

中国常绿阔叶林8大动态监测样地植被的综合比较

宋永昌 阎恩荣* 宋 坤

(华东师范大学生态与环境科学学院, 上海 200241)

摘要: 本文通过汇总中国常绿阔叶林8大动态监测样地的植物名录, 在规整植物名称的基础上, 统计了8大样地的植物种类组成, 比较了它们的相似性及其与环境立地的关系。利用生长型和生态指示值, 分析了8大样地组成植物的生态特征及其与生境的联系。从区系组成和生态特征看, 8大样地可分为两组, 一组包括天童、古田山、百山祖、八大公山, 属于典型常绿阔叶林; 另一组包括黑石顶、鼎湖山、福山、莲花池, 属于季节常绿阔叶林和适雨常绿阔叶林(亚热带雨林)。另外还讨论了动态观测样地的群落类型划分问题。最后提出的建议是: 增加草本和藤本植物调查, 重视植物分类和生态指示值及种间相互关系的研究, 更为重要的是制定长期的协作研究计划。

关键词: 常绿阔叶林, 区系组成, 生态特征, 生态指示值, 群落分类

Synthetic comparison of eight dynamics plots in evergreen broadleaf forests, China

Yongchang Song, Enrong Yan*, Kun Song

School of Ecological and Environmental Sciences, East China Normal University, Shanghai 200241

Abstract: On the basis of unifying the scientific names of plant species, species composition and similarity were compared and related to environmental conditions across eight dynamics plots in evergreen broadleaf forests (EBLFs) in China. Ecological characteristics of species and associations with habitat type were analyzed among plots using plant growth forms and ecological indicator values. According to floristic composition and ecological characteristics the eight plots were grouped as follows: (1) Tiantong, Gutianshan, Baishanzu and Badagongshan, belonging to the typical EBLFs, and (2) Heishiding, Dinghushan, Fushan and Lianhuachi, belonging to the seasonal and ombrophilous EBLFs (i.e., subtropical rain forest). Issues with respect to the methods of community classification were discussed. Overall, we propose an increase in the investigation of herbaceous and lianas plant taxonomy and ecological indicator values as well as more research into species interactions. A key to enhanced research and investigation is to establish cooperative research plans for long-term success.

Key words: evergreen broadleaf forest, floristic composition, ecological characteristics, ecological indicator value, community classification

中国科学院生物多样性委员会于2004年发起建设大型长期观测样地, 并组建了“中国森林生物多样性监测网络”(http://www.cfbiodiv.org)。目前大陆地区建成的监测样地已超过12个, 其中6个建立在常绿阔叶林区(马克平, 2008, 2011)。此外, 台湾地区由林业试验所牵头在岛上建有2个常绿阔叶林监测样地。上述8个常绿阔叶林长期监测样地(简称8

大样地)分别是: 天童、古田山、百山祖、八大公山、鼎湖山、黑石顶、福山和莲花池。其分布由北(29°48' N)到南(23°09' N), 从低海拔(230 m)到高海拔(1,600 m), 基本涵盖了常绿阔叶林的主要类型, 为此类生态系统结构、功能、动态等对比研究提供了极好的平台(马克平, 2008, 2011)。各样地基本情况如表1和图1所示。本文就现有调查资料, 尝试从植物种类组

收稿日期: 2014-07-03; 接受日期: 2014-11-13

基金项目: 国家自然科学基金(31270475)

* 通讯作者 Author for correspondence. E-mail: eryan@des.ecnu.edu.cn

表1 常绿阔叶林8大动态监测样地特征描述
Table 1 Description of site characteristics across eight dynamics plots in evergreen broadleaf forests

样地名称 (代号) Plot name (Code)	经纬度 Latitude and longitude	海拔 Altitude (m)	坡度 Aspect (°)	样地大小 Plot size (ha)	物种数 Species richness (DBH ≥ 1 cm)	总个体数(密度) No. of individuals in total (Density)	参考文献 References
天童 Tiantong (TT)	29°48' N, 121°47' E	304–603	13–50	20	153	94,603 (4,730/ha)	杨庆松等, 2011
古田山 Gutianshan (GTS)	29°15' N, 118°07' E	446.3–714.9	13–62	24	159	140,700 (5,863/ha)	陈彬等, 2009
百山祖 Baishanzu (BSZ)	27°45' N, 119°13' E	1,470–1,593	7–44	5	123	30,945 (6,189/ha)	丁炳扬等, 2013
八大公山 Badagongshan (BDGS)	29°46' N, 110°25' E	1,355–1,456	3–69	25	238	186,556 (7,462/ha)	卢志军等, 2013
黑石顶 Heishiding (HSD)	23°31' N, 111°52' E	435–698	7–74	50	236	269,149 (5383/ha)	个人交流 Personal communication
鼎湖山 Dinghushan (DHS)	23°10' N, 112°31' E	230–470	30–50	20	195	71,462 (3,573/ha)	曹洪麟等, 2013
福山 Fushan (FS)	24°45' N, 121°33' E	650–700	≤10	25	110	114,508 (4,580/ha)	Su <i>et al.</i> , 2007
莲花池 Lianhuachi (LHC)	23°54' N, 120°52' E	667–845	35 (平均 Mean)	25	144	153,268 (6,131/ha)	张励婉等, 2012

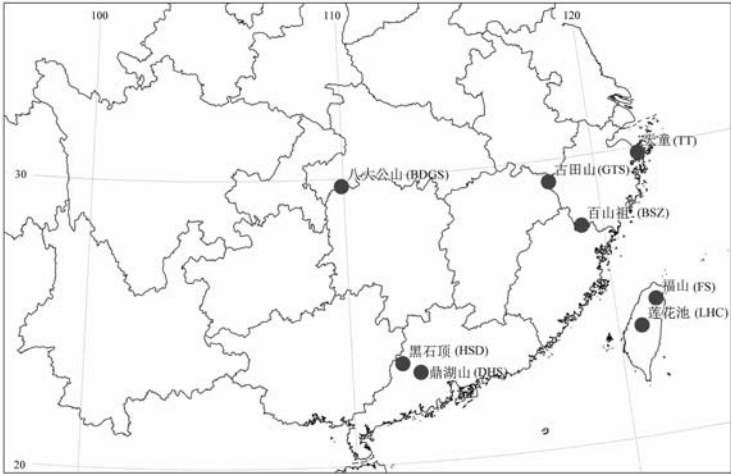


图1 常绿阔叶林8大动态监测样地的地理位置(样地代号同表1)
Fig. 1 Location of eight dynamics plots in the evergreen broadleaf forests. The plot codes are the same as in Table 1.

