

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

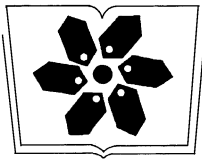
Acta Ecologica Sinica



第33卷 第1期 Vol.33 No.1 **2013**

中国生态学会
中国科学院生态环境研究中心
科学出版社

主办
出版



中国科学院科学出版基金资助出版

生态学报

(SHENGTAI XUEBAO)

第 33 卷 第 1 期 2013 年 1 月 (半月刊)

目 次

前沿理论与学科综述

- 生态整合与文明发展..... 王如松 (1)
- 干旱半干旱区坡面覆被格局的水土流失效应研究进展 高光耀,傅伯杰,吕一河,等 (12)
- 城市林木树冠覆盖研究进展 贾宝全,王 成,邱尔发,等 (23)
- 环境质量评价中的生物指示与生物监测 Bernd Markert,王美娥,Simone Wünschmann,等 (33)
- 水溶性有机物电子转移能力及其生态效应 毕 冉,周顺桂,袁 田,等 (45)

个体与基础生态

- 凋落物和增温联合作用对峨眉冷杉幼苗抗氧化特征的影响 杨 阳,杨 燕,王根绪,等 (53)
- 不同浓度 5-氨基乙酰丙酸(ALA)浸种对 NaCl 胁迫下番茄种子发芽率及芽苗生长的影响
..... 赵艳艳,胡晓辉,邹志荣,等 (62)
- 缺镁胁迫对纽荷尔脐橙叶绿素荧光特性的影响 凌丽俐,彭良志,王男麒,等 (71)
- 松嫩草地 66 种草本植物叶片性状特征..... 宋彦涛,周道玮,王 平,等 (79)
- 花蜜中酚类物质对群落中同花期植物传粉的影响..... 赵广印,李建军,高 洁 (89)
- 桉树枝瘿姬小蜂连续世代种群生命表..... 朱方丽,邱宝利,任顺祥 (97)

种群、群落和生态系统

- 蒙古栎地理分布的主导气候因子及其阈值 殷晓洁,周广胜,隋兴华,等 (103)
- 河静黑叶猴果实性食物组成、选择及其对种子的扩散作用..... 阮海河,白 冰,李 宁,等 (110)
- 2010 秋季东海今生颗石藻的空间分布 靳少非,孙 军,刘志亮 (120)
- OPRK1 基因 SNP 与梅花鹿日间行为性状的相关性 吕慎金,杨 燕,魏万红 (132)
- 鄱阳湖流域非繁殖期鸟类多样性 邵明勤,曾宾宾,徐贤柱,等 (140)
- 人工巢箱条件下两种山雀鸟类的同域共存机制 李 乐,张 雷,殷江霞,等 (150)
- 桉-栎不同混合比例凋落物分解过程中土壤动物群落动态 李艳红,杨万勤,罗承德,等 (159)
- 三峡库区生态系统服务功能重要性评价 李月臣,刘春霞,闵 婕,等 (168)

景观、区域和全球生态

- 黄土高原小流域不同地形下土壤有机碳分布特征 李林海,郜二虎,梦 梦,等 (179)
- 海岸带地理特征对沉水植被丰度的影响..... 吴明丽,李叙勇,陈年来 (188)
- 玛纳斯河流域扇缘带不同植被类型下土壤物理性质 曹国栋,陈接华,夏 军,等 (195)

资源与产业生态

- 农田开垦对三江平原湿地土壤种子库影响及湿地恢复潜力 王国栋,Beth A Middleton,吕宪国,等 (205)
- 漫溢干扰过程中微地形对幼苗定居的影响 安红燕,徐海量,叶 茂,等 (214)
- 黑龙江流域夏玉米产量提升限制因素 徐丽娜,陶洪斌,黄收兵,等 (222)
- 黑龙江省药用植物根际土壤真菌多样性 慕东艳,吕国忠,孙晓东,等 (229)

桑沟湾养殖生态系统健康综合评价 傅明珠,蒲新明,王宗灵,等 (238)

城乡与社会生态

基于“OOAO 原则”的罗源湾生态质量状况综合评价 吴海燕,吴耀建,陈克亮,等 (249)

四十里湾营养状况与浮游植物生态特征 李 斌,白艳艳,邢红艳,等 (260)

生态足迹深度和广度:构建三维模型的新指标 方 恺 (267)

中国东西部中小城市景观格局及其驱动力 齐 杨,邬建国,李建龙,等 (275)

研究简报

南海陆坡沉积物细菌丰度预测 李 涛,王 鹏 (286)

浑善达克沙地榆树疏林幼苗更新空间格局 刘 振,董 智,李红丽,等 (294)

光 and 不同打破种子休眠方法对紫茎泽兰种子萌发及幼苗状态的影响 姜 勇,李艳红,王文杰,等 (302)

学术争鸣

关于植物群丛划分的探讨 邢韶华,于梦凡,杨立娟,等 (310)

期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 316 * zh * P * ¥90.00 * 1510 * 35 * 2013-01



封面图说:外来入侵物种紫茎泽兰——紫茎泽兰约于 20 世纪 40 年代由缅甸传入中国云南南部后迅速蔓延,现已在云南、贵州、四川、广西、重庆、湖北、西藏等省区广泛分布和危害,并仍以每年大约 30 km 的速度扩散。紫茎泽兰为多年生草本或亚灌木,号称“植物界杀手”。其对环境的适应性极强,疯长蔓延,能极大耗损土壤肥力。它的植株能释放多种化感物质,排挤其他植物生长而形成单优种群,它破坏生物多样性,威胁到农作物、畜牧草甚至林木,且花粉能引起人类过敏性疾病等,目前尚无有效治理对策。

彩图提供:陈建伟教授 北京林业大学 E-mail: cites.chenjw@163.com

DOI: 10.5846/stxb201110111495

殷晓洁, 周广胜, 隋兴华, 何奇瑾, 李荣平. 蒙古栎地理分布的主导气候因子及其阈值. 生态学报, 2013, 33(1): 0103-0109.

Yin X J, Zhou G S, Sui X H, He Q J, Li R P. Dominant climatic factors of *Quercus mongolica* geographical distribution and their thresholds. Acta Ecologica Sinica, 2013, 33(1): 0103-0109.

