

# 用多元分析法进行山西省大豆 生态型研究

## I. 品种生态类型的划分

许冬梅 程舜华

(山西农业大学)

### 摘 要

本文运用主成分分析和聚类分析相结合的数量分类方法,将1983和1984年分别种植的22和64个山西省各地区代表性品种,按5个生育期生态因子与5个生态农艺性状,分为14个生态类型。不同类品种各具特点,反应出山西省大豆品种资源的丰富多样性及明显的地域性。各类品种对光温反应均敏感,且感温性>感光性;晚熟类型>中熟类型>早熟类型。生态分类的主要因子是出苗——开花日数、全生育期的日数、积温以及百粒重、主茎节数、株高等;表明除生育期对生态型的形成起重要作用外,其他性状作为生态因子亦起一定作用。

### 前 言

有关大豆生态型分类的研究,国内外报道很多〔1,2,3,5,6,10〕,但这些研究大都是仅根据品种生育期的区域适应性而划分的生育期生态类型。虽然曾在不同程度上为国内外大豆的引种、育种、制定栽培措施等起了并继续起着指导作用。但随着生产和科研水平的提高,只靠生育期分类终不能完整地、系统地反映出各地的生态类型和自然条件的复杂性,不能满足某一特定地区大豆生产的需要。生育期只是品种适应的前提,其他性状也在不同程度上反映着生态型特点。因此有必要结合植株性状对各地大豆品种进行更深入的研究。

近年来,多元分析法已成为各种分类与分析的得力工具。聚类分析法可综合众多因子于分类中,使只根据简单因子进行定性分类,提高到多因子的综合定量分析,使之更加精确、合理、完善。但用聚类分析方法研究品种与生态环境的关系及生态分类与区划〔9,11〕,多局限于直接因子的聚类,若应用的距离不适当,很难剔除因子间的相关,而导致聚类结果不合理,甚至失败。

本研究试图把可以消除相关、浓缩信息的主成分分析法(Principle Component Analysis)和聚类分析法(Cluster Analysis)结合起来,将参试的64个代表性品种进行生态类型的划分,从而了解山西省大豆品种类型及其特点,为合理引种、选育亲本提

本文于1986年8月10日收到。This paper was received in Aug. 10, 1986.

供依据;同时为探讨一个简单易行、结果可靠的生态分类方法作一尝试。

## 材料与方 法

### 一、供试材料

本试验于1983—1984年在山西农业大学农场试验地进行。

1983年选取22个山西省地方品种,于4月26日—7月10日分6期播种,每隔15天为一播期。1984年选取山西省各地64个代表性品种(包括1983年的22个)于4月26日播种。随机区组设计,三次重复,4行区,行长5.3米,行距0.5米。

### 二、测定项目

田间记载品种的生育时期,各品种选5株,每7天定株观察株高、出叶数、分枝数等;室内考种各小区选10株,项目有株高、茎粗、结荚高度、主茎节数、分枝数等植株性状;主茎荚数、分枝荚数(一粒荚、二粒荚、三粒荚、秕荚)、株粒数、株粒重、百粒重等产量性状。用凯氏定氮法测定蛋白质含量。用残余法测定脂肪含量。

### 三、统计方法

1. 用公式  $\lambda'_{ij} = \frac{x_{ij} - \bar{x}_i}{\sqrt{SS_i/(N-1)}}$  将数据正规化,并转置相乘,得出离差矩阵

$$[SS_i = \sum \left( \frac{x_{ij} - \bar{x}_i}{N} \right)^2]。$$

2. 用 Jacobi 法计算离差矩阵的特征根 ( $\lambda$ ) 和特征向量 ( $U$ )。

3. 用公式  $y_{ij} = \sum_{k=1}^n U_{ki} x'_{ik}$  求主成分值、 $L_{ij} = \sqrt{\lambda_i} U_{ji}$  求负荷量及  $h_i^2 = \frac{\sum_{j=1}^n L_{ij}^2}{\sum_{j=1}^n L_{ij}^2}$  求总贡献率。

