

白龙江林区 2 种次生林群落组成与结构特征

王 飞^{1,2},曹秀文^{1,2*},刘锦乾^{1,2},齐 瑞^{1,2},赵 阳^{1,2},张 涛^{1,2},陈学龙^{1,2},
曹家豪^{1,2},王若鉴^{1,2},武亚男^{1,2},杨 静^{1,2}

(1. 甘肃省白龙江林业管理局 林业科学研究所,甘肃 兰州 730070;2. 甘肃白龙江森林生态系统国家定位观测研究站,甘肃 舟曲 746300)

摘 要:分析白龙江林区 2 种次生林群落与结构组成,丰富该地区森林动态资料,为该地区生物多样性保护和生态恢复提供一定的科学依据。采用群落生态学研究方法,于自然恢复林中选择次生林栎林(LL)和桦木林(HM)2 种林分,分别设置 8 块 20 m×20 m 固定样地,对胸径≥3 cm 的林木进行每木检尺,计算群落多样性指数、特征值和相似性系数等指标。结果表明,HM 和 LL 中树种丰富且在群落内空间分布比较均匀。LL 中共有植物 70 种,属于 46 个属、26 个科,以壳斗科、蔷薇科、松科、忍冬科为主;HM 中共有植物 63 种,属于 35 个属、22 个科,以桦木科、蔷薇科、松科、杨柳科为主。LL 和 HM 径级结构均呈倒“J”型,群落个体主要集中在Ⅰ~Ⅲ级,V 龄级以后个体较少,表明 2 种群落均为增长型。2 种次生林群落树种组成、空间结构存在异同,HM 和 LL 群落均表现出多数种集中在少数科。说明试验林分植被恢复遵循群落演替动态规律,选择起源和演化具有相似性的树种作为建群种。建议在该地区搭配合理的其他树种,提高林分质量,加强次生林优势植物的利用。

关键词:群落组成;次生林;白龙江;群落结构

中图分类号:S718.5 **文献标志码:**A **文章编号:**1001-7461(2021)03-0044-08

Community Composition and Structural Characteristics of Two Secondary Forests in Bailongjiang Forest Area

WANG Fei^{1,2},CAO Xiu-wen^{1,2*},LIU Jin-qian^{1,2},QI Rui^{1,2},ZHAO Yang^{1,2},ZHANG Tao^{1,2},
CHEN Xue-long^{1,2},CAO Jia-hao^{1,2},WANG Ruo-jian^{1,2},WU Ya-nan^{1,2},YANG Jing^{1,2}

(1. Institute of Forestry Science,Bailongjiang Forestry Management Bureau of Gansu Province,Lanzhou 730070,Gansu,China;
2. Gansu Bailongjiang National Forest Ecosystem Research Station,Zhouqu 746300,Gansu,China)

Abstract: To analyze the community composition and structure of two secondary forests occurring in Bailongjiang forest area,to enrich the dynamic data of the forest and to provide a scientific basis for the protection of biodiversity and ecological restoration. Based on the theory of community ecology,firstly,secondary oak forests (LL) and birch forests (HM) were selected from the naturally restoring forests,in which sample 8 plots with the size of 20 m×20 m were set up. Secondly,all the tally trees with the breast diameter greater than 3 cm were measured. Finally,diversity index,characteristic value and similarity coefficient of the trees were calculated. There were abundant tree species in HM and LL groups and their spatial distributions in the community were relatively uniform. Seventy plant species,belong to 26 families and 46 genera were observed in LL group,with the dominant family Fagaceae,Rosaceae,Pinaceae and Caprifoliaceae; 63 plant species were found in HM group,belonging to 22 families and 35 genera,with the dominant family Betulaceae,Rosaceae,Pinaceae and Salicaceae. The diameter class structures of LL and HM groups present-

收稿日期:2020-06-18 修回日期:2020-08-03
基金项目:甘肃省 2019 年林业科技创新与国际合作项目(KJCX201909);甘肃省林业科技项目(2015kj045,2016kj058)。
作者简介:王 飞,工程师。研究方向:森林生态。E-mail:173763825@qq.com
* 通信作者:曹秀文,正高级工程师。研究方向:林业土壤。E-mail:1336190642@qq.com

ted a “J” pattern. The community individuals were mainly concentrated in grades I to III, and there were fewer individuals large than V grade, indicating that the two groups were the growing type. Differences and similarities in tree species of composition and spatial structure existed between the two groups, in which most species were concentrated in a minority group of the family level. The vegetation restoration in the experimental forests followed the dynamic law of community succession, and tree species with similar origins and evolution should be selected as constructive species. Therefore, it was recommended to mix reasonable tree species in the secondary forests to improve the quality of the stands in Bailongjiang forest area to strengthen the use of dominant plants.

Key words: community composition; secondary forest; Bailong river; community structure

植物群落是生活在一定区域内所有植物个体通过互惠、竞争等相互作用而形成的一个有机整体^[1], 结构是植物群落的基本属性^[2], 也是生物多样性研究中至关重要的方面^[3], 群落结构包括形态方面和生态方面的结构, 体现群落中不同个体的组配情况和更新机制, 并能反映与环境之间的相互适应关系^[4]。自然界的植物群落是植物与环境相互作用的产物, 群落结构受环境因素、海拔梯度等的影响^[5], 不同类型群落在结构和功能上具有很大的差异^[6-7]。物种的株高、胸径、枝下高、冠幅、盖度等是描述群落结构特征的常用指标^[8-9], 物种多样性则是群落功能的主要体现^[10], 物种多样性不仅可以反映植物群落和生态系统的特征, 也可以直接或间接地体现群落和生态系统的结构类型、组织水平、演替阶段、稳定程度和生境差异等^[11-12]。因此, 阐明群落结构特征、物种多样性、种类组成对于认识群落结构与功能及其相互关系意义重大, 研究群落结构特征为对天然林的合理经营管理及物种多样性的保育提供依据^[13-16]。

