

中国潜在植被空间分布格局

李 飞¹, 赵 军¹, 赵传燕², 郝君明¹, 郑佳佳¹

(1. 西北师范大学地理与环境科学学院, 兰州 730070; 2. 中国科学院寒区旱区环境工程研究所, 兰州 730070)

摘要:潜在植被作为一种与所处立地达到平衡的演替终态,反映的是无人干扰情况下,立地所能发育形成的最稳定成熟的一种顶极植被类型,是一个地区现状植被的发展趋势。潜在植被的研究能够真实反映气候条件对植被形态变化的影响,是植被-环境分类与关系研究的起点,也是全球变化与陆地生态系统研究的关键。以综合顺序分类法为基本理论基础,在 GIS 研究方法支持下,利用我国 2348 个气象台站 1961~1990 年 30a 的气候资料,对我国潜在植被类型进行了划分,得出以下结论:(1)分布在我国的潜在植被类型有 41 类,表现出了我国潜在植被的多样性特征;从面积相对比例来看,我国潜在植被在分布面积上很不均匀,面积最大的寒冷潮湿多雨冻原、高山草甸类分布面积达到 1526188 km²,面积最小的炎热微干稀树草原类分布面积仅为 13 km²。(2)海拔 0~6800m 之间,是我国潜在植被主要分布的海拔界限,并且此海拔段植被多样性随海拔变化呈现出一定的规律性,即随海拔增加植被多样性显著下降。(3)我国潜在植被的空间分布很好的体现了三向地带性规律,而决定这种分布的主要原因是太阳辐射的纬度性变化、距离海洋的远近引起水分条件变化以及由海拔高度引起的从基带向上热量和干湿变化。(4)我国潜在植被空间格局在重心分布上,主要表现为空间聚集(P1、P2、P3、P4、P5、P6)和空间线型邻接(L1、L2、L3)两个主要特征。

关键词:潜在植被;综合顺序分类法;中国

文章编号:1000-0933(2008)11-5347-09 中图分类号:Q149 文献标识码:A

The potential vegetation spatial distributions and patterns in China

LI Fei¹, ZHAO Jun¹, ZHAO Chuan-Yan², HAO Jun-Ming¹, ZHENG Jia-Jia¹

1 College of Geography and Environmental Science, Northwest Normal University, Gansu Lanzhou 730070, China

2 Cold and Arid Regions Environmental and Engineering Research Institute, Chinese Academy of Sciences, Gansu Lanzhou 730070, China

Acta Ecologica Sinica, 2008, 28(11): 5347 ~ 5355.

Abstract: The potential vegetation, as a final state of succession which achieves the balance with its site, is the most stable and mature climax vegetation type at the site without human interference, and is the trend of the regional vegetation development. The study of potential vegetation can substantially reveal the impact of climate on the changes of the vegetation patterns. It is the starting point of the vegetation-environmental classification and relationship study, as well as the key point of the global change and terrestrial ecosystem study. Based on the methodology of integrated sequence classification and the support of GIS methods, this paper analyzed meteorological data (> 0°C annual cumulative temperature and precipitation) from 2,348 stations from 1961 to 1990, and classified the potential vegetation categories in China. The classification results show that: (1) There are 41 potential vegetation categories in China, which shows the diversity of potential vegetation in China. Comparatively, the distribution of China's potential vegetation is rather uneven in light of the

基金项目:甘肃省自然地理学重点学科资助项目(5001-048);国家自然科学基金资助项目(40671067)

收稿日期:2008-05-05;修订日期:2008-07-25

作者简介:李飞(1982~),男,甘肃庄浪人,硕士生,主要从事地图学与地理信息系统研究. E-mail: lfgis@163.com.cn.

Foundation item: The project was financially supported by key physical geography discipline of Gansu Province (No. 5001-048); National Natural Science Foundation of China (No. 40671067)

Received date: 2008-05-05; **Accepted date:** 2008-07-25

Biography: LI Fei, Master, mainly engaged in GIS and its application. E-mail: lfgis@163.com.cn

different size that the potential vegetation covers; the largest one, which is the frigid perhumid rain tundra, alpine meadow, covers 1526188 km², and the smallest one, which is the tropical-semiarid savanna, only covers 13 km². (2) The main altitude limits of the potential vegetation in China is between 0 ~ 6800m. Within this range, with the increase of the altitude the vegetation diversity decline significantly. (3) The spatial distribution of China's potential vegetation reflects the three zonality very well, which is latitude zonality, longitude zonality and the vertical zonality. These three zonalities are mainly caused by the variation of the radiation along the change of latitude, changes of the humidity with the change of distances from the sea, and changes of the heat and humidity caused by the change of height respectively. (4) China's potential vegetation shows two main characteristics in the distribution of gravity center, which are space gathering (P1, P2, P3, P4, P5, P6) and space linear adjacency (L1, L2, L3).

