

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica



第31卷 第10期 Vol.31 No.10 **2011**

中国生态学学会
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 31 卷 第 10 期

2011 年 5 月 (半月刊)

目 次

大熊猫取食竹笋期间的昼夜活动节律和强度·····	张晋东, Vanessa HULL, 黄金燕, 等 (2655)
高枝假木贼的胎生萌发特性及其生态适应·····	韩建欣, 魏 岩, 严 成, 等 (2662)
准噶尔盆地典型地段植物群落及其与环境因子的关系·····	赵从举, 康慕谊, 雷加强 (2669)
喀斯特山地典型植被恢复过程中表土孢粉与植被的关系·····	郝秀东, 欧阳绪红, 谢世友, 等 (2678)
青藏高原高寒草甸土壤 CO ₂ 排放对模拟氮沉降的早期响应·····	朱天鸿, 程淑兰, 方华军, 等 (2687)
毛乌素沙地南缘沙漠化临界区域土壤水分和植被空间格局·····	邱开阳, 谢应忠, 许冬梅, 等 (2697)
雪灾后粤北山地常绿阔叶林优势树种幼苗更新动态·····	区余端, 苏志尧, 解丹丹, 等 (2708)
四川盆地四种柏木林分类型的水文效应·····	龚固堂, 陈俊华, 黎燕琼, 等 (2716)
平茬对半干旱黄土丘陵区柠条林地土壤水分的影响·····	李耀林, 郭忠升 (2727)
连栽杉木林林下植被生物量动态格局·····	杨 超, 田大伦, 胡日利, 等 (2737)
近 48a 华北区太阳辐射量时空格局的变化特征·····	杨建堂, 刘 勤, 严昌荣, 等 (2748)
中型景观尺度下杨树人工林林分特征对树干病害发生的影响——以河南省清丰县为例·····	王 静, 崔令军, 梁 军, 等 (2757)
耕作措施对冬小麦田杂草生物多样性及产量的影响·····	田欣欣, 薄存瑶, 李 丽, 等 (2768)
官山保护区白颈长尾雉栖息地适宜性评价·····	陈俊豪, 黄晓凤, 鲁长虎, 等 (2776)
花椒园节肢动物群落特征与气象因子的关系·····	高 鑫, 张晓明, 杨 洁, 等 (2788)
沙漠前沿不同植被恢复模式的生态服务功能差异·····	周志强, 黎 明, 侯建国, 等 (2797)
大豆出苗期和苗期对盐胁迫的响应及耐盐指标评价·····	张海波, 崔继哲, 曹甜甜, 等 (2805)
不同耐盐植物根际土壤盐分的动态变化·····	董利苹, 曹 靖, 李先婷, 等 (2813)
短期 NaCl 胁迫对不同小麦品种幼苗 K ⁺ 吸收和 Na ⁺ 、K ⁺ 积累的影响·····	王晓冬, 王 成, 马智宏, 等 (2822)
套袋微域环境对富士苹果果皮结构的影响·····	郝燕燕, 赵旗峰, 刘群龙, 等 (2831)
畜禽粪便施用对稻麦轮作土壤质量的影响·····	李江涛, 钟晓兰, 赵其国 (2837)
土霉素胁迫下拟南芥基因组 DNA 甲基化的 MSAP 分析·····	杜亚琼, 王子成, 李 霞 (2846)
甲藻孢囊在长山群岛海域表层沉积物中的分布·····	邵魁双, 巩 宁, 杨 青, 等 (2854)
湖南省城市群生态网络构建与优化·····	尹海伟, 孔繁花, 祈 毅, 等 (2863)
基于多智能体与元胞自动机的上海城市扩展动态模拟·····	全 泉, 田光进, 沙默泉 (2875)
城市道路绿化带“微峡谷效应”及其对非机动车道污染物浓度的影响·····	李 萍, 王 松, 王亚英, 等 (2888)
专论与综述	
北冰洋微型浮游生物分布及其多样性·····	郭超颖, 王桂忠, 张 芳, 等 (2897)
种子微生物生态学研究进展·····	邹媛媛, 刘 洋, 王建华, 等 (2906)
条件价值评估的有效性与可靠性改善——理论、方法与应用·····	蔡志坚, 杜丽永, 蒋 瞻 (2915)
问题讨论	
中国生态学期刊现状分析·····	刘天星, 孔红梅, 段 靖 (2924)
研究简报	
四季竹耐盐能力的季节性差异·····	顾大彤, 郭子武, 李迎春, 等 (2932)
新疆乌恰泉地震前后泉水细菌群落的变化·····	杨红梅, 欧提库尔·玛合木提, 曾 军, 等 (2940)
两种猎物对南方小花蝽种群增长的影响及其对二斑叶螨的控害潜能·····	黄增玉, 黄林茂, 黄寿山 (2947)
学术信息与动态	
全球变化下的国际水文学研究进展: 特点与启示——2011 年欧洲地球科学联合会会员大会述评·····	卫 伟, 陈利顶 (2953)

期刊基本参数: CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 302 * zh * P * ¥ 70.00 * 1510 * 34 * 2011-05



封面图说: 藏酋猴 (*Macaca thibetana*) 属猴科 (*Cercopithecidae*) 猕猴属 (*Macaca*) 又名四川短尾猴、大青猴, 为我国特有灵长类之一, 被列为国家二级保护野生动物; 近年来, 由于人类活动加剧, 栖息环境恶化, 导致藏酋猴种群数量和分布日趋缩小; 本照片摄于四川卧龙国家级自然保护区 (拍摄时间: 2010 年 3 月)。

彩图提供: 中国科学院生态环境研究中心张晋东博士 E-mail: zhangjd224@163.com

近 48a 华北区太阳辐射量时空格局的变化特征

杨建莹, 刘 勤*, 严昌荣, 梅旭荣

(中国农业科学院农业环境与可持续发展研究所/农业部旱作节水农业重点开放实验室, 北京 100081)

摘要:以分析华北区太阳辐射量时空格局变化特征为研究目标,应用国家气象局整编的华北地区 120 个气象站点 48a(1961—2008)的气象资料和中国数字高程模型,对 48a 来华北地区太阳辐射量进行计算及验证,并对空间格局及变异特征进行了探讨,结果表明:(1)华北地区太阳辐射量的年际间变化较大,总体呈下降趋势,线性倾向值为 $-7.72 \text{ MJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$; (2)太阳辐射量由多到少突变发生在 1981 年,1981—2008 年太阳辐射量平均值较 1961—1981 年降低了 $203.92 \text{ MJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ 。从 1981 年突变年开始,华北地区太阳辐射量表现出明显的下降趋势,且在分析期内,下降的态势得到持续发生;(3)1981/1982 年度发生的太阳辐射量由多到少突变,大部分地区突变幅度在 $150 \text{ MJ} \cdot \text{m}^{-2}$ 以上。突变严重的华北中部和南部地区,突变值可达 $300 \text{ MJ} \cdot \text{m}^{-2}$; (4)突变年后,华北大部分地区均表现出持续下降的态势,下降速度在 $6 \text{ MJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ 以上,其中华北东北部下降严重,下降速度可达 $15 \text{ MJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ 。

