



# 成都平原春播菜用大豆品种鲜籽粒品质对比分析

罗静红<sup>1,2</sup>, 钟文娟<sup>2,3</sup>, 罗芳耀<sup>1,2</sup>, 唐月明<sup>1</sup>, 陈四维<sup>3</sup>, 高佳<sup>1,2</sup>

(1. 四川省农业科学院农产品加工研究所(四川省农业科学院食物与营养健康研究所), 四川 成都 610066; 2. 四川省蔬菜工程技术研究中心, 四川 成都 611934; 3. 四川省农业科学院 经济作物研究所, 四川 成都 610300)

**摘要:**为明确成都平原春播菜用大豆品种的品质表现,进一步筛选优良品种,对来源不同且集中种植的8个菜用大豆品种鲜籽粒采后6项农艺性状指标(单株荚重、标准荚数、标准荚率、二粒荚长、二粒荚宽和百粒鲜重)和8项营养品质指标(干物质、维生素C、叶绿素、可溶性蛋白、可溶性糖、游离氨基酸、粗纤维和粗脂肪)进行测试分析,探讨测试指标间的相关性,通过系统聚类分析对品种进行品质分类,采用隶属函数法分析所有测试指标,并对品种进行了综合排序。结果表明:14项测试指标在品种间的变异系数在3.02%~54.22%之间,其中标准荚数、百粒鲜重、单株荚重、游离氨基酸、粗纤维、叶绿素和可溶性糖系数均大于10%,游离氨基酸变异系数最高,为54.22%;各项品质性状指标间存在一定的相关性,二粒荚长与单株荚重呈显著负相关,与标准荚数呈极显著负相关,干物质与可溶性蛋白呈极显著正相关;聚类分析将所有品种分为2大类4小类;隶属函数分析排序显示,川鲜豆6号和交大133两个品种的综合品质最优,表现出良好的商品性和营养风味。本研究明确了成都平原春播菜用大豆的采后品质特性,筛选出川鲜豆6号和交大133两个优良菜用大豆品种,为优良品种选择提供了参考依据。

**关键词:**菜用大豆品种;营养品质;农艺性状;综合评价;隶属函数分析

## Comparative Analysis of Fresh Seed Quality of Spring-sown Vegetable Soybean Varieties in Chengdu Plain

LUO Jinghong<sup>1,2</sup>, ZHONG Wenjuan<sup>2,3</sup>, LUO Fangyao<sup>1,2</sup>, TANG Yueming<sup>1</sup>, CHEN Siwei<sup>3</sup>, GAO Jia<sup>1,2</sup>

(1. Institute of Agro-products Processing Science and Technology, Sichuan Academy of Agricultural Sciences (Institute of Food and Nutrition Health, Sichuan Academy of Agricultural Sciences), Chengdu 610066, China; 2. Sichuan Research Center of Vegetable Engineering and Technology, Chengdu 611934, China; 3. Industrial Crops Research Institute, Sichuan Academy of Agricultural Sciences, Chengdu 610300, China)

**Abstract:** In order to clarify the quality performance of spring-sown vegetable soybean varieties in Chengdu Plain and further select excellent varieties, 6 agronomic traits (pod weight per plant, standard pod number, standard pod rate, binomial pod length, binomial pod width, 100 fresh weight) and 8 nutritional quality indexes (dry matter, vitamin C, chlorophyll, soluble protein, soluble sugar, free amino acid, crude fiber, crude fat) of 8 vegetable soybean varieties were tested and analyzed. The correlation among the test indexes was discussed, the quality of varieties was classified by systematic cluster analysis, all the test indexes were analyzed by membership function, and the varieties were sorted comprehensively. The results showed that the coefficient of variation of 14 tested indicators ranged from 3.02% to 54.22% among varieties, among which the coefficient of standard pods number, fresh weight of 100 seeds, pods weight per plant, free amino acid, crude fiber, chlorophyll and soluble sugar were all greater than 10%, and the coefficient of variation of free amino acid was the highest (54.22%). There was a certain correlation among the quality traits. The two-seed pod length was negatively correlated with pod weight per plant, the standard pods number was significantly negatively correlated with dry matter and soluble protein. All varieties were divided into 2 categories and 4 subcategories by cluster analysis. The subordination function analysis showed that Chuanxiandou 6 and Jiaoda 133 had the best comprehensive quality, showing good commodity and nutritional flavor. This study clarified the postharvest quality characteristics of spring-sown vegetable soybean varieties in Chengdu Plain, and selected two excellent vegetable soybean varieties, Chuanxiandou 6 and Jiaoda 133, and provides a reference for the selection of excellent varieties.

**Keywords:** vegetable soybean varieties; nutritional quality; agronomic traits; comprehensive evaluation; affiliation function analysis

菜用大豆[*Glycine max* (L.) Merr.],又叫鲜食大豆,俗称毛豆,是指豆荚在鼓粒盛期(R6)至初熟期(R7)籽粒饱满而未成熟,以采收青荚果取青籽粒作为蔬菜食用的特用大豆<sup>[1-2]</sup>,因其色泽翠绿、口感

鲜甜、清香味浓、蛋白质含量高等优点而深受亚洲、欧美国家民众喜爱。我国是大豆原产国,也是世界上最早食用菜用大豆的国家,同时也是全球最大的菜用大豆生产和出口国,菜用大豆在全国的种植区

收稿日期:2023-03-02

基金项目:四川省农作物育种攻关项目(2021YFYZ0022,2021YFYZ0018);成都市重点研发支撑计划(2022-YF05-00423-SN);四川省农业科学院科技成果中试熟化与示范转化项目(2023ZSSFCD11)。

