 Main factor VI	主成分 7 Main factor VII
游离氨基酸含量 Free amino acid content	-0. 1313	0. 2465	<b>0. 6592</b>	-0. 1034	0. 0392	0. 0493	0. 0349
维生素 C 含量 Vitamin C content	-0. 2563	0. 2037	<b>0. 6012</b>	0. 0047	-0. 0644	0. 0541	-0. 1874
干物质占比 Dry matter proportion	-0. 3432	-0. 1698	-0. 0945	0. 3451	-0. 2029	0. 3946	0. 1662
累积贡献率 Cumulative contribution rate	0. 2959	0. 4918	0. 6400	0. 7588	0. 8446	0. 9000	0. 9422
方差贡献率 Variance contribution rate	0. 2959	0. 1959	0. 1482	0. 1188	0. 0858	0. 0554	0. 0423
方差相对贡献率 The relative contribution of variance	0. 3141	0. 2079	0. 1573	0. 1261	0. 0910	0. 0588	0. 0448

加粗的数据表示贡献率较大。  
The bold indicate greater contribution.

对不同的指标进行主成分分析,结果显示前 7 个主成分的累积贡献率已经达到0. 942 2,表明前 7 个主成分已经基本包含选育菜用大豆条件的全部信息。第 1 主成分贡献率为0. 314 1,决定第 1 主成分大小的主要是单株有效荚数、单株有效粒数、荚宽。第 2 主成份贡献率为0. 207 9,决定第 2 主成分大小的主要是鲜百粒重、鲜单株产量、荚长。第 3 主成份贡献率为0. 157 3,决定主成分 3 大小的主要是游离氨基酸含量和维生素 C 含量。第 4 主成分贡献率为0. 126 1,决定主成分 4 大豆的主要是多粒荚比例。第 5 主成分贡献率为0. 091 0,决定主成分 5 大小的主要是可溶性糖含量。第 6 主成分贡献率为 0. 058 8,决定主成分 6 大小的主要是多粒荚比例和鲜单株产量。第 7 主成分贡献率为0. 044 8,决定主成分 7 大小的主要是鲜百粒重、可溶性蛋白含量(表 4)。

2.5.2 主成分分析评价参试大豆综合品质 以各主成分对应的方差相对贡献率为权重,由菜用大豆选育的评价函数计算出来各品种的综合评价分值,

总得分越高说明该品种综合品质越好。由表 5 可知,121 个参试大豆种质资源中,L-6 综合品质表现最好,其次是中黄 71、宜章六月黄、齐黄 35、中品 03-5373、吉育 501、吴江五月牛毛黄等。将得分大于 0 分的 60 个品种筛选出来,进行二次评估,对外观性状及抗性性状进行评估。

2.5.3 针对于特定性的二次评估 结合前人对优质菜用大豆标准的研究,制定出菜用大豆种质资源综合筛选标准:①茸毛颜色为灰白色,茸毛密度中等及稀少;②豆荚颜色鲜绿;③豆荚较大,多粒荚比例高;④种脐颜色为褐色或浅黑色;⑤品质表现优良;⑥生育期少于 110 d,满足本地生长条件;⑦单株产量较高,高于参试大豆种质资源的平均值;⑧高抗及中抗炭疽病。条件③、⑤、⑦之间关系复杂,且没有一个明确的标准用以综合评估,为了更好地从多个指标中筛选出综合表现优良的品种,采用主成分分析法对相关数据进行分析,并对主成分分析结果进行二次评估,以筛选出符合①②⑥⑧的品种。

表 5 不同品种菜用大豆选育综合评价  
Table 5 Comprehensive evaluation on the screening for vegetable soybeans among different varieties

品种名称 Variety	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6	Z7	总得分 Total score
L-6	4. 63	1. 33	1. 06	0. 13	0. 55	1. 34	-0. 94	2. 00
中黄 71	5. 17	-0. 53	-0. 21	0. 54	2. 17	-0. 59	0. 23	1. 72
宜章六月黄	4. 88	-2. 43	0. 90	3. 68	-0. 83	0. 09	0. 53	1. 58
齐黄 35	2. 56	0. 33	0. 61	2. 83	1. 33	-1. 16	-0. 28	1. 37
中品 03-5373	3. 00	0. 35	-0. 70	2. 33	0. 50	-0. 11	-0. 40	1. 22
吉育 501	0. 21	4. 47	0. 40	1. 44	1. 33	-1. 16	-2. 00	1. 20
吴江五月牛毛黄	1. 13	1. 15	1. 88	1. 25	0. 34	0. 51	1. 03	1. 15

