

# 主成分分析在芸豆品种筛选中的应用

余 莉, 张时龙\*, 李清超\*, 杨 珊, 王昭礼, 吴宪志, 卢 运, 赵 龙

(毕节市农业科学研究所, 贵州 毕节 551700)

**摘 要:**以 10 个芸豆品种为研究对象, 采用主成分分析法对其 9 个农艺性状进行了研究。结果表明, 提取的 3 个主成分能够解释所有性状信息的 92.142%, 第 1 主成分贡献率为 57.056%, 第 2 主成分贡献率为 24.901%, 第 3 主成分贡献率为 10.185%, 主成分 1 代表芸豆株型与产量因子, 主成分 2 代表株高与生育期因子, 主成分 3 代表荚长和单荚粒数因子, 综合因子代表芸豆品种综合表现, 综合得分前 4 位的品种分别是 YQ6、YQ5、YQ2 和 YQ7, 与品比分析结果具有较好的一致性。该法可很好地应用于芸豆品种综合评价与筛选研究, 为芸豆多品种综合评价及品种筛选提供一种新的途径和方法。

**关键词:**芸豆; 品种; 应用; 主成分分析; 筛选

中图分类号: S643.7

文献标识码: A

文章编号: 1003-8701(2016)02-0091-06

## Application of Principal Component Analysis in the Screening of Kidney Bean Varieties

YU Li, ZHANG Shilong\*, LI Qingchao\*, YANG Shan, WANG Zhaoli, WU Xianzhi, LU Yun, ZHAO Long

(Bijie Institute of Agricultural Sciences, Bijie 551700, China)

**Abstract:** The principal components analysis was used to research nine agronomic traits of ten kidney bean varieties. The results showed that the contribution ratio of accumulated variance reached 92.142%, and 3 principal components reflected character of relative characteristics of nine agronomic traits. The first principal component was a factor of plant-type and yield with 57.056% contribution rate, the second principal component was a factor of plant height and growth period with 24.901% contribution rate, and the third principal component was a factor of pod length and number of pods per plant with 10.185% contribution rate. The comprehensive factor represented the comprehensive performance of kidney bean, the comprehensive score of the top four varieties were YQ6, YQ5, YQ2 and YQ7, respectively. The results were consistent with the results of the comparative analysis of varieties. The evaluation method of kidney bean is practicable and is a new way for kidney bean multiple varieties comprehensive evaluation.

**Key words:** Kidney bean; Variety; Application; Principal component analysis; Screening

本研究以芸豆为研究对象, 采用主成分分析法对其进行分析, 探讨每个品种在主成分分析中单一主成分下的表现及综合因子中的得分情况, 进而筛选综合表现优良的芸豆品种, 为品种推广应用打下基础, 同时为芸豆多品种综合评价及品

种筛选提供一种新的途径和方法。芸豆是普通菜豆和多花菜豆的总称, 医食兼用, 有重要的药用价值, 许多国家把芸豆看成是低脂肪、高蛋白、多种矿物质的天然保健食品之一。目前, 我国已成为世界芸豆生产国, 面积、产量皆超过美国 ( $26 \times 10^4 \text{ hm}^2$ ), 加拿大 ( $20 \times 10^4 \text{ hm}^2$ ) 等国家 (www.mgcic.com)。芸豆品种的选育、鉴定和推广历来是育种者与相关部门最为关心的问题。前人对芸豆的研究多集中在品种选育<sup>[1]</sup>, 芸豆种子蛋白组分<sup>[2]</sup>, 芸豆连作田土壤酶活性和养分含量<sup>[3]</sup>, 反胶团法提取红芸豆植物血凝素<sup>[4]</sup>等, 应用主成分分析法对芸豆品种进行综合评价及品种筛选的研究还未见报道。因此, 本研究提出主成分分析法, 将芸豆所测性状作为整体进行研究。主成分分析是将多指标线性组合为较少的综合指标, 这些综合指标

