云南哀牢山中山湿性常绿阔叶林树种萌生特征研究

陈 沐[1,2], 房 辉[1], 曹 敏[1]
(1. 中国科学院 西双版纳热带植物园, 昆明 650223; 2. 中国科学院 研究生院, 北京 100049)

摘 要: 在云南省哀牢山徐家坝地区选择保存完好的原生林与 20 多年前受到砍伐的森林两种类型的样地。通过调查其中各树种的更新方式和萌生状况, 探讨该地区砍伐林的主要恢复途径、树种的萌生特征。结果表明, 在种子萌发、地面萌生和地上萌生三种更新方式中, 地上萌生所占的比例最大, 尤其是变色锥、木果柯、蒙自连蕊茶等树种。在砍伐林中, < 0.5 m 残桩上的萌枝数量显著高于 1~ 2 m 以及 ≥2 m 高的残桩; 萌生位置距地面高度与全株高度之比(以下简称萌高比) < 0.1 处所具有的萌枝数量显著高于其它位置; 而在原生林中, 残桩高度对萌枝数量无影响, 萌高比< 0.1 处所具有的萌枝数量显著高于萌高比为 0.5~ 0.9 处的。

关键词: 萌生; 更新; 恢复; 残桩高度; 萌生位置
中图分类号: Q948 文献标识码: A 文章编号: 1000-3142(2008)05-0627-06

Sprouting characteristics of sprouted woody plants in the mid-mountain humid evergreen broad-leaved forest on Ailao Mountain, Yunnan Province

CHEN Mu[1,2], FANG Hui[1], CAO Min[1]
(1. *Xishuangbanna Tropical Botanical Garden, Chinese Academy of Sciences*, Kunming 650223, China;
2. *Graduate University of Chinese Academy of Sciences*, Beijing 100049, China)

Abstract: Two types of sample plot, the forest logged 20 years ago and undamaged primary forest, have been chosen at Ailao Mountain Xujiaba area in Yunnan Province. By conducting the regeneration way of different species, sprout conditions, the approach of vegetation restoration of this area and the influencing factors of sprouting ability were discussed. The results showed that among seedlings, aboveground sprouts and basal sprouts, the aboverground sprouts took the largest proportion, especially *Castanopsis ruf escens*, *Lithocarpus xylocarpus* and *Camellia forrestii*. In the logged forest, the ramets number of the stubs that shorter than 0.5 m was significantly more than the stubs which were 1- 2 m high and higher than 2 m. However, there are no significant differences between stubs with different heights in the primary forest; in the logged forest, the lowest place of the sprouts occurrence(less than 1/10) has significant more sprouts than other places; in the primary forest, the lowest place of the sprouts occurrence has significant more sprouts than the places where between 0.5 and 0.9 of the main stems. Reasons of these phenomena are that shorter stumps or the lower place of the stumps can absorb the nutrient from the soil and root more easily.

Key words: resprout; regeneration; restoration; height of the stub; the place of the sprouts occurrence

在遭受较严重的干扰时, 许多植物因为具有较强的萌生能力而保存下来, 而另一些萌生能力较弱的植物则可能面临消失(Bond 等, 2001)。萌生过程在植被恢复和森林更新中起了重要作用(Tanner,

收稿日期: 2007-03-21 修回日期: 2007-11-01
基金项目: 国家重点基础研究"973"发展计划项目(2003CB415100); 云南省自然科学基金(2005C0058M)[Supported by the State Key Basic Research and Development Plan of China(2003CB415100); Natural Science Foundation of Yunnan Province(2005C0058M)]
作者简介: 陈沐(1982-), 女, 湖北武汉市人, 硕士研究生, 研究方向为森林生态学, (E-mail) chenm@xtbg.ac.cn。
© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

