

# 大豆亲本及其杂交后代农艺性状与产量关系分析

马小娟,李贵全,马宏飞,郭数进

(山西农业大学 农学院,山西 太谷 030801)

**摘要:**以晋大52、晋大57及其杂交衍生的55个稳定后代品系为材料,研究了株高、分枝数、生育期等15个农艺性状与产量的遗传关系。通过主成分分析,将15个指标综合成为累计贡献率达85.81%的6个新指标;经多元线性逐步回归分析得出产量与主成分值之间的回归方程;用回归方程预测品种产量,方程估产的误差百分率绝对值除2、10、21、22、30、39、53号品系外,其余品系误差绝对值均低于10%;以主成分值为指标的聚类分析将57个材料聚为高产、中产、低产3类。结果证明主成分回归法可以应用于大豆产量相关性状的研究;总荚数、总粒数、主茎荚数、分枝数、叶绿素含量等指标对产量的影响较大;大豆的产量能力可通过研究不同性状间的差异水平来评估。

**关键词:**大豆;杂交后代;产量;主成分分析;多元回归分析;聚类分析

中图分类号:S565.1

文献标识码:A

文章编号:1000-9841(2012)01-0038-04

## Analysis on Agronomic Traits Associated with Yield of Soybean Parents and Filial Generations

MA Xiao-juan, LI Gui-quan, MA Hong-fei, GUO Shu-jin

(College of Agriculture, Shanxi Agricultural University, Taigu 030801, Shanxi, China)

**Abstract:** Two soybean cultivars, 'Jinda 52', 'Jinda 57', and their filial generations were selected as tested materials to study genetic relationship of 15 agronomic characters including plant height, branch number, growth stage, yield, etc. Fifteen indicators could be integrated into six new indicators with the cumulative contribution rate of 85.81% by principal component analysis. The regression equation between yield and values of the principal components was acquired by multiple linear regression. The absolute values of error of varieties were below 10% except 6 lines by forecast of yield from regression equation. Fifty-seven lines were classified into three yield groups by cluster analysis. Results suggest that principal component regression could be used for study on the biological characters associated with yield. Indicators including total pod number, total seed number, pods of main stem, branch number and chlorophyll content had great influence on seed yield, and soybean yield potential could be predicted via research on distinct levels between different characters.

**Key words:** Soybean; Filial generations; Yield; Principal component analysis; Multiple regression analysis; Clustering analysis

选配优良亲本组合是成功育种的关键因素之一,育种家在选择杂交亲本时常以性状优良、适应当地栽培条件、配合力高、地理上远缘、生态类型差异较大等方面的综合条件为依据<sup>[1-2]</sup>。产量是大豆育种中的主要目标之一,影响大豆产量的数量性状数目繁多,分析方法也不尽相同。以往研究主要通过相关分析、通径分析、灰色关联度分析等方法分析大豆农艺性状与产量的关系<sup>[3-5]</sup>,但鲜有应用主成分回归法及聚类分析研究农艺性状及生理指标与产量关系的报道。为此,该研究以生态类型差异较大、亲缘关系较远的晋大52和晋大57及二者杂交衍生的55个后代为材料,运用主成分回归法对影响大豆产量的因素进行探讨,并通过系统聚类分析讨论品种产量差异形成的原

因。为大豆育种中亲本选配及高产优质新品种的选育提供理论和实践依据。

### 1 材料与方法

#### 1.1 供试材料

试验于2008和2009年在山西农业大学作物遗传育种试验地进行。试验材料为晋大52、晋大57及二者杂交后系谱法选育的稳定的F<sub>3</sub>和F<sub>6</sub>代55个品系。其中母本晋大52由371×(312×海94)杂交选育而成,圆叶、白花、黑脐、抗花叶病毒、无限结荚习性、百粒重21.8g,生育期130~134d,产量潜力高;父本晋大57由冀黄4号×晋大28杂交选育而成,尖叶、紫花、淡脐、抗病毒能力较弱、亚有限结荚习性、百

