

中国亚热带山地植被垂直带分布对气候季节性的响应

刘亚兰, 郭汝清, 孙书存*

(南京大学生物系, 南京 210093)

摘要:根据植被研究的文献,收集了中国亚热带地区(23°—34°N)具有亚热带常绿阔叶林基带的49个山地的地理位置、气候因子、植被垂直带分布等数据;计算了不同山地基带的温度和降水季节性(分别以月平均温度和降水量的变异系数表示),以及气候季节性强度指数(以月平均温度和降水量的变异系数的乘积表示);最后分析了季节性强度与植被垂直带分布的关系。结果显示,中国亚热带地区北纬25°以南的所有山体缺少落叶阔叶林带,而北纬32°以北的则一定具有落叶林带;在中间地带,具有落叶阔叶林带的山体比例随纬度上升而上升。温度的季节性强度和气候季节性强度随纬度上升而增加,但降水的季节性强度与纬度没有显著关系。非参数相关分析表明,中国亚热带山地植被垂直带落叶阔叶林带缺失与否与气候要素的季节性强度显著相关,即随山体的温度季节性强度和气候季节性强度的增加,山体拥有落叶阔叶林带的可能性增加。这种纬度梯度上的山体植被垂直分布格局(落叶阔叶林带存在与否)的变化与叶片水平上碳平衡模型的预测一致。

关键词:植被垂直带;气候季节性;叶习性;落叶阔叶林;亚热带山地

Variations in the vertical vegetation zonation of subtropical Chinese mountains: the importance of climatic seasonality

LIU Yalan, GUO Ruqing, SUN Shucun*

Department of Biology, Nanjing University, Nanjing 210093, China

Abstract: One of the most significant research themes in plant ecology is the vegetation-climate relationship. Mean annual temperature and precipitation are frequently used to characterize stand qualities and predict vegetation distributions, while seasonalities of climate have seldom been employed to study the climate-vegetation relationship despite their long-recognized importance to the vegetation distributions. Mountain vertical vegetation zonations are often assumed to be the reduction of vegetation distribution patterns along gradient pattern. However, the seasonality of climatic conditions for a specific mountain doesn't vary with altitude as it does with latitude. According to cost-benefit analyses of leaf longevity, short leaf life spans are largely favored in habitats with intensive seasonalities. We therefore predict that deciduous broad-leaved forests are more likely to appear in high latitudinal mountains of subtropical China.

We collected data on geographic locations, climatic conditions, and vertical vegetation distribution patterns for 49 subtropical Chinese mountains (23—34°N) from published literature. The coefficients of variations of monthly mean temperature and precipitation were calculated for each mountain to quantify the temperature and rainfall seasonality, respectively, and the production of the two coefficients was used to characterize climate seasonality as a whole. Then, we determined the relationship between the vertical patterns of vegetation distribution (existence or non-existence of deciduous broad-leaved forest zones) and the seasonality intensities across the mountains. The deciduous broad-leaved forest zone is not conspicuous when the mountains are located farther south than 25°N, whereas it is distinct when the location is farther north than 32°N. Within the latitudes ranging between 25°N and 32°N, the mountains are more likely to have the deciduous broadleaved forest in the low latitudinal areas than the high latitudinal areas. Both temperature and climate seasonalities increase with increasing latitude, whereas rainfall seasonality is insignificantly correlated with altitudes. Non-

基金项目: 国家科技部 973 项目资助(200804001)

收稿日期: 2009-06-10; **修订日期:** 2010-02-09

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: shcs@nju.edu.cn

parametric correlation analyses indicate that the vertical vegetation zonation is closely correlated with the temperature and climatic seasonalities but not the rainfall seasonality. The possibility of the mountains having the deciduous forest increases with the seasonalities of temperature and climate but not rainfall. These suggest that the temperature seasonality is more important to influence the climate seasonality and the vertical vegetation zonation relative to the rainfall seasonality. However, the rainfall seasonality modifies the vegetation distribution pattern for several mountains and hence it may explain some exceptional mountains (e. g. that have apparent the deciduous forest in low latitudinal areas). The relationships among mountain latitudes, vertical forest distributions, and climatic seasonalities are consistent with the prediction of current theoretical models on cost-benefit analysis of leaf lifespan.

The revealed relationship between mountain vertical vegetation patterns and climatic seasonalities indicates the importance of studying the seasonality on vegetation structure, productivity and ecosystem functioning. It also suggests that ecological restoration practices should be site-specific, particularly on mountains. The physiological mechanisms underlying the relationship deserve to be an avenue of further researches.

Key Words: vertical vegetation zonation; climatic seasonality; leaf habit; leaf life span; deciduous broadleaved forest; subtropical mountain

植被-气候关系是植物生态学的核心问题之一,也是当前全球变化生物学研究的前沿课题。在过去 200 多年的研究历史中,无论是以现实植被类型与气候之间相关性为特征的 Holdridge 生命地带模型^[1],还是影响植物生理活动的气候因子作为气候-植被类型分类指标的 DOLY 模型^[2]和 BIOME2 模型^[3],温度和降水都是用来确定植被-气候关系和植被分布格局的决定因子。这些模型通常都应用年均降水和年均温度作为决定因子,却很少考虑到气候因子的季节性强度对植被分布影响。

人们很早就注意到气候季节性对植被分布的影响。例如,沃尔特^[4]就应用气候图解来预测植被性质和类型,他认为地中海式植被就是温度与降水的不同步的产物,即由于水热的非同步性导致了生境质量季节性强度下降引起的。类似的,Kikuzawa^[5]通过单叶水平上的碳平衡模型模拟,预测生境质量较低、季节性较小的生境将延长叶片寿命,反之叶片寿命较短。Givnish^[6]的整个个体模型(Whole-plant model)也提出了一致的预测结果,即常绿植物较多的出现在季节性强度较低的生境中,如常年高温、高降水的低纬度和常年低温的高纬度,而落叶植物则相反,主要分布于中纬度地带。这些模型很好地解释了地中海式常绿阔叶植被的形成原因,同时也为解释山地植被垂直带分布格局提供了可能。

中国植被垂直带格局的研究由来已久,资料丰富。侯学煜^[7]早在 1963 年就比较全面地勾画出中国山地植被的分布格局及生态法则,还强调了植被三维地带的相对性。张新时^[8]将中国山地植被垂直带概括为 7 个基本生态地理类型。方精云等^[9-13]对贡嘎山、神农架、猫儿山、黄岗山、玉龙雪山等地区的植被类型及生物多样性的调查,揭示了我国亚热带地区许多山脉植物群落的组成结构和物种多样性的垂直分布格局,对我国亚热带山地垂直带规律和多样性的研究有着重要的意义。这些研究都注意到中国亚热带山地植被的植被垂直带分布和生物多样性分布的差异,同时也定性地提出了植被垂直带的差异与气候季节性的关系^[7-8],但是他们的假设缺少定量的证据的支持,更没有区分温度和降水的季节性强度的相对重要性。迄今为止,亚热带地区山地植被垂直带的差异及其形成机制的定量研究仍然很少。

