

重庆四面山地区几种不同配置模式 水土保持林生物多样性研究

卢炜丽¹, 张洪江^{1*}, 杜士才², 李根平², 古德洪²

(1. 北京林业大学水土保持学院, 水土保持与荒漠化防治教育部重点实验室, 北京 100083 2. 重庆市林业局, 重庆 400000)

摘要: 以重庆四面山地区5种人工林群落调查资料为基础, 用物种多样性指数(Shannon-Wiener指数、Simpson指数)、均匀度指数(Pielou)和物种丰富度指数对这几种人工林群落进行多样性分析。结果表明: (1) 5种人工林群落物种多样性排序为: 枫香+木荷+石栎+香樟-灌木混交林>石栎+木荷混交林>杉木+马尾松+木荷混交林>杉木+马尾松混交林>杉木纯林; (2) 多样性指数在不同群落间的变化幅度均为草本层>灌木层>乔木层。且乔木层以枫香+木荷+石栎+香樟-灌木混交林的生物多样性最高; 灌木层以石栎+木荷混交林的生物多样性最高; 草本层以杉木纯林的生物多样性最高; (3) 不同林型的物种多样性不同, 其生态效益、环境效益也有较大差异。建议在四面山地区以及类似生态区, 今后退耕还林过程中选择以常绿阔叶林和针阔混交林为主的乔-灌结合混交林模式, 以提高人工林群落的物种多样性, 实现理想的水土保持林功能。

关键词: 重庆四面山; 人工林群落; 物种多样性

中图分类号: S718.54

文献标识码: A

生物多样性是指生命有机体及其借以存在的生态复合体的多样性和变异性^[1]。1994年我国向世界公布了《中国生物多样性保护行动计划》, 生物多样性问题得到世界普遍关注。目前, 我国受威胁的生物物种估计约占区系成分的15%~20%, 高于世界10%~15%的平均水平^[2]。生物多样性的严重损失对我国的生态环境、社会经济发展产生了严重的影响。为了当代和子孙后代的生存和发展, 必须采取果断措施, 切实加强生物多样性保护工作。

三峡库区地处长江中上游, 频繁的人为活动导致这一地区森林植被的严重破坏, 对长江下游生态环境的稳定构成了极大的威胁。因此, 许多学者根据其区域特点, 提出了相应的治理措施^[3-4], 植被恢复重建取得了一定效果。

生物多样性通常包括遗传多样性、物种多样性、生态系统多样性和景观多样性。目前, 我国学者对防护林的高效空间配置研究较多^[5-7], 而对水土保持林体系的高效空间配置与生物物种多样性的关系研究鲜见报道。因此, 本文主要调查分析了重庆江津四面山地区5种不同配置模式水土保持林物种多样性特征, 以期为三峡库区退耕还林工程及长江流域的植被恢复建设和生态环境的可持续发展提供科学依据和技术支持。

1 研究区概况和研究方法

1.1 研究区概况

研究区位于四面山张家山林区, 地理坐标为

收稿日期(Received date): 2008-10-04; 改回日期(Accepted): 2009-02-05.

基金项目(Foundation item): “十一五”林业生态建设关键技术与示范(2006BAD03A1304)、国家973计划(2003CB415202-3)、国家林业局948项目(2006-4-26)。[Supposed by “Eleventh Five year” Study on the Key Technologies of Forestry Ecological Development and Demonstration Project(2006BAD03A1304), National 973 Project(2003CB415202-3), State Forestry Administration 948 project(2006-4-26).]

