

四川茂县土地岭大熊猫走廊带植被恢复格局 及其与干扰的关系

王永健¹, 陶建平^{1,*}, 张炜银², 臧润国², 丁 易², 李 媛¹, 王 微³

(1. 西南大学生命科学学院 三峡库区生态环境教育部重点实验室 重庆市三峡库区植物生态与资源重点实验室, 重庆 400715;

2. 中国林业科学研究院森林生态环境与保护研究所, 北京 100091; 3. 重庆文理学院生命科学系, 重庆 永川 402168)

摘要: 通过样带调查和 TWINSpan、DCCA 分析, 从植物种、植物群落及其多样性与环境关系方面, 研究了岷江上游土地岭大熊猫走廊带恢复植被的干扰状况。结果表明: 应用 TWINSpan 分类, 并结合优势种组成、干扰状况分析及 DCCA 排序, 可将植被划分为 6 个群落类型, 同时划分出响应型、迟钝型、中度干扰忍耐型和重度干扰忍耐型 4 类干扰响应的植物类型。以样方物种和以样方多样性指数的 DCCA 分析结果基本一致, 物种及群落的空间分布呈明显的聚集格局, 反映其与环境因子间的密切关系。DCCA 排序图上, 海拔差、坡形、与公路距离、坡度及道路条数对群落和物种分布有明显的影响, 与干扰相关性最大的坡度、样地道路数目、与公路间的距离 3 个因子反映了植被的干扰梯度。干扰对土地岭恢复植被影响显著, 干扰降低了群落的物种多样性, 同时阻碍了演替进程。

关键词: 土地岭; 植被恢复; 大熊猫走廊带; 群落分类; 干扰状况

文章编号: 1000-0933(2006) 11-3525-08 中图分类号: Q145, Q948 文献标识码: A

Studies on vegetation restoration patterns and their relationships to disturbances on Giant Panda Corridor of Tudiling, Southwest China

WANG Yong-Jian¹, TAO Jian-Ping^{1,*}, ZHANG Wei-Yin², ZANG Run-Guo², DING Yi², LI Yuan¹, WANG Wei³ (1. Key

Laboratory of Plant Ecology and Resources of Three Gorges Reservoir Region, Key Laboratory of Eco-environments of Three Gorges Reservoir Region, Ministry of Education, School of Life Science, Southwest University, Chongqing 400715, China; 2. Institute of Forest Ecology, Environment and Protection, Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091, China; 3. Life Science Department, Chongqing University of Arts and Sciences, Yongchuan, Chongqing 402168, China). Acta Ecologica Sinica, 2006, 26(11): 3525 ~ 3532.

Abstract: Human activities such as deforestation, cultivation, and overgrazing have contributed to the destruction of forest ecosystems in the upper Minjiang River basin for a long time, which has led to the reduction in forest cover and biodiversity. In the Giant Panda Corridor of Tudiling in this basin, the effects of current disturbance regimes on plant communities after vegetation restoration in 1980's were assessed and the community composition, species diversity and their relationships with factors significantly associated with disturbances were analyzed by means of transect sampling, two-way indicator species analysis (TWINSpan) and detrended canonical correspondence analysis (DCCA). The results were as follows: corridor communities could be classified into six types, and species were clustered into four functional groups (response to disturbance, retarded, resistant to intermediate disturbance and resistant to heavy disturbance) based on both TWINSpan and DCCA. It was similar between DCCA

基金项目: 国家重点基础研究发展规划资助项目(2002CB111505); 国家自然科学基金资助项目(30500388; 30300047)

收稿日期: 2006-02-15; **修订日期:** 2006-07-14

作者简介: 王永健(1982~), 男, 布依族, 贵州独山人, 博士生, 主要从事群落生态学研究. E-mail: wangyongjian. 00 @163.com

*通讯作者 Corresponding author. E-mail: taojianping @163.com

致谢: Hans 博士润色英文摘要, 中国科学院成都生物研究所茂县生态站提供了野外工作便利, 谨此致谢!

Foundation item: The project was financially supported by National Key Basic Research Special Foundation Project (No. 2002CB111505), National Natural Science Foundation of China (No. 30500388; 30300047)

Received date: 2006-02-15; **Accepted date:** 2006-07-14

Biography: WANG Yong-Jian, Ph. D. candidate, mainly engaged in community ecology. E-mail: wangyongjian. 00 @163.com

with species composition of plots and that with species diversity of plots. The communities were separated into distinct groups along the DCCA axis and this pattern was significantly correlated with environmental factors. Elevation differences, shape, slope, distance to road and the number of paths in plots influenced the distribution of the species and communities obviously. Slope, distance to road and the number of paths showed the gradient of disturbance among the communities along the DCCA axis. High disturbance intensity caused significantly lower diversity and poor regeneration of restorational vegetation communities compared to the more diverse undisturbed communities. Artificial restoration was better than natural restoration in maintaining high species diversity. The succession was inhibited in natural restoration because of the failure in tree establishment, growth and survival during regeneration.

