

文章编号:1001-1498(2015)05-0739-05

## 海南尖峰岭两类人工林中天然更新群落特征研究\*

彭文成<sup>1,2</sup>, 熊梦辉<sup>3</sup>, 龙文兴<sup>3\*\*</sup>, 康勇<sup>3</sup>, 王茜茜<sup>3</sup>, 林灯<sup>3</sup>

(1. 中国林业科学研究院资源信息所, 北京 100091; 2. 海南省林业科学研究所, 海口 570000;  
3. 热带作物种质资源保护与开发利用教育部重点实验室, 海南大学园艺园林学院, 海口 570228)

关键词: 杉木林; 马占相思林; 天然更新; 群落结构; 物种多样性

中图分类号: S754

文献标识码: A

## Studies on the Characteristics of Naturally-Regenerated Communities of Two Types of Plantation in Jianfengling, Hainan

PENG Wen-cheng<sup>1,2</sup>, XIONG Meng-hui<sup>3</sup>, LONG Wen-xing<sup>3</sup>, KANG Yong<sup>3</sup>, WANG Xi-xi<sup>3</sup>, LIN Deng<sup>3</sup>

(1. Research Institute of Forest Resource Information Techniques, Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091, China;  
2. Research Institute of Hainan Forestry, Haikou 570000, Hainan, China; 3. Key Laboratory of Protection and Development Utilization of Tropical Crop Germplasm Resource, Ministry of Education, College of Horticulture and Landscape Agriculture, Hainan University, Haikou 570228, Hainan, China)

**Abstract:** 25-years-old *Cunninghamia lanceolata* forests and 18-years-old *Acacia mangium* forests in Jianfengling of Hainan Province were surveyed to assess the structures and species diversity of naturally-regenerated plants. The results showed that there were 131 species in *C. lanceolata* forests, attributed to 100 genera and 51 families. The dominant species were *Gironniera subaequalis*, *Schima superba*, *Pertusadina metcalfei* and *Polyspora hainanensis*. There were 62 species in *A. mangium* forests, attributed to 59 genera and 33 families. The dominant species were *Acronychia pedunculata*, *Tetradium glabrifolium*, *Machilus chinensis*, *Gironniera subaequalis* and *Toxicodendron succedaneum*. The species richness, Simpson index and Shannon-Wiener index for naturally-regenerated plants in *C. lanceolata* forests were  $76.67 \pm 11.02$ ,  $0.94 \pm 0.04$  and  $3.50 \pm 0.49$ , while those in *A. mangium* forests were  $39.00 \pm 8.54$ ,  $0.91 \pm 0.04$  and  $3.05 \pm 0.27$ . The Sørensen species similarity for naturally-regenerated plants of the two forests was 0.50, with a increasing age structure. The mean density, height and dbh for adult trees of naturally-regenerated components of *C. lanceolata* forests were significantly lower than *A. mangium* forests; while the mean density and height of small trees of naturally-regenerated components of *C. lanceolata* forests were significantly higher than *A. mangium* forests. The study indicated that the naturally-regenerated plant species increased, and the forest structures became complex with the regeneration of both *C. lanceolata* and *A. mangium* forests. These two pure plantations will become old-growth natural forests with the forest succession.

**Key words:** *Cunninghamia lanceolata* forests; *Acacia mangium* forests; natural regeneration; community structure; species diversity

收稿日期: 2015-03-24

基金项目: 中亚热带天然阔叶林林层特征研究(31370633)

作者简介: 彭文成(1963—),男,高级工程师,主要从事森林经理研究。

\* 感谢黄清麟研究员的倾心指导。

\*\* 通讯作者。

在林业实践中,通过天然更新和人工促进更新的方法,能促进人工林向天然林转化,使其天然树种增加,林分结构更加复杂,生态系统更加稳定<sup>[1]</sup>。在天然林采伐迹地更新起来的人工林,虽然经过炼山、整地、人工造林等活动,但由于保留有天然树种的繁殖体(土壤种子库、树根、伐桩等)及附近天然林中植物种子迁移,在适宜的条件下能成功完成天然更新<sup>[2-5]</sup>,这些具“潜在天然林恢复基础”的人工林通过天然更新往往都能恢复为天然林<sup>[6]</sup>。

