

# 大豆主要农艺性状的因子分析\*

赵经荣 陈宛妹 李增禄 李星华

(山东省农业科学院作物研究所)

## 摘 要

应用因子分析方法,对16个大豆品种的12个农艺性状进行了分析。结果表明:这些品种的12个农艺性状,可分成受4个独立因子制约的性状群,并具有可靠的代表性。 $F_1$ ,数量因子:由有效荚数、单株粒数和对大豆花叶病毒的抗性组成; $F_2$ ,营养生长因子:由株高、主茎节数、结荚高度、生育日数和倒伏性组成; $F_3$ ,生产力因子:由无效荚数、百粒重、单株粒重组成; $F_4$ ,分枝数因子:由分枝数单一性状组成。其中,主因子 $F_1$ 的作用最大,其次为主因子 $F_3$ ,于是表明,对这些品种首先应注意植株荚数、粒数和抗病性的改良,进而来提高粒重和产量。在育种过程中,可据因子的分类,以主因子为主体,进行多个性状的集团选择。由于因子间具有独立性,并可据该群体因子的相对重要性,实施有重点的逐步分层改良方案,以提高育种效率。

**关键词** 大豆;因子分析;育种

因子分析是一种多元分析方法,它可以把大量相互关联的农艺性状归结为数量较少的主因子性状群,这样育种者便可以在各世代把握住少数几个主因子进行选择 and 改良,以提高选择的效果和鉴定的准确性。关于因子分析的应用已有一些报道,Cattell(1965)在介绍了因子分析后,指出了因子分析在生物群体研究中的作用<sup>[4]</sup>。Walton(1972)利用因子分析方法在春小麦中研究了产量因子和形态性状间的独立关系<sup>[7]</sup>。范濂等(1987)对提型杂种小麦的农艺性状进行了因子分析<sup>[3]</sup>。对于大豆品种的因子分析尚未见报道。本文的目的是利用因子分析方法,确定大豆产量因子和形态性状间的关系,找出影响大豆农艺性状的主要因子,探讨遗传改良的途径,为育种选择提供参考依据。

\* 本文于1989年12月25日收到。

This paper was received on Dec. 25, 1989.

## 材料与方法

**田间试验** 试验采用中美大豆生态试验的 16 个品种,其中,中国品种 8 个,美国品种 8 个。1988 年在山东省农科院试验农场进行试验。5 行区,行长 5m,行距 0.5m,采用随机区组设计,三次重复,田间管理水平同一般育种田。生长期记载播种期、开花期及成熟期,在结荚期采用 0—3 级的尺度记载抗倒性和对大豆花叶病毒病的抗性。取中间三行计产,并从中取 12 株进行室内考种。

**统计分析方法** 采用 Harman(1976)介绍的因子分析方法进行分析<sup>[5]</sup>。因子分析有 Q 和 R 两种模式,本文采用 R 模式进行分析,步骤如下:

(1) 求出性状间的相关系数矩阵 R。

(2) 据 Jacob 法,由方程  $(R - \lambda I) = 0$  求出特征根及特征向量。所求特征根的大小排列为:  $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$ 。特征向量为:  $X_1 = X_{11}, X_{21}, \dots, X_{n1} (i=1, 2, \dots, n)$

(3) 计算初始因子载荷矩阵。按累积方差贡献率  $(\sum_{i=1}^m \lambda_i \times 100 / \sum_{i=1}^n \lambda_i)$  大于 85% 以上的要求,由 n 个特征根中选取前 m 个 ( $m \leq n$ ),由所选取的这 m 个特征根及特征向量建立初始因子载荷矩阵 A

$$A = (X_{ij} \sqrt{\lambda_j})_{n \times m} = (a_{ij})_{n \times m} \quad \begin{pmatrix} i = 1, 2, \dots, n \\ j = 1, 2, \dots, m \end{pmatrix}$$