Key words: Tudingling; vegetation restoration; Giant Panda Corridor; community classification; disturbance regime

岷江上游属于典型高山峡谷区,是我国生物多样性分布的关键地区^[1,2],对于涵养长江上游水源、维护成都平原的生态环境及保障农业生产具有突出的生态与经济重要性^[3,4]。20 世纪 70 年代以来,人类活动(森林砍伐,农耕和过度放牧等)导致该区域森林生态系统的严重退化,森林面积减少且破碎化严重,耕地、灌丛、草地等增加,水土流失量增加及生物多样性的严重丧失^[1,3,4]。土地岭位于岷江上游左岸一级支流大沟流域,是大熊猫生命走廊带栖息地和岷江上游退化植被的典型代表^[1]。从 20 世纪 80 年代初,中科院成都生物所开始以华山松(*Pinus armandii*)、油松(*P. tabulaeformis*)作为土地岭地区植被恢复的主要树种进行植被恢复试验;经过 20 多年的生长,恢复植被已经显示了一定的生态效益^[1,2]。近 10a 来,对岷江上游干旱河谷植被研究较多^[5,6],对茂县生态站周围人工恢复植被研究也较为深入^[7~9];大熊猫生命走廊带的建立对于大熊猫的保护、大熊猫种群间交流和物种多样性保护具有重要意义^[10],但对土地岭大熊猫走廊带干扰状况及其对植被恢复的影响等方面的研究还较少有人涉及^[11,2],相关工作亟待加强。本文通过与干扰相关的环境因子解释植被的干扰程度,以进一步深入认识干扰及不同恢复模式对植被恢复和群落多样性的影响,具体探讨以下问题:(1)通过 TWINSpan、DCCA 和相关分析,了解土地岭大熊猫走廊带恢复植被(群落及物种分布)与环境因子的关系。(2)探讨因子对干扰贡献较大的环境因子,了解土地岭大熊猫走廊带植被恢复及干扰的现状。(3)以样方物种和以样方多样性指数的 DCCA 分析进行比较,探讨群落多样性与环境因子间的关系。

1 研究地区与研究方法

1.1 研究地区

土地岭地处岷江上游左岸一级支流——大沟流域中段,中国科学院成都生物研究所茂县生态站(103°53' 58"E, 31°41' 07"N)附近,海拔 2050~2260m。该地段 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 的年活动积温为 2635.1 $^{\circ}\text{C}$,年均温 8.9 $^{\circ}\text{C}$,年降雨量 900mm,年蒸发量 795.8mm,年日照时数 1139.8h,属暖温带气候。土壤以黄棕壤、棕壤为主^[1,9]。

土地岭走廊带是四川筹建的大熊猫生命走廊带之一^[10],对岷山大熊猫 A、B 种群间的交流、繁衍和其它野生动物交流,及多样性保护,具有重要的意义。但由于长期人为活动干扰,森林植被遭到严重破坏,该地区植被类型主要为大面积灌丛、少量草坡和人工针叶林。通过造林、封育及自然更新,经过 20 多年的恢复,目前植被在局部区域已经形成森林,但由于靠近公路及沿线的人为活动干扰,群落分布呈现出片断化。

1.2 研究方法

1.2.1 样地设置 选择体现土地岭恢复植被总体特征的主山脉,作一条 5m×1360m 的样带。以 5m×5m 的连续样方为单位进行植被调查。

(1) 群落调查 在每个 5m×5m 样方内调查乔木和灌木,乔木逐株测定高度、胸径和冠幅,灌木测定高度和盖度;在每个 5m×5m 样方内随机设置 1 个 1m×1m 小样方调查草本,测定其高度与盖度。

(2) 群落特征 林冠空隙度,使用美国 LFCOR 公司生产的植冠分析仪(LAF2000)测定;叶面积指数,采用植冠分析仪(LAF2000)测定。测定每个样方内灌木层、草本层盖度。

(3) 与干扰相关的环境因子 地形因子(间接干扰因子),海拔差(记录样方与公路之间相对高度差)、坡度、坡位、坡形,直接干扰因子,样地与公路间的距离、样方内出现的小路数目。在环境极其相似的样方内地

形指标值取相同值。

表 1 样方 DCCA 分析采用的环境因子

Table 1 The environmental factors included in DCCA of the plots			
类型 Type	因子 Factor	缩写 Abbr.	取值范围 Range
地形因子 Topography	海拔差 Elevation differences (m)	Elev	实测值 Measure values
	坡度 Slope (°)	Slop	实测值 Measure values
	坡形 Shape	Shap	3,2,1
	坡位 Position	Posi	7,5,3,1
干扰因子 Disturbance	与公路距离 Distance (m)	Dist	6,5,4,3,2,1
	道路条数 The number of paths	Nump	实测值 Measure values
群落特征 Community structure	林冠空隙度 Canopy gap (%)	Gap	实测值 Measure values
	叶面积指数 Leaf area index	LAI	实测值 Measure values
	乔木胸面积和 Sum of stems area at breast high (cm ² /m ²)	ABH	实测值 Measure values
	灌木层盖度 Shrub cover (%)	SHCV	实测值 Measure values
	草本层盖度 Herb cover (%)	HBCV	实测值 Measure values

