

五台山旅游对植被影响测量方法的比较

牛莉芹¹, 程占红²

(1. 山西财经大学 环境经济学院, 太原 030006; 2. 山西财经大学 旅游管理学院, 太原 030031)

摘要:研究旅游对植被影响的测量方法对于评价景区生态环境质量具有重要的意义。目前主要有两种不同的方法。第 1 种方法是利用传统生态学上植物的重要值来计量;第 2 种方法是利用景观重要值、物种多样性、群落结构比、耐阴种比值、伴人种比值和旅游影响系数来测量。以五台山为例,采用 TWINSpan 和 DCA 对这两种测量方法进行了比较,它们的结果反映了不同的生态信息。在 TWINSpan 中,第 1 种方法的结果主要反映了不同种群和群落的生态特性;第 2 种方法的结果主要反映了旅游开发与植被景观之间的生态关系。在 DCA 中,第 1 种方法的结果主要反映了不同植物群落类型与自然地理因子之间的生态关系以及不同类型之间的空间格局;第 2 种方法的结果主要反映了旅游干扰下不同植被景观类型的格局规律。与第 1 种方法相比,第 2 种方法在旅游与植被的研究方面则更为合理和科学。

关键词:五台山; 旅游生态; 测量方法; TWINSpan; DCA

中图分类号:Q948.12⁺3

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2012)05-0223-07

Comparison of the Calculation Methods on the Impact of Tourism on Vegetation in Wutai Mountains

NIU Li-qin¹, CHENG Zhan-hong²

(1. College of Environment Economics, Shanxi University of Finance and Economics, Taiyuan 030006, China;

2. College of Tourism Management, Shanxi University of Finance and Economics, Taiyuan 030031, China)

Abstract: It is very important for the quality of ecological environment in scenic spot to study the calculating methods for the impact of tourism on vegetation. Nowadays, there are two different ways. The first way is to use species importance value in traditional ecology, and the second is to use landscape importance value, biodiversity, the ratio of community structure, shade-tolerant species proportion, the proportion of species accompanying with human and tourism influencing index. These two ways were compared by TWINSpan and DCA in Wutai Mountains, and their results show different ecological information. In TWINSpan, the result of the first way mainly showed the ecological characteristics of different populations and communities, whereas that of the second way reflected the ecological relationship between tourism development and vegetation landscapes. In DCA, the result of the first way showed the ecological relationship between plant communities and physical geography, and the spatial pattern among different types, whereas that of the second way reflected the pattern rule of different vegetation landscapes under tourism disturbance. Compared with the first way, the second way is more reasonable and scientific with regard to the impact of tourism on vegetation.

Key words: Wutai Mountains; tourism ecology; calculation methods; TWINSpan; DCA

植被是一定地域中各种自然要素相互作用的最直接表现,是一种最为敏感、最有生机的生态要素。关于旅游影响的生态评价问题,许多学者从不同方面

都进行了一定的探讨,例如刘鸿雁等从种群、群落和土壤特性出发,探讨了旅游干扰对北京香山公园黄栌林的影响^[1]。冯学钢等以不同区域为参考,研究了旅

收稿日期:2012-03-17

修回日期:2012-04-30

资助项目:国家自然科学基金项目(40701175);山西省高校科技开发项目(20091017);山西省基础研究计划项目(2011021027-2)

作者简介:牛莉芹(1976—),女,山西岚县人,硕士,讲师,主要从事旅游生态学研究。E-mail:nlq1976@126.com

通信作者:程占红(1972—),男,山西新绛人,博士,教授,主要从事旅游生态学研究。E-mail:chengzhanhong@163.com

游活动对地被植物—土壤环境的影响^[2]。但他们仅以简单的观察数据来说明,并没有进行量化,且样本很少。石强等通过调查游客损伤的树木年轮和植被的质量和物种数,利用影响植被系数研究了游人活动对张家界植被的影响^[3]。李贞等、程占红等利用敏感水平、景观重要值、阴生种比值和旅游影响系数等指标,评价了旅游对植被的影响^[4-7]。这些学者利用不同的评价指标来研究,为量化旅游对植被的影响开辟了新的途径。但是植被分布具有一定的地带性规律,不同的种群也有不同的生态学特性。因而关于这些评价指标的选取和测量方法还需进一步研究。本文以五台山为例,对两种旅游对植被影响的测量方法进行比较。

