

# 择伐强度对天然林树种组成及物种多样性影响动态

郑丽凤, 周新年

(福建农林大学, 福建 福州 350002)

**摘要:** 定量分析不同强度采伐(弱度 13.0%、中度 29.1%、强度 45.8%、极强度 67.1% 和皆伐)作业对天然针阔混交林乔木层树种组成及物种多样性的动态影响。结果表明: 经过伐后 10 a 的恢复, 弱度、中度择伐对优势种的影响不大, 强度择伐和极强度择伐林分结构略有变化, 而皆伐引起林分结构的变化最大, 由此说明择伐作业基本上能保持原有的林分结构和种的数量, 随着择伐强度的增大, 林分结构的改变也随之增大; 10 a 后弱度择伐物种丰富度最大, 而中度择伐多样性指数最高, 各择伐样地多样性指数均超过伐前, 而皆伐样地多样性指数则比伐前下降; 均匀度指数随着择伐强度的增大而增大, 生态优势度则呈相反趋势。对于天然针阔混交林的科学经营, 从物种多样性的保护和发展出发, 应尽量采取弱度或中度择伐方式。

**关键词:** 天然针阔混交林; 择伐强度; 树种组成; 重要值; 物种多样性

**中图分类号:** S752

**文献标识码:** A

采伐作业不仅破坏或改变林内生物原有的生长环境, 还会引起生物多样性的变化, 因而, 保护和恢复生物多样性的研究受到许多专家学者越来越多的关注<sup>[1-3]</sup>。在生物多样性的保护中, 最能引起人的注意而又易于理解的是物种水平的多样性, 人为干扰对物种多样性影响的研究是生物多样性研究的重要内容之一。但目前对采伐作业所引起的林分结构与生物多样性的研究大多采用时空互换方法<sup>[4-9]</sup>, 而对其恢复动态的研究较少。

针阔混交林是亚热带常绿阔叶林次生演替序列之一, 研究不同经营措施对天然针阔混交林群落多样性的动态影响过程, 是当前森林经营实践面临的急需解决的问题<sup>[3]</sup>。本研究根据固定样地长期定位观测, 定量分析天然针阔混交林不同强度采伐后乔木层树种组成和物种多样性的动态变化, 对天然针阔混交林恢复过程中林内乔木层稳定性开展初步研究, 其结果可为天然针阔混交林的生态学恢复及

森林生物多样性的经营决策提供理论依据。

## 1 试验地概况

试验地位于福建省建瓯大源林业采育场(117°58'45"~118°57'11"E, 26°38'54"~27°20'26"N), 地处武夷山脉的东南部, 鹫峰山脉的西北侧。该区属中亚热带海洋性季风气候, 年平均气温 15~17℃, 年均降水量 1 890 mm 左右, 年蒸发量为 1 327.3~1 605.4 mm, 年均相对湿度 83%。伐区位于该场 84 林班 17、18、19 小班, 属低山丘陵地形, 海拔 600~800 m 间, 坡度 25°~34°, 土壤为花岗岩片麻岩发育而成的山地黄红壤, 土层厚度中、疏松, 质地为轻壤土或重壤土。

试验林前茬为多树种针阔混交的天然次生林(2 马 8 阔), 伐前立地条件基本相同, 于 1996 年 8 月进行不同强度择伐(弱度 13.0%、中度 29.1%, 强

收稿日期(Received date): 2008-08-01; 改回日期(Accepted): 2008-10-20.

基金项目(Foundation item): 福建省自然科学基金资助项目(2008J0327); 福建省科技厅重点科学基金资助项目(2007N0002 2006F5006); 福建省林业厅科学基金资助项目(闽林科[2006]7号第14项)。[Supported by the Natural Science Foundation of Fujian Province (No. 2008J0327), the Science Fundation of Important Science Technology of Fujian Province (No. 2007N0002 No. 2006F5006), the Science Fundation of Forestry Committee of Fujian Province (Forestry Science of Fujian[2006] No. 7 No. 14).]

作者简介(Biography): 郑丽凤(1972-), 女, 福建邵武人, 副教授, 在职博士生, 从事生态采运和森林经理等研究。[Zheng lifeng female vice professor, specialized in forest ecological harvesting and forest management et al.] E-mail: lzf@163.com

度 45.8%和极强度 67.1% )和皆伐作业。按采坏留好、采老留壮、采大留小和采密留稀的原则,以采伐马尾松 (*Pinus massoniana* )、米槎 (*Castanopsis carlesii*)、甜槠 (*Castanopsis eyrei*)为主。伐后林分以天然常绿阔叶林为主体,天然恢复植被。择伐作业按照单株择伐的技术要求进行,对采伐木单独记录并挂号。作业措施为:油锯采伐,林内打枝造材,人力肩驮集材,> 5 cm 以上的枝桠全部收集利用,其余归堆清理。林地主要立地和林分因子,见表 1。

