

中国百种杰出学术期刊
中国精品科技期刊
中国科协优秀期刊
中国科学院优秀科技期刊
新中国 60 年有影响力的期刊
国家期刊奖

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica

(Shengtai Xuebao)

第 31 卷 第 1 期
Vol.31 No.1
2011



中国生态学学会
中国科学院生态环境研究中心
科学出版社

主办
出版



中国科学院科学出版基金资助出版

生态学报

(SHENGTAI XUEBAO)

第 31 卷 第 1 期 2011 年 1 月 (半月刊)

目 次

青藏高原东缘林线杜鹃-岷江冷杉原始林的空间格局	缪 宁,刘世荣,史作民,等 (1)
季风常绿阔叶林不同恢复阶段藤本植物的物种多样性比较	李帅锋,苏建荣,刘万德,等 (10)
越冬和复苏时期太湖水体蓝藻群落结构的时空变化	顾婷婷,孔繁翔,谭 啸,等 (21)
海南新村湾海草床主要鱼类及大型无脊椎动物的食源	樊敏玲,黄小平,张大文,等 (31)
广西涠洲岛造礁珊瑚种群结构的空间分布	梁 文,张春华,叶祖超,等 (39)
宽窄行栽植模式下三倍体毛白杨根系分布特征及其与根系吸水的关系	席本野,王 烨,贾黎明,等 (47)
干旱河谷-山地森林交错带土壤水分与养分特征	刘 彬,罗承德,张 健,等 (58)
信号分子水杨酸减缓干旱胁迫对紫御谷光合和膜脂过氧化的副效应	易小林,杨丙贤,宗学风,等 (67)
UV-B 辐射对南方红豆杉生活史型和紫杉烷类含量的影响	于景华,李德文,庞海河,等 (75)
模拟氮沉降对石栎和苦槠幼苗土壤呼吸的影响	李 凯,江 洪,由美娜,等 (82)
环渤海湾地区连作苹果园土壤中酚酸类物质变化	孙海兵,毛志泉,朱树华 (90)
不同施肥方法对马来沉香和土沉香苗期根系生长的影响	王 冉,李吉跃,张方秋,等 (98)
秋华柳和枫杨幼苗对镉的积累和耐受性	贾中民,魏 虹,孙晓灿,等 (107)
祁连山北坡退化林地植被群落的自然恢复过程及土壤特征变化	赵成章,石福习,董小刚,等 (115)
中国北方农牧交错带 C3 草本植物 $\delta^{13}C$ 与温度的关系及其对水分利用效率的指示	刘贤赵,王国安,李嘉竹,等 (123)
不同退耕模式细根(草根)分解过程中 C 动态及土壤活性有机碳的变化	荣 丽,李守剑,李贤伟,等 (137)
黑龙江省完达山东部林区东北虎猎物生物量	周绍春,张明海,孙海义 (145)
生态保护项目对大熊猫栖息地的影响	张玉波,王梦君,李俊清 (154)
石灰和 EM 处理条件下土壤动物群落在落叶分解中的变化	高梅香,张雪萍 (164)
基于 EPG 的麦长管蚜、麦二叉蚜和禾谷缢管蚜取食行为比较	苗 进,武予清,郁振兴,等 (175)
对映-贝壳杉烷型二萜类化合物对土壤纤毛虫群落的毒性效应	宁应之,杜海峰,王红军 (183)
红脂大小蠹种群空间格局地统计学分析及抽样技术	潘 杰,王 涛,宗世祥,等 (195)
山西不同生态型大豆种质资源蛋白亚基的变异	王燕平,李贵全,郭数进,等 (203)
施肥和覆膜垄沟种植对旱地小麦产量及水氮利用的影响	李廷亮,谢英荷,任苗苗,等 (212)
近 40a 甘肃省气候生产潜力时空变化特征	罗永忠,成自勇,郭小芹 (221)
基于 GIS 的农村住区生态重要性空间评价及其分区管制——以兴国县长冈乡为例	谢花林,李秀彬 (230)
农户收入差异对生活用能及生态环境的影响——以江汉平原为例	杨 振 (239)
河北省耕地生态经济系统能值指标空间分布差异及其动因	王 千,金晓斌,周寅康,等 (247)
土地利用对石漠化地区土壤团聚体有机碳分布及保护的影响	罗友进,魏朝富,李 渝,等 (257)
专论与综述	
景观格局-土壤侵蚀研究中景观指数的意义解释及局限性	刘 宇,吕一河,傅伯杰 (267)
美国煤矿废弃地的生态修复	张成梁,B. Larry Li (276)
农田土壤食物网管理的原理与方法	陈云峰,胡 诚,李双来,等 (286)
学术信息与动态	
旱地、荒漠和荒漠化:探寻恢复之路 ——第三届国际荒漠化会议述评	吕一河,傅伯杰 (293)

季风常绿阔叶林不同恢复阶段藤本植物的物种多样性比较

李帅锋¹, 苏建荣^{1,*}, 刘万德¹, 张志钧¹, 刘庆云², 李忠文³

(1. 中国林业科学研究院资源昆虫研究所, 昆明 650224; 2. 云南省普洱市林业科学研究所, 云南 普洱 665000;

3. 云南普洱市自然保护区管理处, 云南 普洱 665000)

摘要: 藤本植物是森林生态系统的重要组成部分, 影响群落的恢复与演替。通过对云南普洱地区不同恢复阶段(恢复 15a、恢复 30a 和原始林群落)季风常绿阔叶林群落的野外调查, 分析了不同恢复阶段藤本植物的物种丰富度、密度、多度、径级分布、多样性指数及攀援方式, 并探讨藤本植物与支持木的关系。结果表明: 在 0.81hm² 的调查样地中, 共发现 $DBH \geq 0.1$ cm 的藤本植物 1292 株(分属 34 科 51 属 64 种)。原始林群落的藤本物种丰富度、密度($DBH < 1$ cm)、胸高断面积和平均胸高断面积都显著高于恢复阶段, 原始林和恢复 15a 群落的密度($DBH \geq 1$ cm)、平均胸径和平均长度之间无显著差异, 但都显著高于恢复 30a。3 种群落类型中藤本植物的物种组成和径级分布有显著差异, 原始林中藤本植物物种更多, 而且大径级($DBH \geq 10$ cm)的藤本植物仅出现在原始林及恢复 30a 的群落。单株藤本攀援的支持木在 3 种群落类型中均占多数, 藤本植物与支持木的胸径存在显著的正相关($P < 0.001$), 原始林群落中 $DBH \geq 15$ cm 的支持木更易被攀援, 而恢复阶段则相反。茎缠绕藤本植物对原始林的负面影响要显著少于恢复 15a 及 30a 群落, 而卷须类藤本植物也反映出原始林正处于一个动态变化的阶段, 同时根攀缘和搭靠类藤本植物物种组成和多度变化可以反映出干扰后季风常绿阔叶林的恢复程度。森林砍伐是影响不同恢复阶段藤本植物的物种组成和分布的主要因素。

关键词: 物种多样性, 藤本-支持木关系, 攀援方式, 季风常绿阔叶林

Changes of liana species diversity in different restoration stages of monsoonal broad-leaved evergreen forest

LI Shuaifeng¹, SU Jianrong^{1,*}, LIU Wande¹, ZHANG Zhijun¹, LIU Qingyun², LI Zhongwen³

1 Research Institute of Resource Insects, Chinese Academy of Forestry, Kunming 650224, China

2 Forestry Research Institute of Pu'er Municipality, Pu'er 665000, China

3 The Administrative Department of Pu'er Nature Reserve, Pu'er 665000, China

Abstract: Liana is important component of forest ecosystem, which usually affects restoration and succession of the communities. Relationship between liana and host tree has significant implications for forest conservation and sustainable management. Field data collection was based on 0.81hm² plot (including 9 subplots) in different restoration stages (community of 15 years restoration (15 year), community of 30 years restoration (30 year)) and primary monsoonal broad-leaved evergreen forest distribute in Caiyanghe nature reserve, Yixiang Township and Xinfang reservoir, Pu'er city, Yunnan, China. On the basis of analyzing liana species richness, density, abundance, size structure, diversity indices and the climbing mechanism in the different restoration period, the relationship between liana and host tree was discussed. The results shown that: 1292 climbing lianas ($DBH \geq 0.1$ cm), belonging to 64 species in 51 genera and 34 families were recorded in all plots. The liana richness, density ($DBH < 0.1$ cm), basal area at breast height and mean basal area at breast height in primary forest were significantly higher than restoration stages. There was no significant difference of density

基金项目: 中国林科院中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金资助项目(CAFYBB2008001, rirical201002M)

