

不同森林经营模式物种多样性特征比较

——以“永林公司”为例

张中瑞¹,王炳煌²,何东进^{1*},谢益林³,李树忠³,董永平³,杨俊¹,
苏炳霖¹,苏少川¹,廖小娟¹

(1. 福建农林大学 林学院,福建 福州 350002;2. 福建省三明市环境科学研究所,福建 三明 365000;
3. 福建永安林业(集团)股份有限公司,福建 永安 366000)

摘要:对“永林公司”经营区不同森林经营模式物种多样性特征进行了比较研究。结果表明:在经营区内有植物 222 种,属于 113 属和 72 科。9 种不同经营模式中不同生长型物种的丰富度存在着比较明显的差异,以灌木层物种丰富度最高,乔木层次之,而以草本层最低;不同经营模式的物种多样性基本表现为灌木层>乔木层>草本层。物种多样性指数和丰富度指数存在着密切的正相关。综合分析表明,块状利用模式的物种多样性最高,改良增效模式其次,而定向培育模式和保育补植模式的物种多样性最差,这也表明天然林的物种多样性比较好,人工林的物种多样性较差的一般规律。

关键词:天然林经营;经营模式;物种多样性

中图分类号:S718 **文献标志码:**A **文章编号:**1001-7461(2012)05-0032-06

Comparison of Species Diversity in Different Forest Management Models

——A Case Study of Fujian Yong'an Forestry (Group) Joint-stock Co. Ltd.

ZHANG Zhong-rui¹, WANG Bing-huang², HE Dong-jin^{1*}, XIE Yi-lin³, LI Shu-zhong³, DONG Yong-ping³,
YANG Jun¹, SU Bing-lin¹, SU Shao-chuan¹, LIAO Xiao-juan¹

(1. Forestry College of Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou, Fujian 35002, China;
2. Sanming Institute of Environmental Science in Fujian Province, Sanming, Fujian 365000, China;
3. Fujian Yong'an Forestry (Group) Joint-stock Co. Ltd., Yong'an, Fujian 366000, China)

Abstract: The species diversity in different forest management models in Fujian Yong'an Forestry (Group) Joint-stock Co., Ltd were studied. There were 222 species, 113 genus and 72 families in the management area. The richness of species in 9 management models varied slightly with different growth forms. The richness of the shrub species was the highest, arbor was the second and the herb was the lowest. The species diversity under different models generally displayed as shrub layer>arbor>herb. The species diversity and richness index were closely positive-correlative. By comprehensive analysis, species diversity of "block utilization" model was the highest, "modification to enhance efficiency" model was the second, "the set-directed tending" and "replanting" models were the worst, which demonstrated that the species diversity of natural forests was relatively high, while that of plantations was relatively low.

Key words: natural forest management; management model; species diversity

收稿日期:2011-10-12 修回日期:2012-04-17

基金项目:国家教育部博士科学重点基金项目(20103515110005);中国博士后科学基金项目(20060390182);国家自然科学基金项目(30870435);福建省自然科学基金项目(2011J01071)。

作者简介:张中瑞,男,在读硕士,研究方向:景观生态学与森林生态学。E-mail:zhangzhongrui126@126.com

*通讯作者:何东进,男,教授,博士生导师,研究方向:森林生态学与景观生态学。E-mail:fjhdj1009@126.com

植物区系包括自然植物区系和栽培植物区系,但一般是指自然植物区系。根据不同原则或分布区特点,可将植物区系划分为几类区系成分。通常将某地区全部植物种类按科、属、种进行数量统计,然后按地理分布、起源地、迁移路线、历史成分和生态成分划分成若干类群,分别称为植物区系的地理成分、发生成分、迁移成分、历史成分、生态成分等,这样可以全面了解一个地区植物区系的种类组成、分布区类型以及发生、发展等重要特征^[1]。物种多样性是指一个地区内生物种类的丰富程度,是评价一个地区生物物种多样性状况最常用且最重要的指标。研究植物群落的物种多样性,有助于更好地认识群落的组成、结构、功能、演替动态和稳定性^[2]。

