

退化土地植被恢复群落物种多样性与生物量分配格局*

漆良华¹ 彭镇华^{1,2} 张旭东^{2,*} 周金星² 蔡春菊¹ 王昭艳²

(¹ 国际竹藤网络中心, 北京 100102; ² 中国林业科学研究院林业研究所 国家林业局林木培育重点实验室, 北京 100091)

摘要 研究了湘西北女儿寨小流域 7 种典型植被恢复群落生物量的空间分配格局、物种多样性特征及其相互关系。结果表明: 1) 润楠次生林乔木层生物量最高, 马尾松天然林灌木层生物量最大, 油桐人工林草本层生物量最高, 乔木层最低, 毛竹-杉木林灌木层与草本层生物量最小, 群落总生物量以马尾松天然林群落最高, 荒草灌丛群落最低。2) 乔木层物种以润楠次生林最丰富, 多样性指数最高, 物种分布最均匀; 灌木层物种丰富度以毛竹-杉木混交林最高, 油桐人工林多样性与均匀度指数最大, 优势度最小, 荒草灌丛群落的物种丰富度、多样性及均匀度最低; 草本层物种丰富度以油桐人工林最高, 马尾松天然林最低, 杉木人工林草本层多样性指数与均匀度指数最大, 润楠次生林优势度最高; 群落总体物种丰富度以油桐人工林最高, 润楠次生林群落的多样性指数最高, 种群分布最均匀, 荒草灌丛群落的多样性、均匀度与优势度都最低。3) 女儿寨小流域退化土地物种丰富度与群落生物量之间的关系可用“S 曲线较好地描述, 双曲线能较好地描述群落多样性指数、群落均匀度指数与生物量之间的关系, 而生态优势度与生物量之间为非线性关系。

关键词 植被恢复群落; 生物量; 物种多样性; 退化土地

中图分类号 Q948.1 **文献标识码** A **文章编号** 1000-4890(2007)11-1697-06

Species diversity and biomass allocation of vegetation restoration communities on degraded lands. QILiang-hua¹, PENG Zhen-hua^{1,2}, ZHANG Xu-dong², ZHOU Jin-xing², CAI Chun-ju¹, WANG Zhao-yan² (¹ International Center for Bamboo and Rattan, Beijing 100102, China; ² Key Laboratory of Tree Breeding and Cultivation of State Forestry Administration, Research Institute of Forestry, Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091, China). *Chinese Journal of Ecology*, 2007, 26(11): 1697-1702

Abstract: This paper studied the biomass allocation patterns, species diversity characteristics, and their relationships of seven typical vegetation restoration communities in the Nürzhai watershed of northwest Hunan Province. The results showed that *Machilus pingii* secondary forest in its tree layer and *Pinus massoniana* natural forest in its shrub layer had the highest biomass, while *Vernicia fordii* plantation had the highest biomass in its herbaceous layer but the smallest one in its tree layer. For *Phyllostachys edulis*-*Cunninghamia lanceolata* mixed forest, the biomass was the lowest both in shrub and in herbaceous layers. The total biomass was the highest in *P. massoniana* natural forest, and the lowest in wasteland-shrub community. *M. pingii* secondary forest had the most abundant species and the highest Shannon-Wiener index and evenness in its tree layer. In shrub layer, *P. edulis*-*C. lanceolata* mixed forest had most abundant species, while *V. fordii* plantation had the highest Shannon-Wiener index, evenness and the smallest ecological dominance. Wasteland-shrub community had the lowest species abundance, Shannon-Wiener index and evenness, and the highest ecological dominance. In herbaceous layer, *V. fordii* plantation and *P. massoniana* natural forest had the highest and lowest species abundance, respectively. Shannon-Wiener index and evenness were the highest in *C. lanceolata* plantation, and ecological

* 国家“十一五”林业科技支撑资助项目 (2006BAD03A16)。

* * 通讯作者 E-mail: zhxd@forestry.ac.cn

收稿日期: 2006-12-26 接受日期: 2007-08-09

dominance was the highest in *M. pingii* secondary forest. On community level, the species abundance and evenness indexes were the highest in *V. fordii* plantation and *M. pingii* secondary forest, respectively, and the species diversity was the lowest in wasteland-shrub community. The relationships between species abundance and community biomass on degraded land could be described well by S curve, and hyperbola was better for describing the relationships between Shannon-Wiener index, evenness, and biomass. There existed a nonlinear relationship between ecological dominance and community biomass.

