

# 中国油杉属植物的生态地理分布与系统演化

王崇云<sup>1\*</sup>, 马绍宾<sup>2</sup>, 吕 军<sup>2</sup>, 党承林<sup>1</sup>

(1. 云南大学 生态学及地植物学研究所, 昆明 650091; 2. 云南大学 生命科学学院, 昆明 650091)

**摘要:** 油杉属是东亚特有属, 全世界油杉属共有 12 种 2 变种, 中国有 10 种 2 变种, 中国是油杉属的特有中心和分布中心。在地史时期, 油杉属植物曾广泛分布于北半球的欧洲、北美和东亚。油杉属的现代分布有残余的特征, 种类大多产于中国西南部和中部, 种类数量由西向东逐渐递减。根据生态习性与分布区气候特征, 中国主要油杉属植物的生态地理分布可分为: 内陆型(东部温凉型、东部温暖型、西南季风型)、沿海型和岛屿型。湘黔桂地区是油杉属的现代分布中心和分化、发展中心。从染色体资料来看, 其演化趋势为: 江南油杉→矩鳞油杉→黄枝油杉→台湾油杉。结合地理分布, 油杉属植物可能起源于中国西南, 而后向东发展。从分布区南北向看, 核型不对称性为: 台湾油杉>青岩油杉>铁坚油杉, 南部类型比北部类型要进化。

**关键词:** 油杉属; 生态地理分布; 系统演化

中图分类号: Q948 文献标识码: A 文章编号: 1000-3142(2012)05-0612-05

## Ecological and geographical distribution of *Keteleeria* and its systematic evolution in China

WANG Chong-Yun<sup>1\*</sup>, MA Shao-Bin<sup>2</sup>, LÜ Jun<sup>2</sup>, DANG Cheng-Lin<sup>1</sup>

(1. Institute of Ecology and Geobotany, Yunnan University, Kunming 650091, China;

2. School of Life Sciences, Yunnan University, Kunming 650091, China)

**Abstract:** *Keteleeria* is endemic in Eastern Asia, including 12 species and 2 variants in the world. There are 10 species and 2 variants in China, which is the endemic and diverse center. In China, most of the *Keteleeria* species concentrate in adjacent area among Hunan, Guizhou and Guangxi, indicating as the center for distribution and differentiation. According to their ecological adaptation and geographical distribution, the *Keteleeria* species in China could be divided into inland type (Cool-temperate Type, Warm-temperate Type and Southwest Monsoon Type), Sea-closed Type and Islands Type. *Karyotype* literatures showed that eastern species developed from western ones, as well as northern species from southern ones. Southwest China was the possible origin center of *Keteleeria*. Then it developed towards east and north.

**Key words:** *Keteleeria*; ecological and geographical distribution; systematic evolution

油杉属(*Keteleeria*)植物为第三纪残遗植物, 化石与孢粉证据表明曾广布于北半球的欧洲、北美和东亚(左家哺, 1989), 地史上属温暖、湿润的亚热带—暖温带地区的区系成份。第 4 纪冰期以后, 其分布区域强烈收缩, 系典型的华夏(或东亚)植物区系成份(张宏达, 1980), 东南亚(越南、老挝)亦有少量分布(Schmid, 1974)。该属与冷杉属(*Abies*)最

为近缘, 同属于松科(Pinaceae)中较为进化的两个属(李林初, 1992)。

油杉属植物多为中国特有的材用树种和观赏植物树种, 铁坚油杉(*K. davidiana*)、云南油杉(*K. evlyniana*)等种类自 19 世纪即引种欧美。此外, 油杉属植物中多数种类被世界保护联盟(IUCN)、国际松杉类植物专家组(CSG)和中国植物红皮书

\* 收稿日期: 2012-04-13 修回日期: 2012-07-16

基金项目: 云南省自然科学基金(98C002R)[Supported by Natural Science Foundation of Yunnan Province(98C002R)]

作者简介: 王崇云(1971-), 男(纳西族), 云南丽江人, 博士, 主要从事进化生态学、植被与 3S 应用等研究。(E-mail)cywang@ynu.edu.cn.