(4) 对初始因子载荷矩阵进行方差极大正交变换,使初始因子载荷阵中性状载荷值向两极分化,结构比较简单,易明确各主因子间的关系。

## 结 果

### 一、性状间的相关系数

对 12 个农艺性状计算相关系数,其相关阵 R 列于表 1。从表 1 可以看出,大部分性状间的相关系数达到显著或极显著水平,说明这些性状间存在着错综复杂的关系。

### 二、建立初始因子载荷阵

求出相关阵 R 的特征根及特征向量,按因子提取的原则,从 12 个特征根中选取 4 个,其方差累积贡献率为 88.04%,说明这 12 个性状的绝大部分相关信息可用选取的前 4 个因子来说明。由选取的特征根及特征向量,建立初始因子载荷阵于表 2,并计算共同度 ( $h^2$ ) 和方差贡献 ( $S^2$ )。共同度是全部公因子对变量 X 的总方差作的贡献,  $h^2$  越大说明所选因子代表全部变量的效果愈好。由表 2 看出,性状的共同度皆较大,说明这 4 个因子对 12 个性状有较好的代表性。因子的方差贡献率 ( $S^2$ ) 则是反映同一公因子 F 对诸变量所提供方差之总和,它是衡量公因子相对重要性的指标,  $S^2$  越大,说明 F 越重要。由表 2 可以看出,  $F_1$ 、 $F_2$  的方差贡献最大,分别为 4.418 和 3.33,其累积方差贡献率为 64.59%。

表1 大豆主要农艺性状间的相关系数

Table 1 Correlation coefficient between main agronomic characters in soybean

	结荚高度 Height setting pod	主茎节数 Nodes of main stem	分枝数 Ho. of branches	有效荚数 Effective pods	无效荚数 Ineffective pods	单株粒数 Seeds per plant
株高 Plant height	0.58*	0.908**	0.299	-0.009	-0.134	0.170
结荚高度 Height setting pod		0.658**	0.499*	-0.460	0.174	-0.454
主茎节数 Nodes of main stem			0.280	-0.108	-0.093	0.033
分枝数 Ho. of branches				0.249	0.156	0.189
有效荚数 Effective pods					-0.255	0.859**
无效荚数 Ineffective pods						-0.317
单株粒数 Seeds per plant						
单株粒重 Seeds weight /plant						
百粒重 Weight of 100 seeds						
生育日数 Days from sowing to maturity						
倒伏性 Lodging						
	单株粒重 Seeds weight /plant	百粒重 Weight of 100 seeds	生育日数 Days from sowing to maturity	倒伏性 Lodging	感病性 Susceptibility to SMV	
株高 Plant height	0.202	0.068	0.516*	0.556*	0.083	
结荚高度 Height setting pod	-0.352	-0.363	0.744**	0.227	0.294	
主茎节数 Nodes of main stem	0.075	-0.018	0.635**	0.386	0.224	
分枝数 Ho. of branches	0.276	0.053	0.400	0.470	-0.152	
有效荚数 Effective pods	0.771**	0.372	-0.482	0.313	-0.604*	
无效荚数 Ineffective pods	-0.574*	-0.738**	0.536*	-0.077	-0.379	
单株粒数 Seeds per plant	0.912**	0.561*	-0.473	0.278	-0.450	
单株粒重 Seeds weight /plant		0.802**	-0.491	0.204	-0.236	

百粒重 Weight of 100 seeds			-0.471	-0.649 **	0.220	
生育日数 Days from sowing to maturity				0.234	0.136	
倒伏性 Lodging					-0.058	

$r_{0.05}=0.497$      $r_{0.01}=0.623$

表2 各农艺性状的初始因子载荷

Table 2 Loading matrix of original factor for agronomic characters

性状 Characters	因子载荷 Factor loadings				共同度 $h^2$ Communality
	$F_1$	$F_2$	$F_3$	$F_4$	
株高 Plant height	-0.2583	0.8704	0.1397	0.3561	0.9706
结荚高度 Height setting pod	-0.7413	0.5164	0.0917	-0.1957	0.8629
主茎节数 Nodes of main stem	-0.3717	0.8029	0.2116	-0.3208	0.9305
分枝数 Ho. of branches	-0.0798	0.6442	-0.3456	-0.6660	0.9844
有效荚数 Effective pods	0.8022	0.3029	-0.4147	0.0308	0.9082
无效荚数 Ineffective pods	-0.5502	-0.2080	-0.7180	0.005	0.8615
单株粒数 Seeds per plant	0.8337	0.4088	0.2172	0.1296	0.9261
单株粒重 Seeds weight /plant	0.8526	0.4690	0.0649	-0.0752	0.9568
百粒重 Weight of 100 seeds	0.7098	0.2409	0.5219	-0.2021	0.8751
生育日数 Days from sowing to maturity	-0.8232	0.4161	-0.1538	-0.0181	0.8748
倒伏性 Lodging	0.0126	0.7007	-0.1904	-0.0118	0.5275
感病性 Susceptibility	-0.3276	-0.0109	0.8520	-0.2102	0.8775
方差贡献 ( $S^2$ ) Contribution of factor	4.418	3.33	1.99	0.821	
累积方差贡献率 (%) Accumulative con- tribution of factor	36.80	64.59	81.19	88.04	