作者简介(Biography): 卢炜丽(1979-), 女, 博士生, 主要从事水土保持方面的研究。[Lu Weili (1979-), female Ph.D., research field is water and soil conservation.] Tel 13699167072, E-mail luweili79@163.com

* 通讯作者(Correspondence author), E-mail zhangh@bjfu.edu.cn

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

28°31′14″~ 28°46′00″N, 106°17′22″~ 106°30′00″E。地势南高北低, 海拔 900~ 1 500 m; 属于中亚热带湿润的季风气候, 年均温度 13.7℃, 年均相对湿度 80%~ 90%, 年降雨量 1 127 mm, 且雨季集中在 5~ 9月, 无霜期 285 d。区内土壤类型主要是黄棕壤、黄壤等。植被具有典型的亚热带常绿阔叶林特征, 主要乔木树种有杉木 (*Cunninghamia lanceolata*)、马尾松 (*Pinus massoniana*)、石栎 (*Lithocarpus glaber*)、木荷 (*Schima superba*)、福建柏 (*Fokienia hodginsii*)、香樟 (*Cinnamomum camphora*)、紫花杜鹃 (*Rhododendron anesiae*)等。灌木以野蔷薇 (*Rosa multiflora*)、马银花 (*Rhododendron ovatum*)、矩叶鼠刺 (*Itea oblonga*)等为主, 草本以蕨 (*Pteridium aquilinum* var. *latiusculum*)、芒 (*Miscanthus sinensis*)、宽叶苔草 (*Carex siderosticta*)等为主^[8 9]。

实验研究林地选择在张家山秦家沟林区, 为 5

种不同配置模式的水土保持林, 各样地的造林时间是在 1998年春季, 样地面积为 25 m × 40 m, 采用株间混交方式, 株行距为 2 m × 2 m。种植后, 基本没有人为干扰及抚育措施。

1.2 研究方法

采用机械布点和典型抽样方法进行常规群落学调查, 列出每个样方内所有现存的植被种类, 样方大小按乔、灌、草分开, 其中乔木样方 10 m × 10 m, 灌木 2 m × 2 m, 草本 1 m × 1 m。共调查样方 100个, 其中乔木 20个, 灌木 40个, 草本 40个。乔木的调查包括: 乔木种类、株数、胸径、树高、冠幅、郁闭度; 灌木和草本的调查中, 记录每个种的名称、多度和高度。另外, 对每个样地, 测其海拔、经纬度、坡向、坡度和坡位, 并取混合土样带回室内进行分析。各样地的基本环境条件信息见表 1。

表 1 不同人工林样地的基本环境因子

Table 1 The environmental factors of different forest communities

人工林	海拔 (m)	坡度 (°)	坡向	有机质 含量 (%)	全 N (%)	速效 P (ppm)	速效 K (ppm)	pH 值 pH
I	1 166	36.0	EN	6.14	0.26	7.23	340	5.31
II	1 171	27.0	WN	7.67	0.30	6.23	210	4.44
III	1 170	28.8	EN	6.11	0.11	5.24	360	5.22
IV	1 160	36.0	EN	4.15	0.18	7.48	230	4.75
V	1 160	38.5	WS	5.05	0.19	6.23	210	5.49

注: I ~ V 分别代表不同人工林样地: I. 石栎 + 木荷; II. 杉木纯林; III. 杉木 + 马尾松 + 木荷; IV. 杉木 + 马尾松; V. 枫香 + 木荷 + 石栎 + 香樟 - 灌木。下同。

本次调查涉及到的物种数乔木 6个, 灌木 12个, 草本 19个。多样性的测度选用丰富度指数、均匀度指数和物种多样性指数 3类共 5个指标。调查的物种乔木有: 石栎、木荷、杉木、马尾松、枫香 (*Deutzia scabra* Thunb.)、香樟 (*Cinnamomum camphora*)、灌木有: 周毛悬钩子 (*Rubus amphilasys*)、山莓 (*Rubus corchorifolius*)、湖南悬钩子 (*Rubus hunanensis*)、空心泡 (*Rubus rosaeifolius*)、槲木 (*Aralia chinensis*)、杜鹃 (*Rhododendron sinense*)、小花叶底红 (*Phyllagathis fordii* var. *micrantha*)、野蔷薇、柔毛绣球 (*Hydrangea villosa*)、贵州毛柃 (*Eurya kweichowensis*)、箭竹 (*Fargesia spathacea*)、分株紫萁 (*Osmunda cinnamomea*)、酸枣 (*Ziziphus jujuba* var. *spinosa*)等, 草本有: 五节芒 (*Miscanthus floridulus*)、蕨、三脉紫苑 (*Aster ageratoides* Turcz.)、宽叶苔草、茜草 (*Ru-*