\* 通讯作者(Author for correspondence)

(CPRDB)列为稀有、渐危或濒危种,其中不少种类为系统发育中特化的狭域特有种(变种),如青岩油杉(*K. davidiana* var. *chienpeii*)、柔毛油杉(*K. pubescens*)、旱地油杉(*K. xerophila*)等(傅立国, 1992),随生境的破坏濒危状况日趋严峻。为了第三纪子遗属植物资源的保护利用和濒危种保育,有必要充分认识其生态地理分布规律和系统演化特征,以期为这一分类群的深入研究提供参考和借鉴。

## 1 材料与方法

### 1.1 油杉属植物

油杉属由 Carriere 1866 年从 *Abies* 中分出新立为属,并命名模式种——油杉(*K. fortunei*(Murr.) Carr. (*Picea fortunei* Murr.)), F. Flous 1936 年关于油杉属的专论中记载了 9 个种,其中 2 个种(*K. doiana* 和 *K. knolletii*)发现于越南北部,台湾有 1 个种,即台湾油杉(*K. formosana* Hayata),由 Hayata 1908 年命名。其余 6 种分布在中国大陆,分别为:油杉、铁坚油杉(*K. davidiana*(Bertr.) Beissn)、江南油杉(*K. cyclolepis* Flous)、云南油杉(*K. evelyniana* Mast.)、*K. chienpeii* Flous 和 *K. esquirolii* Levl.。

中国植物志(1978),确定为 11 种,越南仍为 2 种,中国有 9 个种 1 变种,其中 1949 年以后新增 4 种,海南油杉(*K. hainanensis* Chun et Tsiang)(陈焕镛, 1964)、矩鳞油杉(*K. oblonga* Cheng et L. K. Fu)、柔毛油杉(*K. pubescens* Cheng et L. K. Fu)、黄枝油杉(*K. calcarea* Cheng et L. K. Fu)(郑万均等, 1975)。F. Flous(1936)所列的 6 个种中,青岩油杉(*K. chienpeii* Flous 同 *K. davidiana* var. *chei-peii*[Flous] Cheng et. L. K. Fu)属错误鉴定,《中国植物志》(1978)将其订正为柔毛油杉和青岩油杉。其中 *K. esquirolii* Levl. 在《中国植物志》中被归并到铁坚油杉和云南油杉(郑万均, 1978)。薛纪如等(1981)发表油杉一新种——旱地油杉(*K. xerophila* Hsueh et S. H. Huo),薛纪如(1983)又报道了云南油杉的一新变种——蓑衣油杉(*K. evelyniana* Mast. var. *pendula* Hsueh)。至此,全世界油杉属共有 12 种,2 变种,中国有 10 种 2 变种。中国是油杉属的特有中心和分布中心。

### 1.2 研究方法

油杉属植物的区系资料和群落学资料散见于各地方植物志、树木志和部分省份的植被资料中。本文基于现有文献资料和多年的野外考察,通过文献

综述法,采用 Arcview 3.3 绘制种(变种)分布区分布图,系统整理和分析油杉属的生态地理分布特征;根据现有的形态学、细胞学、和分子系统学资料探讨其系统演化。

## 2 研究结果

### 2.1 中国油杉属植物的生态地理分布

油杉属是东亚特有属,除 2 种分布在越南北部以外,主要分布在我国秦岭、长江下游以南,雅砻江以东的山地、高原和丘陵地带,海拔为 380~2 600 m,气候温暖湿润。化石资料表明,第四纪冰期以前,黄河以北仍有大量分布,现在最北分布至陕西南部(图 1)。

