

文章编号: 1008 - 2786 - (2012) 3 - 282 - 08

五台山旅游干扰下不同植被景观区物种的生态特性

牛莉芹¹ 程占红^{2*} 赵 蒙³

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

3. 山西大学环境与资源学院 ,山西 太原 030006)

摘 要: 从植物的科属和区系特征、以及生活型和生态型的角度 ,分析了五台山旅游干扰下不同植被景观区植物种的生态特性。结果表明: 1. 旅游干扰强烈的区域 ,其属数和种数明显小于旅游干扰少的。豆科、毛茛科、菊科、蔷薇科和禾本科的种类出现的频率最高 ,属于忍耐性的种类。单型科、单型属、单型种出现的频率也较高。2. 就物种的区系对旅游干扰的生态响应而言 ,温带成分具有广泛分布的态势 ,而世界分布和热带分布的种类贫乏。随着旅游干扰程度的增加 ,物种区系成分趋于单一。3. 随着旅游干扰程度的增加 ,高位芽植物的比例在不断减小 ,地面芽植物的比例在不断增加。4. 随着旅游干扰程度的增加 ,中生植物的比例在不断减少 ,旱生植物的比例在趋于增加。而湿生植物没有表现出明显的规律性。

关键词: 五台山; 旅游干扰; 植物区系; 生活型; 生态型

中图分类号: S718

文献标识码: A

五台山 ,位列我国佛教四大名山之首 ,1992 年林业部批准为“国家森林公园” ,2005 年通过第四批国家地质公园评审 ,成为“国家地质公园” ,2007 年国家旅游局审定为“首批国家 AAAAA 级旅游景区” ,2009 年在第 33 届世界遗产大会上被正式列入《世界遗产名录》。作为山西著名的旅游景点 ,五台山每年吸引着大量的海内外游客前来观光旅游 ,2010 年旅游接待人数达 321.4 万人次。近年来随着景区游客及旅游接待设施的大量增加 ,旅游活动给景区生态环境带来了诸多不利的影响 ,对景区植物的多样性产生了破坏。

目前国内外关于旅游活动对植被的影响已有多方面的报道^[1-3] ,但是关于旅游和植物多样性的研究还比较有限。Rai 等以锡金为例 ,分析了旅游量和生物多样性的动态变化以及旅游对资源、环境和

社区经济文化的影响 ,并提出了如何管理旅游量的对策^[4]。Scherrer 和 Pickering 以澳洲国家公园为例 ,研究了放牧、旅游和气候变化对山地植被的影响 ,结果表明 ,放牧的影响具有广泛性 ,旅游的影响是局部性的 ,气候变化则会影响到本土的植物群落^[5]。Pickering 和 Hill 综述了澳大利亚旅游对植物多样性和植被影响的研究 ,提出了未来旅游生态研究的建议^[6]。在我国 ,高贤明等就旅游活动对北京东灵山亚高山草甸物种多样性的影响进行了初步研究^[7]。朱珠和包维楷等以九寨沟为例 ,分析了干扰对林下植物种类组成与物种多样性的影响及其差异性^[8]。牛莉芹等分析了五台山旅游干扰对草甸多样性的影响^[9]。从这些研究可知 ,旅游与植物多样性的研究虽有涉及 ,但是在研究程度上还相对欠缺 ,有待进一步的完善和系统化。本文在以往对五台山

收稿日期(Received date) : 2011 - 09 - 05; 改回日期(Accepted) : 2012 - 01 - 03。

基金项目(Foundation item) : 国家自然科学基金项目(40701175) 、山西省高校优秀青年学术带头人支持计划(晋教科[2009]6 号) 和山西省高校科技开发项目(20091017) 资助。[Supported by the National Natural Science Foundation of China (40701175) , the Program for the Top Young Academic Leaders of Higher Learning Institutions of Shanxi (2009) and the Program for Science and Technology Development of Higher Learning Institutions of Shanxi (20091017) .]

作者简介(Biography) : 牛莉芹 ,女 ,1976 年生 ,山西人 ,硕士 ,讲师 ,从事旅游生态学研究。[Niu Linqin , female , master , lecturer , is born in Shanxi , and is mainly engaged in tourism ecology.]