样方环境因子分级和赋值见表 1。其中海拔差、坡度、样方内小路数目、林冠空隙度、叶面积指数、乔木胸面积和、灌木层盖度和草本层盖度采用实测值。坡形^[11]按凸、平、凹分别赋值 3、2、1；坡位^[12]按上(顶脊)、中、下、缓坡平地分别赋值 7、5、3、1；样方与公路间距离按 0~10m、10~20m、20~50m、50~100m、100~200m、200m 以上,分别赋值 6、5、4、3、2、1。

干扰等级划分^[13~15]:以样方内群落总体覆盖度、乔木密度及樵采砍伐强度等作为评价标准,分为无干扰、轻度干扰、中度干扰和重度干扰 4 个等级^[1]。

1.2.2 参数计算

- (1)重要值的计算公式 乔木层重要值 = (相对密度 + 相对高度 + 相对优势度)/3
灌木层、草本层重要值 = (相对高度 + 相对盖度)/2

(2)群落分类与排序 运用 PC-ORD4.0 软件进行 TWINSpan 分类;运用 CANOCO4.5 软件进行 DCCA 分析;运用 SPSS11.0 软件进行相关分析和方差分析。

(3)群落的总体多样性 群落中乔、灌、草 3 层结合其加权参数对群落总体多样性进行计算,加权参数的计算见文献^[1],经计算乔、灌、草 3 层的权重参数分别为 0.50、0.25 和 0.25。

(4)物种多样性指数

Shannon-Wiener 多样性指数 (H)

$$H = - \sum P_i \ln P_i$$

Simpson 多样性指数 (D)

$$D = 1 - \sum P_i^2$$

Pielou 均匀度指数 (J)

$$J = \left[- \sum P_i \ln P_i \right] / \ln S$$

丰富度指数 (Richness)

$$R = S$$

式中, P_i 为物种相对重要值, S 为物种总数。

2 结果与分析

2.1 走廊带植被的 TWINSpan 分析

为了得出最接近实际情况的群落类型,对 5m ×5m 的基本样方两两合并,在 5m ×10m、5m ×20m、5m ×40m 的尺度上重新计算样方物种重要值,环境指标为原两样方的平均值^[11]。在这 4 种尺度下分别得到 241 类物种与样方之间的矩阵,对植被进行 TWINSpan 分类。

通过比较,在 5m ×20m 尺度上,68 个样方在第三级划分水平上分为 6 种群落类型,除个别样方分类效果较差,是最接近真实植物类群的分类尺度。结合样方优势种统计,对 5m ×20m 尺度分类结果进行适当调整,得到土地岭植被的分类(表 2),结果与以干扰等级对样方的分类基本相同。可划分为以下 6 类群落:

自然恢复灌丛,位于较偏僻的山坡中上部与悬崖边缘,无干扰。灌木层以川莓 (*Rubus setchuenensi*)、

细叶小檗 (*Berberis poiretii*) 为优势种; 蕨 (*Pteridium aquilinum*) 和苔草 (*Carex* spp.) 为草本层优势种。群落物种组成丰富, 覆盖度较高, 乔木幼苗幼树很少。

以华山松进行造林的群落, 群落地处坡度较大的中山地带, 无干扰。由于恢复时间最长, 华山松、粗枝云杉 (*Picea asperata* Mast.) 已经在乔木层成为优势种, 乔木层个体密度大, 郁闭度很高; 灌木层以川莓、滇榛 (*Corylus yunnanensis*) 为优势种, 同时伴生许多华山松、粗枝云杉、油松幼树; 草本层蕨和苔草为优势种。

以华山松造林, 处于土地岭低山位置, 轻度干扰。乔木层优势种为华山松; 灌木层以川莓、滇榛为优势种; 草本层优势种为车前 (*Plantago asiatica*)。

主要造林树种为华山松和油松, 群落所处低山位置及坡度较小, 中度干扰, 群落虽然存在乔木层, 优势种为华山松和油松, 但密度很小, 郁闭度很低; 灌木层组成丰富, 川莓为优势种; 草本层优势种是东方草莓 (*Fragaria orientalis*)。

自然恢复群落, 轻度干扰, 为油松疏林。灌木层乔木更新木很少, 川莓为优势种; 草本层优势种是珠芽蓼 (*Polygonum viviparum*)。

以华山松进行造林的人工恢复群落, 群落所处位置接近公路, 受到的放牧和践踏干扰强度很大, 退化较为严重。群落种类较少, 灌木层主要是川莓和醉鱼草 (*Buddleja* sp.) 占优; 车前是草本层优势种。