收稿日期: 2015-09-26

**基金项目:** 国家食用豆产业技术体系建设专项资金 (CARS-09-Z18); 贵州省特色杂豆育种与栽培科技创新人才团队 (黔科合人才团队[2013]4008); 贵州省科学技术基金 (黔科合 J 字[2015]2005 号); 贵州省农业攻关 (黔科合 NZ[2013]3011 号)

**作者简介:** 余 莉 (1970-), 女, 高级农艺师, 主要从事小杂粮相关育种及研究工作。

**通讯作者:** 张时龙, 男, 研究员, E-mail: bjrice@163.com

李清超, 男, 副研究员, E-mail: liqingchao-2@163.com

彼此间既不相关,又能反映原来多指标的信息<sup>[5]</sup>,近年来,该方法应用较为广泛,逐渐应用于玉米<sup>[6]</sup>、小麦<sup>[7]</sup>、苹果<sup>[8]</sup>、甘蓝型油菜<sup>[9]</sup>、甜糯玉米软罐头<sup>[10]</sup>、大豆<sup>[11]</sup>等作物或领域。而将主成分分析应用于芸豆综合评价及品种筛选的研究还未见报道,主成分分析能够很好地将原来比较复杂的多个性状通过降维转换为个数较少且彼此相互独立的几个因子,同时这些因子能够解释原有性状全部的信息,能够有效地分析不同品种的综合表现,能够筛选出某一方面优异或综合表现优异的品种。本研究利用10个芸豆品种的9个农艺性状作为研究对象,利用主成分分析法提取相应的主成分因子,将原来的9个变量(性状)简化为3个变量(主成分),进而筛选综合表现优良的芸豆品种,为品种推广应用打下基础,同时为芸豆多品种综合评价及品种筛选提供一种新的途径和方法。

## 1 材料与方 法

### 1.1 供试材料及试验设计

#### 1.1.1 供试材料

本研究对芸豆10个品种的9个农艺性状进行主成分分析,品种分别为:BY-1202(YQ1)、BY-12-03(YQ2)、BY-12-06(YQ3)、BY-12-07(YQ4)、京小黑芸豆(YQ5)、英国红(YQ6)、六芸1号(YQ7)、威芸001(YQ8)、威芸002(YQ9)和威芸003(YQ10),分别由毕节市农科所、西北农林科技大学、六盘水市农科所和威宁县农科所提供。各品种分别测量性状:株高( $X_1$ )、主茎节数( $X_2$ )、主茎分枝( $X_3$ )、单株荚数( $X_4$ )、荚长( $X_5$ )、单荚粒数( $X_6$ )、百粒重( $X_7$ )、生育期( $X_8$ )和产量( $X_9$ )。

#### 1.1.2 试验设计及田间管理

试验基地位于毕节市七星关区流仓桥办事处后河村下院组,北纬 $27^{\circ}18'526''$ ,东经 $105^{\circ}19'916''$ ,海拔1447 m;生育期间平均每天温度 $19.52^{\circ}\text{C}$ ,生育期间平均降水量3.72 mm,生育期间平均日照4.90 h。试验设计采取随机区组排列,3次重复,小区面积 $10\text{ m}^2$ ,4行区,株距12.5 cm,行距50 cm,每小区160株,每行40株,折合16万株/ $\text{hm}^2$ 。性状调查每小区全部160株进行测量。地类为二类地,土质为黄沙土壤,前茬作物为豌豆,肥力中上等。试验全生育期间未进行任何病虫害防治。

#### 1.1.3 其他需要说明的问题

YQ01号参试品种因种子量不够,发芽率低,导致出苗极差,3个重复共3个小区只出苗88株,因此每小区不足160株,进行产量测量时采用全区(总

产/株数) $\times 160$ 株,然后再计算3个重复平均产量。

试验于4月15日播种,4月24日出苗,出苗后在5月25日与5月29日遇上降雨量超过90 mm的持续大暴雨。因此试验地内产生内涝,各参试品种在苗期植株生长受到严重影响,主要表现为植株矮小、分枝少、节间少,导致参试品种均未能达到正常产量。