1977; 何永涛等, 2000; Bond & Midgley, 2001, 2003)。

生态学家们普遍关注的是生态系统中影响植物萌生效率(即平均每株上的存活萌枝数量)的主要因素(Luoga 等, 2004)。Cirne & Scarano(2001)在巴西 Jacarepia 州生态站对一种灌木 *Andira legalis* 的研究表明, 高度较高的母株, 在受到干扰后, 其萌枝的存活率更高。萌生枝的位置也同样影响到萌生效率, 通常认为树木基部的萌生能力大于中、上部(Kauffman, 1991; 高金润, 1992)。适度干扰可促进植物萌生, 如砍伐(Luoga 等, 2004)、火烧(Keeley, 1992; 李景文, 1992)等。但如果干扰频度或强度过大, 植株也可能丧失萌生能力(唐勇等, 2001)。本研究旨在探讨中山湿性常绿阔叶林受到干扰后, 影响植物萌枝数量存活的主要因素。亚热带常绿阔叶林是中国乃至世界植被的一个重要组成部分, 在我国有着最广泛的分布(中国植被编辑委员会, 1980)。然而, 随着人口的增长和社会经济的发展, 这些常绿阔叶林已受到较多的人为干扰, 对正常的萌生更新造成影响。因此, 开展常绿阔叶林萌生特征研究能为亚热带退化植被的恢复实践提供一定的科学依据。

1 研究地区概况

云南省景东县以徐家坝地区为中心的哀牢山国家级自然保护区, 拥有我国西部最大面积的山地常绿阔叶林, 101°01′ E, 24°32′ N, 海拔 2 450 m。年均温为 11.3 ℃, 月平均最低气温 5.4 ℃(1 月份), ≥10 ℃的活动积温约为 3 420 ℃。多年平均降雨量为 1 931.1 mm, 但 85% 以上的降雨量集中分布在雨季(5~10 月份)。年蒸发量仅为 1 485.9 mm, 小于降水量(邱学忠等, 1998)。

表 1 原生林中的优势植物种类(完好植株)

Table 1 The dominant species in the primary forest (undamaged trees)

种名 Species	相对密度(%) Relative density	相对频度(%) Relative frenquency	相对优势度(%) Relative dominance	重要值 Important value
1 变色锥 *Castanopsis ruf escens*	6.3	5.8	30.5	0.43
2 木果柯 *Lithocarpus xylocarpus*	3.0	5.8	21.3	0.30
3 蒙自连蕊茶 *Camellia f orrestii*	18.6	5.8	1.7	0.26
4 黄心树 *Machilus bombycina*	7.2	5.8	9.6	0.23
5 山矾 *Symp locos sumuntia*	13.5	5.8	1.0	0.20
6 大花八角 *Illicium macranthum*	8.4	4.3	0.2	0.15
7 多花山矾 *Symplocos ramosissima*	6.3	5.8	0.9	0.14
8 红色木莲 *Manglietia insignis*	3.4	5.8	2.0	0.13

2 研究方法

2.1 样地选择以及调查方法

2006 年 2 月, 分别在保存完好的原生林(以下简称原生林)与受到砍伐的森林(以下简称砍伐林)中设置样地进行调查。原生林样方位于徐家坝地区的变色锥、木果柯群落中。本次调查以乔木树种为主, 在 8 个 20 m × 20 m(共 3 200 m^2)的样方中, 共记录了 33 个树种, 分属于 12 科 21 属。主要种类有变色锥、木果柯、蒙自连蕊茶等(表 1)。为调查各优势种之间存活萌枝数量的差异, 于 2006 年 9 月在保护区内的原生林中又补充了 3 个 20 m × 20 m(共 1 200 m^2)样方调查。

1983 年, 原中国科学院昆明生态研究所在徐家坝地区建立森林生态系统研究站时, 经有关部门批准, 有选择地在森林内砍伐了几片成材大树。出于建筑需要, 当时只砍伐了那些径级较大的树木而保留了相对较为幼小的树木。但由于这些小树受当时伐木过程、运输等因素影响, 也受到不同程度的破坏(何永涛等, 2000)。砍伐林样地设置在这一范围内。从调查情况看, 森林的主要物种组成和群落结构没有发生显著变化, 林内分布有面积不等的林窗。