* 通讯作者(Corresponding author) : 程占红 ,男 ,山西人 ,博士 ,教授 ,从事旅游生态学研究。[Cheng Zhanhong , male , doctor , professor , is born in Shanxi , and is mainly engaged in tourism ecology.] E - mail: chengzhanhong@163.com ; Tel: 13293917689。

植被景观区进行分类的基础上,从植物的科属和区系特征、以及生活型和生态型的角度,来分析旅游干扰下不同植被景观区植物种的生态特性,以期揭示旅游干扰对物种影响的规律性。

1 研究方法

1.1 植物科属特征的统计

经统计,在本研究区共出现 165 个植物种,根据《中国植被》、《山西植物志》和《内蒙古植物志》,将不同植被景观区出现的植物种,按照科属类型进行统计,并计算其所占比例。

1.2 植物区系特征的统计

根据吴征镒^[10]和王荷生^[11]对植物区系特征的划分,分别统计和计算不同植被景观区物种的区系特征。

1.3 植物生活型的统计

根据 Raunkiaer 生活型系统,即高位芽、地上芽、地面芽、地下芽和一年生,来统计物种的生活型,并利用生活型谱来表达物种多样性^[12]。

生活型谱如下计算: 某一生活型的百分率 = (该区某一生活型的种类 / 该区全部种类) × 100。

1.4 植物生态型的统计

根据植物对水分条件的适应性,将植物分为湿生植物、中生植物和旱生植物。其中,中生植物又因对水分状况的适应性程度划分为湿中生植物、典型中生植物和旱中生植物,旱生植物又划分为典型旱生植物和中旱生植物。同时,利用生态型谱来表达物种多样性^[12]。

生态型谱计算如下: 某一生态型的百分率 = (该群落中某一生态型的种类 / 该群落中全部种类) × 100。

2 结果分析

2.1 物种的科属特征

根据 TWINSpan 分类结果¹⁾,136 个样地被划分为 9 大类植被景观区,其中,Ⅰ区为优级乔灌草区,样地包括 S35 和 S41; Ⅱ区为良级乔灌草区,样地包括 S39, S40, NW10, SE12, SE13, SE14, E11, W7, W8, W9, N13, N15, NE15, NE18 和 SW14; Ⅲ区为良级灌草区,样地包括 S32, S33, S37, S38 和

NW5; Ⅳ区为中级灌草区,样地包括 W5, S5, SE4, SW10, NW8, SW6 和 SW13; Ⅴ区为中级乔草区,样地包括 NE14, NE19, NE20, NE21, NW9, E10, S34, N9, N12, N14 和 SW9; Ⅵ区为差级乔草区,样地包括 E12, S9, S31, S36, N8, N10, N11, NE13, NE16, NW6 和 NE17; Ⅶ区为草本区,样地包括 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; Ⅷ区为居民区、寺庙区和商业区,样地包括 E1 ~ E5, S1, S2, S6, S7, S10, S11, S13 ~ S28, N1 ~ N6, NE1 ~ NE7, NE9, NW2, SE1, SE5, SE7, SE8 和 SW1; Ⅸ区为单优乔木区,样地包括 N7。

五台山植物各科所含属数差异较大,出现的 165 个物种分别归属为 48 科 128 属。由表 1 可知,在第Ⅰ区,共出现 36 个物种,归属为 22 科 34 属,分别占总种数的 21.82%、占总科数的 45.83% 和占总属数的 26.56%。其中,含 5 属以上的科主要有蔷薇科,占有总属数的 4.69%; 3 ~ 4 属的科有菊科和毛茛科,占有总属数的 4.68%; 3 个科含有 2 属,大部分科仅有 1 属,它们占有总属数的 17.19%。含 5 个种以上的科有蔷薇科,占有总种数的 4.24%; 含 3 ~ 4 个种的科有菊科、豆科和毛茛科,占有总种数的 5.46%; 大部分科仅有 1 ~ 2 个种,他们占有总种数的 12.12%。

在第Ⅲ区,共出现 60 个物种,归属为 25 科 48 属,

表 1 不同植被景观区植物科属种数及其比例
Table 1 The number and ratio of families, genera and species in different vegetation landscape areas

区	科数	占有科数的比例/%	属数/个	占有属数的比例/%	种数/个	占有种数的比例/%
Ⅰ区	22	45.83	34	26.56	36	21.82
Ⅱ区	25	52.08	48	37.5	60	36.36
Ⅲ区	18	37.50	35	27.34	38	23.03
Ⅳ区	26	54.17	49	38.28	58	35.15
Ⅴ区	23	47.92	47	36.72	51	30.91
Ⅵ区	21	43.75	46	35.94	49	29.70
Ⅶ区	27	56.25	69	53.91	86	52.12
Ⅸ区	2	4.17	2	1.56	2	1.21

1) Cheng Z H. Construction and application of the evaluation system of tourism development on vegetation influence: the Wutai Mountain, China. 待发表.

