

美国山核桃主要经济性状的主成分分析及良种选择

杨建华¹, 李淑芳¹, 范志远², 习学良², 邹伟烈¹, 刘 娇², 潘 莉²

(1. 云南省林业科学院 漾濞核桃研究站, 云南 漾濞 672500; 2. 云南省林业科学院, 云南 昆明 650204)

摘要: 应用主成分分析法, 由样本相关矩阵出发, 对 12 个美国山核桃 *Carya illinoensis* 样本的 8 个主要经济性状 [坚果果形系数、平均坚果质量、坚果壳厚、坚果出仁率、核仁质量、核仁脂肪、蛋白质、单位面积(m²)树冠投影面积产果量] 进行分析, 以性状的累积方差贡献率达到 83.99% 为标准, 确定了 3 个反映美国山核桃主要经济性状的主成分及其主成分的函数式, 并通过计算样本的重要主成分值, 对供试样本进行比较, 进而选择综合经济性状优良的样本, 其结果与品种的实际表现相符。表明用主成分分析法可以对美国山核桃主要经济性状进行综合评选。图 1 表 4 参 6

关键词: 经济林学; 美国山核桃; 经济性状; 主成分分析; 良种选择

中图分类号: S664.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 2095-0756(2011)06-0907-04

Principal component analysis for major economic characteristics of *Carya illinoensis* and selection of superior cultivars

YANG Jian-hua¹, LI Shu-fang¹, FAN Zhi-yuan², XI Xue-liang², ZOU Wei-lie¹, LIU Jiao², PAN Li²

(1. Yangbi Hickory Research Institute, Yunnan Academy of Forestry, Yangbi 672500, Yunnan, China; 2. Yunnan Academy of Forestry, Kunming 650204, Yunnan, China)

Abstract: Based on a specimen correlation matrix, eight major economic characteristics, including fruit shape coefficient, average nut weight, shell thickness of the nut, kernel ratio, kernel weight, kernel fat content, protein content, and fruit yield per square meter of projected tree crown area, for 12 cultivars of *Carya illinoensis* were determined using a principal component analysis. Results according to more than 83.99% of the cumulative variance, showed that the three principal components and their functional equations were: kernel ratio, average nut weight, kernel fat content. Key principal component values of various cultivars were: kernel ratio(43.329%). Superior cultivars were determined as average nut weight with the results being similar to a practical phenotype. [Ch, 1 fig. 4 tab. 6 ref.]

Key words: cash forestry; *Carya illinoensis*; economic characteristics; principal component analysis; selection of superior cultivars

美国山核桃 *Carya illinoensis* 是著名的经济树种之一, 资源极为丰富^[1-2]。该树种生长季枝叶繁茂, 根系发达, 具有良好的水土保持功能, 且树体持续结实期长达 80~120 a, 坚果壳薄且光滑美观, 种仁易取, 食味香润爽口, 除直接食用外可榨取高级食用油和制作糕点、冰激凌等^[3], 因此, 它是高效生态经济型干果树种。云南省于 1974 年开始引种美国山核桃^[4], 到目前已栽培成活 41 个品种, 并已全部产果。多年来, 国内学者引进美国山核桃作为种质资源研究, 目前在品种评介上, 主要有习学良等^[1]采用人为加权打分的方法进行品种性状指标的比较, 存在一定的局限性, 不利于良种优选。通过主成分分析可将

收稿日期: 2010-12-24; 修回日期: 2011-06-17

基金项目: 云南省财政厅资助项目(2130106 技术推广)

作者简介: 杨建华, 研究实习员, 从事经济林丰产栽培及病虫害防治研究。E-mail: yangjianhua823@yahoo.com.cn。

通信作者: 李淑芳, 研究实习员, 从事经济林木培育及栽培技术研究。E-mail: lishufang305@yahoo.com.cn

多个性状指标经正交变换转化为较少个数的主成分。这些主成分彼此既互不相关,又能综合反映原来多个性状指标的主要信息。同时,依据对供试材料贡献的大小,选择居前的几个主成分来体现原来变量绝大部分的变异^[5]。为此,作者旨在通过对美国山核桃主要经济性状的主成分分析,探讨这一方法在美国山核桃选种上应用的可行性,为美国山核桃良种选育提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 材料

试材为‘金华’‘绍兴’‘贝克’‘抛尼’‘卡多’‘色普外斯’‘巧克特’‘克欧哇’‘第瑟尔柏’‘科贝’‘斯图尔特’和‘特佳’等12个美国山核桃品种。栽培地点在云南省林业科学院漾濞核桃研究站、漾濞县瓦厂乡扎草地和永平县北斗新村,三地均属中亚热带半湿润气候,海拔为1 540~1 600 m,主要环境指标相似,年平均气温为17.2℃,相对湿度72%,降水量为1 056 mm(6~10月占76.3%),日照为2 239 h,土壤pH 7.0±0.8,土层厚度1.0~2.5 m。调查性状为坚果果形系数(纵径/横径) x_1 ,平均坚果质量 x_2 ,坚果壳厚 x_3 ,坚果出仁率 x_4 ,核仁质量 x_5 ,核仁脂肪 x_6 ,蛋白质 x_7 及单位面积(m²)树冠投影面积产果量 x_8 。

