

薄壳山核桃无性系果实性状指标简化研究

李川^{1,2}, 姚小华^{1*}, 王开良¹, 辜夕容²

(1. 中国林业科学研究院 亚热带林业研究所, 浙江 富阳 311400; 2. 西南大学 资源环境学院, 重庆 400716)

摘要:利用 SPSS 软件对 17 个薄壳山核桃无性系 10 个果实性状指标(果重、果高、果径、果型指数、果皮厚、核重、核高、核径、核型指数以及出核率)进行了主成分分析、聚类分析。结果表明,前 3 个主成分就能概括所有性状 98.47% 的信息。利用这 3 个主成分对 17 个薄壳山核桃无性系进行系统聚类,在欧式距离为 10 时,无性系 12 号、17 号、6 号、16 号、3 号、1 号、5 号、4 号、13 号、7 号和 14 号为一类;无性系 8 号和 9 号为第 2 类;无性系 2 号、11 号和 15 号为第 3 类;无性系 10 号单独为第 4 类。对前 3 个主成分的特征值进行果实性状的聚类,在欧式距离为 10 时,可以将 10 个果实性状指标聚为 4 类,从这 4 类果实性状指标中选出果高、果重、核重和出核率等 4 个指标对 17 个薄壳山核桃无性系进行系统聚类,在相同的欧式距离,聚类结果与 3 个主成分的聚类结果相符。因此,可以将薄壳山核桃无性系的 10 个果实性状指标简化为 4 个性状指标,即果高、果重、核重和出核率,同时也为其他作物性状指标简化提供了一个可能。

关键词:薄壳山核桃; 无性系; 主成分分析; 聚类分析

中图分类号:S664.1; Q949.735 文献标志码:A 文章编号:1000-2286(2011)04-0696-05

A Study on Simplifying the Indices of the Clone Fruit Characters of *Carya illinoensis*

LI Chuan^{1,2}, YAO Xiao-hua^{1*}, WANG Kai-liang¹, GU Xi-rong²

(1. Research Institute of Subtropical Forestry, CAF, Fuyang 311400, China; 2. School of Resources and Environment, Southwest University, Chongqing 400716, China)

Abstract: Principal component analysis and clustering analysis were applied to analyze 10 fruit character indices (fruit weight, fruit height, fruit diameter, fruit shape index, peel thickness, nut weight, nut height, nut diameter, nut shape index, nut weight in fruit) of 17 *Carya illinoensis*. The results indicated that, the first 3 principal components can explain 98.47% of 10 characters. Systematic clustering analysis using the 3 components as variants, when the euclidean distance was around 10, clone fruit no. 12, 17, 16, 3, 1, 5, 4, 13, 7 and 14 were classified as one group, and clone fruit no. 8 and 9 as one group, clone fruit no. 2, 11 and 15 as one group and clone fruit no. 10 as one group. Principal component cluster analysis of the first 3 component variants showed that the 10 fruit character indices can be clustered into 4 types at the euclidean distance of 10. Four indices, namely, fruit weight, fruit height, nut weight and nut weight in fruit, chosen from the four types of fruit characters, were used as variants in systematic clustering analysis, at the same euclidean distance, the result was the same as the clustering results with 3PC as variants. So the 10 fruit character indices can be

收稿日期:2011-03-26 修回日期:2011-05-04

基金项目:“948”项目(2006-4-82)和农业科技成果转化资金项目(2006GB24320401)

作者简介:李川(1986—)男,硕士生,主要从事经济林栽培与林业生物技术研究, E-mail: lichuanjl@163.com; * 通讯作者:姚小华,博士生导师,研究员, E-mail: yaoxh168@163.com。

simplified into 4 indices (fruit weight , fruit height , nut weight and nut weight in fruit) , which provides a possibility to simplify the character indices for others crops.