杉木(*Cunninghamia lanceolata* (Lamb.) Hook.)是我国南方亚热带地区特有的优良速生乡土树种。研究表明,种植杉木林会引起水土流失与土壤肥力下降,随杉木林龄增长,立地衰退明显<sup>[7-8]</sup>;但是杉木-阔叶混交林叶凋落物的分解大于杉木纯林分解<sup>[9]</sup>,土壤N归还量明显高于纯林<sup>[10]</sup>。马占相思(*Acacia mangium* Willd)是我国热带和南亚热带荒山造林的优良先锋树种,又是良好的造纸经济树种<sup>[11]</sup>。在靠近水源的裸露立地条件下,马占相思可以靠种子繁殖进行自然更新,不影响乡土树种的正常生长<sup>[12]</sup>。马占相思人工林生态系统的自肥能力随林龄增大而增强,有利于林木生长发育<sup>[13]</sup>。

海南省正在实施《海南省公益林保护建设规划》(2010-2020年),将分布在国家级和省级自然保护区、重要江河源头、沿海防护林、重要水库周边和天保区林场等作为商品林经营的人工林自然恢复为天然林。通过天然更新,人工林的林分结构及物种多样性如何变化?是迫切需要了解的问题。本文以海南尖峰岭25年生的杉木人工林及18年生的马占相思人工林为对象,比较分析人工林中天然起源的林木结构及物种多样性特征,揭示不同人工林天然更新过程中的林分变化规律,为海南省公益林建设及人工林可持续经营提供参考。

## 1 材料与方 法

### 1.1 研究样地概况

研究样地位于海南省乐东县和东方县境内的尖峰岭林业局(108°41'~109°12'E,18°20'~18°57'N)的南崖林场,海拔500~700 m,属低纬度热带岛屿季风气候,根据南中观测站数据,年平均气温21.5℃,绝对最低气温3.3℃,绝对最高气温34.9℃;干湿两季明显,年降水量2 226.9 mm,80%

~90%降水集中在5—10月,其中,8—9月降水最多;坡度约6~15°,坡向东或东南,土壤为砖黄壤。

### 1.2 数据收集方法

2014年1月在南崖林场分别随机设置3个杉木林样地和3个马占相思林样地,每个样地面积900 m<sup>2</sup>,样地间距100 m以上,杉木林和马占相思林样地总面积各2 700 m<sup>2</sup>。利用相邻格子法将每个样方划分为9个10 m×10 m样方<sup>[14]</sup>,调查记录样方内胸径在1~5 cm的木本植物物种名和高度;调查记录胸径大于或等于5 cm的所有木本植物的物种名、胸径和高度;记录样方内出现的草本植物的物种名、盖度。

通过查阅文档资料及访问伐木工人,确定杉木林和马占相思林形成历史。杉木林年龄25年,为近熟林;马占相思林年龄18年,为成熟林。杉木的平均密度显著比马占相思的大,而平均胸径及平均高度显著比马占相思的小(表1)。林地种植杉木和马占相思前均为天然林,皆伐后通过炼山、挖穴种植杉木和马占相思。杉木造林规格为1.5 m×1.5 m,马占相思造林规格为2.0 m×3.0 m。造林后3年内每年进行人工抚育管理1次,之后实行封山育林,让其自然更新。离样地100 m范围内有天然次生林分布。

表1 杉木和马占相思结构特征比较

结构特征	杉木	马占相思	Wilcoxon 检验统计量	P
平均密度/(株· (100 m <sup>2</sup> ) <sup>-1</sup> )	22.06±7.27	6.30±2.28	41.5	<0.001
平均胸径/cm	8.73±2.17	10.58±5.62	146 449	0.02
平均高度/m	12.07±3.76	23.71±7.80	271 731	<0.001

### 1.3 数据分析方法

1.3.1 杉木林与马占相思林中天然起源的林木物种组成特征 分别统计杉木林和马占相思林样方内天然起源林木的物种、科、属组成,计算物种的重要值,乔木层和灌木层天然林分物种的重要值为相对高度、相对密度和相对频度之和。草本层物种重要值为相对盖度、相对密度和相对频度之和。