油杉属与松属是松科植物中,分布纬度最低的两个属,可达 15° N。据《越南植被》记载,铁坚油杉作为一种半喜阳树种,可分布到越南的大叻(Da Lat)高原及邻近的老挝[镇宁(Tran-ninh)地区:水草(Jones)平原、纳贝(Nape);桑怒(Sam Neua)],在海拔 1 000 m 左右、土层相对较浅的河谷走廊群系边缘经常出现,伴生的种有短尾鹅耳枥(*Carpinus poilanei*)、卡西亚松(*Pinus khasya*)、以及山毛榉科(Fagaceae)、樟科(Lauraceae)、木兰科(Magnoliaceae)和榕属(*Ficus*)等的一些种,生长在河谷走廊内的铁坚油杉树木长到 40 m 高,树干直径达 1.50 m (Schmid, 1974)。表明铁坚油杉存在着间断分布,而且相隔数千公里,这在裸子植物中不太可能发生,即便发生了,那么基因交流的地理阻隔,随机遗传漂变等因素也足以形成新的类群,对越南等地分布的油杉是否为铁坚油杉值得探讨。

油杉属的现代分布有残余的特征,种类大多产于我国西南部和中部,种类数量由西向东逐渐递减。中国油杉属植物中有 4 个种分布区相对较广,即云南油杉、铁坚油杉、江南油杉和油杉,其余种类分布的省份都不超过 2 个(表 1)。

云南油杉是西南季风控制的内陆型种,可扩展到川西南,东止于广西西部和贵州西部一带;向东则出现铁坚油杉和江南油杉(四川植被协作组, 1980)。铁坚油杉是华中广布种,分布偏北,是现代油杉属植物分布最北的种,属温凉型;江南油杉分布偏南,湖南、江西南部、福建北部山区和西部的武夷山、黔东南、云南东南部与广西交汇的低山地带、广西和广东有分布,属温暖型;向东,在我国东南沿海山地则出

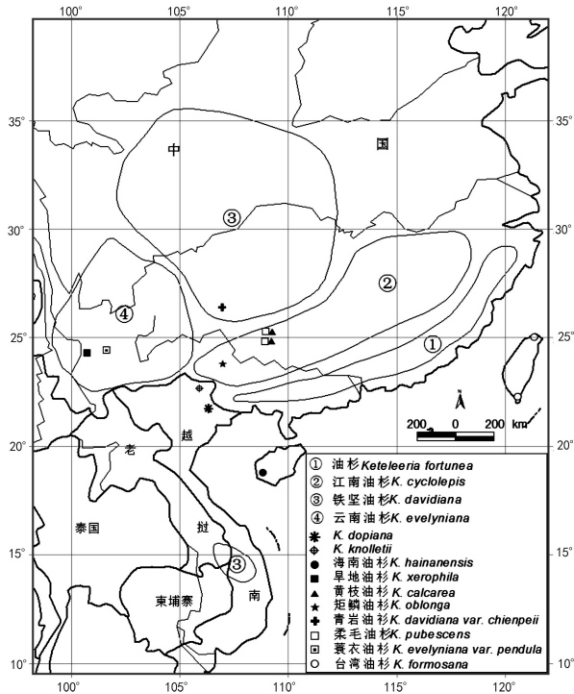


图 1 油杉属种和变种的分布示意图

Fig. 1 Distribution of the *Keteleeria* species and variants in the world

现油杉,多生于 500 m 以下的低山丘陵阔叶林内,有时可达 800 m。主要分布于福建东南部和南部、广东东部、广西南部的沿海山地,属沿海型。台湾油杉和海南油杉是岛屿型种,可视为海洋隔离形成的岛屿类型。台湾油杉分布于台湾北端(300~600 m)和南部(500~900 m),常与阔叶树种混交于开阔地段,现分布稀少。海南油杉数量稀少,分布区极为狭窄,是我国油杉属植物中分布最南的种,仅见于海南省西部昌江县雅加大岭周围的山顶或山坡上部,海拔 1 150~1 350 m,处在坝王岭的背风面,虽也存在干湿季,但地处雾线以上,相对湿度较大。

云南是油杉属植物分布较多的地区之一,共有 4 种 1 变种,分别为云南油杉、铁坚油杉、江南油杉、旱地油杉和蕤衣油杉,这一区域被视为油杉属起源的可能地区(陈维新等,1989)。云南油杉在云南分布较广,是受西南季风气候控制的特有油杉属植物,也是本属分布最西的种,可视为由华中植物演变而来的云南特有种,是铁坚油杉在云南的地理替代种(吴征镒等,1987)。在属于西南季风气候区的高原山地均可见,其分布区与云南松(*Pinus yunnanensis*)几乎重叠,但集中分布于以滇中为核心的云南东部高原地区,海拔 1 100~2 300 m。云南油杉向