1 研究方法

1.1 取样调查

山西省五台山居中国佛教四大名山之首,是世界文化遗产地。五台山是典型的温带山地型生态系统,具有完整的植被垂直带谱。自 1980 年以来,五台山旅游业得到了迅速发展,旅游开发的广度和深度在不断加大,游客量也不断增加。本文用样带和样地相结合的方法,在五台山以大白塔为中心,分别在东、西、南、北、东北、西北、东南和西南不同方向上设立 8 条样带,在每条样带上大致以每隔 100 m 的实际距离取一样地。取样遵循三个原则:(1) 取样的最远距离以实地植被几乎没有受到旅游干扰为止。(2) 根据实地植被景观的不同,取样尺度不同。草本面积为 1 m×1 m,灌木面积 4 m×4 m,乔木面积 10 m×10 m。(3) 每条样带上所取样地尽量保持其坡度、坡向、坡形和坡位的一致性,以保持样地自然环境的一致性。根据取样原则,共有 8 条样带 136 个样地。正东方向的样地有 E1—E12,东北方向的样地有 NE1—NE21,正北方向的样地有 N1—N15,西北方向的样地有 NW1—NW10,正西方向的样地有 W1—W9,西南方向的样地有 SW1—SW14,正南方向的样地有 S1—S14,东南方向的样地有 SE1—SE14。在调查中,先测量海拔、坡度、坡向、坡形和坡位;再测量植被层盖度及植物种的盖度和高度,乔木还包括多度、胸径和冠幅;最后记录垃圾数量、枯枝落叶层和腐殖层厚度、乔木死枝下高、幼苗量及折枝损坏现象等指标。

1.2 分析方法

1.2.1 第 1 种测量方法 植物种的重要值是用来表示某个种在群落中的地位 and 作用的综合数量指标。因为它简单、明确,所以得到普遍应用。植物种的出

现与否、种的重要值都可以反映旅游对植被的影响,它们的测量如下:

乔木重要值 = (相对密度 + 相对频度 + 相对优势度) / 300

灌木重要值 = (相对盖度 + 相对高度) / 200

草本重要值 = 相对盖度 / 100

1.2.2 第 2 种测量方法 笔者根据五台山实际情况,从植被特征的各个方面入手,建立了一套评价体系。该评价体系有 4 个层次、27 个具体指标,包括植被景观重要值、物种多样性、群落结构比、耐阴种比值、伴人种比值和旅游影响系数 6 个方面,其计算方式具体见文献^[8]。

1.2.3 两种测量方法的比较 分类和排序是植被数量生态学最基本的分析方法,其中,双向指示种分析 (Two-Way Indicator Species Analysis, TWINS-PAN) 和除趋势对应分析 (Detrended Correspondence Analysis, DCA) 是最常用的技术手段^[8]。TWINS-PAN 能够快速有效地对不同种群和群落进行类型的划分,DCA 可以反映不同类型在其环境空间中的分布格局,二者相互映衬。

在取样调查中,共获得 136 个样地,出现 165 个植物种。其中,有 47 个样地位于寺庙区、居民区和商业区,由于旅游开发程度最强烈,致使其原有植被已不复存在。有 65 个植物种仅出现了 1 次。在第 1 种方法中,剔除出现 1 次的种和已无植被存在的 47 个样地,这样组成 89×100 维的数量矩阵。在第 2 种方法中,利用所有样地的 27 个具体指标值,组成 27×136 维的数据矩阵。利用 TWINS-PAN 和 DCA 对这两组数据矩阵分别进行分类和排序,然后比较这两种测量方法的优劣。

2 结果与分析

2.1 TWINS-PAN 分类

2.1.1 第 1 种测量方法的分类 就第 1 种方法的测量而言,TWINS-PAN 将 89 个样地分为 7 个类型区(图 1),图中第 1 次分划的指示种为狗尾草 (*Setaria viridis*)、小红菊 (*Dendranthema charetii*)、铁杆蒿 (*Artemisia gmelinii*) 和唐松草 (*Thalictrum aquilegifolium*),第 2 次分划的指示种为三裂绣线菊 (*Spiraea trilobata*),第 3 次分划的指示种为反枝苋 (*Amaranthus retroflexus*)、车前 (*Plantago asiatica*)、并头黄芩 (*Scutellaria scordifolia*)、丝裂蒿 (*A. adamsii*) 和碱茅 (*Puccinellia distans*),第 4 次分划的指示种为榆树 (*Ulmus pumila*),第 5 次分划的指示种为兰花棘豆 (*Oxytropis coerulea*)、苔草

(*Carex spp.*)、委陵菜(*Potentilla chinensis*)、唐松草、黄花草木樨(*Melilotus suaveolens*)、鹅观草(*Roegneria kamoji*)和早熟禾(*Poa sphondylodes*)，第6次分划的指示种为黄花蒿(*A. annua*)、茭蒿(*A. giraldii*)、狗尾草、丝裂蒿、黄芥(*Brassica juncea*)和苍耳(*Xanthium sibiricum*)。这些指示种在群落划分中起着重要作用，结合实际生态意义，7个类型区分别形成如下7个植物群落类型。