表 2 土地岭大熊猫走廊带植被 TWINSpan 分类结果

Table 2 TWINSpan classification of vegetation on Giant Panda Corridor of Tudingling						
样方号		555556666444444455555	3333333344433	1222222266	111 1111112	22666
The number of plots	12345786	567891234145678901234	0125678902334	6023456805	40192357891	79678
分组 Classification	00000000	00000000000000000000	000000000000	11111111111	11111111111	11111
	00000000	11111111111111111111	1111111111111	0000000000	00000000000	11111
		00000000000000000000	1111111111111	0000000000	11111111111	
群落类型 Types						

2.2 走廊带群落、物种与环境因子的关系

2.2.1 走廊带群落 DCCA 分析 以样方与物种 (68 × 241) 及样方与环境因子 (68 × 11) 为原始矩阵进行 DCCA 分析。群落样方在图 1 上亦可划分为 6 种群落类型, 与 TWINSpan 分类结果十分相似。同时结合表 3, 表明: 海拔差、坡形与第一轴夹角较小, 叶面积指数、林冠空隙度、乔木胸面积与第一轴相关系数也较高, 第一轴从左向右, 反映从与公路海拔差大的平坦山坡向靠近公路的凸起山地环境的变化; 也表明群落类型由稀疏灌丛向华山松为主的郁闭森林过渡。坡度、道路条数、与公路距离及灌木层盖度与第二轴相关性较高, 第二轴从上向下, 由人迹罕至且远离公路的陡峭山坡向靠近公路且人类活动频繁的平地过渡, 同时由灌木丰富的群落向灌木稀少的灌草丛过渡, 反映了植被的干扰梯度, 即由位于排序轴上方几乎未受干扰群落 和群落 向排序轴下方受轻微干扰群落 、群落 , 中度干扰群落 , 受严重干扰群落 的变化。

2.2.2 走廊带物种类群分析 植物响应型是指对具体环境因子产生相似适应的物种组合, 是其共有生物特性的表现^[16]。根据 GONDARD 对干扰响应的植物类群划分标准^[16], 首先, 分析物种分布与干扰间的关系, 以物种在不同干扰下样方 (68 个) 内的重要值为标准划分土地岭植被对干扰响应的植物分布类群, 即通过样方与物种 (样方各层次重要值 > 3) 数据矩阵进行 TWINSpan 分析, 并结合物种在特定干扰样方出现频次进行分析, 划分干扰响应型; 其次, 分析物种分布与环境因子的关系, 以样方与物种 (68 × 241) 出现与否的数据进行分析^[17, 18]; 最后, 综合样方内重要值大于 3 的植物种与环境因子之间进行 DCCA 分析, 得到物种与干扰相关的环境因子间的关系, 划分出 4 个类群 (图 2)。

(1) 干扰响应型 只分布于未受干扰及受极轻微干扰群落内, 如冰川茶藨 (*Ribes glaciale*) (i)、旌节花 (*Stachyurus* spp.) (ce)、冷水花 (*Pilea notata*) (cn)、细枝栒子 (*Cotoneaster gracilis*) (gi)、小叶菝葜 (*Smilax microphylla*) (gx)、防己叶菝葜 (*S. menispermoides*) (ap)、桦木 (*Betula platyphylla*) (bp)、箭竹 (*Sinarundinaria nitida*) (ca) 和栒木 (*Aralia chinensis*) (dw) 等分布于排序轴的上部, 反映了远离公路的陡峭山坡环境, 几乎未受到干扰。

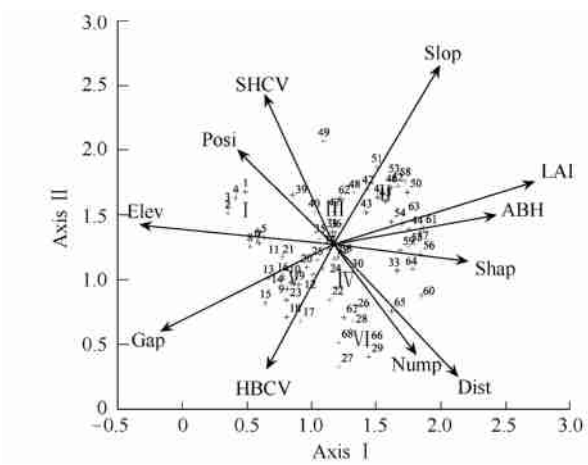


图1 群落样方的 DCCA 排序

Fig.1 Ordination of plots for the first two axes of DCCA

、 、 、 、 、 不同类型群落样方在排序图上的位置 means
plots locations of different communities on the ordination diagram

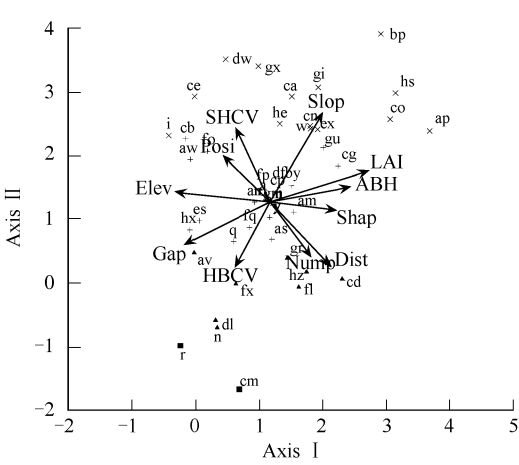


图2 群落主要物种的 DCCA 排序

Fig.2 Ordination of main species for the first two axes of DCCA

■重度干扰忍耐型 resistant to heavy disturbance; ▲中度干扰忍耐型
resistant to intermediate disturbance; + 迟钝型 retarded type; ×响应型
response to disturbance