6月中旬~7月下旬,气候极端,连续高温干旱,各参试品种开花后早熟,表现为荚小荚少、籽粒饱满度差、百粒重降低,导致各参试品种均未能达到正常产量。

### 1.2 分析方法

#### 1.2.1 主成分提取

本文采取岳田利等<sup>[12]</sup>的方法,将 $n$ 个品种分别测量 $q$ 个变量(性状) $X_i(i=1, 2, 3\cdots q)$ ,通过降维将原来的 $q$ 个原始变量(性状)转换为 $k$ 个因子,即将原来的 $X_1, X_2\cdots X_q$ 降维变换为 $k$ 个因子 $F_1, F_2\cdots F_k$ ,其中 $q > k$ ,变换后的 $k$ 个因子 $F_1, F_2\cdots F_k$ 就是原来 $n$ 个品种 $q$ 个变量(性状)的 $k$ 个主成分因子:

$$\begin{cases} F_1 = \beta_{11}X_1 + \beta_{12}X_2 + \cdots + \beta_{q1}X_q \\ F_2 = \beta_{12}X_1 + \beta_{22}X_2 + \cdots + \beta_{q2}X_q \\ \dots \\ F_k = \beta_{1k}X_1 + \beta_{2k}X_2 + \cdots + \beta_{qk}X_q \end{cases}$$

#### 1.2.2 主成分因子特征向量、因子得分矩阵的计算

由提取的主成分因子相应的载荷矩阵与特征值,根据公式: $F'_i = V_i/\text{SQRT}(\lambda_i)$ 计算特征向量,其中, $F'_i$ 表示相应主成分的特征向量, $V_i$ 表示相应原始变量(性状)的主成分载荷表的相应权重系数, $\lambda_i$ 表示相应主成分的特征值;其中 $i=1, 2, \cdots, k$ , $k$ 为提取的主成分个数。

根据上述的特征向量矩阵乘以原始变量(性状)标准化后的无量纲变量 $zX_i$ ,如下主成分函数表达式 $Z_i = F'_1zX_1 + F'_2zX_2 + \cdots + F'_kzX_k$ 即可计算相应主成分因子的得分矩阵。

根据上述相应主成分因子得分结合 $k$ 个主成分的贡献率,可根据公式 $Z = \sum_{i=1}^k Z_i r_i$ 计算出综合得分向量 $Z$ , $Z_i$ 表示前述各主成分因子得分向量, $r_i$ 表示相应主成分的贡献率。

## 2 结果与分析

### 2.1 10个参试品种各性状数据描述性统计分析

10个芸豆品种相应性状平均值及变异系数

列于表1,由表1可知各个性状的变异系数均较大,范围在8.98%~99.36%之间,荚长最小为8.98%,株高最大为99.36%,产量的变异系数仅次于株高和单株荚数,达52.09%;可见不同品种相

应性状间差异较大,品种间变异较为明显。

由于原始性状间单位不一致,需要对其进行标准化,统一量纲(表2),再进行主成分分析。

表1 各参试品种不同性状的测量值及描述统计分析

品种	性状								
	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>	X <sub>5</sub>	X <sub>6</sub>	X <sub>7</sub>	X <sub>8</sub>	X <sub>9</sub>
YQ1	200	7	3.7	6	9	1.5	92.4	105	1348.81
YQ2	41	10.8	5	12.6	9.1	4.4	27.6	92	2487.3
YQ3	28	4.8	2.2	4	8.8	2.7	44.2	80	734.35
YQ4	60	9.4	2.5	7.5	9	3.5	36.6	88	1346.05
YQ5	47	10.8	5	16.8	7	2.8	26.4	95	1938.7
YQ6	43	10.9	6.7	15.8	8.2	4.4	24.1	91	2626.2
YQ7	200	7	2.9	10.5	9	4	26.1	105	1562.1
YQ8	24	3.4	2	4.6	9.8	2.6	44.2	83	863.75
YQ9	30	4.6	2.2	4.9	9.4	2.5	42.4	83	834.35
YQ10	26	3.5	2	3	9.6	2.5	36.7	80	464.65
均值	69.9	7.22	3.42	8.57	8.89	3.09	40.07	90.2	1420.63
标准差(SD)	69.45	3.08	1.63	5.04	0.8	0.95	19.98	9.32	740.05
变异系数(CV)(%)	99.36	42.6	47.7	58.84	8.98	30.76	49.87	10.33	52.09