### 三、载荷阵的方差最大正交变换与主因子的组成

对表2采用方差最大正交变换,经5轮循环后,因子载荷方差已稳定,得方差最大正交因子载荷阵。变换后的因子载荷值反映了性状与主因子间的关系,其载荷值  $a_{ij}$  是第  $i$

性状与第  $j$  个主因子的相关系数。在同一因子内,具有最大载荷值的性状便是组成该主因子性状,说明这些性状间在遗传上存在着紧密的相互关系,而不同主因子性状间直接关系相对较小。

表 3 大豆 12 性状的主因子组成与载荷值

Table 3 Principal factors and its loading for 12 characters in soybean

因子名称 Suggested factor name	性状 Characters	载荷值 Loading	方差贡献(S <sup>2</sup> ) Contribution of factor
F <sub>1</sub> 数量因子 Quantitative factor	有效荚数 Effective pods	0.9120	3.2788
	单株粒数 Seeds per plant	0.8625	
	感病性 Susceptibility to SMV	-0.8046	
F <sub>2</sub> 营养生长因子 Nutrition and growth factor	株高 Plant height	0.9798	2.6731
	主茎节数 Nodes of main stem	0.7101	
	结荚高度 Height setting pod	0.6324	
	生育日数 Days from sowing to maturity	0.6157	
	倒伏性 Lodging	0.5613	
F <sub>3</sub> 籽粒生产力因子 Grain productivity factor	无效荚数 Ineffective pods	-0.9163	2.9520
	百粒重 Weight of 100 seeds	0.9075	
	单株粒重 Seeds weight /plant	0.6898	
F <sub>4</sub> 分枝因子 Branch factor	分枝数 Ho. of branches	0.9308	1.6515

按  $a_{ij} \geq 0.5$  的原则选取各主因子内的性状列于表 3。由表 3 知,主因子 F<sub>1</sub> 主要由有效荚数、单株粒数和感病性组成,其载荷值分别为 0.912、0.8625、-0.8046。单株粒重在 F<sub>1</sub> 中的载荷值也大于 0.5,但与 F<sub>3</sub> 中的载荷相比要小,于是把这个性状归于 F<sub>3</sub> 中。从专业意义上讲,F<sub>1</sub> 中的性状主要反映了植株的荚粒数,故定名为数量因子。主因子 F<sub>2</sub> 主要由株高、主茎节数、结荚高度、生育日数及倒伏性组成,其载荷值分别为:0.9798、0.7101、0.6324、0.6157 和 0.5613。由于这些性状主要反映了植株营养体生长量的大小及植株的繁茂程度,故定名为营养生长因子。主因子 F<sub>3</sub> 由单株粒重、百粒重和无效荚数组成,其载荷值分别为:0.6898、0.9075、-0.9163。由于这些性状与籽粒产量的构成有直接关系,故称为生产力因子。第 4 个主因子 F<sub>4</sub> 定名为分枝因子,由分枝数单一性状组成,它是植株调控群体结构大小的一个重要指标。

## 讨 论

本研究采用因子分析方法,把大豆的 12 个农艺性状分成为受 4 个主因子控制的性状群。由于植物体由多种性状组成,控制性状的基因具有相互连锁及一因多效性,对一性状的选择会导致对另一性状的影响。根据试验结果,在育种方案中,可据因子的分类以主因子为单位进行选择。可以设想以主因子为单位的集团选择,将优于对单一性状的选择方案,从而使主因子内所包含的性状同时得到改良。