收稿日期: 2010-08-31; 修订日期: 2010-11-10

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: jianrong@vip.sina.com

($DBH \geq 1\text{cm}$), average DBH and average length between primary forest and 15 year, though both were significantly higher than that of 30 year. Species composition and DBH class distribution of lianas varied significantly in the three community types. *Mucuna macrocarpa*, *Celastrus monospermus* and *Gnetum montanum* are most abundant species. These species were found in all restoration stages and primary forest. *Mucuna macrocarpa* is an early successional species which needs intensive light environment and *Gnetum montanum* is a late successional species. Species-area curve showed that primary forest had higher species richness than 15 year and 30 year, which confirmed that primary forest played an important role in biodiversity conservation of lianas. Liana abundance decreased significantly while its DBH class increased. DBH of more than 95% lianas was less than 5cm. The lianas of large diameter class ($DBH \geq 10\text{cm}$) were found only in primary forest and 30 year. One liana per host tree was most abundant in three community types. Host trees were more likely to be infested by lianas when their DBH was larger than 15cm in primary forest and liana-host tree relationship showed different trends in restoration stages. Large tree was more susceptible to be climbed by liana. There was a significant positive correlation ($P < 0.001$) between the liana DBH and host tree DBH . DBH of liana increased with the growth of DBH of host tree in primary and 15 year. Stem twining caused more mechanical damage in 4 climbing ways, and the damage for primary forest were significantly lower than that for restoration stages. Density of tendrill climber showed that primary forest was undergoing a dynamic process. Species composition and abundance change of root climber and hook climber can be used as an indicator to reflect restoration level of monsoonal broad-leaved evergreen forest of post-disturbance. Primary forest had more *Piper flaviflorum* than 15 year and 30 year and *Fissistigma acuminatissimum* did not appear in the restoration stages. Deforestation is main factor that affects liana species composition and distribution and reduces lianas abundance and richness significantly. Restoration time has an important effect on regeneration of lianas.

Key Words: species diversity; liana-host tree relationship; climbing mechanism; monsoonal broad-leaved evergreen forest

藤本植物是热带和亚热带森林的重要组成部分,贡献了大约 25% 的物种多样性^[1-2],同时利用了大约 40% 的乔木物种的林冠进行支持^[3]。热带原始林中,藤本植物仍保持着重要的作用^[4]。藤本植物能极大影响热带森林的动态^[5]。由于攀援能力较强,藤本植物常常能在采伐过的森林中迅速扩散^[6],从而对热带乔木的繁殖、生长和生存产生负面影响^[3,7-10],如影响林窗和次生林的更新^[11],阻碍森林结构的恢复,延长森林演替的时间^[12]等。藤本植物在森林更新研究中逐渐被重视^[13-14]。国内外对藤本的研究主要集中在藤本的攀援机制^[15-16]、适应生态学^[17-18]、干扰对藤本的影响^[19-21]、叶片解剖^[22]、生物量^[23]、藤本与支持木的相互关系^[10,17,24-25]、藤本多样性^[2,4,26-28]和区系组成^[29]。

季风常绿阔叶林主要分布在我国的热带,为重要的地带性植被类型^[30],是“热带季雨林、雨林向亚热带常绿阔叶林过渡的一种植被类型”^[31]。目前,对季风常绿阔叶林内藤本植物组成和分布的研究还极少,尤其是对不同恢复阶段藤本植物的全面和深入研究还未见报道。云南省普洱地区是季风常绿阔叶林一个主要分布地区^[31],随着各种森林保护措施的出台,森林得以不断恢复,形成了不同恢复时期的季风常绿阔叶林群落,因此,该地区是研究季风常绿阔叶林不同恢复阶段中藤本植物变化的理想场所。本文通过对普洱地区季风常绿阔叶林不同恢复阶段中藤本植物的物种多样性、攀援方式及与支持木关系变化的研究,以为森林生态系统的经营管理和植被恢复提供科学依据。

1 研究地概况

研究区域位于云南省中南部的普洱市所辖依像镇、翠云区和菜阳河自然保护区,地理位置为 $22^{\circ}35' - 22^{\circ}45'N$, $100^{\circ}56' - 101^{\circ}6'E$,海拔在 1200—1600m 之间,处于滇南热带与南亚热带的分界和过渡位置^[32],属南亚热带高原季风气候,夏秋季主要受印度洋西南季风暖湿气流影响,夏秋季多雨,冬春季干旱,干湿季分明,年降雨量 1547.6mm,雨水主要集中在 5—10 月,占全年降雨量的 87.3%,年平均蒸发量 1590mm,相对湿度 82%,年平均气温 $17.7^{\circ}C$,年日照时数 2122.9h, $\geq 10^{\circ}C$ 的积温为 6353.5 $^{\circ}C$ 。森林土壤为赤红壤。

季风常绿阔叶林是该地区主要的森林植被。由于森林距离城市及农村社区较近,常被砍伐作为薪炭或被改造成茶园及农地等,因此当地季风常绿阔叶林形成了不同龄级的森林群落。由于受强烈的西南季风影响,与亚洲东南部的热带低山山地雨林相比,季风常绿阔叶林中存在更多的藤本植物^[33]。研究区内季风常绿阔叶林恢复群落主要包括恢复 15a 和恢复 30a 及原始林群落。

恢复 15a 群落主要分布在依像镇的大寨小平坝,1995a 对森林进行砍伐后自然更新,海拔范围在 1400—1500m 之间,坡位中山坡,坡度在 18—25° 之间,乔木层盖度在 65%—70% 之间,优势种为短刺栲 (*Castanopsis echidnocarpa*)、红木荷 (*Schima wallichii*)、杯状栲 (*Castanopsis calathiformis*),主要组成物种有小果栲 (*Castanopsis fleuryi*)、母猪果 (*Helicia nilagirica*)、华南石栎 (*Lithocarpus fenestratus*)、香面叶 (*Lindera communis*) 等;灌木层盖度在 40%—50% 之间,主要组成物种以乔木幼树为主,如杯状栲;草本层盖度在 15%—25% 之间,主要组成物种有毛果珍珠茅 (*Scleria levis*)、狗脊蕨 (*Woodwardia japonica*)、山菅兰 (*Dianella ensifolia*)。

恢复 30a 群落主要分布在翠云区信房水库,森林于 1980a 砍伐后自然更新,海拔范围在 1350—1370m 之间,坡位中山坡,坡度在 20—25° 之间,乔木层盖度在 70%—75% 之间,优势种为短刺栲、华南石栎、红木荷,主要组成物种有红花木樨榄 (*Olea rosea*)、粗壮润楠 (*Machilus robusta*)、隐距越桔 (*Vaccinium exaristatum*) 等;灌木层盖度为 65%,主要是以乔木幼树为主,如短刺栲;草本层盖度在 65%—70% 之间,主要组成物种有毛果珍珠茅、狗脊蕨、芒萁 (*Dicranopteris pedata*) 等。

原始林位于莱阳河自然保护区,海拔范围在 1250—1600m 之间,坡位中和中上,坡度在 5—12° 之间,乔木层盖度在 85%—95% 之间,优势种主要为短刺栲、杯状栲、红木荷,主要组成物种有截头石栎 (*Lithocarpus truncatus*)、粗穗石栎 (*Lithocarpus grandifolius*)、粗壮润楠等;灌木层盖度在 60%—65%,主要组成物种以乔木幼树为主,如杯状栲、短刺栲等;草本层盖度在 30%—45%,主要组成物种是云南复叶耳蕨 (*Arachniodes henryi*)、毛果珍珠茅等。

同时 3 种群落类型中树干和林冠上附生有水龙骨科 (Polypodiaceae) 和兰科 (Orchidaceae) 植物,板根现象和藤本植物是群落一个重要特征。

2 研究方法

2.1 野外调查

分别选择季风常绿阔叶林采伐后恢复 15a 和 30a 及原始林群落设置调查样地,样地大小为 30m × 30m,每种群落类型设置 3 个重复。对样方内 $DBH \geq 0.1\text{cm}$ 和高度大于 1.3m 的所有藤本植物进行测定,记录其物种、胸径、长度、攀援方式及株数,同时记录藤本植物攀援的支持木的物种名称、株数和胸径,对于 1 株藤本植物攀援多个支持木时,测量时只记录该藤本植物最初攀援的支持木^[24]。样地中藤本的胸径的测量在离根基部长 1.3m 处进行,藤本的长度的测量主要是根据藤本大小进行,小藤本长度直接用卷尺测量或者依据其攀援的支持木进行测量,由于攀缘树木进行藤本长度测量在实践中不可行,因此大藤本长度的测量通常对比其攀缘支持木的高度进行估测。

2.2 数据处理

2.2.1 藤本植物的组成及多样性特征

利用野外调查数据,统计 3 种群落类型藤本植物物种、属和科的丰富度,同时计算密度、平均胸径、平均长度、胸高断面面积、平均胸高断面面积及 Shannon-Wiener 指数。用逐步扩大样方面积法确定物种-面积累计曲线和物种-个体累计曲线^[20]。

密度是指在 0.09hm² 样地中所有藤本植物的个体数;物种重要值 = (相对多度 + 相对显著度)/2;物种多样性计算方法使用 Shannon-Wiener 指数, $H = - \sum_{i=1}^s (P_i \ln P_i)$, P_i 表示相对多度,即 $P_i = \frac{N_i}{N_0}$, N_i 为第 i 物种的多度, N_0 为所有物种的多度。