北延伸到四川西南部雅砻江下游、安宁河流域和西部大渡河下游流域(700~2 600 m)。在四川,云南油杉与铁坚油杉虽生态习性相近,但分布界限却很明确,前者适应干湿分明的暖热气候,分布于西南部,常与云南松伴生;后者适应常年湿润的亚热带气候,分布于东部盆地及其边缘山区,常与马尾松(*P. massoniana*)相伴生,二者显示南北地理替代。云南油杉向东分布到贵州的毕节(黔西、纳雍、赫章、大方等县)、兴义和黔南地区,以及广西的东部,同样这些地区的气候仍干湿季分明。

中国油杉属植物的地理分布式样见图 2。

### 2.2 油杉属的系统演化

江南油杉和油杉分布交错的湖南、贵州和广西地区(湘黔桂区),山地、丘陵、河谷相互交错,利于南方湿暖气流向内深入,是油杉属植物种系发育的良好地区。湘黔桂地区共有油杉属植物 8 种 1 变种,占全属种数的 57.1%,占我国种数的 66.7%,无疑是油杉属的现代分布中心;同时特有珍稀的种和变种也最多,有矩鳞油杉、黄枝油杉、柔毛油杉和青岩油杉 4 种,说明也是油杉属的分化、发展中心(左家哺,1989)。

台湾油杉的核型较铁坚油杉的变种青岩油杉的核型要更进化(巫华美等,1997)。现已知报道了 7 种油杉植物的细胞学资料,Darlington 等(1955)确定该属的染色体基数  $x=12$ ,有关核型的研究,记载了 3 种核型公式:“7m+5sm”(台湾油杉)、“9m+3sm”(江南油杉,铁坚油杉,矩鳞油杉,青岩油杉)和“8m+4sm”(黄枝油杉)(郭幸荣等,1972;李林初等,1984;Hizume,1988;陈维新等,1989;巫华美等,1997)。据核型不对称比较分析,东西方向上,台湾油杉>黄枝油杉>矩鳞油杉>江南油杉。据 Stebbins(1950)植物核型进化的一般规律,即对称核型向不对称核型发展。这 4 个种以江南油杉较原始,而台湾油杉较进化,其演化趋势为:江南油杉→矩鳞油杉→黄枝油杉→台湾油杉。结合地理分布,油杉属植物很可能起源于我国西南,而后向东发展(陈维新等,1989)。从南北方向看,核型不对称性为,台湾油杉>青岩油杉>铁坚油杉,南部类型比北部类型要进化(巫华美等,1997)。台湾油杉较之中国大陆的种类要进化的趋势,是与台湾与大陆的长久分离密切相关的,假设中国西南部为油杉属的起源中心,台湾则为这种波浪式分布的尾声(李林初等,1984)。这样看来,台湾油杉(*K. davidiana* var. *formosana*)

表 1 中国油杉属植物地理分布概况.  
Table 1 Geographical distribution of the *Keteleeria* species in China

种或变种 Species or variants	省份 Province													
	云南	四川	贵州	广西	台湾	海南	广东	福建	浙江	江西	湖南	湖北	陕西	甘肃
云南油杉 <i>Keteleeria evelyniana</i>	✓	✓	✓	✓										
蕤衣油杉 <i>K. evelyniana</i> var. <i>pendula</i>	✓													
旱地油杉 <i>K. xerophila</i>	✓													
矩鳞油杉 <i>K. oblonga</i>				✓										
黄枝油杉 <i>K. calcarea</i>			✓	✓										
柔毛油杉 <i>K. pubescens</i>			✓	✓										
铁坚油杉 <i>K. davidiana</i>	✓	✓	✓								✓	✓	✓	✓
青岩油杉 <i>K. davidiana</i> var. <i>chienpeii</i>			✓											
油杉 <i>K. fortunea</i>				✓			✓	✓	✓					
江南油杉 <i>K. cyclolepis</i>	✓		✓	✓			✓			✓	✓			
海南油杉 <i>K. hainanensis</i>						✓								
台湾油杉 <i>K. formosana</i>					✓									