(2) 迟钝型 广布各群落内,分布于排序轴中部,代表了轻微至中度干扰的环境,受到各类因子的综合影响,说明该类群能适应各类环境,有较广的生态幅,以川莓(y)、滇榛(am)、辽东栎(*Quercus liaotungensis*) (fo)、东方草莓(an)、蕨(cg)、茜草(fp)、车前(q)为主,还包括假生麻(*Aruncus sylvester*) (by)、金山英蕊(*Viburnum chinshanense*) (cb)、风轮菜(*Clinopodium chinense*) (as)、珠芽蓼(cd)、西伯利亚蓼(*P. sibiricum*) (cp)、木半夏(*Elaeagnus multiflora*) (df)、细叶小檗(es)、水杨梅(*Geum aleppicum*) (fl)、艾蒿(*Artemisia argyi*) (a)、偏翅唐松草(*Thalictrum delavayi*) (fq)、小果蔷薇(*Rosa cymosa*) (gu)、香薷(*Elsholtzia ciliate*) (gr)、刚毛忍冬(*Lonicrra hispida*) (gm)、羽裂蟹甲草(*Cacalia tangutica*) (hx)等。

(3) 中度干扰忍耐型 分布于排序轴下部代表了靠近公路的平地环境,草玉梅(*Anemone rivularis*) (n)、萎陵菜(*Potentilla* spp.) (fx)、狭叶绣线菊(*Spiraea japonica*) (av)和尼泊尔酸模(*Rumex nepalensis*) (dl)等属此类物种。

表3 环境因子与 DCCA 前 2 环境轴的相关系数

Table 3 Correlations of environmental variables to the first two DCCA

环境因子 Environmental variables	相关系数 Correlations coefficient	
	Axis	Axis
海拔差 Elev	- 0.8867	0.0084
坡度 Slop	0.4754	- 0.7646
坡形 Shap	0.5051	- 0.0116
坡位 Posi	- 0.3641	- 0.4253
与公路距离 Dist	0.4619	0.5857
道路条数 Nump	0.1097	0.6097
林冠空隙度 Gap	- 0.6901	0.3891
叶面积指数 LAI	0.7854	- 0.3019
乔木胸面积和 ABH	0.6129	- 0.1074
灌木层盖度 SHCV	- 0.2186	- 0.6550
草本层盖度 HBCV	- 0.2996	0.4970

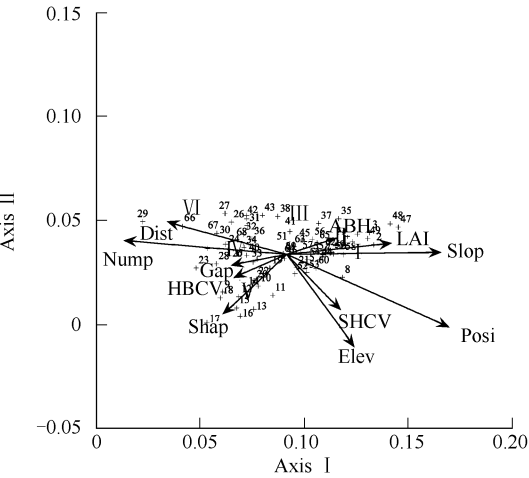


图3 68个样方多样性指数与环境因子的 DCCA 排序

Fig.3 Ordination of diversity indices of 68 plots and environmental factors for the first two axes of DCCA

(4) 重度干扰忍耐型 只分布于极强干扰群落内,位于排序轴最下部,车轴草(*Trifolium* spp.) (r)、老鹳草(*Geranium wilfordii*) (cm) 是该环境的典型代表植物。DCCA 结合 TWINSpan 划分物种干扰响应型,既反映了干扰梯度,又具明显的分类效果。

2.3 走廊带群落多样性与环境因子的关系

以样方的多样性指数与环境因子为原始数据矩阵进行 DCCA 分析(图 3),可以反映样方之间多样性指数的相似性,同时也反映样方在排序轴上的空间分布及样方多样性变化与环境因子间的相互关系^[19]。图 3 中排序轴第一轴基本放映了干扰梯度,第一轴从左到右,样地道路数目逐渐减少,与公路距离逐渐增加,并且坡度不断增大,表现为干扰不断减小;第二轴海拔差的相关性相对较高,反映了地理位置的变化即第二轴从上到下与公路的海拔差越来越大。箭头的综合趋势反映了群落多样性的变化^[19],从左向右,群落综合多样性逐渐增高。排序轴空间范围内样方的分布,与 TWINSpan 分类群落较为相似,并与图 1 以样方内物种的分析基本吻合。但是,以多样性指数进行 DCCA 分析,各群落在图上较集中,重叠很大,效果不及以样方内物种的 DCCA 分析结果。