2.2.2 大小径级结构划分

将藤本植物的胸径进行分级: 0.1—0.5cm, >0.5—1 cm, >1—2 cm, >2—3 cm, >3—4 cm, >4—5 cm,

>5—10 cm, >10cm, 共有 8 个等级, 进行分类对比; 同时将支持木的胸径进行分级: <5cm, 5—10cm, >10—15cm, >15—20cm, >20—25cm, >25—30cm, >30—35cm, >35—40cm, >40cm, 共 9 个等级。分别统计每个样地各径级物种数及多度, 并计算其百分比。

2.2.3 藤本与支持木关系

统计 3 种群落类型支持木上攀援的藤本植物多度, 并计算不同径级支持木上藤本植物多度。

2.2.4 攀援方式的划分

在野外观测的基础上, 依据藤本植物攀援器官和攀援方式的不同, 参考 Putz^[3]及蔡永立和宋永昌^[15]的划分方法, 将所调查的藤本植物分为缠绕类、卷须类、根攀援和搭靠类 4 种攀援方式进行归类汇总。

2.3 数据分析

针对 3 种群落类型藤本植物科属种的丰富度、密度、胸高断面积、平均胸高断面积、平均胸径、平均长度、Shannon-Wiener 指数、不同径级藤本和支持木多度的百分比、不同攀援方式藤本植物多度和物种的百分比的差异进行单因素方差分析(One-way ANOVA)的方法检验, 并对其进行两两比较, 当统计数据方差具有齐性时, 选择 LSD(Least Significant Difference) 进行比较; 当统计数据方差不具有齐性时, 选择 Games-Howell 方法进行比较。

将支持木胸径与其对应的藤本植物胸径进行相关分析, 得出回归方程。

3 种群落类型的藤本植物的不同径级结构和藤本的攀援方式的差异性用卡方检验。文中所有数据均在 SPSS17.0 中完成, 显著度水平为 $P < 0.05$ 。

3 结果

3.1 藤本植物物种组成、丰富度及密度

在 0.81hm² 的调查样地中, 共调查到藤本植物 1292 株, 分属 34 科 51 属 64 种, 其中蝶形花科(Papilionaceae)的物种最多, 包含了 7 个种, 占总物种个体多度的 22.91%, 其次是萝藦科(Asclepiadaceae)(6 种, 7.02%)、葡萄科(Vitaceae)(5 种, 1.08%)和菝葜科(Smilacaceae)(4 种, 11.84%)。

大果油麻藤(*Mucuna macrocarpa*)是恢复 15a 和 30a 群落中相对多度和相对显著度最大的物种, 独籽藤(*Celastrus monospermus*)和买麻藤(*Gnetum montanum*)是 3 种群落中最常见的物种, 尤其在原始林中, 后两者最多, 此外在原始林中, 黄花胡椒(*Piper flaviflorum*)的相对多度也较多(表 1)。

在 3 种群落类型中, 原始林的物种丰富度显著高于恢复 30a 群落, 恢复 15a 群落在两者之间; 原始林属丰富度显著高于恢复 30a 和 15a 群落; 科丰富度在 3 种群落类型均无显著性差异; 3 种类型 Shannon-Wiener 指数无显著差异(表 2)。3 种群落类型中, 原始林($DBH < 1\text{cm}$)的藤本密度显著高于恢复 30a 和 15a 群落, 而在 $DBH \geq 1\text{cm}$ 时, 恢复 30a 群落的藤本密度显著低于原始林和恢复 15a 群落。

3.2 藤本植物胸径、胸高断面积及长度

恢复 30a 群落的平均胸径和平均长度要显著低于另外 2 种类型; 在藤本植物的胸高断面积中, 原始林($DBH < 1\text{cm}$)显著高于其它两个, 而在 $DBH \geq 1\text{cm}$ 的藤本植物中, 原始林显著高于恢复 30a 群落, 恢复 15a 群落在两者之间; 原始林和恢复 15a 群落的平均胸径显著高于恢复 30a 群落(表 2)。

对 3 种群落类型藤本植物径级进行划分, 结果显示其差异极显著($\chi^2 = 116.756, df = 14, P < 0.001$), 随着径级增加, 藤本植物多度明显降低。超过 95% 是 $DBH < 5\text{cm}$ 的藤本植物个体, 大胸径($DBH \geq 10\text{cm}$)没有出现在恢复 15a 群落中(图 1), 其中托叶黄檀(*Dalbergia stipulacea*)、大果油麻藤和买麻藤分别是恢复 15a、30a 和原始林群落中胸径(6.5、10.8、17cm)最大的藤本。

3.3 藤本植物的种-面积累积曲线

藤本植物种-面积累积曲线显示了 3 种群落类型的物种的累积率在样地累积面积 900m² 之前是相似的, 曲率变化不大; 当样地累积面积超过 900m² 之后, 3 者之间变化较大, 原始林的曲率显著高于恢复 15a 和 30a 群落(图 2A); 同时种-个体多度累积曲线显示出原始林藤本植物物种丰富度随着其个体多度的增加而增加,

曲线显著高于另外2种类型,恢复15a和30a群落在藤本植物个体多度累计分别达到170株和370株时,群落中物种多度就趋于稳定(图2B)。

表1 不同恢复阶段主要藤本植物的相对多度、相对显著度和重要值变化(均值±标准误)

Table 1 Changes of relative abundance, relative basal area and importance value of main lianas in different restoration stages (Mean ± SE)

恢复阶段 Restoration stages	物种名 Species name	相对多度 Relative abundance	相对显著度 Relative basal area of DBH	重要值 Importance value
15a	大果油麻藤 <i>Mucuna macrocarpa</i>	19.93 ± 7.42	37.08 ± 18.45	28.51 ± 12.62
	买麻藤 <i>Gnetum montanum</i>	18.38 ± 8.8	15.05 ± 6.4	16.71 ± 7.58
	白花酸藤子 <i>Embelia ribes</i>	11.53 ± 1.31	9.04 ± 6.64	10.29 ± 3.95
	托叶黄檀 <i>Dalbergia stipulacea</i>	2.37 ± 0.82	17.46 ± 10.47	9.92 ± 5.45
	多裂黄檀 <i>Dalbergia rimosa</i>	6.47 ± 2	11.03 ± 6.47	8.75 ± 4.21
	独籽藤 <i>Celastrus monospermus</i>	9.86 ± 3.63	4.35 ± 2.4	7.11 ± 2.43
	玉叶金花 <i>Mussaenda pubescens</i>	9.26 ± 5.38	3.87 ± 3.45	6.56 ± 4.41
	黄花胡椒 <i>Piper flaviflorum</i>	9.35 ± 1.97	0.97 ± 0.77	5.16 ± 1.36
	穿鞘菝葜 <i>Smilax perfoliata</i>	2.91 ± 0.47	0.19 ± 0.13	1.55 ± 0.3
	圆锥菝葜 <i>Smilax bracteata</i>	2.43 ± 0.55	0.06 ± 0.02	1.25 ± 0.28
30a	大果油麻藤 <i>Mucuna macrocarpa</i>	35.61 ± 12.01	51.52 ± 20.26	43.57 ± 8.67
	独籽藤 <i>Celastrus monospermus</i>	12.55 ± 5.7	11.38 ± 3.49	11.97 ± 4.1
	托叶黄檀 <i>Dalbergia stipulacea</i>	0.72 ± 0.72	18.18 ± 18.18	9.45 ± 9.45
	来江藤 <i>Brandisia hancei</i>	4.62 ± 2.48	7.56 ± 6.23	6.09 ± 4.22
	粉背藤 <i>Cissus sp.</i>	8.17 ± 2.18	3.03 ± 2.4	5.6 ± 2.18
	买麻藤 <i>Gnetum montanum</i>	5.88 ± 4.84	1.69 ± 1.03	3.78 ± 2.5
	细花火把花 <i>Colquhounia elegans var. tenuiflora</i>	5.16 ± 5.16	0.45 ± 0.45	2.8 ± 2.8
	锈毛弓果藤 <i>Toxocarpus fuscus</i>	3.13 ± 1.58	2.32 ± 2.11	2.72 ± 1.56
	相思子 <i>Abrus precatorius</i>	3.6 ± 0.85	0.94 ± 0.28	2.27 ± 0.55
	薯蓣 <i>Dioscorea cirrhosa</i>	3.83 ± 2.39	0.52 ± 0.5	2.18 ± 1.44
原始林	独籽藤 <i>Celastrus monospermus</i>	23.34 ± 6.86	25.00 ± 11.73	24.17 ± 8.36
	买麻藤 <i>Gnetum montanum</i>	6.52 ± 1.14	29.83 ± 7.32	18.18 ± 4.2
	黄花胡椒 <i>Piper flaviflorum</i>	16.49 ± 4.98	1.73 ± 0.68	9.11 ± 2.68
	大果油麻藤 <i>Mucuna macrocarpa</i>	3.77 ± 2.76	12.46 ± 12.44	8.11 ± 7.57
	扁担藤 <i>Tetrastigma planicaule</i>	1.72 ± 1.72	8.83 ± 8.83	5.28 ± 5.28
	多裂黄檀 <i>Dalbergia rimosa</i>	4.72 ± 4.15	5.54 ± 4.85	5.13 ± 2.58
	圆锥菝葜 <i>Smilax bracteata</i>	7.57 ± 5.23	0.3 ± 0.24	3.93 ± 2.74
	筐条菝葜 <i>Smilax hypoglauca</i>	6.34 ± 3.01	0.27 ± 0.16	3.31 ± 1.59
	尖叶瓜馥木 <i>Fissistigma acuminatissimum</i>	2.31 ± 1.77	3.93 ± 3.49	3.12 ± 2.62
	蚬壳花椒 <i>Zanthoxylum dissitum</i>	1.72 ± 1.72	2.31 ± 2.31	2.02 ± 2.02