改自左家哺(1989),参考《贵州植物志》、《广西植物》、《江西植物志》、《浙江植物》、《海南植物志》、《福建植物志》等。

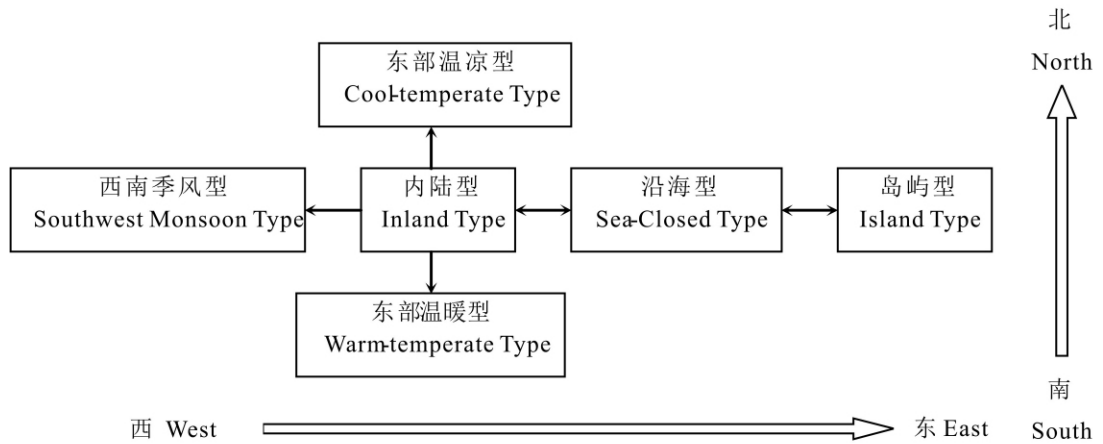


图 2 中国油杉属植物的生态地理分布式样

Fig. 2 Ecological and geographical distribution pattern of the *Keteleeria* species in China

作为一个种而不是铁坚油杉的一个变种来处理是合适的(台湾植物志编辑委员会,1975,1994)。海南油杉在其针叶形态上,与其它油杉种有着较大的差别,也正说明了同一进化趋势。

2.3 西南季风气候区油杉属植物的分化

中国东部分布的油杉植物的分化已多有讨论(陈维新等,1989;巫华美等,1997),此处重点分析中国西部分布的油杉植物分化。从形态上来看,分布于我国西部和西南部地区的种类,其球果较大,中部种鳞呈卵状菱形,种翅最宽处在中部以下;而分布在东部和东南部地区的种类,球果的种鳞近圆形,种翅最宽处在中部以上(左家哺,1989)。西南季风气候

控制的云南高原上,有 2 种分布较狭窄的、数量稀少的特有油杉植物,从形态或分布上看来都与云南油杉近缘,即旱地油杉和云南油杉的一个变种——蕤衣油杉,前者为适应干热河谷气候特化形成的种,后者可能由遗传畸变导致发生。

旱地油杉仅产于云南新平县的水塘、者龙、和老厂三个乡,分布在哀牢山以东的元江河谷局部地段,海拔在 800~1 100 m 的干热河谷地带,喜温暖干热气候,常伴生余甘子(*Phyllanthus emblica*)、算盘子(*Glochidion puberum*)、木棉(*Bombax malabaricum*)等种类。旱地油杉接近云南油杉,区别在于球果较小,种翅与种子近等长或稍短,开花结实期与云

南油杉有一定差异,估计存在一定的生殖隔离。旱地油杉属濒危植物(傅立国,1992),仅在水塘有成片分布,其余两处仅有少量散生植株,均未得到充分的保护,作为干热河谷植树造林的优良树种之一,其重要性未引起足够重视。

