

文章编号: 1000-5692(2005)05-0495-06

炼山对南酸枣人工林林下物种多样性的影响

范海兰, 洪伟, 洪滔, 吴承祯, 宋萍, 朱慧, 张琼, 林勇明

(福建农林大学 林学院 福建 福州 350002)

摘要: 运用 α 多样性指数和 β 多样性指数对炼山与不炼山处理南酸枣 *Choerospondias axillaris* 人工林林下植被物种多样性进行横向与纵向比较研究。结果表明: 同期(3 年生或 6 年生)炼山处理的南酸枣人工林灌木层、草本层及藤本植物的物种丰富度指数均小于不炼山处理的群落, 其余各 α 多样性指数值在 2 种处理措施下呈现差异; 在时间动态上, 炼山处理的南酸枣人工林的灌木层、草本层和层外层(藤本植物) α 多样性指数值增长幅度与不炼山处理的群落相比表现不同的变化趋势。2 个 β 多样性指数可以定量和直观地描述炼山与不炼山处理对南酸枣人工群落林下植物组成(生境)的影响, 且不同生长型物种表现不同的生态反应。表 2 参 20

关键词: 森林生态学; 炼山; 南酸枣人工林; 林下植被; 物种多样性

中图分类号: S718.54 **文献标识码:** A

生物多样性包含遗传多样性、物种多样性、生态系统多样性和景观多样性等 4 个层次。生物多样性保护已成为森林可持续经营的一个重要目标^[1]。物种多样性表征生物群落和生态系统的结构复杂性, 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, 具有重要的生态学意义^[2], 一直是生态学领域的研究热点^[1~20]。林下植被是人工林的重要组成部分, 从目前的一些结果来看, 林下植被对改善表层土壤肥力, 减少林地水土流失, 促进凋落物的分解等具有明显的作用。一些研究人员对不同森林经营措施对林下植被物种多样性影响开展了一些研究^[3~7]。在我国南方林区, 炼山是林业生产中清理造林地的一项重要的生产环节, 是常见的一种林地清理方式, 前人对炼山在水土流失^[8]、土壤肥力^[9]、理化性质^[10]等方面作了比较深入的研究, 但有关炼山对人工林林下植被的物种多样性影响的研究鲜见报道。本文试图以炼山与不炼山处理营造的南酸枣 *Choerospondias axillaris* 人工林为研究对象, 探讨炼山这一人为干扰活动对人工林林下植被物种多样性的影响, 为人工林林下植被的综合管理、生物多样性保护以及客观评价合理变革炼山制度并最终为南酸枣人工林持续经营提供理论依据。

1 研究区概况

研究区位于福建省建阳市, 属于亚热带季风性湿润气候, 年平均气温为 18.1 °C, 极端最高气温 41.3 °C, 最冷月平均气温 6.9 °C, 最热月平均气温 28.7 °C, 极端最低气温 -8.7 °C, 年平均有效积温

收稿日期: 2004-12-30; 修回日期: 2005-05-08

基金项目: 福建省科学技术攻关项目(2001F007, 2001Z025)

作者简介: 范海兰, 助教, 硕士研究生, 从事森林生态学等研究。E-mail: fiellen@126.com

?1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>

2 553.0 °C, 年平均降水量 1 724.0 mm, 年平均蒸发量 1 362.4 mm, 平均相对湿度 85% 左右, 全年无霜期 280 d。植被属亚热带常绿阔叶林区域的中亚热带阔叶林带。由于长期受人为活动的影响及长期开发利用, 原生的常绿阔叶林植被几乎无存, 属于演替的次生植被。

2 研究方法

2.1 调查方法

在研究区范围内, 经实地调查, 选择具代表性且生境条件基本一致的不同林地清理方式下(炼山与不炼山)3年生和6年生南酸枣人工林, 设置4块样地, 每一样地设4个20 m×20 m 大样方, 并测定样地海拔、坡向、坡位和坡度等因子。根据炼山与不炼山的林地清理方式, 3年生南酸枣人工林代号分别为P1和P2, 6年生南酸枣人工林代号分别为P3和P4。将每一样本划分为16个10 m×10 m 样方进行乔木层调查, 按种类测定其胸径、树高、枝下高和冠幅等; 在每个20 m×20 m 的大样方中随机设置6个4 m×4 m 样方进行灌木和藤本植物调查, 每一林分类型共计24个样方; 在每个20 m×20 m 的大样方中随机设置6个1 m×1 m 样方进行草本层调查, 每一林分类型共计24个样方。