成和生态特征等方面对8大样地进行比较分析。

1 方法

1.1 植物名称规整和种类组成分析

种类组成是群落的基础，它不仅能反映群落的生境特征和内部生活状况，同时也反映了群落的历史渊源和更为广阔的空间联系。因此，样地的种类组成名录是长期监测的基础，也是样地间综合比较的必要条件。由于8大样地建立时间以及所处地区和研究人員不同，对植物“种”的认知存在差异，因此首先需要统一规整植物名称。笔者根据已发表的 (Su *et al.*, 2007; 陈彬等, 2009; 张励婉等, 2012; 曹洪麟等, 2013; 丁炳扬等, 2013) 和个人交流提供的样地植物名录，依据《中国植物志》(中国科学院中国植物志编辑委员会, 1959–2004) 和《中国生物物种名录》(2013英文版) (The Biodiverisity Committee of

Chinese Academy of Sciences, 2013) 对8大样地植物名称进行了核对和规整，在此基础上再进行种类组成的科、属、种统计分析，利用Jaccard指数进行种类组成的相似性计算，并采用冗余分析(redundancy analysis)进行了8大样地的排序。

1.2 植物生长型和生态习性分析

生长型(growth form)和生活型(life form)是两个近似的概念，“生活型”是指有机体对所在环境，特别是不利环境适应所形成的一种形态表现；“生长型”则是指有机体长期适应环境所形成的总体形态特征。生活型强调当前环境，生长型更重视历史进化原因。在某一地区或某一群落中统计出各类生活型或生长型的百分比，即所谓生物谱(biological spectrum)，能够反映该地区或该群落的环境特点及其对环境的适应。生长型分析之所以重要，是因为它反映了植物在生存进化过程中对环境条件的适应，

它不仅是构成群落外貌和结构的基础, 同时还能提供有关群落功能和动态的信息。在8大样地对比分析中, 采用了简化的Whittaker生长型系统, 共分3级。I级生长型为: 乔木(T)、灌木(S)、半灌木(Ss)、草本(H)、藤本(L)和附生植物(Ep)。其中, 木本植物II级生长型按常绿(E)和落叶(D)来划分, III级则依阔叶(br)、针叶(ne)、簇生叶(cl)和竹叶(ba)来划分; 草本植物II级生长型分为一年生和两年生, III级则依禾草类(gr)、杂类草(fo)和蕨草(fe)来划分; 藤本植物II级生长型分为木质藤本(wL)和草质藤本(hL), 木质藤本再分为常绿和落叶; 附生植物的II级生长型分为附生种子植物和附生蕨类植物(宋永昌等, 2013)。

生态习性(ecological behaviour)是指自然条件下植物在群落中与其他种类竞争的表现, 认识种的生态习性可以帮助人们深入理解群落的组成结构和生态特征。这里我们参照 H. Ellenberg 生态指示值 (Ellenberg *et al.*, 2001), 选取光照、温度、湿度、土壤反应(soil reaction)和土壤肥沃度5项生态因子, 对组成常绿阔叶林的维管束植物进行生态指示值的分级。

2 结果

2.1 8大样地的植物种类

依据《中国植物志》和《中国生物物种名录》(2013英文版), 对8大样地植物名称进行校对的结果见附表1。《中国生物物种名录》(以下简称《名录》)中“种”的概念较宽, 研究者们将以往的一些变种和相近种皆认定是同种异名(synonymus)。大多数情况下, 笔者接受了这种观点, 例如: 将 *Castanopsis cuspidata* var. *carlesii* 并入 *Castanopsis carlesii*, 将 *Saurauia tristyla* var. *oldhamii* 并入 *Saurauia tristyla* 等等。但在下述情况下并未按此观点处理, 是否恰当, 需要商榷。

(1)在一个大样地内同时记录到两个种, 例如: *Engelhardtia fenzelii* 和 *Engelhardtia roxburghiana*; *Elaeocarpus decipiens* 和 *Elaeocarpus sylvestris*; *Symplocos botryantha* 和 *Symplocos sumuntia* 等, 按《名录》它们均为同种异名, 但在同一样地内却被作为两个种处理。为便于整理, 仍以野外调查为准, 待进一步研究后, 如确系同一种再作调整。

(2)两种植物分布在两个相互隔离的地区, 以往皆确定为相应群落的优势种或标志种, 按《名录》应为同种异名, 例如: 鹿角杜鹃(*Rhododendron*

latoucheae)和西施花(*R. ellipticum*), 前者是中国大陆东部山地常绿阔叶林灌木层中常见的优势种, 后者则是分布在台湾山地常绿阔叶林中的优势种, 它们是否为同一种或对应种, 尚需进一步研究, 目前也仍按两个种处理。

(3)木兰科新分类系统中“属”级分类有很大变动, 原先的木兰属(*Magnolia*)分出多个属(*Alcimandra*, *Houpolia*, *Lirianthe*, *Magnolia*, *Oyama*, *Yulania*) (Xia *et al.*, 2008), 这不仅是木兰科的分类问题, 也涉及其他科的分类, 有待深入研究。为保持一致, 在大样地的研究中目前仍采用《中国植物志》的分类系统。稍作调整之处是将五味子科和八角科从木兰科中划分出来。

此外, 在大戟科中将小盘木(*Microdesmis caseariifolia*)独立出来成为小盘木科。

2.2 8大样地植物区系统计

8大样地中胸径(DBH) ≥ 1 cm的乔灌木物种汇总见附表2, 计有804种, 隶属于90科284属(表2)。

从表2中可看出, 8大样地中含10属以上的科有8个, 分别是茜草科(19属)、蔷薇科(16属)、大戟科(13属)、豆科(11属)、金缕梅科(11属)、樟科(10属)、山茶科(10属)和芸香科(10属); 含20种以上的科有12个, 分别是樟科(71种)、蔷薇科(49种)、壳斗科(47种)、山茶科(40种)、冬青科(39种)、茜草科(31种)、杜鹃花科(30种)、大戟科(29种)、山矾科(23种)、豆科(22种)、桑科(22种)和忍冬科(20种)。由此可见, 8大样地的主要科是樟科、山茶科、壳斗科、茜草科、冬青科、大戟科、芸香科、山矾科、蔷薇科、桑科和杜鹃花科。

此外, 一些科主要出现在纬度较高的样地中, 如: 槭树科、桦木科、金缕梅科、海桐花科、八角枫科、铁青树科、椴树科、小檗科、八角枫科、蓝果树科等; 另一些科则主要出现在纬度较低的样地中, 如: 野牡丹科、山龙眼科、橄榄科、藤黄科、远志科、红树科、山榄科、罗汉松科、千屈菜科、番荔枝科、杻椶科等。那些在8大样地皆有分布的科中, 有的从北向南随着纬度降低种类呈减少趋势, 如: 壳斗科、蔷薇科、木犀科、忍冬科、山矾科等; 另一些则呈增加趋势, 如: 茜草科、桑科、芸香科、大戟科、紫金牛科等。

2.3 8大样地种类组成相似性比较

利用Jaccard相似性系数计算的8大样地间植物

表2 常绿阔叶林8大动态监测样地木本植物组成科、属、种的数量(样地代号同表1)

Table 2 Number of family, genus (Ge) and species (Sp) across woody plant species in eight dynamics plots of evergreen broadleaf forests. The plot codes are the same as in Table 1.

