

## 人为干扰对徐州石灰岩山地林下植物多样性的短期影响

陈平<sup>1</sup>, 万福绪<sup>1</sup>, 顾汤华<sup>1</sup>, 李盟<sup>1</sup>, 秦飞<sup>2</sup>, 关庆伟<sup>1</sup>

(1. 南京林业大学 森林资源与环境学院, 江苏 南京 210037; 2. 江苏省徐州市林业技术指导站, 江苏 徐州 221009)

**摘要:** 在对不同林分类型样地调查的基础上, 采用物种丰富度指数 Patrick 指数( $d_p$ ), Menhinick 指数( $d_{Me}$ ), Simpson 指数( $S_{Sp}$ ), Shannon-Wiener 指数( $S_{Sw}$ )和 Pielou 均匀度指数( $J_{Sw}$ ,  $J_{Sp}$ )进行物种多样性测度分析, 探讨人为干扰对林下植物多样性的影响。结果表明: ①同一林分各层物种多样性指数顺序是草本层>灌木层, 但在侧柏 *Platycladus orientalis* 纯林(对照地)中由于特殊生境影响表现为灌木层>草本层; ②不同林分灌木层植物多样性顺序是侧柏(对照地)>栎树 *Koelreuteria paniculata* + 侧柏(下坡)>侧柏(2 a)>侧柏 + 黄连木 *Pistacia chinensis*>侧柏 + 朴树 *Celtis sinesis* + 青桐 *Firmiana simplex* + 刺槐 *Robinia pseudoacacia*>女贞 *Ligustrum lucidum* + 雪松 *Cedrus deodara*(2 a)>侧柏 + 栎树(上坡)>女贞(2 a), 草本层植物多样性顺序是侧柏 + 朴树 + 青桐 + 刺槐>女贞(2 a)>女贞 + 雪松(2 a)>栎树 + 侧柏(下坡)>侧柏 + 黄连木>侧柏 + 栎树(上坡)>侧柏(2 a)>侧柏(对照地); ③不同人为干扰对人工林下植物组成影响不同, 结果显示不同林分间相似性指数变化范围为 0.056 0 ~ 0.585 4, 林分间共有种较少, 差异大, 多样性高。表 4 参 17

**关键词:** 森林生态学; 人工林; 植物多样性; 干扰; 石灰岩

中图分类号: S718.5

文献标志码: A

文章编号: 1000-5692(2010)05-0691-08

## Short-term effects of anthropogenic disturbances on plant species diversity in undergrowth vegetation for limestone soils of Xuzhou City, Jiangsu Province

CHEN Ping<sup>1</sup>, WAN Fu-xu<sup>1</sup>, GU Tang-hua<sup>1</sup>, LI Meng<sup>1</sup>, QIN Fei<sup>2</sup>, GUAN Qing-wei<sup>1</sup>

(1. College of Forest Resources and Environment, Nanjing Forestry University, Nanjing 210037, Jiangsu, China; 2. Forest Protection Station of Xuzhou City, Xuzhou 221009, Jiangsu, China)

**Abstract:** The objective is to find the effect of anthropogenic disturbances including cultivation and intermediate cutting on forest plantation. Based on data collected from eight plantation plots (eight plant communities) in Xuzhou City, the Patrick ( $d_p$ ), Menhinick ( $d_{Me}$ ), Simpson ( $S_{Sp}$ ), Shannon-Wiener ( $S_{Sw}$ ), and Pielou ( $J_{Sw}$ ) indices were employed to determine species richness, evenness, and species diversity of eight plant communities. Sorenson indices were also used for coefficient between two communities. Results showed that: (1) species diversity in shrub and herb layers for the same plantation, except for the *Platycladus orientalis* community, were: shrub > herb. (2) Species diversity for shrub layers of the eight plantations was: *Platycladus orientalis* (control-ck) > *Koelreuteria paniculata* + *Platycladus orientalis* (downslope) > *Platycladus orientalis* (2-year-old, 2 a) > *Platycladus orientalis* + *Pistacia chinensis* > *Platycladus orientalis* + *Celtis sinensis* + *Firmiana simplex* + *Robinia pseudoacacia* > *Ligustrum lucidum* + *Cedrus deodara* (2 a) > *Platycladus orientalis* + *K. paniculata* (upslope) > *L. lucidum* (2 a); for the herb layer diversity was: *Platycladus orientalis* + *Celtis sinensis* + *F. simplex* + *R. pseudoacacia* > *L. lucidum* (2 a) > *L. lucidum* + *Cedrus deodara* (2 a) > *K. paniculata* + *Platycladus orientalis* (downslope)

