

安徽省农业气象灾害时间分布特征与灰色关联分析

吕凯,陈磊,高振魁,张彩丽,李继红
(安徽省农业科学院农业经济与信息研究所,合肥 230031)

摘要:为了探寻安徽省农业气象灾害的分布特点以及各种气象灾害对粮食生产的影响,本研究基于安徽省1992—2012年有关气象灾害数据,对4种主要气象灾害(旱灾、水灾、风雹灾、霜冻灾)的分布特征进行统计分析,并采用灰色关联分析研究其对安徽省粮食单产的影响。结果表明:1992—2012年,安徽省气象灾害具有发生频率高、波动大的特点,但整体上呈下降趋势。旱灾和水灾是发生面积较大的气象灾害,且常在时间上交织、空间上并存。灰色关联分析表明,4种气象灾害对粮食产量影响顺序:风雹灾>水灾>旱灾>霜冻灾,说明风雹灾是影响粮食产量最主要的气象灾害,其次是水灾、旱灾,霜冻灾影响较小。本研究可为安徽省防灾减灾措施的制定提供决策依据。

关键词:农业气象灾害;时间分布特征;灰色关联分析;安徽省

中图分类号:S421

文献标志码:A

论文编号:casb16100095

Agro-meteorological Disasters in Anhui: Temporal Distribution Characteristics and Grey Correlation Analysis

Lu Kai, Chen Lei, Gao Zhenkui, Zhang Caili, Li Jihong

(Institute of Agricultural Economy and Information, Anhui Academy of Agricultural Sciences, Hefei 230031)

Abstract: The paper aims to explore the distribution characteristics of agro-meteorological disasters in Anhui and the impact on grain yield. Based on the meteorological disaster data from 1992 to 2012 in Anhui, the authors analyzed the distribution characteristics of 4 agro-meteorological disasters (including drought, flood, wind-hail and frost), and studied the effects of these 4 disasters on grain yield per unit area by using grey correlation analysis. The results showed that: agro-meteorological disasters occurred frequently and fluctuated greatly from 1992 to 2012, presenting a declining trend; drought and flood were the main agro-meteorological disasters which happened in large areas, and they often coexisted in same time and space; gray correlation analysis indicated that: the impact of agro-meteorological disasters on average grain yield appeared in the order of wind-hail>flood>drought>frost, which revealed wind-hail was the major agro-meteorological disaster affecting grain yield, followed by flood and drought, and the impact of the frost was the least. The results can provide decision-making basis for disaster prevention and mitigation in the future.

Key words: agro-meteorological disasters; temporal distribution characteristics; grey correlation analysis; Anhui

0 引言

气象灾害是由各种气象现象所导致的灾害,农业气象灾害则是指在农业生产过程中导致农作物显著减

产的不利天气和异常气候的总称,包括干旱、洪涝、风雹灾害、冷害、冻害等^[1]。农业气象灾害对国民经济,特别是农业生产,造成了巨大的影响,严重威胁着农业

基金项目:安徽省农科院学科建设项目“信息计量学在安徽水稻科研态势分析中的应用”(17A1431);安徽省农业科学院安徽省农业灾害风险分析研究科技创新团队(14C1409)。

第一作者简介:吕凯,男,1972年出生,副研究员,硕士,研究方向:农业信息分析。通信地址:230031 安徽省合肥市庐阳区农科南路40号 安徽省农业科学院农业经济与信息研究所, Tel:0551-65160879, E-mail:962490160@qq.com。

通讯作者:李继红,女,1978年出生,助理研究员,博士,研究方向:农业信息分析。通信地址:230031 安徽省合肥市庐阳区农科南路40号 安徽省农业科学院农业经济与信息研究所, Tel:0551-65160879, E-mail:418696990@qq.com。