表2 各性状数据标准化表

品种	性状								
	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>	X <sub>5</sub>	X <sub>6</sub>	X <sub>7</sub>	X <sub>8</sub>	X <sub>9</sub>
YQ1	1.87318	-0.07151	0.17162	-0.50965	0.13787	-1.67301	2.6187	1.58815	-0.09704
YQ2	-0.4161	1.16371	0.96844	0.79917	0.26321	1.3784	-0.62403	0.19315	1.44136
YQ3	-0.60328	-0.78664	-0.74778	-0.90626	-0.1128	-0.41036	0.20667	-1.09453	-0.92734
YQ4	-0.14254	0.70863	-0.5639	-0.21219	0.13787	0.43141	-0.17365	-0.23608	-0.10077
YQ5	-0.32971	1.16371	0.96844	1.63206	-2.36888	-0.30514	-0.68408	0.51507	0.70006
YQ6	-0.38731	1.19622	2.01043	1.43375	-0.86483	1.3784	-0.79917	0.08585	1.62905
YQ7	1.87318	-0.07151	-0.31873	0.38273	0.13787	0.95751	-0.69909	1.58815	0.19117
YQ8	-0.66087	-1.24173	-0.87037	-0.78727	1.14057	-0.51558	0.20667	-0.77261	-0.75249
YQ9	-0.57448	-0.85166	-0.74778	-0.72778	0.63922	-0.6208	0.1166	-0.77261	-0.79221
YQ10	-0.63207	-1.20922	-0.87037	-1.10456	0.8899	-0.6208	-0.16864	-1.09453	-1.29178

## 2.2 参试各性状的主成分分析

要对原始数据进行主成分分析,仅对数据进行无量纲化是不够的,需要对其进行检验是否可用于分析才能用于研究。对其进行KMO检验后发现,KMO值=0.428<0.5,说明不适宜于进行因子分析;对其进行Bartlett球形度检验后发现,Sig=0<0.05(表3),说明性状间存在相关关系,可应用于主成分

分析。

相关分析发现,10个芸豆品种的9个农艺性状间存在较为复杂的相关关系,例如,产量(X<sub>9</sub>)同时与主茎节数(X<sub>2</sub>)、主茎分枝(X<sub>3</sub>)、单株荚数(X<sub>4</sub>)呈极显著正相关,与单荚粒数(X<sub>6</sub>)呈显著正相关等(表4)。分析性状间的相互关系的紧密程度,可为育种及相关基础研究提供参考和依据。

根据主成分分析的一般性原则,提取主成分因子时需考虑特征值是否大于1,碎石图(图1)是否存在转折点等,本研究前2个主成分因子特征值均大于1,解释的总贡献率为81.957%;碎石图在第2主成分处还存在较大的特征值区间,至第3主成分时几乎囊括了所有的信息指征,同时,第3

表3 KMO和Bartlett球形度检验表

Kaiser-Meyer-Olkin		0.428
Bartlett's Test of Sphericity	Approx.Chi-Square	116.162
	df	36
	Sig.	0

