

广州白云山风景区植被景观空间关联分析

汪永华¹, 陈北光²

(1. 中山大学生命科学学院, 广东 广州 510275; 2. 华南农业大学生态研究所, 广东 广州 510642)

摘 要: 本文借鉴群落生态学种间联结的概念, 采用 2×2 列联表, 通过方差检验、 χ^2 检验与联结指数对白云山风景区的植被景观各类型间的空间关联性进行了定量分析。结果表明, 空间关联能有效地分析植被景观类型之间的空间关系。尽管白云山植被景观各类型之间呈现出正关联, 且它们之间的关联很松散, 具有很高的独立性, 但是人类活动的干扰通过建筑等方式呈现出指射状扩散, 这就使得植被的发育与发展与其呈现极其显著的空间相互排斥作用。由于植被斑块破碎, 相互交错, 空间异质性高, 景观要素或者斑块类型表现出十分复杂的空间镶嵌的分布格局。通过景观关联度分析, 大体上推断出 5 种植被景观要素类型之间的总体空间布局关系与规律为: “果园(E) — 常绿针阔混交林(B) — 常绿阔叶林(C) — 疏林草地(D) — 常绿针叶林(A)”, 以及 12 大主要植被斑块类型之间的空间关系: “B₂—B₁— C₁— C₁₈— (C₁₅)— C₁₆— C₁₇— C₁₉— C₇— C₂— D— A₁”。

关键词: 植被景观; 空间关联; 白云山风景区

中图分类号: S759. 91; Q 149

文献标识码: A

关联分析 (Association analysis) 作为阐明物种之间可能存在相互作用的一种判别方法, 一直以来就为生态学家尤其是群落生态学家们所重视^[1~4]。植被景观是由共存的各类植被斑块 (景观要素) 构成的, 组成景观的各类斑块 (景观要素) 之间的关系, 决定着景观的结构特征与景观的动态。景观内各斑块 (景观要素) 之间存在着复杂关系, 测定不同类型斑块之间的空间关系, 对于研究斑块 (景观要素) 之间相互作用的性质、强度与方式和景观动态 (包括演替、扩展潜力), 具有非常重要的意义^[5,6]。本文采用植物群落生态学研究种间关联分析的概念, 对广州白云山植被景观空间关系进行了分析, 以揭示该地区景观格局现状, 阐明植被景观空间分布规律及与人类干扰的关系, 可以深入地了解该地区植被景观空间分布的规律, 对于风景区景观资源的科学管理与可持续利用提供理论依据。

1 研究地概况

白云山风景区位于 113. 16~ 113. 19E, 23. 09

~ 23. 13N, 总面积约 32. 27 km²。被誉为广州市的“市肺”的白云山, 分布有市区最大的一块城市森林。属丘陵地形, 最高峰摩星岭海拔 382 m。地带性土壤为赤红壤, 呈强酸性。本区属南亚热带季风海洋性气候, 温暖湿润, 并具有比较明显的干湿季。年均气温为 21. 4~ 21. 8 °C, 年降水量 1 689. 3~ 1 876. 5 mm, 而雨季 (4~ 9 月) 降水量占全年的 85% 以上; 年均湿度为 79%。原生植被为南亚热带季风常绿阔叶林^[7]。经多次破坏和人工更新 (包括林分改造), 现在的植被为人工植被和天然次生植被的混合体, 主要是天然次生阔叶林和部分马尾松林及其针阔叶混交林 (见表 1)。

2 研究方法

2.1 取样方法

将白云山的地形图 (1: 10 000)、植被图 (1: 10 000, 华南农业大学生态研究所提供) 以及景观资源分布图 (1: 10 000, 华南农业大学林学院提供) 等作为空间信息提取的基本分析图件, 结合地面样地