bia cordifolia)、紫萁 (*Osmunda japonica*)、芒、苔草 (*Carex tristachya*)、川鄂淫羊藿 (*Epimedium fargesii*)、乌蕨 (*Stenoloma chinensis*)、芒萁 (*Dicranopteris dichotoma*)、冷水花 (*Pilea notata*)、糯米团 (*Gonostegia hirta*)、东方草莓 (*Fragaria orientalis*)等。数据用 Excel 2003 进行处理。

1.3 多样性指数及计算

1.1 多样性指数

Shannon-Wiener 多样性指数 (*H'*)

$$H' = - \sum_{i=1}^s p_i \ln p_i$$

Simpson 多样性指数 (*D'*)

$$D' = 1 / \sum_{i=1}^s p_i^2$$

2. 均匀度指数 (*P'*)

$$J_{se} = (- \sum_{i=1}^s p_i \ln p_i) \ln S$$

$$J_{se} = (- \sum_{i=1}^s p_i^2) / (1 - 1/s)$$

3. 物种丰富度指数 (S) = 样方内所有物种数目

4. 重要值

$$\text{乔木重要值} = (\text{相对密度} + \text{相对优势度} + \text{相对频度}) / 3$$

$$\text{灌木重要值} = (\text{相对多度} + \text{相对盖度} + \text{相对频度}) / 3$$

式中 p_i 为种 i 的相对重要值; S 为种 i 所在样方的物种数目^[10 11]。

2 结果与分析

2.1 群落的物种多样性

各群落的多样性计算结果见表 2。不同人工林群落的 Simpson 指数的排序为: 枫香 + 木荷 + 石栎 + 香樟 - 灌木混交林 (V) > 石栎 + 木荷混交林 (I) > 杉木 + 马尾松 + 木荷混交林 (III) > 杉木 +

马尾松混交林 (IV) > 杉木纯林 (II), 不同人工林的 Shannon-W iener 指数的变化与 Simpson 指数的变化趋势一致。5 种人工林 Pielou 均匀度指数和物种丰富度指数也是以枫香 + 木荷 + 石栎 + 香樟 - 灌木混交林最高, 杉木纯林最低。由此可看出, 5 种人工林的物种多样性指数和均匀指数的变化趋势大致相同, 且均以枫香 + 木荷 + 石栎 + 香樟 - 灌木混交林的物种丰富度指数、Simpson 指数、Shannon-W iener 指数和 Pielou 均匀度指数最大, 分别为 20 0 919 1、2 582 9 和 0 953 8 说明该群落物种多样性水平最高。石栎 + 木荷混交林, 杉木 + 马尾松 + 木荷混交林, 杉木 + 马尾松混交林次之。杉木纯林各项指标最小, 说明该林地的物种多样性水平最低。石栎、木荷是亚热带的常绿阔叶树种, 也是四面山地区的优势树种, 从表 2 可知, 林地 I、V、II 的物种多样性指数均较高, 且林地 I、V、II 均是以石栎、木荷为主要造林树种的常绿阔叶混交林和针阔混交林, 表明在四面山地区以常绿阔叶林和针阔混交林为主要造林模式的林型具有较高的物种多样性水平。

表 2 群落物种多样性
Table 2 Species diversity of different forest communities

人工林	多样性指数				
	S	H	D	J_{se}	J_{si}
I	19	2 536 6	0 899 7	0 861 5	0 949 7
II	19	2 249 4	0 831 9	0 763 9	0 878 1
III	18	2 478 2	0 897 2	0 857 4	0 950 0
IV	18	2 357 6	0 872 3	0 815 7	0 923 7
V	20	2 582 9	0 919 1	0 953 8	0 984 8

