

安徽省农业旱灾规律及其对粮食安全的影响

李 彬¹, 武 恒²

(1. 滁州学院国土信息工程系, 安徽 滁州 239000; 2. 西北农林科技大学理学院, 陕西 杨凌 712100)

摘 要: 利用 1949 年以来 59 a 农业自然灾害和粮食生产数据, 分析安徽省农业旱灾变化规律和粮食安全态势, 探讨农业旱灾对粮食安全的影响。结果表明: 农业干旱灾害呈现明显周期性波动, 干旱轻重灾情交替出现, 其波动周期大致为 5~10 a。近 30 a 来干旱灾害对该省粮食生产的致灾强度越来越大, 即其危害日趋严重。粮食总产量、粮食单产和粮食播种面积的年变化率均与干旱受灾率、成灾率、灾害强度指数、受灾率异常指数和成灾率异常指数等指标显著负相关。其中以灾害强度指数、受灾率异常指数和成灾率异常指数对粮食生产的影响更为显著, 且受灾率异常指数的影响最为显著。该研究结果可为安徽省农业防灾减灾体系建设和粮食安全提供参考和借鉴。

关键词: 干旱灾害; 粮食安全; 农业; 安徽省

中图分类号: X43; S166 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2009)05-0018-06

粮食安全问题是一个事关国计民生、社会稳定、乃至国家安全的关键性问题。干旱灾害是造成中国农业经济损失最严重的自然灾害, 也是制约粮食生产和粮食安全的重要因素, 我国学者在这方面进行了大量研究, 积累了较多研究成果^[1~6]。安徽是传统农业大省和重要商品粮基地, 粮食生产在全国占有重要地位, 在国家粮食安全中具有不可低估的作用。受自然地理条件等因素影响, 安徽省旱涝灾害频发, 粮食生产和粮食安全常受其威胁。对安徽省农业干旱灾害时间变化规律进行研究, 分析其对粮食生产和安全的影响, 对维持全省粮食生产稳定以及保障国家粮食安全均具有重要意义。笔者依据 1949~2007 年 59 年间相关统计数据, 分析了安徽省农业干旱灾害的时间分布规律, 并探讨了干旱灾害对粮食生产的影响, 以期为该省农业防灾减灾体系建设和保障粮食安全提供参考和借鉴。

1 数据来源与分析方法

安徽省农业干旱受灾面积、成灾面积、粮食产量和播种面积等基础数据主要来源于农业部种植业司“灾情数据库”^[7]和安徽统计年鉴, 其中 1967~1969 年相关数据缺失。获取以上基础数据后, 建立安徽省相关数据库, 包括 1949~2007 年干旱灾害数据库和粮食产量数据库等, 使用 SPSS 13.0 等统计分析软件对数据进行统计分析。主要采取的研究方法为: ①利用 59 年来的干旱受灾面积和成灾面积、受

灾率和成灾率、受灾率异常指数等长序列数据阐述干旱灾害动态变化特征。利用历年来粮食总产量、粮食单产水平、粮食播种面积等长序列数据阐述粮食生产时间分布规律。②应用比较分析、相关分析和回归分析等方法, 定性和定量探讨干旱灾害对粮食生产的影响。

2 结果与分析

2.1 农业干旱灾害变化规律

2.1.1 受灾面积和成灾面积 安徽省 59 年来受灾和成灾面积年际分布具有明显周期性波动特点, 呈现灾情轻重相间分布格局, 其波动周期大致为 5~10 年, 其中 1957~1961 年、1972~1978 年、1994~2001 年为 3 个干旱灾害多发期和严重期(图 1)。与年际变化相同, 农业旱灾的年代际变化也具有明显的波动性, 基本可划分为 3 个变化阶段, 其中 2 个为灾害上升期, 1 个为灾害下降期。第 1 个干旱灾害上升期为 1950 s~1960 s, 年均受灾面积由 109.424 万 hm^2 增加到 137.924 万 hm^2 , 增加率为 26.05%; 年均成灾面积则相应由 23.636 万 hm^2 上升为 45.133 万 hm^2 , 增加率为 90.95%。第 2 个旱灾上升期为 1980 s~2000 s(2000 s 表示 2000~2007, 下同), 年均受灾面积由 79.307 万 hm^2 上升为 114.693 万 hm^2 , 增加率为 44.62%; 成灾面积相应由 34.133 万 hm^2 上升为 70.974 万 hm^2 , 增加率高达 107.93%。旱灾下降期主要是 1970 s~1980 s, 年均受灾面积由