分别占总种数的 36.36%、占总科数的 52.08% 和占总属数的 37.5%。其中,含 5 属以上的科依次有蔷薇科、菊科和禾本科,共包含 16 属,占有总属数的 12.5%;3~4 属的科有豆科和伞形科,共包含 7 属,占有总属数的 5.47%;5 个科含有 2 属,大部分科为单型科单型属,它们占有总属数的 19.53%。含 5 个种以上的科有菊科、蔷薇科、豆科和禾本科,共含 28 个物种,占有总种数的 16.97%;含 3~4 个种的科有百合科、伞形科、松科和毛茛科,共含 12 个种,占有总种数的 7.27%;其余的科含有的种明显偏少,多为单型科单型种,仅占有总种数的 12.12%。

在第Ⅲ区,共出现 38 个物种,归属为 18 科 35 属,分别占总种数的 23.03%、占总科数的 37.5% 和占总属数的 27.34%。其中,含 5 属以上的科有 2 个,依次为菊科、蔷薇科,共计 11 属,占有总属数的 8.59%;3~4 属的科仅有禾本科,计 4 属,占有总属数的 3.13%;5 个科含有 2 属,大部分科为单型科单型属,它们占有总属数的 15.6%。含 5 个种以上的科有菊科、蔷薇科,共含 12 个物种,占有总种数的 7.27%;含 3~4 个种的科有禾本科和豆科,共 8 个物种,占有总种数的 4.85%;其余的科含有的种明显偏少,多为单型科单型种,仅占有总种数的 10.98%。

在第Ⅳ区,共出现 58 个物种,归属为 26 科 49 属,分别占总种数的 35.15%、占总科数的 54.17% 和占总属数的 38.28%。其中,含 5 属以上的科主要有菊科和蔷薇科,共 16 属,占有总属数的 12.5%;3~4 属的科有禾本科和豆科,计 8 属,占有总属数的 6.25%;大部分科仅有 1~2 属,且多为单型科单型属,它们占有总属数的 19.5%。含 5 个种以上的科依次有菊科、豆科和蔷薇科,共含 26 个种,占有总种数的 15.76%;含 3~4 个种的科有禾本科和毛茛科,计 7 个物种,占有总种数的 4.24%;大部分科仅有 1~2 个种,它们占有总种数的 15.15%。

在第Ⅴ区,共出现 51 个物种,归属为 23 科 47 属,分别占总种数的 30.91%、占总科数的 47.92% 和占总属数的 36.72%。其中,含 5 属以上的科依次有禾本科和菊科,共 16 属,占有总属数的 12.5%;3~4 属的科有豆科、松科和蔷薇科,共包含 10 属,占有总属数的 7.81%;3 个科含有 2 属,大部分科为单型科单型属,它们占有总属数的

16.41%。含 5 个种以上的大科有禾本科、菊科和豆科,共含 24 个物种,占有总种数的 14.55%;含 3~4 个种的科有松科和蔷薇科,共 6 个种,占有总种数的 3.64%;含 2 个种的科有毛茛科、伞形科和百合科,共含 6 个种,占有总种数的 3.64%;其余 15 个科含有的种明显偏少,均为单型科单型种,仅占有总种数的 9.09%。

在第Ⅵ区,共出现 49 个物种,归属为 21 科 46 属,分别占总种数的 29.7%、占总科数的 43.75% 和占总属数的 35.94%。其中,含 5 属以上的大科依次有菊科、禾本科和蔷薇科,共 19 属,占有总属数的 14.84%;3~4 属的科有伞形科、毛茛科和豆科,共 12 属,占有总属数的 9.38%;其余均为单型科单型属,它们占有总属数的 11.7%。含 5 个种以上的共 4 科,依次有菊科、禾本科、豆科和蔷薇科,共含 26 个种,占有总种数的 15.76%;含 3~4 个种的科有伞形科和毛茛科,计 8 个物种,占有总种数的 4.85%;其余均为单型科单型种,占有总种数的 9.09%。

在第Ⅶ区,共出现 86 个物种,归属为 27 科 69 属,分别占总种数的 52.12%、占总科数的 56.25% 和占总属数的 53.91%。其中,含 5 属以上的大科有 2 个,依次为菊科、禾本科,共计 26 属,占有总属数的 20.13%;3~4 属的科有蔷薇科、豆科、唇形科、毛茛科、蓼科和十字花科,计 6 科 21 属,占有总属数的 16.41%;3 个科含有 2 属,大部分科为单型科单型属,它们占有总属数的 17.19%。含 5 个种以上的科有菊科、禾本科、蓼科、豆科和唇形科,共含 52 个物种,占有总种数的 31.52%;含 3~4 个种的科有蔷薇科、毛茛科、石竹科和十字花科,计 4 科 13 个物种,占有总种数的 7.88%;其余的科含有的种明显偏少,多为单型科单型种,仅占有总种数的 12.72%。