收稿日期 (Received date): 2003- 03- 01; 改回日期 (Accepted): 2003- 05- 05。

基金项目 (Foundation item): 广州市“九五”重点攻关项目 (98- z- 044- 01)。[Guangzhou“the Ninth Five Plan” key research project, No. 98- z- 044- 01]

作者简介 (Biography): 汪永华 (1976-), 男, 博士研究生, 研究方向为景观生态学及森林生态学。[WANG Yong-hua (1976-), male, PhD candidate, Areas of interest on landscape ecology and forest ecology. E-Mail: adyji@scit.edu.cn]

详细调查, 采用景观土地属性分类的植被分类途径, 根据植被群落的外貌特点(优势度类型)^[7,8], 划分植被景观类型后(表 1), 绘出了白云山风景区景观类型图(图 1)。本研究采用全景观取样, 将统一网

格与景观图叠加, 获得复合图。所用样方大小为 500 m × 500 m(1: 50 000 景观图上为 1 cm × 1 cm), 总计 149 个样方。获取每一样方内各景观要素或者斑块类型出现-不出现的二元属性数据。

表 1 白云山风景区斑块分类系统

Table 1 Landscape patch types in Baiyunshan scenic spot

一级分类 first level	二级分类 second level
常绿针叶林 A-evergreen coniferous forest	马尾松林 A ₁ Pinus massoniana 加勒比松林 A ₂ Pinus caribaea
常绿针阔混交林 B-evergreen coniferous and broadleaved mixed forest	马尾松+ 荷木林 B ₁ Pinus massoniana+ Schima superba 马尾松+ 大叶相思林 B ₂ Pinus massoniana+ Acacia auriculiformis
常绿阔叶林 C-evergreen broadleaved forest	大叶相思林 C ₁ Acacia auriculiformis 马占相思林 C ₂ Acacia mangium 大叶紫薇林 C ₃ Lagerstroemia speciosa 尖叶杜英林 C ₄ Elaeocarpus apiculatus 枫香林 C ₅ Liquidambar formosana 藜蒴栲林 C ₆ Castanopsis fissa 柠檬桉林 C ₇ Eucalyptus citriodora 大叶相思+ 木麻黄林 C ₈ Acacia auriculiformis+ Casuarina equisetifolia 降真香+ 中华锥林 C ₉ Acronychia pedunculata+ Castanopsis chinensis 荷木+ 樟林 C ₁₀ Schima superba+ Cinnamomum camphora 降真香+ 鸭脚木林 C ₁₁ Acronychia pedunculata+ Schefflera octophylla 荷木+ 火力楠林 C ₁₂ Schima superba+ Michelia macclurei 荷木+ 千年桐林 C ₁₃ Schima superba+ Aleurites montana 台湾相思+ 千年桐林 C ₁₄ Acacia confusa+ Aleurites montana 荷木+ 藜蒴栲林 C ₁₅ Schima superba+ Castanopsis fissa 荷木+ 降真香+ 山乌柏林 C ₁₆ Schima superba+ Acronychia pedunculata+ Sapium discolor 荷木+ 中华锥林 C ₁₇ Schima superba+ Castanopsis chinensis 荷木+ 尖叶杜英林 C ₁₈ Schima superba+ Elaeocarpus apiculatus 荷木+ 大叶野樱林 C ₁₉ Schima superba+ Prunus macrophylla 中华锥+ 大叶相思林 C ₂₀ Castanopsis chinensis+ Acacia auriculiformis 樟+ 枫香林 C ₂₁ Cinnamomum camphora+ Liquidambar formosana 红苞木+ 山乌柏林 C ₂₂ Sapium discolor+ Rhodoleia championi 鸭脚木+ 中华锥+ 大叶野樱林 C ₂₃ Schefflera octophylla+ Castanopsis chinensis+ Prunus macrophylla
疏林草地(含草地) D-meadows with sparse trees	疏林草地 D-meadows with sparse trees
果园 E-orchard	果园 E-orchard
其它用地 F-others	水库 F ₁ Reservoir 建筑用地 F ₂ Buildings