蒙古栎地理分布的主导气候因子及其阈值

殷晓洁¹, 周广胜^{2,1,*}, 隋兴华¹, 何奇瑾^{2,3}, 李荣平⁴

(1. 中国科学院植物研究所植被与环境变化国家重点实验室, 北京 100093;

2. 中国气象科学研究院, 北京 100081; 3. 南京信息工程大学大气物理学院, 南京 210044;

4. 中国气象局沈阳大气环境研究所, 沈阳 110016)

摘要: 基于影响植物功能型分布的 6 个气候变量: 年均降水量、气温年较差、最冷月温度、最暖月温度、大于 5 °C 积温和湿润指数, 结合蒙古栎地理分布资料, 根据最大熵模型和各气候变量对蒙古栎地理分布的贡献, 确定了影响蒙古栎地理分布的主导气候因子, 即年均降水量、气温年较差、大于 5 °C 积温和最暖月温度; 利用模拟的蒙古栎地理分布概率与主导气候因子的关系给出了各主导气候因子的阈值, 即年均降水量 330—910 mm、气温年较差大于 29 °C、大于 5 °C 有效积温为 1200—3500 °C · d、最暖月温度为 17—26 °C。

关键词: 蒙古栎; 地理分布; 主导气候因子; 最大熵模型

Dominant climatic factors of *Quercus mongolica* geographical distribution and their thresholds

YIN Xiaojie¹, ZHOU Guangsheng^{2,1,*}, SUI Xinghua¹, HE Qijin^{2,3}, LI Rongping⁴

1 State Key Laboratory of Vegetation and Environmental Change, Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100093, China

2 Chinese Academy of Meteorological Sciences, Beijing 100081, China

3 School of Atmospheric Physics, Nanjing University of Information Science and Technology, Nanjing 210044, China

4 Institute of Atmospheric Environment, China Meteorological Administration, Shenyang 110016, China

Abstract: Relationship between plant species distribution and climate is always one of the most important issues in the ecology study. Plant species distribution at regional scale is largely controlled by climate. The dominant climatic factors influencing plant species distribution can be obtained by the relationship between climate and plant species distribution. And the dominant climatic factors are very important for revealing the reason of the formation of plant species distribution, determining the appropriate distribution zone of plant species and evaluating the responses of plant species to climate change. *Quercus mongolica* is the dominant tree of deciduous broad-leaved forest, conifer-broadleaved mixed forest in the temperate region of China. In order to provide the scientific support for *Q. mongolica* forest management and countermeasures to cope with future climate change in China, we have to make sure what the dominant climatic factors of its distribution are. But studies in this area are so few that restrict the understanding of the response to climate change and *Q. mongolica* forest scientific operation. Thus, the potential distribution of *Q. mongolica* in China and its relationship with climatic factors were studied in this paper. Based on the geographical distribution data of *Q. mongolica* and six climatic variables potentially controlling plant functional types' distribution including annual precipitation (P), annual range of monthly mean temperature (DTY), temperature of the coldest month (T_c), temperature of the warmest month (T_w),

基金项目: 国家重点基础研究发展计划 (2010CB951303) 和中国清洁发展机制基金赠款项目共同资助

收稿日期: 2011-10-11; **修订日期:** 2012-07-17

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: gszhou@ibcas.ac.cn

accumulated temperature of not less than 5°C (GDD_5) and moisture index (MI), and their contribution to geographical distribution of *Q. mongolica* from the maximum entropy (Maxent) model. The area under the ROC curve (AUC) was used to evaluate the accuracy of model prediction. The AUC value reached 0.932, and the high value indicated predictive accuracy of model achieved the “Excellent” level. Combined with the contribution of each climatic factor as mentioned above, four dominant climatic factors controlling *Q. mongolica* distribution were determined, including annual precipitation (P), annual range of monthly mean temperature (DTY), temperature of the warmest month (T_w) and accumulated temperature of not less than 5°C (GDD_5). Thus, a relationship between the geographical distribution of *Q. mongolica* and dominant climatic variables was reconstructed. The thresholds of four dominant climatic factors were given by the relationship between the geographical distribution probability of *Q. mongolica* and dominant climatic factors, i. e. $330\text{mm} \leq P \leq 910\text{mm}$, $\text{DTY} \geq 29^{\circ}\text{C}$, $1200^{\circ}\text{C} \cdot \text{d} \leq \text{GDD}_5 \leq 3500^{\circ}\text{C} \cdot \text{d}$, $17^{\circ}\text{C} \leq T_w \leq 26^{\circ}\text{C}$. Then the potential distribution of *Q. mongolica* in China was given by the ArcGIS spatial analysis technique. The potential distribution area of *Q. mongolica* included Heilongjiang province, Jilin province, Liaoning province, eastern Inner Mongolia autonomous region, Beijing, Tianjin, north-central of Hebei province, central part of Shandong province, most parts of Shanxi province and northeast of Shaanxi province. The total area covered 1002 points of the 1013 distributed points of the actual distribution of *Q. mongolica*. The simulation accuracy was more than 98%, indicating that the simulated distribution of *Q. mongolica* was very coincidence with the actual distribution. The results might provide important basis for making scientific management of *Q. mongolica* forest and developing the countermeasures to deal with future climatic change.

Key Words: *Quercus mongolica*; geographical distribution; dominant climatic factors; Maxent model

人类活动引起的大气温室气体增加导致的气候变暖,将影响到降水、辐射、潜在蒸散等其他气候变量发生变化,进而影响生态系统,特别是物种分布及植被带的迁移^[1]。

蒙古栎(*Quercus mongolica*),又称柞木、柞树,是东亚—东西伯利亚分布种,在我国主要分布于东北地区和华北地区,是我国温带地区落叶阔叶林及针阔混交林的主要树种^[2-5]。研究表明,气候是区域尺度上决定物种分布的主要因子^[1],未来气候变化将使蒙古栎地理分布范围扩大,成为我国大兴安岭和小兴安岭最主要树种^[6]。但是,目前关于影响蒙古栎地理分布的主导气候因子及其阈值的研究还较少,制约着蒙古栎对气候变化响应的理解,也影响着蒙古栎林的科学经营管理。