近年来,我国大型林业企业在经营上遭遇的瓶颈,以及天然林保护和可持续经营上的问题,越来越多地受到学者们关注,主要问题存在于:①森林资源结构不合理,且基本上是以霸王阔叶树为主的低产低效、残次阔叶林^[3-4]。②天然林林分生长力普遍低下,急需进行林分改造^[5]。③天然林经营缺乏行之有效的经营技术体系,导致天然林资源不可持续^[6-9]。鉴于此,本研究依托“永林公司”经营区内采用的不同森林经营措施,对其不同经营模式下物种多样性特征比较,以寻求科学合理的天然林经营方法,这不仅是探索解决我国大型林业企业经营发展存在问题的重要途径,也是天然林可持续经营的重要内容之一。

1 研究区概况

研究区位于福建省中部偏西、永安市境内,地理坐标为 116°56′~117°47′E、25°33′~26°12′N。地貌类型以低山、丘陵为主,大小盆地错落其间。海拔一般在 800 m 以下,气候温和,雨量充沛,水热资源丰富,林木生长期长。年平均气温为 14.3℃~19.2℃,年降雨量为 1 490~2 050 mm,年日照时数 1 529.8~2 367.1 h。土壤具有典型的中亚热带地带性土壤特征,主要成土母岩有岩浆岩、沉积岩、变质岩 3 大类,地表出露的岩石主要有:花岗岩、页岩、板岩、砂岩、石灰岩、紫色岩等。土壤类型以红壤为主。林地土壤深厚,有机质含量较高,养分丰富。天然植被类型主要有:中亚热带常绿阔叶林、常绿落叶阔叶混交林、针叶林、针阔混交林、竹林、灌丛、灌草丛等;人工植被主要有杉木林、松林、竹林、经济果树林以及多种阔叶林,共计森林经营面积 12.1 万 hm²。

研究区森林资源划分出 9 种不同目标经营优化模式^[5]:①封禁保护型,实行全面封禁保护、禁止一

切采伐活动;②保育补植型,提高生物多样性、改善生态环境功能;③生态功能型,提高林木生长势,促进森林生长发育,增强森林生态系统的生态防护功能;④间伐调整型,改促进林木生长,缩短培育周期,提高木材质量与利用率;⑤采育结合型,促进形成生态、经济效益俱佳的天然混交林;⑥改良增效型,合理改造林分结构,提高林分的产量与质量;⑦块地利用型,促进形成结构合理、生产力高的半天然针阔混交林或工业原料林;⑧定向培育型,短期定向工业纤维为主的杉木、马尾松、桉树原料林;⑨集约经营型,培育年平均生长量达国家速生丰产林标准的用材林。

2 研究方法

2.1 样地设置

运用群落生态学、测树学等方法对研究区的群落学特征进行调查,经过实地踏察后,分别在不同森林类型(常绿阔叶林、针叶林、针阔混交林)各设置 3~5 块标准地,每块标准地 20 m×30 m,累计样地数量 77 块、面积约 46 200 m²,记录每个样地的海拔、小地形、坡位、坡度等。把每个样地设置 6 个 10 m×10 m 的小样方,分别对每个小样方乔木层林木进行每木检尺,测定其种类、胸径、树高、枝下高和冠幅等;在每个样地的 6 个 10 m×10 m 的小样方内分别设置 1 个 5 m×5 m 的小样方,测定灌木层林木的种类、数量、高度等;在每个 5 m×5 m 的小样方内设置 1 个 1 m×1 m 的样方,测定草本层的种类、多度等。

表 1 样地设置情况
Table 1 Arrangement of sample plots

经营模式	样地数 /块	样地面积 /m ²	森林类型	林分起源
封禁保护	9	5 400	阔叶林	天然
保育补植	6	3 600	针阔混交林	天然
生态功能	6	3 600	阔叶林	天然/人工
间伐调整	14	8 400	针叶林/阔叶林	天然/人工
采育结合	7	4 200	针叶林/阔叶林	天然
改良增效	6	3 600	阔叶林	天然
块状利用	9	5 400	阔叶林	天然
集约经营	7	4 200	阔叶林/针叶林	天然
定向培育	13	7 800	阔叶林/针叶林	人工