2.2 α 多样性指数^[2,1]

2.2.1 丰富度指数 物种丰富度较为明确的就是应用群落中物种的总数 S 。然而由于 S 取决于样本含量, 它被限定为可比较的指数, 前人提出了许多指数以测定独立于样本规模的物种丰富度^[12,13]。本文选用 Margalef 指数: $R = \frac{S-1}{\ln N}$ 。其中: S 为群落的物种数, N 为群落总的个体数。

2.2.2 多样性指数 本文选用目前运用最为广泛的 Simpson 多样性指数 D , Shannon-Wiener 多样性指数及 McIntosh 多样性指数测定。

Simpson 多样性指数: $D = 1 - \sum_{i=1}^S \frac{N_i(N_i - 1)}{N(N - 1)}$ 。其中: N 为群落总的个体数, N_i 为第 i 种的个体数。

Shannon-Wiener 多样性指数: $H = - \sum_{i=1}^S P_i \ln P_i$ 。其中: P_i 是第 i 种的个体数占总个体数 N 的比例,

即 $P_i = N_i/N$ 。

McIntosh 多样性指数: $D = (N - u)/(N - \sqrt{N})$, $u = (\sum N_i^2)^{\frac{1}{2}}$ 。

2.2.3 均匀度指数 均匀度指系指样地中各个种的多度的均匀程度, 即每个种个体数间的差异。其计算通常用观察多样性和最高多样性的比来表示, 最高多样性即所有种的多度都相等时的多样性。据此可导出均匀度的计算公式。

Shannon-Wiener 均匀度指数: $J = H/\ln S$ 。

Simpson 均匀度指数: $E = \frac{N(N/S - 1)}{\sum_{i=1}^S N_i(N_i - 1)}$ 。

McIntosh 均匀度指数: $D_s = \frac{N - u}{N - N/\sqrt{S}}$, $u = (\sum N_i^2)^{\frac{1}{2}}$ 。其中: S 为物种数目, N 为所有物种的总

个体数, N_i 是第 i 种的个体数。

2.3 β 多样性指数^[14]

β 多样性是指沿着某一环境梯度物种替代的程度或速率、物种周转率、生物变化速度等, 主要用于表明群落内或群落间环境异质性的大小及其对物种、种多度的影响, β 多样性还反映了不同群落间物种组成的差异。 β 多多样性和 α 多样性一起构成了群落或生态系统总体多样性或一定地段的生物异质性^[11]。

本文选用 Sorenson 和 Bray-Curtis 2 个指数进行 β 多样性的测定。

Sorenson 指数: $C_s = 2j/(a + b)$, $\beta_{cs} = 1 - C_s$ 。其中: j 为样地 A 和样地 B 共有的物种数, a 为样

地 A 的物种数, b 为样地 B 的物种数。

Bray-Curtis 指数: $C_N = 2jN / (aN + bN)$ 。其中: jN 为样地 A 和样地 B 共有种中个体数目较小者之和, 即: $jN = \sum \min(jN_a + jN_b)$; aN 为样地 A 的物种数目; bN 为样地 B 的物种数目。当共有种越多, β_{CS} 越小, C_N 值越大, β 多样性则越小。

3 结果与分析

3.1 炼山对南酸枣人工林下植被 α 多样性的影响

植物生长型是表征群落外貌特征和垂直结构的重要指标^[15], 并且分层测定各指标能更好地反映群落的性质。故本文分别对灌木层、草本层及藤本植物对进行 α 多样性分析结果见表 1。