在砍伐林中设置了 4 个 20 m × 20 m 地势平缓的样方, 原生林中设置了 7 个 20 m × 20 m 的样方。海拔均为 2 500 m。记录样地上的每一棵高度 ≥2 m 的植株的种名、胸径、高度、断木的残留树桩高度、萌生植株的萌枝数量以及每个萌枝的基径(萌枝在其母株上萌生处的直径)和萌生位置距地面的高度。另外, 在其中 8 个(砍伐林与原生林各 4 个) 20 m × 20 m 的样方中分别设置了 5 个 1 m × 1 m 的小样方, 记录其中基径 ≤1 cm, 高度 ≤2 m 的乔木实生苗以及地面萌生枝条的数量。

2.2 数据分析

重要值采用如下公式计算: 重要值(IV) = 相对密

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

度+ 相对频度+ 相对优势度(相对基盖度)(Curtis & McIntoch, 1951) 对于树种多样性的测定, 本文采用以下三种多样性指数: Shannon-Wiener's 指数(H')、Pielou's 指数(E)、Margalef's 指数(D)(Magurran, 1988)。公式分别为: $H' = -\sum p_i \ln p_i$; $E = H'/\ln S$; $D = (S-1)/\ln N$。式中, $p_i = N_i/N$, N_i 为 i 树种的个体数, N 为样地中所有树种个体数的总和, S 为样地中的树种数。

此外, 还采用 Sorenson 相似性系数(Cs)计算两种类型森林中的乔木植物在种类组成上的相似程度, 计算方法: $Cs = 2j/(a+b)$。式中, j 为两类样地之间的相同物种数, a 和 b 分别为原生林和砍伐林的物种数(Wittaker, 1972)。

数据分析比较采用 SPSS 11.0 软件的方差分析(余建英等, 2003)。在调查过程中发现, 大部分萌枝都是分布在母株底部或残桩顶端, 为了验证底端和顶端的萌枝数量是否显著高于其它位置, 本研究在分析萌生位置与萌枝数量的关系时, 将萌生的具体位置(萌枝在母株上长出的位置距地面的高度)转化为相对位置(萌枝在母株上长出的位置距地面的高度与全株高度之比, 简称萌高比), 并将其分为 4 个等级: < 0.1(底端); 0.1~0.5(中下部); 0.5~0.9(中上部); 0.9~1(顶端)。另外, 在分析残桩高度和萌高比对萌枝数量的影响时, 为满足方差分析的前提条件, 将萌枝数量的值作开根号的处理。

表 2　树种多样性(四块样地的均值±标准误)
Table 2　The index of the tree species diversity (The average value of 4 plots ± standard error)

取样林地类型 Sampled forest type	H' 样性指数 Shannon-Wiener's index	E 均匀度指数 Pielou's evenness index	D 丰富度指数 Margalef's index
砍伐林 Logged forest	0.86±0.06	0.66±0.05	8.65±0.63
原生林 Primary forest	1.06±0.03	0.87±0.01	8.53±0.64

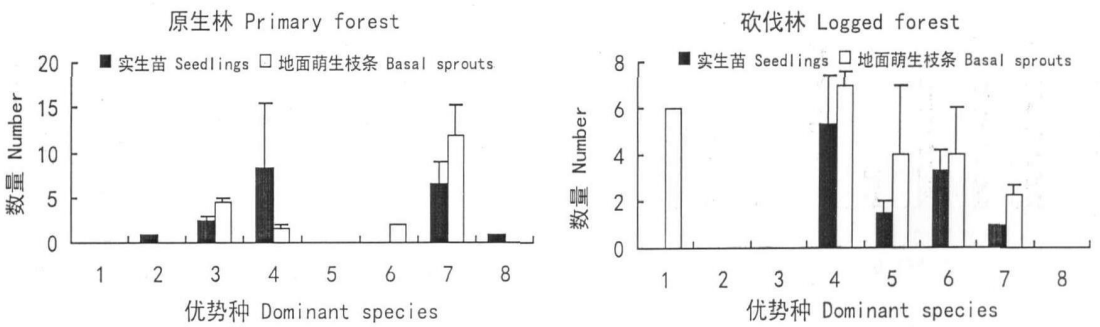

图 1　每 5 m^2 的样方中优势种的实生苗与地面萌生枝条的数量(40 m^2)
Fig. 1　The number of seedling and basal sprouts of dominant species in every 5 m^2 plot
图 1 和图 2 横坐标数字代表的树种名与表 1 相同。