收稿日期:2016-10-24, **修回日期:**2016-12-30。

的可持续发展。据统计,全国每年因气象灾害造成的经济损失约占国民生产总值(GDP)的3%~6%^[2]。

安徽省是中国粮食主产区,跨长江、淮河中下游,在气候上属暖温带与亚热带的过渡地区,南北冷暖气流交汇频繁。气象灾害具有种类多、发生频次高、影响范围广、灾情重等特点^[3]。据报道,1991—2000年安徽省由以旱涝为主的气象灾害直接造成的经济损失高达1333亿元^[4]。研究发现,不同地区农作物产量的波动趋势基本与历年受灾状况相一致,主要减产年份和各种气象灾害的发生情况相符合^[5]。因此,对农业气象灾害的发生规律进行研究分析,加强农业气象灾害的定量化评估已经成为灾害研究关注的热点。

前人在安徽省农业气象灾害方面也做了一些相关研究,陈娟等^[6]基于1978—2012年安徽省粮食播种面积、粮食总产及农业灾情等数据,分析了安徽省主要农业灾害的发生及分布情况,并探讨相应的防灾减灾对策;郭永芳等^[7]根据安徽1998—2007年洪涝成灾面积资料,采用层次分析法,建立洪涝灾害风险度评价模型,并对安徽省进行了县域级别的洪涝灾害风险区划;江懿等^[8]根据安徽省1991—2012年的农业灾情数据和农作物播种面积等数据资料,对安徽省农业旱灾风险进行了评估区划。这些研究或集中于某类气象灾害的分析,或在方法上侧重于定性描述,对灾情对比研究和定量分析不足^[9-10]。

本研究依据1992—2012年安徽省粮食播种面积、粮食产量,主要农业气象灾害受灾面积、成灾面积等数据,对安徽省主要农业气象灾害的时间分布特征及其对粮食产量的影响进行分析,并通过引入灰色关联分析法对各种气象灾害对粮食产量的影响程度进行定量评估,以期通过定量评估气象灾害对农业的影响,为安徽省防御气象灾害的发生,提高防灾减灾能力提供科学的决策依据。

1 材料与方法

1.1 数据来源

本研究数据来源于《新中国农业60年统计资料》、《安徽统计年鉴》和安徽省民政厅。数据包括1992—2012年安徽省旱灾、水灾、风雹灾害、霜冻灾以及总气象灾害的受灾面积和成灾面积,还有同期粮食播种面积、粮食产量。其中,缺少2008年和2012年的霜冻灾害数据和2008年旱灾成灾面积数据。

1.2 研究方法

1.2.1 各种气象灾害时间分布特征分析 在灾情统计分析中,采用的基本指标为受灾面积和成灾面积。凡因灾害导致农作物产量减产10%~30%的面积均计为受

灾面积;因灾减产30%以上的面积称为成灾面积^[2]。

由于研究期间每年粮食的播种面积存在差异,所以选用受灾率和成灾率进行分析。受灾率表征气象受灾范围的大小,成灾率表征气象灾害的强弱。

$$\text{受灾率} = \text{农作物受灾面积} / \text{农作物播种面积} \cdots (1)$$

$$\text{成灾率} = \text{农作物成灾面积} / \text{农作物受灾面积} \cdots (2)$$

1.2.2 灰色关联分析 农业气象灾害系统可以看作是由气象灾害和农业生产2个复杂系统组成的灰色系统复合体。灰色关系分析方法作为一种技术,可分析该系统各因素间的关联程度,具有需要样本数据少、对数据分布特征要求不高等其他方法所不具有的数理统计优势。

该方法主要通过分析系统中母因素与子因素的关系密切程度,判断引起该系统发展的主要和次要因素^[11]。其基本思想是根据序列曲线几何形状的相似程度来判断序列间关系紧密程度,曲线几何形状越接近,相应序列间的关联度就越大,反之就越小^[12]。灰色关联分析的一般步骤见文献^[13]。