Key words: vegetation restoration community; biomass; species diversity; degraded land

1 引言

因水土流失造成的土地退化问题在我国非常严重(彭镇华, 2003), 加强土地退化生态系统生物多样性保护和生态功能恢复具有重要意义。物种多样性是生物多样性在物种水平上的表现形式, 可表征生物群落的结构复杂性, 体现群落的结构类型、组织水平、发展阶段、稳定程度和生境差异, 是生物多样性的重要有机组成部分, 一直是生态学领域的研究热点(汪殿蓓等, 2001; Nagaraja *et al*, 2005)。物种多样性与群落的功能过程密切相关, 而生物量是群落功能的重要表征参数。因此, 研究退化土地植被恢复群落的物种多样性特征以及生物量分布格局, 有助于科学评价植被恢复与重建效果。近年来, 有关群落物种多样性的问题已开展了较多研究(李清河等, 2002; Khanyong *et al*, 2004; 方燕鸿, 2005; 温远光等, 2005; Daria & Stefan, 2006), 对物种多样性与生产力关系的研究也有一定的探索(覃光莲等, 2002; 杨利民等, 2002; 王长庭等, 2004), 但对土地退化植被恢复与重建区域不同植被恢复群落的物种多样性特征及其与生物量相互关系的研究则较少。本文以湘西北女儿寨小流域为研究区, 对流域内 7 种典型植被恢复群落生物量的空间分配格局、物种多样性的变化特征及其相互关系进行了研究, 以期为土地退化区域的植被恢复模式选择、功效评价及小流域优化利用提供理论依据和基础数据。

2 研究区概况与研究方法

2.1 研究区概况

女儿寨小流域位于湖南省张家界市慈利县城关镇两溪村, (29°30'N, 110°10'E)。母岩以板页岩、砂岩为主, 土壤主要为山地黄壤。光热充足, 雨量充沛, 无霜期长, 严寒期短, 四季分明, 年平均日照 1 440 h, 年平均气温 16℃, 年平均降水量约 1 400 mm, 平均无霜期 216~269 d, 属中亚热带山原型季

风性湿润气候。流域封闭相对良好, 面积 2.81 km², 沟口海拔为 210 m, 最高峰海拔为 917.4 m。流域地形坡度陡、土层薄、雨量大、土层抗侵蚀年限短, 水土流失导致土地退化严重, 自 1993 年开始实施人工造林和封山育林相结合的植被恢复与重建, 形成的典型植被群落类型主要有马尾松 (*Pinus massoniana*) 天然林、杉木 (*Cunninghamia lanceolata*) 人工林、杜仲 (*Eucammia umoides*) 人工林、油桐 (*Vernicia fordii*) 人工林、润楠 (*Machilus pingii*) 次生林、毛竹 (*Phyllostachys edulis*) 杉木混交林及荒草灌丛等。7 种群落类型所处立地、植被恢复特征以及恢复干扰情况见相关文献(漆良华等, 2007; 周金星等, 2006)。

2.2 研究方法

2.2.1 样地设置与外业调查 对流域内 6 种森林植被群落各设置样地 3 个, 荒草灌丛群落样地 2 个(作为对照), 样地面积 600 m²。每个样地中按对角线等距离设置 9 个小样方 (2 m × 2 m) 进行灌木层的调查, 9 个小样方 (1 m × 1 m) 进行草本层的调查。共计调查样地 20 个, 灌木层小样方 180 个, 草本层小样方 180 个。在样地内全面开展地质、地貌、土壤、植被的调查: 1) 立地因子调查, 包括样地所处海拔、坡度、坡位、坡向等; 2) 植物群落特征调查, 分层测定乔木层、灌木层和草本层生物量, 实测群落分层盖度、林分郁闭度、林木胸径、树高、冠幅和枝下高, 统计植物种类、株(丛)数、植株高度、盖度等; 3) 土壤因子调查, 每个样地挖土壤剖面 1 个, 剖面规格为 1.0 m (宽) × 1.5 m (长), 深至母质, 详细记录剖面信息, 根据土层深度环刀分层 (0~20 cm, 20~40 cm) 采集原状土, 测定土壤孔隙状况 (非毛管孔隙度、毛管孔隙度、总孔隙度)、土壤容重、团聚体含量、最大持水量、最小持水量、毛管持水量等水分及物理性质, 同时取土样 1 kg 左右, 供室内分析测定用; 4) 群落生物量的测定, 分乔木层 (5 m 以上)、灌木层 (1.5~5 m) 及草本层 (1.5 m 以下) 3 层测定各