4. 用公式  $D_{ij}^2 = \sum_{k=1}^{n'} (y_{ik} - y_{jk})^2$  计算每两个品种间的距离 ( $n'$  为按主成分分析中信息量达85%所取的主成分值个数)。

5. 用 Sokalatal (1958) 提出的类平均法进行聚类。

## 结 果 与 分 析

### 一、生态分类的依据

#### (一) 选择因子

大豆生育期长短是区分大豆生态类型的重要因素。出苗——开花日数则反映着品种在不同光温组合下的发育速度,故出苗——开花日数及光温指标是重要的生态因子。

方差分析表明：株高、主茎节数、分枝数、百粒重诸性状品种间差异均达到极显著水平，区组间变异则小（表 1）。说明这些性状的差异主要来自品种的特性，受环境影响较小，有一定的生态意义，故选择出苗——开花的日数、花前期积温、日照、全生育期日数、积温、株高、主茎节数、分枝数、百粒重、蛋白质含量 10 个因子作为分类指标。

表 1 性状的方差分析  
Table 1 Variance analysis of soybean characteristics

方差来源 Source of variation	株 高 Plant height	主茎节数 Nodes on main stem	分枝数 Number of branches	百粒重 100-seed weight
品 种 间 varieties	6.71**	5.42**	6.07**	33.70**
区 组 间 Blocks	5.54**	1.64	1.39	1.01
误 差 Error	148.09	2.756	1.253	1.824

(二) 因子作用的分析

主成分分析中，贡献率是表示各因子对分类作用大小的直接指标。

以出苗——开花与全生育期的日数及光温指标 ( $x_1-x_5$ ) 为依据的聚类 (A 分类) 中，总贡献率：出苗——开花日照 > 积温 > 全生育期积温，分别为 110.6, 107.4, 91.8。可见，该分类综合考虑了大豆生育期间日照和温度的作用，且出苗——开花所占比例较大，证明了以光温对大豆生育期的综合作用进行生态分类的可信性。

以生育期及植株性状等 10 个因子 ( $x_1-x_{10}$ ) 的聚类 (B 分类) 中各个因子的贡献率列于表 2，生育期积温最大，其次是花前期积温……，说明生育期间的光温因子起主导作用，其他性状起重要的辅助作用。这既符合一般生育期生态分类的原则，又较全面合理地提取了表征大豆品种生态特性的主要信息。

主成分值是表征品种特性的综合指标，可评价品种的优劣。由表 2 可知，B 分类中第一主成分各因子的系数均较大，且除百粒重与蛋白质含量外均为正值。说明该系数大时，相应各性状值均较高，即成熟较晚、植株较高、分枝较多。其中开花期的光温因子取值尤大，故将第一主分量称为开花早晚因子；同理，第二、第三主分量分别可称为生育期长短因子和籽粒大小因子。可见，同一类型中，第一、二主成分值大的品种即为开花较晚、生育期较长，营养体繁茂的品种（表 3）。

二、分类结果

A 分类将 64 个品种分为 8 个生育期生态型、六个熟期类型，分别为极早 ( $A_1$ 、 $A_3$ )、早 ( $A_2$ )、中早 ( $A_4$ )、中 ( $A_5$ )、晚 ( $A_6$ )、极晚 ( $A_7$ 、 $A_8$ )，（表 3）。同一熟期类型的  $A_1$ 、 $A_3$  类，其出苗——开花日数  $A_1$  短  $A_3$  长；全生育期日数则  $A_1$  长  $A_3$  短。

B 分类将 64 个品种分为 14 类（表 3、表 4）。熟期从极早到极晚、植株从高到矮，籽粒大小各异，且熟期、株高、籽粒大小诸性状的组合类型十分繁杂，反映出长期适应山西省复杂的生态条件而形成的丰富多样的生态类型。

