

doi:10.16779/j.cnki.1003-5508.2019.06.006

# 雅安市老板山3种典型人工林群落物种多样性研究

周琳<sup>1</sup>, 海来曲博<sup>2</sup>

(1. 凉山州林业调查规划设计院, 四川 西昌 615000;

2. 金阳县林业和草原局, 四川 金阳 616250)

**摘要:**采用典型样地法,以老板山毛竹林、水杉林及香樟林3种主要人工林为研究对象,通过群落学调查,选取物种组成、重要值及物种多样性指数为计算指标,探究人工栽培树种对当地群落物种多样性的影响。结果表明:(1)此次调查记录共计毛竹人工林物种94种,隶属59科78属,水杉人工林82种,隶属46科67属,香樟人工林80种,隶属47科70属,毛竹人工林群落物种多样性水平较其他群落最高;(2)竹类植物、水杉(*Metasequoia glyptostroboides*)、香樟(*Cinnamomum camphora*)在各自人工林乔木层优势地位明显,灌木层中柳杉(*Cryptomeria fortunei*)、杉木(*Cunninghamia lanceolata*)等乡土树种幼苗分布于毛竹和香樟人工林下,林下出现香樟幼苗表明香樟人工林能实现自然更新,水杉人工林自然更新困难;鸭跖草(*Commelina communis*)、土牛膝(*Achyranthes aspera*)在3种人工林草本层中占据优势地位;(3)不同人工林群落总体物种丰富度都表现为灌木层>草本层>乔木层,各人工林群落乔木层D、H、H'和J<sub>sw</sub>值均小于其他各层;水杉、香樟人工林林下灌草层和草本层H'值较大,J<sub>sw</sub>值相对较小,群落发展不稳定;(4)3种人工林都应进行林分改造。

**关键词:**人工林;物种多样性;林分改造;树种选择

中图分类号:S718.54;S718.55 文献标识码:A

文章编号:1003-5508(2019)06-0032-06

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



## A Study of the Species Diversity in Three Main Typical Artificial Forests of the Laobanshan Mountain

ZHOU Lin<sup>1</sup> HAI Lai-qu-bo<sup>2</sup>

(1. Forestry Survey Planning and Design Institute of Liangshan Prefecture, Xichang 615000, China;

2. Jinyang Forestry and Grassland Bureau, Jingang 615000, China)

**Abstract:** In order to explore the effect of cultivated tree species on the local plant species diversity, an investigation was conducted by the typical sampling method in three typical plantations (*Phyllostachys heterocyclus* artificial forest, *Metasequoia glyptostroboides* artificial forest and *Cinnamomum camphora* artificial forest) in the Laobanshan mountain, Ya'an city, Sichuan province. Based on the community survey, the species composition, importance value and species diversity indexes were calculated. The results indicated that: (1) A total of 94 species were found in *P. heterocyclus* artificial forest, belonging to 78 genera and 59 families, a total of 82 species were found in *M. glyptostroboides* artificial forest, belonging to 67 genera and 46 families, and a total of 80 species were found in *C. camphora* artificial forest, belonging to 70 genera and 47 families. The species diversities of *P. heterocyclus* artificial forest were higher than other forests. (2) By analyzing the important values, it was discovered that bamboo plants, *M. glyptostroboides* and *C. camphora* were evidently dominant in upper layer of the plantations; *Cryptomeria fortunei* and *Cun-*

收稿日期:2019-09-05

作者简介:周琳(1991-),男,助理工程师,主要从事林业调查规划设计相关工作,e-mail:1020178444@qq.com。

*ninghamia lanceolata* were found in the shrub layer of *P. heterocycla* and *C. camphora* artificial forest; *C. camphora* seedlings showed that *C. camphora* artificial forest achieved natural regeneration, but *M. glyptostroboides* artificial forest could hardly regenerate; *Commelina communis* and *Achyranthes aspera* were in the dominant position in three artificial forests herbs. (3) Different artificial forests species richness showed shrub layer > herb layer > tree layer,  $D$ ,  $H$ ,  $H'$  and  $J_{SW}$  of tree layers were less than those of other layers,  $H'$  of shrub layer and herb layer was greater, and the  $J_{SW}$  was relatively small in *M. glyptostroboides* and *C. camphora* artificial forest, and the artificial forests community development were not stable. (4) The stand improvement of three artificial forests should be conducted.

