

茂县土地岭植被恢复过程中物种多样性动态特征

王永健¹, 陶建平^{1,*}, 张炜银², 臧润国², 王 微¹, 李宗峰¹, 李 媛¹

(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 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)

摘要: 植被恢复是退化生态系统重建的重要途径, 植被恢复过程物种多样性的变化反映了植被的恢复程度。通过群落调查和多样性分析, 研究了岷江上游土地岭植被恢复过程中群落物种多样性特征。结果表明: 恢复过程中 6 类不同类型群落分别表现其对于不同环境特征、干扰及更新方式等的响应; 森林是较灌丛更适合当地环境状况的植被类型; 人工恢复无干扰和轻度干扰群落的多样性相对较高, 是较好的恢复模式。重度干扰使得 1 年生植物与地下芽植物比例增加, 其它口食性较好的多年生草本减少。较强的干扰是群落无法更新、长期处于灌丛阶段且多样性较低的重要原因。本地区人工恢复群落在更新进程和多样性维持上优于自然更新群落, 种植华山松加速了本地区植被演替进程。建议以适合恢复区域的多种恢复配置方式进行造林, 并避免较强干扰, 可以加速群落演替进程并保持恢复群落较高的物种丰富度与多样性。

关键词: 土地岭; 植被恢复; 物种多样性; 更新方式; 干扰强度

文章编号: 1000-0933(2006)04-1028-09 中图分类号: Q948, Q145 文献标识码: A

Dynamics of species diversity in vegetation restoration on Tudiling of Mao County, Southwest China

WANG Yong-Jian¹, TAO Jian-Ping^{1,*}, ZHANG Wei-Yin², ZANG Run-Guo², WANG Wei¹, LI Zong-Feng¹, LI Yuan¹

(1. 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). *Acta Ecologica Sinica*, 2006, 26(4): 1028 ~ 1036.

Abstract: The composition and species diversity in the process of vegetation restoration on Tudiling of Mao County in the upper reaches of Minjiang River were investigated through sampling method. 54 plots were selected based on the different regeneration styles (natural regeneration and artificial restoration) and disturbance intensity. The undisturbed, slightly disturbed, moderately disturbed and highly disturbed types were identified on the basis of canopy cover, disturbance traces and slope. A total of 242 plant species representing 148 genera and 61 families were recorded at all plots. Rosaceae, Compositae, Caprifoliaceae, Liliaceae and Ranunculaceae were the dominant families on Tudiling. By means of TWINSpan and disturbance identification, vegetation could be divided into 6 major types (2 natural communities and 4 artificial communities accounting for different anthropogenic disturbances, respectively). Obviously, differences in composition and species diversity of 6 communities reflected the adaptation to different anthropogenic disturbances and habitats respectively. Vegetation layers were more distinct and species diversity and evenness were higher in forest than in shrub communities. Species richness and Shannon-Wiener index in artificial communities

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: 2005-07-30; **修订日期:** 2006-02-05

作者简介: 王永健(1982~), 男, 布依族, 贵州独山人, 硕士生, 主要从事恢复生态学研究. E-mail: wangyongjian_00@163.com

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

致谢: 中国林业科学研究院丁易博士参与野外样方调查, Ken Chan 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的便利, 在此一并致谢

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

Received date: 2005-07-30; **Accepted date:** 2006-02-05

Biography: WANG Yong-Jian, Master candidate, mainly engaged in restoration ecology. E-mail: wangyongjian_00@163.com

markedly decreased as the intensity of disturbance increased. The decline of shrub layer richness and cover with disturbance intensity was higher than that of herb layer. Richness of species tolerant of heavy disturbance, such as annuals and geophytes, had increased, while the richness of large palatable species had decreased. Heavy disturbance resulted in low diversity and inhibited regeneration by decreasing tree species had saplings. The cover of upper layer had a negative effect on species richness and cover of low layer except highly disturbed and steep slope communities. Species diversity was higher in artificial undisturbed community than in natural undisturbed community, and slightly disturbed forest had the highest species diversity. In comparison with artificial undisturbed community on Lannigou, species diversity and richness were higher on Tudiling due to high diverse mixed species for restoration and *Pinus armandii* might trigger the process of vegetation succession by shortening regeneration time. Therefore, variation in species richness and species diversity is related to human interference and there is a need for conservation in the process of vegetation restoration. High diverse mixed species in restoration and avoiding strong disturbance in this region can accelerate succession and maintain high species richness and diversity.