3.1.1 炼山对南酸枣人工林灌木层的 α 多样性的影响 3 年生炼山处理的南酸枣人工林(P_1)的灌木层物种丰富度(Margalef 指数)小于 3 年生不炼山处理群落 P_2 , 而 Simpson 多样性指数、Shannon-Wiener 多样性指数和 McIntosh 多样性指数则相反, 3 年生炼山处理的南酸枣人工林灌木层的各均匀度指数大于 3 年生不炼山处理的群落(表 1), 这证实了多样性指数是丰富和均匀性的综合反映, 若单独运用不能很好地反映群落的实际情况。6 年生炼山处理的南酸枣人工林(P_3)灌木层物种的丰富度指数、多样性指数及均匀度指数值均小于 6 年生不炼山处理的南酸枣人工林(P_4)。进行纵向分析, 可以看出, 随着时间的推移, 炼山与不炼山处理的南酸枣人工林灌木层丰富度指数、多样性指数及均匀度指数值均有不同程度提高, 前者分别提高了 36.40%, 6.18%, 21.45%, 11.50%, 2.95%, 14.66%, 8.00%, 后者各指数值分别提高了 57.87%, 103.76%, 165.61%, 180.31%, 401.98%, 145.09%, 169.52%, 可见炼山处理较不炼山处理灌木层物种多样性变化幅度小。以上分析说明炼山处理不利于灌木层物种多样性的积累和发展, 而不炼山处理的群落灌木层更趋向复杂化。

3.1.2 炼山对南酸枣人工林草本层 α 多样性的影响 3 年生炼山处理的南酸枣人工林草本层各指数值中除 Simpson 均匀度指数外, 其他 α 多样性指数均略小于不炼山处理群落(表 1), 说明炼山初期草本

表 1 物种丰富度、多样性指数指数和均匀度指数比较表

Table 1 The test results of species richness, diversity indexes and evenness indexes of undergrowth

层次	多样性指数	样方个数	样方面积/ (m× m)	样方面积/ (m× m)			
				P_1	P_2	P_3	P_4
灌木层	Margalef 指数	24	4× 4	4.032 5	4.690 7	5.522 1	7.405 4
	Simpson 多样性指数	24	4× 4	0.786 0	0.452 6	0.834 6	0.922 3
	Shannon-Wiener 多样性指数	24	4× 4	1.951 5	1.127 6	2.370 2	2.995 1
	McIntosh 多样性指数	24	4× 4	0.548 8	0.264 2	0.611 9	0.740 6
	Simpson 均匀度指数	24	4× 4	0.148 7	0.046 4	0.153 0	0.233 0
	Shannon-Wiener 均匀度指数	24	4× 4	0.568 3	0.307 8	0.651 6	0.754 4
草本层	McIntosh 均匀度指数	24	4× 4	0.654 6	0.309 7	0.706 9	0.834 6
	Margalef 指数	24	1× 1	2.554 3	3.498 4	3.842 2	4.427 1
	Simpson 多样性指数	24	1× 1	0.802 4	0.845 7	0.921 0	0.680 6
	Shannon-Wiener 多样性指数	24	1× 1	1.966 0	2.192 1	2.724 1	1.904 9
	McIntosh 多样性指数	24	1× 1	0.574 9	0.621 6	0.739 6	0.445 3
	Simpson 均匀度指数	24	1× 1	0.291 5	0.245 5	0.458 2	0.093 1
藤本植物	Shannon-Wiener 均匀度指数	24	1× 1	0.693 9	0.672 8	0.826 5	0.544 8
	McIntosh 均匀度指数	24	1× 1	0.731 8	0.754 5	0.888 6	0.526 1
	Margalef 指数	24	4× 4	1.284 7	1.403 0	1.829 3	1.900 2
	Simpson 多样性指数	24	4× 4	0.630 1	0.746 5	0.738 7	0.573 2
	Shannon-Wiener 多样性指数	24	4× 4	1.124 8	1.486 5	1.544 6	1.148 1
	McIntosh 多样性指数	24	4× 4	0.444 9	0.551 3	0.528 8	0.371 2
	Simpson 均匀度指数	24	4× 4	0.495 6	0.611 1	0.400 3	0.223 3
	Shannon-Wiener 均匀度指数	24	4× 4	0.698 9	0.829 6	0.703 0	0.498 6
	McIntosh 均匀度指数	24	4× 4	0.689 8	0.821 8	0.725 4	0.503 8

