

我国栗属物种 (*Castanea mollissima*) 地理分布及其空间特征分析

刘国华¹, 方精云²

(1. 中国科学院生态环境研究中心, 北京 100085; 2. 北京大学城市与环境学系, 生态学研究与教育中心, 北京 100871)

摘要: 在广泛收集我国栗属 3 个物种板栗 (*C. mollissima* Bl.), 茅栗 (*C. seguinii*) 和锥栗 (*C. Henryi* (Skan) Rehd. et Wils.) 地理分布资料的基础上, 利用地统计学方法对它们的上限和下限的分布幅度进行了分析, 给出了分布高度的插值结果, 并对其估值结果进行了分析。结果表明, 板栗和茅栗的分布上限和下限呈现出由东向西逐渐升高的趋势。而且越向西其变化趋势越为明显; 锥栗则表现出由东南向西北逐渐升高的趋势, 其变化幅度也相对较小。对 3 种植物分布高度插值结果进行的误差分析表明: 茅栗和锥栗的估测值和实际值非常吻合, 茅栗误差较小, 大都在 4% 以下; 锥栗误差在 6% 以下; 而板栗由于多为人工栽培, 受人为因素影响大, 因此, 其估测值的误差相对较大, 在 0~20% 之间波动, 但其大部分误差也都小于 10%。这些结果说明, 地统计学方法能够更好地拟合自然条件下物种的地理分布规律, 而人为因素影响强烈下的物种由于其分布的规律性受到破坏而影响了预测效果。

关键词: 栗属; 地理分布; 空间格局; 地统计学方法

Spatial patterns of chestnut (*Castanea mollissima*) and its species geographical distribution in China

LIU Guo-Hua¹, FANG Jing-Yun² (1. Research Center for Eco-Environmental Sciences, Chinese Academy of Science, Beijing, 100085, China; 2. Department of Urban and Environmental Science, and Center for Ecological Research and Education, Beijing University, Beijing 100871, China)

Abstract: The spatial patterns of upper and lower limit of *Castanea mollissima* Bl., *C. seguinii* Dode and *C. henryi* (Skan) Rehd. et Wils. were analyzed based on geostatistics method and the interpolation maps of their spatial distribution were drawn. The altitude at the upper and lower limit of *C. mollissima* and *C. seguinii* rise gradually from east to west in their distribution ranges, This trend is quite clear in their western distribution region. That of *C. henryi* rises from southeast to northwest. The change in the altitudinal ranges is smaller than that of the former two species. Generally, spatial distribution patterns of all three species are correspondent to macro-topography of China. Error analysis shows that the interpolation values are coincided closely with the observed values. The estimated errors are less than 4 percent for *C. seguinii*, 6 percent for *C. henryi*, and 20 percent for *C. mollissima*, which are mainly planted by human. The results suggest that geostatistics method can forecast the distribution patterns of natural species. However, the species affected by human is not fit well because of those regulations disturbance from human.

Key words: chestnut (*Castanea mollissima*); geographical distribution; spatial pattern; geostatistics method; China.

文章编号: 1000-0933(2001)01-0164-07 中图分类号: Q948 文献标识码: A

虽然物种是组成植被的最基本的成分, 但是对于植物地理分布的研究, 首先引起人们注意的是那些在

基金项目: 国家杰出青年基金资助项目 (No. 39425003) 和国家自然科学基金资助项目 (No. 39470132)

收稿日期: 1999-01-15 修回日期: 2000-04-12

万方数据

作者简介: 刘国华 (1965~), 男, 江西宁都人, 助理研究员。主要从事植物生态、全球变化等方面研究。

不同的地带上有其鲜明外貌特点的植被(或植物群落)。一个多世纪以来,各国学者对植被的分布进行了大量的研究,他们首先注意到植被的分布规律与气候间的关系,并对这种关系进行了大量细致的研究和分析,提出了一系列植被分类的气候指标体系如 Holdridge^[1]、Thorntwaite^[2]及 Kira^[3]。在此基础上,又进一步对植被进行了动态的模拟和预测^[4~7]。随着计算机技术的应用,本世纪 80 年代以后,人们开始尝试对植被的地理分布规律进行模式化和定量化研究,并得出了一系列植被的分布模型和经验方程^[8~13]。与此同时,随着对植被研究的深入,人们逐步开始重视研究作为植被基本单位的物种,尤其是对植被的建群种、优势种及常见种地理分布的研究^[14~19]。然而,这些研究主要是从分布与气候关系的角度出发。通过这类研究虽然可以从气候特征上很好地把握其分布规律和了解两者间的对应关系,但这种方法的主要缺陷是不能直接地定量表现物种在地理空间中的分布,并作出相应的预测。最近应用于环境科学和生态学中的地统计学方法(Geostatistics method)被认为是一种分析空间特征的良好手段^[20~24]。本文尝试应用地统计学的方法,对我国栗属(*Castanea*)植物的地理分布空间格局进行定量化研究。