收稿日期: 2009-03-14
作者简介: 李 彬(1980—), 男, 江苏省邳州市人, 博士, 主要从事农业资源与环境等方面的研究工作。E-mail: libchn@yahoo.com.cn。

137.373 万 hm^2 下降为 79.307 万 hm^2 , 下降率为 42.27%; 相应成灾面积由 34.633 万 hm^2 减小为 34.133 万 hm^2 , 下降率为 1.44%。这表明自 1980 年以来的近 30 年间, 安徽省农业干旱灾害有逐渐加重趋势。各年代受灾面积占总自然灾害受灾面积比例均在 39.0%~69.0% 之间, 成灾面积占总成灾面积比例在 15.0%~49.0% 之间。同时受灾面积和成灾

面积的变化具有明显同步性, 即受灾面积大的年份, 同时成灾面积也大。对除 1967~1969 年数据缺失以外的 56 年间干旱受灾面积和成灾面积统计分析, 二者相关系数 $r=0.761$ ($n=56$), 在 $\alpha=0.01$ 时显著相关。这表明安徽省农业生产面临干旱威胁较大, 一旦受灾则在很大程度上成灾, 农业生产防范干旱灾害影响的压力大。

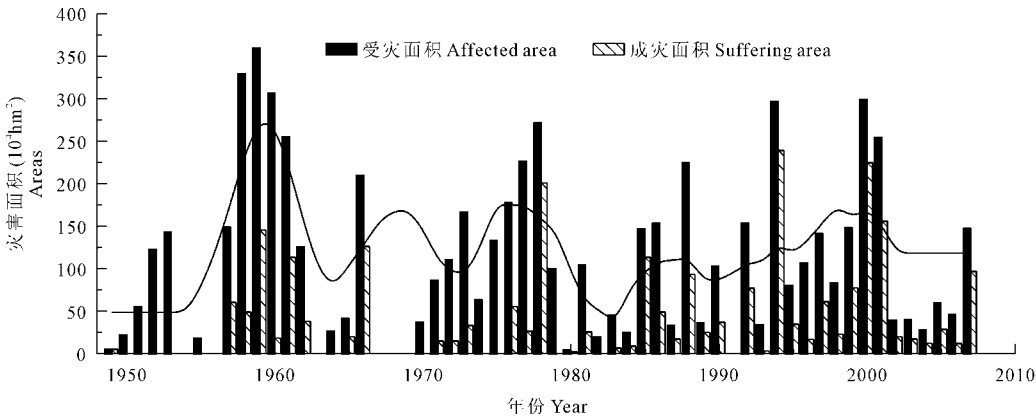


图 1 干旱受灾面积和成灾面积变化
Fig. 1 Variation of disaster-affected/suffering areas

2.1.2 受灾率和成灾率 统计分析表明, 受灾率和成灾率相关系数 $r=0.779$ ($n=56$), 在 $\alpha=0.01$ 时显著相关。因此二者随时间变化趋势基本一致, 均具有明显的周期性波动特征, 即变化的同步性(图 2)。由受灾率和成灾率波动峰值和谷值出现的年份可见, 其波动变化周期大致为 5~10 年。据《农业旱情旱灾评估标准》, 受灾率在 20%~30% 为中等干旱, 受灾率>30% 为严重干旱, 受灾率>40% 为特大干旱。59 年间, 受灾率>30% 的严重干旱年份共有 8 年, 占 13.56%; 中等干旱共 5 年, 占 8.47%; 中等

和严重干旱年份总计 13 年, 占 22.03%。因此安徽省干旱灾害受灾率较高, 特别是危害较大的中等干旱和严重干旱所占比重大。从各年代干旱受灾率和成灾率变化看(图 3), 1950 s 和 1980 s 干旱平均受灾率和成灾率较小, 其他年代均较该时段高, 干旱平均受灾率和成灾率具有呈倒“S”型曲线变化的特征, 即“低—高一低—高”的变化特征。特别是 1980 s 以来, 干旱受灾率和成灾率均有随时间不断加重的变化趋势。