收稿日期: 2009-11-05; 修回日期: 2009-12-10

基金项目: “十一五”国家科技支撑计划项目(2006BAD03A0602); 江苏省科技计划项目(013010061)

作者简介: 陈平, 讲师, 从事林业生态工程和恢复生态学研究。E-mail: chenping790712@163.com。通信作者: 万福绪, 教授, 博士生导师, 从事林业生态工程和恢复生态学研究。E-mail: fxwan@njfu.edu.cn

> *Platycladus orientalis* + *Pistacia chinensis* > *Platycladus orientalis* + *K. paniculata* (upslope) > *Platycladus orientalis* (2 a) > *Platycladus orientalis* (ck). Also, (3) Sorenson Indices in plantations were 0.056 0 – 0.585 4 showing fewer common species and greater biodiversity between communities. [Ch, 4 tab. 17 ref.]

**Key words:** forest ecology; plantations; plant species diversity; disturbance; limestone

生物多样性是地球生物圈中所有生物与环境形成的生态复合体以及与此相关的各种生态过程的总和。目前,生物多样性研究已成为群落生态学中一项重要研究内容<sup>[1]</sup>,其中人为干扰对森林群落物种多样性影响研究又是其非常重要的研究方向<sup>[2-10]</sup>,并被日益关注。研究表明,适当的人为干扰(抚育、间伐)可以改善林分结构、促进林内生物多样性增加,有利于系统的稳定性和森林效益发挥<sup>[6]</sup>。但目前这类研究主要集中在间伐抚育措施对人工林生物多样性影响方面,对人工针叶林林分生物多样性受间伐混交(间伐后补植阔叶树种)影响的研究罕见报道。本研究以江苏省徐州石灰岩地区人工林为对象开展研究,探讨了人为干扰对风景林林相改造和林区荒山覆绿的影响,期望能为相关工作的开展提供理论依据。

## 1 研究区概况与研究方法

### 1.1 研究区概况

徐州市位于江苏省西北部,苏、鲁、豫、皖四省交界处,地处 33°43' ~ 34°58'N, 116°22' ~ 118°40'E,为暖温带湿润半湿润季风气候区,属华北大陆性气候,受东南季风影响较大,山地面积约占全市面积的 9.4%,有林地面积为山体面积的 78.0%。山地成土母质主要是石灰岩及少量砂页岩,土壤主要是石灰土和淋溶褐土,山地土层一般较薄,大多为基岩裸露山地,山体坡度一般为 10° ~ 25°。地带性植被原以落叶阔叶林为主,现有低山丘陵地主要以人工侧柏 *Platycladus orientalis* 林为主,面积约有 2 万 hm<sup>2</sup> <sup>[11]</sup>,树龄为 45 a 以上,树高为 7 ~ 10 m,胸径为 8 ~ 15 cm。现有次生林群落中的主要植物有刺槐 *Robinia pseudoacacia*,侧柏,黄连木 *Pistacia chinensis*,构树 *Broussonetia papyrifera*,女贞 *Ligustrum lucidum*,栝树 *Cudrania tricuspidata*,枣 *Ziziphus jujuba* 等。林下灌草稀少,且没有形成明显层次。

### 1.2 试验设计

野外调查时间为 2009 年 7 月。试验将乔木层主要造林树种作为不同人工林分类型划分的依据。在对调查区域做全面勘查的前提下,结合林分现状,设置 8 块典型林分样地(表 1)。调查样地位于徐

表 1 林分基本情况

Table 1 Condition of forest stands in different plantations

林分经营类型	乔木层主要树种	地点	设置样方数/个	坡向	坡位	坡度/(°)	乔木密度/(株·hm <sup>-2</sup> )	间伐强度/%
P <sub>1</sub>	侧柏 + 朴树 + 青桐 + 刺槐	云龙山	5	SW	下坡	13	1 434 (432 + 554 + 432 + 16)	76
P <sub>2</sub>	栎树 + 侧柏	云龙山	5	SW	下坡	13	1 328 (704 + 128)	93
P <sub>3</sub>	侧柏 + 栎树	云龙山	5	NW	上坡	15	1 280 (688 + 544)	62
P <sub>4</sub>	侧柏 + 黄连木	云龙山	5	NW	中坡	13	1 696 (896 + 704)	50
P <sub>5</sub>	侧柏	云龙山	5	NW	下坡	13	1 824	0
P <sub>6</sub>	女贞 + 雪松	曹山	5	SW	中坡	18	1 088	0
P <sub>7</sub>	侧柏	段山	5	NW	中坡	13	1 248	0
P <sub>8</sub>	女贞	段山	5	NW	下坡	13	1 248	0

