

文章编号: 100F 1498(2001) 01 0090 05

锥栗果实经济性状的数量化分析*

杨志玲¹, 龚榜初¹, 陈增华², 吴士元³, 吴连海³, 余建功⁴

(1. 中国林业科学研究院 亚热带林业研究所, 浙江 富阳 311400; 2. 福建省建瓯市林业委员会, 福建 建瓯 353100; 3. 浙江省庆元县林业局, 浙江 庆元 323800; 4. 浙江省兰溪市林业局, 浙江 兰溪 321100)

关键词: 锥栗; 果实经济性状; 主成分分析; 无性系选择

中图分类号: S664. 203

文献标识码: A

锥栗(*Castanea henryi* Rehd. et Wils.) 为优良的木本粮食树种, 分布于我国南方亚热带地区十几个省(区), 但人工规模种植仅限于闽北、浙南山区^[1]。锥栗果实外形美观, 果肉细嫩香甜, 营养比板栗(*Castanea mollissima* Blume) 更丰富, 口感更好, 正越来越受到广大消费者的喜爱。本研究在对闽北、浙南山区锥栗资源进行了广泛调查的基础上, 初步选择出 41 个单株。为了比较这些单株的优劣, 并从中获得优良无性系, 运用主成分分析法对 41 个单株的经济性状进行分析, 其目的在于简化反映锥栗果实经济性状的数据结构, 从主要果实经济性状中找出反映单株优劣的综合因子, 并以综合指标的加权平均值大小作为评价的标准。按该标准对初选的 41 个单株进行排序和分类, 从而获得几个经济性状较好的单株, 它们可以作为下一步选择即无性系选择的对象。本文是对上述研究结果的分析 and 总结。

1 调查和分析方法

重点调查福建省建瓯市大面积实生和人工锥栗林, 一般调查福建省政和县、浦城县, 浙江省庆元县、兰溪市等地人工锥栗林。经走访锥栗分布区的林业部门和果农, 了解锥栗科研和生产情况, 再深入产区实地调查, 初步选择优良单株, 采集果实, 制作成标本。

以大中果、丰产、高产为选择目标, 并注意选择早熟、特甜糯等优良性状的特殊单株。调查对象要求树龄在 10~ 20 a 之间, 树势强盛, 无病虫害, 接近或进入盛果期。在调查的锥栗单株东、南、西、北不同方位随机选择果实和果枝 30 个以上, 并测量相关的经济性状指标。选择的经济性状指标有: 总苞质量(x_1)、坚果质量(x_2)、果实横径(x_3)、果实纵径(x_4)、每果枝结苞数(x_5)、每母枝抽生结果枝数(x_6)、果苞皮厚度(x_7)。

收稿日期: 2000 04 03

基金项目: 国家林业局指南课题(97-03)项目的部分内容

作者简介: 杨志玲(1969), 女, 湖南祁阳人, 助理研究员, 硕士。

* 参加调查的还有福建省建瓯市林业委员会蒋兴全、余荣海、王建华、林龙生, 福建省浦城县林业委员会邓真炎、揭东虹, 浙江省兰溪市林业局叶森源、包顺新等; 中国林科院亚林所李正才助理研究员协助数据分析, 在此一并致谢。

运用主成分分析法^[2,3]对锥栗果实经济性状进行分析。

2 结果与分析

2.1 样本相关矩阵 R

根据原始数据矩阵(因数据较多,故而省略)获得样本相关矩阵 R 。计算结果详见表 1。

表 1 锥栗果实经济性状相关系数

变量	变 量						
	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7
x_1	1	0.827 8	0.749 2	0.711 0	0.006 2	-0.133 8	0.757 4
x_2	0.827 8	1	0.883 4	0.753 3	0.006 6	-0.193 6	0.494 1
x_3	0.749 2	0.883 4	1	0.696 1	0.018 5	-0.251 6	0.329 4
x_4	0.711 0	0.753 3	0.696 1	1	-0.007 2	-0.111 2	0.432 8
x_5	0.006 2	0.006 6	0.018 5	-0.007 2	1	0.527 8	0.095 9
x_6	-0.133 8	-0.193 6	-0.251 6	-0.111 2	0.527 8	1	0.085 1
x_7	0.757 4	0.494 1	0.329 4	0.432 8	0.095 9	0.085 1	1