**Key words:** Artificial forest, Species diversity, Forest stand improvement, Tree species selection

物种多样性作为生物多样性的重要组成部分及群落学的重要表征指标,可反映群落生境差异、物种组成及稳定性程度<sup>[1~3]</sup>,一个地区的物种多样性是该地区植物恢复的基础<sup>[4]</sup>。退耕还林时期,我国大规模进行人工林的营造,过分强调大型乔木树种,未重视林分的多层次结构,多物种类型对维持生态系统功能、实现森林可持续发展的作用,致使人工林群落物种多样性较少,抵御外界不确定性因素的干扰和干扰后系统恢复能力低,对生态系统中营养元素和肥力的可持续利用不足,最终出现地力减退、病虫害多发、生态功能低下等问题<sup>[4~6]</sup>,对此,人工林生态系统的建立显得尤为重要。金慧<sup>[7]</sup>等和崔宁洁<sup>[8]</sup>等研究认为,人工林可持续发展的重要指标是森林群落的物种多样性。物种组成不同,其种间相互作用及与环境的相互影响存在很大差异<sup>[9]</sup>,人工林物种组成合理,能够改善林地小气候、提高土壤肥力、保护林下生物多样性<sup>[10~12]</sup>,使群落稳定健康发展,更好地发挥其生态、社会和经济功能<sup>[13]</sup>。但目前,人工林营造应该怎样进行物种的配置,怎样进行林地管理,以增加和维持人工林的物种多样性,实现植被恢复任务尤为艰巨。

雅安市老板山的植被80%以上的都是20世纪80年代退耕还林时人工营建的,树种有当地经济树种慈竹(*Neosinocalamus affinis*)、国家一级保护植物水杉(*Metasequoia glyptostroboides*)、当地珍贵的乡土阔叶树种香樟(*Cinnamomum camphora*)以及柏木(*Cupressus funebris*)等<sup>[14,15]</sup>,经过30多年的发展,柏木被淘汰代替为毛竹得以栽植生长。目前老板山主要林分为水杉人工林、香樟人工林以及毛竹人工林。由于人工林初植时过分重视水杉、香樟等乔木树种,忽略了林下植被的管理,目前老板山人工林面临着我国大部分人工林出现的问题<sup>[7]</sup>。鉴于此,本文以老板山林区毛竹林、水杉林及香樟林3种典型人工林群落为研究对象,通过样地调查和比较,探究各人

工林群落物种多样性情况,以期为该地区人工林的合理经营及其生态价值、经济效益的充分发挥提供理论依据,同时为人工林的可持续发展提供科学参考。

## 1 研究区自然概况

研究区位于四川省雅安市青衣江流域二级阶地后缘的四川农业大学林业试验站内(101°33'~101°13'E,28°30'~30°33'N),山体成东西走向,东西全长约1300m,南北最宽约为430m,海拔600m~700m。该地属于亚热带湿润季风气候,夏无酷暑,冬无严寒,降水集中于夏季,多夜雨,年均温16.2℃,1月均温为6.1℃,7月均温为25.4℃,年降水量可达2000mm,土壤系白垩纪灌口组紫色砂页岩风化的坡堆积物形成的紫色土,土层深度大于40cm,呈微酸性。经过30多年的植被恢复,研究区内物种丰富,植被覆盖率达95%以上。随着经济的发展,慈竹作为雅安主要造纸原材料,进行多次砍伐,后期补植以毛竹(*Phyllostachys heterocycla*)、金竹(*Phyllostachys sulphurea*)为主,期间并对林地进行有效管理,但水杉和香樟人工林后期几乎未进行人工管理,乔木树种较为单一。林下灌木层植物以油茶(*Camellia oleifera*)、异叶榕(*Ficus heteromorpha*)为主,草本层以鸭跖草(*Commelina communis*)、土牛膝(*Achyranthes aspera*)和蕨类等湿生植物为主。

## 2 研究方法

### 2.1 样地设置与调查

在全面踏查的基础上,选取雅安市老板山林区的毛竹林、水杉林及香樟林3种主要人工林群落进行调查。采用典型样地法在3种人工林中选取立地条件基本相似、林相整齐、林层丰富、具有代表性的

样地(面积为20 m × 20 m)各4块,共计12块样地,基本样地情况(见表1)。再在每个20 m × 20 m的样地内采用相邻网格法在每个样地中设置4个10 m × 10 m乔木层样方,参照何涛、罗平<sup>[16]</sup>等文献,此次调查将慈竹等竹类植物归于乔木层,调查每个样方内的乔木个体的种类、高度、冠幅、株数;采用对角线法随机布设6个5 m × 5 m灌木层调查样方及12

个1 m × 1 m草本层调查样方,调查灌木层样方内所有高度 < 3 m的木本个体(包括乔木幼苗和幼树)的种类、高度、冠幅、株数,调查草本层样方内草本植物(包括草质藤本和蕨类植物,大型木质藤本按胸径大小分别计入乔木层、灌木层)的种类、高度、盖度和株数(丛数)。共计乔木样方48个,灌木样方72个,草本样方144个,调查样方共计264个。

表1 样地概况

Tab. 1 General situation of the sample plot

样地编号 Sample plot No.	样地类型 Sample type	海拔 Altitude/m	坡度 Slope	坡向 Aspect	平均胸径 Average diameter/cm	平均树高 Average height/m	密度 Density /(株·hm <sup>-2</sup> )	郁闭度 Canopy density
1	A	630.5	26°	NW45°	8.3	7.3	2950	0.7
2	A	638.4	27°	NW49°	10.4	10.6	2075	0.5
3	A	643.7	33°	NW52°	7.8	9.1	2200	0.5
4	A	653.2	26°	NW54°	8.7	8.9	2675	0.6
5	B	663.6	19°	NW57°	24.7	19.6	1800	0.6
6	B	667.8	34°	NW55°	24.5	18.2	1775	0.6
7	B	674.2	26°	NW59°	27.4	19.3	2100	0.5
8	B	679.7	38°	NW58°	28.3	18.9	2075	0.5
9	C	678.9	26°	NW61°	29.3	27.5	800	0.6
10	C	683.2	25°	NW68°	25.1	23.5	875	0.8
11	C	689.6	24°	NW60°	35.7	27.8	650	0.7
12	C	694.5	31°	NW64°	33	26.9	700	0.6