中国亚热带地区面积广阔,山脉众多,且山体的高度、所处地理经度、纬度,以及山体的走向和坡度不同,是研究植被垂直带谱差异及其成因的良好材料。本文在文献调研的基础上,收集了亚热带区域(N23°—N34°)49 个山地的地理位置和气候条件,比较了落叶阔叶林在不同纬度上山地植被垂直带谱中的差异,计算了不同山地的常绿阔叶林基带的季节性强度,从而探讨了这种差异与气候要素季节性差异的关系。结果说明了气候季节性强度。特别是温度的季节性强度,是影响山地植被垂直分布的重要因子,未来植被-气候关系模型研究和全球变化研究应该考虑气候季节性强度的变化对植被的影响。

1 材料与方法

1.1 数据来源

数据取自近年来我国已发表的研究亚热带植被的文献,主要包括各山脉的植被垂直带格局和气候特征。在文献调研的基础上,收集了亚热带区域的地理数据(经纬度、海拔高度)。具体山体名称、地理位置、植被垂直带分布及其文献来源等信息见表1。选取的山脉海拔高度均在1000m以上,理论上它们都能具有包括落叶阔叶林在内的相对完整的植被垂直带谱。完全的、或者大部分由人工林组成的山地被排除在外;典型的人工林群落也不计入山地植被带谱。

气象数据(月均温、月降水量)通过中国科学院地理科学与资源研究所中国自然资源数据库(<http://www.naturalresources.csd.cn>)取得。由中国自然资源数据库所得的气象数据包括历年各月平均气温(1955—1998年)以及历年各月降水量(1955—1998年)。

1.2 数据分析

本文采用变异系数表示季节性强度大小,其中温度和降水量的季节性强度的计算通过公式(1)完成。

$$I = \sqrt{(M_1 - M_0)^2 + (M_2 - M_0)^2 + (M_3 - M_0)^2 + (M_4 - M_0)^2} / (3M_0) \quad (1)$$

其中, M_1 、 M_2 、 M_3 、 M_4 为温度、降水的各季平均值, M_0 为四季平均值。各季平均值由每月平均值计算而来。其中3—5月份为春季,6—8月份为夏季,9—11月份为秋季,12—2月份为冬季。所计算出的温度和降水季节性强度指数分别用 I_t 、 I_w 表示。整个气候季节性强度的计算采用公式(2)完成,用 I_c 表示。

$$I_c = I_t \times I_w \quad (2)$$

需要指出的是,温度和降水在理论上都随海拔上升而改变。但是,因为这里是采用当地附近的气象站作为气候资料的来源,应用变异系数来计算气候季节性强度,因此,即使温度和降水在不同海拔上有很大差异,季节性强度在不同海拔间应该相同或相近。

因为光照时间和强度随山体走向、微地貌、纬度等变异很大,而且部分人工获取的数据即使在同一地点差异也很大,可能存在较大的误差。因此本文不使用气象站获取的数据来推测当地山地的光照时间和强度。只简单认为,光的季节性差异随纬度上升而增加。

采用 Pearson 相关性检验分析温度、降水和气候的季节性强度与纬度的关系,并使用非参数统计的 Mann-Whitney 秩和检验方法分析其与植被垂直带谱差异的关系。所有分析采用软件 SPSS Statistics17.0 完成。

2 结果

2.1 垂直带谱的差异

从收集的数据(表1)看,中国亚热带地区山地的完整、典型的垂直带谱一般由下往上应该具有以下几种类型:常绿阔叶林带(温带雨林)、(常绿落叶阔叶混交林)、落叶阔叶林带、针阔混交林带、针叶林带、高山灌丛和草甸等。但实际上山地植被垂直带格局有着多种变化。部分山脉如天宝岩缺少常绿落叶阔叶林混交带,部分山脉如龙栖山缺少落叶阔叶林带,也存在有落叶阔叶林带上直接为高山灌丛草甸的情况,如清凉峰。

在经度梯度上,随着经度的上升,植被垂直带谱变化不明显,落叶阔叶林的存在与否与经度没有显著关系($P=0.623$)。但在纬度梯度上,高纬度山脉较低纬度山脉拥有更加完整的植被垂直带谱。较低纬度(23—30°N)植被垂直带中往往缺少落叶阔叶林带或落叶阔叶林带不明显。较高纬度(30—34°N)植被垂直带中多数存在落叶阔叶林带,即植被垂直带谱较为完整(图1)。落叶阔叶林的存在与否与纬度大小呈显著相关($P<0.01$)。

2.2 纬度梯度上的变化

温度的季节性强度与纬度呈显著正相关($R=0.646$, $P<0.001$),随着纬度上升而增大(图2)。但是,降水的季节性强度指数与纬度无显著相关性($P>0.05$),高纬度地区与低纬度地区降水季节性强度指数差异不明显(图2)。整体的气候季节性强度指数也随着纬度的上升不断增大(图2),两者呈显著正相关($R=0.745$, $P<0.01$)。

2.3 植被垂直带谱与气候季节性强度

与纬度梯度上的季节性强度变化趋势一致,温度的季节性强度与山体的植被垂直带谱显著相关($P < 0.001$),季节性强度越大,垂直带中出现落叶阔叶林的机会越大,但是随着降水季节性强度的增加,植被垂直带谱之间并没有明显的差异($P = 0.819$)。整体上的气候季节性变化与植被垂直带间关系显著($P < 0.05$),随气候季节性强度的增加,垂直带出现落叶阔叶林的概率增加。

3 讨论

在海拔高度相似的亚热带山体中,随着纬度和气候季节性强度的上升,落叶阔叶林出现的可能性增大。落叶阔叶林虽然在植被水平地带系列中有着显著的地位,但是在亚热带植被垂直带谱中却往往被常绿落叶阔叶混交林带取代。因此,虽然山地植被垂直带谱通常是不

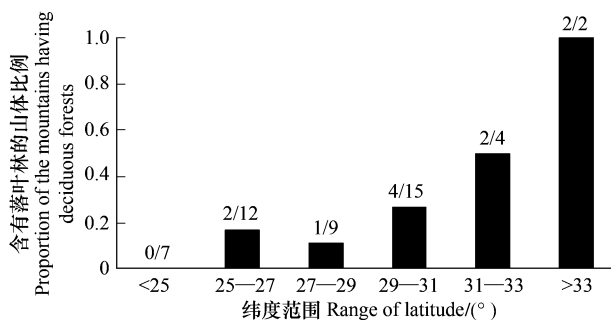


图1 中国亚热带山地植被垂直带格局(含落叶阔叶林带与否)与纬度大小的关系

Fig. 1 The relationship between mountain locations (latitude) and the possibility of the mountain having deciduous broad-leaved forests