2.2 乔木层物种多样性

调查结果表明, 乔木层优势树种组成主要为造林时的树种。乔木层物种丰富度指数、Simpson 指数、Shannon-W iener 指数和 Pielou 均匀度指数均以枫香 + 木荷 + 石栎 + 香樟 - 灌木混交林 (V) 最大, 其多样性程度最高。各指数大小分别为: 1 385 3、0 749 5、0 999 3 和 0 999 1。杉木纯林 (II) 的多样性指数最小 (表 3), 其乔木层多样性程度最低。

枫香 + 木荷 + 石栎 + 香樟 - 灌木混交林, 由于乔木层物种组成最丰富, 因此其乔木层物种多样性程度最高。而杉木纯林, 林内只有杉木一个乔木树种, 因此其乔木层的物种多样性指数最低, 为 0。

杉木为速生树种, 质轻软, 出材率高, 纹理通直易于加工, 是桥梁等建筑的良好用材, 为盆地边缘山地主要造林树种之一^[12]。本试验区的杉木为 1998 年造林而成。在四面山地区, 还有很多因大规模消灭荒山的造林和前期森林经营形成大面积杉木人工纯林, 其树种单一, 林分中其他生物种类很少, 多样性指数低。本调查区的杉木林内只有杉木一个乔木树种, 故乔木层多样性指数为 0。对于水保林及防护林, 为提高其抗灾能力, 必须提高林分的生物多样性。建议在林分中引进阔叶树, 将林分培育成针阔混交林并间种豆科树种或乡土树种, 既保持水土、防风固沙, 又改良土壤, 提高当地的生物多样性。

表 3 乔木层物种多样性
Table 3 Species diversity of tree layer

人工林	多样性指数				
	<i>S</i>	<i>H</i>	<i>D</i>	<i>J</i> _{we}	<i>J</i> _{si}
I	2	0.688 4	0.495 3	0.993 2	0.990 6
II	1	0.000 0	0.000 0		
III	3	1.033 9	0.627 8	0.941 1	0.941 7
IV	2	0.639 2	0.447 1	0.922 2	0.894 1
V	4	1.385 3	0.749 5	0.999 3	0.999 1

2.3 灌木层物种多样性

灌木层中,石栎+木荷混交林(I)的物种丰富度指数、Shannon-W iener指数、Simpson 指数、Piebu 均匀度指数最高;杉木+马尾松混交林(IV)的多样性指数、均匀度指数最低(表4)。

木荷广泛分布于我国南方,耐干旱贫瘠,具有生长迅速,树冠庞大,根系发达等特点,是珍贵的速生用材树种,同时又是良好的防火树种;石栎作为我国南方分布的主要树种之一,耐干旱瘠薄,具有较强的防护性能及抗逆能力^[13]。由于这两种树种都具有较好的改良土壤、涵养水源、保持水土的作用,故常用作植被恢复的先锋树种。本研究结果表明,石栎+木荷混交林(I)不仅灌木层多样性指数最高,而且整个群落的物种多样性指数也较高,为前人研究结果:四面山地区,石栎林下的枯落物具有较强的持水作用,最大持水量为46.37 t/hm²^[14];木荷的林冠截留能力、土壤水库的库容能力相比好于其他林型^[15-16]提供了数据支持。因此建议将石栎、木荷作为水土保持治理区的主要树种。

马尾松是我国南方的主要造林树种之一,是一种向阳、喜温暖的树种。本研究结果表明,杉木+马尾松混交林(IV)灌木层多样性指数最低,且调查发

现:在杉木+马尾松混交林(IV)中,马尾松的死亡现象较严重,个体植株的死亡形成了林隙,林隙的不均匀分布导致灌木层物种的不均匀分布,因此杉木+马尾松混交林(IV)灌木层均匀度指数最低。相比同是以马尾松混交的杉木+马尾松+木荷混交林(III),其马尾松的生长状况要好得多,说明可能针阔混交林的方式更有利于马尾松的生长。并且针叶树种由于自身的缺陷,如枯落物分解困难、自肥能力较差等原因,其涵养水源和保持水土的能力相对于针阔混交林要差^[17]。因此可将针叶林改造为针阔混交林,以提高其保持水土和涵养水源的能力。

