

# 试用多元分析方法研究植物形态结构与生态环境的关系<sup>\*</sup>

贺金生 王勋陵<sup>1)</sup> 陈伟烈 (中国科学院植物研究所, 北京 100044)

**【摘要】** 应用多元分析方法对栎属高山栎组不同环境条件下的 33 个植物样品的形态解剖性状的 17 个指标进行了综合分析. 结果表明, 二元指示种分析(TWINSPAN) 聚类的结果能很好地把相似生态环境条件下的样品聚在一起, 对样品进行无趋势对应分析(DCA) 和主成分分析(PCA) 都得到了满意结果. 植物形态解剖性状的聚类、排序分析也可用来研究个体性状之间变异的连续性和间断性, 进而有助于分类学的研究.

**关键词** 高山栎 形态解剖特征 梯度分析 数量分类 生态环境

**Application of multivariate analysis on studying relationship between plant morphological structure and ecological environment.** He Jinsheng (Institute of Botany, Academia Sinica, Beijing 100044), Wang Xunling (Lanzhou University, Lanzhou 730000). -Chin. J. Appl. Ecol., 1994, 5(4): 378-384.

In this paper, multivariate analysis is used to study the morphological and anatomical features of *Quercus suber* under different environmental conditions. 33 plant samples are taken, and 17 indices are selected. The results show that two-way indicator species analysis (TWINSPAN) can better cluster the samples under similar ecological environments, and detrended correspondence analysis (DCA) and principal components analysis (PCA) can give satisfied results. The cluster and ordination analyses of plant morphological and anatomical features can also be used to study the continuity and discontinuity of variations of individual features, and be useful to plant classification.

**Key words** *Quercus suber*, Morphological and anatomical features, Gradient analysis, Quantitative classification, Ecological environment.

## 1 引言

植物形态结构在不同环境因子作用下的变化规律一直是人们感兴趣的研究内容<sup>[2]</sup>. 70年代后, 国内外在这方面都做了大量工作<sup>[1,11,13,14,16-18]</sup>. 在我国, 陈庆诚等<sup>[4]</sup>探讨了甘肃西部荒漠植物群落优势种在解剖结构上对生境的适应特征, 这是我国最早研究荒漠地区植物生态解剖学方面的论文. 60年代, 陈庆诚等<sup>[5]</sup>又研究了我国西北祁连山东段高山植物与环境统一关系在解剖学上的反映, 为我国生态解剖学研究打下了初步基础. 以后, 全国也陆续进行了很

多这方面的研究<sup>[2,11,13]</sup>. 最近也有人用数量方法研究解剖性状的进化特性, 但都不系统而且把各个性状等同看待<sup>[6]</sup>.

本文试图通过多元分析方法——排序、数量分类与环境解释, 研究植物形态结构和环境的关系, 同时探讨用多元分析方法研究植物性状变异的可行性.

## 2 研究方法

### 2.1 自然概况

本文以我国硬叶常绿阔叶林建群种高山栎组 (*Quercus Sect. suber*) 植物为材料进行方法上的探索. 这是因为高山栎组植物对生态环境有很强的适应性, 其分布区有非常明显的环境梯度<sup>[9]</sup>.

高山栎组植物主要分布在我国藏东、川西、滇北地区, 以丽江、木里为分布中心<sup>[1]</sup>. 本区正处于青藏高原东南边缘, 横断山地向滇中高原过渡地段.

表 1 丽江市境内主要气象要素的垂直分布

Table 1 Vertical distribution of meteorologic elements in Lijiang region

气象站 Station	海拔 Altitude (m)	气温 Temperature (°C)					≥10°C 日数 Dates	≥10°C 积温 Accumulative temp.	年降雨量 Annual precipitation (mm)	地形 Landform
		年平均 Mean	最热月 Max.	最冷月 Min.	年温差 Temp. dif- ference	≥10°C 日数 Dates				
石 鼓 Shigu	1832	14.3	21.1	6.3	14.8	262	4624.1	760	金沙江河谷 Valley	
丽 江 Lijiang	2393	12.7	18.1	6.0	12.1	222	3542.4	955	高原盆地 Basin	
云杉坪 Yunshanping	3240	8.2	12.6	2.8	15.4	80	980.0	1660	玉龙雪山 Snowberg	

