

社会石,秦旭升,陈智文. 中国农业气象灾害定量评估[J]. 江苏农业科学,2016,44(6):442-446.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2016.06.130

中国农业气象灾害定量评估

社会石,秦旭升,陈智文

(吉林师范大学生态环境研究所,吉林四平 136000)

摘要:利用1949—2012年中国农业气象灾害资料,采用数值分析方法,计算干旱、洪涝、风雹和低温冷害等气象灾害的成灾率,并对各类气象灾害分级赋值;采用灰色关联分析法,计算各类气象灾害与总灾害的关联度,进而确定其对农业生产的影响权重和影响程度,并分析其时空演变特征。结果表明,64年来,中国农业气象灾害平均成灾率、各类灾害平均成灾率均呈增加趋势,以干旱平均成灾率增长最快,达0.98%/10年;干旱占气象灾害影响权重最高,并主要分布在中国北方地区;农业气象灾害总体以Ⅲ级灾害为主;特别是近10年,V级灾害发生频率升高。研究结果为分析农业气象灾害时空演变、农业防灾减灾、粮食生产稳产提供科学参考。

关键词:农业气象灾害;定量评估;灰色关联分析

中图分类号:S42 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2016)06-0442-05

全球气候变化是国际科学研究的焦点问题,对各国的可持续发展具有重要影响^[1-2]。气候变化对农业的影响具有多尺度、多层次、正负影响并存的特征^[3]。气候变暖使世界部分地区的粮食生产得到了发展,但与此同时,极端天气又对农业产生损失^[4-5],造成农业结构、粮食产量的大幅度变化^[6-10]。中国是农业国家,地处东亚季风区,气象条件年际波动较大,农业气象灾害多发,气象灾害发生频率约占全部自

然灾害的70%^[11-12],年均受灾面积约占作物播种面积的31%。中国农业气象灾害具有明显的地域性和季节性,50年来,华北和东北地区的旱灾、东南和长江中下游地区的洪涝呈增加趋势^[1]。作物因气候变暖而发育期提前、抗寒性减弱,致使中国南方冬季冰冻和春季霜冻的危害放大,农业生产在一定程度上受到威胁^[4]。定量评估农业气象灾害特征及其时空变异,对我国粮食安全及社会可持续发展具有重要意义。

随着学科的发展及相互交叉,国内学者从气象灾害对农业生产的影响^[6]、气象灾害与农业生态^[4]、气象灾害演变^[13]、气象灾害预警与防御^[14]等诸多方面进行了研究,但这些研究多限于省级行政单位范围内,缺少宏观、长时间序列评估,有关农业气象灾害定量评估的报道较少。本研究选取4种对农业生产影响较大的气象灾害,定量评估其发生特点,探讨变化规律,以期对农业可持续发展、农业防灾减灾提供科学参考。

收稿日期:2015-05-03

基金项目:国家自然科学基金(编号:41401002);吉林省社会科学基金(编号:2014B127);吉林师范大学研究生科研创新计划(编号:2013006)。

作者简介:社会石(1983—),男,吉林伊通人,博士,讲师,主要从事农业遥感研究。E-mail:duhs@163.com。

通信作者:陈智文,教授,主要从事生态农业与新型肥料研究。Tel:(0434)3291890;E-mail:sdczw4489@126.com。

[7]李晖,易娜,姚文璟,等. 基于景观安全格局的香格里拉县生态用地规划[J]. 生态学报,2011,31(20):5928-5936.

[8]李平星,陈东,樊杰. 基于最小费用距离模型的生态可占用性分析——以广西西江经济带为例[J]. 自然资源学报,2011,26(2):227-236.

[9]张景华,吴志峰,吕志强,等. 基于景观连接度的斑块分级的尺度效应[J]. 生态环境,2008,17(5):1926-1930.

[10]俞孔坚,游鸿,许立言,等. 北京市住宅用地开发压力与城市扩张前景——基于阻力面的分析[J]. 地理研究,2012,31(7):1173-1184.

