

红池坝炼山后生态恢复过程中群落特征研究*

何丙辉^{1*} 郝云庆² 李旭光² 韩晨霞¹ 陈昌沛³ 郑国词³

(¹西南农业大学资源环境学院,重庆 400716;²西南师范大学生命科学院,重庆 400715;³巫溪县水利局,巫溪 405800)

Community characteristics in Hongchiba area of Wuxi County during ecological restoration after controlled burning. HE Binghui¹, HAO Yunqing², LI Xuguang², HAN Chenxia¹, CHEN Changpei³, ZHENG Guoci³ (¹College of Resources and Environment, Southwest Agriculture University, Chongqing 400716, China; ²School of Life Science, Southwest China Normal University, Chongqing 400715, China; ³Water Conservancy Bureau of Wuxi County, Chongqing 405800, China). - *Chin. J. Appl. Ecol.*, 2004, 15(6): 1105~1108.

This paper studied the species composition and the structure and species diversity of communities in Hongchiba area of Wuxi County after controlled burning and aerial-sowing afforestation. The results showed that after burning and afforestation, pure *Pinus armandii* forest was not developed, but various mixed needle board-leaved forests which comprised *P. armandii* and native board-leaved trees grew. Various native species contributed to the communities with great species diversity. Shannon-Wiener index was 2.305~3.145, ecological dominance was 0.063~0.151, and evenness was 0.600~0.749. The natural regeneration of *P. armandii* population was very poor, and there was a trend that *P. armandii* would be gradually replaced by other native board-leaved trees. It was demonstrated that *P. armandii* should not be taken as a unique afforest tree, and controlled burning was not a favorite ecological measure in subtropical area. Native trees should play more important roles in the process of ecological restoration.

Key words Hongchiba/Wuxi county, Aerial-sowing afforestation, Controlled burning, Ecological restoration, Species diversity, *Pinus armandii*.

文章编号 1001-9332(2004)06-1105-04 中图分类号 S718.5 文献标识码 A

1 引言

美国自然资源委员会把生态恢复定义为使一个生态系统回复到较接近其受干扰前状态的过程^[1]. Diamond^[2]侧重于植被的角度,认为生态恢复就是再造一个自然群落、或再造一个自我维持,并保持后代具持续性的群落.而植被的恢复与重建又是生态系统恢复与重建的核心;恢复和重建退化森林生态系统被视为缓解生态危机,实现经济、社会、环境协调持续发展的根本措施,是改善我国生态环境状况的关键所在.目前,我国学者在森林生态系统退化和恢复方面开展了大量研究工作^[3-10,12-17],但对于炼山后森林系统的生态恢复和重建效果的研究报道甚少.

长江三峡库区是典型的生态脆弱区,是全国生态环境严重恶化的地区之一,属于国家确定的全国生态环境建设的重点地区.重庆市巫溪县是国家水利部和长江水利委员会水土保持局实施的“水土保持生态修复试点工程”选定的试点县之一.该县的红池坝地区早在1972年炼山的基础上,于1973年又通过华山松(*Pinus armandii*)飞播造林进行了森林生态系统的重建.经过30年的生态恢复进程,目前已形成了以华山松为主的针阔混交林,森林系统的结构与功能恢复到一定水平,但炼山造林在亚热带地区是否是森林恢复的最佳措施,以及应选择怎样的造林树种等方面都有待进一步探讨.本文针对炼山和华山松造林后生态恢复效果进行了初步研究,并提出了相应的建议和对策,对于完善退化生态系统

的恢复与重建的理论和技巧,指导库区森林重建实践,减少水土流失,改善生态环境,具有十分重要的意义.

