

# 川中丘陵区人工柏木林灌草生物多样性研究

刘宗成<sup>1</sup> 周晓波<sup>3</sup> 黎燕琼<sup>2</sup> 龚固堂<sup>2</sup> 陈俊华<sup>2</sup> 郑绍伟<sup>2</sup>  
吴雪仙<sup>2</sup> 朱志芳<sup>2</sup> 慕长龙<sup>2\*</sup>

(1. 广元市林业局 四川 广元 628000; 2. 四川省林业科学研究院 四川 成都 610081;  
3. 理县林业局 四川 理县 624000)

**摘要:** 川中丘陵区地处长江上游。该区域是长江上游生态屏障的重要组成部分。灌草层作为森林生态系统中一个不可缺少的组成部分,在截持径流、保水保土、维持生物多样性等方面发挥着重要作用。本文以长江上游川中丘陵区主要林分类型——桉柏混交林以及由桉柏混交发展而来的柏木纯林为研究对象,从生物多样性角度,研究了20a~70a的人工柏木林下灌草层生物多样性,为该区域和类似区域人工林物种多样性保育提供理论依据,同时也为川中丘陵区人工柏木林健康经营提供理论依据。

**关键词:** 人工柏木林; 植被结构; 生物多样性; 相关性

**中图分类号:** S718.52 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003-5508(2013)03-0005-06

## Research on Shrub and Grass Biodiversity of Artificial Cypress Plantations in Hilly Areas of Central Sichuan

LIU Zong-cheng<sup>1</sup> ZHOU Xiao-bo<sup>3</sup> LI Yan-qion<sup>2</sup> GONG Guo-tang<sup>2</sup> CHEN Jun-hua<sup>2</sup>  
ZHENG Shao-wei<sup>2</sup> WU Xue-xian<sup>2</sup> ZHU Zhi-fang<sup>2</sup> MU Chang-long<sup>2</sup>

(1. Forestry Bureau of Guangyuan City, Guangyuan 628000; 2. Sichuan Academy of Forestry, Chengdu 610081;  
3. Forestry Bureau of Lixian County, Lixian 624000, China)

**Abstract:** The hilly areas of central Sichuan Basin are located in the upper reaches of the Yangtze River. The stand in these areas is an important component of the ecological barrier for the upper reaches of the Yangtze River. The Shrub and grass layers as an indispensable part of forest ecosystems have a great function on improving the interception of runoff and maintenance of biological diversity and conserving water and soil. In this paper, the main stand types (mixed alder and cypress plantation and pure cypress forest developed from mixed alder and cypress plantation) are used as the study objects, and researches are conducted on the species diversity of shrub and grass layers under the mixed alder and cypress plantation. These results will provide a theoretical basis for the species diversity conservation and the healthy management of artificial cypress plantations in these regions and similar areas.

**Key words:** Artificial cypress plantation, Vegetation structure, Species diversity, Correlation

灌草是森林生态系统中的一个重要组成部分,不仅对改良土壤、提高肥力、截持径流、保水保土等方面有重要作用,在整个森林生态系统营养元素的积累和循环、维持生物多样性,尤其是在促使林分养分步入良性生物循环和对森林林分未来的结构和组

成以及受干扰后森林演替等多方面具有不可忽视的作用<sup>[1-3]</sup>。灌草的物种多样性不仅反映了林下群落物种的丰富度、变化程度或均匀度,反映不同自然地理条件与整个森林群落的相互关系;也反映了该群落的组成结构、演替发育阶段、稳定性程度和生境特

收稿日期: 2012-12-25

资助课题: 国家林业公益性行业科研专项“川中丘陵区人工柏木林健康经营技术(20100400208)”

作者简介: 刘宗成(1979-),男,工程师,四川广元市人,主要从事林业调查、规划设计。

征,也是对该群落结构和功能复杂性的度量,体现了生物群落和生态系统的结构复杂性<sup>[4 5]</sup>,也体现了群落的结构类型、组织水平、发展阶段、稳定程度和生境差异,是揭示植被组织水平的生态学基础<sup>[6]</sup>。

