

# 旅游干扰对历山亚高山草甸植物多样性的影响

张桂萍<sup>1,2</sup>, 张 峰<sup>1,3,\*</sup>, 茹文明<sup>1,2</sup>

(1. 山西大学黄土高原研究所, 山西太原 030006; 2. 长治学院生化系, 山西长治 046011;

3. 山西大学生命科学与技术学院, 山西太原 030006)

**摘要:** 历山是国家级自然保护区,也是山西省自然保护区中面积最大、物种资源最丰富的自然保护区。运用丰富度指数、物种多样性指数和均匀度指数,结合方差分析研究了旅游干扰对历山舜王坪亚高山草甸植物多样性的影响及其变化规律。结果表明:(1)随着距游径距离的增加,不同样带主要科、属、种的数量均有所上升,毛茛科所含种数增加幅度较大,菊科、蔷薇科、禾本科所含种数变化幅度较小。(2)不同样带植物主要优势种的相对盖度、相对密度、相对高度均发生了不同程度的变化( $p > 0.05$ ),距离游径越远,主要优势种的相对盖度、相对密度、相对高度越大;伴人植物则表现出相反的变化趋势,即距离游径越远,伴人植物的相对盖度、相对密度、相对高度越小,个别物种甚至消失(如扁蓿)。(3)生活型功能群中,多年生草本植物的种数最多,占总种数的 79.24%,1 年生植物和灌木合占总种数的 20.76%。随着旅游干扰强度的增加,1 年生植物的比例略有增加,多年生草本植物的比例略有下降,灌木所占比例较为稳定。(4)随着远离游径,物种丰富度和物种多样性指数略有增加,而物种均匀度指数表现为先升后降的趋势,增减幅度经方差分析未达到显著水平( $p > 0.05$ )。鉴于目前旅游活动对历山舜王坪草甸植物多样性的干扰程度,建议保护区应在开展旅游的同时,加强资源的保护和可持续利用。

**关键词:** 草甸;植物多样性;生活型功能群;旅游干扰;山西历山;舜王坪

文章编号:1000-0933(2008)01-0407-09 中图分类号:Q142,Q145,Q16,X176 文献标识码:A

## Effects of disturbance by tourism on plant diversity in Lishan subalpine meadow, Shanxi Province

ZHANG Gui-Ping<sup>1,2</sup>, ZHANG Feng<sup>1,3,\*</sup>, RU Wen-Ming<sup>1,2</sup>

1 Institute of Loess Plateau, Shanxi University, Taiyuan 030006, China

2 Department of Biology & Chemistry, Changzhi College, Changzhi 046011, China

3 School of Life Science and Technology, Shanxi University, Taiyuan 030006, China

Acta Ecologica Sinica, 2008, 28(1): 0407 ~ 0415.

**Abstract:** Lishan Mountain is located in the eastern of Zhongtiao Ranges bordering Qinshui county, Yangcheng county, Yicheng county and Yuanqu county in Shanxi. It is at 35°16'—35°27'N, 111°51'—112°30'E, and belongs to warm-temperate continental monsoon climate zone. Lishan Provincial Natural Reserve was authorized by Shanxi Provincial People's Government in 1983, and Lishan National Natural Reserve was designated by the State Council of the People's Republic of China in 1988. It is the largest natural reserve (248 km<sup>2</sup>) and with the richest wildlife resources in all natural reserves in Shanxi. Shunwangping subalpine meadow is at 2358 m above sea level and is the highest peak in Lishan Natural Reserve. It consists mainly of xero-mesophyte or mesophyte, which includes mainly *Festuca rubra*, *Carex subpediformis*, *C. heterostachya*,

基金项目: 山西省自然科学基金资助项目(2006011077)

收稿日期: 2006-09-22; 修订日期: 2007-11-07

作者简介: 张桂萍(1964~),女,山西太原人,博士生,副教授,主要从事数量生态学研究. E-mail: guiping0355@sohu.com

\* 通信作者 Corresponding author. E-mail: fzhang@sxu.edu.cn

Foundation item: The project was financially supported by Shanxi Provincial Natural Science Foundation(No. 2006011077)

Received date: 2006-09-22; Accepted date: 2007-11-07

Biography: ZHANG Gui-Ping, Ph. D. candidate, Associate professor, mainly engaged in quantitative plant ecology. E-mail: guiping0355@sohu.com

*Poa annua*, *Fragaria orientalis*, *Sanguisorba officinalis*, *Ranunculus japonicus*, *Polygonum viviparum*, *Gentiana macrophylla* et al. Because of the abundant natural and cultural scenery, it has increasingly attracted tourists. With the rapid development of tourism, however, its vegetation resource has been damaged to some degrees owing to the unreasonable exploration and the imperfect management. The quadrats were set from timberline (2100m) to the top peak (2358m) in Shunwangping subalpine meadow. Four transect belts were parallel each other and were parallel with the traveling path. Following a gradient of decreasing tourism disturbance intensity, each transect was 0m, 4m, 8m and 12m, respectively, away from the traveling path. Each transect included 32 1m × 1m quadrats, which were set up at 100m intervals. A total of 128 quadrats and 88 species were recorded in the field. By using richness indexes, evenness indexes and diversity indexes, the change tendency and regularity of the plant diversity of communities in Shunwangping subalpine meadow influenced by tourism interference were studied, along with ANOVA. The results were as follows: (1) The number of the families, genera, and species of the different transects increased with the increase of the distance away from the tourism path. The number of species in Ranunculaceae alternated more than that in Rosaceae, Compositae and Gramineae. (2) In spite of the variation of the relative coverage, the relative height and the relative density of main dominants were not significant ( $p > 0.05$ ), the regularity of variation showed that the distance away from traveling path corresponded to higher relative coverage, height and density of the dominant species. However, the change trend for the relative coverage, the relative height and the relative density of the companion species showed inverse trend. For example, the *Polygonum aviculare* distributed only in Transect I, and was absent in Transect II, Transect III, Transect IV. (3) For the functional groups of life form, the permanent plant was accounting for about 80% in the total, which was more than that of therophyte and shrub (accounting for 20%) totally. With the increase of tourism interference, the proportion of therophyte raised, the proportion of permanent plant inclined, and the proportion of shrub was constant relatively. (4) The result of diversity indices indicated that the richness indices and the diversity indices raised, and the evenness indices declined with the increase of the distance away from the traveling path. The difference was not significant ( $p > 0.05$ ) by using ANOVA. It suggests that the tourism interference has not resulted in serious influence on plant diversity in Lishan subalpine meadow. Based on the disturbance degree of tourism on plant diversity in Lishan subalpine meadow, some management strategies are proposed for the development of tourism and for plant resource conservation and its utilization.

