

芦芽山自然保护区旅游开发与植被环境关系 ——植被景观的类型及其排序

程占红^{1,2}, 张金屯^{3,*}, 吴必虎¹, 牛莉芹²

(1. 北京大学旅游研究与规划中心, 北京 100871; 2. 山西大学黄土高原研究所, 太原 030006; 3. 北京师范大学生命科学学院, 北京 100875)

摘要: 正确识别旅游活动作用下植被景观的类型及其分布格局, 是景区管理者实施生态管理的现实课题。以芦芽山自然保护区为例, 利用双向指示种分析(Two-Way Indicator Species Analysis, TWINSpan) 和除趋势对应分析(Detrended Correspondence Analysis, DCA) 对此问题进行了研究。结果表明: (1) TWINSpan 将所有样地划分为 5 个不同等级的植被景观类型区, 其结果比较客观地反映出旅游开发与植被景观间的生态关系, 指示因子也充分地反映了植被区的人为环境和景观特征。与利用旅游影响系数进行的分类相比, TWINSpan 的结果更为科学合理, 明显优于单纯依据一个因子划分的结果。(2) DCA 第 1 轴从左到右旅游影响系数和敏感水平越来越小, 信息指数越来越大。DCA 第 3 轴从下而上旅游剔除程度逐渐减小。DCA 结果能够识别植被景观类型在空间上分布的规律性, 但是这种规律性需要根据生态学知识去加以分析和总结, 直观性不强。(3) TWINSpan 结果与 DCA 结果基本一致, 具有良好的可比性。

关键词: 芦芽山; 植被景观; 双向指示种分析; 除趋势对应分析

文章编号: 1000-0933(2006) 06-1940-07 中图分类号: Q149, Q948.1 文献标识码: A

Relationship between tourism development and vegetation environment in Luya Mountain Nature Reserve: vegetation landscape types and ordination

CHENG Zhan-Hong^{1,2}, ZHANG Jin-Tun^{3,*}, WU Bi-Hu¹, NIU Li-Qin² (1. Center for Recreation and Tourism Research, Peking University, Beijing 100871, China; 2. Institute of Loess Plateau, Shanxi University, Taiyuan 030006, China; 3. College of Life Sciences, Beijing Normal University, Beijing 100875, China). *Acta Ecologica Sinica*, 2006, 26(6): 1940~1946.

Abstract: The relationship between tourism development and vegetation landscapes is seen from Sensitive Level (SL), Landscape Importance Value (LIV), information index of biodiversity (H'), Shade-tolerant Species Proportion (SSP) and Tourism Influencing Index (TII). SL is a kind of the degree of tourists paying attention to the selected sample, and shows the scenery of vegetation landscapes. LIV is a kind of the index that shows the important degree of the selected sample in all the vegetation landscapes, and this importance embodies both the quality of ecological environment and the tourism value of plant communities by species' characteristics, biodiversity, community structure, aesthetic factors and so on. H' is an index of biodiversity, and can show the richness and the evenness of species. SSP is the ratio of the coverage of shaded-tolerant species to that of all the species in the selected sample, so it can show the impact of tourism activities on ecological environment. TII is a main standard of evaluating the impact of tourism development on natural environment, including rubbish index, damaging branches index, treading ground index, treading stakes index, woods regeneration index and herb situation index. However, to show the impact of tourism on vegetation in Luya Mountain Nature Reserve clearly, we use Two-Way Indicator Species Analysis (TWINSpan) and Detrended Correspondence Analysis (DCA), which are the most common ways for vegetation analysis. TWINSpan can integrate all the

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(30070140)

收稿日期: 2005-04-15; 修订日期: 2005-10-21

作者简介: 程占红(1972~), 男, 山西新绛人, 博士, 主要从事旅游生态学研究. E-mail: chengzh@sxu.edu.cn

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: zhangjt@bnu.edu.cn

Foundation item: The project was supported by the National Natural Science Foundation of China (No. 30070140)

Received date: 2005-04-15; **Accepted date:** 2005-10-21

Biography: CHENG Zhan-Hong, Ph.D., mainly engaged tourism ecology. E-mail: chengzh@sxu.edu.cn

factors' information and divide vegetation landscapes into different types, and DCA can range vegetation landscapes in certain sequence in space. In TWINSpan and DCA, elevation, slope, aspect, road width, distance from tourism road, SL , LIV , H' , SSP and THI constitute a 10×16 matrix with samples.