第Ⅷ区是居民区、商业区和寺庙区,没有形成自然植物群落。

在第Ⅸ区,共出现 2 个物种,归属为 2 科 2 属,分别占总种数的 1.21%、占总科数的 4.17% 和占总属数的 1.56%。该区形成单型科单型属单型种的局面。

2.2 物种的区系特征

从 9 个区物种属的区系地理成分上看(表 2),在Ⅰ区,温带分布属(17 个)出现的最多,占Ⅰ区总属数的 50%,占有总属数的 13.28%;其次是东亚

分布属(8个)和中国特有分布属(8个),各占I区总属数23.53%,占有总属数的6.25%;最后是热带分布属(1个),仅占总属数的0.78%。在II区,温带分布属(24个)出现的最多,占有总属数的18.75%;其次是中国特有分布属(16个),占有总属数的12.5%;再次是东亚分布属(6个),占有总属数的4.69%,第四是热带分布属(2个),仅占有总属数的1.56%。在III区,温带分布属(14个)和中国特有分布属(13个)占主导地位,分别占总属数的10.94%和10.16%;其次是东亚分布属(8个),占总属数的6.25%,热带分布属则没有。在IV区,温带分布属(27个)出现的最多,占有总属数的21.09%;中国分布属(10个)和东亚分布属(9个)居次要地位,分别占总属数的7.81%和7.03%;最后是世界分布属(2个)和热带分布属(1个),分别仅占总属数的1.56%和0.78%。在V区,温带分布属(22个)居主要地位,占有总属数的17.19%;其次为中国特有分布属(16个),占总属数的12.5%;东亚分布属共7属,占有总属数的5.47%;而热带分布属(2个)则仅占1.56%。在VI区,仍为温带分布属(25个)出现的最多,占有总属数的19.53%;其次为中国特有分布属(15个),占总属数的11.72%;东亚分布属共5属,占有总属数的3.90%;而热带分布属(1个)则仅占0.78%。在VII区,温带分布属(43个)居主导地位,占有总属数的33.59%;其次为东亚分布属(12个)和中国特有分布属(10个),分别占总属数的9.38%和7.81%;最后是世界分布属(2个)和热带分布属(2个),均占总属数的1.56%。在VIII区,基本无物种出现。在IX区,仅有温带分布属(1个)和中国特有分布属(1个),各占总属数的0.78%。

从植物种的区系地理成分看(表3),在I区,温带分布种(18个)出现的最多,占I区总种数的50%,占有总种数的10.91%;其次是中国特有分布种(9个)和东亚分布种(8个),分别占有总种数的5.45%和4.85%;再次是热带分布种(1个),仅占总种数的0.61%。在II区,温带分布种(33个)出现的最多,占有总种数的20%;其次是中国特有分布种(15个),占有总种数的9.09%;再次是东亚分布种(10个),占有总种数的6.06%,第四是热带分布种(2个),仅占有总种数的1.21%。在III区,温带分布种(16个)和中国特有分布种(15个)占主导地位,分别占总种数的9.70%

和9.09%;其次是东亚分布种(7个),占总种数的4.24%,世界分布种和热带分布种均没有出现。在IV区,温带分布种(32个)出现的最多,占有总种数的19.39%;中国特有分布种(12个)和东亚分布种(10个)居次要地位,分别占总种数的7.27%和6.06%;世界分布种(3个)和热带分布种(1个),分别仅占总种数的1.82%和0.61%。在V区,温带分布种(25个)居主要地位,占有总种数的15.15%;其次为中国特有分布种(18个),占总种数的10.91%;东亚分布种共6种,占有总种数的3.64%;而热带分布种(2个)则仅占1.21%。在VI区,仍为温带分布种(28个)出现的最多,占有总种数的16.97%;其次为中国特有分布种(14个),占总种数的8.48%;东亚分布种共6种,占有总种数的3.64%;而热带分布种(1个)则仅占0.61%。在VII区,温带分布种(50个)居主导地位,占有总种数的30.30%;其次为中国特有分布种(16个),占总种数的9.70%;第三为东亚分布种(12个),占总种数的7.27%;而世界分布种(4个)和热带分布种(4个)各自均占到总种数的2.42%。在VIII区,无物种出现。在IX区,仅有温带分布种(1个)和中国特有分布种(1个),各占总种数的0.61%。