表2 不同恢复阶段样地藤本调查结果比较(均值±标准误)

Table 2 Comparison of the results of lianas in different restoration stages (Mean ± SE)

类型 Type	恢复阶段 Restoration stages		
	15a	30a	原始林 Primary forest
物种丰富度 Species richness	17 ± 2.08ab	16.33 ± 2.91a	26.67 ± 3.38b
属 Genera richness	14 ± 2a	13.33 ± 2.33a	22 ± 2.52b
科 Families richness	12.67 ± 1.86a	12 ± 2.08a	17 ± 1.53a
密度(株数/0.09hm ²) Density (individuals/0.09hm ²) (0.1 ≤ DBH < 1cm)	79 ± 6.11a	71 ± 8.39a	160.67 ± 20.2b
密度(株数/0.09hm ²) Density (individuals/0.09hm ²) (DBH ≥ 1cm)	60.67 ± 14.76a	7.67 ± 2.6b	51.67 ± 12.71a
平均胸径 Mean diameter (cm)	1.08 ± 0.12a	0.51 ± 0.13b	1.01 ± 0.06a
胸高断面积 Basal area of DBH (cm ²) (0.1 ≤ DBH < 1cm)	9.17 ± 0.71a	7.46 ± 2.2a	18.14 ± 2.48b
胸高断面积 Basal area of DBH (cm ²) (DBH ≥ 1cm)	407.84 ± 182.25ab	71.57 ± 50.15a	650.46 ± 106.36b
平均胸高断面积 Mean basal area of DBH/cm ²	2.01 ± 0.34ab	0.95 ± 0.61a	3.35 ± 0.85b
平均长度 Mean length/m	9.23 ± 0.46a	4.2 ± 0.48b	8.50 ± 0.11a
Shannon-Wiener 指数 Shannon-Wiener index	2.21 ± 0.05a	2.08 ± 0.19a	2.44 ± 0.08a

表中同行数据中相同字母的数据差异不显著,单因素方差分析;P=0.05

3.4 藤本-支持木关系在不同恢复阶段的变化

支持木上分布 1 株藤本比率在 3 种群落中无显著差异,也是群落中最常见的藤本-支持木关系;原始林中支持木上分布 2 株藤本的比率要显著高于恢复 30a 群落,而与恢复 15a 群落之间无显著差异,原始林中支持木上最多可攀援 9 株藤本,恢复 30a 群落中最多可攀援 4 株藤本,恢复 15a 群落中最多可攀援 6 株(图 3)。

原始林中支持木上攀援的藤本数量随着支持木径级的增加而呈现出双峰曲线,峰值出现在支持木胸径 >15—20cm 和 >35—40cm。恢复 30a 群落中支持木上攀援的藤本数量随着支持木径级的增加而呈现出单峰曲线,峰值出现在支持木胸径 >10—15cm。恢复 15a 群落中支持木上攀援藤本数量随着支持木径级减少,在支持木胸径 >20—25cm 时又增加(图 4)。

恢复 15a 和 30a 及原始林群落中藤本植物胸径与支持木胸径之间均具有极显著的正相关性(恢复 15a 群落: $R^2 = 0.1819, n = 369, P < 0.001$; 恢复 30a 群落: $R^2 = 0.2101, n = 187, P < 0.001$; 原始林: $R^2 = 0.2488, n = 562, P < 0.001$)。分别对恢复 15a 和 30a 及原始林群落中支持木胸径与藤本胸径进行回归分析,结果表明,3 种群落中支持木胸径与藤本胸径均可用不同的回归方程较好的描述,其回归方程分别为: $y = 0.2756x^{0.7118}$, $y = 0.3351 - 0.0409x + 0.0217x^2 - 0.0007x^3$, $y = 0.2064x^{0.7481}$ (图 5)。

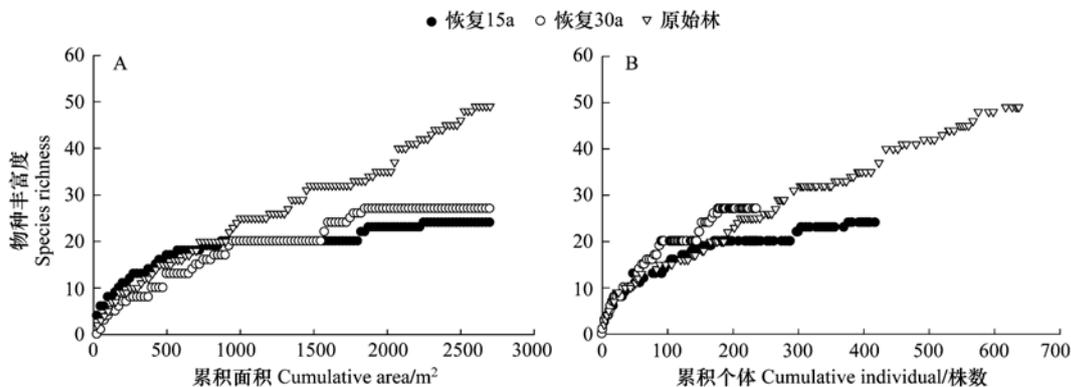


图 2 不同恢复阶段藤本植物种-面积累积曲线和物种-个体累积曲线

Fig. 2 Randomized liana species accumulation curves based on cumulative area (A) and number of individuals (B) in different restoration stages

3.5 藤本植物攀援方式的变化

藤本植物不同攀援方式中物种丰富度的百分比在 3 种群落差异极显著 ($\chi^2 = 57.327, df = 8, P < 0.001$), 茎缠绕的藤本在 3 种群落中占比最高,其次为卷须类,搭靠类和根攀援也是 3 种群落中较为常见的类型,原始林中偏多;茎缠绕的物种丰富度的比率在恢复 30 和 15a 及原始林群落之间无显著差异;卷须类的物种丰富度的比率在三者之间均无显著差异;原始林搭靠类的物种丰富度的比率显著高于恢复 15a 群落,而与恢复 30a 群落无显著差异;根攀援的物种丰富度的比率在原始林和恢复 15a 群落中要显著高于恢复 30a 群落(图 6)。

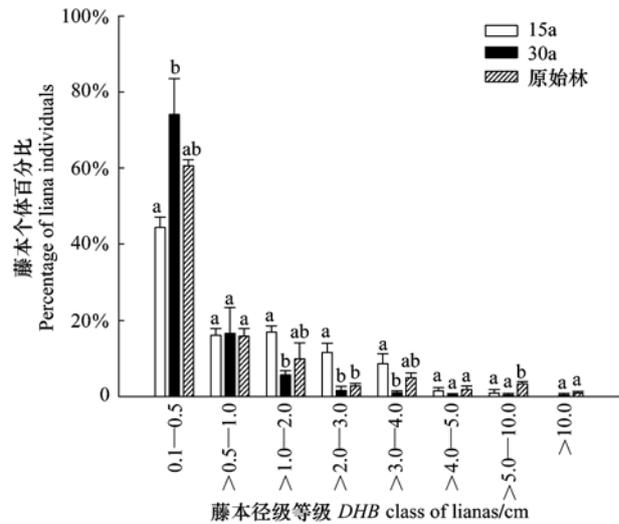


图 1 不同径级的藤本个体百分比在不同恢复阶段的变化

Fig. 1 Changes on percentages of liana individuals in different DBH class in different restoration stages

柱状图顶部字母的不同表示存在显著性差异 ($P < 0.05$)

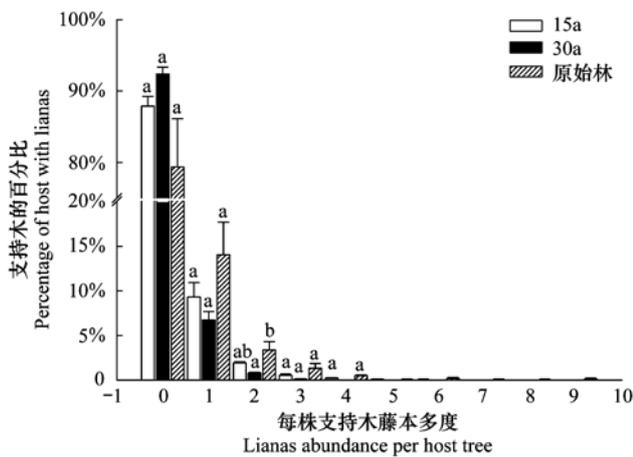


图3 藤本攀援支持木株数的百分比在不同恢复阶段的变化

Fig. 3 Changes of percentage of host with lianas in different restoration stages

柱状图顶部字母的不同表示存在显著性差异($P < 0.05$)

