

不同种群中海南粗榧(*Cephalotaxus mannii*)形态变异研究\*

向志强 付永川 刘玉成

(西南师范大学生命科学系, 重庆 400715)

杜道林

(海南师范学院生物系, 海口 571158)

QJ48.664

**摘要** 通过变异系数和性状差异显著性检验, 研究了海南粗榧在坝王岭等5个种群内和种群间不同形态变异以及形态总体变异。结果表明: ①海南粗榧营养器官性状比生殖器官性状变异大; 枝性状组中, 分枝角度变异较小; 叶性状组中, 叶数量变异较大; 球果、种子生物量变异都大于它们的其它性状。②在5个种群内, 同一性状变异幅度基本相同。③同一性状在种群间和种群内的变异基本接近。④不同性状在种群间存在差异, 有的显著, 有的不显著, 但种群间形态总体差异都不显著。

**关键词** 海南粗榧; 种群; 形态变异; 变异系数; 差异显著性检验

Study on the morphological variations of *Cephalotaxus mannii* in different populations

Xiang Zhiqiang Fu Yongchuan Liu Yucheng

(Department of Life Science, Southwest China Normal University, Chongqing 400715)

Du Daolin

(Department of Biology, Hainan Teachers' College, Haikou, 571158)

**Abstract** By the variations coefficient and testing the significance of character difference, five populations of *Cephalotaxus mannii* found in Bawang Mountain and other four regions have been studied, focusing on the intra-population as well as inter-population difference and their general morphological variation. The conclusions are drawn: (1) The variability of trophic organs is more significant than that of reproductive organs; the variation of branch angles is the least remarkable among the characters of branches; the most remarkable variation among the characters of leaves is the leaf quantity; the variation of the cones and seeds biomass is more significant than that of other characters; (2) The variation scope of the same character is nearly equal in each populations; properties of the five populations are the same on the whole; (3) So is in inter-populations and intra-population; (4) Every characters are different in different populations, remarkable or not, but the general inter-populations morphological variation is not remarkable.

1998-08-09 收稿

第一作者简介: 向志强, 男, 1970年出生, 硕士研究生, 应用生态学方向。

\* 国家自然科学基金资助项目

**Key words** *Cephalotaxus mannii*; population; morphological variation; variation coefficient; testing the significance of variation.

海南粗榧为粗榧科粗榧属常绿乔木,雌雄异株<sup>[1]</sup>。主产海南,零星分布于海南中南部黎姆山、五指山、坝王岭、尖峰岭、吊罗山、卡法岭等海拔700~1100m的山地雨林中<sup>[2]</sup>。因其繁殖不易,生长极缓,加之70年代发现它含有抗癌物质后过度采伐,目前数量稀少,濒于绝灭,为国家二级稀有濒危重点保护植物<sup>[1,2]</sup>。为进一步探明海南粗榧种质资源状况,了解各性状变异幅度,以及性状变异之间关系,本文从表型上对不同种群海南粗榧进行了系统调查和分析,以期探索海南粗榧种群分化和演进,及在形态学水平上研究其遗传多样性提供资料。

## 1 材料与方 法

### 1.1 野外调查与取样

根据海南粗榧地理分布,于1997年8~9月对坝王岭、尖峰岭、黎姆山、吊罗山、卡法岭5个种群进行了调查,因海南粗榧呈零星分布<sup>[2]</sup>,调查时,在各种群随机取成年、中年各5株进行,雌雄比为5:5。

### 1.2 性状调查

#### 1.2.1 枝、叶性状

在每个种群内,对所调查的植株分上、中、下3层按东南西北4个方向各取一一级枝,在每一一级枝上随机取一二级枝,依次进行,至每一四级枝上随机取一五级枝,共取得600条枝(每级枝120条)。分别测量所取枝的长度(cm)、基径(cm)、分枝角度、枝上的次级枝数(一级枝数不予调查)、叶数、叶长度(cm)、叶宽度(cm)、分枝角度(g),并计算出叶形系数,叶形系数指叶长度与宽度的比值,各级枝上的叶长度、叶宽度、单叶重,均是在该枝上随机取10片叶分别用游标卡尺和电子天平测量求均值而得,单叶重为鲜重。