通常,采用物种分布模型进行物种的地理分布及其对气候变化响应的模拟研究。物种分布模型(species distribution models)主要是基于物种的已知分布及其环境变量,探索物种的生态位和潜在分布。目前,物种分布模型已经广泛用于物种潜在分布区的预测,包括生态位模型(BIOCLIM、BLOMAPPER、DIVA、DOMAIN)、动态模拟模型(CLIMEX)、广义相加模型GAM、广义线性模型GLM、基于检验假设的分布预测模型GARP(the genetic algorithm for rule-set prediction)以及最大熵模型(Maxent)等^[7-11],不同模型的侧重点不同^[12-20]。其中,最大熵模型被许多研究证明是对物种分布具较好预测能力的模型^[7-8,21-33]。

本研究试图以蒙古栎为研究对象,基于气候相似性原理,利用Maxent模型筛选影响蒙古栎地理分布的主导气候因子,给出其分布范围及各主导影响因子的阈值,并进行其气候适应性划分,以为蒙古栎林的经营管理及应对气候变化提供依据。

1 资料与方法

1.1 蒙古栎地理分布资料

蒙古栎地理分布资料通过3个途径获取:(1)《中华人民共和国植被分布图(1:1000000)》的蒙古栎分布资料;(2)中国科学院植物研究所标本馆提供的标本数字资料;(3)各地植物志的蒙古栎分布资料,包括《北京植物志》、《河北植物志》、《山东植物志》、《河南植物志》、《崂山植物志》、《黄土高原植物志》、《黑龙江植物志》、《辽宁植物志》、《内蒙古植物志》等。提取《中华人民共和国植被分布图(1:1000000)》中蒙古栎各分布

区的几何中心点坐标,结合标本馆标本数字资料和植物志的蒙古栎各分布区几何中心点坐标,共同构成我国蒙古栎地理分布数据集。利用 3 个途径获取蒙古栎地理分布资料时,如有重叠,按《中华人民共和国植被分布图(1:1000000)》、标本馆标本数字资料和各地植物志的顺序选取。

1.2 气象资料

气象数据来自中国气象局国家气象信息中心的国家基本气象观测台站(756 个),包括 1971—2000 年的日均温度和日降水量等。采用空间卷积原理和截断高斯滤波算子方法,结合各气象站地理信息差值得到中国 $10\text{ km}\times 10\text{ km}$ 空间分辨率的日均气温和日降水量数据^[34-35]。

1.3 影响蒙古栎地理分布的潜在气候因子选取

Woodward 指出,影响植物地理分布的主要因子有三类:(1)植物的耐寒性;(2)完成生活史所需的生长季长度和热量供应;(3)用于植物冠层形成和维持的水分供应^[36]。据此,本研究选取一月均温(T_c)作为最冷月温度,反映植物的耐寒性;用 7 月均温(T_m)作为最暖月温度,与大于 5°C 积温(GDD_5)共同反映热量需求;采用年均降水量(P)和湿润指数(MI,年降水量和年潜在蒸散量的比值= P/PET)表示水分需求。同时,选取气温年较差(DTY)反映气温变幅。年潜在蒸散(PET)采用 Thornthwaite 方法计算^[37-39]。

1.4 研究方法

Maxent 模型以最大熵理论为基础,根据不完全信息,从符合条件的分布中选择熵最大的分布作为最优分布,建立预测模型,进而预测物种的地理分布^[7,21]。模型基于贝叶斯定理,利用 Gibbs 分布族将特征集进行加权并作为参数,进行一系列运算,得到物种分布的最大熵联合分布估计而建立^[7]。Maxent 模型被证明对物种分布有非常好的预测能力并具有很多优点^[7,8,21-24],如简单而清晰的数学基础,易于从生态学上进行解释;连续型和分类型的环境变量都可以使用;只需要模拟物种的当前存在数据等。

本研究选取 Maxent 模型进行蒙古栎气候适应性研究。首先,确定特征空间,即物种已知分布区域;其次,寻找限制物种分布的约束条件(潜在气候因子),构筑约束集合;第三,利用 Maxent 模型构建蒙古栎地理分布与气候关系模型^[7],并检验模型的适用性;第四,基于各潜在气候因子对蒙古栎地理分布的贡献,筛选影响我国蒙古栎地理分布的主导气候因子,重新构建基于 Maxent 模型的蒙古栎地理分布与气候关系模型;第五,基于我国蒙古栎地理分布给出影响我国蒙古栎地理分布主导气候因子的阈值。

其中,采取常用的 ROC 曲线(受试者工作特征曲线)下的面积即 AUC 值^[40-41]作为模型预测准确性的衡量指标(表 1),以检验模型的适用性。通过模型 Jackknife 模块分析各潜在气候因子对蒙古栎分布模拟的得分情况。基于 ArcGIS 地理信息系统,得到 Maxent 模型模拟的蒙古栎地理分布。

表 1 AUC 值及其与模型准确性的关系^[41]

Table 1 Relationship between AUC and the accuracy of the model

准确度 Accuracy	较差 Poor	一般 Fair	较准确 Good	很准确 Very good	极准确 Excellent
曲线下的面积 AUC	0.5—0.6	0.6—0.7	0.7—0.8	0.8—0.9	0.9—1.0

2 结果分析

2.1 模型适用性分析

为验证基于最大熵模型构建的蒙古栎地理分布与气候关系模型对我国蒙古栎地理分布研究的适用性,首先需要基于训练子集(对整个数据随机取样取得总数据集的 75% 作为训练子集)来训练模型,获取模型的相关参数,构建针对我国蒙古栎地理分布的最大熵模型;然后,将没有参与模型构建的所有数据用作评估子集(即余下数据的 25%),用来验证模型。模型运行需要两组数据,一是目标物种的地理分布数据,即构建的我国蒙古栎地理分布数据集;二是全国范围的气候变量,即基于已有研究成果从全国层次及年尺度筛选出的 6 个潜在气候因子。

采用 AUC 值作为模型预测准确性的衡量指标。结果表明,基于潜在气候因子与最大熵模型构建的我国

蒙古栎地理分布与气候关系模型的 AUC 值达 0.932, 表明所构建模型的预测准确性达到“极准确”的水平, 可以用于我国蒙古栎地理分布与气候的关系研究。

2.2 影响我国蒙古栎地理分布的主导气候因子分析

选取的潜在气候因子主要来源于已有的研究成果, 而没有从全国层次上定量评价这些因子对蒙古栎地理分布的影响程度, 这将影响其最大熵模型构建变量的准确选择, 进而影响到我国蒙古栎地理分布模拟的准确性。为此, 需要定量评价这些潜在气候因子对我国蒙古栎地理分布的影响程度, 筛选主导气候因子。

