

## 陕西银杏主要栽培品种的数量分类研究

刘毅, 唐德瑞, 何佳林\*, 史小华

(西北农林科技大学 林学院, 陕西 杨陵 712100)

**摘要:**以 36 个陕西银杏主要栽培品种作为分类运算单位, 选用 20 个形态性状进行聚类分析和主成分分析。结果表明, 数量分类能基本反映银杏品种间的遗传差异, 与传统分类法基本吻合。Q 型聚类可按照植株形态特征将 36 个品种分为 5 类, 其中第 1 类(马铃 3 号、泰山 3 号)可作优良的叶用银杏栽培品种, 第 4 类(陕引 15 号)和第 3 类(陕引 10 号、C94-68、陕引 2 号)适合做观赏绿化用; 主成分分析可将原 20 个性状综合成 7 个主成分, 其累积贡献率可以达到 85% 以上, 其中叶大小(包括叶长、叶宽、叶面积)、叶形态(包括叶形指数、叶色、叶重、叶厚)为第一、二主成分, 将叶形态和叶大小作为银杏品种分类的主要分类标准是可行的。

**关键词:**银杏; 聚类分析; 主成分分析; 数量分类

**中图分类号:**S718.512.3

**文献标识码:**A

**文章编号:**1001-7461(2006)06-0100-05

Studies on Numeric Taxonomy of Main Cultivars of *Ginkgo biloba* in Shaanxi Province

LIU Yi, TANG De-rui, HE Jia-lin, SHI Xiao-hua

(College of Forestry Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

**英文摘要:** This paper presented cluster analysis and PCA of 20 characters in 36 main cultivars of *Ginkgo biloba* in Shaanxi Province. The principal component analysis showed that the numeric taxonomy basically revealed the heritable differences among the varieties, which was the same as traditional analysis and tallies with actual situation. Q cluster analysis revealed that 36 main cultivars were classified into 5 groups based on the characteristics of plant. The 1<sup>st</sup> group (Maling-3, Taishan-3) can be planted as eminent leaf-used *Ginkgo biloba* variety. The 4<sup>th</sup> (Shanyin-15) and 3<sup>rd</sup> (Shanyin-10, C94-68, Shanyin-2) can be planted as eminent ornamental-ones. 20 characters were integrated into 7 principal components and their accumulative contribution rates came up to 85%. The size of leaves (including leaf-length, width and area) and the characteristics of leaves (including index of leaf-length, color, weight and thickness) were the first and second principal components. The size and the characteristics of leaves can be used as main criteria for classification.

**Key words:** *Ginkgo biloba*; cluster analysis; principal component analysis; numeric taxonomy

银杏(*Ginkgo biloba*)属于国家二级保护植物, 融药用、保健、食用、绿化观赏、材用为一体<sup>[1]</sup>。近年来, 银杏种群分类研究逐步深入, 但大多根据种子的大小、形态、种仁特征等以传统分类法进行分类<sup>[1~4]</sup>, 此分类体系难以考虑雄株特点, 存在一定局限性, 易受人为因素影响, 难以真正反映各品种间差异<sup>[4]</sup>, 从而影响了银杏资源的调查、应用和育种研

究。

数量分类法是将数学方法和计算机技术引入到植物分类学研究中, 比较客观。近几年来已广泛应用于多种植物<sup>[5~8]</sup>的品种分类中, 并取得了比较理想的效果。主成分分析利用降维思想, 采用 Jacobi 法进行相似变换, 将原来一些关系复杂的因子重新组合为一组彼此无关、信息互不重叠的较少的综合因

收稿日期: 2006-04-10 修回日期: 2006-05-23

基金项目: 西北农林科技大学育种专项“银杏种质资源研究”(05YZ038-2)

作者简介: 刘毅(1982-), 男, 陕西渭南人, 在读硕士, 主要从事森林培育学研究。

\* 通讯作者: 何佳林(1968-), 男, 副研究员, 博士, 主要从事经济林研究。

子,从而使问题简化、重点突出的一种多元统计方法<sup>[9]</sup>。同时,根据一定原则和实际需要,从中抽取较少的几个综合指标,反映原有指标所携带的较高比例的信息量。陕西主要栽培银杏大多是品种之间的杂交后代,至今无人对其进行系统的分类研究。通过对陕西银杏主要栽培品种的主成分和聚类研究,寻找一种客观、量化的品种分类体系和分类性状指标,可为银杏的品种选育和栽植推广提供依据。