2 研究方法

2006– 07对试验林进行复查。在标准地内,对检尺以上的树木进行每木检尺和定位调查。以每个调查单元的西南角作为坐标原点,用皮尺测量每株树木在该调查单元内的 *X*、*Y* 坐标,*X* 表示东西方向坐标,*Y*表示南北方向坐标。对 *DBH* > 5 cm 以上的每株树木进行每木鉴定,记录种名、胸径、树高、枝下高、冠幅、坐标等指标。根据 3 次调查数据,计算和分析群落结构成分中的株数、频度和显著度(胸高断面面积)、重要值等特征的动态变化,重要值  $IV = (相对多度 RA + 相对优势度 RS + 相对频度 RF) / 30Q$ 。物种多样性的测度指标:

物种丰富度 *S*,即为群落植物种数,Shannon – Wiener多样性指数 (*D<sub>sh</sub>*)

$$D_{sh} = \sum_{i=1}^s (N_i / N) \ln(N_i / N)$$

Shannon – Wiener均匀度指数 (*J<sub>sh</sub>*)

$$J_{sh} = D_{sh} / \ln S$$

Simpson优势度指数 *C<sub>si</sub>*

$$C_{si} = \frac{1}{1 - \sum_{i=1}^s (N_i / N)^2}$$

式中 *N* – 群落植物总个体数;*N<sub>i</sub>* – 第 *i*种植物个体

数, log底取 *e*。

3 结果与分析

3.1 不同强度的采伐作业对乔木层重要值的影响  
不同择伐强度伐前、伐后和伐后 10 a样地中乔木层的重要值,见表 2~ 5。

由表 2可知,弱度择伐以采伐木荷 (*Schin a superba*)为主,择伐前群落中米槎、甜槠占优势,重要值分别达到 25.25和 24.52。木荷、虎皮楠 (*Daphniphyllum oklhamii*)、马尾松也有一定优势。伐后 10 a米槎、甜槠优势地位略有下降,马尾松和虎皮楠优势地位也有一定程度的下降,木荷虽经采伐,重要值从伐前的 9.41下降到伐后的 6.42,但经过 10 a的恢复,重要值上升到 11.15,超过伐前。物种数从 15 种增加到 18 种,其中杉木 (*Cunninghamia lanceolata*)、冬青 (*Ilex purpurea*)和南酸枣 (*Choerospondias axillaris*)消失,新增刺毛杜鹃 (*Rhododendron champinonae*)、山矾 (*Symplocos sumuntia*)、延平柿 (*Diospyros tsungii*)等 6种树种。总的说来,弱度择伐后群落结构未有大的变化,仍保持原有的米槎与甜槠共优群落。

由表 3可知,中度择伐前群落中优势种有:甜槠、米槎、木荷、马尾松、虎皮楠等,其重要值分别为 25.3Q、24.5Q、13.04、12.33、11.43,乔木种数达到 18。中度择伐以采伐马尾松为主,伐后马尾松重要值降为 4.51,种数降至 17,比伐前减少了 1种。伐后 10 a除马尾松外,其余优势种重要值变化不大,群落仍维持以甜槠、米槎为优势,但一些树种消失,如石栎 (*Lithocarpus glaber*)、罗浮柿 (*Diospyros morrisiana* Hance),同时也新增一些树种,如山矾、短尾越桔 (*Vaccinium carlesii*)。

表 1 不同作业类型的林分主要特征  
Table 1 The main characteristic of the stand in different cutting operation site

采伐类型 Cutting types	采伐强度 (%) Cutting intensity (%)	平均坡度 (°) Average slope (°)	坡形 Slope Shape	坡向 Slope orientation	土层厚度 (cm) Soil deep (cm)
弱度采伐 Low intensity	13.0	28	直	东	> 80
中度采伐 Middle intensity	29.1	28	直	南	> 90
强度采伐 High intensity	45.8	32	直	东	> 100
极强度采伐 Over-high intensity	67.1	28	直	东	> 100
皆伐 Clear cutting	100.0	28	直	东南	> 100

由表 4可知,强度择伐以采伐米槠、甜槠为主。经过 10 a的恢复,甜槠、木荷、米槠、虎皮楠仍占优势地位,与伐前相比,甜槠和木荷地位略有上升,米槠的重要值从伐前的 15.51先下降为伐后的 9.98,10 a后又上升至 13.24。伐前乔木种数达到 18。伐后猴欢喜 (*Sloanea sinensis*)和栲树 (*Castanopsis fargesii*)消失,种数降至 16。10 a后在新增木姜子 (*Litsea pungens*)、厚皮香 (*Ternstroemia gymnanthera*)、厚叶冬青 (*Ilex elmerrilliana*)的同时,红楠 (*Machilus hunbergii*)、拟赤杨 (*Alniphyllum fortunei*)、

山杜英 (*E laeocarpus sylvestris*)、苦槠 (*Castanopsis sclerophylla*)消失,物种种数为 15种。

由表 5可知,极强度择伐作业 10 a后,与伐前比,乔木层甜槠优势地位下降,其重要值下降了 7.36。而木荷的优势地位上升,重要值增加了 5.69。说明经过极强度择伐,林分结构有了一定程度的改变,一些优势种的地位削弱,而另一些种的优势地位有所上升。另外,与伐前比 10 a后 5个物种消失,新增 6种,种的数量从伐前 13种增加到 14种。