2.3 物种的生活型特征

由表4可知,除VIII区和IX区植物生活型比较特殊外,不同区的植物生活型比例有所不同。在I区,高位芽>地面芽>地下芽>一年生>地上芽;在II区,地面芽>高位芽>地下芽>一年生>地上芽;在III区,高位芽=地面芽>地下芽>一年生=地上芽;在IV区,地面芽>地下芽>高位芽>一年生=地上芽;在V区,地面芽>一年生>地下芽>地上芽>高位芽;在VI区,地面芽>地下芽>地上芽>高位芽>一年生;在VII区,地面芽>地下芽>一年生>地上芽>高位芽。在总体特征上,旅游干扰较小的地区高位芽植物所占的比重明显大于旅游干扰较大地区,相反,在干扰较大地区,地上芽、地面芽和一年生植物的比例远大于干扰较小的地区,地下芽植物呈现出时高时低、波动分布的趋势。在不同区中,生活型谱分布的态势表明,高位芽植物明显受到人为活动的影响,致使其在旅游干扰较大的区中生态优势较低,相反,尤为明显的是,地下芽、地面芽和一年生植物与旅游活动相伴而生,在干扰较大的地区其分布的态势都较大。

表 2 不同植被景观区植物区系属的分布区类型
Table 2 Distribution-types of the genera from the flora in the different vegetation landscape areas

分布区类型及变型	I 区		II 区		III 区		IV 区		V 区		VI 区		VII 区		VIII 区		IX 区	
	属数	占总属数的比例%	属数	占总属数的比例%	属数	占总属数的比例%	属数	占总属数的比例%	属数	占总属数的比例%	属数	占总属数的比例%	属数	占总属数的比例%	属数	占总属数的比例%	属数	占总属数的比例%
世界分布属	0	0	0	0	0	0	2	1.56	0	0	0	0	2	1.56	0	0	0	0
1 世界分布	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.78	0	0	0	0
2 泛热带分布	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4 旧世界热带分布	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5 热带亚洲—热带大洋洲分布	1	0.78	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.78	0	0	0	0	0	0
7 热带亚洲分布	0	0	2	1.56	0	0	1	0.78	2	1.56	0	0	1	0.78	0	0	0	0
8 北温带分布	1	0.78	4	3.12	1	0.78	4	3.12	3	2.34	2	1.56	11	8.59	0	0	0	0
8-2 北极—高山分布	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8-4 北温带和南温带(全温带)间断	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.78	0	0	1	0.78	0	0	0	0
9 东亚和北美洲间断	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.78	0	0	0	0
9-1 东亚和墨西哥间断	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10 旧世界温带分布	3	2.34	5	3.91	4	3.12	5	3.91	6	4.69	4	3.12	8	6.25	0	0	0	0
10-1 地中海区、西亚和东亚间断	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10-3 欧亚和南非洲(有时也在大洋洲)间断	0	0	0	0	0	0	1	0.78	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11 亚洲温带分布	12	9.39	13	10.16	8	6.25	15	11.72	11	8.59	18	14.06	18	14.06	0	0	1	0.78
11-1 东北亚—华北分布	1	0.78	2	1.56	1	0.78	2	1.56	1	0.78	1	0.78	4	3.12	0	0	0	0
14 东亚(东喜马拉雅—日本)	1	0.78	2	1.56	2	1.56	1	0.78	2	1.56	1	0.78	2	1.56	0	0	0	0
14-2 中国—日本	7	5.47	4	3.12	6	4.69	8	6.25	5	3.91	4	3.12	10	7.81	0	0	0	0
15 中国分布	0	0	2	1.56	1	0.78	1	0.78	1	0.78	1	0.78	2	1.56	0	0	0	0
15-1 东北—华北	0	0	4	3.12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15-2 东北—华东	0	0	2	1.56	1	0.78	1	0.78	1	0.78	1	0.78	0	0	0	0	0	0
15-3 华北	1	0.78	1	0.78	3	2.34	2	1.56	3	2.34	5	3.91	1	0.78	0	0	0	0
15-4 西北—华北—东北	3	2.34	1	0.78	4	3.12	4	3.12	8	6.25	4	3.12	4	3.12	0	0	0	0
15-5 西南—西北—华北	2	1.56	3	2.34	2	1.56	2	1.56	2	1.56	2	1.56	2	1.56	0	0	1	0.78
15-6 西南—江南—华北	1	0.78	1	0.78	1	0.78	0	0	1	0.78	2	1.56	0	0	0	0	0	0
15-8 华中—华北	1	0.78	2	1.56	1	0.78	0	0	0	0	0	0	1	0.78	0	0	0	0
合计	34	26.56	48	37.5	35	27.34	49	38.28	47	36.72	46	35.94	69	53.91	0	0	2	1.56