注:A.毛竹人工林;B.水杉人工林;C.樟树人工林;下同。

Note: A. *P. heterocyclus* planted forest; B. *M. glyptostroboides* planted forest; C. *C. camphora* planted forest; The same below.

## 2.2 数据分析与处理

(1)物种群落综合数量特征分析:相对密度、相对频度、相对显著度及重要值公式如下<sup>[17]</sup>:

相对密度 = 某个种的株数/所有种的总株数

相对频度 = 某个种在样方中出现的次数/所有种出现的总次数

重要值:乔木层:IV = (相对密度 + 相对频度 + 相对优势度)/3

灌木层、草本层:IV = (相对密度 + 相对频度 + 相对盖度)/3

(2)物种多样性测度:采用 $\alpha$ 多样性指数<sup>[18]</sup>,用于描述群落的物种多样性,采用以下几个指数来综合衡量群落的物种多样性水平:物种丰富度指数D、Shannon-Wiener指数H、Simpson指数H'、Pielou均匀度指数 $J_{sw}$ 。计算公式为:

$$\text{丰富度指数: } D = S \quad (1)$$

$$\text{Simpson 优势度指数: } H' = 1 - \sum_{i=1}^S P_i^2 \quad (2)$$

$$\text{Shannon-Wiener 多样性指数: } H = - \sum_{i=1}^S P_i \log P_i \quad (3)$$

$$\text{Pielou 均匀度指数: } J_{sw} = \frac{- \sum_{i=1}^S P_i \log P_i}{\log S} \quad (4)$$

上述各式中, $P_i$ 为第*i*种的个体数 $n_i$ 占所有种个体总数 $n$ 的比例, $n_i$ 为第*i*种的个体数, $n$ 为所有种的个体总数,即 $P_i = n_i/n, i = 1, 2, 3, \dots, S, S$ 为物种数。文中所有数据采用SPSS17.0统计软件和Excel进行统计分析,采用最小显著差异法(LSD)检验不同群落层次物种多样性指数的显著性差异( $p = 0.05$ )。

## 3 结果与分析

### 3.1 3种人工林群落物种组成

经过30多年的植被恢复,在3种人工林中调查到(见图1),毛竹人工林的林下物种共计94种,隶属59科78属,其中乔木7科12属10种(另记录竹类植物3种)、灌木32科40属53种、草本27科31属31种,样地内物种个体数量分别是484、602、5474;水杉人工林共计82种,隶属46科67属,其中乔木3科3属4种、灌木32科39属47种、草本25科28属32种,个体数量分别为295、644、4528;香樟人工林共计80种,隶属47科70属,其中乔木5科7属7种、灌木33科39属43种、草本31科33属34种,物种个体数量分别是121、537、2163。在3种人工林的乔木层中,毛竹人工林的乔木个体数量

和物种数均高于其他两种人工林,水杉人工林乔木种类最少,林分最为单一;在各个林分灌木层中,毛竹人工林灌木物种数最多,水杉人工林的灌木物种数多于香樟人工林,这与林分郁闭度以及林内小气候有关;在草本层中,水杉人工林草本植物物种数较

香樟人工林较少,但草本植物个体数量比香樟林多,说明香樟人工林下空间及营养资源虽适应逆境耐受性植物的生长,但林内小生境一定程度上也限制了草本植物的蔓延;毛竹人工林林下物种丰富度最大,香樟人工林物种丰富度最小。

