

主成分分析法在油茶无性系综合评价中的应用

杜洋文¹, 邓先珍^{1*}, 徐春永¹, 罗治建¹, 曾博¹, 聂明², 成学武³

(1. 湖北省林业科学研究院, 湖北 武汉 430079; 2. 重庆市巴南区林业局, 重庆 巴南 401320; 3. 麻城国营长岭岗苗圃, 湖北 麻城 438300)

摘要: 采用主成分分析方法, 分析了 10 个鄂油无性系的树高、果皮厚度、果实纵横径、果形指数、单果种籽数、冠幅、株产果、单位面积冠幅产果、鲜果出籽率、鲜果干出籽率、鲜果出干仁率、干仁含油率、株产油、油酸、亚油酸、棕榈酸、硬脂酸、其他、相对电导率、MDA、CAT 等 22 个性状指标。结果表明: 6 个主成分的方差累积贡献率达到 91.308 0%, 基本能够反映所有信息。构建了综合评价模型 $F = a_1Z_1 + a_2Z_2 + a_3Z_3 + a_4Z_4 + a_5Z_5 + a_6Z_6$, 综合评价结果以鄂油 102、鄂油 151、鄂油 39、鄂油 54 这 4 个无性系综合性状最优。

关键词: 主成分; 油茶; 无性系; 综合评价

中图分类号: S794.4 文献标志码: A 文章编号: 1000-2286(2012)06-1193-06

Application of Principle Component Analysis on Comprehensive Evaluation of *Camellia oleifera* Clone

DU Yang-wen¹, DEBG Xian-zhen^{1*}, XU Chun-yong¹,
LUO Zhi-jian¹, ZENG Bo¹, NIE Ming², CHENG Xue-wu³

(1. Hubei Academy of Forestry, Wuhan 430075, China; 2. Banan Forestry Bureau, Banan 401320, China; 3. Changling-gang Nursery of Macheng City, Macheng 438300, China)

Abstract: Using the method of principle component analysis 22 characteristics of *Camellia oleifera* such as height, pericarp thickness, fruit vertical diameter, fruit horizontal diameter, fruit shape index, seeds of single fruit, crown width, fruit weight of single plant, wet weight of per crown width, the ratio of seed to fresh fruit, the ratio of fresh seed to fresh fruit, oil rate of dry kernel, oil of single plant, oleic acid, linoleic acid, palmitic acid, stearic acid, other acids, EC, MDA, CAT from 10 clones were studied. The results showed that the cumulative proportion of 6 principal components reached 91.308 0%; these principal components could reflect most information on clone characteristics of *Camellia oleifera*. The comprehensive evaluation model $F = a_1Z_1 + a_2Z_2 + a_3Z_3 + a_4Z_4 + a_5Z_5 + a_6Z_6$ was structured, the result of comprehensive evaluation was that the comprehensive characteristics of 4 clones for eyou102, eyou151, eyou39 and eyou54 were the best.

Key words: principle component; *Camellia oleifera*; clone; comprehensive evaluation

收稿日期: 2012-02-21 修回日期: 2012-06-05

基金项目: 国家农业科技成果转化资金项目(2010GB2D100306)和中央财政林业科技推广项目([2009]TK014)

作者简介: 杜洋文(1981—)男, 硕士生, 主要从事经济林培育研究, E-mail: lulang719820@163.com; * 通讯作者: 邓先珍, 研究员, 主要从事经济林培育研究。

油茶(*Camellia oleifera* Abel.) 为我国特有的木本油料树种,与油橄榄(*Olea europaea* L.)、油棕(*Elaeisguineensis* Jacq.)、椰子(*Cocos nucifera* L.) 并称世界 4 大木本油料树种^[1]。主要分布于湖南、江西、广西、福建、浙江、广东、湖北、贵州、安徽、重庆、云南、河南、四川、陕西 14 个省(区、市)的 642 个县(市、区)^[2-5]。

近年来,油茶已成为新的发展热点,国家及各级政府都出台相应政策大力发展和鼓励支持发展油茶。我省作为油茶发展北部边缘产区,从油茶良种选育、种苗繁育、丰产造林、低产林改造等多方面开展科研工作,大力发展油茶产业。对油茶的树体性状、果实性状、经济性状、品质、抗性等进行综合评价的研究鲜有报道,仅有少量研究对部分性状^[6]进行评价分析。鄂油无性系是多年来经过优树选择、区域试验、子代测定等程序选育而来的。本文采用主成分分析方法对鄂油无性系展开全面综合性评价,旨在提出综合性状表现最优无性系,为油茶产业健康、持续、稳定发展提供良种保证。