栗属是壳斗科中比较小的属,全球约有 12 种,分布于北半球的温带和亚热带。我国栗属只有板栗(*C. mollissima* Bl.)、茅栗(*C. seguinii* Dode)和锥栗(*C. henryi*(*skan*)Rehd. et Wils)3 种,其中板栗主要为人工栽培。本文在广泛收集我国栗属 3 个物种分布资料的基础上,利用空间分析方法,对它们的分布上限和下限进行空间格局分析,从而直观地表达它们的空间分布格局和定量特征,为其资源的开发利用及人工栽培提供理论依据。

1 材料和方法

1.1 研究资料

栗属 3 个物种所用的地理分布(水分分布和垂直分布)资料来源于中国植物志、中国树木志、中国植被、各省植物志、各省植被、各省森林以及各地方的自然资源考察报告、各地植被调查、地方性植物名录和迄今为止各学术刊物上发表的有关论文及有关的书籍。

1.2 数据处理

读取数据时,尽可能详细记载物种的地理分布特征(如经、纬度,海拔高度及分布地点等)和其他的环境信息。据此建立物种分布数据库。对收集到的物种地理分布的数据进行如下处理:

(1)同一分布地的数据如有重复出现,则以当地的考察报告和植被调查为准。因为一些省的森林,植被和植物志只给出物种在全省的分布范围,而当地的考察报告则为实地调查资料。

(2)对所收集的垂直分布资料在地形图上进行订正,并以此决定其值的取舍。

通过这两种处理,最后得到栗属 3 个物种的有效数据组分别是:板栗分布下限 132 组、分布上限 155 组;茅栗分布下限 57 组、分布上限 62 组;锥栗分布下限 55 组、分布上限 69 组。

1.3 研究方法

地统计学(Geostatistics)是处理空间分布变量的应用统计学的一个分支。地统计学方法是以区域化变量为核心和理论基础,以矿质的空间结构(空间相关)和变异函数为基本工具的一种数学地质方法,其最基本的核心是克立格(Kriging)插值技术,它最早法国学者 Matheron 于 1970 年首先提出,随后由南非地质学家 D. G. Krige 完善和发展而形成,并将该理论应用到地质探矿上的^[25],该方法的基本原理就是应用线性加权的方法对地质变量进行局部最优化估计。80 年代初,地统计学被应用到环境研究中,对环境背景值和土壤特性的空间变异规律进行研究^[20,21,26],80 年代后期,地统计学开始在生态学的研究中得到相应的应用^[22]。

物种的地理分布,在其分布区内随着经、纬度的变化,其分布的海拔范围也相应地发生变化。因而物种的地理分布规律具有空间特性。本文采用地统计学方法中的克立格插值方法对 3 个物种的分布上限和下限的数据进行分析,并绘出其地理分布的空间插值图(图 1~图 3)。