2.2 植物区系统计

运用种群统计学方法,对研究区(“永林公司”永安经营区)内的主要乔灌草层植物进行科、属、种及各种生活型的统计分析,分析优势科、属的组成,分析植物区系组成及影响植被分布的因素以及与其他地区种子植物区系的联系,并探索植被与生态环境之间的关系和相互作用^[10]。

2.3 生物多样性分析

- 生物多样性指数^[11-18]选用以下几种：
- Patric 指数: $R_0=S$ (1)
- Margalef 指数: $R=(S-1)/\ln N$ (2)
- Shannon-Wiener 指数: $H=-\sum_{i=1}^s P_i \ln P_i$ (3)
- Simpson 指数:
- $D=1-\sum_{i=1}^s N_i(N_i-1)/[N(N-1)]$ (4)
- Pielou 指数: $J=-\sum_{i=1}^s (P_i \ln P_i)/\ln S$ (5)
- Sheldon 均匀度指数: $E=e^H/S$ (6)

式中: S 为样方中观察的物种总数; $P_i=N_i/N$, N 为样方中所有物种数目, 为第 i 个种的物种数。

3 结果与分析

3.1 研究区植物区系组成

在调查的 80 个样地中, 共计植物 222 种, 属于 113 属和 72 科。在优势科的组成上, 该区位居前列的都是世界性大科^[19]。主要有壳斗科(Fagaceae)、蔷薇科(Rosaceous)、莎草科(Cyperaceae)、豆科(Leguminosae)、漆树科(Anacardiaceae)、樟科(Lauraceae)、紫金牛科(Myrsinaceae)、菊科(Compositae)、茜草科(Rubiaceae)等。

3.2 研究区植物的生活型谱

供试研究区植物由于大部分是高位芽植物, 不适合用 C. Raunkiaer^[20]生活型系统, 是按乔灌木的方法, 即 R. H. Whittaker^[21]等的生长型(growth form)为依据的。研究区有植物 222 种, 常绿乔木拥有 31.53%, 而落叶乔木只拥有 14.86%。表 2 统计数据说明, 该区是主要亚热带常绿植物, 因为热带-亚热带分布类型在这里占优势。但是, 这些常绿树种大多是不耐寒的, 它们自亚热带向热带分布, 在区

系组成中的数量逐渐增多^[22]。

3.3 研究区不同经营模式区植物多样性特征

植物生长型是表征群落外貌特征和垂直结构的重要指标^[23-24]。按照 R. H. Whittaker^[21]等的分类系统, 选择最主要的 3 个类型即乔木、灌木和草本作为研究对象, 分别统计乔木层、灌木层和草本层物种数目(表 3)。从表 3 可以看出, 在所有森林类型中, 通过丰富度指数对 9 种经营模式进行对比, 结果显示 2 种丰富度指数走势大致相同, 不同的植物生长型的物种数目均存在明显差异。各森林类型均以灌木层物种最为丰富, 其次为乔木层, 而草本层物种数目最少。通过对 9 种经营模式的比较可以发现, 不同经营模式乔木层物种数目依次为改良增效>采育结合>块状利用>封禁保护>生态功能>间伐调整>集约经营>保育补植>定向培育; 灌木层为块状利用=采育结合>封禁保护=改良增效>间伐调整>生态功能>集约经营>保育补植>定向培育; 草本层为集约经营>间伐调整>采育结合>生态功能>封禁保护>块状利用=定向培育>改良增效>保育补植。在 9 种不同经营模式中, 块状利用、采育结合、改良增效的乔木层和灌木层的物种丰富度较高。其中, 定向培育是桉树人工林, 保育补植由于其在坡顶, 土地比较贫瘠, 物种组成结构很简单, 所以这 2 种模式的乔木层和灌木层的物种丰富度很低。集约经营和间伐调整由于其乔木层受到人为干扰, 乔木层丰富度较底, 集约经营主要物种为杉木, 间伐调整主要物种为桉树, 其林下植被的丰富度较高。除集约经营和间伐调整外, 其他模式的草本层的丰富度都小于 10, 相对于他们的乔木层和灌木层差距很大, 这主要与各森林类型所处的地形特征以及林分结构有关^[25]。