表 2 弱度择伐前后样地中乔木层的重要值变化  
Table 2 Variations of importance value by low intensity selective cutting

种 名 Species	伐 前 ( 1996- 05) Before cutting (May 1996)				伐 后 ( 1996- 11) After cutting(Nov. 1996)				伐 后 10 a( 2006- 07) Ten years after cutting( July 2006)			
	RA	RS	RF	IV	RA	RS	RF	IV	RA	RS	RF	IV
短尾越桔	—	—	—	—	—	—	—	—	0.485	0.134	1.042	0.55
蓝果树	—	—	—	—	—	—	—	—	0.485	0.149	1.042	0.56
青冈	—	—	—	—	—	—	—	—	0.485	0.140	1.042	0.56
黄瑞木	1.571	0.245	2.041	1.29	1.630	0.273	2.151	1.35	0.485	0.161	1.042	0.56
乌楣栲	0.524	0.074	1.020	0.54	0.543	0.083	1.075	0.57	0.971	0.303	1.042	0.77
苦槠	1.047	1.512	1.020	1.19	1.087	1.684	1.075	1.28	0.485	0.819	1.042	0.78
栲树	1.047	0.200	1.020	0.76	1.087	0.223	1.075	0.80	0.971	0.426	1.042	0.81
延平柿	—	—	—	—	—	—	—	—	1.456	0.232	3.125	1.60
山矾	—	—	—	—	—	—	—	—	1.456	0.242	3.125	1.61
刺毛杜鹃	—	—	—	—	—	—	—	—	1.456	0.407	3.125	1.66
厚叶冬青	1.571	0.408	1.020	1.00	1.630	0.454	1.075	1.05	1.456	0.551	3.125	1.71
华杜英	1.571	0.556	3.061	1.73	1.630	0.620	3.226	1.83	1.942	0.743	3.125	1.94
石栎	2.094	1.116	3.061	2.09	2.174	1.243	3.226	2.21	1.456	1.269	3.125	1.95
马尾松	8.901	16.840	11.220	12.32	9.239	9.017	11.830	10.03	7.282	11.420	10.417	9.71
木荷	8.901	8.096	11.220	9.41	5.435	7.376	6.452	6.42	9.709	15.413	8.333	11.15
虎皮楠	16.230	19.270	19.390	18.30	16.850	21.470	20.430	19.58	14.078	13.013	16.667	14.59
米槠	25.650	25.600	24.490	25.25	26.630	28.510	25.810	26.98	25.243	28.209	18.750	24.07
甜槠	29.320	25.860	18.370	24.52	30.430	28.810	19.350	26.20	30.097	26.368	19.792	25.42
杉木	0.524	0.063	1.020	0.54	0.543	0.070	1.075	0.56	—	—	—	—
冬青	0.524	0.065	1.020	0.54	0.543	0.073	1.075	0.56	—	—	—	—
南酸枣	0.524	0.091	1.020	0.55	0.543	0.101	1.075	0.57	—	—	—	—

注: 1.RA 相对多度 Relative species abundance; RS 相对优势度 Relative superiority; RF 相对频度 Relative frequency; IV 重要值 Importance value; 下同  
2. 短尾越桔 *Vaccinium carlesii*; 蓝果树 *Nyssa sinensis*; 青冈 *Cyclobalanopsis glauca*; 黄瑞木 *Adinandra millettii*; 乌楣栲 *Castanopsis jucunda*; 苦槠 *Castanopsis sclerophylla*; 栲树 *Castanopsis fargesii*; 延平柿 *Diospyros tsangii*; 山矾 *Symplocos sumuntia*; 刺毛杜鹃 *Rhododendron championae*; 厚叶冬青 *Ilex elmerrilliana*; 华杜英 *Elaeocarpus chinensis*; 石栎 *Lithocarpus glaber*; 马尾松 *Pinus massoniana*; 木荷 *Schinus superba*; 虎皮楠 *Daphniphyllum oldhamii*; 米槠 *Castanopsis carlesii*; 甜槠 *Castanopsis eyrei*; 杉木 *Cunninghamia lanceolata*; 冬青 *Ilex purpurea*; 南酸枣 *Choerospondias axillaris*

