

因子分析法在文冠果优良单株选择中的应用

敖妍

(中国林业科学研究院林业研究所,北京100091)

摘要:应用因子分析法,对文冠果 *Xanthoceras sorbifolia* 374 个单株的种子产量、果实鲜质量、结果数、百果质量、出籽率以及种子含油率进行分析,依性状累积方差贡献率达到 90.55% 以上,提出了 2 个反映文冠果产量、含油率的主因子及其函数式. 通过计算各单株的主因子得分值,选择出了综合经济性状优良的单株 37 株,并利用聚类分析方法将参试群体划分为 4 类. 其结果与单株的实际表型相近似.

关键词:文冠果; 因子分析; 优良单株

中图分类号: S722.3

文献标识码: A

文章编号: 1001-411X(2009)04-0070-04

Application of Factor Analysis in Superior Individual Plant Selection of *Xanthoceras sorbifolia*

AO Yan

(Research Institute of Forestry, Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091, China)

Abstract: Seed production, fruit fresh mass, fruit number, mass of 100 fruits, seed ratio to fruit and seed oiliness ratio in 374 *Xanthoceras sorbifolia* individual plants were analyzed using factor analysis method. Two principal factors and their function equations were proposed based on more than 90.55% cumulative proportion. According to individual principal factors scores, 37 plants with superior integrated economical characters were selected. All individual plants were divided into 4 clusters using cluster analysis. The results conformed to the practical phenotype.

Key words: *Xanthoceras sorbifolia*; factor analysis; superior individual

文冠果 *Xanthoceras sorbifolia*, 为无患子科文冠果属, 落叶灌木或小乔木, 是我国特有的木本油料植物. 文冠果种子含油率较高, 文冠果油的碳链长度主要集中在 $C_{17} \sim C_{19}$ 之间, 与普通柴油主要成分的碳链长度极为接近^[1]. 因此, 文冠果适合作为生产生物柴油的原料. 另外, 文冠果对土壤要求不严, 耐瘠薄, 喜光, 也能耐半阴环境. 抗寒抗旱、耐盐碱. 是适合荒山、沙漠绿化的优良树种^[2]. 我国文冠果资源十分丰富, 但目前大多林分产量较低, 而且文冠果的广泛推广还迫切需要选择高产量、高含油率的优良单株, 有效地开发利用现有资源的潜能, 将对促进生态能源林的建设、改善生态环境具有重要的意义.

因子分析在选优及分类上有很多报道^[3-5], 本文通过对文冠果的主要经济性状分析, 探讨因子分析用于文冠果优种选择的可行性, 旨在为文冠果优树选择提供理论依据.

1 材料与方法

1.1 材料与试验地概况

供试材料来自内蒙古赤峰市翁牛特旗经济林场的 41 年生文冠果. 翁牛特旗文冠果起源为实生播种苗, 林分郁闭度 0.5 ~ 0.7, 株行距 4 m × 4 m, 林地面积约 56 000 m², 健康状况良好, 平均树高 3.2 m, 胸径 9.27 cm.

收稿日期: 2008-05-06

作者简介: 敖妍(1981—), 女, 博士研究生, E-mail: aoyan316@163.com

基金项目: “十一五”国家科技支撑计划(2006BAD18B0101, 2006BAD07A00)

试验地位于翁牛特旗中部,东经 119°00',北纬 42°57',海拔 623 m,土壤种类为沙质栗钙土,土层厚 60~100 cm,pH7.5~8.0,母岩类型为石灰岩.该地区属于大陆性气候,年温差较大并且干旱少雨.年均气温 5.9℃,极端最高气温 36.9℃,极端最低气温 -28.8℃,年均降雨量 320 mm,年蒸发量在 2 100 mm 以上,生长期 130 d 左右,主要林下植被有麻黄草 *Ephedra equisetina*,碱草 *Elymus dahuricus* var. *dahuricus* 等.

1.2 调查方法与统计分析

在林分中,按对角线法设置 13 块标准地,选择树势强健、树姿开张、枝叶繁茂、结果枝粗壮、有侧芽结果和侧生小枝结果习性、抗性强、无病虫害、无机械损伤的单株为候选株,共选出 374 株候选株.测定项目包括出籽率、百果质量、果实鲜质量、结果数、种子产量、含油率.于 2007 年 7 月底至 8 月初果实成熟时采收,单株均单采单收,利用梯子和高枝剪采收每株全部果实,并收集地面落果.采后称单株果实鲜质量后将果实于阳光下晒至果皮微裂(利于去皮),去皮收集种子,再称单株种子质量.出籽率 = (种子质量/果实质量) × 100%.百果质量 = (果实鲜质量/结果数) × 100.种子含油率的测定参照国家标准^[6],采用武汉航空仪表有限公司生产的 HCY-10 核磁共振(NMR)含油量测量仪测定,重复 8 次.

