

云南热带季雨林及其与热带雨林植被的比较

朱 华*

中国科学院西双版纳热带植物园, 云南勐腊 666303

摘 要 在中国植物学文献中, 对热带季雨林的解释和运用是不一致的, 特别是易于把季雨林与热带雨林相混淆。季雨林是在具有明显干、湿季变化的热带季风气候下发育的一种热带落叶森林植被, 是介于热带雨林与热带稀树草原(savanna)之间的一个植被类型。云南的热带季雨林在分布生境、生态外貌特征、植物种类组成和地理成分构成上, 均与热带雨林有明显区别, 季雨林主要分布在海拔1 000 m以下的几大河流开阔河段两岸和河谷盆地, 其群落结构相对简单, 乔木一般仅有1至2层, 上层树种在干季落叶或上层及下层树种在干季都落叶; 在生活型组成上, 季雨林的木质藤本相对较少, 大高位芽植物及地上芽植物很少, 但地面芽植物很丰富, 地下芽植物和一年生植物也相对丰富; 在叶级和叶型特征上, 季雨林植物的小叶和复叶比例相对较高, 分别占到24%和44%; 在植物区系地理成分构成上, 季雨林的热带分布属合计也占绝对优势, 但以泛热带分布属的比例相对较高, 约占到总属数的30%, 热带亚洲至热带非洲分布属的比例也较高, 约占总属数的12%。季雨林的地理成分更为多样性, 起源与发展历史也更复杂和古老。

关键词 热带季雨林, 热带雨林, 云南

Tropical monsoon forest in Yunnan with comparison to the tropical rain forest

ZHU Hua*

Xishuangbanna Tropical Botanical Garden, Chinese Academy of Sciences, Mengla, Yunnan 666303, China

Abstract

In Chinese botanical literature, the term “tropical monsoon forest” is explained and used inconsistently and is often confused with tropical rain forest. My objective is to clarify differences between the two forests. Schimper defined tropical monsoon forest as being more or less leafless during the dry season and considered it a transitional vegetation type between tropical rain forest and savanna in terms of physiognomy and distribution. I compared tropical monsoon forest and rain forest in physiognomy, floristic composition and geographical elements to describe and characterize the monsoon forest in Yunnan, China. The tropical monsoon forest in Yunnan occurs mainly on river banks and in basins of several large rivers below 1 000 m altitude. The forest has one or two tree layers, and trees of at least the top layer are deciduous in the dry season. In life forms, the forest is rich in hemicryptophytes and relatively rich in geophytes and therophytes, but less rich in woody lianas and almost lacks megaphanerophytes and chamaephytes compared to tropical rain forest. In leaf size and form, the forest has more microphyllous leaves and compound leaves (24% and 44% of tree species, respectively) than tropical rain forest. In terms of floristic elements, the forest has a greater percentage of species of pantropic distribution (30% of the genera) and tropical Asia and tropical Africa disjunct distribution than tropical rain forest. Thus, the tropical monsoon forest in Yunnan has more diverse geographical elements in its flora and a complicated evolution history.

Key words tropical monsoon forest, tropical rain forest, Yunnan

《中国植被》(吴征镒, 1980)和《云南植被》(吴征镒, 1987)把在中国南部季风热带北缘地区与热带雨林交错分布的一些常绿和半常绿的热带森林植被称为热带季雨林, 认为它们是分布于热带北缘, 一方面向雨林方向发展, 同时也向亚热带常绿阔叶

林过渡的植被类型。也就是说, 它们是一个介于热带雨林和亚热带常绿阔叶林之间的植被类型, 属于纬向地带性植被。王伯荪(1987)、林媚珍等(1996)、王伯荪和张炜银(2002)提出了不同的看法, 他们根据 Schimper (1903)最初提出的季风林(monsoon

收稿日期Received: 2010-12-17 接受日期Accepted: 2011-02-15
* E-mail: zhuh@xtbg.ac.cn

forest, 我国译为季雨林)的概念和定义, 以及国外有关学者对该名称的运用(Beard, 1944, 1955; Whittaker, 1970), 认为季雨林是一种在干季基本上无叶、介于雨林与热带稀树草原(savanna)之间的植被类型, 属于经向地带性植被, 并依此定义, 通过对广东和海南季雨林特点的分析, 认为《中国植被》对热带季雨林的解释和运用是不对的。

