

基于主成分及聚类分析的川明参的综合评价

邵镔钎¹, 李 丹³, 蒋 攀¹, 漆冬梅¹, 陈欣宇¹, 曹 阳¹, 刘 雷¹, 杨玉霞^{2*}

1. 绵阳师范学院生命科学与技术学院, 四川 绵阳 621000

2. 四川省中医药科学院, 四川 成都 610041

3. 绵阳外国语实验学校 生物教研组, 四川 绵阳 621000

摘要:目的 综合评价不同产地川明参资源的产量和品质, 为川明参育种和高产栽培提供理论依据和参考。方法 对 25 份来源于不同产地的川明参栽培居群 8 个主要农艺性状及 2 个品质性状进行主成分分析, 进一步进行综合评价及聚类分析。

结果 供试材料的茎叶鲜质量、茎叶干质量、根鲜质量、根干质量、多糖量的变异系数较大, 株高、主根长及主根粗的变异系数相对较小。主成分分析表明, 10 个主要性状可用 4 个主成分来表述, 其累积贡献率达 87.304%, 分别归纳为高产因子、品质因子、株型因子和株高因子。样品 1 的综合得分最高, 为矮秆高产优质型材料; 样品 13 的综合得分最低, 为高秆低产优质型材料。聚类分析可将供试样品分为 5 类, 分别为长根高产优质型、根重劣质型、低产劣质型、高秆低产优质型及矮秆高产优质型材料。**结论** 通过主成分分析及聚类分析对川明参进行综合评价的方法可靠; 四川川明参资源丰富, 可从中选择优质资源, 为川明参新品种选育提供基础。

关键词: 川明参; 产量; 品质; 主成分分析; 聚类分析; 综合评价

中图分类号: R2082.21 文献标志码: A 文章编号: 0253-2670(2018)14-3389-08

DOI: 10.7501/j.issn.0253-2670.2018.14.027

Comprehensive evaluation of yield and quality of *Chuanmingshen violaceum* based on principal component and cluster analysis

SHAO Qiang-qian¹, LI Dan³, JIANG Pan¹, QI Dong-mei¹, CHEN Xin-yu¹, CAO Yang¹, LIU Lei¹, YANG Yu-xia²

1. College of Life Science & Biotechnology, Mianyang Teachers' College, Mianyang 621000, China

2. Sichuan Academy of Traditional Chinese Medicine Sciences, Chengdu 610041, China

3. Biology Teaching and Research Group, Mianyang Foreign Language Experimental School, Mianyang 621000, China

Abstract: Objective To comprehensively compare and evaluate the yield and quality of *Chuanmingshen violaceum* and provide a basis for breeding and high-yield cultivation. **Methods** The principal component analysis of eight main agronomic characters and two quality characters from 25 cultivated populations of *C. violaceum* came from different origins in Sichuan Province were analyzed, and the comprehensive evaluation and cluster analysis were carried out. **Results** The results showed that fresh and dry weight of stem and leaf, fresh and dry weight of root and polysaccharide content had greater coefficients of variation among species, while plant height, length, and diameter of taproot had smaller coefficients of variation. Principal component analysis showed that the 10 main traits might be represented by four principal components, and the cumulative contribution rate was 87.304%, and induced that high yield factor, quality factor, plant type factor, and plant height factor respectively. The comprehensive score of sample 1 was the highest, which was the low-height, high-yield, and good-quality material, and the comprehensive score of sample 13 was the lowest, which was the high-height and high-quality and low-yield material. The test materials could be divided into five types by cluster analysis, namely, long-term and high-yield and high-quality material, heavy-root and poor-quality material, low-yield and poor-quality material, high-height and low-yield and good-quality material, and dwarf and high-yield and good-quality material. **Conclusion** The comprehensive evaluation method is reliable by the principal component analysis and cluster analysis. The resource of *C. violaceum* in Sichuan is rich. We can choose some high quality resources among them to provide the basis for the selection of new varieties of Sichuan Province.

收稿日期: 2018-03-06

基金项目: 四川省科技厅科技支撑计划 (2013SZ0114); 四川省中医药管理局应用基础研究项目 (A-2012N-14); 四川省省级公益性科研院所基本科研业务专项 (A-2011N-35, A-2010N-39); 2018 年四川省大学生创新创业训练计划项目 (201810639012)

作者简介: 邵镔钎 (1984—), 男, 四川绵阳人, 助教, 主要从事植物资源评价与利用研究。Tel: (0816)2578262 E-mail: 41045121@qq.com

***通信作者** 杨玉霞 (1980—), 女, 四川乐山人, 博士, 副研究员, 主要从事中药材遗传育种、资源评价与利用等研究。

Tel: (028)85255011 E-mail: yangyuxia-7@163.com

Key words: *Chuanmingshen violaceum* Sheh et Shen.; yield; quality; principal component analysis; clustering analysis; comprehensive evaluation