通过因子分析法进行育种指标的确定和综合评价^[7-10],开展以高产、高含油率为目标的优良单株选育.首先对参试单株各指标的测定值进行因子分析^[11],根据入选累积贡献率得到对应于入选特征值的特征向量和因子载荷,确定主因子;根据载荷矩阵的方差最大旋转矩阵和相关系数矩阵的逆矩阵,确定各指标的权重,根据各主因子贡献率的大小,确定入选综合因子的权重;计算各主因子得分,并据此对参试单株进行综合评定并选择育种指标.主因子得分 = 因子中的决定性指标的值 × 决定性指标所占的权重;综合得分 = $\sum Y_i \times C_i$,其中, Y_i 表示第 i 个主因

子得分值, C_i 表示第 i 个主因子的贡献率.

根据筛选出的主因子计算所观测 374 个单株综合得分值对群体进行分层聚类,将观测群体划分为 4 类,其中高产、高含油率的一类可作为选择具有较高经济性状优树的依据.

以上运算过程由 SPSS 11.0 分析程序实现.

2 结果与分析

2.1 参试单株间性状变异分析

由表 1 可知,大部分文冠果单株间存在着较大的变异,其中,以种子产量间的变异最为显著(变异系数达 1.06),果实鲜质量和结果数的变异也非常大,分别为 1.02 和 0.95.这说明参试单株间产量差异比较大,良莠不齐.而种子含油率的变异系数较小(变异系数为 0.12).由以上分析可知初选所得单株在 6 个不同性状上均存在较大差异,进行单株选择的范围较大.

表 1 参试单株间性状变异

Tab. 1 Variation in characters between individual plants

性状	平均值	标准差	变幅	极差	变异系数 ¹⁾
出籽率/%	38.47	9.97	64.81~13.33	70.00	0.26
百果质量/g	2 980.61	1 103.36	7 500.00~1 000.00	6 500.00	0.37
果实鲜质量/g	745.62	760.47	5 090.00~20.00	5 070.00	1.02
结果数/个	25.65	24.35	163.00~1.00	162.00	0.95
种子产量/g	272.38	288.69	2 420.00~10.00	2 410.00	1.06
含油率/%	33.33	3.91	42.70~20.32	22.38	0.12

1) 变异系数 = 标准差/平均值 × 100%

2.2 因子分析及主要选择指标的确定

特征根和贡献率是选择主成分的依据,将文冠果 6 个原性状指标即出籽率、百果质量、果实鲜质量、结果数、种子产量、含油率转化为 6 个因子.由表 2 看出,第 1 个因子的特征根为 2.893,方差贡献率为 48.216%,是最重要的主因子;第 2 个因子的特征根为 1.465,方差贡献率为 24.411%,代表了全部性状信息的 24.411%,是仅次于第 1 主因子的重要主

表 2 各变量主因子贡献率

Tab. 2 Total variance explained

因子	初始值			旋转前主因子			旋转后主因子		
	特征根	贡献率/%	累计贡献率/%	特征根	贡献率/%	累计贡献率/%	特征根	贡献率/%	累计贡献率/%
1	2.893	48.216	48.216	2.893	48.216	48.216	2.845	47.424	47.424
2	1.465	24.411	72.627	1.465	24.411	72.627	1.488	24.800	72.224
3	1.076	17.925	90.552	1.076	17.925	90.552	1.100	18.329	90.552
4	0.479	7.985	98.537						
5	0.049	0.824	99.362						
6	0.038	0.638	100.000						

因子.第3个因子的特征根为1.076,方差贡献率为17.925%.其他因子的贡献率分别为7.985%、0.824%和0.638%,依次明显减少.前3个因子的累积方差贡献率为90.552%,表明前3个因子已经把文冠果主要产量、含油率性状90.552%的信息反映出来,因此可以选取前3个因子为主因子,并将其作为高产、高含油率文冠果单株选择的综合指标,记3个主因子为 F_1 、 F_2 、 F_3 .

对因子载荷矩阵进行方差最大正交旋转,根据旋转后的因子载荷矩阵,可以确定不同主因子所代表的变量.从表3可以看出, F_1 主要代表了种子产量(0.976),果实鲜质量(0.967)以及结果数(0.975)等指标,称之为产量因子,即 F_1 得分较高时产量必然较高. F_2 主要代表了百果质量(0.835)的指标,另外出籽率的绝对值也较大(0.866). F_3 以含油率(0.961)的绝对值最大,称之为含油率因子, F_3 得分较高则代表该株种子含油率也高.