表 2 研究区种子植物生活型谱

Table 2 Life forms of seed plants in study area

项目	落叶乔木	常绿乔木	落叶灌木	常绿灌木	藤本	1 年生草本	多年生草本	合计
种数	33	70	22	36	11	6	44	222
/%	14.86	31.53	9.90	16.21	4.95	2.70	19.82	100

乔木层与灌木层的 2 种多样性指数计算结果大小顺序基本一致, 乔木层多样性指数以块状利用最大, 其次是封禁保护和采育结合, 多样性指数比较高。由于本次研究以胸径≥2.5 cm 视为乔木, <2.5 cm 为灌木, 所以灌木层的物种数量和种类相对较多, 其物种多样性在 3 种生长型中也是最高的。草本层由于其物种丰富度较小, 所以其物种多样性也是最低的。9 种经营模式乔木层物种多样性指数顺序为块状利用>封禁保护>采育结合>改良增效

>生态功能>间伐调整>集约经营>保育补植>定向培育。灌木层的多样性指数为改良增效>块状利用>集约经营>生态功能>采育结合>间伐调整>封禁保护>保育补植>定向培育。通过对灌木层物种多样性大小的比较, 发现除了保育补植和定向培育 2 种人工林的多样性指数比较低外, 其余 7 种经营模式灌木层的物种多样性指数还是比较高的($H>3, D>0.5$)。综合 9 种经营模式乔木层和灌木层物种多样性的结果可发现永林公司经营区物种多样

性的一般特征,即天然林>人工林。草本层的物种多样性指数与乔木层、灌木层比较差异较大,这与草本层群落所处的位置及其生物学特性有关^[26]。

按乔木层、灌木层和草本层 3 种生长型分别计算 Pielou 均匀度指数和 Sheldon 均匀度指数,乔木层以块状利用的均匀度最高,表明块状利用模式优势种不突出,分布较为均匀。定向培育、集约经营和保育补植的均匀度最低,由于其分别为桉树、杉木、

马尾松人工林,桉树、杉木、马尾松在这 3 种模式中为优势种,故其均匀度较低。灌木层的均匀度相对较高,其中又以集约经营最高,改良增效、块状利用和生态功能次之,表明这几种经营模式在演替层中无占明显优势的树种。草本层均匀度定向培育和保育补植最低,改良增效其次,主要原因是其林下皆以芒萁占绝对优势(盖度在 95%以上)。