Based on tourism activities, the rule of vegetation landscape types and spatial pattern is analyzed. It shows that: (1) TWINSpan gives correct and rapid partition to the classification, and divides all vegetated landscapes into five types. The results produced by TWINSpan can reflect the ecological relationship between tourism development and vegetation landscapes objectively, and the indicative factors can also embody the humane environment and characteristics of vegetation landscapes. The dividing principle of TWINSpan is according to the comprehensive information of all factors, so its result is more superior to that only based on one factor obviously. (2) The ordination diagram of DCA can differentiate vegetation landscape districts, and each type has its own area. Seen from their distribution, the first axis of DCA mainly reflects the mutual changing regulation of tourism development and vegetation landscapes, that is, from the left to the right, the distance from tourism road, LIV and H' increase gradually, while SL and THI decrease. At the same time, the less rubbish is, the lower the height under dead-branch is, the thicker the humus layer is, and the greater the herb' coverage is. The third axis of DCA shows the change of tree stumps, that is, from the bottom to the top, the tourism rejecting degree decreases gradually. Therefore, under the impact of tourism activities, the differentiate phenomenon of vegetation landscapes takes place. These results show that DCA can reflect the relationship between tourism development and vegetation landscapes commendably, but this relationship need to be recognized based on ecology knowledge. (3) The DCA ordination could reflect the number-diagram model of vegetation landscapes in simple environmental space. The results of TWINSpan are identical to those of DCA, both are comparable. This is because that both of them are based on the first axis of RA/CA ordination and have the common grounds in the arithmetic.

Key words: Luya Mountain; vegetation landscapes; two-way indicator species analysis; detrended correspondence analysis

随着旅游开发的广度和深度的加大, 旅游对植被的影响也便成为旅游景区的一个热点问题。许多学者都曾指出旅游对植被影响的严峻性, 例如, Rai 等通过分析旅游量和生物多样性的动态变化, 指出应加强旅游量的管理^[1]。Pickering 等也曾指出, 夏季旅游活动的猛增最易造成植被的退化^[2]。但是如何评判旅游对植被的影响及其影响程度, 则成为这一问题的难点。目前不同学者对此有着不同的研究方法。Tatzanis 等以希腊克里特岛西部的沙质海岸为例, 利用生物多样性和指示景观变化的植物种, 来估算景观的价值, 并进行了土地单元的划分, 发现不同景观类型对应着特定的植物群落, 在一定程度上揭示了景观和植被对于旅游活动的响应^[3]。师强等利用树木年轮研究了游人活动对张家界植被的影响^[4]。李贞等从植被生态环境质量和景色质量管理角度, 以群落景观重要值、敏感水平等定量分析为依据, 研究了旅游开发对丹霞山植被产生的影响^[5]。程占红等在此基础上, 改进了某些评价指标, 研究了芦芽山旅游开发与植被的关系^[6,7]。这些不同的指标对于衡量旅游开发对植被景观的影响起到了重要的作用, 但是如何根据旅游对植被的综合影响来正确判断植被现状的类型及其分布格局, 这对于景区管理者如何科学实施生态管理更具有指导意义。目前关于这一问题的研究, 还未见有过报道。本文在已有研究成果的基础上^[6,7], 对旅游活动作用下植被景观的类型特征及其空间分布格局, 进行了继续探讨。

1 研究方法

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, TWINSpan) 和除趋势对应分析 (Detrended Correspondence Analysis, DCA) 是最常用的技术手段^[8-10]。TWINSpan 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。

本文把各样地的海拔、坡度、坡向、路宽、距离、敏感水平、景观重要值、物种多样性信息指数、阴生种比值、6个旅游影响因子及其系数等 16 个指标值, 代替植物种的重要值, 组成 20×16 维的数据矩阵。这些指标的含义和计量见文献^[6,7]。利用 TWINSpan 和 DCA 对这组数据矩阵分别进行分类和排序, 从而判断和识别旅游活