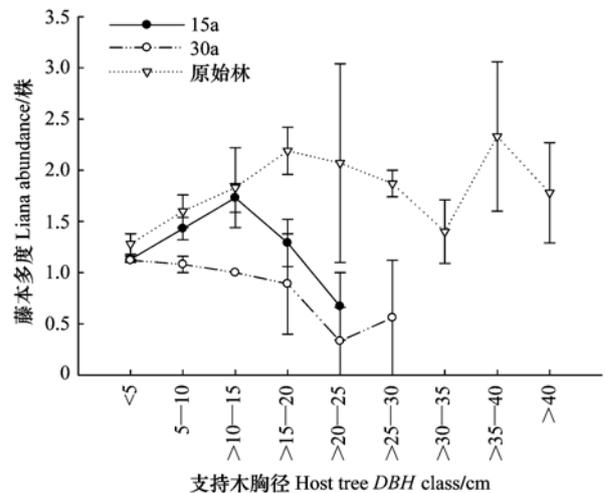


图4 不同恢复阶段不同径级支持木上的藤本多度(平均值 \pm 标准误差)变化

Fig. 4 Changes of liana abundance (mean \pm SE) on host tree stems of different DBH classes in different restoration stages

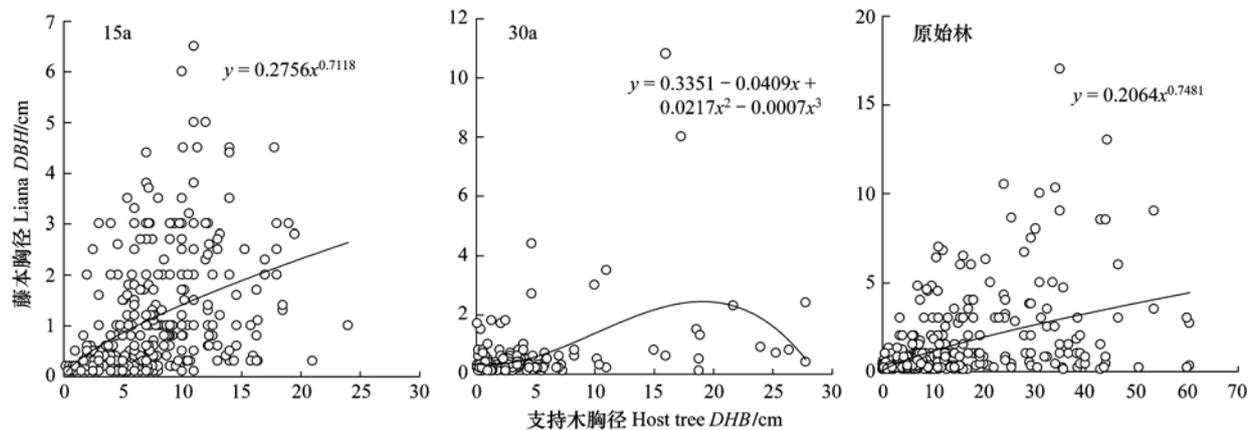


图5 不同恢复阶段支持木胸径与对应的藤本胸径回归分析

Fig. 5 Regression analysis between host tree DBH and liana DBH in different restoration stages

藤本植物不同攀援方式中物种多度的百分比在3种群落中差异极显著($\chi^2 = 123.193$, $df = 8$, $P < 0.001$)。茎缠绕是3种群落类型中物种多度最高的,但原始林中要显著低于恢复15a和30a群落;恢复30a群落的根攀援的藤本植物要显著低于原始林和恢复15a群落;原始林群落中搭靠类的藤本植物物种丰富度的比率显著高于恢复30a和15a群落;恢复30a群落中卷须类藤本的多度的比率要显著高于恢复15a群落。

4 结论与讨论

4.1 藤本植物物种组成的变化

在 0.81hm^2 面积内出现 $DBH \geq 0.1\text{cm}$ 的藤本植物共计64种1292株。其中,原始林、恢复30a和15a群落分别出现藤本植物49、27、24种。通过藤本植物的种-面积累积曲线和种-个体多度累积曲线发现原始林比恢复30a和15a群落更能保存藤本植物的物种多样性,季风常绿阔叶林在生态特征和区系组成上介于热带季节雨林与亚热带常绿阔叶林之间^[34],在莱阳河自然保护区海拔1300m以下湿润沟谷中分布的热带季节雨林中层间木质藤本植物丰富^[32]。因此当地季风常绿阔叶林原始林群落中保留着许多热带雨林的成分,而藤本植物是其重要组成部分,其物种丰富度要多于哀牢山的中山湿性常绿阔叶林(23种, $DBH \geq 1\text{cm}$, 1hm^2)^[25],而西双版纳的热带山地雨林接近(64种,地径 $\geq 0.2\text{cm}$, 0.8hm^2)^[28]。

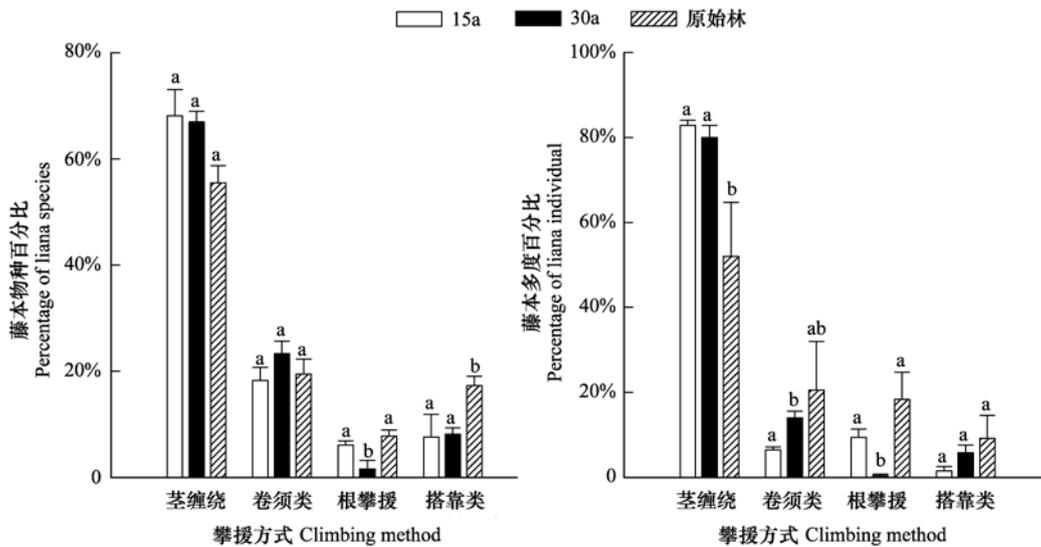


图 6 不同恢复阶段不同攀援方式藤本的物种丰富度和多度的百分比变化

Fig. 6 Changes of percentage of liana species richness and abundance in different climbing method in different restoration stages

柱状图顶部字母的不同表示存在显著性差异 ($P < 0.05$)

研究证明森林砍伐可以明显减少森林中藤本植物的多度和丰富度,恢复时间的长短对藤本植物的恢复有重要影响,这与半落叶森林的研究一致^[19]。藤本密度的变化主要受人类干扰和环境因子的影响^[35],森林砍伐是季风常绿阔叶林最主要的人类干扰,乔木砍伐使藤本植物失去了攀援的支持木,从而限制其生长或者清除出森林,群落结构和林内环境都产生了巨大的变化,相应的藤本植物在不同恢复时间的物种丰富度和多度也发生改变。3种群落类型中最常见的大果油麻藤、独籽藤和买麻藤反映出它们的较宽生态适应幅度和扩散机制,原始林群落中大果油麻藤的密度(23株/0.27hm²)要低于恢复15a(76株/0.27hm²)和30a(81株/0.27hm²)群落,而胸高断面在3种群落类型中相差并不大,而原始林群落中独籽藤和买麻藤的密度和胸高段面积都要高于恢复15a和30a群落,说明藤本植物在不同恢复阶段有不同的生存策略,而大藤本常常生长在原始林中。藤本植物不同扩散机制影响到物种丰富度和多度,藤本植物的花是通过各种动物和昆虫来授粉^[1],同时一些藤本植物的果实是一些动物食物的重要组成部分,森林砍伐使其很难恢复到原来的多度^[6]。恢复时间不同,森林土壤结构也有不相同,进而限制藤本植物的养分利用率^[19],影响到了藤本植物在群落中的更新。原始林中的大树提供更多机遇和时间允许藤本植物在森林中定居,同时小树为藤本提供支持使其更容易进行攀缘^[4],因此原始林群落中藤本植物的物种丰富度和多度要多于恢复阶段。