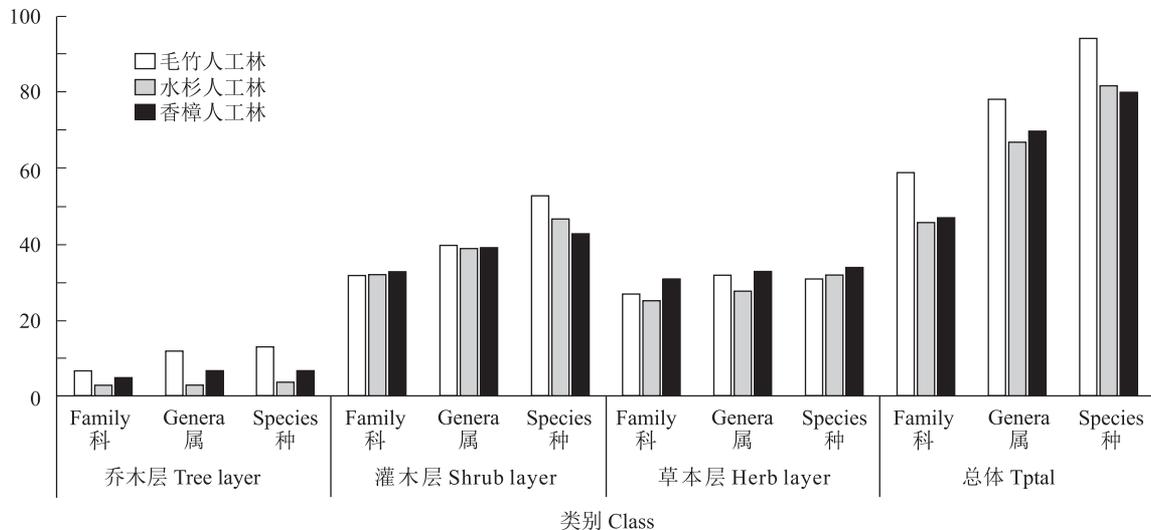


图1 3种人工林群落乔灌草层物种组成

Fig. 1 Species composition of the tree, shrub and herb layer in the three artificial forest communities

### 3.2 3种人工林群落乔灌草层物种重要值分析

由表2数据可知,在乔木层中,毛竹林中有慈竹、毛竹、金竹等13个物种,慈竹的重要值为0.0703,金竹的重要值为0.1209,毛竹的重要值为0.4748,在整个林分中优势地位显著,这与人们对慈竹进行采伐后补植毛竹、金竹等有关,同时也说明后期对人工林的管理逐渐改变了林分单一的现状;在水杉人工林乔木层中仅有水杉、银木(*Cinnamomum septentrionale*)、柳杉(*Cryptomeria fortunei*)和柑橘(*Citrus reticulata* Blanco)4个物种,水杉的重要值为0.7362,在水杉林中占有绝对优势,林分组成单一;在香樟人工林乔木层中有香樟、柳杉、杉木(*Cunninghamia lanceolata*)等7个物种,香樟的重要值为0.7942,其他物种重要值较小。柳杉作为当地的乡土树种,在3种人工林中都有分布,重要值分别为0.0087、0.0680和0.0749,其优势地位不明显,所占生境空间较小,可见当地对人工林的管理措施还有待改善。

由表3数据可知,在灌木层中,毛竹人工林群落林下灌木层优势物种主要为油茶、异叶榕、刚竹(*Phyllostachys sulphurea*)等10种植物,其中油茶与异叶榕都为灌木树种,重要值较大,共计为0.2810,禾本科植物有水竹(*Phyllostachys heteroclada*)和刚

竹,其重要值分别为0.0267、0.0884,在灌木层中优势地位不明显;有杉木和柳杉等乡土树种幼苗存在,但重要值较小,为0.0226、0.0255,需进行人工抚育;在水杉人工林群落中,优势物种主要为银木,异叶榕、灯台树(*Bothrocaryum controversum*)等10种植物,灯台树的重要值为0.0927,其次为银木0.0772,同时其林下未发现水杉幼苗,但有香樟幼苗分布;在香樟人工林群落中,主要优势物种为灯台树、八角枫(*Alangium chinense*)等,灯台树的重要值为0.1102,香樟的重要值达0.0321,说明该香樟能够进行自然更新。

表4表明,在不同人工林群落草本层中,鸭跖草、土牛膝均占据了优势地位,这是因为,这两种植物均为阴性植物,而雅安湿润多雨,林下生境较为适宜,因此其在各个群落内生长均较为适宜。在毛竹林、水杉林及樟树林3种人工林中,鸭跖草的重要值分别为0.4096、0.2676、0.0443;土牛膝的重要值分别为0.1565、0.106及0.1564,均在毛竹人工林中重要值最高,说明毛竹人工林林下涵养水源的能力高于其他林分,同时在毛竹人工林群落中,优势物种还有栗柄鳞毛蕨(*Dryopteris yoroii*)、尾尖凤丫蕨(*Corniogramme caudiformis*)等大量蕨类植物;在水杉人工林群落中,优势物种还有水竹叶(*Murdannia*

表 2  
Tab. 2 3 种人工林群落各层次物种重要值  
The important value (IV) for different layers of three artificial forests