Key words: Tudiling; vegetation restoration; species diversity; regeneration style; disturbance intensity

岷江上游是长江上游的重要水源涵养和水土保持区,同时也是我国具有国际意义的生物多样性中心;由于长期的人类活动导致了该区域森林生态系统的严重退化和生物多样性的严重丧失,部分森林已退化成灌丛、草坡^[1-2]。位于岷江上游左岸一级支流大沟流域的茂县土地岭地区植被退化较为严重,是岷江上游植被退化的典型代表之一。从 20 世纪 80 年代开始,中国科学院成都生物所进行植被恢复,以华山松(*Pinus armandii*)、油松(*P. tabulaeformis*)作为岷江上游土地岭地区植被恢复的主要树种,进行大规模造林^[1]。经过近 30a,恢复植被已显示一定的生态效益。

多样性研究的目的是深入了解物种的时空分布格局以及这些格局如何与特定的生态过程相联系并受其驱动^[3]。物种多样性是衡量群落结构与功能复杂性的一个重要指标,植被恢复过程物种多样性的变化反映了植被的恢复程度^[4-7]。因此,对群落物种多样性的研究可以很好地认识植被恢复过程群落的组成、发展和变化^[8-9]。近 10a 来,对岷江上游土地岭植被恢复的相关研究较少有人涉及,本文的研究目的是深入认识土地岭植被恢复过程中物种多样性状况以及干扰与不同更新方式对植被恢复、群落演替及物种多样性的影响。具体解决以下问题:(1)植被恢复现阶段的物种组成与多样性总体情况?(2)不同更新方式是否影响群落物种多样性?群落物种组成和多样性是怎样随着干扰强度而变化的?(3)影响本区物种多样性变化的因素还有哪些?(4)不同更新方式与干扰强度下,何种更新方式更有利于本区多样性维持与演替进程?

1 研究区域与研究方法

1.1 研究区域概况

研究区地处岷江上游左岸一级支流-大沟流域茂县生态站附近。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,土体较湿润,结构性较好,呈微酸性^[10]。所研究群落位于该地段的南坡土地岭^[11](103 $^{\circ}$ 53'34" E, 31 $^{\circ}$ 42'05" N),海拔 2050 ~ 2250m,20 世纪 80 年代以前,由于长期的人为(伐木、樵采)干扰,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。从 20 世纪 70 年代末 80 年代初开始,通过人工造林、封育及自然更新,经过近 30a 的恢复,目前植被正处于演替的前期,在局部已经形成针叶林,针叶林林龄一般在 30a 左右。但由于靠近公路及当地居民放牧、践踏等干扰存在,植被分布异质性较强。

1.2 研究方法

1.2.1 样地调查 2003 年 8 月,在茂县土地岭植被恢复区(80 年代初恢复)内,从海拔 2050 ~ 2250m 设置样方进行群落调查,样方代表了不同更新方式(人工恢复和自然更新)与不同干扰(无干扰,轻度干扰,中度干扰和重度干扰)环境。共设置 54 个 10m \times 10m 样方,对于森林地段,在 10m \times 10m 样方内逐株调查乔木种名、高度、胸径和冠幅,并将每个乔木样方划分为 4 个 5m \times 5m 样方,调查任意 2 个处于对角线的 5m \times 5m 样方内乔木幼树、幼苗与灌木的种名、高度和冠幅,同时,在每个 5m \times 5m 样方中随机设置 1 个具代表性的 1m \times 1m 小样方调

查草本种名、高度和盖度;对于灌木样地,只在每个 10m × 10m 样方内对任意 2 个处于对角线的 5m × 5m 样方内乔木幼树、幼苗与灌木进行调查,同时每个 5m × 5m 样方中随机设置 1 个代表性的 1m × 1m 小样方调查草本。乔木更新木结构根据 Ramirez-Marcial 的划分标准^[12]:幼苗(高度 < 0.5m),幼树(高度 > 0.5 m,胸径 < 5cm)。为便于比较人工恢复植被的现状,在茂县大沟流域烂泥沟人工恢复的油松林未受干扰地段设置 12 个 10m × 10m 样方,对其进行群落学调查,方法与土地岭植被调查相同。同时,通过 LI-2000 植物冠层分析仪测定所有样方内群落主要层次的覆盖度,记录每个 10m × 10m 样方的海拔、坡度、坡向、群落其它层次的总盖度、样方内小路数目和样方干扰痕迹强弱。比较群落总体多样性时,各群落样方数与面积都相同,比较群落分层多样性时,各群落乔、灌、草各层样方数与面积都相同。

在本区域进行植被不同等级干扰所占比例的调查,群落不同干扰强度:以各样方主要层次的盖度^[13,14]、各种干扰的痕迹强弱^[12,15]及坡度 3 个指标进行干扰分级,具体分级见表 1。其中:主要层次的盖度通过 LI-2000 测定;各类干扰痕迹强弱以存在的小路条数(代表了人类活动的频率)和人为砍伐的树桩、断枝数量(人类活动的强度)为主要评价指标,各指标通过实测并进行等级划分。

表 1 样方内各人为干扰指标的等级划分

Table 1 Categories of anthropogenic disturbance variables recorded in plots on Tudling of Mao County

| 干扰参数 Disturbance parameters | 干扰强度 Scale of intensity | | | |
|--------------------------------|-------------------------|----------------------------|------------------------------|--------------------------|
| | 无干扰 Undisturbed | 轻微干扰 Slightly disturbed | 中度干扰 Moderately disturbed | 重度干扰 Highly disturbed |
| 盖度 Cover (%) | > 65 | 30 ~ 65 | 15 ~ 30 | < 15 |
| 干扰痕迹 Disturbance trace | | | | |
| 小路条数 Paths in plots | 无 None | 1 ~ 2 | 3 ~ 4 | ≥ 5 |
| 砍伐树桩 Stumps | 无 None | 偶见 Occasional | 频繁 Frequent | 严重 Heavily |
| 樵采断枝 Cutting branch | 无 None | 偶见 Occasional | 频繁 Frequent | 严重 Heavily |
| 坡度 Slope | 45 ~ 65 | 30 ~ 50 | 15 ~ 30 | < 15 |