川中丘陵区地处长江上游,是长江上游生态屏障的重要组成部分。从20世纪70年代、80年代川中丘陵区长防林建设以来,该区域森林植被对维护本区域与长江下游生态安全起到了重要作用;但是随着林分的发展,该区域林分经营方式及林分结构的不合理,形成了大量的低产低效林,致使林下灌草稀疏,水土严重流失。本文以长江上游川中丘陵区主要林分类型——不同龄林桉柏混交林以及由桉柏混交发展而来的柏木纯林为研究对象,从生物多样性角度,研究其林下灌草层生物多样性,为该区域和类似区域人工林物种多样性保育提供理论依据,同时也为川中丘陵区人工柏木林健康经营提供理论依据。

## 1 研究区域概况

研究区位于川中低山丘陵区的绵阳、盐亭、广元等地,属亚热带湿润季风气候区,四季分明。日照数1 300 h~1 400 h,年平均气温17℃左右,年降雨量

800 mm~1 000 mm,主要集中在5月~9月,无霜期300 d以上。地层简单,母岩主要为砂岩,土壤主要为老冲积黄壤和紫色土为主,部分为姜石黄壤和灰白砂土。研究区林地主要是通过封山育林形成的次生林和营造的人工林。次生林主要为柏木(*Cupressus funebris*)、马尾松(*Pinus massoniana*)、麻栎(*Quercus acutissima*)纯林或其混生的针阔混交林;人工林主要为桉木(*Alnus cremastogyne*)—柏木混交林,或在林隙中补植湿地松(*Pinus elliotii*)、香樟、女贞等树种。林下灌木主要有黄荆(*Vitex negundo*)、马桑(*Coriaria sinica*)、蔷薇(*Rosa L.*)、荚蒾(*Viburnum L.*)等;草本主要有白茅(*Imperata cylindrica*)、苔草(*Carex brunnea*)、莎草(*Cyperus microiria*)和荩草(*Arthraxon hispidus*)等。

## 2 研究方法

### 2.1 样地设置与野外调查

根据“十一五”期间,对柏木林防护成熟年龄阶段分布为15.4 a~77 a的研究结论,选择了川中丘陵区20 a~70 a的桉柏混交林和由桉柏混交发展而来的柏木纯林为研究对象。于2009年7月~8月,在川中丘陵区的柏木混交林或由混交林发展而来的

表1 样地概况统计表

Table 1 Basic status of sampling sites

林龄(a) Age	地点 Site	海拔 (m) Altitude	坡位 Slope position	坡度 Slope (°)	坡向 Slope face	郁闭度 Coverage	平均胸径 BDH (cm)	平均高 height (m)	林种 Plantation
20	盐亭	492	坡中	20	SE9°	0.8	8.0	8.1	桉柏混交
	盐亭	479	坡中	15	SW5°	0.7	9.5	8.4	桉柏混交
	阆中	767	坡中	30	SW45°	0.8	8.3	8.7	桉柏混交
	阆中	700	坡中	25	SW30°	0.7	9.2	8.3	桉柏混交
30	盐亭	700	坡中	25	SE30°	0.7	9.3	8.8	桉柏混交
	盐亭	700	坡中	20	SE25°	0.8	10.3	8.6	桉柏混交
	盐亭	520	坡中	15	E	0.7	9.7	9	桉柏混交
	盐亭	520	坡中	8	EN20°	0.7	9.8	8.5	桉柏混交
40	盐亭	468	坡中	3	E	0.8	9.1	8.7	桉柏混交
	盐亭	468	坡顶	22	SE45°	0.6	9.3	8.9	柏木纯林
	盐亭	508	坡顶	15	EN15°	0.7	9.1	8.6	桉柏混交
	盐亭	508	坡顶	13	SW30°	0.6	9.1	8.5	柏木纯林
50	盐亭	508	坡顶	8	E	0.7	11.6	9.2	柏木纯林
	射洪	375	下坡	20	WN15°	0.7	12.7	9.7	柏木纯林
	射洪	378	下坡	20	WS20°	0.7	11.8	10.1	柏木纯林
	盐亭	477	坡顶	10	E	0.7	10.5	10.3	柏木纯林
60	盐亭	480	坡顶	6	WN35°	0.6	12.3	9.7	柏木纯林
	广元	477	上坡	10	WN15°	0.7	18.5	10.7	柏木纯林
	广元	800	上坡	6	WN20°	0.6	17.0	10.4	柏木纯林
	盐亭	670	坡中	20	WN25°	0.7	15.0	9.5	柏木纯林
70	射洪	490	坡中	15	SW15°	0.7	19.0	10.1	柏木纯林
	广元	700	坡中	20	WN20°	0.7	25.2	12	柏木纯林
	盐亭	673	坡中	23	WN40°	0.8	24.2	11.9	柏木纯林
	广元	680	坡中	15	EN20°	0.7	24.7	11.5	柏木纯林