**Key Words:** subalpine meadow; plant diversity; life form functional groups; tourism disturbance; Lishan; Shunwangping

历山自然保护区是山西省自然保护区中面积最大、物种资源最丰富的自然保护区。由于该区具有丰富的自然资源和人文景观,受到越来越多游客的关注,已成为山西著名的旅游景区之一。根据对历山自然保护区旅游环境承载力的测算,其承载力为 1 500 人次/d。对该区客源市场的调查统计表明,其旅游客流量通常不超过 1 000 人次/d,还没有超过旅游环境的实际承载力;然而由于粗放的管理和经营,旅游已经对当地生态环境造成了某些不良影响,特别是舜王坪草甸植被已经受到一定程度的干扰<sup>[1]</sup>。

在旅游对环境的诸多影响中,对土壤、植被造成的不良影响研究尤为重要,但研究报道较少<sup>[2]</sup>。植物多样性是植物生态学研究的重要内容之一,并受到越来越多学者的关注<sup>[3~5]</sup>。目前,关于对植物多样性研究主要集中在物种多样性,尤以物种数量多样性研究居多,包括物种多样性与群落演替的关系<sup>[6,7]</sup>、物种多样性与群落生产力关系<sup>[8]</sup>、物种多样性的取样强度<sup>[9]</sup>等,关于人为干扰对植物多样性的影响虽有报道,如放牧干扰<sup>[10,11]</sup>、水淹干扰<sup>[12]</sup>、人工模拟干扰<sup>[13]</sup>、人类工程干扰<sup>[14]</sup>等,但关于旅游干扰对植物多样性的影响报道较少<sup>[15,16]</sup>。本文采用丰富度指数、物种多样性指数和均匀度指数,结合方差分析研究了旅游干扰下历山舜王坪亚高山草甸植物多样性的变化及其规律,旨在揭示旅游干扰对该地植物多样性的影响,进而为该地植物资源保护、可持续利用及旅游业的协调发展提供理论依据。

## 1 研究区域概况

历山自然保护区位于山西省中条山东段,35°16′~35°27′N,111°51′~112°30′E,地处沁水、翼城、阳城和

垣曲四县交界处。该区属暖温带大陆性季风气候,年均温 11.3 ~ 14.9℃,年降水量 600 ~ 800mm,无霜期 180d ~ 200d。区内蕴藏着大量的植物资源,据不完全统计该区计有种子植物 972 种,隶属于 491 属,123 科<sup>[17,18]</sup>。

历山舜王坪亚高山草甸属暖温带山地草甸,主峰舜王坪海拔 2 358m。由于海拔高、温度低、热量少等自然因素,植物群落结构简单,层次分化不甚明显,主要由旱生或旱中生地面芽和地下芽植物组成,草甸组成以多年生草本植物为主,灌木种类较少。

## 2 研究方法

### 2.1 样方调查

2003 年 7 月在历山舜王坪山地草甸进行了野外取样调查。从游客步行游览起始点(即林线——海拔 2100m)开始设置第 1 个样地,以后沿游径每隔 100m 设置 1 个样地,直至舜王坪顶部(海拔 2 358m)。每个样地包含 4 个样方,每个样方距游径的距离分别为 0、4、8、12m,样方面积 1m × 1m。这样就构成了 4 条与游径平行的样带,每条样带包括 32 个样方,共计 128 个样方,物种 88 个。记录的指标包括每个样方内植物种名、高度、盖度等。

### 2.2 物种多样性计算方法

以相对优势度(采用相对盖度)为原始数据,依据下列公式计算物种多样性各指标<sup>[19]</sup>:

$$\text{丰富度指数} \quad R = S \quad (1)$$

多样性指数

$$\text{Simpson 指数} \quad \lambda = \sum_{i=1}^s \frac{N_i(N_i - 1)}{N(N - 1)} \quad (2)$$

$$\text{Shannon-Wiener 指数} \quad H' = - \sum_{i=1}^s \frac{N_i}{N} \ln \left( \frac{N_i}{N} \right) \quad (3)$$