我国亚热带地区分布着大量的天然次生林^[17], 其中栎类(*Quercus* spp.)和桦木(*Betula* spp.)是我国天然林的主要树种, 栎类天然林占我国天然林面积的 14%^[18]。甘肃南部森林资源丰富, 承担水源涵养、水土保持和维持长江流域生态安全等多种功能^[19]。在 20 世纪 50 年代以来, 随着甘肃南部亚高山森林的大规模开发停采后形成以云杉为主的人工林^[20-21], 以栎类、桦木和杨树(*Populus* L. spp.)为主的天然次生林。关于该地区森林群落中种群的空间分布格局及其关联性的研究, 主要集中在人工云杉林^[21], 对于天然次生林的群落结构与优势树种分布格局的研究目前国内还未见报道, 群落结构特征及种群空间分布格局研究是揭示植物群落维持机制和演替动态的基础^[22], 不同区域、不同发育阶段的次生林有其各自独特的树种组成、空间结构等群落特征^[23], 因此, 为了更深入地了解甘肃南部亚高山主要次生林的群落形成与维持机制, 揭示次生林群

落结构、物种多样性和种类组成特征, 旨在为该地区生态演替趋势、植被恢复与重建以及生物多样性的保护提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

试验区设在甘肃南部白龙江上游和洮河流域, 地处青藏高原、黄土高原、秦巴山地和四川盆地的交汇区, 地理位置独特, 森林资源丰富^[24], 位于 102°46′—104°52′E, 33°04′—35°09′N, 属于典型的西南高山地形, 温度、降水具有明显的垂直分布和水平差异^[25]。成土母质为坡积母质, 土层厚度在 1 m 以下, 表层石砾含量少。全年平均气温 1.3℃, 年降水量 1 048 mm, 全年降水量集中在 5—10 月。年平均空气相对湿度 80%, 无霜期 80~103 d^[24], 由于人为砍伐, 天然林破坏比较严重, 20 世纪 90 年代实施封山育林, 形成了多种处于不同恢复演替阶段的植物次生林群落, 为开展甘南森林恢复演替研究提供了良好的场所。

1.2 样地布设与野外测定

野外调查主要集中在 2019 年 6—7 月进行。在研究区内选取植被分布均匀、区域代表性较强的栎林(简称 LL)和桦木林(简称 HM)天然次生林样地各 8 个, 本研究中栎类指辽东栎(*Q. wutaishansea*), 桦木指红桦(*B. albosinensis*)和白桦(*B. platyphylla*), 设置 20 m×20 m 的样方, 记录样方地形、地貌等因子, 对选定样方内胸径≥3 cm 的乔木进行每木检尺, 记录种名, 测量树高、胸径和冠幅等, 并对每株乔木进行挂牌编码; 在乔木样方四角和中心位置设置 5 个 5 m×5 m 的灌木调查样方, 记录灌木种名、测量地径、株高和冠幅等; 在灌木样方四角和中心位置设置 5 个 1 m×1 m 的草本样方, 记录草本种名、盖度、株数、株高等信息。

1.3 数据分析

采用 α 多样性测度指标统计木本植物多样性, 包括多样性 Shannon-Winener 指数(H')、优势度

Simpson 指数(D)、丰富度指数 Margalef 指数(E)和均匀度指数(J)。各指数计算公式如下^[25]：

$$E=(S-1)/(LnN)$$

(1)

$$H'=-\sum_{i=1}^SP_iLnP_i$$

(2)

$$D=1-\sum_{i=1}^SP_i^2$$

(3)

$$J=(-\sum_{i=1}^SP_iLnP_i)/LnS$$

(4)

式中： N 为样地内所有物种个体总和； S 为样地内物种数目； P_i 为 i 物种个体数占有所有物种个体数比率，即： $P_i=n_i/N$ 。

1.4 群落特征值的计算

群落特征值的计算公式如下^[26]：

$$RD=(D_i/\sum_{i=1}^SD_i)\times100$$

(5)

$$RM=(M_i/\sum_{i=1}^SM_i)\times100$$

(6)

$$RF=(F_i/\sum_{i=1}^SF_i)\times100$$

(7)

$$IV=(RD+RF+RM)/3$$

(8)

$$FIV=(R\Delta+RM+RD)/3$$

(9)

$$I_s=2C/(A+B)$$

(10)

式中： RD 为相对密度； RF 为相对频度； RM 为相对显著度； IV 为种的重要值； D_i 为 i 物种个体与样地面积之比； M_i 为 i 物种胸高断面面积与样地面积之比； F_i 为物种 i 在样地出现的样方数与总样方数之比； FIV 为科或者种分布型的重要值^[29]； $R\Delta$ 为相对多样性，是一个科或某一分布型物种数占总物种数的百分比； I_s 为群落相似系数^[30]； C 为 2 种群落的共有物种； A 和 B 分别为 2 种群落的物种数。

为了反映群落结构特征，综合样地调查情况，较难获取其年龄的情况下，可用径级结构代替其年龄结构^[31]分析种群结构动态量化，将栎林(LL)和桦木林(HM)的 DBH 以 3 cm 为 1 个径级划分为 10 个径级(I 级：3 cm≤DBH<6 cm，II 级：6 cm≤

DBH<9 cm，III 级：9 cm≤DBH<12 cm，IV 级：12 cm≤DBH<15 cm，V 级：15 cm≤DBH<18 cm，VI 级：18 cm≤DBH<21 cm，VII 级：21 cm≤DBH<24 cm，VIII 级：24 cm≤DBH<27 cm，IX 级：27 cm≤DBH<30 cm，X 级：DBH≥30 cm)。种群动态量化计算公式如下^[32]：

$$V_n=\frac{S_n-S_{n+1}}{Max(S_n,S_{n+1})}\times100\%$$

(11)

$$V_{pi}=\left(\frac{1}{\sum_{n=1}^{k-1}S_n}\right)\times\sum_{n=1}^{k-1}(S_n\cdot V_n)$$

(12)

$$V'_{pi}=\frac{\sum_{n=1}^{k-1}S_nV_n}{Min(S_1,S_2\cdots S_k)k\cdot\sum_{n=1}^{k-1}S_n}$$

(13)

$$P_{极大}=\frac{1}{kMin(S_1,S_2\cdots S_k)}$$

(14)

式中： S_n 为每个径级物种数； V_n 为种群内各龄级间个体数量的变化动态； V_{pi} 为整个种群的数量变化动态； V'_{pi} 为修正后的种群的数量变化动态； V_n 、 V_{pi} 、 V'_{pi} 取正、负和 0 分别反映种群个体数量的增长、衰退和稳定的结构特征。