层次 Layer	林分类型 Stand types	优势物种 Dominant species + 重要值 Importance value
乔木层 Tree layer	A	毛竹 <i>Phyllostachys heterocyclus</i> (0.4748) + 金竹 <i>Phyllostachys sulphurea</i> (0.1209) + 慈竹 <i>Neosinocalamus affinis</i> (0.0703) + 马尾松 <i>Pinus massoniana</i> (0.1026) + 其他 others
	B	水杉 <i>Metasequoia glyptostroboides</i> (0.7362) + 柑橘 <i>Citrus reticulata Blanco</i> (0.1301) + 银木 <i>Cinnamomum septentrionale</i> (0.0657) + 柳杉 <i>Cryptomeria fortunei</i> (0.0680)
	C	香樟 <i>Cinnamomum bodiniae</i> (0.7942) + 柳杉 <i>Cryptomeria fortunei</i> (0.0749) + 其他 others
灌木层 Shrub layer	A	油茶 <i>Camellia oleifera</i> (0.1474) + 异叶榕 <i>Ficus heteromorpha</i> (0.1336) + 刚竹 <i>Phyllostachys sulphurea</i> (0.0884) + 水竹 <i>Phyllostachys heteroclada</i> (0.0267) + 柳杉 <i>Cryptomeria fortunei</i> (0.0255) + 杉木 <i>Cunninghamia lanceolata</i> (0.0226) + 其他 others
	B	异叶榕 <i>Ficus heteromorpha</i> (0.0732) + 灯台树 <i>Bothrocaryum controversum</i> (0.0927) + 银木 <i>Cinnamomum septentrionale</i> (0.0772) + 樟 <i>Cinnamomum camphora</i> (0.0416) + 其他 others
	C	八角枫 <i>Alangium chinense</i> (0.1260) + 灯台树 <i>Bothrocaryum controversum</i> (0.1102) + 樟 <i>Cinnamomum camphora</i> (0.0321) + 其他 others
草本层 Herbaceous	A	鸭跖草 <i>Commelina communis</i> (0.4096) + 土牛膝 <i>Achyranthes aspera</i> (0.1565) + 栗柄鳞毛蕨 <i>Dryopteris yoroii</i> (0.0597) + 尾尖凤丫蕨 <i>Coniogramme caudiformis</i> (0.0311) + 其他 others
	B	鸭跖草 <i>Commelina communis</i> (0.2676) + 土牛膝 <i>Achyranthes aspera</i> (0.1060) + 水竹叶 <i>Murdannia triquetra</i> (0.0795) + 皱叶狗尾草 <i>Setaria plicata</i> (0.0672) + 其他 others
	C	鸭跖草 <i>Commelina communis</i> (0.0443) + 土牛膝 <i>Achyranthes aspera</i> (0.1564) + 紫萁 <i>Osmunda japonica</i> (0.0835) + 冷水花 <i>Pilea notata</i> (0.0795) + 其他 others

*triquetra*)、皱叶狗尾草 (*Setaria plicata*) 等禾本科植物;在香樟人工林群落中,优势物种有紫萁 (*Osmunda japonica*)、冷水花 (*Pilea notata*) 等 10 种植物,区别于毛竹人工林下蕨类植物的生长,说明其他人工林林下透光率高,光照强,适合禾本科等阳性植物的生长。

### 3.3 3 种人工林群落物种多样性分析

通过对 3 种人工林林下乔木层、灌木层和草本层多样性指数的计算后可知(见表 3),在不同人工林群落的垂直结构中,物种丰富度指数  $D$  值和 Shannon-wiener 多样性指数  $H'$  值、Simpson 优势度指数  $H'$  值、均匀度指数  $J_{sw}$  值均灌木层 > 草本层 > 乔木层,其中 3 种人工林的乔木层  $H'$  值在 0.5 以下,水杉人工林更是在 0.03 以下,灌木层  $H'$  值大部分在 0.8 以上, $J_{sw}$  值在 0.6 左右;从单个群落层次分析,在乔木层中,3 种人工林  $D$ 、 $H'$  值、 $H'$  值差异显著

( $P < 0.05$ ),  $J_{sw}$  值不存在显著差异 ( $P > 0.05$ );毛竹林乔木层中  $H'$  和  $J_{sw}$  值均最大,但总体上相对灌木层偏小;在灌木层中,各人工林各个物种多样性指数差异不显著。毛竹人工林中  $D$ 、 $H'$  值均大于其他林分,灌木层物种多样性丰富,香樟人工林  $D$  值比水杉人工林小,但  $H'$  值高于水杉人工林,这说明  $H'$  不仅与  $D$  值相关,还与物种的个体数量相关;水杉人工林灌木层  $H'$  值较大, $J_{sw}$  值较小,且均高于毛竹林和水杉林,群落发展极不稳定;在草本层中,香樟林  $H'$ 、 $H'$  与  $J_{sw}$  值差异显著,同时均大于其他人工林,毛竹人工林草本层  $H'$  和  $J_{sw}$  值极小,林下草本植物稳定生长,这与多种蕨类植物相关;除毛竹人工林的草本层外,各人工林群落乔木层  $H'$  与  $J_{sw}$  值均在 0.5 以下,灌木层  $H'$  值大部分在 0.8 以上,乔木层各多样性指数值均小于其他各层。

表 3  
Tab. 3 不同人工林林下各层物种多样性指数  
Species diversity among different artificial forests