表 3 中度择伐前后样地中乔木层的重要值变化

Table 3 Variations of importance value by middle intensity selective cutting

种 名 Species	伐 前 ( 1996– 05)				伐 后 ( 1996– 11)				伐 后 10 a( 2006– 07)			
	Before cutting ( May 1996)				After cutting(N ov. 1996)				Ten years after cutting( July 2006)			
	RA	RS	RF	IV	RA	RS	RF	IV	RA	RS	RF	IV
山 矾	—	—	—	—	—	—	—	—	0. 405	0. 074	0. 855	0. 44
青 冈	0. 872	0. 527	1. 639	1. 01	1. 099	0. 838	1. 786	1. 24	0. 405	0. 211	0. 855	0. 49
栲 树	0. 872	0. 457	1. 639	0. 99	1. 099	0. 726	1. 786	1. 20	0. 405	0. 274	0. 855	0. 51
冬 青	0. 872	0. 311	1. 639	0. 94	1. 099	0. 495	1. 786	1. 13	0. 810	0. 408	0. 855	0. 69
新木姜子	—	—	—	—	—	—	—	—	0. 810	0. 411	0. 855	0. 69
短尾越桔	—	—	—	—	—	—	—	—	0. 810	0. 193	1. 709	0. 90
杉 木	0. 581	0. 398	0. 820	0. 60	0. 733	0. 633	0. 893	0. 75	1. 619	0. 921	0. 855	1. 13
华杜英	—	—	—	—	—	—	—	—	1. 619	0. 421	2. 564	1. 53
赤 楠	1. 453	0. 892	2. 459	1. 60	1. 099	0. 983	2. 679	1. 59	1. 619	1. 164	2. 564	1. 78
刺毛杜鹃	0. 291	0. 041	0. 820	0. 38	0. 366	0. 064	0. 893	0. 44	3. 644	0. 576	4. 274	2. 83
红 楠	0. 872	2. 831	2. 459	2. 05	1. 099	4. 502	2. 679	2. 76	1. 619	5. 107	2. 564	3. 10
黄瑞木	3. 779	0. 968	6. 557	3. 77	4. 762	1. 539	7. 143	4. 48	4. 049	1. 627	5. 128	3. 60
马尾松	7. 558	25. 330	4. 098	12. 33	1. 8320	8. 136	3. 571	4. 51	2. 429	7. 434	3. 419	4. 43
虎皮楠	13. 660	8. 347	12. 300	11. 43	12. 820	9. 666	11. 610	11. 36	11. 741	14. 678	9. 402	11. 94
木 荷	12. 790	11. 580	14. 750	13. 04	15. 020	15. 540	15. 180	15. 25	14. 575	13. 986	15. 385	14. 65
米 槠	28. 200	23. 180	22. 130	24. 50	28. 570	25. 560	22. 320	25. 49	25. 506	23. 869	23. 077	24. 15
甜 槠	26. 740	24. 580	24. 590	25. 30	28. 940	30. 630	24. 110	27. 89	27. 935	28. 646	24. 786	27. 12
锈毛石斑木	0. 291	0. 068	0. 820	0. 39	0. 366	0. 107	0. 893	0. 46	—	—	—	—
桂北木姜子	0. 291	0. 069	0. 820	0. 39	0. 366	0. 110	0. 893	0. 46	—	—	—	—
厚叶冬青	0. 291	0. 128	0. 820	0. 41	0. 366	0. 203	0. 893	0. 49	—	—	—	—
石 栎	0. 291	0. 135	0. 820	0. 42	—	—	—	—	—	—	—	—
罗浮柿	0. 291	0. 165	0. 820	0. 43	0. 366	0. 262	0. 893	0. 51	—	—	—	—

注: 山矾 *Symplocos sumuntia*; 青冈 *Cyclobalanopsis glauca*; 栲树 *Castanopsis fargesii*; 冬青 *Ilex purpurea*; 新木姜子 *Neolitsa aurata*; 短尾越桔 *Vaccinium carlesii*; 杉木 *Cunninghamia lanceolata*; 华杜英 *Elaeagnus chinensis*; 赤楠 *Syzygium buxifolium*; 刺毛杜鹃 *Rhododendron championae*; 红楠 *Machilus thunbergii*; 黄瑞木 *Adinandra millettii*; 马尾松 *Pinus massoniana*; 虎皮楠 *Daphniphyllum oldhamii*; 木荷 *Schima superba*; 米槠 *Castanopsis carlesii*; 甜槠 *Castanopsis eyrei*; 锈毛石斑木 *Raphirolepis ferruginea*; 桂北木姜子 *Lindera subcoriacea*; 厚叶冬青 *Ilex emerrilliana*; 石栎 *Lithocarpus glaber*; 罗浮柿 *Diospyros ornisiana Hance*

表 4 强度择伐前后样地中乔木层的重要值变化

Table 4 Variations of importance value by high intensity selective cutting

种 名 Species	伐 前 ( 1996– 05)				伐 后 ( 1996– 11)				伐 后 10 a( 2006– 07)			
	Before cutting ( May 1996)				After cutting(N ov. 1996)				Ten years after cutting( July 2006)			
	RA	RS	RF	IV	RA	RS	RF	IV	RA	RS	RF	IV
木姜子	—	—	—	—	—	—	—	—	0. 529	0. 074	1. 124	0. 58
阔叶冬青	0. 444	0. 174	0. 935	0. 52	0. 515	0. 274	1. 042	0. 61	0. 529	0. 085	1. 124	0. 58
厚皮香	—	—	—	—	—	—	—	—	1. 058	0. 403	1. 124	0. 86
青 冈	0. 444	0. 111	0. 935	0. 50	0. 515	0. 175	1. 042	0. 58	1. 058	0. 285	2. 247	1. 20
赤 楠	0. 444	0. 067	0. 935	0. 48	0. 515	0. 105	1. 042	0. 55	1. 058	0. 285	2. 247	1. 20
少叶黄杞	0. 444	0. 065	0. 935	0. 48	0. 515	0. 102	1. 042	0. 55	1. 587	0. 257	2. 247	1. 36

