

# The Spatial and Temporal Patterns of the Main Agrometeorological Disasters in China

Jingjing Qi, Jun Wang, Huaijun Wang\*, Ling Zheng, Mingxian Xiao, Yingping Pan, Xiaozhong Zhou

School of Urban and Environment Science, Huaiyin Normal University, Huaian Jiangsu  
Email: wanghj@ms.xjb.ac.cn

Received: May 12<sup>th</sup>, 2018; accepted: May 24<sup>th</sup>, 2018; published: May 31<sup>st</sup>, 2018

---

## Abstract

Agriculture is very sensitive to climate change; weather disasters can directly affect agricultural production, and affect the economic development of our country. This paper uses statistical data of China planting information network of natural disaster database from 1978 to 2013 to analyze the temporal and spatial distributions of the agricultural meteorological disasters. The results showed that: 1) The areas caused by agro-meteorological disasters in China have increased significantly. Among the four disasters (drought, flood, hailstorm, chilling injury), the areas of drought and hailstorm are in a declining trend, while the disaster area and disaster rate of the chilling injury have increased. Besides, the disaster area and disaster rate of flood have little change. 2) Drought is the greatest serious agricultural meteorological disaster among the four main disasters, the next is flood, the third is hailstorm, and the chilling injury is the smallest. 3) In terms of regional distribution, the North China is the most serious area affected by agricultural meteorological disaster, followed by the Northeast China and the Southwest China. Flood is mainly distributed in the central region of China, followed by South China, East China, Southwest China, and North China. Hailstorm is mainly located in the Northwest China and Northeast China. Chilling disaster is mainly distributed in the northwestern and central China. This study summarized the spatial and temporal characteristics of the four meteorological disasters, which helps us to understand and grasp the regularity of disaster and also the impacts on agricultural production.

## Keywords

Meteorological Disasters, Drought, Spatial and Temporal Distribution, China

---

## 中国主要农业气象灾害时空分布特征研究

戚晶晶, 王 军, 王怀军\*, 郑 玲, 肖明贤, 潘莹萍, 周晓钟

淮阴师范学院, 城市与环境学院, 江苏 淮安

\*通讯作者。

Email: wanghj@ms.xjb.ac.cn

收稿日期: 2018年5月12日; 录用日期: 2018年5月24日; 发布日期: 2018年5月31日

## 摘要

农业对气候变化十分敏感, 灾害性天气直接影响农业生产, 进而影响我国的经济发展。本文利用中国种植业信息网自然灾害数据库1978~2013年的统计数据, 分析了我国近40多年来农业气象灾害的时间变化趋势和空间分布特征, 探讨了农业气象灾害对我国农业生产的影响。结果表明: 1) 1978~2013年以来, 我国农业气象灾害的灾情日趋严峻, 灾害面积有增加趋势; 在干旱、洪涝、风雹、低温四种灾害中, 旱灾和风雹受灾面积和受灾比率呈下降趋势, 低温灾害成灾面积和成灾比率呈增加趋势, 洪涝灾害成灾面积和成灾比率基本变化不大; 2) 旱灾是对我国影响最大的农业气象灾害, 洪涝第二, 风雹次之, 低温成灾面积最小; 3) 从空间分布来看, 旱灾灾情华北地区最为严重, 其次是东北地区, 再之为西南地区。洪涝灾害则主要位于华中地区, 其次是华东、华南、西南, 华北、西北。东北地区是我国风雹灾害较严重的地区。低温灾害各地区间差异不大, 主要分布在西北和华中等地。本研究对我国农业生产具有一定的指导作用, 能够降低农业气象灾害所造成的损失。

## 关键词

气象灾害, 干旱, 时空分布, 中国

Copyright © 2018 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

气象灾害是一种突发性较强、发生频率低、影响面广的小概率气象事件, 常对经济社会发展和人民生活造成重要影响和灾害损失。近几十年来, 全世界自然灾害引发的各种灾难夺去了 60 多万人的生命, 使 24 亿多人受到影响, 其中大多数出现在发展中国家。重大自然灾害可使多年的发展成果毁于一旦, 使数以百万计的人们陷入贫困, 导致防御与减轻自然灾害影响的能力降低, 从而形成恶性循环[1]。据世界气象组织估计, 气象灾害造成的损失约占各种自然灾害总损失的 85%, 而旱灾损失又占气象灾害损失的 50%左右[2]。近二十多年来, 由极端事件所造成的直接经济损失呈指数上升趋势, 由此引发的人类死亡率也在不断增长[3]。

由于多变的地形条件及复杂的地理环境等因素, 中国的极端天气气候事件发生率远高于其他国家, 成为世界上受气象灾害影响最严重的国家之一, 且影响中国的气象灾害种类多、范围广, 造成的损失严重[4]。中国每年因各种气象灾害造成农作物受灾面积达 5000 万公顷, 受台风、暴雨、干旱、高温热浪、沙尘暴、雷电等重大气象灾害影响的人口达 4 亿人次[1]。据 1990~2006 年数据统计, 17a 间中国大陆每年因气象灾害造成的直接经济损失达 1859 亿元, 平均占 GDP 的比例为 2.8% [1]。因此, 研究自然灾害的发生特点, 探究自然灾害的发生规律, 对于提高我国粮食产量和减少农业损失都具有十分重要的意义。

目前, 中国的农业气象灾害研究已经成为大家研究的重点, 众多针对主要农业气象灾害的研究相继

展开。例如韩兰英等[5]利用《中国统计年鉴》和《中国农业统计资料》中的干旱灾情资料，通过受灾率等指标分析了西南地区近 60 年干旱灾害的特点。张梦婷等[6]基于东北三省春玉米潜在种植区内 65 个气象站点 1961~2010 年逐日气象数据，以气象行业标准 5~9 月逐月平均气温之和与其多年平均值的距平作为春玉米冷害等级判断指标，分析东北三省春玉米生育期冷害发生概率的空间分布和年代际演变特征。马雅丽等[7]利用山西省 1983~2006 年暴雨洪涝、干旱、冰雹、霜冻、连阴雨等农业气象灾害受灾面积等灾情普查数据，对山西省主要农业气象灾害变化特征进行了分析，结果表明旱灾是山西所有农业气象灾害中最为严重的一种。前面的分析，和以往对于中国农业气象灾害的分析，往往集中在中国的个别区域或省份，如东北地区[8]、三峡地区[9]、湖北省[10]、山西省[7]，或研究的时段较短，如 1991~2009 年[11]、1995~2014 [12]，这样不利于我们了解全国总体的时空变化趋势。该研究基于全国各省发生旱灾、洪涝、风雹、低温的详细受灾面积数据，总结这四个主要农业气象灾害在省级尺度的时空分布特点，揭示了气象灾害及其对农业影响的发生规律，可以为合理制定农业适应机制和减缓气候变化的影响提供科学依据。