层次 Layer	林分类型 Stand types	$D$	$H'$	$H'$	$J_{sw}$
乔木层 Tree layer	A	7 ± 0.4082a	0.957 ± 0.0589a	0.4926 ± 0.0354a	0.4948 ± 0.036a
	B	1.25 ± 0.25b	0.0183 ± 0.0183b	0.0068 ± 0.0068 b	0.0264 ± 0.0264a
	C	3.25 ± 0.4787c	0.5044 ± 0.1407c	0.2536 ± 0.0776c	0.4128 ± 0.0766b
灌木层 Shrub layer	A	25.5 ± 1.4434a	2.8915 ± 0.0562ab	0.7205 ± 0.0357a	0.6289 ± 0.0428a
	B	24.75 ± 2.0156a	2.3273 ± 0.1327a	0.9263 ± 0.005ab	0.4942 ± 0.0096ab
	C	23 ± 1.5811a	2.5942 ± 0.0859b	0.8834 ± 0.0123b	0.5287 ± 0.0089b
草本层 Herb layer	A	15.25 ± 2.8687a	0.5126 ± 0.0931a	0.2876 ± 0.0329a	0.48 ± 0.0212a
	B	19.75 ± 1.1087ab	1.4787 ± 0.1255b	0.6163 ± 0.0538b	0.5953 ± 0.0355b
	C	22.5 ± 2.958b	2.3297 ± 0.0543c	0.878 ± 0.0059c	0.6181 ± 0.034c

注:不同小写字母表示不同群落层次间的数据差异显著 ( $P < 0.05$ ); $D$ . 物种丰富度指数; $H'$ . Simpson 优势度指数; $H$ . Shannon-Wiener 多样性指数; $J_{sw}$ . Pielou 均匀度指数。

Notes: The different lower case letters indicate significant differences at  $p < 0.05$  among different disturbance intensities; $D$ . Richness index; $H'$ . Simpson index; $H$ . Shannon-Wiener index; $J_{sw}$ . evenness index.

## 4 讨论

研究表明,物种多样性高的森林群落,对外来物种及病虫害等的抵抗力及受到扰动后的恢复力更强<sup>[2]</sup>。在本研究中,毛竹人工林相对于水杉人工林、香樟人工林而言,乔木层、灌木层物种丰富度均最高,这与人们前期对慈竹砍伐后补植毛竹等其他物种及进行林地管理有关,此外,在毛竹人工林中,有马尾松、麻栎等12种乔木树种存在,这可能是造林之初,对林地清理不彻底造成,导致该林分并非单一树种;灌木层中有柳杉和杉木等乡土树种存在,但重要值较小。从物种多样性指数来看,毛竹人工林各层物种丰富度指数 $D$ 值与物种 Shannon-Wiener 指数 $H$ 值与其物种组成变化趋势一致,草本层反之,说明毛竹人工林涵养水源能力<sup>[19]</sup>较强,促进了林分上层以及草本层蕨类植物的生长,导致林下光照、水分等不足,逆境耐受型植物种子得以萌发和生长,但抑制了种子库中非耐阴性草本先锋物种种子的入侵和萌发<sup>[20,5,21]</sup>;灌木层 Simpson 优势度指数 $H'$ 值较大,林下竞争激烈。在水杉人工林中,乔木层水杉重要值在0.7以上,优势地位明显,物种组成单一,水杉林郁闭度低,林冠上层透光性强,充足的光照使林下阳性灌木生长,灌木层物种组成较丰富,与王娟<sup>[21]</sup>等认为的光照是影响植物生长和死亡的关键资源相一致。柳杉作为乡土树种,但幼苗期具有耐阴性,所以水杉人工林林下未发现柳杉幼苗<sup>[22]</sup>。林下水杉幼苗重要值为0,表明水杉人工林在当前环境下自然更新困难。从物种多样性指数上看,水杉人工林乔木层、草本层物种丰富度指数 $D$ 值与 Shannon-Wiener 多样性指数 $H$ 值较小,灌木层 Simpson 优势度指数 $H'$ 值达0.9以上,群落发展极不稳定,均匀度指数 $J_{sw}$ 值较小,群落物种分布极不均匀,群落均匀度较差<sup>[22]</sup>。香樟人工林乔木层、灌木层物种组成数最少,草本层与之相反;香樟在林中重要值为0.792,伴生少量柳杉,林下灌木层香樟幼苗重要值为0.0321,说明香樟林能实现自然更新,但林下灌草层 Simpson 优势度指数 $H'$ 值较大,均匀度指数 $J_{sw}$ 值较小,群落分布不均匀。这与陈飞鹏等<sup>[23]</sup>提到的由于优势种明显,优势种的个体数会明显多出一般种而使群落具有低的均匀度相一致。袁王俊<sup>[5]</sup>等提及的草本植物生活史短暂,能及时适应不同生活环境的变化,因而群落物种组成更具有不