关键词:太阳辐射量;时空格局;突变检测;华北地区

Spatial and temporal variation of solar radiation in recent 48 years in North China

YANG Jianying, LIU Qin*, YAN Changrong, MEI Xurong

Institute of Environment and Sustainable Development in Agriculture, CAAS/ Key Laboratory of Dry Land Agriculture, MOA, Beijing 100081, China

Abstract: Solar radiation, being the primary energy source for all the biological processes on the earth, is an important factor concerned in many applications due to its essential role as a driving input to agronomic, ecological, hydrological and soil vegetation atmosphere transfer models. Climate change is generally accepted to be one of the most critical problems faced by mankind and it is intricately linked to solar radiation which, as the primary energy source for all of earth's living organisms, is a major determinant of the productivity of biological systems. North China, as a very important food producing region, is seriously affected by climate change, especially by the changes in solar radiation. Given the above background, the overwhelming emphasis of this study aims to establish the spatial and temporal variation of solar radiation in North China. Based on data of the Chinese Meteorological Administration (CMA) from 1961 to 2008, the geographical coordinates of 120 meteorological stations and the global digital elevation map (GTOPO30, DEM), we estimated the solar radiation duration between 1961 and 2008 and analysed the spatial pattern and the change in average annual solar radiation in North China. The results showed that the annual solar radiation varied between years, and that there was a linear decreasing trend over the last 48 years: solar radiation was relatively high in 1960s after which it fell by an average of $7.72 \text{ MJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$. During the period analysed, maximum annual solar radiation occurred in 1965 which is about $5173.72 \text{ MJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$, while the minimum occurred in 2003 which is around $4382.51 \text{ MJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$. The result of Mann-Kendall analysis indicated a mutation point in 1981, after which annual solar radiation decreased significantly in North China by an average of $203.92 \text{ MJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$, with a trend that continued until 2008. Solar radiation decreased in most parts of North China with the greatest reductions of more than $300 \text{ MJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ in central and southern region of North China. There were

基金项目:GEF 项目(农业综合开发适应气候变化项目课题研究);国家基础性工作专项(BSRF201006);亚太地区气候变化与粮食安全资助项目

收稿日期:2010-03-15; **修订日期:**2010-06-10

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: liuq@ieda.org.cn

large spatial differences in the reduction of solar radiation; where as the average decline was $7.72 \text{ MJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$, where as in Beijing, Tianjin, Northern Shandong and Northern Hebei, the average annual reduction was $15 \text{ MJ} \cdot \text{m}^{-2}$. The spatial and temporal variation of solar radiation is complex and affected by many factors, including the process of industrialization and urbanization in this region. At same time, the analysis of spatial and temporal variation of solar radiation in the past 48 years in North China can play an important role in the study of potential agricultural productivity, rational prediction of changes in climate, and corresponding decision-making. Considering all these aspects, an attempt should be made to reveal the solar radiation characteristics of main crops in different growth stages in the further work, with the purpose of improving the utilization of agricultural climate resource.

Key Words: solar radiation; spatial-temporal pattern; mutation detection; North China

全球气候变化是人类迄今面临的重大环境问题之一,已成为国内外的研究热点^[1-4]。太阳辐射是地面的主要能量来源,是天气和气候形成及变化的基础,其分布决定了区域气候特点和农业生产布局,对维持粮食稳产、增产有重要的作用^[5-8]。太阳辐射量的计算方法已较为成熟,通过对太阳辐射量的计算,可以确定其不同地区的空间分布及特点。在省市级小空间尺度方面,陈志华^[9]、杜尧东^[10]分别从年际波动角度对新疆及广东地区太阳辐射量进行了探讨,指出了年太阳辐射总量逐年下降的现象。周晋^[11]对北京地区太阳辐射量变化的影响因子进行了研究,指出近 43a 日照时数、散射辐射的变化与太阳总辐射量下降的相关性明显。在大空间尺度上,吕宁^[12]对我国 1998—2002 年太阳辐射的区域分布变化进行了分析,结果表明我国太阳辐射分布不均,季节变化显著。虽然目前对太阳辐射量的研究较为广泛,但其空间尺度上变化趋势特点的分析还不够深入。从研究方法上看,学者们一般只局限在对整个研究区年际太阳辐射总量及日、月、季总量的分析上,该方法虽然能较好的反应整个研究区太阳辐射的时序变化及年时间尺度上的分布,但是很难反映出不同地域太阳辐射量变化的差异,导致一些包含重要意义的科学事实未能被揭示。太阳辐射量受多因素影响,不同地区呈现出不同的特点及趋势。对太阳辐射量的研究,既需要从整体上把握其特征,又不能忽略部分小区域的变化特点。

华北地区是我国重要的农作物产区,该区粮食产量在全国粮食总产中的比重逐年增加,由 1998 年的 29.6% 上升到 2008 年的 38.9%^[13],同时,华北地区也是我国受气候变化影响最大的地区之一,增温最快且范围最大,平均每 10a 增温达 0.6°C ^[14]。对华北地区太阳辐射进行研究,对于进一步了解华北地区气候变迁的动力学机制,改进区域气候模式,合理规划农业生产布局具有重要意义。本文尝试在华北地区 48a 时间尺度上,利用时序分析与空间分析相衔接的方法,探讨华北地区太阳辐射量的时空分布格局变化特征,从而为研究区域气候特点和农业生产布局的相关问题提供科学依据。

1 研究区概况

在本文中,华北地区主要指长城沿线以南,淮河、秦岭和白龙江以北,黄土高原以东,汾渭河以东地区,包括晋、冀、鲁、豫、京、津、苏、皖等省(市)的全部或部分地区的,共计 587 个县市。截至 2009 年,华北地区总耕地面积约 3.66 亿亩,其中水田占 3%,水浇地占 54%,旱地占 43%。年均降水量在 500—800mm,降水年变率高,季节分布不均,种植作物以一年两熟或两年三熟为主,是我国优质小麦、玉米、棉花、花生等优势农产品的主产区。

2 资料与方法

2.1 资料来源

本文采用的气象资料来源于国家气象局。从华北地区及周边 143 个气象站点中,筛选出 120 个具有 1961—2008 年完整观测序列的气象站点作为分析对象,包括华北地区内 85 个气象站点和华北地区周边 35 个气象站点。华北地区的 85 个气象站点中,共 8 个气象站点具有 48 年完整序列的太阳辐射资料,为确保精确度,利用这 8 个气象站点太阳辐射数据对计算值进行检验。本文选取的用于计算太阳辐射量的 120 个气象

站点数据包括 48a(1961—2008 年)逐日日照时数(h)、经纬度以及海拔高度(m)等。部分站点曾发生过迁站,迁站对气温、风速影响较大,但对日照时数、经纬度以及海拔高度数据造成的差异不明显^[15-17]。所选气象站点覆盖了整个华北地区(图 1)。