## 2. 数据与方法

### 2.1. 数据

数据主要包括 1949~2013 年全国各省(直辖市，不包括港澳台地区)的干旱、洪涝、风雹、低温等气象灾害的农作物受灾面积和播种面积的省级统计资料。数据来自中国种植业信息网(<http://zzys.agri.gov.cn/>)的自然灾害数据库。考虑到 1978 年以前数据存在很多缺失数据，所以分析时段仅仅包括 1978~2013，即改革开放实施以后的数据。考虑到海南省 1988 年成立，重庆市 1997 年设立，所以将海南和广东，四川和重庆进行了统一分析。

### 2.2. 研究方法

由于每年农作物的播种面积在发生变化，为了更好地合理地反映这四种气象灾害对农业生产造成的影响，除对绝对受灾面积进行分析外，本文还通过计算受灾比率即每种灾害造成的各省(直辖市)农业受损面积和其农业播种面积的比率来反映四种气象灾害对农业生产的影响。趋势采用 Mann-Kendall 检验方法分析，Mann-Kendall 检验是经常应用于水文气象参数显著性检验的方法，其优点在于不需要检验数据是否服从某种分布[13]。Mann-Kendall 检验的统计量  $S$  利用下式计算：

$$S = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^n \text{sgn}(x_j - x_k)$$

式中  $x_j$  和  $x_k$  分别为第  $j$  年和第  $k$  年的数值， $n$  为序列的记录长度， $\text{sgn}(x_j - x_k)$  为表征函数：

$$\text{sgn}(x_j - x_k) = \begin{cases} 1 & \text{当 } x_j - x_k > 0 \\ 0 & \text{当 } x_j - x_k = 0 \\ -1 & \text{当 } x_j - x_k < 0 \end{cases}$$

随机序列  $S_i (i=1, 2, \dots, n)$  近似服从正态分布，则  $S_i$  的均值和方差为

$$E(S) = 0$$

$$\text{Var}(S) = \frac{n(n-1) \times (2n+5)}{18}$$

统计量  $Z_s$  为：

$$Z_s = \begin{cases} \frac{S-1}{\text{Var}(S)} & S > 0 \\ 0 & S = 0 \\ \frac{S+1}{\text{Var}(S)} & S < 0 \end{cases}$$

利用  $Z_s$  值进行趋势统计的显著性检验。正的  $Z_s$  值表示时间序列呈增加趋势, 负  $Z_s$  值表示呈减少趋势, 如果  $Z_s$  绝对值大于 1.96, 表明时间序列趋势达到 0.05 显著性水平。

另一个指标是倾斜度  $\beta$ , 表示趋势的方向和大小。计算公式分别为:

$$\beta = \text{Median} \left( \frac{x_j - x_i}{j - i} \right)$$

式中:  $1 < i < j < n$ ,  $n$  为数据资料时间长度, 当  $\beta > 0$  时, 表示增加趋势,  $\beta < 0$  时, 呈减小趋势。时间序列的自相关性会影响到 Mann-Kendall 检验的精度, 因此, 必须对序列的自相关进行处理, 消除时间序列的自相关成分。本文采用 Trend Free Pre-Whitening 方法对存在自相关性的序列去除时间序列的自相关性[14]。