注:直方柱上方的分数中的分母表示该纬度范围所调查的山体数量,分子表示具有落叶阔叶林带的山体数量

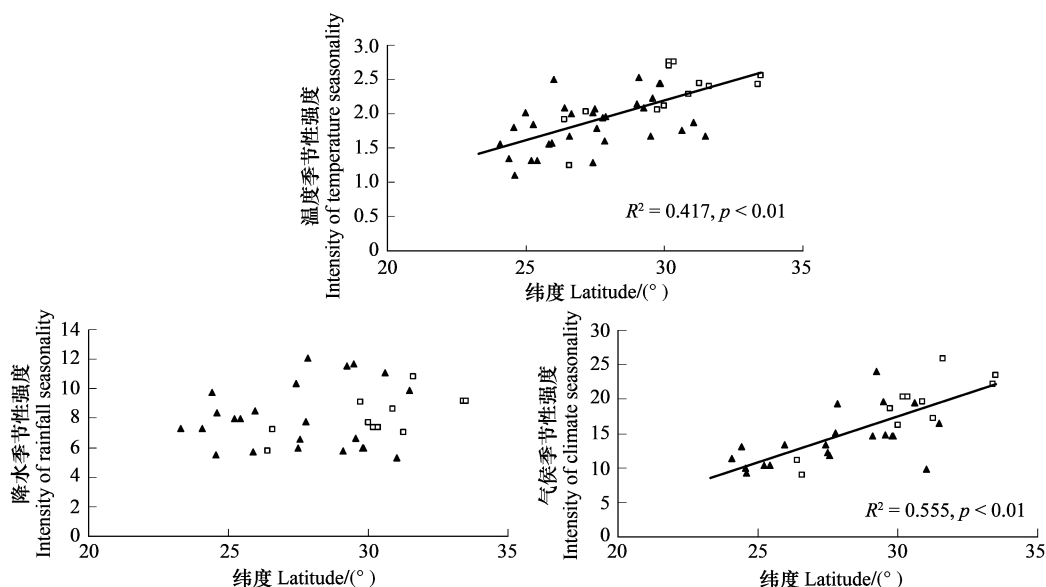


图2 中国亚热带地区49个山地纬度梯度上温度、降水和气候季节性强度的变化

Fig. 2 Variation in the seasonalities of temperature, precipitation, and climate of the 49 mountains along a latitudinal gradient in subtropical China

注:黑色三角表示不存在落叶阔叶林或其不明显,空心方框表示存在落叶阔叶林

同植被类型沿纬度方向交替分布的缩影,但是植被垂直带谱与水平植被带系列只是相似,而不是相同;植被垂直变化只是以水平地带性为基础,各山地所反映出的植被垂直分布有差异,并不是简单地重复植被的水平地带性。这与中国植被和四川植被^[14-15]中关于植被垂直带分布规律的结论是一致的。

植被垂直带谱与植被水平带分布之间差别的原因很多。不同的山体可能具有其独特性。山体坡度、坡向的不同,微地貌的复杂多变都有可能导致温度、光照条件、土壤水分和养分等因素的不同,从而影响了植物的生长发育等生活史过程以及种间关系,最终导致植被垂直带的不同。在山体海拔梯度上,随海拔上升,气候特点发生改变。例如,大约每上升100m温度下降0.6℃。但是,即使呈现出高纬度的年平均温度,它的气候特征总是被打上了它所在纬度的烙印。譬如,在我国亚热带的中纬度区域,当山体上年平均温度下降至与纬度

带大致相同时,温度的波动幅度却可能要小很多,王金锡等^[16]在关于山地针叶林的研究中就有提及。而且,山地海拔和坡向会极大改变日照时间和强度。和纬度水平上同一植被带相比,处于较低纬度的山地,日照时间长短在全年范围内的变化较小^[17]。即使与同纬度的平原相比,无论坡向怎样改变,日照时间的变化幅度仍十分有限。山地形成还能明显地改变降水量及其分配格局,它通常能增加迎风坡、但降低背风坡的降水量和降水频度,如在二郎山和贡嘎山等山地^[17-18]。因此,虽然山体发达的垂直带谱常常浓缩了水平地带性的特征^[19],但二者还是存在一定差异。

本文结果表明,在纬度梯度上,随纬度增加,温度和水热两者的综合效应的季节性强度增加,而且气候的季节性强度与植被垂直带的分布密切相关。太阳辐射的季节性强度通常随纬度增加而上升,虽然没有计算光照的季节性强度,但仍然可以说明气候季节性强度可能是落叶阔叶林在山地植被垂直带是否显著的一个重要决定因子。

温度季节性强度看起来,至少在本文中,能在很大程度上解释植被垂直带谱的变化。Ohsawa^[20]在峨眉山的研究发现,亚热带山地的两种温度条件,月积温达 85℃ 和最冷月均温为 -1℃ 接近同一海拔时将导致区域具有明显的季节性,适合落叶阔叶林的建成,反之则会导致缺少落叶林带或不显著。中国植被^[14]中也指出在热带条件下,山体缺乏冬季落叶的阔叶林带是由于海拔高处虽然气温降低,热量的季节性变化却不显著。水分的季节性强度指数与植被垂直带谱没有显著的关系,但是温度和降水的综合效应与植被垂直带谱显著相关。这可能是由于我国亚热带地区多属于旱季较不显著的湿润区。冬季最小月降水量也有数十毫米不等。由于大气环流的影响,虽然各季节降水分配不同,但没有明显的旱季抑制植物生长。如长江中下游到南岭山脉之间,春季降水约占全年 30%,但秋冬两季降水量也不少,各占 15% 左右^[14]。季风气候的导致亚热带冬温夏热、四季分明,降水丰沛且季节分配相对较为均匀,多数地区水热同步。因此温度季节性强度变化能在很大程度上控制着气候的季节性变化,使气候总体季节性强度与纬度呈现出极显著的相关性。山地垂直分布实质上反映了水平地带的大气热量条件和大气水分状况综合的特征^[15],因此与纬度相关的季节性变化影响着山地植被垂直带系列的建成。

表 1 中国亚热带 48 个山体的地理位置、年均温度与降水,植被垂直带分布,以及文献来源

Table 1 Geographic location, mean annual temperature and precipitation, vertical vegetation types, reference sources of 48 subtropical Chinese mountains