层多样性较不炼山样地低；6年生炼山处理下的南酸枣人工林草本层丰富度指数(Maigalef指数)小于6年生不炼山处理，而其他 α 多样性指数均大于6年生不炼山处理下的南酸枣人工林，说明演替后期炼山处理的样地草本层多样性高于不炼山群落。进行纵向分析可以看出，随着时间的推移，炼山群落草本层丰富度指数、多样性指数及均匀度指数值均有不同程度提高，表明炼山处理措施下草本层 α 多样性随着演替的进展有增加的趋势，当然这种趋势持续多久还有待于进一步研究；不炼山群落草本层物种丰富度有所提高，但其他 α 多样性指数均有所下降，即不炼山处理的人工林草本层物种多样性呈下降趋势。

3.1.3 炼山对南酸枣人工林层外层 α 多样性的影响 3年生炼山处理的南酸枣人工林藤本植物各 α 多样性指数均低于3年生不炼山处理的南酸枣人工林(表1)，说明炼山初期群落藤本植物的多样性较低。6年生炼山群落除了丰富度指数低于6年生不炼山群落外，其他各指数均高于6年生不炼山群落，说明炼山后期藤本植物较不炼山群落多样性高。进行纵向分析可以看出，随着时间的推移，炼山处理的南酸枣人工林除Simpson指数外其余各指数均有不同程度提高，而不炼山群落除丰富度有所提高外，其他各指数均呈现下降趋势。

3.2 炼山对南酸枣人工林林下植被 β 多样性的影响

3.2.1 炼山对南酸枣人工林灌木层(包括藤本植物) β 多样性的影响 根据Sorenson指数和Bray-Curtis指数计算公式分别计算出各群落的 C_N 和 β_{CS} 值(表2)，3年生炼山处理与不炼山处理下的南酸枣人工林灌木层之间的 β_{CS} 值小于6年生炼山处理与不炼山处理下的南酸枣人工林灌木层之间的 β_{CS} ，这说明在炼山后初期，炼山与不炼山2种处理下灌木层物种组成(群落生境)存在一定的差异。

并且随着时间的推移，2种处理的南酸枣人工林灌木层之间的物种组成差异及所处的环境异质性有加大的趋势，与Bray-Curtis指数值比较，结果一致。横向比较发现，3年生与6年生炼山处理下南酸枣人工林灌木层之间的 β_{CS} 小于3年生与6年生不炼山处理的南酸枣人工林灌木层之间的 β_{CS} ，说明随着时间的进展，炼山处理措施下的南酸枣人工林灌木层物种组成差异(群落生境)比不炼山分小，物种更替速率小，与Bray-Curtis指数值比较，结果一致。

3.2.2 炼山对草本层 β 多样性的影响 3年生炼山处理与不炼山处理的南酸枣人工林草本层之间的 β_{CS} 值大于6年生炼山处理与不炼山处理南酸枣人工林草本层之间的 β_{CS} 。这与灌木层分析结果正好相反，说明在演替初期炼山与不炼山南酸枣人工林草本层的物种组成(群落生境)差异较后期大，即随着时间的推移，炼山与不炼山南酸枣人工林草本层物种组成差异减弱，共有种较多，草本植物所处的群落生境差异也在降低，比较 C_N 值，结论一致。横向比较发现，3年生与6年生炼山南酸枣人工林草本层之间的 β_{CS} 小于3年生与6年生不炼山处理下的南酸枣人工林草本层之间的 β_{CS} 。这和灌木层分析结果相近，说明随着时间推移，炼山处理措施下草本层物种组成差异(群落生境)动态变化比不炼山样地小，草本物种更替速率较小，与Bray-Curtis指数值比较，结果一致。

4 讨论

马祥庆等^[8]利用径流小区定位观测不同林地清理方式林地的水、土、肥流失及产流过程，6a定位研究结果表明，在影响南方杉木*Cunninghamia Lanceolata*造林地水土流失诸因子中，炼山是首要因子。杨玉盛等^[17]对国内外有关炼山对采伐剩余物、水土流失、土壤物理化学性质、土壤肥力、杉木生长影响等问题进行全面阐述，认为炼山弊大于利，并提出相应对策。关于炼山对人工林林下植被物种多样性影响研究报道较少。马祥庆等^[16]在研究炼山后杉木人工林林下植物种类动态变化时发现，