表3 不同植被景观区植物区系种的分布区类型
Table 3 Distribution-types of the species from the flora in the different vegetation landscape areas

分布区类型及变型	I 区		II 区		III 区		IV 区		V 区		VI 区		VII 区		VIII 区		IX 区	
	占总种数 的比率%	种数	占总种数 的比率%	种数	占总种数 的比率%	种数	占总种数 的比率%	种数	占总种数 的比率%	种数	占总种数 的比率%	种数	占总种数 的比率%	种数	占总种数 的比率%	种数	占总种数 的比率%	种数
世界分布种	0	0	0	0	0	0	3	1.82	0	0	0	0	4	2.42	0	0	0	0
热带分布种	2 泛热带分布	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	4 旧世界热带分布	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	5 热带亚洲—热带大洋洲分布	1	0.61	0	0	0	0	0	0	0	1	0.61	0	0	0	0	0	0
	7 热带亚洲分布	0	0	2	1.21	0	0	1	0.61	2	1.21	0	4	2.42	0	0	0	0
	8 北温带分布	1	0.61	4	2.42	1	0.61	4	2.42	3	1.82	2	12	7.27	0	0	0	0
	8-2 北极—高山分布	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	8-4 北温带和南温带(全温带)间断	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.61	0	1	0.61	0	0	0	0
	9 东亚和北美洲间断	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.61	0	0	0	0
	9-1 东亚和墨西哥间断	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	10 旧世界温带分布布	2	1.21	7	4.24	4	2.42	5	3.03	6	3.64	4	10	6.06	0	0	0	0
温带分布种	10-1 地中海区、西亚和东亚间断	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	10-3 欧亚和南非洲(有时也在大洋洲)间断	0	0	0	0	0	0	1	0.61	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	11 亚洲温带分布	14	8.48	18	10.91	11	6.67	20	12.12	14	8.48	21	22	13.33	0	1	0.61	0.61
	11-1 东北亚—华北分布	1	0.61	4	2.42	0	0	2	1.21	1	0.61	1	4	2.42	0	0	0	0
	14 东亚(东喜马拉雅—日本)	1	0.61	1	0.61	2	1.21	1	0.61	2	1.21	1	2	1.21	0	0	0	0
	14-2 中国—日本	7	4.24	9	5.45	5	3.03	9	5.45	4	2.42	5	10	6.06	0	0	0	0
	15 中国分布	0	0	1	0.61	1	0.61	1	0.61	3	1.82	1	2	1.21	0	0	0	0
	15-1 东北—华北	0	0	0	0	1	0.61	0	0	0	0	0	1	0.61	0	0	0	0
	15-2 东北—华东	0	0	1	0.61	1	0.61	1	0.61	1	0.61	1	2	1.21	0	0	0	0
	15-3 华北	1	0.61	3	1.82	5	3.03	2	1.21	4	2.42	5	3.03	1	0.61	0	0	0
中国特有分布种	15-4 西北—华北—东北	4	2.42	6	3.64	4	2.42	6	3.64	7	4.24	3	5	3.03	0	0	0	0
	15-5 西南—西北—华北	2	1.21	3	1.82	2	1.21	2	1.21	2	1.21	2	2	1.21	0	1	0.61	0.61
	15-6 西南—江南—华北	1	0.61	0	0	0	0	0	0	1	0.61	2	2	1.21	0	0	0	0
	15-8 华中—华北	1	0.61	1	0.61	1	0.61	0	0	0	0	0	1	0.61	0	0	0	0
	合计	36	21.82	60	36.36	38	23.03	58	35.15	51	30.91	49	86	52.12	0	2	1.21	1.21

表 4 不同植被景观区植物生活型谱

Table 4 Life-form spectrums of the different vegetation landscape areas

区	高位芽	地上芽	地面芽	地下芽	一年生
I 区	44.44	2.78	27.78	16.67	8.33
II 区	26.67	10	33.33	16.67	13.33
III 区	29.73	10.81	29.73	18.92	10.81
IV 区	13.80	10.34	39.66	25.86	10.34
V 区	9.80	13.73	35.29	17.65	23.53
VI 区	10.20	16.33	42.86	22.45	8.16
VII 区	1.16	8.14	50	24.42	16.28
VIII 区	0	0	0	0	0
IX 区	100	0	0	0	0