蓑衣油杉与原变种的区别在于本变种主干弯扭、封顶、树形奇特秀丽,最大的一株,胸径为 47.7 cm,高 7 m,而胸径在 30 cm 以上的云南油杉通常树高可达 10 m。蓑衣油杉树皮坚糙似松树,木栓层不发达;枝条全部悬垂,球果初时向上,成熟后反常反转下垂。据称 20 世纪 80 年代曾结过实,后多年未见结实。蓑衣油杉被当地百姓奉为“龙树”,极受保护。6 株生长在耕地边,相距 5~15 m,50 m 外就有成片的云南油杉林。此处相去 1 km 处分布 1 株,也生长在耕地旁,周围同样是成片的云南油杉林。另外,据当地百姓称,在周围的油杉林内也有散生的蓑衣油杉,但数量极少,极难见到。一当地农户家里盆栽 1 株从山上挖回的蓑衣油杉幼树,高约 50 cm,但“龙树蓑衣”的形态已完全显露出来了。

此外,在云南东北部记载分布有铁坚油杉(威信落蒋,1 170 m)(西南林学院等,1988),东部有江南油杉(富宁,700 m)分布。经实地考察,铁坚油杉仅在威信落蒋一山坡发现,现仅存数株,胸径在 20 cm 左右。据当地百姓和林业部门称,过去曾有数百株 30~40 m 的大树,是当地两大姓氏罗姓和邵姓的风水林。1949 年后因县里修建纪念堂、电影院陆续采伐,1993 年以来陆续枯死。在威信县境内,仅在这一山坡发现有铁坚油杉,过去曾试图将此林内的幼苗移栽他处,但都长势不好,不能成材。尽管松柏类植物的种子多有翅,不太可能形成如此的长距离间断分布。因此推测,铁坚油杉在云南威信不是自然分布,如当地百姓称是其祖上从外地引种回来的。威信县已是西南季风控制的边缘地带,受其影响较小,再有,该山坡为砂质土,疏松肥沃,加之一定程度的抚育管理,于是便长成了一片大树。现这片铁坚油杉林一方面因过度成熟自然衰退,另一方面因当地的一些不合理的开发项目,正逐步消亡。也有学者根据其种鳞与铁坚油杉的区别提出一新种——威信油杉(*Keteleeria weixinensis*)(邓莉兰等,2002),有待进一步研究证实。

江南油杉分布在云南省与广西交接的富宁县,在靠广西百色地区的一侧海拔较低的河谷山坡与阔叶树栎类(*Quercus*)、石栎(*Litorcarpus*)等混交,海

拔 700 m 左右,林内出现余甘子(*Phyllanthus emblica*)和算盘子(*Glochidion* sp.)等种,亦是破坏严重,次生性很强。调查中发现,在富宁皈朝孟村村边,现存一株江南油杉大树,高 25 m 左右,胸径 93 cm,系当地的一株风水树,每年农历 2 月初 2 都要祭祀,因此得以保存。该树周围有大小的更新植株,地上散落往年的球果。在富宁县的西部(木央、上寨等)有云南油杉分布,海拔在 1 000 m 以上。铁坚油杉、江南油杉与云南油杉的生态习性相差较远,分布区上没有发生重叠。

### 3 结论与讨论

中国是油杉属植物的特有和分布中心,共有 10 种 2 变种。这一第三纪的子遗属植物的现代分布种类集中在我国西南部和中部,种类数量由西向东逐渐递减。根据各种生态习性与分布区气候特征,其生态地理分布型可划分为:内陆型(包括东部温凉型、东部温暖型、西南季风型)、沿海型和岛屿型。湘黔桂地区是油杉属的现代分布和分化、发展中心。各种类型均以此区向四周呈辐射状递减,同时,形态变异也有类似的变化规律(左家哺,1989)。

油杉属作为东亚特有属,在松科中较为进化(李林初,1992),对其研究在过去一段时间内较为重视。20 世纪 40~50 年代,一些学者关注其早期胚胎发育(Wang,1947,1948),试图为其系统发育寻找线索。目前基于细胞学资料结合地理分布特征,我们可得出油杉系统演化的大致线路,即油杉属植物很可能是起源于我国西南,而后向东发展,南部类型比北部类型更进化(陈维新等,1989;巫华美等,1997)。但现有系统学的资料仅依据染色体水平的遗传变异,随今后研究深入,希望从分子地理学方面得到进一步证实。