1 试验地概况

试验地位于湖北省麻城市五脑山林场,东经 115.073°,北纬 31.234°,平均海拔高在 32~38 m,属亚热带季风气候区,山地、丘陵、平原、湖泊兼而有之。日照充足,光能资源丰富,年平均日照时数 2 126 h,日照百分率 49%,年总辐射量 1 200 kcal/cm²,无霜期长。常年主导风向为东北风和北风,平均风速 2.4 m/s。平均降水量 1 164.4 mm,最大降水量 2 009.3 mm,3—8 月的降水量占全年降水量的 75% 左右,每年 6 月中旬至 7 月中旬雨量最为丰沛。极端最高气温 41.5 °C,极端最低气温 -15.3 °C,年平均气温 16.1 °C。秋寒最大降温幅度可达 14 °C,12—2 月各月的平均温度在 3~5 °C。

2 材料与方法

2.1 试验材料

以 15 年生的鄂油无性系为供试材料,该无性系为芽苗砧嫁接苗。采用随机区组试验设计,3 次重复,每小区 10 株,共计 300 株。目前,林分有少量缺株,但基本保存完整,树势旺盛,长势良好,处于结果盛期。

2.2 试验方法

对 10 个鄂油无性系分品种调查,每个品种调查 10 株,主要调查以下指标:树高、果皮厚度、果实纵横径、果形指数、单果种籽数、冠幅、株产果、单位面积冠幅产果、鲜果出籽率、鲜果干出籽率、鲜果出干仁率、干仁含油率、株产油、油酸、亚油酸、棕榈酸、硬脂酸、其他、相对电导率、MDA、CAT 等 22 个性状指标。以每个无性系的指标均值参与综合分析。

2.3 测定方法

干仁含油率采用索氏抽提法测定,采用气相色谱仪分析油茶脂肪酸组分,各组分含量用峰面积归一法进行定量分析,相对电导率测定参照赵世杰等^[7]的方法,丙二醛 MDA 测定参照 Heath 等^[8]的硫代巴比妥酸(TBA)比色法,过氧化氢酶 CAT 测定参照李晓敏^[9]的紫外分光光度法测定。

2.4 分析方法

采用 SPSS13.0 对 10 个无性系的 22 个指标进行主成分分析,并对 10 个无性系的指标性状进行综合评价。

3 结果与分析

3.1 对无性系指标进行标准化处理

由于各测定指标具有不同的量纲,在数量级上也有很大差异,在应用主成分分析研究时,不同的量纲和数量级会产生新的问题。为了消除变量间的量纲关系,从而使数据具有可比性,在进行主成分分析之前先对数据作标准化处理。标准化数据处理结果见表 1。

3.2 对无性系指标进行 SPSS 主成分分析

采用 SPSS 进行主成分分析,分别得出各主成分的特征值(表 2)、特征向量(表 3),以及对各主成分变量的评价和综合评价 F 值(表 4)。

表 1 不同无性系各指标数据标准化处理
Tab. 1 The standardization of different clones characters' measured datas