柏木纯林 按照林分年龄设立样点, 每个样点分别设置 1 个~2 个固定标准样地(20 m × 20 m), 在固定样地内, 采用相邻样方格子法, 将样地划分 A、B、C 共 3 级样地, 其中 A 级样地为 100 m<sup>2</sup>(10 m × 10 m), 作为乔木调查小样方; B 级样地为 16 个 25 m<sup>2</sup>(5 m × 5 m), 作为灌木调查小样方; C 级样地为 1 m<sup>2</sup>(1 m × 1 m), 采用对角线取样法, 每个样地内选取 16 个小样方作为草本层调查小样方进行调查。按乔木层、灌木层和草本层划分群落层次进行测定统计, 对乔木层测定胸径 ≥ 3 cm 的所有植株, 测定种类、胸径、树高; 灌木记载种类、丛数、基径和高度、盖度; 草本记载种类、丛数、平均盖度和高度, 同时记录样方所处的海拔、坡向、坡度、坡位、土壤层厚度、林冠郁闭度等样地基本情况。

2.2 数据分析与处理

在群落多样性的研究中, Shannon-Wiener 多样性指数(H)被认为是一种能较好地反映出个体密度、生境差异、群落类型、演替阶段的指数<sup>[7]</sup>。物种多样性指数除了与群落中的种数和重要值有关外, 与均匀度也有很大关系<sup>[8]</sup>。Pielou 均匀度指数 E 是一种反映个体数量分布均匀程度的良好指标<sup>[9, 10]</sup>。生态优势度或称集中优势度, 是综合群落中各个种的重要性, 反映各种群优势状况的指标, 是群落结构及多样性的一个度量值。Simpson 指数(D)被认为是反映群落优势度较好的指标<sup>[11, 12]</sup>。其表达式如下:

物种丰富度指数: S = 出现在样地的物种数

$$\text{Shannon-Wiener 多样性指数: } H = - \sum_{i=1}^n P_i \log P_i$$

$$\text{Pielou 均匀度指数: } E = - \sum_{i=1}^n P_i \ln P_i / \ln S$$

$$\text{Simpson 优势度指数: } D = 1 - \sum_{i=1}^n P_i^2$$

式中:  $P_i$  为种  $i$  的相对重要值;  $S$  为所计算样地中的物种数目。

3 研究结果

3.1 植物组成及结构特征

在对川中丘陵区 20 龄林 ~ 70 龄林的桉柏混交林及由桉柏混交发展而来的柏木纯林人工林的植被样方调查中, 共收集到维管束植物 124, 隶属于 54 科 79 属, 7 科 7 属 11 种, 灌木 29 科 39 属 60 种, 草本 35 科 57 属 72 种。各样地内植被的群落层次明显, 仅有有乔木层、灌木层和草本层。其中乔木层平均高度 8.1 m ~ 12.2 m 之间, 郁闭度在 0.6 ~ 0.8 之间; 林内的乔木树种主要以柏木、桉木等树种为主。灌木层主要豆科、马鞭草科、壳斗科、马桑科、蔷薇科、漆树科等为主; 平均高度在 0.42 m ± 0.092 m ~ 1.02 m ± 0.512 m 之间, 平均盖度为 0.18 m ± 0.086 m ~ 0.59 m ± 0.273 m。草本则主要以禾本科、菊科、蔷薇科、车前草科等为主; 平均高度为 0.11 m ± 0.005 m ~ 0.43 m ± 0.278 m 之间, 平均盖度为 0.21 ± 0.085 ~ 0.60 ± 0.216。