### 3. 结果和讨论

#### 3.1. 我国农业气象灾害的基本分布

##### 3.1.1. 低温

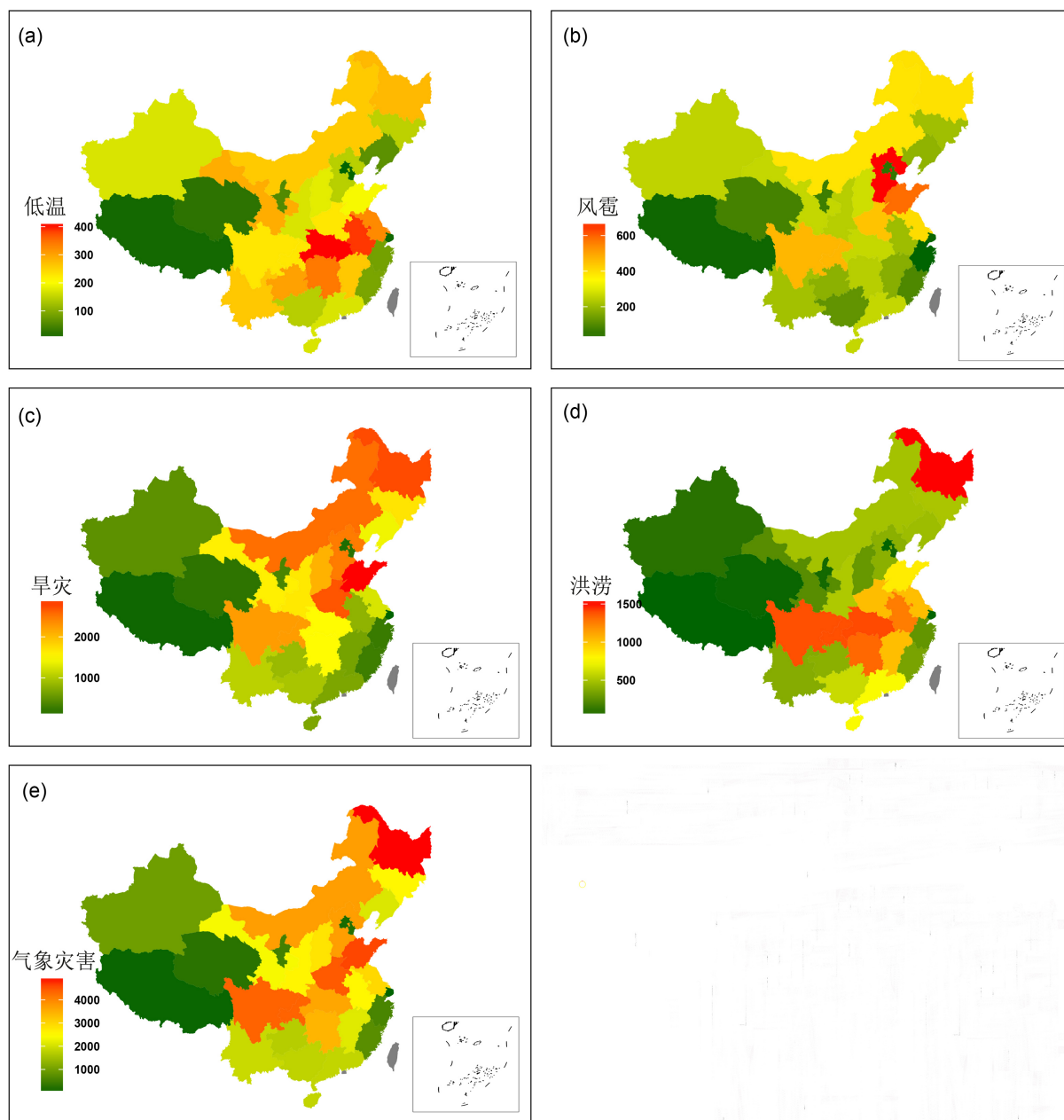
低温, 即低温冷冻灾害, 包括冻害和冷害, 冻害一般发生时间是秋、冬季, 冷害发生在春、夏、秋季。其主要原因是冷空气及寒潮侵入造成的连续多日气温下降, 致使作物损伤及减产。据图 1(a)、图 2(a) 可得, 低温冻害主要分布在东北地区、湖北省、内蒙古地区和西北、西南部分地区, 和华南地区及华东地区的安徽省等。新疆自治区、西北地区的部分省市, 是我国受灾比率较大的地方, 甘肃省是我国受灾比率最大的地方, 低温冷害对甘肃省的农业生产造成了极大的影响。冷害具有明显的地域性, 也有不同的灾害名称, 如春季江南和华南出现的低温冷害称为“到春寒”或“低温烂秧”天气; 秋季江南和华南晚稻抽穗扬花期出现的低温冷害称为“寒露风”; 冬季华南南部和云南南部属于热带和亚热带季风气候区, 出现强降温称为“寒害”; 6~8 月东北地区出现的低温冷害称为“夏季低温”等[4]。东北地区纬度高, 加之靠近冬季风风源地, 寒冷季节长, 当寒潮南下时, 东北地区首当其冲, 降温幅度大, 农作物受害严重。甘肃等省主要是因为强冷空气的袭击, 造成农作物受到低温冻害。

##### 3.1.2. 风雹

风雹灾害是指强对流天气引起的大风、冰雹、龙卷风、雷电等所造成的灾害。由于冰雹常与雷暴大风结伴而行, 因此, 风、雹公害互为一体。我国每年平均发生风雹灾害近 1000 次, 最多达 2150 余次(1987 年)。风雹灾害发生范围广、频次高、局部灾情重, 累积灾害造成的损失比较重。由图 1(b)、图 2(b) 可得, 1978~2013 年以来受风雹灾害影响较大的地区主要是黄淮海部分地区、内蒙古地区、西南地区东部。受灾面积最大是河北省, 山东省次之, 四川、重庆、河南和江苏部分地区也是风雹灾害影响的主要地区。风雹灾害受灾比率全国普遍较低, 基本在 10% 以下。其中受灾比率最大的是宁夏回族自治区, 在 6% 以上, 西北地区、内蒙古地区受灾比率也相对较大, 在 4% 之上。这些地区主要是因为强对流天气造成的, 常发生在积雨云中, 一些雷雨、大风天气也易造成风雹。

##### 3.1.3. 旱灾

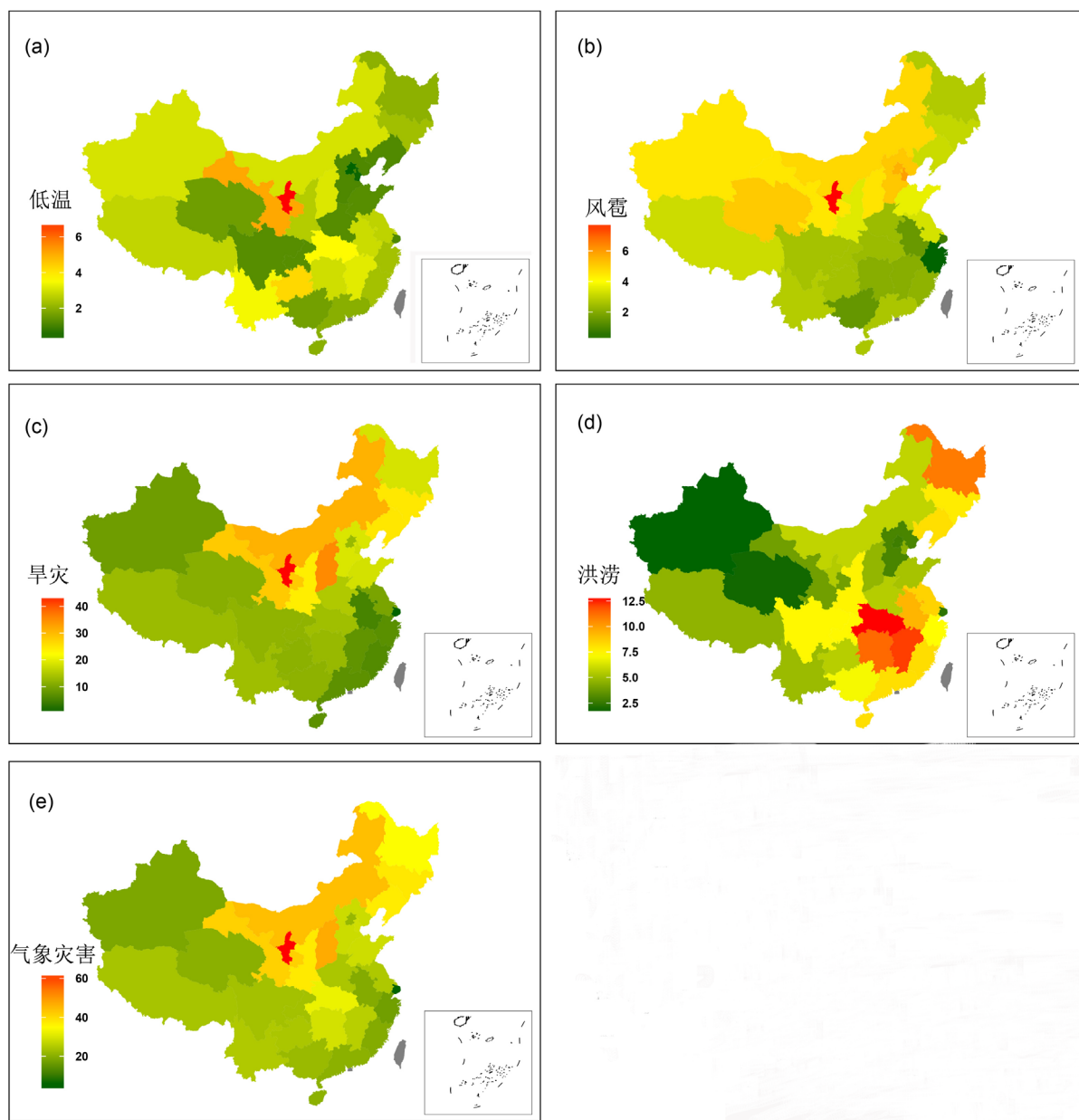
干旱灾害是指某一具体时间的降水量比常年平均降水量显著偏少, 进而导致经济活动(尤其是农业生