## 2.2 材料

实验用叶片系在野外调查样方时用 FAA 固定的. 做样方时, 选取不同生境下生长良好的成熟叶片进行固定, 种名和生境参见表 2、3. 叶片解剖在 SQKC-III 型生物制片快速处理仪中完成石蜡切片, 切片厚 15 μm, 番红固绿对染, Olympus BH2 光学显微镜下观测照相. 观测指标见表 2. 每个样品的每个指标测 5 次以上, 求其平均. 其中主脉维管束包括厚壁细胞, 由于形状不太规则, 分别测其直、横、斜 3 个方向的直径求其平均. 毛、鳞片的厚度以平均厚度为准.

气候资料取自丽江及其周围的 20 个气象站及气候观测站, 通过气候因子对地理坐标(经度、纬度)及海拔高度的相关及多元回归的办法, 预测得采样点的气象数据, 但除了年均温(相关系数 0.94)、年降水(相关系数 0.71)外, 相对湿度、日照时数、辐射等相关不显著, 因此不能预测. 土壤数据采自建立玉龙山自然保护区调查时的资料.

## 2.3 分析方法

将 33 个样品的 17 个观测指标(表 2)作为资料矩阵标准化后进行排序和聚类. 用每个样品的排序值与环境因子进行间接梯度分析(表 3), 探明对植物形态结构影响的主导因子. 同时, 通过聚类分析, 定量地确定每个样品之间的亲疏关系, 并按照它们之间的相似程度, 归组并类, 探讨植物形态结构对相同生态环境的反映, 研究其适应对策.

“高山峡谷”为本区代表性地貌. 丽江位于东经 99°23′~100°32′; 北纬 26°34′~27°16′; 地处横断山区, 属于亚热带气候. 年降水量为 760~1660mm, 具有明显的干湿季, 年均温 8.2~14.3°C, 年均相对湿度 40~70%, 年均积雪日数 0.6 天. 水热条件随地形及海拔高度重新分配, 垂直变化明显(表 1).

## 3 结 果

### 3.1 观测结果

样品的观测结果如表 2. 结合表 3 样品的生境可以看出, 高山栎组植物叶片较厚, 一般在 177.2~419.8 μm; 叶片的角质膜也较厚, 随海拔的变化不明显, 无规律性; 叶片叶肉细胞强烈分化, 栅栏组织发达, 常有 2~3 层栅栏细胞, 有的甚至到 4 层; 维管束机械组织发达; 叶片毛、鳞片较厚.

### 3.2 聚类

TWINSPAN 分类结果(图 1)给出了样品在形态解剖特性上的亲疏关系. 聚类结果首先根据背腹面角质膜的厚度及毛鳞片的厚度, 把样品分为 D<sub>2</sub>、D<sub>3</sub><sup>2</sup> 组, 然后又根据解剖特性的其它性状, 依次按等级把样品进行了分类. 可以看出, 样品的分类结果打破了种之间的界限, 完全根据形态解剖特性进行分类. 综合环境因子, 可以看出, 聚类结果把相似生态环境条件下的样

1) 贺金生、陈伟烈、王金亭. 我国的硬叶常绿阔叶林及青藏高原的隆升对它们的影响. 植物学集刊, 第 8 期, 科学出版社, 北京. (待出版)

表2 解剖样品的观测结果(除栅栏层数外,均为 $\mu\text{m}$ )Table 2 Results of anatomical observation ( $\mu\text{m}$  except for layer of palisade tissue)