第一作者:罗静红(1993—),女,硕士,助理研究员,主要从事果蔬贮藏保鲜与加工研究。E-mail:937251130@qq.com。

通讯作者:高佳(1983—),女,博士,研究员,主要从事果蔬贮藏保鲜与加工研究。E-mail:jiagao129@163.com。

域广泛,其中以江苏、浙江等长江流域和台湾、福建等东南沿海地区为主,已成为当地出口创汇的主要农产品之一<sup>[3-5]</sup>。按照国际市场要求,菜用大豆的采后品质主要包括外观品质、食用品质、营养品质和卫生品质<sup>[6]</sup>。品种的基因型和气候、矿质营养等环境因素共同影响菜用大豆的品质<sup>[7]</sup>。我国幅员辽阔,各地区生态条件差异较大,不同品种在各地的生长表现、品质特性各异,因此开展品种的区域性试验比较,对明确品种特征和适宜性具有重要作用。

四川是我国南方多作大豆产区,2021 年全省大豆种植面积 44.34 万 hm<sup>2</sup>,产量 104.4 万 t,分列全国第三和第二[中国统计年鉴-国家统计局 (<http://www.stats.gov.cn/sj/zgtjnj/>)],发展菜用大豆产业基础较好。近年来,全国各地已选育出一大批具有代表性的国产菜用大豆新品种<sup>[8]</sup>,而相关品种及其后代新品种在四川地区种植后的品质表现分析研究鲜有报道,不利于生产中对品种的推广应用。因此,本研究调查了来自几个不同省份育种单位的 8 个菜用大豆品种在成都平原春播种植采收后的品质性状特性,通过相关性分析、聚类分析和隶属函数分析,明确不同品种品质特性差异,辅助筛选优

势菜用大豆品种,以期对相关品种在成都地区进一步推广提供数据支撑。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 供试品种 为明确不同地区早熟、中熟菜用大豆品种采后品质特性,选取了 8 个不同菜用大豆品种进行研究(表 1),鲜样豆荚由四川省农业科学院经济作物研究所提供(图 1)。于 2022 年 4 月 5 日统一种植于成都市青白江区姚渡镇光明村基地,露地栽培,小区面积 11.2 m<sup>2</sup>,行距 40 cm,穴距 16 cm,每穴 2 苗,每个小区种植 350 株,3 次重复,采用集中栽培和统一管理,根据品种的熟性在 R7 期分别采收,原料采收后 2 h 内送达实验室测定。

1.1.2 试剂 抗坏血酸、考马斯亮蓝 G-250、磷酸、乙醇、蒽酮、乙酸乙酯、浓硫酸、氢氧化钠、茚三酮、乙二醇、石油醚 30-60 (分析纯,成都市科隆化学有限公司);乙酸、正丙醇、正丁醇(分析纯,成都金山化学试剂有限公司);乙酸钠(分析纯,成都市科龙化工试剂厂);甲醇(色谱纯,赛默飞世尔科技有限公司)。

表 1 供试品种来源信息  
Table 1 Source information of the tested varieties

品种 Variety	品种来源 Variety origin	供种单位 Seed supply unit	熟性 Maturity
兴鲜 7 号 Xingxian 7	铁鲜 7 号 × S2010-16	绵阳市全兴种业有限公司/铁岭市于氏种子有限公司	早熟
浙农 7 号 Zhenong 7	浙农 8 号 × GX-9	浙江省农业科学院蔬菜研究所	早熟
浙农 K50 Zhenong K50	开心绿 × 浙农 8 号	浙江省农业科学院蔬菜研究所/四川省农业科学院经济作物研究所	早熟
交大 133 Jiaoda 133	台湾 88 × 交选 2 号	上海交通大学	中熟
川鲜豆 6 号 Chuanxiandou 6	奎丰 1 号 × 辽 00139-1	四川省农业科学院经济作物研究所	中熟
兰育 99 Lanyu 99	铁 2012-10 × YS2012-12	铁岭市于氏种子有限公司	中熟
川鲜豆 7 号 Chuanxiandou 7	奎鲜 1 号 × 绿宝珠	四川省农业科学院经济作物研究所/开原市雨农种业有限公司	中熟
权鲜 9 号 Quanxian 9	98-11 × 75-3	开原市权成种业有限公司	中熟



图 1 供试菜用大豆品种外观

Fig.1 Appearance of vegetable soybean varieties for testing

1.1.3 仪器与设备 Fibertec 8000 粗纤维仪(丹麦 FOSS 仪器有限公司); 5810R 冷冻离心机(Eppendorf 中国有限公司); JA31002 电子天平(上海精天电子仪器有限公司); XM-300UVF 超声波清洗机(小美超声仪器有限公司); DHG-9075A 电热恒温鼓风干燥箱(上海齐欣科学仪器有限公司); LC-16 液相色谱仪(岛津仪器苏州有限公司); Synergy HTX 酶标仪(美国 BioTek 仪器有限公司); DL-1015 低温冷却液循环泵(上海谷宁仪器有限公司)。

1.2 试验设计

将供试材料播种于成都市青白江区姚渡镇光明村基地,在毛豆最适宜采收期进行采收,每个品种每小区随机取样 10 株,测定其单株荚重、标准荚数、标准荚率,随即每株选取大小均匀外观一

致的毛豆荚 10 个,测定其二粒荚长和宽、百粒鲜重。然后每品种每小区随机取样 30 个鲜豆荚,剥壳取净豆混合样品,取新鲜籽粒用于测定干物质和维生素 C,其余新鲜籽粒利用液氮粉碎后置于 -80 ℃ 保存,用于测定叶绿素、可溶性蛋白等营养物质指标。

1.3 测定项目及方法

1.3.1 农艺性状指标测量 单株荚重、标准荚数、标准荚率、二粒荚长和宽、百粒鲜重等农艺性状按照《NY/T 3705-2020 鲜食大豆品种品质》的方法测定<sup>[9]</sup>,每个品种每小区连续取样 10 株。

1.3.2 品质性状指标测定 干物质和维生素 C 含量使用鲜样净豆测定<sup>[10]</sup>,每品种每小区随机取样 30 个鲜豆荚剥壳取净豆混合样品;叶绿素<sup>[11]</sup>、可溶性蛋白<sup>[10]</sup>、可溶性糖<sup>[10]</sup>、游离氨基酸<sup>[10]</sup>、粗纤维<sup>[12]</sup>