采用 Excel 2010 统计软件分析群落组成、结构数据和制图。

2 结果与分析

2.1 2 种次生林群落的基本特征

对 2 种群落样方内 DBH≥1 cm 的林木统计结果表明(表 1)，LL 和 HM 树种比较丰富，主要树种优势度大，且在群落中分布比较均匀。LL 的物种数为 70 种，大于 HM 物种数，但 HM 的株数、密度、多样性指数 H' 、优势度指数 D 和均匀度指数 J 均大于 LL。2 种群落相似系数 I_s 为 0.466，具有 15 科 31 种相同，在群落物种组成具有一定的相似性。

表 1 2 种次生林群落的基本特征

Table 1 Basic characteristics of two secondary forest communities

群落类型	密度 (/株·hm ⁻²)	物种数	多样性指数 H'	丰富度指数 E	优势度指数 D	均匀度指数 J	相似系数 I_s
LL	2 153	70	2.112	9.578	0.652	0.497	0.466
HM	2 308	63	2.247	8.476	0.782	0.542	

2.2 群落物种组成及生活型特征

从表 2 可以看出，LL 群落物种有 70 种，隶属 26 科 46 属，其中主要以双子叶植物为主 62 种 23 科 40 属，裸子植物 2 科，分别是松科和柏科，单子叶植物一科，是禾本科的箭竹；常绿乔木 2 科 6 属 10 种，落叶乔木 7 科 7 属 11 种，灌木全部落叶，LL 群落物种落叶树种为 59 种，占 84.29%。HM 群落共

有物种 63 种，隶属 22 科 35 属，其中裸子植物 1 科为松科，单子叶植物 1 种为箭竹，双子叶植物 20 科 31 属 58 种，占 HM 群落中物种数的 92.06%；乔木常绿树种 2 科 5 种，乔木落叶树种 4 科 7 种，灌木落叶树种 16 科 51 种，占群落中物种数的 80.95%；常绿树种 2 科 5 种，落叶树种 20 科 58 种，占群落物种数的 92.06%。LL 的科、属、种均>HM，2 种群落

表 2 群落中 DBH≥1 cm 树种组成及生活型特征

Table 2 Species compositions and life-forms of the trees with DBH≥1 cm in two groups

项目		LL			HM		
		科	属	种	科	属	种
裸子植物		2	5	7	1	3	4
双子叶植物		23	40	62	20	31	58
单子叶植		1	1	1	1	1	1
乔木树种	常绿	2	6	10	2	4	5
	落叶	7	7	11	4	4	7
灌木树种	落叶	17	34	52	16	27	51
常绿树种		3	7	11	2	4	5
落叶树种		23	39	59	20	35	58

主要以双子叶灌木植物为主,无藤本植物。

2.3 2 种次生林群落科的特性

科的重要值可反映群落组成优势成分和区系表征成分^[33],从表 3 可以看出,LL 群落树种占优势的是壳斗科(Fagaceae)、蔷薇科(Rosaceae)、松科(Pinaceae)和木犀科(Oleaceae);HM 群落树种占优势的是桦木科(Betulaceae)、杨柳科(Salicaceae)、松科和蔷薇科。LL 群落中蔷薇科物种数最多为 18 种,占群落物种数的 25.71%,相对频度最大;松科有 6 种植物,它的相对显著度最大为 15.77;壳斗科物种 4 种,密度、相对密度和重要值都最大,其中重要值为 41.74;种数大于 2 的科有 13 科 57 种,表现为较少的科含有较多的物种,表明 2 种次生林群落群系组成中优势科作用显著。2 种群落重要值排名前 5 的科差异较大,LL 群落中壳斗科的重要值最大其次是蔷薇科,然后依次是松科、木犀科和忍冬科(Caprifoliaceae),壳斗科重要值是蔷薇科的 3.71 倍,是忍冬科的 9.83 倍。HM 群落中前 5 科依次是桦木科、杨柳科、松科、蔷薇科和忍冬科,桦木科的重要值是忍冬科的 5.29 倍,说明壳斗科在 LL 群落中占优势度更大。2 种群落中重要值前 5 的科有 3 科相同,在构成群落的优势树种一致,但是 LL 群落主要以常绿乔木为主,HM 群落主要以落叶乔木为主。

2.4 2 种群落重要值排名前 10 植物种类的特征值

种的重要值直接反映种在群落中的地位和作用,优势种对群落结构 and 环境形成起着决定性的作用^[28]。从表 4 可以看出,LL 群落中辽东栎的密度、相对频度、相对密度和重要值最大,占绝对优势;其次是刺叶高山栎(*Q. spinosa*)、北京丁香(*Syringa pekinensis*)、枫杨(*Pterocarya stenoptera*)、青扦(*Picea wilsonii*),都是乔木树种,重要值相差不大,LL 群落主要以乔木树种为优势树种。HM 群落中红桦的密度、相对频度和相对密度最大,白桦的相对显著度最大。LL 和 HM 重要值前 10 之和分别为

41.68 和 42.70,2 种群落重要值前 10 相同的物种只有辽东栎,且辽东栎在 HM 群落中重要值较低,表明 2 种次生林群落优势种组成相差较大。

2.5 LL 和 HM 群落种群分布现状及结构特征

2 种次生林群落结构均呈现倒“J”型(图 1),LL 和 HM 群落 I~Ⅲ 龄级个体数占总体数分别为 87.23%、74.37%。2 种群落个体数都在Ⅱ龄级最大,在Ⅱ龄级以后 2 种次生林群落个体呈下降趋势;Ⅴ龄级以后 LL 群落个体数占总个体数的 5.03%,HM 群落个体数占总个体数的 7.09%,说明 2 种次生林中幼龄级个体数较多,中老龄个体较少,2 群落个体数随着龄级的增加呈指数函数($P<0.05$),2 种次生林群落整体呈增长型。