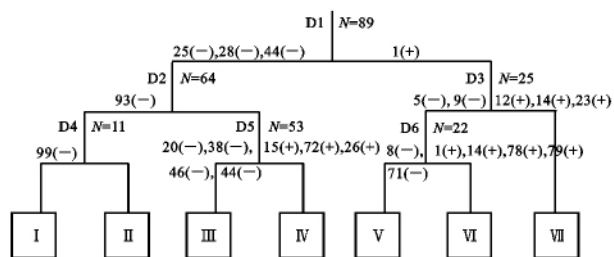


图1 第1种方法的 TWINSpan 分类

I 青杨+榆树—二色胡枝子+三裂绣线菊—糙苏群落 (Community *Populus cathayana* + *Ulmus pumila*—*Lespedeza bicolor* + *Spiraea trilobata*—*Phlomis umbrosa*)。包括 N7 和 S41，共 2 个样地。海拔 1 500 m 和 1 650 m，坡度大，为 25°~30°，坡向为东坡和东南坡，位于线形坡的上部和下部。距旅游中心区的距离差异很大，有近有远。样地 N7 只有乔木层，没有灌木层和草本层，青杨是建群种，间有榆树，群落盖度为 60%。样地 S41 群落结构复杂，层次分明，物种丰富，主要优势种有青杨、二色胡枝子、三裂绣线菊和糙苏等，群落盖度达 90% 以上。在景观重要值、物种多样性、群落结构比、耐阴种比值和旅游影响系数方面，两样地差异极为悬殊，其中样地 N7 的旅游影响系数为 0.923，受旅游干扰强烈，而样地 S41 的旅游影响系数为 0.155 4，受到的旅游干扰较小。

II 青杨—三裂绣线菊—苔草+铁杆蒿群落 (Community *Populus cathayana*—*Spiraea trilobata*—*Carex siderosticta* + *Artemisia sacrorum*)。包括 S32, S33, S35, S37, S38, S39, S40, SE13 和 SE14，共 9 个样地。海拔 1 500~1 630 m，坡度较大，为 20°~35°，坡向有北坡、东北坡、东坡和东南坡，线形坡上的不同部位均有分布。除样地 SE13 和 SE14 距旅游中心区的距离较近外，其他样地的距离均较远。主要优势种有青杨、三裂绣线菊、苔草和铁杆蒿等。在样地 S35, S40, SE13 和 SE14 中，植物群落层次结构明显，乔木层、灌木层和草本层都存在，群落盖度达 85% 以上，因而其景观重要值、物种多样性、群落结构比和耐阴种比值都相对较大，而旅游影响系数则较

小。但是样地 S32, S33, S37, S38 和 S39 均属于灌草丛，无乔木层存在，因而其景观重要值、物种多样性、群落结构比和耐阴种比值都相对较小，而旅游影响系数则较大。显然，在本类型内部，不同样地对于描述旅游对植被景观影响的特征指标方面存在差异。但是这些样地之所以能够形成同一群落类型，关键在于这些样地的灌木层和草本层中有较为相同的优势植物种类。

III 华北落叶松+青杨—沙棘+多花胡枝子—铁杆蒿+苔草群落 (Community *Larix principis-rupprechtii* + *Populus cathayana*—*Hippophae rhamnoides* + *Lespedeza floribunda*—*Artemisia sacrorum* + *Carex siderosticta*)。包括 N13, SW12, SW13, SW14, E10, E11, E12, N9, N10, N11, N12, N14, N15, NE12, NE14, NE18, NE19, NE20, NE21, NW7, NW9, SW11, E9, NE13, NE15, NW5, NW10 和 SW7，共 28 个样地。该类型海拔较高，介于 1 600~1 820 m，坡度为 15°~30°，坡向有东北坡、东坡、东南坡和南坡，在线形坡的不同部位均有分布。距旅游中心区的距离差异很大，有近有远。主要优势种有华北落叶松 (*Larix principis-rupprechtii*)、青杨 (*Populus cathayana*)、沙棘 (*Hippophae rhamnoides*)、多花胡枝子 (*Lespedeza floribunda*)、铁杆蒿和苔草等。其中，样地 NW5 和 SW13 是灌草丛，样地 SW7, E9, SW11, NW7, NE12 和 SW12 是草本植物群落，其余样地群落结构较为明显，有乔木层、灌木层和草本层，但是部分样地缺失灌木层。尽管这些样地在群落结构上有差异，但是在不同层次上具有相同的优势植物种。本类型的景观重要值、物种多样性、群落结构比、耐阴种比值、伴人种比值和旅游影响系数大小不一，相差悬殊，几乎囊括了从小到大的各种类型。这些指标的不一性，说明样地之间没有统一的共性，不能一致地反映出旅游与植被之间的关系。