2 结果与分析

2.1 农业气象灾害年际变化及其对粮食产量的影响

农业是对气候变化最敏感、最脆弱的领域之一,灾害性天气会给农业生产带来显著的或潜在的影响,造成作物生长条件产生大幅的改变。图1为1992—2012年安徽省农业气象灾害与粮食种植面积、产量变化趋势图。从图1可知,这些年粮食的种植面积基本持平,没有显著的变化,粮食产量总体上呈上升趋势,受灾面积、成灾面积年际变化很大,出现一定波动性,但总体上呈周期性下降的趋势。

1992—2012年间气象灾害平均受灾面积为 $3028.65 \times 10^3 \text{ hm}^2$,成灾面积为 $1928.04 \times 10^3 \text{ hm}^2$ 。发生严重年份为1992、1994、2000、2003年,受灾面积分别为 $4066.40 \times 10^3 \text{ hm}^2$ 、 $5047.14 \times 10^3 \text{ hm}^2$ 、 $4057.93 \times 10^3 \text{ hm}^2$ 、 $4816.04 \times 10^3 \text{ hm}^2$,受灾面积均超过 $4000 \times 10^3 \text{ hm}^2$,且成灾率也分别高达68.64%、80.40%、67.84%、83.17%,其相应年份的粮食总产量与受灾程度呈负相关,出现显著的下降。灾害发生最严重的2003年,粮食产量仅为2214.8万t,是1992—2012年中产量最低的一年,与产量最高的2012年相比,少了1074.3万t,减少近33%。2003年后,气象灾害的发生有所减少,粮食产量又呈现上升的趋势。气象灾害发生较轻的2004年和2008年,受灾面积分别为 $1403.44 \times 10^3 \text{ hm}^2$ 和 $1595.17 \times 10^3 \text{ hm}^2$ 。以上结果证实,自然灾害的发生、发展都将对农业产生造成消极的影响,对于农业生产是起抑制作用的^[12],作物产量的增减受气象条件优劣的制约^[14]。

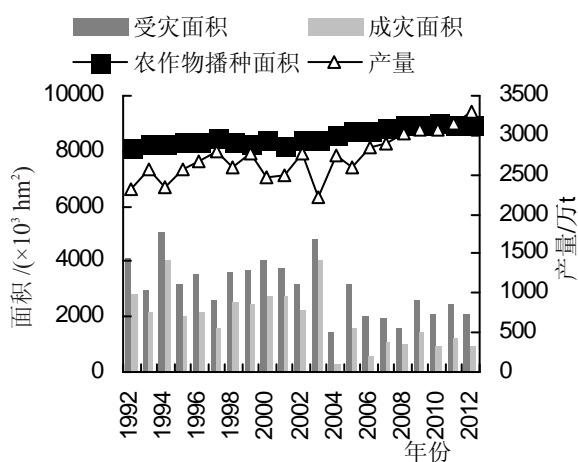


图1 安徽省1992—2012年农业气象灾害、粮食种植面积、产量变化趋势

为了进一步分析1992—2012年安徽省主要气象灾害的发生情况,本研究对各年的旱灾、水灾、风雹灾害、霜冻灾害的受灾面积进行了统计分析,由于2008年和2012年的数据不全,所以未列入分析。从图2可以看出,旱灾和水灾时安徽省1992—2012年的主要气象灾害,受灾面积较大。1992、1994、2000、2001年旱灾受灾面积大,受灾所占比重约可达80%,尤其是2001年旱灾所占比重约90%。水灾的发生也较普遍,1998年、2007年的受灾面积分别为 $2174.19 \times 10^3 \text{ hm}^2$ 和 $1616.68 \times 10^3 \text{ hm}^2$,分别占当年灾害比重的76%和89%。1992—2012年安徽省旱灾和水灾受灾面积之和所占比重平均高达83.76%。