表 2 研究区林下植被概况  
Table 2 Outline of Vegetation of sampling sites

林龄 (a) Age	灌木 Shrub			草本 Herb		
	平均高 Height(m)	盖度(%) Coverage	主要物种 Main species	平均高 Height(m)	盖度(%) Coverage	主要物种 Main species
20	0.76(0.219)	0.24(0.054)	①、②、③、④、⑤、⑥、⑦	0.20(0.070)	0.28(0.059)	a、b、c
30	0.70(0.145)	0.28(0.131)	①、②、③、④、⑤、⑥、⑦、⑧	0.17(0.053)	0.46(0.201)	a、c、d、e、f、h、g
40	0.42(0.092)	0.18(0.086)	①、②、④、⑥、⑨、⑩	0.13(0.034)	0.60(0.216)	a、b、c、f、i、j、k
50	0.79(0.410)	0.24(0.256)	①、②、③、④、⑥、⑧、⑩	0.25(0.127)	0.58(0.205)	a、b、c、d、l、m、n
60	1.02(0.512)	0.59(0.273)	①、②、④、⑥、⑧、⑨、⑩	0.43(0.278)	0.21(0.085)	a、b、c、l、n
70	0.82(0.019)	0.55(0.044)	①、②、④、⑥、⑧、⑩	0.11(0.005)	0.26(0.029)	a、c、n

注: 1、( ) 内数值为变异系数;

2、①黄荆、②铁籽、③火棘、④菝葜、⑤盐肤木、⑥蔷薇、⑦化香、⑧三颗针、⑨瑞香、⑩马桑;

3、a 栗褐苔草、b 金发草、c 荩草、d 地瓜藤、e 蜈蚣草、f 白茅、h 金茅、g 地榆、h 飞蓬、i 苦荬、j 蜈蚣草、k 过路黄、l 蛇葡萄、m 凤尾蕨、n 青茅

3.2 林下灌草多样性指数研究

3.2.1 Shannon-Wiener 多样性指数

图 1 为不同年龄柏木林下灌草的 Shannon-Wiener 多样性指数, 可以看出, 其林下灌木、草本在不同龄林林下有显著性差异, 但其差异性表现为不同年

龄柏木林下。从灌木层看, 以 60 a、70 a 柏木林下灌木的 Shannon-Wiener 多样性指数最大, 分别达到 0.866 ± 0.080 和 0.880 ± 0.074; 40 年柏木林最小, 仅为 0.609 ± 0.138; 从 LSD 差异性检验结果看, 60 a、70 a 柏木林下灌木的 Shannon-Wiener 多样性

指数均与 20 a ( $0.671 \pm 0.149$ )、30 a ( $0.626 \pm 0.101$ )、40 a、50 a ( $0.612 \pm 0.122$ ) 林下灌木表现出显著性差异,而其余各年份间均没有显著性差异。草本层则在 40 a 柏木林下的 Shannon-Wiener 多样性指数最大,为  $0.890 \pm 0.073$ ;其次是 70 a 柏木林,为  $0.843 \pm 0.039$ ;60 a 次之( $0.792 \pm 0.071$ );50 a 柏木林下草本的 Shannon-Wiener 多样性指数最小,仅为  $0.679 \pm 0.061$ 。LSD 检验结果表明,40 a 与 20 a、30 a、50 a 以及 50 a 与 60 a、70 a 间的林下草本的 Shannon-Wiener 多样性指数间均有显著性差异,其余各阶段龄林下草本没有显著性差异。