1.2.2 多样性的测度

(1)重要值的计算公式为:

$$\text{乔木层重要值} = (\text{相对密度} + \text{相对高度} + \text{相对优势度})/3$$

$$\text{灌木层、草本层重要值} = (\text{相对高度} + \text{相对盖度})/2$$

(2)群落类型多样性 运用 PC-ORD4.0 软件进行 TWINSpan 分类

(3)群落的总体多样性测度 群落中乔、灌、草 3 层结合加权参数对群落总体多样性进行计算:

$$D = \sum W_i D_i$$

式中, W_i 为群落第 i 个生长型多样性指数的加权参数, D_i 为第 i 个生长型的多样性指数 ($i = 1$, 乔木层(t); 2, 灌木层(s); 3, 草本层(h))

加权参数的计算见文献^[16], 经计算乔、灌、草 3 层的权重参数分别为 0.50、0.24 和 0.26。

(4)物种多样性指数的测定

$$\text{Shannon-Wiener 多样性指数 (H)} \quad H = - \sum P_i \ln P_i$$

$$\text{Simpson 多样性指数 (D)} \quad D = 1 - \sum P_i^2$$

$$\text{Pielou 均匀度指数} \quad E_1 = (- \sum P_i \ln \sum P_i) / \ln S$$

$$\text{修正的 Hill 均匀度指数}^{[17]} \quad E_2 = [(1 - \sum P_i^2) / \sum P_i^2] [1 / (\exp(- \sum P_i \ln P_i) - 1)]$$

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

式中, P_i 为物种相对重要值, S 为物种总数。

2 结果

2.1 群落组成及类型多样性

根据样方资料,目前群落中共有维管束植物 61 科 148 属 242 种。属种数量占优势的科为蔷薇科 (Rosaceae, 38 种)、菊科 (Compositae, 27 种)、忍冬科 (Caprifoliaceae, 11 种)、百合科 (Liliaceae, 10 种)、毛茛科 (Ranunculaceae, 10 种) 等。

运用 PC-ORD4.0 软件,以 54(样方) × 242(物种)数据矩阵对茂县土地岭恢复植被进行了 TWINSpan 分类,并结合实地优势种调查结果,与以干扰等级的样方分类相结合,54 个样方最终可归为以下 6 类群落:

I, 该群落由于所处位置偏僻,人类难于到达,没有受到任何干扰。灌木层共优种为川莓 (*Rubus setchuenensis*) 和细叶小檗 (*Berberis poiretii*), 草本层偏翅唐松草 (*Thalictrum delavayi*) 和苔草 (*Carex* spp.) 占优势。II, 主要的造林树种为华山松和油松,造林后未进行任何管理,群落所处位置坡度较小,距离当地居民区较近,人为干扰(樵采、放牧等)较大,群落仍处于灌丛阶段。灌木层川莓为优势种,草本层优势种为东方草莓 (*Fragaria orientalis*) 和蕨 (*Pteridium aquilinum*)。III, 以华山松进行造林,造林后未进行任何管理,群落位置接近公路,受到的放牧、樵采和践踏干扰强度很大,群落退化极其严重。灌木层优势种为川莓,草本层以车前 (*Plantago asiatica*) 和尼泊尔酸模 (*Rumex nepalensis*) 为共优种。IV, 以华山松进行造林,由于坡度较大,形成封育而未受到干扰,形成目前以华山松为建群种的密林。灌木层优势种为川莓和滇榛 (*Corylus yunnanensis*), 草本层苔草重要值最大。V, 造林树种为华山松,受到轻度干扰。乔木层优势种为华山松,灌木层优势种为滇榛,草本层以珠芽蓼 (*Polygonum viviparum*) 和苔草为共优种。VI, 为轻度干扰自然更新群落,形成油松的疏林。乔木层优势种是油松和华山松,川莓为灌木层优势种,草本层东方草莓重要值最大。各群落具体特征见表 2。

表 2 TWINSpan 划分的 6 类群落基本特征

Table 2 The characteristics of 6 communities on Tudling of Mao County, Southwest China