动作用下植被景观的类型及其格局。

2 研究结果

2.1 双向指示种分析(TWINSPAN)结果

TWINSPAN 对 20 个样地的分类结果可用样地的分类树状图表示(图 1)。可以看出从左到右 TWINSPAN 将芦芽山植被景观划分为 5 大类,依次用 I, II, III, IV 和 V 来表示。I 类区样地有 4、15、17、18 和 20, II 类区样地有 7、11、13 和 14, III 类区样地有 1、2、3、9、10 和 12, IV 类区样地有 16 和 19, V 类区样地有 5、6 和 8。这 5 个类型代表着 5 个植被区域。图中 N 代表每一分组的样地数, D 代表划分, $D_1, D_2, \dots$ 分别为第 1, 2, ... 次划分。“+”、“-”分别代表正负指示因子, 数字为指示因子序号。图中第 1 次分划的指示因子有冠幅和枯层厚, 第 2 次分划的指示因子有坡向、路宽和树桩量, 第 3 次分划的指示因子有幼苗量, 第 4 次分划的指示因子为垃圾量。这些指示因子在植被分异中起着重要作用。

2.1.1 优级植被景观区 该区样地有 4、15、17、18 和 20, 主要分布于 2420~ 2580m 之间距游径较远的地段和 2100m~ 2200m 之间远距游径的地段。该区植物群落总盖度均达 100%, 其中乔木层盖度 75%~ 85%, 乔木树种以华北落叶松(*Larix principis-rupprechtii*)和白桦(*Picea meyeri*)为主, 平均林高 12~ 15m, 平均冠幅 4~ 6m, 胸径 75~ 106cm 不等, 平均约为 85cm。但海拔较高处林木有矮化现象, 而冠幅较大, 此外有白桦(*Betula platyphylla*)出现, 白桦的林高、冠幅和胸径都相对较小, 这主要由自然环境所致。灌木层盖度较低, 平均约为 15%, 最低达 3%, 最高达 30%。灌木层中以东北茶藨子(*Ribes mandschuricum*) (占 10% 左右) 和忍冬属(*Lonicera*) (占 6% 左右) 居明显优势。忍冬属主要有金花忍冬(*L. japonica*)、刚毛忍冬(*L. hispida*) 和葱皮忍冬(*L. chrysantha*) 等。其次有山柳(*Hieracium umbellatum*)、小卫矛(*Evonymus alatus*) 和灰子(*Cotoneaster acutifolius*) 等。草本层盖度较大, 均在 90% 以上, 草本层中披针苔草(*Carex lanceolata* var. *Subpediformis*) 占绝对优势, 其盖度约占 45% 左右, 乌头(*Aconitum carmichaeli*) 占 10%, 鳞毛蕨(*Pteridium aquilinum*) 占 8%, 此外还有橐吾(*Ligularia*)、节节草(*Rubia cordifolia*)、珠芽蓼(*Polygonum viviparum*)、双花堇菜(*Viola biflora*)、鹅参、假报春(*Certus amatholi* ssp. *Pekinensis*) 和小丛红景天(*Rhodiola dumulosa*) 等。海拔较高处草本植物最为繁多, 这是由于该区适宜亚高山草甸发育。各群落均有苔藓层出现, 其盖度达 70% 左右。

该区坡度为 15° 左右, 坡向基本为西北坡, 敏感水平较低, 均小于 0.5, 景观重要值除样地 20 外, 均较大, 信息指数也较大, H' 在 1.52~ 1.89 之间, 阴生种比值在 0.33~ 0.69 之间。该区垃圾量很少或者无, 介于 0~ 2 件, 死枝下高介于 1.43~ 1.68m 之间, 比较低, 枯层厚度大部分介于 6~ 9cm 之间, 树桩量较多, 最多达 20 个, 林木更新能力强, 乔木幼苗量集中于 5~ 17 棵之间, 草本植物生长旺盛, 盖度达 80%~ 95%, 旅游影响系数较小, 大部分保持在 2.0 左右。说明该区旅游开发程度弱, 破坏性小, 植被及其生态环境达到优级标准, 旅游价值较大。