2 研究地区与研究方法

2.1 研究地区概况

红池坝地区位于四川省巫溪县西北部(108°51'~109°11'E, 31°31'~31°40'N),海拔1 800~2 500 m.全区东西狭长,长约40 km,宽约6.5 km,在两侧高山之间形成自西北向东南的褶皱平坝.幅员面积24 400 hm²,其中林地近10 400 hm²,草地13 400 hm²,耕地约127 hm²,是我国南方最大的高山草场.该地区年均温7.1℃,1月份平均温度-5℃左右,极端最低温度为-25.8℃;7月份平均温度为18℃左右,极端最高温29.5℃;年均降雨量为1 953 mm,年均蒸发量1 000 mm,相对湿度高(65%~88%),无霜期低于172 d,年日照时数平均为1 379 h,年均积温2 098℃(≥10℃),属亚热带山地冷凉气候.岩溶化复式褶皱中山地貌,1 800~2 100 m山地以黄棕壤为主,2 100 m以上以棕壤为主.

2.2 研究方法

研究样地选于海拔1 800~2 000 m的山地,于2002年8月和2003年4月对炼山后的典型群落进行了野外调查.运用标准样方法在群落中设置8个20 m×20 m样方,并在

*长江上游水土保持委员会重点项目和重庆市科委资助项目(渝科发计字[2003]12号).

**通讯联系人.

2003-01-27收稿,2003-05-06接受.

样方内设置 5 m×5 m 灌木样方和 1 m×1 m 草本样方各 2 个. 调查了所有胸径 > 3.5 cm 乔木的种名、胸围、树高、枝下高、冠幅, 以及幼树(胸径 < 3.5 cm)种名、数目和灌木、草本的高度、盖度. 同时记录海拔、坡向、坡度和坡位. 另外, 用生长锥对不同径级的华山松钻取了年轮条. 通过相对密度、相对频度和相对显著度计算重要值(灌木、草本用相对盖度), 并用重要值计算 Shannon-Wiener 指数、Simpson 指数(表征生态优势度)和 Alatalo 均匀度. 本文采用均优丰多样性指数 $C = (E - \lambda) \cdot S$ 来测度群落的综合多样性^[11]. 式中, E 为均匀度, λ 为辛普森指数, S 为物种丰富度.

3 结果与分析

3.1 炼山后群落结构与组成特征

炼山后实施的华山松飞播造林并未形成期望的华山松纯林, 而是以华山松 + 华榎 (*Tilia chinensis*) (Q_1)、华山松 + 大叶杨 (*Populus lasiocarpa*) + 巫山柳 (*Salix fargesii*) (Q_2)、华山松 + 漆树 (*Toxicodendron verniciflua*) (Q_3)、华山松 + 漆树 + 大果榆 (*Ulmus macrocarpa*) (Q_4)、华山松 + 少脉榎 (*Tilia paucicostata*) (Q_5)、华山松 + 大叶杨 + 巫山柳 + 漆树 (Q_6)、华山松 + 巫山柳 (Q_7) 和 华山松 + 红桦 (*Betula albo-sinensis*) (Q_8) 多种类型的针阔混交林群落(表 1). 群落结构简单, 乔、灌、草分层明显, 乔木层仅有一层, 树高为 8~12 m, 郁闭度 0.70~0.75. 华山松在群落中的重要值平均为 39.9, 是该群落的优势种和建群种; 而本地树种漆树在样方 3、4, 大叶杨在样方 2、6, 巫山柳在样方 6、7, 华榎在样方 1, 少脉榎在样方 5, 红桦在样方 8 中也都具有较高的重要值, 呈现出局部的优势, 成为群落的共建种.

表 1 巫溪县红池坝群落乔木层的重要值

Table 1 Importance value of trees in tree layer of community in Hongchiba, Wuxi county (%)