稳定性和多变性也是一个原因。

研究表明,对人工林合理的经营,可以维持甚至提高土壤质量,合适的条件下也可以提高生物多样性,改善生态环境,同时其林产品的输出也为人们创造着巨大的经济效益<sup>[24]</sup>。所有在实际人工林经营及植被恢复过程中,必须从近自然经营理念<sup>[25]</sup>出发,充分考虑到不同人工林优势种群间的关系及竞争作用,从而合理的进行林分间伐抚育改造,营造林相丰富、层次结构稳定、物种丰富度高的混交林,以获得更大经济效益及生态效益。在该地区毛竹人工林经营培育中,对竹类植物进行疏伐的同时,应做好对柳杉、杉木等乡土树种的培育工作,加强林下蕨类植物的管理,使其在群落发展后期,组成使毛竹居下层的复层混交林,既能防止雪压风倒,又能创造适合竹林生长的生态条件<sup>[26]</sup>;在水杉人工林中,既要加强对水杉实生苗的培育,又要探究水杉种子萌发的限制因子及最适条件,利用恢复生态学手段对其生境进行修复,最终使得水杉能够自然更新<sup>[14]</sup>,同时辅以香樟等当地的阔叶林树种,实现针阔混交;在香樟林中,要综合考虑影响人工林群落植物更新及物种多样性的因素<sup>[27]</sup>,加强对其林下灌草层的经营管理,对林下幼苗加以人工抚育,增加乡土树种的混交比例,减少种间竞争,以营造一个与该立地条件下自然生长最为接近的、结构丰富稳定的异龄混交林。

## 参考文献:

- [1] 孟莹莹,周莉,周旺明,等. 26年后物种多样性变化特征[J]. 生态学报, 2015, 35(1): 0142 ~ 0149.
- [2] 郝建锋,王德艺,李艳,等. 人为干扰对川西金佛山楠木次生林群落结构和物种多样性的影响[J]. 生态学报, 2014, 34(23): 6930 ~ 6942.
- [3] ARES A, NEILL A R, PUETTMMANN K J. Understory abundance, species diversity and functional attribute response to thinning in coniferous stands[J]. Forest Ecology & Management, 2010, 260(7): 1104 ~ 1113.
- [4] 曲红,王百田,王隼,等. 黄土区不同配置人工林物种多样性研究[J]. 生态环境学报, 2010, 19(4): 843 ~ 848.
- [5] 袁王俊,卢训令,张维瑞,等. 不同植被类型植物物种多样性[J]. 生态学报, 2015, 35(14): 4651 ~ 4657.
- [6] 周择福,王延平,张光灿. 五台山林区典型人工林群落物种多样性研究[J]. 西北植物报, 2005, 25(2): 321 ~ 327.
- [7] 金慧,赵莹,赵伟,等. 长白山牛皮杜鹃群落物种多样性的海拔梯度变化及相似性[J]. 生态学报, 2015, 35(1): 0125 ~ 0233.
- [8] 崔宁洁,张丹桔,刘洋,等. 马尾松人工林不同大小林窗植物多样性及其季节动态[J]. 植物生态学报, 2014, 38(5): 477 ~ 490.

(下转第54页)