图 1 是基于最大熵模型的 Jackknife 模块给出的各潜在气候因子对我国蒙古栎地理分布影响的得分情况, 以此反映各因子的贡献。其中, 图中横轴表示因子得分值, 纵轴表示各因子, 深蓝色棒、浅蓝色棒和底部的红色棒分别表示该因子得分、除该因子外其它指标得分之和及所有指标的得分和。各潜在气候因子对我国蒙古栎地理分布影响的贡献排序为: 年均降水量 (P) > 气温年较差 (DTY) > 大于 5 °C 有效积温 (GDD_5) > 最暖月温度 (T_w) > 湿润指数 (MI) > 最冷月温度 (T_c)。

结果表明, 最冷月温度和湿润指数对我国蒙古栎地理分布的贡献较低, 与蒙古栎具有较强的耐寒性和耐旱性相一致^[5, 42], 可以不作为主导气候因子。根据各潜在气候因子对我国蒙古栎地理分布影响的贡献情况结合蒙古栎生理生态特性^[5, 42-43], 确定影响我国蒙古栎地理分布的主导气候因子为: 年均降水量、气温年较差、大于 5 °C 积温和最暖月温度, 这 4 个因子的百分贡献率累积值达 92%。

2.3 影响我国蒙古栎地理分布的主导气候因子阈值分析

基于最大熵模型以及选定的影响我国蒙古栎地理分布的 4 个主导气候因子, 可以给出蒙古栎在预测地区的存在概率 P , 取值范围为 0—1。由统计学原理可知, 当植物在某一地区的存在概率 $P < 0.05$ 时, 其出现的概率很小, 即小概率事件, 在此定义该植物在该地区不能存在。为分析影响我国蒙古栎地理分布的主导气候因子阈值, 首先需要弄清所建模型对我国蒙古栎地理分布模拟的准确性。为此, 采用最大熵模型确定的影响我国蒙古栎地理分布的 4 个主导气候因子: 年均降水量、气温年较差、大于 5 °C 积温和最暖月温度, 以模型给出的蒙古栎存在概率 0.05 为界, 给出蒙古栎在我国的地理分布 (图 2), 并与蒙古栎实际地理分布进行比较。

结果表明, 蒙古栎在黑龙江、吉林、辽宁、内蒙古东部、北京、天津、河北中北部、山东中部、山西大部分地区 and 陕西东北部均可分布。该区域覆盖了蒙古栎实际地理分布的 1013 个分布点中的 1002 个, 覆盖率大于 98%, 表明模拟的我国蒙古栎地理分布与实际分布非常符合。

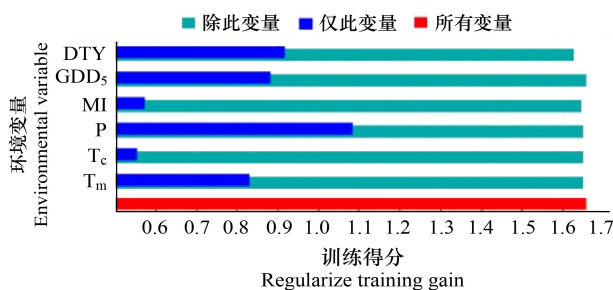


图 1 各气候因子 Jackknife 检验得分

Fig. 1 Jackknife test gain of each climate factor

T_c : 最冷月均温 Temperature of the coldest month; T_w : 最暖月均温 Temperature of the warmest month; GDD_5 : 大于 5 °C 积温 Growingday degrees above 5 °C; P : 年均降水量 Annual precipitation; MI : 湿润指数 Moisture index; DTY : 气温年较差 Annual range of monthly mean temperature

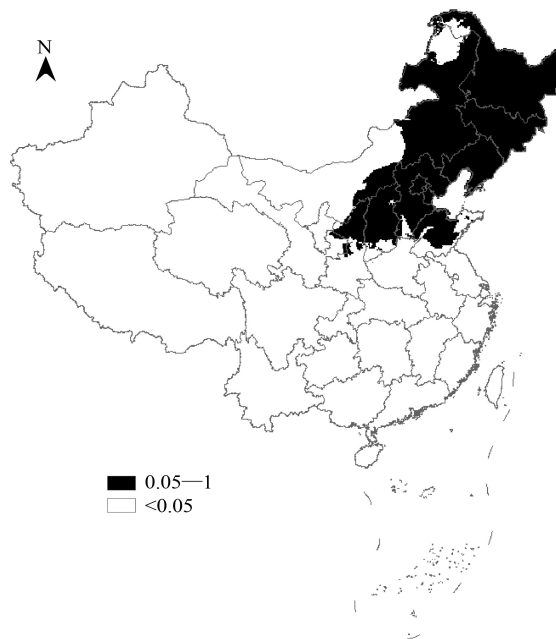


图 2 Maxent 模型模拟的蒙古栎分布

Fig. 2 Distribution of *Q. mongolica* simulated by Maxent model

采用最大熵模型确定的影响我国蒙古栎地理分布的 4 个主导气候因子:年均降水量、气温年较差、大于 5℃ 积温和最暖月温度,结合我国蒙古栎地理分布,从蒙古栎地理分布概率与主导气候因子的关系可以给出各主导气候因子的阈值(模型的训练重复数设为 10 次)。由图 3 可见,较粗的蓝线表示多次重复得到的阈值,红线表示多次重复阈值的均值,从而得到影响我国蒙古栎地理分布主导气候因子的阈值为:年均降水量为 330—910 mm、气温年较差大于 29℃、大于 5℃ 有效积温为 1200—3500℃·d、最暖月均温为 17—26℃。气温年较差要求大于 29℃ 表明,蒙古栎林适合生长在高纬度或高海拔地区;最暖月温度要求 17—26℃ 表明蒙古栎适合生长在夏季温度偏低地区;年均降水量和大于 5℃ 积温限定了东北地区、华北地区、西北部分地区以及山东省和湖北省为符合蒙古栎林分布的水分和热量条件区。