川明参俗称明参或明沙参,为伞形科川明参属植物川明参 *Chuanmingshen violaceum* Sheh et Shan. 的干燥根,有利肺、和胃、化痰、解毒作用,主产于四川青北江、金堂、苍溪、巴中、北川、平武等地,是著名的川产道地药材,常用于病后补虚和强壮身体^[1-2]。近年来川明参种植面积呈逐年增加趋势,经济效益十分显著。但由于长期以来农户自选、自繁而不加选择,导致各地川明参种源十分混杂、种性退化严重。目前对川明参的研究多侧重于有效成分^[2-14]、药理作用^[14-16]、加工方法^[17-18]及其与明党参的系统演化关系^[19-22]等方面,但对川明参资源进行综合评价研究至今也未见报道。川明参主要含多糖类、香豆素、黄酮及黄酮苷等成分^[3,23]。饶高雄等^[4]研究表明,川明参的主要化学成分为多糖和香豆素。现代药理研究显示多糖类成分具有止咳平喘、增强免疫作用,硫酸化川明参多糖更具有抗病毒的作用^[16,24-27],香豆素成分为川明参祛痰止咳、滋阴强体的药效活性部位,其中欧前胡素具有抗菌、平喘、舒张支气管平滑肌等药理作用,且其性质相对稳定,对照品价廉易得^[16,28],因此多糖和欧前胡素可作为川明参质量控制的适宜指标成分。《中国药典》2015 年版尚未收载川明参药材的质量标准,《四川省中药材标准》1987 年版有简单的外观性状描述,《四川省中药材标准》2010 年版对川明参药材水分、总灰分、酸不溶性灰分及浸出物含量做了明确要求。

主成分分析法是将众多指标性状转化为少数综合指标的一种统计分析方法,将复杂问题通过降维方式变得简单直观,目前已被广泛应用于果蔬品质评价因子的筛选和品质的综合评价。前人仅从加工方法^[29]、微肥^[30]等栽培措施对川明参产量和质量的影响进行了研究,对主要农艺性状与产量、质量的相关性研究尚为空白。本实验选择 25 份川明参作为研究对象,通过主成分分析及聚类分析方法对其产量和品质性状进行综合评价,以寻求川明参产量与品质评价的主要因素,为构建川明参高产优质的产量和质量综合评价体系提供科学依据。

1 材料和仪器

1.1 材料

样品于 2015 年采自四川金堂、青白江、阆中、

巴中和苍溪等地,共 25 份,经四川省中医药科学院舒光明研究员鉴定为伞形科川明参属植物川明参 *Chuanmingshen violaceum* Sheh et Shan。

1.2 仪器与试剂

Agilent 1200 高效液相色谱仪(美国 Agilent 公司); UV-1800 紫外可见分光光度计(日本岛津公司); 电子分析天平(德国 Sartorius BS110S 型十万分之一); KQ2200 型超声波清洗器(昆山市超声仪器有限公司); DHG-9140 电热鼓风干燥箱。欧前胡素对照品(中国食品药品检定研究院,批号 110826-201214), D-无水葡萄糖对照品(中国食品药品检定研究院,批号 110833-201205),质量分数均大于 98%。乙腈(色谱纯, Tedia Company, Inc., 批号 905904), 甲醇(色谱纯, Tedia Company, Inc., 批号 905900), 水为超纯水, 其他试剂均为分析纯。

2 方法

2.1 农艺性状考察

试验基地位于四川省成都市青白江区清泉镇桔丰村(104°24'47"E、30°44'20"N),平均海拔 601.0 m,属亚热带湿润季风气候带,年平均气温 14.9~16.7 °C,全年无霜期 273~279 d,年平均降水量为 925.4 mm,年平均日照 1 239.1 h。土壤质地为砂土,播前土壤基础养分(0~30 cm): pH 值 7.53,全钾、全氮、全磷、有机质质量分数分别为 36.77、0.62、0.10、82.40 g/kg,速效氮、有效磷及速效钾质量分数分别为 141.40、51.27、179.33 mg/kg。

按小区种植,每小区长 10 m,宽 2 m,小区面积 20 m²,随机区组排列,重复 3 次。2015 年 8 月下旬将收集到来自阆中、金堂、青白江、苍溪和巴中等主产区的 25 份川明参种子(样品信息见表 1)播于试验基地,2016 年 8 月下旬至 9 月上旬按株行距 25 cm×7 cm 进行移栽,2017 年 4 月进行采收。采收时每小区随机选 10 株亦即每份材料考察 30 株的株高、茎叶鲜质量、茎叶干质量、主根长、主根粗、根鲜质量、根干质量、单株及总干物质量等性状,并取其平均值进行数据分析。采用 Excel 和 DPS 软件进行数据分析。

2.2 水溶性多糖含量测定^[31]