2 结果和讨论

2.1 空间格局分析

利用地统计学方法对所收集的 3 个物种分布上限和下限的资料进行空间插值分析,分别得出它们在地理空间上连续分布格局图(等高线图)(图 1~图 3)。

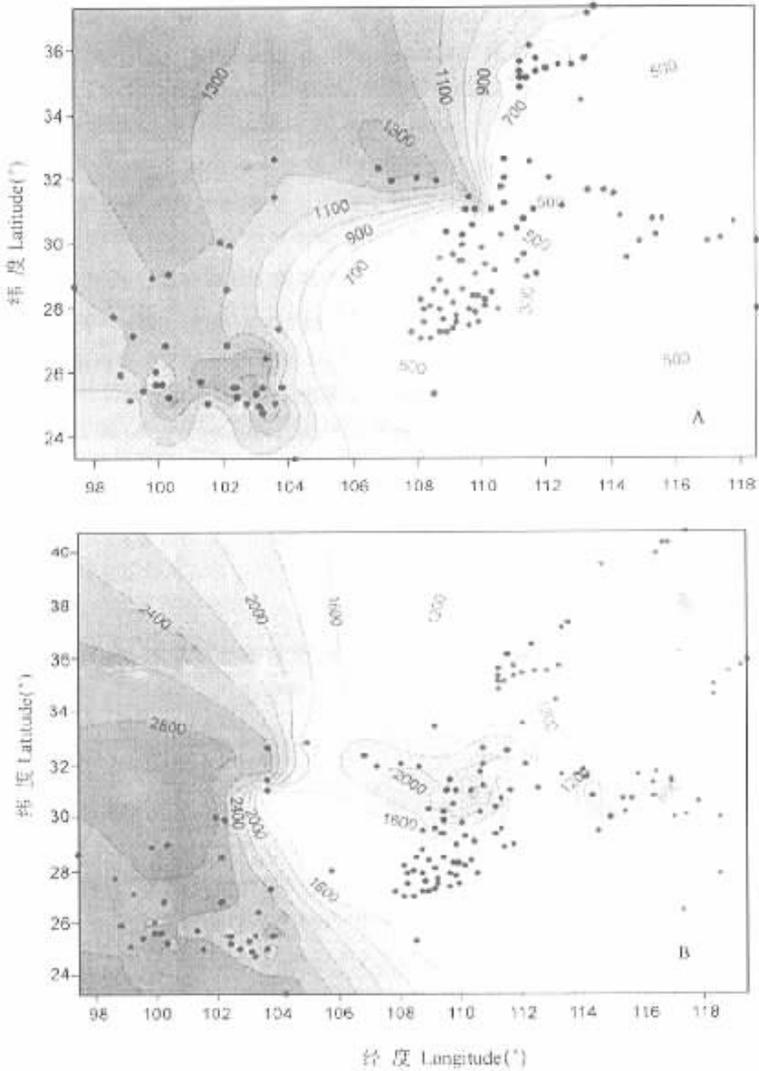


图 1 板栗分布下限(A)和上限(B)的空间格局

Fig. 1 The spatial distribution patterns of lower (A) and upper limit (B) for *C. mollissima*

(1) 板栗 板栗是我国栗属中分布最广泛的一个物种, 它在我国东经约 $95 \sim 121^{\circ}\text{E}$, 北纬约 $19 \sim 41^{\circ}\text{N}$ 的范围内普遍栽培。在整个分布区内板栗上限和下限的变化范围较大(下限为 $100 \sim 1400\text{m}$; 上限为 $500 \sim 3000\text{m}$), 但总体来说, 其分布下限和上限的空间格局都呈现出由东向西逐渐升高的趋势。而且, 越向西其海拔变化的趋势越明显(等高线越密); 而南北方向上的变化不大(图 1), 这与我国西高东低的大地形分布规律相一致。但是, 在分布区内的一些区域也出现岛屿状分布。如在其海拔下限的空间格局分布图中(图 1A), 约在东经 $108 \sim 111.5^{\circ}\text{E}$, 北纬 $27 \sim 29^{\circ}\text{N}$ 区域内(该区域位于贵州、湖南、四川和湖北的交界处)出现一个最低处, 其分布海拔小于 200m , 基本和长江下游的一些地带处在同一水平线。在该区域的西北部, 其分布的海拔急剧变化。这可能是由于该区域的地形变化较为复杂, 它不仅是东部丘陵向云贵高原的过渡带, 而且, 在该区域内河流沟谷较多, 海拔变化约从几十 m 到 2500m 。而物种的分布下限多为人类活动频繁的地方, 因此, 其分布下限所呈现的岛屿状分布也可能主要是受人类活动的影响。此外, 约在东经 $101 \sim 104$