续表 5

品种名称 Variety	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6	Z7	总得分 Total score
沧豆 10 号	-0.57	2.33	3.89	0.10	0.44	0.78	1.47	1.08
吉农 27	-1.60	3.64	2.29	2.01	1.47	0.91	-0.36	1.04
长农 27	1.93	1.33	-0.30	-0.19	1.90	0.26	-0.04	1.00
晋豆 43	2.18	1.31	-0.74	0.80	1.21	-0.69	-0.35	0.99
晋大早黄 2 号	2.21	1.73	0.14	-2.32	1.32	1.10	-0.77	0.93
羊眼睛豆	3.35	-1.98	0.22	2.65	-0.40	-1.64	0.37	0.89
邳峡黄毛子	3.28	0.03	-0.05	-0.84	-0.59	0.55	-0.12	0.89
晋科 4 号	2.30	2.98	-1.91	-0.45	-1.66	1.25	-0.50	0.88
中黄 74	2.37	2.35	-0.27	-2.02	-0.01	-0.75	-0.24	0.88
通化平顶香	2.50	1.02	-1.27	-0.40	0.25	0.67	-0.68	0.78
豫豆 19	1.34	1.54	-0.19	-0.40	0.72	0.38	0.65	0.78
潍豆 8 号	0.87	1.17	2.99	-1.40	-0.97	0.46	0.10	0.75
晋遗 30	3.50	-0.75	-1.11	-0.33	0.04	-0.26	0.68	0.75
长农 26	-0.18	2.19	2.13	-0.85	0.28	0.18	1.44	0.73
吉农 32	1.43	0.19	1.16	0.69	-0.17	0.38	-0.80	0.73
中黄 58	0.88	2.38	-0.15	-0.19	-0.68	-0.36	0.38	0.66
晋大 70	2.64	-1.98	0.64	0.89	-0.14	-0.25	-0.01	0.60
合丰 39	0.54	2.14	-0.59	1.08	-0.32	-0.28	-0.30	0.60
中黄 63	0.88	-0.17	2.40	-0.32	1.01	-0.96	-0.32	0.60
通农 943	1.55	1.64	0.20	-0.55	-1.48	-1.06	0.10	0.60
科新 5 号	0.93	0.51	1.77	0.20	-1.14	-0.77	-0.03	0.55
冀豆 21	2.51	0.76	-1.35	-1.20	0.17	-0.39	-0.61	0.55
冀豆 22	1.81	0.19	-1.78	1.73	-0.11	-0.11	-0.16	0.52
菏豆 13	0.18	2.45	0.86	-1.25	-0.96	0.97	-0.18	0.51
六月黄	3.25	-3.70	-0.47	1.33	0.20	1.79	0.67	0.50
中黄 20	1.97	-0.08	-0.92	0.44	0.13	0.02	-0.91	0.49
邯豆 9 号	-0.08	0.88	-0.82	1.67	1.87	0.62	0.28	0.46
嘉豆 43	1.32	1.78	0.42	-2.27	-0.05	-1.50	-0.51	0.45
长农 17	-0.29	2.50	-0.42	-0.18	-0.58	1.74	0.62	0.42
中黄 61	1.61	0.92	-0.64	-0.79	-0.79	0.49	-1.30	0.40
中黄 70	-0.07	-0.13	3.11	0.39	-0.88	-0.85	0.82	0.40
晋豆 42	0.66	-1.08	2.00	0.59	0.21	-0.07	0.13	0.39
汾豆 79	1.82	0.61	-0.95	0.36	-2.51	-0.54	0.58	0.36
黑农 30	0.73	-0.44	-0.79	3.03	-0.63	0.89	-0.98	0.35
中黄 64	0.19	0.53	-0.16	0.24	0.76	0.62	-0.02	0.28
吉豆 4 号	-0.81	2.63	1.16	-1.52	-0.34	-0.39	0.91	0.27
晋豆 29	1.93	-0.70	-1.21	-0.17	1.00	-0.69	-0.86	0.26
晋豆 26	1.49	-2.10	1.39	0.20	0.12	0.01	-0.62	0.26
平安 80	0.92	1.48	-1.46	-1.00	-0.22	-0.41	0.67	0.23
菏豆 21	-0.17	0.77	0.33	-1.16	1.53	0.66	0.59	0.22
保豆 3 号	0.74	1.06	-1.69	-0.10	-0.01	0.30	0.05	0.19
吉利豆 4 号	-0.59	2.75	-0.65	-0.64	0.06	-0.45	0.19	0.19
中黄 54	-0.01	-0.22	1.80	-0.50	-0.08	0.12	0.10	0.18
ZDD04918	1.61	-2.06	0.32	0.57	-0.60	-0.15	0.86	0.17
石豆 6 号	0.20	-0.03	-0.75	0.67	1.58	0.17	-0.15	0.17