无性系 Clones	鄂油 102 eyou102	鄂油 151 eyou151	鄂油 39 eyou39	鄂油 54 eyou54	鄂油 63 eyou63	鄂油 81 eyou81	鄂油 276 eyou276	鄂油 361 eyou361	鄂油 424 eyou424	鄂油 465 eyou465
树高/m height	1.10	0.41	0.76	-1.66	0.41	0.41	-1.31	-0.97	-0.28	1.10
果皮厚度/cm Pericarp thickness	-0.87	-0.25	2.23	-0.87	-0.25	0.16	-0.45	1.20	-0.87	-0.04
果实纵径/cm Fruit vertical diameter	1.71	-0.34	0.62	-1.83	0.14	0.06	0.26	0.95	-0.78	-0.78
果实横径/cm Fruit horizontal diameter	0.58	-0.08	1.04	-1.74	-0.74	0.58	-0.74	1.70	-0.12	-0.47
果形指数 Fruitshape index	1.29	-0.36	-0.70	0.13	1.29	-0.53	1.46	-1.19	-1.03	-0.36
单果种籽数 Seeds of single fruit	0.22	-0.07	-1.10	-0.91	-1.19	-0.72	1.06	0.96	1.71	0.03
冠幅/m ² Crown width	-0.45	2.09	-0.93	-0.52	-0.11	-0.79	0.53	-0.66	-0.47	1.31
株产果/kg Fruit weight of single plant	-1.58	0.79	-0.16	-1.11	1.07	-0.82	1.36	0.79	0.22	-0.54
单位面积冠幅产果/(kg·m ⁻²) Wet weight of per crown width	-1.15	-0.98	0.68	-0.63	1.08	-0.06	0.68	1.31	0.56	-1.49
鲜果出籽率/% The ratio of seed from fresh fruit	0.52	0.99	-1.54	-0.74	0.00	-0.05	-1.47	0.18	0.61	1.50
鲜果出干籽率/% The ratio of fresh seed from fresh fruit	0.20	0.82	-0.89	-0.11	-0.04	-0.63	-0.70	-0.47	-0.62	2.44
鲜果出干仁率/% Dry kernel rate of fresh fruit	1.04	1.65	-1.10	0.84	-0.04	-0.35	-0.68	-1.21	-0.85	0.71
干仁含油率/% Oil rate of dry kernel	0.23	1.24	-1.51	0.50	-0.59	0.39	-0.36	-1.60	0.50	1.19
株产油/kg Oil of single plant	-0.29	1.80	-1.33	0.75	0.28	-0.34	-0.29	-1.24	-0.48	1.13
油酸/% Oleic acid	0.66	-0.12	-1.18	1.10	0.34	1.11	-1.39	-0.71	-0.94	1.12
亚油酸/% Linoleic acid	-0.64	-0.20	1.56	-1.11	-0.47	-0.98	1.32	0.71	0.75	-0.94
棕榈酸/% Palmitic acid	-0.84	0.08	-0.76	-1.33	-0.28	-0.49	2.10	0.59	0.92	0.00
硬脂酸/% Stearic acid	0.96	1.38	-0.69	1.07	0.96	-1.32	-0.85	-0.04	-0.54	-0.93
其它/% Others	-0.13	0.65	1.40	0.52	0.05	0.10	-1.61	-0.31	0.97	-1.64
EC	-1.89	-0.23	0.07	0.39	-0.72	0.61	-0.62	1.77	-0.25	0.87
MDA	-1.78	0.79	0.17	-0.56	-0.32	-1.20	0.12	0.26	1.14	1.39
CAT	1.86	0.69	-1.34	-0.01	-1.02	-1.17	-0.43	0.46	0.58	0.37

由表 2 可知,以特征值大于 1.0 为标准,有 6 个主成分符合要求,而且这 6 个主成分特征值累积贡献率为 91.308 0%,能够反映 10 个无性系 22 个指标的综合信息,完全符合主成分分析的要求,故取前 6 个主成分作为数据分析的有效主成分。6 个主成分特征值及累积贡献率分别如下:第 1 个主成分特征值为 7.778 4,贡献率为 35.356 3%;第 2 个主成分特征值为 3.879 2,累积贡献率为 52.9892%;第 3 个主成分特征值为 2.808 3,累积贡献率为 65.754 1%;第 4 个主成分特征值为 2.458 7,累积贡献率为 76.929 9%;第 5 个主成分特征值为 1.614 5,累积贡献率为 84.258 4%;第 6 个主成分特征值为 1.548 7,累积贡献率为 91.308 0%。

由表 3 各主成分指标的特征向量可知,第 1 主成分单位面积冠幅产果分量值较大且为负,鲜果出干仁率、干仁含油率和株产油、鲜果出干籽率分量值较大,说明其在第 1 主成分中起重要作用,因此,第 1 主成分可归为经济因子;第 2 主成分以单果种籽数、冠幅、株产果分量值较大,可归为产量因子;第 3 主成分以相对电导率和 MDA 分量值较大,可归为耐寒因子;第 4 主成分以果实纵径和果实横径分量值较大,可归为果实因子;第 5 主成分以冠幅、株产果、单果种籽数、树高、果皮厚度分量值较大,可归为表型因子;第 6 主成分以油酸、亚油酸、棕榈酸和硬脂酸分量值较大,可归为品质因子。以上 6 个主成分的分