说明:表中乔木密度 1 424 (432 + 554 + 432 + 16)指样地 P<sub>1</sub> 乔木层全部乔木总密度为 1 424 株·hm<sup>-2</sup>,其中乔木层的主要树种侧柏、朴树、青桐和刺槐密度分别为 432, 554, 432 和 16 株·hm<sup>-2</sup>;间伐强度 = [1 - (保留侧柏数/对照地侧柏数)] × 100%;其他林分样地所指含意相同。

州市的云龙山、曹山和段山, 云龙山样地 (编号  $P_1, P_2, P_3, P_4, P_5$ ) 侧柏树龄均为 45 a 以上, 平均胸径 14.5 cm, 其中样地  $P_2, P_3, P_4$  在 2007 年 3 月进行过抚育间伐, 并按一定比例在间伐区域分别补种栎树 *Voelreuteria paniculata* (平均胸径  $\geq 7.0$  cm), 黄连木 (平均胸径  $\geq 10.0$  cm) 等乔木, 针阔混交林林龄为 2 a; 云龙山的侧柏 + 朴树 *Celtis sinensis* + 青桐 *Firmiana simplex* + 刺槐林分样地  $P_1$  经 5 a 抚育间伐, 林内群落结构较稳定; 云龙山样地  $P_5$  是纯侧柏林, 未进行过抚育间伐, 研究将其作为对照地; 曹山、段山样地 ( $P_6, P_7, P_8$ ) 原为石灰岩荒山, 2007 年 4 月完成了对山地的荒山覆绿, 现有树种主要是女贞 (平均胸径  $\geq 4.0$  cm)、侧柏 (平均胸径  $\geq 10.0$  cm)、雪松 (平均胸径  $\geq 5.0$  cm)、五角枫 *Acer mono* (平均胸径  $\geq 4.5$  cm) 等, 林龄 2 a。

试验在各林分中设 1 个  $25\text{ m} \times 25\text{ m}$  的乔木样方, 各个乔木样方内设置 5 块  $5\text{ m} \times 5\text{ m}$  的灌木样方, 灌木样方的设置方法为取四角和对角线交叉点。由于人工林林下灌草稀疏, 试验将灌木样方同时作为草本调查样方。记录各个乔木样方内的乔木数、胸径和树高; 记录各个灌木(草本)样方的植物种名、株高、地径、盖度和株数(丛生草本以植株丛数代替株数)。试验中灌木层指植株株高为  $0.5\text{ m} < H < 2.5\text{ m}$  间的所有植物, 草本层指植株高度  $H \leq 0.5\text{ m}$  的所有植物(不含林内苔藓), 林分乔木密度单位为株  $\cdot \text{hm}^{-2}$ 。

### 1.3 数据处理方法

1.3.1 物种丰富度测定方法 采用 Patrick 指数  $d_p = S$  和 Menhinick 指数:  $d_{Me} = S/\sqrt{N}$  [12], 其中  $N$  为全部种的个体数总数;  $S$  为面积  $A$  内的种数。

1.3.2 多样性指数的测定方法 多样性指数分别采用 Simpson 多样性指数:  $S_{Sp} = 1 - \sum_{i=1}^s [N_i(N_i - 1)] /$

$[N(N - 1)]$  和 Shannon-Wiener 多样性指数:  $S_{Sw} = - \sum_{i=1}^s (P_i \log P_i)$  进行测定 [13, 14]。其中  $N_i$  为第  $i$  个物种的个体数;  $P_i = N_i/N$ , 其他参数与前面相同。

1.3.3 均匀度的测定方法 采用 Pielou 均匀度指数:  $J_{Sw} = (- \sum_{i=1}^s P_i \log P_i) / \log S$ ;  $J_{Sp} = (1 - \sum_{i=1}^s P_i^2) / (1 - 1/S)$ , 其中参数与前面相同。 $J_{Sw}$  指基于 Shannon-Wiener 多样性指数的均匀度指数,  $J_{Sp}$  指基于 Simpson 多样性指数的均匀度指数。