表 3 9 种经营模式多样性指标

Table 3 Diversity index of stands under 9 management models

经营模式	层次	S	R	H	D	JSW	E
块状利用	乔木层	26	4.793 9	2.841 4	0.923 2	0.872 1	0.659 2
	灌木层	38	6.404 0	3.327 9	0.951 4	0.914 9	0.733 7
	草本层	5	0.637 1	1.399 2	0.724 6	0.869 4	0.810 4
封禁保护	乔木层	23	4.129 2	2.587 7	0.899 5	0.825 3	0.578 2
	灌木层	36	5.992 5	3.040 9	0.916 0	0.848 6	0.581 2
	草本层	7	1.034 1	1.710 9	0.796 6	0.879 2	0.790 5
采育结合	乔木层	28	4.855 5	2.603 6	0.867 3	0.781 4	0.482 6
	灌木层	38	5.688 6	3.159 9	0.932 3	0.868 7	0.620 2
	草本层	9	1.244 2	1.901 5	0.827 9	0.865 4	0.744 0
生态功能	乔木层	17	2.906 3	2.241 1	0.849 6	0.775 4	0.538 4
	灌木层	29	5.716 8	2.214 0	0.848 0	0.766 0	0.774 7
	草本层	8	1.142 5	1.711 3	0.770 7	0.823 0	0.692 0
改良增效	乔木层	43	7.281 1	2.817 6	0.863 9	0.749 1	0.389 2
	灌木层	36	6.325 2	3.327 5	0.956 0	0.928 6	0.774 2
	草本层	4	0.528 8	0.887 0	0.523 0	0.639 8	0.606 9
定向培育	乔木层	7	1.118 2	1.168 7	0.614 9	0.600 6	0.459 7
	灌木层	6	1.291 6	1.329 8	0.658 0	0.742 2	0.630 0
	草本层	5	0.572 8	0.737 4	0.357 8	0.458 2	0.418 1
集约经营	乔木层	14	2.262 4	1.584 3	0.616 6	0.600 3	0.348 3
	灌木层	26	4.471 5	3.242 9	0.948 8	0.995 3	0.984 9
	草本层	18	2.570 0	2.535 3	0.895 9	0.877 1	0.701 1
间伐调整	乔木层	16	2.765 0	2.068 3	0.786 0	0.746 0	0.494 5
	灌木层	33	5.375 2	3.091 3	0.936 5	0.884 1	0.666 9
	草本层	13	1.859 0	2.013 4	0.837 0	0.785 0	0.576 0
保育补植	乔木层	8	1.359 9	1.435 4	0.659 2	0.690 3	0.525 2
	灌木层	15	2.302 7	2.243 9	0.861 5	0.828 6	0.628 6
	草本层	3	0.281 8	0.435 2	0.221 0	0.396 2	0.515 1

注:S为 Patric 丰富度指数;R为 Margalef 丰富度指数;H为 Shannon-Wiener 多样性指数;D为 Simpson 多样性指数;J为 Pielou 均匀度指数;E为 Sheldon 均匀度指数。

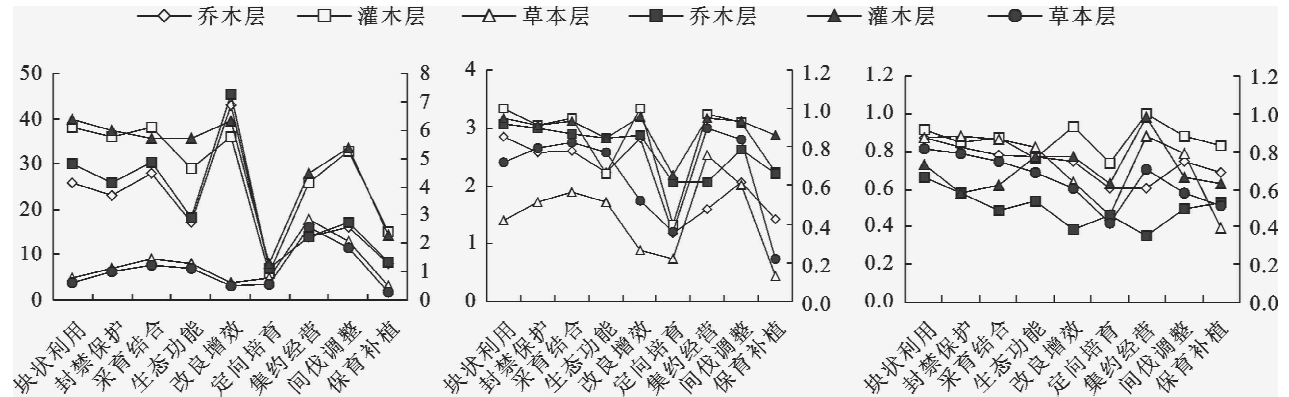


图 1 9 种经营模式物种丰富度、多样性指数、均匀度变化曲线

Fig. 1 Species richness, diversity index, evenness variation curves in 9 management models

3.4 不同地区阔叶林乔木层物种多样性比较

以研究区内块状利用模式为例,与其他地区阔叶林乔木层进行植物物种多样性比较(表4)。从Shannon-Wiener指数对比上看可以发现永林公司森林经营区阔叶林植物物种多样性与武夷山风景区阔叶林(Broad-leaved forest)和浙江乌岩岭地带性植被鹿角栲(*Castanopsis lamontii*)群落相当,比福建三明格氏栲(青钩,*Castanopsis kawakamii*)群落、福建龙栖山阿丁枫(蕈树,*Altingia chinensis*)群

