

油桐 69 个无性系的典范相关 分析与选优研究*

陈 斐

摘要 根据来自全国主要油桐产区的 69 个油桐优良单株在金华试验点连续 7 a 的无性系测定材料,对各个无性系的树体、结实和果实经济成分等性状的 12 项因子,进行典范相关分析,研究综合生长因子对综合产油因子的典范相关,并根据各个无性系的典范坐标对无性系进行展点排序,将 69 个无性系排为 4 类,其产油量分别是对照无性系的 238.6%、187.7%、112.3%、56.1%,表明 I、II 类无性系均优于对照无性系,特别是样本序号为 44、48、54、56 的 4 个 III 类无性系为高产优良无性系。

关键词 油桐 优良无性系 典范相关

油桐(*Aleurites fordii* Hemsl.)是我国特有的木本油料树种资源,在我国有着悠久的栽培历史,经长期的天然杂交和人工选择,已产生了丰富的变异,形成了众多的地方品种,但品种混杂和栽培效益不高的问题普遍存在,各个品种的优良程度还有待研究。本文根据选自油桐分布较广省(区)的 69 个优良单株无性系在金华试验点连续 7 a 的测定数据,用典范相关这一多元分析方法,研究影响油桐无性系产油量与生长因子的相互关系,进而研究各个无性系的“优良程度”。

1 基本情况和数据采集

试验地设于浙江省金华县林场油桐良种繁育基地内,地形平坦,土壤为第四纪红土发育的红壤,质地粘重,土层深厚,有机质含量 7.3 g/kg,全氮 0.52 g/kg,速效氮 47.88 mg/kg,速效钾 36.43 mg/kg, pH 值 5 左右。

试验采用随机区组设计,重复 3 次。第一次重复每小区 6 株(1 行 1 个无性系),第二、三次重复每行 12 株(排列 2 个无性系)。试验地立地条件基本一致,但为提高精度,将参试的 80 个无性系进行分组,共分 4 组,各组都将金华地方品种 86 号作为共同对照(样本序号为 46)。本文选取资料来源中有油脂分析结果的 69 个无性系进行研究,这 69 个无性系单株中,来自浙江临安、金华等 5 个县的有 57 个,来自湖南、广西、福建等省(区)的有 12 个。

试验采用 1 年生苗定砧的方法,定砧前挖穴(80 cm × 80 cm × 80 cm),每穴施厩肥 20 kg,塘泥 35 kg,菜饼 0.25 kg,钙镁磷肥 0.25 kg。在定砧当年 4 月采用优树穗条进行方块形芽接。接后 1~3 a 每年套种乌豇豆或花生,冬天套苕子;第 4~7 年每年 2~3 月机耕一次。另外,3~

1997—11—26 收稿。

陈斐工程师(浙江省金华市林业局 浙江金华 321000)。

* 资料来源于 1986~1990 年夏道鸿副教授主持的浙江省重点课题“油桐育种程序系列研究”。本文经夏道鸿先生审阅,特此致谢。

7 年生的每年早春施菜饼肥 $15.0 \text{ kg}/\text{hm}^2$, 钙镁磷肥 $7.5 \text{ kg}/\text{hm}^2$ 。

数据采集方法: 从第二年开始进行树体等生长因子的测定, 包括树高、主干粗、冠幅、枝下高、分枝轮数, 单位枝条新梢数等。并对每个无性系进行连续 6 a 的结实量统计, 还分析了果实的经济成分。有关测定项目的部分数据见表 1。

表 1 油桐 69 个无性系的测定数据 (7 年生)