Key Words: potential vegetation; integrated sequence classification; China

当前全球气候变化日益显著,许多自然系统正在受到区域气候变化,特别是受到温度升高的影响^[1~5],准确地预测气候变化以及未来气候变化对生态系统的可能影响已经成为国际地圈与生物圈计划(IGBP)的主要研究目标。植物生态学的观点认为,主要的植被类型表现了植物界对主要气候类型的反映,每个气候类型或分区都有一套相应的植被类型。分析和研究这种植被与气候间的相互关系,作出植被类型相应的环境(气候)解释乃是植被生态学家的主要任务之一,特别是在进行全球变化与陆地生态系统关系的研究中,气候-植被关系的确定具有十分重要的实际意义^[6]。在众多的植被-气候研究中,潜在植被由于其在生态学中的特殊意义,受到地理学、植物学、气候学及生态学等领域学者的格外重视。潜在植被又称地带植被,指的是在当前气候条件下,当植被与气候条件完全达到平衡时所应发育的自然植被。潜在植被作为一种与所处立地达到平衡的演替终态,反映的是无人干扰的情况下,立地所能发育形成的最稳定成熟的一种顶极植被类型,是一个地区现状植被的发展趋势。潜在植被的研究能够真实反映气候条件对植被形态变化的影响,是植被-环境分类与关系研究的起点,也是全球变化与陆地生态系统研究的关键^[7~10]。

1 研究进展

潜在植被的概念是从 1956 年在“演替顶级”问题长期讨论的过程中,由 Reinhold Tüxen 最早提出的“潜在自然植被”的概念中演化出来的^[11]。概念提出之后受到相关领域众多学者的极大关注,潜在植被的研究也因此得到快速的发展。总的说来,潜在植被研究分为两个阶段:传统的以定性描述的阶段和以地理信息技术为支撑的定量研究阶段^[12~18]。现阶段的潜在植被研究基本上都是采用 GIS 技术以及遥感技术的定量研究,克服了潜在植被定性研究客观性程度较低、重复性程度差和低效高成本(时间和金钱)的缺点,具有数字化、可视化等特点。

1.1 国外潜在植被研究

国外潜在植被研究一直处于领先地位,其发展也是由国外学者所主导。20 世纪 60 年代,GIS 技术开始兴起,提供了大范围、高分辨率地理数据的分析功能,尤其是数字高程模型(DEM)资料的 GIS 处理,不仅可以产生最基本的地形参数(如高程带、坡度、坡向等,而且可以产生多达 17 个水文和生态模拟有用的其它地形参数)^[19,20]。在这期间,国外学者建立了许多潜在植被研究模型,并运用于实际的区域及全球潜在植被研究中。代表性的研究有 Brzeziecki 等选取气候、地形和土壤等因素,建立了植物群落与选择因子的概率模型,结合 GIS 技术模拟了瑞士山区 71 种森林群落的地理分布^[21];Guisan 等利用年平均温度与山地植物种的线性关系模拟了瑞士 Valais 地区的高山植物种的空间分布,获得了高分辨率的物种分布图^[22];Brown 在美国与加拿大边界的冰川国家公园对 4 种植被类型进行模拟,并与基于 Landsat TM 的植被分类相比较^[23];Dymond 在加拿大 Kananaskie 河流域利用土壤水分、温度和太阳辐射模拟了植被的空间格局^[24];Betts、Crame、Bachelet 等学者应用 RDGVMs(dynamic global vegetation models)对全球尺度植被结构与分布进行了模拟。

1.2 国内潜在植被研究

国内潜在植被研究大体上也分为定性描述和定量研究两个阶段,只是这两个阶段相比国外同类研究都有很大的差距。特别是定量研究阶段,由于我国的地理信息技术是在 20 世纪 80 年代之后才发展起来的,所以更显得发展不足。突出的表现是现阶段用于潜在植被研究的模型都是建立在国外区域以及全球尺度上的,对于我国区域潜在植被研究很不适应。而我国学者在做这方面的研究时,主要也是对国外学者所构建的模型进行修改之后用于我国潜在植被的研究,这显然是不够的。不过,国内学者正在打破这种局面,不断地对中国潜在植被研究探索努力。2002 年,赵茂盛等对 MAPSS 模型中的某些参数和过程进行了调整,用改进后的 MAPSS 模型模拟了中国当前气候状况下潜在植被类型及叶面积指数的分布;2004 年,刘华民、吴绍洪等系统地总结了潜在植被的研究,对潜在自然植被的概念、研究的时空尺度、研究方法等进行了论述;2006 年,赵东升、李双成、吴绍洪对青藏高原的气候植被模型进行了系统的比较;2007 年,赵传燕等用遥感技术手段对黄土高原祖厉河流域潜在植被进行了模拟研究。这些都是我国学者对潜在植被的比较成功的研究^[25~28]。总之,国内潜在植被研究正得到越来越多学者的关注,研究成果越来越接近中国实际。

2 研究方法 with 数据

2.1 研究方法

2.2.1 潜在植被评定模型的选择

潜在植被现象的极其复杂,成为对潜在植被类型进行简单定量表达的巨大障碍。为了更准确地理解、模拟气候与植被相互作用的机理,20 世纪中叶以来,一系列植被模型及它们与气候模式耦合的模式相继出现。值得注意的是,无论哪一个模型,无论它如何复杂,都无法百分之百地模拟所有的自然过程,不同的模型都具有不同的缺陷和不足,因此模型的比较研究是必需的,在实际的研究过程中要选择适合研究区域及研究状况的模型。