2.4 草本层物种多样性

5种人工林草本层的物种多样性指数以杉木纯林(II)最大,枫香+木荷+石栎+香樟-灌木混交林(V)最小,杉木+马尾松混交林(IV)、石栎+木荷混交林(I)、杉木+马尾松+木荷混交林(III)次之(表5)。

杉木较喜光,树冠较小,林内的透光度较大,因而杉木林下草本层的多样性最高,根据前人的研究成果,随着杉木林龄的增加,其林内的植物种类会有所下降,但当杉木到老龄时,植物种类又会有所增加^[18]。而枫香+木荷+石栎+香樟-灌木混交林

表 4 灌木层物种多样性
Table 4 Species diversity of shrub layer

人工林	多样性指数				
	<i>S</i>	<i>H</i>	<i>D</i>	<i>J</i> _{we}	<i>J</i> _{si}
I	7	1.693 5	0.780 2	0.870 3	0.910 2
II	6	1.354 6	0.642 3	0.786 0	0.800 8
III	5	1.311 5	0.676 5	0.814 9	0.845 6
IV	4	1.081 6	0.567 8	0.750 2	0.777 1
V	7	1.494 9	0.754 0	0.928 8	0.942 5

表 5 草本层物种多样性
Table 5 Species diversity of herb layer

人工林	多样性指数				
	<i>S</i>	<i>H</i>	<i>D</i>	<i>J_{we}</i>	<i>J_{si}</i>
I	10	1.932 0	0.821 8	0.839 0	0.913 1
II	12	2.097 7	0.844 7	0.844 2	0.921 5
III	10	1.793 3	0.770 7	0.778 8	0.856 3
IV	12	2.056 1	0.836 2	0.827 4	0.912 2
V	9	1.572 8	0.768 8	0.756 3	0.878 6

中, 灌木为人工种植, 因此相对其他几个林型, 其灌木层发育较为良好, 因此层间竞争的结果使林下草本的数量减少, 多样性指数最低。

2.5 物种多样性与植物生长型的关系

植物生长型是表征群落外貌特征和垂直结构的重要指标。作为群落结构的一个指标, 不同生长型植物与物种多样性指数的关系表现为: 多数人工林群落草本层的物种丰富度指数和 Shannon-W iener指数较灌木层和乔木层高, 而乔木层与灌木层相近。这说明草本层对群落多样性的贡献大。5种人工林群落就 Simpson 指数和 Shannon-W iener指数而言, 草本层较乔木层和灌木层大, 灌木层又高于乔木层。这与亚热带的其他人工林植物生长型规律一致^[19-20]。均匀度指数在群落间变化, 5种人工林中主要是以乔木层的均匀度指数最大, 其次是灌木层和草本层。这是因为乔木层为人工种植, 因此其均匀程度较高。5种人工林群落不同生长型植物的物种多样性指数在群落梯度间的变化幅度, 均为草本层 > 灌木层 > 乔木层。

3 结论与讨论

1. 用物种多样性指数 (Simpson 指数, Shannon-W iener指数)、丰富度指数 (*S*) 和均匀指数 (*J_w*和 *J_{si}*) 进行分析, 研究结果表明, 5种人工林群落的物种多样性均反映出基本一致的趋势, 其多样性排序为: 枫香 + 木荷 + 石栎 + 香樟 - 灌木混交林 > 石栎 + 木荷混交林 > 杉木 + 马尾松 + 木荷混交林 > 杉木 + 马尾松混交林 > 杉木纯林。由此排序可以看出, 常绿阔叶林和针阔混交林的物种多样性要大于针叶林。这一结果与在三峡库区对主要植被类型的理水调洪功能的评价——三峡库区以针阔混交林和常绿阔叶林为高效的理水调洪型森林植被类型^[21]研究