种名 Species	样方 Plot							
	Q_1	Q_2	Q_3	Q_4	Q_5	Q_6	Q_7	Q_8
华山松 <i>Pinus armandii</i>	43.93	27.51	40.41	36.53	42.69	34.47	48.63	44.67
漆树 <i>Toxicodendron verniciflua</i>	5.00	7.21	18.22	24.77	12.65	13.16	2.43	-
大叶杨 <i>Populus lasiocarpa</i>	-	15.22	4.23	-	14.50	20.05	6.73	9.87
巫山柳 <i>Salix fargesii</i>	2.50	10.06	6.33	-	-	15.56	21.27	6.86
华榎 <i>Tilia chinensis</i>	23.27	3.23	-	-	-	-	-	-
少脉榎 <i>Tilia paucicostata</i>	-	-	-	-	21.06	-	-	-
红桦 <i>Betula albo-sinensis</i>	-	-	-	-	-	-	-	21.85
大果榆 <i>Ulmus macrocarpa</i>	2.07	-	7.11	14.96	-	-	-	-
青麸杨 <i>Rhus potaninii</i>	-	7.77	4.53	4.53	-	-	-	-
四川樱桃 <i>Cerasus szechuanica</i>	2.05	7.43	3.63	4.23	-	9.65	2.95	-
川滇海棠 <i>Malus prati</i>	5.23	3.43	-	9.52	-	-	6.65	-
华中山楂 <i>Crateagus wilsonii</i>	2.10	4.17	3.97	5.45	-	-	4.77	-
刺叶栎 <i>Quercus spinosa</i>	-	4.51	-	-	-	-	-	10.33
灰石栎 <i>Lithocarpus henryi</i>	2.05	2.76	-	-	-	-	-	-
麻栎 <i>Quercus acutissima</i>	-	3.42	-	-	-	-	-	-
刺楸 <i>Kalopanax septemlobus</i>	5.87	-	-	-	3.02	-	-	-
总状山矾 <i>Symplocos botryantha</i>	-	-	-	-	-	-	6.51	-
李 <i>Prunus salicina</i>	-	1.83	11.53	-	-	-	-	-
四照花 <i>Cornus kousa</i>	-	-	-	-	-	-	-	6.53
牛奶子 <i>Elaeagnus umbellata</i>	-	-	-	-	3.05	-	-	-
三桠乌药 <i>Lindera obtusiloba</i>	-	-	-	-	3.02	-	-	-
白栎 <i>Quercus fabri</i>	2.83	-	-	-	-	7.10	-	-
油松 <i>Pinus tabulaeformis</i>	-	1.91	-	-	-	-	-	-
川梨 <i>Pyrus pashia</i>	3.16	-	-	-	-	-	-	-

灌木层高 1.0~2.0 m, 其中乡土种箭竹 (*Fargesia spathacea*) 和鄂西箬竹 (*Indocalamus wilsoni*) 的优势十分突出, 一些地段盖度在 90% 以上. 此外, 一些本地树种的幼苗, 如巫山柳、漆树、大叶杨、华榎、大果榆等数量较多.

草本层高度一般不超过 0.8 m, 无明显层次分化, 物种组成十分丰富, 多以一年生阳性草本和蕨类为主, 主要有芒 (*Miscanthus sinensis*)、湖北苔草 (*Carex heryi*)、旱蕨 (*Pellaea nitidula*)、芒齿耳蕨 (*Polystichum hecatopteron*) 等物种.

多数本地树种对当地生境条件高度适应, 具有极强的自然恢复能力, 炼山后其遗留的繁殖体迅速萌发, 或由周边地区传播种源侵入其中. 因此, 炼山并没把本地树种彻底清除, 本地树种依然在群落的构建上起着重要作用, 并对华山松的生长产生激烈的竞争. 另外, 炼山后时隔 1 年多才进行飞播造林, 间隔时间长, 加之当地温暖、湿润的气候, 为灌、草的生长提供了有利条件, 尤其是竹类和一些阳性性灌、草迅速繁衍, 极大地影响了华山松种子的着地和萌发.