进一步分析表明：供试品种的遗传特性具有较好的聚集性；生态类型的分布具有明显的地域性。类间呈现有规律的南北分布，同类内基本包括相同或相邻地区的品种，而不同类则地理相距较远。

表 2 B 分类特征值、特征向量及贡献率表

Table 2 The value and vector of feature and rate of contribute

因子 Factor	累积百分率 Accumulate %	特征值 Value of feature	$\lambda_1$	$\lambda_2$	$\lambda_3$	$\lambda_4$	$\lambda_5$	贡献率 Rate of contribute
			322.4	122.9	89	62.8	44.9	
			43.30	59.80	71.76	80.19	86.21	
出苗—开花 From emergence to flowering	日数 $x_1$ Days	0.2413	0.4715	0.1982	-0.06364	-0.2670		26.90
	积温 $x_2$ Accumulated temperature	0.4244	-0.4265	-0.5254	-0.1453	0.2457		110.33
	日照 $x_3$ Sunshine time	0.4500	-0.2194	-0.2322	-0.01943	-0.2981		80.07
全生育期 From emergence to maturing	日数 $x_4$ Days	0.3096	0.2378	-0.1428	0.0069	-0.0108		39.68
	积温 $x_5$ Accumulated temperature	0.3311	0.7297	-0.1140	-0.2057	-0.1009		110.90
株高 $x_6$	Plant height	0.3461	-0.0376	0.3144	0.2349	-0.4547		68.12
主茎节数 $x_7$	Nodes on main stem	0.2966	0.2573	0.0767	0.3785	-0.5476		62.94
分枝数 $x_8$	Number of branches	0.2577	-0.0723	0.3719	-0.4172	0.5089		58.90
百粒重 $x_9$	100-seed weight	-0.1972	0.2145	-0.5884	-0.3134	-0.0274		73.55
蛋白含量 $x_{10}$	Protein %	-0.2016	0.2446	-0.0900	0.6793	0.0525		50.46

表 3 山西省64个春夏播品种两种分类结果表

Table 3 Two classified results of 64 spring or summer planting soybeans in Sanxi

A类 B类 A type	$f_1$	$A_2$	$A_3$	$A_4$	$A_5$	$A_6$	$A_7$	$A_8$
B type								
$\Gamma_1$	1、2*							
$\Gamma_2$	3、9*、40							
$\Gamma_3$	5*、12*、13、21							
$\Gamma_4$		4、6、7*、8、11、37、54						
$\Gamma_5$		29、30、34、35、36*						
$\Gamma_6$			23、47*					
$\Gamma_7$		48、56		22、49	28*			
$\Gamma_8$		33		53	19、24、25、31*、32、55			61
$\Gamma_9$				51	20、38	10*、14*、15*、16、17	57、58	
$\Gamma_{10}$				27、39	18、42*、43、45			44
$B_{11}$					26			
$\Gamma_{12}$				41*、64				
$\Gamma_{13}$							50	46*、62、63
$B_{14}$							52	59* 60