世界上并没有一个被普遍接受而广泛运用的植被分类系统, 特别是热带植被由于其分布生境和种类组成、生态外貌特征的复杂多样, 更是没有一个统一的分类标准(Blasco *et al.*, 2000)。Schimper (1903)是最初对热带植被进行系统分类的学者, 他结合了气候、群落结构和生态外貌特征, 把热带木本植被分为热带雨林、季风林(monsoon forest)、热带稀树草原及多刺林(灌丛), 其中的季风林就是中国植物学文献中译用的季雨林。Richards (1996)在系统研究了热带植被和归纳了各方面资料的基础上, 提出了一个世界热带植被类型系统, 把年降雨量 $\geq 1\ 700\text{ mm}$ 、年干旱月数为3–5个月的气候定义为热带季节性潮湿(tropical wet-seasonal)气候, 把年降雨量 $\geq 1\ 200\text{ mm}$ 、年干旱月数为4–6个月定义为热带湿润(tropical wet-dry marked by dry season)气候, 把年降雨量 $\geq 700\text{ mm}$ 、年干旱月数为6–8个月定义为热带半湿润(tropical wet-dry with long-dry season)气候。与之相对应的植被类型分别是热带季节性潮湿气候——季节性常绿林(evergreen seasonal forest)、热带湿润气候——季节性半常绿林(semi-evergreen seasonal forest)、热带半湿润气候——季节性落叶林(deciduous seasonal forest)。这与Schimper (1903)对热带森林植被类型的划分类似, 其季节性常绿林和季节性半常绿林在Schimper的雨林范畴, 而其季节性落叶林相当于Schimper的季风林(monsoon forest), 也就是我们译用的季雨林。二者均把季风林或热带季节性落叶林作为与热带雨林有同样的热量要求, 但水湿因子不同, 介于热带雨林与热带稀树草原之间的植被类型。

由于Schimper (1903)最初使用季风林(monsoon forest)描述印度和缅甸的热带落叶林, 季风林这一名称主要是在亚洲热带植被中被运用(Whitmore, 1984)。即使如此, 仍有不同学者使用其他名称来描述这样的植被类型。例如, Champion (1936)使用了热带干性落叶林(tropical dry deciduous forest);

Blasco等(1996)分别使用热带干性落叶林(tropical dry deciduous forest)和热带湿性落叶林(tropical moist deciduous forest)描述不同水分条件下的群落。但无论名称如何, 它们都是热带落叶林。

云南南部位于热带北缘, 在海拔900–1 000 m以下的低山、低丘及河谷盆地, 具有热带季风气候, 其年平均气温 $>20\text{ }^{\circ}\text{C}$, 年平均降雨量为1 000–1 800 mm, 年干旱月数为5–7个月; 其地带性植被符合Richards的气候-森林分类, 具有热带湿润到半湿润气候, 在低山及沟谷有热带季节性半常绿林, 即我们所说的热带季节性雨林, 而在河谷盆地相对较干旱的生境分布有季节性落叶林, 即我们所说的季雨林。

《中国植被》(吴征镒, 1980)和《云南植被》(吴征镒, 1987)虽也采纳了季雨林这一名称描述云南热带地区的落叶季节性林或季风林, 但在其地带性特征的解释上, 与Schimper (1903)定义的季风林或Richards (1996)定义的季节性落叶林不同, 而是把它当作是一个介于热带雨林和亚热带常绿阔叶林之间的植被类型, 属于纬向地带性植被。针对这一问题, 我曾撰文进行了探讨(朱华, 2005), 认为云南季雨林的分布生境和生态外貌特征与Schimper (1903)定义的季风林符合, 它与热带雨林水平交错分布, 其发育主要受水分因子控制, 应是介于热带雨林与热带稀树草原植被之间的地带性植被类型。但另一方面, 由于云南的基本地形是一个北高南低、向南倾斜的大斜坡, 其气候随海拔的变化远大于随经纬度的变化(朱华, 2008b), 热带地区(海拔1 000 m以下的区域)的气候分异由于地形的影响, 水平(经纬度)变化并不明显, 导致云南的季雨林的经向地带性分布特征被掩盖或淡化了。考虑到它与该地区热带雨林的关系, 仍应认为它是一种生态学意义上的经向地带性植被, 与纬向地带性植被热带雨林一起共同构成云南热带地区的水平地带性植被。