2.2.1 测定条件 参考雷晓莉等^[31]的方法,采用硫酸-苯酚法对川明参药材多糖含量进行测定。

表 1 供试材料编号及来源

Table 1 Numbers and sources of tested materials

编号	来源地	编号	来源地
1	成都市金堂县淮口镇团结村 12 组	14	阆中市五马乡游柿垭村
2	成都市金堂县淮口镇光荣村 6 组	15	阆中市五马乡游柿垭村
3	成都市金堂县淮口镇光荣村 6 组	16	巴中市巴州区渔溪镇太吉村
4	成都市青白江区清泉镇桔丰村 6 组	17	巴中市巴州区酒店乡方池垭居委会
5	成都市青白江区人和乡三元村 16 组	18	巴中市巴州区酒店乡凤鸣村
6	成都市青白江区人和乡三元村 14 组	19	巴中市巴州区酒店乡太阳村 1 组
7	成都市青白江区清泉镇牌坊村 3 组	20	巴中市巴州区酒店乡凌云村 1 组
8	成都市青白江区清泉镇红岩村 10 组	21	广元市苍溪县龙山镇龙角村 3 组
9	阆中市峰占乡园宝岭村 4 组	22	广元市苍溪县龙山镇印池村 4 组
10	阆中市峰占乡园宝岭村 7 组	23	广元市苍溪县龙山镇新场村 3 组
11	阆中市峰占乡大垭村 1 组	24	广元市苍溪县龙山镇真人庙
12	阆中市峰占乡红瓦村 3 组	25	广元市苍溪县龙山镇文柏村
13	阆中市鹤峰乡川主庙村 7 组		

2.2.2 对照品溶液的制备 取 105 ℃ 烘干至恒质量的无水葡萄糖 25 mg，精密称定。置 25 mL 量瓶中，加少量蒸馏水溶解，定容至刻度，摇匀，配成 1 mg/mL 的葡萄糖储备液，作为对照品溶液。

2.2.3 供试品溶液的制备 分别精密称取不同产地川明参样品细粉（60 目）约 0.5 g，加蒸馏水回流提取 3 次，每次 90 min，合并 3 次提取液，过滤，滤液浓缩至 50 mL。取浓缩液 5 mL 加入 30% 三氯乙酸溶液 1 mL，振荡混合均匀后，4 ℃ 下静置过夜，离心 20 min（4 000 r/min），弃去沉淀，收集上清液。取上清液 1 mL 于 50 mL 量瓶中，用蒸馏水稀释至刻度，即得供试品溶液。

2.2.4 线性关系考察 分别精密吸取 0.1、0.3、0.5、1.0、1.5、2.0、2.5 mL 对照品溶液于 50 mL 量瓶中，蒸馏水稀释至刻度，再各取 2 mL 于 10 mL 具塞试管中，加 1.5 mL 5% 苯酚试剂，混匀，精密加入 6 mL 浓硫酸，振摇后放置 5 min，置沸水浴中加热 20 min，立即转入冰水浴中冷却至室温，以蒸馏水为空白，在 490 nm 波长处测定吸光度。以吸光度对葡萄糖浓度进行回归，得回归方程 $Y=29.844\ 3\ X-0.090\ 7$ ($r=0.999\ 4$)。结果表明，葡萄糖在 0.002~0.05 mg/mL，其质量浓度与吸光度线性关系良好。

2.2.5 样品测定 分别取样品溶液按照上述方法显色后测定吸光度。根据标准曲线方程计算样品中水溶性多糖的含量。

2.3 欧前胡素含量测定

参考曹柳等^[32]的方法，采用 HPLC 法对川明参药材欧前胡素含量进行测定。

2.3.1 色谱条件 色谱柱为 Zorbax Eclipse C₁₈ 色谱柱（250 mm×4.6 mm，5 μm）；流动相为甲醇-水（70：30）；体积流量 1 mL/min；检测波长 248 nm；柱温 30 ℃；进样量 10 μL，色谱图见图 1。

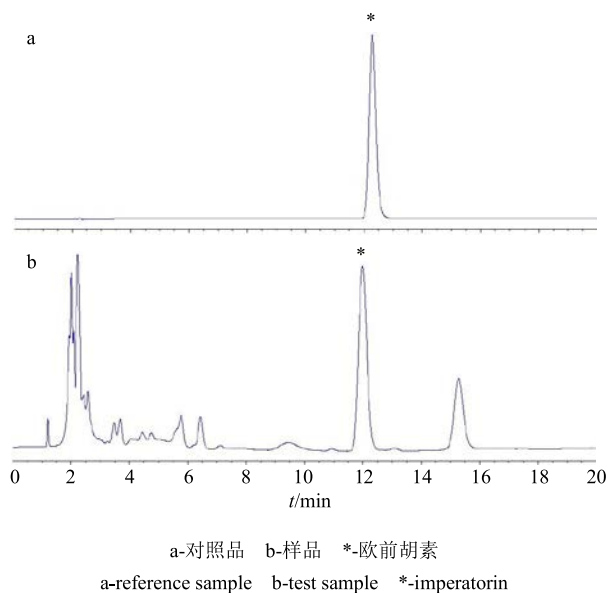


图 1 HPLC 色谱图

Fig. 1 HPLC chromatograms

2.3.2 对照品溶液的制备 精密称取欧前胡素对照品适量，用甲醇溶解稀释制成含欧前胡素 88.0 μg/mL 的对照品溶液。

2.3.3 供试品溶液的制备 分别精密称取不同产地川明参样品粉末（60 目）约 1 g，加甲醇 15 mL，称定质量，超声处理（功率 250 W，频率 40 kHz）30 min，放冷，再称定质量，用甲醇补足减失的质