样号 Sam- ple No.	种名 Species	叶片厚度 Leaf thick- ness	角质层厚度 Cuticle thickness		上表皮细胞 Upper epidermis		下表皮细胞 Lower epidermis		栅栏层数 Layer of palisade tissue	栅栏高度 Height of palisade tissue
			腹 Adaxial	背 Abaxial	宽 Width	高 Height	宽 Width	高 Height		
1	<i>Q. aquifolioides</i>	258.2	5.20	2.24	16.02	9.86	14.1	8.7	2.20	101.8
2	<i>Q. aquifolioides</i>	321.0	10.30	2.02	15.5	13.30	14.8	10.1	3.80	150.0
3	<i>Q. aquifolioides</i>	336.8	10.60	3.10	22.2	19.70	16.3	8.5	3.20	171.2
4	<i>Q. aquifolioides</i>	252.0	2.80	2.10	19.4	14.20	15.2	9.8	2.60	115.2
5	<i>Q. aquifolioides</i>	341.8	4.20	2.60	16.5	11.10	15.4	10.5	3.20	167.2
6	<i>Q. aquifolioides</i>	177.2	5.40	3.80	21.7	14.90	14.4	8.8	3.00	139.8
7	<i>Q. aquifolioides</i>	227.4	4.60	2.80	15.5	13.30	10.1	9.0	2.20	98.6
8	<i>Q. aquifolioides</i>	220.4	3.90	2.10	18.4	18.80	16.0	12.1	2.20	77.5
9	<i>Q. aquifolioides</i>	261.1	2.60	2.90	14.2	10.40	14.0	8.6	2.60	118.6
10	<i>Q. aquifolioides</i>	291.9	4.30	2.30	16.4	12.40	13.5	10.8	2.20	129.3
11	<i>Q. aquifolioides</i>	282.2	4.20	2.50	19.2	12.40	12.7	10.9	2.20	112.0
12	<i>Q. aquifolioides</i>	334.6	3.90	1.90	15.3	10.50	13.2	9.1	2.40	132.6
13	<i>Q. guyavaefolia</i>	364.1	4.80	2.10	16.0	14.30	18.1	13.1	3.20	169.4
14	<i>Q. guyavaefolia</i>	345.6	11.90	4.00	20.7	14.90	13.2	9.7	3.20	166.1
15	<i>Q. guyavaefolia</i>	316.6	13.40	5.00	25.3	14.40	15.4	10.6	3.00	147.3
16	<i>Q. guyavaefolia</i>	334.4	8.48	5.20	17.8	13.8	12.4	8.3	3.20	186.2
17	<i>Q. guyavaefolia</i>	279.8	5.00	2.00	12.2	11.1	12.9	7.1	3.40	138.4
18	<i>Q. guyavaefolia</i>	301.8	10.9	2.50	17.9	18.2	14.5	10.7	3.00	147.8
19	<i>Q. senescence</i>	229.8	2.8	1.00	13.6	12.8	9.6	10.4	2.60	80.2
20	<i>Q. senescence</i>	419.2	13.9	3.40	12.0	20.5	11.6	12.1	3.20	172.2
21	<i>Q. senescence</i>	253.0	4.2	1.60	13.6	12.2	11.3	7.7	3.40	141.4
22	<i>Q. senescence</i>	240.2	5.7	2.40	18.1	13.8	13.1	8.4	2.60	95.0
23	<i>Q. senescence</i>	275.4	3.7	3.70	20.7	16.8	14.6	10.4	3.20	109.7
24	<i>Q. longispica</i>	268.8	2.6	3.30	17.1	11.5	12.8	8.8	2.40	111.0
25	<i>Q. longispica</i>	306.0	6.3	2.30	12.7	11.26	9.6	6.8	3.20	165.7
26	<i>Q. longispica</i>	306.6	4.6	2.20	23.1	19.4	18.4	11.5	3.00	152.1
27	<i>Q. gilliana</i>	197.8	2.8	1.20	19.0	12.2	15.2	10.1	2.00	80.5
28	<i>Q. gilliana</i>	289.2	2.0	2.50	17.8	12.0	15.1	11.6	3.20	148.8
29	<i>Q. rehderiana</i>	204.8	3.6	3.10	20.2	13.3	18.5	11.4	2.80	99.9
30	<i>Q. pseudosemi- carpifolia</i>	332.2	4.5	2.70	20.4	12.08	16.6	11.6	3.20	150.2
31	<i>Q. pseudosemi- carpifolia</i>	275.3	8.3	3.20	20.3	12.80	14.7	8.7	2.60	138.8
32	<i>Q. pseudosemi- carpifolia</i>	365.4	4.7	3.00	20.2	8.70	11.3	12.0	2.60	107.4
33	<i>Q. pseudosemi- carpifolia</i>	265.5	4.7	3.50	23.0	14.40	13.0	11.6	3.00	138.4