Key words: *Carya illinoensis*; clone; principal component analysis; clustering analysis

薄壳山核桃(*Carya illinoensis*) 又名美国山核桃 , 长山核桃 , 为胡桃科(*Juglandaceae*) 山核桃属(*Carya Nutt*) 的一种干果油料树种^[1-2] , 是优良的材用和庭园绿化树种^[2-3] 。薄壳山核桃原产于美国和墨西哥北部 , 我国于 19 世纪末开始引种栽培 , 目前主要集中在江苏、浙江、云南、陕西、安徽、江西和湖南等地^[4] 。

利用主成分分析和聚类分析可以在保留原始信息的基础上对指标因子进行简化 , 从而为评价原始信息提供方便。刘勇等^[5] 运用聚类分析和主成分分析 , 从 33 个品种柚的 65 个形态学性状中选出了影响力较大的 18 个性状。雷莹等^[6]、张海英等^[7] 采用了主成分分析和聚类分析法分别对 6 个夏橙品种和 19 个品种桃的主要品质指标进行分析 , 最终将品质指标分别简化为 6 个和 5 个 , 使夏橙和桃的品质评价工作得到了简化。

目前对于薄壳山核桃无性系果实性状变异已有研究^[8] , 但对于薄壳山核桃果实性状指标的简化研究从未见报道。因此 , 本文通过对 17 个薄壳山核桃无性系果实性状指标的测定 , 采用前人同样的方法对测得的性状指标进行分析 , 最终将果实性状指标简化为少数几个 , 为薄壳山核桃无性系果实性状指标的简化提供了一个可能的依据。

1 材料与方法

1.1 材料来源

选取中国林科院亚热带林业研究所在浙江省安吉县抱福镇洪家村薄壳山核桃试验林里 17 个无性系 , 它们的编号分别为 1 ~ 17 号。试验地地理位置为 30°38'N、119°53'E , 海拔高度 146 m; 年均温 14.93 °C , 极端最高温为 39.8 °C , 极端最低温为 -8.5 °C , 无霜期约 200 d , 年降雨量 1 748.6 mm。试验园面积 2.67 hm² , 试验前为水稻田 , 土壤类型为岩性土类钙质紫砂土亚类紫砂土。供试植株为 6 年生薄壳山核桃无性系 , 于 2005 年 2 月种植 , 2005—2010 年每年进行常规的人为管理。

1.2 测定内容及方法

试验于 2010 年 10 月薄壳山核桃成熟期进行采摘 , 每个无性系采摘 5 株树 , 每株树采摘 30 个果 , 不足 30 个的全部采摘。

(1) 果重、核重用电子天平称取 , 精确到 0.01 g; (2) 果高和果径、核高和核径用游标卡尺测量 , 精确到 0.01 mm; (3) 果(核)型指数由果(核)高与果(核)径的比值计算得出 , 即果(核)型指数 = 果(核)高/果(核)径; (4) 出核率由核重与果重的比值得出 , 即出核率% = 核重 × 100/果重; (5) 果皮厚由果径与核径之间的差值得出 , 即果皮厚 = (果径 - 核径) 1/2 , 精确到 0.01 mm。

1.3 数据分析

在 Excel 中计算薄壳山核桃果实各性状的变异系数并进行分析; 运用 SPSS13.0 对果实性状指标在 17 个无性系间进行单因素方差分析 , 对 10 个果实性状进行相关分析和主成分分析 , 并对主成分值和少数几个果实经济性状在 17 个无性系间进行聚类分析。

2 结果与分析

2.1 薄壳山核桃各性状分析

由单因素方差分析可以得出 , 薄壳山核桃无性系之间 , 果重、果高、果径、果型指数、果皮厚、核重、核高、核径、核型指数以及出核率的差异均达到了显著水平。薄壳山核桃无性系间 , 各性状总体变异幅度的大小顺序为: 最大的是核重(变异系数为 32.93%) , 其次是果重(变异系数为 31.07%)、果皮厚(变异系数为 24.45%)、出核率(变异系数为 21.72%)、核高(变异系数为 19.70%)、核型指数(变异系数为 17.68%)、果高(变异系数为 17.08%)、果型指数(变异系数为 13.92%)、果径(变异系数为 10.36%) , 变异系数最小的是核径(变异系数为 9.68%)。如表 1。