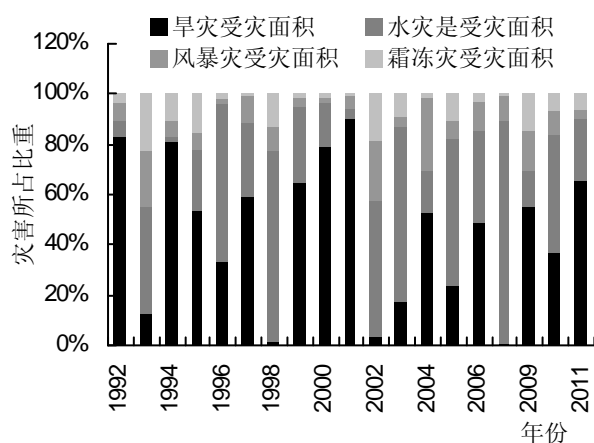


图2 1992—2012年安徽省主要气象灾害受灾面积所占比重

此外,由于安徽省地区降水年份分布不均,旱涝灾害在时间上交织、空间上并存也是一个显著特点。从图3可以看出,旱灾发生较重的年份有1992、1994、

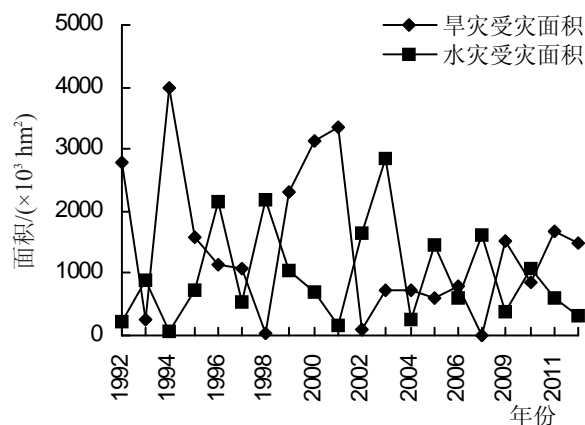


图3 1992—2012年安徽省旱涝灾害发生规律

1999、2000、2001、2009、2011年,水灾为害面积大的年份有1993、1996、1998、2003、2005、2007、2010年,水旱灾害接连出现,多次出现“前涝后旱”、“前旱后涝”的现象。

2.2 农业气象灾害发生趋势分析

2.2.1 干旱灾害

农业干旱是指在农作物生长发育过程中,因降水不足、土壤含水量过低和作物得不到适时适量的灌溉,致使供水不能满足农作物的正常需水,而造成农作物减产^[2]。干旱对农业生产影响很大,是影响和制约农业稳产、增产的主要因素。

由图4可知,1992—2012年安徽省的旱灾受灾率和成灾率呈周期性波动式变化,旱灾受灾率和成灾率变化趋势一致,均呈下降趋势,说明安徽省的旱灾受灾情况和成灾情况在逐渐减少,但波动较大。旱灾约2~3年1遇,这与以前的研究结果相似^[15-16]。1992—2012年安徽省旱灾平均受灾面积约为 $1406.61 \times 10^3 \text{ hm}^2$,受灾率16.62%,成灾率为51.77%。图4中受灾率的3个高点分别出现在1992、1994、2001年,说明当年旱灾发生严重,其受灾面积分布达到 $2782.24 \times 10^3 \text{ hm}^2$ 、

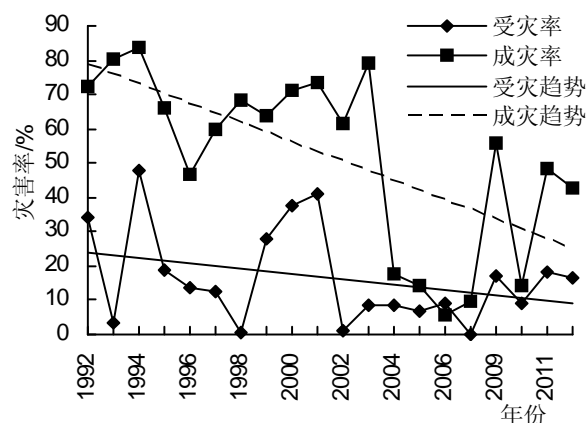


图4 1992—2012年安徽省旱灾灾害率趋势

3975.96 × 10³ hm²、3356.99 × 10³ hm²，受灾率分别为34.11%、48.11%、40.76%，并在1994年出现最高峰。第1个低值区出现在1993年，受灾率为30.17%，之后曲线陡直上升，在1998、2002、2007年再次出现低点。在研究期间，2002年以前旱灾发生较严重，波动较大，2002年以后，旱灾的发生趋于平缓。