样本序号	无性系号	树高 X_1 (m)	冠幅 X_2 (m^2)	枝下高 X_3 (cm)	轮枝数 X_4 (个)	主干粗 X_5 (cm)	单位枝条 新梢数 X_6 (个)	每序雌 花数 X_7 (个)	果实一 般丛生量 X_8 (个)	果实最大 丛生量 X_9 (个)	结果 枝比 X_{10} (%)	气干含 油率 Y_1 (%)	6 _a 计产 果量 Y_2 (kg/株)
1	8	2.85	10.40	80.00	5.40	6.00	2.20	1.20	1.00	4.70	83.60	15.02	23.50
2	91	3.00	10.80	69.80	4.70	6.60	1.80	1.80	2.40	7.00	62.60	15.09	20.30
3	92	4.33	16.20	62.00	3.80	8.30	1.90	1.10	1.00	1.20	76.20	13.97	35.50
4	34	3.12	11.90	69.90	3.80	7.00	2.00	1.80	1.20	4.40	60.00	16.82	20.90
5	48	3.02	9.90	64.20	5.20	6.50	1.90	1.00	1.90	4.70	45.90	21.34	17.90
6	75	3.89	16.60	78.10	4.50	8.10	1.70	1.20	2.10	6.30	44.80	21.27	12.10
7	83	2.98	11.80	54.90	4.50	7.30	2.90	1.90	2.10	5.10	69.90	18.95	21.60
8	6	2.39	7.90	60.20	4.40	6.10	1.40	2.00	3.10	6.80	76.10	14.12	18.00
9	65	3.50	10.90	78.00	3.60	7.10	1.50	0.60	2.20	6.00	17.10	18.69	21.00
10	69	2.49	7.70	73.70	3.80	5.50	1.80	1.20	1.90	3.30	37.10	18.26	20.00
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
61	79	2.15	6.30	66.20	4.60	6.30	3.70	2.10	1.80	6.40	51.90	14.24	20.80
62	25	2.69	9.10	79.50	4.30	6.40	2.20	3.00	2.70	6.40	51.90	19.37	26.80
63	90	2.48	8.40	74.70	5.60	5.90	2.00	3.40	2.90	7.80	65.90	22.88	14.80
64	22	2.63	6.50	55.20	3.70	5.30	2.10	2.30	1.30	5.20	74.90	12.29	16.40
65	5	2.46	7.80	64.80	4.00	5.40	2.10	1.30	1.70	4.70	72.60	17.45	25.10
66	58	2.34	5.90	86.20	3.90	4.50	3.10	3.50	3.60	9.70	70.20	15.58	14.20
67	106	2.90	8.90	52.20	3.90	7.40	2.30	2.20	3.00	7.40	59.90	17.31	13.90
68	94	3.41	12.60	83.70	5.80	7.40	2.10	1.00	1.00	1.60	52.10	14.34	19.40
69	95	3.57	11.70	88.80	4.20	7.50	1.30	1.00	1.00	1.40	63.80	18.48	19.20

2 计算结果与分析

由表 1 可见, 油桐 69 个无性系的性状分析与选优研究, 涉及到两组多元随机变量 (10 个油桐生长因子与 2 个产油量因子) 的关系, 共有 828 个数据, 如何根据这些数据来描述两组变量之间关系的“相关性”? 又如何来判断这 69 个无性系的“优良性”? 对此, 本文采用典范相关分析, 目的是把原来两组多变量化为少数几个典型变量, 通过这几个典型变量间的相关系数来综合描述两组变量关系的“相关性”, 并通过各无性系的典范坐标的展点排序来判断它们的“优良性”^[1]。具体计算步骤^[2]和结果如下:

(1) 将 69 个无性系 (样本) 的 2 组原始数据标准化, 得到标准化矩阵 $X_{10 \times 69} Y_{2 \times 69}$ 。

(2) 计算 X 、 Y 的协方差矩阵 S_{xx} 、 S_{yy} 、 S_{xy} 。

(3) 计算 $S_{xx}^{-1}S_{xy}$ 和 $S_{yy}^{-1}S_{yx}$, 进而计算 $D = S_{yy}^{-1}S_{yx}S_{xx}^{-1}S_{xy}$ 。