中国 DEM 数据来自于美国地质勘探局(USGS)生产的全球 30 秒数字高程模型(GTOPO30)^①,其空间分辨率为 30"(约 1km)。

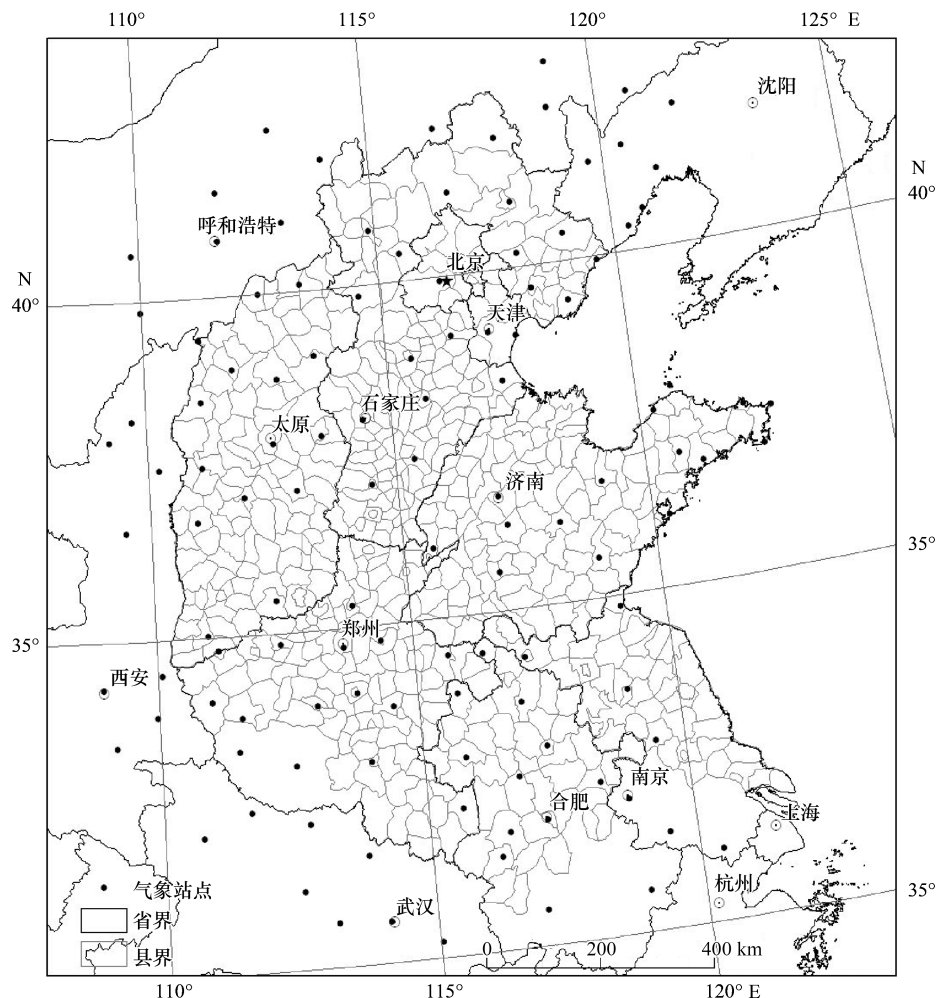


图 1 华北地区气象站点分布图

Fig.1 The distribution of meteorological stations in North China

2.2 研究方法

2.2.1 太阳辐射量计算方法

华北地区太阳总辐射的计算公式为:

$$Q = Q_0(a + b \times s) \quad (1)$$

式中, $Q(\text{MJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1})$ 为地表受到的太阳总辐射, $Q_0(\text{MJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1})$ 为天文总辐射, a 、 b 为取决于季节和纬度的系数,每个站点有 12 组 a 、 b 系数值, s 为日照百分率。

日天文总辐射的计算公式为:

① 数据来源于:<http://glcfapp. umiacs. umd. edu:8080/esdi/index. jsp>

$$Q_0 = \frac{T \times I_0}{\pi \times \rho^2} (\omega_0 \sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \sin \omega_0) \quad (2)$$

式中, T 为周期 ($24 \times 60 \times 60 \text{ s}$); I_0 为太阳常数 ($13.167 \times 10^{-4} \text{ MJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$); ρ 为日地相对距离; ω_0 为日落时角; φ 为地理纬度; δ 为太阳赤纬。

日地相对距离 ρ 计算公式为^[18]:

$$\rho = \sqrt{\frac{1}{1 + 0.33 \times \cos(2\pi \times J/365)}} \quad (3)$$

式中, J 为年内的天序数, 从 1 月 1 日的 0 到 12 月 31 日的 364。

太阳赤纬的计算公式为^[19]:

$$\delta = 0.409 \times \sin(0.0172 \times J - 1.39) \quad (4)$$

日落时角的计算公式为^[18]:

$$\omega_0 = \arccos(-\tan \varphi \tan \delta) \quad (5)$$

2.2.2 Mann-Kendall 检验方法

Mann-Kendall 非参数检验方法也称无分布检验, 可以从观测资料的时间序列中精确地确定达到信度要求的突变开始时间, 其优点是不需要样本遵从一定的分布, 也不受少数异常值的干扰, 适用于类型变量和顺序变量。该方法是由世界气象组织 (WMO) 推荐的应用与环境数据时间序列趋势分析的有效方法, 同时也是检验太阳辐射时间序列趋势变化的有效工具^[20-21]。

通过计算正、反向样本序列的统计量, 利用两者的变化特点分析样本序列的变化趋势。前者为正数则表明序列呈上升趋势, 为负数则表明呈下降趋势, 等于零表示持平, 而且当正向样本统计量值超过 0.01 水平的临界线时, 表示上升或下降极显著。如果正、反向样本序列统计量的两条曲线出现交点, 且交点在临界线之间, 那么交点对应的时刻便是突变开始的时间^[22]。

2.2.3 栅格化方法

利用已知空间抽样样本 (已知站点数据) 对未抽样点 (未知站点数据) 进行估计, 从而预测未知地理空间的特征^[23-27]。本文考虑经纬度和海拔高度对太阳辐射量的影响, 引入“回归分析+残差插值”栅格化方法^[28], 回归模拟, 残差修正, 提高栅格化精度。以太阳辐射量为输出变量, 以气象站的经纬度和 DEM 为输入变量进行多元回归分析, 得到相关的回归方程, 利用回归方程进行模拟栅格面的输出。提取模拟栅格面上对应气象站点值, 并对模拟值与真实值间的残差进行空间插值, 运算得到相应的栅格数据^[29]。

2.2.4 趋势分析方法

利用最小二乘法拟合一元线性方程 $y = ax + b$ (a 、 b 为回归系数, y 为年太阳辐射量, t 为时间)^[30], 其斜率 a 表示太阳辐射量变化倾向率, a 值的符号正或负反应趋势上升或下降, a 值的大小则表示上升或下降的幅度。

2.3 计算结果检验

研究区内的 120 个气象站点中, 8 个站点具有 1961—2008 年完整序列的太阳辐射数据。利用已知太阳辐射量的 8 个气象站点 (北京、郑州、济南、太原、合肥、南京、固始、天津) 数据对计算结果进行验证。每个站点分别包括两组数据: 1961—2008 年太阳辐射总量实测数据和 1961—2008 年太阳辐射总量计算数据。将每个气象站点的这两组数据进行相关系数检验, 得出的 8 对样本相关系数均在 0.8 以上。两组数据的配对样本 T 检验的双尾显著性概率 Sig 都小于 0.05, 表明差异性显著, 从而证明该计算方法适用于华北地区太阳辐射量的计算。