1 材料与方 法

1.1 材 料

陕西银杏品种资源圃及长安银杏品种园包括来自山东、江苏、陕西、浙江、日本、美国等地的 36 个雌雄栽培品种或优良单株(表 1),均为 9~10 a 生的嫁接树,砧木为 3 a 生实生苗,树势健壮管理及立地条

件一致。

1.2 方 法

试验于 2005 年 9 月 2~6 日在位于陕西宝鸡县银杏种质资源圃和位于西安市长安区的银杏品种园内完成。随机区组设计,3 次重复,每小区选 10 株标准树,调查树高、基径,东南方中部随机 1 a 生新枝的长、粗以及新生叶数、干形、冠幅、叶色及光泽度;同时在选定的雌雄标准树上,各摘取 30 片长势和大小相近的健康标准叶<sup>[10]</sup>,用游标卡尺分别测定叶柄长、叶长、叶宽、裂宽;用量角器测定叶基角(从原点向叶下缘最凸出的点画两条射线,射线间的夹角为叶基角);用光电叶面积仪测定单叶面积,BS210S 电子自动天平测定单叶鲜重,用 Olympus 显微镜测叶厚。整理所得原始数据,用 DPS 数据处理系统进行分析<sup>[11]</sup>。

表 1  36 个银杏品种  
Table 1  Names of 36 *Ginkgo biloba* cultivars

序号	品种	来源	序号	品种	来源	序号	品种	来源
1	C94-08	陕西	13	金坠 2 号	广西	25	陕引 9 号	日本
2	C94-21	陕西	14	C95-19	河北	26	陕引 10 号	日本
3	C94-56	陕西	15	C95-07	陕西	27	陕引 11 号	日本
4	陕引 15 号	江苏	16	陕引 14 号	美国	28	陕引 12 号	江苏
5	C94-68	陕西	17	C95-13	陕西	29	陕引 13 号	浙江
6	C94-09	陕西	18	陕引 7 号	江苏	30	陕引 16 号	广西
7	梅核中熟	江苏	19	洞庭皇	浙江	31	陕引 17 号	江苏
8	马铃 3 号	安徽	20	陕引 2 号	山东	32	陕引 19 号	山东
9	C94-63	陕西	21	陕引 3 号	山东	33	泰山 3 号	山东
10	C95-04	陕西	22	陕引 4 号	山东	34	陕引 23 号	浙江
11	C95-08	陕西	23	陕引 5 号	山东	35	陕引 25 号	浙江
12	C95-09	陕西	24	陕引 6 号	山东	36	陕引 26 号	浙江

1.3 分类性状的选取和编码

选取 20 个经方差分析差异显著且有代表性的性状做数据分析。数量性状以所测的值进行赋值,二元性状取“0”(否定)和“1”(肯定),有序多态性状按顺序进行编码。

主要性状有:①二元或多元性状。叶片上表面是否有光泽:0(否),1(是);冠幅是否发达:0(否),1(是);干形是否通直圆满:1(是),0(否);叶色:2(深绿或绿),1(黄绿相间或斑叶),0(黄);叶形<sup>[12]</sup>:3(扇形),2(蒲扇形),1(心形或肾形),0(畸形或楔形)。②数量性状。包括叶长、叶宽、叶长/宽(叶形指数)、鲜叶重、叶基角、叶面积、叶裂深、叶厚、叶柄长、株高、1

a 生新梢长势(长、粗、叶数)。

2 结果与分析

2.1 聚类分析

将原始数据标准化后,用 Q 型聚类方法对选取的 36 个主要银杏栽培品种进行聚类。所用方法有最短距离法、类平均法、重心法和离差平方和法,发现最短距离法、重心法、类平均法(UPGMA)结果相似,故以类平均法为例,绘出分类树系图(图 1)。