2.2 相关矩阵 R 的特征根和特征向量

由相关矩阵 R 获得 7 个非负特征根, $\lambda_1 > \lambda_2 > \lambda_3 > \lambda_4 > \lambda_5 > \lambda_6 > \lambda_7$, 其中 $\lambda_1 = 3.69$, $\lambda_2 = 1.57$, 因 $(\lambda_1 + \lambda_2)/7 = 0.7511 > 0.75$, 所以只需求前 2 个主成分的综合指标 y_1 、 y_2 , 并用它们作为原来 7 个单项指标评价锥栗单株优劣的标准, λ_1 、 λ_2 等所对应的正则化特征向量如表 2 所示。

表 2 锥栗果实经济性状主成分分析

变 量	主 成 分						
	y_1	y_2	y_3	y_4	y_5	y_6	y_7
x_1	0.490	0.054	-0.250	0.094	-0.096	-0.410	-0.720
x_2	0.490	-0.036	0.200	-0.025	-0.290	0.780	-0.150
x_3	0.450	-0.087	0.420	0.004	-0.410	-0.460	0.480
x_4	0.440	-0.021	0.170	-0.450	0.750	-0.034	0.099
x_5	0.022	0.670	0.390	0.570	0.270	0.026	-0.045
x_6	-0.080	0.690	-0.044	-0.640	-0.310	-0.045	-0.003
x_7	0.350	0.230	-0.730	0.015	0.045	0.100	0.480
特征根 λ	3.690	1.570	0.790	0.460	0.300	0.110	0.080
贡献率/%	52.710	22.400	11.310	6.590	4.240	1.530	1.210
累计贡献率/%	52.710	75.110	86.420	93.010	97.250	98.780	100.000

2.3 主成分的意义和作用

第 1 主成分 y_1 中, 系数较大的变量有 $x_1(0.49)$ 、 $x_2(0.49)$ 、 $x_3(0.45)$ 、 $x_4(0.44)$ 、 $x_7(0.35)$, 说明 y_1 主要是由总苞质量、坚果质量、果实横径、果实纵径、果苞皮厚度 5 个综合因子组成, 它

代表锥栗产量特性。因为 y_1 的方差贡献率高达 52.71%，所以充分考虑单株的产量特性，作出选择已有五成以上的把握。

第2主成分 y_2 中，系数较大的变量有 $x_5(0.67)$ 、 $x_6(0.69)$ ，说明 y_2 主要由每果枝结苞数、每母枝抽生结果枝数2个综合因子组成，它代表锥栗结实特性。

综上所述，选择锥栗单株优劣可从其产量特性和结实特性2个综合因素考虑。

2.4 主成分方程

如果以 \tilde{x} 记标准变化量， x 记原变量， \bar{x} 为 x 均值，则有：

$$\begin{aligned} y_{\alpha} &= u_{\alpha 1} \tilde{x}_1 + u_{\alpha 2} \tilde{x}_2 + u_{\alpha 3} \tilde{x}_3 + u_{\alpha 4} \tilde{x}_4 + u_{\alpha 5} \tilde{x}_5 + u_{\alpha 6} \tilde{x}_6 + u_{\alpha 7} \tilde{x}_7 \\ &= u_{\alpha 1} (x_1 - \bar{x}_1) / S_1 + u_{\alpha 2} (x_2 - \bar{x}_2) / S_2 + \dots + u_{\alpha 7} (x_7 - \bar{x}_7) / S_7 \quad (\alpha = 1, 2) \end{aligned}$$

其中 u_{11} 为表2中第1列的第1个数，其它数据类推； $s_i = s_{ii}^{1/2}$ ，为原数据第 i 变量的标准差。代入具体数据后得前2个主成分方程：

$$y_1 = 0.061x_1 + 0.236x_2 + 2.316x_3 + 1.733x_4 + 0.023x_5 - 0.167x_6 + 6.11x_7 - 13.841$$

$$y_2 = 0.007x_1 - 0.017x_2 - 0.447x_3 - 0.083x_4 + 0.698x_5 + 1.452x_6 + 4.025x_7 - 7.692$$

2.5 加权平均值、综合得分值和排序

把41个单株的7个经济性状观测数据代入主成分方程，分别计算它们在2个综合指标上的得分值 $y_i (i = 1, 2)$ 。以方差贡献率为权重，按公式 $\hat{y} = 0.5271y_1 + 0.224y_2$ 计算各单株 y_i 的加权平均值，求出各单株综合得分值 \hat{y} ，再以 \hat{y} 值的大小排序得名次，结果见表3。