还有些作者把季雨林与热带雨林相混淆, 可能是由于季雨林与雨林在名词上太接近。本文拟通过对云南的热带季雨林的再论述并与热带雨林相比较, 列出其识别特征, 为读者更好地认识云南的热带季雨林提供参考。

1 云南季雨林的分布

云南的季雨林主要分布在海拔1 000 m以下的

几大河流开阔河段两岸和一些开阔河谷盆地受季风影响最强烈的地段, 例如, 澜沧江、怒江、元江等大河干流及支流的一些地段, 南盘江、阿墨江、把边江、大盈江、藤条江等的河谷地段, 多呈不连续的片状分布。在云南南部湿润地区, 它与热带雨林交错分布在一些干坡、河岸及盆地。在干热河谷, 它则分布在一些相对湿润的沟箐, 与热带稀树草原植被交错分布。

2 季雨林的生态外貌特征

云南的季雨林群落高度较矮, 一般在25 m以下, 结构相对简单, 乔木一般仅有1至2层, 上层树种在干季落叶或上层及下层树种在干季都落叶, 即有一个明显的无叶时期。上层树种树冠通常呈伞状, 冠幅大, 分枝低, 枝桠粗大弯曲, 树皮厚而粗糙, 也有板根现象, 但林内明显较干燥, 木质藤本及附生植物较少。以澜沧江下游河岸的季雨林为例(周仕顺等, 2007), 在生活型组成上, 仍主要以高位芽植物为主, 其中又以中高位芽植物占优势, 占27.8%; 其次是藤本高位芽植物和矮高位芽植物, 分别占16.7%和13.9%。但在草本植物中, 主要以地面芽植物为主, 占16.7%; 其次是地下芽植物, 占7%。一年生植物占5.6%, 而地上芽植物最少, 仅占1.4%。

3 季雨林的植物种类组成

云南的季雨林代表树种有木棉(*Bombax ceiba*)、毛麻栋(*Chukrasia tabularis* var. *velutina*)、劲直刺桐(*Erythrina stricta*)、厚皮树(*Lannea coromandelica*)、家麻树(*Sterculia pexa*)、香合欢(*Albizia odoratissima*)、东京枫杨(*Pterocarya tonkinensis*)、楹树(*Albizia chinensis*)、桂火绳(*Eriolaena kwangsiensis*)、钝叶黄檀(*Dalbergia obtusifolia*)、居间紫薇(*Lagerstroemia intermedia*)、余甘子(*Phyllanthus emblica*)、羊蹄甲(*Bauhinia variegata*)、黑黄檀(*Dalbergia fusca*)、榆绿木(*Anogeissus acumunata*)、毛果扁担杆(*Grewia eriocarpa*)、一担柴(*Colona floribunda*)、槟榔青(*Spondias pinnata*)、火烧花(*Mayodendron igneum*)、帽柱木(*Mitragyna brunonis*)等。在乔木层之下的幼树和灌木层, 高0.5–2.0 m, 覆盖度10%–20%, 主要有虾子花(*Woodfordia fruticosa*)、滇缅斑鸠菊(*Vernonia parishii*)、山芝麻(*Helicteres elongate*)等。草本层高0.1–1.0 m, 覆盖度

20%–80%, 以刚莠竹(*Microstegium ciliatum*)、飞机草(*Chromolaena odorata*)、黄茅(*Heteropogon contortus*)、藿香蓟(*Ageratum conyzoides*)、棕叶芦(*Thysanolaena maxima*)等为优势。

4 季雨林的植物区系及地理成分

以我们调查的澜沧江下游河岸典型的季雨林植被的748种种子植物为例, 该季雨林以豆科(73种, 占总种数的9.8%)、禾本科(31种, 占总种数的4.1%)、大戟科(28种, 占总种数的3.7%)、菊科(23种, 占总种数的3.1%)、茜草科(19种, 占总种数的2.5%)、防己科(16种, 占总种数的2.1%)、梧桐科(15种, 占总种数的2.0%)、旋花科(14种, 占总种数的1.9%)等为主要组成科。在植物区系地理成分构成上, 热带分布属占到总属数的87%。在热带分布属中, 以泛热带分布属比例最高, 约占总属数的30%; 热带亚洲分布属占总属数的21.5%; 旧世界热带分布属占总属数的12.8%, 热带亚洲至热带非洲分布属占总属数的11.9%。在种的地理成分构成上, 以热带亚洲分布占优势, 占总种数的61.8%, 其次是中国南部分布种, 占10.9%, 东亚分布和泛热带分布种各占6.3%, 热带亚洲-热带非洲分布种占4.9%。