表4 相关矩阵及显著性分析

	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>	X <sub>5</sub>	X <sub>6</sub>	X <sub>7</sub>	X <sub>8</sub>
X <sub>2</sub>	0.094							
X <sub>3</sub>	0.034	0.848**						
X <sub>4</sub>	0.061	0.894**	0.891**					
X <sub>5</sub>	-0.012	-0.706*	-0.671*	-0.798**				
X <sub>6</sub>	-0.119	0.611	0.526	0.625	-0.182			
X <sub>7</sub>	0.466	-0.339	-0.264	-0.508	0.281	-0.782**		
X <sub>8</sub>	0.890**	0.482	0.42	0.482	-0.34	0.111	0.251	
X <sub>9</sub>	0.118	0.918**	0.933**	0.912**	-0.566	0.709*	-0.364	0.508

注: \*表示在0.05水平(双侧)上显著相关, \*\*表示在0.01水平(双侧)上显著相关

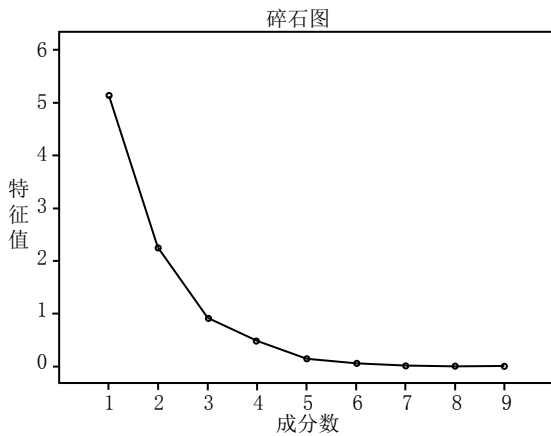


图1 所有主成分的特征值图

主成分的特征值为0.917,接近于1,因此,本研究综合考虑,提取前3个主成分,其总贡献率达到92.142%,满足>85%的原则。

所提取的前3个主成分分别解释57.056%、24.901%和10.185%的信息量,其特征值分别为5.135、2.241和0.917(表5),可见3个主成分可以解释原来9个性状的全部信息。

表6可知,本研究将仅考虑9个主成分因子中的前3个主成分载荷值,主成分1主要解释主茎

表5 各主成分解释的总方差表

主成分	特征值	贡献率(%)	累积贡献率(%)
1	5.135	57.056	57.056
2	2.241	24.901	81.957
3	0.917	10.185	92.142
4	0.484	5.381	97.522
5	0.147	1.636	99.158
6	0.059	0.650	99.808
7	0.016	0.173	99.981
8	0.002	0.017	99.998
9	0	0.002	100

节数(X<sub>2</sub>)、主茎分枝(X<sub>3</sub>)、单株荚数(X<sub>4</sub>)、单荚粒数(X<sub>6</sub>)和产量(X<sub>9</sub>)的信息,而这些性状主要与芸豆品种的株型及产量密切相关,因此,可认为主成分1为芸豆株型与产量因子;主成分2权重系数中,株高(X<sub>1</sub>)和生育期(X<sub>8</sub>)权重系数较大,与百粒重(X<sub>7</sub>)的权重系数也不小,其主要解释株高与生育期相关信息,可认为主成分2为株高与生育期因子;主成分3主要反映了荚长(X<sub>5</sub>)和单荚粒数(X<sub>6</sub>)的信息,可认为主成分3为芸豆荚长和单荚粒数因子。至此,提取的3个主成分解释了原

表6 主成分载荷矩阵

性状	主成分								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
X <sub>1</sub>	0.108	0.914	0.337	-0.178	-0.018	-0.087	0.024	0.008	-0.006
X <sub>2</sub>	0.942	0.048	-0.078	0.106	0.299	0.026	0.053	0.002	0
X <sub>3</sub>	0.912	0.040	-0.182	0.288	-0.201	-0.075	0.059	-0.003	0.002
X <sub>4</sub>	0.98	-0.024	-0.098	-0.102	-0.088	0.101	-0.018	0.028	0
X <sub>5</sub>	-0.735	-0.056	0.561	0.359	-0.031	0.099	0.035	0.007	0
X <sub>6</sub>	0.702	-0.422	0.559	0.030	0.051	-0.113	-0.039	0.006	0.005
X <sub>7</sub>	-0.48	0.739	-0.278	0.370	0.069	-0.046	-0.048	0.011	0.003
X <sub>8</sub>	0.508	0.820	0.207	-0.130	-0.028	0.090	-0.006	-0.014	0.007
X <sub>9</sub>	0.96	0.038	0.085	0.253	-0.021	0.041	-0.058	-0.015	-0.007