续表 5

品种名称 Variety	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6	Z7	总得分 Total score
中黄 66	0.67	0.30	-0.27	-0.79	-0.11	0.18	0.39	0.15
邯豆 10 号	-1.17	1.45	1.79	-0.73	0.46	-0.85	0.54	0.14
早熟 17	-0.74	1.20	0.98	0.40	-0.75	0.48	-0.96	0.14
淮阳春豆	0.30	-0.75	1.59	0.23	-1.56	-0.09	0.14	0.07
中黄 62	0.27	0.64	-1.29	0.22	0.50	-0.86	0.83	0.07
徐豆 18	-0.33	0.93	-1.04	1.51	-0.03	-0.74	-0.26	0.06
彭山黄壳子-3	2.07	-2.79	0.59	-0.65	-0.18	-0.11	-0.65	0.03
早熟黄豆	0.15	-0.83	1.99	-0.18	-1.16	0.35	-1.64	0.01
吉农 29	-1.02	0.45	0.10	0.47	1.25	0.29	0.33	-0.01
吉大豆 3 号	1.35	0.11	-0.60	-0.78	-2.43	-1.16	0.56	-0.01
吉黑 2 号	1.34	-1.07	0.08	-1.24	-0.42	-1.01	0.63	-0.02
九丰 3 号	-0.13	1.86	-2.33	-0.08	-0.54	1.11	-0.36	-0.03
大黄豆-2	1.07	-2.60	0.58	0.62	-1.37	1.73	0.37	-0.04
延农 12	-0.44	0.17	1.43	-1.66	0.33	0.00	-0.24	-0.07
鲁豆 8 号	-0.54	-1.72	1.62	0.69	-0.31	0.80	0.90	-0.12
白农 12	-0.37	1.56	-1.18	0.26	-2.29	0.22	0.15	-0.13
马带青豆-2	-1.50	-1.08	2.66	-0.12	-0.21	2.45	0.31	-0.16
吉育 403	-1.90	-0.17	3.16	-0.10	0.04	-0.26	-0.34	-0.17
中黄 69	-0.53	-0.33	1.52	-0.56	-0.47	-0.63	-0.76	-0.18
二季早豆-2	-1.01	-2.17	4.47	-1.60	1.25	-0.32	-0.77	-0.21
豫豆 20	0.17	-0.30	-0.29	-1.31	0.01	-1.04	1.35	-0.22
吉科豆 8 号	-1.55	-0.62	-0.25	1.72	0.71	2.07	0.63	-0.22
吉林 33	-1.30	0.87	-0.69	0.33	0.76	0.13	-0.45	-0.24
铁秆 1 号	-0.51	-1.41	-0.05	0.31	1.06	-0.07	1.47	-0.26
绥农 18	0.63	0.48	-0.89	-2.17	-1.18	-0.91	0.27	-0.26
黑农 48	0.44	-0.41	-1.77	-1.33	0.54	0.43	0.93	-0.27
柏枝豆	-0.52	-0.36	-0.06	0.15	-2.20	1.72	1.04	-0.28
黑河 54	-1.50	0.41	-0.57	1.64	-0.71	1.15	-0.56	-0.29
长豆 18	-0.22	-0.34	-1.46	-0.79	1.02	0.25	1.48	-0.30
吉密豆 2 号	-2.12	1.21	0.50	1.16	-0.41	-1.34	-0.58	-0.33
吉黑 3 号	-0.15	-1.04	-0.94	-0.14	1.26	-0.55	-0.40	-0.36
九丰 1 号	-1.77	0.59	-1.28	2.18	0.06	-1.13	0.74	-0.39
科豆 1 号	-0.12	-0.69	-0.06	-2.02	0.33	0.15	0.13	-0.40
丰收 19	-0.79	-0.16	-0.30	-1.73	1.98	-0.45	-0.50	-0.41
中黄 60	-0.40	-0.35	-1.07	-1.12	0.93	-0.09	0.02	-0.43
东生 1 号	-2.40	0.78	-0.21	1.73	0.43	-2.16	0.45	-0.48
松子豆	0.03	-2.27	-1.02	0.38	0.22	0.50	0.94	-0.48
九农 35	-3.46	-0.04	3.46	0.62	0.17	-0.14	-0.38	-0.48
绿蓝子	1.50	-4.34	1.07	0.07	-2.24	-0.73	-0.65	-0.53
绥农 10 号	-0.54	0.47	-1.87	-0.33	-1.22	-0.32	0.12	-0.53
中黄 3 号	-1.01	0.03	-0.65	-1.18	-0.17	-0.66	1.11	-0.57
辽豆 14	-1.52	-0.20	-0.40	-0.76	0.84	-0.27	0.68	-0.59
临豆 10 号	-0.70	-0.92	-0.82	-0.72	-0.08	0.39	0.49	-0.59
黑河 1 号	-1.42	0.47	-1.16	-0.43	-0.64	0.36	0.09	-0.62
冀 NF58	0.22	-3.19	0.04	-1.76	1.41	-0.41	0.60	-0.68
巴中田坎豆②	0.08	-2.26	-1.09	-1.45	1.05	0.26	-1.13	-0.74
东农 43	-2.35	0.02	0.58	-0.56	-0.52	1.08	-0.94	-0.74