续表 4

种 名 Species	伐 前 ( 1996– 05)				伐 后 ( 1996– 11)				伐 后 10 a( 2006– 07)			
	Before cutting ( May 1996)				After cutting(N ov. 1996)				Ten years after cutting( July 2006)			
	RA	RS	RF	IV	RA	RS	RF	IV	RA	RS	RF	IV
新木姜子	0.889	0.197	1.869	0.98	1.031	0.311	2.083	1.14	2.116	0.264	2.247	1.54
杉 木	1.333	0.565	2.804	1.57	1.546	0.891	3.125	1.85	2.116	1.067	2.247	1.81
厚叶冬青	—	—	—	—	—	—	—	—	2.646	0.941	2.247	1.94
马尾松	2.222	11.630	4.673	6.17	1.031	2.277	2.083	1.80	1.587	3.584	1.124	2.10
黄瑞木	5.333	1.472	7.477	4.76	6.186	2.323	8.333	5.61	8.466	2.848	8.989	6.77
虎皮楠	23.110	13.410	18.690	18.41	26.290	20.900	19.790	22.33	22.222	14.971	15.730	17.64
米 槠	13.330	19.170	14.020	15.51	8.763	8.669	12.500	9.98	11.111	14.000	14.607	13.24
木 荷	15.560	13.910	17.760	15.74	17.010	20.230	18.750	18.66	14.815	18.449	17.978	17.08
甜 槠	32.440	37.270	23.360	31.03	32.470	42.260	25.000	33.24	29.101	42.486	24.719	32.10
红 楠	0.444	0.117	0.935	0.50	0.515	0.184	1.042	0.58	—	—	—	—
拟赤杨	0.444	0.128	0.935	0.50	0.515	0.202	1.042	0.59	—	—	—	—
山杜英	0.444	0.174	0.935	0.52	0.515	0.274	1.042	0.61	—	—	—	—
猴欢喜	0.444	0.177	0.935	0.52	—	—	—	—	—	—	—	—
栲 树	0.444	0.840	0.935	0.74	—	—	—	—	—	—	—	—
苦 槠	1.778	0.521	0.935	1.08	2.062	0.821	1.042	1.31	—	—	—	—

注: 木姜子 *Litsea pungens* 阔叶冬青 *Ilex latifrons* 厚皮香 *Temstroemia gymnanthera* 青冈 *Cyclobalanopsis glauca* 赤楠 *Syzygium buxifolium*; 少叶黄杞 *Engelhardtia fenzlii* 新木姜子 *Neolitsea aurata*; 杉木 *Cunninghamia lanceolata*; 厚叶冬青 *Ilex emerrilliana*; 马尾松 *Pinus massoniana*; 黄瑞木 *Adinandramilletii* 虎皮楠 *Daphniphyllum oldhamii* 米槠 *Castanopsis carlesii* 木荷 *Schima superba* 甜槠 *Castanopsis eyrei* 红楠 *Madhulus thunbergii*; 拟赤杨 *Alniphyllum fortunei*; 山杜英 *Elaeagnus sylvestris* 猴欢喜 *Sloanea sinensis* 栲树 *Castanopsis fargesii* 苦槠 *Castanopsis sclerophylla*

3.2 物种多样性的变化

物种多样性研究能反映植物群落内各物种在组成、结构和动态方面的变化,体现了林分结构类型、组织水平、发展阶段、稳定程度及生境差异<sup>[10-11]</sup>。均匀度指数表征群落中不同物种多度分布的均匀程度,优势度指数表征群落中不同物种的集合程度,优势度越小多样性越高,Shannon-W iener指数综合体现了物种丰富度、物种均匀度和优势度,采伐作业前后林分乔木层物种多样性的变化,见表 6。

由表 6可知,经过 10 a的恢复,弱度择伐物种丰富度  $S$  最大,与伐前比增幅达 20%,而皆伐  $S$  最小,且比伐前减少近 43%。弱度、中度和强度择伐后 Shannon-W iener多样性指数  $D_{sh}$ 均略有下降,但经过 10 a的恢复,各指数都超过伐前,而极强度择伐的  $D_{sh}$ 从伐前到伐后 10 a一直递增,且变化幅度超过其它几种择伐林地,皆伐样地虽然经过 10 a恢复,但多样性指数仍比伐前下降了 0.177。随着择伐强度的增大,  $D_{sh}$ 先上升到中度择伐时最大,接着下降,皆伐样地  $D_{sh}$ 最小。

与伐前比,除弱度择伐 Shannon-W iener均匀度

指数  $J_{sh}$ 下降,其余样地  $J_{sh}$ 都超过伐前,且随着择伐强度的增大,  $J_{sh}$ 增大,皆伐样地  $J_{sh}$ 最高,但由于皆伐样地种类并不多,因此均匀度虽高,其物种多样性指数仍然较低。生态优势度除了皆伐样地较伐前高,择伐样地的  $C_{st}$ 均下降,且以极强度择伐和强度择伐变幅最大,择伐强度越大,  $C_{st}$ 越小。择伐后物种多样性较高,这可能与采伐作业后保留的原有物种和伐桩萌芽再生的植株较多,环境破坏程度较轻等有密切关系,而皆伐极大地破坏了生境,物种多样性最低。