2.2 测度方法

2.2.1 多种斑块类型(景观要素)之间的总体关联性检验

根据 Schluter(1984)提出的基于出现-不出现数据的方差比率^[3]来检验。计算公式为

$$\delta_T^2 = \sum_{i=1}^S P_i(1 - P_i), P_i = n_i/N \quad (1)$$

$$S_T^2 = 1/N \sum_{j=1}^N (T_j - t)^2 \quad (2)$$

$$VR = S_T^2 / \delta_T^2 \quad (3)$$

式中 S 为总斑块(景观要素)类型数, P_i 为第 i 个斑块类型面积在景观面积中所占比例, N 为总样方数目, T_j 为样方 j 内出现的研究斑块(景观要素)类型的总数, n_i 为斑块(景观要素)类型 i 出现的样方数目, t 为样方中类型的平均数。 $VR > 1$ 表示斑块类型间出现正的关联, $VR < 1$ 表示斑块类型间存在负的净关联。采用统计量 $W (= N \times VR)$ 来检验 VR 值偏移 1 的显著程度。

2.2.2 成对斑块类型(景观要素)间的关联性检验

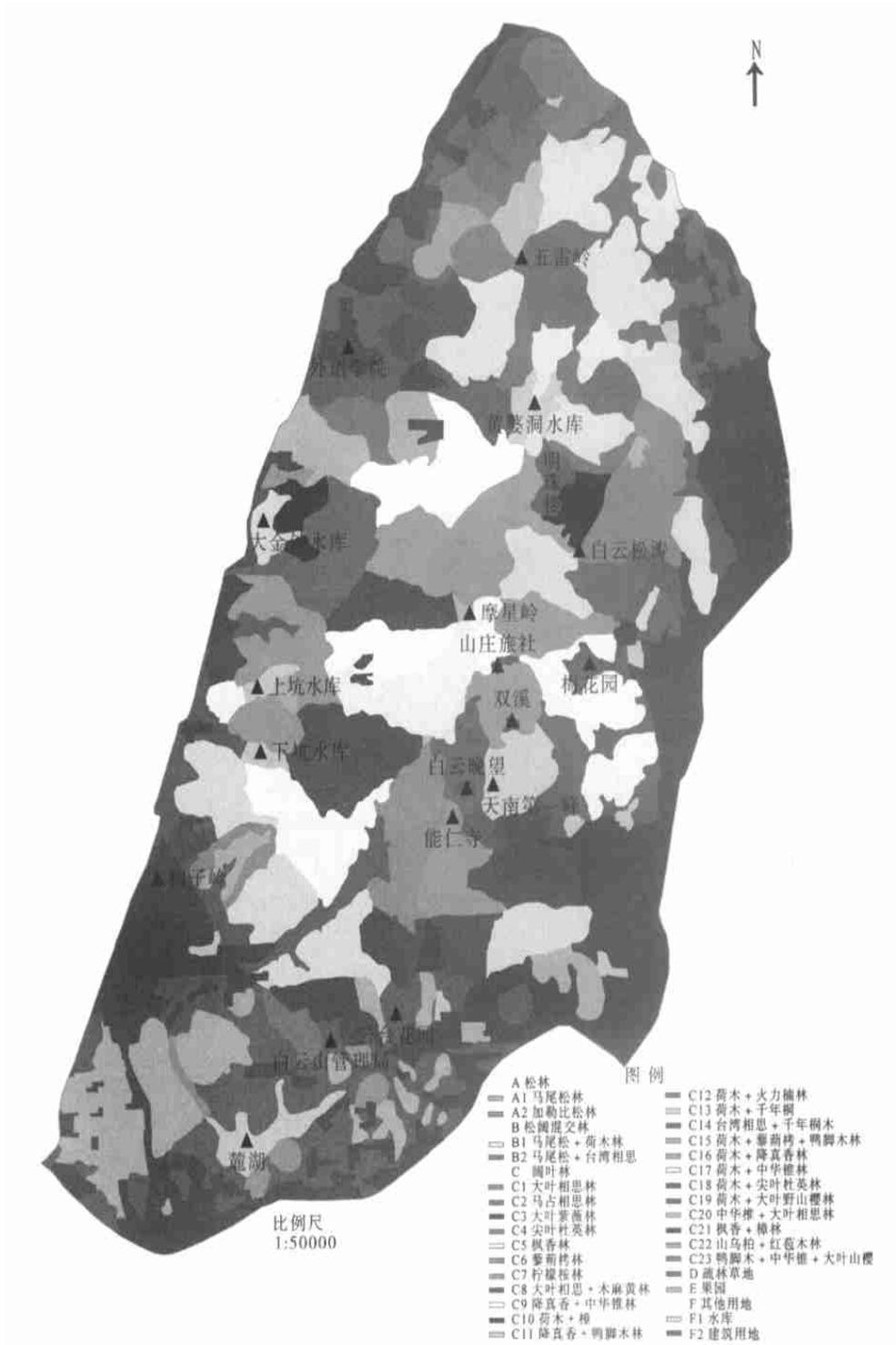


图1 白云山风景名胜区主要植被景观类型分布
 Fig.1 The distribution of the dominant vegetation landscape types

采用王伯荪等(1985、Cox(1979)的方法^[4,9], 根据 2×2 二元列联表数据计算两类斑块类型(景观要素)之间的空间关联指数 R

$$R = \frac{ad - bc}{\sqrt{(a+b)(c+d)(a+c)(b+d)}} \quad (4)$$

式中 a 为同时包含两类斑块(景观要素)的样方数; b 为仅包含第一类斑块(景观要素)的样方数目; c 为仅包含第二类景观要素的样方数目; d 为同时不包含两类景观要素的样方数目。R 的取值介于 -1, +1 之间, 其中, R > 0 为正关联, R < 0 为负关

联。并且用下式对关联指数进行显著性检验