3　结果分析

3.1 树种多样性比较

单因素方差分析结果显示, 在砍伐林的树种多样性指数和丰富度指数与原生林相比, 在 $\alpha = 0.01$ 水平上均无显著差异, 但均匀度指数的差异显著($P = 0.005$)。两种类型样地的乔木以及灌木树种组成的相似性系数为 77%, 可以认为, 该样地在砍伐之后的恢复还是成功的。

3.2 不同更新方式的比较

木本植物的更新主要有以下 3 种方式: 实生、地面萌生、地上萌生(Kammesheidt, 1999)。对高度低于 2 m、基径 ≤1 cm 的植株进行抽样调查, 总体而言, 地面萌生与实生相比所占的比例更大, 而样地中的主要优势种变色锥、木果柯、蒙自连蕊茶等则极少有实生苗(图 1)。对高于 2 m 的植株的样方调查结果显示, 地上萌生现象非常普遍。在所有被调查的 152 株残桩中, 仅有 2 株没有萌生枝条。在所有被调查的完好植株中, 由于树皮被野生动物啃噬、植株本身衰老等原因, 也有相当一部分植株具萌生现象, 特别是那些优势度较高的种(图 2)。可见, 地上萌生与地面萌生是被调查样地主要的更新方式。

3.3 萌生特征

3.3.1 不同树种萌生枝条数量的差异　变色锥、木果柯、蒙自连蕊茶以及山矾的萌生枝条数量较多, 萌生比例也较高(图 2、3)。

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

3.3.2 残桩高度、萌生位置与萌枝数量的关系 (1)不同残桩高度的萌枝数量: 在砍伐林中, 对 15 种木本植物进行调查, < 0.5 m 的残桩上的萌枝数量在 α= 0.05 水平上显著高于 1~ 2 m 高(P= 0.02)以及 ≥2 m 高的残桩(P= 0.03)。在原生林中, 各种高度残桩上的萌枝数量差异不显著(图 4)。另外, 两类样地的萌枝数量差异不显著。(2)不同萌生位置的萌枝数量: 两类样地中各残桩上的萌枝数量在 α= 0.05 水平上无显著差异, 而不同萌高比之间则存在显著差异。在砍伐林中, 萌高比与萌枝数量相关(P= 0.019)。萌高比< 0.1 的位置所具有的萌枝数量显著高于 0.1~ 0.5(P= 0.003)、0.5~ 0.9(P= 0.045)、0.9~ 1(P= 0.015)处的萌枝数量。在原生林中, 萌高比< 0.1 的位置所具有的萌枝数量显著高于 0.5~ 0.9 处的萌枝数量(P= 0.012)(图 5)。

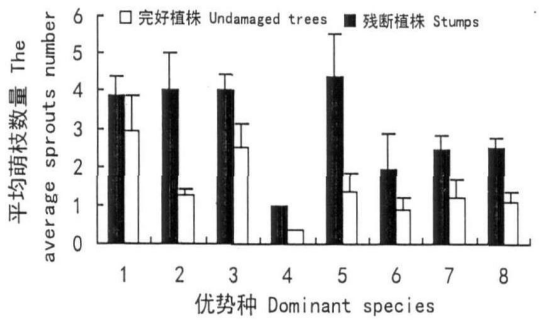

图 2 主要优势种的平均的萌枝数目(4 400 m²)
Fig. 2 The average sprout number of dominant species

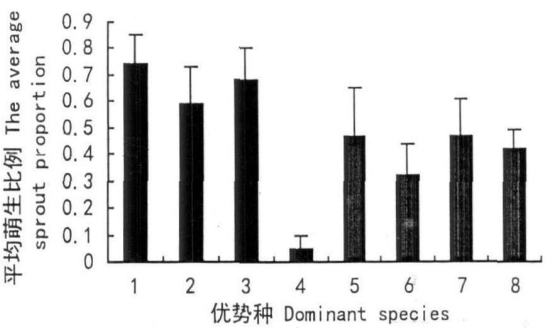

图 3 优势种的完好植株中具有萌生现象的比例(4 400 m²)
Fig. 3 The sprout ratio of undamaged trees in different dominant species