落、浙江天童山木荷-朱栒林(*Schima superba-Castanopsis carlesii*)群落、上海金山红楠林(*Machilus thunbergii*)群落大,低于南岭国家级自然保护区丝栗栲(*Castanopsis fargesii*)阔叶林,从而表明了群落物种多样性随纬度降低而增大^[27-29]。永林公司森林经营区比三明格氏栲森林群落的物种多样性指数高,说明永安地区的森林物种多样性指数在三明地区中相对是比较高的。

表4 不同地区阔叶林乔木层物种多样性比较

Table 4 Comparison of tree diversity of broad-leaved forests in different regions

取样地点	丝栗栲林 ^[30] 南岭	阔叶林1(本文) 永林公司	格氏栲林 ^[31] 福建三明	阿丁枫林 ^[32] 福建龙栖山	鹿角栲林 ^[32] 浙江乌岩岭	阔叶林2 ^[25] 武夷山风景区	木荷-米槠林 ^[32] 浙江天童山	红楠林 ^[32] 上海金山
北纬	24°38'~25°	25°58'	26°07'~26°10'	26°23'~26°43'	27°30'	27°44'~27°55'	29°48'	30°20'
取样面积/m ²	1 000	1 200	400	400	400	1 200	400	400
<i>D</i>	0.96	0.923 2	0.866 3	0.866 3	0.947 9	0.920 9	0.774 3	0.579 8
<i>H</i>	5.07	2.84	2.52	2.52	3.1	2.93	2.76	1.26
<i>J</i>	0.88	0.872 1	0.815 2	0.815 2	0.886 6	0.844 3	0.880 2	0.647 5

注:*H*为Shannon-Wiener多样性指数;*D*为Simpson多样性指数;*J*为Pielou均匀度指数。

4 结论与讨论

调查表明,研究区永林公司森林经营区内乔灌木层共计植物222种,属于113属和72科。其中常绿乔木占31.53%,常绿灌木占16.21%,落叶乔木占14.86%。统计数据说明亚热带常绿植物在该区内占据优势,这与森林经营区内的生态背景和热带-亚热带植物的生理生态习性相符。

通过研究发现,永林公司森林经营区9种不同经营模式林区中不同生长型物种的丰富度存在着比较明显的差异,以灌木层物种丰富度最高,乔木层次之,草本层最低。不同经营模式的物种多样性也存在较大的差异,基本表现为灌木层>乔木层>草本层。研究还发现物种多样性指数和丰富度指数存在着密切的正相关关系。草本层由于其丰富度基本都较低,所以其对各个经营模式的物种多样性的影响相对较小。从不同经营模式的均匀度指数差异中可以发现天然林相对人工林其均匀度相对较高的一般特征。通过综合分析,块状利用模式的物种多样性最高,改良增效模式其次,生态功能模式位居第3。而定向培育模式和保育补植模式的物种多样性最差,表明天然林的物种多样性比较好,人工林的物种多样性较差的一般规律。通过加强天然林的保护,可有效地提高物种的多样性。通过本次研究可知块状利用经营模式的林区各类多样性指数和均匀度指数明显好于其他经营模式,其植物物种多样性比较高。

通过不同地区阔叶林乔木层物种多样性的比较,发现物种多样性呈随纬度降低而增大的趋势。

与其他地区相比,永林公司森林经营区的森林物种多样性相对来说还是比较丰富的。虽然天然林保护和可持续经营是一个十分复杂的系统工程,开展植物区系组成和物种多样性研究仅仅是冰山一角,但通过对永林公司森林经营区不同森林经营模式物种多样性对比分析可以看出,在天然林的经营中,采用块状利用,即实行不炼山的林地清理、整地方式,按照速生丰产林培育标准进行更新抚育,形成结构合理、生产力高的半天然针阔混交林,能够有效提高经营林区的物种多样性,从而为天然林的可持续经营提供参考。另外,在天然林经营过程中使用合理的采伐方式和技术措施也是必要的,块状利用经营模式要求:小规模皆伐中,采伐地应在林中成镶嵌状或斑块状布局;采伐中应适当保留一定宽度或长度的缓冲区严禁采伐;采伐区内应保留下种母树、幼苗、干形良好的幼树及萌蘖能力强的根桩。