**Figure 1.** The average distribution of sown area of land affected by chilling injury, hailstorm, drought and flooding from 1978 to 2013

**图 1.** 1978~2013 年以来受低温、风暴、干旱、洪涝影响的土地播种面积平均值分布

产)和人类生活受到较大危害的现象[15]。由各省主要四个农业气象灾害数据来看,干旱灾害对我国农业生产造成了极大的破坏。每年受旱灾影响的可播种土地面积占得比重最大。干旱灾害在我国分布具有一定的特点:我国受干旱影响的地区主要分布在秦岭-淮河以北地区、长江中下游地区、黄淮海地区、西北的大部分地区、东北地区西部(图 1(c), 图 2(c))。黑龙江省和内蒙古地区也是受干旱灾害影响比较严重的地区,1978~2013 年平均受灾面积达 2000 万亩以上。从地域分析可知道,秦岭淮河以北地区主要受春旱的影响;黄淮海地区常常出现春夏甚至春秋连旱,受旱面积较大,受灾比率在 20%以上,有些省甚至超过 30%;长江中下游地区主要是伏旱和伏秋连旱,虽然有的年份在梅雨时节,但还会因为梅雨期的缩短



**Figure 2.** The average ratio of the chilling injury, drought, hailstorm and flooding  
**图 2.** 1978~2013 以来低温、风雹、干旱、洪涝四种灾害的平均受灾比率

或少雨形成干旱；西北地区身居内陆，距海远，降水较少加上山脉对于湿润气流的阻挡也成为干旱灾害较为严重的地区，宁夏回族自治区是受灾比率最大的地方，受灾比率高达 40%以上。所以说，旱灾在我国具有普遍性，缓慢性，后续影响大等特点，这也对旱灾的影响造成了一定的困难。虽然各地不断修建水利工程和对灌溉技术进行改进，使旱灾得到了不同程度的控制，但抗旱能力地区之间差异较大，加之经济的迅速发展，人口的增长等原因，导致有限的水资源越来越短缺，干旱仍成为制约作物产量的主要灾害[16]。

### 3.1.4. 洪涝

夏季是我国大多数地区降水比较丰沛的季节，因此大多数地区洪涝灾害发生在年降水量较多的夏季。

由图 1(d)、图 2(d)可知,我国洪涝区发生在长江中下游地区、华北地区、东北地区北部、华南地区东部,如安徽、河南等省。黑龙江省是我国洪涝灾害最严重的地区,是我国的洪涝中心,平均受灾面积在 1500 万亩以上。西南地区的四川、重庆等地是洪涝灾害的比较严重的高发区,受灾比率高达 10%以上,洪涝灾害比较严重。湖北省是我国受灾比率最大的地方,高达 12.5%以上,洪涝灾害对湖北省的农业生产造成了很大的破坏。

农业洪涝可分为洪灾、涝灾、湿害,这三种类型的洪涝密不可分。洪涝的形成与降水量、地理位置、土壤结构、植被、以及季节、作物生育期、防洪设施等密切相关。但多数情况下是由于持续性暴雨、特大暴雨造成江河洪水泛滥淹没或冲毁作物,造成减产或绝收[8]据分析,我国东部地区成为洪涝灾害高发地的原因大多因为受东部季风影响,降水过多且地形以平原为主,容易出现涝灾,黑龙江省也大多是因为夏季持续降水过多导致。长江中下游地区是洪水的直接威胁区,这些地区由于特大的地表径流不能被江河、湖库容纳,水位上涨而泛滥。东北山区主要是因为积雪或冰川融水形成的洪水,受气温升高制约,融雪洪水一般发生在每年的 4~5 月,冰川融水主要形成在 7~8 月。

### 3.1.5. 四种气象灾害总体分析

四种灾害总体结合受影响最大的地区是西南地区的四川省、河南省,山东省和黑龙江省和内蒙古地区。其中,这四种灾害主要对我国北部、东部等地产生的影响较大,四川省、河南省、黑龙江省受灾面积较大,均在 4000 万亩以上(图 1(e))。受灾比率较大的地区集中在东北地区、内蒙古地区,受灾比率最大的地区是宁夏回族自治区,高达 60%以上,这与宁夏回族自治区是低温、风雹、干旱这 3 种灾害的受灾比率较大有关。图 3 直观反映了这四种灾害在每个省市的分布,可以看出湖北省洪涝灾害受灾比率和江西省洪涝灾害比率基本相同,内蒙古地区和山西省风雹和低温的受灾比率基本相同,造成两个地方微小差距的原因是山西省干旱受灾比率比内蒙古地区大一些,此外,贵州,四川,重庆,西藏,云南地区的四种受灾比率基本一致。