1.2 分析方法

应用SPSS软件包中的主成分分析程序^[6]。由样本相关矩阵出发,对原始数据经标准化处理,计算性状相关矩阵的特征根和特征向量,并根据性状特征根和原变量数,计算各个主成分的贡献率和方差贡献率,以累积方差贡献率达到80.00%以上确定主成分个数和建立主成分方程^[5]。由此确定美国山核桃选种的重要性状指标,计算各样本的重要主成分值,进而对供试样本进行比较,以选择综合性状优良的品种。

2 结果与分析

2.1 性状主成分分析

12个美国山核桃品种的主要经济性状见表1。在主成分分析中,方差代表了性状在主成分方向上的分散程度。方差越大,主成分在样本数据分析中所起的作用越大。样本相关矩阵的特征根计算的性状方差贡献率和累积方差贡献率见表2。由表2可知:前3个主成分的累积方差贡献率为83.99%,表明前3个主成分已经代表了全部性状83.99%的综合信息,后5个主成分在样本性状分析中所起的作用仅为16.01%。因此,选取前3个主成分为美国山核桃综合性状的重要主成分。

由于主成分是原性状的线性组合函数,根据计算样本相关矩阵的特征向量(表3)可给出主成分的函数式为:

表1 美国山核桃主要经济性状

Table 1 Major economic characteristics of *Carya illinoensis*

品种	果形指数	平均坚果质量/g	坚果壳厚/mm	坚果出仁率/%	单仁质量/g	核仁粗脂肪/(g·kg ⁻¹)	核仁蛋白质/(g·kg ⁻¹)	单位树冠投影面积产果量/(kg·m ⁻²)
‘金华’	1.95	6.8	0.90	52.7	3.42	760.0	112	0.190 0
‘绍兴’	1.56	5.8	0.90	48.8	3.25	758.0	110	0.170 0
‘贝克’	1.62	5.9	0.90	56.0	3.30	758.2	120	0.168 8
‘抛尼’	1.91	6.6	0.90	58.0	3.83	752.5	109	0.190 7
‘卡多’	2.33	5.4	0.90	56.0	3.02	761.3	91	0.168 1
‘色普外斯’	1.54	8.9	0.90	55.0	4.90	743.1	110	0.139 1
‘巧克特’	1.75	8.5	0.90	60.0	5.50	719.4	106	0.104 7
‘克欧哇’	1.71	9.7	0.90	58.0	5.60	751.1	91	0.095 4
‘第瑟尔柏’	1.82	7.0	0.94	56.0	3.92	753.3	139	0.115 8
‘科贝’	2.06	4.5	1.02	47.0	2.11	713.1	131	0.060 2
‘斯图尔特’	1.59	6.9	1.00	49.0	3.38	768.9	144	0.045 7
‘特佳’	2.19	7.2	0.98	55.0	3.96	757.7	108	0.115 8

$$y_1 = -0.210x_1 + 0.756x_2 - 0.841x_3 + 0.846x_4 + 0.843x_5 + 0.094x_6 - 0.751x_7 + 0.442x_8; \quad (1)$$

$$y_2 = -0.520x_1 + 0.583x_2 + 0.377x_3 - 0.005x_4 + 0.518x_5 - 0.420x_6 + 0.377x_7 - 0.808x_8; \quad (2)$$

$$y_3 = -0.733x_1 - 0.054x_2 - 0.212x_3 - 0.257x_4 - 0.053x_5 + 0.647x_6 + 0.374x_7 + 0.218x_8. \quad (3)$$

由函数式(1)~(3)看出：在第一主成分 y_1 中，坚果出仁率 x_4 的系数最大，其次是核仁质量 x_5 系数，表明第一主成分主要反映的是坚果出仁率的高低，反映了坚果出仁状况的综合指标。第二主成分 y_2 中，平均坚果质量 x_2 的系数最大，核仁质量 x_5 也有较大系数值，表明第二主成分主要说明的是坚果大小的综合指标。第三主成分 y_3 中，核仁粗脂肪 x_6 的系数最大，表明第三主成分主要反映的是核仁粗脂肪指标。

总之，由主成分的方差贡献率和主成分($y_1 \sim y_3$)与原性状($x_1 \sim x_8$)的相关矩阵的特征向量进一步表明美国山核桃经济性状间的主要差异为坚果出仁率，其次依次是坚果大小和核仁粗脂肪。