续表 5

品种名称 Variety	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6	Z7	总得分 Total score
垦农 18	-2.30	0.10	-0.78	0.90	-0.28	0.45	-0.96	-0.75
合丰 44	-2.40	-0.28	-0.54	1.35	-0.27	0.23	-0.46	-0.76
汾豆 78	-0.27	-1.88	-0.15	-1.54	-0.35	-0.83	0.08	-0.77
黑河 5 号	-1.25	-0.50	-1.56	-0.96	-0.39	1.18	0.60	-0.80
嫩良 7 号	-1.94	-0.46	-0.67	-1.12	0.77	1.54	-0.35	-0.81
垦鉴豆 4 号	-3.06	0.90	-1.43	1.87	-1.00	0.58	-0.50	-0.84
丰收 12	-3.89	1.26	0.51	0.99	-1.15	-0.66	-0.07	-0.90
吉科豆 9 号	-1.95	-1.09	-1.63	0.56	1.43	-0.27	0.19	-0.90
2340322	-0.31	-2.54	-1.18	-1.27	0.94	0.13	-0.68	-0.91
垦农 17	-3.83	0.13	-0.57	1.15	1.50	0.48	0.97	-0.91
垦鉴豆 25	-2.27	-1.74	-0.16	0.90	1.21	-0.15	-1.14	-0.94
垦农 7 号	-1.65	-0.46	-1.60	-0.27	-1.12	-0.24	0.76	-0.98
黑河 30	-3.24	-0.52	-0.86	1.21	1.42	-1.06	1.02	-1.00
垦鉴豆 33	-1.55	-0.31	-1.06	-0.56	-2.83	-0.19	-0.22	-1.07
垦农 19	-2.44	-0.77	-1.02	0.76	-0.58	-0.54	-0.28	-1.09
湘豆 4 号	-0.54	-2.89	-0.26	-1.71	-0.13	-0.60	-1.40	-1.14
嫩丰 17	-2.85	-1.05	-0.57	0.42	-0.03	-0.32	0.38	-1.15
黑河 19	-3.24	-0.74	0.01	0.84	-1.06	-1.39	0.30	-1.23
绥农 15	-2.55	-1.38	-1.48	-0.59	1.08	0.51	-0.34	-1.28
青皮平顶香	-1.90	-2.14	-1.05	-1.95	0.64	0.34	-0.54	-1.40
黑河 29	-3.93	-0.95	-0.09	0.45	-0.48	-0.65	-1.00	-1.51
合丰 27	-3.72	-1.36	-0.97	-0.62	-1.05	0.00	-1.46	-1.84

Z1 ~ Z7 表示各个主成分得分值;按照最终总得分降序排列。

Z1-Z7 mean score of each principle component; Descending order according to total score.