在  $F_1$  中,感病性的载荷值为负值,其它二性状为正值,说明植株的感病毒病性对数量因子有负的作用。从表 1 也可看出,感病性与这二个性状的负相关分别达到显著和近显著的水平。所以病害直接影响了品种的荚粒数,在大豆的结荚性改良方案中,应把荚数、粒数的改良作为一个整体,并首先提高品种的抗病性。 $F_2$  中性状载荷值的符号皆为正值,说明这些性状与  $F_2$  皆有正的相关关系,这是这些性状间皆为正相关的反映。所以在育种实践中,如提高主茎节数要注意降低结荚高度及提高品种的抗倒性,并注意植株的增高。育种上一般希望株高中上,节数较多,结荚高度低,生育日数适宜,抗倒伏。从表 1、3 中看出,一性状水平的提高会伴随其它性状的增高,对此要引以重视,以打破这些性状间的相互制约关系。 $F_3$  中无效荚数对籽粒生产力的作用最大,如降低品种的无效荚数会显著地提高产量。在保证粒重的条件下,要注意提高品种的有效荚数,并应把提高粒重与减少无效荚数同时考虑。在育种上往往忽视对降低无效荚数的选择。当然减少无效荚数也与栽培措施及气候因素有一定关系,因此也应从栽培措施着手。 $F_4$  中,分枝数与其它大部分性状的相关不显著,故单成为一个因子。

因子的方差贡献反映了它的相对重要性程度,由表 3 可见,方差最大变换后各主因子的方差贡献发生了改变,按方差贡献排列主因子的重要性程度分别为:数量因子(3.2788)、生产力因子(2.952)、营养生长因子(2.6731)、分枝因子(1.6515)。在具体的育种方案中,可据群体因子的相对重要性实施有重点的逐步分层改良方案,以提高育种效率。本试验中,首先应注意荚数、粒数和抗病性的改良,进而来提高粒重和产量,以达整个群体的综合改良。因子内各性状间的正负关系,说明相互间有制约关系,那么对一个因子进行选择时,应全面综合考虑因子内的性状。当把性状进行主因子分解归类后,对性状群的选择效果及得益还有待进一步研究和验证。

## 参 考 文 献

- [1] 王学仁,1982,地质数据的多变量统计分析,科学出版社
- [2] 於崇文等,1980,数学地质的方法与应用,冶金工业出版社
- [3] 范濂、徐国平,1987,提型杂种小麦几个农艺性状的因子分析,河南农业大学学报 21(1):1—7
- [4] Cattel, R. B. 1965, Factor analysis: An introduction to essentials. II. The role of factor analysis in research.

Biometrics 21:405—435

- [5] Harman, H. H. 1976, Modern factor analysis. 3rd ed. University of Chicago press, Chicago
- [6] Seiler, G. J. and R. E. Stafford 1985, Factor analysis of components of yield in Guar. Crop Sci. 25:905—908
- [7] Walton, P. D. 1972, Factor analysis of yield in spring wheat, Crop Sci. 12:731—733

## FACTOR ANALYSIS OF MAIN AGRONOMIC CHARACTERS IN SOYBEAN

Zhao Jingrong Chen Wanmei Li Zenglu Li Xinghua

*(Crop Research Institute, Shandong Academy of Agricultural Sciences)*

### Abstract

12 agronomic characters of 16 soybean varieties were analysed with method of factor analysis. The results showed that 12 agronomic characters of the varieties may be divided into 4 independent character groups controlled by 4 independent factors. Four factors adequately accounted for most of the intercorrelation. Effective pods, seeds per plant and susceptibility to SMV constituted the quantitative factor (Factor 1). Factor 2 was considered a nutrient and growth factor consisting of plant height, nodes of main stem, height setting pod, days from sowing to maturity and lodging. Factor 3, a grain productivity factor, consisted of ineffective pods, weight of 100 seeds and weight of seeds per plant. Factor 4, formed by one character, was called branches factor. In these factors, the effect of principal factor  $F_1$  was the largest and that of  $F_3$  was secondary. This showed that breeder first improved pods, seeds and resistance to SMV of the varieties and further, increased weight of seeds and yield. In program of breeding, selection of character group may be conducted using principal factor as a unit according to classification of factor. Since principal factor had independent characteristic, in the light of relative importance of factor, progressive improvement procedure was put into effect so that breeding efficiency was increased.

Key words Soybean; Factor analysis; Breeding