本文中所运用的模型是任继周和胡自治(1958 年)提出的气候-土地-植物综合顺序分类法理论,此理论唯物地承认气候、土地、植物在构成草地这一土地-生物资源中的作用,辩证地认识和处理气候、土地和植物等因素在草原分类中的顺序关系,并按其稳定程度顺序地安排它们在一定的级别中作为分类指标,气候条件较之土地和植物稳定,就将其作为高级分类单位的指标,植物条件最容易发生变化,就将其作为低级分类单位的指标。

类是综合顺序分类法的基本单位,根据地带性生物气候特征划分。在具体划分中,首先以量化的生物气候指标—— $>0^{\circ}\text{C}$ 的年积温($\sum \theta$)和湿润度(K)为依据,将热量带和湿润度级相结合划分类^[29]。

$$K = R/0.1 \sum \theta$$

式中, K 为湿润度; R 为年降水量; $\sum \theta$ 为 $>0^{\circ}\text{C}$ 年积温; 0.1 为模型调整系数。

综合顺序分类法自从提出到现在已有 40 余年历史,现以发展成了完整的理论体系。虽然综合顺序分类法是面向草原分类提出的方法,但是从气候指标到植被景观仍属潜在植被评定模型。

2.2.2 研究的方法

在地理学研究中,由于常规方法无法对空间中所有点进行观测,常需要根据已知的空间数据估计(预测)未知空间的数据值。由于气象台站分布的离散性,气象数据也以离散点的形式分布。要想获取整个中国区域的气候特征,就需要根据离散的气象数据空间插值得到整个区域的气候特征。空间内插方法有多种,必须指出对于众多的空间内插方法而言,没有绝对最优的空间内插方法,只有特定条件下的最优方法。本文采用基于分区 DEM 修正的中国陆地多年平均积温插值方法^[30](DEM + IDW)与 Kriging 空间插值方法。

DEM + IDW 插值模型:

$$\hat{Z}_{\lambda\varphi}(x_j) = Y'_{\lambda\varphi}(H)H_{x_j} + \sum_{i=1}^n [Z_{\lambda\varphi}(x_i) - Y'_{\lambda\varphi}(H)H_{x_i}] \cdot d_{ij}^{-r} / \sum_{i=1}^n d_{ij}^{-r}$$

2.2 数据来源

气候数据采用甘肃农业大学“中国草地分类新系统及其计算机检索”项目的“草原分类数据库”中全国 2348 个气象台站的 1961~1990 年 30a 平均 $>0^{\circ}\text{C}$ 年积温、降水量以及各气象台站地名、经度、纬度和海拔高度数据;DEM 数据采用美国地质调查局(USGS)发布的全球 $1\text{km} \times 1\text{km}$ DEM 数据;中国边界数据采用国家基础地理信息中心发布的 1:400 万中国行政区划数据。

3 潜在植被空间分布与格局

3.1 潜在植被的空间分布

综合顺序分类方法共划分植被类型 42 类,通过我国 2348 个气象台站多年平均气候资料得到的潜在植被类型为 41 类,其中炎热极干荒漠类没有划分出来。我国潜在植被类型中,寒冷潮湿多雨冻原、高山草甸类分布面积最大,达到 1526188 km^2 ,占国土面积的 15.9%,主要分布在青藏高原区;温暖极干暖温带荒漠类次之,分布面积为 872444 km^2 ,主要分布在塔里木盆地;面积最小的为炎热微干稀树草原类,面积仅为 13 km^2 ,集中分布在云贵高原一带。各类型主要分布见表 1。

表 1 中国潜在植被主要分布
Table 1 Mainly distribution statistics of potential vegetation in China