#### 1.2.2 球果、种子性状

在每个种群内,将所调查的每个雌株分上、中、下3层以东南西北4个方向,随机取2个成熟的球果共120个,用游标卡尺和电子天平分别测量球果、种子的长度(cm)及宽度(cm)、单粒重(g),并计算出果形系数,从而得到球果、种子7个性状各120个数据。其中,单个球果重、单粒种子重均为鲜重,果形系数指球果长度与宽度的比值。

### 1.3 数据处理

将5个种群调查的51个性状各120个数据,进行统计,计算性状种群内和种群间的平均数、标准差、变异系数<sup>[3]</sup>。种群间的平均数、标准差、变异系数是以5个种群内的平均数为原始数据进行计算。

以5个种群测量得到的每个性状的120个数据进行种群间性状差异显著性检验;以两种群间51个性状平均数作原始数据——配对进行种群形态总体差异显著性检验<sup>[4]</sup>。

所有运算均在微机上用minitab软件完成。

## 2 结果分析

### 2.1 种群内变异

同一种群内,在所研究的性状中,枝数量、长度、基径、叶数量、单叶重量的变异系数,都大于

30%; 枝的分枝角度、叶长度、宽度、单个球果重、单粒种子重, 在 10% 至 20% 之间; 而叶形系数、球果长度、宽度、果形系数、种子长度、宽度, 在 10% 以下, 5 个种群都有如此规律 (表 1)。

表 1 不同种群各性状变异

Table 1 Characters variations of different populations

性状	A			B			C			D			E			种群间		
	$\bar{x}$	S	CV	$\bar{x}$	S	CV	$\bar{x}$	S	CV	$\bar{x}$	S	CV	$\bar{x}$	S	CV	$\bar{x}$	S	CV
二级枝																		
数量(条)	14.08	8.35	59.3	25.70	16.20	63.00	38.00	15.40	40.50	18.4	5.7	31.1	16.5	7.5	45.6	22.5	9.7	42.9
长度(cm)	93.5	29.4	31.4	77.2	44.4	57.5	293.0	150.0	51.1	151.6	74.6	49.6	232	75.6	32.5	168.1	93.4	55.5
基径(cm)	2.90	1.14	54.5	1.035	0.36	34.9	2.16	1.23	56.9	1.49	0.89	58.8	2.83	1.54	54.4	3.78	3.70	97.8
分枝角度	84.4	9.4	11.1	71.3	11.1	15.6	79.9	9.1	11.3	82.5	10.2	12.4	72.9	9.5	13.0	78.2	5.8	7.4
四级枝																		
数量(条)	5.42	1.98	36.5	5.36	3.85	71.8	20.8	6.22	29.9	6.07	2.30	37.8	7.46	3.36	45.0	9.02	6.64	73.6
长度(cm)	4.76	2.93	61.5	19.1	10.8	56.5	76.5	37.6	49.1	40.0	23.3	58.2	55.7	29.6	53.1	39.2	28.5	72.7
基径(cm)	0.31	0.24	78.4	0.24	0.13	54.2	0.41	0.22	44.4	0.32	0.17	54.8	0.66	0.38	57.9	0.39	0.17	42.8
分枝角度	63.3	11.3	17.8	66.9	12.7	18.9	89.6	16.3	18.1	83.4	12.3	14.7	84.2	14.0	16.6	77.5	11.6	14.9
一级枝叶																		
数量(片)	52.4	22.8	43.5	78.3	32.7	41.7	84.2	13.7	16.2	64.1	16.5	25.7	71.8	11.9	16.5	70.2	12.4	17.7
长度(cm)	2.96	0.314	10.6	2.87	0.36	12.5	3.12	0.47	15.1	3.44	0.42	12.3	3.26	0.33	10.1	3.13	0.23	7.2
宽度(cm)	0.34	0.039	11.5	0.32	0.034	10.6	0.35	0.036	10.1	0.30	0.045	14.8	0.39	0.052	13.4	0.34	0.032	9.3
叶形系数	9.49	0.62	6.5	9.64	0.66	6.8	9.13	1.01	11.0	11.4	1.05	9.2	9.07	0.82	9.04	9.73	0.94	9.6
单叶重(g)	0.015	0.0069	45.00	0.024	0.0051	20.8	0.022	0.0077	35.3	0.022	0.0062	28.1	0.027	0.0095	35.8	0.022	0.0042	19.0
球果																		
长度(cm)	2.12	0.14	6.6	2.54	0.12	4.4	2.15	0.085	3.8	2.87	0.15	5.3	2.57	0.14	5.2	2.45	0.32	12.8
宽度(cm)	1.68	0.11	6.2	1.53	0.026	8.0	1.68	0.093	5.6	1.82	0.11	6.1	1.68	0.089	5.0	1.68	0.10	6.0
果形系数	1.33	0.10	7.5	1.62	0.084	4.9	1.42	0.086	5.6	1.51	0.073	4.6	1.48	0.086	5.4	1.46	0.11	7.2
单果重(g)	2.84	0.53	18.6	2.66	0.73	26.0	4.60	0.64	13.9	5.30	0.91	16.9	3.93	0.62	15.6	3.87	1.13	29.1
种子																		
长度(cm)	1.89	0.084	4.2	2.31	0.12	5.1	1.87	0.14	6.9	2.50	0.10	4.9	2.04	0.11	4.0	2.12	0.27	13.0
宽度(cm)	1.13	0.070	6.1	1.16	0.052	4.3	1.21	0.066	5.0	1.26	0.099	7.4	1.084	0.089	7.2	1.16	0.065	5.6
单粒重(g)	1.22	0.16	12.1	0.98	0.16	16.4	1.48	0.17	11.5	1.45	0.27	6.4	1.41	0.099	17.9	1.31	0.21	16.1