省份 Province	山脉 Mountain	纬度/(°) Latitude	经度/(°) Longitude	海拔/m Altitude	年均温/℃ Mean annual temperature	年降水/mm Mean annual precipitation	常绿阔叶林 Evergreen broad- leaved forest	常绿落叶 阔叶混交林 Mixed evergreen and deciduous broad-leaved forest	落叶阔叶林 Deciduous broad-leaved forest	针阔混交林 Mixed conifer and broad- leaved forest	针叶林 Conifer forest	参考文献 Literature source
广西	大明山	23.28	108.37	1774	17.9	1173	+	-	-	+	-	[21-22]
广西	大瑶山	24.04	110.14	1979	19.6	1600	+	-	-	+	-	[23]
广东	车八岭	24.07	114.16	1256	20.3	1507	+	-	-	+	-	[24]
广东	阴那山	24.39	116.39	1297.2	21.2	1358	+	-	-	+	+	[25-26]
江西	九连山	24.56	114.44	1430	19.4	1361	+	-	-	+	-	[27]
云南	无量山	24.59	100.53	3306	18.3	1087	+	-	-	+	+	[26]
湖南	莽山	24.96	112.86	1902	17.8	1600—2300	+	+	-	+	+	[28-29]
福建	梁野山	25.2	116.22	1538.4	19.9	1262	+	-	-	+	+	[30]
湖南	都庞岭	25.26	111.19	2009.3	18.6	1461—1690	+	-	-	+	-	[31]
福建	梅花山	25.41	116.85	1811	19.9	1262	+	+	-	+	+	[32]
福建	戴云山	25.84	118.38		12.1	1500—2000	+	-	-	+	+	[33]
广西	猫儿山	25.88	110.46	2141.5	17	1425	+	+	-	+	-	[11]
福建	天宝岩	25.93	117.53	1604.8	19.1	1470	+	-	-	+	+	[33-34]

省份 Province	山脉 Mountain	纬度/(°) Latitude	经度/(°) Longitude	海拔/m Altitude	年均温/℃ Mean annual temperature	年降水/mm Mean annual precipitation	常绿阔叶林 Evergreen broad- leaved forest	常绿落叶 阔叶混交林	落叶阔叶林 Deciduous broad-leaved forest	针阔混交林 Mixed conifer and broad- leaved forest	针叶林 Conifer forest	参考文献 Literature source
								Mixed evergreen and deciduous broad-leaved forest				
湖南	八面山	26	113.83	2042	10.4		+	+	-	+	+	[35]
湖南	南岭	26.38	110.56	1882.4	17.1	1705	+	+	-	+	-	[36-37]
贵州	雷公山	26.39	108.23	2189	15.7	1067	+	+	+	-	-	[38-39]
福建	龙栖山	26.55	117.28	1620.4	18.7		+	+	-	+	+	[40]
云南	高黎贡山	26.58	98.25	4649	15.5	966	+	-	+	+	+	[41]
江西	井冈山	26.63	114.1	2120.4	18.3	1856.2	+	-	-	+	-	[42]
湖南	苏宝顶	27.17	110.3		16.6		+	+	+	-	-	[43]
贵州	梵净山	27.41	108.71	2572	16.9	2600	+	+	-	+	+	[44]
云南	玉龙雪山	27.42	100.25	5596	12.6	950	+	-	-	+	+	[13]
江西	武功山	27.47	114.27	1870	17.7	1516.8	+	+	-	+	-	[27]
浙江	乌岩岭	27.55	119.73	1611.3	17.9	1390	+	+	-	+	-	[45]
四川	大凉山	27.75	102.07		10.9	1022	+	+	-	+	+	[46]
福建	武夷山	27.84	117.73	2157.7	19.3	2468	+	+	-	+	+	[47]
浙江	凤阳山- 百山祖	27.87	119.18	1929.3	18.1		+	+	-	+	+	[48]
湖南	幕阜山	28.99	113.83		16.9		+	+	-	-	+	[49]
四川	金佛山	29.08	107.17		8.3	1382	+	+	-	+	-	[50-51]
浙江	古田山	29.23	118.12	1246.2	17.3	2025	+	+	-	+	+	[52]
四川	峨眉山	29.49	103.39	3099	17.2	1923	+	+	-	+	+	[53]
江西	庐山	29.56	116	1474	17	1586	+	+	-	+	+	[54]
湖南	八大公山	29.73	109.92	1890.4	16.3	1613	+	+	+	-	-	[55]
四川	二郎山	29.8	102.5		7.1	804	+	+	-	-	+	[56]
四川	贡嘎山	29.83	101.79	7556	7.1	804	+	+	-	+	+	[9,57]
湖南	壶瓶山	29.99	110.73	2098.7	16.8	1545	+	+	+	-	+	[58-59]
安徽	清凉峰	30.16	118.93	1787.4	8.8	1450	+	+	+	-	-	[60]
安徽	牯牛降	30.17	117.48	1727.6	7.8		+	+	+	-	-	[61]
安徽	黄山	30.17	118.09	1860	7.8	2394.5	+	+	+	-	-	[62]
浙江	天目山	30.35	119.43	1505.7	8.8	1450	+	+	+	+	+	[63-64]
浙江	龙王山	30.38	119.38	1587.4	15.8	1390	+	+	-	+	+	[65]
四川	夹金山	30.61	102.68	5228	16.2	1774	+	+	-	+	+	[66]
安徽	鹞落坪	30.88	116.3	1721.5	16.5	1419	+	+	+	+	+	[67-68]
四川	四姑娘山	31.03	103.06	6250	12	614	+	+	-	+	+	[69]
安徽	金寨天马	31.25	115.58	1729.1	15.5	729	+	+	+	-	-	[70]
四川	九顶山	31.46	104	4989	17.2	1368	+	+	-	+	+	[71]
湖北	神农架	31.6	110.48	3105.4	14.3	1271	+	+	+	+	+	[10]
河南	伏牛山	33.38	111.79	2212.5	15.1	693	+	-	+	+	-	[72]
河南	宝天曼	33.48	111.94	1830	14.9	693	+	+	+	+	+	73]

符号 + 表示存在该植被类型,而 - 表示不存在

季节性强度能够影响植被的垂直分布是由于植物叶片寿命与植被的碳获取有着密切的联系。叶是植物体进行碳获取的最重要器官,其寿命长短就间接决定了物种的生活型,例如常绿和落叶。Kikuzawa^[4-5]从叶群体碳获取最大化的角度说明了叶寿命与生境季节性的关系,认为植物体可以通过调节叶片的寿命来使其碳获

取净收益达到最大。如果不考虑捕食和环境胁迫造成的损失,植物叶片碳获取净收益为植物通过光合作用所获得的碳总量减去叶片形态建成和呼吸维持所消耗的碳总量。当没有明显的非生长季,或者非生长季时间太短,如果植物来年形态建成的碳消耗大于维持老叶片所需要的呼吸消耗,则植物应维持老叶片增加寿命,表现为常绿。或者,当非生长季时间太长,则叶片寿命必须延长才能够获取足够的碳(能量)抵消形态建成的代价,例如北方针叶林的常绿针叶树种。只有非生长季长度适中(不太长,也不能太短)才可能出现落叶阔叶林。Givnish^[6]提出的整体个体模型认为叶片习性的形成机制应该从整个生物体的属性和适应来理解,而不能仅仅停留在单叶和叶群体的水平上,他将生物量分配格局、根系分布和植物其它属性耦合起来,同样强调了生境质量季节性大小的重要性,认为常绿植被通常出现在季节性强度较小的地区,而落叶植被则相反。

