

张 怡, 史本林. 气候变化对豫东冬小麦产区的综合影响[J]. 江苏农业科学, 2015, 43(2): 336–339.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2015.02.110

气候变化对豫东冬小麦产区的综合影响

张 怡^{1,2}, 史本林³

(1. 南京信息工程大学, 江苏南京 210000; 2. 河南省商丘市气象局, 河南商丘 476000; 3. 商丘师范学院, 河南商丘 476000)

摘要:分析了豫东冬小麦产区近 50 年的水、温要素的变化趋势, 通过数学统计与模型模拟农业气候资源的变化和极端气候事件发生的规律, 预测未来农业气候资源变化趋势和极端天气事件出现的规律, 探讨气候变化和干旱灾害对豫东地区冬小麦产量的影响, 结果表明, 豫东冬小麦产区气候趋于“暖湿化”, 对冬小麦产量的提升较为有利; 冬小麦生长中后期的光照、温度和降水适宜度与冬小麦产量的相关性显著; 豫东冬小麦产区干旱受灾面积呈减小趋势, 但成灾面积呈增大趋势。

关键词:气候变化; 冬小麦; 豫东; 极端天气; 干旱; 产量

中图分类号: S162.5 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2015)02-0336-04

近 50 年中国平均气温变暖趋势达到每 50 年 0.6~1.1℃, 升温速率可达每 10 年 0.25℃, 大于北半球平均的升温速率。气候变化下, 农业气象灾害发生频次增加, 极端气候事件(洪水、干旱、极端高温和低温冷害等)对未来农业生产的影响更大, 使农业种植结构和布局改变, 局部地区的农业气象灾害事件加剧, 农业生产的不稳定性增加, 就中国平均状况而言, 气候变化将对土地生产潜力产生不利影响, 如不采取应对措施, 气候变化将对农业产量、农业经济造成损害。目前, 气候变化引起的冬小麦生育期极端低温和干热风等极端气候事件频发, 已成为限制冬小麦稳产增产的主要影响因素。同时, 主要气象因素如温度和降水的区域差异较为突出, 不同区域社会经济环境的不同导致区域应对能力的不同也会使气候变化对农业的影响产生差异^[1-15]。

随着我国粮食消费需求的不断增长、耕地面积逐渐减少、水资源严重短缺, 气候因素变化对粮食生产的约束日益凸现, 我国粮食安全面临着严峻挑战。冬小麦是我国第一大粮食作物, 在保障我国粮食安全中的地位非常突出。黄淮海地区是我国冬小麦重要产区, 该区冬小麦播种面积和产量约占全国的 40%。受大陆性季风气候的影响, 在冬小麦生育期间, 干旱、霜冻、低温冷害、抽穗开花期阴雨、干热风等多种气象灾害发生频繁, 严重制约冬小麦的高产稳产^[14-20]。因此我们探讨了豫东地区气候变化趋势及其对冬小麦产量的影响, 又特别对影响最为严重的干旱灾害进行了特征分析, 以期能够更为系统地了解此种变化对豫东冬小麦的综合影响。

1 材料与方法

本研究以豫东地区商丘市所辖 8 个国家气象观测站(商丘、永城、夏邑、睢县、宁陵、柘城、民权、虞城、)1961—2010 年

收稿日期: 2014

基金项目: 国家自然科学基金(编号: 41140019); 河南省科技发展计划[编号: 商(20093004)、商(20103012)]。

作者简介: 张 怡(1981—), 男, 河南柘城人, 硕士, 工程师, 主要从事气象预报预测与灾害防护的研究。Tel: (0370) 3235767; E-mail: zhangyi8733873@sina.com。

共计 50 年逐日、旬、月、年的温度、降水等观测数据为信息源, 并进行了质量控制与订正, 保证资料的同一性和延续性。分别以四季的中间月份代表相应季节, 以逐年同期距平法分析季节气象要素指标。以各站点 1971—2010 年共 30 年气温与降水量资料, 应用线性回归和 *F* 检验法分别进行趋势与阶段性分析和显著性检验。使用数学统计与 Thornthwaite Memorial 模型, 在未来气候预测结果的基础上, 分析了冬小麦核心产区气候变化对其产量的影响。气象资料为国家气象信息中心收集整理中国地面气候资料年值数据集, 干旱数据来源于农业部种植业司“灾情数据库”和河南统计年鉴, 其中 1967、1968、1969 年 3 年数据缺失^[21-25]。