- 的应用研究[J]. 新疆农业科学, 2014, (9): 1644 ~ 1651
- [4] 张建忠. 生物菌肥在番茄种植中的运用[J]. 农业与技术, 2018, 21: 125
- [5] Wang S, Huang Y, Xu H, et al. Oxidized tea polyphenols prevent lipid accumulation in liver and visceral white adipose tissue in rats [J]. *European Journal of Nutrition*, 2017, 56(6): 2037 ~ 2048.
- [6] 李娟, 活泼, 杨海燕, 等. 茶叶功效成分研究进展[J]. 浙江科技学院学报, 2005, (4): 285 ~ 289
- [7] 刘进. 三个水稻叶绿素代谢相关基因的鉴定与功能分析[J]. 技术与市场, 2017, 11(1).
- [8] Jose Antonio Lucas, Jorge García-Cristobal, Alfonso Bonilla, ect. Beneficial rhizobacteria from rice rhizosphere confers high protection against biotic and abiotic stress inducing systemic resistance in rice seedlings[J]. *Plant Physiology and Biochemistry*. 2014. 82: 44 ~ 53.
- [9] 陈亮, 杨亚军, 虞富莲, 等. 茶树种质资源描述规范和数据标准[M]. 中国农业出版社, 2005, 1: 70 ~ 72.
- [10] 王丽丽, 陈键, 宋振硕, 等. 茶叶中茶多酚检测方法研究进展[J]. 茶叶科学技术, 2013(4): 6 ~ 12.
- [11] 胡秉芬, 黄华梨, 季元祖, 等. 分光光度法测定叶绿素含量的提取液的适宜浓度[J]. 草业科学, 2018(8).
- [12] 中国国家标准化管理委员会. GB/T8313-2002 茶 茶多酚测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2002; 1. 理学报, 2014, 2: 164 ~ 170.
- [13] 杨皓彬, 杨娜, 柏雪等. 白茶中茶多酚提取工艺及抗氧化活性的研究[J]. 中国食品学报, 2014(12): 24 ~ 31.
- [14] Arnon DI. Copper enzymes in isolated chloroplasts: polyphenol oxidase in *Beta vulgaris*[J]. *Plant Physiol*, 1949, 24: 1 ~ 15.
- [15] 严国光. 植物生产过程测定法[M]. 农业出版社, 1982.
- [16] 苏正淑, 张宪政. 几种测定植物叶绿素含量的方法比较[J]. 生物生理学通讯, 1989(5): 77 ~ 78.
- [17] 韩俊杰, 马保国, 韩宝坤, 等. 麦稻轮作高产条件下施磷对土壤速效磷及作物产量的影响[J]. 河北农业大学学报, 2001(3): 22 ~ 26.
- [18] 李伟, 王金亭. 枯草芽孢杆菌与解磷细菌对苹果园土壤特性及果实品质的影响[J]. 江苏农业科学, 2018, (3): 140 ~ 144.
- [19] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法[M]. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2000.
- [20] 张艳红, 魏志宇, 荚金华, 等. 枯草芽孢杆菌对调节养殖大棚水环境的作用机理及施用方法[J]. 渔业致富指南, 2018(16): 46 ~ 47.
- [21] 张典利, 孟臻, 亓文哲, 等. 植物根际促生菌的研究与应用现状[J]. 世界农药, 2018(6): 37 ~ 43.
- [22] 顾欣, 何继涛, 曹云娥, 等. 有机肥与菌肥配施对拱棚西瓜生长和品质的影响[J]. 北方园艺, 2016(18): 39 ~ 43.
- [23] 王欢, 高曹晨乐, 张鑫雨. 植物根际促生菌提高植物抗旱能力的研究分析[J]. 中国战略新兴产业, 2018(40): 148.

~~~~~

(上接第 37 页)

- [9] 申文辉, 何琴飞, 郑威, 等. 珠江流域中游 5 种不同森林类型物种组成及其多样性[J]. 广西林业科学, 2015, 44(4): 325 ~ 332.
- [10] KEENAN R, LAMB D, WOLDRING O, et al. Restoration of plant biodiversity beneath tropical tree plantations in Northern Australia. *Forest Ecology and Management*, 1997, 99(1 ~ 2): 117 ~ 131.
- [11] MANNING A D, FISCHER J, LINDENMAYER D B. Scattered trees are keystone structures-implications for conservation. *Biological Conservation*, 2006, 132(3): 311 ~ 321.
- [12] ZHANG D J, ZHANG J, YANG W Q, et al. Effects of afforestation with *Eucalyptus grandis* on soil physicochemical and microbiological properties. *Soil Research*, 2012, 50(2): 167 ~ 176.
- [13] 李金良, 郑小贤. 北京地区水源涵养林健康评价指标体系的探讨[J]. 林业资源管理, 2004(1): 31 ~ 34.
- [14] 龙冬梅, 汪正祥, 雷耘, 等. 天然水杉林的群落分类及演替动态[J]. 湖北林业科技, 2008, 5(153): 6 ~ 11.
- [15] 魏鹏, 李贤伟, 范川, 等. 华西雨屏区香樟人工林土壤表层细根生物量和碳储量[J]. 应用生态学报, 2013, 24(10): 2755 ~ 2762.
- [16] 罗涛, 何平. 人类干扰和竹类侵扰下的四面山南方红豆杉群落物种多样性研究[J]. 西南师范大学学报(自然科学版), 2012, 37(10): 87 ~ 92.
- [17] 贺书珍, 王得祥, 杨改河, 等. 局域与区域生态过程对太白山牛皮桦林林隙内草本植物物种丰富度的影响[J]. 西北植物学报, 2012, 32(1): 0180 ~ 0186.
- [18] 马克平. 生物多样性与生态系统功能的实验研究[J]. 生物多样性, 2013, 21(3): 247 ~ 248.
- [19] 王景燕, 胡庭兴, 龚伟, 等. 川南坡地不同退耕模式土壤及枯落物持水特性[J]. 四川农业大学学报, 2012, 30(1): 24 ~ 29.
- [20] 陈杰, 郭屹立, 卢训令, 等. 伊洛河流域草本植物群落物种多样性[J]. 生态学报, 2012, 32(10): 3021 ~ 3030.
- [21] 王娟, 达良俊, 李艳艳, 等. 城市化进程中上海植被的多样性、空间格局和动态响应(V): 管护放弃后城市水杉林下植被自然演替格局的研究[J]. 华东师范大学学报(自然科学版), 2009(6): 12 ~ 21.
- [22] 李艳, 姚小兰, 郝建锋, 等. 林窗对川西周公山柳杉人工林林下物种多样性的影响[J]. 西北植物学报, 2015, 35(6): 1238 ~ 1245.
- [23] 陈飞鹏, 暨淑仪, 汪殿蓓, 等. 海南南红稻田杂草群落物种多样性指数的测定及评价[J]. 华中农业大学学报, 2001, 20(5): 438 ~ 441.
- [24] 褚建民, 卢琦, 崔向慧, 等. 人工林林下植被多样性研究进展[J]. 世界林业研究, 2007, 20(3): 9 ~ 13.
- [25] 郝云俊, 王金锡, 王启和, 等. 柳杉纯林改造后林分空间结构变化预测[J]. 林业科学, 2006, 42(8): 8 ~ 13.
- [26] 吴萌, 车国宣. 慈竹丰产结构研究[J]. 四川林业科技, 1985(1): 7 ~ 10.
- [27] 何友均, 梁星云, 覃林, 等. 南亚热带人工针叶纯林近自然改造早期对群落特征和土壤性质的影响[J]. 生态学报, 2013, 33(8): 2484 ~ 2495.