和粗脂肪<sup>[13]</sup>含量使用冷冻样品测定,每个品种的混合净豆液氮粉碎后-80℃保存备用,均为3次重复。

1.4 数据分析

所有测定数据使用 Excel 2007 进行统计分析,结果采用(平均值±标准误差)表示;使用 SPSS 19.0 软件进行差异显著性分析、相关性分析和聚类分析,计算公式为  $R(X_i) = (X_i - X_{\min}) / (X_{\max} - X_{\min})$ ,式中: $X_i$  为指标测定值。 $X_{\max}$  和  $X_{\min}$  分别为所有参试材料某一指标的最大值和最小值;使用 Excel 2007 进行隶属函数分析;使用 TBtools Heatmap 软件绘制不同品种各指标含量的热图,结合聚类分析结果制作聚类分析热图。

2 结果与分析

2.1 参试菜用大豆性状基础数据分析

如表 2 所示,14 项指标在品种间的变异系数为 3.02%~54.22%,其中游离氨基酸、粗纤维、叶绿素、可溶性糖、标准荚数、百粒鲜重和单株荚重的变异系数均大于 10%,表明这 7 项测试指标在品种间差异明显。各测试指标变异系数由大到小依次为:游离氨基酸>粗纤维>叶绿素>可溶性糖>标准荚数>百粒鲜重>单株荚重>可溶性蛋白>维生素 C>粗脂肪>二粒荚长>标准荚率>干物质>二粒荚宽。

表 2 供试品种测试指标数据  
Table 2 Test index data of test varieties

项目 Item	单株荚重 Pods weight per plant/g	标准荚数 Standard pod number/ [个·(500 g) <sup>-1</sup> ]	标准荚率 Standard pod rate/%	二粒荚长 Two-seed pod lenght/cm	二粒荚宽 Two-seed width/cm	百粒鲜重 100-seed fresh weight/g	干物质 Dry matter/%
兴鲜 7 号	48.65±3.03 ab	176.37±1.53 a	76.79±1.59 ab	5.07±0.03 cd	1.38±1.35 a	71.30±0.01 d	30.62±0.51 cd
浙农 7 号	49.03±3.78 ab	175.53±0.61 a	78.30±7.02 ab	5.00±0.06 cde	1.30±0.55 a	67.80±0.00 d	30.46±0.34 de
浙农 K50	43.83±3.66 bc	171.51±5.97 a	84.27±1.82 a	5.08±0.02 c	1.30±0.54 a	80.33±0.00 c	32.05±0.20 bc
交大 133	46.65±1.88 ab	135.59±2.64 c	69.68±0.80 b	5.67±0.03 a	1.40±0.65 a	90.23±0.00 a	33.10±0.43 ab
川鲜豆 6 号	37.66±1.18 c	139.74±13.50 bc	83.10±1.22 a	5.83±0.09 a	1.32±3.14 a	89.50±0.09 a	33.62±0.60 a
兰育 99	53.07±1.14 a	172.99±12.55 a	78.05±4.36 bc	4.90±0.00 de	1.33±1.76 a	89.53±0.02 a	29.03±0.30 e
川鲜豆 7 号	43.33±2.23 bc	145.10±4.73 bc	82.90±1.61 a	5.30±0.00 b	1.31±2.29 a	82.40±0.01 bc	31.49±0.32 cd
权鲜 9 号	47.55±1.13 ab	162.07±3.57 ab	82.09±1.46 a	4.88±0.07 e	1.29±0.83 a	86.27±0.01 ab	33.82±0.65 a
最大值 Maximum	53.07	176.37	84.27	5.83	1.40	90.23	33.82
最小值 Minimum	37.66	135.59	69.68	4.88	1.29	67.80	29.03
标准偏差 SD	4.63	17.08	4.80	0.36	0.04	8.60	1.69
变异系数 VC/%	10.02	10.69	6.04	6.83	3.02	10.47	5.33
平均值 Mean	46.22	159.86	79.40	5.22	1.33	82.17	31.77

项目 Item	维生素 C Vitamin C/ [mg·(100 g) <sup>-1</sup> ]	叶绿素 chlorophyll/ (mg·g <sup>-1</sup> )	可溶性蛋白 Soluble protein/ (mg·g <sup>-1</sup> )	可溶性糖 Soluble sugar/ (mg·g <sup>-1</sup> )	游离氨基酸 Free amino acid/ (mg·g <sup>-1</sup> )	粗纤维 Crude fibre/%	粗脂肪 Crude fat/%
兴鲜 7 号	21.58±0.29 ab	0.20±0.00 ab	9.00±0.18 c	14.82±0.45 cd	14.22±0.31 b	2.34±0.06 bc	6.04±0.08 b
浙农 7 号	22.65±0.47 a	0.22±0.00 a	9.11±0.27 c	14.04±0.32 cd	10.65±1.39 b	2.61±0.06 ab	5.42±0.05 c
浙农 K50	21.65±0.33 ab	0.19±0.01 ab	9.99±0.07 bc	12.37±1.26 d	16.64±0.83 b	2.89±0.16 a	5.34±0.12 c
交大 133	19.26±0.59 c	0.15±0.01 cd	10.63±0.28 ab	19.76±1.85 ab	16.22±0.34 b	1.91±0.17 cd	5.78±0.09b
川鲜豆 6 号	17.16±1.10 d	0.14±0.01 cd	10.40±0.56 ab	22.07±2.06 a	42.28±6.17 a	1.55±0.13 d	5.11±0.12 c
兰育 99	21.85±0.17 ab	0.13±0.01 d	8.99±0.05 c	16.09±0.42 bcd	36.40±2.61 a	1.85±0.13 d	5.23±0.14 c
川鲜豆 7 号	20.51±0.23 bc	0.15±0.01 cd	10.66±0.46 ab	16.13±1.63 bcd	15.08±0.55 b	1.89±0.19 cd	5.87±0.10 b
权鲜 9 号	21.23±0.48 ab	0.17±0.02 bc	11.30±0.42 a	17.36±1.53 bc	18.30±2.95 b	2.30±0.04 bc	6.54±0.10 a
最大值 Maximum	23.00	0.22	11.30	22.07	42.28	2.89	6.54
最小值 Minimum	17.00	0.13	8.99	12.37	10.65	1.55	5.11
标准偏差 SD	1.76	0.03	0.89	3.13	11.51	0.45	0.48
变异系数 VC/%	8.49	19.04	8.85	18.89	54.22	20.57	8.48
平均值 Mean	20.74	0.17	10.01	16.58	21.22	2.17	5.67