$$X^2 = \frac{(a+b+c+d)(ad-bc)^2}{(a+b)(c+d)(a+c)(b+d)}$$

如果 $X^2 > X_{\alpha}^2(1)$, 表示斑块类型间的空间关联关系显著; $X^2 < X_{\alpha}^2(1)$, 表示空间关联关系不显著。

3 结果与分析

3.1 各类型间的总体空间关联分析

分别对 6 类景观要素类型、5 类植被景观要素类型、31 类景观斑块类型与 29 类植被斑块类型计算各类型的总体空间关联(表 2)。显然, 白云山植被景观各类型之间呈现出正关联, 而就整个白云山景观而言, 则呈现负关联。这是由于白云山景观中

的建筑斑块(F_2 占有相当的比例。建筑是受到人为活动方式严密控制的斑块类型。人类活动的干扰通过它呈现出指射状扩散, 这就使得植被的形成与发展与其呈现极其显著的空间相互排斥作用, 也就是与人类干扰的空间排斥作用。同时, 也表现出白云山风景区的建筑斑块应当得到有效的控制, 否则, 不利于白云山“市肺”作用的发挥。

虽然植被斑块类型或者植被景观类型之间呈现出正关联, 即现在的植被景观处于与该地区环境条件有一定相互适应的较稳定阶段。但是联结指数十分接近于 1, 即与各类型间无关联假设条件下的 VR 值十分接近(相差 0%~21%)。表明各类型之间的关联很松散, 植被景观斑块类型的存在具有很高的独立性。

表 2 白云山景观类型间的总体关联

Table 2 The overall association among landscape types

计算类型 type	方差比率 VR	检验统计量 W	测度结果 result
6 类景观要素类型 6 landscape types	0.846	126.054	负关联 Negative
5 类植被景观要素类型 5 vegetation landscape types	1.142	170.158	正关联 Positive
31 类斑块类型 31 patch types	0.750	111.740	负关联 negative
29 类植被斑块类型 29 vegetation landscape types	1.204	179.352	正关联 positive