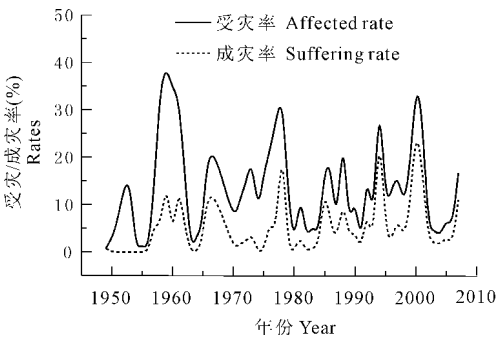


图 2 干旱受灾率和成灾率的年际变化
Fig. 2 The disaster-affected/suffering area rates

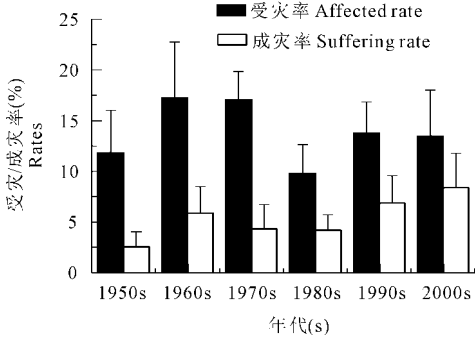


图 3 各年代干旱受灾率和成灾率变化
Fig. 3 The disaster-affected/suffering area rates in different times

2.1.3 干旱灾害强度指数 灾害强度指数是指某时段成灾面积占受灾面积的比例, 表示气象灾害对粮食生产单位面积的致灾强度^[8,9]。安徽省干旱灾

害强度指数具有随时间呈波动上升的趋势(图 4), 其波动峰值分别出现在 1957 (40.58%)、1961 (44.44%)、1966 (59.92%)、1978 (74.04%)、1985

(77.27%)、1994(80.60%)和 2000(75.25%)，即其波动周期大致为 5~10 年；其递增的线性控制方程为 $y = 1490.653 + 0.769x$ ($r = 0.531, n = 51, P < 0.0001$)。从各年代变化状况看，其线性递增趋势更为明显，强度指数(y)随年代(x)变化的线性控制方程为 $y = 4.306 + 7.640x$ ($r = 0.925, n = 6, P = 0.008$)。20 世纪 50 年代，干旱灾害强度指数仅为 11.98%，至 2000 年以后，干旱灾害强度指数已上升到 51.67%，即超过一半的受灾面积成灾，其增加率高达 331.18%。因此干旱灾害对该省粮食生产的致灾强度越来越大。