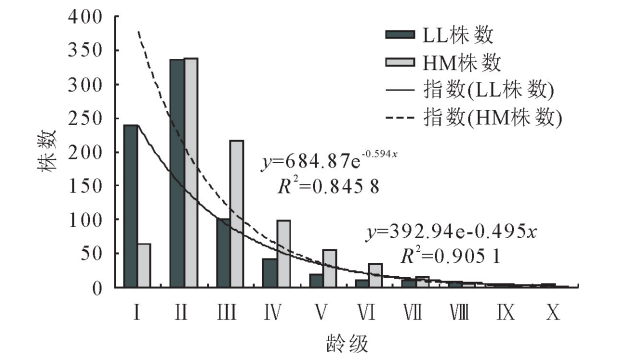


图 1 2 种次生林群落径级结构

Fig. 1 Size structure of two secondary forest groups

采用种群动态量化方法分析 2 种次生林群落相邻大小径级结构动态变化,以对其结构特征进行更准确的评价。分析结果显示(表 5),2 种次生林 V_1 均 <0 ,说明 2 种群落在 I~Ⅱ 龄级为衰退型;LL 次生林群落 $V_9<0$,其他都 >0 ,群落在Ⅷ~Ⅸ龄级为衰退型,其他龄级均为增长型;HM 次生林群落 $V_1<0$ 之外其他都 >0 ,说明 HM 群落在Ⅱ~Ⅹ龄级呈增长型。进一步计算 2 种次生林总体数量动态变化指数 V_{pi} (不考虑外部干扰)和 V'_{pi} (考虑随机干扰),结果显示,LL 和 HM 均为种群 $V_{pi}>V'_{pi}>0$,LL 次生林群落 $V'_{pi}>HM$,2 种次生林种群均属于增长型,但 LL 群落增长性较低。随机干扰风险极大值 $P_{极大}$ 即种群结构对随机干扰的敏感性指数分别为 0.025 和 0.1,说明两地种群对外界随机干扰均具有较高的敏感性。

3 结论与讨论

3.1 结论

HM 群落物种数较少,但密度和株数较多,分布均匀;而 LL 群落物种数较多,丰富度较大,HM 群落物种优势度相比 LL 群落较小,种间营养竞争均匀;HM群落内随着物种株数增加样性指数和均匀

表 3 2 种群落科的特性

Table 3 Family eigenvalues of two groups

群落类型	科	物种数	密度 /(株·hm ⁻²)	相对频度 RF	相对密度 RD	相对显著度 RM	重要值 IV
LL	壳斗科 (Fagaceae)	4	2 608	15.054	43.452	11.959	41.742
	蔷薇科 (Rosaceae)	18	967	21.505	15.548	11.746	11.254
	忍冬科 (Caprifoliaceae)	5	267	7.527	4.442	6.514	4.247
	鼠李科 (Rhamnaceae)	3	89	3.226	1.481	1.547	1.462
	松科 (Pinaceae)	6	145	8.602	2.406	15.768	7.346
	小檗科 (Berberidaceae)	3	111	3.226	1.851	2.238	1.611
	杨柳科 (Salicaceae)	3	78	6.451	1.296	2.445	1.941
	槭树科 (Aceraceae)	3	28	4.301	0.463	5.157	2.121
	木犀科 (Oleaceae)	2	44	2.151	0.463	14.808	5.189
	菊科 (Asteraceae)	2	200	2.151	3.332	0.133	1.601
	桦木科 (Betulaceae)	3	114	5.376	4.535	2.056	3.213
	虎耳草科 (Saxifragaceae)	3	133	4.301	2.221	1.371	1.495
	豆科 (Leguminosae)	2	256	2.151	4.257	0.640	2.203
	椴树科 (Tiliaceae)	1	9	1.223	0.139	1.075	0.529
	菝葜科 (Smilacaceae)	1	22	1.075	0.370	0.190	0.236
	百合科 (Liliaceae)	1	311	1.075	5.182	0.004	2.442
	柏科 (Cupressaceae)	1	6	1.075	0.370	2.491	1.001
	唇形科 (Labiatae)	1	44	1.071	0.740	0.737	0.592
	樟科 (Lauraceae)	1	14	1.075	0.231	2.159	0.921
	禾本科 (Gramineae)	1	200	1.075	3.332	0.157	1.609
	胡桃科 (Juglandaceae)	1	22	1.075	0.370	8.833	3.266
	胡颓子科 (Elaeagnaceae)	1	78	1.075	1.296	1.124	0.780
	马钱科 (Loganiaceae)	1	78	1.075	1.196	0.184	0.667
	卫矛科 (Celastraceae)	1	11	1.078	0.185	3.299	1.186
	五加科 (Araliaceae)	1	22	1.075	0.370	1.261	0.593
	芸香科 (Rutaceae)	1	22	1.075	0.370	1.188	0.569
	小计	70	5 879	100	100	100	100
HM	豆科	2	175	2.5	2.413	0.681	1.342
	桦木科	5	2 728	17.5	39.293	7.735	35.051
	虎耳草科	5	450	8.75	6.204	5.836	4.812
	胡颓子科	2	136	2.5	1.896	2.499	1.709
	槭树科	3	19	3.75	0.259	3.550	1.403
	蔷薇科	11	775	15	10.685	10.455	8.423
	忍冬科	8	613	12.5	8.444	8.164	6.624
	松科 (Pinaceae)	4	31	5	0.431	23.658	8.252
	五加科	3	136	3.75	1.896	4.831	2.486
	小檗科	4	225	6.25	3.102	1.999	2.099
	杨柳科	5	834	6.25	12.796	8.226	12.933
	菝葜科	1	50	1.25	0.689	0.182	0.379
	百合科	1	138	1.25	1.896	0.025	0.884
	茶藨子科 (Grossulariaceae)	1	113	1.25	1.551	0.166	0.772
	椴树科	1	13	1.25	0.172	0.575	0.338
	禾本科	1	138	0.25	1.896	0.413	1.014
	胡桃科	1	6	1.25	0.086	1.443	0.554
	壳斗科	1	281	1.25	3.878	7.097	5.655
	猕猴桃科 (Actinidiaceae)	1	25	1.25	0.345	2.938	1.138
	木犀科	1	63	1.25	0.862	6.082	2.425
	山茱萸科 (Cornaceae)	1	38	0.25	0.517	2.516	1.078
	樟科	1	50	1.25	0.689	0.931	0.629
	小计	63	7 037	100	100	100	100