用Sørensen相似性指数比较两森林类型天然起源林木的物种相似性( $C_s$ )<sup>[15]</sup>:

$$C_s = 2j/(a + b)$$

式中: $j$ 为2个群落或样地共有种数; $a$ 、 $b$ 分别为样地A、B的物种数。

1.3.2 人工林木和天然起源林木的结构特征 分析杉木林与马占相思林中天然起源林木的结构特

征。将两森林类型中的天然起源林木个体按胸径大小分类:1 cm < 胸径 ≤ 5 cm、5 cm < 胸径 ≤ 10 cm、胸径 > 10 cm 依次划分为幼树、小树、成年树。用 Wilcoxon 检验比较天然起源林木的幼树、小树、成年树个体的平均密度、平均高度及平均胸径差异(表1)。用径级大小代表林龄大小,比较两森林类型中天然起源林木的幼树、小树、成年树所构成的年龄结构特征<sup>[16]</sup>。

1.3.3 天然起源林木的物种多样性特征 利用物种丰富度指数、多度指数、Simpson 多样性指数、Shannon-Weiner 多样性指数比较杉木与马占相思林天然起源林木中乔、灌木物种多样性。

物种丰富度为样方内调查的物种数;

Simpson 多样性指数( $D$ )为:

$$D = 1 - \sum_{i=1}^s (P_i)^2$$

Shannon-Weiner 多样性指数( $H$ )为:

$$H = - \sum P_i \ln P_i$$

式中: $S$  为各样地物种数目; $P_i$  为第  $i$  个物种个体数在群落中的比率, $P_i = N_i/N$ ,  $N$  为样地个体总数, $N_i$  为第  $i$  个物种的个体数<sup>[17]</sup>

所有数据的统计分析及作图用 R2.9.2 软件<sup>[18]</sup>。

## 2 结果与分析

### 2.1 物种组成特征

2 种林分样地内共调查到天然更新物种 145 个,分属 52 科 113 属。2 种人工林间 Sørensen 物种相似性指数为 0.50。

杉木林样地共调查到 131 个物种,分属 51 科 100 属。根据重要值排序,确定乔木层优势种为白颜树(*Gironniera subaequalis* Planch.)、荷木(*Schima superba* Gardn. et Champ.)、海南水团花(*Pertusadina metcalfii* How)、海南大头茶(*Polyspora hainanensis* (Pitard) Hu) 等。灌木层优势种为海南水锦树(*Wendlandia merrilliana* Cowan)、九节(*Psychotria asiatica* (Lour.) Poir.)、海南杨桐(*Adinandra hainanensis* Hayara)、十棱山矾(*Symplocos poilanei* Merr.) 和华南毛柃(*Eurya ciliate* Merr.) 等。草本层优势种为乌毛蕨(*Blechnum orientale* Linn.)、粽叶芦(*Thysanolaena latifolia* (Roxb.) Kuntze)、玉叶金花(*Mussaenda pubescens* Ait. f.)、匍匐九节(*P. serpens* Linn.) 和海南悬钩子(*Rubus alceifolius* Focks) 等。

藤本植物主要为巴戟天(*Morinda officinalis* How)、肖菝葜(*H. japonica* Kunth)、鸡心藤(*Cissus kerrii* Planch. var. *Kerrii*)、海南轮环藤(*Cyclea polypetala* Merr.) 等。

马占相思林样地共调查到 62 个物种,分属 33 科 59 属。根据重要值排序,确定乔木层优势种为山油柑(*Acronychia pedunculata* (Willd.) Lindl.)、楝叶吴茱萸(*Tetradium glabrifolium* (Hance) Benth.)、华润楠(*Machilus chinensis* (Champ. et Benth.) Hemsl.)、白颜树和野漆树(*Toxicodendron succedaneum* Linn.) 等。灌木层优势种为华润楠、白颜树、岭南山竹子(*Garcinia oblongifolia* Champ.)、白背算盘子(*Glochidion wrightii* Benth.) 和长花龙血树等物种。草本层优势种为芒萁(*Dicranopteris dichotoma* (Thunb.) Berhn.)、粽叶芦、玉叶金花及茄叶斑鸠菊(*Vernonia solanifolia* Benth.) 等。藤本主要为巴戟天、肖菝葜、山白藤(*Sphenodesme pentandra* Jack var. *wallichiana*)、鸡心藤、华南省藤(*Calamus rhabdocladus* Burret) 等。