## 3.2. 农业气象灾害时空分布趋势

### 3.2.1. 低温

由图 4(a)可知,低温灾害在显著增加,不过大多数地区的低温灾害面积在 5000 万亩以下,相比干旱和洪涝灾害,低温灾害影响较小。1978~1998 年,低温灾害的受灾比率基本在 2%以下,相当于洪涝灾害

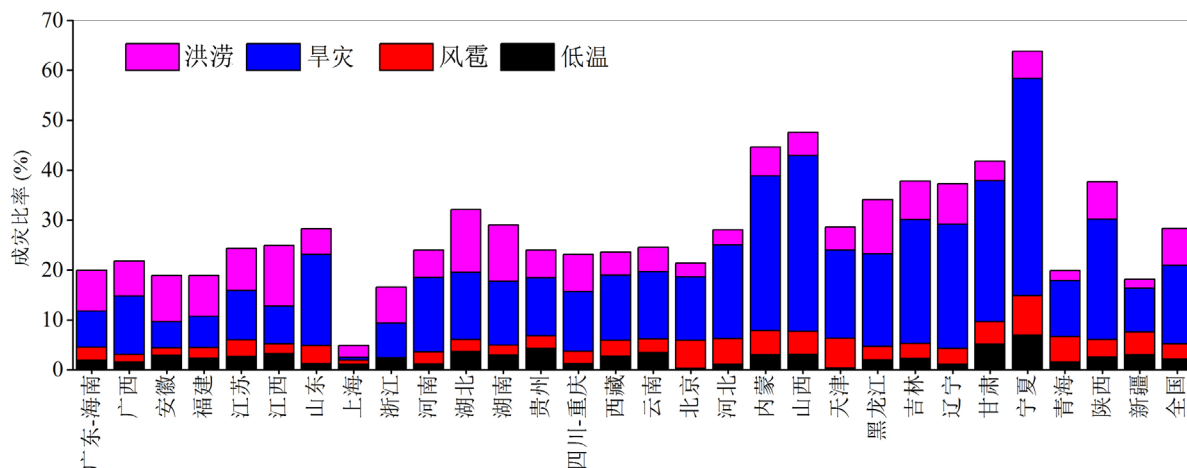


Figure 3. The histogram of ratio percentage of the different disasters at different provinces