表 4 2 种群落重要值排名前 10 植物种类的特征值

Table 4 Species eigenvalues of top 10 important value of the two groups

群落类型	种	密度 /(株·hm ⁻²)	相对频度 RF	相对密度 RD	相对显著度 RM	重要值 IV
LL	辽东栎	2 156	9. 677	35. 909	4. 259	16. 615
	刺叶高山栎	406	2. 150	6. 756	4. 750	4. 552
	北京丁香	6	1. 075	0. 370	11. 569	4. 338
	枫杨	226	1. 075	0. 370	8. 833	3. 426
	青扞	86	3. 225	1. 804	4. 607	3. 212
	防己叶菝葜 (<i>Smilax menispermoidea</i>)	311	1. 075	5. 182	0. 004	2. 087
	虎榛子 (<i>Ostryopsis davidiana</i>)	156	3. 225	2. 591	0. 427	2. 081
	葱皮忍冬 (<i>Lonicera ferdinandii</i>)	667	3. 225	1. 110	1. 297	1. 878
	珍珠梅 (<i>Sorbaria sorbifolia</i>)	111	2. 150	1. 850	1. 245	1. 749
	黄花木 (<i>Piptanthus concolor</i>)	244	1. 075	4. 072	0. 088	1. 745
	小计	4369	27. 952	60. 014	37. 079	41. 683
HM	红桦	1841	7. 5	25. 376	2. 225	11. 701
	白桦	822	5	11. 331	1. 835	6. 055
	山杨	803	1. 25	11. 072	0. 496	4. 273
	辽东栎	281	1. 25	3. 877	7. 096	4. 074
	落叶松 (<i>Larix gmelinii</i>)	13	1. 25	0. 172	9. 362	3. 594
	油松 (<i>Pinus tabuliformis</i>)	3	1. 25	0. 0430	8. 542	3. 278
	水曲柳 (<i>Fraxinus mandshurica</i>)	63	1. 25	0. 861	6. 081	2. 731
	唐古特忍冬 (<i>L. tangutica</i>)	225	3. 75	3. 102	0. 334	2. 395
	甘肃山梅花 (<i>Philadelphus kansuensis</i>)	175	3. 75	2. 412	0. 955	2. 372
	华山松 (<i>Pinus armandii</i>)	7	1. 25	0. 086	5. 353	2. 230
	小计	4233	27. 5	58. 332	42. 279	42. 703

表 5 2 种次生林群落的种群动态变化指数

Table 5 Population dynamics index of two groups

种群动态 指数级	动态指数/%		种群动态 指数级	动态指数/%	
	LDL	HM		LDL	HM
V ₁	—28. 869	—81. 009	V ₈	50	60
V ₂	69. 940	35. 608	V ₉	—33. 333	50
V ₃	59. 406	54. 839	V _{pi}	34. 027	34. 235
V ₄	53. 659	42. 857	V' _{pi}	0. 851	1. 712
V ₅	42. 105	37. 5	P _{极大}	0. 025	0. 1
V ₆	9. 091	54. 286			
V ₇	20	68. 75			

度指数均>LL 群落。

2 种次生林群落物种组成具有较大差异;LL 群落有木本植物 26 科、46 属、70 种,主要以蔷薇科、壳斗科、松科、忍冬科和木犀科为主,其重要值之和为 69. 78,包含 33 种,体现出少数科包含多数种。HM 群落有木本植物 22 科、35 属、63 种,主要以桦木科、蔷薇科、松科、杨柳科和忍冬科为主,其重要值之和为 71. 27,其中桦木科最大为 35. 05,形成以桦木为优势种群落。2 种次生林群落科重要值排前 5 的科中相同的有 3 科,但是重要值排名前 10 的种相同的只有 1 种,2 种群落排名前 10 的植物主要以乔木为主,说明该区域形成的建群种既有不同,也有相似之处。

2 种次生林群落的龄级结构均呈倒“J”型,I ~

Ⅲ 龄级植物个体较多,V 龄级以后群落个体少,老龄个体占种群数量的比例较低,幼龄个体能较好的补充中老龄个体的发展,种群结构总体呈现增长型。

在白龙江次生林植被恢复过程中,遵循群落演替动态规律,选择合适的树种作为建群种,促进白龙江次生林的演替进程。

3.2 讨论

植物种群作为物种存在的基本单位,其结构特征是植物对外界环境适应性的集中体现^[34-35],比较不同生境下群落种群特征有助于了解物种与生存环境之间的适应度^[34]。研究表明,群落物种多样性与个体密度呈正比^[36-37],但也有研究表明,在群落演替过程中,由于物种种类增多,单个物种株数减少,密度下降,即优势种多度受限制,使得竞争能力较弱的物种能够生存,物种多样性增加^[38]。本研究中 HM 次生林群落因林冠层遮挡,透光率低,光照强度减弱,林下地被物和土壤含水率高,HM 群落物种数较少,但是密度和株数较多,分布均匀;而 LL 次生林群落林冠层透光性较好,林下植物获得较多的光照,群落物种数较多,LL 群落物种丰富度较大,HM 群落物种优势度相比 LL 群落较小,种间营养竞争均匀;HM 群落内物种株数增加,密度增大,则多样性指数和均匀度指数均>LL 群落,群落密度与多样

性呈正相关,这与蒋有绪^[36]、王震洪等^[37]的研究相一致。

由于植物群落适应性的差异和环境条件的时空变化,植物群落类型丰富多样,分析植物群落科、属、种组成可为探讨群落区系性质和起源提供科学依据^[38]。本研究中 2 种次生林群落物种组成具有较大差异;LL 次生林群落有木本植物 26 科、46 属、70 种,主要以蔷薇科、壳斗科、松科、忍冬科和木犀科为主,这 5 科重要值之和为 69.78,其中壳斗科最大为 41.74,形成以栎类为主的次生林群落,壳斗科物种数、密度、相对频度、相对密度和相对显著度也最大,5 科包含 33 种,体现出少数科包含多数种。HM 群落有木本植物 22 科、35 属、63 种,相比 LL 群落科、属、种都减少,HM 次生林群落主要以桦木科、蔷薇科、松科、杨柳科和忍冬科为主,5 科重要值之和为 71.27,其中桦木科最大为 35.05,形成以桦木为优势种群落。2 种次生林群落科重要值排前 5 的科中相同的有 3 科,但重要值排名前 10 的种相同的只有 1 种辽东栎,2 种群落排名前 10 的植物主要以乔木为主,说明该区域形成的建群种有相似之处,也有很大的不同,都是以乔木和大灌木为主形成的森林结构群落,也是群落类型划分的依据,决定了灌草层植被结构和生长特性,这与张维伟的研究相一致^[40]。