量为负且值较大,说明分量对该主成分的负向影响越大;分量为正且值较大,说明分量对该主成分影响更有利。

表 2 SPSS 主成分分析法得到的各指标特征值

Tab.2 The characteristic eigenvalues by principal component analysis of SPSS

主成分 Principal component	特征值 Eigenvalues	贡献率/% Variance	累积贡献率/% Cumulative
1	7.778 4	35.356 3	35.356 3
2	3.879 2	17.632 9	52.989 2
3	2.808 3	12.764 9	65.754 1
4	2.458 7	11.175 8	76.929 9
5	1.614 5	7.338 5	84.268 4
6	1.548 7	7.039 6	91.308 0

表 3 各主成分指标特征向量

Tab.3 The characteristic eigenvectors of principal component

指标 Characteristics	主成分 1 Principal component 1	主成分 2 Principal component 2	主成分 3 Principal component 3	主成分 4 Principal component 4	主成分 5 Principal component 5	主成分 6 Principal component 6
树高/m height	0.107 0	-0.138 1	0.224 7	0.345 7	0.365 7	-0.037 1
果皮厚度/cm Pericarp thickness	-0.234 1	-0.096 8	0.328 7	0.019 2	0.323 0	0.027 3
果实纵径/cm Fruit vertical diameter	-0.144 1	-0.142 8	-0.087 3	0.509 6	0.180 5	-0.088 3
果实横径/cm Fruit horizontal diameter	-0.194 5	-0.087 0	0.277 0	0.401 6	0.011 7	0.048 6
果形指数 Fruitshape index	0.087 1	-0.074 9	-0.506 5	0.059 8	0.239 3	-0.233 0
单果种籽数/颗 Seeds of sigle fruit	-0.074 1	0.354 7	-0.072 7	0.267 4	-0.413 3	0.013 1
冠幅/m ² Crown width	0.208 8	0.325 3	0.011 6	0.040 0	0.339 3	0.082 4
株产果/kg Fruit weight of sigle plant	-0.157 4	0.330 7	-0.133 9	-0.082 1	0.323 6	0.126 3
单位面积冠幅产果/(kg · m ⁻²) Wet weight of per crown width	-0.316 2	0.032 6	-0.095 7	-0.109 4	0.032 4	0.050 6
鲜果出籽率/% The ratio of seed from fresh fruit	0.231 5	0.144 5	0.245 2	0.254 5	-0.091 3	0.065 7
鲜果出干籽率/% The ratio of fresh seed from fresh fruit	0.278 1	0.152 8	0.208 4	0.089 8	0.193 9	-0.135 9
鲜果出干仁率/% Dry kernel rate of fresh fruit	0.335 5	-0.036 9	-0.065 7	0.045 8	0.108 6	0.158 9
干仁含油率/% Oil rate of dry kernel	0.313 8	0.126 7	0.028 7	-0.037 2	-0.126 7	-0.000 5
株产油/kg Oil of sigle plant	0.315 5	0.144 6	-0.013 9	-0.150 6	0.179 2	0.110 6
油酸/% Oleic acid	0.276 4	-0.219 6	0.122 0	-0.089 6	-0.086 5	-0.246 7
亚油酸/% Linoleic acid	-0.297 5	0.171 3	-0.071 0	0.088 6	0.1100	0.1724
棕榈酸/% Palmitic acid	-0.137 7	0.422 7	-0.164 8	0.088 9	-0.022 7	-0.153 8
硬脂酸/% Stearic acid	0.163 0	-0.103 2	-0.224 6	0.021 3	0.079 9	0.511 3
其它/% Others	-0.074 4	-0.231 2	0.101 3	-0.098 4	-0.071 9	0.622 6
相对电导率 EC	-0.086 6	0.115 3	0.433 0	-0.236 4	-0.129 3	-0.122 5
MDA	-0.012 0	0.411 3	0.243 8	-0.108 5	0.109 8	0.169 0
CAT	0.169 3	0.102 1	-0.065 8	0.404 0	-0.337 5	0.202 2

3.3 主成分选取及综合评价模型构建

经过上述分析可知,第 1、2、3、4、5、6 个主成分能够反映 91.308 0% 的综合信息,因此,这 6 个主成分能够有效代表原有的 22 个指标信息。用 Z_1 、 Z_2 、 Z_3 、 Z_4 、 Z_5 、 Z_6 分别表示这 6 个主成分,可得出如下线性方程分别为:

$$Z_1 = 0.107 0X_1 - 0.234 1X_2 - 0.144 1X_3 - 0.194 5X_4 + 0.087 1X_5 - 0.074 1X_6 + 0.208 8X_7 - 0.157 4X_8 - 0.316 2X_9 + 0.231 5X_{10} + 0.278 1X_{11} + 0.335 5X_{12} + 0.313 8X_{13} + 0.315 5X_{14} + 0.276 4X_{15} - 0.297 5X_{16} - 0.137 7X_{17} + 0.163 0X_{18} - 0.074 4X_{19} - 0.086 6X_{20} - 0.012 0X_{21} + 0.169 3X_{22}$$