收稿日期:2011-09-22

基金项目:国家科技支撑计划项目(2006BAD01A04);山西省科技攻关项目(20080311007-1)。

第一作者简介:马小娟(1986-),女,在读硕士,研究方向为大豆遗传育种。E-mail:juan113217@126.com。

通讯作者:李贵全(1954-),男,教授,主要从事大豆遗传育种研究工作。E-mail:li-gui-quan@126.com。

粒重 19 g,生育期 115 ~ 120 d。将 55 个杂交后代材料分别编号为 1 ~ 55,母本编号 56,父本编号 57。

## 1.2 试验方法

采用随机区组设计,3 次重复,4 行区,5 m 行长,行距 0.5 m,株距 0.2 m。分别于 2008 年 4 月 28 日、2009 年 5 月 3 日播种,生育期间调查出苗~开花、开花~成熟及全生育期天数,收获时每个小区随机取样 10 株风干后考种,考种项目:株重、株高、结荚高度、分枝数、主茎节数、主茎荚数、总荚数、总粒数、百粒重和每荚粒数,单株产量为 10 株总产量平均值。

开花期及结荚期取倒三叶部位鲜叶,参考牛俊义等<sup>[6]</sup>的乙醇丙酮混合法测定叶绿素含量。

## 1.3 数据分析

使用 DPS6.05 软件进行主成分分析、多元回归和聚类分析。

# 2 结果与分析

## 2.1 主成分分析

对 15 项指标进行主成分分析,结果见表 1。决定第一主成分( $Z_1$ )大小的主要指标是株重、总荚数、总粒数、分枝数、主茎荚数。 $Z_1$ 相当于 4.73 个原始指标的作用,它可反映原始数据信息量的 31.55%。某一品种的株重、总荚数、总粒数、分枝数、主茎荚数越大时,第一主成分越大。

决定第二主成分( $Z_2$ )大小的主要指标是出苗~开花天数、结荚高度、生育天数、株高,即当第二主成分值较大时,有出苗~开花期、生育天数长,结荚高度、株高等特点。 $Z_2$ 相当于 2.94 个原始指标的作用,它可反映原始数据信息量的 19.57%。

从第三主成分( $Z_3$ )来看,百粒重、开花~成熟天数、生育天数的系数较大,每荚粒数的系数为负值且绝对值较大。 $Z_3$ 相当于 1.82 个原始指标的作用,它可反映原始信息量的 12.16%。当某品种第三主成分值较大时,将会有百粒重大,开花~成熟、生育天数较长,荚粒数较少等特点。

从第四主成分( $Z_4$ )来看,开花期叶绿素含量、主茎节数、百粒重的系数较大。 $Z_4$ 相当于 1.53 个原始指标的作用,它可反映原始信息量的 10.17%。当某品种第四主成分值较大时,将会有开花期叶绿素含量高、主茎节数多、百粒重大等特点。

从第五主成分( $Z_5$ )来看,每荚粒数的系数为负值且绝对值较大。 $Z_5$ 相当于 1.07 个原始指标的作用,它可反映原始信息量的 7.12%。当某品种第五

主成分值较大时,将会有结荚期叶绿素含量大、结荚高度高、每荚粒数少等特点。

从第六主成分( $Z_6$ )来看,开花期叶绿素含量、每荚粒数、分枝数、开花~成熟天数的系数较大。 $Z_6$ 相当于 0.79 个原始指标的作用,它可反映原始信息量的 5.23%。

以上 6 个主成分的累积贡献率为 85.81%,基本代表了 15 个原始指标的绝大部分信息。

## 2.2 单株产量与主成分的多元相关分析

用 6 个主成分值与单株产量进行多元相关分析(表 2),从简单相关系数看,6 个主成分之间的相关系数是 0,说明彼此间相互独立。从偏相关系数看,主成分  $Z_1$  与  $Z_3$  极显著正相关,主成分  $Z_1$  与  $Z_5$ 、 $Z_6$  之间显著负相关。 $Z_1$ 、 $Z_3$ 、 $Z_5$  与产量  $Y$  的复相关系数均达极显著水平, $Z_6$  达显著水平,其中产量  $Y$  的决定系数  $R^2 = 0.9578$ ,说明大豆单产的变异有 95.78% 可由主成分  $Z_1$ 、 $Z_3$ 、 $Z_5$ 、 $Z_6$  来解释。