A、B、C、D、E 分别表示坝王岭、尖峰岭、卡法岭、黎姆山、吊罗山种群 (后相同)

$\bar{x}$ 、S、CV 分别表示平均数、标准数、变异系数。因篇幅所限, 仅列出所调查的 51 个性状中的 20 个性状变异情况 (后相同)

在枝性状组中, 5 个种群的分枝角度变异都较小, 就二级枝分枝角度变异系数而言, 坝王岭、尖峰岭、卡法岭、黎姆山、吊罗山种群分别为 11.1%、15.6%、11.3%、12.4%、13.0%, 都小于二级枝数量、长度、基径等性状的变异系数。枝通过一定的分枝角度把叶片展现在最适空间位置上, 使叶片接受到尽可能多的光照, 光照可能是影响分枝角度主要的环境因子; 而枝数量、长度、基径, 则应受包括光照在内的环境因子综合作用的影响, 因此影响分枝角度的环境因子应比影响枝其它 3 个性状的环境因子少。

在 5 个种群内, 叶数量的变异系数比叶长度、叶宽度的变异系数大, 前者大于 20%, 而后者介于 10%~20% 之间, 可以看出海南粗榧对外界环境的适应有这样一种方式: 当环境条件有利时, 它是通过增加叶片数量, 而不是通过增大单叶面积来加强光合作用, 其原因是: 海南粗榧芽对外界环境反应比叶敏感, 而芽的数量决定了叶的数量。

球果、种子生物量变异都大于它们其它性状变异, 5 个种群都是如此, 这是因为海南粗榧生物量变化是外界环境变化最直接反映, 水分、土壤营养、光照、温度等外界条件在很大程度上影响着生物量。