表1 薄壳山核桃无性系果实各指标分析

Tab.1 Character indices analysis of the *Carya illinoensis* clone fruit

项目 Item	果重 Fruit weight	果高 Fruit height	果径 Fruit diameter	果型指数 Fruit shape index	果皮厚 Peel thickness	核重 Nut weight	核高 Nut height	核径 Nut diameter	核型指数 Nut shape index	出核率 Nut weight in fruit
最大值 Max	60.91	78.43	41.76	2.32	9.7	19.93	64.08	29.93	3.00	61.44
最小值 Min	7.50	32.84	21.89	1.16	1.35	2.03	23.69	14.89	1.23	14.31
平均值 Average	25.75	50.22	31.76	1.58	5.03	8.20	39.29	21.70	1.81	32.36
标准差 Std.	8.00	8.58	3.29	0.22	1.23	2.70	7.74	2.10	0.32	7.03
变异系数/% CV	31.07	17.08	10.36	13.92	24.45	32.93	19.70	9.68	17.68	21.72

2.2 薄壳山核桃无性系果实性状之间相关性分析

相关分析结果表明(表2):薄壳山核桃无性系的果重与果高(0.869^{**})、果径(0.822^{**})、核重(0.794^{**})、核高(0.805^{**})、核型指数(0.710^{**})、果皮厚(0.708^{**})之间呈极显著正相关;与果型指数(0.553^{*})呈显著相关;与核径、出核率的相关指数分别为0.442、-0.246,相关不显著。果高与核重(0.816^{**})、核高(0.974^{**})、果型指数(0.868^{**})、核型指数(0.929^{**})呈极显著正相关,与果径(0.562^{*})呈显著相关。果径与核重、核径、果皮厚的相关指数分别为0.718、0.657、0.760,呈极显著正相关;与核高(0.515^{*})呈显著正相关。核重与核高、核径,与果型指数、核型指数分别呈极显著、显著正相关。核高与果型指数、核型指数,核径与出核率,果型指数与核型指数均呈极显著正相关。而果皮厚与出核率(-0.662^{**})呈极显著负相关,说明对于薄壳山核桃无性系而言,果皮越厚出核率越低,这与实际情况相符。

表2 薄壳山核桃无性系果实性状之间相关性分析

Tab.2 Correlation coefficient among the character indices of the *Carya illinoensis* clone fruit

	果重 Fruit weight	果高 Fruit height	果径 Fruit diameter	核重 Nut weight	核高 Nut height	核径 Nut diameter	果型指数 Fruit shape index	核型指数 Nut shape index	果皮厚 Peel thickness	出核率 Nut weight in fruit
果重 Fruit weight	1									
果高 Fruit height	0.869 ^{**}	1								
果径 Fruit diameter	0.822 ^{**}	0.562 [*]	1							
核重 Nut weight	0.794 ^{**}	0.816 ^{**}	0.718 ^{**}	1						
核高 Nut height	0.805 ^{**}	0.974 ^{**}	0.515 [*]	0.859 ^{**}	1					
核径 Nut diameter	0.442	0.385	0.657 ^{**}	0.824 ^{**}	0.482	1				
果型指数 Fruit shape index	0.553 [*]	0.868 ^{**}	0.081	0.538 [*]	0.862 ^{**}	0.052	1			
核型指数 Nut shape index	0.710 ^{**}	0.929 ^{**}	0.288	0.593 [*]	0.913 ^{**}	0.085	0.954 ^{**}	1		
果皮厚 Peel thickness	0.708 ^{**}	0.413	0.760 ^{**}	0.241	0.267	0.009	0.063	0.308	1	
出核率 Nut weight in fruit	-0.246	-0.055	-0.071	0.383	0.108	0.658 ^{**}	-0.049	-0.189	-0.662 ^{**}	1

“**”极显著相关,“*”显著相关。

“**” correlation is significant at the 0.01 level; “*” correlation is significant at the 0.05 level.