| 群落特征 Community features | 群落类型 Community types | | | | | |
|--|----------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|-------------|
| | I | II | III | IV | V | VI |
| 面积 Area(m ²) | 600 | 600 | 600 | 1500 | 1200 | 900 |
| 描述 Description | 灌丛 Shrub | 灌丛 Shrub | 灌丛 Shrub | 密林 Forest | 密林 Forest | 疏林 Forest |
| 坡度 Slope(°) | 40 ~ 55 | 10 ~ 25 | < 10 | 45 ~ 60 | 35 ~ 50 | 30 ~ 40 |
| 海拔 Altitude(m) | 2230 ~ 2250 | 2100 ~ 2120 | 2080 ~ 2090 | 2120 ~ 2150 | 2125 ~ 2140 | 2200 ~ 2220 |
| 乔木层盖度 Canopy cover(%) | 0 | 0 | 0 | 70 ~ 90 | 50 ~ 75 | 25 ~ 40 |
| 灌木层盖度 Undergrowth cover(%) | 65 ~ 80 | 25 ~ 35 | < 15 | 20 ~ 40 | 30 ~ 40 | 50 ~ 70 |
| 干扰类型 Disturbance type | 无 None | 中度 Moderate | 重度 Heavy | 无 None | 轻度 Slight | 轻度 Slight |
| 更新方式 Regeneration type | 自然 Nature | 人工 Artificial | 人工 Artificial | 人工 Artificial | 人工 Artificial | 自然 Nature |
| 密度 Density(number of stems hm ⁻²) | | | | | | |
| 立木密度 Stand density | 0 | 5 | 0 | 1987 | 1012 | 310 |
| 幼树密度 Saplings density | 360 | 108 | 54 | 1005 | 1156 | 413 |
| 幼苗密度 Seedlings density | 346 | 102 | 89 | 472 | 821 | 296 |
| 丰富度 Species richness(species per 0.1 hm ²) | | | | | | |
| 乔木种类 Trees | 6 | 5 | 5 | 9 | 10 | 5 |
| 灌木种类 Shrubs | 82 | 88 | 32 | 38 | 58 | 33 |
| 草本种类 Herbs | 75 | 62 | 50 | 43 | 41 | 48 |
| 1 年生和地下芽植物 Annuals and geophytes | 23 | 22 | 26 | 14 | 17 | 19 |

2.2 恢复过程中不同群落类型的总体多样性

根据 TWINSpan 分类的各群落样方数目,进行总体多样性和分层多样性比较时,6 类群落的取样面积都为 600m²,其中森林群落选择最具代表性的样方进行多样性统计。图 1 表明了土地岭生态恢复过程 6 类群落的多样性特征。

土地岭植被恢复过程所形成 6 类群落的结构与总体多样性差异较大。灌丛群落中,群落 I 为自然更新群落,丰富度、均匀度和多样性指数最高;群落 II 是人工恢复群落,各指数较群落 I 有所下降;群落 III 退化严重,丰富度、均匀度和多样性指数均最低。对于森林群落而言,群落 IV、V 为人工恢复群落,垂直分层明显,更新木

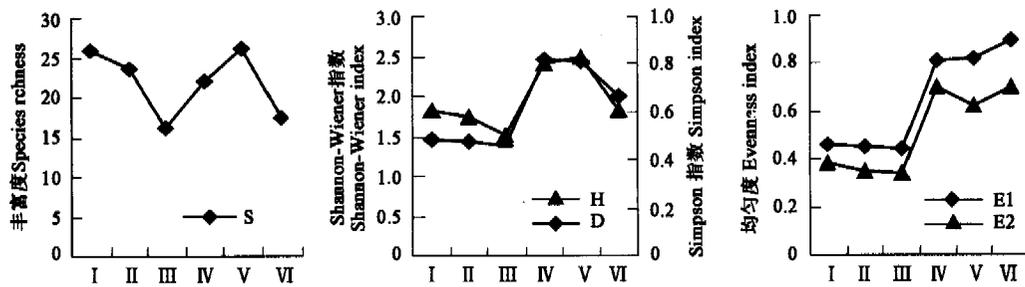


图1 土地岭6类群落的多样性

Fig.1 Diversities of 6 communities on Tudiling of Mao County

数量多,乔木层郁闭度较大,群落IV、V多样性指数最高,群落V丰富度最高,而群落IV丰富度相对较低。群落VI为自然更新群落,多样性相对前两类森林群落低,但群落VI均匀度更高。森林群落的多样性与均匀度指数较灌丛群落高,但群落丰富度指数与灌丛差异不明显。

2.3 群落不同层次的物种多样性分析

从表3来看,恢复后森林群落乔木层的种数相对单一,物种丰富度与多样性远低于灌木、草本层。就灌木层而言,群落I多样性指数和均匀度最高,丰富度也较高(49种);群落II、IV、V多样性指数次之,群落II物种丰富度最高,达53种;群落III、VI的多样性指数、丰富度、均匀度都较低。对于草本层,群落I物种丰富度(45种)、多样性最高,群落III物种丰富度(30种)、多样性最低,且均匀度也较低,但是与群落I相比,各项指标相差不是很大。只有群落IV、V和VI具乔木层,IV、V乔木层各指数差异不大,但都明显高于群落VI。