类代号 Class-ID	潜在植被类 Classes of potential vegetation	面积 Area (km^2)	海拔界限(m) Altitude limits	主要分布 Mainly distribution
I A	寒冷极干寒带荒漠、高山荒漠类 Frigid-extrarid frigid desert, alpine desert	7148	3000 ~ 5000	阿尔金山脉 Aljin Mountains
II A	寒温带干山地荒漠类 Cold temperate-extrarid montane desert	109058	2000 ~ 6600	柴达木盆地 Chaidamu Basin
III A	微温带干温带荒漠类 Cool temperate-extrarid temperate zonal desert	266069	800 ~ 6600	阿拉善高原及阿尔金山脉南侧 Alashan Plateau and south Aljin Mountain
IV A	温暖极干暖温带荒漠类 Warm temperate-extrarid warm temperate zonal desert	872444	- 153 ~ 6400	塔里木盆地 Tarim Basin
V A	暖热极干亚热带荒漠类 Warm-extrarid subtropical desert	23475	2800 ~ 5600	大喜马拉雅极高山 The high Himalaya mountain
VI A	亚热带极干亚热带荒漠类 Subtropical-extrarid subtropical desert	2245	2600 ~ 4800	大喜马拉雅极高山 The high Himalaya mountain
I B	寒冷干旱寒带半荒漠、高山半荒漠类 Frigid-arid frigid zonal semidesert	120793	2400 ~ 6800	昆仑山与阿尔金山脉南侧 Kunlun Mountain and south Aljin Mountain
VII A	炎热极干热荒漠类 Tropicaextrarid tropical desert	—	—	—
II B	寒温带干旱山地半荒漠类 Cold temperate-arid montane semidesert	165943	1000 ~ 6800	柴达木盆地周边地区 surrounding area of Chaidamu Basin
III B	微温带干旱温带半荒漠类 Cool temperate-arid temperate zonal semidesert	662383	200 ~ 6800	准噶尔平原与山地 Plain and mountain in the Zhungeer basin
IV B	暖温带干旱温带半荒漠类 Warm temperate-arid warm temperate zonal semidesert	163294	0 ~ 6400	准噶尔盆地 Zhungeer basin
V B	暖热干旱亚热带半荒漠类 Warm-arid warm subtropical semidesert	4605	0 ~ 2400	大喜马拉雅极高山地区 The high Himalaya mountain region
VI B	亚热带干旱亚热带荒漠灌丛类 Subtropical arid subtropical desert brush	5879	0 ~ 2200	大喜马拉雅极高山地区 The high Himalaya mountain region
I C	暖温带微干暖温带典型草原类 Frigid-semiarid dry tundra, alpine steppe	44765	2000 ~ 6600	昆仑山一带 Kunlun Mountain area
VII B	炎热干旱热带荒漠灌丛类 Tropical arid tropical desert brush	1915	0 ~ 1000	大喜马拉雅极高山地区 The high Himalayan mountain region
II C	寒温带微干山地草原类 Cold temperate-semiarid montane steppe	65907	800 ~ 7000	藏北高原地区 northern Tibet region
III C	微温带微干温带典型草原类 Cool temperate-semiarid temperate typical steppe	315775	0 ~ 3600	东北平原地区和阴山山脉一带 Northeast Plain region and the Yinshan Mountain area

续表

类代号 Class-ID	潜在植被类 Classes of potential vegetation	面积 Area (km ²)	海拔界限(m) Altitude limits	主要分布 Mainly distribution
I D	寒冷微润少雨冻原、高山草甸草原类 Frigid-sub-humid moist tundra, alpine meadow steppe	46915	1600 ~ 6400	昆仑山一带 Kunlun Mountains area
IVC	暖温微干暖温带典型草原类 Warm temperate-semiarid warm temperate typical steppe	121060	0 ~ 3400	黄河、海河、淮河冲积平原 Yellow River, Haihe River, Huaihe River fluvial plain
VC	暖温微干亚热带禾草-灌木草原类 Warm-semiarid subtropical grasses-fruticous steppe	7832	0 ~ 2400	大喜马拉雅极高山地区 The high Himalayan mountain region
II D	寒温微润山地草甸草原类 Cold temperate subhumid montane meadow steppe	53690	400 ~ 6400	祁连山脉 Qilian Mountain
VIC	亚热带微干亚热带禾草-灌木草原类 Subtropical-semiarid subtropical brush steppe	3546	0 ~ 1800	大喜马拉雅极高山地区 The high Himalayan mountain region
I E	寒冷湿润冻原、高山草甸类 Figid-humid tundra, alpine meadow	69784	2000 ~ 6400	藏北台原地区 northern Tibet region
III D	微温微润草甸草原类 Cool temperate-subhumid meadow steppe	376743	0 ~ 4200	东北平原及锡林郭勒高原与丘陵地区 North-east Plain and Xilingoluo high plain and hilly area
VIC	炎热微干稀树草原类 Tropical-semiarid savanna	13	1000 ~ 1200	云贵高原 Yunnan-Guizhou Plateau
IVD	暖温微润森林草原类 Warm temperate-subhumid forest steppe	285621	-153 ~ 3800	华北平原地区 North China Plain region
II E	寒温湿润山地草甸类 Cold temperate-humid montane meadow	113149	200 ~ 5800	沿大兴安岭及太行山分布 Distribution along the Great Xing'an Mountain and the Taihang Mountain
I F	寒冷潮湿多雨冻原、高山草甸类 Frigid perhumid rain tundra, alpine meadow	1526188	600 ~ 8752	青藏高原 Qinghai-Tibet Plateau
VD	暖热微润落叶阔叶林类 Warm-subhumid deciduous broad leaved forest	40939	0 ~ 3000	淮阳低山与丘陵地区 Huaiyang low mountain and hill areas
III E	微温湿润森林草原、落叶阔叶林类 Cool temperate-humid forest steppe, deciduous broad leaved forest	552507	0 ~ 4800	东北平原 Northeast Plain
VID	亚热带微润硬叶林和灌丛类 Subtropical-subhumid sclerophyllous forest	21263	0 ~ 2400	滇西横断山高山峡谷 Hengduan Mountains in western Yunnan, high mountain and deep gorge
II F	寒温潮湿寒温性针叶林类 Cold temperate perhumid taiga forest	529800	0 ~ 5600	大兴安岭低山中山与太原地区 Great Xing'an Mountain, Taiyuan
IVE	暖温湿润落叶阔叶林类 Warm temperate-humid deciduous broad leaved forest	384006	0 ~ 4200	山东低山与丘陵地区 low mountain and hilly areas in Shandong
VII D	炎热微润干旱森林类 Tropicalsubhumid tropical xerophytic forest	2436	0 ~ 1200	台西丘陵平原 Hilly plains in the west of Taiwan
III F	微温潮湿针叶阔叶混交林类 Cool temperate perhumid mixed coniferous broad leaved forest	396514	0 ~ 5200	东北东部山地 east mountain in the Northeast plain
VE	暖热湿润常绿-落叶阔叶林类 Humid evergreen-deciduous broad leaved forest	369058	0 ~ 3000	江浙冲击平原及秦岭淮阳中山与低山地区 Fluvial plain in Jiangsu and Zhejiang province, Qinling Mountain, Huaiyang middle and lower mountain area
VI E	亚热带湿润常绿阔叶林类 Subtropical-humid evergreen broad leaved forest	227794	0 ~ 2200	广西盆地岩溶低山中山与丘陵地区 Guangxi Basin, lower and middle karst mountains
IV F	暖温潮湿落叶阔叶林类 Warm temperate perhumid deciduous broad leaved forest	375620	0 ~ 4000	沿鄂西黔中滇东中山高原与山原一带分布 Distributed in the middle mountain and plateau in western Hubei, middle Guizhou, eastern Yunnan province
VII E	炎热湿润季雨林类 Tropical-humid seasonal rain forest	64323	0 ~ 1200	琼雷台地及海南岛 Qionglei mesa and Hainan Island
VF	暖热潮湿落叶、常绿阔叶林类 Warm-perhumid deciduous-evergreen broad leaved forest	597253	0 ~ 2800	长江中下游平原及华中华东低山丘陵地区 Fluvial plain in the Middle and lower reaches of the Yangtze River and hilly areas of East and Central China