植物群落结构特征不仅能够体现种群内部个体的发展过程,而且也是对立地条件优劣及植物对环境适应性的反映^[40],龄级结构可以较直观的反映种群与环境间的相互关系,同时呈现出种群在群落中的作用和地位^[41],也能很好反映种群动态变化^[42]。本研究中 2 种次生林群落的龄级结构均呈倒“J”型,这与秦运芝等^[43]对湖南八大公山 25 hm² 常绿阔叶混交林动态监测样地群落组成与空间结构研究一致,2 种群落动态指数结果显示,2 种群落均为增长型,且都对生存环境具有较高的敏感性,2 种次生林群落中 V 龄级以后群落个体较少,老龄个体占种群数量的比例较低,I~Ⅲ龄级植物个体较多,能较好的补充中老年个体的发展,种群可以长期维持稳定状态,种群结构总体呈现相对稳定型,2 种次生林群落结构具有一定的相似性。

植被恢复遵循群落演替动态规律,对于受干扰后人工恢复或者自然恢复到近顶级群落的森林生态系统需长期进行研究监测^[44],选择起源和演化具有相似性的树种作为建群种,搭配合理的其他树种,提高林分质量,加强次生林优势植物的利用。探讨森林群落演替过程及其维护机制和提升生态系统服务功能提供理论依据,但由于本研究时间较短,面积较少,许多信息没有发现,将在以后扩大面积,延长研

究时间,弥补更多重要的群落维持机制与演替信息。

参考文献:

[1] 史作民,程瑞梅,刘世荣,等. 宝天曼植物群落物种多样性研究[J]. 林业科学,2002,38(6):17-23.

[2] ZUOMIN S,RUIMEI C,SHIRONG L,*et al.* Study on species diversity of plant communities in Baotianman[J]. Scientia Silvae Sinicae,2002,38(6):17-23.

[3] 刘振学,任广鑫,王得祥,等. 通天河国家森林公园锐齿栎群落物种组成及群落结构研究[J]. 水土保持研究,2011,18(2):86-89,93.

[4] 马凯,夏国华,闫道良,等. 珍稀濒危植物董叶紫金牛生存群落结构特征及物种多样性[J]. 浙江农林大学学报,2012,29(4):498-509.

MA K,XIA G H,YAN D L,*et al.* Structural characteristics and species diversity of the endangered plant *Ardisia violacea* [J]. Journal of Zhejiang A&F University,2012,29(4):498-509. (in Chinese)

[5] BORCARD D,LEGENDRE P,DRAPEAU P. Partialling out the spatial component of ecological variation [J]. Ecology,1992,73(3):1045-1055.

[6] 欧阳明,杨清培,陈昕,等. 毛竹扩张对次生常绿阔叶林物种组成、结构与多样性的影响[J]. 生物多样性,2016,24(6):649-657.

[7] 苏宇乔,薛跃规,范蓓蓓,等. 广西流星天坑植物群落结构与多样性[J]. 西北植物学报,2016,36(11):2300-2306.

SU Y Q,XUE Y G,FANG B B,*et al.* Plant community structure diverssity in Liuxing Tiankeng of Guangxi[J]. Acta Bot. Boreal.-Occident. Sin.,2016,36(11):2300-2306. (in Chinese)

[8] 丁晖,方炎明,杨新虎,等. 黄山亚热带常绿阔叶林的群落特征[J]. 生物多样性,2016,24(8):875-887.

DING H,FANG Y M,YANG X H,*et al.* Community characteristics of a subtropical evergreen broad-leaved for-est in Huangshan, Anhui Province, east China[J]. Biodiversity Science,2016,24(8):875-887. (in Chinese)

[9] 李皓宇,彭逸生,刘嘉健,等. 粤东沿海红树林物种组成与群落特征[J]. 生态学报,2016,36(1):252-260.

LI H Y,PENG Y S,LIU J J,*et al.* Current state of mangrove floristic composition and characteristics of communities on the eastern coast of Guangdong Province[J]. Acta Ecologica Sinica. 2016,36(1):252-260. (in Chinese)

[10] 刘灿然,马克平,于顺利,等. 北京东灵山地区植物群落多样性的研究Ⅳ. 样本大小对多样性测度的影响[J]. 生态学报,1997,17(6):584-592.

[11] 郭连金,张文辉,刘国彬. 黄土丘陵区沙棘人工林发育过程中物种多样性及种间关联变化[J]. 应用生态学报,2007,18(1):9-15.

[12] 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,1998,6(3):31-36.

[13] LINDENMAYER D B,FRANKLIN J F,FISCHER J. General management principles and a checklist of strategies to guide forest biodiversity conservation[J]. Biological Conservation,2006,131(3):433-445.

[14] BORDELON M A,MCALLISTER D C,HOLLOWAY R.

Sustainable forestry Oregon style[J]. Journal of Forestry, 2000,98(1):26-34.

[15] 周晓曦,赵鹏祥,卜元坤,等. 黄龙山油松人工林结构与稳定性、生产力之间影响的关联分析[J]. 西北林学院学报,2020,35(2):178-185.

ZHOU X X,ZHAO P X,PU Y K,*et al.* Correlation anaysis of the influence between structure and stability, productivity of *Pinus tabuliformis* plantation in Huanglong Mountain[J]. Journal of Northwest Forestry University, 2020,35(2):178-185. (in Chinese)

[16] 任玉连,曹乾斌,李聪,等. 南滚河自然保护区森林群落特征与土壤性质之间关联分析[J]. 西北林学院学报,2019,34(3):50-59.

REN Y L,CAO Q B,LI C,*et al.* Correlation anaysis between forest community characteristics and soil characteristics in Nangunhe nature reserve[J]. Journal of Northwest Forestry University, 2019,34(3):50-59. (in Chinese)

[17] 吴初平,袁位高,盛卫星,等. 浙江省典型天然次生林主要树种空间分布格局及其关联性[J]. 生态学报,2018,38(2):537-549.