2 结果与分析

2.1 豫东地区气候变化

通过分析(图 1、图 2)可知, 豫东地区 20 年气候变化基本特征为温度显著升高, 降雨量逐渐增加, 日照时数逐渐减少。历年季节降雨量、日照时数分析结果表明, 夏、秋两季降雨量增加幅度较冬季大; 夏、秋两季日照时数降幅明显, 春季日照时数降幅较弱。

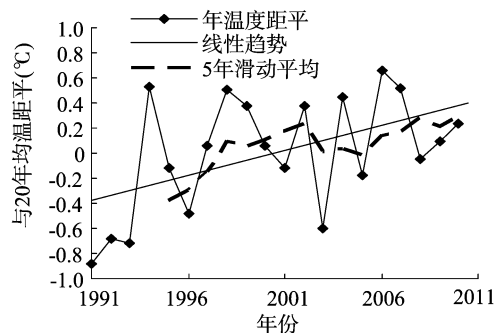


图1 豫东地区年平均气温变化曲线

豫东地区各季节平均气温除秋季外, 整体上呈现波动的上升趋势, 从图 3 中的线性趋势可以明显看出, 其增速为冬>秋>春>夏。各季节平均气温均在上世纪 90 年代初出现一次增幅变缓甚至为负的波动, 随后增幅变快, 春、秋尤为

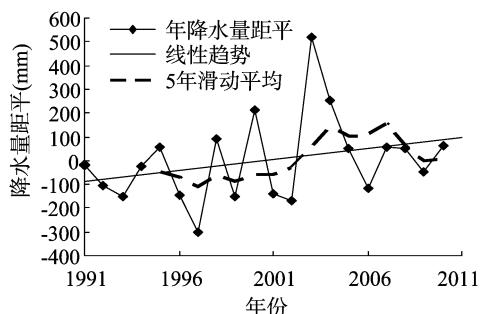
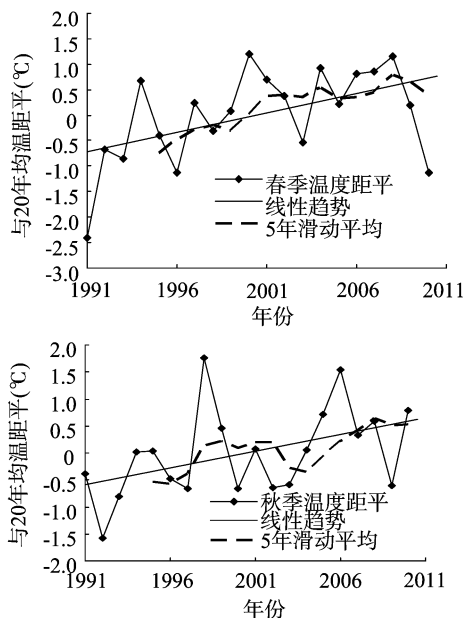


图2 豫东地区年平均降水变化曲线



显著,这种变化在年平均温度变化曲线中也有明显体现。

近 20 年豫东地区年降水量整体上呈波动式增加(图 2)。自 1991 年起 5 年降水量有一明显波动,呈现为先减少后增加,在 1995 年达到最大,随后骤然下降,并在 1997 年达到 20 年的最低值,随后以 2~3 年为周期震荡爬升,其中 2003 年达到 20 年的最高值,随后一直在低位波动前行缓慢上升。通过分季节统计可知豫东地区降水量主要集中在夏季,为全年降水量的 66% 以上,其次为春和秋两季分别约占 14% 左右,冬季降水量最少,仅为全年降水的 5% 左右。夏季降水与年降水量的变化趋势相关明显,冬、春两季降水逐渐减少,只有秋季