续表

类代号 Class-ID	潜在植被类 Classes of potential vegetation	面积 Area (km ²)	海拔界限(m) Altitude limits	主要分布 Mainly distribution
VI F	亚热带潮湿常绿阔叶林类 Subtropical perhumid evergreen broad leaved forest	590288	0 ~ 2600	东南低山与丘陵地区 Low hills and mountains in the southeast of China
VII F	炎热湿润雨林类 Tropical perhumid rain forest	11959	200 ~ 1200	粤桂低山与丘陵地区 The hilly areas of Guangdong, Guangxi

4.2 潜在植被景观复杂度及多样性与地形的相关分析

依据 USGS 发布的全球 1km × 1km DEM 数据,对中国区域的 DEM 数据以 200m 进行等间距分级,其中 -153 ~ 0m、8600 ~ 8752m 分别分为一级,统计各潜在植被类的海拔分布范围(表 1)。从潜在植被的海拔分布范围看,面积最大的寒冷潮湿多雨冻原、高山草甸类的分布范围最宽,从 600m 到 8752m 都有分布,主要分布在海拔 4000m 以上的青藏高原区。炎热微干稀树草原类的海拔分布范围最小,在 1000m 到 1200m 之间。从整体来看,除暖热极干亚热带荒漠类在海拔 400 ~ 2800m、暖温干旱暖温带半荒漠类在海拔 3000 ~ 3600m 有间断外,各植被类型的分布在海拔高度上有很好的连续性。从海拔分级段和植被多样性(植被类数)统计来看,海拔 0 ~ 6800m 之间植被类数随海拔高度增加而显著减小,用二次多项式拟合的 $R^2 = 0.9628$,在此海拔段植被多样性随海拔变化呈现出一定的规律性(图 2)。在海拔 -153 ~ 0m 之间的植被为温暖极干暖温带荒漠类、暖热极干亚热带荒漠类、暖温微润森林草原类 3 类,主要以暖热极干亚热带荒漠类为主,占此海拔分段面积的 95% 以上。在 6800 ~ 7000m 和 7200 ~ 7400m 分级段上的类各为 2 类,分别为寒温微干山地草原类、寒冷潮湿多雨冻原、高山草甸类和寒冷微润少雨冻原、高山草甸草原类、寒冷潮湿多雨冻原、高山草甸类,7000m 以上仅有寒冷潮湿多雨冻原、高山草甸类一类分布。

4.3 潜在植被景观的地域分异

自然地理环境各组成成分及其构成的自然综合体在地表沿一定方向分异或分布是有规律性的,一般认为这种分异规律表现为 3 种地带性规律,即纬度地带性、干湿度地带性和垂直地带性。依据赵松桥的自然区划,对中国潜在植被分布图进行分析,在东部季风区有 27 个类型,占总类型数的 65.9%,植被从北向南依次是寒温潮湿寒温性针叶林类→微温湿润森林草原、落叶阔叶林类→暖温微润森林草原类→暖温湿润落叶阔叶林类→暖热潮湿落叶、常绿阔叶林类→亚热带潮湿常绿阔叶林类→炎热湿润季雨林类,虽然有间断但基本沿纬线分