2.2.2 水灾 水灾主要指洪涝灾害，是由大雨、暴雨或持续降雨造成地区淹没、渍水的现象。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^[7]。水灾可破坏农业生产的正常进行，危害农作物生长，造成作物减产或绝收。

由图5可知，从1992—2012年，安徽省水灾发生范围的年际变化呈现先增后减趋势，周期性波动较大。1992年后，受灾率和成灾率均呈波动性增加，受灾率在1993、1996和1998年出现了3个高点，最高值出现在2003年，2003年出现的流域性大洪水是安徽省1954年以来最大的洪灾，其受灾受害面积和成灾面积分别为2863.62 × 10³ hm²和2460.82 × 10³ hm²，成灾率高达85.93%，安徽省因灾直接经济损失达到78.29亿元，其中农业经济损失为60.12亿元。2003年以后，水灾的发生程度趋缓，呈现下降的趋势，并在2009年和2012年出现了2个低点。

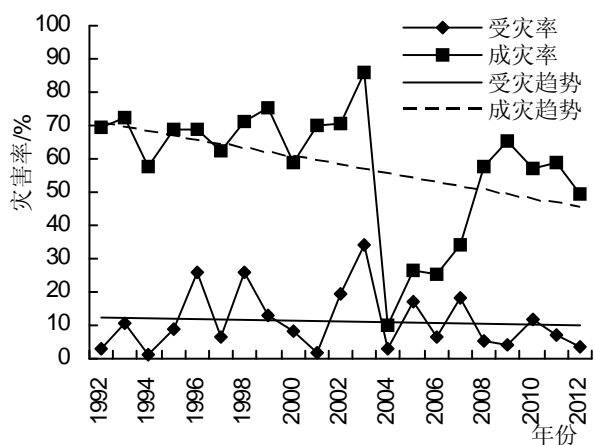


图5 1992—2012年安徽省水灾灾害率趋势

2.2.3 风雹灾害 风雹灾害是指雷雨大风、龙卷风和冰雹等强对流天气造成的一种自然灾害，会对农作物的枝叶、茎秆和果实产生机械损伤，造成作物减产或绝收^[18]。总体上来说，风雹灾害分布特点为：内陆多于沿海，山区多于平原，中纬度地区多于高纬度或低纬度地区。

1992—2012年，安徽省风雹灾总受灾面积和成灾面积分别为4892.55 × 10³ hm²和2644.71 × 10³ hm²，受灾

率和成灾率均呈波动式下降变化，成灾率的下降趋势更显著。由图6可知，风雹灾害的2个低点出现在1996、2008年，其风雹灾受灾面积分别为34.78 × 10³ hm²和57.43 × 10³ hm²。受灾范围较大的年度出现在1993、2002、2009年，受灾面积都超过400 × 10³ hm²，受灾率分别为5.83%、8.51%、4.84%，成灾率也分别高达76.79%、67.39%、43.05%，其中，2002年是安徽省受风雹灾害威胁最严重的一年，受灾面积715.24 × 10³ hm²，成灾面积482.02 × 10³ hm²。2009年的风雹灾害也造成了严重的损失，直接经济损失10.77亿元。