续表 2 Continued

样号 Sample No.	种 名 Species	栅栏细胞 Palisade cell		主脉导管直径 Vessel diameter of midrid		维管束 平均直径 Average diameter of vascular bundle	毛鳞厚度 Thickness of hair and scale	海绵细胞 Spongy cell	
		宽 Width	高 Height	最大径 Max.	均径 Average			长 Length	宽 Width
1	<i>Q. aquif olioides</i>	7.48	44.40	24.40	11.80	450.00	70.20	22.7	9.30
2	<i>Q. aquif olioides</i>	11.70	63.80	27.40	14.00	777.40	93.50	32.2	13.40
3	<i>Q. aquif olioides</i>	11.90	60.60	16.08	6.08	295.20	115.20	32.7	14.40
4	<i>Q. aquif olioides</i>	11.50	50.80	12.50	7.20	332.90	76.30	24.7	10.80
5	<i>Q. aquif olioides</i>	7.80	39.20	15.40	7.50	399.80	17.60	29.5	16.80
6	<i>Q. aquif olioides</i>	8.60	57.30	18.90	10.00	415.60	67.70	36.2	13.50
7	<i>Q. aquif olioides</i>	9.70	54.50	25.90	11.50	561.00	64.60	33.0	14.40
8	<i>Q. aquif olioides</i>	13.50	39.40	23.70	12.90	684.30	86.10	24.6	11.50
9	<i>Q. aquif olioides</i>	10.60	52.50	29.70	19.10	641.20	0.00	32.2	17.30
10	<i>Q. aquif olioides</i>	11.30	72.10	15.90	9.50	307.40	55.50	39.3	15.50
11	<i>Q. aquif olioides</i>	12.40	52.30	22.20	12.90	591.20	76.60	38.0	14.40
12	<i>Q. aquif olioides</i>	8.60	62.80	22.20	9.80	438.20	79.30	19.3	10.20
13	<i>Q. guyavaefolia</i>	13.50	54.20	20.80	10.00	371.60	130.80	29.8	13.80
14	<i>Q. guyavaefolia</i>	11.20	57.60	19.50	9.50	529.90	105.10	31.9	14.40
15	<i>Q. guyavaefolia</i>	12.00	58.40	26.40	14.40	514.00	89.40	34.5	17.20
16	<i>Q. guyavaefolia</i>	8.52	59.80	27.70	12.00	663.20	96.60	19.8	14.40
17	<i>Q. guyavaefolia</i>	7.70	44.60	18.10	11.50	501.00	110.90	23.8	12.80
18	<i>Q. guyavaefolia</i>	11.40	55.10	29.00	21.30	972.40	81.25	29.0	10.54
19	<i>Q. senescence</i>	7.50	38.20	22.60	12.70	383.80	80.60	20.2	9.50
20	<i>Q. senescence</i>	7.00	67.20	18.90	10.20	314.00	101.40	44.0	15.90
21	<i>Q. senescence</i>	7.50	55.10	14.80	8.50	273.40	54.10	16.5	10.50
22	<i>Q. senescence</i>	12.70	48.20	21.70	11.80	875.20	35.10	28.2	15.30
23	<i>Q. senescence</i>	12.60	50.00	23.90	10.50	639.50	56.90	30.6	13.10
24	<i>Q. longispica</i>	10.50	47.50	28.20	20.10	1264.20	120.10	27.9	16.50
25	<i>Q. longispica</i>	11.70	55.70	28.20	16.30	789.87	147.70	32.4	18.30
26	<i>Q. longispica</i>	11.80	62.80	23.80	12.80	582.70	71.10	35.4	17.90
27	<i>Q. gilliana</i>	12.70	47.00	15.30	8.20	642.80	0	32.1	15.80
28	<i>Q. gilliana</i>	13.00	62.40	22.70	7.90	477.00	0	38.0	14.90
29	<i>Q. rehderiana</i>	13.80	38.90	21.90	12.90	493.00	0	30.5	17.50
30	<i>Q. pseudosemi- carpifolia</i>	16.20	54.60	26.80	13.00	531.80	0	24.7	16.70
31	<i>Q. pseudosemi- carpifolia</i>	12.30	63.40	16.40	10.30	275.40	0	31.2	18.40
32	<i>Q. pseudosemi- carpifolia</i>	10.20	64.30	23.70	9.90	436.00	0	25.8	12.50
33	<i>Q. pseudosemi- carpifolia</i>	10.90	57.10	15.20	8.60	396.00	0	30.6	16.00