二次评估分析可得(表 6),满足 4 个条件的有 14 个品种,通化平顶香、豫豆 19、中黄 58、冀豆 21、荷豆 13、六月黄、中黄 20、嘉豆 43、长农 17、中黄 70、黑农 30、晋豆 29、平安 80、淮阳春豆。其中通化平

顶香、豫豆 19、中黄 58、冀豆 21、荷豆 13、六月黄在主成分分析环节得分超过 0.5 分,这些品种虽然在主成分分析时品质和产量性状表现不突出,但是其符合本研究提出的筛选条件,综合表现较好。

表 6 参试大豆种质资源选育菜用大豆二次评估

Table 6 Second evaluation on screening for vegetable soybeans among different varieties

品种名称 Variety	满足条件① Satisfy condition①	满足条件② Satisfy condition②	满足条件⑥ Satisfy condition⑥	满足条件⑧ Satisfy condition⑧	总共满足条件数 Satisfy conditions number
L-6	否	是	是	是	3
中黄 71	否	是	否	是	2
宜章六月黄	是	否	否	是	2
齐黄 35	否	是	是	否	2
中品 03-5373	是	是	否	否	2
吉育 501	是	是	是	否	3
吴江五月牛毛黄	是	是	否	是	3
沧豆 10 号	否	是	否	是	2
吉农 27	否	是	是	是	3
长农 27	是	是	否	否	2
晋豆 43	是	是	否	否	2
晋大早黄 2 号	否	是	是	否	2

续表 6

品种名称 Variety	满足条件① Satisfy condition①	满足条件② Satisfy condition②	满足条件⑥ Satisfy condition⑥	满足条件⑧ Satisfy condition⑧	总共满足条件数 Satisfy conditions number
羊眼睛豆	否	是	是	是	3
邛崃黄毛子	否	是	是	是	3
晋科 4 号	是	是	是	否	3
中黄 74	是	是	否	是	3
通化平顶香	是	是	是	是	4
豫豆 19	是	是	是	是	4
潍豆 8 号	否	是	是	否	2
晋遗 30	否	是	是	否	2
长农 26	否	是	是	是	3
吉农 32	否	是	否	否	1
中黄 58	是	是	是	是	4
晋大 70	否	是	是	是	3
合丰 39	是	是	否	是	3
中黄 63	是	是	否	是	3
通农 943	是	是	否	是	3
科新 5 号	否	是	否	是	2
冀豆 21	是	是	是	是	4
冀豆 22	否	是	是	是	3
荷豆 13	是	是	是	是	4
六月黄	是	是	是	是	4
中黄 20	否	是	是	是	4
邯豆 9 号	否	是	是	否	2
嘉豆 43	是	是	是	是	4
长农 17	是	是	是	是	4
中黄 61	否	是	是	否	2
中黄 70	是	是	是	是	4
晋豆 42	否	是	否	是	2
汾豆 79	是	否	是	是	3
黑农 30	是	是	是	是	4
中黄 64	是	是	否	否	2
吉豆 4 号	否	是	是	否	2
晋豆 29	是	是	是	是	4
晋豆 26	否	是	否	是	2
平安 80	是	是	是	是	4
荷豆 21	是	是	否	是	3
保豆 3 号	否	是	是	否	2
吉利豆 4 号	是	是	否	是	3
中黄 54	否	是	是	是	3
ZDD04918	是	是	否	否	2
石豆 6 号	否	是	是	是	3
中黄 66	否	是	是	是	3
邯豆 10	否	是	否	否	1
早熟 17	否	是	是	是	3
淮阳春豆	是	是	是	是	4
中黄 62	否	是	是	是	3
徐豆 18	否	是	是	是	3
彭山黄壳子 -3	否	是	是	是	3
早熟黄豆	否	否	否	是	1

### 3 讨 论

菜用大豆是被公认的无公害或少污染的安全食品,是深受广大消费者喜爱的高蛋白蔬菜种类。菜用大豆的开发利用是一个新兴的农业产业,以其较高的鲜荚产量和较短的生育期,在生产和市场中潜力巨大,具有广阔的发展前景。近年来,我国大豆产业处于竞争劣势状态,专家学者认为必须要走菜用大豆专用化的发展道路<sup>[20-21]</sup>。但是国内菜用大豆育种工作起步晚且进展缓慢,充分收集、保存好我国的大豆种质资源,同时加强对现有种质资源的评价和利用,充分挖掘其宝贵基因资源<sup>[22]</sup>,有利于选育优良的菜用大豆品种。