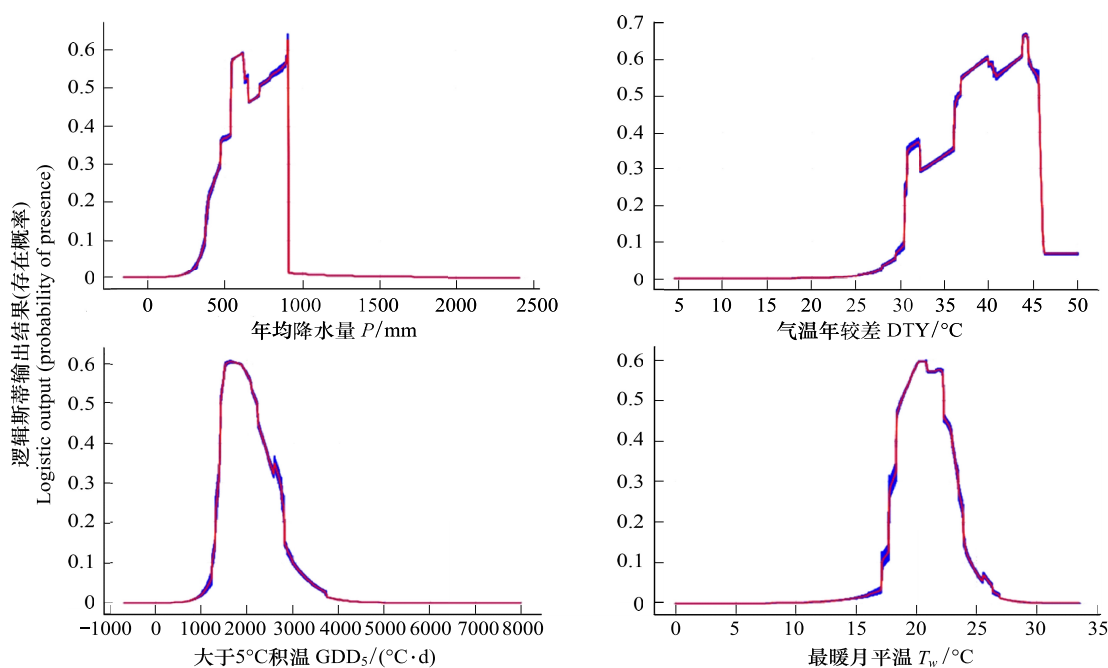


图 3 影响我国蒙古栎地理分布的主导气候因子与蒙古栎分布概率的关系

Fig. 3 Relationship of each dominant climatic factor and the distribution probability of *Q. mongolica*

3 结论

基于我国蒙古栎地理分布信息,结合 1971—2000 年我国 10 km×10 km 空间分辨率的气候资料及影响我国蒙古栎地理分布的潜在气候因子,从气候的相似性出发,验证了利用最大熵模型(Maxent)构建的蒙古栎地理分布与气候关系模型的适用性。结果表明,基于潜在气候因子与最大熵模型构建的我国蒙古栎地理分布与气候关系模型的 AUC 值达 0.932,表明所构建模型的预测准确性达到“极准确”的水平,可以用于我国蒙古栎地理分布与气候关系研究。

根据各潜在气候因子对蒙古栎潜在地理分布的贡献,筛选出了影响蒙古栎分布的主导气候因子,即年均降水量、气温年较差、最暖月温度和大于 5℃ 积温。利用我国蒙古栎地理分布概率与主导气候因子的关系给出了各主导气候因子的阈值,即:年均降水量为 330—910 mm、气温年较差大于 29℃、大于 5℃ 有效积温为 1200—3500℃·d、最暖月均温为 17—26℃。该研究有助于增进蒙古栎与气候变化关系的理解,对于科学地经营和管理蒙古栎及制定应对气候变化对策具有重要意义。

References:

- [1] Zhou G S, Wang Y H. Global Change Ecology. Beijing: Meteorological Press, 2003:119-122.
- [2] Wu Z Y. Vegetation of China. Beijing: Science Press, 1980.
- [3] Wang L M, Ren X W, Liu Y J. Geographic distribution of deciduous oaks in China. Journal of Beijing Forestry University, 1985, (2): 57-69.