1.3.4 群落相似系数测定方法 相似性系数采用 Sorenson 指数计算 [1]:  $C_s = 2j/(a + b)$ ; 其中  $j$  为 2 个样地共有物种数;  $a$  和  $b$  分别为样地 A 和样地 B 的物种数。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同林分组成和结构分析

表 2 显示, 云龙山侧柏纯林 ( $P_1, P_2, P_3, P_4, P_5$ ) 经间伐抚育后, 侧柏 + 黄连木林分样地 ( $P_4$ ) 灌草层植物分布科的数量最少, 仅为 12 科, 未改造侧柏林分样地 ( $P_5$ ) 次之, 为 15 科。对曹山、段山造林样地 ( $P_6, P_7, P_8$ ) 进行比较发现, 女贞 + 雪松 ( $P_6$ ) 林分样地中, 灌草层出现植物科的数量要高于栽种侧柏 ( $P_7$ ) 和女贞的纯林 ( $P_8$ )。此外, 表 2 显示构树几乎出现在所有林分中, 表明构树作为侧柏纯林改造和荒山造林的主要伴生树种有着重要地位, 在后期林业工作中可将它视为先锋树种, 适当加以保留, 以利于生境条件的改善。

表 3 显示, 林分样地  $P_1, P_2, P_3, P_4, P_6, P_7$  和  $P_8$  草本层的植物总数量 ( $N$ ) 都比对照地 ( $P_5$ ) 高, 分别是对照地的 2.098, 2.432, 1.091, 2.053, 2.439, 3.379 和 3.485 倍, 植物种数分别是对照地的 3.727, 3.272, 2.000, 2.727, 2.455, 2.000 和 2.818 倍; 灌木层的植物总数除曹山女贞样地  $P_8$  要低于对照地外, 其他 6 块样地均高出对照地 ( $P_5$ ) 2.000 倍以上, 对照地物种数要高于其他几种林分, 为 10 种, 其中林下灌木和草本层的侧柏幼苗数量分别为 2 株和 25 株。

上述结果表明, 在高密度侧柏纯林中, 林下灌木和草本种类和数量都较稀少, 无论是作为优势乔

表2 不同林分经营类型主要林下植物

Table 2 Main species of undergrowths in different management types

林分经营 类型	主要植物				科数(灌+草)
	灌木层		草本层		
P <sub>1</sub>	柘树	<i>Cudrania tricuspidata</i>	酢浆草	<i>Oxalis corniculata</i>	22(5+17)
	黄连木	<i>Pistacia chinensis</i>	鸡眼草	<i>Kummerowia striata</i>	
	构树	<i>Broussonetia papyrifera</i>	木防己	<i>Cocculus orbiculatus</i>	
			小飞蓬	<i>Comniza canadensis</i>	
			乌荻莓	<i>Cayratia japonica</i>	
P <sub>2</sub>	构树		酢浆草		23(4+19)
	槐树	<i>Sophora japonica</i>	米口袋	<i>Gueldenstaedtia verna</i>	
	苦楝	<i>Melia azedarach</i>	狗尾草	<i>Setaria viridis</i>	
	香椿	<i>Toona sinensis</i>	五节芒	<i>Miscanthus floridulus</i>	
	侧柏	<i>Platycladus orientalis</i>	小飞蓬		
P <sub>3</sub>	构树		鸡矢藤	<i>Paederia scandens</i>	16(2+14)
			拉拉藤	<i>Galium aparine</i> var. <i>tenerum</i>	
			乌荻莓		
			小飞蓬		
			米口袋		
P <sub>4</sub>	构树		狗尾草		12(5+7)
	栾树	<i>Koelreuteria paniculata</i>	米口袋		
	络石	<i>Trachelospermum jasminoides</i>			
P <sub>5</sub>	构树		五节芒		15(6+9)
			狼尾草	<i>Pennisetum alopecuroides</i>	
			酢浆草		
P <sub>6</sub>	构树		酢浆草		16(5+11)
	苦楝		米口袋		
			木防己		
			狗尾草		
			小飞蓬		
P <sub>7</sub>	构树		狗尾草		14(2+12)
			狼尾草		
			苦蕒菜	<i>Ixeris denticulata</i>	
			小飞蓬		
P <sub>8</sub>	枣树	<i>Zizyphus jujuba</i>	酢浆草		14(1+13)
			小飞蓬		
			狗尾草		
			乌荻蓼		