5 云南热带季雨林与热带雨林的比较

云南的热带季雨林与热带雨林在分布生境、生态外貌特征、植物种类组成和植物地理成分构成上均有明显区别。季雨林是热带雨林向热带稀树草原植被的过渡类型, 主要分布在几大河流开阔河段两岸和一些开阔河谷盆地受季风影响最强烈的地段, 而热带雨林则分布在相对湿润的低山和沟谷。

季雨林群落高度较矮, 一般低于25 m, 结构相对简单, 乔木一般仅有1至2层, 上层树种树冠通常呈伞状, 冠幅大, 分枝低, 枝桠粗大弯曲, 树皮厚而粗糙, 个体不密集。热带雨林则具有3–4个可分的乔木层, 其中, 乔木上层主要是高达30 m以上的散生巨树(最高者可达60 m), 树冠彼此不连接。乔木中层高18–30 m, 树冠连接, 冠幅小, 分枝高, 树皮薄而光滑, 个体密集, 是森林的主要林冠层。

季雨林在生活型组成上, 一般缺乏附生植物, 木质藤本相对较少, 大高位芽植物及地上芽植物很少, 但地面芽植物很多, 占17%, 地下芽植物和一年生植物也相对丰富。热带雨林则与之不同, 有一定比

例的附生植物和大高位芽植物, 木质藤本相对较多, 几乎无地面芽植物和一年生植物, 地下芽植物也相对较少(表1)。在叶级和叶型特征上, 季雨林的小叶和复叶比例相对较高, 分别占到24%和44%。最为突出的是, 季雨林的落叶树种占到64%, 基本上是一类落叶森林; 而热带雨林的中叶和单叶比例相对较高, 常绿树种占到90%以上(表2) (朱华等, 1998b)。

与热带雨林相比较, 季雨林的物种丰富度较低, 特别是乔木的物种丰富度更低, 在群落2 500 m²取样面积内, 有维管植物72种, 其中仅有乔木25种; 而热带雨林植物种类组成丰富, 在2 500 m²取样面积内可以有维管植物150–200种, 其中, 胸径在5 cm以上的树木有44–63种(若包括幼树和幼苗, 则树木种数是80–90种) (朱华等, 1998b)。

表1 云南热带雨林与季雨林生活型比较

Table 1 Comparison of life forms between the tropical rain forest and monsoon forest in Yunnan Province, China

生活型 Life form	热带雨林(低丘雨林) Tropical rain forest (lower hill seasonal rain forest) (0.4 hm ²)		热带雨林(沟谷雨林) Tropical rain forest (ravine seasonal rain forest) (0.5 hm ²)		季雨林 Monsoon forest (0.25 hm ²)	
	种数	百分数	种数	百分数	种数	百分数
	No. of species	Percentage	No. of species	Percentage	No. of species	Percentage
寄生植物 Parasitic plant	0	0%	1	0.4%	0	0%
附生植物 Epiphyte	7	4%	22	8.3%	0	0%
藤本高位芽植物 Liana phanerophyte	32	18.3%	61	20.3%	12	16.7%
大高位芽植物 Megaphanerophyte	17	9.7%	19	7.2%	1	1.4%
中高位芽植物 Mesophanerophyte	49	28%	72	27.1%	20	27.8%
小高位芽植物 Microphanerophyte	27	15.4%	23	12.1%	4	5.6%
矮高位芽植物 Nanophanerophyt	17	9.7%	22	8.3%	10	13.9%
草本高位芽植物 Herbaceous phanerophyte	8	4.6%	11	4.2%	3	4.2%
地上芽植物 Chamaephyte	15	8.6%	20	7.5%	1	1.4%
地面芽植物 Hemicyrptophyte	0	0%	0	0%	12	16.7%
地下芽植物 Geophyte	3	1.9%	5	1.9%	5	7.0%
一年生植物 Therophyte	0	0%	0	0%	4	5.6%
合计 Total	175	100%	260	100%	72	100%

表2 云南热带雨林与季雨林乔木叶级谱和叶型谱的比较

Table 2 Comparison of leaf size and leaf form spectrums of tree species between the tropical rain forest and monsoon forest in Yunnan Province, China