与粒用大豆相比菜用大豆种质资源的筛选不仅要满足生育期和产量的需求还需满足外观品质和食用品质要求,亚洲蔬菜研究与发展中心(AVRDC, Asian Vegetable Research and Development Center)提出菜用大豆选育标准:①粒大(千百粒重不少于30 g);②荚大(500 g 鲜荚包装不超过175个荚);③粒多(每荚粒数应大于2个);④荚和种子的颜色应为浅绿,荚上的茸毛较少且为灰毛;⑤灰脐或浅褐脐;⑥较好的风味、香味和结构,口味微甜、蒸煮时间较短<sup>[23]</sup>。武天龙等<sup>[24]</sup>提出菜用大豆筛选标准:鲜绿、粒大,单株15~20荚,荚长5.0 cm以上,荚宽1.4 cm以上。灰色茸毛,灰色或浅褐色种脐,同时提出菜用大豆品种二粒荚选择标准:千百粒重为29.72~34.58 g,鲜百粒重为60.79~70.55 g。我国出口加工的菜用大豆外观要求豆荚颜色翠绿、每荚至少有2粒发育良好的籽粒,且2粒种子相邻;荚长至少4.5 cm,宽1.3 cm、厚0.6 cm、大荚大粒<sup>[25]</sup>。菜用大豆的食用品质主要与蛋白质、糖分、游离氨基酸、维生素及微量元素含量有关,直接决定着菜用大豆食用价值。Shanmugasundaram等<sup>[26]</sup>将大豆食味品质划分为:甜度、质地、香味及鲜味等;根据汪自强等<sup>[27]</sup>的研究,菜用大豆的甜味品质与籽粒的可溶性糖特别是蔗糖含量呈显著正相关,质地与籽粒硬度具有负相关,鲜味品质与游离氨基酸含量呈正相关;张秋英等<sup>[25]</sup>提出菜用大豆食味性状受蔗糖和蛋白质含量影响最大,其中蔗糖含量与菜用大豆食味评分呈正相关,蛋白质含量与菜用大豆食味评分呈负相关,所以在选育品种时应该适当降低蛋白质含量,以提高菜用大豆食味表现。王丹英等<sup>[28]</sup>研究发现,菜用大豆鲜味与其籽粒中游离氨基酸中天冬氨酸、谷氨酸含量呈正相关。随着蛋白来源的增多,在选育菜用大豆品种时应该更加注意选育氨基酸、维生素及微量元素含量高的品种<sup>[29]</sup>。

通过对121份种质资源的筛选,一些可溶性糖含量高、氨基酸含量高、维生素含量高的品种被发现,这为后期选育优质菜用大豆品种奠定了基础。此外,在江浙菜用大豆生产期间由于受高温多雨潮湿气候影响,炭疽病发病严重,炭疽病侵染豆荚会引起豆荚发黑,严重影响着菜用大豆的外观品质,高发病率的炭疽病不仅降低了菜用大豆的产量和品质,还给豆农的经济效益带来损失,对江浙一带大豆产业的发展造成不小的负面影响,本试验挖掘筛选出的一些抗炭疽病新种质也为菜用大豆的抗炭疽病育种提供了新的资源。

### 4 结 论

本研究综合考虑121份参试大豆种质资源的性状及研究实际,根据前人对优质菜用大豆标准的研究<sup>[23-24,27]</sup>,采用主成分分析法筛选适合浙江地区种植的菜用大豆新资源并进行二次评价。综合考察参试品种生育期、外观、产量、品质、抗性等方面,最终筛选出综合表现较好,适于浙江省种植的6个菜用大豆品种:通化平顶香、豫豆19、中黄58、冀豆21、荷豆13、六月黄。