表3 各变量旋转因子矩阵
Tab.3 Rotated component matrix

指标	主因子		
	F_1	F_2	F_3
出籽率	-0.059 190	-0.866 340	0.237 695
百果质量	0.041 541	0.835 468	0.325 137
果实鲜质量	0.967 336	0.187 431	0.051 997
结果数	0.975 287	-0.056 110	-0.068 870
种子产量	0.975 898	0.028 997	0.077 618
含油率	0.029 807	0.017 908	0.961 262

如果分别用 X_1 、 X_2 、 X_3 、 X_4 、 X_5 、 X_6 表示百果质量、果实鲜质量、结果数、种子产量、出籽率、含油率6个变量,则根据因子得分的系数矩阵,可列出前1、3主因子的函数表达式为:

$$F_1 = 0.071X_1 + 0.341X_2 + 0.327X_3 + 0.335X_4 - 0.067X_5 + 0.030X_6;$$

$$F_3 = 0.121X_1 - 0.007X_2 - 0.067X_3 + 0.048X_4 + 0.396X_5 + 0.867X_6.$$

可以看出, F_1 的表达式中果实鲜质量、结果数、种子产量的系数较大, F_3 的表达式中含油率的系数最大.

2.3 优良单株选择

根据选优目标,即高产、高含油率优树的筛选,计算各单株第1主因子与第3主因子的得分值,以方差贡献率为权重,求出各单株的综合得分,再以综合得分的大小排序.根据评分原则按照10%的入选率,入选的37个单株的第1主因子(F_1)与第3主因子(F_3)的得分和综合得分排序见表4.

表4 第1、3主因子得分以及参试单株综合评价得分
Tab.4 Scores of F_1 and F_3 and synthesis evaluation score of each plant

单株编号	F_1	F_3	总分 ¹⁾	单株编号	F_1	F_3	总分 ¹⁾
02_13_03	6.44	0.22	2.94	01_23_15	0.87	2.58	1.05
01_13_04	5.74	1.38	2.85	02_16_09	2.42	-0.10	1.04
02_28_4	2.34	1.23	1.86	01_11_05	2.22	0.45	1.04
02_12_8	2.96	-0.14	1.73	02_7_5	2.19	-0.67	1.01
02_19_36	3.96	0.10	1.72	01_15_08	1.65	0.28	0.99
02_16_37	2.41	1.61	1.60	01_12_16	2.52	0.00	0.98
02_14_15	3.18	0.70	1.58	02_7_4	2.13	0.43	0.96
01_19_49	2.60	-0.89	1.51	02_13_07	2.58	-0.41	0.93
02_8_6	3.17	-0.29	1.50	01_26_38	0.91	1.41	0.91
02_8_8	1.97	1.21	1.46	02_17_23	1.60	-0.60	0.91
02_17_22	2.54	0.48	1.43	02_14_29	1.49	-0.04	0.88
02_12_05	3.36	-0.31	1.37	02_16_03	0.85	0.89	0.84
02_19_32	2.53	1.09	1.22	02_17_20	1.39	-0.44	0.82
02_4_3	2.86	-0.49	1.15	02_16_11	0.52	1.86	0.81
02_7_7	1.40	0.40	1.13	02_19_31	1.34	-0.07	0.75
02_12_07	2.42	1.02	1.12	01_7_11	1.66	-0.69	0.74
02_19_30	1.06	1.60	1.10	02_3_3	1.24	0.45	0.73
01_22_11	1.79	-0.14	1.09	02_22_04	1.15	1.80	0.72
02_8_9	1.31	1.45	1.05				

1) 总分 = F_1 得分 \times F_1 贡献率(48.22%) + F_3 得分 \times F_3 贡献率(17.93%)

2.4 聚类分析

根据第1主因子和第3主因子的得分值对所观测的374个单株进行分层聚类,结果见表5.

表5 所有单株 F_1 、 F_3 主因子聚类分析结果
Tab.5 Result of all plants' F_1 and F_3 cluster analysis

聚类类别	单株数	F_1 均值	F_3 均值
I	2	6.09	0.80
II	35	2.05	-0.32
III	320	-0.24	0.15
IV	17	-0.41	-2.30

由聚类分析结果(表5)可知, F_1 的得分均值顺序为I > II > III > IV, F_3 的得分均值顺序为I > III > II > IV.如果仅考虑产量性状,则可以 F_1 的得分顺序筛选单株,同样若要单选择含油率高的单株,可以 F_3 得分顺序筛选.类群I中各单株的 F_1 和 F_3 因子得分的平均值均最大,表明其综合表现良好.类群IV的2项因子得分均最低,表明这些单株产量、含油率表现最差.