	热带雨林(低丘雨林) Tropical rain forest (lower hill seasonal rain forest) (0.4 hm ²)		热带雨林(沟谷雨林) Tropical rain forest (ravine seasonal rain forest) (0.5 hm ²)		季雨林 Monsoon forest (0.25 hm ²)	
	种数	百分数	种数	百分数	种数	百分数
	No. of species	Percentage	No. of species	Percentage	No. of species	Percentage
小叶 Microphyll	18	19.4%	18	16.1%	6	24.0%
中叶 Mesophyll	69	74.2%	83	74.1%	17	68.0%
大叶 Macrophyll	6	6.5%	10	8.9%	2	8.0%
单叶 Simple leaves	68	73.1%	85	76.6%	14	56.0%
复叶 Compound leaves	25	26.9%	26	23.4%	11	44.0%
常绿植物 Evergreen plant	84	90.3%	105	94.6%	9	36.0%
落叶植物 Deciduous plant	9	9.7%	6	5.4%	16	64.0%
乔木总种数 Total tree species	93		111		25	

在种类组成上, 季雨林群落中重要值大的种类主要是厚皮树、毛麻栋、劲直刺桐、家麻树、羽叶楸(*Stereospermum colais*)、楹树、榆绿木、香合欢、桂火绳、火绳树(*Eriolaena spectabilis*)、余甘子(*Phyllanthus emblica*)、绒毛苹婆(*Sterculia villosa*)、一担柴、钝叶黄檀、毛果扁担杆、黑黄檀、灰毛浆果楝(*Cipadessa cinerascens*)、白花羊蹄甲(*Bauhinia acuminata*)、清香木(*Pistacia weinmannifolia*)、木棉等种类。

热带雨林群落中重要值大的种类在不同群落中各有不同, 例如, 东京龙脑香(*Dipterocarpus retusus*)、毛坡垒(*Hopea mollissima*)、仪花(*Lysidice rhodostegia*)、无忧花(*Saraca dives*)、细子龙(*Amesiodendron chinense*)及梭子果(*Eberhardtia tonkinensis*)等, 为云南东南部热带雨林的表种; 而阿萨母娑罗双(*Shorea assamica*)、竭布罗香(*Dipterocarpus turbinatus*)等是云南西南部热带雨林的表种。千果榄仁(*Terminalia myriocarpa*)、望天树(*Parashorea chinensis*)、大药树(*Antiaris toxicaria*)、龙果(*Pouteria grandiflora*)、橄榄(*Canarium album*)、大叶白颜树(*Gironniera subaequalis*)、轮叶戟(*Lasiococca comberi* var. *pseudoverticillata*)、大果人面子(*Dracontomelon macrocarpus*)、玉蕊(*Barriingtonia macrostachya*)、小叶藤黄(*Garcinia cowa*)和红光树(*Knema furfuracea*)等, 是云南南部热带雨林群落中重要值大的种类。

在植物区系地理成分构成上, 季雨林的热带分布属占总属数的87%, 在热带分布属中, 泛热带分布属的比例相对较高, 约占到总属数的30%; 热带亚洲至热带非洲分布属比例也较高, 约占总属数的12%。热带雨林的热带分布属占总属数的94%, 并以热带亚洲分布属比例最高, 占33%—42%。在种的地理成分构成上, 季雨林仍以热带亚洲分布占优势, 占总种数的61.8%, 但东亚分布和泛热带分布种各占6.3%, 热带亚洲-热带非洲分布种占4.9%, 这些与热带雨林不同(Zhu, 1997) (表3)。也就是说, 季雨林的地理成分更为多样, 特别是在种的地理成分构成上, 与泛热带、热带亚洲-热带非洲及东亚植物区系有更多的联系, 起源与发展历史更复杂和古老, 而热带雨林的热带亚洲特色和亲缘更强。