表3 土地岭不同群落分层多样性特征

Table 3 The characteristics of diversity of layers for different communities on Tudiling of Mao County

| 群落 Community | 分层 Layers | 丰富度 R | S-W 指数 H | Simpson 指数 D | 均匀度指数 Evenness | |
|--------------|-----------|-------|----------|--------------|----------------|----------------|
| | | | | | E ₁ | E ₂ |
| I | 乔木层 TL | — | — | — | — | — |
| | 灌木层 SL | 49 | 3.5608 | 0.9600 | 0.9149 | 0.7019 |
| | 草本层 HL | 45 | 3.5457 | 0.9640 | 0.9314 | 0.7954 |
| II | 乔木层 TL | — | — | — | — | — |
| | 灌木层 SL | 53 | 3.4524 | 0.9433 | 0.8695 | 0.5441 |
| | 草本层 HL | 37 | 3.3924 | 0.9575 | 0.9395 | 0.7840 |
| III | 乔木层 TL | — | — | — | — | — |
| | 灌木层 SL | 17 | 2.3488 | 0.8687 | 0.8656 | 0.6143 |
| | 草本层 HL | 30 | 3.1079 | 0.9443 | 0.9138 | 0.7632 |
| IV | 乔木层 TL | 7 | 1.4894 | 0.6915 | 0.7654 | 0.6527 |
| | 灌木层 SL | 30 | 3.0017 | 0.9258 | 0.8825 | 0.6526 |
| | 草本层 HL | 34 | 3.3007 | 0.9535 | 0.9360 | 0.7847 |
| V | 乔木层 TL | 8 | 1.5197 | 0.6695 | 0.7308 | 0.5673 |
| | 灌木层 SL | 46 | 3.4271 | 0.9505 | 0.8951 | 0.6446 |
| | 草本层 HL | 33 | 3.1639 | 0.9413 | 0.9049 | 0.7076 |
| VI | 乔木层 TL | 2 | 0.6209 | 0.4295 | 0.8957 | 0.8747 |
| | 灌木层 SL | 18 | 2.4427 | 0.8736 | 0.8451 | 0.6580 |
| | 草本层 HL | 38 | 3.3931 | 0.9573 | 0.9328 | 0.7796 |

2.4 不同干扰强度及更新方式对群落多样性的影响

2.4.1 不同干扰强度的影响 选择处于不同干扰强度下的4类人工恢复群落进行多样性比较(各600m²),图2所示,群落IV、V、II和III分别代表了不同的干扰强度(无干扰—轻度干扰—中度干扰—重度干扰),从左向右干扰依次增强。图2表明了不同人为干扰强度下的物种多样性指数的变化,无干扰群落(IV)与轻度干扰群落(V)的S-W多样性指数和均匀度差异不大,都明显高于中度干扰(II)和重度干扰群落(III);表现为随着干

扰增强,人工恢复群落的多样性与均匀度逐渐降低,并且重度干扰下最低。同时根据表2、表3,随着干扰增大,群落无乔木层,乔木幼树、幼苗数量减少,退化为灌丛;生活型丰富度方面,随着干扰增强,草本植物中1年生和地下芽植物的比例增加,在重度干扰群落中达52%,如早熟禾(*Poa annua*)、繁缕(*Stellaria media*)、千里光(*Senecio vulgaris*)等1年生植物。

自然更新无干扰群落I与轻度干扰群落VI相比较(图1,表2、表3),群落I总体丰富度更大,而均匀度相对较低,总体多样性差异不大。轻度干扰群落VI具乔木层,但灌木层与草本层的丰富度和多样性指数都远低于无干扰群落I。两群落乔木幼树幼苗密度差异较小。

2.4.2 不同更新方式的影响 为了解不同更新方式下植被的恢复情况,比较了自然更新(群落I、VI)与人工恢复(群落IV、V)群落的多样性特征(图3)。两种不同更新方式的无干扰群落,人工恢复群落IV的多样性与均匀度指数都高于自然更新群落I;但群落I灌木层和草本层物种丰富度均高于群落IV(表3)。两种不同更新方式的轻度干扰群落,人工恢复群落V的Shannon-Wiener多样性指数高于自然更新群落VI,但均匀度差异不大。

2.5 不同人工恢复群落多样性的比较

选择土地岭人工恢复无干扰华山松林(1200m²)与茂县大沟流域烂泥沟地段人工恢复无干扰油松林(1200m²)进行物种多样性比较(图4)。华山松林乔木、灌木及草本3层的多样性与均匀度指数都高于油松林,同时群落各层物种种类也是土地岭华山松群落较高。

3 讨论

3.1 群落物种多样性

灌丛群落中,自然更新群落I为多优势种群落,由于形成时间较长且无人干扰,群落结构、组成和种间关系相对稳定,容纳物种丰富,因此丰富度、均匀度和多样性指数较高^[8,15,18]。人工恢复群落II内恢复种与本地种之间存在较强的生态位竞争,同时由于中度干扰(樵采、放牧等),对干扰耐受较差的物种从群落中消失,对干扰耐受较强的种占据优势^[13],所以群落II各指数较群落I有所下降。人工恢复群落III所处位置靠近公

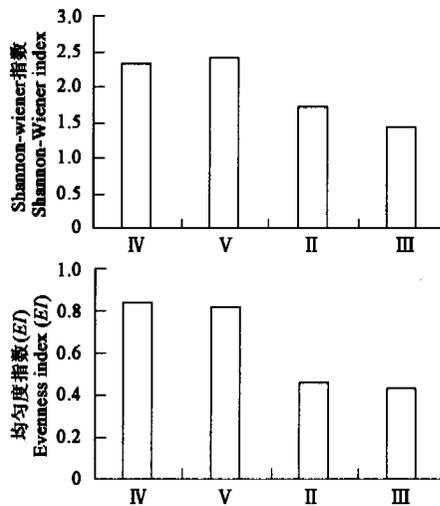


图2 土地岭不同干扰下的人工恢复群落多样性指数

Fig. 2 Diversity indices of restorational communities under different disturbance intensities on Tudiling of Mao County