## 2.2 种群间变异

不同的性状, 在种群间变异系数不同。种群间, 枝数量、长度、基径的变异系数大, 在40%以上, 最高达到97.8%; 叶长度、宽度、叶形系数、球果宽度、果形系数、种子宽度的变异系数小, 分别为7.2%、4.3%、5.6%、6.0%、7.2%、5.6%, 都小于10% (表1)。由此可见, 种群间枝性状变异较大, 叶、球果、种子性状变异较小。

枝性状在种群间变异大, 表明枝性状受外界条件, 特别是土壤条件影响较大, 因为在5个种群的外界条件中, 土壤差异最明显。叶、球果、种子性状变异较小, 表明这些性状, 不仅在种群内而且在种群间, 都比较稳定。

就同一性状而言, 种群间与种群内变异规律基本相同, 与种群内变异相一致, 种群间分枝角度在枝性状组中变异小, 叶数量在叶性状组中变异大, 球果、种子生物量变异相应地大于它们其它性状。

通过比较发现: 种群间变异系数介于5个种群内变异系数之间。二级枝数量, 种群间变异系数为42.9%, 而在坝王岭、尖峰岭、卡法岭、黎姆山、吊罗山种群则分别为59.3%、63.0%、40.5%、31.1%、45.6%。球果宽度, 种群间变异系数为6.0%, 而上述5个种群内依次为: 6.2%、8.0%、5.6%、6.1%、5.0% (表1)。因此, 在比较种群内和种群间变异大小时, 要指明性状和种群。

## 2.3 种群间性状差异显著性分析

不同种群间, 各性状的平均数存在一定程度差异 (表1)。这些差异, 有的显著, 有的不显著。在所研究的性状中, 枝数量、长度、基径, 在多数种群间差异显著, 其中, 枝长度在所有种群间都差异显著; 叶宽度、叶形系数、球果宽度、果形系数、种子长度、宽度, 仅在少数种群间差异显著, 其中, 果形系数、种子宽度在所有种群间差异都不显著。

枝性状组中, 分枝角度在5对种群间表现显著差异, 而枝长度、基径、数量几乎在所有种群间差异显著, 这表明分枝角度比枝长度、基径、数量变异小; 叶性状组中, 叶数量在8对种群间有显著差异, 而叶长度、宽度、叶形系数和单叶重仅在少数种群间呈现显著差异, 这说明叶数量变异大 (表2)。这与由变异系数分析得到的变异规律相符。

但是, 性状差异是否显著与变异系数大小之间没有内在联系。单叶重的变异系数较大, 5个种群都大于20%, 但仅在少数种群间呈现显著差异; 枝的分枝角度, 变异系数较小, 5个种群内都小于10%, 而在多数种群间呈现显著差异。

## 2.4 种群间形态总体差异显著性检验

表3是5个种群间形态总体差异显著性检验。从表3可见, 5个种群间差异都不显著 ( $|t| < 1.96$ ,  $p = 0.05$ )。这表明: 尽管种群间, 各性状存在一定程度的差异, 但这些差异没有引起海南粗榧产生物种分化, 在所研究的5个种群间形态总体上表现出一定程度的稳定性。

## 3 结论及讨论

综上所述, 海南粗榧不同形态变异以及形态总体变异在种群内和种群间表现出如此规律: ①在同一种群内, 营养器官比生殖器官性状变异大; 枝分枝角度比枝长度、数量、基径变异大; 叶数量在叶性状组中变异大。②同一性状在5个种群内变异幅度基本相同。③同一性状种群内和种群间变异基本接近。④种群间形态总体差异都不显著。

不同种群内和种群间, 同一性状变异幅度基本相同, 而且, 种群间形态总体差异都不显著, 显示了海南粗榧对不同的外界条件反应不敏感, 环境因子的变化没有明显地在性状上反映。它表明海南粗榧对环境适应能力不强, 生存力较弱, 这可能也是海南粗榧珍稀濒危的原因之一<sup>[1,2]</sup>。其原因可能

是海南粗榧的性状主要由遗传因子决定, 外界条件尽管有很大影响, 但只在一定程度上起修饰作用。对其原因的探讨, 笔者将进一步从染色体、等位酶和 DNA 等水平上进行。