单株荚重反映了菜用大豆品种的产量性状,本研究中 8 个菜用大豆品种单株荚重在 37.66 ~ 53.07 g 之间,川鲜豆 6 号最低,其余 7 个品种单株荚重均超过 43 g,丰产性较好。标准荚数、标准荚率、二粒荚长、二粒荚宽、百粒鲜重几项指标反映了品种的外观品质,供试品种标准荚数在 135.57 ~ 176.37 个·(500 g)<sup>-1</sup> 之间,其中兴鲜 7 号、浙农 7 号、浙农 K50、兰育 99 和权鲜 9 号的标准荚数相对较多,而交大 33 和川鲜豆 6 号显著较少。参照农业农村部颁布的《NY/T 3705-2020 鲜食大豆品种品质》行业标准<sup>[9]</sup>对鲜食大豆的等级进行划分,8 个品种标准荚率在 69.66% ~ 84.26% 之间,均已达标;二粒荚长和二粒荚宽两项指标中,权鲜 9 号达到三级,交大 133 达到一级,其余品种均达到二级规格要求;8 个品种百粒鲜重在 67.8 ~ 90.23 g 之间,品种间差异较大,其中兴鲜 7 号和浙农 7 号百粒鲜重小于 75 g,未达标,浙农 K50 和川鲜豆 7 号达到二级,交大 133、川鲜豆 6 号、兰育 99 和权鲜 9 号达到一级规格要求。

干物质、维生素 C、叶绿素、可溶性蛋白、可溶性糖、游离氨基酸、粗纤维、粗脂肪这 8 项指标反映了菜用大豆的营养品质。8 个菜用大豆品种干物质含量在 29.03% ~ 33.82% 之间,其中交大 133、川鲜豆 6 号和权鲜 9 号显著高于其它品种。川鲜豆 6 号维生素 C 含量显著低于其它品种,仅为 17.16 mg·(100 g)<sup>-1</sup>,其余 7 个品种均在 19.26 ~ 22.65 mg·(100 g)<sup>-1</sup> 之间。叶绿素含量在 0.13 ~ 0.22 mg·g<sup>-1</sup> 之间,其中兴鲜 7 号、浙农 7 号和浙农 K50 叶绿素显著高于其它品种,均≥0.19 mg·g<sup>-1</sup>。可溶性蛋白含量在 8.99 ~ 11.30 mg·g<sup>-1</sup> 之间,品种间差异较小,交大 133、川鲜豆 6 号、川鲜豆 7 号和权鲜 9 号显著较高。品种间可溶性糖含量比较,交大 133 和川鲜豆 6 号显著较高,分别为 19.76 和 22.07 mg·g<sup>-1</sup>,其余 6 个品种在 12.37 ~ 17.36 mg·g<sup>-1</sup> 之间,浙农 K50 含量最低。游离氨基酸含量在品种间差异最大,在 10.65 ~ 42.28 mg·g<sup>-1</sup> 之间,川鲜豆 6 号和兰育 99 显著较高,分别为 42.28 和 36.40 mg·g<sup>-1</sup>。所有品种粗纤维含量在

1.55 ~ 2.89 mg·g<sup>-1</sup> 之间,品种间差异较大,浙农 7 号和浙农 K50 显著较高。粗脂肪含量在 5.11% ~ 6.54% 之间,品种间差异较小,权鲜 9 号显著高于其他品种(表 2)。

### 2.2 菜用大豆性状的的相关性分析

14 项测试指标的相关性分析结果如表 3 所示,外观农艺性状指标之间,二粒荚长与单株荚重呈显著负相关,与标准荚数呈极显著负相关,二粒荚宽与标准荚率呈极显著负相关。营养品质指标之间,干物质与可溶性蛋白呈极显著正相关;维生素 C 与可溶性糖呈极显著负相关,与粗纤维呈显著正相关;叶绿素与游离氨基酸呈显著负相关,与粗纤维呈极显著正相关;可溶性糖与粗纤维呈极显著负相关。营养品质指标与外观农艺性状指标之间,单株荚重与维生素 C 呈显著正相关;标准荚数与维生素 C 呈极显著正相关,但与可溶性糖呈显著负相关;二粒荚长与维生素 C 呈极显著负相关,但与可溶性糖呈显著正相关;百粒鲜重与叶绿素呈极显著负相关,与维生素 C 呈负相关。

### 2.3 菜用大豆品种间性状的聚类分析

将所有测试指标数据标准化,采用 TBtools HeatMap 软件绘制不同品种各指标含量的热图,并对各品种进行聚类,结果如图 2 所示,测试指标相对含量越高,热图颜色越偏向红色,反之偏向蓝色。8 个供试品种被分为 2 大类:交大 133 和川鲜豆 6 号被分为第 I 类,表现为单株荚数少,豆荚宽,干物质、可溶性糖和可溶性蛋白含量偏高,粗纤维含量较低;而其余 6 个品种为第 II 类,单项品质特征差异大。第 II 类 6 个品种进一步分为 3 个亚类:兴鲜 7 号、浙农 7 号和浙农 K50 被分为一类,表现为标准荚数多,豆荚偏小,维生素 C、叶绿素和粗纤维含量偏高,而可溶性蛋白、可溶性糖和游离氨基酸含量偏低;川鲜豆 7 号和权鲜 9 号被分为一个亚类,表现为豆荚偏小,游离氨基酸含量偏低,其余指标表现不突出;兰育 99 单独被分为一个亚类,表现为单株产量高,维生素 C 和游离氨基酸含量较高,干物质、叶绿素、可溶性蛋白、粗纤维、粗脂肪含量较低。