根据这些叶习性的模型,可以推测,常绿阔叶植物往往占据热带亚热带温度变化季节性较弱、年平均温度较高、生长季节较长的地区,针叶植物趋向于占据那些水分和营养贫乏、较为寒冷、非生长季节较长的气候季节性较弱的地带,而落叶阔叶植被则往往分布在气候季节性变化明显的地区。就垂直地带性而言,随着海拔的升高,常绿植被的分布也存在“双峰”现象:在气候因子季节性变化小的区域(非生长季时期很短或者很长),常绿植被占主导地位;而在气候季节性变化大的区域(介于前两者之间),植物往往采取落叶的策略。

中国亚热带山体,如果处在低纬度,季节性强度较低,非生长季节较短,因此不适宜落叶阔叶林的存在;相对而言只有较高纬度的亚热带山地,才会具有落叶阔叶林存在的条件。但是,也有很多例外情况。例如,在南方的高黎贡山,虽然总体上属于季风气候类型,但是同时受到了印度洋西南季风的影响,与同纬度的山体相比,具有较长的非生长季节,因此具有显著的落叶阔叶林分布。同样,雷公山也处在较低纬度,但由于随着海拔高度的升高,其雾日急剧增多,山顶多达 294d,太阳辐射强度小,非生长季较长,故存在落叶阔叶林。而纬度较高的山体如四姑娘山和九顶山,温度季节性强度较小,明显小于同纬度地区其他山脉如金寨天马和神农架,12 月份、1 月份的平均温度也在 2℃ 左右,其余月份温度均在 5℃ 以上,四季湿润,具有较短的非生长季节,因此落叶阔叶林带缺失。另外,山地走向和人为干扰可能也是一些特殊情况出现的原因。

总体上,本文结果表明气候的季节性变化强度影响着植被的分布。这一结果对当前的植被-气候关系研究和生态实践有着重要意义。第一,目前解释植被分布规律的模型如 Holdridge 模型、Kira 模型等虽然都包括温度、降水的参数,但往往没有提及季节性变化对植被的影响,存在一定的局限性。植被-气候模型中需要考虑季节性的影响。第二,全球气候变化研究是国内外关注的热点科学问题。在寻求如何应对和解决全球气候变化问题的过程中需要考虑季节性改变带来的效应,尤其在农业、林业等方面更应该注意季节性变化带来的影响。第三,山地的植被恢复需要因地制宜,气候条件的复杂多变影响着植物生活史的各个方面,恢复过程中伴随着的小气候变化也影响着植被恢复及其种类更替。因此,在恢复过程中要充分考虑山地气候条件,选择最适合当地的植被和恢复途径。

References:

- [1] Holdridge L R. Determination of world formations from simple climatic data. *Science*, 1947, 105: 367-368.
- [2] Woodward F I. *Climate and Plant Distribution*. Cambridge: Cambridge University Press, 1987.
- [3] Prentice I C. Biome models: main principles and applications. *Acta Phytocologica Sinica*, 1990, 26:481-488.
- [4] Walter H. *Global Vegetation*. Translated by Ecology Section, Institute of Botany, The Chinese Academy of Sciences. Beijing: Science Press, 1984.
- [5] Kikuzawa K. A cost-benefit analysis of leaf habit and leaf longevity of trees and their geographical pattern. *American Naturalist*, 1991, 138: 1250-1263.
- [6] Givnish T J. Adaptive significance of evergreen vs. deciduous leaves: solving the triple paradox. *Silva Fennica*, 2002, 36(3): 703-743.
- [7] Hou X Y. On the characteristics of the mountain vertical vegetation spectrum in China // Botanical Society of China. Abstracts of the papers presented at the 30th anniversary of the Botanical Society of China. Beijing: Institute of Scientific and Technical Information of China, 1963: 254-258.
- [8] Zhang X S. Fundamental ecogeographical type of Chinese mountain vertical vegetation spectrum // *Vegetation Ecology Researches-in memory of*

- Illustrious Ecologist, Prof. Hou Xueyu. Beijing: Science Press, 1994.
- [9] Shen Z H, Fang J Y, Liu Z L, Wu J. Patterns of biodiversity along the vertical vegetation spectrum of the east aspect of Gongga Mountain. *Journal of Plant Ecology*, 2001, 25(6):721-732.
- [10] Shen Z H, Hu H F, Zhou Y, Fang J Y. Altitudinal patterns of plant species diversity on the southern slope of Mt. Shennongjia, Hubei, China. *Biodiversity Science*, 2004, 12(1):99-107.
- [11] Zhu B, Chen A P, Liu Z L, Li G Z, Fang J Y. Changes in floristic composition, community structure, and tree species diversity of plant communities along altitudinal gradients on Mr. Mao'er, Guangxi, China. *Biodiversity Science*, 2004, 12(1):44-52.
- [12] Zheng C Y, Liu Z L, Fang J Y. Tree species diversity along altitudinal gradient on southeastern and north-western slopes of Mt. Huanggang, Wuyi Mountains, Fujian, China. *Biodiversity Science*, 2004, 12(1):63-74.
- [13] Feng J M, Wang X P, Xu C D, Yang Y H, Fang J Y. Altitudinal Patterns of plant species diversity and community structure on Yulong Mountains, Yunnan, China. *Journal of Mountain Science*, 2006, 24(1):110-116.
- [14] Wu Z Y. *China's Vegetation*. Beijing: Science Press, 1983.
- [15] Committee of Sichuan Vegetation. *Sichuan Vegetation*. Chengdu: Sichuan People's Publishing House, 1980.
- [16] Wang J X, Xu J Z, Hou G W, Liu J B, Pu J T, Shi L X, Liao G Y. *Ecology and Regeneration of Cut Blank in Alpine and Plateau Region of the Upper Reach of Yangtze River*. Beijing: China Forestry Publishing House, 1995.
- [17] Sun R Y, Li B, Zhuge Y. *Ecology*. Beijing: Higher Education Press, 1999.
- [18] Liu Z G. *Plant of Gongga Mountain*. Chengdu: Sichuan Publishing House of Science and Technology, 1985.
- [19] Fang J Y, Re-discussion about the forest vegetation zonation in Eastern China. *Acta Botanica Sinica*, 2001, 43(5):522-533.
- [20] Ohsawa M. Structural comparison of tropical montane rain forest along latitudinal and altitudinal gradient in south and East Asia. *Vegetation*, 1991, 97: 1-10.
- [21] Wen Y G. A Studies on the species diversity of vegetation in different environmental gradient in Daming Mountain. *Journal of Guangxi Agricultural University*, 1998, 17(2):131-137.
- [22] Li H, Zhou H G. Studies on ecological characteristics and vertical distribution of pteridophyta in Damingshan Mountain. *Journal of Guangxi Agricultural University*, 1993, 12(1):18-22.
- [23] Wen H Q. A study on the gymnosperm flora of Dayaoshan Mountain in Guangxi and its significance in forestry. *Journal of Wuhan Botanical Research*, 1992, 10(3):253-260.
- [24] Chen T, Miu S Y, Liao W B, Su Z Y, Tang S Q, Zhang H D. The floristic study of spermatophyta from Chebaling nature reserve in northern Guangdong. *Ecology Science*, 1992, 1:1-28.
- [25] Liao F L, Yang Q H. Forest vegetations and their vertical distributions in Yinnashan Mountain of Guangdong Province. *Acta Botanica Boreo-Occidentalia Sinica*, 2006, 26(2):0393-0401.
- [26] Peng H, Wu Z Y. The preliminary floristical Study on mid-montane humid evergreen broad-leaved forest in Mt. Wuliangshan. *Acta Botanica Yunnanica*, 1997, 20(1):12-22.
- [27] Xiao Z Y, Liang Y L. The characteristics and reproduction ways of protected plants resource in national reserve of Jiulian Mountain. *Jiangxi Forestry Science and Technology*, 2004, 4:32-33.
- [28] Xie G H. Characteristics of temperature and precipitations vertical variations and countermeasures of distributions on agriculture and forestry in Mang Mountain region. *Journal of Natural Science of Hunan Normal University*, 1992, 15(4):377-382.
- [29] Tang D S, Zeng S Q, Yan L H, Yang S Q, Ouyang C X. Analysis of the structure characteristics and formation reasons of several typical defective and low-effect secondary forests in Mangshan. *Journal of Central South Forestry University*, 2000, 20(4):20-24.
- [30] Yu X L, Xue S G. Study of flora of Hunan Dupangling nature reserve. *Journal of Central South Forestry University*, 1999, 19(1):29-34.
- [31] Chen C M. Research on plant biodiversity characteristics in the nature reserve of Meihua Mountain. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2006, 22(1):314-317.
- [32] Luo G T, Ye Y Q. Community characteristics of evergreen broad-leaved forests in Daiyunshan natural reserve. *Subtropical Plant Research Communications*, 1990(2):27-34.
- [33] Li M B, Luo M Y, Cai Q M, Huang D M, Zhan X B. Study on seed plant flora in Tianbaoyan nature reserve of Fujian Yong'an. *Yunnan Forestry Science and Technology*, 1999, 4:49-52.
- [34] Li Z F. The importance of ecological community in Tianbaoyan national nature reserve in Fujian Province. *Journal of Fujian Forestry Science and Technology*, 2004, 31(3):127-129.
- [35] Qi C J, Gui X J, Shi D L, Yan L H. Plant biodiversity in the middle reaches of the Yangtze River and conservation strategies. *Journal of Tropical and Subtropical Botany*, 2005, 13(3):185-197.