量, 摇匀, 取上清液用微孔滤膜 (0.45 μm) 滤过, 即得。

2.3.4 线性关系考察 分别精密吸取欧前胡素对照品溶液 0.2、0.5、1、3、5、8、10、12、15、20 μL , 注入液相色谱仪, 按色谱条件测定欧前胡素峰面积, 以对照品进样量为横坐标 (X), 以峰面积为纵坐标 (Y) 进行回归分析, 得回归方程为 $Y=3\,794.7X+2.112\,2$, $r=0.999\,9$, 欧前胡素在 0.017 6~1.760 μg 呈良好的线性关系。

2.3.5 样品测定 取不同产地的川明参样品适量, 按“2.3.3”项下的方法制备供试品溶液, 同时按“2.3.1”项下色谱条件测定, 采用外标一点法计算川明参药材中欧前胡素含量。

2.4 数据统计分析

利用 Excel 进行数据平均值、标准差及变异系数的分析; 利用 DPS 7.05 软件^[33]进行相关、主成分分析及聚类分析; 依据方差累积贡献率 $\geq 90\%$ 的标准提取主成分, 以各主成分对应的方差贡献率作为权重, 对主成分得分和相应的权重进行线性加权, 构建川明参居群的评价函数; 聚类分析按欧式距离类平均法进行系统聚类。

3 结果与分析

3.1 主要农艺性状、多糖及欧前胡素含量表现及方差分析

各材料主要农艺性状、多糖及欧前胡素含量表现及变异分析结果见表 2。从表 2 可以看出, 川明参不同居群间 8 个农艺性状、多糖及欧前胡素含量变异幅度较大, 存在极显著的差异。各个性状的丰度均小于 1, 分布频率大致接近正态分布, 表明可对这 10 个性状进行相关分析。在 25 份川明参中, 材料 1 的茎叶鲜质量、茎叶干质量、根鲜质量、总干物质质量、多糖含量均最高, 分别为 84.80 g、24.80 g、82.30 g、39.80 g、26.97%, 但其株高最矮; 材料 13 茎叶鲜质量、茎叶干质量、总干物质质量均最低, 分别为 9.33 g、2.00 g、6.03 g; 材料 18 的株高最高 (85.3 cm), 但其根干质量最低 (2.13 g); 材料 19 的主根最长 (34.73 mm), 材料 6 的最短 (12.53 mm); 材料 9 的主根最粗 (19.18 mm), 材料 2 的主根最细 (7.60 mm); 材料 25 的多糖含量最低, 仅 3.10%; 欧前胡素含量以材料 7 的最高 (0.49 mg/g), 材料 16 的最低, 仅 0.09 mg/g。

变异系数是衡量性状表现的差异程度、变异范围的量。供试材料 10 个性状的变异系数存在明显

表 2 主要农艺性状、多糖及欧前胡素含量的表现及方差分析
Table 2 Performance and variance analysis of main agronomic characters and contents of polysaccharide and imperatorin of *C. violaceum*

性状	变异范围	均值	变异系数/%
株高 (X_1) /cm	7.70~85.30	54.30	33.00
茎叶鲜质量 (X_2) /g	9.33~84.80	28.89	61.97
茎叶干质量 (X_3) /g	2.00~24.80	6.32	69.62
主根长 (X_4) /cm	12.50~34.70	22.60	22.91
主根粗 (X_5) /mm	7.60~19.18	12.91	23.64
根鲜质量 (X_6) /g	7.50~82.30	29.51	59.66
根干质量 (X_7) /g	2.13~19.82	9.73	49.63
总干物质质量 (X_8) /g	6.03~39.80	16.06	48.30
多糖 (X_9) /%	3.10~26.97	13.50	50.64
欧前胡素 (X_{10}) /(mg·g ⁻¹)	0.09~0.49	0.25	46.42

差异, 变异系数由大到小依次为茎叶干质量>茎叶鲜质量>根鲜质量>多糖含量>根干质量>总干物质质量>欧前胡素含量>株高>主根粗>主根长。茎叶干质量、茎叶鲜质量、根鲜质量及多糖含量的变异系数较大, 均在 50%以上, 说明这些性状选择的潜力大, 受环境影响较大。主根长、主根粗变异系数相对较小, 均在 25%以下, 说明这些性状受本身内在因素决定, 受环境因素的影响较小。因此, 改善环境, 提高主根长及主根粗, 进而提高单株产量是实现川明参高产的有效途径。

3.2 主要农艺性状、多糖及欧前胡素含量的相关分析

相关分析结果见表 3。从表 3 可知, 其他性状与根鲜质量 (单株鲜产) 的相关系数绝对值由大到小依次为总干物质质量>茎叶干质量>主根粗>根干质量>茎叶鲜质量>主根长>株高>欧前胡素含量>多糖含量。其他性状与根干质量 (单株干产) 的相关系数绝对值由大到小依次为总干物质质量>主根粗>根鲜质量>主根长>茎叶鲜质量>欧前胡素含量>茎叶干质量>株高>多糖含量。即以总干物质质量与单株产量 (根鲜质量或根干质量) 间的相关系数最大, 多糖含量与单株产量 (根鲜质量或根干质量) 的相关系数最小。