木树种的侧柏, 还是其他树种都未能在灌草 2 层形成明显层次。这说明侧柏纯林的林分结构不完整、不稳定, 同时也表明对侧柏纯林的适当人为干扰对增加林下物种数量, 改善林分结构有利。分析其原因主要是在不同干扰强度下的侧柏改造林( $P_1, P_2, P_3, P_4$ )和荒山覆绿林( $P_6, P_7, P_8$ )林分结构产生了较大变化, 光、水、肥等生境条件得到改善, 为先锋物种的入侵创造了条件, 增加了林下物种多样性。

## 2.2 不同林分林下植物丰富度分析

物种丰富度是反映群落多样性的一项重要指标, 不同的人为干扰措施会对林分的植物组成产生重要影响<sup>[3]</sup>。表 3 显示在不同林分经营措施下, 2 种不同丰富度测算方法反映的结果相同, 在所有林分类型中, 未经抚育间伐的侧柏纯林( $P_5$ )在灌木层的物种丰富度均高于其他林分, 而草本层物种丰富度低于其他林分。主要原因是针阔混交林成林时间较短(2 a), 且前期抚育、混交阔叶树种时损毁了部分林下植物, 在短期内造成林下植物多样性降低。这一结果与任立忠等<sup>[3]</sup>对山杨 *Populus davidiana* 次生林的研究结果相同, 同时也符合赵平等<sup>[9]</sup>提出的乔木层、灌木层的变化不同步及草本层物种数峰值的出现要晚于乔木层和灌木层的观点; 而曹山、段山造林样地( $P_6, P_7, P_8$ )的营造时间较短, 加上原有石灰岩山地立地条件较差, 不利于植物生长。因此, 在立地条件较差地区进行林分改造和间伐抚育时, 应注意对林下非目的树种和伴生植物的保护。

## 2.3 不同林分林下植物多样性变化分析

物种多样性指数相对于物种丰富度是一项能更加全面反映多样性的指标, 物种多样性指数是把物种数、个体数、分布特性等信息结合起来的一个统计量, 能定量反映林分中物种的丰富度、变化程度及均匀性<sup>[6]</sup>。表 3 显示, 不同人工林灌木和草本层多样性指数存在较大变化, 且与丰富度指数变化趋势相近, 在同一林分中物种多样性指数的顺序是草本层 > 灌木层。但在云龙山侧柏林分( $P_5$ )表现特殊, 顺序是灌木层 > 草本层, 这主要是受侧柏纯林林分密度较大, 成林时间较长, 郁闭度较高等林分特殊小生境影响, 与人工纯林中经常出现的“光裸现象”相似<sup>[15]</sup>。在不同林分中灌木层植物多样性 (Simpson, Shannon-Wiener 多样性指数) 的顺序是侧柏(对照地) > 栎树 + 侧柏(下坡) > 侧柏(2 a) > 侧柏 + 黄连木 > 侧柏 + 朴树 + 青桐 + 刺槐 > 女贞 + 雪松(2 a) > 侧柏 + 栎树(上坡) > 女贞(2 a), 草本

表 3 不同经营措施林下物种多样性

Table 3 Species diversity indices value of undergrowths in different management types

林分经营类型	林分层次	总面积/m <sup>2</sup>	<i>N</i>	<i>S<sub>SP</sub></i>	<i>S<sub>SW</sub></i>	<i>J<sub>SP</sub></i>	<i>J<sub>SW</sub></i>	<i>d<sub>P</sub></i>	<i>d<sub>M</sub></i>
$P_1$	草本层	125	277	0.955	1.411	0.975	0.220	41	2.463
	灌木层	125	207	0.497	0.452	0.577	0.171	7	0.487
$P_2$	草本层	125	321	0.938	1.327	0.962	0.853	36	2.009
	灌木层	125	264	0.781	0.709	0.907	0.839	7	0.431
$P_3$	草本层	125	144	0.910	1.157	0.947	0.862	22	1.833
	灌木层	125	114	0.370	0.369	0.427	0.437	7	0.656
$P_4$	草本层	125	271	0.930	1.252	0.959	0.848	30	1.822
	灌木层	125	202	0.616	0.564	0.689	0.591	9	0.633
$P_5$	草本层	125	132	0.769	0.766	0.839	0.736	11	0.957
	灌木层	125	67	0.824	0.837	0.901	0.837	10	1.222
$P_6$	草本层	125	322	0.943	1.293	0.976	0.904	27	1.505
	灌木层	125	273	0.483	0.397	0.562	0.470	7	0.424
$P_7$	草本层	125	446	0.902	1.128	0.943	0.840	22	1.042
	灌木层	125	133	0.654	0.535	0.779	1.313	6	0.520
$P_8$	草本层	125	460	0.953	1.379	0.982	0.925	31	1.445
	灌木层	125	12	0.167	0.125	0.306	0.414	2	0.577