表2 林下植物 β 多样性测定结果

Table 2 The test results of β biodiversity of undergrowth

群落组	灌木层		草本层	
	β_{CS}	C_N	β_{CS}	C_N
P ₁ -P ₂	0.358 0	34.098 8	0.714 3	15.000 0
P ₃ -P ₄	0.672 7	9.545 5	0.392 9	21.607 1
P ₁ -P ₃	0.494 0	11.831 3	0.538 5	13.384 6
P ₂ -P ₄	0.592 6	8.963 0	0.762 7	9.322 0

炼山林地的物种丰富度大于不炼山林地, 而潘辉^[18] 对巨尾桉 *Eucalyptus grandis* 林分的定位研究表明炼山处理会减少巨尾桉人工林林下植被的种类和数量, 这可能与群落类型、取样面积及火烧强度不同等因素有关。本项研究采用空间代替时间的方法对炼山与不炼山处理南酸枣人工林林下植被物种多样性进行横向与纵向比较, 然而由于自然条件的复杂性, 各种生态因子往往是综合作用, 此方法既有它的便利之处, 也有其局限, 故仅能进行初步判断, 在研究方法上若能结合长期定位监测研究, 获取更为完备的数据资料, 将更有利于人们理解林下植被(不同植物生长型)对炼山这一人为干扰方式的生态响应机制。

影响物种多样性的因素是多方面的、复杂的, 物种丰富度和物种多样性反映了环境因子的组合影响及植物间相互作用的结果。林下植被生长发育好坏取决于林分内的光照、土壤等各种生长因子。不同林地清理方式在改变微生境的程度和方式上不同, 炼山与不炼山对物种多样性的影响在早期抚育措施一致的情况下, 群落林分郁闭度小, 群落中的林下植物在获取光能上差别不大, 但炼山直接烧毁了采伐剩余物并对土壤进行灼烧, 土温升高, 土壤疏松, 速效养分增加, 土壤养分在短期内增加迅速, 并且林地状况较不炼山群落整洁, 为阳性灌草的萌发生长创造极为有利条件, 从而使得 3 年生炼山处理下的南酸枣人工林中草本的多样性较不炼山小。一些研究人员也发现土壤养分与物种数量之间的负相关关系, 即随土壤肥力的增加物种丰富度反而减少, 原因是养分可利用性的增加降低了限制性养分数量, 这样光成了惟一限制因素, 只有那些对光竞争力更强的物种占据优势^[19]。不炼山处理的群落由于采伐剩余物的覆盖及其缓慢分解, 在林地生境上(可能主要是土壤)与不炼山林地产生鲜明的对比, 即环境异质性及可利用资源的异质性更高, 形成不炼山林地特有的生态位, 从而拥有更为丰富的林下物种。这样看来, 在早期由于炼山对土壤的影响而间接地影响到了林下植被发育; 而后期随着上层林木的生长发育, 林分郁闭度增大, 人为的外界干扰减弱, 加上枯枝落叶的分解与林地土壤养分增加, 根系的改土作用及土壤逐渐恢复自然状态等, 群落环境变得更为复杂, 炼山效应可能会逐渐减弱, 从而影响林下植被物种多样性, 但多样性受多种因素的综合影响, 并非某一因素所能独立解释。

参考文献:

- [1] Jiang Y. International progress in study of criteria and indicators for sustainable forest management [J]. *World For Res.*, 1997, **10**(2): 9—14.
- [2] 吴承祯, 洪伟, 陈辉, 等. 万木林中亚热带常绿阔叶林物种多样性研究[J]. 福建林学院学报, 1996, **16**(3): 33—37.
- [3] 李建民, 谢芳, 张思玉, 等. 不同干扰强度下光皮桦群落树木物种多样性比较[J]. 浙江林学院学报, 2001, **18**(4): 359—361.
- [4] 林德根. 不同整地方式对火炬松幼林生长及林下植物多样性的影响[J]. 东北林业大学学报, 2000, **28**(6): 1—3.
- [5] 黄梓良, 胡永颜. 不同更新方式对林地植物群落物种多样性的影响[J]. 亚热带植物科学, 2001, **30**(2): 31—34.
- [6] 张远彬, 王开运, 胡庭兴, 等. 扁刺栲—华木荷群系次生林林下物种多样性分析[J]. 应用与环境生物学报, 2003, **9**(5): 465—470.
- [7] 林开敏, 俞新妥, 黄宝龙, 等. 杉木人工林林下植物物种多样性的动态特征[J]. 应用与环境生物学报, 2001, **7**(1): 13—19.
- [8] 马祥庆, 俞新妥. 不同林地清理方式对杉木幼林生态系统水土流失的影响[J]. 自然资源学报, 1996, **11**(1): 33—40.
- [9] 林开敏, 何智英, 俞新妥, 等. 炼山后杉木幼林地土壤肥力动态研究[J]. 福建林学院学报, 1992, **12**(3): 290—295.
- [10] 叶镜中, 王桂馨. 炼山对土壤理化性质的影响[J]. 南京林业大学学报, 1990, **14**(4): 1—7.
- [11] 马克平, 刘玉明. 生物群落多样性的测定方法(I)α多样性的测度方法(下)[J]. 生物多样性, 1994, **2**(4): 231—239.
- [12] Margalef R. Information theory in ecology[J]. *Gen Syst.*, 1958, (3): 36—71.
- [13] Menhinick E F. A comparison of some species individual diversity indexes applied to samples of field insects [J]. *Ecology*, 1964, **45**: 859—861.
- [14] 马克平, 刘灿然, 刘玉明. 生物群落多样性的测度方法(II)β多样性的测度方法[J]. 生物多样性, 1995, **3**(1): 38—43.
- [15] 马克平, 黄建辉, 于顺利, 等. 东灵山地区植物群落多样性的研究[J]. 生态学报, 1995, **15**(3): 268—277.
- [16] 马祥庆, 杨玉盛, 林开敏, 等. 不同林地清理方式对杉木人工林生态系统的影响[J]. 生态学报, 1997, **17**(2): 176—183.
- [17] 杨玉盛, 何宗明, 马祥庆. 论炼山对杉木人工林生态系统影响的利弊及对策[J]. 自然资源学报, 1997, **12**(2): 153—159.
- [18] 潘辉. 不同林地清理方式对巨尾桉林地生产力的影响[J]. 福建林学院学报, 2003, **23**(4): 312—316.
- [19] Molles M C. *Ecology: Concepts and Application* [M]. 北京: 科学出版社, 2000. 312—313.
- [20] 王贵霞, 李传荣, 许景伟, 等. 温带森林群落多样性的测度方法比较评述[J]. 浙江林学院学报, 2004, **21**(4): 486—491.

Effects of controlled burning on species diversity of undergrowth in *Choerospondias axillaris* plantations

FAN Hai-lan, HONG Wei, HONG Tao, WU Chen-zhen, SONG Ping, ZHU Hui, ZHANG Qiong, LIN Yong-ming
(Forestry College, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou 350002, Fujian, China)

Abstract: The α diversity indexes and β diversity indexes were used to study the species diversity of undergrowth in the *Choerospondias axillaris* plantations. The results showed that the species richness of shrub layer, herb layer and liana was lower in the control burning *C. axillaris* plantation than in the non-burning *C. axillaris* plantation, and other numerical values of α diversity indexes showed difference at the same period. In the aspect of time dynamics, the increasing extent of α diversity indexes of shrub layer, herb layer and liana in the control burning *C. axillaris* plantation showed different change compared with the non-burning *C. axillaris* plantation. The two β diversity indexes could quantitatively and definitely show the influence of control burning on undergrowth species composition (or habitat), and different growth form plants show different ecological responses. [Ch, 2 tab. 20 ref.]

Key words: forest ecology; controlled burning; *Choerospondias axillaris* plantation; undergrowth; species diversity

浙江林学院举办浙江省全省林业局长研修班

2005年10月18日至25日，浙江省全省林业局长研修班在浙江林学院举行。研修班对来自浙江省各地的50多位林业局长进行了培训。研修期间，中国工程院院士、浙江林学院院长张齐生教授作了《林业现代化建设发展趋势》，浙江省林业厅厅长陈铁雄作了《林业在生态省建设以及构建和谐社会中的地位和作用》，浙江省林业厅副厅长叶胜荣作了《森林资源保护和林业用地的管理》等专题讲座。研修班的成功举办，对浙江建设“生态省”，改善浙江林学院的办学环境等具有积极的促进作用。

(韦)