3.2 炼山后群落中树种在不同径级的比例分布

胸径小于 4.5 cm 的树木(含幼苗)为第 1 级, 每隔 4 cm 为增加 1 级, 即胸径 4.5~8.5 cm 为第 2 级, 直至胸径在 22.5 cm 以上的为第 6 级(图 1). 华山松的个体数多集中在第 2 级和第 3 级, 分别占其总数的 37.2% 和 28.4%. 第 1 径级(幼苗)个体数比例却很小, 仅为 6.1%. 通过对各径级钻取的年轮条分析发现, 大多数径级上的华山松年龄接近 30 年, 其径级差异主要是由立地条件的优劣造成, 并非严格意义上的异龄种群. 而其它 5 种本地阔叶树种的幼苗所占比例都较大, 天然更新良好, 特别是四川樱桃 (*Cerasus szechuanica*) 和巫山柳虽然种群年龄较小, 在第 5、第 6 级上无分布,

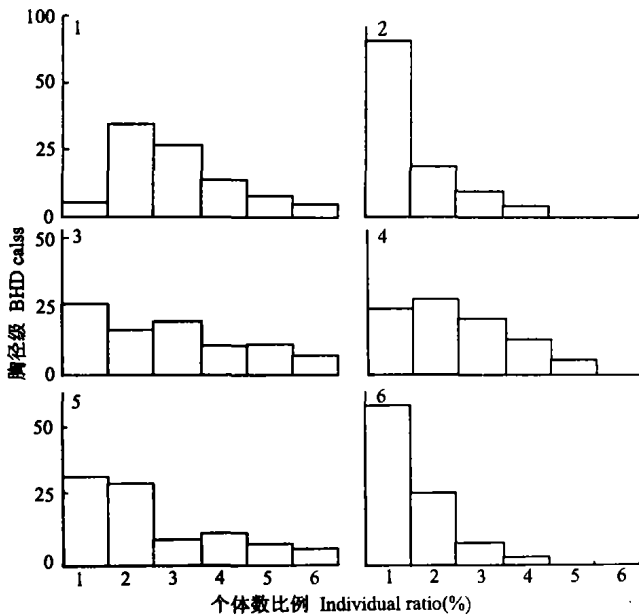


图1 群落中几个种群的胸径级结构

Fig. 1 BH diameter structure of several populations in the community. 1) 华山松 *Pinus armandii*; 2) 四川樱桃 *Cerasus szechuanica*; 3) 漆树 *Toxicodendron verniciflua*; 4) 大叶杨 *Populus lasiocarpa*; 5) 华椴 *Tilia chinensis*; 6) 巫山柳 *Salix fargesii*.

但林下幼苗比例很大,分别占其总数的 65.4% 和 58.8%, 显示出很强的增长潜力. 另外, 漆树、华椴和大叶杨在各级上分布都较均匀, 呈现出稳定增长的形势. 究其原因, 主要是由于华山松是阳生性先锋树种, 幼苗远不及本地阔叶树种耐荫, 林下天然更新困难. 照此发展, 乡土阔叶树种在群落乔木层中所占比例将进一步加大, 而华山松的优势地位势必会被逐步取代. 由此可见, 单纯以华山松造林无法形成结构稳定, 自我维持的森林群落, 而应着力增加阔叶树种所占比重, 促使其形成复层针阔混交林或阔叶林.

3.3 炼山后群落的物种多样性分析

多样性指数表征的是群落的物种数量及各物种的个体数量对比关系, 一般而言, 群落的生态优势度越小、均匀度越大、丰富度(多度)越大, 群落的多样性指数就越高. 由于炼山后大量本地物种的侵入, 群落物种数较之纯林丰富(表 2), 样方中物种数 S 最多达 36 种, 平均为 27.1 种; 而表征物种多样性的 Shannon-Wiener 指数 H 在 2.305~3.145 之间, 生态优势度指数 λ 则很低, 为 0.063~0.151, 均匀度指数 E 为 0.600~0.749. 运用均优丰多样性指数 C 对群落的综合多样性进行测度, 其值为 9.24~21.92. 对 8 个样方合并计算, 在垂直结构上(表 3), 其乔木层具有最高的香农指数和均匀度指数, 说明大量本地树种镶嵌其中, 个体数在种类间的分布也趋于均匀, 因而生态优势度 λ 也最低. 灌木层则因本地种箭竹和鄂西箬竹的局部优势突出, 使物种个体数分布不均匀. 因此, 香农指数和均匀度指数最低, 生态优势度 λ 反而高. 草本层的物种丰富度明显高于乔、灌层, 但由于个体数多集中在几种一年生阳性草本和蕨类上. 所以, 均匀度和香农指数较乔木层低. 从均优丰多样性指数大小看, 草本层名列第 1, 其主要归因于物种丰富度大; 而乔木层丰富度虽较草、灌层小, 但相对高的均匀度和较低的生态优势度 λ 使其排在第 2. 这说明群落仍处在次生演替的中前期, 优势种与稀有