始数据 92.142% 的信息。将原始的 9 个性状降维变换为 3 个主成分因子。

根据提取的 3 个主成分的载荷值,结合特征值,利用如下的表达式: $F_1=V_1/SQR(5.135)$ ;  $F_2=V_2/SQR(2.241)$ ;  $F_3=V_3/SQR(0.917)$ ;可计算出 3 个主成分的特征向量值(表 7),即为 3 个主成分表达式的系数。可得出主成分 1、主成分 2 和主成分 3 的表达式: $Z_1=0.05X_1+0.42X_2+0.4X_3+0.43X_4-0.32X_5+0.31X_6-0.21X_7+0.22X_8+0.42X_9$ ,其代表芸豆产量与株型因子,单独解释所有性状原始数据信息的 57.056%; $Z_2=0.61X_1+0.03X_2+0.03X_3-0.02X_4-0.04X_5-0.28X_6+$

表 7 各参试品种相关矩阵的特征向量

性状	主成分 1	主成分 2	主成分 3
X1	0.05	0.61	0.35
X2	0.42	0.03	-0.08
X3	0.4	0.03	-0.19
X4	0.43	-0.02	-0.1
X5	-0.32	-0.04	0.59
X6	0.31	-0.28	0.58
X7	-0.21	0.49	-0.29
X8	0.22	0.55	0.22
X9	0.42	0.03	0.09

表 8 主成分因子得分表

品种	Zs <sub>1</sub>	品种	Zs <sub>2</sub>	品种	Zs <sub>3</sub>	品种	Zs
YQ6	3.48	YQ1	3.77	YQ7	1.89	YQ6	1.77
YQ5	2.78	YQ7	1.39	YQ2	0.81	YQ5	1.4
YQ2	2.32	YQ5	-0.02	YQ4	0.34	YQ2	1.22
YQ7	0.93	YQ4	-0.42	YQ8	0.19	YQ7	1.07
YQ4	0.01	YQ9	-0.63	YQ10	0.01	YQ1	0.37
YQ1	-0.89	YQ8	-0.7	YQ6	-0.07	YQ4	-0.07
YQ3	-1.81	YQ2	-0.76	YQ9	-0.18	YQ9	-1.27
YQ9	-1.92	YQ3	-0.81	YQ3	-0.6	YQ3	-1.3
YQ8	-2.3	YQ6	-0.82	YQ1	-0.63	YQ8	-1.46
YQ10	-2.59	YQ10	-1.01	YQ5	-1.76	YQ10	-1.73

表 8 显示了 3 个主成分因子得分向量及综合得分向量,第 1 主成分中,得分最高的前 3 个品种是 YQ6、YQ5 和 YQ2,表示 3 个品种芸豆产量与株型方面表现优异;第 2 主成分中,得分最高的前 3 个品种是 YQ1、YQ7 和 YQ5,表示 3 个品种在株高与生育期方面表现优异;在第 3 主成分中,得分最高的前 3 个品种分别是 YQ7、YQ2 和 YQ4,表示 3 个品种在荚长和单荚粒数方面表现优异;在综合因子得分向量中,得分前 4 位的品种分别是 YQ6、YQ5、YQ2 和 YQ7,表示 4 个品种在所测量的 9 个农艺性状中综合表现最好。

$0.49X_7+0.55X_8+0.03X_9$ ,其代表芸豆株高与生育期因子,单独解释所有性状原始数据信息的 24.901%; $Z_3=0.35X_1-0.08X_2-0.19X_3-0.1X_4+0.59X_5+0.58X_6-0.29X_7+0.22X_8+0.09X_9$ ,其代表芸豆荚长和单荚粒数因子,单独解释所有性状原始数据信息的 10.185%。