2.2 应用主成分值选择优良品种

美国山核桃栽培价值的大小取决于商品价值的高低。坚果个大，平均单果质量较大，产量高，核仁品质好，栽培价值才高。前 3 个主成分主要反映了出仁率、坚果大小和核仁粗脂肪。因此，可用主成分值作为优种选择的依据。经对调查结果标准化转换，计算每个品种的重要主成分值(表 4)，以主成分值为坐标在平面上作图，进而可选择符合育种目标的优良品种。

以第一主成分值为横坐标，第二主成分值为纵坐标做图(图 1-a)排序。供试的 12 个品种，‘克欧哇’‘巧克特’和‘色普外斯’，这 3 个品种的第一、二主成分值较大或中等偏大，属坚果个大，果壳较薄，出仁率较高的品种，与表 3 综合主成分值排名相符。‘科贝’‘第瑟尔柏’这 2 个品种的第一主成分值偏小，第二主成分值较小，属坚果中等偏大，果壳较厚，出仁率中等偏低的品种。‘金华’‘贝克’‘抛尼’‘卡多’这 4 个品种的第一成分值中等，第二主成分值偏小，属坚果中等偏小或较小，出仁率较高的品种，这 4 个品种虽然综合性状一般，但均为某一方面性状优良，为较好的种质资源。‘斯图尔特’品种第一主成分值较小，第二主成分值偏大，属果中等，壳厚，出仁率低的品种。‘绍兴’‘特佳’这 2 个品种的第一、二主成分值较小，属坚果果实中等偏小，出仁率较低的品种。

若选择坚果质量较大，产果量较高的优系，应

表 2 美国山核桃经济性状主成分的方差贡献率和累积方差贡献率

Table 2 Economic characteristics in *Carya illinoensis* variance proportion and cumulative variance proportion of three principal components

主成分	特征根	贡献率/%	累积方差贡献率/%
1	3.466	43.329	43.329
2	1.993	24.915	68.244
3	1.260	15.748	83.991
4	0.719	8.991	92.983
5	0.401	5.018	98.001
6	0.111	1.381	99.383
7	0.039	0.488	99.870
8	0.010	0.130	100.000

表 3 美国山核桃经济性状相关阵的特征向量

Table 3 Eigenvectors of correlation matrix of economic characteristics in *Carya illinoensis*

性状	PRIN1	PRIN2	PRIN3
果形指数 x_1	-0.210	-0.520	-0.733
平均坚果质量 x_2	0.756	0.583	0.054
坚果壳厚 x_3	-0.841	0.377	-0.212
坚果出仁率 x_4	0.846	-0.005	-0.257
单仁质量 x_5	0.843	0.518	-0.053
核仁脂肪 x_6	0.094	-0.420	0.647
蛋白质 x_7	-0.715	0.377	0.374
单位树冠投影面积(m ²) 产果量 x_8	0.442	-0.808	0.218

表 4 美国山核桃 12 个品种的主成分值

Table 4 Principal component values (PCV) of twelve cultivars of *Carya illinoensis*

品种	PRIN1	PRIN2	PRIN3	综合 PRIN
‘金华’	0.202	-1.434	0.477	-0.232
‘绍兴’	-0.463	-0.970	1.470	-0.251
‘贝克’	0.125	-0.847	1.118	0.022
‘抛尼’	0.985	-1.215	-0.057	0.136
‘卡多’	0.228	-2.610	-1.159	-0.874
‘色普外斯’	1.604	1.117	0.565	1.264
‘巧克特’	2.077	1.672	-1.313	1.321
‘克欧哇’	2.635	1.408	-0.320	1.717
‘第瑟尔柏’	-0.499	0.636	0.454	0.017
‘科贝’	-4.076	0.671	-1.733	-2.228
‘斯图尔特’	-2.446	1.733	1.555	-0.455
‘特佳’	+0.372	-0.161	-1.057	-0.437

以第一主成分值和第三主成分值为坐标做图(图 1-b)排序。‘克欧哇’‘巧克特’和‘色普外斯’这 3 个品种的第一主成分值较大,第三主成分值较小,为坚果果实中等偏大,产果量中等偏低的品种。‘金华’‘贝克’和‘抛尼’,这 3 个品种的第一主成分值中等,第三主成分值中等偏低,属坚果中等,产果量较高的品种。‘绍兴’‘第瑟尔柏’和‘斯图尔特’,这 3 个品种的第一主成分值偏小,第三主成分值中等偏大,属坚果中等偏小,产量中等偏高的品种。‘绍兴’‘卡多’和‘特佳’,这 3 个品种的 2 个主成分值均较小,属坚果中等偏小,产量偏低的品种。