原始林和恢复15a群落藤本植物密度($DBH \geq 1\text{cm}$)、平均长度及平均胸径之间无显著差异,但都显著高于恢复30a群落,这是由于森林自疏现象,在 $DBH \geq 3\text{cm}$ 林木密度中恢复15a群落(482.33 ± 29.54 株/0.09hm²)要显著高于恢复30a(324.33 ± 35.84 株/0.09hm²)和原始林群落(286 ± 41.26 株/0.09hm²),在森林恢复初期林木密度越高,群落内攀缘的藤本就越多,而原始林中较多大胸径林木相比恢复阶段更能支撑更多的藤本植物。

4.2 支持木与藤本植物的关系

藤本植物对支持木的利用能力和效率决定了它们在群落中可能采取的分布策略和作用^[18],而支持木与藤本植物关系在藤本植物的多度、多样性和分布中发挥重要作用^[36]。研究区域3种群落类型中被藤本植物攀援的支持木中,被1株藤本植物攀援的支持木最为常见,这一分布格局与哀牢山中山湿性常绿阔叶林相似^[25],这是因为林木被藤本攀援的概率随着林木胸径增加而变大,1株藤本选择了支持木,就减少其他藤本攀援的机率^[17,36]。原始林和恢复15a群落中支持木($DBH \leq 15\text{cm}$)随径级的增加而被藤本攀援几率随之增加,同时原始林群落中大径级($DBH \geq 35\text{cm}$)的支持木上攀援更多的藤本植物,Ding和Zang^[20]也发现藤本植

物依赖合适径级的支持木到达林冠,这或许是因为拥有较大胸径的支持木较小胸径的支持木有更多的时间,让藤本植物易于攀援^[17]。大胸径藤本植物多出现在原始林中,其次是恢复 30a 群落。由于藤本植物的年增长率很慢^[37],大径级的藤本只有到达林冠层之上,才能有效的利用光进行生长^[26],大径级的林木被藤本植物攀援的比率比小径级的林木高,主要可能是因为大树更能让藤本植物攀援至森林林冠的顶层,从而占据更有利的生存空间,同时由于大树的生长时间较长,被藤本攀援的机会也高^[25],所以原始林中大胸径的藤本植物居多。

藤本植物与支持木胸径大小之间都存在着一定的相关关系^[26]。3 种群落类型支持木被藤本植物攀援的比率在林木间的差异极显著,表明藤本植物对支持木的攀援具有选择性^[25]。支持木的胸径与其攀援的藤本植物的胸径极显著相关,说明小藤本能利用好的小胸径的支持木,而大型藤本则需要大树的支撑才能更好的生存^[23,38]。

4.3 攀援方式的变化

干扰因素会直接影响藤本植物不同攀援方式的相对比例^[4],森林砍伐是影响不同恢复阶段攀援方式变化的主要原因。3 个群落类型中茎缠绕的藤本植物是最主要的攀援方式,其藤本物种丰富度和多度也是最多的,这与热带森林藤本植物的攀援方式一致^[20, 36, 39]。原始林的茎缠绕的藤本植物丰富度和多度百分比显著低于恢复 30a 和 15a 群落,这是主要是因为恢复 30a 和 15a 群落中森林郁闭度要小于原始林群落,因此光照较多,同时中小径级支持木也较多,而茎缠绕的藤本植物在有此特征的早中期群落出现较多^[18]。茎缠绕的藤本可造成中小径级的支持木物理性损害,可造成支持木的生长减缓或死亡,因此在森林恢复阶段对群落动态的影响最大,而对原始林中影响相对变小。

3 种群落类型中卷须类藤本的物种丰富度的百分比仅次于茎缠绕类藤本,与海南岛热带森林一致^[20],同时季风常绿阔叶林原始林中卷须类藤本相对于中山湿性常绿阔叶林明显要多^[25]。随着森林砍伐后群落恢复时间的增长,恢复 30a 群落的卷须类藤本植物的多度百分比显著高于恢复 15a 群落,这是因为恢复 30a 群落比恢复 15a 群落中存在更多中小径级的支持木,而卷须类藤本通常多利用较小径级的支持木进行攀援^[3]。原始林中卷须类藤本的密度(115 株/0.27hm²)要多于恢复 15a(26 株/0.27hm²)和 30a(32 株/0.27hm²)群落,这与热带森林中卷须类在群落演替的早期将占据主导地位存在差异^[39],是因为原始林中出现大量的菝葜类(*Smilax* spp.)藤本植物,这些植物拥有较小的胸高断面积和较大的死亡率,因此在群落中的贡献较小,限制其在群落内攀援,一方面说明卷须类藤本适应了原始林的生态环境,另一方面也说明该地区原始林也正处于一个动态变化的过程,但是随着群落年龄的增长,卷须攀援的比例也将会下降^[28]。

根攀援的藤本通常形成耐阴或宜阴生的特性,多适应与演替后期阶段的群落的林下环境^[15,39],胡椒类(*Piper* spp.)是季风常绿阔叶林群落中最常见的根攀缘藤本植物,根攀缘藤本对支持木的伤害较小,主要是依靠根通过支持木获取水分和养分并生长获得光能。原始林群落中根攀援的藤本植物的物种丰富度与多度百分比显著高于恢复 30a 群落,原始林群落中大树比恢复阶段的群落中要多,而大树树干上的水分比小树树干上要多,且持续时间更长,同时更易获得光照,因此大树要比小树能满足光照和水分的要求^[24],易于根攀援的藤本植物生长;恢复 30a 群落根攀援最少,这可以反映出森林砍伐的强度对群落内部环境恢复的影响,由于恢复 30a 群落砍伐恢复时期,群落中出现一定数量的思茅松,过度采松脂造成一部分思茅松的死亡,改变林内环境,不适用根攀援的植物的生长。恢复 15a 群落中由于思茅松还处于小乔木阶段,使群落在恢复时期较少受到外界干扰,森林郁闭较恢复 30a 群落要大,林内环境更适应根攀缘藤本的生长。原始林群落中搭靠类藤本主要是尖叶瓜馥木(*Fissistigma acuminatissimum*)和小萼瓜馥木(*F. polyanthoides*),胸径在 0.2—7.5cm 之间,最长 30m,在群落中可长成大树,搭靠在林冠之上;恢复 30a 群落中搭靠类藤本的主要组成物种来江藤(*Brandisia hancei*),胸径在 0.3—1.8cm 之间,最长 7.5m,对光的利用率要求较高,在高大郁闭的林内不易生存,在森林的恢复时期较多,因此根据搭靠类和根攀缘的藤本植物的物种组成和多度可判断季风常绿阔叶林干扰后的恢复程度。

森林恢复过程会显著影响季风常绿阔叶林中藤本植物的物种丰富度、多度和胸高断面面积,同时改变了群落中藤本植物的攀援方式的物种丰富度和多度的变化。研究结果对我国南亚热带季风常绿阔叶林砍伐后的恢复和可持续的管理和保护有重要意义。同时亦表明原生林在季风常绿阔叶林藤本多样性保护中发挥着重要作用。

References:

- [1] Gentry A H. The distribution and evolution of climbing plants//Putz F E, Mooney H A,Eds. The biology of vines. Cambridge,UK: Cambridge University Press, 1991:3-49.
- [2] Appanah S, Gentry A H, LaFrankie J V. Liana diversity and species richness of Malaysian rain forests. *Journal of Tropical Forest Science*,1992, 6(2):116-123.
- [3] Putz F E. The natural history of lianas on Barro Colorado Island Panama. *Ecology*,1984,65(6):1713-1724.
- [4] Dewalt S J, Schnitzer S A, Denslow J S. Density and diversity of lianas along a chronosequence in a central Panamanian lowland forest. *Journal of Tropical Ecology*,2000,16(1):1-19.
- [5] Addo-Fordiour P, Anning A K, Larbi J A, Akyeampong S. Liana species richness, abundance and relationship with trees in the Bobiri forest reserve, Ghana; Impact of management systems. *Forest Ecology and Management*,2009,257(8):1822-1828.
- [6] Gerwing J J, Vidal E. Life history diversity among six species of canopy lianas in an old-growth forest of the eastern Brazilian Amazon. *Forest Ecology and Management*,2004,190(1):57-72.
- [7] Clark D B, Clark D A. Distribution and effects on tree growth of lianas and woody hemiepiphytes in a Costa Rican tropical wet forest. *Journal of Tropical Ecology*,1990,6(3):321-331.
- [8] Laurance W F, Pérez-Salicerup D, Delamônica P, Fearnside P M, D'Angelo S, Jerozolinski A, Pohl L, Lovejoy T. Rain forest fragmentation and the structure of Amazonian liana communities. *Ecology*,2001,82(1):105-116.
- [9] Schnitzer S A, Bongers F. The ecology of lianas and their role in forests. *Trends in Ecology & Evolution*,2002,17(5):223-230.
- [10] Letcher S G, Chazdon R L. Lianas and self-supporting plants during tropical forest succession. *Forest Ecology and Management*,2009,257(10):2150-2156.
- [11] Nabe-Nielsen J, Kollmann J, Pena-Claros M. Effects of liana load, tree diameter and distances between conspecifics on seed production in tropical timber trees. *Forest Ecology and Management*,2009,257(3):987-993.
- [12] Schnitzer S A, Dalling J W, Carson W. The impact of lianas on tree regeneration in tropical forest canopy gaps:evidence for an alternative pathway of gap-phase restoration. *Journal of Ecology*,2000,88(4):655-666.
- [13] Phillips O L, Martínez R V, Arroyo L, Baker T R, Killeen T, Lewis S L, Malhi Y, Mendoza A M, Neill D, Vargas P N, Alexiades M, Cerón C, Fiore A D, Erwin T, Jardim A, Palacios W, Saldias M, Vinceti B. Increasing dominance of large lianas in Amazonian forests. *Nature*,2002,418(6899):770-774.
- [14] Schnitzer S A, Kuzee M E, Bongers F. Disentangling above- and below-ground competition between lianas and trees in a tropical forest. *Journal of Ecology*,2005,93(6):1115-1125.
- [15] Cai Y L, Song Y C. The revision of vine life-form system and analysis of it in the subtropical zone of east China. *Acta Ecologica Sinica*,2000,20(5):808-814.
- [16] Zhang Y W. Studies on climbing fashions and types of liana in Fanjingshan nature reserve, Guizhou, China. *Guihaia*,2000,20(4):301-312.
- [17] Pérez-Salicerup D R, Meijere W de. Number of lianas per tree and number of trees climbed by lianas at Los Tuxtlas, Mexico. *Biotropica*,2005,37(1):153-156.
- [18] Cai Y L, Song Y C. Adaptive ecology of lianas in an evergreen broad-leaved forest of Tiantong national forest park, Zhejiang II. climbing capacity and climbing efficiency. *Acta Phytocologica Sinica*,2005,29(3):386-393.
- [19] Kouamé F N, Bongers F, Poorter L, Traoré D. Climbers and logging in the Forêt Classée du Haut-Sassandra, Côte-d'Ivoire. *Forest Ecology and Management*,2004,164(1/3):259-268.
- [20] Ding Y, Zang R G. Effects of logging on the diversity of lianas in a lowland tropical rain forest in Hainan island, South China. *Biotropica*,2009,41(5):618-624.
- [21] Madeira B G, Espírito-Santo M M, Neto S D', Nunes Y R F, Azofeifa G A S, Fernandes G W, Quesada M. Changes in tree and liana communities along a successional gradient in a tropical dry forest in south-eastern Brazil. *Plant Ecology*,2009,201(1):291-304.
- [22] Cai Y L, Song Y C. Adaptive ecology of lianas in Tiantong evergreen broad-leaved forest, Zhejiang, China I. leaf anatomical characters. *Acta Phytocologica Sinica*,2001,25(1):90-98.

- [23] Putz F E. Liana biomass and leaf area of a "Tierra Firme" forest in the Rio Negro basin, Venezuela. *Biotropica*, 1983, 15(3):185-189.
- [24] Yan L H, Qi C J, Liu X X, Zeng C Y. The relationship between vine diameter at breast height and its host tree diameter at breast height in Hunan province, China. *Acta Ecologica Sinica*, 2007, 27(10):4317-4324.
- [25] Yuan C M, Liu W Y, Yang G P, Li X X. Liana species diversity and relationship with its host trees in the moist evergreen broad-leaved forest in the Ailao mountains, southwest China. *Scientia Silvae Sinicae*, 2010, 46(1):15-22.
- [26] Nabe-Nielsen J, Hall P. Environmentally induced clonal reproduction and life history traits of the liana *Machaerium cuspidatum* in an Amazonian rain forest, Ecuador. *Plant Ecology*, 2002, 162(2):215-226.
- [27] Yuan C M, Liu W Y, Yang G P. Species composition and diversity of lianas in forest gaps of montane moist evergreen broadleaved forest in Ailao Mts., Yunnan, China. *Journal of Mountain Science*, 2008, 26(1):29-35.
- [28] Chen Y J, Wen B. Liana diversity and abundance of a tropical montane rainforest in Mengsong, southern Yunnan, China. *Guihaia*, 2008, 28(1):67-72.
- [29] Cai Y L, Song Y C. Diversity of vines in subtropical zone of east China. *Journal of Wuhan Botanical Research*, 2000, 18(5):390-396.
- [30] Wu Z Y. *Vegetation of China*. Beijing: Science Press, 1980: 341.
- [31] Wu Z Y, Zhu Y C, Jiang H Q. *Vegetation of Yunnan*. Beijing: Science Press, 1987: 197-198.
- [32] Zhu H, Li B G, Deng S C, Cao Y G, Zhang X B. Tropical rain forest of Caiyanghe nature reserve, Simao and its biogeographical significance. *Journal of Northeast Forestry University*, 2000, 28(5):87-93.
- [33] Zhu H, Shi J P, Zhao C J. Species composition, physiognomy and plant diversity of the tropical montane evergreen broad-leaved forest in southern Yunnan. *Biodiversity and Conservation*, 2005, 14(12):2855-2870.
- [34] Zhu H. On the classification of forest vegetation in Xishuangbanna, southern Yunnan. *Acta Botanica Yunnanica*, 2007, 29(4):377-387.
- [35] Senbeta F, Schmitt C, Denich M, Demissew S, Vlek P L G, Preisinger H, Woldemariam T, Teketay D. The diversity and distribution of lianas in the Afromontane rain forests of Ethiopia. *Diversity and Distributions*, 2005, 11(5):443-452.
- [36] Nabe-Nielsen J. Diversity and distribution of lianas in a neotropical rain forest, Yasuni national park, Ecuador. *Journal of Tropical Ecology*, 2001, 17(1):1-19.
- [37] Putz F E. Liana stem diameter growth and mortality rates on Barro Colorado Island, Panama. *Biotropica*, 1990, 22(1):103-105.
- [38] Phillips O L, Martinez R V, Mendoza A M, Baker T R, Vargas P N. Large lianas as hyperdynamic elements of the tropical forest canopy. *Ecology*, 2005, 86(5):1250-1258.
- [39] Muthuramkumar S, Parthasarathy N. Alpha diversity of lianas in a tropical evergreen forest in the Anamalais, Western Ghats, India. *Diversity and Distributions*, 2000, 6(1):1-14.

参考文献:

- [15] 蔡永立, 宋永昌. 藤本植物生活型系统的修订及中国亚热带东部藤本植物的生活型分析. *生态学报*, 2000, 20(5):808-814.
- [16] 张玉武. 贵州梵净山自然保护区藤本植物攀援方式及类型的研究. *广西植物*, 2000, 20(4):301-312.
- [17] 蔡永立, 宋永昌. 浙江天童常绿阔叶林藤本植物的适应生态学研究 II. 攀援能力和单株攀援效率. *植物生态学报*, 2005, 29(3):386-393.
- [22] 蔡永立, 宋永昌. 浙江天童常绿阔叶林藤本植物的适应生态学 I. 叶片解剖特征的比较. *植物生态学报*, 2001, 25(1):90-98.
- [24] 颜立红, 祁承经, 刘小雄, 曾春阳. 湖南藤本植物胸径与其支持木胸径的相关性. *生态学报*, 2007, 27(10):4317-4324.
- [25] 袁春明, 刘文耀, 杨国平, 李小双. 哀牢山湿性常绿阔叶林木质藤本植物的物种多样性及其与支持木的关系. *林业科学*, 2010, 46(1):15-22.
- [27] 袁春明, 刘文耀, 杨国平. 哀牢山湿性常绿阔叶林木质藤本植物的物种组成与多样性. *山地学报*, 2008, 26(1):29-35.
- [28] 陈亚军, 文斌. 滇南勐宋热带山地雨林木质藤本多样性研究. *广西植物*, 2008, 28(1):67-72.
- [29] 蔡永立, 宋永昌. 中国亚热带东部藤本植物的多样性. *武汉植物学研究*, 2000, 18(5):390-396.
- [30] 吴征镒. *中国植被*. 北京: 科学出版社, 1980:341.
- [31] 吴征镒, 朱彦丞, 姜汉桥. *云南植被*. 北京: 科学出版社, 1987:197-198.
- [32] 朱华, 李保贵, 邓少春, 曹亦功, 张新波. 思茅莱阳河自然保护区热带季节雨林及其生物地理意义. *东北林业大学学报*, 2000, 28(5):87-93.
- [34] 朱华. 论滇南西双版纳的森林植被分类. *云南植物研究*, 2007, 29(4):377-387.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol. 31, No. 1 January, 2011 (Semimonthly)