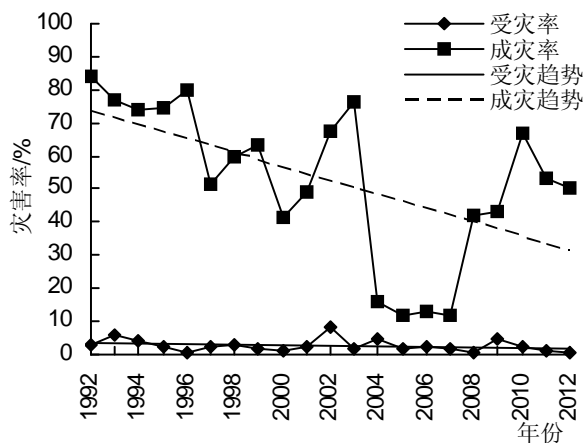


图6 1992—2012年安徽省风雹灾灾害率趋势

2.2.4 霜冻灾害 霜冻在秋、冬、春三季都会出现，是指空气温度突然下降，使植物体温降低到0℃以下而受到损害甚至死亡的农业气象灾害^[19]。霜冻是农业生产上的重大灾害之一，一般出现于春末、秋初作物生长季节的夜晚和凌晨，作物尚未成熟或刚开始生长，从而造成伤害。霜冻具有明显的地域性，安徽省可分为4个霜冻区，淮北东北部及大别山区为重霜冻区，淮北西南部和江淮西南部和江淮地区为次重霜冻区，沿江地区为次轻霜冻区，皖南地区为轻霜冻区^[20]。

1992—2012年间，安徽省霜冻受灾率和成灾率呈现波动性变化(见图7)，但在总体趋势上，成灾率的下降趋势比受灾率更为明显，说明近些年来可能由于气候变暖的原因，而使得霜冻灾害的发生有所减少。期间受灾面积超过400 × 10³ hm²的年份有1993、1994、1995、2002、2009年，其中，2002年受灾面积高达570.69 × 10³ hm²，成灾面积为434.19 × 10³ hm²，受灾率和成灾率分别高达6.79%和76.08%，霜冻危害严重。1997、2001、2004、2007年霜冻发生则较轻。

2.3 农业气象灾害危害程度的灰色关系分析

本研究选用粮食单产的时间序列作为参考序列，

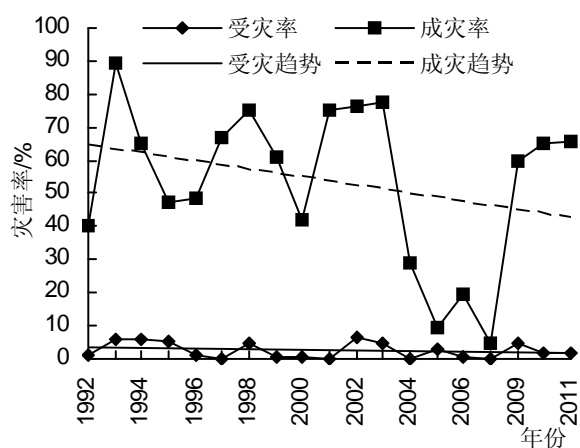


图7 1992—2012年安徽省霜冻灾灾害率趋势

旱灾、水灾、风雹灾、霜冻灾受灾面积的时间序列为比较序列,应用灰色关联分析方法,对1992—2012年安徽省各气象灾害(旱灾、水灾、风雹灾、霜冻灾)和粮食单产的关系进行关联分析(见表1)。

表1 1992—2012年安徽省农业气象灾害的灰色关联分析

影响因子	粮食单产	
	关联度 γ	关联序
旱灾	0.638	3
水灾	0.660	2
风雹灾	0.710	1
霜冻灾	0.554	4

根据关联度原理,在气象灾害因子中,关联度越大,影响权重就越大,该因子对农业生产的影响就越大;关联度越小,影响权重就越小,该因子对农业生产的影响就越小。由表1可知,1992—2012年安徽省旱灾、水灾、风雹灾、霜冻灾的关联度分别为0.638、0.660、0.710、0.554,各主要气象灾害对粮食单产的影响顺序为:风雹灾>水灾>旱灾>霜冻灾,这表明在研究期内,风雹灾对安徽省粮食生产的影响程度最大,水灾、旱灾次之,霜冻灾对粮食产量的影响较小。