表 4 综合评价各主成分及 F 值

Tab. 4 Per principal component and F value of comprehensive evaluation

无性系 Clone	主成分 1 Principal component 1	排名 Ranking	主成分 2 Principal component 2	排名 Ranking	主成分 3 Principal component 3	排名 Ranking	主成分 4 Principal component 4	排名 Ranking	主成分 5 Principal component 5	排名 Ranking	主成分 6 Principal component 6	排名 Ranking	F 值 F value	排名 Ranking
鄂油 102 eyou102	3.653 6	1	1.898 7	3	2.372 2	1	0.206 7	4	0.592 8	4	-1.672 3	10	2.057 0	1
鄂油 151 eyou151	3.051 6	2	1.663 1	4	0.328 4	5	0.315 4	3	1.227 6	3	2.120 0	1	1.849 4	2
鄂油 39 eyou39	2.239 4	3	-2.477 9	10	-1.609 1	9	3.308 4	1	-0.623 6	7	-0.069 2	7	0.513 1	3
鄂油 54 eyou54	2.375 2	4	-1.556 2	7	-0.753 5	7	-2.988 9	10	-1.424 0	9	0.506 6	4	0.072 6	4
鄂油 63 eyou63	-1.192 5	7	1.939 5	2	0.124 9	6	0.147 0	5	-1.976 5	10	1.158 5	2	-0.121 3	5
鄂油 81 eyou81	0.088 8	5	-0.895 1	6	-1.463 8	8	-0.848 4	9	1.746 7	1	0.048 8	6	-0.302 8	6
鄂油 276 eyou276	-0.205 8	6	-2.018 5	9	1.264 6	4	-0.575 4	8	-0.531 8	6	-1.557 5	9	-0.525 9	7
鄂油 361 eyou361	-2.270 8	8	2.595 4	1	-2.986 0	10	-0.301 3	7	0.384 2	5	-1.423 7	8	-0.911 3	8
鄂油 424 eyou424	-3.635 7	9	0.830 4	5	1.398 1	2	0.948 0	2	-0.856 1	8	0.132 9	5	-0.994 5	9
鄂油 465 eyou465	-4.103 8	10	-1.979 4	8	1.324 2	3	-0.211 4	6	1.460 7	2	0.755 7	3	-1.636 3	10

$$Z_2 = -0.138 1X_1 - 0.096 8X_2 - 0.142 8X_3 - 0.087 0X_4 - 0.074 9X_5 + 0.354 7X_6 + 0.325 3X_7 + 0.330 7X_8 + 0.032 6X_9 + 0.144 5X_{10} + 0.152 8X_{11} - 0.036 9X_{12} + 0.126 7X_{13} + 0.144 6X_{14} - 0.219 6X_{15} + 0.171 3X_{16} + 0.422 7X_{17} - 0.103 2X_{18} - 0.231 2X_{19} + 0.115 3X_{20} + 0.411 3X_{21} + 0.102 1X_{22}$$

$$Z_3 = 0.224 7X_1 + 0.328 7X_2 - 0.087 3X_3 + 0.277 0X_4 - 0.506 6X_5 - 0.072 7X_6 + 0.011 6X_7 - 0.133 9X_8 - 0.095 7X_9 + 0.245 2X_{10} + 0.208 4X_{11} - 0.065 7X_{12} + 0.028 7X_{13} - 0.013 9X_{14} + 0.122 0X_{15} - 0.071 0X_{16} - 0.164 8X_{17} - 0.224 6X_{18} + 0.101 3X_{19} + 0.433 0X_{20} + 0.243 8X_{21} - 0.065 8X_{22}$$

