

东山岛海岸带潺槁树天然林的群落结构特征

高 伟¹, 叶功富², 游水生¹, 崔冬冬¹, 杜林梅¹, 辛 秀¹

(1 福建农林大学林学院, 福建 福州 350001)

(2 福建省林业科学研究院, 福建 福州 350012)

[摘要] 在样方调查的基础上, 对东山岛海岸带潺槁树天然林的群落结构进行了研究, 结果表明: 所调查群落属于南亚热带次生季风常绿阔叶林, 在 3 600 m² 的样地中共有植物 36 科 43 属 78 种, 多为单属单种, 且层次性较强, 可分为乔木层、灌木层、藤本层和草本层 4 层. 群落 A 乔木层中潺槁树的重要值最大, 群落 B 和群落 C 乔木层中潺槁树的重要值列第三, 灌木层中潺槁树的重要值皆最大. 3 个群落中潺槁树的径级结构皆呈进展型, 物种多样性比较结果显示, 潺槁树天然林的物种多样性与群落所处位置、人为干扰程度和保护时间等呈明显相关, 其排序为群落 A > 群落 B > 群落 C, 强度的人为干扰将导致多样性的降低. 研究结果为潺槁树天然林的保护和恢复提供了早期研究基础.

[关键词] 潺槁树, 天然林, 群落结构, 物种多样性

[中图分类号] S792.93 [文献标志码] A [文章编号] 1001-4616(2011)02-0094-06

Community Characters of Coastal *Litsea glutinosa* Natural Forest on Dongshan Island

Gao Wei¹, Ye Gongfu², You Shuisheng¹, Cui Dongdong¹, Du Linmei¹, Xin Xiu¹

(1 Forestry College of Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou 350001, China)

(2 Fujian Academy of Forestry Sciences, Fuzhou 350012, China)

Abstract The community characters of coastal *Litsea glutinosa* natural forest on Dongshan Island were studied based on community investigation, and the results indicated that there were 78 species in 80 genera and 44 families of plants in plots of 3 600 m². The layers of arbors, shrubs, lianes, and herbages could be distinguished clearly. The importance value of *Litsea glutinosa* was the highest in tree layer of community A, and was the third in tree layer of community B and community C, while it was the highest in shrub layer of 3 communities. The DBH class structure of *Litsea glutinosa* in 3 communities were all at the upgrowth stage. Diversity comparison showed that the diversity of *Litsea glutinosa* community was correlated with the position, disturbance and the time of protection, and the diversity was community A > community B > community C. The results provided fundamental data for the protection and re-establishment of *Litsea glutinosa* natural forest at the early research stage.

Key words *Litsea glutinosa*, natural forest, community structure, species diversity

海岸带作为人类与海洋生态系统的过渡区域, 是能量、物质交换激烈的地带, 是全球生态、经济及社会可持续发展系统中举足轻重的组成部分. 福建省海岸带长 3 000 多 km, 其中 500 多 km 属于沙质海岸, 由于特殊的地理位置, 沿海人民生活 and 工农业生产常受台风、暴雨、风暴潮等灾害性天气的严重影响, 改革开放以来, 国务院批准实施的沿海防护林体系工程取得了丰硕成果, 以木麻黄 (*Casuarina equisetifolia*) 为主的沿海防护林在缓解东南沿海生态环境恶化, 弥补海岸带生态脆弱性, 改善沿海地区人民生活环境和保障农业可持续发展中发挥了至关重要的作用, 但由于长期的纯林经营, 土壤养分失调和病虫害频发等问题逐渐出现, 严重影响了防护林的稳定性. 为克服这一弊端, 选择合适树种进行稳定型森林防御体系的生态构

收稿日期: 2010-10-12

基金项目: 国家“十一五”科技支撑计划专题 (2009BADB2B0302)、福建省科技重点计划项目 (2008N0002).