IV 青杨—沙棘—黄花草木樨+鹅观草群落 (Community *Populus cathayana*—*Hippophae rhamnoides*—*Melilotus suaveolens* + *Roegneria kamoji*)。包括 N8, E7, E8, NE17, NW3, NW6, NW8, W4, W5, W6, W7, W8, W9, SW3, SW8, NE16, S9, SW6, SW9, SW10, S31, S34, S36, SE11 和 SE12，共 25 个样地。该类型海拔介于 1 520~1 760 m，大部分样地坡度较缓，小于 15°，但也有部分样地坡度较大。在坡向上，除西坡和西南坡外，其他坡向上都有分布。在坡形上，有凹坡、平地 and 线坡，且在不同坡位上均有分布。距旅游中心区的距离也相差较大。主

要优势种有青杨、沙棘、黄花草木樨和鹅观草。其中, 样地 NW8, W5, SW6 和 SW10 属于灌草丛, 样地 E7, E8, NE17, NW3, W4, W6, SW3, SW8 和 SE11 属于草本植物群落, 其余样地的群落结构主要为乔木层和草本层, 灌木层缺失。在本类型区内部, 这些样地在景观重要值、物种多样性、群落结构比、耐阴种比值、伴人种比值和旅游影响系数上彼此之间差异也较大。与 I 区、II 区和 III 区相比, 本区的旅游影响系数总体上有明显增大的趋势。

V 反枝苋+茭蒿群落 (Community *Amaranthus retroflexus*+*Artemisia giraldii*)。包括 E6, NW1, S8, S3, S4, SE6, SE9, SE10, SE2, SW2, S12, S29, S30 和 W1, 共 14 个样地。该类型海拔较低, 介于 1 550~1 610 m, 除样地 W1 的坡度为 15°、坡向为东北坡、位于线形的中坡上之外, 其余样地均为平地。但是距离旅游中心区的距离则相差较大。主要优势种有反枝苋、茭蒿、狗尾草和车前等。所有样地均为草本植物群落。在本类型区内部, 大部分样地在景观重要值、物种多样性、群落结构比、耐阴种比值、伴人种比值和旅游影响系数上都较为接近, 相差不大。与 I 区、II 区、III 区和 IV 区相比, 本区的景观重要值、物种多样性、群落结构比和耐阴种比值都较小, 而伴人种比值和旅游影响系数都较大。

VI 狗尾草+丝裂蒿群落 (Community *Setaria viridis*+*Artemisia adamsii*)。包括 SW4, SW5, SE3, SE4, S5, NE8, W2 和 W3, 共 8 个样地。该类型海拔介于 1 590~1 650 m 之间, 除样地 NE8 和 W2 外, 其余样地均为平地。样地 NE8 的坡度为 8°, 东南坡, 处于线形坡的下部位。样地 W2 坡度为 12°, 东北坡, 处于线形坡的中间部位。所有样地距旅游中心区的距离相对较近, 除样地 SE4 为灌草丛外, 其余样地均为草本植物群落。主要优势种有狗尾草、丝裂蒿、黄芥和苍耳。在本类型区内部, 大部分样地在景观重要值、物种多样性、群落结构比、耐阴种比值、伴人种比值和旅游影响系数上同样都较为接近, 相差不大。与 I 区、II 区、III 区和 IV 区相比, 本区的景观重要值、物种多样性、群落结构比和耐阴种比值都较小, 而伴人种比值和旅游影响系数都较大。但是本区与 V 区相比, 它们在描述旅游对植被景观影响的特征指标上都极为相似, 彼此差异不大。

VII 丝裂蒿+并头黄茼群落 (Community *Artemisia adamsii*+*Scutellaria scordifolia*)。包括 NE10, NE11 和 NW4, 共 3 个样地。该类型海拔 1 630~1 670 m, 均为平地, 样地 NW4 距旅游中心区的距离仅为 400 m, 而样地 NE10 和 NE11 距旅游中

心区的距离分别为 1 000 m 和 1 100 m。所有样地均为草本植物群落, 且物种组成简单, 主要优势种有丝裂蒿和并头黄茼。3 个样地在景观重要值、物种多样性、群落结构比、耐阴种比值、伴人种比值和旅游影响系数上彼此之间较为一致。但是与 V 区和 VI 区相比, 本区样地的景观重要值和物种多样性都相对较小, 群落结构比和耐阴种比值则与其差异不大, 伴人种比值和旅游影响系数也继续减小。

2.1.2 第 2 种测量方法的分类 就第 2 种测量方法而言, TWINSpan 将 136 个样地分为 9 个类型区 (图 2)。图中第 1 次分划的指示因子有地面芽植物比例, 第 2 次分划的指示因子是灌木重要值, 第 3、第 4 和第 5 次分划的指示因子都是乔木重要值, 第 6 次分划的指示因子有乔木层物种丰富度和灌木层物种丰富度, 第 7 次分划的指示因子有矮高位芽植物比例, 第 8 次分划的指示因子有垃圾影响系数和隐芽植物比例。这些指示因子在植被景观分异中起着重要作用。