### 2.2 天然起源林木的结构特征比较

图 1 表明:杉木林中天然起源林木的幼树、小树平均密度都极显著大于马占相思林(幼树:杉木林,  $(48.77 \pm 19.78)$  株 ·  $(100 \text{ m}^2)^{-1}$ ; 马占相思林,  $(16.67 \pm 11.59)$  株 ·  $(100 \text{ m}^2)^{-1}$ ;  $W = 141, P < 0.001$ 。小树:杉木林,  $(8.41 \pm 6.21)$  株 ·  $(100 \text{ m}^2)^{-1}$ ; 马占相思林,  $(3.00 \pm 1.61)$  株 ·  $(100 \text{ m}^2)^{-1}$ ;  $W = 264.5, P < 0.001$ ); 而成年树的平均密度显著小于马占相思林(杉木林,  $(1.65 \pm 0.86)$  株 ·  $(100 \text{ m}^2)^{-1}$ ; 马占相思林,  $(2.20 \pm 0.63)$  株 ·  $(100 \text{ m}^2)^{-1}$ ;  $W = 266.5, P = 0.02$ )。

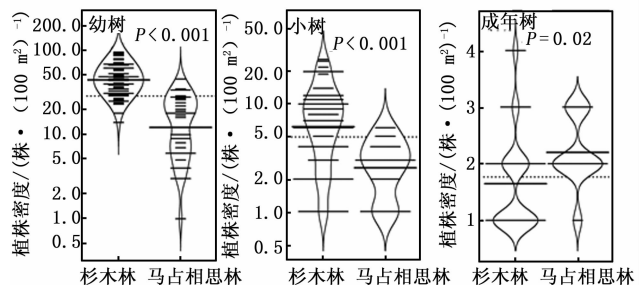


图 1 杉木林和马占相思林天然起源林木的密度特征豌豆图

图 2 表明:杉木林中天然起源林木的小树平均高度显著大于马占相思林(杉木林,  $(5.83 \pm 1.25)$  m; 马占相思林,  $(5.08 \pm 1.23)$  m;  $W = 244.449.5, P < 0.001$ ); 而幼树和成年树平均高度都小于马占相

思林,但差异不显著(幼树:杉木林,  $(2.45 \pm 0.98)$  m; 马占相思林,  $(2.60 \pm 1.35)$  m;  $W = 10\ 899.5$ ,  $P = 0.65$ ; 成年树:杉木林,  $(7.72 \pm 1.76)$  m; 马占相思林,  $(7.86 \pm 2.503)$  m;  $W = 694.5$ ,  $P = 0.81$ )。

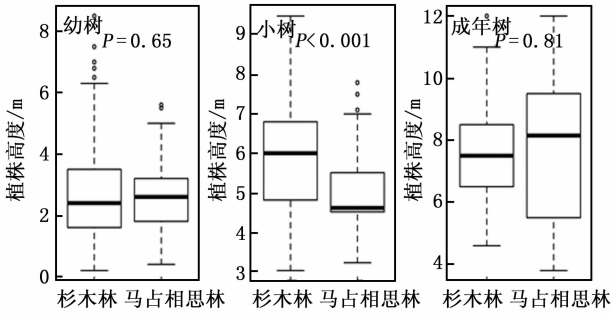


图2 杉木林和马占相思人工林中天然起源林木的高度特征箱线图

图3表明:杉木林中天然起源林木的成年树平均胸径显著小于马占相思林(杉木林,  $(15.02 \pm 10.24)$  cm; 马占相思林,  $(16.00 \pm 7.35)$  cm;  $W = 998.5$ ,  $P < 0.001$ ), 小树平均胸径也小于马占相思林,但二者差异不显著(杉木林,  $(6.78 \pm 1.33)$  cm; 马占相思林,  $(6.91 \pm 1.17)$  cm;  $W = 18\ 435$ ,  $P = 0.18$ )。