表 3 品质指标间的相关性

Table 3 Correlation among quality indexes

单株荚重 Pods weight per plant	标准荚数 Standard pod number	标准荚率 Standard pod rate	二粒荚长 Two-seed pod length	二粒荚宽 Two-seed pod width	百粒鲜重 100-seed fresh weight	干物质 Dry matter	维生素 C Vitamin C	叶绿素 Chlorophyll	可溶性蛋白 Soluble protein	可溶性糖 Soluble sugar	游离氨基酸 Free amino acid	粗纤维 Crude fibre	粗脂肪 Crude fat	
单株荚重 Pods weight per plant	1													
标准荚数 Standard pod number	0.639	1												
标准荚率 Standard pod rate	-0.466	0.166	1											
二粒荚长 Two-seed pod length	-0.733 *	-0.869 **	-0.213	1										
二粒荚宽 Two-seed pod width	0.176	-0.268	-0.844 **	0.417	1									
百粒鲜重 100-seed fresh weight	-0.239	-0.648	-0.048	0.438	0.110	1								
干物质 Dry matter	-0.685	-0.656	0.138	0.543	-0.060	0.424	1							
维生素 C Vitamin C	0.774 *	0.861 **	0.006	-0.919 **	-0.254	-0.625	-0.659	1						
叶绿素 Chlorophyll	0.146	0.609	0.065	-0.409	-0.162	-0.919 **	-0.159	0.588	1					
可溶性蛋白 Soluble protein	-0.530	-0.700	0.203	0.370	-0.192	0.558	0.870 **	-0.509	-0.360	1				
可溶性糖 Soluble sugar	-0.473	-0.811 *	-0.215	0.769 *	0.296	0.683	0.582	-0.896 **	-0.685	0.489	1			
游离氨基酸 Free amino acid	-0.269	-0.257	0.220	0.342	-0.067	0.648	0.052	-0.574	-0.723 *	-0.019	0.600	1		
粗纤维 Crude fibre	0.270	0.697	0.178	-0.611	-0.307	-0.674	-0.161	0.732 *	0.857 **	-0.247	-0.851 **	-0.679	1	
粗脂肪 Crude fat	0.214	0.000	-0.110	-0.311	0.075	-0.090	0.328	0.211	0.152	0.474	-0.050	-0.545	0.151	1

注：\* 表示在  $P < 0.01$  水平上极显著相关；\* 表示在  $P < 0.05$  水平上显著相关。  
Note: \*\* indicates significantly correlated at the level of  $P < 0.01$ ; \* indicates significantly correlated at the level of  $P < 0.05$ .

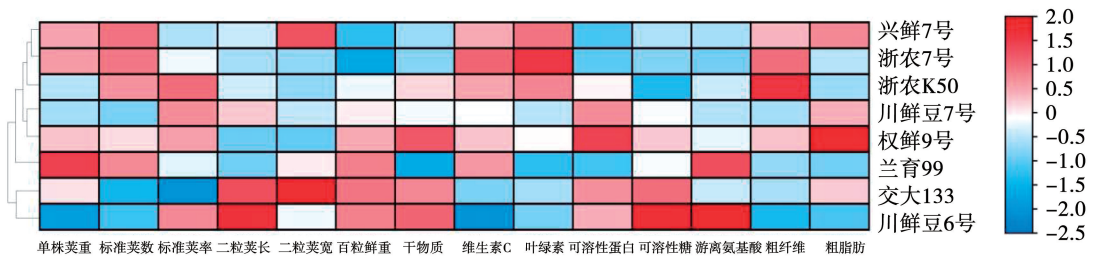


图2 供试品种的聚类分析热图

Fig.2 Heat map of cluster analysis for tested varieties

2.4 品种间测试指标的隶属函数分析与排序

为进一步评价8个菜用大豆品种的外观和内在品质差异,将关键品质指标进行隶属函数分析,并根据综合得分筛选优异品种。豆荚商品性与豆荚大小密切相关,目前加工用的品种追求大荚大粒,而市场鲜销品种追求豆荚大小适中、鼓粒饱满、出仁率高的品种。因此剔除标准荚数、荚长和荚宽3个农艺性状指标,将单株荚重、标准荚率和百粒鲜重3项农艺性状指标和维生素C、叶绿素、可溶性糖等8项营养品质指标进行隶属函数分析和排序

(表4)。粗纤维代表菜用大豆口感细腻程度,粗纤维越高,相对口感越粗糙,因此将粗纤维定义为菜用大豆劣质指标,即值越小越好,其余指标均定义为优良指标,即值越大越好,计算品种的平均隶属函数值。供试菜用大豆品种品质指标平均隶属函数值由大到小依次为川鲜豆6号>交大133>权鲜9号>川鲜豆7号>兰育99>兴鲜7号>浙农K50>浙农7号,其中排名前2的品种平均隶属函数值均大于0.6,分别是川鲜豆6号和交大133均表现出较优的品质特性(表4)。