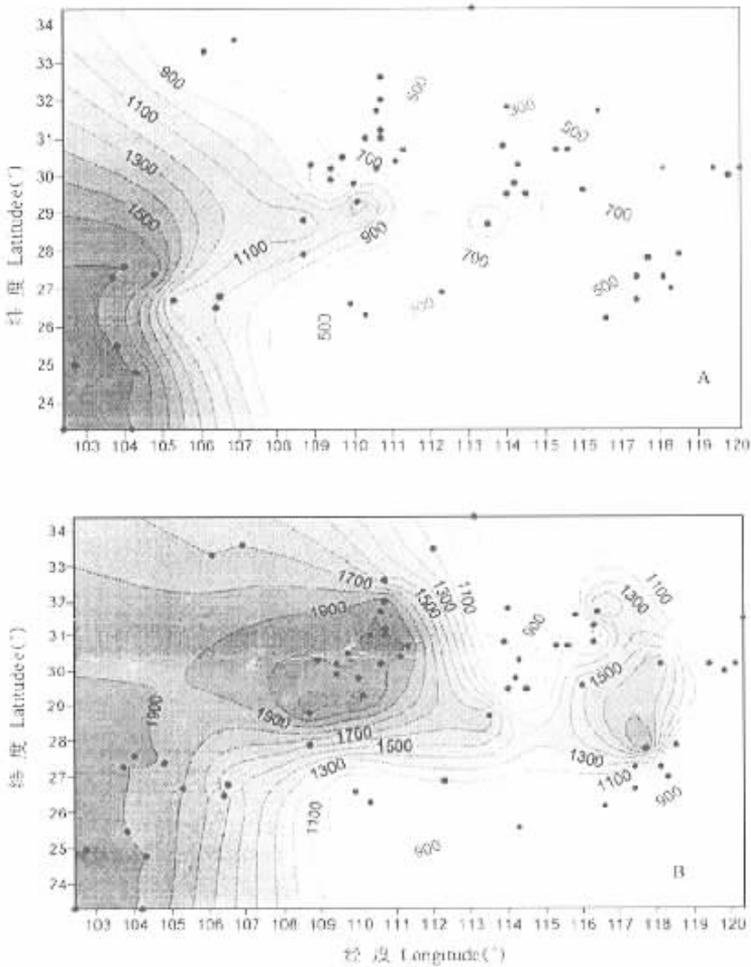


图 2 茅栗分布下限(A)和上限(B)的空间格局

Fig. 2 The spatial distribution patterns of lower(A)and upper limit(B)for *C. seguinii*

°E,北纬 24~26°N 的区域内,为该物种分布下限的海拔最高处,达到 1300m 以上。板栗的分布上限也出现几个岛屿状分布区域(图 1B),主要表现为两种情况,一是其分布海拔高出周围地区,如在 114~116°E,29~31°N 区域内,即湘赣边界的幕阜山和九岭山一带,分布上限可达海拔 2000m 左右。在 106~113°E30~34°N 区域内,即在秦、巴山脉、神农架和伏牛山一带,其海拔上限可达为 2000~2200m。另一种情况是其海拔分布低于周围地区,如 105~107°E,28~30°N,即约在四川盆地内,其海拔分布仅为 1200~1400m;在 100~104°E,25~26°N,即澜沧江河谷及红河谷地一带的零星区域,其海拔分布为 2200m 左右,均低于其周围地区。这说明板栗的分布上限主要受区域内山体海拔高低的限制。

(2)茅栗 茅栗在我国分布范围大致在东经 102~120°E,北纬 23~34°N 之间,其分布的海拔变化也较大(下降为 200~1700m,上限为 400~2000m)。其总体分布格局所反映出的总体规律与板栗相似,即呈现出由东向西逐渐升高的趋势(图 2)。但其下降的分布格局相对较为平缓(图 2A),而上限的分布格局则出现两个均大于其周围地区的岛屿状区域(图 2B),一是在 108~111°E,28.5~31°N,即武陵山、大娄山、巫山、大巴山及神农架一带,其分布上限的海拔约为 2000m 左右;另一区域在 116~118°E,27~29°N,即江西的怀玉山脉及江西和福建交界的武夷山脉,其海拔分布可达 1500~1700m。