## 2.3 单株产量与主成分的多元回归分析

用大豆单株产量作依变量,主成分为自变量,进行多元线性逐步回归分析。得四元线性回归方程:

$$Y = 6.2538Z_1 - 1.4991Z_3 + 1.3221Z_5 + 1.0220Z_6 + 46.21$$

该回归方程  $R^2 = 0.9578^{**}$ ,  $F = 295.37$ ,说明方程的线性关系极显著。 $Z_1$ 、 $Z_3$ 、 $Z_5$  的回归系数  $F_1 = 668.45$ ,  $F_3 = 19.88$ ,  $F_5 = 10.68$  均达到极显著水平, $Z_6$  的回归系数 ( $F = 5.05$ ) 达到显著水平。主成分  $Z_2$ 、 $Z_4$  由于没有达到回归方程引入自变量的显著水平,未能引入方程。从该方程可知,公因子  $Z_1$  对产量起到至关重要的作用。 $Z_5$ 、 $Z_6$  主成分中分别包括结荚期叶绿素含量和开花期叶绿素含量,说明大豆叶绿素含量对产量也有影响。

用回归方程预测品种产量,方程估产误差百分率绝对值除 2、10、21、22、30、39、53 号品系外,其余品系误差绝对值均低于 10%,说明上述方程基本能反映不同大豆品种的产量水平,可以为育种提供一定的理论依据。

## 2.4 品种(系)的系统聚类分析

以不同品种的 6 个主成分值为指标,按系统聚类的离差平方和法,可将试验材料分为三大类( $d = 34.63$ )。第一类包括 16 个品系。该类品种产量较高,为高产品种,平均单株产量为 49 g,该类第一主成分值(0.048 ~ 6.958)、第二主成分值(0.065 ~ 3.772)较大,第三主成分值(0.047 ~ 2.079)适中。其中 28、46、47、48、49、50、51、54、55 和 57 号品系为高产品系,与实际产量误差均低于 6.72%。

表 1 前 6 个主成分的特征值及累计贡献  
Table 1 The eigenvectors and percentages of accumulated contribution of the first 6 principal components

	公因子 Common factor						分量来源 Component source
	1	2	3	4	5	6	
特征量 Characteristic quantities	4.7332	2.9356	1.8238	1.5295	1.0683	0.7851	
贡献率 Contribution rate	0.3155	0.1957	0.1216	0.1017	0.0712	0.0523	
累计贡献 The cumulative contribution	0.3155	0.5133	0.6328	0.7346	0.8058	0.8581	
特征向量 Eigenvectors	-0.013	0.1010	-0.019	0.638	-0.060	0.579	开花期叶绿素 Chlorophyll at blooming
	-0.178	0.2390	-0.035	0.147	0.466	0.223	结荚期叶绿素 Chlorophyll at podding
	0.450	0.0410	-0.043	0.006	0.050	0.013	株重 Plant weight
	0.213	0.379	0.201	0.174	-0.208	0.086	株高 Plant height
	-0.079	0.414	-0.053	-0.162	0.443	0.171	结荚高度 Height of pod set
	0.333	-0.132	0.170	-0.177	0.218	0.339	分枝数 Branches
	0.271	-0.172	-0.085	0.399	0.165	-0.304	主茎节数 Nodes main stem
	0.327	0.169	-0.294	0.107	-0.183	-0.205	主茎荚数 Pods of main stem
	0.441	-0.023	-0.079	-0.040	0.207	0.002	总荚数 Pods per plant
	0.428	0.009	-0.218	-0.075	0.049	0.112	总粒数 Seeds per plant
	0.048	-0.001	0.499	0.377	-0.211	-0.123	百粒重 100-seed weight
	-0.040	0.093	-0.464	-0.154	-0.542	0.367	每荚粒数 Seeds per pod
	0.017	0.550	0.044	-0.048	-0.066	-0.241	出苗-开花 Emergence-flowering
	0.149	-0.274	0.411	-0.263	-0.117	0.330	开花-成熟 Flowering-maturity
	0.138	0.391	0.377	-0.264	-0.166	-0.003	生育天数 Maturity

表 2 主成分与产量的相关分析  
Table 2 The correlation coefficients between the principal components and yield