3 结果与分析

3.1 年太阳辐射量距平变化

为了研究长时间内年太阳辐射量的演变情况, 在计算华北地区年太阳辐射量距平值的基础上, 分析华北地区太阳辐射量的变化趋势 (图 2)。用 5a 平滑曲线滤掉高频分量 (实线), 用 9a 平滑滤掉年际震荡 (虚

线)^[31]。可以看出,华北地区 48a 平均太阳辐射量呈下降趋势,线性倾向值为 $-7.72 \text{ MJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ ($R^2 = 0.486$),各年代距平平均值逐次降低。5a 平滑曲线和 9a 平滑曲线均变现出波动变化特点,自 20 世纪 80 年代后呈显著下降趋势。显著变化前后平均太阳辐射量的平均距平分别为 $117.84 \text{ MJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ 和 $-84.17 \text{ MJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ 。在分析期内,年太阳辐射量年际间变化幅度较大,最大太阳辐射量出现在 1965 年($5173.72 \text{ MJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$),距平为 $399.32 \text{ MJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$,最小的是 2003 年($4382.51 \text{ MJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$),距平为 $-391.89 \text{ MJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ 。

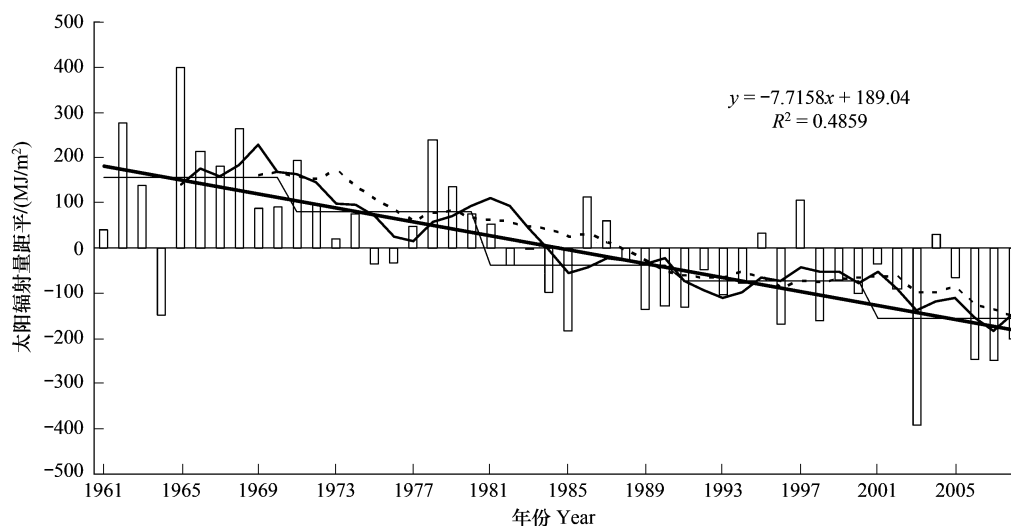


图 2 1961—2008 年华北地区平均年太阳辐射量距平

Fig. 2 The anomaly for averagely annual solar radiation during 1961—2008 in North China

3.2 年太阳辐射量突变检验

使用 Mann-Kendall 非参数检验方法,对 1961—2008 年华北地区太阳辐射量序列进行突变检测,给定显著性水平为 0.01。由图 3 中原始序列曲线(实线)可以看出,华北地区年太阳辐射量在 20 世纪 60 年代年较高,之后年太阳辐射量逐渐降低,降低趋势明显。根据原序列与反序列曲线(虚线)交点的位置,可以确定 1981/1982 年度开始发生太阳辐射量由多到少的突变。从突变年开始,华北地区太阳辐射量开始有明显的下降趋势,且下降的态势持续发生。突变年后的年平均太阳辐射量比突变年前的平均值降低了 $203.92 \text{ MJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ 。

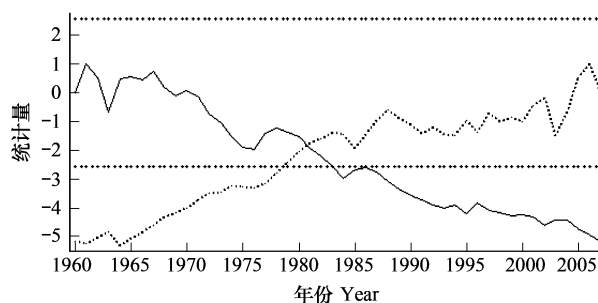


图 3 1961—2008 年华北地区平均年太阳辐射量 M-K 检验

Fig. 3 The M-K Test for averagely annual solar radiation during 1961—2008 in North China

3.3 突变年前后年太阳辐射量变化空间分布特征分析

利用突变年前后年太阳辐射量的差值对其空间变化进行研究。由突变年前后年太阳辐射量差值空间分布图(图 4)可以看出:突变年前后,太阳辐射量变化空间分布不均匀。除河南西北部、山西西南部、河北北部、山东东部极小部分地区年太阳辐射量有轻微上升外,华北大部分地区年太阳辐射量表现出明显下降,年太阳辐射量下降幅度一般在 $150 \text{ MJ}/\text{m}^2$ 以上。1981/1982 年度发生的太阳辐射量由多到少突变,主要发生在华北中部和南部地区,其中山东,河南南部,安徽北部及河北石家庄地区,天津等地突变剧烈,突变后年太阳辐射量较突变前年太阳辐射量下降幅度均在 $300 \text{ MJ}/\text{m}^2$ 以上,该地区太阳辐射量的剧烈减少是引起 1981/1982 年华北地区太阳辐射量由多到少突变的主要原因。