表4 菜用大豆品种品质的综合比较分析

Table 4 Comprehensive comparative analysis of quality of the vegetable soybean varieties													
品种 Variety	单株荚重 Pods weight per plant	标准荚率 Standard pod rate	百粒鲜重 100-seed fresh weight	干物质 Dry matter	维生素C Vitamin C	叶绿素 Chlorophyll	可溶性蛋白 Soluble protein	可溶性糖 Soluble sugar	游离氨基酸 Free amino acid	粗纤维 Crude fibre	粗脂肪 Crude fat	隶属函数值 Membership function value	排名 Rank
川鲜豆6号 Chuanxiandou 6	0.96	0.14	1.00	1.00	0.00	0.00	0.9	0.92	1.00	0.27	0.97	0.651	1
交大133 Jiaoda 133	0.85	0.23	0.18	0.74	0.47	0.58	1.00	0.00	0.83	1.00	1.00	0.625	2
权鲜9号 Quanxian 9	1.00	0.42	0.24	0.44	1.00	0.64	0.35	0.85	0.00	0.00	0.82	0.524	3
川鲜豆7号 Chuanxiandou 7	0.51	0.27	0.14	0.74	0.53	0.37	0.77	0.91	0.44	0.18	0.65	0.501	4
兰育99 Lanyu 99	0.00	0.00	0.81	0.78	0.08	1.00	0.08	0.57	0.02	0.36	0.97	0.425	5
兴鲜7号 Xingxian 7	0.33	0.78	0.11	0.41	0.65	0.71	0.00	0.49	0.20	0.82	0.16	0.424	6
浙农K50 Zhenong K50	0.63	0.73	0.19	0.00	0.16	0.40	0.12	1.00	0.21	0.09	0.56	0.372	7
浙农7号 Zhenong 7	0.30	1.00	0.00	0.21	0.21	0.74	0.02	0.59	0.13	0.09	0.00	0.299	8

### 3 讨论

#### 3.1 菜用大豆农艺性状综合评价

本研究中8个菜用大豆品种均统一种植于成都市青白江区同一试验基地,排除了生长环境等外在因素对大豆品质的影响,测试所得各品种品质指标数据体现出了品种遗传因素造成的差异性。本研究中8个菜用大豆品种单株荚重和标准荚数变异系数均大于10%,表明品种丰产性差异较大;标准荚率、二粒荚长和二粒荚宽代表了豆荚的规格等级和外观商品性,品种间变异系数均在7%以内,相对差异较小,也表明8个品种在成都地区种植后均表现出较优秀的外观品质。杨守臻等<sup>[14]</sup>对毛豆品种的农艺性状测试表明,百粒鲜重相对于其它10个农艺性状指标在品种间的变异系数最大(20%);李清华<sup>[15]</sup>对34份菜用大豆种质资源的16个主要农艺性状指标的研究分析也表明单株荚重、标准荚数和百粒鲜重变异系数处于中等水平(均大于10%),而标准荚长、标准荚宽的变异系数较小(均小于10%),与本研究结果相似。可见,单株荚重、标准荚数和百粒鲜重可作为菜用大豆优良品种筛选的重要农艺性状指标。本研究中二粒荚长与单株荚重呈显著负相关,可见单株产量越高,毛豆荚反而越短;标准荚数与二粒荚长呈极显著负相关,与二粒荚宽和百粒鲜重均呈负相关,且标准荚率与二粒荚宽呈极显著负相关,表明标准荚数和标准荚率越高,籽粒可能越小、重量越轻,可见丰产性与商品率高未必相关。从市场需求来看,一级菜用大豆品种要求豆荚较大、标准荚数 $\leq 290$ 个 $\cdot\text{kg}^{-1}$ ,百粒鲜重 $\geq 85$ g,标准荚率 $\geq 60\%$ <sup>[9]</sup>,可见消费者对大粒型品种的喜爱。本研究中除了兴鲜7号和浙农7号百粒鲜重小于75g,未达到《NY/T3705-2020鲜食大豆品种品质》规定的菜用大豆品质等级标准<sup>[9]</sup>,其余6个品种的荚长、荚宽、百粒鲜重和标准荚率均达标,且交大133和川鲜豆6号品种豆荚和籽粒相对偏大,交大133达到一级菜用大豆标准。

#### 3.2 菜用大豆营养品质的综合评价

作为优质的植物蛋白来源,可溶性蛋白、可溶性糖、游离氨基酸、维生素C、粗脂肪、叶绿素、粗纤维含量均是菜用大豆重要的营养品质指标,而可溶性糖、游离氨基酸和粗纤维含量也代表了菜用大豆

甜味、鲜味和口感细腻度等食味品质<sup>[7,16]</sup>。供试的8个菜用大豆品种间游离氨基酸变异系数高达47.58%,叶绿素、粗纤维和可溶性糖含量3项指标品种间变异系数也接近20%左右,表明测试品种鲜食口感、豆粒色泽差异明显,是菜用大豆品种(系)间的主要差异指标,其中川鲜豆6号和兰育99表现出突出的鲜味特征,高于其他品种2~3倍;交大133和川鲜豆6号表现出突出的甜味口感。陈华涛等<sup>[17]</sup>测试了9个不同基因型菜用大豆品种的鲜籽粒蛋白质、脂肪、可溶性糖、淀粉及游离氨基酸含量等品质因子,结果也表明不同基因型间的游离氨基酸含量存在较大差异,品种变异系数较大。叶绿素含量高低影响了豆粒的翠绿色泽,色泽翠绿则其商品品质好<sup>[18]</sup>,供试品种中兴鲜7号、浙农7号和浙农K50都呈现出较高的叶绿素含量,可作为速冻毛豆仁的优选加工品种。菜用大豆的甜度主要取决于蔗糖含量<sup>[19]</sup>,口感的细腻程度与粗纤维含量高低有关,粗脂肪含量高低可在一定程度上反映品种质地软糯性<sup>[19-20]</sup>,供试品种中川鲜豆6号相比其它品种表现出更为突出的甜味,交大133、川鲜豆6号、兰育99和川鲜豆7号品种口感更细腻,权鲜9号在软糯性上更突出。