2.1.2 良级植被景观区 该区样地有 7、11、13 和 14, 主要分布于 2320~ 2420m 之间的地段和冰口凹附近距离较远的地段。该区植物群落总盖度较大, 远离游径区达 95%~ 100%, 近游径处较小, 为 75%。乔木层盖度平均约为 85%, 以华北落叶松和白桦为主, 平均林高 13~ 15m, 平均冠幅约为 4.5m, 平均胸径 75cm。此外该地段有少量的红桦(*Betula albo-sinensis*) 出现。灌木层盖度普遍较小, 为 5~ 15% 不等, 但某些地段灌木层盖度较大, 达 50%。灌木层植物仍以东北茶藨子和忍冬属植物为主, 还有小卫矛、灰子、铁线莲(*Clematis florida*) 等植物出现。草本层盖度介于 40%~ 90% 之间, 平均盖度 70%, 草本植物种类丰富, 生长繁茂。披针苔草(占

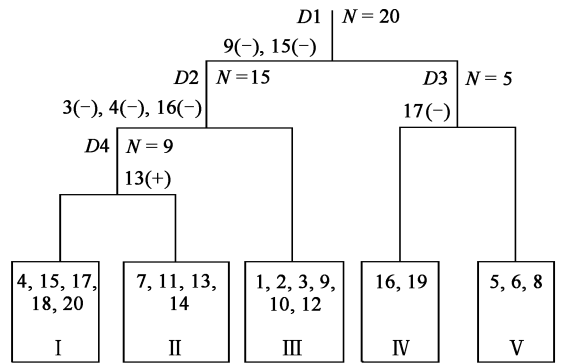


图 1 芦芽山植被景观的 TWINSPAN 分类

Fig. 1 The classification of vegetated landscapes in Luya Mountain by TWINSPAN

35%) 和东方草莓(*Fragaria orientalis*) (约 20%) 占绝对优势, 其次为乌头(约 10%) 和瓣蕊唐松草(*Thalictrum petaloideum*) (约 8%), 还有耧斗菜(*Aquilegia viridiflora*)、早熟禾(*Poa annua*)、勿忘草(*Myosotis silvatica*)、问荆、山野豌豆(*Vicia amoena*)、凤毛菊(*Saussurea nimborum*)、腺毛肺菜(*Murdannia lourerii*)、羊胡子草(*Carex buergeriana*)、猪殃殃(*Galium aparine* var. *Tenerum*)、节节草、荨麻(*Urtica angustifolia*)、毛茛(*Ranunculus japonicus*) 等野生植物。各地段均有苔藓层, 其盖度约 45%。

该区除样地 7 外, 大部分地段坡度平缓, 坡向为西南坡, 敏感水平中等, 介于 0.6~0.8 之间, 景观重要值较大, 介于 1.09~1.22 之间, 信息指数也较大, 介于 1.54~1.96 之间, 阴生种比值在 0.5~0.59 之间。该区垃圾量有所增加, 达到 8~36 件, 林下死枝下高高低不一, 介于 0.88~1.80m 之间, 枯层厚 4~7.5cm, 比优级区枯层薄, 树桩量 3~11 桩不等, 幼苗量较多, 最多达 25 棵, 草本层盖度有所减小, 介于 40%~90% 之间, 旅游影响系数介于 2.3~3.1 之间, 大部分保持在 2.5 附近, 说明该区旅游影响有所增加, 但植被及其生态环境仍达良级水平, 植被具有较大的旅游价值。旅游干扰适度, 植被仍能正常演替, 有利植物群落发育。

2.1.3 中级植被景观区 该区样地有 1、2、3、9、10 和 12, 主要分布于 2020~2150m 之间靠近社区的地段, 2220~2320m 之间的地段和冰口凹附近距离较远的地段。该区植物群落总盖度介于 90%~100% 之间, 乔木层盖度为 80%, 树种同样以华北落叶松和白桦为主, 间有红桦。靠近社区的地段为人工林, 因而其群落平均林高相对较低, 为 11~13m, 平均胸径 60~70cm, 而 2220~2320m 之间的地段平均林高 15m 左右, 平均胸径 75~85cm, 最高达 111cm。平均冠幅相差不大, 均介于 4~6m 之间。灌木层盖度较小, 介于 2%~10% 之间, 但有些盖度则达 50%。主要灌木植物有土庄绣线菊(*Quercus liaotungensis*)、刺栗(*Ribes burejense*)、沙棘(*Hippophae rhamnoides*)、山柳、水子、金银木(*Lonicera maackii*)、东北茶子、小卫矛和忍冬属植物等。草本层平均盖度 70%, 草本植物以披针苔草(35%)、东方草莓(15%) 和羊胡子草(15%) 为主, 其次为野艾蒿(*Artemisia lavendulaefolia*) (10%)、双花堇菜(8%) 和千里光(*Senecio*) (5%), 还有委陵菜(*Potentilla chinensis*)、早熟禾(*Poa annua*)、碱茅(*Puccinellia*)、地榆(*Sanguisorba officinalis*)、小檗(*Berberis amurensis*)、橐吾、乌头、糙苏(*Phlomis umbrosa*)、柴胡(*Bupleurum chinense*)、拐头菊、胭脂花(*Primula maximowiczii*)、歪头菜(*Vicia unjuga*)、重楼(*Paris*)、珠芽蓼、细叶繁缕(*Stellaria media*)、毛蕊老灌草(*Geranium eriostemon*) 和瞿麦等。靠近社区和冰口凹的某些地段无苔藓层, 其他地段苔藓层盖度为 40% 左右。此外, 某些地段有伴人植物出现, 如小车前(*Plantago depressa*)、香薷(*Elsholtzia ciliata*)、野苜蓿和茜草。