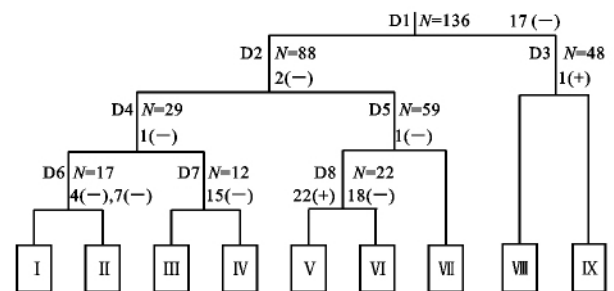


图 2 第 2 种方法的 TWINSpan 分类

I 优越级乔灌草区。包括 S35 和 S41。该区海拔很低, 为 1 500~1 520 m, 坡度大, 约 30°左右, 东北坡和东南坡, 在线形的下坡处, 距旅游中心区最远, 旅游干扰最小或者受到一定的保护。该区主要有油松群落和青杨群落, 群落层次明显, 结构复杂, 乔木层、灌木层和草本层并存, 且物种丰富, 多样性最大, 群落盖度达 90% 以上, 景观质量最好。景观重要值为 0.15~0.16, 物种多样性达到 3.0 以上, 群落结构比为 0.37~0.41, 耐阴种比值为 0.52~0.74, 景观重要值、物种多样性、群落结构比和耐阴种比值都达到最大值, 但是旅游影响系数最小, 伴人种比值为 0。

II 良级乔灌草区。包括 S39, S40, NW10, SE12, SE13, SE14, E11, W7, W8, W9, N13, N15, NE15, NE18 和 SW14。除 S39 和 S40 外, 大部分样地海拔都较高, 坡度较大, 位于线形的中上坡上, 有不同的坡向, 距离也很远, 旅游干扰较小。该区主要有华北落叶松群落、青杆群落和青杨群落等, 群落层次明显, 乔、灌、草三层并存, 乔木层和灌木层物种较少, 草本层物种丰富, 群落盖度在 85% 以上, 结构稳定,

景观质量也较好。这些样地的景观重要值与各自所处的样带上的其他样地相比,它们的景观重要值都最大或较大。物种多样性大多为 2.5 左右,最大为 3.17,最小为 1.91。群落结构比均为 0.35~0.42。耐阴种比值为 0.20~0.72,样地间差异较大,这主要是因为所处坡向不同。伴人种比值均在 0.10 以下,旅游影响系数为 0.14~0.65,大部分在 0.30 左右。就同一样带上而言,这些样地的景观重要值、物种多样性、群落结构比和耐阴种比值都在各自样带上达到最大值或较大值,而伴人种比值和旅游影响系数却是最小值或较小值。

Ⅲ 良级灌草区。包括 S32, S33, S37, S38 和 NW5。该类型区海拔低 1 510~1 540 m,坡度较大,为 20°~30°之间,坡向为东、东北和东南坡,处于线形的中上坡,距离较远,旅游干扰较大。该区植被类型主要有三裂绣线菊灌丛、蚂蚱腿子灌丛(Comm. *Myrtilloides dioica*)和多花胡枝子灌丛(Comm. *Lespedeza floribunda*)等,没有乔木种出现,仅有灌木层和草本层。群落盖度 85%~100%。景观重要值为 0.02~0.04,物种多样性为 1.43~2.61,群落结构比为 0.22~0.28,耐阴种比值为 0.22~0.54,伴人种比值为 0~0.08,旅游影响系数为 0.37~0.58。

Ⅳ 中级灌草区。包括 W5, S5, SE4, SW10, NW8, SW6 和 SW13。样地 S5 和 SE4 属于人工植被,是葱皮忍冬灌丛(Comm. *Lonicera ferdinandii*)。其余样地海拔 1 605~1 690 m,坡度 5°~30°,大部分在 15°以上,坡向各异,有东北、东南、东坡和南坡,大部分处于线形的中下坡,距离中等或较远,干扰较大,植被类型为沙棘灌丛。该区也没有乔木层出现,仅有灌木和草本两层,群落盖度均在 90%以上。大部分样地的景观重要值为 0.07 左右,最低值是样地 S5,其景观重要值为 0.02,其他方向上景观重要值偏大,最高值为 0.20。所有样地物种多样性为 1.60~2.52,群落结构比为 0.18~0.27,耐阴种比值为 0~0.34,旅游影响系数为 0.36~0.62。因距离较远,样地 SW13 的伴人种比值为 0,其余样地伴人种比值明显增大,为 0.06~0.88。