图 3. 各省(直辖市)四种灾害受灾比率占得比例直方图

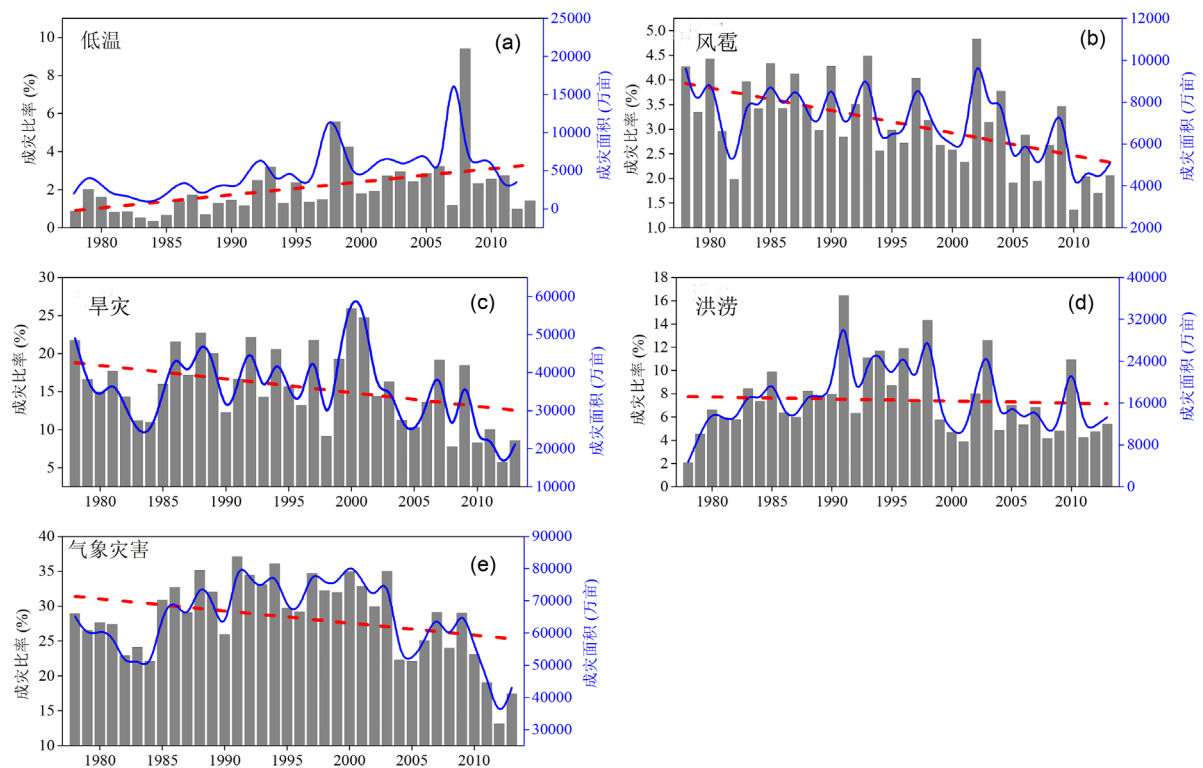


Figure 4. The time series of the disaster ratio from 1978 to 2013

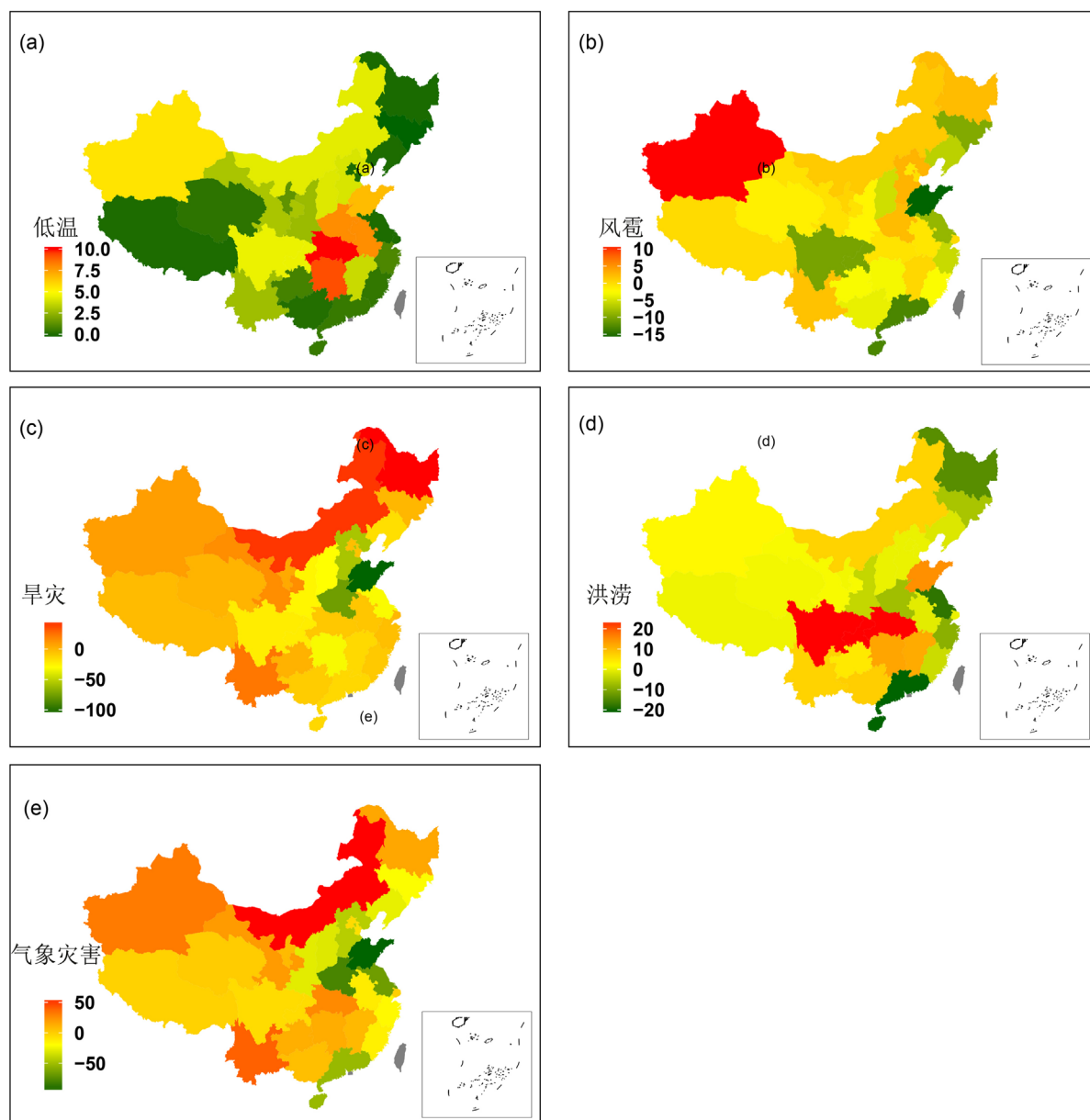
图 4. 1978~2013 各种灾害受灾比率时间序列图

受灾比率的 1/4, 1992、1993、1998、2008 年为低温灾害突变增长年, 尤其是 2008 年, 受灾面积在 20,000 万亩以上, 且受灾比率在 8% 以上, 这和 2008 年中国南方大雪灾有关。2008 年在中国发生了大范围的低温、雨雪、冰冻等自然灾害, 尤其是安徽、江西、湖南等地。这可以归因于与拉尼娜现象有关的大气环流异常。南方的暖湿空气与北方的冷空气在长江中下游地区交汇, 形成强烈降水, 大气环流稳定使雨雪天气持续。由图 6 知, 湖北、湖南、山西、宁夏为红色值且为正向增长, 这说明, 湖北、湖南和山西, 宁夏低温灾害呈现增长趋势, 且宁夏地区为显著增长趋势。由图 5 得知低温灾害的空间分布——我国西藏自治区, 东北地区中南部, 云南低温灾害面积为幅度较小增长, 但湖南省的低温灾害面积呈现显著增加趋势, 这和湖南的地形特点有关, 湖南省的特殊地形可使冷空气长驱直入[17], 使其出现严重的低温灾害。

### 3.2.2. 风雹

由图 4(b) 知, 风雹灾害呈现急剧下降趋势, 其下降趋势和干旱灾害趋势相比较为明显, 因风雹灾害造成的受灾面积基本在 6000 万亩, 此外风雹灾害突然增长年份出现的比较均匀, 基本相差在 2~4 年之间, 2002 年是风雹灾害最为严重的一年。1983~1988 年风雹灾害在微小变化中, 2000~2005 年风雹灾害变化较为明显。1983~2001 年受灾比率基本维持在 3.0%~3.5% 之间。由图 6 得, 广东-海南、山东、浙江、吉林、辽宁、青海为红色值, 且逆向增长, 说明这些地区风雹灾害处于显著减少的趋势, 但新疆为红色正向增长, 说明新疆处于风雹灾害显著增加趋势。其他地区风雹灾害趋势不显著。由图 5 知, 我国大部分地区处于风雹面积微小增加, 和图 5 结论一样新疆自治区风雹灾害面积显著增加。四川、广东、山东, 吉林、江苏等风雹灾害面积处于减小趋势, 黄河流域的大部分地区处于不变或微小增加趋势, 内蒙古、黑龙江地区的风雹面积处在微小的增加趋势。





**Figure 5.** The spatial distribution trends at different provinces  
**图 5.** 各省(直辖市)空间分布趋势图

### 3.2.3. 干旱

干旱灾害从 1978~2013 年以来一直处于波动变化中，其整体处于下降趋势，但仍在低温、风雹、旱灾、洪涝四种主要农业气象灾害中占据主导地位(图 4(c))。2000 年干旱受灾比率增长幅度最大，1988 年至 2000 年，干旱灾害曲线剧烈波动，1986~2001 年是我国干旱面积的高峰值，1978、1988、1992、1997、2001、2007 年是干旱面积的高值年，由此可知，严重干旱年的频率在增加。由图 5 可知，我国西北部分地区和西藏自治区干旱灾害并没有显著变化，内蒙古地区干旱面积有增加的趋势，东部大部分地区基本没有显著变化，除了东北地区的部分地区，例如黑龙江省，处于显著增加的状态。黄淮海地区趋势处于逆增长，干旱面积在减小，干旱对其影响在逆向增长，这可能和当地的水利设施有关系。在黄河流域，东北、西南作物的生产期干旱频率增加[18]。由图 6 的 M-K 图可知，干旱对山东、西藏影响比较显著，