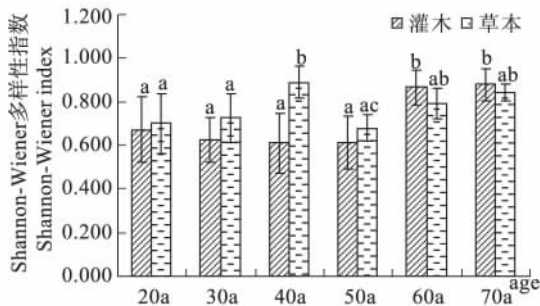


图1 不同年龄柏木林下灌草 Shannon-Wiener 多样性指数

Fig. 1 The Shannon-Wiener diversity index of bush and herb in different age stages

### 3.2.2 林下灌草 P 均匀度

从不同年龄柏木林下灌草 Pielou 均匀度变化(图2)与其 Shannon-Wiener 多样性指数表现有明显差异。其中,灌木的 Pielou 均匀度指数以 60 a 柏木林下最大,其值为  $0.892 \pm 0.051$ ;40 a 柏木林下灌木次之,为  $0.888 \pm 0.054$ ;其次分别为 50 a ( $0.876 \pm 0.083$ ) > 70 a ( $0.845 \pm 0.056$ ) > 20 a ( $0.782 \pm 0.098$ );30 a 柏木林下灌木的 Pielou 均匀度指数最小,仅为  $0.737 \pm 0.127$ 。从 LSD 差异性检验结果表明,30 a 柏木林分别与 40 a、50 a 和 60 a 柏木林下灌木的 Pielou 均匀度指数有显著性差异,其它各龄林内灌木的 Pielou 均匀度指数没有显著性差异。林下草本的 Pielou 均匀度指数变化呈“V”字型,即从 20 a 到 50 a 逐渐降低,到 60 a 以后开始回升;其中以 70 年最大,为  $0.835 \pm 0.038$ ;60 a 次之,为  $0.811 \pm 0.068$ ;其次为 20 a 林下,为  $0.787 \pm 0.041$ ;50 a 最低,仅为  $0.730 \pm 0.073$ 。经过 LSD 检验结果表明,各龄林林下草本层的 Pielou 均匀度指数间没有显著性差异。

### 3.2.3 林下灌草物种丰富度

图3为不同年龄柏木林下灌草的物种丰富度指数变化图。从林下灌木的物种丰富度看,其变化趋

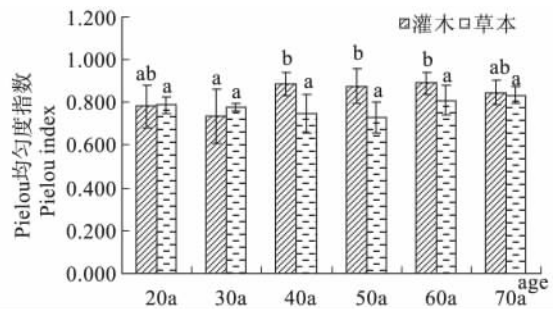


图2 不同年龄柏木林下灌草 Pielou 均匀度指数

Fig. 2 The Pielou index of bush and herb in different age stages

势也呈“V”字型,即从 20 a 到 40 a 的柏木林下灌木的物种丰富度逐渐下降,50 a 开始逐渐上升,其中以 70 a 数值最大,达到  $11.0 \pm 0.816$ ;60 a 次之,为  $9.5 \pm 1.658$ ;其次是 20 a ( $7.8 \pm 1.087$ ) > 30 a ( $7.2 \pm 0.980$ ) > 50 a ( $5.2 \pm 1.600$ );40 a 林下值最小,仅为  $5.0 \pm 1.225$ 。从 LSD 检验结果看,不同年龄柏木林下灌木的物种丰富度间没有显著性差异。林下草本的物种丰富度则以 40 a 林下最大,为  $16.3 \pm 1.188$ ;70 a 和 50 a 次之,分别为  $10.3 \pm 1.247$  和  $10.0 \pm 1.188$ ;依次为 60 a ( $9.5 \pm 0.500$ ) > 30 a ( $9.2 \pm 1.470$ ) > 20 a ( $8.3 \pm 1.087$ )。从 LSD 检验结果表明,仅 40 a 林与其它各龄林林下草本的物种丰富度有显著性差异。