### 2.3 主成分因子得分矩阵计算与不同品种的综合评价

根据表 2 中 9 个原始性状的数据标准化值,再根据表 7 中的主成分特征向量,结合上述表达式可计算出相应主成分的因子得分矩阵  $Z_{s_1}$ 、 $Z_{s_2}$ 、 $Z_{s_3}$ (表 8);然后再利用 3 个主成分因子得分向量及相应主成分的贡献率即可计算出综合因子得分向量  $Z_s$ (表 8)。将表 7 中的特征向量值代入表达式后可得如下的相应主成分及综合主成分得分因子表达式:

$$Z_{s_1}=0.05 \times ZX_1+0.42 \times ZX_2+0.4 \times ZX_3+0.43 \times ZX_4-0.32 \times ZX_5+0.31 \times ZX_6-0.21 \times ZX_7+0.22 \times ZX_8+0.42 \times ZX_9$$

$$Z_{s_2}=0.61 \times ZX_1+0.03 \times ZX_2+0.03 \times ZX_3-0.02 \times ZX_4-0.04 \times ZX_5-0.28 \times ZX_6+0.49 \times ZX_7+0.55 \times ZX_8+0.03 \times ZX_9$$

$$Z_{s_3}=0.35 \times ZX_1-0.08 \times ZX_2-0.19 \times ZX_3-0.1 \times ZX_4+0.59 \times ZX_5+0.58 \times ZX_6-0.29 \times ZX_7+0.22 \times ZX_8+0.09 \times ZX_9$$

$$Z_s=0.57056 \times Z_{s_1}+0.24901 \times Z_{s_2}+0.10185 \times Z_{s_3}$$

### 2.4 品种间综合评价的比较分析

对原始数据中产量进行简单求取平均值,比较后发现,其中 4 个品种比平均产量高,另 6 个比平均产量低,其中产量排序前 4 位的品种分别是 YQ6、YQ2、YQ5 和 YQ7;而在主成分分析中,在综合因子得分向量中,得分前 4 位的品种分别是 YQ6、YQ5、YQ2 和 YQ7(表 9),二者结果除 YQ5 和 YQ2 顺序有所差异外,其余均一致,可见二者结果具有较好的一致性。在分析过程中,主成分分析是将所有性状纳入系统进行分析,注重品种的综合评价,结果较为全面,分析较为可靠、准确,但是分析

较为复杂;一般的品比分析仅考虑产量,而且仅用各品种与所有品种平均产量进行比较,得出各品种的排名,未考虑各个品种的综合表现,结果存在一定的片面性和不确定性,但是分析较为简单,易于

掌握。综上,主成分分析法可以很好地应用于品种筛选实验,并取得较可靠的分析结果,但是,应该加强对相关科技人员的培训,使其掌握该方法。

表9 品种间产量比较

品种	小区产量(kg)				亩产(kg)	公顷产(kg)	比平均产量增 减产(%)	位次
	I	II	III	平均				
YQ1	1.3517	1.3213	1.3714	1.3488	89.97	1348.81	-5.06	5
YQ2	2.681	2.2485	2.532	2.4872	165.82	2487.3	75.08	2
YQ3	0.732	0.708	0.763	0.7343	48.96	734.35	-48.31	9
YQ4	1.382	1.209	1.447	1.346	89.74	1346.05	-5.25	6
YQ5	1.976	1.926	1.9138	1.9386	129.25	1938.7	36.47	3
YQ6	2.668	2.638	2.572	2.626	175.08	2626.2	84.86	1
YQ7	1.603	1.253	1.83	1.562	104.14	1562.1	9.96	4
YQ8	0.862	0.836	0.893	0.8637	57.58	863.75	-39.20	7
YQ9	0.826	0.819	0.858	0.8343	55.62	834.35	-41.27	8
YQ10	0.443	0.438	0.513	0.4647	30.98	464.65	-67.29	10
平均产量	1.452	1.340	1.469	1.421	94.714	1420.626	—	—