WU C P,YUAN W G,SHENG W X,*et al.* Spatial distribution patterns and associations of tree species in typical natural secondary forest communities in Zhejiang Province[J]. Acta Ecologica Sinica, 2018,38(2):537-549. (in Chinese)

[18] 陈昊泓,朱昕,朱光玉,等. 林分结构对湖南栎类天然次生林林下植被生物量的影响[J]. 应用生态学报,2020,31(2):1-9.

CHEN H H,ZHU X,ZHU G Y,*et al.* Effects of stand structure on understory biomass of the *Quercus* spp. secondary forests in Hunan Province, China[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2020,31(2):1-9. (in Chinese)

[19] 邱书志,王伟,丁莺,等. 洮河林区森林生态系统服务功能及价值评估[J]. 中南林业科技大学学报,2018,38(2):97-102.

QIU S Z,WANG W,DING Q,*et al.* Forest ecosystem service function and value evaluation in Taohe forest area[J]. Journal of Central South University of Forestry Technology, 2018,38(2):97-102. (in Chinese)

[20] 刘彦春,张远东,刘世荣. 川西亚高山次生桦木林恢复过程中的生物量、生产力与材积变化[J]. 生态学报,2010,30(3):594-601.

[21] 冯宜明,李毅,曹秀文,等. 甘肃南部不同密度云杉人工幼林的林分结构特征及土壤理化性质[J]. 林业科学,2018,54(10):20-30.

FENG Y M,LI Y,CAO X W,*et al.* Characteristics of stand structure and soil Physicochemical properties of artificial young *Picea asperata* plantation with different densities in southern Gansu[J]. Scientia Silvae Sinicae, 2018,54(10):20-30. (in Chinese)

[22] 张晓红,张会儒,卢军,等. 长白山蒙古栎次生林群落结构特征及优势树种空间分布格局[J]. 应用生态学报,2019,30(5):1571-1579.

ZHANG X H,ZHANG H R,LU J,*et al.* Community structure characteristics and spatial distribution of dominant species of secondary *Quercus mongolica* forest in Changbai Mountains, China[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2019,30(5):1571-1579. (in Chinese)

[23] GOSSELIN M,FOURCIN D,DUMAS Y,*et al.* Influence of forest tree species composition on bryophytic diversity in mixed and pure pine (*Pinus sylvestris* L.) and oak (*Quercus petraea* (Matt.) Liebl.) stands[J]. Forest Ecology and Management, 2017,406:318-329.

[24] 杨永红,王飞,曹秀文,等. 甘南白龙江上游高山林线过渡区地被物及土壤水文特性[J]. 水土保持研究,2018,25(2):145-150.

YANG Y H,WANG F,CAO X W,*et al.* The surface cover and soil hydrological characteristics of alpine timberline ecotone in the upper reaches of Bailong River[J]. Research of Soil and Water Conservation, 2018,25(2):145-150. (in Chinese)

[25] 邱祖青,杨永宏,曹秀文,等. 白龙江干旱河谷木本植物多样性及其区系地理特征[J]. 甘肃农业大学学报,2007,42(5):119-125.

[26] 王飞,陈国鹏,齐瑞,等. 甘南白龙江上游小流域主要林分地被物层的持水特性分异[J]. 水土保持研究,2016,23(6):242-247.

[27] 马克平. 大型固定样地:森林生物多样性定位研究的平台[J]. 植物生态学报,2008,32,(2):237.

[28] 陈金磊,方晰,辜翔,等. 中亚热带 2 种森林群落组成、结构及区系特征[J]. 林业科学,2019,55(2):159-172.

CHEN J L,FANG X,GAO X,*et al.* Composition, Structure, and Floristic Characteristics of Two Forest Communities in the Central-Subtropical China [J]. Scientia Silvae Sinicae, 2019,55(2):159-172. (in Chinese)

[29] LINARES P R,ALVAREZ S I P. Tree community patterns in seasonally dry tropical forests in the Cerros de Amotape Cordillera, Tumbes, Peru[J]. Forest Ecology and Management, 2005,209(3):261-272.

[30] 王兴华. 关于群落的相似系数[J]. 杭州大学学报:自然科学版,1987,14(3):259-264.

[31] 何亚平,费世民,蒋俊明,等. 不同龄级划分方法对种群存活分析的影响——以水灾迹地油松和华山松种群生存分析为例[J]. 植物生态学报,2008,32(2):448-455.

[32] 陈晓德. 植物种群与群落结构动态量化分析方法研究[J]. 生态学报,1998,18(2):104-107.

[33] 赵丽娟,项文化,李家湘,等. 中亚热带石栎-青冈群落物种组成、结构及区系特征[J]. 林业科学,2013,49(12):10-17.

[34] 王立龙,王亮,张丽芳,等. 不同生境下濒危植物裸果木种群结构及动态特征[J]. 植物生态学报,2015,39(10):980-989.

WANG L L,WANG L,ZHANG L F,*et al.* Structure and dynamic characteristics of *Gymnocarpus przewalskii* in different habitats [J]. Journal of Plant Ecology (Chinese Version), 2015,39(10):980-989. (in Chinese)

[35] GUREVITCH J,SCHEINER S M,FOX G A. The ecology of plants[M]. Sunderland: Sinauer Associates, 2002.

[36] 蒋有绪. 海南岛热带林生物多样性及其形成机制[M]. 北京: 科学出版社, 2002.

[37] 震洪,段昌群,杨建松. 半湿润常绿阔叶林次生演替阶段植物多样性和群落结构特征[J]. 应用生态学报,2006,17(9):1583-1587.

的影响[J]. 西北林学院学报, 2011, 26(2): 160-166.

DENG L, ZHANG W H, HE J F, *et al.* Effects of different cutting intensities on seedling regeneration of *Quercus liaotungensis*[J]. Journal of Northwest Forestry University, 2011, 26(2): 160-166. (in Chinese)

[9] 姚杰, 闫琰, 张春雨, 等. 吉林蛟河针阔混交林乔木幼苗组成与月际动态[J]. 植物生态学报, 2015, 39(7): 717-725.

YAO J, YAN Y, ZHANG C Y, *et al.* Composition and monthly dynamics of tree seedlings in a coniferous and broad-leaved mixed forest in Jiaohe, Jilin Province, China[J]. Acta Phytocologica Sinica, 2015, 39(7): 717-725. (in Chinese)

[10] LUO M, ZHENG X, DU Y. Natural regeneration of an artificial platycladus orientalis stand in Beijing[J]. Nature Environment and Pollution Technology, 2017, 16(1): 287-293.