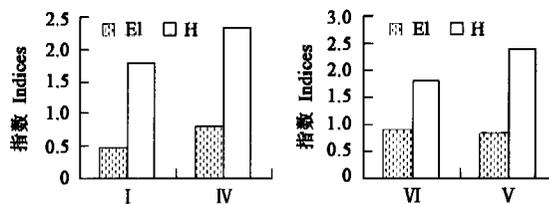


图3 土地岭不同更新方式下群落多样性指数

Fig.3 Diversity indices of communities of different regeneration types on Tudiling of Mao County

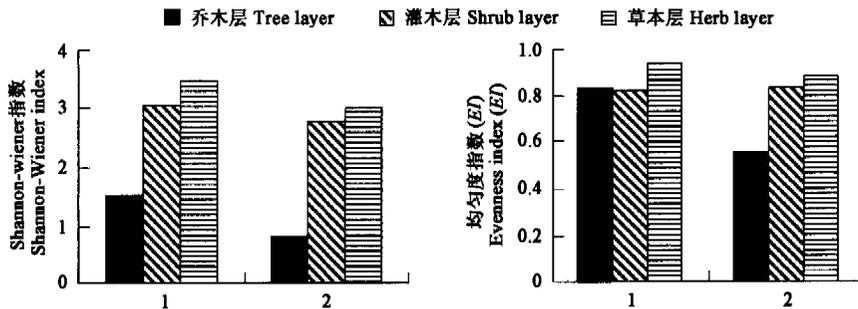


图4 不同区域恢复群落多样性

Fig.4 Diversities of restorational communities in different regions

1. 土地岭人工华山松林 *Pinus armandii* forest in Tudiling; 2. 烂泥沟人工油松林 *Pinus tabulaeformis* forest in Lannigou

路,受到樵采、放牧、践踏等干扰的强度最大,同时物种间的竞争关系改变,许多不适应这种强干扰环境的物种在竞争中被淘汰,群落退化严重,因此,丰富度、多样性和均匀度指数均最低^[13,19-21]。

对于森林群落,人工恢复群落Ⅳ和Ⅴ已经进入更靠前的稳定发展阶段,处于演替前期的暖温性针叶林阶段,乔木层个体密度很大,Ⅳ(1987株·hm⁻²)和Ⅴ(1012株·hm⁻²),更新木数量较大(表2),乔木层郁闭度增加过程中,下木层耐阴物种与中生物种会逐渐侵入,故各指数都较高^[8,18]。轻度干扰群落Ⅴ物种丰富度高于无干扰群落Ⅳ,这与 Sheil 和 Bhuyan 的研究结果相似,很可能人为轻度干扰下形成的许多微小林窗有利于光进入林下,从而有利于更多物种及乔木幼苗生存^[13,22]。自然更新轻度干扰群落Ⅵ已具有稀疏的乔木层,总体多样性与丰富度指数最低主要是因为灌木层种类很少(18种);群落Ⅵ灌木层丰富度、多样性指数最低,可能是由于Ⅵ所处的演替阶段,林冠环境未完全形成,灌木层多为阳生物种,而且少数物种优势明显(如川莓、滇榛等),耐阴物种尚未定居成功;随着林冠更郁闭,少数种的优势将会消失,更多物种侵入林下。虽然群落Ⅵ灌木层均匀度较低,但其乔木层只有华山松与油松共同占优势,均匀度在乔木层最高(0.8957),还有其草本层均匀度也较高,故群落Ⅵ总体均匀度高于前两类森林群落。由此可知,总体多样性指数虽然能够比较灌丛与森林的物种多样性,但仅限于粗略分析,无法完全了解其影响因素,要进行深入探讨,仍需进行分层比较。

森林群落总体多样性与均匀度指数较灌丛群落高,在一定程度上说明森林是较灌丛更适合当地环境特征的植被配置类型^[8]。

恢复后森林乔木层主要为种植物种,组成单一,各指标远低于灌木、草本层。就灌木层而言,物种数在随干扰强度增强并无明显变化^[23],但重度干扰群落物种丰富度与多样性指数最低,灌木的减少是严重干扰下群落的表现^[18];灌木层多样性的变化很可能是干扰^[15]、上层林冠^[12]和坡度三者综合作用的结果。对于草本层,群落Ⅰ物种丰富度和多样性最高,群落Ⅲ物种丰富度(30种)、多样性和均匀度最低,随着干扰增加,丰富度、多样性和均匀度逐渐降低。但草本层多样性随干扰强度增大降低幅度较小,这可能是草本层受到长期干扰而形成一系列适应不同干扰与生境特征的物种组合及恢复繁衍速率较快所引起的。如重度干扰使得一年生植物与地下芽植物比例增加,其它口食性较好的多年生草本减少,与 Todd 的研究结果相同^[19],这是对放牧、践踏等干扰的响应。