Ⅴ 中级乔草区。包括 NE14, NE19, NE20, NE21, NW9, E10, S34, N9, N12, N14 和 SW9。除样地 S34 自然条件较好外,其余样地海拔 1 620~1 780 m,坡度均在 15°以上,坡向变化复杂。这些样地一般位于各样带的中距离处或较远处,受到中等程度的旅游干扰。中距离处的样地位于凹形的下坡处,较远距离的样地则处在线形的中上坡上。该区植被类型主要有青杨群落、青杆群落、油松群落和华北落叶松群

落。该区没有灌木层出现,仅有乔木层和草本层。群落盖度在近距离处为 70%~80%,远距离处为 90%~95%。大部分样地景观重要值为 0.04~0.14,少数样地例外,如 E10 为 0.20, NE20 为 0.22, SW9 为 0.38。物种多样性为 1.51~2.63,群落结构比为 0.27~0.34。大部分耐阴种比值为 0.20~0.50,但是 NE14 和 SW9 较大,分别为 0.63 和 0.70。伴人种比值为 0~0.14,但是 S34 达到 0.55。旅游影响系数为 0.22~0.73,但是 NE21 较低,为 0.17。

Ⅵ 差级乔草区。包括 E12, S9, S31, S36, N8, N10, N11, NE13, NE16, NW6 和 NE17。该类型区坡向变化复杂。在正南方向上样地距离较远,自然条件较好。海拔较低(1 520~1 590 m),地势平坦,或者坡度较小,为东北坡,处于线形或凹形的下坡上。其他样地海拔 1 660~1 820 m,坡度普遍较陡,为 19°~30°,处于线形的不同坡位上。它们距旅游中心区的距离中等或较远。该区植被类型主要有华北落叶松群落和青杨群落。该区也没有灌木层出现,仅有乔木层和草本层,草本层中物种相对减少,群落盖度 65%~80%。垃圾有明显增多的趋势。大部分景观重要值为 0.03~0.13,但 NW6 和 E12 分别为 0.31 和 0.34。物种多样性为 1.51~2.34,群落结构比为 0.27~0.34。大部分耐阴种比值为 0.01~0.30,但 E12 和 S9 较大,分别为 0.48 和 0.55。伴人种比值一般为 0~0.13,但是 S9 和 N8 较大,分别为 0.22 和 0.57。旅游影响系数为 0.45~0.80,但是 E12 较低,为 0.20。

Ⅶ 草本区。包括 E7, E8, W1, W3, W4, W6, S4, S8, S30, NE8, NE10, NE11, NE12, NW3, SE2, SE3, SE11, SW2, SW3, SW4, E6, W2, S3, SE10, SW5, S12, S29, NW1, SE6, SE9, SW7, SW8, E9, NW7, SW11, SW12 和 NW4。该类型区坡向较多,海拔相对较低,介于 1 550~1 720 m。大部分样地坡度缓和,地势平坦,为弃耕地。少数样地坡度较大,在 15°~30°之间,处于线形的中下坡。距旅游中心区较近,或者在远距离处的居民点附近,干扰较大。该区主要有黄花草木樨群落、铁杆蒿群落、狗尾草群落、碱茅群落、丝裂蒿群落、车前群落、茭蒿群落、风毛菊群落、委陵菜群落和反枝苋群落等。该区植被没有乔木层和灌木层,仅有草本层,其中,伴人种植物明显增多。群落盖度 60%~90%。景观重要值为 0.005~0.03,物种多样性为 0.68~2.12,群落结构比 0.09~0.23。耐阴种比值 0~0.30,但是 SW3 和 E9 较大,分别为 0.40 和 0.47。伴人种比值,除样地 E8, NE12, SW3, W6, E9, NW7, SW11, SW12 和 SW7 为 0 或较小外,

其余样地的伴人种比值为 0.25~0.97。旅游影响系数在 0.42~0.83。

Ⅷ 居民区、寺庙区和商业区。包括 E1—E5, S1, S2, S6, S7, S10, S11, S13—S28, N1—N6, NE1—NE7, NE9, NW2, SE1, SE5, SE7, SE8 和 SW1。该类型区海拔 1 600 m 左右,地势平坦,为居民区、寺庙区和商业区所占用,距离最近,人为活动最强烈。该区域没有任何植物群落,仅有零星的人工乔木种和草本植物。景观重要值、物种多样性、群落结构比和耐阴种比值均为 0,伴人种比值和旅游影响系数均为 1。

Ⅸ 单优乔木区。包括 N7。该类型区海拔 1 650 m,坡度较大,在 25°以上,坡向为东坡,位于线形的上坡。距离近,旅游影响强烈。该区是青杨群落,只有乔木层,没有灌木层和草本层,青杨是群落的建群种,间有榆树,群落盖度为 60%。地面践踏面积较大,没有枯枝落叶层和腐殖层,有许多建筑垃圾和生活垃圾。景观重要值为 0.11,物种多样性为 0.52,群落结构比为 0.12,耐阴种比值和伴人种比值均为 0,旅游影响系数为 0.92。