品归为一类,如 D<sub>3</sub> 就是采自水分条件极差下的样品(表 3)。根据分类指示的指标(即群落分类的指示种)可见,这一组样品以厚

的角质膜和毛鳞厚度为其特征。在解剖结构上主要表现为气孔器密度大,栅栏组织特别发达,排列紧密,机械组织发达,有的

表3 高山栎组植物解剖样品的DCA排序值及环境因子  
Table 3 Result of DCA ordination and environmental factors

样品号 Sample No.	DCA第1轴 AX <sup>1</sup>	DCA第2轴 AX <sup>2</sup>	海拔 Altitude (m)	坡向 Slope (°)	坡向 Slope direction	生活型 Life form	土壤类型 Soil type	pH	年均温 Ann-mean temp. (°C)	年降水 Rain-fall (mm)	生境 Habitat
24	53	2	3100	20	W <sub>20</sub> S	灌木 <sup>1)</sup>	暗棕壤 <sup>3)</sup>	5.3	10.3	1525	干燥阳坡, 与云南松混交
25	50	23	3100	15	W <sub>15</sub> S	灌木	暗红壤 <sup>4)</sup>	5.5	10.4	1500	阳坡灌丛
22	49	7	3100	17	W <sub>30</sub> S	乔木 <sup>2)</sup>	棕壤 <sup>5)</sup>	5.4	10.3	1535	沟谷, 与山杨混交
18	44	16	3000	0	W <sub>10</sub> S	灌木	黑色石灰土 <sup>6)</sup>	6.0	10.7	1460	山头
17	39	30	2900	5	E <sub>30</sub> S	灌木	黑色石灰土	6.0	11.1	1394	干燥, 山头
19	39	13	3100	20	E <sub>15</sub> S	乔木	暗棕壤	5.0-5.5	10.3	1498	较湿润, 纯林
2	37	25	2900	0	-	灌木	褐红壤 <sup>7)</sup>	6.0-6.5	11.2	1450	山麓灌丛, 干燥
16	37	33	3000	15	S <sub>10</sub> E	灌木	红棕壤 <sup>8)</sup>	5.8	10.6	1460	干燥, 灌丛
8	33	5	3000	9	W <sub>5</sub> S	乔木	棕壤	6.0	10.6	1445	沟谷, 纯林
1	32	17	2900	5	W <sub>10</sub> S	灌木	褐红壤	6.0-6.5	11.2	1400	山麓灌丛, 土壤很薄
12	30	24	2620	25	E <sub>20</sub> S	灌木	红色石灰土 <sup>9)</sup>	5.5-6.5	12.2	1200	石灰岩山坡, 高山栎灌丛
7	29	14	2550	25	S <sub>20</sub> W	灌木	红色石灰土	5.5-6.5	12.5	1145	石灰岩山坡, 高山栎灌丛
9	28	0	3100	30	S <sub>10</sub> E	灌木	红棕壤	5.5-6.5	10.3	1432	阴坡, 近沟谷
13	27	27	3000	15	S <sub>5</sub> E	灌木	红棕壤	5.5-6.5	10.7	1445	阳坡
14	27	41	2950	10	E <sub>10</sub> S	灌木	褐红壤	6.0-6.5	11.4	1400	阳坡
15	26	32	3150	20	S <sub>20</sub> E	灌木	红棕壤	6.0	10.5	1430	山头
21	26	30	3050	10	W <sub>10</sub> N	小乔木	暗棕壤	5.0-5.5	10.9	1492	阳坡, 矮林
20	25	49	3000	5	S <sub>15</sub> E	灌木	褐红壤	6.2	10.7	1429	公路边, 阳坡, 风口处
3	24	43	3250	10	S <sub>10</sub> E	灌木	黑毡土 <sup>10)</sup>	5.0-6.5	9.7	1623	玉龙雪山高山栎分布最高线
11	24	13	2950	5	W <sub>5</sub> N	乔木	暗棕壤	5.0-5.5	11.4	1462	偏阴坡纯林
23	22	14	3100	5	S <sub>30</sub> E	灌木	褐红壤	6.0-6.5	10.3	1432	混交林下灌木
6	20	25	3100	10	W <sub>7</sub> S	乔木	黄棕壤 <sup>11)</sup>	5.0-5.5	10.4	1420	混交林
26	20	15	2600	18	S <sub>10</sub> E	灌木	红色石灰土	6.5	12.3	1100	云南松林下
4	18	22	3100	15	W <sub>20</sub> S	灌木	棕壤	5.5-6.5	10.3	1440	阳坡
30	16	8	2550	15	E <sub>5</sub> S	灌木	红色石灰土	6.5	12.5	1092	云南松林下
10	13	22	2650	45	W <sub>10</sub> S	灌木	红色石灰土	5.5-6.5	12.5	1120	云南松林下
29	13	2	3000	15	W <sub>10</sub> N	乔木	黄棕壤	5.0-5.5	10.7	1455	沟谷混交林
32	12	22	2600	8	W <sub>10</sub> N	灌木	暗棕壤	5.5	12.3	1102	沟谷
27	11	3	3100	20	W <sub>10</sub> N	乔木	棕壤	6.4	10.4	1438	阴坡纯林
28	9	14	2650	15	W <sub>20</sub> S	灌木	暗棕壤	5.5	12.5	1090	云南松林下
5	7	25	2900	25	S <sub>30</sub> E	灌木	暗棕壤	5.5	11.2	1448	林下
33	7	20	3100	22	S <sub>15</sub> E	灌木	暗棕壤	5.5	10.3	1440	林下
31	0	27	2600	15	S <sub>17</sub> E	灌木	暗棕壤	5.5	12.4	1103	云南松林下