- [36] Bi X F, Peng H G, Huang Z L, Cao H L. Community structure and species diversity of the evergreen broadleaf forest in Nanling Dadingshan Nature Reserve. *Ecology Science*, 2005, 24(2):113-116.
- [37] Zhu B, Chen A P, Liu Z L, Fang J Y. Plant community composition and tree species diversity on eastern and western Nanling Mountains, China. *Biodiversity Science*, 2004, 12(1):53-62.
- [38] Yang S L. Protection and utilization of Leigong Mountain's vertical zonation and nature resources. *Journal of Guizhou Normal University*, 1990, 13:44-47.
- [39] Long L J. Protection and development of nature resources in Leigong Mountain nature reserve. *Natural Resources*, 1989, 3:50-55.
- [40] Wang G L, Sun Q G. Characteristics of subtropical plants from Longqi Mountain, Fujian Province and analysis of ecological value. *Journal of Fujian College of Forestry*, 2002, 22(4):376-380.
- [41] Wang Z H, Chen A P, Piao S L, Fang J Y. Pattern of species richness along an altitudinal gradient on Gaoligong Mountains, Southwest China. *Biodiversity Science*, 2004, 12(1):82-88.
- [42] Huang Z Q, Zhang G Y, Zhang Z Y. Characteristics of plant resources and conservation strategy of Jinggangshan Mountain. *Forest Inventory and Planning*, 2004, 29(3):82-84.
- [43] Quan M H, Xiang S J. Study on the vegetation in Xuefeng Mountains. *Journal of Huaihua Teachers College*, 2001, 20(5):60-61.
- [44] Zhou Z F, Qin Q Q, Xie Z M, Liu M M, Peng J J. Distribution of the forest vegetation of Fanjingshan mountain natural reserves based on 3S technology. *Geomatics and Spatial Information Technology*, 2006, 29(3):4-6.
- [45] Lin G Y, Cai J Z, Lin C L. Investigation and research on the medicinal plant resources of Wuyanling nature reserve. *Strait Pharmaceutical Journal*, 2006, 18(2):91-93.
- [46] Liangshan Chorography. The People's Government of Liangshan Yi Autonomous Prefecture, (2005-04-29)[2008-1-20]. <http://newht.lsz.gov.cn/inc/showdetail.aspx?infolid=20335>.
- [47] Lin P X. Dynamic of the plant assemblages in Wuyi mountain nature reserve. *Forestry Construction*, 2006, 1:19-20.
- [48] Cheng Q B, Wu M X, Chen H T. Comprehensive observations report on Fengyangshan-Baizushan nature reserves of Zhejiang. *Journal of Zhenjiang Forestry Science and Technology*, 1996, 16(6):1-7.
- [49] Li J X, Lin Q Z, Zhao L J. The flora of seed plants in Pingjiang Mufu Mountain. *Journal of Central South Forestry University*, 2008, 26(5):93-97.
- [50] Ma J L, Xie Z G. The interpretive survey of Jinfo Mountain nature reserve. *Journal of Chongqing Forestry Science and Technology*, 2006, 2:25-30.
- [51] Dai Y N. Biodiversity and its conservation in Jinfo Mountain nature reserve. *Tropical Geography*, 2002, 22(3):279-282.
- [52] Yu M J, Hu Z H, Yu J P, Ding B Y, Fang T. Forest vegetation types in Gutianshan natural reserve in Zhejiang. *Journal of Zhejiang University*, 2001, 27(4):375-380.
- [53] Gu H Y, Li C H. Biodiversity and flora of the mixed evergreen and deciduous broadleaved forest in Emei. *Bulletin of Botanical Research*, 2006, 26(5):618-623.
- [54] Luo G T, Li J X. Analysis on community characteristic of broad-leaved forest on Lushan Mountain. *Natural Science Journal of Harbin Normal University*, 1996, 12(4):95-102.
- [55] Liao B R, Xie Y, Li D Y. Preliminary study on the development of Eco-tourism in Badagongshan national nature reserve. *Central South Forest Inventory and Planning*, 2003, 22(2):47-52.
- [56] Wang C Q, Liu S Q. Study of forest soil types of Erlong Mountain. *Journal of Sichuan Agricultural University*, 1990, 8(4):298-311.
- [57] Shen Z H, Liu Z L, Wu J. Altitudinal pattern of flora on the eastern slope of Mt. Gongga. *Biodiversity Science*, 2004, 12(1):89-98.
- [58] Qin Z Y, Zhao T Z, Tian S R. Comprehensive evaluation on Hupingshan national nature reserve. *Forest Inventory and Planning*, 2006, 31(3):55-58.
- [59] Qin Z Y, Wang L H, Zhao T Z, Tian S R. Resource characteristics and evaluation of Hupingshan national nature reserve. *Journal of West China Forestry Science*, 2006, 35(3):93-100.
- [60] Huang C L. A study on the plant flora of Qingliangfeng nature conservation, Anhui province. *Journal of Wuhan Botanical Research*, 1993, 11(2):155-162.
- [61] Chen M L, Chen W H, Fang H M, Zhou S B, Zhang X P. Guniujiang Nature Reserve. *Plants*, 2004, 4:8-9.
- [62] Bi S F, Ni W Y, Li J. Diversity of seed plants and utilization in Huangshan nature and scenic reservation. *Resource Development and Market*, 2005, 21(6):546-547.
- [63] Tang M P, Zhou G M, Shi Y J, Chen Y G, Wu Y Q, Zhao M Y. Study of dominant plant populations and their spatial patterns in evergreen broadleaved forest in Tianmu Mountain, China. *Journal of Plant Ecology*, 2006, 30(5):743-752.