3.4 突变年后太阳辐射量变化趋势分析

突变年后,华北不同区域年太阳辐射量表现出不同的变化趋势(图 5)。总体来说,华北地区年太阳辐射

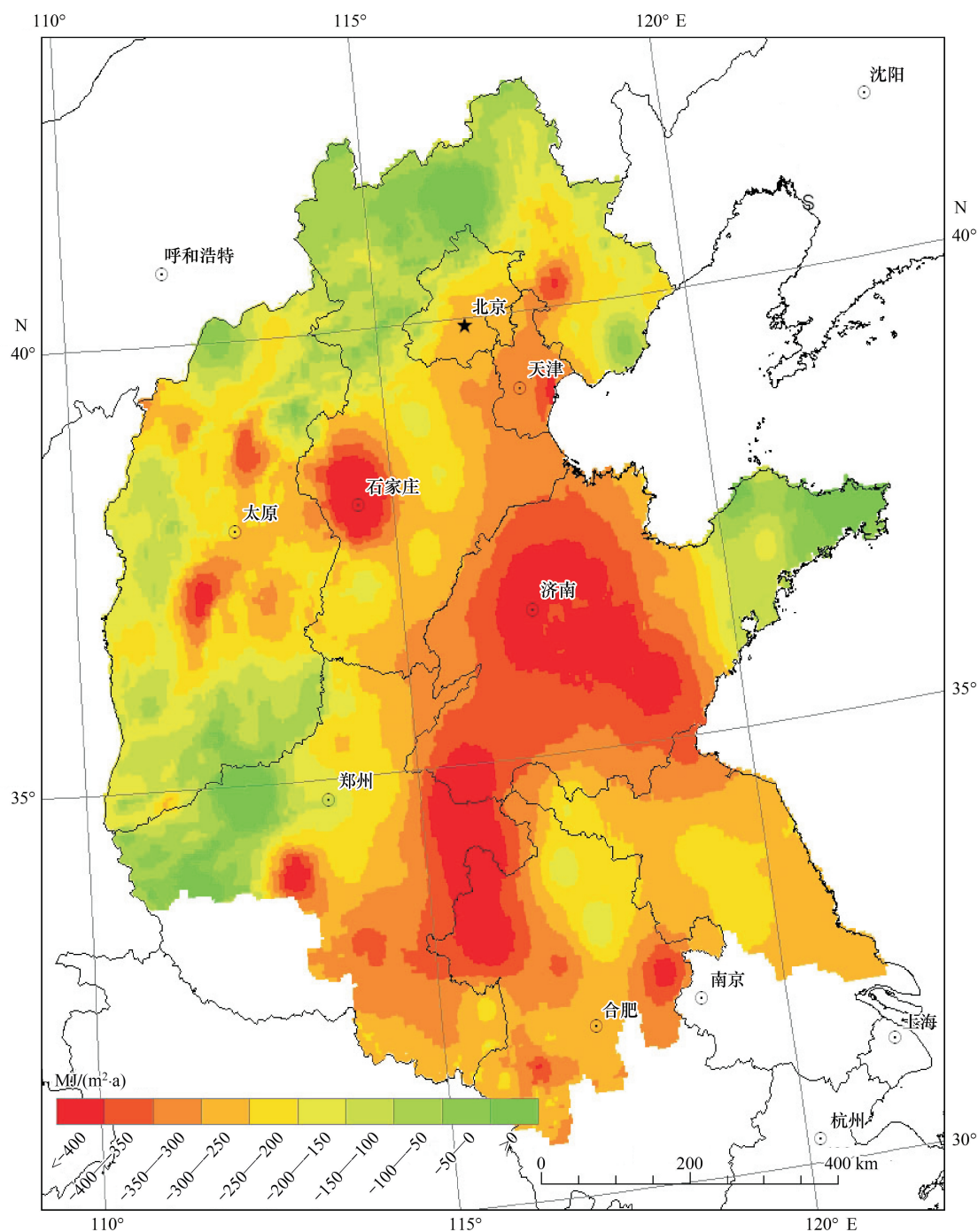


图 4 突变年(1981 年)前后年太阳辐射量差值空间分布图

Fig. 4 The spatial pattern for changes of averagely annual solar radiation in North China around the mutation year(1981)

量年际变化表现为从西到东、从南到北逐渐增强的变化规律。除华北地区南部和西部极小部分地区年太阳辐射量表现出上升态势外,华北其余大部分地区均表现出持续下降态势。华北山西西部、河南西部及安徽江苏南部年太阳辐射量表现出轻微的上升趋势,上升速度最高地区可达 $6 \text{ MJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ 。华北中部及东、北部地区表现出持续下降态势,下降速度在 $6 \text{ MJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ 以上。下降态势最为剧烈的山东北部、河北东部、天津以及北京地区,下降速度在 $15 \text{ MJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ 以上。

4 结论与讨论

本文利用研究区内 120 个气象站点数据 48a(1961—2008 年)逐日日照时数、经纬度以及高程数据,对华

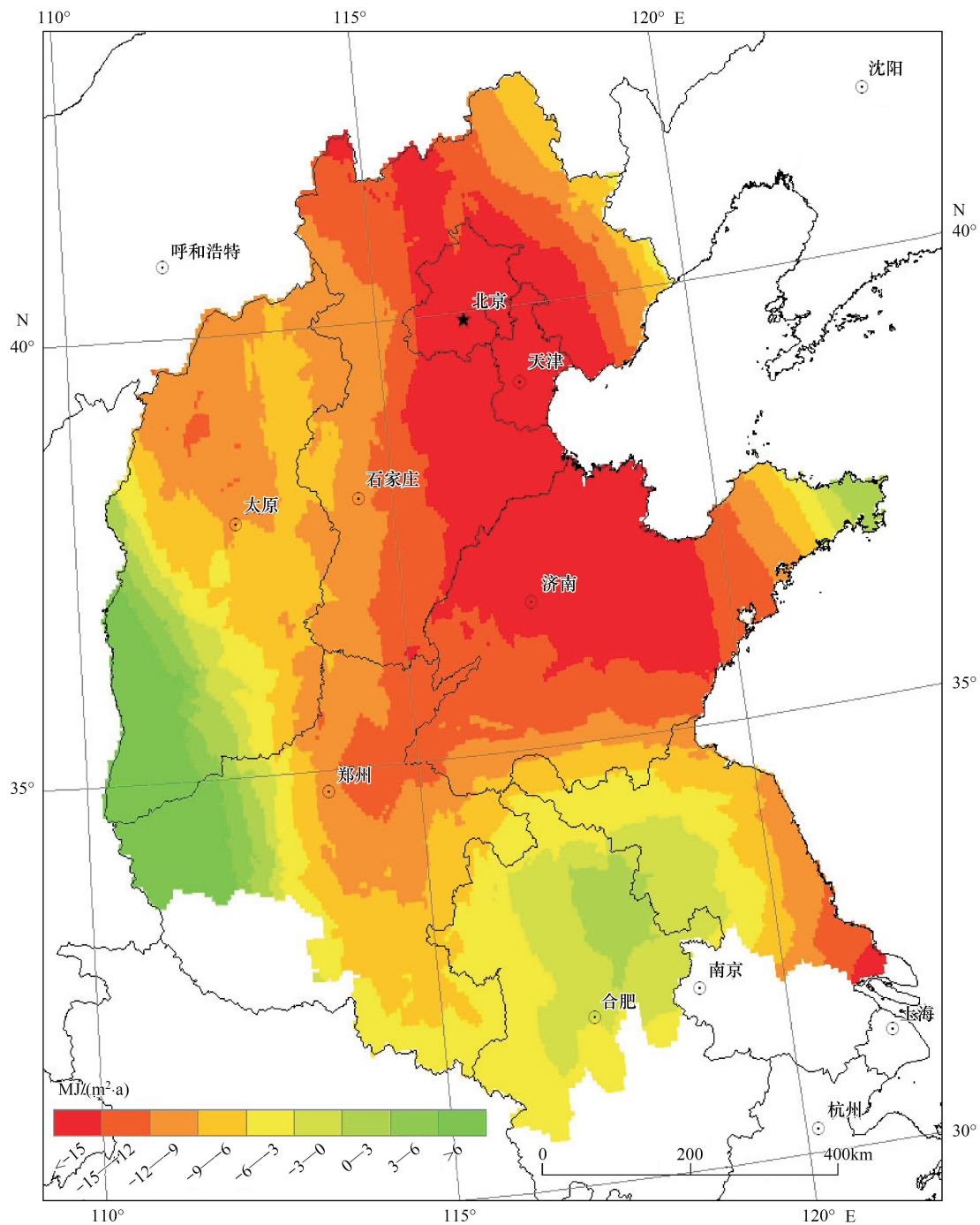


图5 突变年后(1982—2008年)太阳辐射量变化趋势空间分布图

Fig. 5 The spatial pattern for trends of solar radiation in North China after the Mutation year(1982—2008)

