

DOI: 10.13718/j.cnki.xdzk.2016.02.005

重庆市气象灾害与农作物单产的灰色关联度分析^①

高姣姣, 徐 刚

西南大学 地理科学学院, 重庆 400715

摘要: 利用 1997 年—2013 年重庆市旱灾、水灾、风雹灾和冷冻害受灾面积以及粮食单产、主要粮食作物和经济作物单产资料, 分析了重庆市农业气象灾害的特点, 并应用灰色关联分析法对重庆市主要气象灾害对粮食单产、主要粮食作物和经济作物单产的影响程度进行了分析, 结果表明: ① 1997 年—2013 年间重庆市农业气象灾害以旱灾和水灾为主, 其次是冷冻害和风雹灾; 从变化趋势来看, 旱灾、水灾和风雹灾受面积呈下降趋势, 冷冻害略有上升. ② 利用灰色关联分析法得出粮食单产与 4 种气象灾害的关联序由大到小依次为旱灾、风雹灾、水灾、冷冻害. ③ 从农作物与气象灾害的关联趋势看, 对主要粮食作物单产影响较大的气象灾害是旱灾、洪灾和风雹灾; 主要经济作物与气象灾害的关联度差异较大, 说明不同农作物抵抗灾害的能力不同, 应采取有针对性的措施防灾减灾.

关键词: 气象灾害; 灰色关联分析; 主要粮食作物; 主要经济作物; 重庆市

中图分类号: S166

文献标志码: A

文章编号: 1673-9868(2016)02-0032-05

重庆市地处中亚热带湿润季风气候区, 受西南季风和东南季风共同影响, 夏季暴雨频繁, 同时受副热带高压带控制, 夏秋季节干旱频繁; 地质构造复杂, 河流密布, 人口数量多, 人类对自然环境破坏强烈并有加剧的趋势^[1]. 因此, 重庆市自然灾害种类多种多样, 其中气象灾害对农业生产的影响最严重. 特别是在全球气候变暖的大背景下, 突发性及致灾性的气象灾害明显增多, 农作物受气象灾害影响较大. 加上重庆市粮食生产抵御气象灾害的能力比较弱, 气象灾害成为粮食减产的主要因素. 1997 年—2013 年, 农作物年均受灾面积 $1\ 038 \times 10^3 \text{ hm}^2$, 其中, 旱灾和水灾影响范围大, 损失严重, 分别占受灾面积的 51.22% 和 35.26%.

前人相关研究主要集中在全国或省(市、自治)区气象灾害的历史变化趋势及其对粮食总产量的影响^[2-7], 而对重庆市的研究非常薄弱^[8-9]. 本文拟在前人成果的基础上, 分析重庆市农业气象灾害的特点, 并利用灰色关联分析法研究气象灾害对粮食单产及主要粮食作物、主要经济作物单产的影响, 拟为农作物稳产高产、防灾减灾等提供科学依据.

1 资料和方法

1.1 资料来源

1997 年—2013 年重庆市农作物播种面积、粮食单产、主要粮食作物和经济作物单产等数据来自《重庆

① 收稿日期: 2014-12-23

基金项目: 国家自然科学基金项目(41201436).

作者简介: 高姣姣(1989-), 女, 陕西榆林人, 硕士研究生, 主要从事灾害分析的研究.

通信作者: 徐 刚, 教授.

市统计年鉴》^[10]；1997 年—2011 年重庆市农作物旱灾、水灾、风雹灾和冷冻害的受灾面积数据来自《中国农业年鉴》^[11]，2012 年—2013 年来自《中国统计年鉴》^[12]。

1.2 研究方法

本文采用灰色关联分析法研究农作物单产与气象灾害的相关程度。2 个系统或 2 个因素之间关联性的度量，叫关联度。关联度越大，两者关系越密切；反之，关系越不密切^[13-14]。

第一，建立参考数列和比较数列。为避免数据出现负值先对各类数列进行无量纲化处理。

第二，按公式(1)计算参考数列和比较数列之间的差别。

$$\Delta_{0i}(t) = |x_0(t) - x_i(t)| \quad (1)$$

第三，按公式(2)求关联系数。

$$\epsilon_{0i} = (\Delta \min + \rho \Delta \max) / (\Delta_{0i}(t) + \rho \Delta \max) \quad \text{取 } \rho = 0.5 \quad (2)$$

第四，按公式(3)式计算关联度。

$$\gamma_{0i} = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \epsilon_{0i}(t) \quad (3)$$