[11]叶玉瑶,苏泳娴,张虹鸥,等. 生态阻力面模型构建及其在城市扩展模拟中的应用[J]. 地理学报,2014,69(4):485-496.

[12]胡小飞,傅春. 南昌城市绿地系统生态调节服务功能价值动态分析[J]. 江西农业大学学报,2014,36(1):230-237.

[13]肖强. 基于生态绿当量的重庆市永川区土地利用结构优化研究[J]. 西南师范大学学报:自然科学版,2013,38(8):46-49.

[14]Jim C Y. Managing urban trees and their soil envelopes in a contiguously developed city environment[J]. Environmental Management,

2001,28(6):819-832.

[15]刘艳芳,明冬萍,杨建宇. 基于生态绿当量的土地利用结构优化[J]. 武汉大学学报:信息科学版,2002,27(5):493-498,515.

[16]Forman R T, Godron M. Landscape ecology [M]. Cambridge: Cambridge University Press,1986.

[17]毛文永. 生态环境影响评价概论[M]. 北京:中国环境科学出版社,1998.

[18]Hardin P J, Jensen R R. The effect of urban leaf area on summertime urban surface kinetic temperatures: a terre haute case study [J]. Urban Forestry and Urban Greening,2007,6(2):63-72.

[19]刘世梁,杨珏婕,安晨,等. 基于景观连接度的土地整理生态效应评价[J]. 生态学杂志,2012,31(3):689-695.

[20]倪琳,周勇,刘义,等. 基于生态绿当量的土地利用结构优化研究——以湖北省潜江市为例[J]. 资源与产业,2008,10(4):50-53.

[21]钟式玉,吴箐,李宇,等. 基于最小累积阻力模型的城镇土地空间重构——以广州市新塘镇为例[J]. 应用生态学报,2012,23(11):3173-3179.

1 材料与方法

1.1 数据来源

研究所用数据为 1949—2012 年中国农作物总播种面积和农作物灾害资料(受灾、成灾面积,绝收面积)(香港、澳门、台湾资料暂缺,且无 1967—1969 年数据),资料来源于《中国统计年鉴》《中国农业统计资料》联合建立的中国种植业信息网数据库(<http://zzys.agri.gov.cn/>)。

1.2 研究方法

1.2.1 灾情等级划分 定义当年农作物单灾种(2001 年以前,台风与风雹灾情数据尚未分别统计,为与早期数据保持一致,本研究将 2001 年及其以后的台风灾情数据与风雹灾情合并,作为风雹灾害数据)成灾面积与总播种面积的百分比作为成灾率(M_k),并以此计算变异值(Z_k)^[15]:

表 1 各种灾害分级标准及赋值范围

灾害类型	I	II	III	IV	V
洪涝	$-1.36 < Z_k \leq -0.53$	$-0.53 < Z_k \leq 0.31$	$0.31 < Z_k \leq 1.14$	$1.14 < Z_k \leq 1.98$	$1.98 < Z_k \leq 2.81$
干旱	$-1.63 < Z_k \leq -0.75$	$-0.75 < Z_k \leq 0.12$	$0.12 < Z_k \leq 1.00$	$1.00 < Z_k \leq 1.88$	$1.88 < Z_k \leq 2.76$
风雹	$-1.42 < Z_k \leq -0.75$	$-0.75 < Z_k \leq -0.09$	$-0.09 < Z_k \leq 0.58$	$0.58 < Z_k \leq 1.24$	$1.24 < Z_k \leq 1.91$
低温冷害	$-0.91 < Z_k \leq 0.47$	$0.47 < Z_k \leq 1.85$	$1.85 < Z_k \leq 3.23$	$3.23 < Z_k \leq 4.61$	$4.61 < Z_k \leq 5.99$
分值	$0 < C_k \leq 2$	$2 < C_k \leq 4$	$4 < C_k \leq 6$	$6 < C_k \leq 8$	$8 < C_k \leq 10$