结果一致。本研究结果从物种多样性的角度为前人研究结果提供了数据支持, 进一步证明了前人研究结果的可行性。

2. 在人工生态系统中, 乔木林下的灌木层和草本层在生态方面起着不容忽视的作用。本研究表明, 乔木层中以枫香 + 木荷 + 石栎 + 香樟 - 灌木混交林的植物多样性最高; 灌木层内以石栎 + 木荷混交林的植物多样性最高; 草本层以杉木纯林的植物多样性最高。这与前人研究结果——不同林型的植物多样性不同, 其生态效益、环境效益也有较大差异^[22]一致。

综合分析表明, 5种人工林模式中枫香 + 木荷 + 石栎 + 香樟 - 灌木混交林模式的物种多样性最高。建议在四面山地区以及类似生态区, 今后退耕还林过程中应选择以常绿阔叶林和针阔混交林为主的乔 - 灌结合混交林模式, 以提高人工林群落的物种多样性, 实现理想的水土保持林功能。

参考文献 (References)

[1] Fu Bojie, et al. Landscape Ecology Principles and Applications [M]. Beijing: Science Press, 2001[傅伯杰, 等. 景观生态学原理及应用 [M]. 北京: 科学出版社, 2001]

[2] Li Junqing, Li Jingwen, Cui Guofa. Conservation Biology [M]. Beijing: China Forestry Publishing House, 2006[李俊清, 李景文, 崔国发. 保护生物学 [M]. 北京: 中国林业出版社, 2006]

[3] Xiao Wenfa, Lei Jingping. Spatial distribution, disturbance and restoration of forests in the Three Gorges Reservoir Region [J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2004, 13(2): 138~144[肖文发, 雷静品. 三峡库区森林植被恢复与可持续经营研究 [J]. 长江流域资源与环境, 2004, 13(2): 138~144]

[4] Tu Xiliang, Chen Jian, Wu Wenhua, et al. Study on plant restoration and reconstruction in degradation ecosystems of the Three-Gorge reservoir area [J]. Hubei Agricultural Sciences, 2000, 13(2): 29~31[涂修亮, 陈建, 吴文华. 三峡库区退化生态系统植被恢复与重建研究 [J]. 湖北农业科学, 2000, 13(2): 29~31]