4 小结与讨论

天然针阔混交林在 5 种不同强度采伐作业下,经过 10 a的恢复,择伐样地基本上能保持原有的林分结构和种的数量,弱度、中度择伐对优势种的影响不大,强度择伐后林分结构略有变化,但不明显,极强度择伐后,林分结构有了一定程度的变化,而皆伐引起林分结构的变化最大。由此说明择伐有利于原有林分结构的保持和发育,尤其是弱度和中度择伐。

表 5 极强度择伐前后样地中乔木层的重要值变化  
Table 5 Variations of importance value by the highest intensity selective cutting

种 名 Species	伐 前 ( 1996– 05)				伐 后 ( 1996– 11)				伐 后 10 a( 2006– 07)			
	Before cutting (M ay 1996)				After cutting(N ov. 1996)				Ten years after cutting( July 2006)			
	RA	RS	RF	IV	RA	RS	RF	IV	RA	RS	RF	IV
刨花润楠	—	—	—	—	—	—	—	—	0. 543	0. 210	1. 136	0. 63
栲木石楠	—	—	—	—	—	—	—	—	1. 087	0. 226	1. 136	0. 82
赤 楠	2. 490	0. 683	4. 808	2. 66	3. 704	1. 595	5. 882	3. 73	1. 087	0. 861	1. 136	1. 03
华杜英	—	—	—	—	—	—	—	—	1. 087	0. 640	2. 273	1. 33
蓝果树	—	—	—	—	—	—	—	—	1. 087	1. 073	2. 273	1. 48
马尾松	1. 660	6. 936	2. 885	3. 83	0. 617	0. 921	1. 176	0. 90	1. 087	1. 411	2. 273	1. 59
少叶黄杞	—	—	—	—	—	—	—	—	2. 174	0. 610	3. 409	2. 06
刺毛杜鹃	0. 415	0. 069	0. 962	0. 48	0. 617	0. 162	1. 176	0. 65	3. 261	0. 775	2. 273	2. 10
黄瑞木	3. 734	1. 467	5. 769	3. 66	4. 321	2. 177	4. 706	3. 73	3. 261	1. 263	2. 273	2. 27
栲 树	—	—	—	—	—	—	—	—	4. 348	1. 002	2. 273	2. 54
木 荷	12. 860	11. 310	12. 500	12. 23	15. 430	17. 360	15. 290	16. 03	15. 217	18. 094	20. 455	17. 92
虎皮楠	20. 330	16. 020	16. 350	17. 57	21. 600	22. 970	16. 470	20. 35	20. 109	9. 914	23. 864	17. 96
米 槠	20. 330	26. 030	20. 190	22. 19	17. 280	21. 600	14. 120	17. 67	19. 565	30. 401	15. 909	21. 96
甜 槠	35. 270	35. 200	30. 770	33. 75	32. 720	31. 450	35. 290	33. 15	26. 087	33. 520	19. 318	26. 31
厚叶冬青	0. 415	0. 069	0. 962	0. 48	0. 617	0. 162	1. 176	0. 65	—	—	—	—
青 冈	0. 415	0. 120	0. 962	0. 50	0. 617	0. 281	1. 176	0. 69	—	—	—	—
野 柿	0. 830	0. 352	0. 962	0. 71	1. 235	0. 821	1. 176	1. 08	—	—	—	—
乌桕栲	0. 415	1. 523	0. 962	0. 97	—	—	—	—	—	—	—	—
罗浮柿	0. 830	0. 214	1. 923	0. 99	1. 235	0. 500	2. 353	1. 36	—	—	—	—

注: 木姜子 *Litsea pungen*s 阔叶冬青 *Ilex latifrons* 厚皮香 *Temstroemia gymnanthera*; 青冈 *Cyclobalanopsis glauca*; 赤 楠 *Syzygium buxifolium*; 少叶黄杞 *Engelhardtia fenzlii*; 新木姜子 *Neolitsea aurata*; 杉木 *Cunninghamia lanceolata*; 厚叶冬青 *Ilex chinerrilliana*; 马尾松 *Pinus massoniana*; 黄瑞木 *Adinandram illettii*; 虎皮楠 *Daphniphyllum oldhamii*; 米槠 *Castanopsis carlesii*; 木荷 *Schinus superba*; 甜槠 *Castanopsis eyrei*; 红楠 *Machilus thunbergii*; 拟赤杨 *Alniphyllum fortunei*; 山杜英 *Elaeocarpus sylvestris*; 猴欢喜 *Sloanea sinensis*; 栲树 *Castanopsis fargesii*; 苦槠 *Castanopsis sclerophylla*

表 6 采伐作业前后乔木层物种多样性的变化  
Table 6 Variation of species diversity in tree layer by cutting operation