	总计		天童山		古田山		百山祖		八大公山		黑石顶		鼎湖山		莲花池		福山	
	Total		TT		GTS		BSZ		BDGS		HSD		DHS		LHC		FS	
	属	种	属	种	属	种	属	种	属	种	属	种	属	种	属	种	属	种
	Ge	Sp	Ge	Sp	Ge	Sp	Ge	Sp	Ge	Sp	Ge	Sp	Ge	Sp	Ge	Sp	Ge	Sp
Lauraceae 樟科	10	71	7	13	6	14	5	8	8	21	7	21	5	19	9	17	6	12
Theaceae 山茶科	10	40	5	9	7	11	7	11	6	10	9	17	5	7	7	9	5	5
Fagaceae 壳斗科	6	47	3	11	4	10	5	9	5	9	3	18	1	2	3	11	3	7
Rubiaceae 茜草科	19	31	6	6	7	7	2	2	1	1	9	10	11	13	6	13	4	8
Aquifoliaceae 冬青科	1	39	1	7	1	10	1	13	1	9	1	9	1	8	1	7	1	9
Araliaceae 五加科	8	14	2	3	2	2	2	2	6	7	4	4	2	2	1	1	2	2
Symplocaceae 山矾科	1	23	1	8	1	5	1	7	1	8	1	10	1	4	1	5	1	7
Rosaceae 蔷薇科	16	49	5	9	7	10	7	16	11	23	6	6	5	5	4	4	3	3
Moraceae 桑科	4	22	2	3	2	2	2	4	2	2	4	8	2	11	1	5	1	3
Ericaceae 杜鹃花科	6	30	2	5	4	10	2	7	4	11	3	4	3	7	2	3	2	2
Rutaceae 芸香科	10	17	1	2	2	2	1	1	4	6	5	6	5	6	4	4	2	2
Magnoliaceae 木兰科	4	16	1	1	3	3	1	2	3	5	3	5	2	3	1	1	1	1
Oleaceae 木犀科	4	8	3	4	2	2	2	3	3	4	1	1	1	1	1	1	1	1
Sabiaceae 清风藤科	1	9	1	2	1	2	1	1	1	4	1	2	1	3	1	2	1	2
Styracaceae 安息香科	6	15	3	3	2	4	3	6	2	2	4	4	1	2	1	2	2	3
Anacardiaceae 漆树科	4	8	3	4	3	3	1	2	2	3	2	2	2	2	2	2	1	1
Caprifoliaceae 忍冬科	4	20	1	1	2	4	1	5	4	12	2	3	1	1	1	1	1	1
Celastraceae 卫矛科	3	14	1	2	1	3	1	1	1	5	2	3	1	3	2	3	1	1
Daphniphyllaceae 交让木科	1	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1
Myrtaceae 桃金娘科	4	12	1	1	1	1	1	1	·	·	4	5	2	9	1	2	1	2
Ebenaceae 柿科	1	6	1	2	1	2	·	·	1	2	1	2	1	2	1	2	1	1
Euphorbiaceae 大戟科	13	29	4	5	5	5	·	·	1	1	8	9	9	16	7	8	4	5
Fabaceae 豆科	11	22	2	2	3	3	·	·	3	5	7	10	5	8	2	2	1	1
Flacourtiaceae 大风子科	4	6	1	1	2	2	·	·	1	1	2	2	2	3	2	2	1	1
Juglandaceae 胡桃科	4	5	3	3	1	1	·	·	2	2	1	2	1	1	1	1	1	1
Staphyleaceae 省沽油科	4	5	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	·	·	1	1	1	1
Ulmaceae 榆科	6	15	5	7	1	1	·	·	3	6	1	1	2	3	2	3	1	1
Pinaceae 松科	1	3	·	·	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	·	·
Cornaceae 山茱萸科	3	12	1	2	1	1	1	2	3	11	1	1	·	·	1	1	·	·
Illiciaceae 八角科	1	5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	·	·	1	1	·	·
Pittosporaceae 海桐花科	1	6	1	1	1	1	1	1	1	6	1	1	1	1	·	·	·	·
Hamamelidaceae 金缕梅科	11	14	3	3	4	4	2	2	3	3	6	6	·	·	2	2	·	·
Verbenaceae 马鞭草科	4	18	3	6	3	6	·	·	·	·	3	5	2	4	2	4	1	3
Elaeocarpaceae 杜英科	2	7	·	·	2	4	1	1	·	·	2	4	1	6	1	2	1	2
Myrsinaceae 紫金牛科	4	13	·	·	1	1	1	1	·	·	4	8	3	3	2	5	3	8
Saxifragaceae 虎耳草科	5	8	·	·	2	2	1	1	3	3	2	2	1	1	·	·	2	2
Boraginaceae 紫草科	2	3	1	1	1	1	·	·	·	·	·	·	2	2	1	1	1	1
Aceraceae 槭树科	1	18	1	3	1	3	1	6	1	13	1	1	·	·	·	·	·	·
Betulaceae 桦木科	2	5	1	1	1	1	2	2	2	5	1	1	·	·	·	·	·	·
Myricaceae 杨梅科	1	1	1	1	1	1	·	·	·	·	1	1	·	·	1	1	1	1
Proteaceae 山龙眼科	1	5	·	·	·	·	·	·	2	4	1	3	1	2	1	3	1	1
Berberidaceae 小檗科	3	3	1	1	1	1	1	1	2	2	·	·	·	·	·	·	·	·
Taxodiaceae 杉科	2	2	1	1	1	1	1	1	·	·	1	1	·	·	·	·	·	·
Alangiaceae 八角枫科	1	2	1	1	1	1	·	·	1	2	1	1	·	·	·	·	·	·
Olcaceae 铁青树科	1	2	1	1	·	·	·	·	1	1	1	1	1	1	·	·	·	·