该区坡度 5~35°, 坡向为西北坡、东坡和西坡, 大部分地段敏感水平较小, 在 0.4 以下, 但靠近社区的地段受社区人为影响大, 游径附近的地段敏感水平也近于中等。该区景观重要值较大, 为 1.17~1.39, 信息指数也较大, 为 1.42~2.12, 阴生种比值 0.14~0.72。该区垃圾量较少, 2~5 件, 死枝下高较高, 最高达 2.25m, 一般在 1.65~2.25m 之间, 枯层厚大部分为 5cm 左右(4~7cm), 树桩量很少, 为 0~5 桩, 幼苗量在靠近社区段很少, 但在 2220~2320m 段则较多, 为 0~20 棵, 草本层盖度持中等水平, 为 50%~90%, 旅游影响系数大多在 3.0 附近, 某些地段小于 2.0。该区植物群落生长稳定, 群落结构良好, 旅游价值大, 但是旅游影响程度增加。

2.1.4 中下级植被景观区 该区样地有 16 和 19, 主要分布于 2520~2580m 之间距游径较近的地段, 该区植物群落总盖度为 85%, 乔木层盖度为 80%, 以白桦为主, 间有桦树。白桦平均林高 10~13m, 冠幅 3~5m, 平均胸径 60~70cm, 桦树平均林高 6m 左右, 冠幅约 3m, 胸径 50cm。灌木层盖度更小, 为 2%~5%, 主要有忍冬属植物、东北茶子和小卫矛等。草本层盖度介于 40%~70% 之间, 以披针苔草为主, 占 25%, 其次有细叶繁缕、鳞毛蕨、马先蒿(*Pedicularis*)、柳蓝(*Chamaenerion angustifolium*)、早熟禾、隐子草(*Cleistogenes serotina*)、假报春、草乌等。该地段岩石裸露, 土层浅薄, 苔藓层约占 30% 左右。

该区坡度介于 20°左右, 坡向为北坡和西坡, 敏感水平明显增大, 均在 0.8 以上, 景观重要值也明显减小, 为 0.9~1.10, 信息指数也有所减小, 最低达 1.23。该区海拔较高, 环境较为阴湿, 但阴生种比值明显下降, 在 0.47~0.62 之间。该区垃圾量明显增加, 均在 40 件以上, 死枝下高高达 1.80m 左右, 枯层明显变薄, 为 2cm 左右, 树桩量 3~7 桩, 幼苗量为 6~8 棵, 草本层盖度也有所降低, 最低达 40% 左右, 旅游影响系数明显升高, 达

4.0 左右。这说明旅游开发程度较强, 旅游影响较大。若不能正确及时地处理旅游活动与植被的关系, 群落将不能维持其正常的生态机制, 植被的旅游价值也将相继丧失。

2.1.5 差级植被景观区 该区样地有 5、6 和 8, 主要指冰口凹中心区附近的植物群落地段。该区植物群落总盖度为 75% 左右, 乔木层盖度约 70%, 以华北落叶松和白 为主, 大部分群落平均林高 14~ 15m, 少数平均林高仅为 8m, 平均冠幅 2~ 4m, 平均胸径 50~ 60cm。该区某些地段仅有零星的忍冬属灌木植物, 其盖度微乎其微。草本层盖度明显减小, 有披针苔草、东方草莓、毛叶车前、羊胡子草、龙牙草(*Agrimonia pilosa*)、毛蕊老鹳草(*Geranium eriostemon*)、小花草玉梅(*Anemone rivularis* var. *Barbulata*)、野罂粟(*Papaver*)、细叶繁缕、马先蒿、蒲公英(*Taraxacum dealbatum*)、蓝刺头(*Echinops*)、橐吾、柴胡、早熟禾等。地面无苔藓层, 仅在部分树桩上分布有少量苔藓。