北地区太阳辐射量进行了计算,并加以验证。运用距平分析、Mann-Kendall 检验、“回归分析+残差插值”及最小二乘法趋势分析方法分析了华北区年太阳辐射量的时序特征、空间格局以及空间变异趋势,主要结论如下:(1)华北地区太阳辐射量年际间变化较大,且呈下降趋势。太阳辐射量由多到少突变发生在1981年左右,突变后的年太阳辐射量比突变前降低了 $203.92 \text{ MJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ 。(2)突变年后较突变年前相比,华北大部分地区年太阳辐射量表现出明显下降,下降幅度一般在 $150 \text{ MJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ 以上。1981/1982年度前后太阳辐射量由多到少突变主要发生在华北中部和南部地区。(3)突变年后,除华北地区南部和西部的极小部分地区年太阳辐射量表现出上升态势外,华北其余大部分地区均表现出持续下降态势,下降速度在 $6 \text{ MJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ 以上,东北部地

区较严重,下降幅度在可达 $15 \text{ MJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ 。

到达地表的太阳辐射量变化与大气成分、云量、大气中水汽的含量以及大气悬浮物含量等密切相关^[32]。综合来看,到达地表的太阳辐射量受多种因素的影响,包括大气条件、观测站的环境以及区域的工业化特点。20 世纪 80 年代,华北地区太阳辐射量发生由多到少剧烈突变除了气候本身的变化外,还有可能与华北地区工业化进展加快有关,尤其是工厂、汽车排放到空气中的烟尘、废气、微粒等逐渐增多,大气中气溶胶逐渐增加,对太阳光线削弱作用增强,导致华北地区日照时数的下降^[33],从而导致太阳辐射量的减少。同时,在华北地区太阳辐射量的区域分异可能还受到城市化发展不平衡的影响。东北部地区发展较迅速,气象观测站的环境发生变化,如被建筑物遮盖,影响日照时数等,都将对太阳辐射量的分布产生影响。

由于研究资料的限制,论文只局限于对华北地区年太阳辐射量时空格局变化特征的研究,没有对华北地区主要作物(小麦、玉米)生育期内的太阳辐射量的空间分布及时序变化进行探讨,因此,进一步揭示华北地区主要作物各生育阶段内的太阳辐射量的时空变化特点,以提高农业气候的利用率,是今后研究的重要课题。**致谢:** 中国农业科学院农业环境与可持续发展研究所许吟隆研究员为本文提供了 a 、 b 系数,特此致谢。

References:

- [1] Zhao Z C, Wang S W, Luo Y. Assessments and projections of temperature rising since the establishment of IPCC. *Advances in Climate Change Research*, 2007, 3(3): 183-184.
- [2] Jiang Z H, Zhang X, Wang J. Projection of climate change in China in the 21st century by IPCC-AR4 models. *Geographical Research*, 2008, 27(4): 787-799.
- [3] IPCC. *Climate Change 2001: The Scientific Basis*. Cambridge: Cambridge University Press, 2001: 140-165.
- [4] Li H T, Yu G R, Yuan J Z. Pattern and cause of current climate change in China and prediction of climate scenarios. *Chinese Journal of Agrometeorology*, 2003, 24(4): 1-4.
- [5] Pinker R T, Zhang B, Dutton E G. Do satellites detect trends in surface solar radiation? *Science*, 2005, 308(5723): 850-854.
- [6] Wild M, Gilgen H, Roesch A, Ohmura A, Long C N, Dutton E G, Forgan B, Kallis A, Russak V, Tacwrkov A. From dimming to brightening: decadal changes in solar radiation at earth's surface. *Science*, 2005, 308(5723): 847-850.
- [7] Shen Y B, Zhao Z C, Shi G Y. The progress in variation of surface solar radiation, factors and probable climatic effects. *Advances in Earth Science*, 2008, 23(9): 915-923.
- [8] Liou K N. *An Introduction to Atmospheric Radiation*. 2nd ed. New York: Academic Press, 2002.
- [9] Chen Z H. Analysis of the solar radiation of Xinjiang Uygur autonomous region in recent 40 years. *Arid Land Geography*, 2005, 28(6): 734-739.
- [10] Du Y D, Mao H Q, Liu A J, Pan W J. The climatological calculation and distributive character of global solar radiation. *Resources Science*, 2003, 25(6): 66-70.
- [11] Zhou J, Yan G, Wu Y Z. Analysis of solar radiation for Beijing China. *Acta Energiæ Solaris Sinica*, 2005, 26(5): 712-716.
- [12] Lu N, Liu G R, Liu J Y. The spatio-temporal variation of downward shortwave radiation over China from 1998 to 2002. *Journal of Geoinformation Science*, 2009, 11(5): 623-630.
- [13] The People's Republic of China National Bureau of Statistics. [access date]. <http://www.stats.gov.cn/tjsj/ndsj/>.
- [14] Gao G, Li W J, Zhang Q. Climatic change and its impact on water sources and water resources pre-assessment in 2003 in north China. *Meteorological Monthly*, 2003, 29(8): 26-30.
- [15] He J, Du R D, Cai L L. Homogeneity test on the climate data time series for xunwen observatory befor and after its site moving. *Guangdong Meteorology*, 2009, 31(4): 14-15.
- [16] Qin R, He Y P, Shang W H, Yili D. Meteorological station transference and its effect on the analysis for climatic change in Xinjiang. *Bimonthly of Xinjiang Meteorology*, 2006, 29(4): 16-19.
- [17] Wu L H, Kang L L, Chen H Y. Effect of meteorological observation environment variability on homogeneity of temperature series in Zhejiang province. *Meteorological Science and Technology*, 2007, 35(1): 152-156.
- [18] Gao G D. *Climate Tology Lectures*. Beijing: Meteorology Press, 1996: 31-32.
- [19] Liu Y, Pereira L S, Teixeira J L, Cai L G. Update definition and computation of reference evapotranspiration and comparison with former methods. *Journal of Hydrological Engineering*, 1997, (6): 27-33.
- [20] Yu P S, Yang T C, Wu C K. Impact of climate change on water resources in southern Taiwan. *Journal of Hydrology*, 2002, 260(1/4): 161-175.
- [21] Liu C M, Zheng H X. Changes in components of the hydrological cycle in the Yellow River basin during the second half of the 20th century. *Hydrological Processes*, 2004, 18(12): 2337-2345.
- [22] Song Y, Ji J J. The remarkable test of abrupt climatic warming and spatiotemporal distribution features of temperature and precipitation fields. *Climatic and Environmental Research*, 2005, 10(2): 157-165.