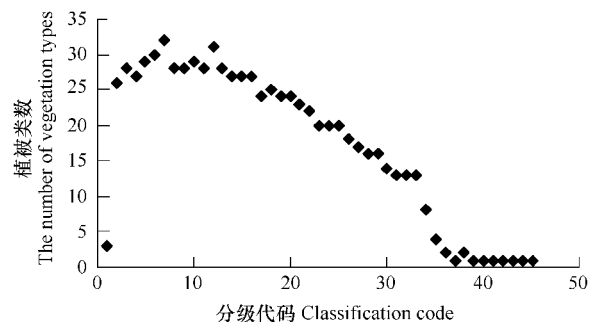


图 2 植被多样性随海拔高度的分级变化

Fig 2 Vegetation diversity changes with the classification of the altitude

布,尤其是寒温潮湿寒温性针叶林类、微温湿润森林草原→落叶阔叶林类、暖热湿润常绿→落叶阔叶林类和暖热潮湿落叶、常绿阔叶林类以及亚热带潮湿常绿阔叶林类有很强的纬度地带性,这主要是因为太阳辐射随纬度变化分布不均,植被分布表现出纬度地带性规律。西北干旱区有 23 个类型,占总类型数的 56%,从微温微润草甸草原类到微温干旱温带半荒漠类等,表现出明显的干湿特征,这主要是因为距离海洋的远近引起水分条件变化造成的。青藏高原区有 34 个类型,占总类型数的 83%,几乎拥有东部和西部的所有植被类型,主要分布在青藏高原北部和喜马拉雅山南坡以及横断山地,决定该区域植被多样性的主要原因是青藏高原地处低纬度区且高差大,从基带向上热量和干湿变化丰富,具有比较完整的垂直地带。

4.4 潜在植被类型空间格局

在 ARCGIS 软件支持下提取各个潜在植被类的分布重心(图 3)。从各类分布重心的分布来看,主要表现为两大规律,即空间聚集(P1、P2、P3、P4、P5、P6)和空间线型邻接(L1、L2、L3)。在空间聚集中,不同的聚集又有不同的能量交互作用,其中 P1、P3、P6 体现的是干湿性的交互性;P2 体现的是热量的交互性;P4、P5 表现出

了包括干湿性和热量更为复杂的交互效应。在空间线型邻接的空间分布规律中, L1 从寒冷极干寒带荒漠、高山荒漠类开始, 经旱寒带半荒漠、高山半荒漠类, 暖温微干暖温带典型草原类, 寒冷微润少雨冻原、高山草甸草原类, 寒冷湿润冻原、高山草甸类, 直到寒冷潮湿多雨冻原、高山草甸类, 广布于整个湿润度区间, $>0^{\circ}\text{C}$ 积温值在 $0 \sim 1300^{\circ}\text{C}$, 表明水分是决定这种空间线型邻接规律的主要因素。L2 从暖温干旱暖温带半荒漠类开始, 经微温干旱温带半荒漠类, 微温极干温带荒漠类, 微温微干温带典型草原类, 微温微润草甸草原类, 微温湿润森林草原、落叶阔叶林类, 直到炎热湿润季雨林类, $>0^{\circ}\text{C}$ 积温值在 $2300 \sim 3700^{\circ}\text{C}$, 湿润度指数 K 在整个范围变化, 表现了从干旱到湿润的经度地带性特征。L3 从炎热微干稀树草原类开始, 经亚热带微润硬叶林和灌丛类, 亚热带微干亚热带禾草-灌木草原类, 到暖温微干亚热带禾草-灌木草原类, 湿润度变化不明显, $>0^{\circ}\text{C}$ 年积温 $5300 \sim 10000^{\circ}\text{C}$ 之间, 变化较大, 表现了复杂的地形因素影响下植被随热量变化的分布特征。

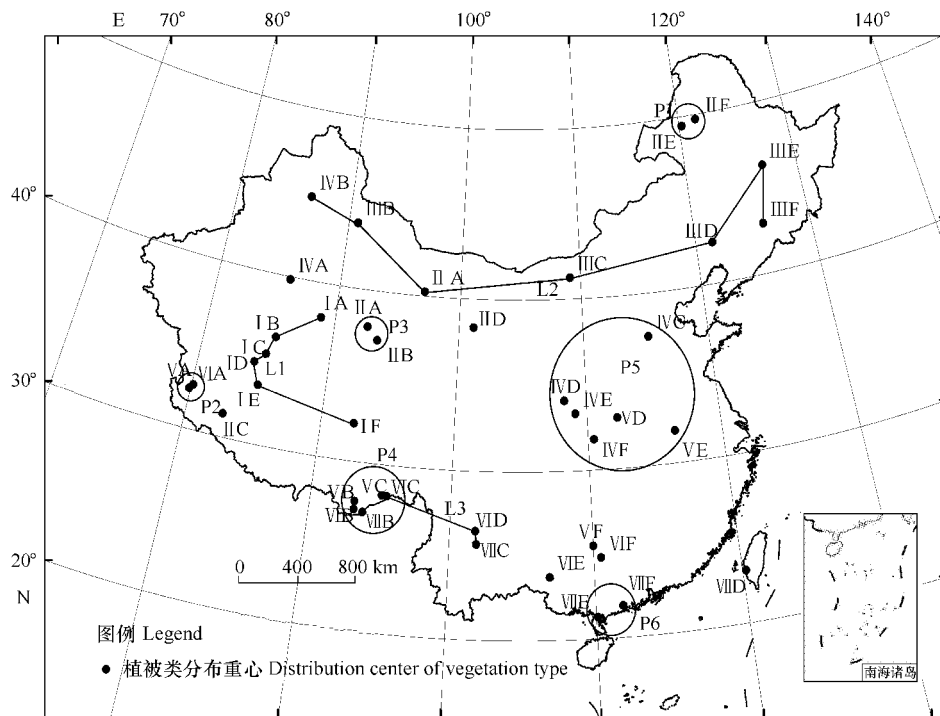


图3 中国潜在植被类重心分布^[32]