### 参考文献

- [1] Carter T E, Nelson R L, Sneller C H, et al. Genetic diversity in soybean [J]. Soybeans Improvement Production & Uses, 2004, 8 (1): 303-306.
- [2] Li Y, Guan R, Liu Z, et al. Genetic structure and diversity of cultivated soybean [*Glycine max* (L.) Merr.] landraces in China [J]. Theoretical & Applied Genetics, 2008, 117(6): 857-871.
- [3] 周恩远. 大豆种质资源遗传多样性研究[D]. 哈尔滨:东北农业大学, 2009. (Zhou E Y. Genetic diversity of germplasm resources on soybean [D]. Harbin:Northeast Agricultural University, 2009.)
- [4] 邱丽娟, 常汝镇, 陈可明, 等. 中国大豆(*Glycine max*)品种资源保存与更新状况分析[J]. 植物遗传资源学报, 2002, 3(2): 34-39. (Qiu L J, Chang R Z, Chen K M, et al. Analysis of conservation and regeneration statues for Chinese soybean germplasm [J]. Journal of Plant Genetic Resources, 2002, 3(2): 34-39.
- [5] 邱丽娟, 常汝镇, 袁翠平, 等. 国外大豆种质资源的基因挖掘利用现状与展望[J]. 植物遗传资源学报, 2006, 7(1): 1-6. (Qiu L J, Chang R Z, Yuan C P, et al. Prospect and present statue of gene discovery and utilization for introduced soybean germplasm [J]. Journal of Plant Genetic Resources, 2006, 7 (1): 1-6.)
- [6] 燕惠民. 我国野生大豆资源保护管理问题[J]. 中国野生植物资源, 2007, 26(6): 37-39. (Yan H M. Discussion of the protection and administration of wild soybean resources in China [J]. Chinese Wild Plant Resources, 2007, 26(6): 37-39.)
- [7] 普官秀. 我国“野生大豆流失案”的法律思考[C]. 2015年全国环境资源法学研讨会(年会)论文集, 2016: 803-806. (Pu G