多糖量仅与欧前胡素含量呈显著正相关, 与其他 8 个农艺性状均相关而不显著。欧前胡素含量与主根粗、根干质量呈显著负相关, 与多糖含量呈显著正相关, 亦和其他 8 个农艺性状相关但不显著。

在各性状中, 株高仅与多糖及欧前胡素含量等 2 个品质性状呈正相关, 和其他 7 个农艺性状均为负相关, 且与茎叶干质量、主根长、根鲜质量、总

表 3 主要农艺性状、多糖及欧前胡素含量的相关分析

Table 3 Correlation analysis on main agronomic characters and contents of polysaccharide and imperatorin of *C. violaceum*

性状	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	X_9
X_2	-0.304								
X_3	-0.469*	0.864**							
X_4	-0.451*	0.283	0.356						
X_5	-0.278	0.398*	0.278	0.363					
X_6	-0.629**	0.671**	0.736**	0.664**	0.718**				
X_7	-0.317	0.441*	0.409*	0.453*	0.695**	0.684**			
X_8	-0.464*	0.766**	0.823**	0.484*	0.591**	0.844**	0.855**		
X_9	0.099	0.185	0.370	0.180	-0.273	0.047	-0.157	0.113	
X_{10}	0.149	-0.180	0.083	-0.037	-0.474*	-0.207	-0.426*	-0.218	0.503*

*和**分别表示 5%和 1%显著水平; $X_1 \sim X_{10}$ 同表 2; 下表同

* and ** indicated significant levels at 5% and 1%, respectively indication from X_1 to X_{10} is same as table 2, same as below

干物质质量的相关性达显著或极显著水平。除与欧前胡素含量呈负相关外,茎叶鲜质量与其他性状均呈正相关,且与茎叶干质量、主根质量、根鲜质量、根干质量、总干物质质量的相关性呈显著或极显著水平。茎叶干质量仅与株高呈显著负相关,与茎叶鲜质量、根鲜质量、根干质量、总干物质质量呈显著或极显著正相关。根鲜质量除与多糖及欧前胡素含量等两个品质性状相关不显著外,与其他农艺性状的相关性均达极显著水平,其中,仅与株高呈极显著负相关,与其他 6 个农艺性状均呈极显著正相关。根干质量与多糖及欧前胡素含量呈负相关,与除株高之外的 6 个农艺性状呈显著或极显著正相关。总干物质质量亦与多糖及欧前胡素含量相关但不显著,但与其他除株高的 6 个农艺性状呈显著或极显著的正相关,和株高呈显著负相关。

因此,在性状选择时,要充分考虑性状间的相互制约,注重对根鲜质量、根干质量、主根长、主根粗的选择,放宽对茎叶鲜质量、茎叶干质量、多糖及欧前胡素含量的选择,适当控制株高,只有各性状互相协调,才能选出高产川明参品种。

3.3 主要农艺性状、多糖及欧前胡素含量的主成分分析

对川明参的主要性状进行主成分分析,结果显示前 4 个主成分的累积贡献率为 87.304% > 85%(表 4),表明前 4 个主成分已基本包含了川明参性状的全部信息,可用前 4 个主成分对其进行综合评价。第 1 主成分的特征值为 5.015,贡献率为 50.146%。决定第 1 主成分的主要是根鲜质量、总干物质质量、

根干质量、茎叶干质量及茎叶鲜质量,其载荷值均为正值,称为高产因子。第 2 主成分的特征值为 1.974,贡献率为 19.736%。起决定作用的多糖及欧前胡素含量,其载荷值均为正值,称之为品质因子。第 3 主成分的特征值为 0.975,贡献率为 9.749%,起决定作用的为株高、茎叶鲜质量、茎叶干质量及主根长,其中,前三者的载荷值为较大正值,主根长为较大负值,称为株型因子。第 4 成分的特征值为 0.767,贡献率为 7.672%,起决定作用的是株高、主根长、根干质量及多糖含量,载荷值均为较大正值,但茎叶鲜质量及茎叶干质量的载荷值均为较大负值,称为株高因子。

3.4 不同川明参居群的综合评价

以各主成分对应的方差贡献率作为权重,对主成分得分和相应的权重进行线性加权,构建川明参评价函数: $F = 0.5015 F_1 + 0.1974 F_2 + 0.0975 F_3 + 0.0767 F_4$,计算各居群的综合评价分值,分值越高表示该居群综合评价越好。

在主成分综合统计结果基础上计算出供试的 25 份川明参的产量和品质的综合评价得分(表 5)。结果表明,在所有的供试材料中,来自成都市金堂县淮口镇团结村 12 组(1 号样品)评价得分最高(4.135),其次为 2 和 12 号样品,9、10 和 21 号样品综合评分均在 0.700 以上,2、6、13 及 22 号样品等 4 份的评价得分均在 -1.000 以下,4、8、14 和 25 等 7 号样品的评价得分在 -0.700 ~ 0.000,来自阆中市鹤峰乡川主庙村 7 组的(13 号样品)的评价得分最低(-1.396)。