风雹灾害是由特殊的地理环境和气象条件形成的一种自然现象。在安徽省,大风和龙卷风多发区位于淮北地区东部和北部、江淮之间东部、大别山地区、沿江东部和西部;冰雹多发区位于淮北地区和江淮之间东部、大别山区南部、黄山和九华山区。冰雹有明显的时间分布特点,主要出现在春季和夏季。春季发生风雹灾,主要危害秧苗,导致毁种或缺苗断条;夏季正值夏粮收割时节,可致使农作物大面积倒伏、落粒或折

断,造成严重损失。风雹灾害虽然出现的时间短,但因来势猛、强度大等特点,瞬间即对农业生产造成较大危害,其危害不可小觑。

由于受典型季风气候的影响,安徽省降水量存在明显的年际变化。降雨主要分布在皖南地区、大别山以及江淮流域,全年降水量自北向南递增。夏季降雨集中是安徽省显著的气候特征,6—8月3个月降水量约占全年降水量的33%~60%,易形成洪涝灾害。在春季,降雨一般可以满足作物正常生长的需要,但降水过多的年份,降雨量超过同期作物的需水量偏多,诱发作物洪涝灾害的发生。夏季正值作物籽粒灌浆,发生水灾,则会使作物籽粒灌浆期缩短,灌浆速率降低,籽粒品质下降,单穗结实粒数和千粒重下降,从而导致减产。

安徽省农业干旱的季节性特征明显,主要干旱类型有春旱、夏旱、秋旱、春夏连旱、夏秋连旱等。淮河流域属于旱灾易发地区,其中淮北平原中部和部分山丘地区、江淮分水岭两侧为旱灾高发地区。安徽省旱灾对农业主要表现在:一是淮北地区面积大,年降雨量低,使得旱灾发生的可能性增加;此外,该地区灌溉率较低,如果发生旱灾,则影响较大。二是江淮之间多高低起伏丘陵,农作物种植以稻麦为主体。水稻种植以中稻为主,每年7月下旬至8月中旬间,中稻正处于孕穗、抽穗开花期,高温、干旱时有发生,会造成水稻的减产^[21]。

3 结论与讨论

本研究根据安徽省1992—2012年各主要农业气象灾害的受灾面积、成灾面积以及粮食产量等数据,分析了安徽省农业气象灾害的时间分布特征,并评估了气象灾害对粮食单产的影响,结论如下。

(1)1992—2012年间,安徽省农业气象灾害发生较为频繁,受灾面积和成灾面积年际变化很大,但总体上呈周期性波动下降、减弱的趋势。粮食的种植面积基本持平,没有显著的变化,粮食产量总体上呈上升的趋势。研究期间,粮食总产量的提升这一方面得益于气象灾害发生的减少;另一方面,中国农业科技水平得到了大幅度的提高和防灾减灾的加强,也在一定程度上缓解了灾害造成的影响。这与前期的研究成果相似,1979—2012年安徽省的粮食产量呈周期性波动,且与成灾面积的年际增长率呈负相关^[6]。

通过从时间分布特征上逐个分析旱灾、水灾、风雹灾、霜冻灾的规律发现,这4种气象灾害均呈周期性波动,旱灾、风雹灾的下降趋势比水灾、霜冻灾的下降趋势更明显,表明旱灾、风雹灾的发生范围和强度均呈明显减弱的趋势。从受灾范围看,旱灾和水灾是安徽省

发生面积较大的气象灾害,二者受灾面积所占比重可达83.76%,且旱灾和水灾在时间上交织、空间上并存,往往出现“前涝后旱”、“前旱后涝”,甚至导致“旱涝急转”的现象。这说明旱灾和水灾是影响安徽省农业生产的重要灾害。

(2)灰色关联分析表明,影响安徽省粮食产量的气象灾害顺序为:风雹灾>水灾>旱灾>霜冻灾。这说明风雹灾是研究期内对安徽省农业生产影响较大的气象灾害,水灾和旱灾也是影响粮食产量的2大重要因素,相对而言,霜冻灾对农业生产的影响较小。