表2(续) Table 2 (continued)

	总计		天童山		古田山		百山祖		八大公山		黑石顶		鼎湖山		莲花池		福山	
	Total		TT		GTS		BSZ		BDGS		HSD		DHS		LHC		FS	
	属	种	属	种	属	种	属	种	属	种	属	种	属	种	属	种	属	种
	Ge	Sp	Ge	Sp	Ge	Sp	Ge	Sp	Ge	Sp	Ge	Sp	Ge	Sp	Ge	Sp	Ge	Sp
Tiliaceae 椴树科	2	6	1	1	1	1	·	·	1	4	·	·	1	1	·	·	·	·
Urticaceae 荨麻科	1	2	1	1	·	·	·	·	2	2	·	·	1	1	·	·	1	1
Rhamnaceae 鼠李科	2	6	2	2	2	2	1	1	·	·	·	·	1	1	·	·	·	·
Sterculiaceae 梧桐科	3	6	·	·	1	1	·	·	·	·	3	3	4	4	1	1	·	·
Melastomataceae 野牡丹科	4	5	·	·	·	·	·	·	·	·	2	2	3	4	2	2	2	2
Elaeagnaceae 胡颓子科	1	7	1	3	·	·	1	4	1	6	·	·	·	·	·	·	·	·
Palmae 棕榈科	3	3	1	1	·	·	·	·	·	·	·	·	1	1	1	1	·	·
Sapindaceae 无患子科	5	5	1	1	·	·	·	·	·	·	·	·	4	4	1	1	·	·
Nysaceae 蓝果树科	2	2	·	·	1	1	1	1	2	2	·	·	·	·	·	·	·	·
Thymelaeaceae 瑞香科	2	4	·	·	1	1	·	·	·	·	1	1	2	3	·	·	·	·
Actinidiaceae 猕猴桃科	2	2	·	·	·	·	·	·	·	·	2	2	·	·	1	1	1	1
Cephalotaxaceae 三尖杉科	1	1	·	·	·	·	·	·	1	1	·	·	·	·	·	·	·	·
Loganiaceae 马钱科	2	2	1	1	·	·	·	·	·	·	1	1	·	·	·	·	·	·
Simaroubaceae 苦木科	1	1	·	·	1	1	·	·	1	1	·	·	·	·	·	·	·	·
Clethraceae 山柳科	1	2	·	·	·	·	1	1	1	1	·	·	·	·	·	·	·	·
Erythroxylaceae 古柯科	2	2	·	·	·	·	1	1	·	·	1	1	·	·	·	·	·	·
Taxaceae 红豆杉科	2	3	1	1	·	·	1	1	1	1	·	·	·	·	·	·	·	·
Bretschneideraceae 伯乐树科	1	1	·	·	·	·	·	·	1	1	1	1	·	·	·	·	·	·
Burseraceae 橄榄科	1	2	·	·	·	·	·	·	·	·	1	1	1	2	·	·	·	·
Clusiaceae 藤黄科	3	4	·	·	·	·	·	·	·	·	2	2	3	4	·	·	·	·
Polygalaceae 远志科	1	1	·	·	·	·	·	·	·	·	1	1	1	1	·	·	·	·
Rhizophoraceae 红树科	1	2	·	·	·	·	·	·	·	·	1	2	1	1	·	·	·	·
Sapotaceae 山榄科	4	4	·	·	·	·	·	·	·	·	2	2	2	2	·	·	·	·
Capparaceae 白花菜科	1	2	·	·	·	·	·	·	·	·	1	1	·	·	1	1	·	·
Podocarpaceae 罗汉松科	2	2	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	1	1	1	1	·	·
Lythraceae 千屈菜科	1	1	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	1	1	1	1
Ginkgoaceae 银杏科	1	1	1	1	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·
Salicaceae 杨柳科	1	1	1	1	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·
Calycanthaceae 腊梅科	1	1	·	·	1	1	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·
Lardizabalaceae 木通科	1	1	·	·	·	·	·	·	1	1	·	·	·	·	·	·	·	·
Meliaceae 楝科	1	1	·	·	·	·	·	·	1	1	·	·	·	·	·	·	·	·
Scrophulariaceae 玄参科	1	1	·	·	·	·	·	·	1	1	·	·	·	·	·	·	·	·
Stachyraceae 旌节花科	·	·	·	·	·	·	·	·	1	1	·	·	·	·	·	·	·	·
Tetracentraceae 水青树科	1	1	·	·	·	·	·	·	1	1	·	·	·	·	·	·	·	·
Buxaceae 黄杨科	1	1	·	·	·	·	·	·	·	·	1	1	·	·	·	·	·	·
Compositae 菊科	1	1	·	·	·	·	·	·	·	·	1	1	·	·	·	·	·	·
Connaraceae 牛栓藤科	1	1	·	·	·	·	·	·	·	·	1	1	·	·	·	·	·	·
Gnetaceae 买麻藤科	1	1	·	·	·	·	·	·	·	·	1	1	·	·	·	·	·	·
Schisandraceae 五味子科	1	1	·	·	·	·	·	·	·	·	1	1	·	·	·	·	·	·
Apocynaceae 夹竹桃科	2	2	·	·	·	·	·	·	·	·	2	2	·	·	·	·	·	·
Annonaceae 番荔枝科	3	3	·	·	·	·	·	·	·	·	3	3	·	·	·	·	·	·
Pandaceae 小盘木科	1	1	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	1	1	·	·	·	·
Gramineae 禾本科	1	1	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	1	1	·	·	·	·
Bignoniaceae 紫葳科	1	1	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	1	1	·	·
Cyatheaceae 桫欏科	2	3	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	2	3
合计 Total	284	804	95	152	104	159	68	132	116	238	151	236	114	195	89	144	67	110

· 未见 Not appear.

表3 8大动态监测样地植物组成相似性矩阵(样地代号同表1)
Table 3 Matrix of species similarity among eight dynamics plots. The plot codes are the same as in Table 1.