#### 3.3 外观品质与营养品质相关性

各个品质指标之间既相互独立,又相互联系。本研究中,部分营养品质之间存在显著或极显著负相关,其中可溶性糖与维生素C呈极显著负相关,相关研究也表明蛋白质含量高的菜用大豆品种维生素C的含量反而不高<sup>[21]</sup>,干物质含量与维生素C含量呈显著负相关<sup>[22]</sup>,可见菜用大豆的优良营养指标特性很难兼得,也给品质育种带来了挑战。此外,部分农艺性状品质指标也与营养指标间表现出一定的相关性,表明彼此间可能存在一定的内在关联,可作为品种选育的考量依据。王丹英<sup>[23]</sup>研究发现百粒鲜重和可溶性糖含量呈显著正相关,蛋白质与淀粉含量呈极显著负相关,与维生素C、可溶性糖呈负相关,在品种选育时应注意协调品质性状间的相关性<sup>[24]</sup>。遗传因素和环境条件共同决定了品种的品质表现<sup>[7]</sup>,外观品质、食用品质、营养品质和贮藏品质等共同决定了菜用大豆的品质高低<sup>[8]</sup>,在生产选择中应综合考虑。



3.4 优良菜用大豆品种筛选

为进一步筛选优良品种,本研究对所有测试指标进行了聚类分析和隶属函数分析,聚类分析将 8 个品种分为 2 大类 4 小类,其中川鲜豆 6 号和交大 133 被聚为一大类,在隶属函数分析中川鲜豆 6 号和交大 133 也同时排在前两名,其余品种的 2 种分析结果也表现出高度的一致性。可见,聚类分析与隶属函数分析在对品种品质指标分析研究中具有较强的相似性,都可作为判断品种品质高低的有效分析手段。本研究中,川鲜豆 6 号和交大 133 在多项指标测试与分析排序中均表现出了优势特性,表现为单荚较大、籽粒饱满,且干物质、可溶性蛋白、可溶性糖、游离氨基酸含量较高,粗纤维含量低,兼具外观品质和食用口感,符合出口品种标准<sup>[25-26]</sup>,属于优良的鲜食与加工型大豆品种,但这 2 个品种也具有单株荚少,产量可能偏低的缺点。因此,要提高我国毛豆产业的经济效益并且满足国内外日益提高的消费水平,培育丰产性好、外观品质佳、营养价值高、食用品质好的品种是今后菜用大豆新品种选育工作的重点<sup>[27]</sup>。

4 结论

本研究对 8 个成都平原春播菜用大豆品种的 14 项农艺性状和品质性状指标进行了测试分析,各项测试指标在品种间均存差异,其中游离氨基酸、粗纤维、叶绿素、可溶性糖、标准荚数、百粒鲜重和单株荚重变异系数较大,表现出品种间差异性。不同品种间品质差异与基因型和起源地的相互关系有待进一步研究。农艺性状、外观和营养品质性状彼此之间均表现出一定的相关性,表现出丰产性、商品性与营养品质需求之间的矛盾性。聚类分析和隶属函数分析进一步对品种性状进行了分类和排序,优选出川鲜豆 6 号和交大 133 两个优良菜用大豆品种,表现为籽粒较大且口感和营养风味突出,达到菜用大豆一级品质等级,可作为优良品种资源,在成都平原和相似区域进一步推广。

参考文献

[1] 刘璐. 我国特用大豆种植情况及产业分析[D]. 南京: 南京农业大学, 2014. (LIU L. Planting circumstances and industry analysis on identity preservation soybean in China[D]. Nanjing:

Nanjing Agricultural University, 2014. )  
[2] 白琼岩, 杨恩庶, 冯桂真, 等. 中国菜用大豆研究进展[J]. 中国农学通报, 2006, 22(8): 377-380. (BAI Q Y, YANG E S, FENG G Z, et al. Research advances of China vegetable soybean[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2006, 22(8): 377-380. )  
[3] 韩天富, 盖钧镒. 世界菜用大豆生产、贸易和研究的进展[J]. 大豆科学, 2002, 21(4): 278-284. (HAN T F, GAI J Y. Progress of soybean production, trade and research in the world [J]. Soybean Science, 2002, 21(4): 278-284. )  
[4] 程贤亮, 刘昌燕, 舒军, 等. 湖北省鲜食大豆产业发展现状及对策[J]. 湖北农业科学, 2022, 61(11): 15-18, 43. (CHENG X L, LIU C Y, SHU J, et al. Development status and countermeasures of vegetable soybean industry in Hubei Province [J]. Hubei Agricultural Sciences, 2022, 61(11): 15-18, 43. )  
[5] 曾新宇, 孙学映, 宗洪霞, 等. 重庆市鲜食大豆产业发展优势、问题与对策分析[J]. 南方农业, 2018, 12(1): 41-45. (ZENG X Y, SUN X Y, ZONG H X, et al. Advantages, problems and countermeasures of fresh soybean industry in Chongqing[J]. South China Agriculture, 2018, 12(1): 41-45. )  
[6] 陈学珍, 谢皓, 李婷婷, 等. 我国菜用大豆研究进展与生产利用现状[J]. 北京农学院学报, 2003, 18(4): 311-315. (CHEN X Z, XIE H, LI T T, et al. Research and production of vegetable soybean in China[J]. Journal of Beijing University of Agriculture, 2003, 18(4): 311-315. )  
[7] 赵福才, 寇贺, 陈为, 等. 菜用大豆品质研究进展[J]. 杂粮作物, 2009, 29(2): 155-156. (ZHAO F C, KOU H, CHEN W, et al. Research progress on quality of vegetable soybean[J]. Rain Fed Crops, 2009, 29(2): 155-156. )  
[8] 徐有, 王凤敏, 默邵景, 等. 我国菜用大豆的研究现状与发展趋势[J]. 河北农业科学, 2012, 16(4): 42-45. (XU Y, WANG F M, MO S J, et al. Research status and development tendency of vegetable soybean in China[J]. Journal of Hebei Agricultural Sciences, 2012, 16(4): 42-45. )  
[9] 中华人民共和国农业农村部. NY/T3705-2020 鲜食大豆品种品质 [M]. 北京: 中华农业出版社, 2020. (Ministry of Agriculture and Rural Affairs of the People's Republic of China. NYT3705-2020 fresh soybean variety quality [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2020. )  
[10] 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. Guidance on postharvest physiological and biochemical experiments of fruits and vegetables [M]. Beijing: China Light Industry Press, 2007. )  
[11] 孙俊宝, 王建新. 樱桃叶绿素含量测定方法研究[J]. 山西农业科学, 2010, 38(3): 18-19, 33. (SUN J B, WANG J X. Study on method for determination of chlorophyll in cherry leaves