2.3 薄壳山核桃无性系果实性状主成分分析与聚类分析

由于薄壳山核桃果实各性状存在大量的相关性,因此可以用主成分分析将多个指标转化为代表各类信息的综合指标,从而进一步分析。对薄壳山核桃的果实性状指标进行主成分分析,结果表明(表3)前3个主成分的累积贡献率达到了98.47%,其中第1主成分贡献率最大,为58.39%,其次为第2、3主成分,贡献率分别为22.05%、18.03%。

根据主成分分析的结果,对上述3个主成分中10个果实性状指标的特征向量进行系统聚类分析,其中同聚为一类的果实性状指标之间具有密切的相关性或偏相关性,可选用1个性状指标代表同一类中的其余指标,予以简化;单为一类的性状指标具有相对独立性。结果表明(图1),在欧式距离为10时,上述10个果实性状指标可划分为4类:第一类为果高、核高、核型指数和果型指数;第二类为果重、

表 3 主成分的特征值、贡献率、累积贡献率

Tab.3 Eigenvalue , contribution rate and accumulative contribution rate of principal components (PC)

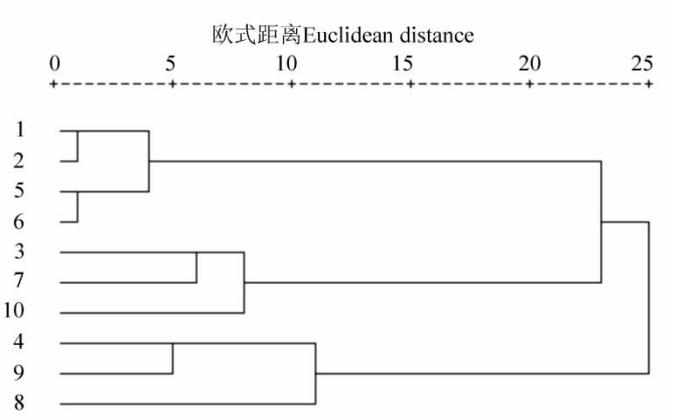
主成分 Principal components	特征值 Eigenvalue	贡献率/% Contribution rate	累计贡献率/% Accumulative contribution rate
第 1 主成分 PC ₁	5.84	58.39	58.39
第 2 主成分 PC ₂	2.21	22.05	80.44
第 3 主成分 PC ₃	1.80	18.03	98.47

果径和果皮厚; 第三类为核重和核径; 第四类为出核率。因此, 上述 10 个果实性状指标可由这 4 个类别中的指标所代表, 为指标简化创造了可能。

根据主成分的特征向量, 可以得出 3 个主成分方程, 由薄壳山核桃指标测量值算出 3 个主成分值, 据此对 17 个薄壳山核桃无性系进行无性系间聚类, 如图 2 所示, 在欧式距离为 10 时, 17 个薄壳山核桃无性系可以分为 4 类, 其中无性系 12 号、17 号、6 号、16 号、3 号、1 号、5 号、4 号、13 号、7 号和 14 号为第一类; 无性系 8 号和 9 号为第二类; 无性系 2 号、11 号和 15 号为第三类; 无性系 10 号单独为一类, 即第 4 类。

根据主成分聚类后的 4 类指标 (图 1), 从每一类选择一个果实性状指标, 供试验选择的组合共有 24 种。当选择果型指数、果重、核重和出核率等 4 个指标为一组合时, 对 17 个薄壳山核桃无性系进行系统聚类, 如图 3(a) 所示: 在欧式距离为 10 时, 17 个薄壳山核桃无性系可以分为 4 类, 第 1 类为无性系 12 号、17 号、6 号、16 号、1 号、5 号、3 号、13 号、7 号、14 号和 4 号; 第 2 类为无性系 8 号和 9 号; 第 3 类为无性系 2 号、11 号和 15 号; 无性系 10 号单独为第 4 类。这与图 2 主成分值的分类结果吻合。当选择果高、果重、核重和出核率等 4 个指标为另一组合时, 在欧式距离为 10