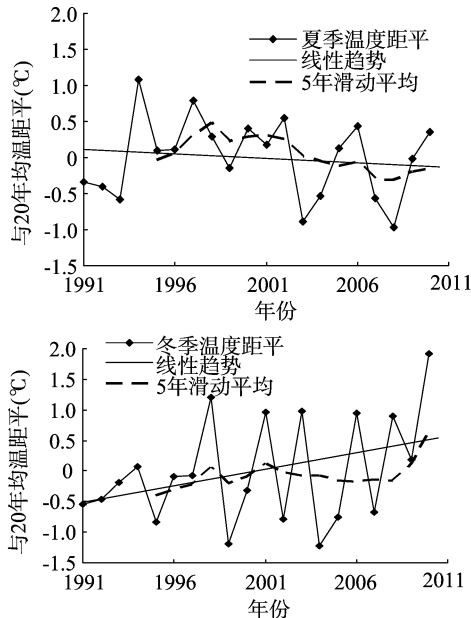


图3 豫东地区季平均气温变化曲线

降水量为缓慢增加。通过对近 20 年降水量增加分析,发现夏季对年降水量增加的贡献最大(图 4),说明夏季降水量变化对年降水量的变化影响最为明显。

2.2 豫东地区气候变化对冬小麦产量的影响

2.2.1 气象产量计算

$$Y = Y_t + Y_w + e.$$

式中: Y 为粮食单产; Y_t 是趋势产量,为以原始产量资料为基础进行模拟的关于时间趋势的函数; Y_w 是气象产量,主要受短周期变化因子(气象因素)影响; e 是减产分量,主要受病虫害、社会因素等随机因素影响,一般因随机性太高且比重较小,计算中常被忽略^[18-21];故简化为: $Y = Y_t + Y_w$;则气象产量为: $Y_w = Y - Y_t$ 。

2.2.2 气候生产力计算 气候生产力通常是指用气候条件为主要因子进行估算的农业生产潜力,即在各项气象要素与环境因素最为适宜的情况下,单位耕地面积所能达到的最高产量,故常被称为气象产量。项目通过比较后,选用李斯(Lieth)方法来计算小麦的气候生产力,该方法有计算便捷且能准确表达气候影响的特点。其根据全球作物产量和年均气温及年降雨量之间的对应关系,进而用实际蒸散量来估算作物产量,即 Thornthwaite Memoriae 模型^[16-19]:

$$P_v = 30\,000[1 - e^{-0.000\,969\,5(v-20)}]。$$

其中: $v = 1.05r / \sqrt{1 + (1.05r/L)^2}$, $L = 300 + 25t + 0.05t^3$ 。

式中: P_v 为气象产量 [$\text{kg}/(\text{hm}^2 \cdot \text{年})$]; v 为年均蒸散量 (mm); r 为年均降雨量 (mm); L 为年均最大蒸散量 (mm),为气温 t ($^{\circ}\text{C}$) 的三次函数,公式经验系数为 30 000。

近 20 年来豫东地区冬小麦产量呈波动上升趋势,一元回归分析可知单产增速为 198 $\text{kg}/\text{年}$ 以上,最大值为 2008 年的 6 851 kg/hm^2 ,最低值为 1994 年的 3 035 kg/hm^2 ,从此也能看出单产的增速非常显著(图 5);通过分析可知上世纪 90 年代,气象产量与气候生产力起初步调较为一致,均为下降,随后分歧明显,步调相反,且变化剧烈;2000 年以后,两者变化均趋于平稳,且变化趋势逐渐吻合(图 6、图 7)。针对气温与降水同时变化,以气温正负 1~3 $^{\circ}\text{C}$ 和降水正负 10%~30% 的条件两两结合,假设出 49 种情况,进而计算冬小麦的气候生产力,其结果表明“冷干型”气候对冬小麦生产最为不利;“暖干型”气候加剧了水分的不足,造成生产力下降;“冷湿型”气候,导致冬小麦产量增幅不明显;“暖湿型”气候,有利于冬小麦产量的提高;而依据相关研究结果对中国大陆未来气候变化进行预测,豫东地区未来 80~90 年内气候可能向“暖湿型”变化,冬小麦气候生产力也有较大幅度提高,对冬小麦产量的提升较为有利^[20-24]。