第五，排序。根据关联度大小按顺序排列，确定比较序列对参考序列的相关程度大小。

2 结果与分析

2.1 重庆市农业气象灾害概况

重庆市气象灾害具有发生频繁、季节性强、影响范围广和损失严重的特点，主要气象灾害类型有旱灾、水灾、风雹灾和冷冻害等。干旱按季节分为春旱、夏旱、伏旱、秋旱和冬旱，其中，发生在盛夏的伏旱出现频率最高、影响最大，出现频率达 80% 左右；冷冻害主要发生在春季和秋季；风雹灾主要发生于春季和夏初；水灾由暴雨山洪和过境洪水引发，主要发生在每年的 6 月—9 月。1997 年—2013 年，以农作物受灾面积统计，重庆市有 6 个年份以旱灾为首位气象灾害，有 10 个年份以洪灾为首位气象灾害，有 1 个年份以冷冻害为首位气象灾害。以农作物年受灾面积构成来划分，重庆市农业气象灾害类型结构可分为“旱灾—洪灾—风雹灾—冷冻害”灾害年，如 1997 年、2000 年和 2001 年；“旱灾—洪灾—冷冻害—风雹灾”灾害年，如 2006 年、2011 年和 2013 年；“洪灾—旱灾—风雹灾—冷冻害”灾害年，如 1998 年、1999、2003 年、2004 年、2005 年、2009 年、2010 年和 2012 年；“洪灾—旱灾—冷冻害—风雹灾”灾害年，如 2002 年和 2007 年；“冷冻害—旱灾—风雹灾—洪灾”灾害年，如 2008 年。

重庆市年均农作物受灾面积 $1\,038 \times 10^3 \text{ hm}^2$ ，2000 年重庆市农作物受灾面积最大，达 $2\,320 \times 10^3 \text{ hm}^2$ ；2012 年受灾面积最小，仅 $405.4 \times 10^3 \text{ hm}^2$ 。1997 年—2013 年农作物年受灾面积大于 $1\,000 \times 10^3 \text{ hm}^2$ 的有 6 年，占 35.29%； $500 \sim 1\,000 \times 10^3 \text{ hm}^2$ 的有 8 年，占 47.06%；小于 $500 \times 10^3 \text{ hm}^2$ 的有 3 年，占 17.65% (图 1)。1997 年—2013 年重庆市年均农作物旱灾受灾面积 $531.9 \times 10^3 \text{ hm}^2$ ，占年均农作物受灾面积的

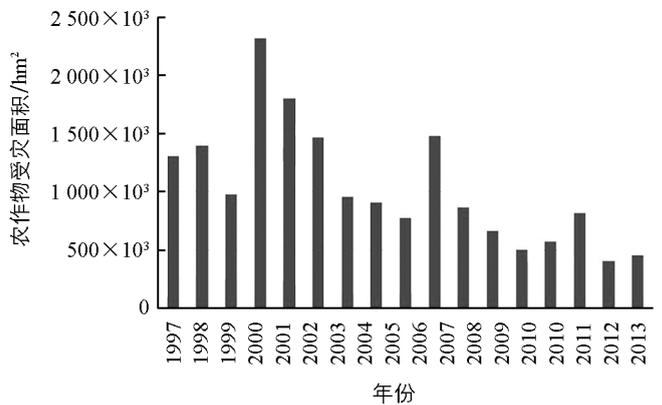


图 1 1997 年—2013 年重庆市农作物受灾面积

50.80%，年变化倾向率为 $-51\,230 \text{ hm}^2/\text{年}$ ；重庆市年均农作物洪灾受灾面积 $366.2 \times 10^3 \text{ hm}^2$ ，占年均农作物受灾面积的 34.97%，年变化倾向率为 $-18\,297 \text{ hm}^2/\text{年}$ 。因此，旱灾和洪灾是重庆市最重要的气象灾害，是造成农作物减产的重要因素。重庆市年均农作物风雹灾受灾面积 $66.16 \times 10^3 \text{ hm}^2$ ，年变化倾向率为 $-7\,636 \text{ hm}^2/\text{年}$ ；重庆市年均农作物冷冻害受灾面积 $63.43 \times 10^3 \text{ hm}^2$ ，年变化倾向率为 $1\,490 \text{ hm}^2/\text{年}$ ，可

见, 风雹灾和冷冻害是重庆市的主要气象灾害.