时, 17 个薄壳山核桃无性系也可以分为 4 类, 分类结果也与图 2 主成分值的分类结果相符, 见图 3(b)。因此对于薄壳山核桃无性系来说, 可以选择果型指数、果重、核重和出核率(或者果高、果重、核重和出核率)等 4 个果实性状指标来代替原来的 10 个果实性状指标, 为简化果实性状指标的测定提供了一个可能。

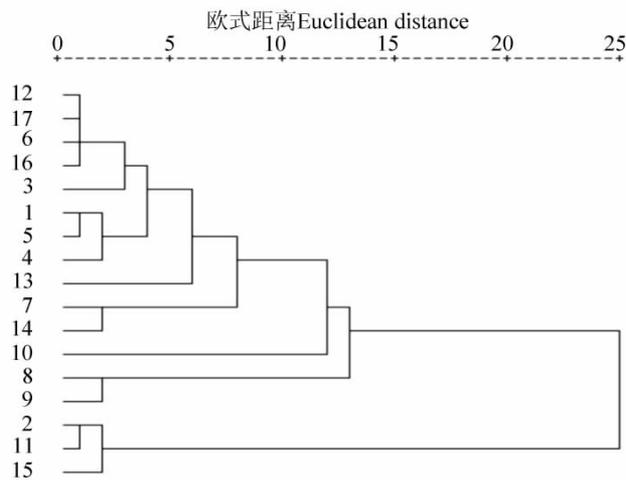


图中“1”代表果高, “2”代表核高, “3”代表果重, “4”代表核重, “5”代表核型指数, “6”代表果型指数, “7”代表果径, “8”代表出核率, “9”代表核径, “10”代表果皮厚。

“1” is fruit height, “2” nut height, “3” fruit weight, “4” nut weight, “5” nut shape index, “6” fruit shape index, “7” fruit diameter, “8” nut weight in fruit, “9” nut diameter, “10” peel thickness.

图 1 薄壳山核桃果实性状聚类图

Fig. 1 Dendrogram of the *Carya illinoensis* clone fruit on character indices

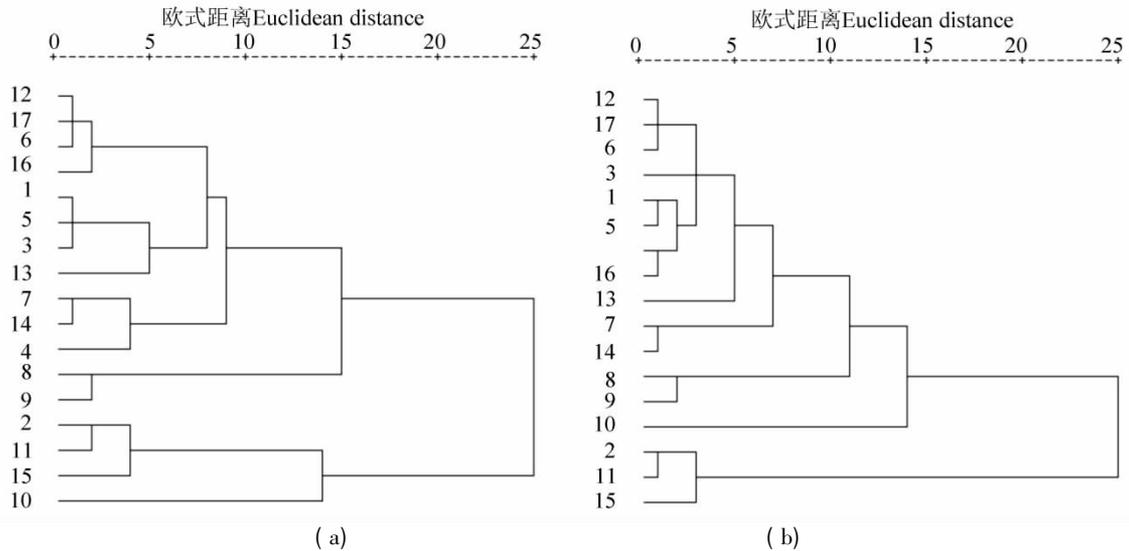


图中“1~17”代表薄壳山核桃无性系 1 号~无性系 17 号。

“1~17” is no. 1 clone fruit to no. 17 of the *Carya illinoensis*.