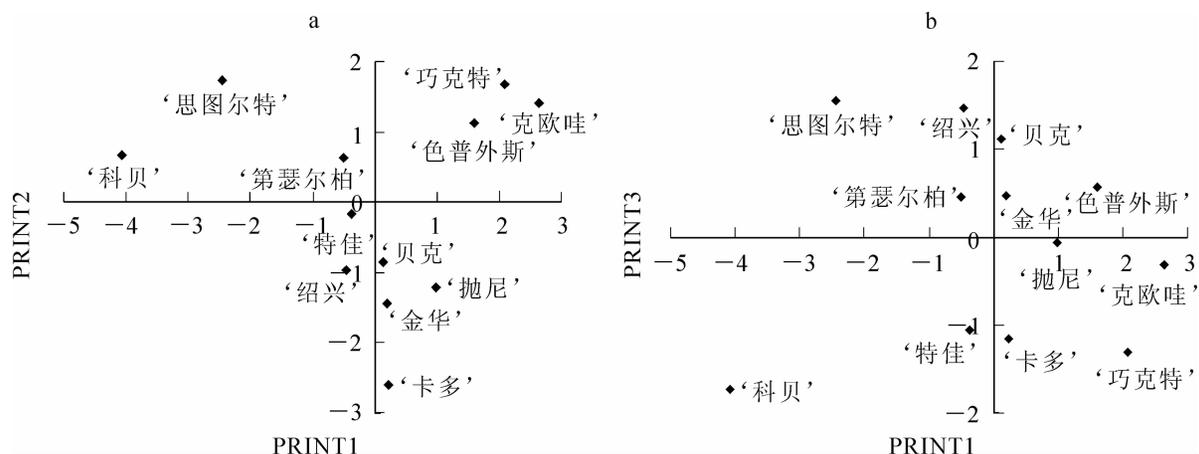


图 1 美国山核桃 12 个品种不同主成分值坐标分布图

Figure 1 Coordinate diagrams of distinct principal component values in twelve cultivars of *Carya illinoensis*

同理,如以第二、三等其他主成分值为坐标做图,可选择坚果出仁率高,产果量较高或核仁脂肪较高的优系。按品种性状主成分值排序分析,可为发展生产、优种选择及资源利用提供参考。

3 小结与讨论

以云南引种的 12 个美国山核桃品种的 8 个主要经济性状为试材,提出了它们的优种选择的 3 个重要主成分。这 3 个主成分代表了供试性状 83.99% 的信息,是综合的相互独立的指标。再依据美国山核桃市场消费趋势,提出各主成分的相应组合,以特征值百分率加权系数构建综合评价指数,用于美国山核桃优系经济性状评价,既能把握优系的综合性状,又能简化选择程序,且具有科学性和一定的准确性。

应用主成分值,对 12 个供试样本的综合性状进行排序分析,其结果与供试样本在实际生产中的表现相符。表明用主成分值选种在美国山核桃优种选择和发展生产中有一定的应用价值。在应用中,对调查指标经标准化处理后,计算品种的重要主成分值,即可根据选种目标,综合评判品种的生产性能。

参考文献:

- [1] 习学良,范志远,邹伟烈,等. 10 个美国山核桃品种的引种研究初报[J]. 浙江林学院学报, 2006, **23** (4): 382 - 387.
XI Xueliang, FAN Zhiyuan, ZOU Weilie, *et al.* Introduction of ten *Carya illinoensis* cultivars [J]. *J Zhejiang For Coll*, 2006, **23** (4): 382 - 387.
- [2] 董润泉,习学良,张雨,等. 美国山核桃在云南的适应性报告[J]. 西部林业科学, 2004, **33** (1): 49 - 54.
DONG Runquan, XI Xueliang, ZHANG Yu, *et al.* Report on adaptability of introduced *Carya illinoensis* in Yunnan [J]. *J West China For Sci*, 2004, **33** (1): 49 - 54.
- [3] 董凤祥,王贵喜. 美国薄壳山核桃引种及栽培技术[M]. 北京: 金盾出版社, 2003: 5 - 11.
- [4] 李淑芳,杨建华,范志远,等. 不同处理对美国山核桃种子发芽的影响[J]. 浙江农林大学学报, 2011, **28** (3): 444 - 449.
LI Shufang, YANG Jianhua, FAN Zhiyuan, *et al.* Treatments for germination of *Carya illinoensis* seeds [J]. *J Zhejiang A & F Univ*, 2011, **28** (3): 444 - 449.
- [5] 裴鑫德. 多元统计分析及其应用[M]. 北京: 北京农业大学出版社, 1991: 196 - 247.
- [6] 郝黎仁,樊元,郝哲欧,等. SPSS 实用统计分析[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2002: 14 - 121.