6 结论与讨论

季雨林是在具有明显干、湿季变化的热带季风气候下发育的一种热带落叶森林植被, 是介于热带雨林与热带稀树草原之间的一个过渡类型。云南的季雨林主要分布在海拔1 000 m以下的几大河流开阔河段两岸和一些开阔河谷盆地受季风影响最强烈的地段。在湿润河谷盆地, 它与热带雨林交错分布; 在干热河谷, 它与稀树灌草丛即热带稀树草原植被交错分布。云南的季雨林群落高度较矮, 一般低于25 m, 结构相对简单, 乔木一般仅有1至2层, 上层树种在干季落叶或上层及下层树种在干季都落叶, 即有一个明显的无叶时期。在生活型组成上, 它一般缺乏附生植物, 木质藤本相对较少, 大高位芽植物及地上芽植物很少, 但地面芽植物很多, 占17%, 地下芽植物和一年生植物也相对丰富。在叶级和叶型特征上, 季雨林的小叶和复叶比例相对较高, 分别占到24%和44%。最为突出的是, 季雨林的落叶树种占到64%。在植物区系地理成分构成上, 季雨林的热带分布属合计也占绝对优势, 但泛热带分布属的比例相对较高, 约占到总属数的30%, 热带亚洲至热带非洲分布属的比例也较高, 约占总属数的12%。季雨林的地理成分更为多样, 起源与发展历史更复杂和古老, 而热带雨林的热带亚洲特色和亲缘更强。云南的热带季雨林在分布生境、生态外貌特征、植物种类组成和植物地理成分构成上与热带雨林有明显的区别, 利用这些特征是容易区别季雨林与热带雨林(季节性雨林)的。云南的热带季雨林符合于Schimper (1903)定义的季风林(monsoon forest), 同等于Richards (1996)的气候-森林分类定义的落叶季节林。

在云南南部的石灰岩山中部地带, 分布有一类特殊的森林植被类型, 这种森林类型在我国的植物学文献资料中曾被称之为石灰岩山“季雨林”。尽管此类森林受到季节性干旱的明显影响而不同程度地具有落叶成分, 但它在许多方面与Schimper (1903)的季风林不同, 它们的乔木层并没有一个明显的无叶(落叶)期。如果我们采纳Schimper (1903)的季风林概念, 滇南石灰岩山地的这类森林植被就不是季风林(亦即我们译用的季雨林)。这类森林通常分布在石灰岩山中部, 并在石灰岩山脚及沟谷的

表3 云南热带雨林与季雨林的地理成分的比较
Table 3 Comparison of geographic elements between the tropical rain forest and monsoon forest in Yunnan Province, China

属的地理成分 Geographic elements at a generic level				种的地理成分 Geographic elements at a specific level			
植被类型 Vegetation type	热带雨林 (沟谷雨林) Tropical rain forest (ravine seasonal rain forest)	热带雨林 (低丘雨林) Tropical rain forest (lower hill seasonal rain forest)	季雨林 Monsoon forest	植被类型 Vegetation type	热带雨林 (沟谷雨林) Tropical rain forest (ravine seasonal rain forest)	热带雨林 (低丘雨林) Tropical rain forest (lower hill seasonal rain forest)	季雨林 Monsoon forest
分布区类型 Areal type	占属百分数 % genera	占属百分数 % genera	占属百分数 % genera	分布区类型 Areal type	占种百分数 % species	占种百分数 % species	占种百分数 % species
1. 泛热带 Pantropic	19.6	25.3	29.9	1. 泛热带 Pantropic	0	0.3	6.3
2. 热带亚洲-热带美洲 Tropical Asia and Tropical America disjunct	4.3	4.6	4.4	2. 热带亚洲-热带美洲 Tropical Asia and Tropical America disjunct	0	0.3	0.8
3. 旧世界热带 Old World Tropic	14.0	13.7	12.8	3. 旧世界热带 Old World Tropic	0.3	0.6	2.0
4. 热带亚洲-热带澳洲 Tropical Asia to Tropical Australia	9.2	10.2	6.7	4. 热带亚洲-热带澳洲 Tropical Asia to Tropical Australia	2.9	3.2	2.2
5. 热带亚洲-热带非洲 Tropical Asia and Tropical Africa	4.8	7.3	11.9	5. 热带亚洲-热带非洲 Tropical Asia and Tropical Africa	0	2.2	4.9
6. 热带亚洲 Tropical Asia (热带成分合计) (sum of tropical elements)	42.3 (94.2)	33.2 (94.3)	21.5 (87.2)	6. 热带亚洲分布及变型 Sum of tropical Asia and its sub-types	(73.3)	(74.6)	(61.8)
7. 北温带 North Temperate	1.8	1.9	4.9	6.1. 印度-马来西亚 India-Malaysia	28.9	35	22.2
8. 东亚-北美 East Asia and North America disjunct	1.8	1.5	2.9	6.2. 南亚-大陆东南亚 South Asia to Mainland Southeast Asia	21.3	19.4	18.3
9. 旧世界温带 Old World Temperate	0.3	0	0.9	6.3. 大陆东南亚-中国南部 Mainland Southeast Asia to South China	23.7	19.4	21.2
10. 温带亚洲 Temperate Asia	0	0	0.3	7. 北温带 North Temperate	0	0	0.8
11. 地中海-西亚-中亚 Mediterranean, West Asia to Center Asia	0.3	0	0.3	8. 东亚分布 East Asia	0	0	6.3
12. 中亚 Center Asia	0	0	0	9. 中国南部 South China	8.2	10.1	10.9
13. 东亚 East Asia	0.3	1.5	3.2	10. 云南特有 Endemic to Yunnan	15.4	8.6	3.9
14. 中国特有 Endemic to China	1.5	0.6	0.3	合计 Total	100	100	100
合计 Total	100	100	100				