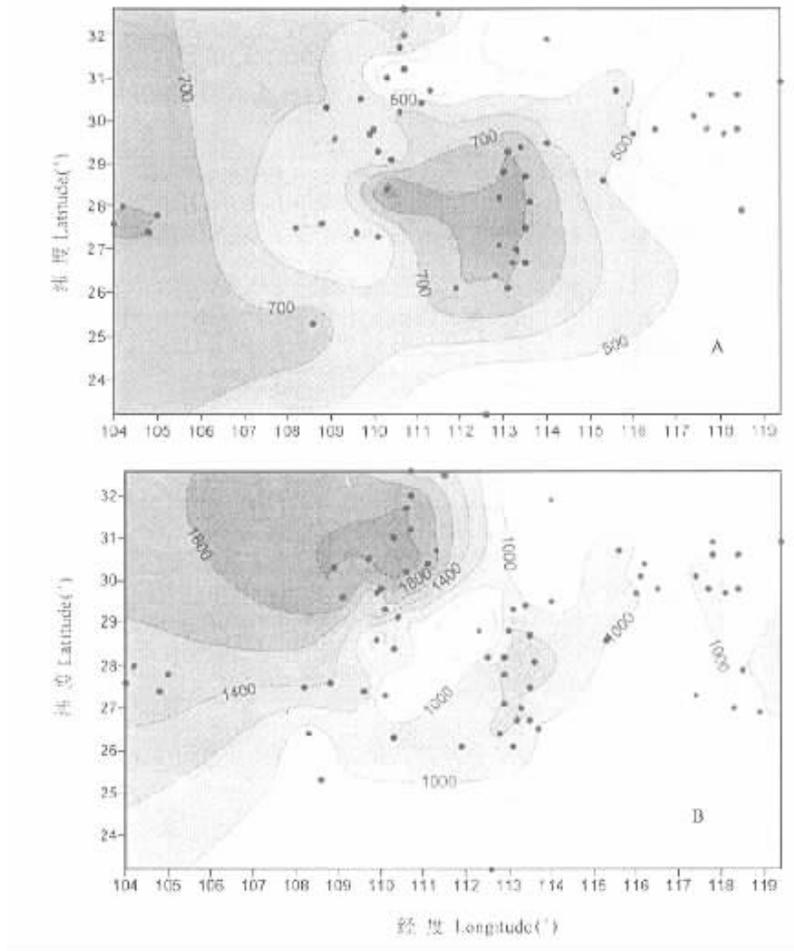


图3 锥栗分布下限(A)和上限(B)的空间格局

Fig. 3 The spatial distribution patterns of lower(A) and upper limit(B) for *C. henryi*

(3) 锥栗 锥栗的分布范围大致在东经 $104 \sim 121^{\circ}\text{E}$, 北纬 $23 \sim 33^{\circ}\text{N}$ 之间, 其分布的海拔变化是 3 个物种中较窄的一种(下限为 $300 \sim 800\text{m}$, 上限为 $400 \sim 2000\text{m}$)。但其上限和下限的分布格局不同于前两个物种。首先, 其分布下限的海拔在分布区的中部地区(东经 $110 \sim 113.5^{\circ}\text{E}$ 北纬 $26 \sim 29^{\circ}\text{N}$)与西部地区(东经 $104 \sim 105^{\circ}\text{E}$, 北纬 $27 \sim 28^{\circ}\text{N}$)相同(图 3A); 其次, 其上限的分布呈现出由东南向西北逐渐升高的趋势, 并大致在 $108.5 \sim 111^{\circ}\text{E}$, $30 \sim 31.5^{\circ}\text{N}$ 区域内, 即大巴山、巫山和神农架一带形成最高的海拔分布, 约 2000m (图 3B)。

总之图 1~图 3 直观地表现出这 3 个物种地理分布的三维空间格局。从图上可以很容易地测知物种在其分布区内某一地点所分布的海拔上限和下限, 使人们易于对某一物种资源的分布状况进行了解, 这是以前有关物种分布的其它一些定性研究所无法比拟的。其次, 通过对栗属 3 个物种的分析比较, 可以发现: 无论是分布上限还是下限, 板栗地理分布的海拔变化幅度最大, 茅栗其次, 而锥栗的变化幅度则相对平缓; 这也从另一个侧面反映出板栗的适应能力最强, 分布范围最广, 茅栗其次, 锥栗则适应性最差, 分布最窄。最后, 3 个物种地理分布的岛屿状分布格局也充分地说明了物种的分布与地形的关系极为密切^[24], 在某种程度上可以说地形对物种的分布起着主导作用。