层生物量。乔木层生物量的测定采用标准木法,各样地选取标准木 3 株,地上部分采用分层截取法,地下部分采用全挖法,分别测定树干、树枝、树皮、树叶、树根的鲜质量,同时截取圆盘作树干解析;对各组分混合取样,将样品置于烘箱中(103 ℃)烘干,求其含水率,将鲜质量换算为干质量,再根据林分密度估测乔木层生物量;灌木层和草本层生物量的测定采用小样方收获法,重复 9 次。乔木层、灌木层、草本层及群落总生物量取不同群落各样地、样方的平均值。

2.2.2 群落物种多样性的计算 群落多样性测度指数按性质可分为物种丰富度指数、物种多样性指数、均匀度指数以及生态优势度 4 类(汪殿蓓等, 2001;王顺忠等, 2005;温远光等, 2005;杨小波等, 2002)。本文选用以下指标来分层测度女儿寨小流域不同植被恢复群落的物种多样性:

物种数 S

$$\text{Margalef 丰富度指数: } R = \frac{S - 1}{\ln N}$$

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

$$\text{Pielous 均匀度指数: } J_{sw} = \frac{H}{\ln S}$$

$$\text{生态优势度: } C = \sum_{i=1}^s \frac{n_i(n_i - 1)}{N(N - 1)}$$

式中, P_i 为种 i 的相对重要值, n_i 为种 i 的重要值, N 为种 i 所在层所有种的重要值之和, S 为物种数。群落各层次重要值 (M) 采用宋永昌 (2001) 计算方法。

2.3 群落物种多样性与生物量的相关性

选取线性模型、二次多项式、三次多项式、复合模型、生长模型、双曲线、对数模型、指数模型、幂指数模型、“S”曲线以及 Logistic 方程等 11 个模型方程对各群落多样性与群落生物量的分析测定数据进行拟合。数据处理运用 SPSS 统计分析软件。

3 结果与分析

3.1 不同植被恢复群落物种多样性的变化特征

群落多样性是由种间生态位的分异造成的,退化土地植被恢复与重建过程中,随着植物群落发育、植物种类更替和植物种类的增加,特别是乔木层种类的增加导致群落组成成分和结构的变化。女儿寨小流域 7 种不同植被恢复群落乔木层、灌木层、草本层以及群落总体的物种数 (S)、Margalef 丰富度指数

(R)、Shannon-Wiener 指数 (H)、Pielous 均匀度指数 (J_{sw}) 及生态优势度 (C) 见表 1。

表 1 不同植被恢复群落多样性指数

Tab 1 Species diversity indexes in different vegetation restoration communities

群落类型	群落分层	多样性指数				
		S	R	H	J_{sw}	C
C ₁	乔木层	2	0.2171	0.4132	0.5961	0.7501
	灌木层	26	5.4287	2.4340	0.7471	0.1695
	草本层	11	2.1715	2.0345	0.8485	0.1732
	群落总体	39	6.6622	2.7259	0.7441	0.1206
C ₂	乔木层	1	0.0000	0.0000	-	1.0000
	灌木层	21	4.3429	2.6149	0.8589	0.1028
	草本层	29	6.0801	2.9397	0.8730	0.0605
	群落总体	51	8.7661	2.9501	0.7503	0.1284
C ₃	乔木层	1	0.0000	0.0000	-	1.0000
	灌木层	18	3.6915	2.6232	0.9076	0.0813
	草本层	26	5.4287	2.6519	0.8139	0.1022
	群落总体	45	7.7142	2.8570	0.7505	0.1306
C ₄	乔木层	4	0.6514	0.8011	0.5779	0.5991
	灌木层	25	5.2115	2.9454	0.9150	0.0537
	草本层	35	7.3830	2.6535	0.7463	0.1116
	群落总体	64	11.0453	3.2320	0.7771	0.0844
C ₅	乔木层	16	3.2572	2.2595	0.8149	0.1443
	灌木层	23	4.7772	2.7819	0.8872	0.0710
	草本层	19	3.9087	2.0651	0.7014	0.2268
	群落总体	58	9.9934	3.4674	0.8539	0.0488
C ₆	乔木层	5	0.8686	1.2322	0.7656	0.3562
	灌木层	29	6.0801	2.8975	0.8605	0.0758
	草本层	14	2.8229	2.1517	0.8153	0.1748
	群落总体	48	8.2401	3.1924	0.8247	0.0670
C ₇	灌木层	16	3.2572	2.1863	0.7885	0.2005
	草本层	13	2.6058	2.1594	0.8419	0.1492
	群落总体	29	5.2847	2.1810	0.6477	0.0386