参考文献:

[1] 安明态,喻理飞,杨远庆,等.岩下大鲵自然保护区种子植物区系特征研究[J].西北林学院学报,2008,23(5):34-38.
AN M T, YU L F, YANG Y Q, et al. Floristic study on seed plants of Yanxia Natural Reserve for *Megalobatrachus davidianus* in Guizhou [J]. Journal of Northwest Forestry University, 2008, 23(5): 34-38. (in Chinese)
[2] 楚光明,宋于洋,周朝宾,等.叶尔羌河下游公益林植物群落分类及其物种多样性特征[J].西北林学院学报,2009,24(1):6-10.
CHU G M, SONG Y Y, ZHOU C B, et al. Classification and species diversity of plantation communities of the commonweal forestry in lower reaches of Yarkant River [J]. Journal of Northwest Forestry University, 2009, 24(1): 6-10. (in Chi-

nese)

[3] 沈国防. 天然林保护工程与森林可持续经营[J]. 林业经济, 2009(11):15-16.
SHEN G F. Natural forest protection project and sustainable forest management[J]. Forestry Economics, 2009(11):15-16. (in Chinese)

[4] 罗素梅, 何东进, 谢益林, 等. 林分密度对尾赤桉人工林群落结构与生态效应的影响研究[J]. 热带亚热带植物学报, 2010, 18(4):357-363.
LUO S M, HE D J, XIE Y L, *et al.* Effect of stand density on community structure and ecological effect of *Eucalyptus urophylla* × *E. eamalducensis* plantation[J]. Journal of Tropical and Subtropical Botany, 2010, 18(4):357-363. (in Chinese)

[5] 谢益林. 天然林可持续经营与现代林业企业建设研究——以福建永安林业(集团)股份有限公司为例[J]. 福建林业科技, 2008, 35(2):161-166.
XIE Y L. Study on the sustainable management of natural forests and the construction of modern forestry enterprise——taking Fujian Yong'an Forestry(Group) Joint-stock Co. Ltd. as a case[J]. Journal of Fujian Forestry Science and Technology, 2008, 35(2):161-166. (in Chinese)

[6] 何东进, 谢益林, 李树忠, 等. 中国南方高保护价值森林判定研究[J]. 福建林学院学报, 2009, 29(2):97-102.
HE D J, XIE Y L, LI S Z, *et al.* Identification of high conservation value forests(HCVFs) in the south of China[J]. Journal of Fujian College of Forestry, 2009, 29(2):91-102. (in Chinese)

[7] 何东进, 吴景贤, 谢益林, 等. 中国天然林保护与可持续经营问题与对策[J]. 福建林学院学报, 2007, 27(2):186-192.
HE D J, WU J X, XIE Y L, *et al.* Problems and suggestions on conservation and sustainable management of the natural forest in China[J]. Journal of Fujian College of Forestry, 2007, 27(2):186-192. (in Chinese)

[8] 谢益林. 永林公司森林可持续经营目标指标体系研究[J]. 华东森林经理, 2008, 22(1):44-49.
XIE Y L. A study on index system of the sustainable forest management by objective carried out in Yonglin corporation [J]. East China Forest Management, 2008, 22(1):44-49. (in Chinese)

[9] 王晶晶, 亢新刚, 高延. 金沟岭林场生态公益林经营类型划分研究[J]. 西北林学院学报, 2011, 26(5):192-197.
WANG J J, KANG X G, GAO Y. Classification of management type of non-commercial in Jingouling Forest Farm[J]. Journal of Northwest Forestry University, 2011, 26(5):192-197. (in Chinese)

[10] 塔赫他间. 世界植物区系区划[M]. 北京:科学出版社, 1988: 52-61.