3.2 景观要素类型之间的空间关联分析

进一步对白云山各景观要素类型之间的空间关联性进行分析(表 3)。可见, 各类型之间的空间关联关系差异很大。15 个景观要素对中, 共有 7 对负关联, 8 对正关联, 但是呈现(极)显著的关联仅 4 对。常绿针阔叶混交林类型(B)与常绿阔叶林类型(C)呈极显著的正关联, 而且关联指数较高(0.384)。但是两者分别与类型 F(主要是建筑斑块)呈现出极显著的负关联, 也进一步验证了它们之间的空间互斥的总体趋势。而类型 A(常绿针叶林类型)与 B 之间显著负关联, 并且关联指数不低, 表

表 3 白云山景观类型间空间关联分析¹⁾

Table 3 Spatial correlation analyses among landscape types

类型 Components	B	C	D	E	F
A	-0.165*	-0.125	0.137	-0.063	0.073
B		0.384**	0.152	0.148	-0.306**
C			0.027	-0.012	-0.534**
D				0.087	0.097
E					-0.027

1) ** 为关联关系极显著, * 为关联关系显著(表 4 同)。

明二者存在空间互斥的总体趋势。那么, 大体上可以推断出 5 种植被景观要素类型之间的总体空间布局关系为: “E—B—C—D—A”, 但它们之间的空间分异不太明显, 存在着一定的斑块镶嵌与空间的交错。

3.3 主要植被斑块类型间的空间关联分析

对 149 个样方中出现频度 > 10 的主要植被斑块类型, 测定其联结程度及其显著性, 结果见表 4。可以看到 66 个斑块类型对中, 呈现正关联的有 39 对, 负关联 27 对。其中, A_1-B_1 , A_1-C_{16} , B_1-D , B_2-C_2 , B_2-C_7 , B_2-C_{17} , B_2-C_{18} , B_2-C_{19} , B_2-D 等 9 对呈现出显著负关联, $C_{15}-C_{16}$, $C_{15}-C_{17}$, $C_{15}-C_{18}$, $C_{16}-C_{17}$, $C_{16}-C_{18}$, $C_{17}-C_{19}$ 等 6 对呈现出显著正关联, 还有近 80% 的植被斑块类型对的关联不显著。

疏林草地(D)作为一类广布于白云山整个景区的斑块类型, 主要为近年来人工营造, 用于景区的美化、游憩以及疏散过多游客。它具有太多的人为干扰成分, 造成它与其它植被斑块类型大多呈现负关联, 其中与 B_1 、 B_2 的负关联达到了极显著的水平。

这是由于这两类属于常绿针阔叶混交林斑块类型的林分现处于向阳生性常绿阔叶林的进展演替之中,人为的不适当干扰极易造成林分的退化。 C_{15} 、 C_{16} 、 C_{17} 、 C_{18} 、 C_{19} 等5类属于常绿阔叶林的斑块类型(共10个类型对),彼此两两之间均呈现出正关联,其中呈现出显著或极显著正关联关系的占60%(表4)。而这5种斑块类型,其景观结构中的上层乔木树种都是阳性常绿阔叶林的优势种,它们对生境具有相同或者相似的要求与适应。同时也表明,在相对稳定的森林群落(景观)中,斑块类型间可以共同利用群落中的非限制性资源,而形成显著的正关联。