当欧氏距离  $\lambda=0.746$  时,根据植株主要外形特征把 36 个银杏品种分为性状差异明显的 5 个大类(表 2)。

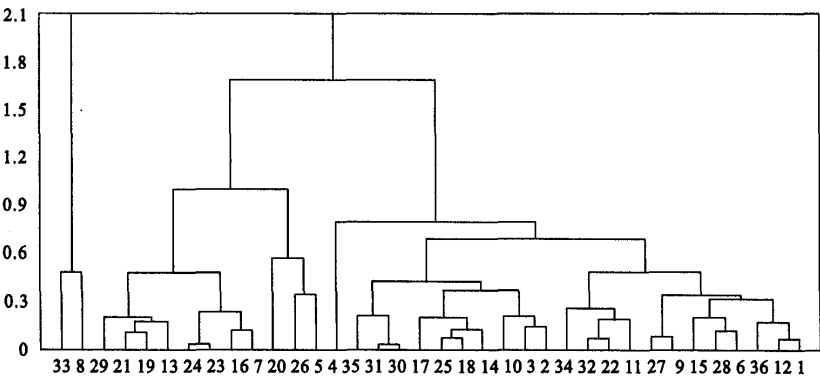


图 1 Q 型聚类分析树系图

Fig.1 The dendrogram of Q cluster analysis

表 2 5 类品种的性状平均值<sup>①</sup>

Table 2 Mean values of the characters of the 5 groups

性状	I (2)	Ⅱ (8)	Ⅲ (3)	Ⅳ (1)	V (22)	平均值
叶长/cm	6.1	3.8	5.7	4.4	4.5	4.9
叶宽/cm	9.7	7.3	8.9	8.3	7.0	8.2
叶形指数	0.6	0.5	0.6	0.5	0.6	0.6
叶裂宽/cm	0.4	1.4	0.3	0.7	0.2	0.6
叶柄长/cm	6.3	4.7	7.7	6.3	4.6	5.9
角度/°	132.8	99.7	129.9	196.6	150.5	141.9
叶重/g	1.0	0.6	1.0	1.4	0.6	0.9
叶厚/mm	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
叶面积/cm <sup>2</sup>	35.5	22.2	31.0	29.8	26.5	29.0
基径/cm	10.2	2.5	3.4	4.5	4.8	5.1
高/cm	263	58.3	190	198.8	214.7	185.0
小枝叶数	6.0	6.0	7.3	5.5	6.0	6.2
新梢长/cm	27.7	23	23.7	27.9	25.6	25.6
新梢叶数	17.0	15.0	16.3	18	18.0	16.9
新梢粗/cm	0.6	0.5	0.5	0.6	0.6	0.6
干形	1.0	0	0.7	0.5	0.3	0.5
叶色	2.0	1.0	0.6	1.0	1.0	1.1
冠幅发达程度	1.0	1.0	0.7	0.5	0.7	0.8
叶光泽	1.0	0.0	0.5	1.0	0.4	0.6
叶形	3.0	0.3	2.3	2.5	2.6	2.2

①括号内数字为品种数。

从图 1、表 2 可知, No. 33、No. 8 聚成一类, 特点是单叶面积最大, 叶鲜重大, 叶柄长, 叶厚, 叶色深绿且有光泽, 植株较高, 植株干形饱满直立, 1 a 生新梢长势最好, 冠幅发达, 因此, 该组是优良的叶用品种, 也是很好的观赏品种, 可作行道绿化树种发展, 同时由于植株干形饱满直立<sup>[2]</sup>, 也可做材用; 第 2 组包括 No. 29、No. 21、No. 19、No. 13、No. 24、No. 23、

No. 16、No. 7, 叶小, 叶形多为畸形或楔形, 基径和植株高度为供试品种中最小, 如无特殊目的, 一般不适合发展; No. 20、No. 5、No. 26 为第 3 类, 特点是叶扇形或蒲扇形, 叶柄长, 叶面积较大, 干形直立, 冠幅也较发达, 该组叶多发黄或黄绿相间且略带光泽, 是常见观赏用银杏变种斑叶银杏 (*Ginkgo biloba* var. *variegata*) 的优良品种之一; No. 4 单独聚成一类,

该银杏叶子绿且光泽明显,叶长约为叶宽的一半,叶基角大,叶形多为心形或肾形,单叶鲜重最大,叶片上带有种实,且 1 a 生新梢长势较好,很适合观赏,应作为优良的观赏类绿化树种推广;剩余供试品种为第 5 组,为最常见的品种类型,包含品种数最多,性状多介于前 4 组品种之间。

当  $\lambda=5.931$  时,把第 5 组又分为 2 类,此 2 组分类结果基本相似,主要区别在于冠幅发达程度和

植株高度,加之采用的样本是小样本,没有必要分得太细,所以采用  $\lambda=0.746$  分成 5 大类。

2.2 主成分分析

对 36 个品种的 20 个性状进行主成分分析后,求得各个主成分特征值(各特征值相应的特征向量就是性状指标的权重系数)、贡献率和累积贡献率,取累积贡献率大于 85% 的前 7 个主成分进行分析(表 3)。