均匀度指数

$$\text{Pielou 指数} \quad E_p = H' / \ln S \quad (4)$$

$$\text{Alatalo 指数} \quad E_A = (1 / \lambda - 1) / (e^H - 1) \quad (5)$$

式(1~5)中, $S$  为每一样方中的物种总数, $N$  为  $S$  个种的相对盖度之和, $N_i$  为第  $i$  个种的相对盖度。

### 2.3 数据统计分析

运用  $\chi^2$  检验比较不同旅游距离带植物群落科、属和种之间的差异显著性,运用方差分析检验不同旅游距离带植物物种多样性之间的差异显著性。

## 3 结果与分析

### 3.1 旅游干扰对历山亚高山草甸群落物种组成的影响

经调查统计,历山舜王坪亚高山草甸计有种子植物 88 种,隶属于 31 科、69 属。其中,含属数最多的科为菊科(10 属),其次是毛茛科(8 属)、蔷薇科(7 属)和禾本科(5 属),合计占总属数的 43.48%。含种数较多的科依次为菊科(14 种)、蔷薇科(10 种)、毛茛科(9 种)和禾本科(6 种),合计占总种数的 44.32%(表 1)。此外,豆科、唇形科所含属、种数也较多,分别为 4 属 5 种和 4 属 4 种,说明这些科植物在该地植物区系中占据重要地位。

#### 3.1.1 不同旅游距离带植物科、属、种组成

由表 1 可知,随着远离游径,植物科、属、种的数量都有所增加, $\chi^2$  检验表明:增长幅度不显著( $p > 0.05$ )。另外,主要优势科所含种数也略有增加,变化较明显的为毛茛科,其余 3 科所含种数变化不大。这可能由于部分有实用价值的植物被游人采挖,或是由于某些植物对干扰较为敏感,不耐践踏,如毛茛科的金莲花(*Trollius chinensis*)、蔷薇科的多茎委陵菜(*Potentilla multicaulis*)等在游径旁的样带 1 中没有分布,而在其它 3 个样带中均有分布。由此可知旅游干扰对历山舜王坪亚高山草甸植被产生了一定的影响。

表 1 不同旅游距离带植物科、属、种组成的变化

Table 1 Compositions of plant family, genus and species in different transects in Lishan subalpine meadow, Shanxi

| 样带<br>Transect | 科<br>Family | 属<br>Genus | 种<br>Species | 菊科<br>Compositae |       | 蔷薇科<br>Rosaceae |       | 毛茛科<br>Ranunculaceae |       | 禾本科<br>Gramineae |      |
|----------------|-------------|------------|--------------|------------------|-------|-----------------|-------|----------------------|-------|------------------|------|
|                |             |            |              | 种数               | %     | 种数              | %     | 种数                   | %     | 种数               | %    |
|                |             |            |              | No. of species   | %     | No. of species  | %     | No. of species       | %     | No. of species   | %    |
| 1              | 25          | 61         | 78           | 13               | 16.67 | 9               | 11.54 | 7                    | 8.97  | 5                | 6.41 |
| 2              | 28          | 65         | 83           | 13               | 15.67 | 9               | 10.84 | 7                    | 8.43  | 5                | 6.02 |
| 3              | 31          | 67         | 86           | 13               | 15.12 | 10              | 11.63 | 8                    | 9.30  | 6                | 6.98 |
| 4              | 31          | 68         | 86           | 13               | 15.12 | 10              | 11.63 | 9                    | 10.47 | 6                | 6.98 |

### 3.1.2 不同旅游距离带主要植物种生态优势度变化

在没有人为干扰的条件下,历山舜王坪亚高山草甸的建群种为紫羊茅(*Festuca rubra*)、早春苔草(*Carex subpediformis*)、等穗苔草(*C. heterostachya*)等;优势种主要有早熟禾(*Poa annua*)、东方草莓(*Fragaria orientalis*)、地榆(*Sanguisorba officinalis*)、毛茛(*Ranunculus japonicus*)等;伴生种主要有珠芽蓼(*Polygonum viviparum*)、秦艽(*Gentiana macrophylla*)、金莲花、小花草玉莓(*Anemone rivularis* var. *flore-minore*)、瓣蕊唐松草(*Thalictrum petaloideum*)、双花堇菜(*Viola biflora*)、乌头(*Aconitum carmichaelii*)、柴胡(*Bupleurum* sp.)等,偶见种有黄瑞香(大救驾)(*Daphne odora*)、狼毒(*Stellera chamaejasme*)、小龙胆(*Gentiana squarrosa*)、白头翁(*Pulsatilla chinensis*)、银莲花(*Anemone cathayensis*)等。随着旅游活动的开展,人为干扰的增加,群落结构及物种组成随之发生改变(表2)。

表 2 历山舜王坪亚高山草甸不同旅游距离带植物群落特征

Table 2 Plant community characters of the different transects in Lishan subalpine meadow, Shanxi

| 样带<br>Transect | 距游径距离<br>Distance(m) | 主要建群种和优势种<br>Constructive species and<br>dominant species                                | 主要伴生种<br>Companion species                                                                                                            | 盖度(%)<br>Coverage | 干扰程度<br>Disturbance degree |
|----------------|----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|----------------------------|
| 1              | 0                    | 蒲公英 <i>Taraxacum mongolicum</i> , 车前 <i>Plantago asiatica</i> , 紫羊茅 <i>Festuca rubra</i> | 扁蓿 <i>Polygonum aviculare</i> , 地榆 <i>Sanguisorba officinalis</i> , 早春苔草 <i>Carex subpediformis</i> , 东方草莓 <i>Fragaria orientalis</i> | 65                | 较重<br>Stronger             |
| 2              | 4                    | 紫羊茅, 早春苔草, 等穗苔草 <i>C. heterostachya</i> , 蒲公英                                            | 早熟禾 <i>Poa annua</i> , 车前, 地榆, 东方草莓 <i>Fragaria orientalis</i>                                                                        | 75                | 中等<br>Middle               |
| 3              | 8                    | 紫羊茅, 早春苔草, 等穗苔草, 早熟禾                                                                     | 东方草莓, 珠芽蓼 <i>Polygonum viviparum</i> , 地榆, 秦艽 <i>Gentiana macrophylla</i>                                                             | 80                | 较轻<br>Lighter              |
| 4              | 12                   | 紫羊茅, 早春苔草, 等穗苔草, 早熟禾                                                                     | 地榆, 东方草莓, 珠芽蓼, 秦艽, 毛茛 <i>Ranunculus japonicus</i>                                                                                     | 85                | 基本未受干扰<br>Fewer            |