3.2 人为干扰与更新方式的影响

对于人工群落而言,随着干扰(放牧、樵采等)增强,总体多样性与均匀度逐渐降低,幼树幼苗数量减少。在发展中地区较为常见的樵采作为能源需求严重破坏了群落组成与结构,放牧干扰下使群落在发展过程中被迫改变其资源分配策略,对群落多样性产生不利的影晌^[13,24],同时,放牧与践踏增大了乔木幼苗的死亡率、改变底层光照和降低了土壤湿度^[12,24],这都不利于物种生存、群落发展和多样性维持。Connell^[25]提出轻度干扰给物种更新、入侵和维持高物种多样性提供更大的机遇,本研究中同样表现为轻度干扰下丰富度与多样性更高,这也与其它研究结果相同^[13]。虽然这些干扰对多样性有影响,但轻度干扰对人工群落多样性无负面影响,干扰增强导致了物种多样性的丧失和群落特征的改变(如处于灌丛阶段)。

两类自然更新群落,轻度干扰群落Ⅵ丰富度与均匀度较低,但更新更靠前。虽然在短期内轻度干扰群落多样性相对较低,但随着演替进程,环境会更有利于物种更新、入侵和物种多样性的维持^[22]。

总的看来,不同干扰形成的异质生境导致对不同物种的环境缓冲^[23],较强干扰导致群落结构和微生境改变,从而不利于群落更新进程和多样性维持;轻度干扰对于群落更新是有利的,但多样性变化较大(人工与自然更新),原因可能是研究时间较短,长期研究会观察到一定规律,多数研究表明轻度干扰都是有利的^[13,25]。

人工恢复群落发展更快,层次更为复杂,多样性更高,比自然更新效果更好。因此,在本区进行人工植被恢复有利于维持较高的物种多样性。但是,人工植被很可能导致一些本地种消失。以多种配置方式造林能够保持恢复群落相对更高的物种丰富度与多样性^[8],同时在保存地方特有种及濒危种方面也会起到重要的作用。以多样性高低和群落演替进程快慢来评价植被恢复效果会更为客观^[12,26]。

3.3 演替进程与恢复效果

人工群落演替进程比自然更新群落更快^[27],无干扰及轻度干扰人工群落不仅多样性最高,更新也更为顺利,已经处于稳定发展的演替前期暖温性针叶林阶段,这正如 Onaindia 研究结果^[23],更新更靠前的群落乔木层物种数量更多,重度干扰群落中较低,演替进程更靠前的群落多样性最高。同时,两个群落上层都具有一定比例的粗枝云杉(*Picea asperata* Mast.),随着群落郁闭度增加,耐荫的云杉类会逐渐取代暖温性针叶树种,实现向寒温性针叶林的过渡。本区人工恢复途径^[28]为灌丛、草地—华山松林—云杉、铁杉林,自然更新途径为灌丛、草地—小叶林(桦木林)—针阔混交林—云杉、铁杉林,自然更新群落尚未到达阔叶林阶段,演替很缓慢,但轻度干扰可以加快其演替进程。种植华山松缩短植被恢复时间并加快了本区植被演替进程。较强干扰是群落无法更新,长期处于灌丛阶段且多样性较低的重要原因。

土地岭人工恢复无干扰华山松群落各层多样性与均匀度都高于烂泥沟同类型油松群落;油松群落乔木层只有 2 种,组成简单,华山松群落乔木层树种更丰富,多样性与均匀度更高;虽然土地岭华山松群落恢复的年限比烂泥沟油松群落稍长,但一定程度上能够说明以华山松、油松为主要恢复树种的恢复模式相对于以油松进行的单一恢复好。根据本区各干扰强度比例调查,无干扰及轻度干扰人工群落在本区所占面积较大(50%以上),一定程度上,本区植被总体恢复效果较烂泥沟植被更好。进行植被恢复不仅要考虑到不同的恢复模式,还应考虑恢复区域具体的环境特征,选择更适合的种类进行恢复,这样才能更好地维持群落较高的物种多样性和稳定性。

References:

- [1] Kong W J, Zheng Z. The aboveground biomass and net primary productivity of degraded and artificial communities in Maoxian, upper reach of Minjiang River. *Journal of Mountain Science*, 2004, 22(4):445 ~ 450.
- [2] Zhang Y P, Zhang Z H, He Y L. Distribution of climatic elements in the upper reaches of Minjiang River. *Journal of Mountain Science*, 2004, 22(2):179 ~ 183.
- [3] Ricotta C, Avena G, Chiarucci A. An index of divergence from species to life-form diversity based on the notion of intrinsic diversity ordering. *Plant Ecology*, 2002, 165: 217 ~ 222.
- [4] Ruiz-Jaén M C, Aide T M. Vegetation structure, species diversity, and ecosystem processes as measures of restoration success. *Forest Ecology and Management*, 2005, 218: 159 ~ 173.
- [5] Young T P. Restoration ecology and conservation biology. *Biological Conservation*, 2000, 92: 73 ~ 83.
- [6] Zhang J Y, Zhao H L, Cui J Y, *et al.* Effects of clonal plants on community structure and function along a restorational gradient in Horqin sandy land. *Scientia Silvae Sinicae*, 2005, 41(1): 5 ~ 9.
- [7] Richard S I, Nancy J H, Tilman D, *et al.* Old-field succession on a Minnesota sand plain. *Ecology*, 1987, 68 (1): 12 ~ 26.
- [8] 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.
- [9] Sagar R, Raghubanshi A S, Singh J S. Tree species composition, dispersion and diversity along a disturbance gradient in a dry tropical forest region of India. *Forest Ecology and Management*, 2003, 186: 61 ~ 71.
- [10] 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.
- [11] Zhang Y P, Ge Z W, Liu Y H, *et al.* A comparative study on difference of microclimate between south facing and north facing slope of the upper reaches of Minjiang River in rainy season. *Journal of Mountain Science*, 2002, 20(6): 680 ~ 686.
- [12] Ramírez-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.
- [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] Lin S Z, Yang M, Cao Z L, *et al.* Effect of different human-caused disturbances on above-ground biomass and productivity of *Pinus massoniana* forests. *Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica*, 2004, 24(3): 516 ~ 522.
- [15] 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.
- [16] Gao X M, Huang J H, Wan S Q, *et al.* Ecological studies on the plant community succession on the abandoned cropland in Taibaishan, Qinling Mountain

- II the community a diversity feature of the successional series. *Acta Ecologica Sinica*, 1997, 17(6): 619 ~ 625.
- [17] Alatalo R U. Problems in the measurement of evenness in ecology. *Oikos*, 1981, 37:199 ~ 204.
- [18] Stapanian M A, Cassell D L, Cline S P. Regional patterns of local diversity of trees: associations with anthropogenic disturbance. *Forest Ecology and Management*, 1997, 93: 33 ~ 44.
- [19] Todd S W, Hoffman M T. A fence-line contrast reveals effects of heavy grazing on plant diversity and community composition in Namaqualand, South Africa. *Plant Ecology*, 1999, 142: 169 ~ 178.
- [20] Zhu H, Xu Z F, Wang H, *et al.* Tropical rain forest fragmentation and its ecological and species diversity changes in southern Yunnan. *Biodiversity and Conservation*, 2004, 13: 1355 ~ 1372.
- [21] Dong Q M, Ma Y S, Li Q Y, *et al.* Effects of stocking rates for Yakon community composition and plant diversity in *Kobresia parva* alpine meadow warm-season pasture. *Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica*, 2005, 25(1):94 ~ 102.
- [22] Sheil D. Long-term observations of rain forest succession, tree diversity and responses to disturbance. *Plant Ecology*, 2001, 155: 183 ~ 199.
- [23] Onaindia M, Dominguez I, Albizu I, *et al.* Vegetation diversity and vertical structure as indicators of forest disturbance. *Forest Ecology and Management*, 2004, 195:341 ~ 354.
- [24] Schulte-Bisping H, Bredemeier M, Beese F. Global availability of wood and energy supply from fuelwood and charcoal. *Ambio*, 1999, 28: 592 ~ 594.
- [25] Connell J H. Diversity in tropical rain forests and coral reefs. *Science*, 1978, 119: 1302 ~ 1309.
- [26] Noss R F. Assessing and monitoring forest biodiversity: a suggested framework and indicators. *Forest Ecology and Management*, 1999, 115:135 ~ 346.
- [27] 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.
- [28] Liu Q, Wu Y, He H. Ecological problems of subalpine coniferous forest in the southwest of China. *World Science-technology R&D*, 2001, 23(2):63 ~ 69.

参考文献:

- [1] 孔维静,郑征. 岷江上游茂县退化生态系统及人工恢复植被地上生物量及净初级生产力. *山地学报*, 2004, 22(4): 445 ~ 450.
- [2] 张一平,张昭辉,何云玲. 岷江上游气候立体分布特征. *山地学报*, 2004, 22(2):179 ~ 183.
- [6] 张继义,赵哈林,崔建垣,等. 沙地植被恢复过程中克隆植物分布及其对群落物种多样性的影响. *林业科学*, 2005, 41(1): 5 ~ 9.
- [8] 郭道宇,张金屯,官辉力,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.
- [10] 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.
- [11] 张一平,葛在伟,刘玉洪,等. 岷江上游雨季南北坡小气候特征比较. *山地学报*, 2002, 20(6):680 ~ 686.
- [14] 林思祖,杨梅,曹子林,等. 不同强度人为干扰对马尾松地上部分生物量及生产力的影响. *西北植物学报*, 2004, 24(3): 516 ~ 522.
- [16] 高贤明,黄建辉,万师强,等. 秦岭太白山弃耕地植物群落演替的生态学研究 II. 演替系列的群落 α 多样性特征. *生态学报*, 1997, 17(6): 619 ~ 625.
- [21] 董全民,马玉寿,李青云,等. 牦牛放牧率对小嵩草高寒草甸暖季草场植物群落组成和植物多样性的影响. *西北植物学报*, 2005, 25(1):94 ~ 102.
- [27] 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.
- [28] 刘庆,吴彦,何海. 中国西南亚高山针叶林的生态学问题. *世界科技研究与发展*, 2001, 23(2):63 ~ 69.