表 2 不同种群之间性状差异显著性检验统计量  
Table 2 Statistics on the significance of inter-populations property difference

性 状	A 与 B	A 与 C	A 与 D	A 与 E	B 与 C	B 与 D	B 与 E	C 与 D	C 与 E	D 与 E
二级枝										
数量	-3.31**	-5.29**	-2.11**	-1.46	-2.98**	2.17**	3.02**	4.81**	4.99**	0.38
长度	2.01**	-13.2**	-6.83**	-10.72**	-15.87**	-4.69**	-12.64**	8.94**	3.16**	-8.21**
基径	7.43**	0.73	4.32**	-2.68**	-8.26**	-3.75**	-11.28**	6.83**	-2.18**	-9.26**
分枝角度	4.69**	3.33**	0.87	4.09**	-1.32	-3.65**	-0.24	-1.08	1.57	4.32**
一级枝上叶										
数量	-6.89**	-7.32**	-2.37**	-4.20**	-1.54	2.83**	1.44	5.14**	3.42**	-2.08**
长度	0.93	-1.17	-2.26**	-2.09**	-1.34	-2.41**	-2.27**	-1.83	-1.26	1.32
宽度	0.15	-0.037	0.32	1.08	-0.62	0.21	1.99**	0.43	0.38	-2.63**
叶形系数	-0.38	0.46	-1.57	0.89	0.75	1.37	0.95	-2.31**	0.28	3.12**
单叶重	-2.13**	-2.10**	-2.23**	-2.87**	1.18	1.02	-1.42	0.06	-1.98**	-1.93
球果										
长度	-1.67	-0.33	-2.34**	-1.73	1.76	-1.58	-0.47	-1.93	-1.54	1.32
宽度	0.84	0.03	-1.85	-0.02	-1.44	-2.14**	-1.31	-1.78	0.08	1.73
果形系数	-1.73	-0.98	-1.35	-1.18	1.45	0.92	1.32	0.96	-0.86	0.28
单个球果重	0.69	-2.83**	-3.34**	-1.37	-2.96**	-3.62**	-2.14**	-0.67	0.73	3.16**
种子										
长度	-1.73	0.08	-2.49**	-1.91	1.78	-0.45	0.56	-2.61**	-1.15	1.43
宽度	-0.16	-0.82	-0.93	0.32	-0.11	-0.63	0.42	-0.09	0.57	0.64
单个种子重	2.15**	-1.43	-1.38	-1.27	-3.46**	-2.98**	-2.51*	0.36	0.68	0.44

\* 表示差异显著 ( $|t| > 1.96, p = 0.05$ )

表 3 种群间形态总体差异显著性配对 T 检验  
Table 3 Paired t-test of the significance of the general inter-populations morphological variations

A 与 B	A 与 C	A 与 D	A 与 E	B 与 C	B 与 D	B 与 E	C 与 D	C 与 E	D 与 E
0.87	-1.34	0.67	0.38	-1.54	-1.03	-1.16	1.75	1.80	-1.26

从运用方法看, 通过变异系数研究变异大小, 切实可行, 它适用于种群内和种群间变异研究, 值得广泛应用。而性状差异显著性检验也不失为一种有效的方法, 它研究的结果与变异系数的结果基本吻合, 但仅适用于种群间变异研究, 因此两种方法不能相互替代, 可相互补充。

### 参 考 文 献

- 1 王献涛, 王有生. 海南粗榧濒危的原因和保护措施. 广西植物, 1994, 14 (4): 369~372
- 2 王有生, 崔雯涛, 王献涛. 海南粗榧生物生态学特性初步研究. 植物资源与环境, 1992, 1 (2): 63~64
- 3 黄 铨, 佟金权, 李 峰. 兴隆山自然保护区中国沙棘种群表型结构研究. 林业科学, 1993, 29 (3): 257~260
- 4 杜荣骞. 生物统计学. 北京: 高等教育出版社, 1985, 121~123, 129~131