*左栏括号中数值为热带分布属(类型1–6)合计, 右栏括号中数值为热带亚洲分布种(类型6.1–6.3)合计。
Numbers in brackets in the left columns are sums of tropical elements (including types 1–6), and numbers in brackets in the right columns are sums of tropical Asian elements (including types 6.1–6.3).

热带季节性雨林带之上, 它们是该地区山地垂直带上的一种植被类型, 我们曾建议用“热带季节性湿润林(tropical seasonal moist forest)”来称呼这类常绿或半常绿的石灰岩山地森林类型(Zhu *et al.*, 1998c, 2003; Zhu, 2002; 朱华, 2005), 它们属东南亚热带北缘石灰岩山地垂直带上的一种植被类型。

在云南南部, “季雨林”应该仅适用于那些在干

旱季节或多或少落叶的、在生态上介于热带雨林与热带稀树草原之间的热带森林植被类型。

在文献中所描述的海南的季雨林, 正如王伯荪(1987)所说的, 并非都是Schimper (1903)定义的季风林, 而是包括了多个不同的植被类型, 还有所谓的半常绿和常绿季雨林的用法。海南的落叶季雨林, 如菲律宾合欢(*Albizia philippiensis*)-厚皮树林, 鸡

占(*Terminalia hainanensis*)-厚皮树林, 它们在分布生境和生态外貌特征上符合于Schimper (1903)定义的季风林, 亦即季雨林。

与亚洲的季雨林类似的热带落叶林在世界上有广泛的分布(Miles *et al.*, 2006), 在美洲和非洲热带地区, 它们也都发生在类似的生境(年降雨量<1 600 mm, 年干旱月数为5-6个月), 其群落具有类似的生态外貌特征, 但使用的名称各种各样, 通常统称为季节性旱生热带林(seasonally dry tropical forests) (Bullock *et al.*, 1995), 它们同样都是在生态上介于热带雨林与热带稀树草原之间的热带森林植被类型。

云南的季雨林在过去有比现在更为广泛的分布, 因为在第三纪云南南部地区曾有广泛的干旱气候存在(朱华和蔡琳, 2005; Zhu *et al.*, 2006), 现在的季雨林应是随着晚第三纪青藏高原强烈隆升到相当高度, 东亚季风形成, 云南南部热带湿润气候发展起来后逐渐萎缩残存的片断(Zhu, 2008b)。正如Prance (2006)所说, 生物地理学家对热带旱生林很有兴趣, 因为它们的气候变化下分布格局发生了改变。研究云南的季雨林, 亦能为我们探索气候变化提供线索。