	天童 TT	古田山 GTS	百山祖 BSZ	八大公山 BDGS	黑石顶 HSD	鼎湖山 DHS	福山 FS
古田山 GTS	0.38						
百山祖 BSZ	0.17	0.24					
八大公山 BDGS	0.15	0.14	0.18				
黑石顶 HSD	0.08	0.10	0.05	0.05			
鼎湖山 DHS	0.07	0.08	0.04	0.03	0.27		
福山 FS	0.11	0.11	0.06	0.03	0.10	0.10	
莲花池 LHC	0.09	0.09	0.05	0.03	0.10	0.13	0.42

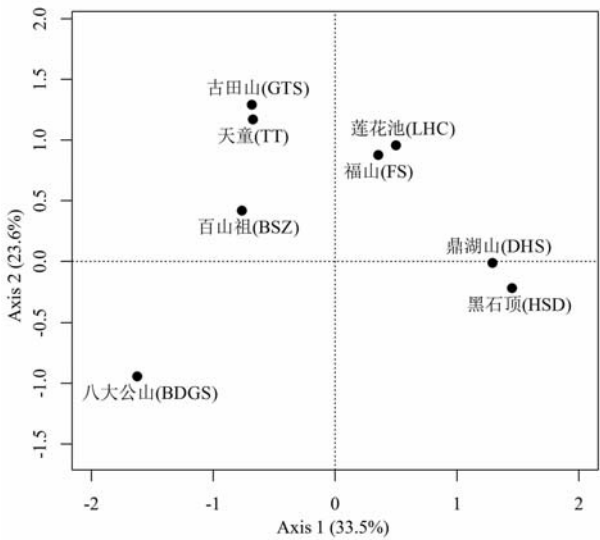


图2 8大动态监测样地植物组成的冗余分析(样地代号同表1)
Fig. 2 Redundancy analysis of plant species composition among eight dynamics plots. The plot codes are the same as in Table 1.

种类相似性结果见表3。采用冗余分析对8大样地排序的结果见图2。

从表3和图2可以看出，8大样地在物种组成上可以分为北部和南部两大组，前者尤以天童与古田山相似程度最高，后者以福山与莲花池相似程度最高。在8个样地中八大公山与其他7个样地的相似性都低，位置最为特殊，这与它分布的海拔较高和具有较多的温带成分有关。

2.4 8大样地植物生长型结构

从图3和附表2中可知，常绿阔叶林生长型组成以常绿乔木和常绿灌木为主，在南部样地常绿成分超过70%，北部样地常绿成分在50%左右；8大样地中均有落叶成分，这也是季风气候下发育的中国常绿阔叶林的特色，其中八大公山由于地处高海拔，

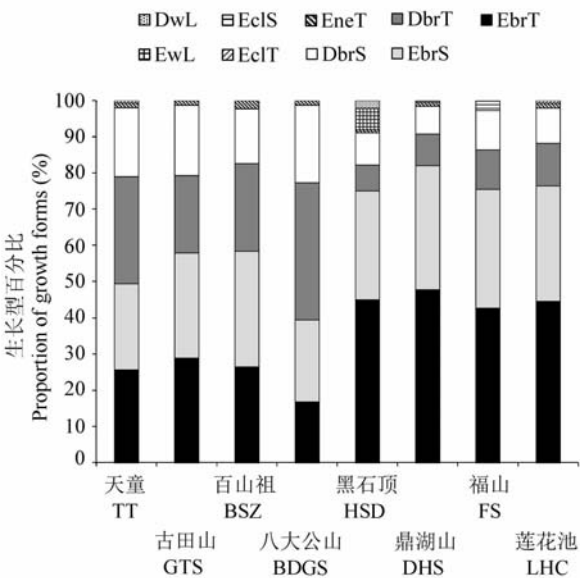


图3 常绿阔叶林8大动态监测样地植物生长型组成。EbrT: 常绿阔叶乔木；EbrS: 常绿阔叶灌木；EneT: 常绿针叶乔木；EclT: 常绿簇叶乔木；EclS: 常绿簇叶灌木；DbrT: 落叶阔叶乔木；DbrS: 落叶阔叶灌木；EwL: 常绿木质藤本；DwL: 落叶木质藤本。

Fig. 3 Composition of plant growth forms among eight dynamics plots in evergreen broadleaf forests. EbrT, Evergreen broad-leaved tree; EbrS, Evergreen broad-leaved shrub; EneT, Evergreen needle-leaved tree; EclT, Evergreen cluster leaf tree; EclS, Evergreen cluster leaf shrub; DbrT, Deciduous broad-leaved tree; DbrS, Deciduous broad-leaved shrub; EwL, Evergreen woody liana; DwL, Deciduous woody liana.

落叶成分比例高于常绿成分，显示出常绿阔叶林向常绿落叶阔叶林过渡的趋势。由于8大样地调查中仅统计胸径≥ 1 cm的木本植物，除黑石顶样地中有藤本植物记录外，其他样地均缺藤本植物数据。

2.5 8大样地植物生态习性比较分析

根据《中国常绿阔叶林》(宋永昌等, 2013)一书中所给出的植物指示值(附表3)，对8大样地组成植

物生态指示值进行了统计和比较, 结果如图4和附表4。总体而言, 8大样地植物光照的生态指示值多在5–7之间, 亦即多为半阴生植物到半阳生植物; 温度生态指示值多在6–8之间, 亦即多为亚暖热植物到亚高温植物; 水分生态指示值多在5–6之间, 预示多为中生植物到亚湿生植物; 土壤反应生态指示值多在4–5之间, 预示多为酸性土植物和弱酸性植物; 土壤肥力生态指示值多在5–6之间, 预示多为中肥土植物。这个结果再次显示, 常绿阔叶林是一种性适温暖湿润, 不耐低温干旱, 适生于酸性到弱酸性土、中度肥力土壤的森林生态系统。

进一步分析表明, 就植物生态适应性而言, 8大样地可分为两大组, 明显体现在温度、水分、光照的适应上。第1组包括天童、古田山、百山祖和八大公山样地, 光照指示值平均为6.15–6.38, 温度指示值平均为6.45–6.79, 水分指示值平均为5.12–5.34; 第2组包括黑石顶、鼎湖山、福山和莲花池样地, 光照指示值平均为5.78–5.97, 温度指示值平均为7.51–7.72, 水分生态指示值多在5.62–5.71之间。这预示着第2组样地具有较高的温度要求, 比较阴湿, 与它们的纬度分布是一致的。

2.6 8大样地的群落分类

《中国植被》(吴征镒, 1980)一书曾对中国植被

制定出一个3等7级的分类系统, 笔者曾将其调整为3等8级(宋永昌, 2011), 但基本原则是一致的。高级单位以外貌为划分依据, 中低级单位则以种类组成为划分标准, 其中中级单位侧重于优势种, 低级单位则强调标志种。