通讯联系人: 叶功富, 博士后, 教授级高工, 研究方向: 沿海防护林. E-mail: yegongfu@126.com

建已是亟待解决的课题^[1-5], 自 1992 年以来, 在滨海沙地上相继进行了湿地松 (*Pinus elliottii*)、厚荚相思 (*Acacia crassicaarpa*)、桉树 (*Eucalyptus*)等树种与木麻黄混交的实验^[6-7], 在增加景观多样性和提高防护效能等方面取得了良好效果, 但由于所引树种皆缺乏自然更新能力, 沿海防护林的可持续经营仍面临严峻挑战。

东山岛沙质海岸带于 20 世纪 50 年代开始引进木麻黄构建沿海防护林, 由于其良好的防护效果, 地带性植被逐步被更新成木麻黄林, 赤山国有林场附近村落边的几片常绿阔叶林由于被当地村民作为“风水林”而保存至今, 皆是以潺槁树为优势种的天然群落。潺槁树 (*Litsea glutinosa*) 又名潺槁木姜子, 是樟科 (*Lauraceae*)木姜子属 (*Litsea*)的常绿小乔木或乔木, 为南亚热带至热带地区乡土树种, 是东山岛防护林带次生林及风水林中最常见的树种, 以潺槁树为优势种的群落是南亚热带季风常绿阔叶林被破坏后, 次生演替中最常见的类型之一, 已有学者对其进行了种群生态学方面的研究^[8-9], 但有关海岸带风积沙地这一特殊环境中潺槁树天然林群落结构的研究尚未见报道。因此本文以调查中发现的不同潺槁树天然林为对象, 从群落结构和物种多样性角度对其进行了初步研究, 对保护和恢复潺槁树天然林以及选择合适树种进行沿海防护林的生态构建, 解决单一树种经营所带来的生态环境问题具有一定的参考价值。

1 研究区概况及研究方法

1.1 研究区概况

研究区域位于福建东山岛赤山国有防护林场附近 (23°40'N, 117°18'E), 位于福建省东南部沿海, 属于亚热带海洋性季风气候, 干、湿季节较为明显, 多年平均降水量 945mm, 大部分降雨集中于 5~ 9 月份, 11 月至翌年 2 月份为旱季, 多年平均蒸发量为 1 056 mm, 多年平均气温为 20.8℃, 极端最高气温为 36.6℃, 极端最低气温为 3.8℃, 终年无霜冻。主要自然灾害为台风和干旱, 台风多发生在 7~ 8 月份, 多年平均 5.1 次。土壤属于风积沙土, 底土层常有粗粒黄沙夹有砾石, 持水保肥性能差。

1.2 研究方法

1.2.1 样地设置与调查方法

采用永久样地法和相邻格子样方法, 为最大程度反映天然林的结构特征, 选取 3 片受干扰强度与频率相对较小的林分 (A: 山只村风水林、B: 黄山村风水林、C: 后姚村风水林) 进行调查, 从保存状况来看, 山只村风水林一直处于被保护状态; 黄山村风水林在 20 世纪 60 年代曾被砍伐林内大树, 补植了少量木麻黄、湿地松等树种, 之后保护至今; 后姚村风水林在 20 世纪 60 年代前曾遭受人为毁林干扰, 之后采取保护至今, 各群落基本情况见表 1。在每个群落中设置 3 块 20m × 20m 的样地, 每个样地内又设 5m × 5m 的小样方 16 块, 共 144 个小样方, 样地总面积为 3 600 m²^[10-11], 在各样方内, 对各层植物物种均采取每木 (株) 调查, 包括样方内出现的所有乔木、乔木幼树幼苗、灌木、草本、藤本等, 记录每个个体的高度、胸径、冠幅和生活力等指标。

表 1 调查群落基本情况
Table 1 Basic situation of sample plots

样地号	海拔 /m	坡向	坡度	土壤类型	郁闭度	面积 /hm ²	乔木优势种
A	40	E	10° ~ 20°	风积沙土	95%	1.3	潺槁树
B	48	EN	8° ~ 10°	风积沙土	92%	1.5	潺槁树 木麻黄
C	45	S	9° ~ 15°	风积沙土	90%	0.9	潺槁树 榕树