在常绿阔叶林类型中,共有8个主要斑块类型,

其中 C_{15} 、 C_{16} 、 C_{17} 、 C_{18} 、 C_{19} 等5类斑块类型,彼此两两之间均呈现出正关联,而呈现显著水平的关联指数大小顺序为: $C_{16}-C_{17}>C_{17}-C_{19}>C_{15}-C_{16}>C_{16}-C_{18}>C_{15}-C_{17}>C_{15}-C_{18}$,所以从以上分析可以看出,常绿阔叶林类型的空间分异不甚明显,存在着复杂的空间交错和景观斑块格局,但是也可以基本上确定其空间关系:“ $C_1-C_{18}-(C_{15})-C_{16}-C_{17}-C_{19}-C_7-C_2$ ”。再加上常绿针叶林、常绿针阔叶混交林与疏林草地等斑块类型之间的关联关系(表4),可以得到12大主要植被斑块类型的空间关系:“ $B_2-B_1-C_1-C_{18}-(C_{15})-C_{16}-C_{17}-C_{19}-C_7-C_2-D-A_1$ ”。

表4 白云山主要植被景观类型间空间关联分析

Table 4 Spatial correlation analyses among the dominant vegetation landscape types

类型 Components	B_1	B_2	C_1	C_2	C_7	C_{15}	C_{16}	C_{17}	C_{18}	C_{19}	D
A_1	-0.245**	-0.120	0.020	-0.043	0.074	-0.153	-0.129	-0.221**	0.059	-0.043	0.070
B_1		0.068	0.138	0.055	-0.155	-0.040	-0.044	-0.044	-0.065	-0.050	-0.405**
B_2			-0.115	-0.207*	-0.207*	-0.128	-0.092	-0.191*	-0.216**	-0.207*	-0.554**
C_1				-0.004	-0.092	0.031	-0.103	-0.149	0.157	-0.092	0.081
C_2					0.003	0.117	-0.017	0.047	0.083	-0.088	0.089
C_7						-0.110	-0.099	-0.079	-0.004	0.094	0.014
C_{15}							0.218**	0.191*	0.177*	0.117	-0.155
C_{16}								0.296**	0.213*	0.065	-0.078
C_{17}									0.095	0.236**	-0.037
C_{18}										0.003	0.014
C_{19}											-0.141

4 结论与讨论

1. 关于景观关联,国内曾经介绍过聚集度、相邻度指数等,但罕见实际应用的报导^[5,6]。本文借用群落生态学的种间关联概念,对白云山植被景观的空间关联分析作了尝试。

2. 景观类型之间的显著正关联或者负关联都反映了类型之间的特定关系,合理地解释这种关系并进一步发现规律是很有意义的。关于种间的关联被认为有以下的理由^[1,2]:(1)相类似的(正关联)或者不相类似的(负关联)的环境需要;(2)一个种为另一种创造了定居的条件或者施加了压力造成了正关联;(3)两者的竞争排斥造成了负关联;(4)两者在根系通过一系列的生化反应造成正关联或者负关联。而景观要素或者斑块类型之间的正关联或者负关联

也可参考群落生态学种间关联的机理加以解释。事实上,本文得到了较好较合理的解释。

3. 利用方差检验法对白云山植被景观各类型之间的总体关联性的分析表明,总体上呈现出松散的正关联。然而因为正负协方差(正负关联)相互抵消的结果,导致 $VR=1$ (似乎意味着各类型是独立分布的)。但是方差检验法甚至目前的统计方法还无法检验正负协方差的变化是如何影响检验结果的。

4. 人类干扰通过建筑等方式呈现出指射状扩散,这就使得植被的形成与发展与其呈现极其显著的空间相互排斥作用,为了有利于白云山“市肺”作用的发挥,应当有效地控制风景区的建筑斑块数量与面积。由于植被斑块破碎,相互交错,空间异质性强,景观要素或者斑块类型表现出十分复杂的空间镶嵌的分布格局。通过景观关联分析,大体上推断

出 5 种植被景观要素类型之间的总体空间布局关系为:“果园(E) — 常绿针阔混交林(B) — 常绿阔叶林(C) — 疏林草地(D) — 常绿针叶林(A)”, 以及 12 大主要植被斑块类型之间的空间关系:“B₂ — B₁ — C₁ — C₁₈ — (C₁₅) — C₁₆ — C₁₇ — C₁₉ — C₇ — C₂ — D — A₁”。