Fig. 3 Distribution center of the potential vegetation in China

5 结论

(1) 分布在我国的潜在植被类型有 41 类, 表现出了我国潜在植被分布的多样性特征; 从面积相对比例来看, 我国潜在植被在分布面积上很不均匀, 面积最大的寒冷潮湿多雨冻原、高山草甸类分布面积达到 1526188 km^2 , 面积最小的炎热微干稀树草原类分布面积仅为 13 km^2 。

(2) 海拔 $0 \sim 6800 \text{ m}$ 之间, 是我国潜在植被主要分布的海拔界限, 并且此海拔段植被多样性随海拔变化呈现出一定的规律性, 即随海拔增加植被多样性显著下降。

(3) 我国潜在植被的空间分布很好的体现了三向地带性规律, 而决定这种分布的主要原因是太阳辐射的纬度性变化、距离海洋的远近引起水分条件变化以及由海拔高度引起的从基带向上热量和干湿变化。

(4) 我国潜在植被空间格局在重心分布上, 主要表现为空间聚集 (P1、P2、P3、P4、P5、P6) 和空间线型邻接 (L1、L2、L3) 两个主要特征。

References:

- [1] IPCC. IPCC Fourth Assessment Report (AR 4). Cambridge: Cambridge University Press, 2007.
- [2] Qin D H. Evaluation of environment evolution in West China. Beijing: Science Press, 2002. 2—10.

- [3] Fang X Q, Yu W H. Progress in the studies on the phenological responding to global warming. *Advances in Earth Science*, 2002, (5): 714—719.
- [4] Jiang T, Shi Y F. Global climate warming, the Yangtze floods and potential loss. *Advances in Earth Science*, 2003, (2): 277—284.
- [5] Wang P X, Wang B J, Huang Y X, *et al.* The distribution and changing character of water vapor in Qinghai Plateau during the past 43 years. *Plateau Meteorology*, 2006, 25(1): 60—65.
- [6] Zhou G S, Zhang X S. Climate-vegetation classification of China under global climate change. *Acta Botanica Sinica*, 1996, 38(1): 8—17.
- [7] Zhu W Q, Pan Y Z, Liu X, WANG A L. Spatio-temporal distribution of net primary productivity along the northeast China transect and its response to climatic change. *Journal of Forestry Research*, 2006, 17(2): 93—98.
- [8] Weng E S, Zhou G S. Defining plant functional types in china for global change studies. *Acta Phytocologica Sinica*, 2005, 29(1): 81—97.
- [9] Kuchler A W. *Vegetation Mapping*. The Ronald Press Company, 1967. 20—50.
- [10] Brzeziecki B, Kienast F, Wildi O A. Simulated map of the potential natural forest vegetation of Switzerland. *Journal of Vegetation Science*, 1993, 4: 499—508.
- [11] Liu H M, Wu S H, Zheng D, *et al.* The study on the potential natural vegetation and future prospect. *Progress in Geography*, 2004, 23(1): 62—70.
- [12] Köppen W. Das geographische system der klimate. In: Köppen W, Geider R eds. *Handbuch der Klimatologie*. Berlin: Gebrüder Bornträger, 1936. 46—48.
- [13] Thornthwaite C W. An approach toward a rational classification of climate. *Geogr. Rev.*, 1948, 38: 57—94.
- [14] Holdridge L R. *Life Zone Ecology*. Tropical Science Center, San Jose. Costa Rica, 1967.
- [15] Chang Hsin-shih. The potential evapotranspiration (PE) index for vegetation and vegetation-climatic classification (1). *Acta Phytocologica et Geobotanica Sinica*, 1989, 13: 1—9.
- [16] Chang Hsin-shih. The potential evapotranspiration (PE) index for vegetation and vegetation-climatic classification (2). *Acta Phytocologica et Geobotanica Sinica*, 1989, 13: 197—207.
- [17] Chang Hsin-shih, Yang D A, Ni W G. The potential evapotranspiration (PE) index for vegetation and vegetation-climatic classification (3). *Acta Phytocologica et Geobotanica Sinica*, 1993, 17: 97—109.
- [18] Wang Y F, Xiao X M. Climatic gradient of main vegetation types in the Loess Plateau region. *Acta Botanica Sinica*, 35(4): 291—299.
- [19] Maidment D R. Geographic information system and hydrologic modeling. In: Goodchild *et al.* eds. *Environmental Modeling with GIS*. New York: Oxford University Press, 1993. 147—167.
- [20] Moore I D. Hydrologic modeling and GIS. In: Goodchild M F *et al.* eds. *Environmental Modeling: Progress and Research Issues*. GIS World Inc., 1996. 143—148.
- [21] Brzeziecki B, Kienast F, Wildi O A. Simulated map of the potential natural forest vegetation of Switzerland. *Journal of Vegetation Science*, 1993, 4: 499—508.
- [22] Guisan A, Theurillat J-P, Kienast F. Predicting the potential distribution of plant species in an alpine environment. *Journal of Vegetation Science*, 1998, 9: 65—74.
- [23] Brown D G. Predicting vegetation types at treeline using topography and biophysical disturbance variables. *Journal of Vegetation Science*, 1994, 5: 641—656.
- [24] Dymond C C, Johnson E A. Mapping vegetation spatial patterns from modeled water, temperature and solar radiation gradients. *Photogrammetry and Remote Sensing*, 2002, 57: 69—85.
- [25] Zhao C Y, Feng Z D, Nan Z R, Li S B. Modelling of Potential Vegetation in Zulihe River Watershed of the West-central Loess Plateau. *Acta Geographica Sinica*, 2007, 62(1).
- [26] Yang Z Y, Zhou G S, Yang D A. Comparison of simulated vegetation distribution in China produced by four popular climate-vegetation classification models. *Acta Phytocologica Sinica*, 2003, 27(5): 587—593.
- [27] Zhao D S, Li S C, Wu S H. Progress on climate-vegetation modeling in the Tibetan. *Plateau Progress in Geography*, 2006, 25(4): 68—75.
- [28] Zhao M S, Ronald P. Neilson, Yan Xiao-dong, Dong Wen-jie. Modelling the vegetation of China under changing climate. *Acta Geographica Sinica*, 2002, 57(1): 29—30.
- [29] Ren J Z. *The rational utilization of rangeland and rangeland classes*. Beijing: China Agriculture Press, 2004.
- [30] Zhao J, Li F, Fu H Y, Tian Y, Hu Z Z. A DEM-based partition adjustment for the interpolation of annual cumulative temperature in China. *Geospatial Information Science*, 2007, 6753.
- [31] Zhao J. *The study on theory and Practice of rangeland eco-information maps and pratical Eco-informatics*. PhD Thesis, 2007 Gansu Agricultural University, Lanzhou, China.
- [32] Ren J Z, Hu Z Z, Zhao J, Zheng D G, Hou F J, Lin H L. A grassland classification system and its application in China. *The Rangeland Journal*, 2008, 30: 199—209.