就生态外貌而言, 8大样地中的天童、古田山、黑石顶、鼎湖山、福山和莲花池无疑属于常绿阔叶林, 而八大公山和百山祖样地, 根据其所在纬度和海拔高度及常绿落叶种的比例, 更可能属于山地垂直带上的常绿落叶阔叶混交林, 但由于目前学界对于常绿落叶阔叶混交林这种类型的分类仍有不同意见, 因此, 对于这两个样地类型的归属尚需从常绿落叶种的优势度比例以及类型的定义上进行研究。其他6个常绿阔叶林样地按宋永昌(2011)关于常绿阔叶林的分类原则, 根据生态外貌和区系组成, 天童和古田山样地属于典型常绿阔叶林, 黑石顶、鼎湖山和莲花池样地属于季节常绿阔叶林(或称季风常绿阔叶林), 福山样地中的一部分可能属于适雨常绿阔叶林(亚热带雨林)。对这6个样地进一步划分则需根据优势种和标志种来定, 这涉及到取样对象和取样方法。

在植被调查中, 特别是为了群落分类所做的调查, 无论是用法瑞学派的典型样地记录法(Relevé

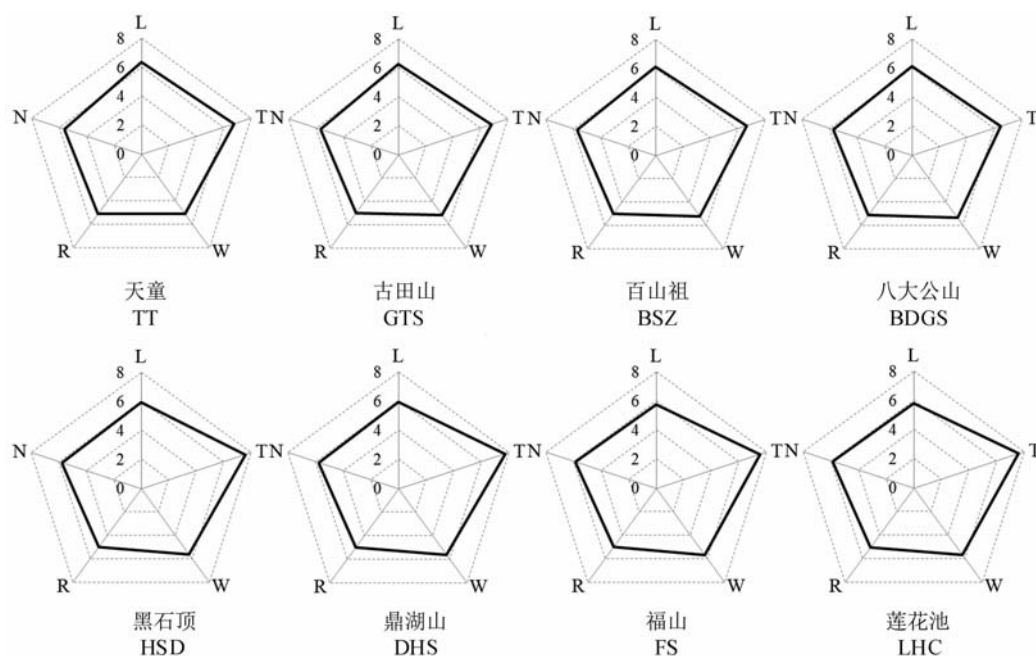


图4 常绿阔叶林8大动态监测样地组成植物生态指示值。L: 光照; T: 温度; W: 水分; R: 土壤反应; N: 土壤肥力。

Fig. 4 Ecological indicator values for plant species among eight dynamics plots in evergreen broadleaf forests. L, light; T, temperature; W, Moisture; R, Soil reaction; N, Soil fertility.

method), 还是用美洲大陆生态学派的标准样方法 (quadrat methods), 都要求样地尽可能设置在植被均匀一致的地段, 生境条件也应尽可能一致, 并有足够的面积。由于上述 8 大常绿阔叶林样地多设置在地形复杂的山区, 生境条件很不均一, 样地中分布的可能是若干个群丛(基本单位), 而不是一个群丛。因此如何在大样地上划分单元并进行群落分类需要进一步的研究。

福山样地的研究者(Su *et al.*, 2007)以 20 m×20 m 样方为单元, 根据 TWINSpan 分类方法, 借助于 PC-ORD 软件, 对 625 个样方中 107 种(3 种蕨类被删除)按其重要值进行分类, 得出与地形部位有关联的 4 种类型: (1) *Myrsine seguinii* 类型, 分布在较干燥山坡上部、丘顶和山脊; (2) *Limlia uraiana* 类型, 广泛分布在平坦地段和山坡, 从溪边到避风山脊; (3) *Helicia formosana*–*Limlia uraiana* 类型, 一般分布在潮湿的山沟、溪边和低凹地; (4) *Helicia formosana*–*Maesa perlarius* 类型, 分布的地形部位与(3)相同, 常呈小斑块嵌布在(3)类中。他们虽未曾给出分类等级名称, 但这些无疑都是低级的分类单位。这样处理的前提是认定 400 m² 是代表群落的最小面积, 对 625 个群落地段(个体)进行类型划分即可达到分类的目的。其结果确实得出了若干与地形有关联的、并出现一些常见种的群落单位, 但是由于将大量的过渡类型与基本类型混在一起, 要在划分出的类型中找出标志种十分困难, 甚至不太可能。这种情况下, 也就很难按“群丛”的定义确定群丛。

此外, 古田山样地的研究者们(赖江山等, 2010)曾用地形因子和物种组成数据为变量, 用多元回归树方法对古田山 24 ha 样地进行群落分类, 得出 3 个群丛: (1) 石斑木(*Raphiolepis indica*) + 柳叶蜡梅(*Chimonanthus salicifolius*)–格药枰(*Eurya muricata*) + 赤楠(*Syzygium buxifolium*)–木荷(*Schima superba*) + 甜槠(*Castanopsis eyrei*) 群丛; (2) 映山红(*Rhododendron simsii*) + 满山红(*Rhododendron mariesii*)–短柄枹(*Quercus serrata* var. *brevipetiolata*) + 灰白蜡瓣花(*Corylopsis glandulifera* var. *hypoglauc*)–马尾松(*Pinus massoniana*) + 甜槠群丛; (3) 短尾越橘(*Vaccinium carlesii*) + 毛花连蕊茶(*Camellia fraterna*)–杨梅叶蚊母树(*Distylium myricoides*) + 浙江新木姜子(*Neolitsea aurata*)–木荷+甜槠群丛。从用以命名 3 个群丛的植物种来看, 其优势种皆为木荷