1.2.2 农业气象灾害权重确定 由于农业气象灾害每年发生的灾情等级不同,加之各类灾害的影响程度各异,故需对其赋值打分。各气象灾害的权重可依据它们的成灾率与总灾成灾率的关联度来确定^[17]。

系统行为序列为:

$$X_0 = \{x_0(i), i = 1, 2, \dots, 61\}; \tag{4}$$

$$X_i = \{x_i(k), i = 1, 2, \dots, 61\} \quad (k = 1, 2, 3, 4). \tag{5}$$

式中: X_0 为总灾成灾率, X_1 、 X_2 、 X_3 、 X_4 分别为干旱、洪涝、风雹、低温冷害成灾率。

两级数列绝对差为:

$$\Delta_i(k) = |x_0(k) - x_i(k)| \quad (k = 1, 2, 3, 4; i = 1, 2, \dots, 61). \tag{6}$$

关联系数为:

$$\zeta_i(k) = \frac{\min_i \min_k \Delta_i(k) + \rho \max_i \max_k \Delta_i(k)}{\Delta_i(k) + \rho \max_i \max_k \Delta_i(k)}. \tag{7}$$

式中: ρ 分辨系数,取 0.5,计算关联度(r_i)^[15]:

$$r_k = \frac{1}{61} \sum_{i=1}^{61} \zeta_k(i) \quad (k = 1, 2, 3, 4; i = 1, 2, \dots, 61). \tag{8}$$

根据关联度 r_k ,可求第 k 个影响因子的权重:

$$\omega_k = r_k / \sum_{k=1}^4 r_k \quad (k = 1, 2, 3, 4). \tag{9}$$

进而求得中国各类气象灾害的权重(表 2)。

表 2 各类农业气象灾害权重

影响因子	关联度 (r_k)	权重 (ω_k)
洪涝	0.89	0.25
干旱	0.93	0.26
风雹	0.89	0.25
低温冷害	0.85	0.24

1.2.3 灾情综合评估 灾情指数计算公式为^[16]:

$$M_k = X_k / S_k; \tag{1}$$

$$\delta = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{k=1}^n (M_k - M)^2}; \tag{2}$$

$$Z_k = (M_k - M) / \delta \quad (k = 1, 2, \dots, 61). \tag{3}$$

式中: X_k 为第 k 年农作物成灾面积, S_k 为第 k 年总播种面积, M_k 、 Z_k 分别为第 k 年成灾率、成灾率变异值, M 为多年平均成灾率, δ 为标准差。

以往灾情等级划分,多数学者根据经验对小区域数据进行划分^[15],这类方法不便于重复性检验及与他人研究结果进行对比。本研究采用公式(1)计算 1949—2012 年 4 种灾害的成灾率变异值,并根据其离散程度,采用对称等分间隔法分成 5 级,按灾害等级由轻到重,依次为 I、II、III、IV、V^[16]。采取分级赋值法将指标进行量化(分值为 0~10),根据成灾率变异值大小,用内插等分法求得历年灾情等级的分值(C_k)(表 1)。

$$P = \sum_{k=1}^4 (C_k \cdot W_k) \quad (k = 1, 2, 3, 4). \tag{10}$$

式中: P 为灾情指数, W_k 为各类农业气象灾害影响权重, C_k 为相应气象灾害的等级分值。 P 值越大,受灾越重,农业气象灾害的危害越大。

本研究将灾情指数按离散程度,基于对称等分间隔法分成 5 组(表 3)。

表 3 灾情综合分级

等级	灾情指数(P)
I	$0.34 < P \leq 1.52$
II	$1.52 < P \leq 2.69$
III	$2.69 < P \leq 3.87$
IV	$3.87 < P \leq 5.04$
V	$5.04 < P \leq 6.22$