CONTENTS

Spatial pattern analysis of a <i>Rhododendron-Abies</i> virginal forest near timberline on the eastern edge of Qinghai-Tibetan Plateau, China	MIAO Ning, LIU Shirong, SHI Zuomin, et al (1)
Changes of liana species diversity in different restoration stages of monsoonal broad-leaved evergreen forest	LI Shuaifeng, SU Jianrong, LIU Wande, et al (10)
Investigation on spatio-temporal pattern of cyanobacterial community structure by T-RFLP during overwinter and recruitment period in Taihu Lake	GU Tingting, KONG Fanxiang, TAN Xiao, et al (21)
Food sources of fish and macro-invertebrates in a tropical seagrass bed at Xincun Bay, Southern China	FAN Minling, HUANG Xiaoping, ZHANG Dawen, et al (31)
Spatial pattern of Scleractinian coral Population Structure in Weizhou Island, Beihai, Guangxi	LIANG Wen, ZHANG Chunhua, YE Zuchao, et al (39)
Property of root distribution of triploid <i>Populus tomentosa</i> and its relation to root water uptake under the wide-and-narrow row spacing scheme	XI Benye, WANG Ye, JIA Liming, et al (47)
Soil nutritional properties and moisture gradient of the ecotone between dry valley and montane forest of the Minjiang River	LIU Bin, LUO Chengde, ZHANG Jian, et al (58)
Signal chemical salicylic acid mitigates the negative effects of drought on photosynthesis and membrane lipid peroxidation of purple majesty	YI Xiaolin, YANG Bingxian, ZONG Xuefeng, et al (67)
Effects of supplementary UV-B radiation on life cycle forms and the accumulation of taxanes of <i>Taxus chinensis</i> var. <i>mairei</i>	YU Jinghua, LI Dewen, PANG Haihe, et al (75)
Effect of simulated nitrogen deposition on the soil respiration of <i>Lithocarpus glabra</i> and <i>Castanopsis sclerophylla</i>	LI Kai, JIANG Hong, YOU Meina, et al (82)
Changes of phenolic acids in the soil of replanted apple orchards surrounding Bohai Gulf	SUN Haibing, MAO Zhiqian, ZHU Shuhua (90)
Growing dynamic root system of <i>Aquilaria malaccensis</i> and <i>Aquilaria sinensis</i> seedlings in response to different fertilizing methods	WANG Ran, LI Jiyue, ZHANG Fangqiu, et al (98)
Accumulation and tolerance of <i>Salix variegata</i> and <i>Pterocarya stenoptera</i> seedlings to cadmium	JIA Zhongmin, WEI Hong, SUN Xiaocan, et al (107)
Dynamics of vegetation structure and soil properties in the natural restoration process of degraded woodland on the northern slope of Qilian Mountains, northwestern China	ZHAO Chengzhang, SHI Fuxi, DONG Xiaogang, et al (115)
Relationship between temperature and $\delta^{13}\text{C}$ values of C3 herbaceous plants and its implications of WUE in farming-pastoral zone in North China	LIU Xianzhao, WANG Guoan, LI Jiazhu, et al (123)
Carbon dynamics of fine root (grass root) decomposition and active soil organic carbon in various models of land use conversion from agricultural lands into forest lands	RONG Li, LI Shoujian, LI Xianwei, et al (137)
Prey biomass of the Amur tiger (<i>Panthera tigris altaica</i>) in the eastern Wanda Mountains of Heilongjiang Province, China	ZHOU Shaochun, ZHANG Minghai, SUN Haiyi (145)
The impact of conservation projects on giant Panda Habitat	ZHANG Yubo, WANG Mengjun, LI Junqing (154)
Fluctuation of soil fauna community during defoliation decomposition under lime and EM treatment	GAO Meixiang, ZHANG Xueping (164)
Comparative of feeding behaviors of <i>Sitobion avenae</i> , <i>Sitobion graminum</i> and <i>Rhopalosiphum padi</i> (Homoptera: Aphididae) using electrical penetration graph (EPG)	MIAO Jin, WU Yuqing, YU Zhenxing, et al (175)
Toxic effects of <i>ent</i> -kaurane diterpenoids on soil ciliate communities	NING Yingzhi, DU Haifeng, WANG Hongjun (183)
Geostatistical analysis and sampling technique on spatial distribution pattern of <i>Dendroctonus valens</i> population	PAN Jie, WANG Tao, ZONG Shixiang, et al (195)
Variation analysis of protein subunits of soybean germplasms of different eco-types in Shanxi	WANG Yanping, LI Guiquan, GUO Shujin, et al (203)
Effects of fertilization and plastic film mulched ridge-furrow cultivation on yield and water and nitrogen utilization of winter wheat on dryland	LI Tingliang, XIE Yinghe, REN Miaomiao, et al (212)
The changing characteristics of potential climate productivity in Gansu Province during nearly 40 years	LUO Yongzhong, CHENG Ziyong, GUO Xiaoqin (221)
Spatial assessment and zoning regulations of ecological importance based on GIS for rural habitation in Changgang Town, Xinguo county	XIE Hualin, LI Xiubin (230)
Influences of rural households' income differences on living energy consumption and eco-environment: a case study of Jiangnan Plain, China	YANG Zhen (239)
Spatial differences and its driving factors of energy indices on cultivated land eco-economic system in Hebei Province	WANG Qian, JIN Xiaobin, ZHOU Yinkang, et al (247)
Effects of land use on distribution and protection of organic carbon in soil aggregates in karst rocky desertification area	LUO Youjin, WEI Chaofu, LI Yu, et al (257)
Review and Monograph	
Implication and limitation of landscape metrics in delineating relationship between landscape pattern and soil erosion	LIU Yu, LÜ Yihe, FU Bojie (267)
Ecological reclamation and restoration of abandoned coal mine in the United States	ZHANG Chengliang, B. Larry Li (276)
Managing farmland soil food web: principles and methods	CHEN Yunfeng, HU Cheng, LI Shuanglai, et al (286)

2009 年度生物学科总被引频次和影响因子前 10 名期刊*

(源于 2010 年版 CSTPCD 数据库)

排序 Order	期刊 Journal	总被引频次 Total citation	排序 Order	期刊 Journal	影响因子 Impact factor
1	生态学报	11764	1	生态学报	1.812
2	应用生态学报	9430	2	植物生态学报	1.771
3	植物生态学报	4384	3	应用生态学报	1.733
4	西北植物学报	4177	4	生物多样性	1.553
5	生态学杂志	4048	5	生态学杂志	1.396
6	植物生理学通讯	3362	6	西北植物学报	0.986
7	JOURNAL OF INTEGRATIVE PLANT BIOLOGY	3327	7	兽类学报	0.894
8	MOLECULAR PLANT	1788	8	CELL RESEARCH	0.873
9	水生生物学报	1773	9	植物学报	0.841
10	遗传学报	1667	10	植物研究	0.809

★《生态学报》2009 年在核心版的 1964 种科技期刊排序中总被引频次 11764 次,全国排名第 1;影响因子 1.812,全国排名第 14;第 1—9 届连续 9 年入围中国百种杰出学术期刊;中国精品科技期刊

编辑部主任:孔红梅

执行编辑:刘天星 段 靖

生态学报
(SHENGTAI XUEBAO)
(半月刊 1981 年 3 月创刊)
第 31 卷 第 1 期 (2011 年 1 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA
(Semimonthly, Started in 1981)
Vol. 31 No. 1 2011

编 辑 《生态学报》编辑部
地址:北京海淀区双清路 18 号
邮政编码:100085
电话:(010)62941099
www.ecologica.cn
shengtaixuebao@rcees.ac.cn

主 编 冯宗炜
主 管 中国科学技术协会
主 办 中国生态学会
中国科学院生态环境研究中心
地址:北京海淀区双清路 18 号
邮政编码:100085

出 版 科 学 出 版 社
地址:北京东黄城根北街 16 号
邮政编码:100717

印 刷 北京北林印刷厂
发 行 科 学 出 版 社
地址:东黄城根北街 16 号
邮政编码:100717
电话:(010)64034563
E-mail:journal@cspg.net

订 购 全国各地邮局
国外发行 中国国际图书贸易总公司
地址:北京 399 信箱
邮政编码:100044

广告经营 京海工商广字第 8013 号
许 可 证

Edited by Editorial board of
ACTA ECOLOGICA SINICA
Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China
Tel:(010)62941099
www.ecologica.cn
Shengtaixuebao@rcees.ac.cn

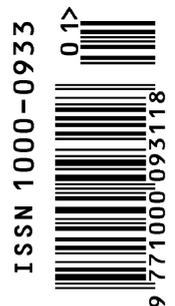
Editor-in-chief FENG Zong-Wei
Supervised by China Association for Science and Technology
Sponsored by Ecological Society of China
Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS
Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China

Published by Science Press
Add:16 Donghuangchenggen North Street,
Beijing 100717, China

Printed by Beijing Bei Lin Printing House,
Beijing 100083, China

Distributed by Science Press
Add:16 Donghuangchenggen North
Street, Beijing 100717, China
Tel:(010)64034563
E-mail:journal@cspg.net

Domestic All Local Post Offices in China
Foreign China International Book Trading
Corporation
Add:P. O. Box 399 Beijing 100044, China



ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

国内外公开发行

国内邮发代号 82-7

国外发行代号 M670

定价 70.00 元