[J]. Journal of Shanxi Agricultural Sciences, 2010, 38(3): 18-19, 33. )

[12] 中华人民共和国卫生部, 中国国家标准化管理委员会. 植物类食品中粗纤维的测定: GB/T 5009.10—2003[S]. 北京: 中国标准出版社, 2004. ( Ministry of Health of the People’s Republic of China, Standardization Administration of the People’s Republic of China. Determination of crude fiber in vegetable foods: GB/T 5009.10—2003[S]. Beijing: Standards Press of China, 2004. )

[13] 国家卫生和计划生育委员会, 国家食品药品监督管理总局. 食品安全国家标准 – 食品中脂肪的测定: GB 5009.6—2016[S]. 北京: 中国标准出版社, 2017. ( National Health and Family Planning Commission, State Food and Drug Administration. National Food Safety Standard – Determination of Fat in Foods: GB 5009.6—2016[S]. Beijing: Standards Press of China, 2017. )

[14] 杨守臻, 孙祖东, 陈怀珠, 等. 毛豆品种的农艺性状鉴定及相关性分析[J]. 中国农学通报, 2005, 21(3): 169-171. (YANG S Z, SUN Z D, CHEN H Z, et al. The agronomic trait and correlation analysis of soybean varieties [J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2005, 21(3): 169-171. )

[15] 李清华. 34 份菜用大豆品种主要农艺性状的主成分分析及遗传距离测定[J]. 福建农业学报, 2018, 33(2): 136-143. (LI Q H. Principal component analysis on major agronomic traits and determination of genetic distance of thirty-four vegetable soybean cultivars[J]. Fujian Journal of Agricultural Sciences, 2018, 33(2): 136-143. )

[16] 王丹英, 汪自强, 方勇, 等. 菜用大豆食味品质及其与内含物关系研究[J]. 金华职业技术学院学报, 2002, 2(3): 15-17, 61. (WANG D Y, WANG Z Q, FANG Y, et al. Studies on the relationship between vegetable soybean eating quality and its components[J]. Journal of Jinhua College of Profession and Technology, 2002, 2(3): 15-17, 61. )

[17] 陈华涛, 陈新, 顾和平, 等. 不同基因型菜用大豆品质构成因子的比较[J]. 江苏农业学报, 2012, 28(6): 1508-1510. (CHEN H T, CHEN X, GU H P, et al. Comparison of quality components of different genotypes of vegetable soybean [J]. Jiangsu Journal of Agricultural Sciences, 2012, 28(6): 1508-1510. )

[18] 苏新国, 郑永华, 冯磊, 等. 外源 Me-JA 对菜用大豆荚采后衰老和腐烂的影响[J]. 植物生理与分子生物学学报, 2003, 29(1): 52-58. (SU X G, ZHENG Y H, FENG L, et al. Effects of exogenous Me-JA on postharvest senescence and decay of vegetable soybean pods[J]. Acta Photophysiological Sinica, 2003, 29(1): 52-58. )

[19] 张玉梅, 胡润芳, 林国强. 菜用大豆品质性状研究进展[J]. 大豆科学, 2013, 32(5): 698-702. (ZHANG Y M, HU R F, LIN G Q. Research advance on quality traits of vegetable soybean [J]. Soybean Science, 2013, 32(5): 698-702. )

[20] 王丹英, 汪自强. 菜用大豆品质研究概况[J]. 大豆通报, 2001(2): 26. (WANG D Y, WANG Z Q. General situation of vegetable soybean quality research [J]. Soybean Bulletin, 2001(2): 26. )

[21] 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, 19(3): 47-50. (WANG Z Q, EMERY, SU X K. Studies on vegetable soybean quality assess factors[J]. Chinese Cereals and Oils Association, 2004, 19(3): 47-50. )

[22] 徐兆生, 王素, 魏民, 等. 菜用大豆种质资源营养品质分析[J]. 作物品种资源, 1995(3): 40-41. (XU Z S, WANG S, WEI M, et al. Analysis on nutritional quality of vegetable soybean germplasm resources [J]. China Seed Industry, 1995(3): 40-41. )

[23] 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. )

[24] 马丽萍, 张彩英, 张丽娟. 菜用大豆的研究进展[J]. 河北农业科学, 2001, 5(3): 53-57. (MA L P, ZHANG C Y, ZHANG L J. Study of progress on vegetable soybean[J]. Journal of Hebei Agricultural Sciences, 2001, 5(3): 53-57. )

[25] 郑元梅, 黄建成, 童川拉. 台湾菜用大豆生产与贸易概况[J]. 台湾农业情况, 1994(2): 22-23, 36. (ZHENG Y M, HUANG J C, TONG C L. Overview of Taiwan’s vegetable soybean production and trade[J]. Taiwan Agricultural Research, 1994(2): 22-23, 36. )

[26] 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): 184-188. (WU T L, TANG N, ZHAO Z S, et al. Study on selective standard of seed pods of vegetable soybean[J]. Soybean Science, 2000, 19(2): 184-188. )

[27] 李之国, 张彩英, 常文锁. 不同来源菜用大豆的品质研究[J]. 植物遗传资源学报, 2006, 7(2): 183-187. (LI Z G, ZHANG C Y, CHANG W S. Study on quality properties in vegetable soybeans of various sources[J]. Journal of Plant Genetic Resources, 2006, 7(2): 183-187. )