1.2.2 数据统计方法

重要值: 重要值 = 相对多度 (%) + 相对频度 (%) + 相对优势度 (%)。

Simpson 多样性指数:

$$D = 1 - \sum_{i=1}^n (pi)^2,$$

Shannon-w iener 多样性指数:

$$H' = - \sum_{i=1}^n pi \ln pi$$
式中 $pi = Ni/N$,

P i e l o w 均匀度指数:

$$J_{sw} = \left[- \sum_{i=1}^n p_i \ln p_i \right] / \ln S$$

$$J_{sp} = \left[1 - \sum_{i=1}^n (p_i)^2 \right] / (1 - 1/S).$$

以上公式中 p_i 为第 i 物种所占比例; N 为所有物种的总个体数, N_i 为种 i 的个体数; S 为物种数目。

1. 2. 3 径级结构分析

采用空间代时间的方法, 以立木径级替代年龄进行划分, 其中胸径 (DBH) 小于 (或等于) 3 cm 划分为幼树幼苗等级, 此后, 每隔 3 cm 为一等级^[11], 以此类推, 树木径级按从小到大的顺序关系排列, 统计各龄级株数, 分析种群的径级结构。

2 结果与分析

2. 1 潺槁树天然林的物种组成与垂直结构

物种组成是群落最基本的特征之一, 它是群落形成的基础^[12], 垂直结构是反映群落结构的重要因素之一, 群落垂直结构的复杂程度决定于各植物种的高度及在不同高度上植物种的数量^[13]。南亚热带季风常绿阔叶林是中国亚热带地区最复杂、生产力最高、生物多样性最丰富、最有代表性的植被类型之一, 也是亚热带地区所特有的、相对稳定的顶极植被类型^[14 15], 以潺槁树为优势种的群落是南亚热带季风常绿阔叶林被破坏后, 次生演替过程中最常见的类型之一。所调查潺槁树林共有植物种类 36 科 43 属 78 种, 植物生长茂盛, 郁闭度都在 90% 以上, 群落内部结构分化明显, 大致可分为乔木层、灌木层、草本层和藤本层 4 个层次。其中乔木有 14 科 14 属 14 种, 皆为单属单种, 灌木有 19 科 25 属 28 种, 草本有 10 科 16 属 18 种, 藤本有 11 科 17 属 18 种。主要乔木树种有潺槁树 (*Litsea glutinosa*)、毛果算盘子 (*Glochidion eriocarpum*)、黄连木 (*Pistacia chinensis*)、朴 (*Celtis sinensis*)、榕树 (*Ficus microcarpa*)、簕竹 (*Bambusa blumeana*)、木麻黄 (*Casuarina equisetifolia*)、湿地松 (*Pinus elliotii*)、相思树 (*Acacia confusa*)、荆柃 (*Scolopia chinensis*)、鹅掌柴 (*Schefflera octophylla*) 等。从树种组成上看, 多为常绿树种, 具有亚热带、中亚热带地带性植物的特征, 植物区系地理分布上主要以泛热带分布为主, 伴有热带亚洲和热带美洲间断分布及少数东亚分布^[16], 潺槁树作为群落的主要优势种, 数量较多, 分布较广, 生长旺盛; 灌木层树种组成较为丰富, 并且多为上层乔木树种的幼树幼苗, 主要有潺槁树、豺皮樟 (*Litsea rotundifolia* var. *oblongifolia*)、九里香 (*Murraya exotica*)、簕荊花椒 (*Zanthoxylum avicennae*)、露兜树 (*Pandanus tectorius*)、马缨丹 (*Lantana camara*)、朴、土密树 (*Bridelia tomentosa*)、木麻黄、荆柃、鹅掌柴、黄栀子 (*Gardenia jasminoides*)、香椿 (*Toona sinensis*)、朱砂根 (*Ardisia crenata*) 等; 藤本层和草本层受上层乔木层和灌木层及地形、土壤的影响较大, 物种较为简单, 主要藤本有菝葜 (*Smilax china*)、白簕 (*Acanthopanax trifoliatum*)、帘子藤 (*Pottisia laxiflora*)、雀梅藤 (*Sageretia thea*)、鳝藤 (*Anodendron affine*)、羊角藤 (*Morinda umbellata*)、流苏子 (*Coptosapelta diffusa*)、茅莓 (*Rubus parvifolius*)、千金藤 (*Stephania japonica*)、小果蔷薇 (*Rosa cymosa*) 等; 主要草本有火炭母 (*Polygonum chinense*)、荩草 (*Ahraxon hispidus*)、仙人掌 (*Opuntia dillenii*)、沿阶草 (*Ophiopogon bodinieri*)、龙舌兰 (*Agave americana*)、凤尾蕨 (*Pteris nervosa*)、金星蕨 (*Parahelypteris glanduligera*)、麦冬 (*Ophiopogon japonicus*)、野古草 (*Arundinella anomala*)、肿柄菊 (*Tithonia diversifolia*)、芦苇 (*Phragmites australis*) 等。