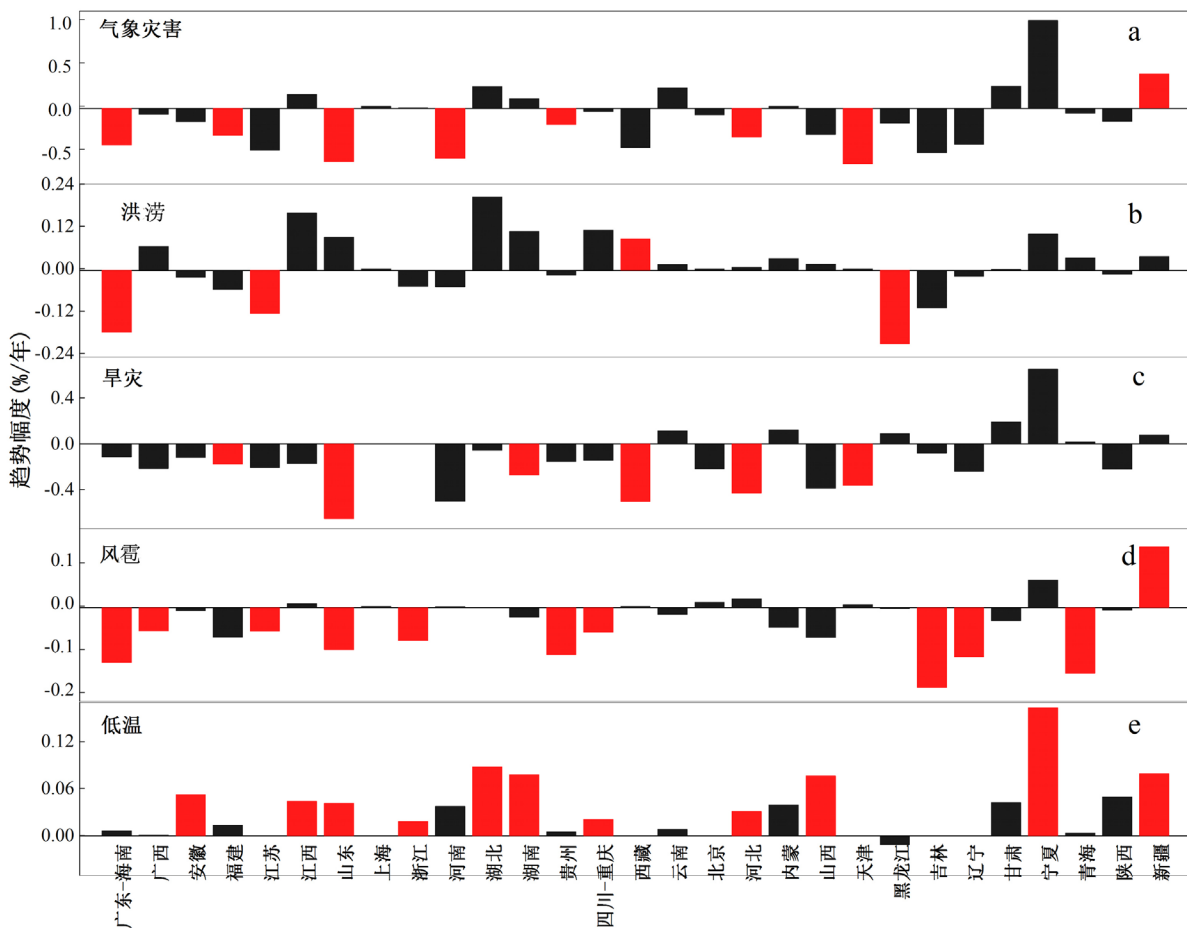


Figure 6. The disaster's trends of different province (significant trend at the 0.05 level is marked in red)

图 6. 各省(直辖市)四种灾害趋势幅度图(方法中  $\beta$  值, 红色表示 MK 统计量  $Z_s$  绝对值大于 1.96, 达到 0.05 显著性水平)

是红色显著值, 但为负向增长, 说明山东的干旱面积在减小, 宁夏是黑色不显著值, 且为正向增长, 可知干旱对于宁夏的影响不算显著。但宁夏的干旱面积在增加, 这和黄河流域夏季和秋季降水减少、最大无雨天数有关[19]。

### 3.2.4. 洪涝

由图 4(d)知, 洪涝灾害受灾面积基本在 16,000 万亩, 受灾比率在 8%附近摆动, 1978~2000 年之间, 洪涝灾害受灾比率基本高于或接近 8%, 2000 年后, 洪涝灾害的比率基本低于 8%, 说明洪涝灾害受灾比率有微小的下降趋势。1990~2000 年, 是灾害突变频繁出现的阶段, 1991、1998 年出现急剧增长。由图 6 可知, 广东-海南, 江苏, 黑龙江, 西藏为红色显著值, 且前三个为红色负向增长, 说明为显著减小趋势, 江西、湖北为黑色正向增长值, 说明为不显著的增加趋势。由图 5 得, 四川、湖南洪涝面积为增加趋势, 这和西南地区极端降水增加有关[19], 广东, 黑龙江的洪涝面积呈现减小趋势, 新疆自治区的洪涝面积变化不大, 整体来看, 我国北部多数地区的洪涝面积变化不大, 南方变化较大。

### 3.2.5. 四种气象灾害总体趋势

从图 4(e)可知, 我国总体的受灾面积在不断增加, 但有下降的趋势, 受灾比率整体亦是下降趋势, 1985~2003 年我国受灾面积和受灾比率处于高峰期, 在 30%以上, 是受灾最严重的几年, 且在这几年变