图 2 薄壳山核桃主成分值系统聚类图

Fig. 2 Dendrogram of the *Carya illinoensis* clone fruit on principal components(PC)



图中“1~17”代表薄壳山核桃无性系1号~无性系17号。

“1~17” is no. 1 clone fruit to no. 17 of the *Carya illinoensis*.

图3 薄壳山核桃果实性状指标聚类图

Fig. 3 Dendrogram of the *Carya illinoensis* clone fruit on character indices

3 结论与讨论

(1) 通过对17个薄壳山核桃无性系各指标的方差分析结果表明,果实性状指标在无性系间均达到了显著水平,与常君等人^[5]对余杭长乐林场10个薄壳山核桃无性系的分析结果相符。10个果实性状指标在整个无性系中变异系数最大的是核重(变异系数为32.93%)最小的是核径(变异系数为9.68%)其余果实性状指标变异系数介于之间。

(2) 由10个果实性状指标的相关分析表明,薄壳山核桃无性系果实各性状存在大量的相关性,见表2。根据薄壳山核桃果实性状相关指数可知,薄壳山核桃果实的单重、形态与薄壳山核桃核的单重、形态有密切的相关性,即果实的单重和形态决定了核的单重和形态。

(3) 对10个果实性状进行主成分分析,前3个主成分概括了所有性状98.47%的信息。对前3个主成分的特征值进行果实性状的系统聚类,在欧式距离为10时,可以将原来的10个果实性状聚为4类,从这4类果实性状指标中选出4个性状指标来代替原来的10个果实性状指标,从而对17个薄壳山核桃无性系进行系统聚类,当选择果型指数、果重、核重和出核率(或者果高、果重、核重和出核率)等4个指标为一组合同时,此时的系统聚类结果与前3个主成分值的系统聚类(在相同的欧式距离,即欧式距离为10时)结果完全相符。因此,17个薄壳山核桃无性系的10个果实性状指标可以简化为果型指数、果重、核重和出核率(或者果高、果重、核重和出核率)等4个指标。由于果型指数是由果高与果径的比值计算得出的,为了进一步简化指标,最终可以选择果高、果重、核重和出核率等4个指标来代替原有的10个果实性状指标,其所反映的性状差异与所测量的10个性状指标所反映的信息相同。

参考文献:

- [1] Bob Williams. Raising top quality pecans [M]. Korea: Capstone Publishers 2001: 21-24.
- [2] 胡芳名, 谭晓风, 刘惠民, 等. 中国主要经济树种栽培与利用 [M]. 北京: 中国林业出版社 2006: 66-71.
- [3] 姚小华, 王开良, 任华东, 等. 薄壳山核桃优新品种和无性系开花物候特性研究 [J]. 江西农业大学学报 2004 26(5): 675-680.
- [4] 侯冬培, 习学良, 石卓功. 我国薄壳山核桃研究概况 [J]. 山东林业科技 2007(4): 53-55.
- [5] 刘勇, 孙中海, 刘德春, 等. 部分柚类品种数值分类研究 [J]. 果树学报 2006 23(1): 35-40.
- [6] 雷莹, 张红艳, 宋文化, 等. 利用多元统计法简化夏橙果实品质的评价指标 [J]. 果树学报 2008 25(5): 640-645.
- [7] 张海英, 韩涛, 王有年, 等. 桃果实品质评价因子的选择 [J]. 农业工程学报 2006 22(8): 235-239.
- [8] 常君, 杨水平, 姚小华, 等. 美国山核桃果实性状变异规律研究 [J]. 林业科学研究 2008 21(1): 44-48.