表 3 重要主成分的特征值极贡献率

Table 3 Characteristic values and their contributions of important principal componenes

特征向量	特征值						
	6.596	4.394	3.490	2.371	1.459	1.195	1.108
	累计贡献率/%						
	27.890	46.327	57.556	68.532	77.327	83.761	88.795
叶长/cm	0.404	0.136	−0.126	−0.084	−0.207	0.031	−0.030
叶宽/cm	0.438	0.028	0.087	0.048	0.059	0.035	−0.064
叶形指数	0.003	0.488	−0.234	−0.203	−0.405	0.002	0.035
叶裂宽/cm	0.146	−0.372	0.053	0.159	−0.198	0.354	0.487
叶柄长/cm	0.273	−0.028	0.049	−0.142	−0.117	−0.483	0.132
角度/°	−0.067	−0.091	0.145	0.443	0.172	−0.253	−0.110
叶重/g	0.409	0.073	0.039	−0.136	0.177	−0.096	0.078
叶厚/cm	0.027	−0.162	0.045	0.403	−0.184	−0.156	−0.162
叶面积/cm²	0.416	0.052	0.051	−0.066	0.001	0.063	−0.173
基径/cm	0.071	0.317	0.443	0.047	−0.071	−0.035	−0.081
高/cm	−0.075	0.362	0.371	0.154	−0.114	−0.282	0.124
小枝叶数	0.181	−0.133	−0.234	−0.125	0.303	0.098	−0.361
1 a 生新梢长/cm	0.045	0.269	−0.216	0.221	0.288	0.068	−0.027
1 a 生新梢叶数	0.022	0.313	−0.244	0.217	0.394	−0.001	−0.057
1 a 生新梢粗/cm	−0.066	0.034	0.192	−0.091	0.491	0.073	0.421
干形	0.036	−0.137	0.117	−0.288	0.304	−0.116	0.697
叶色	−0.192	0.186	0.175	−0.241	−0.018	0.497	−0.043
冠幅发达程度	0.037	−0.145	0.375	−0.113	0.048	0.174	−0.474
叶光泽	−0.056	0.391	−0.190	0.042	0.041	0.214	0.009
叶形	−0.064	0.352	0.037	−0.385	−0.001	−0.237	0.103

表 3 表明,第一主成分中,叶长、叶宽、叶重和叶面积的权重正值较大,是对第 1 主成分影响最大的特征向量,说明第 1 主成分是由几个性状组成的一个综合指标,可以综合为叶大小因子;第 2 主成分中,叶形指数正值最大,叶子是否有光泽的因子正荷量、叶裂宽特征负荷值较大,说明叶形态是第 2 主成分的决定因子;第 3 主成分中,冠幅、树高、基径占较大比重,可将其综合为植株外形因子;第 4 主成分中,叶基角度和叶厚影响较大;第 5 主成分中,1 a 生新梢长、粗、叶数,小枝叶数的权重正值较大,可以概

括为新梢长势和小枝叶数因子;第 6 主成分中,叶色权重正值最大,叶柄长的负值最大,可以命名为叶色因子;第 7 主成分中,干形所占比重最大,可以命名为干形因子。

在今后的品种分类和良种选育中,可以重点从这 7 个方面进行考察,计算每个品种的主成分得分,综合评估。比如,选育叶用银杏,可以选择那些叶大小和 1 a 生新梢长势因子得分较高的品种;选用观赏绿化银杏,可以综合叶形、叶色及光泽度、冠幅、干形因子来考虑。

### 3 结论与讨论

Q 型聚类根据叶长、叶宽、叶面积、叶形指数、叶色、叶重、叶厚、株高、基径、冠幅、新梢长势等植株外部形态特征将 36 个品种分为差异明显的 5 大类,其中第一类(马铃 3 号、泰山 3 号)可做为叶用品种的优良种质资源,观赏品种可从第 3 类(陕引 10 号、C94-68、陕引 2 号)和第 4 类(陕引 15)供试品种中筛选。主成分分析将原 20 个性状综合成 7 个主成分,累积贡献率可达到 85% 以上,其中叶大小(包括叶长、叶宽、叶面积)、叶形态(包括叶形指数、叶色、叶重、叶厚)为第 1、2 主成分。