综合表2、表3可以看出:在紧邻游径的样带1,优势种以伴人植物为主,虽然紫羊茅也是该样带的优势种,但其优势地位不突出。不仅如此,一些该草甸原有的优势种变为伴生种,如早春苔草、等穗苔草等,在群落中的作用和地位较轻。相反,在远离游径的样带,优势种的组成和结构相对稳定。

由于不同植物的再生能力及补偿能力不尽相同,随着旅游干扰强度的加剧,群落中原有优势种及伴生种的地位和作用都会受到不同程度的影响。由表3可知,距离游径越近,人为干扰越大,主要优势种紫羊茅、早春苔草、等穗苔草、早熟禾、东方草莓等所占权重越小,其相对盖度、相对密度、相对高度均呈减少趋势。不仅如此,主要伴生种珠芽蓼、秦艽、双花堇菜等的相对盖度、相对密度、相对高度也呈减少趋势,尤其是金莲花和华北马先蒿在游径旁的样带1没有分布,而在远离游径的其余3个样带中才有分布。距离游径越远,人为干扰越小,上述物种所占比例呈增长趋势。

表 3 不同旅游距离带主要植物相对盖度、相对高度及相对密度的比较

Table 3 The relative coverage, the relative height and the relative density of the main plants in different transects in Lishan subalpine meadow, Shanxi

| 物种<br>Species | 样带 1 Transect 1      |                     |                    | 样带 2 Transect 2      |                     |                    | 样带 3 Transect 3      |                     |                    | 样带 4 Transect 4      |                     |                    |
|---------------|----------------------|---------------------|--------------------|----------------------|---------------------|--------------------|----------------------|---------------------|--------------------|----------------------|---------------------|--------------------|
|               | 相对盖度<br>(%)          | 相对密度<br>(%)         | 相对高度<br>(%)        | 相对盖度<br>(%)          | 相对密度<br>(%)         | 相对高度<br>(%)        | 相对盖度<br>(%)          | 相对密度<br>(%)         | 相对高度<br>(%)        | 相对盖度<br>(%)          | 相对密度<br>(%)         | 相对高度<br>(%)        |
|               | Relative<br>coverage | Relative<br>density | Relative<br>height | Relative<br>coverage | Relative<br>density | Relative<br>height | Relative<br>coverage | Relative<br>density | Relative<br>height | Relative<br>coverage | Relative<br>density | Relative<br>height |
| Fr.           | 12.88                | 13.76               | 12.29              | 20.74                | 21.46               | 19.32              | 26.91                | 24.45               | 25.21              | 24.78                | 25.23               | 27.43              |
| Cs.           | 6.05                 | 6.67                | 6.89               | 9.35                 | 8.93                | 9.12               | 9.74                 | 9.98                | 9.13               | 11.57                | 9.54                | 12.17              |
| Ch.           | 5.21                 | 2.58                | 5.78               | 7.02                 | 8.45                | 7.88               | 9.46                 | 7.78                | 8.34               | 8.31                 | 7.67                | 8.76               |
| Pa.           | 2.43                 | 3.25                | 2.46               | 6.16                 | 6.61                | 7.01               | 7.19                 | 9.09                | 9.17               | 10.78                | 11.13               | 11.24              |
| Fo.           | 3.46                 | 4.31                | 2.25               | 5.65                 | 7.02                | 4.23               | 5.37                 | 4.86                | 4.12               | 6.82                 | 6.04                | 2.75               |
| Pv.           | 2.15                 | 2.08                | 3.21               | 2.10                 | 2.56                | 3.79               | 2.86                 | 3.22                | 5.14               | 3.14                 | 3.87                | 4.69               |
| Gm.           | 0.93                 | 0.82                | 0.87               | 0.73                 | 0.68                | 0.91               | 0.95                 | 1.04                | 1.43               | 0.91                 | 1.11                | 1.39               |
| Tm.           | 1.14                 | 1.21                | 0.77               | 1.47                 | 1.75                | 0.87               | 1.47                 | 1.68                | 1.12               | 1.38                 | 2.35                | 1.09               |
| Tc.           | 0                    | 0                   | 0                  | 0.54                 | 0.57                | 1.05               | 0.94                 | 1.14                | 0.75               | 1.37                 | 1.43                | 1.04               |
| Vb.           | 0.36                 | 0.24                | 0.24               | 0.22                 | 0.41                | 0.37               | 0.14                 | 0.25                | 0.22               | 0.44                 | 0.59                | 0.57               |
| Pt.           | 0                    | 0                   | 0                  | 0.13                 | 0.14                | 0.37               | 0.34                 | 0.44                | 0.33               | 0.37                 | 0.49                | 0.48               |

Fr: 紫羊茅 *Festuca rubra*; Cs: 早春苔草 *Carex subpediformis*; Ch: 等穗苔草 *C. heterostachya*; Pa: 早熟禾 *Poa annua*; Fo: 东方草莓 *Fragaria orientalis*; Pv: 珠芽蓼 *Polygonum viviparum*; Gm: 秦艽 *Gentiana macrophylla*; Tm: 百里香 *Thymus mongolicus*; Tc: 金莲花 *Trollius chinensis*; Vb: 双花堇菜 *Viola biflora*; Pt: 华北马先蒿 *Pedicularis tatarinowii*