表 4 4 个主成分的特征值、贡献百分率、累积贡献率及其特征向量

Table 4 Eigenvalue, contribution, accumulative contribution, and eigen vector of four principal components

分量来源	主成分			
	因子 1	因子 2	因子 3	因子 4
特征值 (λ)	5.015	1.974	0.975	0.767
贡献百分率/%	50.146	19.736	9.749	7.672
累积贡献百分率/%	50.146	69.882	79.631	87.304
X_1	-0.269	-0.002	0.529	0.634
X_2	0.345	0.184	0.445	-0.222
X_3	0.352	0.355	0.227	-0.264
X_4	0.278	0.094	-0.606	0.366
X_5	0.318	-0.331	0.042	0.290
X_6	0.424	0.024	-0.155	0.002
X_7	0.358	-0.226	0.075	0.349
X_8	0.423	0.061	0.176	0.068
X_9	0.018	0.606	0.046	0.352
X_{10}	-0.139	0.547	-0.199	0.108

表 5 25 份川明参的产量与品质的综合评价得分

Table 5 Synthetic evaluation result of 25 *C. violaceum* populations for yield and quality

编号	F_1	F_2	F_3	F_4	评价得分	位次
1	6.578	3.675	0.344	-1.559	4.135	1
2	-2.541	0.690	0.059	-0.735	-1.056	22
3	-0.072	-0.575	1.505	0.549	0.074	10
4	-0.997	-0.477	-0.530	-0.345	-0.569	18
5	-0.927	1.765	0.547	0.274	0.014	12
6	-3.084	0.334	0.475	-1.180	-1.358	24
7	-2.572	1.647	-0.412	0.532	-0.928	21
8	-2.221	2.216	0.061	0.520	-0.594	19
9	1.966	-1.243	0.719	1.677	0.887	6
10	2.020	-1.339	0.993	1.126	0.922	5
11	1.051	0.028	0.367	-0.289	0.645	7
12	2.682	-1.166	0.281	0.102	1.219	3
13	-2.756	-0.606	0.299	0.133	-1.396	25
14	-0.062	-0.543	0.066	-1.302	-0.055	14
15	-0.066	-1.112	-1.915	-0.672	-0.363	16
16	0.687	-1.724	1.168	0.199	0.195	8
17	-0.470	1.235	-1.400	1.002	-0.051	17
18	-2.166	1.186	1.320	0.577	-0.647	20
19	2.354	1.178	-0.942	1.419	1.398	2
20	0.607	0.046	-2.166	0.584	0.179	9
21	2.529	-1.298	0.561	-0.996	1.144	4
22	-2.126	-0.394	-0.067	-0.917	-1.074	23
23	0.814	-1.517	-1.650	0.229	0.025	11
24	-0.952	-0.019	0.799	0.095	-0.327	15
25	-0.277	-1.986	-0.481	-1.022	-0.501	13

3.5 川明参产量与品质性状的聚类分析

根据不同产地川明参居群产量与品质性状, 可将 25 份种质资源分成 5 类, 聚类分析结果见图 2 及表 6。从图 2 可以看出, 第 1 类由 17、19 及 20 号样品组成, 该类材料株高较矮、主根长最长、多

糖及欧前胡素含量较高, 其他性状中等偏上, 属于长根高产优质型材料。第 2 类由 9、10、12 及 21 号样品组成, 该类茎叶鲜质量及干质量较高、主根最粗、根干质量最重, 欧前胡素含量最低, 多糖含量亦最低, 属于根重劣质型材料。第 3 类由 3、4、

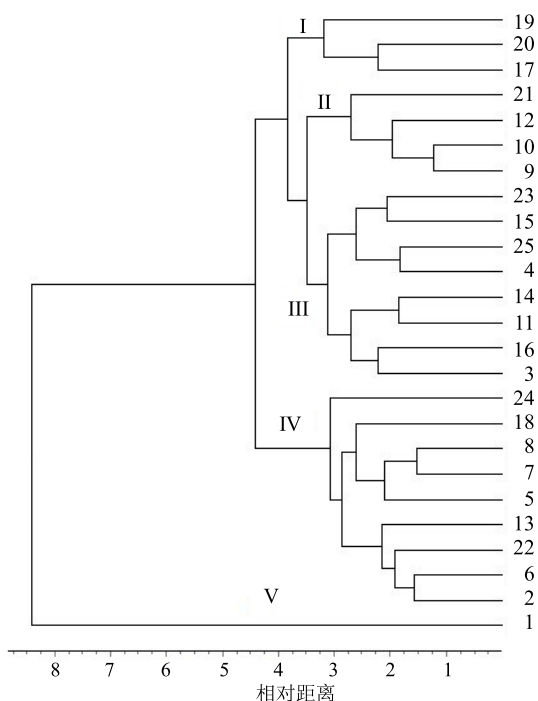


图 2 25 份川明参产量与品质性状的聚类图

Fig. 2 Cluster diagram based on yield and quality characters of 25 *C. violaceum* populations