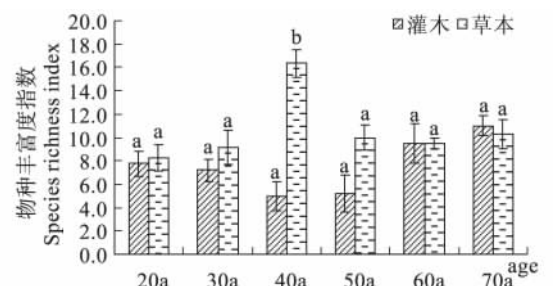


图3 不同年龄柏木林下灌草物种丰富度指数

Fig. 3 Species richness index of bush and herb in different age stages

### 3.2.4 生态优势度

图4为不同年龄林下灌草生态优势度变化图。其中灌木的生态优势度以 60 a 林下最大,为  $0.834 \pm 0.034$ ;70 a 次之,为  $0.826 \pm 0.036$ ;其次为 20 a ( $0.736 \pm 0.150$ ) > 50 a ( $0.714 \pm 0.081$ ) > 40 a ( $0.698 \pm 0.111$ ) > 30 a ( $0.632 \pm 0.148$ )。经 LSD 检验结果表明,30 a 林下灌木的生态优势度与 60 a 和 70 a 林下有显著性差异。林下草本生态优势度的大小排序则为 40 a ( $0.884 \pm 0.064$ ) > 70 a ( $0.812 \pm 0.022$ ) > 60 a ( $0.771 \pm 0.069$ ) > 50 a ( $0.754 \pm 0.119$ ) > 20 a ( $0.729 \pm 0.080$ );30 a 最小,仅为

0.726 ± 0.069。经 LSD 检验结果表明 40 a 林下草本的生态优势度分别与 20 a、30 a、50 a 有显著性差异, 其余各龄林间没有显著性差异。

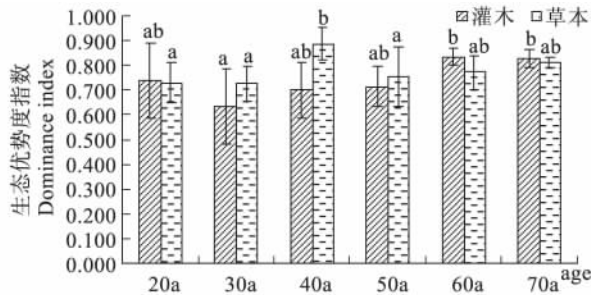


图4 不同年龄柏木林下灌生态优势度指数

Fig.4 Dominance index of bush and herb in different age stages

### 3.3 多样性指数与林分特征的相关性研究

从本次研究的人工桉柏混交林和由桉柏混交发

展而来的柏木纯林的林下灌草多样性指数的相关性分析研究结果(表3)表明: 在林分概况中, 林龄对灌木的 Shannon-Wiener 多样性指数和物种丰富度都呈极显著性相关, 与灌木优势度和草本 P 均匀度呈显著性相关; 海拔高度与灌木 Shannon-Wiener 多样性指数呈显著性相关。灌草各多样性指数间则表现为: 灌木的 Shannon-Wiener 多样性指数分别与灌木的丰富度和优势度之间, 灌木的 P 均匀度和灌木的优势度之间均呈极显著性相关性; 灌木的 Shannon-Wiener 多样性指数与灌木 P 均匀度和灌木丰富度和灌木优势度呈显著性相关。草本则表现为 Shannon-Wiener 多样性指数分别与草本的丰富度、优势度之间, 草本的 P 均匀度与草本的优势度、草本的丰富度与优势度之间均呈极显著性相关性。其余各指标间没有显著性相关关系。

表3 人工柏木林灌草多样性指数相关性分析

Table 3 Analysis of correlation of  $\alpha$  diversity index for shrub and grass vegetation in different age stages