\* 由 PCA 法主成分值选出的各类典型品种。附表：山西省64个大豆品种及编号见 I 报。

表 4 各生态类型性状及特性表

Table 4 The characters and traits of different ecological types of soybean

类别 Types	性 状 Characters				全生育期 From emer- gence to maturing		株 高 (厘米) Plant height	主 茎 节 数 Nodes on main stem	分 枝 数 No. of bran- ches	百粒重 (克) 100- seed weight	蛋 白 含 量 (%) Pro- tein	特 点 Trait
	出 苗—开 花 From emergence to flowering		日 数 Days	积 温 日 照 Accumulated temperature Sunshine time	日 数 Days	积 温 Accumulated temperature						
	日 数 Days	积 温 Accumulated temperature										
P <sub>1</sub>	33.00	604.4	276.2	139.0	2806.6	79.36	18.00	2.99	10.08	47.34	极早熟、中秆、小粒、黑豆	
P <sub>2</sub>	40.77	771.3	327.4	143.6	2906.5	78.80	17.97	3.11	16.79	45.35	极早熟、中秆、中小粒、黄豆	
P <sub>3</sub>	37.33	708.2	312.3	142.6	2832.6	66.96	10.95	2.88	19.52	44.44	极早熟、矮秆、大粒	
P <sub>4</sub>	39.86	749.3	318.6	157.9	3100.4	87.77	19.69	3.21	13.87	44.94	早熟、花期长、中秆、中小粒、 多黑豆	
P <sub>5</sub>	44.18	841.0	339.4	159.7	3119.2	95.79	19.96	3.57	17.90	42.67	早熟、中秆、中大粒、杂色豆	
P <sub>6</sub>	39.00	731.0	301.1	123.0	2556.9	92.32	14.35	3.40	10.84	43.58	极早熟、花期短、中高秆、小粒 黑豆	
P <sub>7</sub>	54.29	1063.0	403.1	152.7	3025.7	85.46	17.86	4.04	13.99	42.41	中早熟、花期短、中秆、中小粒	
P <sub>8</sub>	59.82	1188.8	441.3	158.9	3111.0	82.46	18.62	2.47	18.85	43.63	中熟、中秆、分枝少、大粒	
P <sub>9</sub>	69.80	1406.5	510.9	161.7	3138.8	101.57	20.61	4.39	10.78	42.45	晚熟、高秆、分枝多、小粒	
P <sub>10</sub>	65.45	1289.0	484.0	158.5	3098.6	95.63	20.10	5.67	17.03	41.10	中晚熟、分枝多、大中粒	
P <sub>11</sub>	51.00	1017.6	385.0	161.0	3129.6	54.53	19.60	5.23	12.34	41.11	中熟、矮秆、分枝极多、中小粒	
P <sub>12</sub>	59.33	1409.6	453.8	140.0	2853.8	76.06	16.39	4.78	15.58	33.58	中早熟、花期短、矮秆、中粒	
P <sub>13</sub>	73.00	1596.9	568.5	158.3	3101.4	112.60	18.70	4.44	8.01	42.40	极晚熟、高秆、主茎节数少、多 黑豆	
P <sub>14</sub>	84.30	1753.6	620.3	163.0	3157.1	125.67	22.93	4.83	7.03	40.94	极晚熟、高秆、分枝多、小粒杂 色豆	

值得注意的是同类中也存在不同地理来源的品种，如来源于山西省南部地区的临汾大黑豆、洪洞青皮豆与北部品种划归一类，属极早熟和早熟类型。这些品种大都是晋南北缘汾河沿岸河滩地带种植的春大豆，在中温中光条件下，形成了对光温不敏感类型，与江苏省早春播种的泰兴黑豆等品种对光温不敏感的现象类似。反映了耕作制度对生态型形成的作用。

对照A分类与B分类得知，A分类较粗，其一类群可包括B类中若干类，B分类更趋于完善细致。如包括在极早熟的A<sub>1</sub>类品种中的B<sub>1</sub>、B<sub>2</sub>、B<sub>3</sub>分别为中秆小粒黑豆、中秆中小粒黄豆和矮秆大粒品种，分别适于不同的生态条件。显然，将品种只分为生育期生态类型与客观实际不完全符合，特别是以指导具体生产为目的时尤为不力。

### 三、不同类型品种的光温生态分析

根据1983年22个品种分期播种资料的聚类结果，选早、中、晚熟三类分析光温条件

对出苗——开花日数的综合影响。

(一) 不同播期对出苗——开花日数的影响

回归分析表明(图1):同一播期,从早熟到晚熟类型,出苗——开花日数依次增长,无交错现象;随着播期的推移,出苗——开花日数有规律地缩短,缩短速率:晚熟类>中熟类>早熟类。