研究发现,农业气象灾害的发生、危害取决于气候异常与农业对象,同时还受其出现地区和季节的影响^[2]。此外,农作物种类不同,其抵御农业气象灾害的能力亦不同,农作物与气象灾害的关联趋势也可能存在差异^[22]。因此在防御气象灾害时,应从自然因素、社会因素等多个方面进行综合考虑,注意针对不同地区、不同种植制度、不同粮食作物制定相应的防灾减灾措施。

本研究初步分析了整个安徽省内主要气象灾害的发生及其对农业的影响,但缺少对具体各个县市的数据的研究,有一定的局限性。由于农业气象灾害发生的地域性存在差异,所以需要进一步对安徽省各个县市的气象灾害进行进一步的研究,比较不同大区之间气象灾害的差异,以使得结果更符合客观实际。

参考文献

- [1] 程纯枢.中国的气候与农业[M].北京:气象出版社,1991:542-603.
- [2] 何奇瑾,殷晓杰.1978—2008年我国主要农业气象灾害及其影响初步分析[A].第27届中国气象学会年会现代农业气象防灾减灾与粮食安全分会场论文集[C].北京:中国气象学会,2010.
- [3] 王胜,沈梅,石磊.安徽省近33年农业气象灾害年景评估[J].中国农业大学学报,2013,18(3):192-197.
- [4] 煌武,吴华章,张来平,等.近10年安徽省的各类自然灾害及发展趋势[J].灾害学,2003,18(1):64-70.
- [5] 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.
- [6] 陈娟,陈磊,吕凯,等.安徽省农业灾害情况及防灾减灾对策分析[J].中国农学通报,2015,31(8):212-217.
- [7] 郭永芳,查良松.安徽省洪涝灾害风险区划及成灾面积变化趋势分析[J].中国农业气象,2010,31(1):130-136.
- [8] 江懿,陈磊,陈娟,等.安徽省农业旱灾风险评估与区划[J].中国农学通报,2016,32(5):178-183.
- [9] 王胜,石磊,田红,等.安徽省台风降水气候特征及其对农业的影响[J].中国农业大学学报,2010,15(3):108-113.
- [10] 张爱民,马晓群,杨天明,等.安徽省旱涝灾害及其对农作物产量影响[J].应用气象学报,2007,18(5):619-626.
- [11] 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.
- [12] 李先琨.农业自然灾害系统灰色分析方法的探讨[J].广西科学,1995,2(2):51-55.
- [13] 邓聚龙.灰色系统理论教程[M].武汉:华中理工大学出版社,1990.
- [14] 卢丽萍,程丛兰,刘伟东,等.30年来我国农业气象灾害对农业生产的影响及其空间分布特征[J].生态环境学报,2009,18(4):1573-1578.
- [15] 李彬,武恒.安徽省农业灾害规律及其对粮食安全的影响[J].干旱地区农业研究,2009,27(5):18-23.
- [16] 汤广民,曹成.安徽省农业旱灾特征及其对粮食生产的影响[J].灌溉排水学报,2010,29(6):47-50.
- [17] 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.
- [18] 王馥棠,赵宗慈,王石立,等.气候变化对我国农业生态的影响[M].北京:气象出版社,2003:45-110.
- [19] 赵先丽,李丽光,贾庆宇,等.1988—2007年辽宁主要农业气象灾害分析[J].气象与环境学报,2009(2):33-37.
- [20] 张伯忍.安徽省霜冻气候分析及区划的研究[J].安徽农业科学,1990(2):58-66.
- [21] 杨天明,陈金华.江淮之间夏季高温热害对水稻生长的影响[J].安徽农业科学,2007,35(27):8530-8531.
- [22] 高姣姣,徐刚.重庆市气象灾害与农作物单产的灰色关联度分析[J].西南大学学报:自然科学版,2016,38(2):32-36.