表 6 基于主要农艺性状、多糖及欧前胡素含量的分类

Table 6 Classification based on main agronomic characters and contents of polysaccharide and imperatorin

分组	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	X_9	X_{10}
I	48.9	23.44	6.34	32.47	12.51	36.78	11.62	17.95	18.65	0.31
II	50.9	40.34	7.59	22.71	17.68	42.92	16.91	24.50	10.67	0.15
III	49.6	28.42	5.20	23.19	13.46	31.09	9.77	14.97	8.83	0.16
IV	67.1	19.83	4.71	18.11	10.34	13.86	5.30	10.00	15.68	0.35
V	7.7	84.80	24.80	29.00	13.70	82.30	15.00	39.80	26.97	0.33

在各种问题的多指标分析中，指标的个数多，又有相互关联，分析工作比较困难。多元统计的主成分分析是指在不损失或很少损失原有信息的前提下，将原来个数较多而且彼此相关的指标转换为新的个数少而彼此独立或不相关的综合指标，从而简化多指标分析^[34]。很多研究表明，主成分分析方法进行综合评价是一种有效的方法^[35-36]。在道地产区四川，川明参的种植历史悠久，分布广泛，产量高，作为药食两用的中药材，不仅药用，在民间也常作滋补品、菜肴等食用，有很大的开发利用价值^[37]。然而现行国家标准中没有收录川明参药材，而影响中药材质量的因素较多，如产地、采收时间、产地加工方法及药材贮藏条件等，其中产地可能是影响其质量的关键因素。本研究收集了金堂、青白江、阆

中、巴中、苍溪 5 个主产区川明参样品，研究各主产区川明参产量及品质的差异，结果显示 5 个主产区的川明参样品中多糖和欧前胡素含量各不相同，表明产地不同可能是造成川明参中多糖和欧前胡素产生较大波动的一个重要因素。而目前生产上川明参存在栽培品种单一、引种混杂、种质资源退化现象，严重制约其产量和品质的提高。由于川明参育种程序较复杂，不仅要考虑其产量，而且还要考虑到有效成分含量，这使得其品种选育进展缓慢，优良品种品系少。本实验采用主成分分析方法，将 25 份川明参种质资源的 8 个农艺性状和 2 个质量性状简化为彼此不相关的综合指标（主成分）：即高产因子、品质因子、株型因子和株高因子，这 4 个主成分对总变异的累积贡献率约达 85% 以上。从主成分综合质量评价结

4 结论与讨论

各供试材料的单株产量性状变化较大，在所有的供试材料中，就产量而言，1 号样品表现最优，其株高最矮，茎叶鲜质量及干质量、根鲜质量、总干物质量、多糖含量均最高，主根长、根干质量、欧前胡素含量位列第二，属矮秆高产优质型材料，值得进一步选育。本实验是通过各农艺性状对单株产量的分析结果，对于群体产量结果如何，还值得进一步探讨。