1) Brush, 2) Arbor, 3) Dark brown loam, 4) Dark red loam, 5) Brunisolic soil, 6) Black limestone soil, 7) Brown red loam, 8) Red brunisolic soil, 9) Red limestone soil, 10) Black meadow soil, 11) Yellow brown earth.

叶脉上、下侧的机械组织都与上下表皮细胞连接。D<sub>4</sub>为在阳坡形成纯林的样品,这一组样品以强烈的光照为其环境特征,在形态结构上,表皮具厚的角质膜,叶缘具刺;在生活型上以灌木为多。D<sub>7</sub>为在水分条件变化较大,但光线较差,如林下和混交林生境下采的样品,这一组样品和D<sub>4</sub>形成鲜明对照,角质膜较薄,叶肉中栅栏组织相

对排列不太紧密,多为2层。D<sub>8</sub>为环境条件相对湿润的1组, D<sub>9</sub>则为中间过渡类型。

### 3.3 排序

样品的PCA和DCA的排序都可得到较好的结果,图2为DCA第1、2排序值的散点图。结合表2可见,DCA排序的第1轴AX<sup>1</sup>为光因子梯度,从左至右,样品

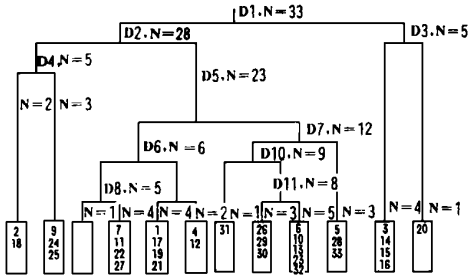


图1 解剖样品分类的树状图(根据 TWINSpan 等级制分类)

Fig. 1 Dendrogram of TWINSpan classification for anatomical samples.