2.2 误差分析

利用地统计学方法对 3 个物种的分布高度进行插值分析,获得的插值结果与实测值间的关系如图 4 所示。结果分析表明:茅栗和锥栗分布上限和下限的估测值和实际值之间非常吻合,几乎所有的点都集中在 1:1 直线的附近(图 4b 和图 4c);板栗分布上、下限的估测值与实际值之间的离散度相对较大(图 4a)。同时,3 个物种的分布下限相对于其上限来说误差较大,这可能是由于物种分布的下限受人为活动的干扰较大;此外,在 3 个物种之间,茅栗的估值误差最小,除少数几点的误差在 6%~11%外,大部分都小于 4%;锥栗的大部分误差小于 6%;而板栗的估值误差有较大波动,在 0%~20%之间,但其大部分误差也都小于 10%,板栗估值误差的这种波动主要是因为板栗多为人工栽培,人为活动的影响打破了物种本身固有的分布规律,也导致了较大的估值误差,尽管如此,仍能体现出物种分布的规律性。此外,需要进一步说明的是:在地形如此复杂、尺度如此大的区域上,这种误差是允许的。因此,上述结果表明,利用地统计学法研究物种(尤其是天然物种)的地理空间分布切实可行,为进一步开展物种分布规律的定量化研究提供了良好的手段。

3 结论

通过以上分析,可得出以下结论:

(1)我国栗属 3 个物种分布的空间格局分析表明,板栗和茅栗的分布上限和下限在其分布区内的分布均表现出由东向西逐渐升高的趋势,而且越向西其分布高度变化的趋势越为明显;锥栗的分布上限和下限则表现出由东南向西北逐渐升高的趋势,但其海拔高度的变化相对来说较为平缓,其海拔分布较高的地方大致在鄂西和鄂西北一带。

(2)用地统计学方法可以直观地表达出物种地理分布的空间格局,定量地预测物种在其分布区内不同地点的海拔分布,这对人们全面了解物种资源的分布提供了一个可靠的方法。

(3)通过估值的误差分析,发现茅栗和锥栗的估值结果非常好;而板栗的估值误差相对较大,但仍可反映总体分布规律。因此,利用地统计学法进行物种地理分布的研究是切实可行的。这不仅为研究物种分布的空间格局提供了新的途径,也对物种的栽培和利用提供了理论基础。

参考文献

万方数据

[1] Holdredge LR. Determination of world plant formations from simple climatic data. *Science*, 1947, **105**: 367~368.

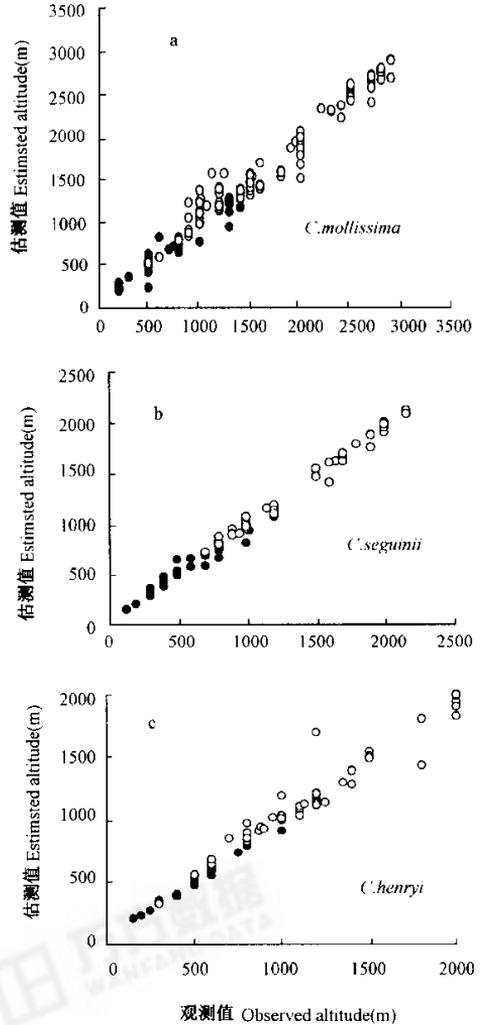


图 4 分布下限和上限的估测值和实际值之间的关系

●—下限;○—上限;a:板栗;b:茅栗;c:锥栗

Fig. 4 The relationship between estimated value and observed value of lower and upper limit