2.3 豫东地区干旱灾害特征分析

豫东地区干旱数据(受灾及成灾面积等)来源于农业部“灾情数据库”与河南统计年鉴,其中 1967、1968、1969 年 3 年

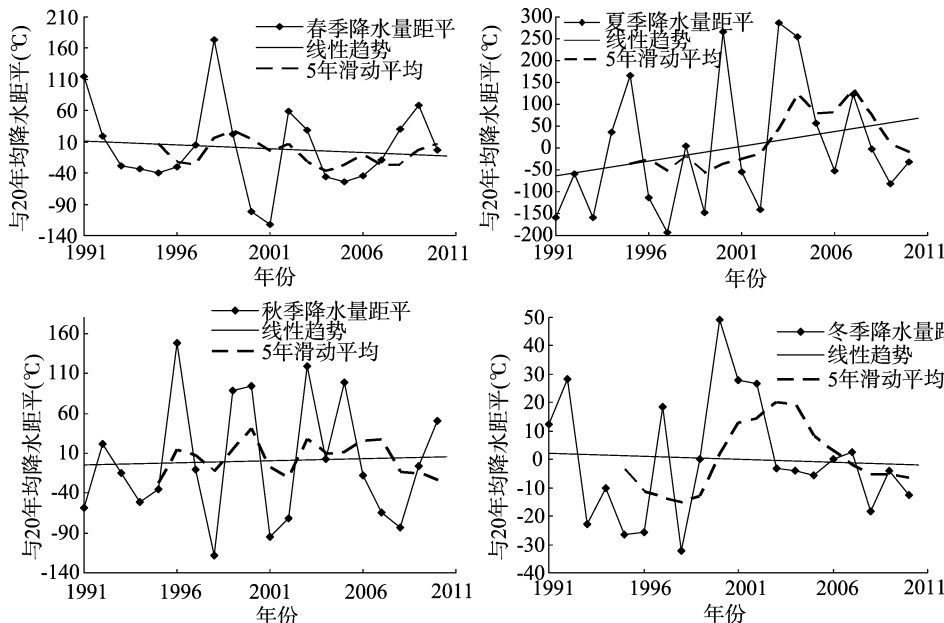


图4 豫东地区季平均降水变化曲线

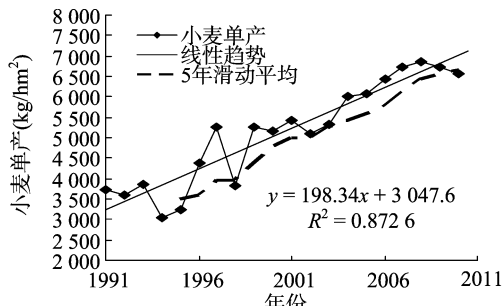


图5 豫东地区小麦单产变化图

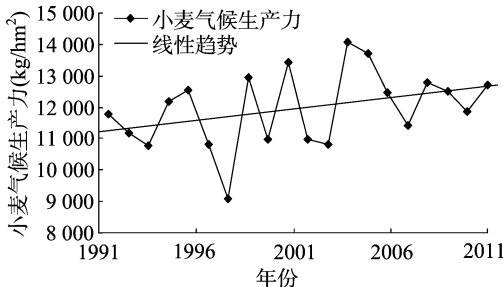


图6 小麦气候生产力

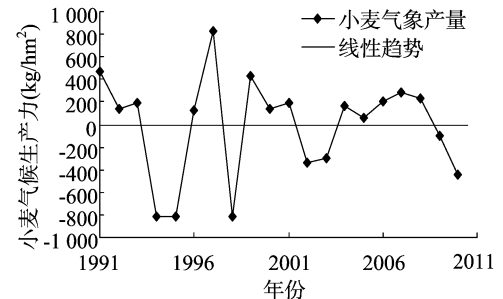


图7 小麦气象产量

数据。将干旱及气象数据进行相关统计分析,结果表明,该区域农业干旱灾害呈现明显的周期性波动变化,轻重干旱灾情年际交替发生,干旱受灾种植面积的年际波动周期为 4~14 年,干旱成灾种植面积的年际波动周期为 4~17 年;整体出现干旱受灾面积呈减小趋势但成灾面积呈增大趋势的变化(图 8);作物的干旱受灾率和成灾率呈显著相关,两者随时间变化出现的周期性波动特征较为一致(图 9);作物干旱受灾率异常指数与成灾率异常指数呈周期性负相关变化,即负正交替出现,变化周期为 3~10 年(图 10);作物干旱灾害强度指数即成灾面积与受灾面积的比例,呈波动上升的趋势,周期为 3~6 年(图 11)。说明该区域的资源环境、气候变化和社会经济条件均对其干旱灾害的形成有一定的影响^[19-29]。