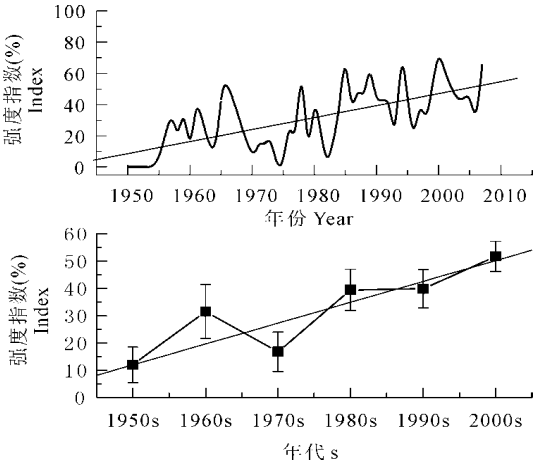


图 4 干旱灾害强度指数的年际和年代际变化

Fig.4 Change of disaster intensity index

2.1.4 受灾率异常指数 灾害异常指数是描述受灾率和成灾率偏离平均状态的参量，可以反映灾害严重程度和等级^[10]。受灾率和成灾率异常指数可表达为： $\xi_i = (M_i - M) / \delta$ ，式中 ξ_i 为第 i 年旱灾受灾率或成灾率异常指数， M_i 为第 i 年受灾率或成灾率， M 为多年平均受灾率或成灾率， δ 为受灾率或成灾率标准差。安徽省干旱受灾率异常指数和成灾率异常指数基本呈“负—正”交替出现的周期性波动变化趋势，其“正—负”变化周期仍大致为 5~10 年(图 5)。取受灾率异常指数 $\xi < 0$ 时为轻度干旱， $0 \leq \xi < 0.5$ 时为中度干旱， $0.5 \leq \xi < 1.5$ 时为严重干旱， $\xi > 1.5$ 时为特大干旱。59 年间特大干旱年份共 8 年，严重干旱年份 5 年，二者共计 13 年；中度干旱 12 年，其余 31 年则为轻度干旱。各干旱等级所占比例分别为：轻度干旱 55.35%、中度干旱 21.43%、严重和特大干旱共计 23.21%。因此，安徽省农业干旱具有重灾年份多、重灾发生机率大，干旱灾害危害严重的基本特征。

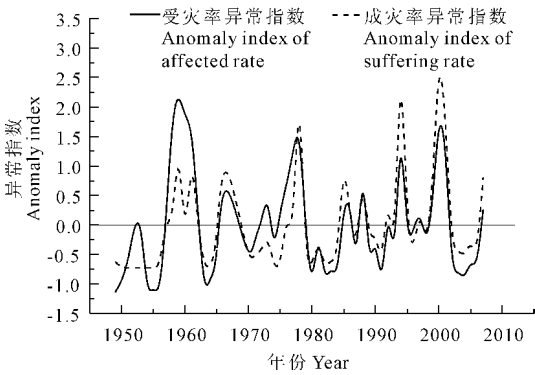


图 5 受灾率/成灾率异常指数的年际变化

Fig.5 The anomaly indices of disaster-affected/suffering area rates

2.2 粮食安全基本态势

安徽省粮食总产和单产水平总体呈稳步增长态势，波动幅度不大。粮食总产由 1949 年的 456.50 万 t，增加到 2007 年的 2901.40 万 t，增加率为 535.58%，年均增加 9.08%；粮食单产水平相应由 0.738 t/hm² 增加到 4.479 t/hm²，增加率为 506.81%，年均增加 8.59%。粮食总产(y_1)和单产水平(y_2)随年份(x)变化的线性方程分别为： $y_1 = 81418.946 + 42.021x$ ($r = 0.949, n = 59, P < 0.0001$)， $y_2 = -144.665 + 0.074x$ ($r = 0.962, n = 59, P < 0.0001$)。表明 59 年来安徽省粮食总产和单产基本为直线增加。粮食总产和单产水平的相关系数 $r = 0.991$ ，在 $\alpha = 0.01$ 水平时显著相关；粮食总产(y)与单产(x)之间的线性回归方程为： $y = 180.441 + 566.491x$ ($r = 0.991, n = 59, P < 0.0001$)。这表明粮食总产与单产之间具有极显著线性相关性，粮食单产水平对保证粮食总产量稳步提高具有重要贡献。1990 年前，安徽省人均粮食占有量总体呈稳定增加趋势；1990 年后，人均粮食占有量出现波动，其中 1990 年至今 18 年间年人均占有量平均值为 414.91 kg；2000~2007 年，年人均占有量平均值为 407.70 kg，略高于人均粮食 400 kg 的小康水平最低标准。未来一段时间内，随着人口增长、耕地面积减少和粮食单产水平基本稳定，粮食安全的威胁将愈加突出。耕地是粮食生产最基本物质条件与基础，粮食播种面积的变化将影响到粮食生产的波动，从而影响到粮食有效供给及粮食安全水平。59 年来，安徽省粮食播种面积总体上呈下降趋势；播种面积(y)随年份(x)变化的线性回归方程为： $y = 8675.096 - 4.055x$ ($r = -0.679, n = 59, P < 0.0001$)。

2.3 干旱灾害对粮食安全的影响

粮食总产年变化率与干旱受灾率、成灾率二者之间均具有负相关的波动变化趋势，即受灾率或成

灾率的峰值通常对应着粮食总产年变化率谷值,而二者谷值则对应着粮食总产年变化率峰值(图 6)。随着受灾率和成灾率大致呈 5~10 年周期性波动,粮食总产年变化率也随之出现相反的周期性波动;受灾率(成灾率)越大,对粮食总产影响越严重,干旱灾害是影响安徽省粮食总产增加的重要限制因子。