果可以看出, 5 类川明参种质资源均有各自不同的优良特性, 可从中选择优质种质资源加以推广, 加快川明参优良品种的选育工作。

参考文献

- [1] 余孟兰, 单人骅. 伞形科两新属——环根芹属和川明参属 [J]. 植物分类学报, 1980, 18(1): 45.
- [2] 陈朝霞, 张梅, 陈璐. 川明参对大鼠的长期毒性实验研究 [J]. 时珍国医国药, 2013, 24(9): 2104-2017.
- [3] 陈胡兰, 苏筱琳, 邓 贇, 等. 川明参药效活性部位化学成分研究 [J]. 中成药, 2008, 30(9): 1334-1336.
- [4] 饶高雄, 王兴文, 刘启新, 等. 川明参的化学成分 [J]. 云南植物研究, 1996, 18(3): 359-360.
- [5] 周 燕, 彭树林, 吕发强, 等. 川明参根部的化学成分 [J]. 天然产物研究与开发, 1998, 11(6): 15-17.
- [6] 王明安, 彭树林, 王明奎, 等. 川明参茎叶中的化学成分 [J]. 高等学校化学报, 2002, 23(8): 539-1541.
- [7] 李邦经, 彭树林, 梁 婕, 等. 川明参须根中的化学成分 [J]. 中草药, 2004, 35(6): 616-618.
- [8] 邵承斌, 李 宏, 吴鹤麟, 等. 川明参营养化学成分的研究 [J]. 中草药, 1997, 28(10): 590-591.
- [9] 赵 波, 李 宏, 任 波, 等. 川明参不同加工品化学成分指纹图谱比较研究 [J]. 中成药, 2011, 33(4): 557-559.
- [10] 金滨滨, 陈朝霞, 陈 璐, 等. 川明参地上部分与根的化学成分比较研究 [J]. 中药与临床, 2013, 4(6): 7-10.
- [11] 郝安辉, 张兴国, 李坤伦, 等. 不同生长年限及不同部位川明参红外光谱研究 [J]. 时珍国医国药, 2016, 27(11): 2665-2667.
- [12] 孙 佩, 童 文, 叶 霄, 等. 川明参栽培后期生长动态与品质相关性探讨 [J]. 天然产物研究与开发, 2017(29): 1154-1159.
- [13] 岳 媛, 杨晓阳, 肖佳佳, 等. ICP-MS 法测定川明参中 6 种重金属元素 [J]. 中草药, 2016, 47(9): 1595-1600.
- [14] 徐玉玲, 谢 敏, 张 佳, 等. 川明参提取物质量标准的构建 [J]. 成都大学学报: 自然科学版, 2017, 36(3): 230-234.
- [15] 张 梅, 雨 田, 苏筱琳, 等. 川明参镇咳祛痰药理作用研究 [J]. 时珍国医国药, 2006, 17(7): 1121-1122.
- [16] 张 梅, 苏筱琳, 雨 田, 等. 川明参药理作用初步研究 [J]. 中药药理与临床, 2007, 23(2): 49-50.
- [17] 刘 涛, 唐开城, 谢 敏, 等. 川明参产地加工方法初步 [J]. 成都大学学报: 自然科学版, 2016, 3(4): 331-334.
- [18] 黄 彭, 张长贵, 张 超, 等. 川明参含片加工工艺的优化 [J]. 贵州农业科学, 2017, 45(5): 113-118.
- [19] 邱英雄, 傅承新, 吴斐捷. 明党参与川明参群体遗传结构及分子鉴定的 ISSR 分析 [J]. 中国中药杂志, 2003, 28(7): 598-603.
- [20] 陶晓瑜, 桂先群, 傅承新, 等. 明党参和川明参种间遗传分化和系统关系的分子标记和 ITS 序列分析 [J]. 浙江大学学报: 农业与生命科学版, 2008, 34(5): 473-481.
- [21] 宋春风, 吴宝成, 周 伟, 等. 基于 *psbA-trnH* 序列变异分析川明参属亲缘关系及分类地位 [J]. 植物资源与环境学报, 2014, 23(2): 19-26.
- [22] 杨玉霞, 胡 平, 夏燕莉, 等. 川明参种质资源遗传多样性的 SRAP 分析 [J]. 中草药, 2016, 47(11): 1943-1949.
- [23] 李 宏, 邵承斌. 川明参多糖的抗突变性研究——对蚕豆根细胞微核的影响 [J]. 渝州大学学报, 1996, 13(4): 24.
- [24] Song X, Xu J, Yin Z, *et al.* Effects of polysaccharide from *Chuanminshen violaceum* on immune response of newcastle disease vaccine in chicken [J]. *Acta Sci Veterinari*, 2013, 41(1): 24.
- [25] Song X, Li L, Yin Z, *et al.* Antiviral activity of sulfated *Chuanminshen violaceum* polysaccharide against duck enteritis virus *in vitro* [J]. *Antiviral Res*, 2013, 98(2): 344-351.
- [26] Song X, Yin Z, Zhao X, *et al.* Antiviral activity of sulfated *Chuanmingshen violaceum* polysaccharide against Newcastle disease virus [J]. *Gener Virol*, 2013, 94(10): 2164-2174.
- [27] 赵兴洪, 殷中琼, 贾仁勇, 等. 川明参多糖及其硫酸化物对小鼠脾淋巴细胞增殖的影响 [J]. 中国免疫学杂志, 2014, 30(2): 213-221.
- [28] 李 宏, 赵 波, 刘 静, 等. RP-HPLC 测定川明参药材中香豆素含量 [J]. 成都医学院学报, 2010, 5(2): 122.
- [29] 雷晓莉, 张 梅. 不同加工方法对川明参多糖及欧前胡素含量的影响 [J]. 中药与临床, 2012, 3(2): 34-35.
- [30] 曾庆秋, 严铸云, 汪杨丽, 等. 微肥处理对连作川明参中总多糖含量的影响 [J]. 中国药业, 2007, 16(21): 8-9.
- [31] 雷晓莉, 宋芳芳, 彭 成, 等. 不同产地川明参药材中多糖含量测定 [J]. 中药与临床, 2011, 2(1): 49-50.
- [32] 曹 柳, 王晓宇, 周先建, 等. 四川省不同产地川明参中多糖和欧前胡素含量的测定 [J]. 中成药, 2016, 38(2): 373-377.
- [33] 唐启义, 冯明光. 实用统计分析及其 DPS 数据处理系统 [M]. 北京: 科学出版社, 2002.
- [34] 盖钧镒. 作物育种学各论 [M]. 北京: 中国农业出版社, 1995.
- [35] 袁志文, 周静宇. 多元统计分析 [M]. 北京: 科学出版社, 2003.
- [36] 谭远德, 鲁 成, 向仲怀. 品种综合评价的数学方法 [J]. 生物数学学报, 2000, 15(4): 457-466.
- [37] 陈丹丹, 彭 成. 川明参的药理作用及开发前景 [J]. 中药与临床, 2011, 2(2): 35-37.