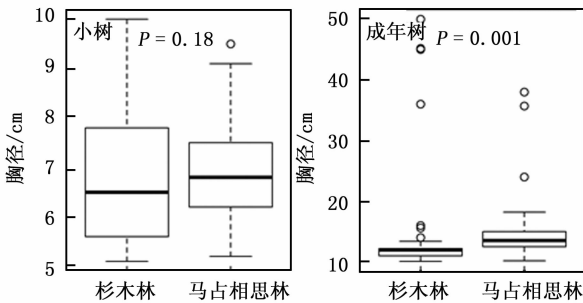


图3 杉木林和马占相思人工林中天然起源林木径级特征箱线图

图4表明:杉木林和马占相思林中天然起源林木的年龄结构为增长型。

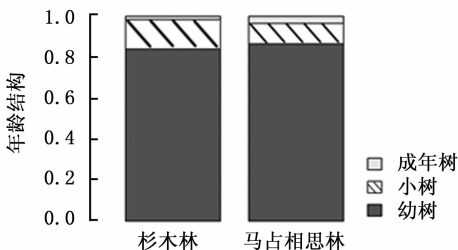


图4 杉木和马占相思人工林中天然起源林木的年龄构成

### 2.3 物种多样性比较

杉木林和马占相思林中天然起源林乔木、灌木物种多样性见表2。表2表明:杉木林中物种丰富

度、辛普森多样性指数及香农威纳多样性都比马占相思林的高。

表2 杉木林和马占相思人工林中天然起源林木的物种多样性

森林类型	物种丰富度	辛普森指数	香农威纳指数
杉木林	$76.67 \pm 11.02$	$0.94 \pm 0.04$	$3.50 \pm 0.49$
马占相思林	$39.00 \pm 8.54$	$0.91 \pm 0.04$	$3.05 \pm 0.27$

## 3 结论与讨论

### 3.1 杉木林和马占相思林人工林结构

杉木平均高度及平均胸径均显著小于马占相思林(表1),除了与树种自身生长特性有关外,还可能因为杉木林造林密度较大而影响杉木生长有关;同时,本研究中,马占相思生长时间比杉木短7 a,平均胸径和高度却比杉木的显著大,反映出马占相思比杉木生长速度快,在海南热带地区较适宜作为经济树种栽培。野外调查发现,由于缺少幼苗和幼树,杉木及马占相思更新极其困难。杉木和马占相思都是阳性树种,当天然林分树种发展起来后,林下变得更加郁闭,杉木和马占相思的幼苗因为缺乏光照难以生长。随着森林演替进行,杉木和马占相思会逐渐被本地天然树种代替,更新成为天然林。

### 3.2 杉木林和马占相思林天然起源林组成及多样性

杉木林共调查到131个物种,马占相思林共调查到62个物种,杉木林中天然起源林木的物种丰富度、辛普森多样性指数及香农威纳多样性都比马占相思林的高(表2),且杉木林天然起源林木平均密度显著比马占相思林的大(杉木林,  $58.83$  株· $(100\text{ m}^2)^{-1}$ ; 马占相思林,  $21.87$  株· $(100\text{ m}^2)^{-1}$ , 图1)。说明杉木林中天然更新植株已形成密林,而马占相思林的天然更新植株仍处于疏林阶段,这也与马占相思作为阔叶树种其冠幅大、树叶浓密等生物学特性有关。两森林的天然起源林木物种为山油柑、椴叶吴茱萸、白颜树、海南杨桐、荷木、海南水团花等,物种相似性达0.50,大都为热带山地雨林常见物种。杉木林和马占相思林天然起源林木中,幼树和小树密度大,天然起源林年龄结构呈增长型。因此,根据 Clements 的气候单元顶极学说,杉木林和马占相思林最终将自然恢复为热带山地雨林。杉木林和马占相思林中天然起源林的形成,与天然树种的繁殖体(土壤种子库、树根、伐桩)的保留及附近天然树种种子侵入有关,这些种源通过定居、生长,能使人工林在适宜的条件下完成天然更新<sup>[2-5]</sup>。因而,

本研究说明,通过封山育林和更新,能够逐步提高杉木和马占相思等人工林的生态公益林物种多样性,使人工纯林逐渐向天然林转化。有学者认为,传统的炼山造林会使杉木林土壤肥力下降,林分结构单一,林下物种数减少<sup>[8]</sup>。这是由于炼山破坏了土壤种子库和土壤结构,造成天然起源林木的更新困难。与本文炼山后自然恢复同林龄的杉木林比较看出,热带地区杉木林中天然植物物种定居速度快、更新快。这可能因为热带地区水热条件较为丰富,有利于森林植物的生长繁殖,同时,人工林周围保留有热带天然林,能够不断提供种子来源。

### 3.3 杉木林和马占相思林天然起源林木结构

本研究中马占相思林龄比杉木林小6~7 a,但马占相思林天然起源林木成年树的平均密度和平均胸径均显著比杉木林的大(图1、3),说明热带地区马占相思纯林向混交林转化的速率比杉木纯林的快。可能因为马占相思人工林生态系统的自肥能力随林龄增大而增强,有利于林木生长发育<sup>[13]</sup>,早期定居的天然树种生长速度较快;而杉木纯林生长初期凋落物发生晚、分解速度慢<sup>[19]</sup>,引起林地肥力下降,不利于天然起源林木树种萌发和生长。另一方面,本文发现,马占相思林天然起源林木小树平均密度和平均高度显著比杉木林的小。可能因为杉木林中阔叶树种定居、生长后,形成杉木-阔叶混交林,其叶凋落物的分解大于杉木纯林的分解<sup>[9]</sup>;且杉木混交林中凋落物量多,分解快,生态效益较高<sup>[20]</sup>,有利于植物的生长。因而,杉木纯林在恢复进入混交林后,更新形成的小树平均密度和高度显著比马占相思林的大。