- [4] Zheng H N, Jia S Q, Hu H Q. Forest fire and forest rehabilitation in the DA XINGAN mountains. *Journal of Northeast Forestry University*, 1986, 14 (4): 1-7.
- [5] Yu S L, Ma K P, Chen L Z. Preliminary discussion on the origin of *Quercus mongolica* forest in north China. *Guihaia*, 2000, 5(2): 131-137.
- [6] Yan X D, Zhao S D, Yu Z L. Modeling growth and succession of Northeastern China forests and its applications in global change studies. *Journal of Plant Ecology*, 2000, 24(1): 1-8.
- [7] Phillips S J, Dudik M. Modeling of species distributions with Maxent: new extensions and a comprehensive evaluation. *Ecography*, 2008, 31: 161-175.
- [8] Elith J, Graham C H, Anderson R P, Dudík M, Ferrier S, Guisan A, Hijmans R J, Huettmann F, Leathwick J R, Lehmann A, Li J, Lohmann L G, Loiselle B A, Manion G, Moritz C, Nakamura M, Nakazawa Y, Overton J M M, Peterson A T, Phillips S J, Richardson K, Scachetti-Pereira R, Schapire R E, Soberón J, Williams S, Wisz M S, Zimmermann N E. Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data. *Ecography*, 2006, 29(2): 129-151.
- [9] Kriticos D, Randall R. A comparison of systems to analyse potential weed distributions// Grove R H, Panetta F D, Virtue J G, eds. *Weed Risk Assessment*. Australia: CSIRO Publishing, 2001: 61-79.
- [10] Guisan A, Thuiller W. Predicting species distribution: offering more than simple habitat models. *Ecology Letters*, 2005, 8(9): 993-1009.
- [11] Sun W T, Liu Y T. Research progress of risk analysis of biological invasion. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2010, 26(7): 233-236.
- [12] Carpenter G, Gillson A N, Winter J. DOMAIN: a flexible modeling procedure for mapping potential distributions of plants and animals. *Biodiversity and Conservation*, 1993, 2(6): 667-680.
- [13] Prentice I C, Cramer W, Harrison S P, Leemans R, Monserud R A, Solomon A M. A global biome model based on plant physiology and dominance, soil properties and climate. *Journal of Biogeography*, 1992, 19(2): 117-134.
- [14] Guisan A, Zimmermann N E. Predictive habitat distribution models in ecology. *Ecological Modelling*, 2000, 135(2/3): 147-186.
- [15] Vayssières M P, Plant R E, Allen-Diaz B H. Classification trees: an alternative non-parametric approach for predicting species distributions. *Journal of Vegetation Science*, 2000, 11(5): 679-694.
- [16] Cao M C, Zhou G S, Weng E S. Application and comparison of generalized models and classification and regression tree in simulating tree species distribution. *Acta Ecologica Sinica*, 2005, 25(8): 2031-2040.
- [17] Li F, Zhou G S, Cao M C. Responses of *Larix gmelinii* geographical distribution to future climate change: a simulation study. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2006, 17(12): 2255-2260.
- [18] Wang J, Ni J. Review of modeling the distribution of plant species. *Journal of Plant Ecology*, 2006, 30(6): 1040-1053.
- [19] Iverson L R, Prasad A M. Potential redistribution of tree species habitat under five climate change scenarios in the eastern US. *Forest Ecology and Management*, 2002, 155(1/3): 205-222.
- [20] Thuiller W, Araújo M B, Lavorel S. Generalized models versus classification tree analysis: predicting spatial distributions of plant species at different scales. *Journal of Vegetation Science*, 2003, 14(5): 669-680.
- [21] Phillips S J, Anderson R P, Schapire R E. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling*, 2006, 190(3/4): 231-259.
- [22] Ma S M, Zhang M L, Zhang H X, Meng H H, Chen X. Predicting potential geographical distributions and patterns of the relic plant *Gymnocarpus przewalskii* using Maximum Entropy and Genetic Algorithm for Rule-set Prediction. *Chinese Journal of Plant Ecology*, 2010, 34(11): 1327-1335.
- [23] Lei J C, Xu H G. Maxent-based prediction of potential distribution of *Solidago canadensis* in China. *Journal of Ecology and Rural Environment*, 2010, 26(2): 137-141.
- [24] Wang Y S, Xie B Y, Wan F H, Xiao Q M, Dai L Y. Potential geographic distribution of *radopholus similis* in China. *Scientia Agricultura Sinica*, 2007, 40(11): 2502-2506.
- [25] Giovanelli J G R, Haddad C F B, Alexandrino J. Predicting the potential distribution of the alien invasive American bullfrog (*Lithobates catesbeianus*) in Brazil. *Biological Invasions*, 2008, 10(5): 585-590.
- [26] Moffett A, Shackelford N, Sarkar S. Malaria in Africa: vector species' niche models and relative risk maps. *PLoS ONE*, 2007, 2(9): e824, doi: 10.1371/journal.pone.0000824.
- [27] Saatchi S, Buermann W, ter Steege H, Morid S, Smith T B. Modeling distribution of Amazonian tree species and diversity using remote sensing measurements. *Remote Sensing of Environment*, 2008, 112(5): 2000-2017.
- [28] Cao X F, Qian G L, Hu B S, Liu F Q. Prediction of potential suitable distribution area of *Flaveria bidentis* in China based on niche models. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2010, 21(12): 3063-3069.
- [29] Yang B, Xue Y G, Tang X F, Wang Y, Zhang D M. Predicting potential geographic distribution of *Eupatorium odoratum* in China. *Plant Protection*, 2009, 35(4): 70-73.
- [30] Wu W H, Li M Y. Methods for predicting potential habitat of *bursaphelenchus xylophilus* based on ecological niche model. *Forest Inventory and Planning*, 2009, 34(5): 33-38.
- [31] Huntley B, Berry P M, Cramer W, McDonald A P. Modeling present and potential future ranges of some European higher plants using climate

- response surfaces. *Journal of Biogeography*, 1995, 22(6): 967-1001.
- [32] Berry P M, Dawson T E, Harrison P A, Pearson R G. Modelling potential impacts of climate change on the bioclimatic envelope of species in Britain and Ireland. *Global Ecology and Biogeography*, 2002, 11(6): 453-462.
- [33] Franklin J. Predicting the distribution of shrub species in southern California from climate and terrain-derived variables. *Journal of Vegetation Science*, 1998, 9(5): 733-748.
- [34] Thornton P E, Running S W, White M A. Generating surfaces of daily meteorological variables over large regions of complex terrain. *Journal of Hydrology*, 1997, 190(3/4): 214-251.
- [35] Liu Y, Chen P Q, Zhang W, Hu F. A spatial interpolation method for surface air temperature and its error analysis. *Chinese Journal of Atmospheric Sciences*, 2006, 30(1): 146-152.
- [36] Woodward FI. *Climate and Plant Distribution*. Cambridge: Cambridge University Press, 1987.
- [37] Weng E S, Zhou G S. Defining plant functional types in China for global change studies. *Acta Phytocologica Sinica*, 2005, 29(1): 81-97.
- [38] Zhang X S. The potential evapotranspiration (PE) index for vegetation and vegetation-climatic classification(2)—an introduction of main methods and PEP program. *Journal of Plant Ecology*, 1989, 13(3): 197-207.
- [39] Ni J. Relationship between Thornthwaite indexes and distribution of dominants and companions of subtropical evergreen broadleaved forest in China. *Plant Science Journal*, 1997, 15(2): 151-161.
- [40] Chen P F, Wiley E O, Mcnysset KM. Ecological niche modeling as a predictive tool: silver and bighead carps in North America. *Biological Invasions*, 2006, 9(1): 43-51.
- [41] Shao H, Tian J Q, Guo K, Sun J X. Effects of sample size and species traits on performance of BIOCLIM in predicting geographical distribution of tree species—a case study with 12 deciduous *Quercus* species indigenous to China. *Chinese Journal of Plant Ecology*, 2009, 33(5): 870-877.
- [42] Xu Z Q, Wang Y H. Research advances in *Quercus mongolica*. *Hebei Journal of Forestry and Orchard Research*, 2002, 17(4): 365-370.
- [43] Guo J P, Gao S H, Liu L, Zhou G S. Impacts of climatic change on *Quercus mongolica*. *Resources Science*, 2005, 27(5): 168-172.