2 结果与分析

2.1 中国气象灾害致灾程度变化特征

中国农业气象灾害平均成灾率为 11.93%,呈增长趋势,变化率 1.54%/10 年(图 1)。1950—1959 年,各年成灾率均低于历年平均值,气象灾害对农业生产造成影响程度偏轻。1960 年以来,58.49% 的年份成灾率高于平均值,农业生产受气象灾害影响较大。其中,1970 年成灾率仅为 2.30%,为 64 年中最小值,该年气象灾害对农业生产影响最小;2000 年成灾率为 21.97%,为 64 年中最大值,气象灾害影响程度最严重,主要原因是 2000 年中国发生大面积严重干旱,中国 17.12% 的农田面积发生干旱。

4 种农业气象灾害中,干旱平均成灾率最大,为 6.39%;洪涝次之,为 3.63%;风雹再次之,为 1.19%;低温冷害最小,为 0.73%。64 年中,不同灾害成灾率均呈上升趋势。其中,干旱增加趋势最为明显,增长率为 0.98%/10 年;风雹增加较

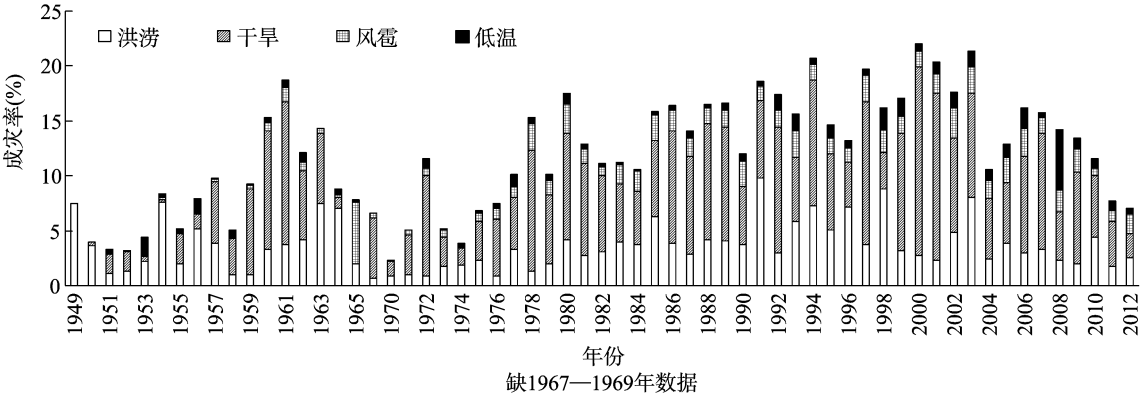


图1 1949—2012年中国气象灾害成灾率变化

快,增长率为0.31%/10年;低温冷害增长率为0.18%/10年;洪涝增长率较低,为0.04%/10年。可见,干旱对农业生产影响越来越严重。

2.2 气象灾害影响权重空间分布特征

中国农业气象灾害中,以干旱的影响权重最大,达到

26.05%;风雹和低温冷害权重较接近,分别为24.99%、24.88%;洪涝权重最小,为23.98%。4类灾害影响权重在不同地区的分布趋势各不相同(图2)。按区域划分,中国东北、华北、西北、西南、中南地区干旱权重占主要地位,而华东、华南地区以洪涝权重占主要地位。