4 讨论

4.1 几种更新方式的比较

对两类样地的植被进行调查分析, 砍伐林与原生林的树种多样性指数与丰富度指数差异不显著, 可见, 该片砍伐林的恢复较成功。两类样地均在保护区范围内, 因此森林内的人为活动较少, 主要依靠自我恢复。那么在此过程中, 不同的更新方式对恢复的贡献如何呢? 本次调查发现, 大部分树种都没有出现实生苗, 尤其是那些优势度较高的树种, 如变色锥、硬壳柯、蒙自连蕊茶等。另外, 何永涛等(2000)通过样线法(每隔 10 m 取一个点)在该片砍伐林内对 20 个 4 m×4 m 样方进行调查, 结果在林内 320 m² 范围内, DBH(胸径)< 3 cm, 高> 50 cm 的乔木幼树共有 238 株, 但没有木果柯、硬壳柯(*L. hancei*)、变色锥、南洋木荷(*Schima norohae*)等树种的幼树, 折柄茶在这一阶段的幼树也仅有 2 株。这些现象表明, 在遭到一定程度砍伐后, 哀牢山中山湿性常绿阔叶林的恢复主要依靠萌生而非种子萌

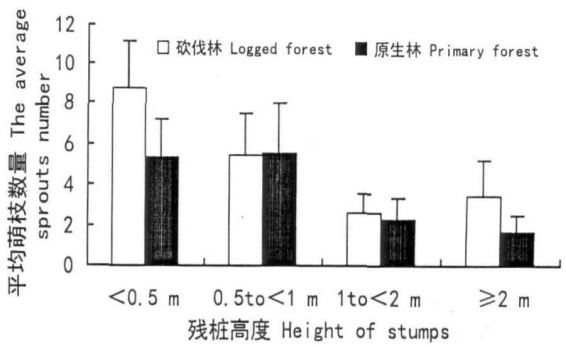

图 4 原生林和砍伐林中不同高度残桩的萌枝数量平均值(3 200 m²)
Fig. 4 The average sprout number on stumps of different height in the primary forest and logged forest

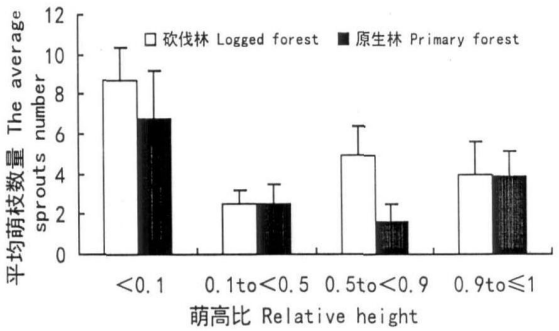

图 5 原生林和砍伐林中不同的萌高比处的萌枝数量平均值(3 200 m²)
Fig. 5 The average sprout number at different relative heights(the height of the sprouts occurrence to the height of the whole tree) in the primary forest and logged forest (1, < 0.1; 2, 0.1to< 0.5; 3, 0.5to< 0.9; 4, 0.9 to ≤1)