- [23] Li X, Cheng G D, Lu L. Comparison of spatial interpolation methods. *Advance in Earth Sciences*, 2000, 15(3): 260-265.
- [24] Feng Z M, Yang Y J, Ding X Q, Lin Z H. Optimization of the spatial interpolation methods for climate resources. *Geographical Research*, 2004, 23(3): 359-364.
- [25] Li J, You S C, Huang J F. Spatial interpolation method and spatial distribution characteristics of monthly mean temperature in China during 1961—2000. *Ecology and Environment*, 2006, 15(1): 109-114.
- [26] Yue W Z, Xu J H, Xu L H. A study on spatial interpolation methods for climate variables based on geostatistics. *Plateau Meteorology*, 2005, 24(6): 974-980.
- [27] Zhao C Y, Feng Z D, Nan Z R. Modelling the temporal and spatial variabilities of precipitation in Zulihe River Basin of the western Loess Plateau, 2008, 27(1): 208-214.
- [28] Zhang Y Q, Liu Q, Yan C R, He W Q, Liu S. Methodology for rasterizing accumulated temperature data in the Yellow River Basin. *Acta Ecologica Sinica*, 2009, 29(10): 5581-5585.
- [29] Liu Q, Yan C R, He W Q, Du J T, Yang J. Dynamic variation of accumulated temperature date in recent 40 years in the Yellow River Basin. *Journal of Natural Resources*, 2009, 24(1): 146-153.
- [30] Ou A S, Wang H H, Peng J, Zhang X H. Statistical analysis of temperature variations for 44 years in Jishou City. *Chinese Journal of Agrometeorology*, 2006, 27(3): 183-186.
- [31] Gong Y, Shi Z Z, Hua J J, Wang A J. Climatic characteristics affecting water resources in Tangshan region. *Chinese Journal of Agrometeorology*, 2009, 30(4): 509-514.
- [32] Shen Y B, Zhao Z C, Shi G Y. The progress in variation of surface solar radiation, factors and probable climatic effects. *Advances in Earth Science*, 2008, 23(9): 915-923.
- [33] Guo J, Ren G Y. Variation characteristics of sunshine duration in Tianjin in recent 40 years and influential factors. *Meteorological Science and Technology*, 2006, 34(4): 415-420.

参考文献:

- [1] 赵宗慈, 王绍武, 罗勇. IPCC 成立以来对温度升高的评估与预估. *气候变化研究进展*, 2007, 3(3): 183-184.
- [2] 江志红, 张霞, 王冀. IPCC-AR4 模式对中国 21 世纪气候变化的情景预估. *地理研究*, 2008, 27(4): 787-799.
- [4] 李海涛, 于贵瑞, 袁嘉祖. 中国现代气候变化的规律及未来情景预测. *中国农业气象*, 2003, 24(4): 1-4.
- [7] 申彦波, 赵宗慈, 石广玉. 地面太阳辐射的变化、影响因子及其可能的气候效应最新研究进展. *地球科学进展*, 2008, 23(9): 915-923.
- [9] 陈志华. 近 40a 来新疆地区太阳辐射状况研究. *干旱区地理*, 2005, 28(6): 734-739.
- [10] 杜尧东, 毛慧琴, 刘爱君, 潘蔚娟. 广东省太阳总辐射的气候学计算及其分布特征. *资源科学*, 2003, 25(6): 66-70.
- [11] 周晋, 晏刚, 吴业正. 北京地区的太阳辐射分析. *太阳能学报*, 2005, 26(5): 712-716.
- [12] 吕宁, 刘荣高, 刘纪远. 1998—2002 年中国地表太阳辐射的时空变化分析. *地球信息科学学报*, 2009, 11(5): 623-630.
- [13] 中华人民共和国国家统计局. <http://www.stats.gov.cn/tjsj/ndsj/>.
- [14] 高歌, 李维京, 张强. 华北地区气候变化对水资源的影响及 2003 年水资源预评估. *气象*, 2003, 29(8): 26-30.
- [15] 何建, 杜尧东, 蔡玲玲. 徐闻气象站迁站前后气候资料序列的均一性检验. *广东气象*, 2009, 31(4): 14-15.
- [16] 秦蓉, 何亚平, 尚卫红, 伊力达尔江. 新疆气象台站迁移及其对气候变化分析的影响. *新疆气象*, 2006, 29(4): 16-19.
- [17] 吴利红, 康丽莉, 陈海燕, 马仙妹. 地面气象站环境变化对气温序列均一性影响. *气象科技*, 2007, 35(1): 152-156.
- [18] 高国栋. 气候学教程. 北京: 气象出版社, 1996: 31-32.
- [19] 刘钰, Preira L S, Teixeira J L, 蔡林根. 参照蒸发量的新定义及计算方法对比. *水利学报*, 1997, (6): 27-33.
- [22] 宋燕, 季劲钧. 气候变暖的显著性检验以及温度场和降水场的时空分布特征. *气候与环境研究*, 2005, 10(2): 157-165.
- [23] 李新, 程国栋, 卢岭. 空间内插方法比较. *地理科学进展*, 2000, 15(3): 260-265.
- [24] 封志明, 杨艳昭, 丁晓强, 林忠辉. 气象要素空间插值方法优化. *地理研究*, 2004, 23(3): 359-364.
- [25] 李军, 游松财, 黄敬峰. 中国 1961—2000 年月平均气温空间插值方法与空间分布. *生态环境*, 2006, 15(1): 109-114.
- [26] 岳文泽, 徐建华, 徐丽华. 基于地统计方法的气候要素空间插值研究. *高原气象*, 2005, 24(6): 974-980.
- [27] 赵传燕, 冯兆东, 南忠仁. 陇西祖厉河流域降水插值方法的对比分析. *高原气象*, 2008, 27(1): 208-214.
- [28] 张燕卿, 刘勤, 严昌荣, 何文清, 刘爽. 黄河流域积温数据栅格化方法优选. *生态学报*, 2009, 29(10): 5581-5585.
- [29] 刘勤, 严昌荣, 何文清, 杜建涛, 杨捷. 黄河流域近 40a 积温动态变化研究. *自然资源学报*, 2009, 24(1): 146-153.
- [30] 欧爱松, 王宏华, 彭杰, 张湘华. 近 44 年吉首市气温变化统计分析. *中国农业气象*, 2006, 27(3): 183-186.
- [31] 龚宇, 石志增, 花家嘉, 王爱军. 唐山地区水资源的气候特征分析. *中国农业气象*, 2009, 30(4): 509-514.
- [32] 申彦波, 赵宗慈, 石广玉. 地面太阳辐射的变化、影响因子及其可能的气候效应最新研究进展. *地球科学进展*, 2008, 23(9): 915-923.
- [33] 郭军, 任国玉. 天津地区近 40 年日照时数变化特征及其影响因素. *气象科技*, 2006, 34(4): 415-420.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol. 31, No. 10 May, 2011 (Semimonthly)