层植物多样性(Simpson, Shannon-Wiener 多样性指数)顺序是侧柏 + 朴树 + 青桐 + 刺槐 > 女贞(2 a) > 女贞 + 雪松(2 a) > 栎树 + 侧柏(下坡) > 侧柏 + 黄连木 > 侧柏 + 栎树(上坡) > 侧柏(2 a) > 侧柏(对照地)。结果表明, 云龙山侧柏纯林改造中, 在相近间伐强度, 不同混交树种间物种多样性存在一定变化, 林下植物多样性侧柏 + 黄连木林分(P<sub>4</sub>)要高于栎树 + 侧柏林分(P<sub>3</sub>); 在不同间伐强度和混交树种间物种多样性也存在较大变化, 表3显示, 混植同种阔叶树种时, 在较高强度的间伐条件下云龙山下坡栎树 + 侧柏林分(P<sub>2</sub>)高于云龙山上坡侧柏 + 栎树林分(P<sub>3</sub>), 并且间伐强度的增加也使栎树 + 侧柏林分(P<sub>2</sub>)的多样性高于侧柏 + 黄连木林分(P<sub>4</sub>)。表3还显示, 灌木层和草本层物种多样指数之间(Simpson, Shannon-Wiener 多样性指数)仅云龙山上坡侧柏 + 栎树林分样地(P<sub>3</sub>)和侧柏 + 黄连木林分样地(P<sub>4</sub>) 2种林分经营类型多样性指数变化趋势相同; 其他林分类型灌木层和草本层物种多样性均存在此消彼长的变化趋势, 即在试验区的同一林分中, 当林下草本层物种多样性指数增加时, 灌木层物种多样性指数减少。这种变化趋势符合群落生境异质性和时间变动性条件下的群落物种多样性变化<sup>[3,16]</sup>。

均匀度主要反映群落稳定性, 稳定群落的均匀度一般较高。研究分别采用基于 Simpson 多样性指数和 Shannon-Wiener 多样性指数的均匀度测算方法。表3表明2种计算方法间的结果稍有不同, 基于 Shannon-Wiener 多样性指数均匀度在侧柏林(P<sub>7</sub>)的灌木层最高, 是1.313; 侧柏 + 朴树 + 青桐 + 刺槐林分(P<sub>1</sub>)的草本层最低, 为0.220; 而基于 Simpson 多样性指数的均匀度在栎树 + 侧柏林分(P<sub>2</sub>)的灌木层最高, 是0.907; 云龙山侧柏林分(P<sub>5</sub>)的草本层最低, 为0.839。

#### 2.4 不同林分林下植物共有种及林分相似系数比较

林分共有种和相似系数是反映物种多样性的重要指标之一, 由于人工林受到人为干扰较多, 其与天然林和天然次生林之间有着较大差别, 通常情况下生境相同的地区, 在林分建群种一致时, 群落的相似性应该较大<sup>[6]</sup>。表4显示不同林分间的相似系数很低, 系数为0.056 0 ~ 0.585 4, 最高值出现在侧柏 + 朴树 + 青桐 + 刺槐林分(P<sub>1</sub>)和女贞 + 雪松林分(P<sub>6</sub>)之间, 达到0.585 4, 相似性最低值出现在云龙山的侧柏 + 黄连木林分(P<sub>4</sub>)和段山的女贞林(P<sub>8</sub>)之间, 为0.056 0。表4还显示, 荒山造林地与其他林分类型样地间的相似性系数相对较大, 理论上应该表明林分最接近, 但纯林改造地与它还有较大差别, 相似性系数较大主要是受草本层影响所致, 其主要原因是由于荒山造林和林分改造后, 林下光、水、肥等条件得到改善后先期侵入林地的都是适应能力较强的相同草本植物。

表4 不同林分经营措施林下植物共有种及林分相似系数

Table 4 The common species and coefficient of similarity at different management types