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

发。造成这种现象可能有以下原因: 第一, 在幼苗和幼树阶段, 萌生枝条的生长远比实生苗快, 因为萌枝可以利用广大的根系以及树木其余部分所储存的丰富代谢产物, 且萌枝占据较高的位置从而使之不易被遮光(Bellingham 等, 1994)。另外, 萌枝通过伐根可吸收充足的水分和养分保证其健壮生长。此外, 伐根存在生理年龄, 缩短了萌生林的成熟年龄(张建康等, 2004)。第二, 萌生更新比种子繁殖受客观条件限制较少。林内地表枯枝落叶厚, 箭竹根系盘结, 十分不利于种子入土发芽。黄玉清等(2000) 对广西元宝山地区红豆杉种群的研究也得到同样结果。第三, 研究样地位于保护区境内, 虽受人为干扰较少, 但植被受野生动物的干扰较大, 如野猪、马鹿等(在样地上可见动物粪便及足迹) , 因此, 地表幼苗易被践踏, 难以存活。另外, 本次调查中未发现滇山杨(*Populus bonatii*)、旱冬瓜(*Alnus nepalensis*) 等先锋树种。据记载, 哀牢山上的旱冬瓜与滇山杨林是在木果柯原生林遭受彻底破坏后逐渐形成的(游承侠, 1983) , 而在仅仅受到中度干扰(如择伐) 的原生林则并非先锋树种的合适生境。因此, 哀牢山中山湿性常绿阔叶林受到中度干扰后, 其更新主要依靠萌生而非种子萌发或先锋树种进入等其它方式。

4.2 萌生能力和特征

4.2.1 萌生能力　对于萌生能力的定义, 有如下说法。萌生力的强弱可用萌生势来表示: 所谓萌生势是指伐桩上萌生枝条数量, 萌生枝条生长的强弱(以枝条的长度、粗度、或以枝条的生物量为评价指标) (彭鉴等, 1992)。Luoga 等(2004) 在统计各树种的萌生能力时并未将径级较小的萌枝排除在外, 认为每个桩上的平均萌枝数量即为萌生能力。何永涛等(2000) 将木桩上产生的基径 ⩾3 cm 的萌枝数量作为衡量树木萌生能力的指标, 因为小于这一径级的萌枝死亡率极高(Kammesheidt, 1999)。在本研究中, 砍伐林中的残桩和完好植株上< 3 cm 的存活萌枝数量分别占总存活萌枝数量的 63% 和 87% , 原生林中这两种比例分别为 73% 和 91%, 可见, 大部分萌枝都为小萌枝。因此, 本研究将每个母株上的平均存活萌枝数量定为萌生能力。

4.2.2 萌生与干扰　本研究结果也表明, 受择伐的原生林经一段时间恢复, 其树种多样性与未受干扰的原生林无显著差异。如果干扰过度, 则会导致植被丧失萌生能力。如哀牢山徐家坝地区西北角的旱冬瓜林, 是在木果柯林遭受彻底破坏又加以火烧后逐渐形成的。外貌呈稀树草坡, 乔木几乎全是旱冬瓜。而徐家坝小盆地周围零星分布的滇山杨林也与之相似, 主要树种是滇山杨, 并杂有萌生的木果柯林残留树种。由于多是幼年林, 群落仅高 1~ 4 m, 因此外貌很像灌丛草坡(游承侠, 1983)。其它类型的生态系统也有类似例子。唐勇等(2001) 对西双版纳刀耕火种轮歇地的调查表明, 尽管较厚的树皮在刀耕火种过程中可保护萌桩的形成层并形成萌生枝, 但随着人地矛盾的逐渐突出、轮歇时间的日益缩短, 萌生植物没有足够的时间达到抵御火烧的能力(尤其是不能达到足够的树皮厚度) , 从而影响到植物的萌生能力。由此可见, 若能将特定森林生态系统的干扰程度控制在一定范围内, 使萌生这一更新方式能最大化地发挥作用, 对该生态系统的可持续发展极有意义。

4.2.3 优势树种的萌生差异　萌生能力在被子植物中普遍存在, 但在不同种之间, 其萌生能力差异很大(Cramer & Kozlowski, 1979)。在本次调查的样地中, 变色锥、木果柯、蒙自连蕊茶的萌生比例与存活萌生枝条数量明显高于大部分其它树种。因此, 在该种类型的生态系统中, 可优先考虑这几种作为退耕还林的树种。