直接干扰因子与其它环境因子的相关分析见表 4。与公路的距离(Dist)与小路数目(Nump)呈明显正相关($p < 0.01$),小路数目与许多环境因子相关;海拔差(Elev)、坡度(Slop)表现了与直接干扰因子的负相关;环境因子也体现了群落在干扰下各特征的变化。

表 4 直接干扰因子与其它环境因子之间的相关系数(样本量 = 68)

Table 4 The correlation coefficients of direct disturbance factors and other environmental factors (sample sizes = 68)

	每枝差 Elev	坡度 Slop	坡形 Shap	林冠光隙度 Gap	叶面积指数 LAI	乔木胸面积和 ABH	灌木层盖度 SHCV	草木层盖度 HBCV	道路条数 Nump
与公路的距离 Dist	-0.671 **	-0.265 *	-0.067	-0.120	0.160	0.243 *	-0.444 **	0.010	0.455 **
道路条数 Nump	-0.359 **	-0.703 **	-0.253 *	0.416 **	-0.428 **	-0.277 *	-0.339 **	0.338 **	—

*: $p < 0.05$; **: $p < 0.01$

3 讨论

3.1 干扰相关因子的作用

对于间接干扰因子(地形因子)而言,坡度是与干扰相关性最强的因子,与干扰强度呈负相关(图 1)。人类活动是否能够到达很大程度上直接由坡度决定,坡度越大,越难于到达;反之,易于到达^[1]。虽然坡形、坡位及与公路间的海拔差与干扰的相关性不大,但其综合地形作用与干扰关系密切,如坡形较平或凹、处于下坡位、与公路间海拔差较小,且坡度最小的群落,受到的放牧、耕作等干扰较严重。样地道路数目、与公路间的距离是较直接的干扰因子,样地内小路数目直接反映了人类长期活动的情况,与公路距离与人为干扰几率密切相关,距离越近,各种活动到达的几率越大。运用坡度、样地内小路数目及与公路距离等指标进行 DCCA 分析,对土地岭植被的干扰现状进行分析,与以样方内群落总体覆盖度、乔木密度及樵采砍伐强度等的评价结果^[1]相似,能反映当地植被实际状况。虽然群落特征与干扰之间无直接相关性,但能反映不同环境下群落外貌和变化^[11],未受干扰的华山松密林(群落)乔木胸面积和、叶面积指数、林冠郁闭度较大,而受到干扰的群落(如、)则较小,说明干扰影响植被的演替、更新及群落内更新物种的生长情况^[20~22]。并且,许多环境因子之间还存在较高的相关性(表 4),特别是与直接干扰因子的相关性很高。很大程度上,应用 DCCA 与 TWINSpan 方法,通过一系列的干扰相关因子对土地岭恢复植被的干扰状况进行解释是可行的。

3.2 影响植被及其多样性的因素

3.2.1 影响植被及物种分布的因素 结合优势种组成与干扰等级划分, TWINSpan 与 DCCA 排序对群落和物种的分类并进行解释具有较高的一致性^[17,18]。与干扰相关性最大的坡度、样地道路数目、与公路间的距离 3 个因子,能很好的解释 6 类群落的干扰状况。群落与公路的海拔差最大,同时坡度较大,在 40 ~ 55 °间,从样地道路数目很少表明该环境较为偏僻,人类难于到达,基本无人类活动发生,因此几乎无干扰;群落为华山松林密林,与公路的海拔差很小、离公路较近,但是由于坡度很大(50 ~ 65 °),植被位于山脊中上部,人类难于

达到而形成封育,因此样地道路数目很少,几乎无干扰;群落环境与基本相似,但较郁闭度低,坡度在 30~40 左右,由于离公路较近,受到轻微干扰;群落坡度更小,分布较为分散,其中部分样方为重度干扰环境的边界群落,同时还包括一些地形急剧变化而人为活动易于到达的样地,因此,干扰的程度变化相对较大,处于轻度到重度之间,以中度为主;群落环境与相似,但坡度较小,故受到轻微干扰,由于自然恢复群落物种组成与人工恢复群落有较大差异,受到干扰的自然群落其物种变化较人工恢复群落大,在分类上群落、距离较远;与公路间海拔差较小、离公路近,且坡度最小的群落,受到的干扰最为严重。

干扰同时影响物种的分布,基于干扰响应的植物分布类群表明了不同物种对不同干扰的响应方式,响应型反映其对干扰的敏感性,只适应较稳定的环境。迟钝型对于任何环境反应很慢,具有很广的生态幅,一般是当地重要组成种,在各类群落中占有明显优势,尤其是灌木层中的川莓、滇榛、辽东栎等,其较大的密度、盖度也是乔木幼树无法更新的严重障碍^[1,2]。忍耐种(包括中度和重度干扰忍耐种),是对极端环境产生适应的典型代表,也可能为干扰后的入侵物种。因此,干扰在影响物种的分布的同时,物种也对干扰产生了响应^[18,19]。