C₁ 为马尾松天然林, C₂ 为杉木人工林, C₃ 为杜仲人工林, C₄ 为油桐人工林, C₅ 为润楠次生林, C₆ 为毛竹-杉木混交林, C₇ 为荒草灌丛, 下同。

由表 1 可知, 杉木人工林和杜仲人工林群落尚无其他树种侵入, 乔木层优势种明显, 物种丰富度和多样性最低 ($R=0, H=0$), 优势度最大 ($C=1$); 润楠次生林群落乔木层物种最为丰富 ($S=16, R=3.2572$), 多样性最高 ($H=2.2595$), 物种分布最均匀 ($J_{sw}=0.8149$), 生态优势度最低 ($C=0.1443$)。

灌木层物种数和物种丰富度显著高于乔木层, 其中, 毛竹-杉木混交林最高 ($S=29, R=6.0801$), 荒草灌丛类型最低 ($S=16, R=3.2572$), 马尾松天然林、油桐人工林、润楠次生林、杉木人工林及杜仲

人工林介于二者之间;物种多样性排队顺序为油桐人工林 (2.9454) > 毛竹 杉木林 (2.8975) > 润楠次生林 (2.7819) > 杜仲人工林 (2.6232) > 杉木人工林 (2.6149) > 马尾松天然林 (2.4340) > 荒草灌丛 (2.1863); 油桐人工林灌木层物种分布最均匀 (0.9150), 优势度最小 (0.0537), 而荒草灌丛和马尾松天然林的均匀度最小, 优势度最大, 优势种重要值占较大比重。

油桐人工林群落草本层物种丰富度最高 ($S = 35$, $R = 7.3830$), 马尾松天然林最低 ($S = 11$, $R = 2.1715$), 杉木人工林、杜仲人工林、润楠次生林、毛竹 杉木林、荒草灌丛介于两者之间; 物种多样性排队顺序为杉木人工林 (2.9397) > 油桐人工林 (2.6535) > 杜仲人工林 (2.6519) > 毛竹 杉木林 (2.1517) > 润楠次生林 (2.0651) > 马尾松天然林 (2.0345) > 荒草灌丛 (2.1594); 杉木人工林草本层均匀度指数最大 (0.8730), 优势度最小 (0.0605), 而润楠次生林均匀度最低, 优势度最高 (0.2268)。

群落总体物种丰富度排队顺序为油桐人工林 > 润楠次生林 > 杉木人工林 > 杜仲人工林 > 毛竹 杉木林 > 马尾松天然林 > 荒草灌丛; 润楠次生林群落的多样性最高, 种群分布最均匀, 油桐人工林和毛竹 杉木林次之, 杉木人工林、杜仲人工林及马尾松天然林较低, 荒草灌丛群落的多样性与均匀度都最低; 生态优势度则以杜仲人工林最高, 依次为杉木人工林、马尾松天然林、油桐人工林、毛竹 杉木林、润楠次生林和荒草灌丛。

3.2 不同植被恢复群落生物量的空间分配格局

生物量是一个有机体或群落在一定时间内积累的干物质量, 是表征其结构及功能的重要参数。女儿寨流域 7 种不同植被恢复群落生物量及其空间分配格局见表 2。

由表 2 可知, 不同群落总生物量大小差异明显, 马尾松天然林群落最高, 为 $90.31 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$, 荒草灌丛群落最低, 仅为 $7.31 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$, 前者是后者的 12.35 倍; 润楠次生林、杉木人工林、油桐人工林、毛竹 杉木林、杜仲人工林介于二者之间, 分别为 88.49、85.01、44.74、39.37 和 $38.87 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。