参考文献:

- [1] 周广胜, 王玉辉. 全球生态学. 北京: 气象出版社, 2003: 119-122.
- [2] 吴征镒. 中国植被. 北京: 科学出版社, 1980.
- [3] 王良民, 任宪威, 刘一樵. 我国落叶栎的地理分布. *北京林学院学报*, 1985, (2): 57-69.
- [4] 郑焕能, 贾松青, 胡海清. 大兴安岭林区的林火与森林恢复. *东北林业大学学报*, 1986, 14(4): 1-7.
- [5] 于顺利, 马克平, 陈灵芝. 中国北方蒙古栎起源和发展的初步探讨. *广西植物*, 2000, 5(2): 131-137.
- [6] 延晓冬, 赵士洞, 于振良. 中国东北森林生长演替模拟模型及其在全球变化研究中的应用. *植物生态学报*, 2000, 24(1): 1-8.
- [11] 孙文涛, 刘雅婷. 生物入侵风险分析的研究进展. *中国农学通报*, 2010, 26(7): 233-236.
- [16] 曹铭昌, 周广胜, 翁恩生. 广义模型及分类回归树在物种分布模拟中的应用与比较. *生态学报*, 2005, 25(8): 2031-2040.
- [17] 李峰, 周广胜, 曹铭昌. 兴安落叶松地理分布对气候变化响应的模拟. *应用生态学报*, 2006, 17(12): 2255-2260.
- [18] 王娟, 倪健. 植物种分布的模拟研究进展. *植物生态学报*, 2006, 30(6): 1040-1053.
- [22] 马松梅, 张明理, 张宏祥, 孟宏虎, 陈曦. 利用最大熵模型和规则集遗传算法模型预测子遗植物裸果木的潜在地理分布及格局. *植物生态学报*, 2010, 34(11): 1327-1335.
- [23] 雷军成, 徐海根. 基于 MaxEnt 的加拿大一枝黄花在中国的潜在分布区预测. *生态与农村环境学报*, 2010, 26(2): 137-141.
- [24] 王运生, 谢丙炎, 万方浩, 肖启明, 戴良英. 相似穿孔线虫在中国的适生区预测. *中国农业科学*, 2007, 40(11): 2502-2506.
- [28] 曹向锋, 钱国良, 胡白石, 刘凤权. 采用生态位模型预测黄顶菊在中国的潜在适生区. *应用生态学报*, 2010, 21(12): 3063-3069.
- [29] 杨波, 薛跃规, 唐小飞, 王媛, 张达敏. 外来入侵植物飞机草在中国的适生区预测. *植物保护*, 2009, 35(4): 70-73.
- [30] 吴文浩, 李明阳. 基于生态位模型的松材线虫潜在生境预测方法研究. *林业调查规划*, 2009, 34(5): 33-38.
- [35] 刘宇, 陈泮勤. 张稳, 胡非. 一种地面气温的空间插值方法及其误差分析. *大气科学*, 2006, 30(1): 146-152.
- [37] 翁恩生, 周广胜. 用于全球变化研究的中国植物功能型划分. *植物生态学报*, 2005, 29(1): 81-97.
- [38] 张新时. 植被的 PE(可能蒸散)指标与植被-气候分类(二)——几种主要方法与 PEP 程序介绍. *植物生态学与地植物学学报*, 1989, 13(3): 197-207.
- [39] 倪健. 中国亚热带常绿阔叶林优势种及常见种分布与 Thornthwaite 指标的关系. *武汉植物学研究*, 1997, 15(2): 151-161.
- [41] 邵慧, 田佳倩, 郭柯, 孙建新. 样本容量和物种特征对 BIOCLIM 模型模拟物种分布准确度的影响——以 12 个中国特有落叶栎树种为例. *植物生态学报*, 2009, 33(5): 870-877.
- [42] 许中旗, 王义弘. 蒙古栎研究进展. *河北林果研究*, 2002, 17(4): 365-370.
- [43] 郭建平, 高素华, 刘玲, 周广胜. 气候变化对蒙古栎生长和气候生产力的影响. *资源科学*, 2005, 27(5): 168-172.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol.33, No.1 January, 2013 (Semimonthly)

CONTENTS

Frontiers and Comprehensive Review

- Integrating ecological civilization into social-economic development WANG Rusong (1)
- The effect of land cover pattern on hillslope soil and water loss in the arid and semi-arid region: a review
..... GAO Guangyao, FU Bojie, LÜ Yihe, et al (12)
- The status and trend on the urban tree canopy research JIA Baoquan, WANG Cheng, QIU Erfa, et al (23)
- Bioindicators and Biomonitoring in Environmental Quality Assessment
..... Bernd Markert, WANG Mei'e, Simone Wünschmann, et al (33)
- Electron transfer capacities of dissolved organic matter and its ecological effects ... BI Ran, ZHOU Shungui, YUAN Tian, et al (45)

Autecology & Fundamentals

- Antioxidative responses of *Abies fabri* seedlings to litter addition and temperature elevation
..... YANG Yang, YANG Yan, WANG Genxu, et al (53)
- Effects of seed soaking with different concentrations of 5-aminolevulinic acid on the germination of tomato (*Solanum lycopersicum*)
seeds under NaCl stress ZHAO Yanyan, HU Xiaohui, ZOU Zhirong, et al (62)
- Influence of magnesium deficiency on chlorophyll fluorescence characteristic in leaves of Newhall navel orange
..... LING Lili, PENG Liangzhi, WANG Nanqi, et al (71)
- Leaf traits of 66 herbaceous species in Songnen grassland in Northeast China
..... SONG Yantao, ZHOU Daowei, WANG Ping, et al (79)
- Effects of nectar secondary compounds on pollination of co-flowering species in a natural community
..... ZHAO Guangyin, LI Jianjun, GAO Jie (89)
- The continuous life-table of *Leptocybe invasa* ZHU Fangli, QIU Baoli, REN Shunxiang (97)