种分化不大, 物种分布相对均匀, 因而, 总体上群落的生态优势度低、均匀度高. 同时, 表明大量的乡土物种在维护群落物种多样性方面发挥着不可替代的作用; 如若营造成华山松纯林, 则不利于群落物种多样性的有效恢复.

表 2 各样方的物种多样性特征

Table 2 Feature of species diversity in plots

	样方 Plot							
	Q ₁	Q ₂	Q ₃	Q ₄	Q ₅	Q ₆	Q ₇	Q ₈
S	33	36	30	29	21	25	23	20
λ	0.102	0.063	0.089	0.077	0.103	0.129	0.146	0.151
H	2.748	3.145	2.844	2.845	2.564	2.428	2.305	2.317
E	0.600	0.672	0.634	0.740	0.727	0.655	0.646	0.613
C	16.43	21.92	16.35	19.23	13.10	13.15	11.50	9.24

表 3 群落各层的多样性特征

Table 3 Feature of species diversity of layers in the community

	S	H	λ	E	C
乔木层 Tree layer	24	1.824	0.227	0.742	12.36
灌木层 Shrub layer	32	1.212	0.422	0.583	5.15
草本层 Herb layer	44	1.735	0.317	0.708	17.20

4 讨 论

鉴于亚热带地区优越的水热条件、丰富的树种资源能为植被恢复提供环境和物质基础的实际情况, 采用炼山实施生态恢复是不适宜的. 由于植被的自然恢复实质上是群落演替的过程, 需经历针叶林、针阔叶混交林和阔叶林阶段. 因此, 必须遵循群落演替的自然规律, 通过人工恢复措施, 按顺序地向群落加入不同种或功能群, 加速群落沿自然演替路线发展. 在具体的工程措施方面, 应着重注意: 1) 造林树种的选择应以自然群落, 特别是地带性顶级群落或原生群落的种类组成作为选择依据^[8], 如以本地树种漆树、大叶杨、巫山柳等阔叶树种为优先选择对象, 或引入一些处于演替较高阶段的树种, 从而提高恢复潜力和速度. 2) 对造林地整理时不宜全面砍山、炼山, 应有意识地保护乡土树种幼树幼苗, 充分利用造林地的原有植被覆盖, 以减少土壤水分流失, 造成有利的温、湿度和土壤水分环境, 提高成活率和保存率. 同时, 辅以割灌、除草等人工促进恢复措施以改善种子萌发条件和促进幼树生长. 3) 林分组成的多样化, 对现有先锋针叶林可采取选择性间伐, 以促进林下乡土树种的生长. 同时, 采用补植常绿阔叶或落叶阔叶树种的方法进行改造, 促使其向阔叶林发展, 提高林木生产力和蓄水保土功能. 但自然侵入物种杂乱, 树种间竞争和淘汰时间长. 因此, 应采用人工抚育措施, 既有利于演替发展, 又兼有经济效益的树种^[8].

参考文献

- 1 Cairns JJr. 1995. Restoration ecology. *Environ Biol*, 3: 223~235
- 2 Diamond J. 1987. Reflection on goals and on the relationship between theory and practice. In: Jordan WR III, Gilpin N, Aber J, eds. *Restoration Ecology: A Synthetic Approach to Ecological Research*. Cambridge: Cambridge University Press. 329~336
- 3 Ding S-Y (丁圣彦), Song Y-C (宋永昌). 2003. Application of succession study in tending and restoration of evergreen broad-leaved