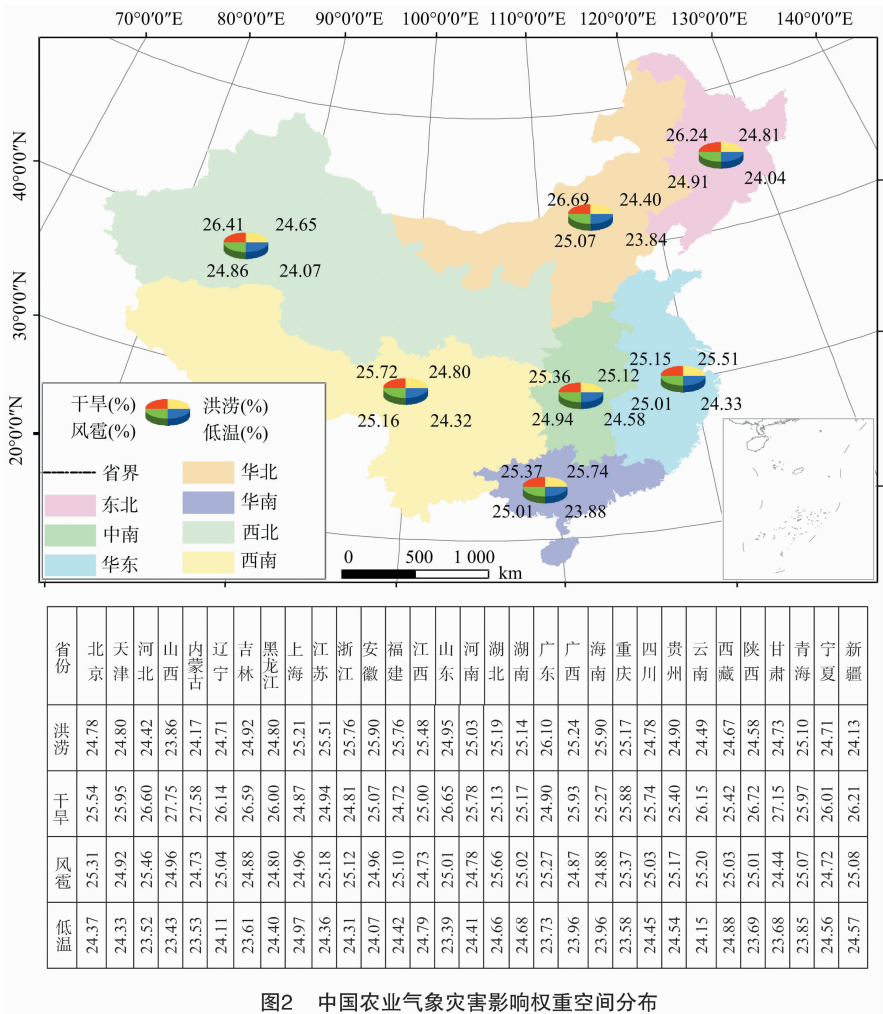


图2 中国农业气象灾害影响权重空间分布

2.3 气象灾害影响权重时间变化特征

根据64年各类灾害影响权重变化可知(图3),中国洪涝影响权重呈减少趋势,平均减少9.15%/10年。其他灾害权重呈增加趋势。其中,风雹影响权重增加趋势最明显,为

161.20%/10年;干旱影响权重增加6.83%/10年;低温冷害波动增加4.13%/10年。1959、1967年干旱影响权重较大,均超过0.80;1949、1950、1954年权重较小,均小于0.10。1949、1950、1954年洪涝影响权重较大,均超过0.90;1972、

1978 年洪涝权重较小,均小于 0.10。

20 世纪 50 年代,中国农业气象灾害以洪涝为主,平均权重为 53.93%;干旱次之,为 37.20%;低温冷害权重为 8.66%;风雹为 1.21%。从 20 世纪 60 年代开始,气象灾害以干旱为主,洪涝次之,风雹再次之,低温冷害权重最低。但是,干旱的权重由 20 世纪 60 年代的 57.77% 缓慢减少到 21 世纪

以来的 52.45%,洪涝的权重由 20 世纪 60 年代的 35.08% 迅速减少到 21 世纪以来的 23.86%,风雹的权重由 20 世纪 60 年代的 4.69% 快速增加到 21 世纪以来的 12.89%,低温冷害的权重由 20 世纪 60 年代的 2.47% 迅速增加到 21 世纪以来的 10.80%。