的光照增强,如样品 24 就是在光照极强的阳坡高山栎灌丛中采的样品。DCA 第 2 排序轴 AX2 为水分条件梯度,从下至上,植物获得水分越困难。如样品 20 为干海子-玉湖公路边,正处于风口处采的样品,样品 3 为川滇高山栎(*Q. aquifolioides*)在玉龙雪山分布的最高界限所采,已经处于林线的位置,呈矮曲状,水分条件差。

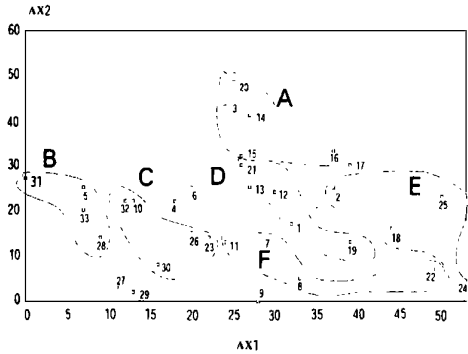


图2 解剖样品的 DCA 二维散点图  
Fig. 2 Two-dimensional scattergram of DCA ordination for anatomical samples.

A·生境干旱 Dry habitat, B·林下,光照弱 Under canopy, low intensity of illumination, C·光照较弱 Lower intensity of illumination, D·过渡类型 Transitional types, E·阳坡,光照强 Sunny slopes, higher intensity of illumination, F·生境湿润 Moist habitat.

### 3.4 环境解释

如前所述,解剖样品 DCA 排序的第 1 轴 (AX1) 表现了光因子的梯度。但是在预测气象因子时,日照时数对地理坐标及海拔的回归,相关系数达不到可靠的水准。光照除了和地理坐标及海拔关系密切外,与阴坡、阳坡关系更为密切。因此,无法把

DCA 第 1 排序轴和光因子进行相关分析。

DCA 第 2 排序轴表现了水分因子的梯度。除了降水量,相对湿度对地理坐标及海拔的回归达不到可靠水准,因此无法预测样品地点的相对湿度。用第 2 排序轴的值与降水相关分析,相关也不显著。作者根据所采样品的水分条件划分为沟谷 (5.0)、阴坡下部 (4.0)、阴坡上部及阳坡 (3.0)、石灰岩阳坡 (2.0)、高海拔阳坡 (1.0) 5 个分散的等级,然后和第 2 排序轴进行相关分析,相关系数为 0.822,相关显著。因为植物获得水分不仅和大气湿度有关,还直接依赖于土壤水分,也和地形地质条件有很大关系。

## 4 讨 论

4.1 通过不同方法的对比研究和大量的实际应用,当代生态学家普遍认为 DCA 和 TWINSpan 是迄今较完善和较先进的多元分析方法<sup>[7,8,10,15,19]</sup>。本文首次用多元分析方法研究植物形态结构与生态环境的关系,得到了较为满意的结果。数量分类和排序确实为描述复杂的植物形态结构随环境条件的变化提供简化了的方法,成为阐述植物形态结构和环境关系的有效途径。传统方法根据植物某一性状研究其在不同生态环境条件下的变化趋势,而很难考虑其性状的综合,因为性状之间的变化并不是完全平行的,如一个样品根据一个性状认为是对某一生态环境的适应,而根据同一样品的另一性状往往得到相反的结论。用多元分析方法能从繁琐的数据分析中解放出来。多元分析方法分析,既可得到影响某一地区植物形态结构的主导因子,又可讨论植物对不同生态环境的适应对策,可以对植物形态结构进行定量的环境解释。传统方法和多元分析结合起来,能得到满意的结果。

**4.2** 对高山栎组植物形态结构的多元分析,可以看出,影响其形态结构的主导因子是光和水分,即高山栎组植物对环境适应性的基础是对光和水分的适应.这在野外观察到的现象是一致的.高山栎组植物在分布上表现为分布海拔范围大(1600—4200m),在生态环境上,表现出对环境条件的良好适应性,河谷干热少雨,而海拔的增高,降雨却明显增多(表1).高山栎既可作为林下的优势灌木,又可形成纯林,在干旱阳坡以矮林或灌木形式成为优势种.在环境梯度变化如此大的条件下,高山栎组都表现了良好的适应性,其根本原因就是能适应水分因子和光因子的巨大变化,在形态结构上也表现出巨大的可塑性.这在其他植物种类中很少见.