采伐类型 Cutting types	伐 前 ( 1996– 05)				伐 后 ( 1996– 11)				伐 后 10 a( 2006– 07)			
	Before cutting (M ay 1996)				After cutting(N ov. 1996)				Ten years after cutting( July 2006)			
	S	D <sub>sh</sub>	J <sub>sh</sub>	C <sub>si</sub>	S	D <sub>sh</sub>	J <sub>sh</sub>	C <sub>si</sub>	S	D <sub>sh</sub>	J <sub>sh</sub>	C <sub>si</sub>
弱度采伐 Low intensity	15	1. 917	0. 708	1. 242	15	1. 889	0. 698	1. 258	18	2. 006	0. 694	1. 236
中度采伐 Middle intensity	18	1. 922	0. 665	1. 241	17	1. 870	0. 660	1. 263	17	2. 029	0. 716	1. 224
强度采伐 High intensity	18	1. 891	0. 654	1. 258	16	1. 832	0. 661	1. 276	15	2. 020	0. 746	1. 217
极强度采伐 Over-high intensity	13	1. 732	0. 675	1. 292	12	1. 780	0. 716	1. 267	14	2. 001	0. 758	1. 206
皆伐 Clear cutting	14	1. 963	0. 790	1. 227	0	0	0	1. 258	8	1. 786	0. 859	1. 245

注: S—Richness index; D<sub>sh</sub>—Shannon–Wiener diversity indices; J<sub>sh</sub>—Shannon–Wiener evenness index; C<sub>si</sub>—Simpson domination index

采伐后乔木层树种多样性基本保持动态平衡和发展。经过 10 a 的恢复, 弱度择伐物种丰富度最大, 各择伐样地物种多样性指数均超过伐前, 而皆伐样地多样性指数比伐前下降。随着择伐强度的增

大, 多样性指数先上升到中度择伐时最大, 接着下降, 皆伐样地 D<sub>sh</sub> 最小。择伐样地上, 随着择伐强度的增大, 均匀度指数增大, 而生态优势度则呈相反趋势, 皆伐样地的均匀度指数最大, 但由于其生态优势

度也最大,且物种数较少,因此多样性指数最低。

不同强度采伐作业对林冠破坏程度不同,进而引起林地光照条件、温度和湿度等环境因子的不同,从而对天然林乔木层林分结构与物种多样性产生不同的影响<sup>[12-13]</sup>。皆伐使原有的群落和基质彻底破坏,而择伐林生境改变较小,有利于原有物种的保持和恢复,这对于珍稀树种的采伐利用具有重要的意义。Connel于1978年提出了中度干扰假说,认为中等程度的干扰水平下,群落的物种多样性最大<sup>[14]</sup>,采伐作为一种人为干扰,应当控制在适当的水平内。因此,对于天然针阔混交林的科学经营,从物种多样性的保护和发展出发,应尽量采取弱度或中度择伐方式,同时在择伐时应合理的选择采伐木,改善林内阴暗、潮湿的小环境、增加透光度、调整林木的组成和结构,这将有助于林下植被的恢复和生长,从而提高生物多样性。