致谢 国家自然科学基金(41071040)资助。

参考文献

- Beard JS (1944). Climax vegetation in tropical America. *Ecology*, 25, 127-158.
- Beard JS (1955). The classification of tropical American vegetation types. *Ecology*, 36, 359-412.
- Blasco F, Bellan MF, Aizpuru M (1996). A vegetation map of tropical continental Asia at scale 1:5 million. *Journal of Vegetation Science*, 7, 623-634.
- Blasco F, Whitmore TC, Gers C (2000). A framework for the worldwide comparison of tropical woody vegetation types. *Biological Conservation*, 95, 175-189.
- Bullock SH, Mooney HA, Medina E (1995). *Seasonally Dry Tropical Forests*. Cambridge University Press, Cambridge. 1-468.
- Champion HG (1936). A preliminary survey of the forest types of India and Burma. *Indian Forest Records (New Series) Silviculture*, 1, 1-286.
- Lin MZ (林媚珍), Zhuo ZD (卓正大), Guo ZH (郭志华) (1996). Some problems on the monsoon forest in Guangdong. *Acta Phytocologica Sinica* (植物生态学报), 20, 90-96. (in Chinese with English abstract)
- Miles L, Newton AC, DeFries RS, Ravilious C, May I, Blyth S, Kapos V, Gordon JE (2006). A global overview of the conservation status of tropical dry forests. *Journal of Biogeography*, 33, 491-505.
- Prance GT (2006). Tropical savannas and seasonally dry forests: an introduction. *Journal of Biogeography*, 33, 385-386.
- Richards PW (1996). *The Tropical Rain Forest: an Ecological Study* 2nd edn. Cambridge University Press, London. 159-205.
- Schimper AFW (1903). *Plant-Geography upon a Physiological Basis*. Oxford University Press, Oxford.
- Wang BS (王伯荪) (1987). Discussion on the horizontal zonation of monsoon forest. *Acta Phytocologica et Geobotanica Sinica* (植物生态学报), 11, 154-157. (in Chinese with English abstract)
- Wang BS (王伯荪), Zhang WY (张炜银) (2002). The groups and features of tropical vegetation of Hainan Island. *Guihaia* (广西植物), 22, 107-115. (in Chinese with English abstract)
- Whitmore TC (1984). A vegetation map of Malesia at scale 1:5 million. *Journal of Biogeography*, 11, 461-471.
- Whittaker RH (1970). *Communities and Ecosystems*. Collier-Macmillan Press, London.
- Wu CY (吴征镒) (1980). *Vegetation of China* (中国植被). Science Press, Beijing. 363-379. (in Chinese)
- Wu CY (吴征镒) (1987). *Vegetation of Yunnan* (云南植被). Science Press, Beijing. 164-192. (in Chinese)
- Zhou SS (周仕顺), Wang H (王洪), Zhu H (朱华) (2007). Study on the monsoon forest of *Lannea coromandelica* + *Sterculia pexa* community in the valley of lower Lancang River. *Guihaia* (广西植物), 27, 475-481. (in Chinese with English abstract)
- Zhu H (1997). Ecological and biogeographical studies on the tropical rain forest of south Yunnan, SW China with a special reference to its relation with rain forests of tropical Asia. *Journal of Biogeography*, 24, 647-662.
- Zhu H (2002). *Ecology and Biogeography of the Limestone Vegetation in Southern Yunnan, SW China*. Yunnan Science & Technology Press, Kunming.
- Zhu H (朱华) (2005). Reclassification of monsoon tropical forests in southern Yunnan, SW China. *Acta Phytocologica Sinica* (植物生态学报), 29, 170-174. (in Chinese with English abstract)
- Zhu H (朱华) (2008a). Distribution patterns of genera of Yunnan seed plants with references to their biogeographical significances. *Advance in Earth Sciences* (地球科学进展), 23, 830-839. (in Chinese with English abstract)

doi: 10.3724/SP.J.1258.2011.00463

- Zhu H (2008b). The tropical flora of southern Yunnan, China, and its biogeographical affinities. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 95, 661–680.
- Zhu H, Cao M, Hu HB (2006). Geological history, flora, and vegetation of Xishuangbanna, southern Yunnan, China. *Biotropica*, 38, 310–317.
- Zhu H (朱华), Cai L (蔡琳) (2005). Biogeography of the tropical rain forest of Yunnan and some implications to geographical history. *Advance in Earth Sciences* (地球科学进展), 20 (Suppl.), 1–57. (in Chinese with English abstract)
- Zhu H (朱华), Li BG (李保贵), Wang H (王洪), Xu ZF (许再富) (1998a). Species diversity of primary tropical rain forest of south Yunnan of China with special reference to sampling area. *Chinese Biodiversity* (生物多样性), 6, 241–247. (in Chinese with English abstract)
- Zhu H (朱华), Wang H (王洪), Li BG (李保贵) (1998b). Research on the tropical seasonal rainforest of Xishuangbanna, South Yunnan. *Guihaia* (广西植物), 18, 371–384. (in Chinese with English abstract)
- Zhu H, Wang H, Li BG (1998c). The structure, species composition and diversity of the limestone vegetation in Xishuangbanna, SW China. *The Gardens' Bulletin, Singapore*, 50, 5–33.
- Zhu H, Wang H, Li BG, Sirirugsa P (2003). Biogeography and floristic affinity of the limestone flora in southern Yunnan, China. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 90, 444–465.

责任编辑: 郭 柯 责任编辑: 王 葳