化不大,处于比较微小的变化中。从图 6,我们可知广东-海南,福建,山东,河南,贵州,河北,黑龙江为红色显著值,且处在负向增长变化中,表明总体来说,这几个地区的气象灾害面积有明显减小趋势。图 5 得,我国的东北地区受灾面积有增加趋势,内蒙古地区有明显的增加趋势,长江中下游附近地区变化不大,处于稳定趋势,新疆、云南等地区有较小的增加趋势,华北平原山东省受灾面积有减小趋势。

#### 4. 结论

1)干旱、洪涝、低温、风雹对我国农业生产造成了极大的影响,每年因农业气象灾害造成的损失比较大。干旱、洪涝、低温、风雹这四种农业气象灾害有自己的规律特点。总体来讲,洪涝和灾害有频繁爆发的时间段,低温和风雹灾害也有一定的地域性,干旱是过去几十年来各省(市)主要的农业气象灾害,其灾害风险度也最高。

2) 1978~2013 年以来,宁夏回族自治区是我国受四种灾害影响最大的地区,洪涝灾害主要发生在我国长江中下游地区。干旱灾害大致在秦岭-淮河以北,如现阶段华北平原旱灾受灾比有下降的势头,但其致灾强度在不断增加,且华北平原历年降水呈减少趋势,水资源匮乏凸显用水危机,干旱对农业造成的损失在加大。抗旱是华北平原农业防灾减灾的主题,根据气候变化趋势和灾害发生特点,并针对旱灾高风险区向北转移的趋势,发展节水型农业,同时为充分利用光热源采用调整作物插期,选用生育期更长的玉米品种等措施,可以增加农作物产量。洪涝灾害多发生于秦岭-淮河以南的地区,我国的黑龙江省是受洪涝灾害危害较大的省,这些地区要加强水利设施建设,可以减轻省市在洪涝阶段疏水泄洪的压力。风雹灾害对我国的黄淮海地区、内蒙古地区和西南地区东部造成了较大损害,强对流天气对这些地区造成了极大的生产生活损失,低温冷冻害主要发生在东北地区,湖北省、内蒙古地区等,这些地区要注意对于低温的防治,可以选育种植一些耐寒性极高的农作物,降低农业损失,减少我国农业上的损失。

#### 基金项目

国家自然科学基金(41701034)、大学生创业项目(201610323058X)、江苏省高校自然科学研究面上项目(16KJB170001)资助。

#### 参考文献

- [1] 秦大河. 影响我国的主要气象灾害及其发展态势[J]. 中国应急救援, 2008, 16(6): 46-48.
- [2] 钱正安, 吴统文, 宋敏红, 等. 干旱灾害和我国西北干旱气候的研究进展及问题[J]. 地球科学进展, 2001, 16(1): 28-38.
- [3] Loukas, A., Llasat, M.C. and Ulbrich, U. (2010) Extreme Events Induced by Weather and Climate Change: Evaluation, Forecasting and Proactive Planning. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, **10**, 1895-1897. <https://doi.org/10.5194/nhess-10-1895-2010>
- [4] 张养才, 何维勋, 李世奎. 中国农业气象灾害概论[M]. 北京: 气象出版社, 1991.
- [5] 韩兰英, 张强, 姚玉璧, 等. 近 60 年中国西南地区干旱灾害规律与成因[J]. 地理学报, 2014, 69(5): 632-639.
- [6] 张梦婷, 刘志娟, 杨晓光, 等. 气候变化背景下中国主要作物农业气象灾害时空分布特征 [ I ]: 东北春玉米延迟型冷害[J]. 中国农业气象, 2016, 37(5): 599-610.
- [7] 马雅丽, 栾青, 王志伟, 等. 山西省主要农业气象灾害变化特征及其对农作物产量的影响[J]. 中国农业气象, 2010, 31(s1): 150-154.
- [8] 马建勇, 许吟隆, 潘婕. 东北地区农业气象灾害的趋势变化及其对粮食产量的影响[J]. 中国农业气象, 2012, 33(2): 283-288.
- [9] 叶殿秀, 张强, 邹旭恺, 等. 近几十年三峡库区主要气象灾害变化趋势[J]. 长江流域资源与环境, 2009, 18(3): 296-300.
- [10] 冯明, 陈正洪, 刘可群, 等. 湖北省主要农业气象灾害变化分析[J]. 中国农业气象, 2006, 27(4): 343-348.

- [11] 张朝, 王品, 陈一, 等. 1990 年以来中国小麦农业气象灾害时空变化特征[J]. 地理学报, 2013, 68(11): 7-14.
- [12] 姜灵峰, 崔新强. 近 20 a 我国农业气象灾害变化趋势及其原因分析[J]. 暴雨灾害, 2016, 35(2): 102-108.
- [13] 王卫光, 邢万秋, 彭世彰, 等. 海河流域 50 年来参考蒸发量的时空变化规律及其影响原因[J]. 应用基础与工程科学学报, 2012, 20(2): 237-252.
- [14] Yue, S., Pilon, P. and Phinney, B. (2002) The Influence of Autocorrelation on the Ability to Detect Trend in Hydrological Series. *Hydrological Processes*, **16**, 1807-1829. <https://doi.org/10.1002/hyp.1095>
- [15] 张强. 干旱[M]. 北京: 气象出版社, 2009.
- [16] Mishra, A.K. and Singh, V.P. (2010) A Review of Drought Concepts. *Journal of Hydrology*, **391**, 202-216. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2010.07.012>
- [17] 王琪, 廖玉芳. 2008 年湖南低温雨雪冰冻灾害成因分析[J]. 安徽农业科学, 2011, 39(16): 9905-9907.
- [18] Zhao, Z., Wang, P., Yi, C., et al. (2014) Spatial Pattern and Decadal Change of Agro-Meteorological Disasters in the Main Wheat Production Area of China during 1991-2009. *Journal of Geographical Sciences*, **24**, 387-396. <https://doi.org/10.1007/s11442-014-1095-1>
- [19] 顾西辉, 张强, 张生. 1961~2010 年中国农业洪旱灾害时空特征、成因及影响[J]. 地理科学, 2016, 36(3): 439-447.

**知网检索的两种方式:**

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>  
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2168-5711, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>  
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>  
期刊邮箱: [ccrl@hanspub.org](mailto:ccrl@hanspub.org)