2. 2 潺槁树天然林主要树种的数量特征

反映群落物种结构的数量指标有相对密度、相对优势度、相对频度和重要值等, 其中重要值作为一种综合性指标, 表明了物种在群落中的重要程度, 反映了某个物种在群落中所具有的地位, 是应用最广的物种特征值。植物种在群落中的地位不同, 所起的作用也不同, 重要值较大的种类对群落环境的作用也较大, 建群种甚至具有决定作用。不同潺槁树天然林乔木层和灌木层主要树种重要值见表 2。

由表 2 可见, 潺槁树在 3 个群落中的重要值较大, 乔木层分别为 133.62、33.42、40.59, 在群落中地位普遍较高, 特别是在群落 A 中, 潺槁树的重要值远大于其他树种, 说明它在此群落中处于明显的优势地位; 群落 B 由于在 20 世纪 60 年代经历了择伐林内大树补植木麻黄、簕竹和湿地松等速生树种, 导致乔木层潺槁树的重要值小于木麻黄和簕竹, 暂居第三; 群落 C 乔木层中潺槁树的重要值小于榕树和朴, 实地调查发现榕树在此群落中数量不多, 只有 6 棵, 但胸径大都在 30 cm ~ 100 cm 之间, 冠幅较大, 其优势度相对

较大, 因此重要值较大.

表 2 不同潺槁树天然林主要树种重要值

Tab le 2 Importance value of main popu lation in different natural Litsea glutinosa forest

层次	种名	科名	属名	A	B	C
乔木层	潺槁树 <i>Litsea glutinosa</i>	樟科	木姜子属	133. 62	33. 42	40. 59
	箭党花椒 <i>Zanthoxylum avicennae</i>	芸香科	花椒属	4. 82	—	—
	毛果算盘子 <i>Glochidion eriocarpum</i>	大戟科	算盘子属	36. 33	—	—
	朴 <i>Celtis sinensis</i>	榆科	朴属	63. 68	—	87. 24
	榕树 <i>Ficus microcarpa</i>	桑科	榕属	47. 56	—	139. 09
	黄连木 <i>Pistacia chinensis</i>	漆树科	黄连木属	8. 56	—	—
	簕竹 <i>Bambusa blumeana</i>	禾本科	刺竹属	—	83. 17	—
	龙眼 <i>Dinocarpus longan</i>	无患子科	龙眼属	—	8. 51	—
	木麻黄 <i>Casuarina equisetifolia</i>	木麻黄科	木麻黄属	—	127. 51	14. 88
	枇杷 <i>Eriobotrya japonica</i>	蔷薇科	枇杷属	—	3. 72	—
	湿地松 <i>Pinus elliotii</i>	松科	松属	—	32. 38	—
	相思树 <i>Acacia confusa</i>	豆科	金合欢属	—	11. 29	—
	刺楸 <i>Scolopiu chinensi</i>	大风子科	刺楸属	—	—	8. 89
	鹅掌柴 <i>Schefflera octophylla</i>	五加科	鹅掌柴属	—	—	9. 31
灌木层	豺皮樟 <i>Litsea rotundifolia</i> var. <i>oblongifolia</i>	樟科	木姜子属	10. 53	—	33. 56
	潺槁树 <i>Litsea glutinosa</i>	樟科	木姜子属	139. 42	114. 37	78. 26
	九里香 <i>Murraya exotica</i>	芸香科	九里香属	15. 13	—	1. 86
	箭党花椒 <i>Zanthoxylum avicennae</i>	大戟科	算盘子属	3. 78	15. 80	19. 28
	露兜树 <i>Pandanus tectorius</i>	露兜树科	露兜树属	8. 71	25. 82	—
	马缨丹 <i>Lantana camara</i>	马鞭草科	马缨丹属	11. 44	29. 49	17. 68
	毛果算盘子 <i>Glochidion eriocarpum</i>	大戟科	算盘子属	11. 87	—	—
	朴 <i>Celtis sinensis</i>	榆科	朴属	25. 31	0. 66	21. 76
	土密树 <i>Bridelia tomentosa</i>	大戟科	土密树属	7. 74	16. 11	24. 63
	龙眼 <i>Dinocarpus longan</i>	无患子科	龙眼属	—	25. 86	0. 77
	木麻黄 <i>Casuarina equisetifolia</i>	木麻黄科	木麻黄属	—	22. 42	—
	相思树 <i>Acacia confusa</i>	豆科	金合欢属	—	18. 65	—
	刺楸 <i>Scolopiu chinensi</i>	大风子科	刺楸属	—	—	10. 65
	鹅掌柴 <i>Schefflera octophylla</i>	五加科	鹅掌柴属	—	—	49. 69
	黄栀子 <i>Gardenia jasminoides</i>	茜草科	栀子属	—	—	14. 09
	香椿 <i>Toona sinensis</i>	楝科	香椿属	—	—	11. 09
	朱砂根 <i>Ardisia crenata</i>	紫金牛科	紫金牛属	—	—	11. 97