2.2 气象灾害对农作物产量影响的灰色关联分析

2.2.1 粮食单产与气象灾害的灰色关联分析

以重庆市粮食单产为参考序列, 旱灾、水灾、风雹灾和冷冻害农作物受灾面积为比较序列, 计算重庆市粮食单产与气象灾害的关联度, 1997 年—2013 年重庆市粮食单产与气象灾害的关联度从大到小依次为旱灾(0.876 9)、风雹灾(0.853 5)、水灾(0.771 6)、冷冻害(0.635 8).

2.2.2 主要粮食作物单产与气象灾害的灰色关联分析

以稻谷、小麦、玉米、大豆和薯类单产为参考序列, 旱灾、水灾、风雹灾和冷冻害受灾面积为比较序列, 计算主要粮食作物单产与气象灾害的关联度, 结果如表 1 所示.

表 1 重庆市主要粮食作物单产与气象灾害的灰色关联度

类型	稻 谷		小 麦		玉 米		大 豆		薯 类	
	关联度	关联序								
旱灾	0.726 2	3	0.832 2	2	0.898 1	1	0.906 6	1	0.925 9	1
水灾	0.795 6	1	0.744 8	3	0.803 7	3	0.815 9	3	0.840 4	3
风雹灾	0.750 0	2	0.852 5	1	0.877 7	2	0.890 2	2	0.900 2	2
冷冻害	0.703 5	4	0.625 3	4	0.653 2	4	0.666 8	4	0.683 4	4

根据重庆市救灾办公室统计, 2006 年特大干旱造成农作物受灾面积 205.3 万 hm^2 , 绝收面积达 4.2 万 hm^2 , 农业经济损失 66.35 亿元^[15]. 2007 年的暴雨洪灾致使重庆全市 40 个区县遭受洪灾, 农作物受灾面积 74.678 万 hm^2 , 其中成灾 41.524 万 hm^2 , 绝收 7.418 万 hm^2 , 农业经济损失 45.95 亿元.

稻谷 稻谷与 4 种气象灾害的关联序从大到小依次为水灾、风雹灾、旱灾、冷冻害. 水灾是影响重庆市水稻最严重的气象灾害. 重庆市的水稻主要种在沟谷地带, 山洪容易对水稻造成倒伏和泥砂淤埋; 其次是风雹灾. 大风、冰雹容易造成水稻倒伏; 旱灾对重庆市水稻的影响逐渐减小. 一方面重庆市水稻主要种植在易汇水的沟谷中, 或种植在灌溉条件较好河流沿岸, 即使在伏旱期间稻田也不会完全干涸, 另一方面采用温室、薄膜育秧等先进技术, 不但提早了育秧时间, 保证水稻能在高温伏早前安全抽穗扬花. 2006 年特大干旱对水稻造成严重损失, 1997 年—2013 期间水稻年均单位产量减产 24.31%.

小麦 小麦与 4 种气象灾害的关联序从大到小依次为风雹灾、旱灾、水灾、冷冻害. 风雹灾是影响重庆市冬小麦最严重的气象灾害. 4 月份冬小麦进入孕穗—抽穗扬花、灌浆结实的关键时期, 风雹灾害会造成小麦大片倒伏或砸伤、砸死, 而小麦一旦倒伏, 将导致灌浆过程减缓或终止, 从而严重降低产量; 其次是旱灾, 春旱影响冬小麦的孕穗—抽穗扬花和灌浆结实. 1998 年冬至 1999 年春, 发生持续性的冬旱春旱, 渝东北地区持续干旱长达 100 多天, 各地降雨量比常年减少 2~8 成, 造成小麦大面积减产, 1999 年重庆市小麦单产比 1998 年减产 16.47%.

玉米 玉米与 4 种气象灾害的关联序从大到小依次为旱灾、风雹灾、水灾、冷冻害. 旱灾是影响重庆市玉米最严重的气象灾害. 春旱、夏旱和伏旱对玉米各个生长环节产生严重影响, 造成产量降低, 特别是伏旱天气, 雨量显著偏少, 导致玉米灌浆期缩短, 千粒重显著降低; 风雹灾会砸伤、砸死苗期的玉米. 2006 年特大干旱对玉米造成严重损失, 与 2005 年相比玉米产量减产 27.03 万吨, 减产 11.59%.

大豆 大豆与 4 种气象灾害的关联序从大到小依次为旱灾、风雹灾、水灾、冷冻害. 水灾是影响大豆最严重的气象灾害. 重庆市春大豆主要在 4 月份播种, 7 月上中旬收割, 夏大豆主要在冬小麦收割后播种, 6 月左右播种, 10 月上旬收获, 春旱、夏旱会影响春大豆的生长发育, 夏旱、伏旱影响夏大豆的生长发育. 2006 年特大干旱对大豆造成严重损失, 与 2005 年相比大豆产量减产 31.72%.