该区坡度为 15° 左右, 坡向为西坡和西南坡, 敏感水平最高, 达 0.9 以上, 景观重要值也最小, 最小值为 0.7, 信息指数明显减小, 为 0.8~ 1.29, 阴生种比值为 0.36~ 0.56。该区垃圾量随着距离减小而大幅度增加, 死枝下高普遍增高, 其均值在 3m 左右, 最高达 5.73m, 枯层明显变薄, 为 1~ 2.5cm, 树桩量为 0~ 12 桩, 幼苗量均为 0, 林木更新能力较弱, 草本层盖度明显大幅度地减小, 仅为 5%~ 15%, 旅游影响系数达 5.0 以上。这说明旅游中心区破坏性最大, 旅游开发与植被生态环境之间的矛盾已经激化, 必须采取有力措施, 恢复植被景观的生态功能和美学价值。

由上述可知, 图 1 反映了一个明显的综合环境梯度, 从左到右, 距游径的水平距离愈近, 敏感水平逐渐增大, 景观重要值和信息指数却不断减少, 同时, 垃圾量逐渐增加, 枯层愈薄, 树桩量和幼苗量都趋于减小, 从而导致旅游影响系数不断增大。相应地, 植被景观区由良级向差级逐渐过渡。TWINSpan 等级分类的结果, 比较客观地反映出旅游开发与植被间的生态关系, 划分的指示因子也充分地反映了植被区的人为环境和其景观特征。根据芦芽山植被类型区的划分可知, 大部分植被地段处于良级和中级水平, 说明其植被具有较大的旅游价值, 但差级地段的出现, 则说明旅游开发与植被环境之间存在着激烈的矛盾。

2.2 除趋势对应分析(DCA)结果

表 1 为 DCA 各轴与各种指标值的相关性, 由此可知, DCA 第 1 轴与各因子的相关性最大, 与敏感水平、信息指数、垃圾量、枯层厚、草本层盖度和旅游影响系数的相关系数均达到 $p < 0.001$ 水平, 置信度达 99.99%, 其次, 它与距离、景观重要值和死枝下高极显著相关, 与冠幅显著相关, 这说明 DCA 第 1 轴所包含的信息量最大, 它能充分反映各因子的信息梯度变化。DCA 第 2 轴与敏感水平和幼苗量极显著相关, 与海拔、距离和阴生种比值也显著相关。DCA 第 3 轴与树桩量呈极显著负相关, 与坡度显著负相关。DCA 第 4 轴与海拔、敏感水平、阴生种比值和幼苗量都呈极显著相关, 与路宽显著正相关。

表 1 DCA 各轴与各指标的相关性
Table 1 Correlation coefficients between DCA axis and each factor

	DCA1	DCA2	DCA3	DCA4		DCA1	DCA2	DCA3	DCA4
<i>E</i>	0.145	0.468*	-0.064	0.665**	<i>SSP</i>	0.056	0.502*	0.175	0.671**
<i>S</i>	-0.001	-0.147	-0.499*	-0.110	<i>RP</i>	-0.843***	0.358	0.358	0.276
<i>A</i>	-0.150	0.013	0.342	0.227	<i>DBH</i>	-0.563**	0.052	0.193	-0.069
<i>RW</i>	-0.060	0.418	-0.233	0.493*	<i>TDL</i>	0.774***	-0.243	-0.261	-0.168
<i>D</i>	0.590**	-0.517*	-0.011	-0.103	<i>SN</i>	0.392	-0.121	-0.587**	0.139
<i>SL</i>	-0.760***	0.637**	0.302	0.618**	<i>SAV</i>	0.328	0.635*	0.357	0.615**
<i>LIV</i>	0.600**	-0.066	0.101	-0.090	<i>CHL</i>	0.784***	0.011	-0.278	0.003
<i>H'</i>	0.680***	0.022	-0.197	0.023	<i>THI</i>	-0.924***	0.071	0.319	-0.038