群落的组成与物种的分布同时还受到其它环境因子的综合影响^[19,20],由于土地岭的地形特征,小地形格局导致的坡度、土壤厚度和土壤理化性质差异,引起的气候效应,如降雨、温度和湿度等的差异都会影响物种与群落组成^[20]。同时,群落环境的长期作用也决定了其内定居物种的数量和类型。

3.2.2 群落多样性的干扰分析 以样方多样性与以样方物种的 DCCA 分布图较相似,表明群落多样性与群落内物种多度和分布是相关的,但以样方多样性的 DCCA 图群落分类重叠较大,因为多样性的高低在同一群落内波动相对较大,而物种的出现与否相对而言更为稳定^[19];同时,多样性不仅在群落间,在群落内样方间都有很大的波动性,分析尺度有可能对其产生影响^[14,15,20]。

群落多样性是其内物种分布与多度的反映^[21],多样性与干扰间也有一定相关性^[1]。计算 6 类群落各样方总体多样性指数并进行方差分析和 Duncan 多重比较,对于相同恢复模式的群落而言,未受干扰群落的多样性最高。人工恢复的群落中,未受干扰与受轻微干扰群落的多样性差异不显著,但都比中度、重度干扰的群落高,并且差异显著($p < 0.05$),重度干扰群落最低;自然恢复两类群落多样性差异不显著,但受轻微干扰的群落已具有乔木层,层次更为明显,更新演替较为顺利,而未受干扰群落处于灌丛阶段,从群落组成上分析,优势种较为稳定,很难实现向森林的更新。人工恢复与自然恢复相比,Shannon-Wiener、Simpson 和均匀度指数则较自然恢复群落高,差异显著($p < 0.05$),且演替所处阶段更成熟。除干扰对多样性的显著影响外,其它环境因素(如土壤因子、群落内的小环境等)和物种本身的繁殖策略等也会影响群落多样性^[10,22]。

总的看来,通过 TWINSpan 分类,并结合与干扰相关环境因子的 DCCA 排序,来解释土地岭恢复植被的干扰现状,具有一定的可靠性。干扰在很大程度上影响群落组成、物种分布、多样性的高低与演替的进程,恢复植被表现出一定的生态效益,在本区进行植被恢复并避免干扰利于促进演替进程和维持较高的物种多样性。

References:

- [1] Wang Y J, Tao J P, Zhang W Y, et al. Dynamics of species diversity in vegetation restoration on Tudiling of Mao County, Southwest China. *Acta Ecologica Sinica*, 2006, 26(4): 1028 ~ 1036.
- [2] Wang Y J, Tao J P, Zhang W Y, et al. Vegetation characteristics in the process of ecological restoration in Tudiling of Mao County, upper reach of Minjiang River. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2006, 15(4): 512 ~ 517.
- [3] He X Y, Zhao Y H, Hu Y M, et al. Landscape changes from 1974 to 1995 in the upper Minjiang River Basin, China. *Pedosphere*, 2006, 16(3): 398 ~ 405.
- [4] Ma K M, Fu B J, Liu S L, et al. Multiple-scale soil moisture distribution and its implications for ecosystem restoration in an arid river valley, China. *Land Degradation & Development*, 2004, 15: 75 ~ 85.
- [5] Zhang W H, Lu T, Ma K M, et al. Analysis on the environmental and spatial factors for plant community distribution in the arid valley in the upper reach of Minjiang River. *Acta Ecologica Sinica*, 2004, 24(3): 552 ~ 559.
- [6] Ye M S, Guan W B, Tan H, et al. The α diversity of shrubs community in the arid valley of the Minjiang River. *Acta Ecologica Sinica*, 2004, 24(6): 1123 ~ 1130.