	产量 Yield	主成分 1( $Z_1$ ) PC <sub>1</sub>	主成分 2( $Z_2$ ) PC <sub>2</sub>	主成分 3( $Z_3$ ) PC <sub>3</sub>	主成分 4( $Z_4$ ) PC <sub>4</sub>	主成分 5( $Z_5$ ) PC <sub>5</sub>	主成分 6( $Z_6$ ) PC <sub>6</sub>
产量 Yield	0.9787 **	0.9612 **	-0.0249	-0.1432	-0.0171	0.0965	0.0640
主成分 1 PC <sub>1</sub> ( $Z_1$ )	0.9784 **	0.9784 **	0	0	0	0	0
主成分 2 PC <sub>2</sub> ( $Z_2$ )	-0.1217	0.1191	-0.1217	0	0	0	0
主成分 3 PC <sub>3</sub> ( $Z_3$ )	-0.5758 **	0.5634 **	-0.0701	-0.5758 **	0	0	0
主成分 4 PC <sub>4</sub> ( $Z_4$ )	-0.0841	0.0823	-0.0102	-0.0484	-0.0841	0	0
主成分 5 PC <sub>5</sub> ( $Z_5$ )	0.4293 **	-0.4201 *	0.0523	0.2473	0.0362	0.4293 **	0
主成分 6 PC <sub>6</sub> ( $Z_6$ )	0.3005 *	-0.2939 *	0.0367	0.1730	0.0253	-0.1289	0.3005 *

主对角线右上部分为简单相关系数,主对角线为复相关系数,对角线左下部分为偏相关系数; \*\* 显著水平为 0.01, \* 显著水平为 0.05; PC:主成分

Upper right part of the main diagonal is the simple correlation coefficient,the main diagonal is the multiple correlation coefficient,partial correlation coefficient for the lower left part of the diagonal; \*\* Significant at 0.01 level, \* Significant at 0.05 level;PC:Principal component

第二类包括 24 个品系,该类品系产量居中,为中产品种,平均单株产量为 47 g。其特点是第一主成分值(0.011 ~ 4.074)、第二主成分值(0.003 ~ 2.243)适中、变异幅度较大,第三主成分值(0.083 ~ 2.166)适中。其中 1、4、5、6、7、8、9、12、13、26、27、31、32、33、34、35 和 40 品系为中产品系,与实际产量误差低于 7.85%。

第三类包括 17 个品系。该类品种产量较低,为低产品种。平均单株产量为 43 g。其特点是第一主成分值(0.095 ~ 3.667)适中、变异幅度较大,第二主成分值(0.193 ~ 1.335)较小、变异幅度不大,第三主成分值(0.248 ~ 3.538)较大。其中 14、15、16、17、18、19、20、36、37、38、41、42、43、44 和 45 品系为低产品系,与实际产量误差低于 6.69%。聚类结果反映了产量的差异,这为正确评价大豆品种的适应性及科学地选择品种提供了依据。

### 3 结论与讨论

以多元回归分析建立的主成分标准回归方程知,第一主成分即株重、总荚数、总粒数、主茎荚数、分枝数对大豆产量影响较大,这与前人研究结果类似<sup>[7-9]</sup>。育种选择也受环境和栽培因素影响,这就要求合理密植并严格管理,使植株充分发挥其产量潜力。试验也进一步说明大豆的产量能力可通过研究不同性状间的差异水平去评估,选择生态类型差异较大的、优缺点能互补的材料进行杂交,可获得综合性状好的后代品系。

回归方程中  $Z_5$ 、 $Z_6$  的相关系数较大,说明叶绿素含量对大豆产量也起到一定作用,胡明祥等<sup>[10]</sup>的研究显示:大豆在开花、结荚、鼓粒期叶绿素含量与产量呈正相关( $r=0.41$ 、 $n=15$ ),张恒善等<sup>[11]</sup>也认为大豆在结荚期叶片的叶绿素含量对产量形成起重要作用。由此说明高产品系不仅要同化产物多,运转能力强,而且要有相应的贮藏产量(光合)器官。