$$Z_4 = 0.345 7X_1 + 0.019 2X_2 + 0.509 6X_3 + 0.401 6X_4 + 0.059 8X_5 + 0.267 4X_6 + 0.040 0X_7 - 0.082 1X_8 - 0.109 4X_9 + 0.254 5X_{10} + 0.089 8X_{11} + 0.045 8X_{12} - 0.037 2X_{13} - 0.150 6X_{14} - 0.089 6X_{15} + 0.088 6X_{16} + 0.088 9X_{17} + 0.021 3X_{18} - 0.098 4X_{19} - 0.236 4X_{20} - 0.108 5X_{21} + 0.404 0X_{22}$$

$$Z_5 = 0.365 7X_1 + 0.3230X_2 + 0.180 5X_3 + 0.011 7X_4 + 0.239 3X_5 - 0.413 3X_6 + 0.339 3X_7 + 0.323 6X_8 + 0.032 4X_9 - 0.091 3X_{10} + 0.193 9X_{11} + 0.108 6X_{12} - 0.1267X_{13} + 0.179 2X_{14} - 0.086 5X_{15} + 0.110 0X_{16} - 0.022 7X_{17} + 0.079 9X_{18} - 0.071 9X_{19} - 0.129 3X_{20} + 0.109 8X_{21} - 0.337 5X_{22}$$

$$Z_6 = -0.037 1X_1 + 0.027 3X_2 - 0.088 3X_3 + 0.048 6X_4 - 0.233 0X_5 + 0.131 0X_6 + 0.082 4X_7 + 0.126 3X_8 + 0.050 6X_9 + 0.065 7X_{10} - 0.135 9X_{11} + 0.158 9X_{12} - 0.000 5X_{13} + 0.110 6X_{14} - 0.246 7X_{15} + 0.172 4X_{16} - 0.153 8X_{17} + 0.511 3X_{18} + 0.622 6X_{19} - 0.122 5X_{20} + 0.169 0X_{21} + 0.202 2X_{22}$$

同时,以第 1、2、3、4、5、6 主成分的方差贡献率 a_1 、 a_2 、 a_3 、 a_4 、 a_5 和 a_6 作为权数,构建综合评价模型^[10]: $F = a_1 Z_1 + a_2 Z_2 + a_3 Z_3 + a_4 Z_4 + a_5 Z_5 + a_6 Z_6$,其中 F 为综合评价指标,代入相应表达式,可得出 10 个无性系的综合评价指标 F 值(表 4)。

以 6 个主成分分别对 10 个无性系综合指标进行评价,第 1 主成分与综合评价 F 值排名相对统一,其余主成分评价相对较差,说明第 1 主成分在综合评价中起着非常重要的作用。

综合评价 F 值排名如下:鄂油 102(2.057 0) > 鄂油 151(1.849 4) > 鄂油 39(0.513 1) > 鄂油 54(0.072 6) > 鄂油 63(-0.121 3) > 鄂油 81(-0.302 8) > 鄂油 276(-0.525 9) > 鄂油 361(-0.911 3) > 鄂油 424(-0.994 5) > 鄂油 465(-1.636 3)。可知 10 个无性系以鄂油 102、鄂油 151、鄂油 39、鄂油 54 号综合性状较为优良。如果仅考虑其中一个或几个性状,可根据各主成分所表达的因子信息选择相应无性系。

4 结论与讨论

(1) 通过主成分分析,将鄂油无性系 22 个指标转化为 6 个主成分,6 个主成分反映了原 22 个指标 91.308 0% 的信息,且是综合性的、相互独立的指标。根据无性系的 6 个主成分的综合性状表现,可很好地判断和把握无性系综合性状的优劣。

(2) 通过指标特征向量,建立了各主成分评价函数 Z_1 、 Z_2 、 Z_3 、 Z_4 、 Z_5 、 Z_6 。6 个主成分分别表达了不同性状特征信息,第 1 主成分主要为经济性状因子,第 2 主成分主要为产量因子,第 3 主成分主要为耐寒因子,第 4 主成分主要为果实因子,第 5 主成分主要为表型性状因子,第 6 主成分主要为品质因子。

因此,依据不同主成分表达的相应信息,可根据需要选择相应的无性系。

(3) 根据主成分量函数 Z_1 、 Z_2 、 Z_3 、 Z_4 、 Z_5 、 Z_6 构建了综合评价模型: $F = a_1 Z_1 + a_2 Z_2 + a_3 Z_3 + a_4 Z_4 + a_5 Z_5 + a_6 Z_6$ 。通过得到的 F 值对 10 个无性系展开综合评价及排序: 鄂油 102(2.057 0) > 鄂油 151(1.849 4) > 鄂油 39(0.513 1) > 鄂油 54(0.072 6) > 鄂油 63(-0.121 3) > 鄂油 81(-0.302 8) > 鄂油 276(-0.525 9) > 鄂油 361(-0.911 3) > 鄂油 424(-0.994 5) > 鄂油 465(-1.636 3)。