4.2.4 萌生位置　本研究结果显示, 在砍伐林中, 萌高比与萌枝数量在 α= 0.05 水平上显著正相关。萌高比< 0.1 处的萌枝数量显著高于其它位置的萌枝数量。也就是说, 树木基部的萌生能力大于中、上部的萌生能力。这与前人研究结果相符, 推测这种方式是为了让萌枝能够充分吸收根部养分(Kauffman, 1991; 高金润, 1992)。

4.2.5 残桩高度　刘文胜(2003) 对辽东栎(*Quercus liaotungensis*)、川榛 (*Corylus heterophylla* var. *sutchuengensis*) 残留树桩高度与萌枝数量分组统计表明, 辽东栎、川榛的萌枝数均表现出随高度而增加的趋势。Cirne & Scarano(2001) 在巴西 Jacarepia 州生态站对一种灌木 *Andira legalis* 也显示出相似的研究结果。他推测, 这是因为在受到干扰后, 萌生能力较强的个体一方面通过向上生长、增加高度以获得更多的光能, 另一方面则通过增加萌枝数来扩大光能利用效率以提高其竞争能力。另一个可能的原因是, 同等条件下, 植物体储藏能量越多, 其萌生能力越强(Cirne & Scarano, 2001; 刘文胜, 2003)。

本研究结果显示, 在砍伐林中, < 0.5 m 的残桩上的萌枝数量在 α= 0.05 水平上显著高于 1~ 2 m

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

以及 ≥2 m 高的残桩。对原生林的调查显示, 随着残桩高度的增加, 萌枝数有增加的趋势, 但不具显著差异。可能的原因是, 在所调查的样地中, 砍伐林与原生林中的乔木层都较高, 因此较高的残桩也并不能获得更多的光能, 就萌生能力而言, 它们不比较短的残桩更有优势, 而较短的残桩可让萌枝更为便利地吸收营养, 因此这一高度范围的萌枝数更多。

5 结论

在哀牢山中山湿性常绿阔叶林中, 砍伐林经过一段时间(本次调查为 20 a)恢复后, 其树种多样性指数与原生林相差不大。在种子萌发、地面萌生、地上萌生三种更新方式中, 地上萌生所占的比例最大。变色锥、木果柯、蒙自连蕊茶的萌生比例与存活萌生枝条数量明显高于大部分其它树种, 因此, 在该种类型的生态系统中, 可优先考虑这几种作为退耕还林的树种。在砍伐林中, < 0.5 m 的残桩上的萌枝数量在 α= 0.05 水平上显著高于 1~ 2 m 以及 ≥2 m 高的残桩; 而在保存完好的原生林中, 不同高度残桩上的萌枝数量不具显著差异。有可能较短的残桩可让萌枝更为便利地吸收营养, 因此这一高度范围的萌枝数量最多。在砍伐林中, 萌高比< 0.1 的位置的萌枝数量在 α= 0.05 水平上显著高于其它位置; 而在原生林中, 萌高比< 0.1 的位置的萌枝数量显著高于萌高比为 0.5~ 0.9 处的萌枝数量。也就是说, 树木基部的萌生能力大于中、上部。

致谢 中国科学院哀牢山亚热带森林生态系统研究站给予了大力支持, 李达文参加了野外调查工作, 杨国平等给予了大力协助, 谨此一并致谢!

参考文献:

中国植被编辑委员会. 1980. 中国植被[M]. 北京: 科学出版社: 306- 356

刘文胜. 2003. 岷江上游退化生态系统恢复过程中植物群落结构的比较研究[D]. 中国科学院西双版纳热带植物园硕士学位论文

李景文. 1992. 森林生态学[M]. 北京: 中国林业出版社: 170- 177

余建英, 何旭宏. 2003. 数据统计分析与 SPSS 应用[M]. 北京: 人民邮电出版社: 148- 157

邱学忠, 谢寿昌. 1998. 哀牢山森林生态系统研究[M]. 昆明: 云南科技出版社: 3- 4

张建康, 辜云杰, 何芳, 等. 2004. 伐根复壮在杉木萌生林培育中的应用前景[J]. 陕西林业科技, **1**: 31- 33, 38

高金润. 1992. 树木成熟和复壮的机理综述[J]. 山西林业科技, **2**: 39- 40

游承侠. 1983. 哀牢山徐家坝地区的植被分类[C]//中国科学院昆明分院生态研究室. 云南哀牢山森林生态系统研究. 昆明: 云南科技出版社: 74- 117

Bellingham PJ, Tanner EVJ, Healey JR. 1994. Sprouting of trees in Jamaican montane forests after a hurricane[J]. *J Ecol*, **82**: 747- 758

Bond WJ, Midgley JJ. 2001. Ecology of sprouting in woody plants: the persistence niche[J]. *Trend in Ecol and Evol*, **16**: 45- 51

Bond WJ, Midgley JJ. 2003. The evolutionary ecology of sprouting [J]. *Intern J Plant Sci*, **164**: 103- 114

Cirne P, Scarano FR. 2001. Resprouting and growth dynamics after fire of the clonal shrub *Andira legalis* (Leguminosae) in a sandy coastal plain in southeastern Brazil[J]. *J Ecol*, **89**: 351- 357

Curtis JT, McIntosh RP. 1951. An upland forest continuum in the prairie forest border region of Wisconsin[J]. *Ecology*, **32**: 467- 496

He YT(何永涛), Cao M(曹敏), Tang Y(唐勇), *et al*. 2000. A preliminary study on sprouting of canopy trees in middle mourtain moist evergreen broad-leaved forest of Ailao Mountain, Yunnan(云南省哀牢山中山湿性常绿阔叶林萌生现象的初步研究)[J]. *J Wuhan Bot Rese*(武汉植物学研究), **18**: 523- 527

Huang YQ(黄玉清), Li XK(李先琨), Su ZM(苏宗明). 2000. Structure of *Taxus chinensis* var. *mairei* population in Yuanbaoshan of Guangxi, China——II. Height structure(元宝山南方红豆杉种群结构——II、高度结构)[J]. *Guihaia*(广西植物), **20**(2): 126- 130

Kammesheidt L. 1999. Forest recovery by root suckers and above-ground sprouts after slaslr and-burn agriculture, fire and logging in Paraguay and Venezuela[J]. *J Trop Eco*, **15**: 143- 157

Kauffman JB. 1991. Survival by sprouting following fire in tropical forest of the eastern Amazon[J]. *Biotropica*, **23**: 219- 224

Keeley JE. 1992. Recruitment of seedling and vegetative sprouts in unburned chaparral[J]. *Ecology*, **73**: 1 194- 1 208

Luoga EJ, Witkowski ETF, Balkwill K. 2004. Regeneration by coppicing(resprouting) of mimbo(African savanna) trees in relation to land use[J]. *For Ecol and Manag*, **189**: 23- 35

Magurran AE. 1988. Ecological Diversity and its Measurement [M]. New Jersey: Princeton University Press

Peng J(彭鉴), Ding SY(丁圣彦), Wang BR(王宝荣), *et al*. 1992. Studies on evergreen broad-leaved sprouted shrub communities and biomass in Kunming region(昆明地区常绿栎类萌生灌木群落特征与地上部分生物量的研究)[J]. *J Yunnan Univ: Nat Sci*(云南大学学报• 自然科学), **14**(2): 167- 177

Tang Y(唐勇), Feng ZL(冯志立), Cao M(曹敏). 2001. Forest regeneration by sprouting in slash and burn field, Xishuangbanna (西双版纳刀耕火种轮歇地的萌生植物)[J]. *J Northeast Fore Univ*(东北林业大学学报), **29**(4): 64- 66

Tanner EVJ. 1977. Four montane rain forests of Jamaica: A quantitative characterization of the floristics, the soils and the foliar mineral levels, and a discussion of the interrelations[J]. *J Ecol*, **65**: 883- 918

Wittaker RH. 1972. Evolution and measurement of species diversity[J]. *Taxon*, **21**: 213- 251

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net