此外,从云南油杉的分布范围,以及植物分类的有关资料来看,旱地油杉和蓑衣油杉是云南油杉中分化出的新种和变种,与云南油杉可统一为云南油杉复合群(*Keteleeria evelyniana*)。基于旱地油杉和蓑衣油杉形成的初步分析,生态分化和遗传畸变是两个类群分化形成的可能原因。

#### 参考文献:

- 广西植物研究所. 1991. 广西植物志[M]. 南宁:广西科技出版社  
四川植被协作组. 1980. 四川植被[M]. 成都:四川人民出版社  
(下转第 643 页 Continue on page 643)

- 种子[M]. 北京:中国林业出版社:555—556
- 广西壮族自治区林业厅. 1993. 广西自然保护区[M]. 北京:中国林业出版社:57—58
- 胡晋. 2006. 种子生物学[M]. 北京:高等教育出版社:189—192
- 马常耕, 刘德英. 1986. 十四个造林树种种子播前浸种试验[J]. 林业科技通讯, (12):10—13
- 宋松泉, 程红焱, 姜孝成, 等. 2008. 种子生物学[M]. 北京:科学出版社:154—156
- 王念奎. 2008. 不同浸种方式对香樟种子活力的影响[J]. 林业勘察设计(福建), (2):59—63
- 郑颖吾. 1999. 木论喀斯特林区概论[M]. 北京:科学出版社:125—162
- 钟济新. 1982. 广西石灰岩石山植物图谱[M]. 南宁:广西人民出版社:54
- Chai XY(柴兴云), Bai CC(白长财), Song YL(宋月林), et al. 2008. Chemical constituents from the leaves of *Itoa orientalis* (伊桐叶的化学成分)[J]. *Chin J Nat Med*(中国天然药物), 6(3):179—182
- Chai XY, Xu ZR, Tang LY, et al. 2008. Itoside O, a new linear monoterpene glycoside from the bark and twigs of *Itoa orientalis* [J]. *J Chin Pharm Sci*, 43(1):79—81
- Huang XX(黄晓霞), Yang ZY(杨自云), Gao K(高昆), et al. 2011. Growth and physiological responses to soil drought and salt stress in *Itoa orientalis* seedlings(伊桐幼苗对土壤干旱与盐胁迫的生长及生理响应)[J]. *Southwest Chin J Agric Sci* (西南农业学报), 11(1):77—81
- Li XK(李先琨), He CX(何成新), Jiang ZC(蒋忠诚), 2003. Method and principles of ecological rehabilitation and reconstruction in fragile karst ecosystem(岩溶脆弱生态区生态恢复重建的原理与方法)[J]. *Carsol Sin*(中国岩溶), 22(1):12—17
- Zhang DF(张殿发), Ouyang ZY(欧阳自远), Wang SJ(王世杰). 2001. Population resources environment and sustainable development in the karst region of Southwest China(中国西南喀斯特地区人口、资源、环境与可持续发展)[J]. *Chin Popul Res Environ*(中国人口·资源与环境), 11(1):77—81
- Zeng J(曾杰), Bai JY(白嘉雨), Xu DP(徐大平). 2006. Current status and perspectives of studies on mountains of tropical and warm sub vegetation rehabilitation in karst-tropical areas in China(我国热带南亚热带石质岩溶山地植被恢复研究现状与展望)[J]. *Guangdong Fore Sci Tech*(广东林业科技), 22(1):76—80
- Zhang XY(张小彦), Jiao JY(焦菊英), Wang N(王宁), et al. 2009. Effects of seed morphology on vegetation restoration and succession(种子形态特征对植被恢复演替的影响)[J]. *Seed* (种子), 28(7):67—72

(上接第 616 页 Continue from page 616)