- X. Legal reflections on cases of China's outflow of wild soybeans [C]. Proceedings of 2015 National Environmental Resources Law Seminar (Annual Meeting), 2016:803-806. )
- [8] 白琼岩. 菜用大豆品种农艺性状遗传多样性特点分析 [D]. 北京:中国农业科学院, 2006. (Bai Q Y. Analysis of genetic diversity of agronomic traits of vegetable soybean varieties [D]. Beijing: Chinese Academy of Agricultural Sciences, 2006. )
- [9] 田艺心, 高会, 汪自强. 菜用大豆生产及产业化前景 [J]. 世界农业, 2008 (10): 57-58. (Tian Y X, Gao H, Wang Z Q. Prospects of vegetable soybeans' production and industrialization [J]. World Agriculture, 2008 (10): 57-58. )
- [10] Czaikoski K, Leite R S, Jmg M, et al. Canning of vegetable-type soybean in acidified brine: Effect of the addition of sucrose and pasteurisation time on color and other characteristics [J]. Industrial Crops & Products, 2013, 45 (1): 472-476.
- [11] Song J Y, An G H, Kim C J. Color, texture, nutrient contents and sensory values of vegetable soybeans [*Glycine max* (L.) Merrill] as affected by blanching [J]. Food Chemistry, 2003, 83 (1): 69-74.
- [12] Duppong L M, Hattermanvalenti H. Yield and quality of vegetable soybean cultivars for production in north Dakota [J]. Horttechnology, 2005, 15 (4): 896-900.
- [13] 王国荣, 陈昊健, 林钗, 等. 大豆豆荚炭疽病中期预测模型的研制 [J]. 中国植保导刊, 2016, 36 (8): 50-53. (Wang G R, Chen W J, Lin C, et al. Establishment of mid-term forecast model for soybean pod anthracnose [J]. China Plant Protection, 2016, 36 (8): 50-53. )
- [14] 周德银. 大豆种质资源遗传多样性的表型和 RAPD 分析的研究 [D]. 福州: 福建农林大学, 2005. (Zhou D Y. Phenotypic and RAPD analysis of genetic diversity of soybean germplasm resources [D]. Fuzhou: Fujian Agricultural and Forestry University, 2005. )
- [15] Fehr W R, Caviness C E. Stages of soybean development [R]. Special Report 80, Cooperative Extension Service, Agriculture and Home Economics Experiment Station. Ames, Iowa: Iowa State University, 1977 (80): 11.
- [16] 曹建康, 姜微波, 赵玉梅. 果蔬采后生理生化实验指导 [M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2007. (Cao J K, Jiang W B, Zhao Y M. Postharvest physiology and biochemistry experimental guidance for fruits and vegetables [M]. Beijing: China Light Industry Press, 2007. )
- [17] 林敬州, 姜聪, 汪自强, 等. 大豆种质资源对大豆豆荚炭疽病的抗性评价 [J]. 浙江农业科学, 2013 (2): 166-168. (Lin J Z, Jiang C, Wang Z Q, et al. Evaluation of resistance soybean germplasm resources to soybean anthracnose [J]. Journal of Zhejiang Agricultural Sciences, 2013 (2): 166-168. )
- [18] 胡小南. 转 Sporamin/Chitinase 基因大豆胞囊线虫病和炭疽病抗性研究 [D]. 杭州: 浙江大学, 2014. (Hu X N. Studies on resistance to soybean cyst nematode and anthracnose among transgenic Sporamin/Chitinase plants [D]. Hangzhou: Zhejiang University, 2014. )
- [19] 崔华威, 杨艳丽, 黎敬涛, 等. 一种基于 Photoshop 的叶片相对病斑面积快速测定方法 [J]. 安徽农业科学, 2009, 37 (22): 10760-10762. (Cui H W, Yang Y L, Xu J T, et al. A faster method for measuring relative lesion area on leaves based on software photoshop [J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2009, 37 (22): 10760-10762. )
- [20] 章平. 中国大豆产业发展前景分析 [D]. 北京: 对外经济贸易大学, 2007. (Zhang P. Analysis on the development prospect of Chinese soybean industry [D]. Beijing: University of International Business and Economics, 2007. )
- [21] 史延通. 浅析我国菜用大豆的研究状况 [J]. 农业科技通讯, 2009 (7): 19-21. (Shi Y T. A preliminary analysis of research of vegetable soybean in China [J]. Bulletin of Agricultural Science and Technology, 2009 (7): 19-21. )
- [22] 何真, 韵晓东, 武凯, 等. 大豆种质资源遗传多样性研究进展 [J]. 生物技术进展, 2015 (2): 103-108. (He Z, Yun X D, Wu K, et al. Progress on germplasm resources genetic diversity of soybean [J]. Current Biotechnology, 2015 (2): 103-108. )
- [23] 颜清上, 邵桂花, 阎淑荣. AVRDC 的菜用大豆育种研究 [J]. 作物杂志, 2000 (4): 27-29. (Yan Q S, Shao G H, Yan S R. Study on vegetable soybean breeding with AVRDC [J]. Chinese Journal of Crop Sciences, 2000 (4): 27-29. )
- [24] 武天龙, 汤楠, 赵则胜, 等. 菜用大豆粒荚选择标准的研究 [J]. 大豆科学, 2000, 19 (2): 164-188. (Wu T L, Tang N, Zhao Z S, et al. Study on selection criteria of vegetable soybean [J]. Soybean Science, 2000, 19 (2): 164-188. )
- [25] 张秋英, 李彦生, 王国栋, 等. 菜用大豆品质及其影响因素研究进展 [J]. 大豆科学, 2010, 29 (6): 1065-1070. (Zhang Q Y, Li Y S, Wang G D, et al. Quality and factors involved in vegetable soybean production [J]. Soybean Science, 2000, 29 (6): 1065-1070. )
- [26] Shanmugasundaram S. Vegetable soybean: Research needs for production and quality improvement [C]. Taiwan: Asia Vegetable Research and Development Center, 1991: 91-346.
- [27] 汪自强, 艾麦里, 苏贤坤. 鲜食大豆食味品质的评价指标研究 [J]. 中国粮油学报, 2004 (3): 47-50. (Wang Z Q, Ai M L, Su X K. Studies on vegetable soybean quality assess factors [J]. Journal of the Chinese Cereals and Oils Association, 2004 (3): 47-50. )
- [28] 王丹英. 菜用大豆品质生理研究 [D]. 杭州: 浙江大学, 2001. (Wang D Y. Study on quality physiology of vegetable soybean [D]. Hangzhou: Zhejiang University, 2001. )
- [29] 张秋英, 李彦生, 刘长锴, 等. 菜用大豆食用品质关键组分及其积累动态研究 [J]. 作物学报, 2015, 41 (11): 1692-1700. (Zhang Q Y, Li Y S, Liu C K, et al. Key components of eating quality and their dynamic accumulation in vegetable soybean varieties [*Glycine max* (L.) Merr.] [J]. Crop Science, 2015, 41 (11): 1692-1700. )