* $p < 0.05$; ** $p < 0.01$; *** $p < 0.001$; *E* 海拔 Elevation, *S* 坡度 Slope, *A* 坡向 Aspect, *RW* 路宽 Road width, *D* 距游径的距离 Distance from tourism road, *SL* 敏感水平 Sensitive level, *LIV* 景观重要值 Landscapes importance value, *H'* 物种多样性指数 Information index of biodiversity, *SSP* 耐阴种比值 Shade-tolerant species proportion, *RP* 垃圾量 Rubbish percent, *DBH* 死枝下高 Dead-branch height, *TDL* 枯枝落叶层厚度 Thickness of dead stick and humus layer, *SV* 树桩量 Stump number, *SAV* 幼苗量 Sapling number, *CHL* 草本层盖度 Coverage of herb layer, *THI* 旅游影响系数 Tourism influencing index

在上述相关性中,第2轴和第4轴与阴生种比值显著相关,但是根据过去研究表明,阴生种比值在本区并不能很好地反映环境变化^[9],所以采用DCA第1轴和第3轴进行排序分析。

图2是20个样地的DCA二维排序图。图中数码为样地序号,5个植被景观类型在图中基本上都有其分布范围和界线。差级植被景观区位于排序图的左侧,处于景观重要值较小,旅游影响系数较大的区域,优级植被景观区位于排序图的右侧,处于景观重要值较大,旅游影响系数较小的区域。而中下级植被景观区、良级植被景观亚区和中级植被景观区则从左到右分别位于上述两个植被区之间,说明这3个植被景观区的景观特征和旅游开发程度介于差级植被景观区和优级植被景观区之间。

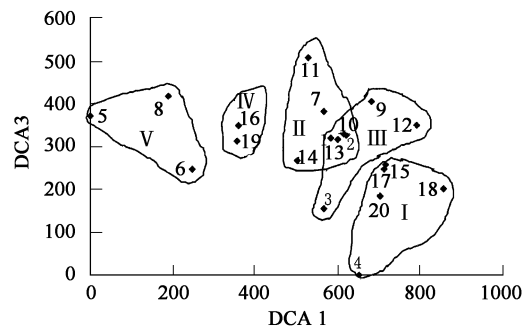


图2 芦芽山植被景观的DCA排序

Fig. 2 The DCA ordination of vegetated landscapes in Luya Mountain

DCA第1轴主要反映了芦芽山旅游开发程度与植被景观特征的内在联系,其相互递变的规律格外明显,即从左到右,距游径的水平距离逐渐增大,敏感水平逐渐减小,因而景观重要值和信息指数逐渐增大。同时,垃圾量逐渐减少,林木死枝下高降低,枯层则愈厚,草本层盖度则愈大,从而导致旅游影响系数逐渐减小。DCA第3轴主要反映了树桩量的变化,即由下而上,旅游剔除程度逐渐减小,同时坡度愈小。因而群落的环境生态条件也随之发生变化,植被景观区也有一定的分化现象,即由下而上,在排序图左侧植被景观区由差级向中下级过渡,在中间植被景观区由中级向良级发展。可见,DCA较好地反映了植被景观之间以及旅游开发与植被环境之间的关系。

3 结论与讨论

对旅游活动作用下的植被景观进行生态类型的划分以及识别其空间格局的规律,是研究旅游与植被关系领域中的重要内容。在旅游景区,正确识别植被景观的生态类型及其空间格局,对于旅游管理者具有明确的指导意义。但是如何对旅游影响下的植被景观进行类型的划分,有着不同的方法。本文利用TWINSpan对此问题进行了研究,该结果与笔者利用旅游影响系数进行的分类相比较^[7],可以看出,某些样地在类型划分上出现错位的现象,如前者结果中优级植被景观区包括样地4、15、17、18和20,后者仅有12、15和18。根据各样地的实际情况,不难发现,样地4、17和20的植被景观确实较优,样地12却较差。这是因为在划分原则上,前者是依据各因子的综合信息,后者则是根据单一的旅游影响系数,主观制定阈值来进行划分。本文的研究结果也表明:TWINSpan能够准确迅速地每一级分类给出明确的划分,将植被景观划分为优级植被景观区、良级植被景观区、中级植被景观区、中下级植被景观区和差级植被景观区。其分类的结果,比较客观地反映出旅游开发与植被景观间的生态关系,指示因子也充分地反映了植被区的人为环境和景观特征。因此TWINSpan的结果更为科学合理,明显优于单纯依据一个因子划分的结果。