(4) 求矩阵 D 的前 K 个特征根 $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_k$ 和特征向量 V_1, V_2, \dots, V_k 。要按公式: $V_j = V_j / (V_j S_{yy} V_j)$, 使 V_j 规格化, 式中 V_j 为任一特征向量。

(5) 计算 U_j , 计算公式为: $U_j = S_{xx}^{-1}S_{xy}V_j / \lambda_j$, 式中的 U_j, V_j 实际上就是相对于 λ_j 的一对典范变量的系数。

(6) 计算自变量的典型变量 Z_j 和因变量的典型变量 W_j 。计算公式为 $Z_j = U_j X (j = 1, 2, \dots, k)$; $W_j = V_j Y (i = 1, 2, \dots, k)$ 。则 Z_j 和 W_j 之间的典型相关系数就是 λ 。一般认为 $\lambda > 0.3$ 时, Z_j 和 W_j 的相关关系为显著, 据此, 本文确定相关关系较显著的 2 对典范变量进行分析。有关计算结果列入表 2。

表 2 油桐 69 个无性系典范相关计算结果

特征指标	特征根 λ	典型相关系数 r
第一典型变量	0.419 9	$r_1^* = 0.648 0 > 0.30$
第二典型变量	0.206 6	$r_2^* = 0.454 5 > 0.30$
第一特征方程	$Z_1 = -0.099 4X_{1+} + 0.026 3X_{2+} + 0.001 7X_{3-} - 0.019 3X_{4+} + 0.090 5X_{5-} - 0.054 9X_{6+}$ $+ 0.020 3X_{7-} - 0.053 9X_{8+} + 0.037 4X_{9+} + 0.002 6X_{10}$ $W_1 = -0.021 0Y_1 + 0.015 2Y_2$	
第二特征方程	$Z_2 = -0.021 1X_{1+} + 0.027 1X_{2-} - 0.003 8X_{3-} - 0.051 1X_{4-} - 0.035 4X_{5+} + 0.078 5X_{6+}$ $- 0.004 1X_{7-} - 0.045 8X_{8+} + 0.017 8X_{9+} + 0.004 0X_{10}$ $W_2 = -0.031 9Y_1 + 0.012 0Y_2$	

由表 2 可见, W_1 与 Z_1 的典型相关系数是 0.648 0, 也就是说树体性状和结实性状构成的第一典范变量 Z_1 (综合生长因子) 对气干果含油率 Y_1 和产果量 Y_2 构成的第一典型因变量 W_1 (综合产油因子) 的影响较大。由特征方程可知, 在第一综合生长因子 Z_1 中起主要作用的是 X_1, X_5, X_6, X_8 , 即树高, 主干粗, 单位枝条新梢数和果实一般丛生量这 4 个变量与综合产油因子关系密切, 有较大影响。

W_2 与 Z_2 的典型相关系数为 0.454 5, 即第二综合生长因子对第二综合产油因子有中等程度的相关。在第二综合生长因子中起主要作用的是 X_4, X_5, X_6, X_8 , 与第一综合生长因子相比变量种类仅 X_4 与 X_1 不同。

综上所述, 对油桐无性系综合产油因子关系较密切的生长因子有树高 X_1 、轮枝数 X_4 、主干粗 X_5 、单位枝条新梢数 X_6 、果实一般丛生量 X_8 , 它们是影响油桐无性系产油量的主要因子。

用表 2 的特征方程, 可算得各无性系(样本)的 X 典范坐标和 Y 典范坐标。本文用典型相关系数最高的第一典范变量的各个无性系的典范坐标, 绘制典范坐标展点图(图 1)。

由图 1 可见, 油桐 69 个无性系在典范坐标展点图上的排序较为明显, 由右上端 左下端依次排序为 4 类, 综合各类无性系的性状指标(表 3)进行分析^[3], 可以发现两大趋势: (1) 排序图从左下到右上, 产油量呈由低向高的趋势; (2) 从右上往左下, 树体的生长势呈由强转弱的趋势。各类无性系的主要性状特点为:

类无性系: 位于排序图的顶端, 由样本序号为 44、48、54、56 的 4 个无性系构成。特

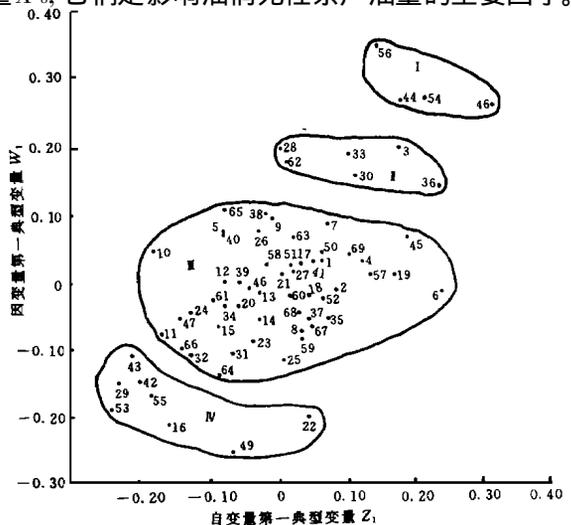


图 1 油桐 69 个无性系第一典范坐标展点排序

表 3 油桐 69 个无性系的分类及其性状指标(7 年生平均值)

性 状	类	类	类	类	平均(全部)
气干果含油率(%)	19.62	18.90	18.06	12.84	16.88
6 a 计产果量(kg/株)	33.70	27.50	18.23	12.10	19.22
树 高(m)	3.65	3.25	2.97	2.35	2.96
冠 幅(m ²)	14.18	11.27	9.80	6.55	9.81
枝 下 高(cm)	73.93	74.70	68.34	60.89	68.35
轮 枝 数(个)	4.73	4.32	4.37	3.90	4.33
主 干 粗(cm)	8.18	7.27	6.62	5.11	6.59
单位枝条新梢数(个)	2.25	2.12	2.22	2.18	2.21
每序雌花数(朵)	2.05	1.77	1.61	2.58	1.76
果实一般丛生量(个)	2.00	2.17	1.92	2.40	2.00
果实最大丛生量(个)	5.75	5.82	5.03	5.81	5.23
结果枝比例(%)	63.05	64.28	59.15	56.24	59.49
所含无性系数(个)	4	6	51	8	69

点是树体高大, 长势旺盛, 冠幅大, 7 年生平均树高 3.65 m, 冠幅 14.18 m², 主干粗 8.18 cm; 结果枝比及雌花比例高, 结果多且含油率高。6 a 计每株产油量在 6.2 kg 以上, 平均值达 6.61 kg/株, 其产油量是对照无性系的 238.6%, 属高产优良无性系。

类无性系: 位于排序图的右上部, 包括样本序号为 3、28、30、33、36、62 的 6 个无性系。特点是树体较高大, 冠幅亦较大, 7 年生平均树高 3.25 m, 冠幅 11.27 m², 主干粗 7.27 cm。结果枝比例高, 结果较多, 含油率亦较高, 6 a 计单株产油都在 4.7~5.5 kg, 平均值为 5.20 kg/株, 是对照无性系的 187.7%, 属中高产无性系。

类无性系: 位于排序图的中部, 包括样本序号为 1、4、5...67、68、69 等 51 个无性系。特点是树体一般, 长势不及前两类旺盛。7 年生平均树高 2.97 m, 冠幅 9.80 m², 主干粗 6.62 cm。结果枝比例中等, 一般在 59.15%, 6 a 计产果量平均为 18.23 kg/株, 气干果含油率 17.06%, 属中等水平。6 a 计每株产油量在 2.0~4.5 kg, 平均为 3.11 kg/株, 是对照无性系的 112.3%, 属中产无性系。