2.6 锥栗单株分类

通过观察综合得分值和排序，以 \hat{y} 值的大小把41个锥栗单株分成以下4个类型：

2.6.1 大果类型 以 $\hat{y} \geq 0.266$ 为起点，有 $q_2, s_{21}, s_{16}, s_4, s_6, n_{13}, n_1, q_1, p_2, p_6$ 共10个单株，它们的7个数量性状指标分别为：总苞质量 34.71 ± 6.46 g，坚果质量 10.355 ± 1.775 g，果实横径 2.425 ± 0.215 cm，果实纵径 2.855 ± 0.345 cm，每果枝结苞数 3.775 ± 1.195 个，每母枝抽生结果枝 2.25 ± 0.72 个，果苞皮厚度 0.295 ± 0.095 mm。

2.6.2 中果类型 $-0.59 \leq \hat{y} \leq -0.02$ ，有 $n_{10}, s_1, n_{12}, q_6, q_3, s_{13}, n_4, s_{12}, n_8, n_5, n_{11}, s_{11}$ 共12个单株，它们的7个数量性状指标分别为：总苞质量 26.335 ± 9.275 g，坚果质量 8.39 ± 1.79 g，果实横径 2.245 ± 0.185 cm，果实纵径 2.595 ± 0.225 cm，每果枝结苞数 4.04 ± 2.19 个，每母枝抽生结果枝 2.215 ± 0.715 个，果苞皮厚度 0.25 ± 0.06 mm。

2.6.3 小果类型 $-1.33 \leq \hat{y} \leq -0.68$ ，有 $s_{10}, q_{77}, q_{14}, q_{18}, n_6, l_7, q_7, p_3, q_{14}, n_7, q_{11}, n_2$ 共12个单株，它们在7个性状上的数量指标分别为：总苞质量 18.3 ± 4.43 g，坚果质量 6.5 ± 1 g，果实横径 2.195 ± 0.105 cm，果实纵径 2.345 ± 0.265 cm，每果枝结苞数 3.37 ± 0.9 个，每母枝抽生结果枝 1.755 ± 0.665 个，果苞皮厚度 0.21 ± 0.07 mm。

2.6.4 野生类型 $\hat{y} < -1.71$ ，有 $n_9, l_1, l_3, l_2, l_{11}, l_6, l_9$ 共7个单株，它们在7个性状上的数量指标分别为：总苞质量 12.88 ± 3.38 g，坚果质量 5.405 ± 0.825 g，果实横径 2.085 ± 0.235 cm，果实纵径 2.205 ± 0.185 cm，每果枝结苞数 2.53 ± 0.67 个，每母枝抽生结果枝 2.145 ± 0.785 个，果苞皮厚度 0.14 ± 0.03 mm。

表 3 41 个单株综合指标得分值和排序

单株号	得分值			排序	单株号	得分值			排序
	y_1	y_2	y			y_1	y_2	y	
n ₁	2.06	-2.36	0.56	7	s ₁₂	0.41	-3.12	-0.480	18
n ₂	-1.18	-3.14	-1.33	34	s ₁₃	0.35	-2.80	-0.443	16
n ₄	-0.29	-1.30	-0.44	17	s ₁₆	3.29	-3.37	0.980	3
n ₅	-0.02	-2.42	-0.55	20	s ₆	3.20	-3.85	0.824	5
n ₆	-0.61	-2.72	-0.93	27	s ₂₁	3.86	-3.26	1.300	2
n ₇	-1.19	-2.25	-1.13	32	p ₂	1.89	-3.22	0.275	9
n ₈	0.68	-3.98	-0.53	19	p ₃	-0.21	-4.50	-1.120	30
n ₉	-1.60	-3.86	-1.71	35	p ₆	1.92	-3.33	0.266	10
n ₁₀	1.77	-4.24	-0.02	11	q ₁	-1.19	-2.89	-1.270	33
n ₁₁	0.70	-4.25	-0.58	21	q ₄	-0.92	-2.86	-1.126	31
n ₁₂	1.02	-2.95	-0.12	13	q ₇	-0.68	-1.70	-0.740	24
n ₁₃	2.72	-2.73	0.82	6	q ₈	-0.96	-1.81	-0.910	26
q ₁	1.41	-0.88	0.55	8	q ₁₄	-0.01	-3.62	-0.820	25
q ₂	4.74	-1.93	2.07	1	l ₁	-1.85	-4.07	-1.890	36
q ₃	0.29	-2.56	-0.42	15	l ₂	-2.36	-4.46	-2.240	38
q ₆	0.69	-2.64	-0.23	14	l ₃	-2.16	-3.71	-1.970	37
q ₇	-1.14	-1.66	-0.97	29	l ₆	-3.87	-1.99	-2.490	40
s ₁	-0.39	0.70	-0.05	12	l ₇	-0.62	-2.82	-0.960	28
s ₄	2.00	-0.86	0.86	4	l ₉	-3.03	-4.45	-2.590	41
s ₁₀	-1.07	-0.53	-0.68	23	l ₁₁	-3.62	-2.05	-2.370	39
s ₁₁	-1.23	0.25	-0.59	22					