2.4 物种的生态型特征

生态型是以物种对水分状况的适应方式为依据来划分,它从另一个侧面体现了物种对生境条件的适应。由表 5 可知,在不同区中,植物生态型比例大致相同。在 I 区,中生 > 旱中生 > 中旱生 > 湿中生 > 湿生;在 II 区,中生 > 旱中生 > 中旱生 > 旱生 > 湿生 > 湿中生;在 III 区,中生 > 中旱生 > 旱生 > 旱中生 > 湿中生 > 湿生;在 IV 区,中生 > 中旱生 > 旱中生 > 旱生 > 湿生 > 湿中生;在 V 区,中生 > 旱生 > 中旱生 > 旱中生 > 湿中生 > 湿生;在 VI 区,中生 > 旱生 > 旱中生 > 中旱生 > 湿中生 > 湿生;在 VII 区,中生 > 旱生 > 中旱生 > 湿中生 > 旱中生 > 湿生;在 IX 区,仅有 2 个物种且全为中生植物。由此推知,在不同区中都是以中生植物为主,其次是旱生植物,最后是湿生植物。这与本区的气候条件相一致。

表 5 不同植被景观区植物生态型谱

Table 5 Ecology-form spectrums of the different vegetation landscape areas

区	湿生	湿中生	中生	旱中生	中旱生	旱生
I 区	2.78	2.78	80.56	8.34	5.56	0
II 区	3.33	1.67	63.33	11.67	10	10
III 区	2.63	2.63	65.79	5.26	13.16	10.53
IV 区	5.17	3.45	55.18	10.34	15.52	10.34
V 区	5.88	5.88	56.87	7.84	9.80	13.73
VI 区	2.04	6.12	53.07	12.24	12.24	14.29
VII 区	4.65	10.47	56.97	4.65	10.47	12.79
VIII 区	0	0	0	0	0	0
IX 区	0	0	100	0	0	0

3 结论与讨论

1. 关于物种的科属特征

从总体上看,旅游干扰强烈的区域,其属数和种

数明显小于旅游干扰少的区域的属数和种数,说明随着旅游干扰程度的增加,物种有减少的趋势。其中, VII 区物种的科、属、种所占比例最大,这是由于该区在旅游干扰下乔木层和灌木层均不存在,而草本植物较多所造成的。从物种对旅游干扰的生态习性看,豆科、毛茛科、菊科、蔷薇科和禾本科的种类在除 VIII 区以外的其他 8 个区中共同出现的频率最高,说明这些种类对干扰的响应不明显,属于忍耐性的种类。此外,在这 8 个区中,单型科、单型属、单型种出现的频率也较高,这说明有如下两大可能的因素:一是生境因子的恶劣性,二是取样的有限性。至于生境因子的恶劣性又包括两方面:第一,旅游活动的强烈干扰,限制了物种的生长发育;第二,在干扰较小地区,随着海拔的升高,远离城镇中心,自然环境趋于严酷,使得不适宜高寒生长的物种趋于淘汰,从而单型属、单型种的现象开始出现。

2. 关于物种的区系特征

就植物属和种的区系地理成分看,温带分布类型都占有很大的比例,这与本区属于温带大陆性季风气候相一致。就物种属的区系成分看,在 9 类区中,温带分布属出现最多,均达到分区中的 1/3 ~ 1/2 以上,其次是东亚分布属和中国特有分布属,能达到分区总属数的 1/4 左右,而热带、亚热带及高寒带地区的属数则最少,甚至于多个分区基本无该方面物种存在。这体现了自然地理环境对物种的区系分布的重要影响。就种的区系看,出现最多的是温带分布种,约占各个分样区的 42% 左右;其次是中国特有分布种,占有总种数的 37%;再次是东亚分布种,占有总种数的 15%;世界分布种、热带分布种和亚热带分布种仅约占总种数的 6%,甚至在一些样区中没有出现;寒带地区物种在五台山地区没有出现。同时,还可以看出中国特有分布种明显增多。就物种的区系对旅游干扰的生态响应而言,温带成分具有广泛分布的态势,而世界分布和热带分布的种类贫乏。此外,旅游干扰小的分区中物种区系成分比干扰大的分区中相对丰富,说明物种区系成分随着旅游干扰程度的增加而趋于单一。

3. 关于物种的生活型特征

随着旅游干扰程度的增加,从 I 区到 VII 区,植物生活型表现出如下规律性:最为明显的是,高位芽植物的比例在不断减小,地面芽植物的比例在不断增加。此外,地下芽植物的比例也表现出一个缓慢上升的趋势,地上芽植物和一年生植物的比例都表现

出一个先增加再减少的趋势。其中,在不同区中,地上芽植物所占的比例都很少,这可能与该地区的气候特点有关。总之,在旅游干扰很少的地方,高位芽植物占优势,在旅游干扰较大的地方,地面芽植物占优势。