### 3.1.3 不同旅游距离带主要伴人植物生态优势度变化

与上述相反,越是接近游径,伴人植物的相对盖度、相对密度及相对高度越大(表 4)。如扁蓄在样带 1 中分布较多,但在样带 2 中其优势地位明显下降,在样带 3 和样带 4 中则没有分布。这是因为随着人类活动的频繁发生,原有群落中的物种在竞争中处于非平衡状态,加之部分植物由于游人的反复践踏而死亡,导致裸地的出现,从而给伴人植物创造了生存机会,使它们趁虚而入。由于这些物种多具有喜阳、耐旱、耐贫瘠、耐干扰等特点,易于在裸地上萌发,加之它们具有较强的竞争能力,使其它植物的生长受到限制。

表 4 不同旅游距离带主要伴人植物相对盖度、相对高度及相对密度

Table 4 The relative coverage, the relative height and the relative density of the main anthropophilic plants in different transects in Lishan subalpine meadow, Shanxi

| 物种<br>Species | 样带 1 Transect 1      |                     |                    | 样带 2 Transect 2      |                     |                    | 样带 3 Transect 3      |                     |                    | 样带 4 Transect 4      |                     |                    |
|---------------|----------------------|---------------------|--------------------|----------------------|---------------------|--------------------|----------------------|---------------------|--------------------|----------------------|---------------------|--------------------|
|               | 相对盖度<br>(%)          | 相对密度<br>(%)         | 相对高度<br>(%)        | 相对盖度<br>(%)          | 相对密度<br>(%)         | 相对高度<br>(%)        | 相对盖度<br>(%)          | 相对密度<br>(%)         | 相对高度<br>(%)        | 相对盖度<br>(%)          | 相对密度<br>(%)         | 相对高度<br>(%)        |
|               | Relative<br>coverage | Relative<br>density | Relative<br>height | Relative<br>coverage | Relative<br>density | Relative<br>height | Relative<br>coverage | Relative<br>density | Relative<br>height | Relative<br>coverage | Relative<br>density | Relative<br>height |
| Poav          | 6.16                 | 5.45                | 6.91               | 2.62                 | 1.65                | 2.74               | 0                    | 0                   | 0                  | 0                    | 0                   | 0                  |
| Tm            | 12.73                | 12.83               | 11.34              | 7.35                 | 5.98                | 6.76               | 4.77                 | 4.11                | 5.13               | 1.74                 | 1.32                | 1.27               |
| Plas          | 8.54                 | 9.47                | 8.37               | 5.84                 | 4.97                | 5.06               | 1.17                 | 1.09                | 1.67               | 0.79                 | 0.45                | 0.64               |

Tm: 蒲公英 *Taraxacum mongolicum* Plas: 车前 *Plantago asiatica*

### 3.2 旅游干扰对植物生活型功能群的影响

生态系统的功能不仅与群落中物种的数量多样性有关,而且与群落结构及物种组成有关。功能群是对特定环境因素有相似反应的一类物种(分类群),以功能群为基础的方法关注不同亲缘关系的种对同一生态环境压力的共同适应方式<sup>[20]</sup>。

生活型是植物对环境条件适应方式和能力在其生理、结构、尤其是外部形态上的具体反映,是植物群落研究中植物功能群划分的基础<sup>[15]</sup>。历山舜王坪亚高山草甸植物根据生活型将其划分为 3 个功能群类型,即 1

年生植物、多年生草本植物和灌木(含半灌木)(图1)。

由图1可知,历山舜王坪亚高山草甸以多年生草本植物为主,占总种数的79.24%,1年生植物和灌木所占比例较少,合计占20.76%。这是由于在高山较为恶劣环境下,多年生植物具有比1年生植物更强的抵抗环境扰动和保持种群稳定的能力。历山亚高山草甸由于气温低、湿度大、热量少、生长季节短等原因,使该草甸植物组成多为以营养繁殖为主要更新对策的物种,这与北京东灵山亚高山草甸植物生活型组成接近<sup>[15]</sup>。由图1可知,随着距游径距离的增加,1年生植物略有下降,多年生草本植物略有增长,而灌木所占比例基本没有变化。由于人类活动的频繁发生,紧邻游径的植被遭受破坏,致使一些不耐践踏的植物数量减少甚至消失,裸地增加,从而给外来物种的侵入提供了可能。1年生植物由于繁殖方式多为机会主义的 $r$ -策略,环境适宜时便会作为入侵种占据群落,因而在紧邻游径的样带1中,1年生植物所占比例略高于其余3个样带。

### 3.3 旅游干扰对群落物种多样性的影响

图2~图4分别反映了不同旅游距离带植物的物种丰富度指数、多样性指数和均匀度指数的变化趋势。就物种丰富度指数而言,随着距游径距离的增加而略有增大,其中样带4最大,样带1最小。这是因为样带1和样带2由于距离游径较近,人为干扰较重,加之一些竞争力较强的伴人植物的出现,使某些耐受力较差、而竞争能力又较弱的植物在游径附近的样带中逐渐消失,如华北马先蒿、小龙胆(*Gentiana squarrosa*)等只出现在样带3和样带4,样带1和样带2没有出现。因而丰富度指数随距游径距离的增加略有增长。物种多样性指数中,Shannon-Wiener指数与丰富度指数表现为较为一致的变化趋势,而Simpson指数表现出相反的变化趋势。