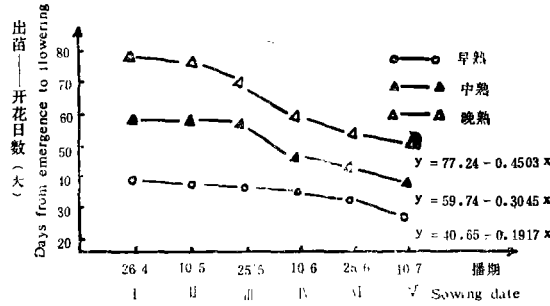


图1 不同播期对出苗——开花日数的影响

Fig. 1 The effect of different planting date on days from emergence to flowering

有抑制作用,而较高温度则有促进作用。从回归系数看,对光、温敏感的程度为晚熟>中熟>早熟类型;且感温性>感光性。

由图1还可看出,随着播期的推移,出苗——开花日数的缩短并不完全是等速率的,1—3播期温度起主导促进作用,在第3播期较高温、长日照的光温组合下,出苗——开花日数缩短速度变慢,此时长日照起主导的抑制作用,且晚、中熟类型尤为明显。这是因为此播期的花芽分化期恰处于夏至前后日照最长的条件之下。Major<sup>[12,13]</sup>也得出来类似的结果。

讨 论

一、生态分类因子的选择

试验表明成熟期相近的品种,对光温条件的反应不尽相同,表现在生育期结构有差异。如寿阳大青豆与大宁半秋白豆生育期均为159天,而花前期日数分别为42和63天,因而分属于早熟和中晚熟两个类型。分期播种时开花促进率分别为76.53和86.71%。显然只按成熟期单一因子划分生态类型,不能反映品种的本质特性,出苗——开花日数也应作为一重要因子予以考虑。即使结合出苗——开花日数划分的生育期生态类型,也远不能取得令人满意的效果。如A<sub>2</sub>类早熟品种,虽然生育期相近,甚至生育期结构也相似,但由于植株等性状差异较大,分别适应于晋北和晋东两个截然不同的气候生态区,因而被分为B<sub>4</sub>、B<sub>5</sub>两个生态类型。可见生育期只是生态型的基础性状,其他生态性状也起着不可忽视的作用。这与王金陵<sup>[7]</sup>关于形成生态类型的生态性状为生育期,籽粒大小,结荚习性与生长习性以及大豆化学品质的看法相似。

表 5 不同类型品种对光温的反应  
Table 5 The response of different varieties to average day length and temperature

播期 Planting date	因子 类型 Factor Types	$t_0$	日均温度 Temperature $t_1$	平均日长 Day-length $t_2$	复相关 Multiple correlation coefficient R	日均温度 Temperature $\gamma_{1 \cdot 2}$	平均日长 Day-length $\gamma_{2 \cdot 1}$	n
全播期 1—6 Planting date	早熟 Early maturity	-110.901	-1.9071**	12.7829**	0.9876	-0.9591**	0.9507**	42
	中熟 Middle maturity	-180.312	-5.0985**	23.6543**	0.9451	-0.8032**	0.8511**	36
	晚熟 Late maturity	-350.736	-8.5907**	41.9197**	0.9768	-0.9023**	0.9665**	24
1—3 播期 1—3 Planting date	早熟 Early maturity	196.695	—	-10.9063	0.4754	-0.00082	-0.09971	21
	中熟 Middle maturity	304.916	-3.3650*	-12.0654	0.5228	-0.5166*	-0.2033	18
	晚熟 Late maturity	2290.669	-6.2380*	-143.152*	0.8213	-0.6814*	-0.7940*	12
4—6 播期 4—6 Planting date	早熟 Early maturity	-225.893	-0.2049	18.0816**	0.8899	-0.0267	0.6959**	21
	中熟 Middle maturity	-118.135	-0.6889	12.3000**	0.6116	-0.0506	5.4621**	18
	晚熟 Late maturity	-92.279	-6.2631	19.9920*	0.3418	-0.0227	0.4326*	12

二、生态分类在引种中的意义

生育期及诸性状的组合尽管多种多样，但通过本分类可初步得出：一般地生育期短的品种植株矮小、分枝不发达、籽粒较小、对光温反应较迟钝，引种范围较广，生育期长的品种则植株高大、分枝发达、茎叶繁茂，虽然产量较高，但对光温反应敏感，引种范围较窄。