●—lower limit;○—upper limit;a:*C. mollissima*;

b:*C. seguinii*;c:*C. henryi*

- [2] Thornthwaite CW. An approach toward a rational classification of climate. *Geo. Revi.* ,1948,**38**:57~94.
- [3] Kira T. *terrestrial Ecosystem— an introduction*. Kyoritsu Shuppan. Tokyo. 1976.
- [4] 徐文铎,常禹. 中国东北地带性植被类型及其预测判别模型——动态地植物学说的继承与发展(1). 应用生态学报,1992,**3**(3):215~222.
- [5] 张新时. 研究全球变化的植被——气候分类系统. 第四纪研究,1993,**2**:157~169.
- [6] Pretice IC, Sykes MT & Cramer W. A simulation model for the transient effects of climate change forest landscapes. *Ecol. Modelling*, 1993,**65**:51~70.
- [7] Sykes MT, Prentice IC & Cramer W. A bioclimatic model for the potential distribution of north European tree species under present and future climate. *J. Biogeogr.* ,1996,**23**:203~233.
- [8] 李文华,周沛村. 欧亚大陆暗针叶林分布的基本规律和模型. 自然资源,1979,**1**(1):21~24.
- [9] Li WH. & PCh Chou. The geographical distribution of the spruce-fir forest in China and its modelling. *Mountain Research and Developmency*, 1984,**4**(3):203~212.
- [10] 方精云. 我国森林植被带的气候分析. 生态学报,1991,**11**(4):377~387.
- [11] 方精云. 我国自然生态环境的坐标中的格局及其地形学和气候学解释. 中国科协第2届青年学术年会论文集(生命科学分册). 北京:中国科学技术出版社. 1995a. 547~559.
- [12] 方精云. 东亚地区森林植被带的三维空间分布. 地理学报,1995b,**50**(2):160~167.
- [13] Fang JY & M Ohsawa. Vertical vegetation zones along 30°N latitude in East Asia. *Vegetatio*, 1996, **126**:135~149.
- [14] 洪必恭,李绍珠. 江苏主要常绿阔叶树种的分布与热量关系的初步研究. 生态学报,1981,**1**(1):105~111.
- [15] Fang JY & K Yoda. Climate and vegetation in China(IV):Distribution of tree species along the thermal gradient. *Ecol. Res.* ,1990,**5**:291~302.
- [16] Fang JY & K Yoda. Climate and vegetation in China(V):Effect of climatic factors on the upper limit of distribution of evergreen broad-leaved forest. *Ecol. Res.* ,1991,**6**:113~125.
- [17] Cao KF, Peters R. & Oldeman RAA. Climatic rang and distribution of Chinese Fagus species. *J. of Vegetation Sci.* ,1995,**6**:317~324.
- [18] 倪健. 宋永昌. 中国青冈的地理分布与气候关系. 植物学报 1997a,**39**(5):451~460.
- [19] 倪健,宋永昌. 中国亚热带常绿阔叶林优势种及常见种与气候的相关分析. 植物生态学报,1997b,**21**(2):115~129.
- [20] Burgess TM and R Webster. Optimal interpolation and isarithmic mapping of soil properties I. The semi-variogram and punctual kriging. *J. of Soil Science*, 1980a, **31**:315~331.
- [21] Burgess TM and Webster R. Optimal imterpolation and isarithmic mapping of soil properties. II. Block kriging. *J. of Soil Science*, 1980b, **31**:333~341.
- [22] Robertson GP. Geostatistics in ecology:interpolation with known variance. *Ecology*, 1987, **68**(3):744~748.
- [23] 方精云,刘国华. 植物分布的生态学:历史回顾和最近进展. 中国科学基金,1998,国家杰出青年科学基金专刊:48~53.
- [24] 方精云,郭庆华,刘国华. 我国水青冈属植物的地理分布格局及其与地形的关系. 植物学报,1999,**41**(7):766~774.
- [25] 王广德,过常龄. “Krige”空间内插技术在地理学中的应用. 地理学报,1987,**42**(4):366~375.
- [26] Webster R. Quantitative spatial analysis of soil in the field. In: B. A. Stewart ed. *Advances in Soil Science*. Vol. 3. Springerr-Verlag. New York. New York. USA. 1985. 1~70.