4. 关于物种的生态型特征

随着旅游干扰程度的增加,从Ⅰ区到Ⅶ区,中生植物的比例在不断减少,旱生植物的比例在趋于增加。这是由于旅游活动的影响使得群落的生境条件,尤其是水分条件发生变化,从而致使物种表现出一个旱化的趋势。至于湿生植物则没有表现出明显的规律性。

参考文献(References)

- [1] Grabherr G. The impacts of trampling by tourists on a high altitudinal grassland in the Tyrolean Alps, Austria [J]. *Vegetatio*, 1982, 48: 209–217
- [2] Andreas H. Introduced plants on Kilimanjaro: tourism and its impact [J]. *Plant Ecology*, 2008, 197: 17–29
- [3] Pickering C M, Hill W, Newsome D, et al. Comparing hiking, mountain biking and horse riding impacts on vegetation and soils in Australia and the United States of America [J]. *Journal of Environmental Management*, 2010, 91: 551–562
- [4] Rai S C, Sundriyal R C. Tourism and biodiversity conservation: The Sikkim Himalaya [J]. *Ambio*, 1997, 26: 235–242
- [5] Scherrer P, Pickering C M. Effects of grazing, tourism and climate change on the alpine vegetation of Kosciuszko National Park [J]. *Victorian Naturalist*, 2001, 118: 93–99
- [6] Pickering C M, Hill W. Impacts of recreation and tourism on plant biodiversity and vegetation in protected areas in Australia [J]. *Journal of Environmental Management*, 2007, 85: 791–800
- [7] Gao Xianming, Ma Keming, Chen Lingzhi, et al. The effects of tourism on species diversity of subalpine meadows in Dongling mountainous area, Beijing [J]. *Biodiversity Science*, 2002, 10(2): 189–195 [高贤明, 马克明, 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 [J]. *生物多样性*, 2002, 10(2): 189–195]
- [8] Zhu Zhu, Bao Weikai, Peng Xueyong, et al. Tourism effect on species composition and diversity of understory plants in *Abies fargesii* var. *faxoniana* forest in Jiuzhaigou, Sichuan [J]. *Biodiversity Science*, 2006, 14(4): 284–291 [朱珠, 包维楷, 庞学勇, 等. 旅游干扰对九寨沟冷杉林下植物种类组成及多样性的影响 [J]. *生物多样性*, 2006, 14(4): 284–291]
- [9] Niu Liqin, Cheng Zhanhong, Zhang Feng. Analyse of meadow diversity in the Wutai mountain [J]. *Arid Zone Research*, 2010, 27(4): 573–577 [牛莉芹, 程占红, 张峰. 五台山草甸多样性分析 [J]. *干旱区研究*, 2010, 27(4): 573–577]
- [10] Wu Zhengyi. Distribution-types of the genera for seed plants in China [J]. *Plant Research in Yunnan*, 1991, 13(Suppl.): 16–139 [吴征镒. 中国种子植物属的分布区类型 [J]. *云南植物研究*, 1991, 13(增刊): 16–139]
- [11] Wang Hesheng. *Plant flora geography* [M]. Beijing: Science Press, 1992 [王荷生. *植物区系地理* [M]. 北京: 科学出版社, 1992]
- [12] Song Yongchang. *Vegetation Ecology* [M]. Shanghai: East China Normal University Press, 2001 [宋永昌. *植被生态学* [M]. 上海: 华东师范大学出版社, 2001]

Ecological Characteristics of Species in the Different Vegetation Landscape Districts with Tourism Disturbance in Wutai Mountains

NIU Liqin¹, CHENG Zhanhong², ZHAO Meng³

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

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

3. College of Environment and Resource, Shanxi University, Taiyuan 030006, China)

Abstract: Species characteristics in the different vegetation landscape districts with tourism disturbance are studied from their families, genera, life-form and ecology-form in Wutai Mountains. It shows that: (1) The number of genera and species is much less in the area with serious disturbance than with little disturbance. The appearing frequency of species in the families of Leguminosae, Ranunculaceae, compositae, Rosaceae and Poaceae is the most, and they belong to the endurance species. Moreover, single family, genera and species often appear. (2) As of the ecological response for species flora to tourism disturbance, the component in the temperate zone distribute widely, however, those in all the world and the tropical zone are poor. The flora trends to be single with the increasing disturbance. (3) As tourism disturbance is increasing, the proportion of phaenerophytes is decreasing gradually, and that of hemicryptophytes is increasing. (4) With the increasing disturbance, the proportion of mesophytes is decreasing gradually, and that of xerophytes trends to increase. As of hygrophytes, there is not an obvious rule.

Key words: Wutai Mountains; tourism disturbance; plant flora; life-form; ecology-form