三、生态型分类的多元分析法

传统的分类方法是按少数因子的分级标准将品种逐层分类，欲用较多的因子去分类显然是难以实现的。运用数量分类方法可将多个因子所提供的信息汇综于少数互不相关的综合因子中，并可具体分析各因子对分类的作用。

生物学所研究的因子间多存在着相关性。前人运用聚类分析法，往往由于因子间相关的干扰，使分类结果失真，运用 PCA 与聚类分析相结合的方法，既综合因子，又消除相关，使分类较为合理。本分类结果类群间差异大，各类品种生态特点呈现出明显的规律性分布，说明该法能较好地分辨出不同的生态类型。

主要参考文献

[1] 王金陵等，1943，中国大豆栽培区划分之初步研讨，农报，8(25—30)：282—285。  
[2] 王金陵等，1956，中国南北大豆光照生态类型的分析，农业学报，7(2)：169—180。  
[3] 马育华等，1962，江淮下游地区大豆地方品种的初步研究，作物学报，1(4)：351—365。  
[4] 王彬如等，1979，黑龙江省大豆品种类型分布与品种区划，中国油料，(2)：10—14。

- [5] 王国勋, 1981, 中国栽培大豆品种的生态分类研究, 中国农业科学, (3): 39—46。
- [6] 李 莹, 1981, 山西省大豆品种生态型分析, I. 大豆生育期的地理分布, 山西农业科学, (2): 16—19。
- [7] 王金陵, 1981, 大豆品种资源的研究利用, 中国油料, (1): 1—9。
- [8] 阳含熙等, 1981, 植物生态学的数量分类方法, 科学出版社。
- [9] 高振福等, 1983, 中国春大豆品种气候生态型的数量分类研究, 辽宁农业科学, (1): 24—28。
- [10] 永田忠男, 1949, 大豆の夏秋大豆性に関する研究, 1. 夏秋大豆性に依る大豆品种の分类, 日本作物学会记事, 18(2—4): 131—134。
- [11] Abou-El-Fillouh, H. A. and J. D. Rawlings et. al., 1969, Classification to environments to control genotype by environment interactions with an application to cotton. Crop Sci., 9: 135—140。
- [12] Major, D. J. and D. R. Johnson et. al., 1975a, Evaluation of eleven thermal unit methods for predicting soybean development. Crop Sci., 15: 172—174。
- [13] Major, D. J. and D. R. Johnson et. al., 1975b, Effects of daylength and temperature on soybean development. Crop Sci., 15: 174—179。

## STUDIES ON THE ECOLOGICAL-TYPES OF SOYBEAN VARIETIES WITH MULTIVARATE ANALYSIS IN SHANXI PROVINCE

### I. Classification of the Ecological-types of Soybean Varieties

Xu Dongmei                  Cheng Shunhua  
(Shanxi Agricultural University)

#### Abstract

64 varieties of soybean (*Glycine Max* (L.) Merr.) selected from different geographical regions of Shanxi province were grown in random block design with 3 replications in 1984. 22 varieties were planted on six different date from April to July in 1983. Five ecological characters and five characters of crop plant were studied. Multivariate analysis by principle component analysis (PCA) and cluster analysis were used in ecological classification.

64 varieties are grouped in to 14 clusters in terms of 10 characters and 8 clusters in terms of 5 ecological factors by  $D^2$  statistics. There is only difference in size of types between the stated two clusters with no crisscross relations. It means that although the date of maturity is an essential factor to differentiat the ecological types, yet the other characters are important as well.

The varieties of different ecological type are sensetive to temperature and daylenth, especially to temperature. The later maturing varieties are more sensetive to temperture and day length than early maturing varieties.

Contributions of the factors involved in the classification are discussed briefly. The results shows that date of flowering and maturing and their accumulated temperature, 100-seed weight, node on main stem and plant height contributed greatly to ecological types.