以主成分值为指标对 57 个材料进行聚类分析,得到 3 个大类:高产、中产和低产品种,并在其中成功的筛选出高产的和综合性状好的品种。高产品种第一主成分较大、第三主成分适中,低产品种则与其相反,这与文中主成分回归法的研究结论相符,进一步说明主成分结果回归法可以有效分析出各产量性状的相互关系。

### 参考文献

- [1] 张军,赵团结,盖钧镒. 我国黄淮和南方主要大豆育成品种家族产量和品质优异等位变异在系谱中遗传的研究[J]. 作物学报,2009,35(2):191-202. (Zhang J,Zhao T J,Gai J Y. Inheritance of elite alleles of yield and quality traits in the pedigrees of major cultivar families released in Huanghuai valleys and southern China[J]. Acta Agronomica Sinica,2009,35(2):191-202.)
- [2] 熊冬金,赵团结,盖钧镒. 中国大豆育成品种亲本分析[J]. 中国农业科学,2008,41(9):2589-2598. (Xiong D J,Zhao T J,Gai J Y. Parental analysis of soybean cultivars released in China[J]. Scientia Agricultura Sinica,2008,41(9):2589-2598.)
- [3] 吴超,武天龙. 大豆未成熟子叶细胞再生及相关农艺性状影响因子的分析[J]. 大豆科学,2004,23(1):21-25. (Wu C,Wu T L. Somatic embryogenesis from immature cotyledons and analysis of correlative faronomic characters[J]. Soybean Science,2004,23(1):21-25.)
- [4] 郝欣先,蒋惠兰,吴建军. 山东夏大豆品种农艺性状演进和遗传型特征分析[J]. 山东农业科学,2000(2):4-5. (Hao X X,Jiang H L,Wu J J. Analysis on genotype characteristics and improvement of agronomic characters of summer soybean varieties in Shandong province [J]. Shandong Agricultural Sciences,2000(2):4-5.)
- [5] 常鸿杰,杨宛玉,李金梁,等. 夏大豆主要经济性状与产量的相关分析[J]. 大豆通报,2005(1):6-7. (Chang H J,Yang W Y,Li J L,et al. Correlation analysis on main economic characters and output of summer soybean[J]. Soybean Bulletin,2005(1):6-7.)
- [6] 牛俊义,杨祈峰. 作物栽培学研究方法[M]. 兰州:甘肃民族出版社,1998:85-88. (Niu J Y,Yang Q F. Research methods of crop cultivation[M]. Lanzhou: Gansu Ethnic Publishing Press,1998:85-88.)
- [7] 韩秉进,潘相文,金剑,等. 大豆农艺及产量性状的主成分分析[J]. 大豆科学,2008,27(1):67-73. (Han B J,Pan X W,Jin J,et al. Principal component analysis of agronomic and yield-related traits in soybean[J]. Soybean Science,2008,27(1):67-73.)
- [8] 韩秉进,潘相文,金剑,等. 大豆植株性状相关性与产量回归分析[J]. 中国生态农业学报,2008,16(6):1429-1433. (Han B J,Pan X W,Jin J,et al. Correlation and regression analysis of trait and yield of soybean[J]. Chinese Journal of Eco-Agriculture,2008,16(6):1429-1433.)
- [9] 宁海龙,李文滨,李文霞,等. 大豆主要农艺性状的遗传分析[J]. 大豆科学,2004,23(4):285-288. (Ning H L,Li W B,Li W X,et al. Genetic analysis of yield and morphology traits of soybean[J]. Soybean Science,2004,23(4):285-288.)
- [10] 胡明祥,李开明,田佩占,等. 大豆高产株型育种研究[J]. 吉林农业科学,1980(3):114. (Hu M X,Li K M,Tian P Z,et al. Research on high yield plant-type breeding of soybean[J]. Journal of Jilin Agricultural Sciences,1980,(3):114.)
- [11] 张恒善,程砚喜,王大秋,等. 大豆结荚期品种间叶绿素含量差异与产量相关分析[J]. 大豆科学,2001,20(4):275-278. (Zhang H S,Liu J Y,Zhao Z Q,et al. Correlation analysis of variation in chlorophyll content and yield in pod period of soybean[J]. Soybean Science,2001,20(4):275-278.)