CONTENTS

Circadian activity pattern of giant pandas during the bamboo growing season	2655
..... ZHANG Jindong, Vanessa HULL, HUANG Jinyan, et al	
The vivipary characteristic of <i>Anabasis elatior</i> and its ecological adaptation	2662
..... HAN Jianxin, WEI Yan, YAN Cheng, et al	
Relationships between plant community characteristics and environmental factors in the typical profiles from Dzungaria Basin	2669
..... ZHAO Congju, KANG Muyi, LEI Jiaqiang	
The relationship between pollen assemblage in topsoil and vegetation in karst mountain during different restoration period of typical vegetation community	2678
..... HAO Xiudong, OUYANG Xuhong, XIE Shiyong, et al	
Early responses of soil CO ₂ emission to simulating atmospheric nitrogen deposition in an alpine meadow on the Qinghai Tibetan Plateau	2687
..... ZHU Tianhong, CHENG Shulan, FANG Huajun, et al	
Spatial pattern of soil moisture and vegetation attributes along the critical area of desertification in Southern Mu Us Sandy Land	2697
..... QIU Kaiyang, XIE Yingzhong, XU Dongmei, et al	
Dynamics of dominant tree seedlings in montane evergreen broadleaved forest following a snow disaster in North Guangdong	2708
..... OU Yudian, SU Zhiyao, XIE Dandan, et al	
A comparative analysis of the hydrological effects of the four cypress stand types in Sichuan Basin	2716
..... GONG Gutang, CHEN Junhua, LI Yanqiong, et al	
Effect of cutting management on soil moisture in semi-arid Loess Hilly region	2727
..... LI Yaolin, GUO Zhongsheng	
Dynamics of understory vegetation biomass in successive rotations of Chinese fir (<i>Cunninghamia lanceolata</i>) plantations	2737
..... YANG Chao, TIAN Dalun, HU Yueli, et al	
Spatial and temporal variation of solar radiation in recent 48 years in North China	2748
..... YANG Jianying, LIU Qin, YAN Changrong, et al	
Impact of stand features of short-rotation poplar plantations on canker disease incidence at a mesoscale landscape: a case study in Qingfeng County, Henan Province, China	2757
..... WANG Jing, CUI Lingjun, LIANG Jun, et al	
Effects of different soil tillage systems on weed biodiversity and wheat yield in winter wheat (<i>Triticum aestivum</i> L.) field	2768
..... TIAN Xinxin, BO Cunyao, LI Li, et al	
Habitat suitability evaluation of Elliot's pheasant (<i>Syrnaticus ellioti</i>) in Guanshan Nature Reserve	2776
..... CHEN Junhao, HUANG Xiaofeng, LU Changhu, et al	
Relationships between arthropod community characteristic and meteorological factors in <i>Zanthoxylum bungeanum</i> gardens	2788
..... GAO Xin, ZHANG Xiaoming, YANG Jie, et al	
The differences of ecosystem services between vegetation restoration models at desert front	2797
..... ZHOU Zhiqiang, LI Ming, HOU Jianguo, et al	
Response to salt stresses and assessment of salt tolerability of soybean varieties in emergence and seedling stages	2805
..... ZHANG Haibo, CUI Jizhe, CAO Tiantian, et al	
Dynamic change of salt contents in rhizosphere soil of salt-tolerant plants	2813
..... DONG Liping, CAO Jing, LI Xianting, et al	
Effect of short-term salt stress on the absorption of K ⁺ and accumulation of Na ⁺ , K ⁺ in seedlings of different wheat varieties	2822
..... WANG Xiaodong, WANG Cheng, MA Zhihong, et al	
Effects of the micro-environment inside fruit bags on the structure of fruit peel in 'Fuji' apple	2831
..... HAO Yanyan, ZHAO Qifeng, LIU Qunlong, et al	
Enhancement of soil quality in a rice-wheat rotation after long-term application of poultry litter and livestock manure	2837
..... LI Jiangtao, ZHONG Xiaolan, ZHAO Qiguo	
MSAP analysis of DNA methylation in <i>Arabidopsis</i> (<i>Arabidopsis thaliana</i>) under Oxytetracycline Stress	2846
..... DU Yaqiong, WANG Zicheng, LI Xia	
Distribution of dinoflagellate cysts in surface sediments from Changshan Archipelago in the North Yellow Sea	2854
..... SHAO Kuishuang, GONG Ning, YANG Qing, et al	
Developing and optimizing ecological networks in urban agglomeration of Hunan Province, China	2863
..... YIN Haiwei, KONG Fanhua, QI Yi, et al	
Dynamic simulation of Shanghai urban expansion based on multi-agent system and cellular automata models	2875
..... QUAN Quan, TIAN Guangjin, SHA Moquan	
"Micro-canyon effect" of city road green belt and its effect on the pollutant concentration above roads for non-motorized vehicles	2888
..... LI Ping, WANG Song, WANG Yaying, et al	
Review and Monograph	
The abundance and diversity of nanoplankton in Arctic Ocean	2897
..... GUO Chaoying, WANG Guizhong, ZHANG Fang, et al	
Advances in plant seed-associated microbial ecology	2906
..... ZOU Yuanyuan, LIU Yang, WANG Jianhua, et al	
Improving validity and reliability of contingent valuation method through reducing biases and errors: theory, method and application	2915
..... CAI Zhijian, DU Liyong, JIANG Zhan	
Discussion	
The analysis of Chinese ecological academic journals	2924
..... LIU Tianxing, KONG Hongmei, DUAN Jing	
Scientific Note	
Seasonal variations in salt tolerance of <i>Oligostachyum lubricum</i>	2932
..... GU Daxing, GUO Ziwu, LI Yingchun, et al	
Variation of a spring bacterial community from Wuqia Sinter in Xinjiang during the pre- and post-earthquake period	2940
..... YANG Hongmei, OTKUR Mahmut, ZENG Jun, et al	
Comparison of the effect of two prey species on the population growth of <i>Orius similis</i> Zheng and the implications for the control of <i>Tetranychus urticae</i> Koch	2947
..... HUANG Zengyu, HUANG Linmao, HUANG Shoushan	

2009 年度生物学科总被引频次和影响因子前 10 名期刊★

(源于 2010 年版 CSTPCD 数据库)

排序 Order	期刊 Journal	总被引频次 Total citation	排序 Order	期刊 Journal	影响因子 Impact factor
1	生态学报	11764	1	生态学报	1.812
2	应用生态学报	9430	2	植物生态学报	1.771
3	植物生态学报	4384	3	应用生态学报	1.733
4	西北植物学报	4177	4	生物多样性	1.553
5	生态学杂志	4048	5	生态学杂志	1.396
6	植物生理学通讯	3362	6	西北植物学报	0.986
7	JOURNAL OF INTEGRATIVE PLANT BIOLOGY	3327	7	兽类学报	0.894
8	MOLECULAR PLANT	1788	8	CELL RESEARCH	0.873
9	水生生物学报	1773	9	植物学报	0.841
10	遗传学报	1667	10	植物研究	0.809

★《生态学报》2009 年在核心版的 1964 种科技期刊排序中总被引频次 11764 次,全国排名第 1;影响因子 1.812,全国排名第 14;第 1—9 届连续 9 年入围中国百种杰出学术期刊;中国精品科技期刊

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 31 卷 第 10 期 (2011 年 5 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA
(Semimonthly, Started in 1981)
Vol. 31 No. 10 2011

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	冯宗炜	Editor-in-chief	FENG Zong-Wei
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 70.00 元