### 3 讨论与结论

本研究采用主成分分析法提取3个主成分,总贡献率为92.142%,对3个主成分因子得分向量及综合得分向量分析发现,第1主成分中,得分最高的前3个品种是YQ6、YQ5和YQ2,表示3个品种芸豆产量与株型方面表现优异;第2主成分中,得分最高的前3个品种是YQ1、YQ7和YQ5,表示3个品种在株高与生育期方面表现优异;在第3主成分中,得分最高的前3个品种分别是YQ7、YQ2和YQ4,表示3个品种在荚长和单荚粒数方面表现优异;在综合因子得分向量中,得分前4位的品种分别是YQ6、YQ5、YQ2和YQ7,表示4个品种在所测量的9个农艺性状中综合表现最好。

对主成分分析法与传统品比法比较分析发现,二者结果具有较好的一致性。一般的品比分析仅考虑产量,而且仅用各品种与所有品种平均产量进行比较,得出各品种的排名,未考虑各个品种的综合表现,结果存在一定的片面性和不确定性,但是分析较为简单,易于掌握。主成分分析法对多个品种进行整体的评价分析,更加全面、深入、细致地将各品种的所有信息直观地表现出来,克服了传统评价方法中存在的单一性、片面性和主观性等因素;同时也比利用一个或几个原始性状的加权更加科学,能够克服传统分析中的一些弊端<sup>[13]</sup>,为芸豆品种的综合评价提供一种新的途径。综上,主成分分析法可以很好地应用于品种鉴

定与筛选实验,并取得较可靠的分析结果。

#### 参考文献:

- [1] 王子欣,徐振乔,李栋梁,等.矮生芸豆新品种“冀芸二号”的选育[J].华北农学报,1991,6(S1):166-168.
- [2] 党根友,冯佰利,高小丽,等.芸豆种子蛋白组分及其在种子萌发过程中的变化[J].华北农学报,2008,23(5):85-88.
- [3] 马瑞瑞,高小丽,崔雯雯,等.芸豆连作田土壤酶活性和养分含量研究[J].华北农学报,2013,28(5):157-162.
- [4] 侯玉芳,李继昌,侯玉宝.反胶团法提取红芸豆植物血凝素的比较研究[J].食品工业科技,2010(7):259-261.
- [5] 袁志发,周静芋.多元统计分析[M].北京:科学出版社,2002:234-258.
- [6] 曹靖生.玉米杂交种的主成分分析[J].玉米科学,1994,2(1):21-24.
- [7] 郑金凤,米少艳,婧姣姣,等.小麦代换系耐低磷生理性状的主成分分析及综合评价[J].中国农业科学,2013,46(10):1984-1993.
- [8] 杨玲,张彩霞,康国栋,等.‘华红’苹果果肉的流变特性及其主成分分析[J].中国农业科学,2015,48(12):2417-2427.
- [9] 朱宗河,郑文寅,张学昆.甘蓝型油菜耐旱相关性状的主成分分析及综合评价[J].中国农业科学,2011,44(9):1775-1787.
- [10] 宋江峰,李大婧,刘春泉,等.甜糯玉米软罐头主要挥发性物质主成分分析和聚类分析[J].中国农业科学,2010,43(10):2122-2131.
- [11] 李文霞,李柏云,薛红,等.黑龙江省不同生态区大豆品种育种性状的主成分分析[J].大豆科学,2013,32(6):731-734.
- [12] 岳田利,彭帮柱,袁亚宏,等.基于主成分分析法的苹果酒香气质量评价模型的构建[J].农业工程学报,2007,23(6):223-227.
- [13] 陈俊意,蔡一林,王国强,等.玉米基因型磷效率的主成分分析[J].玉米科学,2008,16(1):67-70.

(责任编辑:王昱)