根据单叶鲜重把 No. 4(陕引 15)单独分为一类,该品种是知名观赏银杏品种叶籽银杏,特点是在同一短枝上有部分雌花坐落于叶片上,其后发育成带叶种实,故名叶籽银杏,由于叶片带有种子,故单叶较重;当  $\lambda=0.523$  时, No. 26(陕引 10 号)和 No. 5(C94-68)聚成一类,特点是心形叶自然卷曲成喇叭或圆筒状,为珍贵观赏叶用银杏变种筒叶银杏<sup>[13]</sup>(*Tubifolia*)的主要品种,这几个品种在直接观测中,也是很特殊的。这与曾勉<sup>[1]</sup>、胡先萧<sup>[2]</sup>、何风仁<sup>[3]</sup>等人以传统分类法对银杏品种进行分类的研究结论基本一致,说明利用数量分类方法对银杏品种进行聚类是直观实用的。

银杏叶是叶用银杏业的产品,是果用银杏业的重要生产基础,是观赏绿化品种重要的鉴赏指标,也是选育银杏栽培品种的重要器官<sup>[14]</sup>。银杏叶形是古银杏分类的重要依据,是现代植物系统分类的依据<sup>[15]</sup>。Q 型聚类时,选用叶子形态和大小作为划分银杏品种的一个重要性状是可行的,另外,在主成分分析中,叶的大小和形态也组成了第 1、2 主成分,因此,叶的大小和形态是划分银杏品种的重要依据,可以作为主要的分类标准,这与盛宝龙<sup>[10]</sup>等人的研究较相近。但因银杏叶的大小和形态易受环境和植株生长发育的影响,加之采摘叶子时带有主观性和数量分类法的不确定性,单纯用数量分类进行银杏品种的分类是不妥当的<sup>[8]</sup>,例如马铃三号被以叶子外

部特征为主要依据的数量分类划分为优良的叶用品种,而以种子特征作为主要依据的传统分类法却将其列为大力发展的核用品种之一,事实上,该品种叶形大,单叶较重,叶色浓绿,新枝长势好,单株产叶量大,因而江德安<sup>[16]</sup>等人也将其作为优良的叶用品种研究推广。

但数量分类法能同时考虑到众多来源不同的性状指标,可以综合各方面的性状,能够得到一个总体的分类体系,所以,不失为进行品种分类的一种有效方法<sup>[8]</sup>。

#### 参考文献:

- [1] 曾勉. 浙江诸暨之银杏[J]. 园艺, 1935, 1(5): 157-165.
- [2] 胡先萧. 中国的水杉、银杏、赤松[J]. 生物学通报, 1954(12): 12-15.
- [3] 何风仁. 银杏栽培[M]. 南京: 江苏科技出版社, 1989.
- [4] 苏金乐, 冯建灿. 银杏品种类群的模糊聚类划分[J]. 生物数学学报, 1999, 14(2): 202-206.
- [5] 逮晓萍, 吕学理, 张众, 等. 油用红花数量性状的多元遗传分析[J]. 中国油料作物学报, 2004, 26(2): 39-42.
- [6] 杭悦宇, 黄春洪, 穆森, 等. 盾叶薯蓣叶片形态多样性研究[J]. 云南植物研究, 2004, 26(4): 398-404.
- [7] 刘建秀, 朱雪花, 郭爱桂, 等. 中国假俭草种质资源主要性状变异及其形态类型[J]. 草地学报, 2004, 12(3): 183-188.
- [8] 刘龙昌, 向其柏. 桂花品种数量分类研究[J]. 福建林学院学报, 2004, 24(3): 233-236.
- [9] 余家林. 农业多元试验统计[M]. 北京: 北京农业大学出版社, 1993.
- [10] 盛宝龙, 赵洪亮, 马连宝, 等. 银杏叶片形态研究[J]. 植物资源遗传学报, 2004, 5(1): 65-68.
- [11] 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.
- [12] 杨天秀, 成明昊. 银杏叶生物学特性研究[J]. 西南农业大学学报(自然科学版), 2003, 25(4): 313-315.
- [13] Lee C L. Sex chromo somes in *Ginkgo biloba*[J]. Amer. J. Bot., 1954, 542-545.
- [14] 何心一, 徐桂荣. 古生物学教程[M]. 北京: 地图出版社, 1989. 397-399.
- [15] 中国植志编辑委员会. 中国植物志(第 7 卷)[M]. 北京: 科学出版社, 1978. 18-22.
- [16] 江德安, 李国元, 李顺文, 等. 叶用银杏品种、形态指标与产量相关性选择[J]. 福建林学院学报, 2004, 24(2): 169-171.