3个群落的林下灌木层中, 潺槁树皆具有最大的重要值, 分别为 139. 42、114. 37、78. 26, 其数值远大于其他灌木种群, 说明潺槁树在更新层具有最高的优势地位, 是未来演替的优势种群, 预示了群落未来的演替方向. 虽然目前群落 B 乔木层中木麻黄、簕竹和湿地松的重要值大于潺槁树, 但由于此类树种的自然更新能力较差, 在未来的演替过程中, 潺槁树的优势地位将逐渐侵入到乔木层, 其在乔木层中的重要值将逐渐变大, 最终取代其他树种; 群落 C 灌木层中潺槁树的重要值亦最大, 说明随着时间的推移, 其在乔木层中的优势地位也可稳步提升. 另外, 潺槁树天然林的灌木层物种组成较为丰富, 并且多以乡土树种为主, 重要值较大的灌木种群还有豺皮樟、九里香、箭党花椒、露兜树、土密树、鹅掌柴等.

2. 3 潺槁树种群径级结构

种群径级结构是植物群落稳定性和生长发育状况的重要指标^[17], 是刻画种群特征和预测种群未来的有效方法. 潺槁树作为所调查群落的主要优势种, 其种群动态对群落的结构现状和稳定发展具有重要意义, 因此本文重点对潺槁树种群的径级结构进行分析, 由图 1 可见, 群落 A 和群落 B 中潺槁树种群的径级结构呈明显的反 J 型分布, 属于异龄林, 是典型的自然更新林分, 且其自然更新状况较好, 各样地内幼年个体较多, 尤其是幼苗的个体数占有绝对优势, 中老龄个体较少,

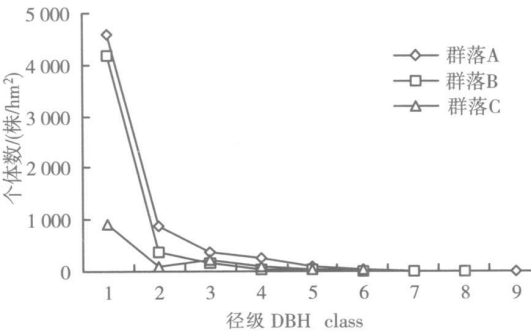


图 1 潺槁树种群的径级结构

Fig.1 DBH class of Litsea glutinosa population

种群维持具有足够的后续资源. 群落 C 由于第 1 径级个体数相对较少, 因此没有呈明显的反 J 型分布, 种群波动相对较小. 但从总体上看, 3 个群落的潺槁树种群皆呈进展型, 幼苗个体数占有绝对优势, 说明以潺槁树为优势种的群落具有较强的自然更新能力, 群落比较稳定.