	林龄	海拔	坡度	林分郁闭度	灌木 Shrub				草本 Herb			
					Shannon-Wiener 多样性指数	P 均匀度	物种丰富度	生态优势度	Shannon-Wiener 多样性指数	P 均匀度	物种丰富度	生态优势度
林龄		.087 (.679)	.359 (.078)	.159 (.449)	.556** (.004)	.055 (.793)	.643** (.001)	.427* (.033)	.240 (.247)	.414* (.040)	-.093 (.660)	.054 (.797)
海拔	.087 (.679)		-.175 (.402)	-.262 (.206)	.482* (.015)	.393 (.052)	.352 (.084)	.391 (.053)	.256 (.216)	.164 (.433)	.076 (.720)	.205 (.325)
坡度	.359 (.078)	-.175 (.402)		.329 (.108)	.074 (.726)	-.121 (.565)	.140 (.505)	.195 (.349)	-.175 (.402)	.052 (.806)	-.136 (.518)	-.142 (.500)
林分郁闭度	.159 (.449)	-.262 (.206)	.329 (.108)		-.004 (.983)	-.171 (.414)	.094 (.653)	.047 (.823)	-.101 (.633)	.254 (.221)	-.291 (.158)	-.191 (.000)
Shannon-Wiener 多样性指数	.556** (.004)	.482* (.015)	.074 (.726)	-.004 (.983)		.491* (.013)	.826** (.000)	.873** (.000)	.381 (.060)	.169 (.418)	.196 (.348)	.313 (.127)
P 均匀度	.055 (.793)	.393 (.052)	-.121 (.565)	-.171 (.414)	.491* (.013)		-.057 (.785)	.756** (.000)	.192 (.359)	-.090 (.668)	.340 (.096)	.386 (.057)
灌木 物种丰富度	.643** (.001)	.352 (.084)	.140 (.505)	.094 (.653)	.826** (.000)	-.057 (.785)		.505* (.010)	.332 (.105)	.311 (.130)	-.022 (.917)	.117 (.578)
灌木 生态优势度	.427* (.033)	.391 (.053)	.195 (.349)	.047 (.823)	.873** (.000)	.756** (.000)	.505* (.010)		.269 (.053)	.089 (.673)	.213 (.306)	.306 (.137)
Shannon-Wiener 多样性指数	.240 (.247)	.256 (.216)	-.175 (.402)	-.101 (.633)	.381 (.060)	.192 (.359)	.330 (.105)	.269 (.193)		.296 (.151)	.607** (.001)	.754** (.000)
P 均匀度	.414* (.040)	.164 (.433)	.052 (.806)	.254 (.221)	.169 (.418)	-.090 (.668)	.311 (.130)	.089 (.673)	.296 (.151)		-.531** (.006)	-.194 (.352)
草本 物种丰富度	-.093 (.660)	.076 (.720)	-.136 (.518)	-.291 (.158)	.196 (.348)	.340 (.096)	-.022 (.917)	.213 (.306)	.122 (.561)	-.531** (.006)		.875** (.00)
草本 生态优势度	.054 (.797)	.205 (.053)	-.142 (.497)	-.191 (.360)	.313 (.127)	.386 (.057)	.117 (.578)	.306 (.137)	.754** (.000)	-.194 (.352)	.875** (.000)	

## 4 分析与讨论

4.1 川中丘陵区, 由于当地百姓的用材习惯及对桉木当作新材的大量砍伐; 以及随着林分年龄推进, 桉木的自然消退, 导致该区域人工柏木林从桉柏混交林逐渐发展到柏木纯林。导致林分层结构简单, 乔

木层物种单一, 林下灌草层不甚发育, 种类较少, 地被植物层浅, 其涵养水源和保持土壤能力较差, 而形成低产低效林。这与吴彦<sup>[13]</sup>等对亚高山针叶林不同恢复阶段群落物种多样性研究, 以及刘庆<sup>[14]</sup>在对川西米亚罗高山地区云杉林群落结构的研究等研究结论一致。对于川中丘陵区人工柏木林, 为充分发挥其林分涵养水源、保持土壤等的生态效益, 应合理