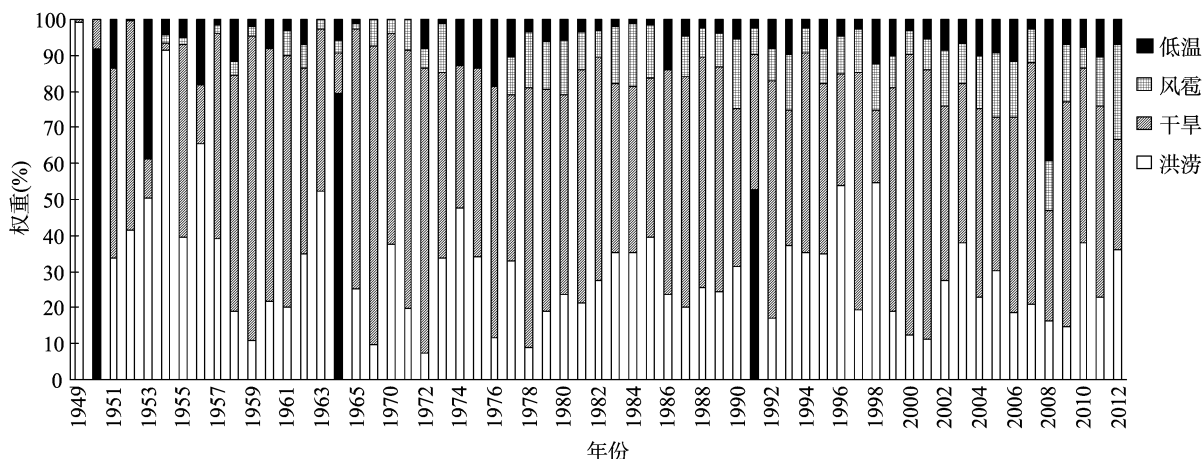


图3 1949—2012年中国气象灾害影响权重变化

2.4 气象灾害综合评估

根据表 1 等级划分标准,分别对 1949—2012 年中国干旱、洪涝、风雹和低温冷害的灾情等级进行划分和归类(表 4)。4 种气象灾害中,低温冷害出现 I 级和 II 级灾害累计年份最多,风雹出现 I 级和 II 级灾害累计年份最少;风雹出现 IV 级和 V 级灾害累计年份最多,低温冷害出现 IV 级和 V 级灾害累计年份最少。总体来看,中国有 52.46% 的年份,农业气象灾害等级为 III 级和 IV 级,粮食生产受制于气象灾害。根据表 3 的分级标准,对中国 64 年气象灾害进行综合评估,III 级灾害年份数最多,为 17 年;II 级、IV 级灾害年份数次之,各为 15 年。

表 4 中国农业气象灾害年份评估

等级	年份数(年)				综合年景
	洪涝	干旱	风雹	低温冷害	
I	22	15	18	48	13
II	24	20	10	12	15
III	5	14	15	0	17
IV	7	10	8	1	15
V	3	2	10	0	1

分析 1949—2012 年灾情指数发现,2003 年灾情指数最大,为 5.61;1951 年和 1970 年灾情指数最小,分别为 0.38 和 0.34(图 4)。灾情指数总体呈增加趋势,增长率为 0.45/10 年,表明气象灾害对中国农业生产危害程度越来越重,特别是 2000 年以来,V 级灾害发生 1 年,IV 级灾害发生 4 年,分别占相应级别发生年数的 100.00% 和 26.67%,V 级灾害年份发生频率明显升高。

2006—2012 年,灾情指数呈现明显下降趋势,但是否表明处于农业气象灾害的减少时期,尚需长时间序列气象数据跟踪监测,以便总结农业气象灾害发生规律,更好地为农业生产服务。