林分经营类型	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>3</sub>	P <sub>4</sub>	P <sub>5</sub>	P <sub>6</sub>	P <sub>7</sub>	P <sub>8</sub>
P <sub>1</sub>		15	14	9	9	24	19	13
P <sub>2</sub>	0.329 7		14	9	11	12	11	20
P <sub>3</sub>	0.363 6	0.388 9		16	9	9	8	7
P <sub>4</sub>	0.206 9	0.219 5	0.470 6		7	7	6	2
P <sub>5</sub>	0.260 9	0.343 8	0.360 0	0.233 3		8	6	12
P <sub>6</sub>	0.585 4	0.311 7	0.285 7	0.191 8	0.291 0		7	5
P <sub>7</sub>	0.500 0	0.309 9	0.210 5	0.179 1	0.245 0	0.225 8		12
P <sub>8</sub>	0.321 0	0.526 0	0.226 0	0.056 0	0.440 0	0.149 0	0.393 4	

### 3 结论

不同的林分经营和改造措施对林下植物丰富度有一定影响, 林下灌木数量变化较小, 而草本数量变化相对较大。研究结果表明, 侧柏纯林经过间伐抚育2 a后能增加草本层的物种丰富度, 但对灌木层物种丰富度影响不大。

不同的林分经营和改造措施对林分物种多样性有重要影响, 多样性指数与丰富度指数的变化趋势

相近, 在不同林分中灌木层植物多样性(Simpson, Shannon-Wiener 多样性指数)顺序是侧柏(对照地) > 栎树 + 侧柏(下坡) > 侧柏(2 a) > 侧柏 + 黄连木 > 侧柏 + 朴树 + 青桐 + 刺槐 > 女贞 + 雪松(2 a) > 侧柏 + 栎树(上坡) > 女贞(2 a), 草本层植物多样性顺序是侧柏 + 朴树 + 青桐 + 刺槐 > 女贞(2 a) > 女贞 + 雪松(2 a) > 栎树 + 侧柏(下坡) > 侧柏 + 黄连木 > 侧柏 + 栎树(上坡) > 侧柏(2 a) > 侧柏(对照地); 同一林分内物种多样性指数顺序是草本层 > 灌木层。在相近间伐强度条件下, 侧柏 + 黄连木混交林分的物种多样性要高于栎树 + 侧柏林, 在不同间伐强度和混交树种条件下, 阔叶树种的比例越大, 物种多样性也越大。研究表明, 人为干扰对林下灌木和草本层物种多样性均有较大影响, 干扰 2 a 内会降低林内灌木层物种多样性, 但草本层物种多样性会有所提高。

林分相似性研究表明, 各林分间相似性系数很低。由于草本层植物是生态系统中重要的组成部分, 其生长状况对生态系统的健康状况有重要指导作用, 其组成和结构是森林自然恢复的重要指标<sup>[17]</sup>。因此, 试验结果说明人为干扰方式的不同对林分群落的影响很大, 甚至可以决定林分的演替方向。