类无性系: 位于排序图的左下端, 包括样本序号为 16、22、29、42、43、49、53、55 号 8 个无性系, 主要特点是树体矮小, 长势较弱, 7 年生平均树高为 2.35 m, 冠幅 6.55 m², 主干粗 5.11 cm, 结果枝比例低。6 a 计产果量平均值仅为 12.1 kg/株, 气干果含油率低, 仅为 12.8%; 6 a 计单株产油量都不到 2.0 kg/株, 平均值为 1.55 kg/株, 仅为对照无性系的 56.1%, 属低产无性系。

3 结 论

(1) 油桐 69 个无性系的典范相关分析表明: 树高、轮枝数、主干粗、单位枝条新梢数和果实一般丛生量是影响油桐产油量的 5 个主导因子, 究其原因, 在于多数无性系嫁接后第二年就进入结果期, 故营养生长期的主干、中央主枝及第一轮主枝的生长状况奠定了树体结构的“基础”; 而枝梢生长和果实一般丛生量等结实习性反映了营养生长和生殖生长的“相关性”。结构“基础”好且“相关性”高, 则产油量高(产果量高且气干果含油率高), 否则反之。

(2) 油桐 69 个无性系按其典范坐标展点排序可划分为 4 类: 类高产优良无性系; 类中高产无性系; 类中产无性系; 类低产无性系。各类无性系间的树体结构、结实性状差异明

显,产油量相差悬殊,与对照无性系相比,、、、类无性系各自的6a合计单株产油量分别为对照无性系的238.6%、187.7%、112.3%、56.1%。表明、类无性系的生产力均好,特别是类最优,类与对照无性系相近。

(3)样本序号为44、48、54、56的4个无性系,即优树号为浙桐选0号、千十三9-1号、浙桐选9号、浙桐选10号为高产优良无性系,极具推广价值。其中:千十三9-1号无性系7年生产果可达12750 kg/hm²,是个早实丰产的优良无性系;浙桐选0号无性系7年生产果可达12852 kg/hm²,且产量连年稳步上升,是个高产稳产的优良无性系;浙桐选9号及浙桐选10号无性系第二年开始结果,第6年出现结果大小年,7年生产果分别可达13418 kg/hm²及11585 kg/hm²,是2个高产的优良无性系。这一结果与夏道鸿等根据同源资料采用方差分析法筛选出的4个优良无性系完全一致¹⁾。另外,本文对其余65个油桐无性系的生产力差异的研究,对油桐良种的推广和选育亦有积极意义。

参 考 文 献

- 1 M. 肯德尔. 多元分析. 北京: 科学出版社, 1983. 76 ~ 89.
- 2 郎奎健, 唐守正. IBMPC 系列程序集——数理统计, 调查规划, 经营管理. 北京: 中国林业出版社, 1989. 465 ~ 472.
- 3 夏道鸿, 卢龙高. 油桐主要经济性状与产油相关分析. 浙江林业科技, 1992, 12(1): 32 ~ 33.

Study on the Selection of 69 Asexual Tung Tree Families by Canonical Correlation Analysis

Chen Fei

Abstract This paper, according to the data of 69 asexual tung tree samples from the main tung origin areas all over the country, which are recorded continuously for 7 years in Jinhua experimental site, completed the analysis of 12 factors including tree body, fruits and their economic value and their contributions by canonical correlation analysis method. The canonical correlations of comprehensive growth factors and comprehensive oil productivity factors are studied. Based on the canonical correlation value from the model of each sample, a sample distribution chart was created and all the samples are clustered as 4 groups. The oil percentages are 238.6% 187.7%, 112.3%, 56.1% of the control asexual sample respectively. This indicated that group 、 are all better than the control asexual samples. Especially the first group (group) which includes sample No. 44, No. 48, No. 54 and No. 56 is the highest productivity category of the asexual family.

Key words tung tree canonical correlation fine asexual family

Chen Fei, Engineer (The Forestry Bureau of Jinhua City, Zhejiang Province Jinhua, Zhejiang 321000).

1) 夏道鸿, 卢龙高. 油桐77号等四个优良无性系. 油桐育种程序系列研究报告, 1992. 99 ~ 102.