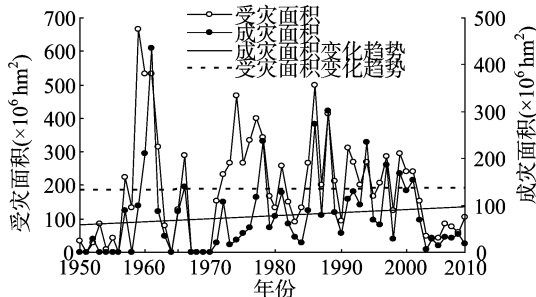


图8 干旱受灾面积和成灾面积变化

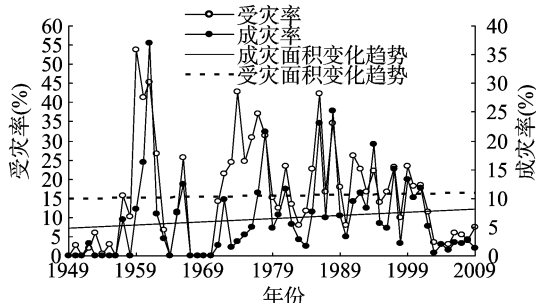


图9 干旱受灾率和成灾率的年际变化

数据缺失^[21-25],气象资料来自国家气象信息中心,选取该地区 4 个具有代表性的商丘、开封等站点自 1951 年起 60 年的

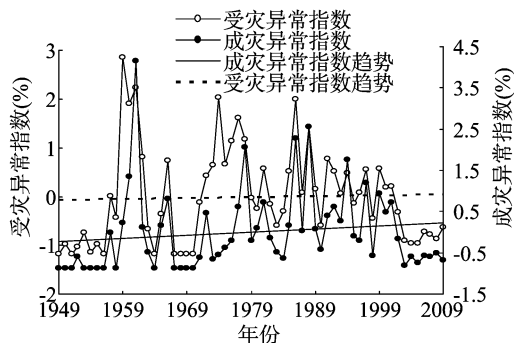


图10 受灾率异常指数和成灾率异常指数的年际变化

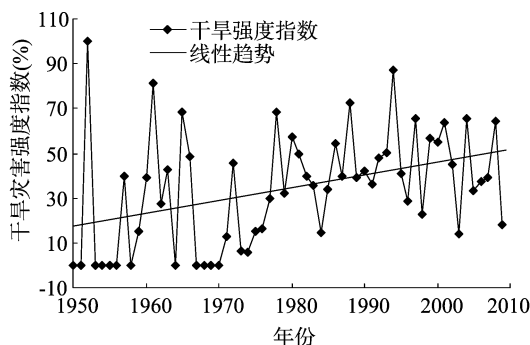


图11 旱灾强度指数的年际变化

3 结论

本研究基于多年的气象观测数据和冬小麦实际产量数据,应用数学统计分析与模型模拟方法,重点研究了豫东地区的气候变化趋势,及该变化趋势对已发生和将发生的冬小麦产量的影响,同时对种植区历年的干旱灾害的特征进行了分析,结果表明,(1)豫东地区气候变暖主要发生于 20 世纪 80 年代以后,春、冬两季气候变暖较为显著,且气候趋于“暖湿化”发展;(2)气温、降水量、蒸发量与极端温度为影响冬小麦的主要气候因子,“暖湿型”气候有利于冬小麦生产力的提高,“冷干型”气候对冬小麦生产最为不利;未来几十年内气候可能向“暖湿型”变化,对研究区粮食作物产量的提升较为有利;(3)近 50 年降水是限制冬小麦生长发育的主要因子,气候因子匹配效果变差对冬小麦的生长不利;在冬小麦生长的中后期光照、温度和降水的适宜度与冬小麦产量的相关性显著;(4)豫东地区农业干旱灾害呈周期性波动,干旱受灾面积呈减小趋势但成灾面积呈增大趋势;资源环境、气候变化和社会经济条件均对干旱灾害的形成有一定的影响。

参考文献:

- [1] Piao S L, Ciais P, Huang Y, et al. The impacts of climate change on water resources and agriculture in China[J]. *Nature*, 2010, 467(2): 43–51.
- [2] 丁一汇, 任国玉, 赵宗慈, 等. 中国气候变化的检测与预估[J]. *沙漠与绿洲气象*, 2007, 1(1): 1–10.
- [3] 武永利, 卢淑贤. 近 45 年山西省气候生产潜力时空变化特征分析[J]. *生态环境学报*, 2009, 18(2): 567–571.
- [4] 姚玉璧, 李耀辉, 王毅荣, 等. 黄土高原气候与气候生产力对全球气候变化的响应[J]. *干旱地区农业研究*, 2005, 23(2): 202–208.
- [5] 高素华, 潘亚茹, 郭建平. 气候变化对植物气候生产力的影响