2.1.3 分类的讨论 根据两种不同的方法进行 TWINSpan 分类,所得结果完全不同,反映的生态信息也不相同。从第 1 种方法的结果来看,它主要反映了不同种群和群落的生态特性。在每个类型区中,海拔、坡度和坡向等自然要素较为一致,而且优势种基本相同,即同一类型区种群有着相同的生态习性,因而明显地将所有样地分为不同类型的植物群落。但是在每个类型区中都有不同旅游影响程度的植被景观存在,这可以从景观重要值、物种多样性和旅游影响系数等指标中看出。尤其是在 I 区、II 区、III 区和 IV 区中,不同样地在景观重要值、物种多样性、群落结构比、耐阴种比值、伴人种比值和旅游影响系数方面,彼此差异悬殊,这说明植被景观的旅游价值和生态环境质量优劣并存。但是在 V 区、VI 区和 VII 区中,不同样地在景观重要值、物种多样性、群落结构比、耐阴种比值、伴人种比值和旅游影响系数上却都较为接近,相差不大。这主要是由于这 3 类区主要是草本植物群落,物种之间的生态特性差异较小,因而这些植被景观指标值较为接近。上述 7 类区的总体情况说明第 1 种测量方法的不足,即第 1 种方法的分类结果不能很好地反映出旅游对植被的影响。根据这一测量方法可以推测,各样地只要优势种相同,无论数量上的差异或者受旅游影响程度如何,它们都可以归为一类。实际分类中,我们也可以发现,在优势种相同的前提下,一样地植被已受到旅游活动的严重破坏,而另一样地植被生长良好,旅游活动少,生态环境

质量较优,但是它们属于同一类型。显然,这种分类仅从优势种的角度来考虑,因而其结果就不能反映出旅游对植被的影响情况。综上,这种分类结果与自然因素相关性较大,而与旅游活动关系不明显。

从第 2 种方法的结果来看,它主要反映了旅游开发与植被景观之间的生态关系。同一类型区的不同样地在景观重要值、物种多样性、群落结构比、耐阴种比值、伴人种比值和旅游影响系数等指标特征上具有一定的共性,即对旅游与植被的关系表现出一致性,但是在海拔、坡度、坡向和优势种等自然要素上并没有太多的一致性。不同的样地之所以能够归为一类,原因只在于植被景观所受到的旅游影响程度。在这一结果中, TWINSpan 明显地将所有样地按照质量优劣划分为不同等级的植被景观,并且由优级到差级逐级过渡,同时上述指标也表现出相应的梯度变化。这些结果足以说明第 2 种测量方法在反映旅游与植被的关系方面是可行的。与第 1 种测量方法相比,第 2 种测量方法则更为合理和科学。

2.2 DCA 排序

2.2.1 第 1 种测量方法的排序 由图 3 可知, DCA 第 1 轴主要反映了坡度的变化,即从左到右坡度逐渐减小。DCA 第 2 轴主要反映了海拔变化,即从下到上海拔有升高的趋势。而景观重要值、物种多样性、群落结构比、耐阴种比值、伴人种比值和旅游影响系数等指标没有表现出明显的规律性。其中, I 区、II 区、III 区和 IV 区的分布比较聚集,这主要是由于它们有一些相同的优势种所致。总之,第 1 种方法的 DCA 排序的结果只反映了自然地理因子的规律性,并未体现出与旅游因子相关的规律,即,不能明确表达旅游活动对植被的影响。

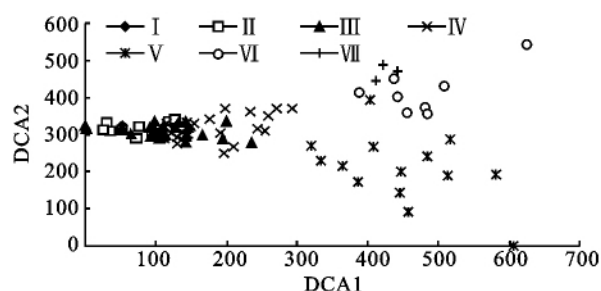


图 3 第 1 种测量方法的排序

2.2.2 第 2 种测量方法的排序 由图 4 可知, DCA 第 1 轴表现了一个综合的环境梯度,即从左到右,坡度愈来愈大,坡向愈来愈阴,坡位愈来愈高,距旅游中心区的距离也越来越远。DCA 第 2 轴主要反映了海拔的变化,即从下到上海拔在逐渐降低。在这些地理因子的制约下,9 个类型区在排序图上有规律地分布。排序图中的对角线将植被景观明显地分开。对