Population, Community and Ecosystem

- Dominant climatic factors of *Quercus mongolica* geographical distribution and their thresholds
..... YIN Xiaojie, ZHOU Guangsheng, SUI Xinghua, et al (103)
- Fruit diet, Selectivity and Seed dispersal of Hatinh langur (*Trachypithecus francoisi hatinhensis*)
..... Nguyen Haiha, BAI Bing, LI Ning, et al (110)
- The distribution of living coccolithophore in East China Sea in autumn, 2010 JIN Shaofei, SUN Jun, LIU Zhiliang (120)
- The association of OPRK1 gene SNP with sika deer (*Cervus nippon*) diurnal behavior traits
..... LÜ Shenjin, YANG Yan, WEI Wanhong (132)
- Preliminary study on bird composition and diversity in Poyang Lake watershed during non-breeding period
..... SHAO Mingqin, ZENG Binbin, XU Xianzhu, et al (140)
- Coexistence mechanism of two species passerines in man-made nest boxes LI Le, ZHANG Lei, YIN Jiangxia, et al (150)
- Dynamics on soil faunal community during the decomposition of mixed eucalypt and alder litters
..... LI Yanhong, YANG Wanqin, LUO Chengde, et al (159)
- RS/GIS-based integrated evaluation of the ecosystem services of the Three Gorges Reservoir area (Chongqing section)
..... LI Yuechen, LIU Chunxia, MIN Jie, et al (168)

Landscape, Regional and Global Ecology

- The distribution of soil organic carbon as affected by landforms in a small watershed of gully region of the Loess Plateau
..... LI Linhai, GAO Erhu, MENG Meng, et al (179)
- Effects of coastal geographical characteristics on the abundance of submerged aquatic vegetation
..... WU Mingli, LI Xuyong, CHEN Nianlai (188)
- Analysis of soil physical properties under different vegetation types in the alluvial fan area of Manas River watershed
..... CAO Guodong, CHEN Jiehua, XIA Jun, et al (195)

Resource and Industrial Ecology

- Effects of farming on wetland soil seed banks in the Sanjing Plain and wetland restoration potential
..... WANG Guodong, Beth A Middleton, LÜ Xianguo, et al (205)

Effects of the microhabitats on the seedling emergence during the flooding disturbance	
.....	AN Hongyan, XU Hailiang, YE Mao, et al (214)
Analysis on the limiting factors to further improve yield of summer maize in Heilonggang River Valley	
.....	XU Lina, TAO Hongbin, HUANG Shoubing, et al (222)
Fungal diversity in rhizosphere soil of medicinal plants in Heilongjiang Province	
.....	MU Dongyan, LÜ Guozhong, SUN Xiaodong, et al (229)
Integrated assessment of mariculture ecosystem health in Sanggou Bay	FU Mingzhu, PU Xinming, WANG Zongling, et al (238)
Urban, Rural and Social Ecology	
The integrative assessment on ecological quality status of Luoyuan Bay based on ‘OOAO principle’	
.....	WU Haiyan, WU Yaojian, CHEN Keliang, et al (249)
Trophic state of seawater and ecological characteristics of phytoplankton in Sishili Bay	
.....	LI Bin, BAI Yanyan, XING Hongyan, et al (260)
Ecological footprint depth and size: new indicators for a 3D model	FANG Kai (267)
Landscape dynamics of medium- and small-sized cities in eastern and western China: a comparative study of pattern and driving forces	QI Yang, WU Jianguo, LI Jianlong, et al (275)
Research Notes	
Prediction of bacterial species richness in the South China Sea slope sediments	LI Tao, WANG Peng (286)
Spatial pattern of seedling regeneration of <i>Ulmus pumila</i> woodland in the Otindag Sandland	
.....	LIU Zhen, DONG Zhi, LI Hongli, et al (294)
Impacts on seed germination features of <i>Eupatorium adenophorum</i> from variable light stimulation and traditional dormancy-broken methods	JIANG Yong, LI Yanhong, WANG Wenjie, et al (302)
Opinions	
Discus for classification of plant association	XING Shaohua, YU Mengfan, YANG Lijuan, et al (310)

《生态学报》2013 年征订启事

《生态学报》是中国生态学学会主办的生态学专业性高级学术期刊,创刊于 1981 年。主要报道生态学研究原始创新性科研成果,特别欢迎能反映现代生态学发展方向的优秀综述性文章;研究简报;生态学新理论、新方法、新技术介绍;新书评介和学术、科研动态及开放实验室介绍等。

《生态学报》为半月刊,大 16 开本,300 页,国内定价 90 元/册,全年定价 2160 元。

国内邮发代号:82-7,国外邮发代号:M670

标准刊号:ISSN 1000-0933 CN 11-2031/Q

全国各地邮局均可订阅,也可直接与编辑部联系购买。欢迎广大科技工作者、科研单位、高等院校、图书馆等订阅。

通讯地址:100085 北京海淀区双清路 18 号 电 话:(010)62941099; 62843362

E-mail: shengtaixuebao@rcees.ac.cn 网 址: www.ecologica.cn

编辑部主任 孔红梅 执行编辑 刘天星 段 靖

生 态 学 报

(SHENGTAI XUEBAO)

(半月刊 1981 年 3 月创刊)

第 33 卷 第 1 期 (2013 年 1 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 33 No. 1 (January, 2013)

编 辑	《生态学报》编辑部 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085 电话:(010)62941099 www.ecologica.cn shengtaixuebao@rcees.ac.cn	Edited by	Editorial board of ACTA ECOLOGICA SINICA Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China Tel:(010)62941099 www.ecologica.cn Shengtaixuebao@rcees.ac.cn
主 编	王如松	Editor-in-chief	WANG Rusong
主 管	中国科学技术协会	Supervised by	China Association for Science and Technology
主 办	中国生态学学会 中国科学院生态环境研究中心 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085	Sponsored by	Ecological Society of China Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China
出 版	科 学 出 版 社 地址:北京东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717	Published by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China
印 刷	北京北林印刷厂	Printed by	Beijing Bei Lin Printing House, Beijing 100083, China
发 行	科 学 出 版 社 地址:东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717 电话:(010)64034563 E-mail:journal@cspg.net	Distributed by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China Tel:(010)64034563 E-mail:journal@cspg.net
订 购	全国各地邮局	Domestic	All Local Post Offices in China
国外发行	中国国际图书贸易总公司 地址:北京 399 信箱 邮政编码:100044	Foreign	China International Book Trading Corporation Add:P. O. Box 399 Beijing 100044, China
广告经营 许 可 证	京海工商广字第 8013 号		



ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

国内外公开发行

国内邮发代号 82-7

国外发行代号 M670

定价 90.00 元