乔木层生物量最高者为润楠次生林群落 ($85.25 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$), 杉木人工林 ($76.02 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$) 与马尾松天然林 ($75.44 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$) 也较高, 毛竹 杉木混交林 ($38.20 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$)、杜仲人工林 ($37.36 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$) 及油桐人工林 ($31.07 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$) 次之, 荒草灌丛群落无乔木层; 6 种森林群落乔木层生物量占群落总生物量的比例中, 毛竹 杉木林最高, 达 97.03%, 其次为润楠次生林、杜仲人工林、杉木人工林、马尾松天然林, 分别为 96.34%、96.12%、89.42% 和 83.53%, 油桐人工林最低, 为 69.45%。

在乔木层, 林木不同组份占全株生物量的比例在不同群落间变异较大, 树干为 36.18% ~ 55.57%, 树枝为 6.90% ~ 27.46%, 树皮为 4.93% ~ 9.65%, 树叶为 3.11% ~ 6.33%, 树根为 21.39% ~ 43.29%, 地上部分为 56.71% ~ 78.61%; 除油桐人工林群落树枝生物量高于树根外, 单木各组份生

表 2 不同植被恢复群落生物量

Tab 2 Biomass allocation pattern in different vegetation restoration communities

层次	组分	群落类型						
		C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆	C ₇
乔木层	树干 (kg)	27.23	33.32	6.80	10.08	38.22	10.40	
	树枝 (kg)	7.22	7.07	1.86	7.65	5.88	1.81	
	树皮 (kg)	3.91	6.22	0.76	2.24	4.93	1.65	
	树叶 (kg)	3.12	4.08	0.61	1.63	2.13	1.02	
	地上 (kg)	41.48	50.69	10.03	21.6	51.16	14.88	
	树根 (kg)	11.33	13.79	5.39	6.26	17.37	11.36	
	单木 (kg)	52.81	64.48	15.42	27.86	68.53	26.24	
	林分 ($\text{t} \cdot \text{hm}^{-2}$)	75.44	76.02	37.36	31.07	85.25	38.20	
灌木层	地上 ($\text{t} \cdot \text{hm}^{-2}$)	7.47	3.46	0.57	2.83	1.47	0.69	1.40
	地下 ($\text{t} \cdot \text{hm}^{-2}$)	6.99	3.09	0.45	2.32	1.13	0.29	1.14
	小计 ($\text{t} \cdot \text{hm}^{-2}$)	14.46	6.55	1.02	5.15	2.60	0.98	2.54
草本层	地上 ($\text{t} \cdot \text{hm}^{-2}$)	0.24	1.53	0.23	4.33	0.30	0.09	2.76
	地下 ($\text{t} \cdot \text{hm}^{-2}$)	0.17	0.91	0.26	4.19	0.34	0.10	2.01
	小计 ($\text{t} \cdot \text{hm}^{-2}$)	0.41	2.44	0.49	8.52	0.64	0.19	4.77
群落总生物量 ($\text{t} \cdot \text{hm}^{-2}$)		90.31	85.01	38.87	44.74	88.49	39.37	7.31

生物量在其余群落中均表现为树干 > 树根 > 树枝 > 树皮 > 树叶。

灌木层生物量变动范围为 $0.98 \sim 14.46 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$, 马尾松天然林群落最高, 毛竹杉木林最低, 杉木人工林、油桐人工林、润楠次生林、荒草灌丛和杜仲人工林分别为 6.55 、 5.15 、 2.60 、 2.54 和 $1.02 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$; 灌木层地上部分生物量均高于地下部分, 占群落总生物量的比例为 $2.49\% \sim 37.45\%$ 。

草本层生物量占群落总生物量的比例为 $0.45\% \sim 65.25\%$, 大小排序为油桐人工林 ($8.52 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$) > 荒草灌丛 ($4.77 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$) > 杉木人工林 ($2.44 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$) > 润楠次生林 ($0.64 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$) > 杜仲人工林 ($0.49 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$) > 马尾松天然林 ($0.41 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$) > 毛竹杉木林 ($0.19 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$)。