[5] Pan Lei, Xiao Wenfa, Tang W anpeng, et al. Arrangement of prote-

- tion forest system of mountainous hilly region in Three Gorges Reservoir Area [J]. *Science of Soil and Water Conservation*, 2006, 4(1): 60~64[潘磊, 肖文发, 唐万鹏, 等. 三峡库区低山丘陵区防护林体系建设布局[J]. 中国水土保持科学, 2006, 4(1): 60~64]
- [6] Zhang Hongjiang, Gao Zhongqi, Xie Mingshu, et al. Overall Arrangement of Multi-Functional Protection Forest System in the Three Gorge Reservoir Area of the Yangtze River [J]. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2000, 9(4): 479~486[张洪江, 高中琪, 解明曙, 等. 三峡库区多功能防护林体系构成与布局的思考[J]. 长江流域资源与环境, 2000, 9(4): 479~486]
- [7] Bu Zhaodong. Preliminary discussion on reasonable management and persistent development of soil and water conservation forest in Liaoning west districts [J]. *Research of Soil and Water Conservation*, 2007, 14(6): 412~420[步兆东. 辽西地区水土保持林合理经营技术及可持续发展理论初探[J]. 水土保持研究, 2007, 14(6): 412~420]
- [8] Liu Guohua, Xie Jirong. A preliminary study on vegetation survey of the Simian Mountain Scenic Spot in Chongqing [J]. *Journal of Western Chongqing University (Nature Sciences Edition)*, 2005, 4(1): 90~92[刘国花, 谢吉容. 重庆四面山风景区森林植被调查研究[J]. 渝西学院学报(自然科学版), 2005, 4(1): 90~92]
- [9] Rao Liangyi, Zhu Jinzhao. Evaluation of forest ecosystem services in Simian Mountain of Chongqing City [J]. *Journal of Soil and Water Conservation*, 2003, 17(5): 5~6[饶良懿, 朱金兆. 重庆四面山森林生态系统服务功能价值的初步评估[J]. 水土保持学报, 2003, 17(5): 5~6]
- [10] Ma Keping, Huang Jianhui, Yu Shunli, et al. Plant community diversity in Dongling Mountain, Beijing, China II: Species Richness, Evenness and Species Diversities [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 1995, 15(3): 265~277[马克平, 黄建辉, 于顺利, 等. 北京东灵山地区植物群落多样性的研究 II: 丰富度、均匀度和物种多样性指数[J]. 生态学报, 1995, 15(3): 265~277]
- [11] Zhu Shengchao, Wang Changteng, Xu Yanyun. The community characteristics of evergreen broad-leaved Forest in Taishan Mountain in Lishui of Zhejiang [J]. *Journal of Mountain Science*, 2006, 24(2): 209~214[朱圣潮, 王昌腾, 徐燕云. 浙江丽水太山山地常绿阔叶林的群落特征[J]. 山地学报, 2006, 24(2): 209~214]
- [12] Xiao Wenfa, Cheng Ruimei, Li Jianwen, et al. Community diversity of Cunninghamia lanceolata forest in the Three Gorges Reservoir Area [J]. *Chinese Journal of Ecology*, 2001, 20(1): 1~4[肖文发, 程瑞梅, 李建文, 等. 三峡库区杉木林群落多样性研究[J]. 生态学杂志, 2001, 20(1): 1~4]
- [13] Li Zhihui, Zhu Riguang. Studies on *Lithocarpus glaber* community in Central Hunan's hilly country [J]. *Guihaia*, 2000, 20(1): 11~17[李志辉, 朱日光. 湘中丘陵区石栎群落研究[J]. 广西植物, 2000, 20(1): 11~17]
- [14] Rao Liangyi, Zhu Jinzhao, Bi Huaxing. Hydrological effects of forest litters and soil in the Simian Mountain of Chongqing City [J]. *Journal of Beijing Forestry University*, 2005, 27(1): 33~37[饶良懿, 朱金兆, 毕华兴. 重庆四面山森林枯落物和土壤水文效应[J]. 北京林业大学学报, 2005, 27(1): 33~37]
- [15] Guo Jianfen, Yang Yusheng, Lin Peng. Eco-hydrological function of forest floors in Schima superba and Cunninghamia lanceolata Plantation [J]. *Journal of Northeast Forest University*, 2006, 34(4): 49~58[郭剑芬, 杨玉盛, 林鹏. 木荷与杉木人工林枯落枝叶层水文生态功能[J]. 北京林业大学学报, 2006, 34(4): 49~58]
- [16] Huang Rongzhen, Yang Yusheng, Xie Jinsheng, et al. Properties of soil reservoir capacity in different forest land types in Minjiang River upper reaches of Fujian [J]. *Science of Soil and Water Conservation*, 2005, 3(2): 92~96[黄荣珍, 杨玉盛, 谢锦升, 等. 不同林地类型土壤水库蓄水特性研究[J]. 中国水土保持科学, 2005, 3(2): 92~96]
- [17] Huang Yunfei. Study on water retention ability of Pinus massoniana mixed forests [J]. *Jiangxi Forestry Science and Technology*, 2006(1): 21~23[黄运飞. 马尾松混交林持水性能的研究[J]. 江西林业科技, 2006, (1): 21~23]
- [18] Lin Kangming, Ma Xiangqing, Fan Shanhu, et al. The laws of understory plant growth in Chinese fir plantations [J]. *Journal of Fujian College of Forestry*, 2000, 20(3): 231~234[林开敏, 马祥庆, 范少辉, 等. 杉木人工林林下植物的消长规律[J]. 福建林学院学报, 2000, 20(3): 231~234]
- [19] Wang Dianbei, Ji Shuyi, Tian Chunyuan, et al. The species diversity characteristics of plantations in Shuangfeng Mountain National Forest Park [J]. *Journal of Nanjing Forestry University (Natural Sciences)*, 2007, 31(3): 103~106[汪殿蓓, 暨淑仪, 田春元, 等. 双峰山国家森林公园人工林群落物种多样性特征[J]. 南京林业大学学报(自然科学版), 2007, 31(3): 103~106]
- [20] Wu Xiaopu, Zhu Biao, Zhao Shuqing, et al. Comparison of community structure and species diversity of mixed forest of deciduous broad-leaved tree and Korean pine in Northeast China [J]. *Biodiversity Science*, 2004, 12(1): 174~181[吴晓莆, 朱彪, 赵淑清, 等. 东北地区阔叶红松林的群落结构及其物种多样性比较[J]. 生物多样性, 2004, 12(1): 174~181]
- [21] Qi Shi, Wang Yunqi, Sun Ge, et al. Modeling the effects of reforestation on peak flow rates of a small watershed in the Three Gorges Reservoir Area [J]. *Journal of Beijing Forestry University*, 2006, 28(5): 42~51[齐实, 王云琦, 孙阁, 等. 三峡库区森林小流域森林理水调洪功能模拟研究[J]. 北京林业大学学报, 2006, 28(5): 42~51]
- [22] Wang Qiaohong, Gong Yuanbo, Chen Linwu, et al. Analysis of biodiversity in different deposition model of water and soil conservation forest in low mountain and rainfall areas of Sichuan Basin [J]. *Chinese Journal of Ecology*, 2005, 24(6): 599~602[王巧红, 宫渊波, 陈林武, 等. 四川盆地低山暴雨区不同配置模式水土保持林生物多样性分析[J]. 生态学杂志, 2005, 24(6): 599~602]