- 社:148—149
- 江西植物志编委会. 1993. 江西植物志(第1卷)[M]. 南昌:江西科学技术出版社:388—392
- 左家哺. 1989. 中国油杉属分布型与植物区系关系的模糊分析[J]. 中南林学院学报, 9(2):199—205
- 台湾植物志编辑委员会. 1975. 台湾植物志(第1卷)[M]. 第1版. 台湾:台北:516—518
- 台湾植物志编辑委员会. 1994. 台湾植物志(第1卷)[M]. 第2版. 台湾:台北:569
- 刘慎愕. 1944. 云南植物地理[M]//刘慎愕文集. 1985. 北京:科学出版社:86—111
- 西南林学院, 云南省林业厅. 1988. 云南树木图志(上)[M]. 昆明:云南科技出版社:48—54
- 吴征镒, 朱彦承, 姜汉侨. 1987. 云南植被[M]. 北京:科学出版社
- 陈焕镛. 1964. 海南植物志(第1卷)[M]. 北京:科学出版社:209
- 郑万均. 1978. 中国植物志(第7卷)[M]. 北京:科学出版社:34—54
- 贵州植物志编委会. 1982. 贵州植物志(第1卷)[M]. 贵阳:贵州人民出版社:4—8
- 浙江植物编委会. 1993. 浙江植物志(第1卷)[M]. 浙江:浙江科学技术出版社:343—344
- 福建科学技术委员会, 福建植物志编写组. 1982. 福建植物志(第1卷)[M]. 福州:福建科学技术出版社:275—277
- 傅立国. 1992. 中国植物红皮书——稀有濒危植物[M]. 北京:科学出版社
- Zheng WJ(郑万均), Fu LG(傅立国), Cheng JR(诚静容). 1975. Gymnospermae sinicae(中国裸子植物)[J]. *Acta Phytotax Sin* (植物分类学报), 13(4):56—90
- Chen WX(陈维新), Ye ZY(叶志云), Cai L(蔡玲). 1989. A study on the karyotype in *Keteleeria calcarea* and *K. oblonga*(黄枝油杉和矩鳞油杉的核型研究)[J]. *Acta Phytax Sin*(植物分类学报), 21(1):49—52
- Darkington CD, Wylie AP. 1955. Chromosome Atlas of Flowering Plants[M]. London:George Allen & Unwin Ltd
- Deng LL(邓莉兰), Zhang WQ(张维谦). 2002. A new species of *Keteleeria* Carr. from Yunnan(云南油杉属一新种)[J]. *J Southwest Fore Coll*(西南林学院学报), 22(2):3—4
- Kuo SR, et al. 1972. Karyotype analysis of some *Formosana gymnosperms*[J]. *Taiwania*, 17(1):66—80
- Li LC(李林初), Hsu BS(徐柄声). 1984. A comparative karyotype analysis of *Keteleeria cycloepis* Flous and *Keteleeria formosana* Hayata(江南油杉和台湾油杉核型的比较研究)[J]. *Guihaia*(广西植物), 4(4):277—280
- Li LC(李林初). 1992. Karyotype analysis of *Abies forrestii* with a discussion on the evolutionary position of *Abies*(Pinaceae)(川滇冷杉的核型分析兼论冷杉属的进化地位)[J]. *Guihaia*(广西植物), 12(4):325—330
- Schmid M. 1974. Végétation du Viet-nam, le massif sud-annamitique et les régions limitrophes[M]. Paris:ORSTOM, Paris
- Stebbins GL. 1950. Variation and Evolution in Plants[M]. New York:Columbia University Press
- Wang FH. 1947. Late embryony of *Keteleeria*[J]. *Bot Bull Acad Sin*, 1:133—140
- Wang FH. 1948. Life history of *Keteleeria*, I. *Stabili*, development of the gametophytes and fertilization in *Keteleeria evelyniana* [J]. *Am J Bot*, 35:21—27
- Wu HM(巫华美), Chen X(陈训). 1997. Karyotype analysis of *Keteleeria davidiana* var. *chien-peii* (青岩油杉的核型分析)[J]. *Guihaia*(广西植物), 17(4):314—316
- Zhang HD(张宏达). 1980. The origin and development of Cathaysian flora(华夏植物区系的起源与发展)[J]. *Acta Univ Sunyatseni*; *Sci Nat Edit*(中山大学学报·自然科学版), (1):89—98