与甜槠, 其中一个群丛中马尾松数量很多, 表明它是一个过渡类型, 或者是演替阶段群落。上述 3 个群丛的名称中皆有 4 种伴生植物, 它们是不是相应群丛的标志种, 以及能在何种程度上区分这 3 个群丛, 尚需进一步明确。总之, 如何在大样地中进行群落分类仍是一个需要探讨的问题。

3 结语与建议

整理后的常绿阔叶林 8 大样地共记录到的 DBH ≥ 1 cm 的木本植物有 804 种, 隶属于 90 科 284 属。其中以樟科、山茶科、壳斗科、茜草科、冬青科、大戟科、芸香科、山矾科、蔷薇科、桑科、杜鹃花科为主。除壳斗科、蔷薇科外, 多为热带分布的科。温带分布的科属随着纬度和海拔增高有增加趋势, 科属结构总体和以往研究一致(宋永昌等, 2013)。8 大样地组成植物的生长型以常绿阔叶乔木和常绿阔叶灌木(常绿阔叶高位芽植物)为主, 落叶阔叶乔木和落叶阔叶灌木占有一定比例, 且随着纬度和海拔增高而增加, 并逐渐向常绿落叶阔叶混交林过渡。此外, 在一些样区内还有少量常绿裸子植物, 这也是东亚常绿阔叶林的特色。组成物种的生态习性显示, 常绿阔叶林是一种性适温暖湿润, 不耐低温干旱, 适生于酸性到弱酸性、中度肥力土壤的森林生态系统。就区系成分和生态特征两类特性而言, 8 大样地明显分为北部和南部两类, 前者代表典型常绿阔叶林(或称山地常绿落叶阔叶混交林); 后者代表季节常绿阔叶林, 以及适雨常绿阔叶林。8 大样地的建成不仅保证了常绿阔叶林动态的长期观测, 同时也为森林生态系统结构、功能等比较研究提供了理想的平台。为了更好地发挥大样地的优势, 更大程度地挖掘研究潜力, 提出以下几点建议:

(1) 发表的样地资料中应包含草本层及更新苗木的调查结果。据个人交流得知, 虽然一些样地进行了草本层和 DBH < 1 cm 的幼树幼苗的调查, 但都未见公布。目前发表的大样地植物群落本底调查结果仅限于 DBH ≥ 1 cm 的木本种类, 这虽可以满足林木层更新和木材商业价值的评估, 但对整个群落动态的研究来说, 草本层植物及更新苗木的信息则是非常重要的。另外, 在多数的样地调查中也未见藤本植物的记录, 这不仅会影响整个群落动态的研究, 更难发挥大样地在生物多样性研究中的作用。诚然, 在大样地内对草本植物进行调查会有许多困

难, 难以做到全样地逐株记录, 因此调查什么内容, 调查到何种深度, 以及如何调查是一个需要统一考虑的问题。

(2) 加强大样地植物分类学研究。“分类”是任何科学研究的基础, 也是该门学科研究成果和水平的集中体现。生物多样性以及生态学研究更离不开生物分类, 大样地长期监测研究中植物分类是基础。由于大样地参加调查人员众多, 对种的识别难免存在差异, 加之植物分类学科的发展以及我国植物分类学面临的艰难现状(马金双, 2014), 大样地研究中种类鉴定的不一致问题相当突出, 这将影响相互交流, 也影响研究的进一步深入。因此, 加强大样地植物分类学研究是一个值得重视的问题。目前由马克平教授主编的“中国森林生物多样性监测网络”丛书, 对该研究起到了推动作用, 但关键还需提高大样地参研人员的分类学水平, 积极争取分类学家的帮助, 建议各大样地建立标本库, 进行样地间的标本交流, 为长期深入研究和新生力量的培养提供更好条件。

(3) 加强大样地内种的生态习性的研究。群落生态学、生态系统生态学的研究都要以种的生态学研究为基础, 对大样地内种的生态习性认知, 有助于深入理解群落、生态系统的组成结构和生态特征。本文利用种对光、温、水、土壤反应和土壤肥力 5 种因子的生态适应划分的类型, 以及在此基础上所进行的大样地组成种的生态习性综合, 对于认识群落生态性质, 以及群落类型划分是有帮助的。但是我们这里的植物生态指示值, 多是根据经验给出的相对数值(宋永昌等, 2013), 难免片面和不确切, 甚至可能有错误, 为了提高它的准确性和精确度, 需要加强这方面研究, 实现从经验走向实验, 从定性走向定量。

(4) 增补我国西部地区常绿阔叶林动态监测样地。8 大样地虽然基本涵盖了我国常绿阔叶林的主要类型, 但是缺少西部(云南地区)常绿阔叶林的代表, 需要适当予以增补。

此外, 如何充分利用现有的有利条件, 开展生物多样性形成和维持机制、种间相互关系, 以及生态系统服务功能等研究, 有必要集思广益, 制定一个既有共同目标又能发挥各自特长, 既有当前攻关重点, 又有中长期发展的研究规划, 为我国森林生态系统研究和生物多样保护作出贡献。

致谢: 米湘成副研究员、丁炳扬教授、王希华教授、江明喜教授、何芳良教授、练琚愉副研究员, 以及孙义方教授, 分别提供了古田山、百山祖、天童、八大公山、黑石顶、鼎湖山, 以及福山和莲花池各动态监测样地的植物名录, 在此一并致谢。