6种森林群落各层次生物量大小表现为乔木层 > 灌木层 > 草本层, 荒草灌丛群落的生物量则为草本层 > 灌木层。

不同植被恢复群落生物量具有明显的垂直分配格局。在垂直层次组成方面, 6种森林群落均由乔木层、灌木层及草本层组成, 荒草灌丛群落仅存在灌木层和草本层。6种森林群落均以乔木层生物量占群落生物量的绝对优势, 约占 $85.53\% \sim 97.03\%$; 除了润楠次生林 (草本层生物量大于灌木层) 外, 其它 5种森林群落, 灌木层居中, 生物量占群落生物量的 $2.49\% \sim 16.01\%$; 而草本层生物量比重最小, 仅占 $0.26\% \sim 2.87\%$, 形成类似于“倒金字塔型”分布。

3.3 群落物种多样性与生物量的关系

女儿寨小流域典型植被恢复群落的物种多样性与生物量关系的回归拟合结果见表 3。

由表 3 可知, 建立的群落多样性与生物量的回归拟合方程相关系数较高, r 取值为 $0.7287 \sim 0.7893$, 且均 F 检验, 均达到弱显著 ($P = 0.1$) 和显著水平 ($P = 0.05$); “S 曲线能较好地描述女儿寨小

流域退化土地群落物种丰富度 (S 、 R) 与群落生物量之间的关系, 亦即表明, 物种丰富度最初随着生物量的增加而增加, 到一定程度增加趋势减缓, 甚至出现负相关, 尔后又开始上升, 但是随着生物量的持续累积, 物种丰富度的增加存在一个阈值; 双曲线能较好地描述群落多样性 (H)、群落均匀度 (J_{sw}) 与生物量之间的关系, 这反映群落刚开始形成时, 多样性指数最高, 物种分布最均匀, 但群落的演替、生物量的增加, 多样性和均匀度指数都会下降, 这可能与先锋物种的入侵、种间竞争以及种群调节等生态过程有关; 所选模型均不能很好地描述群落生态优势度与生物量之间的关系, 反映了这一区域优势种个体的分布是一个复杂的生态过程, 它与生物量的关系是非性线的。

4 讨论

自然群落物种多样性与生产力的相关性格局主要表现为 3 种形式, 一种是随群落生产力的增加物种多样性单调上升, 另一种是随群落生产力的增加物种多样性单调下降, 第三种是物种多样性与生产力呈单峰函数关系, 即在中等生产力水平多样性最高 (Kassen *et al*, 2000)。由于森林群落年龄难以准确确定, 有关群落多样性与生产力关系的研究对象以草本群落较多, 且不同研究者所取得的研究结果也不一致 (覃光莲等, 2002; 杨利民等, 2002; 王长庭等, 2004)。这主要是由于群落物种多样性受立地条件、群落年龄、植被盖度、物种组成、土壤环境因子以及种子库等多种因素的影响 (杨小波等, 2002; 王顺忠等, 2005; Sebastia *et al*, 2005), 需要从多方面加以测定和把握。女儿寨小流域 7 种典型植被恢复群落的生物量空间分布格局与物种多样性变化特征研究结果表明, 群落总生物量以马尾松天然林群落最高, 荒草灌丛群落最低; 森林群落各层次生物量大小表现为乔木层 > 灌木层 > 草本层, 荒草灌丛群落的生物量则为草本层 > 灌木层, 6种森林群落生物量分配格局均具有明显的垂直分布格局, 均以乔木层生物量占群落生物量的绝对优势。除润楠次生林 (草本层生物量大于灌木层) 外, 其它 5种森林群落, 灌木层居中, 而草本层生物量比重最小形成类似于“倒金字塔型”分布。物种多样性排队顺序为杉木人工林 > 油桐人工林 > 杜仲人工林 > 毛竹杉木林 > 润楠次生林 > 马尾松天然林 > 荒草灌丛。群落总体物种丰富度排队顺序为油桐人工林 > 润楠次生

表 3 群落物种多样性与生物量回归拟合

Tab 3 Regressive analysis results between species diversity and community biomass