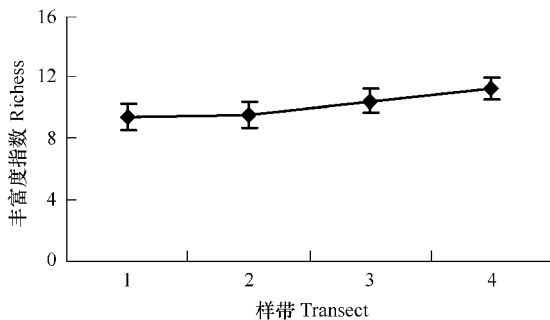


图2 历山舜王坪山地草甸物种丰富度变化趋势

Fig. 2 The change of species richness in Lishan subalpine meadow, Shanxi

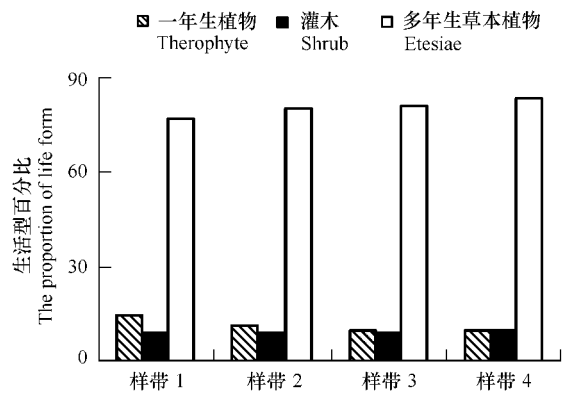


图1 不同旅游距离带植物生活型功能群比较

Fig. 1 Comparison of plant functional groups in different transects in Lishan subalpine meadow, Shanxi

Th: 1年生植物 Therophyte; Sh: 灌木 Shrub; Et: 多年生草本植物 Etesiac

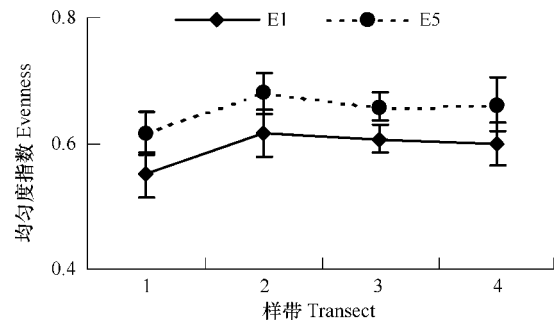


图3 历山舜王坪山地草甸物种均匀度变化趋势

Fig. 3 The change of species evenness in Lishan subalpine meadow, Shanxi

均匀度指数与前二者有所不同,表现为样带2的均匀度指数略高于其余3条样带的均匀度指数,样带1与样带4的均匀度较低。随着远离游径,虽然植被受到破坏的程度越来越小,物种种类略有增加,但各个种在群落中的地位和作用是不平衡的,优势种的地位和作用较大,伴生种的地位和作用较小,所以样带4的均匀度指数较低。而样带1由于干扰较大,伴生植物的优势地位较强,因而均匀度指数也偏低。在样带2中,由于受到中等程度的干扰,使优势种在群落中的地位和作用有所减弱,伴生种的地位和作用有所增强,因而均匀度指数略大于其余3条样带。多样性指数是丰富度指数和均匀度指数的综合体现,从本研究来看,物种丰富度对

多样性的影响更大。不难看出,尽管在不同旅游距离带上3种多样性指数均表现出一定程度的变化,但变化幅度不大,经方差分析均不显著( $p > 0.05$ ),说明旅游干扰尚未对历山亚高山草甸物种多样性产生显著的影响。

## 4 讨论

### 4.1 旅游对草甸植被群落结构及物种组成的影响

旅游活动已在一定程度上对历山舜王坪亚高山草甸群落结构及物种组成产生了一定影响。首先,植物科、属、种的数量发生改变,距离游径越近,人为干扰相对越大,科、属、种的数量相对越少。另外,草甸植物种类组成发生改变,一方面,伴人植物在游径旁群落中的作用和地位逐渐加强,甚至某些种成为优势种,而草甸

原有的某些建群种或优势种逐渐变为伴生种。另一方面,某些敏感植物在游径旁的样带中消失。例如,在样带1的部分样方中,蒲公英、车前等成为优势种,而该草甸原有的优势种——早春苔草、等穗苔草等成为伴生种。在样带1中,调查中未发现金莲花、华北马先蒿等植物。这可能是干扰可以调节本地种和非本地种之间植物种类、植株数量的配比过程,从而影响植物群落的物种组成<sup>[21]</sup>。

### 4.2 旅游对草甸群落植物多样性的影响

旅游活动对该草甸植被的另一个主要影响是使草甸植物多样性发生改变。随着远离游径,旅游干扰逐渐减小,物种丰富度和物种多样性有所增加,物种均匀度先升后降。植物生活型功能群中,一年生植物所占比例随着干扰的增加略有增加,多年生植物的比例略有下降,灌木所占比例基本不变。虽然这些变化尚未达到显著水平( $p > 0.05$ ),但不容忽视的是,任何一个植物种在完全退出群落之前,物种的多度会不断降低,进而逐渐被其他竞争能力更强的物种所替代,这个过程一个从量变到质变的渐变过程。群落越复杂,植物多样性越丰富,留给入侵种的生态位机遇就越少,群落才越稳定<sup>[22]</sup>。