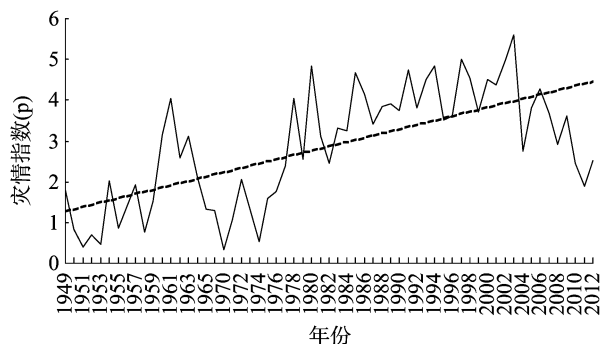


图4 1949—2012年中国气象灾害灾情指数变化

3 讨论与结论

中国各类农业气象灾害有明显增加趋势,并以干旱灾害增长最为显著,对农业发展影响程度最大,成为影响农业稳定和粮食安全的主要因素,与王春乙等研究结果^[6,18]一致。20 世纪 80 年代以来,中国降水呈现南多北少、分布不均的态势^[19],进一步加重了南方洪涝、北方干旱缺水等灾害频发的局面。

洪涝灾害主要分布在中国东南部、长江和黄淮河流域^[18]。20 世纪 90 年代以来,波动性洪涝灾害明显增加^[3-4],如 1991 年淮河、太湖流域,1998 年长江、松花江、嫩江流域,2003 年淮河流域都发生了特大洪涝灾害。

风雹灾害尽管发生面积较小,但由于地域性分布明显,且受灾区域集中,故累积损失程度仍较大。在气候变化背景下,我国多地区平均风速有所下降^[1]、平均气温有所提高,但风雹灾害主要受局地强对流天气系统的影响^[8],尚需开展持续监测研究。

低温冷害主要分布在我国北方地区,相关学者认为,自 20 世纪 80 年代以来,因气候变暖,我国北方地区低温冷害呈减少趋势^[20],但本研究并未发现强度和频率下降趋势。下一

步,可针对全球环境变化背景下,中国低温冷害的空间分布及发生频率做进一步定量研究。

相关学者指出,粮食单产变化受控于自然因素^[21](图5),但技术和社会因素,如新品种、新栽培技术的推广和改

进,仍可导致产量发生显著短期波动。因此,农业生产系统是否最终成灾,还取决于农业生产系统对气象灾害的抵抗和适应能力^[22-24]。

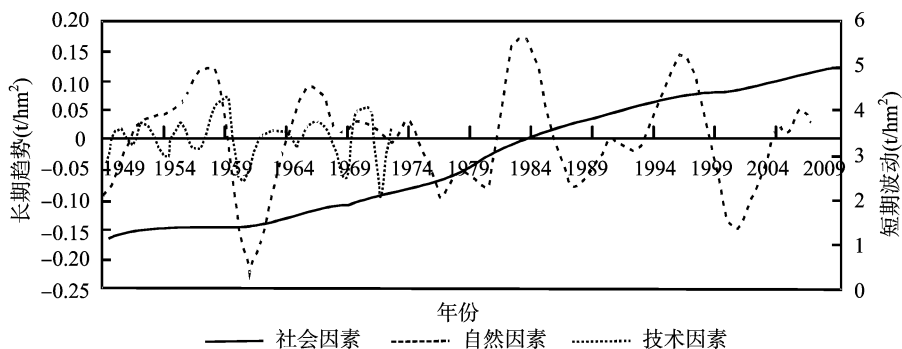


图5 中国1949—2010年技术、社会 and 自然因素影响下的粮食单产^[21]

本研究利用中国64年农业气象灾害资料,对影响农业生产的4种气象灾害的成灾率、变异值及其影响权重进行了分析,定量研究各类气象灾害的影响程度,并分析其时空演变特征,所得结论如下:(1)在气候变暖背景下,农业气象灾害危害程度加重、发生频繁,特别是极端气候事件已威胁中国粮食生产安全。中国农业气象灾害平均成灾率为11.93%,呈现上升趋势。各单灾种气象灾害均呈上升趋势,干旱成灾率上升趋势最显著。(2)中国农业气象灾害以干旱的影响权重最大,低温冷害影响权重最小;洪涝影响权重呈下降趋势,其他灾害权重呈增加趋势。中国各地区各类灾害权重各异,尚需跟踪监测各地农业气象灾害的变化规律。(3)中国农业气象灾害以Ⅲ级为主,对农业生产影响较重。灾情指数呈增加趋势,说明气象灾害对全国农业生产危害程度越来越严重,特别是2000年以后,V级灾害的发生频率明显升高。