参考文献

- Cao HL (曹洪麟), Wu LF (吴林芳), Wang ZG (王志高), Huang ZL (黄忠良), Li L (李林), Wei SG (魏识广), Lian JY (练琚愉), Ye WH (叶万辉) (2013) *Dinghushan Lower Subtropical Forest Dynamics Plot: Tree Species and Their Distribution Patterns* (鼎湖山亚热带森林: 树种及其分布格局). China Forestry Publishing House, Beijing. (in Chinese)
- Chang LW (张励婉), Huang ZL (黄正良), Chen YT (陈意婷), Ye QY (叶秋好), Lin HQ (林奂庆), Guo ZQ (郭智荃), Lin JJ (林佳佳), Sun YF (孙义方), Yang GZ (杨国祯), Chen ZX (陈尊贤), Wang XH (王相华) (2012) *Lianhuachi Subtropical Forest Dynamics Plot: Tree Species and Their Distribution Patterns* (莲花池亚热带常绿阔叶林动态样区: 树种特征及其分布模式). Taiwan Forestry Research Institute, Taipei. (in Chinese)
- Chen B (陈彬), Mi XC (米湘成), Fang T (方腾), Chen L (陈磊), Ren HB (任海保), Ma KP (马克平) (2009) *Gutianshan Forest Dynamics Plot: Tree Species and Their Distribution Patterns* (浙江古田山森林: 树种及其分布格局). China Forestry Publishing House, Beijing. (in Chinese)
- Delecti Florae Reipublicae Popularis Sinicae Agendae Academiae Sinicae Edita (中国科学院中国植物志编辑委员会) (1959–2004) *Flora Reipublicae Popularis Sinicae* (中国植物志). Science Press, Beijing. (in Chinese)
- Ding BY (丁炳扬), Chen DL (陈德良), Luo ZR (骆争荣), Chen XR (陈小荣), Hu RY (胡仁勇), Ye ZL (叶珍林), Wang W (王伟), Wu YG (吴友贵), Mi XC (米湘成), Xia JT (夏家天), Zhou RF (周荣飞), Yu JH (余久华) (2013) *Zhejiang Baishanzu Forest Dynamics Plot: Tree Species and Their Distribution Patterns* (浙江百山祖森林: 树种及其分布格局). China Forestry Publishing House, Beijing. (in Chinese)
- Ellenberg H, Weber HE, Duell R, Wirth V, Werner W (2001) *Zeigerwerte der Gefasspflanzen Mitteleuropas* (3 Aufl), *Scripta Geobotanica*, **18**, 1–262.
- Lai JS (赖江山), Mi XC (米湘成), Ren HB (任海保), Ma KP (马克平) (2010) Numerical classification of association in subtropical evergreen broad-leaved forest based on multivariate regression trees: a case study of 24 hm² Gutianshan forest plot in China. *Chinese Journal of Plant Ecology* (植物生态学报), **34**, 761–769. (in Chinese with English abstract)
- Lu ZJ (卢志军), Bao DC (鲍大川), Guo YL (郭屹立), Lu JM (路俊盟), Wang QG (王庆刚), He D (何东), Zhang KH (张

- 奎汉), Xu YZ (徐耀粘), Liu HB (刘海波), Meng HJ (孟红杰), Huang HD (黄汉东), Wei XZ (魏新增), Liao JX (廖建雄), Qiao XJ (乔秀娟), Jiang MX (江明喜), Gu ZR (谷志容), Liao CL (廖春林) (2013) Community composition and structure of Badagongshan (BDGS) forest dynamic plot in a mid-subtropical mountain evergreen and deciduous broad-leaved forest, central China. *Plant Science Journal* (植物科学学报), **31**, 336–344. (in Chinese with English abstract)
- Ma JS (马金双) (2014) Current status and challenges of Chinese plant taxonomy. *Chinese Science Bulletin* (科学通报), **59**, 510–521. (in Chinese with English abstract)
- Ma KP (马克平) (2008) Large scale permanent plots: important platform for long term research on biodiversity in forest ecosystem. *Journal of Plant Ecology (Chinese Version)* (植物生态学报), **32**, 237. (in Chinese)
- Ma KP (马克平) (2011) Assessing progress of biodiversity conservation with monitoring approach. *Biodiversity Science* (生物多样性), **19**, 125–126. (in Chinese with English abstract)
- Song YC (宋永昌) (2004) Tentative classification scheme of evergreen broad-leaved forest of China. *Acta Phytocologica Sinica* (植物生态学报), **28**, 435–448. (in Chinese with English abstract)
- Song YC (宋永昌) (2011) Recognition and proposal on the vegetation classification system of China. *Chinese Journal of Plant Ecology* (植物生态学报), **35**, 882–892. (in Chinese with English abstract)
- Song YC (宋永昌), Wang XH (王希华), Yan ER (阎恩荣) (2013) *Evergreen Broad-leaved Forest in China: Classification, Ecology, Conservation* (中国常绿阔叶林: 分类、生态、保育). Science Press, Beijing. (in Chinese)
- Su SH, Chang-Yang CH, Lu CL, Tsui CC, Lin TT, Lin CL, Chiou WL, Kuan LH, Chen ZS, Hsieh CF (2007) *Fushan Subtropical Forest Dynamics Plot: Tree Species Characteristics and Distribution Patterns*. Taiwan Forestry Research Institute, Taipei.
- The Biodiversity Committee of the Chinese Academy of Sciences (2013) *Catalogue of Life China 2013 Annual Checklist*, CD-Rom. Science Press, Beijing.
- Xia NH, Liu YH, Nooteboom HP (2008) Magnoliaceae. In: *Flora of China*, Vol. 7. (eds Wu ZY, Raven PH), pp. 48–91. Science Press and Missouri Botanical Garden Press, Beijing and St. Louis.
- Wu ZY (吴征镒) (1980) *Vegetation of China* (中国植被). Science Press, Beijing. (in Chinese)
- Yang QS (杨庆松), Ma ZP (马遵平), Xie YB (谢玉彬), Zhang ZG (张志国), Wang ZH (王樟华), Liu HM (刘何铭), Li P (李萍), Zhang N (张娜), Wang DL (王达力), Yang HB (杨海波), Fang XF (方晓峰), Yan ER (阎恩荣), Wang XH (王希华) (2011) Community structure and species composition of an evergreen broadleaved forest in Tiantong's 20 ha dynamic plot, Zhejiang Province, eastern China. *Biodiversity Science* (生物多样性), **19**, 215–223. (in Chinese with English abstract)

(责任编辑: 米湘成 责任编辑: 周玉荣)

附录 Supplementary Material

附表1 常绿阔叶林8大动态监测样地种类组成和生态指示值

Table S1 Species composition and their ecological indicator values across eight dynamics plots in evergreen broadleaf forests
<http://www.biodiversity-science.net/fileup/PDF/w2014-140-1.pdf>

附表2 常绿阔叶林8大动态监测样地生长型结构的比较

Table S2 Comparison of growth form spectrum across eight dynamics plots in evergreen broadleaf forests
<http://www.biodiversity-science.net/fileup/PDF/w2014-140-2.pdf>

附表3 常绿阔叶林植物的生态指示值等级划分(引自宋永昌等, 2013)

Table S3 Classification levels of ecological indicator values for plants in evergreen broadleaf forests (From Song *et al.*, 2013)
<http://www.biodiversity-science.net/fileup/PDF/w2014-140-3.pdf>

附表4 常绿阔叶林8大动态样地组成植物的生态指示值比较

Table S4 Comparison of ecological indicator values for plants across eight dynamics plots in evergreen broadleaf forests
<http://www.biodiversity-science.net/fileup/PDF/w2014-140-4.pdf>