[11] MONTEIRO-HENRIQUES T, FERNANDES P M. Regeneration of native forest species in mainland Portugal; identifying main drivers[J]. Forests, 2018, 9: 11.

[12] REDMOND M D, KELSEY K C. Topography and overstory mortality interact to control tree regeneration in spruce-fir forests of the southern Rocky Mountains[J]. Forest Ecology and Management, 2018, 427: 106-113.

[13] YU F, WANG D X, SHI X X, *et al.* Effects of environmental factors on tree seedling regeneration in a pine-oak mixed forest in the Qinling Mountains, China[J]. Journal of Mountain Science, 2013, 10(5): 845-853.

[14] 刘少冲, 陈立新, 段文标, 等. 影响不同林型天然红松混交林林隙更新的土壤特征因子[J]. 生态学报, 2017, 37(12): 4072-4083.

LIU S C, CHEN L X, DUAN W B, *et al.* Effects of soil characteristics on forest gap regeneration in different types of natural *Pinus koraiensis* mixed forest[J]. Acta Ecologica Sinica, 2017, 37(12): 4072-4083. (in Chinese)

[15] 张志东, 毛培利, 刘玉虹, 等. 林分结构对烟台黑松海岸防护林天然更新的影响[J]. 生态学报, 2010, 30(8): 2205-2211.

[16] 陈启民, 罗青红, 宁虎森, 等. 古尔班通古特沙漠南缘不同林龄人工梭梭林主林层和更新层特征[J]. 应用生态学报, 2017, 28(3): 739-747.

CHEN Q M, LUO Q H, NING H S, *et al.* Characteristics of main layer and regeneration layer of *Haloxylon ammodendron* plantations at different ages on the southern edge of the Gurbantunggut desert, northwest China[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2017, 28(3): 739-747. (in Chinese)

[17] SUN Q L, LI B L, ZHOU C H, *et al.* A systematic review of research studies on the estimation of net primary productivity in the Three-River Headwater Region, China[J]. Journal of Geographical Sciences, 2017, 27(2): 161-182.

[18] 董旭. 青海省森林资源评价[J]. 安徽农业科学, 2009, 37(12): 5727-5728, 5751.

[19] 王礼先, 张志强. 森林植被变化的水文生态效应研究进展[J]. 世界林业研究, 1998(6): 15-24.

[20] 施立新, 余新晓, 马钦彦. 国内外森林与水质研究综述[J]. 生态学杂志, 2000, 19(3): 52-56.

[21] 国家林业局调查规划设计院. 森林资源规划设计调查技术规程: GB/T 26424-2010 [M]. 北京: 中国标准出版社, 2010.

[22] 杨玲, 康永祥, 李小军, 等. 黄帝陵古柏群林下天然更新研究[J]. 西北林学院学报, 2015, 30(1): 82-86.

YANG L, KANG Y X, LI X J, *et al.* Natural regeneration of the ancient *Platycladus orientalis* in the mausoleum of the Yellow Emperor[J]. Journal of Northwest Forestry University, 2015, 30(1): 82-86. (in Chinese)

[23] 罗梅, 郑小贤. 金沟岭林场落叶松人工林天然更新动态研究[J]. 中南林业科技大学学报, 2016, 36(9): 7-11.

LUO M, ZHEN X X. Dynamic study of naural regeneration of *Larix olgensis* plantation in Jingouling forest farm[J]. Journal of Central South University of Forestry and Technology, 2016, 36(9): 7-11. (in Chinese)

[24] DUCLOS V, BOUDREAU S, CHAPMAN C A. Shrub cover influence on seedling growth and survival following logging of a tropical forest[J]. Biotropica, 2013, 45(4): 419-426.

(上接第 51 页)

[38] YAN J, ZHANG D, ZHOU G, *et al.* Soil respiration associated with forest succession in subtropical forests in Dinghushan Biosphere Reserve[J]. Soil Biology and Biochemistry, 2009, 41(5): 991-999.

[39] 张维伟, 薛文艳, 杨斌, 等. 桥山栎林群落结构特征与物种多样性相关关系分析[J]. 生态学报, 2019, 39(11): 3991-4001.

ZHANG W W, XUE W Y, YANG B, *et al.* Analysis of the relationship between the structural characteristics of the forest community of Bridge Mountain and species diversity[J]. Ecology, 2019, 39(11): 3991-4001. (in Chinese)

[40] 解婷婷, 苏培玺, 周紫鹃, 等. 荒漠绿洲过渡带沙拐枣种群结构及动态特征[J]. 生态学报, 2014, 34(15): 4272-4279.

[41] 安静, 吴玲, 王海娟, 等. 不同干扰程度下沙生植物异翅独尾草的种群结构与动态特征[J]. 生态学报, 2017, 37(6): 2023-2032.

[42] 张婕, 上官铁梁, 段毅豪, 等. 灵空山辽东栎种群年龄结构与动态[J]. 应用生态学报, 2014, 25(11): 3125-3130.

ZHANG J, SHANGGUAN T L, DUAN Y H, *et al.* Age structure and dynamics of *Quercus wutaishanica* population in Lingkong Mountain of Shanxi Province, China [J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2014, 25(11): 3125-3130. (in Chinese)

[43] 秦运芝, 张佳鑫, 刘检明, 等. 湖南八大公山 25 hm² 常绿落叶阔叶混交林动态监测样地群落组成与空间结构[J]. 生物多样性, 2018, 26(9): 1016-1022.

QIN Y Z, ZHANG J X, LIU J M, *et al.* Community composition and spatial structure in the Badagongshan 25 hm² forest dynamics Plot in Hunan Province[J]. Biodiversity Science, 2018, 26(9): 1016-1022. (in Chinese)

[44] 宋庆丰, 王兵, 牛香, 等. 江西大岗山低海拔常绿阔叶林物种组成与群落结构特征[J]. 生态学杂志, 2020, 39(2): 384-393.

SONG Q F, WANG B, NIU X, *et al.* The characteristic of species composition and community structure of low-aititude ever-green broad-leaved forest in Dagang Mountain, Jiangxi Province[J]. Chinese Journal of Ecology, 2020, 39(2): 384-393. (in Chinese)