3 小结和建议

(1) 本文运用主成分分析法分析锥栗 41 个单株经济性状的数量指标, 分析结果可见特征根相差很大, 说明锥栗的总苞质量、坚果质量、果实横径、果实纵径、每果枝结苞数、每母枝抽生结果枝数、果苞皮厚度 7 个经济性状之间关系紧密, 但它们反映锥栗单株优劣的信息有一定的重迭, 从数学上考虑可以简化变量个数, 即可通过寻找综合因子作为选择锥栗单株优劣的标准。作者确定了锥栗的产量特性和结实特性 2 个综合因子, 并获得 2 个主成分方程, 计算出 41 个单株在 2 个综合指标上的得分值。再以方差贡献率为权重, 得出了 41 个单株的加权平均值 (即综合值 \hat{y}), 以 \hat{y} 值的大小排序, 把 41 个锥栗单株分成 4 个类型。

(2) 建议在大果类型单株和中果类型单株中进行无性系的再选择。这 2 个类型锥栗单株的总苞质量、坚果质量等 7 个经济性状的综合得分值均较高, $-0.59 \leq \hat{y} \leq 2.07$, 说明这 2 个类型锥栗单株的产量特性和结实特性均表现较好, 可以进行无性系的丰产性和结实稳定性选择, 逐步淘汰劣株, 保留优良单株。

(3) 综合得分值和排序表中, 小果类型单株尽管果实较轻较小, 但是其中 s_{10} 、 qy_7 、 qy_{14} 、 qy_8 、 n_6 、 l_7 共 6 个单株的每母枝抽生结果枝数和每果枝结苞数表现出结果性能良好、丰产性能好的性状。其中 s_{10} 、 n_6 、 qy_{14} 等单株果甜, 果肉品质较好, 可选择出来作为加工品种或农家自用; qy_7 单株为特早熟品种, 也可选择利用, 可获得较好的经济效益。

(4) 虽然野生类型单株在生产上不利于推广, 但是它们也具有某些优良的性状, 如果苞皮较薄(0.11~0.17 mm), 有些单株如 n_9 、 l_6 、 l_7 、 l_{11} 等的每果枝结苞数和每母枝抽生结果枝数都较多, 可作为砧木或杂交育种的亲本之一。另外收集野生类型的单株作为种质资源保存, 是进行锥栗遗传多样性研究的基础, 可为后续育种提供丰富的基因组分。

参考文献:

- [1] 龚榜初, 陈增华. 锥栗农家品种资源调查研究[J]. 林业科学研究, 1997, 10(6): 574~580.
 [2] 唐守正. 多元统计分析方法[M]. 北京: 中国林业出版社, 1986.
 [3] 杨维权, 刘兰亭, 林鸿洲, 等. 多元统计分析[M]. 北京: 高等教育出版社, 1989.

Quantitative Analysis on the Economic Characters of *Castanea henryi* Nut

YANG Zhi-ling¹, GONG Bang-chu¹, CHEN Zeng-hua²,
WU Shi-yuan³, WU Lian-hai³, YU Jian-gong⁴

(1. Research Institute of Subtropical Forestry, CAF, Fuyang 311400, Zhejiang, China; 2. Forestry Bureau of Jianou, Fujian Province, Jianou 353100, Fujian, China; 3. Forestry Bureau of Qingyuan, Zhejiang Province, Qingyuan 323800, Zhejiang, China; 4. Forestry Bureau of Lanxi, Zhejiang Province, Lanxi 321100, Zhejiang, China)

Abstract: Seven economic characters of 41 selected individuals of *Castanea henryi* were analyzed with principal component analysis (PCA). Two overall indexes used to evaluate the individual characters were determined and the weighted value of overall index was taken as the criterion of individual ordination and classification. The authors suggested to reselect the clones among individual with large-sized nut and medium-sized nut, and attention should be paid on the examining the individuals of small-sized nut with fine and special characters. The wild *C. henryi* should be collected as much as possible and should be preserved as germ plasm resource.

Key words: *Castanea henryi*; economic character; principal component analysis; clonal selection