- forest. *Chin J Appl Ecol* (应用生态学报), 14(3): 423~426 (in Chinese)
- 4 Han X-G(韩兴国). 1995. Theories of ecological succession for the restoration and rehabilitation of degraded ecosystems. In: Chen L-Z(陈灵芝), Chen W-L(陈伟烈), eds. *Studies on Degraded Ecosystems in China*. Beijing: China Science and Technology Press. (in Chinese)
 - 5 Peng S-L(彭少麟). 1998. Restoration of degraded ecosystem and agroforestry in tropics and subtropics. *Chin J Appl Ecol* (应用生态学报), 9(6): 587~591 (in Chinese)
 - 6 Xia H-P(夏汉平), Cai X-A(蔡锡安). 2002. Ecological restoration technologies for mined lands: A review. *Chin J Appl Ecol* (应用生态学报), 13(11): 1471~1477 (in Chinese)
 - 7 Xu Z-F(许再富), Liu H-M(刘宏茂). 1996. The loss and restoration of biodiversity in degraded tropical rainforest ecosystems. *Acta Bot Yunnanica* (云南植物研究), 18(4): 433~438 (in Chinese)
 - 8 Yu L-F(喻理飞), Zhu S-Q(朱守谦), Zhu X-K(祝小科), et al. 2002. A study on evaluation of restoration and remedy technology of degraded Karst forest. *Guizhou Sci* (贵州科学), 20(1): 7~13 (in Chinese)
 - 9 Yu L-F(喻理飞), Zhu S-Q(朱守谦), Ye J-Z(叶镜中), et al. 2002. Evaluation on degradation of Karst forest community and human disturbance. *Chin J Appl Ecol* (应用生态学报), 13(5): 529~532 (in Chinese)
 - 10 Yu Z-Y(余作岳), Peng S-L(彭少麟), eds. 1996. *Restoration Ecology Research on Degraded Vegetation in Tropical and Subtropical Zones*. Guangzhou: Guangdong Science and Technology Press. 1~35 (in Chinese)
 - 11 Zang R-G(臧润国), Liu T(刘涛). 1997. Type classification, tree species diversity and niche analysis for the post cutting Korean pine-broadleaved forests in the Baishishan forest area of Jilin province. *J Beijing For Univ* (北京林业大学学报), 19(1): 51~57 (in Chinese)
 - 12 Zhang Y-S(张耀生), Zhao X-Q(赵新全). 2002. Quantitative characteristics of degenerative succession in *Festuca sinensis* sowing grassland in the alpine pastoral area. *Chin J Appl Ecol* (应用生态学报), 13(3): 285~289 (in Chinese)
 - 13 Zhang J-E(张家恩), Xu Q(徐琪). 1997. Basic contents and convention of ecology degrading research. *Water Cons Bull* (水土保持学报), 17(6): 46~53 (in Chinese)
 - 14 Zhao G-J(赵桂久), Liu Y-H(刘燕华), Zhao M-C(赵名茶), et al. 1995. *Research on Eco-environmental Integrated Control and Restoring Techniques*. Vol. 2. Beijing: Beijing Science and Technology Press. (in Chinese)
 - 15 Zhao P(赵平), Peng S-L(彭少麟), Zhang J-W(张经纬). 2000. Restoration ecology-an effective way to restore biodiversity of degraded ecosystems. *Acta Ecol Sin* (生态学报), 19(1): 53~58 (in Chinese)
 - 16 Zhao P(赵平), Peng S-L(彭少麟). 2001. Species and species diversity in relation with restoration and persistence of degraded ecosystem functions. *Chin J Appl Ecol* (应用生态学报), 12(1): 132~136 (in Chinese)
 - 17 Zhou H-C(周厚诚), Ren H(任海), Peng S-L(彭少麟). 2001. Community dynamics during the process of vegetation restoration on NAN'AO island, Guangdong. *Acta Phytoecol Sin* (植物生态学报), 25(3): 298~305 (in Chinese)

作者简介 何丙辉,男,1966年生,博士,副教授,主要从事植物生态学与水土保持方面的研究,发表论文47篇. Tel: 023-68251249; E-mail: binhui@swau.cq.cn