DCA是利用各因子的生态信息对所有样地进行排序的一种方法。本文的研究结果表明:所有样地在DCA图上均有自己的分布范围,且每个类型区都相对集中。DCA第1轴主要反映了旅游影响系数、敏感水平、信息指数等因子的变化,即从左到右旅游影响系数和敏感水平越来越小,信息指数越来越大。DCA第3轴主要反映了树桩量的变化,即从下而上旅游剔除程度逐渐减小。这些结果说明,通过DCA分析能够识别植被景观类型在空间上分布的规律性。但是这种结果或者空间分布的规律性需要根据生态学知识去加以分析和总结,直观性不强。至于如何科学和直观地表达植被景观与旅游因子和地理因子之间的关系,还需要做进一步的研究。

从本文的研究结果看,TWINSpan和DCA具有很好的映衬性。DCA排序能够把TWINSpan分类的结果以数量——图式模型在简化的环境空间中反映出来。TWINSpan分类的最后结果与排序的结果也基本一致,具有良好的可比性。这可能因为两者都是基于RA/CA第一排序轴基础上进行的,在算法上具有共同点。

References:

- [1] Rai S C, Sundriyal R C. Tourism and biodiversity conservation: The Sikkim Himalaya. *Ambio*, 1997, 26 (4): 235~ 242.
- [2] Pickering C, Harrington J, Worboys G. Environmental impacts of tourism on the Australian Alps protected areas: Judgments of protected area managers. *Mountain Research and Development*, 2003, 23 (3): 247~ 254.
- [3] Tzatzanis M, Wrbka T, Sauberer N. Landscape and vegetation responses to human impact in sandy coasts of Western Crete, Greece. *Journal for Nature Conservation*, 2003, 11 (3): 187~ 195.
- [4] Shi Q, Li C G, Deng J Y. Assessment of impacts of visitors' activities on vegetation in Zhangjiajie National Forest Park. *Journal of Forestry Research*, 2002, 13 (2): 137~ 140.
- [5] Li Z, Bao J G, Qin C F. The impact of tourism development on the vegetation cover of Mount Danxia, Guangdong. *Acta Geographica Sinica*, 1998, 53 (6): 554~ 561.
- [6] Cheng Z H, Zhang J T, Shengguan T L, *et al.* Relationship between tourism development and vegetation environment in Luya Mountain Nature Reserve I . quality analysis of vegetation ecological environment. *Acta Ecologica Sinica*, 2002, 22(10): 1765~ 1773.
- [7] Cheng Z H, Zhang J T, Shengguan T L. Relationship between tourism development and vegetation environment in Luya Mountain Nature Reserve: tourism influencing index and some indices analysis. *Acta Ecologica Sinica*, 2003, 23(4): 703~ 711.
- [8] Zhang J T. Methods in vegetation quantitative ecology. Beijing: China Science and Technology Press, 1995.
- [9] Hill M O. TWINSpan — A FORTRAN Program for arranging Multivariate Data in An Ordered Two-way Table by Classification of The Individuals and Attributes. Cornell University, Ithaca N. Y. 1979.
- [10] Braak C J F Ter. CANOCO — A FORTRAN Program for Canonical Community Ordination by [Partial] [Detrended] [Canonical] Correspondence Analysis, Principal Component Analysis and Redundancy Analysis (Version 2. 1). Agricultural Math Group, Box 100, 1700 A C, Wageningen, The Netherlands, 1988.

参考文献:

- [5] 李贞, 保继刚, 覃朝锋. 旅游开发对丹霞山植被的影响. *地理学报*, 1998, 53(6): 554~ 561.
- [6] 程占红, 张金屯, 上官铁梁, 张峰. 芦芽山自然保护区旅游开发与植被环境的关系 I . 植被环境质量分析. *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. *生态学报*, 2003, 23(4): 703~ 711.
- [8] 张金屯. 植被数量生态学方法. 北京: 中国科学技术出版社, 1995.