生态系统的抗干扰能力及恢复能力强烈地受优势植物种的功能属性影响,随着人类旅游活动的干扰,旱生植物成分侵入,优势种的地位和作用发生转变,种间关系发生动摇<sup>[1]</sup>,使植物种类组成偏离原有的草甸植物种类组成。如得不到及时控制,极易造成少数敏感物种在区域内丧失,旱生成分在区域内扩张,进而导致草甸群落结构简单,观赏价值下降,生态功能降低。

### 4.3 对历山亚高山草甸实施保护的几点建议

历山亚高山草甸物种组成以耐寒的中生植物和旱中生植物为主,由于海拔高、温度低、热量少等自然因素,适宜在该区生长的物种数量已十分有限,而且生长较为缓慢,群落生态环境较为脆弱,抗干扰能力较低。鉴于目前旅游活动对历山舜王坪亚高山草甸植物多样性的干扰现状,建议应采取积极有效措施对该草甸实行管理和保护:

(1)具体划定亚高山草甸带的旅游活动范围。可以通过围栏等方式界定登顶道路两旁的有限活动范围,以控制游客对草甸的过度践踏。

(2)建立环境影响监控体系和评价制度。除对环境质量(如大气、水等)进行人工监测外,还可利用生物监测来评估旅游干扰程度,如:植被盖度、群落结构及物种组成的变化、敏感植物的种类和数量的变化、伴人植物的种类和数量的变化等,因为指示植物较之非生物污染参数更具敏感性<sup>[23]</sup>。

(3)将社区居民纳入生态旅游管理和开发的主体之一。通过当地居民的积极主动参与,有助于促进地方资源保护和经济文化发展。如通过农家乐等形式使社区居民从生态旅游中获得充足的经济收益,从而摆脱对植物资源的过度依赖。

(4)加强全民生态旅游教育和环境教育、普及生态旅游知识。可以在旅游区内设立具有环境教育功能的

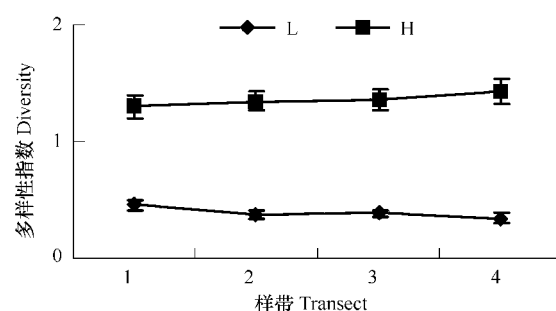


图4 历山舜王坪山地草甸物种多样性变化趋势

Fig. 4 The change of species diversity in Lishan subalpine meadow, Shanxi

基础设施,如关于生态环境保护的相应解说系统,提醒游客注意环境卫生、禁止采摘的指示牌,方便并与环境协调的废物收集系统等,从而保护历山亚高山草甸的生态环境,实现旅游与生态环境保护的协调发展。

#### References:

- [ 1 ] Zhang G P, Zhang F, Ru W M. The effect of traveling on the interspecific correlation of dominant populations in Lishan subalpine meadow, Shanxi. *Acta Ecologica Sinica*, 2005, 25(11): 2868—2874.
- [ 2 ] Liu C Y, Li W J, Ye W H. Non-polluted ecological impact assessment method of tourism in protected natural area. *China Environmental Science*, 2001, 21(5): 399—403.
- [ 3 ] Henrik Seibull, Hakan Rydin. Bryophyte species richness on boulders: relationship to area, habitat diversity and canopy tree species. *Biological Conservation*, 2005, 122, 71—79.
- [ 4 ] Zhang L X, Zhang F, Shangguan T L. Vegetation diversity of Luya Mountain. *Chinese Biodiversity*, 2000, 8(4): 361—369.
- [ 5 ] Zhang F, Zhangguan T L. Analysis on Diversity of forest Vegetation in Mianshan Mountain, Shanxi. *Acta Phytocologica Sinica*, 1998, 22(5): 461—465.
- [ 6 ] Zhang J Y, Zhao H L, Zhang T H, *et al.* Dynamics of Species Diversity of Communities in Restoration Processes in Horqin Sandy Land. *Acta Phytocologica Sinica*, 2004, 28(1): 86—92.
- [ 7 ] Li Y Y, Shao M A. The change of plant diversity during natural recovery process of vegetation in Ziwuling area. *Acta Ecologica Sinica*, 2004, 24(2): 252—260.
- [ 8 ] Yang L M, Zhou G S, Li J D. Relationship between Productivity and Plant Species Diversity of Grassland Communities in Songnen Plain of Northeast China. *Acta Phytocologica Sinica*, 2002, 26(5): 589—593.
- [ 9 ] Yang L M, Han M. Study on sampling intensity of species diversity of grassland community in the Songnen Plain of China. *Chinese Biodiversity*, 1997, 5(3): 168—172.
- [ 10 ] Wang R Z. Impact of Grazing Diversity on Saline-Alkalized *Leymus chinensis* Grassland. *Acta Prataculturae Sinica*, 1997, 6(4): 17—23.
- [ 11 ] Dong Q M, Ma Y S, Li Q Y, *et al.* Effects of Stocking Rates on Plant Community Diversity, Aboveground Present Biomass and its Composition in Kobresia Parva Alpine Meadow. *Grassland of China*, 2004, 26(3): 24—32.
- [ 12 ] Wang Z W, Xing F, Zhu T C, *et al.* The responses of functional group composition and species diversity of *Aneuro lepidium* Chinese grassland to flooding disturbance on Songnen Plain. *Acta Phytocologica Sinica*, 2002, 26(6): 708—716.
- [ 13 ] Kyoko Ohsawa, Kohkichi Kawaski, Fugo Takasu, Nanako Shigesada. Recurrent Habitat Disturbance and Species Diversity in a Multiple-Competitive Species System. *Journal of Theoretical Biology*, 2002, 216, 123—128.
- [ 14 ] Guo Z G, Liu H X, Wang G X. Effect of the Qinghai-Tibetan Highway on the  $\beta$ -diversity of grassland plant communities in the northern region of the Qinghai-Tibetan Plateau. *Acta Ecologica Sinica*, 2004, 24(2): 384—388.
- [ 15 ] Gao X M, Ma K P, Chen L Z, *et al.* The effects of tourism on species diversity of subalpine meadows on Dongling mountainous area, Beijing. *Chinese Biodiversity*, 2002, 10(2): 189—195.
- [ 16 ] Cole D N Hiker, horse and llama trampling effects on native vegetation in Montana, USA. *Journal of Environmental Management*, 1998, 53: 61—67.
- [ 17 ] Zhang J T, Zhang F, Shangguan T L. Reanalysis of vertical zones of vegetation in Zhongtiao Mountain. *Journal of Shanxi University*, 1997, 20(1): 76—79.
- [ 18 ] Zhang J M, Zhang F, Fan L S. Study on the flora of seed plants in Lishan Mountains, Shanxi Province. *Bulletin of Botanical Research*, 2002, 22(4): 444—452.
- [ 19 ] Ludwig J A, Reynolds J F. *Statistical Ecology: A Primer in Methods and Computing*. 1988. Li Y Z, Wang W, Pei H Translation. Hohhot: Inner Mongolia University Press, 1991. 54—56.
- [ 20 ] Sun G J, Zhang R, Zhou L. Trends and Advances in researches on plant functional diversity and functional groups. *Acta Ecologica Sinica*, 2003, 23(7): 1432—1435.
- [ 21 ] Mao Z H, Zhu J J. Effects of disturbances on species composition and diversity of plant communities. *Acta Ecologica Sinica*, 2006, 26(8): 2695—2701.
- [ 22 ] Xu K Y, Ye W H, Cao H L, *et al.* An Experimental Study on the Relationship Between Biodiversity and Invasibility of Plant Communities. *Acta Phytocologica Sinica*, 2004, 28(3): 385—391.
- [ 23 ] Read J L, Kelli-Jo Kovac, Fatchen T J Biohyets': a method for display the extent and severity of environmental impacts. *Journal of Environmental Management*, 2005, 77, 157—164.