## 参考文献 (References)

- [1] Zhou Xinnian, Wu Zhilong, Zheng Lifeng *et al*. Research progress on forest selective cutting [J]. *Journal of Mountain Science*, 2007, 25 (5): 629~ 636 [周新年, 巫志龙, 郑丽凤, 等. 森林择伐研究进展. 山地学报, 2007, 25(5): 629~ 636]
- [2] Chen Rui Hong, Wei Wu Chengzhen. Analysis of the evergreen broad-leaf forest through the change of elevation gradient in the north of Fujia [J]. *Journal of Fujian College of Forestry*, 2004, 24(1): 12~ 16 [陈睿, 洪伟, 吴承祯. 闽北常绿阔叶林物种多样性海拔梯度分析 [J]. 福建林学院学报, 2004, 24(1): 12~ 16]
- [3] Zhou Xinnian, Zhang Zhengxiong, Wu Zhilong *et al*. Progress in forest ecological logging [J]. *Journal of Fujian College of Forestry*, 2007, 27(2): 180~ 185 [周新年, 张正雄, 巫志龙, 等. 森林生态采运研究进展 [J]. 福建林学院学报, 2007, 27(2): 180~ 185]
- [4] Jin Yonghuan, Don-Koo lee, Ho-Sang kang *et al*. Changes in species diversity of natural secondary forests after selective cutting disturbance in changbaimountain [J]. *Journal of Jilin Agricultural University*, 2006, 28(1): 35~ 39 [金永焕, 李敦求, 姜好相, 等. 择伐干扰后长白山山区天然次生林物种多样性的变化 [J]. 吉林农业大学学报, 2006, 28(1): 35~ 39]
- [5] You Shui Sheng. The effects of different artificial disturbance on the flora and species diversity of tree layer in castanopsis carlesis forest in Wupin, Fujian [J]. *Scientia Silvae Sinicae*, 2001, 37(S1): 106~ 110 [游水生. 不同人为干扰强度对米槠林乔木层组成和物种多样性的影响 [J]. 林业科学, 2001, 37(专刊 1): 106~ 110]
- [6] Zhu Wanze, Cai Xianhu, He Fei *et al*. Response of species diversity to restoration succession the case of the moist evergreen broad-leaved forests in the western edge of Sichuan Basin [J]. *Biodiversity Science*, 2006, 14(1): 1~ 12 [朱万泽, 蔡小虎, 何飞, 等. 四川盆地西缘湿性常绿阔叶林不同恢复阶段物种多样性响应 [J]. 生物多样性, 2006, 14(1): 1~ 12]
- [7] Zhang Wanli, Li Leihong. Forest plant biological diversity and disturbance in eastern heilongjiang forest area [J]. *Journal of Northeast Forestry University*, 2000, 28(5): 77~ 82 [张万里, 李雷鸿. 黑龙江省东部林区森林植物多样性与干扰的研究 [J]. 东北林业大学学报, 2000, 28(5): 77~ 82]
- [8] Zhou Zhichun, Xu Gaoji, Jin Guoqing *et al*. Growth of broad-leaved species and community restoration of secondary masson pine forest after selective cutting [J]. *Forest Research*, 2004, 17(4): 420~ 426 [周志春, 徐高福, 金国庆, 等. 择伐经营后马尾松次生林阔叶树的生长与群落恢复 [J]. 林业科学研究, 2004, 17(4): 420~ 426]
- [9] Fan Huihua. Community recovery and stand growth after constructing the secondary broadleaved forest into the edible fungi raw material forest [J]. *Journal of Fujian Forestry Science and Technology*, 2005, 32(1): 10~ 16 [范辉华. 次生阔叶林改建为食用菌原料林后的群落恢复和林分生长 [J]. 福建林业科技, 2005, 32(1): 10~ 16]
- [10] Ma Wanli, Luo Juchun, Jing Tao, *et al*. Impact of cutting interference on biodiversity in juglans mandshurica forest from the Changbaimountain [J]. *Bulletin of Botanical Research*, 2007, 27(1): 119~ 124 [马万里, 罗菊春, 荆涛, 等. 采伐干扰对长白山核桃楸林生物多样性的影响研究 [J]. 植物研究, 2007, 27(1): 119~ 124]
- [11] Huang Jingrong. Community recovery after natural mixed forests of coniferous and broadleaf trees in final cutting [J]. *Central South Forest Inventory and Planning*, 2007, 26(2): 13~ 17, 22 [黄金荣. 天然针阔混交林主伐后的群落恢复 [J]. 中南林业调查规划, 2007, 26(2): 13~ 17, 22]
- [12] Qiu Renhui, Zhou Xinnian, Yang Yusheng. Environment effect of forest harvesting and protection techniques [J]. *Chinese Journal of Eco-Agriculture*, 2003, 11(1): 130~ 132 [邱仁辉, 周新年, 杨玉盛. 森林采伐作业的环境影响及其保护对策 [J]. 中国生态农业学报, 2003, 11(1): 130~ 132]
- [13] Zheng Lifeng, Zhou Xinnian, Wu Zhilong *et al*. Analysis on soil physio-chemical properties of natural forest 10 years after high intensity cutting [J]. *Forest Research*, 2008, 21(1): 106~ 109 [郑丽凤, 周新年, 巫志龙, 等. 天然林不同强度采伐 10 a 后林地土壤理化性质分析 [J]. 林业科学研究, 2008, 21(1): 106~ 109]
- [14] Connell J.H. Mechanism of succession in natural communities and their role in community stability and organization [J]. *American Natural*, 1977, 111: 1119~ 1144

# Dynamics Effects of Selective Cutting Intensity on the Species Composition and Diversity of Natural Forest

ZHENG Lifeng ZHOU Ximian

(Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou 350002 Fujian, China)

**Abstract** The dynamics effects of cutting intensity on the tree layer species composition and diversity of natural mixed stand of conifer and broad-leaved trees ( low intensity 13.0%; middle intensity 29.1%; high intensity 45.8%; over-high intensity, 67.1% ) were surveyed and quantitatively analyzed. The results show that through 10 years restoration the selective cutting of low and middle intensities caused a light variation to the tree layer flora, but the selective cutting of high and over high intensities caused changes to some extent. The more intensive of cutting, the more changes of the tree species and importance value. The rational selective cutting ( low intensity and middle intensity ) benefits the restoration and maintenance of species, but the cutting operation results in adverse influences. Species richness peaked at low intensity and species diversity peaked at middle intensity. Selective cutting operation is propitious to the development of tree layer species diversity, but the clear cutting results in greatest destruction, and the tree layer species diversity decreases. Evenness index increase with intensity of cutting while domination index showed the opposite trend. By these explanations, selective cutting operation, especially low intensity and middle intensity, is favorable to management of natural forest.

**Key words** natural mixed stand of conifer and broad-leaved trees, selective cutting intensity, species composition, importance value, species diversity

## 封面图片: 泸沽湖畔

泸沽湖跨越四川云南两省, 面积 50多  $\text{km}^2$ , 海拔 2 690 m, 平均水深 45 m, 最深处达 93 m。其无与伦比的清澈与美丽, 与周边居民 (约 4万摩梭人) 的母系文化, 一起构成世界上极具特色的自然 - 人文景观。

(张百平)