2. 4 潺槁树天然群落的物种多样性

物种多样性是对一个群落结构和功能复杂性的度量, 是群落组织水平的重要生态学特征之一, 表征着生物群落和生态系统的结构复杂性, 体现了群落的结构类型、组织水平、发展阶段、稳定程度和生境差异^[18]. 从潺槁树各天然林群落总的物种多样性比较中可以看出 (表 3), 所调查 3 个群落的生物多样性指数皆较高, 按 Simpson 指数大小次序排列为 A (0. 933) > B (0. 923) > C (0. 918), 按 Shannon-W iener 指数大小排序也是 A (3. 023) > B (2. 902) > C (2. 858), 按均匀度指数 (J_{sw}) 与 (J_{sp}) 排序也是 A > B > C. 总体来看, 丰富度指数、均匀度指数以及多样性指数均以群落 A 最高, 表明物种多样性与群落所处位置、人为干扰程度和保护时间等具有较大关系, 实地调查中发现群落 A 所处的位置是附近村落的“风水宝地”, 历来受村民保护有加, 地表腐殖质层较厚, 植被覆盖度高, 受保护的时间长, 受干扰的程度小, 故物种多样性指数最高; 群落 B 地处沿海木麻黄防护林与村落及果园的交汇处, 于 20 世纪 60 年代受过择伐干扰, 之后得以保护, 受干扰强度大于群落 A; 群落 C 面积相对较小, 且四周皆农田, 整体孤立, 早期受人为毁林干扰严重, 立地砂壤比较松散, 受保护的时间短于群落 A 和群落 B, 因此其多样性指数较低.

表 3 潺槁树天然林不同群落物种多样性
Table 3 Species diversity of different natural Litsea glutinosa forest

群落	Sin pson 指数	Shannonr w iener 指数	均匀度指数 (J _{sw})	均匀度指数 (J _{sp})
A	0. 933	3. 023	0. 832	0. 957
B	0. 923	2. 902	0. 825	0. 948
C	0. 918	2. 858	0. 753	0. 927

3 结论与讨论

所调查 3 片潺槁树天然群落共有植物种类 78 种, 分属 36 科 43 属, 其中乔木有 14 科 14 属 14 种, 皆为单属单种, 灌木有 19 科 25 属 28 种, 草本有 10 科 16 属 18 种, 藤本有 11 科 17 属 18 种. 潺槁树天然林群落层次性较强, 可分为乔木层、灌木层、草本层和藤本层 4 个层次, 乔木层主要树种有潺槁树、朴、木麻黄、榕树、荆竹、鹅掌柴等, 郁闭度都在 90% 以上. 3 个群落中潺槁树种群径级结构皆呈进展型, 幼苗个体数占有绝对优势, 说明其具有前期增长, 后期稳定的特点.

潺槁树是南亚热带季风常绿阔叶林优势种之一, 是对土壤、光的适应性强且生长迅速的一种优良前顶极种^[16]. 在调查的 3 个群落中, 群落 A 乔木层和灌木层中潺槁树的重要值皆最大, 远大于其他树种, 群落 B 和群落 C 乔木层中潺槁树的重要值皆暂居第三, 但灌木层中皆以潺槁树重要值为最大, 加之位居一、二位的树种自然更新能力较差, 随着时间的推移, 乔木层中潺槁树的优势地位将得到逐步恢复. 物种多样性指数排序均为群落 A > 群落 B > 群落 C, 说明物种多样性与群落所处位置、人为干扰程度和保护时间等关系较大.

从调查情况可以看出, 以潺槁树为优势种的群落具有较强的自我更新能力与稳定性, 植物组成丰富, 植被覆盖度和多样性较高, 群落整体呈进展型, 潺槁树作为一个重要的乡土树种, 只要不受强烈干扰, 其种群就可长期发展下去, 对群落演替具有重要意义, 其具有较强的繁殖和传播潜力, 能适应风积沙地的恶劣环境, 易于与当地残存的天然群落结合成大的景观单位, 实现各类生物的协调发展, 因此其加强对现有潺槁树天然林资源的保护和利用, 对研究区的生态安全和沿海防护林的可持续构建具有重要意义.