- [7] Wang L, Sun S C, Gao X M. Community spatial structure of a Chinese pine plantation in the upper reaches of the Minjiang River: species richness and coverage. *Scientia Silvae Sinicae*, 2004, 40(6): 8 ~ 12.
- [8] Sun S C, Gao X M, Bao W K, *et al.* Density effects on tree growth and community structure of Chinese pine plantations in the upper reaches of the Minjiang River, China. *Chinese Journal of Applied and Environmental Biology*, 2005, 11(1): 8 ~ 13.
- [9] Li Z F, Tao J P, Wang W, *et al.* Community microclimate characteristics at different vegetation restoration stages of upper Minjiang River. *Chinese Journal of Ecology*, 2005, 24(4): 364 ~ 367.
- [10] Da L J, Chen K X, Xin Y F. The scale of ecological corridor in the urban forest of Shanghai. *Journal of Northeast Forestry University*, 2004, 32(4): 16 ~ 18.
- [11] Shen Z H. A multi-scale study on the vegetation-environment relationship of a mountain forest transect. *Acta Ecologica Sinica*, 2002, 22(4): 461 ~ 470.
- [12] Liu K, Wang X K, Yang F, *et al.* *Pinus sylvestris* community on Honghuaerji sandy land and its relationship with environmental factors. *Chinese Journal of Ecology*, 2005, 24(8): 858 ~ 862.
- [13] Mishra B P, Tripathi O P, Tripathi R S, *et al.* Effects of anthropogenic disturbance on plant diversity and community structure of a sacred grove in Meghalaya, northeast India. *Biodiversity and Conservation*, 2004, 13: 421 ~ 436.
- [14] Bhuyan P, Khan M L, Tripathi R S. Tree diversity and population structure in undisturbed and human-impacted stands of tropical wet evergreen forest in Arunachal Pradesh, Eastern Himalayas, India. *Biodiversity and Conservation*, 2003, 12: 1753 ~ 1773.
- [15] Ram fez-Marcial N, González-Espinosa M, Williams-Linera G. Anthropogenic disturbance and tree diversity in montane rain forest in Chiapas, Mexico. *Forest Ecology and Management*, 2001, 154: 311 ~ 326.
- [16] GONDARD H, JAUFFRET S, ARONSON J, *et al.* Plant functional types: a promising tool for management and restoration of degraded lands. *Applied Vegetation Science*, 2003, 6: 223 ~ 234.
- [17] Wang G H, Zhou G H, Yang L M, *et al.* Distribution, species diversity and life-form spectra of plant communities along an altitudinal gradient in the northern slopes of Qilianshan Mountains, Gansu, China. *Plant Ecology*, 2002, 165: 169 ~ 181.
- [18] An S Q, Cheng X L, Sun S C, *et al.* Composition change and vegetation degradation of riparian forests in the Altai plain, NW China. *Plant Ecology*, 2002, 164: 75 ~ 84.
- [19] Guo X Y, Zhang J T, Gong H L, *et al.* Analysis of changes of the species diversity in the process of vegetation restoration in Antaibao mining field, China. *Acta Ecologica Sinica*, 2005, 25(4): 764 ~ 770.
- [20] Shen Q, Zhang J, Zhu J R, *et al.* Changes of species composition and diversity in the restoration processes of ecological public-welfare forests in Zhejiang, East China. *Acta Ecologica Sinica*, 2005, 25(9): 2131 ~ 2138.
- [21] Bartolome J W, Fehmi J S, Jackson R D, *et al.* Response of a native perennial grass stand to disturbance in California's coast range grassland. *Restoration Ecology*, 2004, 12: 279 ~ 289.
- [22] GONDARD H, ROMANE F, ARONSON J, *et al.* Impact of soil surface disturbances on functional group diversity after clear-cutting in Aleppo pine (*Pinus halepensis*) forests in southern France. *Forest Ecology and Management*, 2003, 180: 165 ~ 174.

参考文献:

- [1] 王永健, 陶建平, 张炜银, 等. 茂县土地岭植被恢复过程中物种多样性动态特征. *生态学报*, 2006, 26(4): 1028 ~ 1036.
- [2] 王永健, 陶建平, 张炜银, 等. 岷江上游土地岭生态恢复过程中植被特征研究. *长江流域资源与环境*, 2006, 15(4): 512 ~ 517.
- [5] 张文辉, 卢涛, 马克明, 等. 岷江上游干旱河谷植物群落分布的环境与空间因素分析. *生态学报*, 2004, 24(3): 552 ~ 559.
- [6] 冶民生, 关文彬, 谭辉, 等. 岷江干旱河谷灌丛 α 多样性分析. *生态学报*, 2004, 24(6): 1123 ~ 1130.
- [7] 王磊, 孙书存, 高贤明. 岷江上游人工油松林群落空间结构: 物种丰富度和盖度. *林业科学*, 2004, 40(6): 8 ~ 12.
- [8] 孙书存, 高贤明, 包维楷, 等. 岷江上游油松造林密度对油松生长和群落结构的影响. *应用与环境生物学报*, 2005, 11(1): 8 ~ 13.
- [9] 李宗峰, 陶建平, 王微, 等. 岷江上游退化植被不同恢复阶段群落小气候特征研究. *生态学杂志*, 2005, 24(4): 364 ~ 367.
- [10] 达良俊, 陈克霞, 辛雅芬. 上海城市森林生态廊道的规模. *东北林业大学学报*, 2004, 32(4): 16 ~ 18.
- [11] 沈泽昊. 山地森林样带植被-环境关系的多尺度研究. *生态学报*, 2002, 22(4): 461 ~ 470.
- [12] 刘康, 王效科, 杨帆, 等. 红花岗基地区沙地樟子松群落及其与环境关系研究. *生态学杂志*, 2005, 24(8): 858 ~ 862.
- [19] 郭道宇, 张金屯, 宫辉力, 等. 安太堡矿区复垦地植被恢复过程多样性变化. *生态学报*, 2005, 25(4): 764 ~ 770.
- [20] 沈琪, 张骏, 朱锦茹, 等. 浙江省生态公益林植被恢复过程中物种组成及多样性的变化. *生态学报*, 2005, 25(9): 2131 ~ 2138.