薯类 薯类与 4 种气象灾害的关联序从大到小依次为旱灾、风雹灾、水灾、冷冻害. 旱灾是影响薯类最严重的气象灾害. 薯类作物生长期分为生长前期、块根膨大期, 生长前期比较敏感, 干旱严重影响茎叶的生长根系的发育; 块根膨大期是地上、地下生长最旺盛的时期, 干旱影响块根的生长发育. 水灾对薯类作物的主要影响是水淹时间过长会导致根块发烂. 2006 年特大干旱对薯类造成严重损失, 与 2005 年相比减产 80.14×10^4 , 减产 28.38%.

2.2.3 主要经济作物单产与气象灾害的灰色关联分析

以油菜籽、糖料、烤烟、蔬菜单产为参考序列,以旱灾、水灾、风雹灾、冷冻害造成的受灾面积为比较序列,计算主要经济作物单产与气象灾害的关联度,结果如表 2 所示。

表 2 重庆市主要经济作物单产与气象灾害灰色关联分析

类型	油菜籽		糖料		烤烟		蔬菜	
	关联度	关联序	关联度	关联序	关联度	关联序	关联度	关联序
旱灾	0.776 8	2	0.554 9	3	0.850 1	2	0.837 8	2
水灾	0.696 9	4	0.634 5	1	0.856 5	1	0.889 5	1
风雹灾	0.779 9	1	0.575 3	2	0.837 2	3	0.834 4	3
冷冻害	0.713 4	3	0.546 0	4	0.829 5	4	0.699 1	4

油菜籽 油菜与 4 种气象灾害的关联序从大到小依次为风雹灾、旱灾、冷冻害、水灾。重庆市种植冬油菜,秋天播种,春天开花,5 月份左右收获,风雹灾会对处于孕穗—抽穗扬花、灌浆结实的油菜造成严重的砸伤、倒伏;秋旱对油菜种子的萌发有抑制作用,且抑制作用随干旱程度的增加而增加;春旱影响油菜的开花、结荚和成熟。1998 年—1999 年持续性冬早春旱,严重影响油菜的正常生长,1999 年重庆市油菜籽单产比 1998 年减产 10.64%。

糖料 重庆市糖料作物主要指甘蔗,甘蔗与 4 种气象灾害的关联序从大到小依次为水灾、风雹灾、旱灾、冷冻害。甘蔗是热带、亚热带作物,其生长期具有喜高温、光照强、需水量大等特点,因此水灾是影响甘蔗最主要的气象灾害。每年 4 月—8 月为春植蔗的生长发育期,涝害对甘蔗最直接的影响是使根系的生长发育受阻,地上部分的生长发育由此受到严重影响,从而影响甘蔗的产量。

烤烟 烤烟与 4 种气象灾害的关联序从大到小依次为水灾、旱灾、风雹灾、冷冻害。从烤烟与气象灾害的关联度看,4 种气象灾害对烤烟的影响均较严重。其中,水灾是影响烤烟最严重的气象灾害。7 月份正是烤烟旺长、叶片成熟至采收期,水灾发生导致烟叶发烂,严重影响烤烟的产量,甚至会使烤烟绝收。干旱条件下,植株生长发育受到阻碍,叶片变小。2007 年的暴雨洪灾造成烤烟严重减产,烤烟年均单位产量减产 55.55%。

蔬菜 蔬菜与 4 种气象灾害的关联序从大到小依次为水灾、旱灾、风雹灾、冷冻害。水灾是影响重庆市蔬菜产量最严重的气象灾害。雨量过大,菜地受淹,处在幼苗期的蔬菜,长时间浸泡在水里,根系活力下降,生长缓慢;处在生长期、采收期的蔬菜,长期浸泡在水里根系活力下降,对土壤的吸收能力降低,而且容易发生病害。其次是旱灾。近年来,重庆市灌溉设施的不断完善和大棚的采用,使旱灾对蔬菜的影响逐渐减小。2007 年的暴雨洪灾对蔬菜造成了损失,比 1997 年—2013 期间蔬菜年均单位产量减产 10.19%。