3 讨论与结论

研究表明,所有观测单株在各性状上存在着较大的变异,种子产量间的变异最大.

采用因子分析法将文冠果的6个主要经济性状转化为3个主因子,3个主因子提供了原性状90.55%的信息,且具有明确的生物学意义, F_1 为产量因子, F_2 为百果质量因子, F_3 为含油率因子.根据高产、高含油率单株选择的目标,以将 F_1 和 F_3 2个指标同时考虑求出的各单株的综合得分为标准,筛选出的37个优良单株是同时具有高产、高含油率2个特性的单株,符合选择目标.同时将所有观测单株分为4类,可以根据不同的选优目标进行选择.

从20世纪70年代中期,人们相继展开了一系列文冠果的选育工作,并取得了一定的进展.前人对文冠果的早期选育、优良单株的选择等方面进行的研究表明,文冠果早期选育是可行的^[12-13],选出了不少优良单株.但前人对文冠果优良单株选择主要采用的是制定优树选择标准以及8株对照法等^[14-18].本研究将因子分析用于高产、高含油率文冠果优良品种的选择,既能把握品种的综合性状表现,又能简化选择程序,较人工打分选优快捷,克服了人为的主观打分误差,且指标权重的确定更具有科学性和客观性.笔者实地调查发现,文冠果长期处于野生状态,粗放型的管理以及人们的大量砍伐使得早期选出的优良单株无从查起,因此文冠果的选育工作已迫在眉睫.本研究将参试单株的综合得分排序,其结果与品种的实际表型相近.但所选37个单株性状的稳定性以及母本的性状是否能在子代中表现出来,仍需在实践中连续观测和进一步检验,以确保所选优树的准确性.

致谢:本研究在中国林业科学研究院林业所王涛院士指导下完成,在此深表谢意!

参考文献:

- [1] 牟洪香.木本能源植物文冠果(*Xanthoceras sorbifolia* Bunge.)的调查与研究[D].北京:中国林业科学院林业研究所,2006:59-61.
- [2] 李瑞平,张永信,王鑫.北方干旱半干旱地区退耕还林重点树种——文冠果[J].河北林业科技,2003(1):51-52.
- [3] 雷小华,涂炳坤,王茂丽,等.主成分分析在香椿性状评价和优良单株选择中的运用[J].华中农业大学学报,2006,25(4):441-444.
- [4] 涂炳坤,郭刚奇,徐正红,等.油桐数量性状的主成分分析及分类[J].华中农业大学学报,1994,13(3):296-300.
- [5] 韩凤鸣,牛立新,张延龙,等.百合性状的主成分分析[J].西北林学院学报,2006,21(2):90-92.
- [6] 王以群,鲍元奇,张颖.GB/T15690—1995油籽含油量核磁共振测定法[S].北京:中国标准出版社,1995:1-8.
- [7] 陈斐.油桐33个家系的因子分析与选优研究[J].浙江林业科技,1999,18(3):18-23.
- [8] 郭军战,张龚,成密红,等.葛藤优良单株选择[J].西北林学院学报,2006,21(3):50-53.
- [9] 郭宝林,杨俊霞,李永慈,等.主成分分析法在仁用杏品种主要经济性状选种上的应用研究[J].林业科学,2000,36(6):53-56.
- [10] 朱道圩,海沃德猕猴桃杂种 F_1 实生群体表型变异的主成分分析与优良单株选择[J].果树科学,1996,13(4):215-218.
- [11] 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,1991:196-216.
- [12] 廖礼科,雷开寿.文冠果早期选优的初步探讨[J].陕西林业科技,1981(6):31-32.
- [13] 党拴印.文冠果优良单株选择的可能性及其增产潜力[J].陕西林业科技,1981(6):33-34.
- [14] 翁牛特旗乌丹经济林场,辽宁省熊岳农业科学研究所.文冠果优树评选标准及优良单株介绍[J].辽宁林业科技,1975(5):10-12.
- [15] 辽宁省文冠果科研协作组.文冠果优树评审会议纪要[J].辽宁林业科技,1978(1):45-45.
- [16] 内蒙古林学院林学系.文冠果优良单株——内林53号[J].林业科技通讯,1980(7):4-5.
- [17] 董云岚.文冠果优树选择法[J].河南农林科技,1982(1):30-33.
- [18] 安守琴,贾桂霞.文冠果优良无性系选择[J].内蒙古林学院学报,1987(2):52-59.

【责任编辑 李晓卉】