**致谢:** 在植物标本鉴定过程中得到南京林业大学植物组尹增芳教授的大力帮助, 吴新旺、王亚州、马啸驰、张佩华等参加了野外调查工作, 在此表示感谢!

#### 参考文献:

- [1] 杨锋伟, 鲁绍伟, 余新晓, 等. 华北土石山区植物群落多样性特征分析[J]. 水土保持研究, 2007, **14** (3): 343 - 345.  
YANG Fengwei, LU Shaowei, YU Xinxiao, *et al.* Analysis on species diversity of hill closed afforested plant community in rocky mountain area of Northern China [J]. *Res Soil Water Conserv*, 2007, **14** (3): 343 - 345.
- [2] 李春义, 马履一, 徐昕. 抚育间伐对森林生物多样性影响研究进展[J]. 世界林业研究, 2006, **19** (6): 27 - 32.  
LI Chunyi, MA Luyi, XU Xin. Reviews on research progress of effect of tending on forest biodiversity [J]. *World For Res*, 2006, **19** (6): 27 - 32.
- [3] 任立忠, 罗菊春, 李新彬. 抚育采伐对山杨次生林植物多样性影响的研究[J]. 北京林业大学学报, 2000, **22** (4): 14 - 17.  
REN Lizhong, LUO Juchun, LI Xinbing. The effects of intermediate cutting on plant species diversity in *Populus davidiana* secondary forest [J]. *J Beijing For Univ*, 2000, **22** (4): 14 - 17.
- [4] 李春明, 杜纪山, 张会儒. 抚育间伐对森林生长的影响及其模型研究[J]. 林业科学研究, 2003, **16** (5): 636 - 641.  
LI Chunming, DU Jishan, ZHANG Huiru. The effects of thinning on forest growth and model study [J]. *For Res*, 2003, **16** (5): 636 - 641.
- [5] 盛炜彤. 不同密度杉木人工林林下植被发育与演替的定位研究[J]. 林业科学研究, 2001, **14** (5): 463 - 471.  
SHENG Weitong. A long-term study on development and succession of undergrowth vegetations in Chinese fir (*Cunninghamia lanceolata*) plantations with different density [J]. *For Res*, 2001, **14** (5): 463 - 471.
- [6] 于立忠, 朱教君, 孔祥文, 等. 人为干扰(间伐)对红松人工林林下植物多样性的影响[J]. 生态学报, 2006, **26** (11): 3757 - 3764.  
YU Lizhong, ZHU Jiaojun, KONG Xiangwen, *et al.* The effects of anthropogenic disturbances (thinning) on plant species diversity of *Pinus koreansis* plantations [J]. *Acta Ecol Sin*, 2006, **26** (11): 3757 - 3764.
- [7] 陈利顶, 傅伯杰. 干扰的类型、特征及其生态学意义[J]. 生态学报, 2000, **20** (4): 581 - 586.  
CHEN Lidong, FU Bojie. Ecological significance, characteristics and types of disturbance [J]. *Acta Ecol Sin*, 2000, **20** (4): 581 - 586.
- [8] 于立忠, 朱教君, 张艳红, 等. 森林干扰度评价[J]. 生态学杂志, 2009, **28** (5): 976 - 982.  
YU Lizhong, ZHU Jiaojun, ZHANG Yanhong, *et al.* Evaluation of response extent of forests to disturbances [J]. *Chin J Ecol*, 2009, **28** (5): 976 - 982.
- [9] 赵平, 彭少麟, 张经纬. 恢复生态学退化生态系统生物多样性恢复的有效途径[J]. 生态学杂志, 2000, **19** (1): 53 - 58.  
ZHAO Ping, PENG Shaolin, ZHANG Jingwei. Restoration ecology —an effective way to restore biodiversity of degraded ecosystems [J]. *Chin J Ecol*, 2000, **19** (1): 53 - 58.
- [10] 崔芳芳, 刘增文, 付刚, 等. 秦岭山区几种典型森林的土壤微生物特征及其对人为干扰的响应 [J]. 西北林学院学

- 报, 2008, **23** (2): 129 - 134
- CUI Fangfang, LIU Zengwen, FU Gang, *et al.* Characteristics of several typical forest soil microorganism and their reactions artificial disturbance on Qinling mountains [J]. *J Northwest For Univ*, 2008, **23** (2): 129 - 134.
- [11] 陈平, 万福绪, 秦飞, 等. 徐州市石灰岩低山丘陵地立地分类及应用研究[J]. 南京林业大学: 自然科学版, 2009, **33** (3): 69 - 72.
- CHEN Ping, WAN Fuxu, QIN Fei, *et al.* Study on site classification and application in the limestone low mountains and hills in Xuzhou [J]. *J Nanjing For Univ Nat Sci Ed*, 2009, **33** (3): 69 - 72.
- [12] 张金屯. 数量生态学[M]. 北京: 科学出版社, 2004.
- [13] 牛翠娟, 娄安如, 孙儒泳, 等. 基础生态学[M]. 2版. 北京: 高等教育出版社, 2008.
- [14] 杨持. 生态学[M]. 2版. 北京: 高等教育出版社, 2008.
- [15] 马姜明, 李昆, 郑志新. 元谋干热河谷不同人工林林下物种多样性研究[J]. 江西农业大学学报, 2006, **28** (1): 84 - 89.
- MA Jiangming, LI Kun, ZHANG Zhixin. A study on species diversity of plantations in Yuanmou dry-hot valley [J]. *Acta Agric Univ Jiangxi*, 2006, **28** (1): 84 - 89.
- [16] 叶万辉. 物种多样性与植物群落的维持机制[J]. 生物多样性, 2000, **8** (1): 17 - 24.
- YE Wanhui. The maintenance mechanism of plant community and its species diversity [J]. *Chin Biodiver*, 2000, **8** (1): 17 - 24.
- [17] 李双喜, 朱建军, 张银龙, 等. 人工马褂木林下草本植物物种多样性与林分郁闭度的关系[J]. 生态与农村环境学报, 2009, **25** (2): 20 - 24.
- LI Shuangxi, ZHU Jianjun, ZHANG Yinlong, *et al.* Diversity of understory herbaceous species and canopy density of *Liriodendron chinense* stand [J]. *J Ecol Rural Environ*, 2009, **25** (2): 20 - 24.