参考文献:

- [2] 秦大河. 中国西部环境演变评估. 北京: 科学出版社, 2002: 2—10.
- [3] 方修琦, 余卫红. 物候对全球变暖响应的研究综述. *地球科学进展*, 2002, (5): 714—719.
- [4] 姜彤, 施雅风. 全球变暖、长江水灾与可能损失. *地球科学进展*, 2003, (2): 277—284.
- [5] 王鹏祥, 王宝鉴, 黄玉霞, 等. 青海高原近 43 年夏季风中水汽分布及演变特征. *高原气象*, 2006, 25(1): 60—65.
- [6] 周广胜, 张新时. 全球气候变化的中国气候-植被分类研究. *植物学报*, 1996, 38(1): 8—17.
- [8] 翁恩生, 周广胜. 用于全球变化研究的中国植被功能型划分. *植物生态学报* 2005, 29(1): 81—97.
- [11] 刘华民, 吴绍洪, 郑度, 杨勤业. 潜在自然植被研究与展望. *地理科学进展*, 2004, 23(1).
- [15] 张新时. 植被的 PE(可能蒸散) 指标与植被-气候分类(1). *植物生态学与地植物学报*, 1989, 13: 1—9.
- [16] 张新时. 植被的 PE(可能蒸散) 指标与植被-气候分类(2). *植物生态学与地植物学报*, 1989, 13: 197—207.
- [17] 张新时, 杨奠安, 倪文革. 植被的 PE(可能蒸散) 指标与植被-气候分类(3). *植物生态学与地植物学报*, 1993, 17: 97—109.
- [18] 王义凤, 肖向明. 黄土高原地区主要植被类型的气候梯度分布. *植物学报*, 1993, 35(4): 291—299.
- [25] 赵传燕, 冯兆东, 南忠仁, 李守波. 黄土高原祖厉河流域潜在植被分布模拟研究. *地理学报*, 2007, 62(1): 52—61.
- [26] 杨正宇, 周广胜, 杨奠安. 4 个常用的气候·植被分类模型对中国植被分布模拟的比较研究. *植物生态学报*, 2003, 27(5): 587—593.
- [27] 赵东升, 李双成, 吴绍洪. 青藏高原的气候植被模型研究进展. *地理科学进展*, 2006, 25(4): 68—75.
- [28] 赵茂盛, Ronald P. Neilson Z, 延晓冬, 董文杰. 气候变化对中国植被可能影响的模拟. *地理学报*, 2002, 57(1): 29—30.
- [29] 任继周. *草原合理利用与草原类型*. 北京: 中国农业出版社, 2004.
- [31] 赵军. *草原生态信息图谱与草原生态信息学理论与实践研究*. 甘肃农业大学, 2007.