(4) 主成分分析是对多个相关变量的综合评价,其主成分为综合变量,且相互独立。因此,主成分值作为无性系综合评价指标,能较准确地表达各性状的综合表现。同时,主成分分析又能简化选择程序,较人工打分和单一性状评价快捷,且更具有科学性^[11-13]。

参考文献:

- [1]姚小华,韩宁林,王开良,等.全国油茶产业发展规划(2009-2020年)[M].北京:中国林业出版社,2010.
- [2]国家油茶科学中心.油茶高效实用栽培技术[M].北京:科学出版社,2010.
- [3]许洋.不同栽培区域长林无性系油茶籽品质的研究[J].保定:河北农业大学,2010.
- [4]周伟国,王开良,黎曙光,等.长林系列油茶无性系引种栽培试验研究[C].木本粮油产业化分会交流论文,2009:433-439.
- [5]汤晓文,刘韶辉,田亚玲,等.我国油茶产业发展现状及对策——湖南、浙江调研报告[J].林业经济,2008,7:24-28.
- [6]杨小胡,陈永忠,彭邵峰,等.油茶杂交组合的灰色关联度分析[J].经济林研究,2008,26(3):1-7.
- [7]赵世杰,刘华山,董新纯.植物生理学实验指导[M].北京:中国农业科技出版社,1998:68-72.
- [8]Heath R L, Parker L. Photoperitiation in isolated chloroplasts kinetics and stoichiometry of fatty acid peroxidation E J[J]. Arch-Biophys, 1968, 25: 189-198.
- [9]李晓敏.测定切花中过氧化氢酶活性的3种常用方法的比较[J].热带农业科学,2002,22(5):13-16.
- [10]郑丕尧,蒋钟怀,王经武,等.夏播“京早七号”玉米叶片叶绿素含量消长规律的研究[J].华北农学报,1988,3(1):21-27.
- [11]郭宝林,杨俊霞.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.
- [12]高焕章,吴楚,姜学知,等.湖北兴山核桃复选优系主要经济性状主成分分析[J].湖北农学院学报,2001,21(3):207-211.
- [13]孙垠,肖千文,黄丽媛,等.核桃单株经济性状的主成分分析[J].四川农业大学学报,2011,29(2):185-190.

(上接第 1192 页)

- [15]周鹏,耿燕,马文红,等.温带草地主要优势植物不同器官间功能性状的关联[J].植物生态学报,2010,34(1):7-16.
- [16]McGroddy M, Daufresne T, Hedin L. Scaling of C:N:P stoichiometry in forest ecosystems worldwide[J]. Ecology, 2004, 85(9):2390-2401.
- [17]Gordon W, Jackson R. Nutrient concentrations in fine roots[J]. Ecology, 2000, 81(1):275-280.
- [18]Wang Z Q, Guo D L, Wang X R, et al. Fine root architecture, morphology, and biomass of different branch orders of two Chinese temperate tree species[J]. Plant and Soil, 2006, 288:155-171.
- [19]姚元涛,宋鲁彬,田丽丽.山东泰安茶园土壤和茶树营养状况分析[J].北方园艺,2010(2):54-58.
- [20]Braakhekke W G, Hooftman D A P. The resource balance hypothesis of plant species diversity in grassland[J]. Journal of Vegetation Sciences, 1999, 10:187-200.
- [21]Roem W J, Berendse F. Soil acidity and nutrient supply ratio as possible factors determining changes in plant species diversity in grassland and heathland communities[J]. Biological Conservation, 2000, 92:151-161.
- [22]Agren G I. The C:N:P stoichiometry of autotrophs-theory and observations[J]. Ecology, 2004, 7:85-191.
- [23]Hobbie S E, Gough L. Foliar and soil nutrients in tundra on glacial landscapes of contrasting ages in Northern Alaska[J]. Oecologia, 2002, 131:453-462.
- [24]Gusewell S, Koerselman W, Verhoeven J T. Biomass N:P ratios as indicators of nutrient limitation for plant populations in Wetlands[J]. Ecological Applications, 2003, 13(2):372-384.