通过对比18年生马占相思林和25年生杉木林林木结构及物种多样性,杉木平均高度及平均胸径均显著小于马占相思;通过更新的杉木和马占相思因为天然起源林木发展形成,自我更新困难,种群呈衰退型。通过封山育林,杉木及马占相思生态公益林中天然林分为热带山地次生雨林,通过自然演替,两种人工林都会形成成熟天然林。由于杉木林纯林初期阶段引起土壤肥力下降,不利于植物更新,因而,天然起源林木成年树的平均密度、平均高度和平均胸径比马占相思林的小。中后期形成杉木-阔叶混交林,土壤肥力逐渐增大,对植物生长有利,天然起源林木中小树平均密度和高度比马占相思林的大。因此,在热带地区,封育措施是人工林类型的生

态公益林逐渐转变为天然森林的重要措施之一。

### 参考文献:

- [1] 王晓荣,刘学金,唐万鹏,等.丹江口湖北库区不同调控密度马尾松人工林分特征[J].西南林业大学学报,2014,34(6):16-23.
- [2] 李博,杨持,林鹏.生态学[M].北京:高等教育出版社,2000.
- [3] Ding Y, Zang R G. Community characteristics of early recovery vegetation on abandoned lands of shifting cultivation in Bawangling of Hainan Island, South China [J]. Journal of Intergrative Plant Biology, 2005, 47(5): 530-538.
- [4] Chazdon R. L. Chance and determinism in tropical forest succession [M]//Carson W P, Schnitzer S A. Tropical forest community ecology. New York: John Wiley & Sons, 2008.
- [5] 李俊清.森林生态学[M].北京:科学出版社,2000.
- [6] 臧润国,丁易,张志东,等.海南岛热带天然林主要功能群保护与恢复的生态学基础[M].北京:科学出版社,2010.
- [7] 盛伟彤.杉木人工林水土流失及养分损耗研究[J].林业科学研究,2000,13(6):589-597.
- [8] 吴蔚东,张桃林,孙波,等.人工杉木林地有机物和养分库的退化与调控[J].土壤学报,2000,37(1):41-49.
- [9] 廖利平,马越强,汪思龙,等.杉木与主要阔叶造林树种叶凋落物的混合分解[J].植物生态学报,2000,24(1):27-33.
- [10] 林瑞余,陈银秀,黄荣臻,等.杉木观光木混交林凋落物养分特征及动态变化[J].东北林业大学学报,2002,30(1):17-23.
- [11] 方发之.马占相思在海南的发展与展望[J].热带林业,1997,25(1):9-11.
- [12] 宗亦臣,郑勇奇,张川红,等.外来树种马占相思自然繁殖更新研究[J].林业科学,2006,42(7):16-20.
- [13] 秦武明,何斌,于浩光,等.马占相思人工林不同年龄阶段的生物生产力[J].东北林业大学学报,2007,35(1):22-24.
- [14] 王伯荪,余世孝,彭少麟.植物群落学实验手册[M].广东:广东高等教育出版社,1996.
- [15] 马克平,刘灿然,刘玉明.生物多样性的测度方法Ⅱβ多样性的测度方法[J].生物多样性,1995,3(1):38-43.
- [16] 王伯荪,李鸣光,彭少麟.植物种群学[M].广州:广东高等教育出版社,1995.
- [17] 马克平,刘玉明.生物群落多样性测度方法Ⅰα多样性的测度方法[J].生物多样性,1994,2(4):231-239.
- [18] R Development Core Team. R: A Language and Environment for Statistical Computing [M]. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, Austria, 2009.
- [19] 盛伟彤,范少辉.杉木及其人工林自身特性对长期立地生产力的影响[J].林业科学研究,2002,15(6):629-636.
- [20] 黄承才,张骏,江波,等.浙江省杉木生态公益林凋落物及其与植物多样性的关系[J].林业科学,2006,42(6):7-12.