角线的下面为乔木群落区,从左下方到右上方,植被景观依次由单优乔木区逐渐过渡到乔草区、乔灌草区。在对角线的上面,从左下方到右上方,植被景观依次由居民区向草本区、灌草区的方向演替。可见,第2种方法的DCA排序结果充分反映了旅游开发程度与植被景观特征的内在联系,它们之间相互递变的规律格外明显。

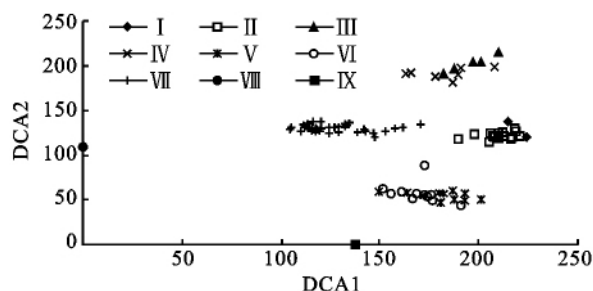


图4 第2种测量方法的排序

从以上两种排序结果可以看出,无论哪一种测量方法,DCA都能将不同的类型区分开来,在每个图中,每个类型都有其分布范围,说明DCA是一种较好的排序方法。但是不同类型的图反映的情况却不一样。第1种方法的排序图主要反映了不同植物群落类型与自然地理因子之间的生态关系以及不同类型之间的空间格局,并没有明确显示出旅游对植被影响的规律性。第2种方法的排序图主要反映了不同植被景观类型的格局规律。可见,对于旅游与植被之间的排序研究,选用第2种方法较好。

3 结论

利用TWINSpan和DCA对两种不同的测量方法进行了对比,从上述结果来看,它们所反映的生态信息是完全不同的。在TWINSpan分类中,第1种方法的结果是不同类型的植物群落,它们对海拔、坡度、坡向和优势种等自然要素表现出一致性,但是并不能反映出旅游对植被的影响,它主要反映了不同种群和群落的生态特性。第2种方法的结果是不同等级的植被景观类型,它们对旅游与植被的关系表现出一致性,主要反映了旅游开发与植被景观之间的生态关系。在DCA排序中,第1种方法的排序图主要反映了不同植物群落类型与自然地理因子之间的生态关系以及不同类型之间的空间格局,并没有明确显

示出旅游对植被影响的规律性。第2种方法的排序图主要反映了旅游开发下不同植被景观类型的格局规律。

第1种方法是生态学上测量不同种群重要值的传统方法;第2种方法是根据旅游生态学的有关知识,在实践中积累出来的一种测量方法。景观重要值反映了每一处样地的植被景观在整个景区中相对的生态重要性;物种多样性表明了物种的丰富度和均匀性;群落结构比主要反映了不同生活型植物在群落中的作用;耐阴种比值和伴人种比值分别反映了样地中耐阴种和伴人种占有的多少,其实质是在监测旅游活动的强弱;旅游影响系数是旅游活动对生态环境的一种综合干扰程度。由于这些指标的涵义和计量涉及旅游对植被生态环境影响的各个方面,因而其结果符合实际。即使植被景观的本底不同,如乔木景观和草地景观,在旅游活动的影响下,同一个样地的指标值仍有差异,正是这种差异反映了旅游对植被的影响,因而第2种方法的结果对于不同的景观本底是适用的。与第1种方法相比,第2种方法在旅游与植被的研究方面则更为合理和科学。当然,第2种测量方法目前并不是完美的,还需要在实践中继续探讨和完善。

参考文献:

- [1] 刘鸿雁,张金海. 旅游干扰对香山黄栌林的影响研究[J]. 植物生态学报,1997,21(2):191-196.
- [2] 冯学钢,包浩生. 旅游活动对风景区地被植物—土壤环境影响的初步研究[J]. 自然资源学报,1999,14(1):75-78.
- [3] 石强,钟林生,汪晓菲. 旅游活动对张家界国家森林公园植物的影响[J]. 植物生态学报,2004,28(1):107-113.
- [4] 李贞,保继刚,覃朝锋. 旅游开发对丹霞山植被的影响研究[J]. 地理学报,1998,53(6):554-561.
- [5] 程占红,张金屯. 芦芽山生态旅游植被景观特征与地理因子的相关分析[J]. 生态学报,2002,22(2):278-284.
- [6] 程占红,张金屯,上官铁梁,等. 芦芽山自然保护区旅游开发与植被环境的关系研究. I: 植被环境质量分析[J]. 生态学报,2002,22(10):1765-1773.
- [7] 程占红,张金屯,上官铁梁. 芦芽山自然保护区旅游开发与植被环境关系: 旅游影响系数及指标分析[J]. 生态学报,2003,23(4):703-711.
- [8] 张金屯. 数量生态学[M]. 北京: 科学出版社,2004.