参考文献:

- [1] 李尚锋,孙钦宏,姚耀显,等. 东北夏季极端低温天气事件的定义及其冷空气路径分析[J]. 地理科学,2014,34(2):249-256.
- [2] 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.
- [3] 李伟君,王春乙,赵蓓,等. 气候变化对中国农业气象灾害与病虫害的影响[J]. 农业工程学报,2010,26(S1):263-271.
- [4] 林而达,许吟隆,蒋金荷,等. 气候变化国家评估报告(Ⅱ):气候变化的影响与适应[J]. 气候变化研究进展,2006,2(2):51-56.
- [5] Tao F L, Zhang S, Zhang Z. Changes in rice disasters across China in recent decades and the meteorological and agronomic causes[J]. Regional Environmental Change,2013,13(4):743-759.
- [6] 王春乙,娄秀荣,王建林. 中国农业气象灾害对作物产量的影响[J]. 自然灾害学报,2007,16(5):37-43.
- [7] Muralidharan K, Pasalu I C. Assessments of crop losses in rice ecosystems due to stem borer damage (Lepidoptera: Pyralidae)[J]. Journal of Crop Protection,2006,25(5):409-417.
- [8] 程纯枢. 中国的气候与农业[M]. 北京:气象出版社,1991.

- [9] Kgakatsi I B, Rautenbach C. The contribution of seasonal climate forecasts to the management of agricultural disaster - risk in South Africa[J]. International Journal of Disaster Risk Reduction,2014,8:100-113.
- [10] Mendelsohn R. The impact of climate change on agriculture in Asia[J]. Journal of Integrative Agriculture,2014,13(4):660-665.
- [11] 李世奎,霍治国,王道龙,等. 中国农业灾害风险评价与对策[M]. 北京:气象出版社,1999.
- [12] 张倩,赵艳霞,王春乙. 我国主要农业气象灾害指标研究进展[J]. 自然灾害学报,2010,19(6):40-54.
- [13] 孙凤华,袁健,路爽. 东北地区近百年气候变化及突变检测[J]. 气候与环境研究,2006,11(1):101-108.
- [14] 王国敏,郑晔. 中国农业自然灾害的风险管理与防范体系研究[M]. 成都:西南财经大学出版社,2007.
- [15] 张星,郑有飞,周乐照. 农业气象灾害灾情等级划分与年景评估[J]. 生态杂志,2007,26(3):418-421.
- [16] 张海娜,李晶,吕志红,等. 东北地区农业气象灾害定量评估[J]. 气象与环境学报,2011,27(3):24-28.
- [17] 刘思峰,党耀国,方志耕,等. 灰色系统理论及其应用[M]. 开封:河南大学出版社,1991.
- [18] 杨尚英,张梅梅,杨玉玲. 近10年来我国农业气象灾害分析[J]. 江西农业学报,2007,19(7):106-108.
- [19] 邓振镭,张强,尹宪志,等. 干旱灾害对干旱气候变化的响应[J]. 冰川冻土,2007,29(1):114-118.
- [20] 王绍武,马树庆,陈莉,等. 低温冷害[M]. 北京:气象出版社,2009.
- [21] 杨重玉. 农业自然灾害对粮食生产影响研究[D]. 长沙:湖南农业大学,2012:16-18.
- [22] 覃志豪,徐斌,李茂松,等. 我国主要农业气象灾害机理与监测研究进展[J]. 自然灾害学报,2005,14(2):61-69.
- [23] 中国粮食研究培训中心. 中国粮食安全发展战略与对策[M]. 北京:科学出版社,2009.
- [24] 孙佩. 影响棉花产量的气象因素分析——以南通市为例[J]. 江苏农业科学,2014,42(10):76-79.