[11] WHITTAKER H H. Evolution and measurement of species diversity[J]. Taxon, 1972, 21:213-251.

[12] MAGURRAN A F. Ecological diversity and its measurement [M]. New Jersey: Princeton University Press, 1988.

[13] 彭少麟. 广东亚热带森林群落的生态优势度[J]. 生态学报, 1987, 7(1):36-42.
PENG S L. Ecological dominance of the subtropical forest communities in Guangdong[J]. Acta Ecologica Sinica, 1987, 7(1):36-42. (in Chinese)

[14] 张金屯. 植被数量生态学方法[M]. 北京:中国科学技术出版社, 1995:58-78.

[15] 陈廷贵, 张金屯. 山西关帝山神尾沟植物群落物种多样性与环境关系的研究 I: 丰富度、均匀度和物种多样性指数[J]. 应用与环境生物学报, 2000, 6(5):406-411.
CHEN T G, ZHANG J T. Plant species diversity of Shenweigou in Gandi Mountains (Shanxi, China) I. richness, evenness and diversity indexes[J]. Chinese Journal of Applied and Environmental Biology, 2000, 6(5):406-411. (in Chinese)

[16] 郑元润. 大青沟森林植物群落物种多样性研究[J]. 生物多样性, 1998, 6(3):191-196.
ZHENG Y R. Species diversity of Daqinggou forest plant community[J]. Chinese Biodiversity, 1998, 6(3):191-196. (in Chinese)

[17] 温远光, 刘世荣, 陈放. 连栽对桉树人工林下物种多样性的影响[J]. 应用生态学报, 2005, 16(9):1667-1671.
WEN Y G, LIU S R, CHEN F. Effects of continuous cropping on understorey species diversity in *Eucalypt plantations* [J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2005, 16(9):1667-1671. (in Chinese)

[18] 贾燕春, 张峰. 山西桑干河流域湿地植被物种多样性研究[J]. 植物研究, 2006, 26(3):364-369.
JIA Y C, ZHANG F. Species diversity of wetland vegetation in Sanggan River watershed, Shanxi[J]. Bulletin of Botanical Research, 2006, 26(3):364-369. (in Chinese)

[19] 沈显生. 大别山区植物区系的分析[J]. 安徽大学学报:自然科学版, 1995(4):89-94.
SHEN X S. An analysis of flora on the vegetation of the Dabie Mountains[J]. Journal of Anhui University: Nat. Sci., 1995(4):89-94. (in Chinese)

[20] RAUNKIAER C. The life form of plants and statistical plant geography[M]. New York: Oxford University Press, 1932:2-104.

[21] WHITTAKER R H. Communities and Ecosystems[M]. New York: Macmillan Company, 1970:6-17.

[22] 张宏达. 从印度板块漂移论喜马拉雅植物区系的特点[J]. 中山大学学报, 1984, 23(4):93-99.
ZHANG H D. The characteristics of Himalayan Flora in the light of the drifting of Indian plate[J]. Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Sunyatseni, 1984, 23(4):93-99. (in Chinese)

[23] 马克平, 黄建辉, 于顺利, 等. 北京东灵山地区植物群落多样性的研究. II 丰富度、均匀度和物种多样性指数[J]. 生态学报, 1995, 15(3):268-277.
MA K P, HUANG J H, YU S L, *et al.* Plant community diversity in Dongling Mountain, Beijing, China: II. species richness, evenness and species diversities[J]. Acta Ecologica Sinica, 1995, 15(3):268-277. (in Chinese)

[24] 李传磊, 沈年华, 倪伟. 紫薇群落结构与物种多样性分析[J]. 西北林学院学报, 2010, 25(5):45-48.
LI C L, SHEN N H, NI W. Analysis on community structure and species diversity of *Lagerstroemia indica* forest[J]. Journal of Northwest Forestry University, 2010, 25(5):45-48. (in Chinese)