[参考文献]

[1] 黄义雄, 郑达贤, 方祖光, 等. 福建滨海木麻黄防护林带的生态经济效益研究 [J]. 林业科学, 2003, 39 (1): 31-36
[2] 曾焕生. 福建沿海地区木麻黄迹地更新问题研究 [J]. 防护林科技, 2001, 5 (3): 34-36
[3] 吴清泉. 东山县生态环境保护与可持续发展 [J]. 福建地理, 2002, 17 (2): 45-47.
[4] 林奎勇. 福建省沿海防护林建设与保护问题的探讨 [J]. 林业勘察设计, 2006, (2): 171-173

- [5] 赵凌泉,肖立国,王立刚,等. 防护林科学研究动态及发展趋势 [J]. 防护林科技, 2000, 2(4): 85-87
- [6] 叶功富. 滨海沙地湿地松与木麻黄混交林构建和调控技术研究 [J]. 林业科学研究, 2002, 15(4): 463-468
- [7] 徐俊森,叶维忠,曾国强,等. 沙质海岸后沿木麻黄混交林造林效果的试验研究 [J]. 防护林科技, 2000, 8(专刊 1): 116-122
- [8] 田长城,周守标,蒋学龙. 黑长臂猿栖息地旱冬瓜和潺槁木姜子种群分布格局和动态 [J]. 应用生态学报, 2006, 17(2): 167-170
- [9] 游水生,叶功富,徐俊森,等. 福建东山岛海岸带潺槁树种群生命表分析 [J]. 广西植物, 2009, 29(1): 96-102
- [10] 王伯荪,张志权,蓝崇钰,等. 南亚热带常绿阔叶林取样技术研究 [J]. 植物生态学与地植物丛刊, 1982, 6(1): 51-60
- [11] 游水生,王小明,王海为. 中亚热带常绿阔叶林最小面积的确定 [J]. 武汉植物学研究, 2002, 20(6): 438-442
- [12] 曲仲湘,吴玉树,王焕校. 植物生态学 [M]. 北京: 高等教育出版社, 1983
- [13] 杨逢建,赵则海,付玉杰,等. 封山育林后天然次生林群落结构特征 [J]. 植物研究, 2002, 22(4): 503-507
- [14] 中国植被编委会. 中国植被 [M]. 北京: 科学出版社, 1980, 18-200
- [15] 林鹏. 福建植被 [M]. 福州: 福建科技出版社, 1990, 53-76
- [16] 吴征镒. 中国种子植物属的分布区类型 [J]. 云南植物研究, 1991, 增刊 IV: 1-139
- [17] 叶万辉,曹洪麟,黄忠良,等. 鼎湖山南亚热带常绿阔叶林 20公顷样地群落特征研究 [J]. 植物生态学报, 2008, 32(2): 274-286
- [18] 郭其强,张文辉,何景峰,等. 黄龙山不同白桦林群落结构特征研究 [J]. 西北植物学报, 2007, 27(1): 132-138

[责任编辑: 顾晓天]

(上接第 93页)

[参考文献]

- [1] Eschenauer G, Sweet B V. Pharmacology and therapeutic uses of theanine[J]. Am J Health Syst Pharm, 2006, 63(1): 26-30
- [2] Suzuki H. Enzymatic production of theanine, an “ umami ” component of tea, from glutamine and ethylamine with bacterial γ -glutamyltranspeptidase[J]. Enzyme and Microbial Technology, 2002, 31: 884-889
- [3] 胥俊峰,单建华,赵宁伟,等. 大肠杆菌 γ -ggf 原核表达载体 pGEX-4T-1/ γ -ggf 的构建及其蛋白表达 [J]. 安徽农业科学, 2007, 35(30): 9467-9469
- [4] 游庆红,张新民,陈国广,等. γ -聚谷氨酸的生物合成及应用 [J]. 现代化工, 2002, 22: 56-59
- [5] 邵丽,刘建军,赵祥颖. 一株产聚 γ -谷氨酸菌株的筛选 [J]. 山东食品发酵, 2007, 4: 5-7
- [6] 贾晓鹤,陈莉,赵宁伟,等. 生物转化法应用重组谷氨酰转肽酶合成 L-茶氨酸 [J]. 食品工业科技, 2008, 29: 166-169
- [7] 刘俊红,刘顺谊,殷志敏. 乳糖诱导大肠杆菌中重组谷氨酰胺合成酶的表达 [J]. 南京师大学报: 自然科学版, 2006, 29(3): 66-70

[责任编辑: 孙德泉]