- [J]. *气象*, 1994, 20(1): 30–33.
- [6] 党安荣, 阎守邕, 吴宏歧, 等. 基于 GIS 的中国土地生产潜力研究[J]. *生态学报*, 2000, 20(6): 910–915.
- [7] 谢俊奇, 蔡玉梅, 郑振源, 等. 基于改进的农业生态区法的中国耕地粮食生产潜力评价[J]. *中国土地科学*, 2004, 18(4): 31–37.
- [8] 封志明, 杨艳昭, 张晶, 等. 从栅格到县域: 中国粮食生产的资源潜力区域差异分析[J]. *自然资源学报*, 2007, 22(5): 747–755.
- [9] 刘德祥, 董安祥, 薛万孝, 等. 气候变暖对甘肃农业的影响[J]. *地理科学进展*, 2005, 22(2): 49–58.
- [10] 张强, 邓振镛, 赵映东, 等. 全球气候变化对我国西北地区农业的影响[J]. *生态学报*, 2008, 11(3): 1210–1218.
- [11] 苏占胜, 陈晓光, 黄峰, 等. 宁夏农牧交错区(盐池)草地生产力对气候变化的响应[J]. *中国沙漠*, 2007, 7(3): 430–435.
- [12] 郭建平, 高素华, 潘亚茹. 东北地区农业气候生产潜力及其开发利用对策[J]. *气象*, 1995, 21(2): 3–9.
- [13] 罗永忠, 成自勇, 郭小芹. 近 40 年甘肃省气候生产潜力时空变化特征[J]. *生态学报*, 2011, 31(1): 221–229.
- [14] 赵俊芳, 郭建平, 郭定荣, 等. 2011–2050 年黄淮海冬小麦、夏玉米气候生产潜力评价[J]. *应用生态学报*, 2011, 22(12): 3189–3195.
- [15] Laux P, Jackel G, Tingem R M, et al. Impact of climate change on agricultural productivity under rainfed conditions in Cameroon: A method to improve attainable crop yields by planting date adaptations[J]. *Agricultural and Forest Meteorology*, 2010, 150: 1258–1271.
- [16] Condon A G. Breeding for high water-use efficiency[J]. *Journal of Experimental Botany*, 2003, 54(1): 20.
- [17] 莫兴国, 刘苏峡, 林忠辉, 等. 华北平原蒸散和 GPP 格局及其对气候波动的响应[J]. *地理学报*, 2011, 66(5): 589–598.
- [18] Lobell D B, Sibley A, Ivan O M J. Extreme heat effects on wheat senescence in India[J]. *Nature Climate Change*, 2012, 2(3): 186–189.
- [19] Pongratz J, Lobell D B, Cao L, et al. Crop yields in a geoengineered climate[J]. *Nature Climate Change*, 2012, 2(2): 101–105.
- [20] 余卫东, 黄玉超, 康绍钧. 商丘市极端天气气候事件变化趋势[J]. *气象科技*, 2005(33): 127–130.
- [21] IPCC. Climate change 2007: Synthesis report. Contribution of working groups I, II and III to the fourth assessment report of the intergovernmental panel on climate change[R]. Geneva: IPCC, 2007.
- [22] Root T L, Price J T, Hall K R, et al. Fingerprints of global warming on wild animals and plants[J]. *Nature*, 2003, 421(6918): 57–60.
- [23] Thomas C D, Cameron A, Green R E, et al. Extinction risk from climate change[J]. *Nature*, 2004, 427(6970): 145–148.
- [24] 丁一汇, 任国玉, 石广玉. 气候变化国家评估报告(I): 中国气候变化的历史和未来趋势[J]. *气候变化研究进展*, 2006, 2(1): 3–8.
- [25] 任国玉, 初子莹, 周雅清, 等. 中国气温变化研究最新进展[J]. *气候与环境研究*, 2005, 10(4): 701–716.
- [26] 范泽孟, 岳天祥, 陈传法, 等. 中国气温与降水的时空变化趋势分析[J]. *地理信息科学*, 2011, 13(4): 526–533.
- [27] 王绍武, 叶瑾琳, 龚道溢, 等. 近百年中国年气温序列的建立[J]. *应用气象学报*, 1998, 9(4): 392–401.
- [28] 郭志梅, 廖启龙, 李雄. 中国北方地区近 50 年来气温变化趋势及其突变性[J]. *干旱区地理*, 2005, 28(2): 176–182.
- [29] FAO/IIASA/ISRIC/ISS–CAS/JRC. Harmonized world soil database (version 1.1) [R]. Rome: FAO and IIASA, 2009.