**4.3** 对样品所代表的形态结构的分类排序结果也表明,对某一种,其形态解剖特征存在着非常大的差异性,这种差异性也是植物对环境适应性的反映.近年来,在植物分类的方法论上,很多学者强调一个自然分类群的建立,要基于性状的相关性和变异的间断性<sup>[3]</sup>.种内变异的描述和分类已成为当前最具有挑战性的问题 and 最值得探索的问题<sup>[12]</sup>.这种种内或种间的性状分析,依据传统方法是非常困难的,因为没有一种适当的方法给人们以直观的结果,尽管有很多学者已探索出了较形象的图示法,但分析的性状也只有2—8个.用多元分析方法可对样品的许多性状同时进行分析,不仅可将性状相同或接近的样品聚在一起,还可把样品之间的变异性降维在2或3维图中表示出来(排序散点图),最大限度地保证信息量.因此,多元分析方法在植物分类学领域将有广泛的用途.

**致谢** 实验中得到胡玉熹先生的指导,王金亭先

生提出许多建议,杨莫安先生、刘文华同志给予了帮助,一并致谢.

## 参考文献

- [1] 中国植被编委会. 1980. 中国植被. 科学出版社, 北京, 256—363.
- [2] 王勋陵、王静. 1989. 植物形态结构与环境. 兰州大学出版社, 兰州, 1—90.
- [3] 汤彦承、向秋云. 1989. 重订藤山柳属的分类——续谈植物分类学工作方法. 植物分类学报, 27(2): 81—95.
- [4] 陈庆诚等. 1961. 疏勒河中、下游植物群落优势种生态-形态-解剖特性的初步研究. 兰州大学学报(自然科学版), (总10): 30—35.
- [5] 陈庆诚等. 1966. 甘肃省祁连山东段一些高山植物的形态-生物学特性观察. 植物生态学与地植物学丛刊, 4(1): 39—64.
- [6] 陈永喆、李正理. 1991. 中国毛茛科植物导管分子的比较研究. 植物学报, 33(6): 459—464.
- [7] 张新时. 1991. 西藏阿里植物群落的间接梯度分析. 数量分类与环境解释. 植物生态学与地植物学学报, 15(2): 101—113.
- [8] 钟杨. 1988. 国内植物数量生态学研究概况. 武汉植物研究, 6(1): 87—94.
- [9] 贺金生、陈伟烈、王勋陵. 1994. 高山栎叶的形态结构及其对生态环境的适应. 植物生态学报, 18(3): 219—227.
- [10] 钱宏. 1988. 长白山高山冻原植物群落数量分类和排序. 应用生态学报, 1(3): 254—263.
- [11] 唐荣南、汤兴陆. 1991. 松茶间作茶树叶片的解剖构造和气孔活动. 应用生态学报, 2(3): 201—206.
- [12] 徐炳声等. 1983. 胡枝子种内地形梯度变异的分析. 植物分类学报, 21(3): 306—308.
- [13] 黄庆昌、黄桂玲. 1991. 中国红树植物营养器官的结构与生态适应的研究. 植物学通报, 8(3): 41—44.
- [14] Barthlott, W. 1989. Cuticular surfaces in plants. *Progress in Botany*, 51: 49—53.
- [15] Gauch, H. G. 1982. *Multivariate Analysis in Community Ecology*. Cambridge University Press.
- [16] Korner, Ch. 1989. The nutritional status of plants from high altitudes. *Oecologia*, 81: 379—391.
- [17] Korner and Larcher, W. 1988. Plant life in cold climates. In: S. F. Long, F. I. Woodward (eds.). *Plants and Temperature. Symp. Soc. Exp. Biol.*, Vol. 42: 25—57. Cambridge.
- [18] Korner, Ch. et al. 1989. Functional morphology of mountain plants. *Flora*, 182: 353—383.
- [19] Ter Braak, C. J. F. and Prentice, I. C. 1988. A theory of gradient analysis. *Advances in Ecological Research*, 18: 271—317, Academic Press, London.