群落多样性指数	拟合方程	相关系数	P
S	$S = e^{3.9931 - 4.4672/W}$	0.7714	0.042
R	$R = e^{2.2230 - 3.9799/W}$	0.7287	0.063
H	$H = 3.1982 - 7.2905/W$	0.7893	0.035
J_{sw}	$J_{sw} = 0.8030 - 1.1150/W$	0.7662	0.045
C	无合适方程	-	-

林 >杉木人工林 >杜仲人工林 >毛竹 杉木林 >马尾松天然林 >荒草灌丛,润楠次生林群落的多样性最高,种群分布最均匀,荒草灌丛群落的多样性与均匀度都最低。在女儿寨小流域退化土地植被恢复重建过程中,物种丰富度与群落生物量之间的关系可用“S 曲线较好地描述,双曲线能较好地描述群落多样性指数、群落均匀度指数与生物量之间的关系,而生态优势度与生物量之间的关系是非性线的,还有待于深入研究。

参考文献

- 方燕鸿. 2005. 武夷山米槠、甜槠常绿阔叶林的物种组成及多样性分析. 生物多样性, 13(2): 148-155.
- 李清河, 杨立文, 周金星. 2002. 北京九龙山植物群落物种多样性特征对比分析. 应用生态学报, 13(9): 1065-1068.
- 彭镇华. 2003. 中国森林生态网络体系建设. 北京: 中国林业出版社.
- 漆良华, 张旭东, 周金星, 等. 2007. 湘西北小流域典型植被恢复群落土壤持水量与入渗特性. 林业科学, 43(4): 1-8.
- 覃光莲, 杜国祯, 李自珍, 等. 2002. 高寒草甸植物群落中物种多样性与生产力关系研究. 植物生态学报, 26(增刊): 57-62.
- 宋永昌. 2001. 植被生态学. 上海: 华东师范大学出版社.
- 王长庭, 龙瑞军, 丁路明. 2004. 高寒草甸不同草地类型功能群多样性及组成对植物群落生产力的影响. 生物多样性, 12(4): 403-409.
- 汪殿蓓, 暨淑仪, 陈飞鹏. 2001. 植物群落物种多样性研究综述. 生态学杂志, 20(4): 55-60.
- 王顺忠, 陈桂琛, 柏玉平, 等. 2005. 青海湖鸟岛地区植物群落物种多样性与土壤环境因子的关系. 应用生态学报, 16(1): 186-188.
- 温远光, 刘世荣, 陈放, 等. 2005. 桉树工业人工林植物物种多样性及动态研究. 北京林业大学学报, 27(4): 17-22.
- 杨利民, 周广胜, 李建东. 2002. 松嫩平原草地群落物种多样性与生产力关系的研究. 植物生态学报, 26(5): 589-593.
- 杨小波, 张桃林, 吴庆书. 2002. 海南琼北地区不同植被类型物种多样性与土壤肥力的关系. 生态学报, 22(2): 190-196.
- 周金星, 漆良华, 张旭东, 等. 2006. 不同植被恢复模式土壤结构特征与健康评价. 中南林学院学报, 26(6): 32-37.
- Daria K, Stefan Z. 2006. Short-lived tree species and their role as indicators for plant diversity in the restoration of natural forests. *Restoration Ecology*, 14(1): 137-147.
- Kassen R, Angus B, Graham B, et al. 2000. Diversity peaks at intermediate productivity in a laboratory microcosm. *Nature*, 406: 508-511.
- Khanyong S, Lykke AM, Seramethakun D, et al. 2004. Species composition and vegetation structure of an upper montane forest at the summit of Mt Doi Inthanon, Thailand. *Nordic Journal of Botany*, 23(1): 83-87.
- Nagaraja BC, Somashekar RK, Bunty Raj M. 2005. Tree species diversity and composition in logged and unlogged rainforest of Kudremukh National Park, South India. *Journal of Environmental Biology*, 26(4): 627-634.
- Sebastian MT, Casals P, Vojnikovic S, et al. 2005. Plant diversity and soil properties in pristine and managed stands from Bosnian mixed forests. *Forestry*, 78(3): 297-303.

作者简介 漆良华, 男, 1976年生, 博士。主要从事林业生态工程与恢复生态学研究, 发表论文 20余篇。E-mail: qil-
ianghua2008@yahoo.com.cn

责任编辑 王伟