调控乔木层盖度,促进林分内乔灌草的合理配置。

4.2 人工柏木林下灌草多样性的总表现趋势为草本层大于灌木层,这与岳永杰<sup>[15]</sup>研究的华北落叶松人工林的物种多样性指数变化规律相同。从林下灌草的多样性指数整体表现看,其数值分布多呈“v”字型分布,且显著性差异多表现为40 a或50 a林下灌草与其余林分的差异。在“十一五”期间对川盆地丘陵区柏木防护林的更新期及合理的更新年龄研究结果也表明了其更新年龄阶段主要在45 a~50 a。林下灌草多样性指数的这种表现,也正与林分生长发育的年龄相一致。在20 a~50 a林分内,上层乔木的生长,林分郁闭度逐渐增加,林下光照、养分等环境的改变,影响了林下灌草的生长;随着林分更新年龄的到来,上层乔木的自然更新和人为更新,林窗逐渐出现,则有利于林下灌草的生长,多样性指数数值也逐渐增加。

4.3 由于样本数的关系,本次研究只针对了林分郁闭度0.6~0.8之间的人工柏木林,对其林下灌草多样性指数与林分特征的相关性进行了研究,虽然研究结果表明了其灌草多样性没有与林分郁闭度没有显著性相关关系,但在其他郁闭度系数下,是否也没有相关性,还又待进一步研究。

#### 参考文献:

- [1] Cheng Y L, Chui X Y, Zhu L, et al. Status and Role of the Bush Layer and Main Shrub Species in Nutrient Cyclings of *Tilia amurensis*-*Pinus koraiensis* Fores. *Journal of Northeast Forestry University*, 1998, 26(4): 7~13.
- [2] Oakley B B, North M P, Franklin J F. Facilitative and competitive effects of a N<sub>2</sub>fixing shrub on white fir saplings [J]. *Forest Ecology and Management* 2006, 233: 100~107.
- [3] 陈永亮, 崔晓阳, 祝宁等. 灌木层及主要灌木种在椴树红松林养分循环中的地位与作用 [J]. *东北林业大学学报*, 1998, 26(4): 7~13.
- [4] 郭正刚, 刘慧霞, 孙学刚, 等. 白龙江上游地区森林植物群落物种多样性的研究 [J]. *植物生态学报* 2003, 27(3): 388~395.
- [5] 周本智, 傅懋毅, 李正才, 等. 浙西北天然次生林群落物种多样性研究 [J]. *林业科学研究*, 2005, 18(4): 406~411.
- [6] 汪超, 王孝安, 郭华, 等. 黄土高原马栏林区主要森林群落物种多样性研究 [J]. *西北植物学报* 2006, 24(4): 0791~0797.
- [7] 郑元润. 大青沟森林植物群落物种多样性研究 [J]. *生物多样性*, 1998(3): 191~196.
- [8] Wilsey B J, Ptvin. Biodiversity and ecosystem functioning: importance of species evenness in an old field [J]. *Ecology* 2000, 81(4): 887~892.
- [9] Pielou E C. *Ecological Diversity* [M]. Wiley, New York, 1975.
- [10] 孙军, 刘东艳. 多样性指数在浮游植物研究中的应用 [J]. *海洋学报* 2004, 26(1): 62~75.
- [11] Peet R K. The measurement of species diversity [J]. *Annu. Rev. Ecol. Syst.*, 1974, 5: 285~307.
- [12] Routledge R D. Diversity indices: Which ones are admissible [J]. *J. Theor. Biol.*, 1979, 76: 503~505.
- [13] 吴彦, 刘庆, 乔永康, 等. 亚高山针叶林不同恢复阶段群落物种多样性变化及其对土壤理化性质的影响 [J]. *植物生态学报* 2001, 25(6): 648~655.
- [14] 刘庆, 尹华军, 吴彦. 川西米亚罗亚高山地区云杉林群落结构分析 [J]. *山地学报* 2003, 21(6): 695~701.
- [15] 岳永杰, 余新晓, 牛丽丽, 等. 北京雾灵山植物群落结构及物种多样性特征 [J]. *北京林业大学(增刊)* 2008, 30(2): 165~167.