## 参考文献:

- [1] 张桂萍,张峰,茹文明. 旅游干扰对历山亚高山草甸优势种群间相关性的影响. 生态学报, 2005, 25(11): 2868~2874.
- [2] 刘春艳,李文军,叶文虎. 自然保护区旅游的非污染生态影响评价. 中国环境科学, 2001, 21(5): 399~403.
- [4] 张丽霞,张峰,上官铁梁. 芦芽山植物群落的多样性研究. 生物多样性, 2000, 8(4): 361~369.
- [5] 张峰,上官铁梁. 山西绵山森林植被的多样性分析. 植物生态学报, 1998, 22(5): 461~465.
- [6] 张继义,赵哈林,张铜会,等. 科尔沁沙地植被恢复系列上群落演替与物种多样性的恢复动态. 植物生态学报, 2004, 28(1): 86~92.
- [7] 李裕元,邵明安. 子午岭植被自然恢复过程中植物多样性的变化. 生态学报, 2004, 24(2): 252~260.
- [8] 杨利民,周广胜,李建东. 松嫩平原草地群落物种多样性与生产力关系的研究. 植物生态学报, 2002, 26(5): 589~593.
- [9] 杨利民,韩梅. 草地植物群落物种多样性取样强度的研究. 生物多样性, 1997, 5(3): 168~172.
- [10] 王仁忠. 放牧对松嫩草原碱化羊草草地植物多样性的影响. 草业学报, 1997, 6(4): 17~23.
- [11] 董全民,马玉寿,李青云,等. 牦牛放牧率对小蒿草高寒草甸植物群落的影响. 中国草地, 2004, 26(3): 24~32.
- [12] 王正文,邢福,祝廷成,等. 松嫩草原羊草草地植物功能群组成及多样性特征对水淹干扰的响应. 植物生态学报, 2002, 26(6): 708~716.
- [14] 郭正刚,刘慧霞,王根绪. 人类工程对青藏高原北部草地群落 $\beta$ 多样性的影响. 生态学报, 2004, 24(2): 384~388.
- [15] 高贤明,马克平,陈灵芝,等. 旅游对北京东灵山亚高山草甸物种多样性影响的初步研究. 生物多样性, 2002, 10(2): 189~195.
- [17] 张金屯,张峰,上官铁梁. 中条山植被垂直带谱再分析. 山西大学学报(自然科学版), 1997, 20(1): 76~79.
- [18] 张建民,张峰,樊龙锁. 山西历山种子植物区系研究. 植物研究, 2002, 22(4): 444~452.
- [19] Ludwig J A, 等,李育中,等译. 统计生态学. 呼和浩特: 内蒙古大学出版社, 1991. 54~56.
- [20] 孙国钧,张荣,周立. 植物功能多样性与功能群研究进展. 生态学报, 2003, 23(7): 1432~1435.
- [21] 毛志宏,朱教君. 干扰对植物群落物种组成及多样性的影响. 生态学报, 2006, 26(8): 2695~2701.
- [22] 许凯扬,叶万辉,曹洪麟,等. 植物群落的生物多样性及其可入侵性关系的实验研究. 植物生态学报, 2004, 28(3): 385~391.