参考文献(References):

- [1] Greig-Smith P. Quantitative plant ecology. 3rd ed. Oxford: Blackwell Scientific Publication. 1983. 105~ 128.
- [2] Kershaw K A and Looney, J.H. Quantitative and dynamic plant ecology. 3rd ed. London: Edward Arnold Limited. 1985.
- [3] Schluter D. A variance test for detecting species association with some example application. *Ecology*, 1984, **65**(3): 998~ 1005.
- [4] Wang B S and Peng S L. Studies on the measuring techniques of interspecific association of the lower subtropical evergreen-broadleaved forest. 1. The exploration and the revision on the measuring formulas of interspecific association. *Acta Phytocologica et Geobotanica*, 1985, **9**(4): 274~ 285. [王伯荪, 彭少麟. 南亚热带常绿阔叶林种间联结技术研究 1. 种间联结测算公式的探索与修正 [J]. 植物生态学与地植物学丛刊, 1985, **9**(4): 274~ 285.]

- [5] Forman R T T and Godron M. Landscape Ecology. New York: John Wiley and Sons. 1986.
- [6] Turner M G and Gardner R H. Quantitative methods in Landscape Ecology. New York: Springer-Verlag. 1991.
- [7] Su Zh Y, Gu Y K, Chen B G, et al. Vegetation and main plant community types of Baiyunshan Scenic Spot, Guangzhou. *Journal South China Agricultural University*, 1997, **18**(2): 23~ 29. [苏志尧, 古炎坤, 陈北光, 等. 广州白云山风景区植被与主要植物群落类型 [J]. 华南农业大学学报, 1997, **18**(2): 23~ 29.]
- [8] Xu H-Ch. Landscape Ecology. Beijing: Chinese Forestry Press. 1996. [徐化成. 景观生态学 [M]. 北京: 中国林业出版社. 1996.]
- [9] Cox G W. (translated by Jiang Y X). 1979. Laboratory manual of general ecology. Beijing: Science Press. 106~ 108. [Cox G W. (蒋有绪译). 普通生态学实验手册 [M]. 北京: 科学出版社. 1979. 106~ 108.]

Spatial Correlation among Vegetation Landscape in Baiyunshan Scenic Spot, Guangzhou

WANG Yong-hua¹ and CHEN Bei-guang²

(1. Life Science School, Zhongshan University, Guangzhou, 510275 China;
2. Institute of Ecology, South China Agricultural University, Guangzhou 510642 China)

Abstract: A series of techniques, being drawn lessons from the conception of interspecific association in community ecology, including the test of variance, X^2 and association index were used together with a 2×2 contingency table in order to analyze the inter-type association of vegetation landscape types in Baiyunshan Scenic Spot. The results indicated that, spatial correlation could be effectively used to analyze spatial relationship among vegetation landscape types. Although all types of vegetation landscape showed a non-significant pattern of negative association, and they owned highly independent, which disturbance of human activities by way of Buildings presented finger-like proliferation caused a very significant rejection between vegetation landscape and human disturbance. Because of fragmentation, intersection and high heterogeneous of vegetation patches, vegetation landscape showed a very complex and mosaic distribution pattern. By means of spatial correlation analysis, the whole distribution outline of five vegetation landscape element types was deduced: orchard-evergreen coniferous and broadleaved mixed forest-evergreen broadleaved forest evergreen broadleaved forest-meadows with sparse trees evergreen coniferous forest, and that of 12 main types of vegetation patches B₂ — B₁ — C₁ — C₁₈ — (C₁₅) — C₁₆ — C₁₇ — C₁₉ — C₇ — C₂ — D — A₁.

Key words: vegetation landscape; spatial correlation; Baiyunshan scenic spot