- [64] Zhou C G. The ecological characteristics of forest biodiversity of Tianmu Mountain and its sustainability. *Journal of Zhenjiang Forestry Science and Technology*, 1996, 16(5):1-7.
- [65] Zhang X L. The soil vertical patterns of Longwang Mountain nature reserve. *Chinese Journal of Soil Science*, 1996, 27(6):245-248.
- [66] Li C M, Wang X F. Development study of the forest tourism resources and utilization. *Journal of Sichuan Forestry Science and Technology*, 1998, 19(4):56-58.
- [67] Gao L, Xu R S, Cao J X, Zhou Z Y. A preliminary study on the flora of Yaoluoping National Resources Reserve. *Journal of Biology*, 2002, 19(6):32-42.
- [68] Xie Z W, Wu G F. The vegetation types and their distributions in Yaoluoping natural reserve of Anhui Province. *Journal of East China Normal University*, 1995, 3:93-102.
- [69] Peng D, Guo J Q, Lu Z M. Application of regional geochemistry and geophysics for ecological environment in Siguniang Mountain. *Computing Techniques for Geophysical and Geochemical*, 2001, 23(3):244-249.
- [70] Wang J. On discussion characteristic of animal and plant in Jinzhai county. *Journal of Anhui Normal University*, 1998, 21(3):292-297.
- [71] Liu S J, Su Z X, Wu Y. Floristic analysis of plant community on the east slope of Jiuding Mountain in Sichuan Province. *Chinese Journal of Ecology*, 2004, 23(2):41-44.
- [72] Wang L S. Study on plant resources of nature preserve in Funiushan of Henan Province II: study on vertical distribution of plant community and variety of plant species. *Shanxi Forestry Science and Technology*, 2004, 3:10-13.
- [73] Zhang Y M, Wu L H, Zhao T S, Wang Z Y. Study on the major types of vegetation and their vertical distribution in Baotianman Natural Reserve in Henan. *Acta Agriculture University Henanensis*, 1996, 30(2):178-185.

参考文献:

- [4] 沃尔特 H. 世界植被. 中国科学院植物研究所生态室译. 北京:科学出版社,1984.
- [7] 侯学煜. 论中国各植被区的山地植被垂直带谱的特征//中国植物学会. 中国植物学会三十周年年会论文摘要汇编. 北京:中国科学技术情报研究所, 1963: 254-258.
- [8] 张新时. 中国山地植被垂直带的基本生态地理类型//植被生态学研究——纪念著名生态学家侯学煜教授. 北京:科学出版社, 1994, 77-92.
- [9] 沈泽昊,方精云,刘增力,伍杰. 贡嘎山东坡植被垂直带谱的物种多样性格局分析. *植物生态学报*,2001,25(6)721-732.
- [10] 沈泽昊,胡会峰,周宇,方精云. 神农架南坡植物群落多样性的海拔梯度格局. *生物多样性*,2004,12(1):99-107.
- [11] 朱彪,陈安平,刘增力,李光照,方精云. 广西猫儿山植物群落物种组成、群落结构及树种多样性的垂直分布格局. *生物多样性*,2004,12(1):44-52.
- [12] 郑成洋,刘增力,方精云. 福建黄冈东南坡和西北坡乔木物种多样性及群落特征的垂直变化. *生物多样性*, 2004,12(1):63-74.
- [13] 冯建孟,王襄平,徐成东,杨元合,方精云. 玉龙雪山植物物种多样性和群落结构沿海拔梯度的分布格局. *山地学报*, 2006,24(1): 110-116.
- [14] 吴征镒. 中国植被. 北京: 科学出版社,1983.
- [15] 四川植被协作组. 四川植被. 成都:四川人民出版社,1980.
- [16] 王金锡,许金铎,侯广维,刘建邦,蒲家泰,史立新,廖光瑶. 长江上游高山高原林区迹地生态与营林更新技术. 北京:中国林业出版社,1995.
- [17] 孙儒泳,李博,诸葛阳. 普通生态学. 北京:高等教育出版社,1999.
- [18] 刘照光. 贡嘎山植被. 成都: 四川科学技术出版社,1985.
- [19] 方精云. 也论我国东部植被带的划分. *植物学报*,2001,43(5):522-533.
- [21] 温远光. 大明山不同环境梯度制备的植物多样性研究. *广西农业大学学报*, 1998,17(2):131-137.
- [22] 黎桦,周厚高. 广西大明山蕨类植物的生态特点及垂直分布. *广西农业大学学报*,1993,12(1):18-22.
- [23] 文和群. 广西大瑶山裸子植被区系分析及其在林业中的意义. *武汉植物学研究*, 1992,10(3):253-260.
- [24] 陈涛,缪绅裕,廖文波,苏志尧,唐绍清,张宏达. 广东车八岭自然保护区植物区系地理研究. *生态科学*, 1992,1:1-28.
- [25] 廖富林,杨期和. 广东阴那山森林植被及其垂直分布特征. *西北植物学报*, 2006,26(2):393-401.
- [26] 彭华,吴征镒. 无量山中山湿性常绿阔叶林及其植物区系的初步研究. *云南植物研*,1997,20(1):12-22.
- [27] 肖忠优,梁跃龙. 九连山自然保护区保护植物资源特征与繁育方法. *江西林业科技*, 2004,4:32-33.
- [28] 谢光辉. 莽山地区气温、降水垂直变化特点及农林布局对策. *湖南师范大学自然科学学报*, 1992,15(4)377-382.
- [29] 唐代生,曾思齐,颜立红,杨寿权,欧阳村香. 莽山几种典型低质低效次生林结构及成因分析. *中南林学院学报*, 2000,20(4):20-24.
- [30] 喻勋林,薛生国. 湖南都庞岭自然保护区植物区系的研究. *中南林学院学报*, 1999,19(1):29-34.