3 结论与讨论

1) 重庆市气象灾害以旱灾、水灾、风雹灾和冷冻害为主,从主要气象灾害造成的农作物受灾面积变化趋势来看,旱灾、水灾、风雹灾受灾面积呈下降趋势,冷冻害略有上升。

2) 利用灰色关联分析法得出粮食单产与 4 种气象灾害的关联序从大到小依次为旱灾、风雹灾、水灾、冷冻害;玉米、大豆、薯类与气象灾害的关联序从大到小依次为旱灾、风雹灾、水灾、冷冻害;稻谷与气象灾害的关联序从大到小依次为水灾、风雹灾、旱灾、冷冻害;小麦与气象灾害的关联序从大到小依次为风雹灾、旱灾、水灾、冷冻害;烤烟、蔬菜与 4 种气象灾害的关联序从大到小依次为水灾、旱灾、风雹灾、冷冻害;油菜与气象灾害的关联序从大到小依次为风雹灾、旱灾、冷冻害、水灾,蔬菜与气象灾害的关联序从大到小依次为水灾、旱灾、风雹灾、冷冻害。

参考文献:

- [1] 方佳军. 重庆市自然灾害特征及防灾减灾研究 [D]. 重庆:重庆大学, 2003.
- [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] 武艳娟, 李玉娥, 刘运通, 等. 宁夏气象灾害变化及其对粮食产量的影响 [J]. 中国农业气象, 2008, 29(4): 491—495.

- [4] 马雅丽, 栾青, 王志伟, 等. 山西省主要农业气象灾害的变化特征及其对农作物产量的影响 [J]. 中国农业气象, 2010, 31(增1): 150—154.
- [5] 黄肖寒, 黄冬梅. 广西农业气象灾害灾情统计特征与灰色关联分析 [J]. 气象研究与应用, 2014, 35(1): 67—70, 90.
- [6] 杨重玉. 自然灾害与湖南粮食产量的灰色关联分析 [J]. 湖南农业大学学报(社会科学版), 2013, 14(2): 6—9.
- [7] 张星. 主要气象灾害对福建粮食生产影响的灰色关联分析 [J]. 中国农业气象, 2007, 28(1): 105—107.
- [8] 秦志英. 重庆市主要气象灾害分析 [J]. 西南师范大学学报(自然科学版), 2000, 25(1): 78—85.
- [9] 李永华, 高阳华, 张建平, 等. 气候波动对重庆市水稻产量的影响及对策 [J]. 中国农业气象, 2008, 29(1): 75—78.
- [10] 重庆市统计局、国家统计局重庆调查总队编. 重庆市统计年鉴(1997—2013年) [M]. 北京: 中国统计出版社, 1998—2014.
- [11] 中国农业年鉴编辑委员会编. 中国农业年鉴(1997—2011年) [M]. 北京: 农业出版社, 1998—2012.
- [12] 国家统计局编. 中国统计年鉴(2012—2013年) [M]. 北京: 中国统计出版社, 2013—2014.
- [13] 邓聚龙. 灰色系统基本方法 [M]. 武汉: 华中工学院出版社, 1987: 17—42.
- [14] 唐启义, 冯明光. DPS数据处理系统—实验设计、系统分析及模型化 [M]. 北京: 科学出版社, 2006: 1—972.
- [15] 张娟娟. 2006年重庆市特大干旱对其农业的影响研究 [D]. 重庆: 西南大学, 2003.

Gray Correlation Analysis of Meteorological Disasters and Crop Yield in Chongqing

GAO Jiao-jiao, XU Gang

School of Geographical Sciences, Southwest University, Chongqing 400715, China

Abstract: The data of the meteorological disasters of drought, flood, wind and hail, and low temperature, and of disaster-affected area, per-unit-area grain yield, major food crop yield and major cash crop yield from 1997 to 2013 in Chongqing were utilized to analyze the characteristics of meteorological disasters which occurred in this municipality. Gray correlation analysis was made to analyze the influences of meteorological disasters on the yields of grain, major food crops and major cash crops. The results showed that drought and flood were the main agro-meteorological disasters in Chongqing in the period from 1997 to 2013, followed in order by low temperature and wind-hail. The total area affected by drought, flood and wind-hail exhibited a declining trend in the 17 years, while that affected by low temperature increased slightly. Gray correlation analysis indicated that the impact of meteorological disasters on average grain yield appeared in the order of drought > flood > wind-hail > low temperature. Gray correlation tendency of the major food crops indicated that drought, flood and wind-hail were the main meteorological disasters affecting major food crop yield. The gray association of meteorological disasters with crops differed considerably with the major cash crops studied, which indicated that disaster tolerance of different crops is different and, therefore, it is necessary to take targeted measures in the work of disaster prevention and mitigation.

Key words: meteorological disaster; gray correlation analysis; major food crop; major cash crop; Chongqing