Studies on Biodiversity in Five Different Deposition Model of Soil and Water Conservation Forest in Chongqing Simian Mountain

LU Wei¹, ZHANG Hongjiang¹, DU Shicai², LI Genping², GU Dehong²

(1 College of Soil and Water Conservation, Beijing Forestry University, Key Laboratory of Soil and Water Conservation and Desertification Combating of MOE, Beijing 100083 China;

2 Forestry Bureau of Chongqing, Chongqing 400000 China)

Abstract Based on the data of five different forest communities in Chongqing Simian Mountain, the species diversity was measured with diversity index (Shannon-Wiener index, Simpson index), evenness index (Pielou) and richness index. The results showed: (1) The species diversity of these five different forest communities were in the following order: *Deutzia scabra* Thunb. + *Schinus molle* + *Lithocarpus glaber* + *Cinnamomum camphora* > *Lithocarpus glaber* + *Schinus molle* > *Cunninghamia lanceolata* + *Pinus massoniana* + *Schinus molle* > *Cunninghamia lanceolata* + *Pinus massoniana* > *Cunninghamia lanceolata*. (2) The variation of species diversity index for different strata were herb layer > shrub layer > tree layer. The change of each diversity index between different communities was *Deutzia scabra* Thunb. + *Schinus molle* + *Lithocarpus glaber* + *Cinnamomum camphora* mixed forest was the highest in tree layer. In shrub layer the highest was *Lithocarpus glaber* + *Schinus molle* mixed forest and in herb layer was *Cunninghamia lanceolata*. (3) Different type of forest had different biodiversity, the same as ecological and environment benefit. During the farmland afforestation, suggest choose tree-shrub mixed model with the main of evergreen broadleaved forest and conifer-broadleaved mixed forest in Simian mountain and similar ecosystem areas. So that it can increase plantation's species diversity and realize perfect function of soil and water conservation forest.

Key words Chongqing Simian mountain, soil and water conservation forest, species diversity