- [31] 陈传明. 梅花山自然保护区植物生物多样性特征研究. 农业资源与环境科学, 2006, 22(1): 314-317.
- [32] 罗光坦, 叶友谦. 福建戴云山自然保护区常绿阔叶林的群落特征. 亚热带植物通讯, 1990(2): 27-34.
- [33] 黎茂彪, 罗明永, 蔡庆民, 黄东明, 詹新标. 福建省永安天宝岩自然保护区种子植物区系研究. 云南林业科技, 1999, 4: 49-52.
- [34] 李肇峰. 福建天宝岩国家级自然保护区生态区位的重要性. 福建林业科技, 2004, 31(3): 127-129.
- [35] 祁承经, 桂小杰, 石道良, 颜立红. 长江中游(以湖北湖南为主)的植物生物多样性及其保护对策. 热带亚热带植物学报, 2005, 13(3): 185-197.
- [36] 毕肖峰, 彭华贵, 黄忠良, 曹洪麟. 南岭大顶山常绿阔叶林群落结构及其物种多样性. 生态科学, 2005, May, 24(2): 113-116.
- [37] 朱彪, 陈安平, 刘增力, 方精云. 南岭东西段植物群落物种组成及其树种多样性垂直格局的比较. 生物多样性, 2004, 12(1): 53-62.
- [38] 杨恕良. 雷公山的垂直自然带及其自然资源的保护与合理利用. 贵州师范大学学报, 1990, 13: 44-47.
- [39] 龙连江. 雷公山自然保护区自然资源的保护及开发. 自然资源, 1989, 3: 50-55.
- [40] 王国良, 孙启高. 福建龙栖山植物组成特征及其生态学价值分析. 福建林学院学报, 2002, 22(4): 376-380.
- [41] 王志恒, 陈安平, 朴世龙, 方精云. 高黎贡山种子植物物种丰富度沿海海拔梯度的变化. 生物多样性, 2004, 12(1): 82-88.
- [42] 黄志强, 张国勇, 张振瀛. 井冈山植物资源特点与保护对策. 林业调查规划, 2004, 29(3): 82-84.
- [43] 全妙华, 向孙军. 雪峰山苏宝顶植被考察. 怀化师专学报, 2001, 20(5): 60-61.
- [44] 周忠发, 秦青春, 谢湛明, 刘曼曼, 彭晶晶. 基于“3S”的梵净山自然保护区植被分布探讨. 测绘与空间地理信息, 2006, 29(3): 4-6.
- [45] 林观祥, 蔡进章, 林崇良. 乌岩岭自然保护区药用植物资源调查. 海峡药学, 2006, 18(2): 91-93.
- [46] 凉山州志. 凉山州人民政府门户网站. (2005-04-29) [2008-1-20]. <http://newht.lsz.gov.cn/inc/showdetail.aspx?inoid=20335>
- [47] 林培贤. 武夷山自然保护区植被动态趋势. 林业建设, 2006, 1: 19-20.
- [48] 程秋波, 吴鸣翔, 陈豪庭. 浙江凤阳山-百山祖自然保护区综合考察报告. 浙江林业科技, 1996, 16(6): 1-7.
- [49] 李家湘, 林亲众, 赵丽娟. 平江幕阜山种子区系. 中南林学院学报, 2008, 26(5): 93-97.
- [50] 马建伦, 谢章桂. 金佛山国家级自然保护区综合考察初报. 重庆林业科技, 2006, 2: 25-30.
- [51] 戴亚南. 金佛山自然保护区生物多样性及其保护浅析. 热带地理, 2002, 22(3): 279-282.
- [52] 于明坚, 胡正华, 余建平, 丁炳扬, 方腾. 浙江古田山自然保护区森林植被类型. 浙江大学学报, 2001, 27(4): 375-380.
- [53] 谷海燕, 李策宏. 峨眉山常绿阔叶混交林的生物多样性及植物区系初探. 植物研究, 2006, 26(5): 618-623.
- [54] 罗光坦, 李景信. 庐山阔叶林群落特征分析. 哈尔滨师范大学自然科学学报, 1996, 12(4): 95-102.
- [55] 廖博儒, 谢云, 李迪友. 八大公山国家级自然保护区发展生态旅游初探. 中南林业调查规划, 2003, 22(2): 47-52.
- [56] 王昌全, 刘世全. 二郎山森林土壤类型研究. 四川农业大学学报, 1990, 8(4): 298-311.
- [57] 沈泽昊, 刘增力, 伍杰. 贡嘎山东坡植物区系的垂直分布格局. 生物多样性, 2004, 12(1): 89-98.
- [58] 秦中云, 赵天忠, 田书荣. 壶瓶山国家级自然保护区综合评价. 林业调查规划, 2006, 31(3): 55-58.
- [59] 秦中云, 王兰会, 赵天忠, 田书荣. 壶瓶山国家级自然保护区的资源特点及其评价. 西部林业科学, 2006, 35(3): 93-100.
- [60] 黄成林. 安徽省清凉峰自然保护区植物区系研究. 武汉植物学研究, 1993, 11(2): 155-162.
- [61] 陈明林, 陈文豪, 方宏明, 周守标, 张小平. 牯牛降自然保护区. 植物杂志, 2004, 4: 8-9.
- [62] 毕淑峰, 倪味咏, 李键. 黄山自然风景保护区种子植物多样性的开发利用. 资源开发与市场, 2005, 21(6): 546-547.
- [63] 汤孟平, 周国模, 施拥军, 陈永刚, 吴亚琪, 赵明永. 天目山常绿阔叶林优势种群及其空间分布格局. 植物生态学报, 2006, 30(5): 743-752.
- [64] 周重光. 天目山森林生物多样性的生态学特征及其保续. 浙江林业科技, 1996, 16(5): 1-7.
- [65] 张雪林. 龙王山自然保护区土壤垂直带谱. 山地通报, 1996, 7(6): 245-248.
- [66] 李昌明, 王晓芳. 浅谈夹金山林区森林旅游资源开发利用. 四川林业科技, 1998, 19(4): 56-58.
- [67] 高林, 徐如松, 曹姣仙, 周宗运. 鹞落坪国家级自然保护区植被类型的初步探讨. 生物学杂志, 2002, 19(6): 32-42.
- [68] 谢中稳, 吴国芳. 安徽省鹞落坪自然保护区的植被类型及其分布. 华东师范大学学报, 1995, 3: 93-102.
- [69] 彭东, 郭建强, 卢志明. 区域地球化学、地球物理资料在四姑娘山地区生态环境评价中的应用. 物探化探计算技术, 2001, 23(3): 244-249.
- [70] 王军. 金寨县动植物资源特点的探讨. 安徽师大学报, 1998, 21(3): 292-297.
- [71] 刘守江, 苏智先, 吴勇. 四川九顶山东坡植物群落的区系研究. 生态学杂志, 2004, 23(2): 41-44.
- [72] 王理顺. 河南省伏牛山自然保护区植物资源研究(II). 陕西林业科技, 2004, 3: 10-13.
- [73] 张益民, 吴立宏, 赵体顺, 吴正用. 河南宝天曼自然保护区主要植被类型及垂直分布的研究. 河南农业大学学报, 1996, 30(2): 178-185.