由于粮食总产与单产之间具有极显著的线性相关性,因而单产水平对安徽省粮食总产变化具有极重要影响。粮食单产是由单位面积上有效穗数、穗结实粒数和粒重三要素构成的;各要素的优劣与气象条件的好坏有着密切联系,粮食作物在生长季的

不同阶段对光照、温度和水分的要求各不相同,干旱等气象灾害的出现,常使某个甚至多个要素值在作物的关键生长期,超过某一临界值,就会影响作物的生长发育进而导致作物单产水平的下降,影响粮食总产量^[11]。与粮食总产变化趋势一致,粮食单产变化也与受灾率、成灾率呈负相关变化关系(图 7)。受灾率或成灾率高的年份,单产年变化率的值低,甚至为负值,即粮食单产与上年度相比增加幅度较小或降低;受灾率或成灾率低的年份,其变化则相反;受灾率或成灾率越大,其对粮食单产的影响亦愈大。

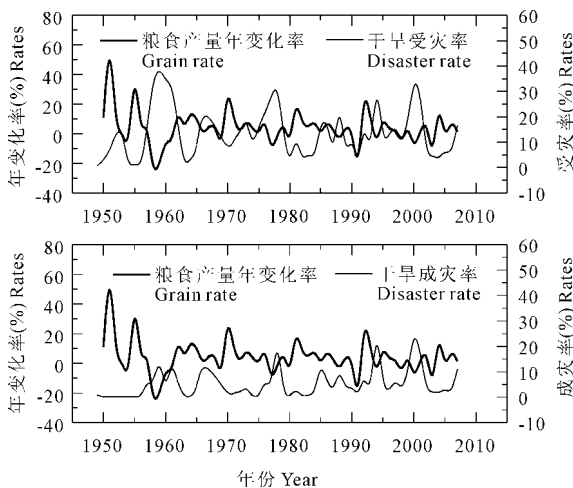


图 6 粮食总产年变化率与受灾率/成灾率比较分析

Fig.6 Comparative analysis of annual change rate of grain yield and disaster-affected/suffering area rates

为系统分析干旱灾害对安徽省粮食生产影响,分别对粮食总产年变化率、粮食单产年变化率、播种面积年变化率与各农业干旱灾害指标进行统计分析,得到相关系数表(表 1)。总产年变化率、单产年变化率、播种面积年变化率与各干旱因子均为负相关,其中总产年变化率与受灾率、受灾率异常指数在 $\alpha=0.01$ 水平时显著相关,与成灾率和成灾率异常

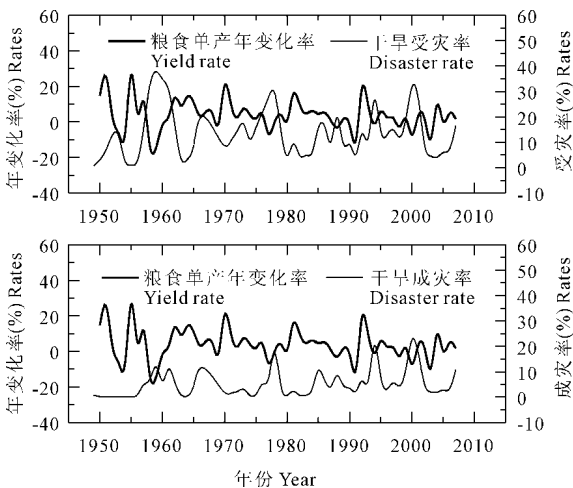


图 7 粮食单产年变化率与受灾率/成灾率分析

Fig.7 Comparative analysis of annual change rate of grain yield of per hectare and disaster-affected/suffering area rates

指数在 $\alpha=0.05$ 水平时显著相关。播种面积年变化率与受灾率、成灾率、受灾率异常指数和成灾率异常指数均在 $\alpha=0.01$ 水平时显著相关,相关系数分别为 -0.437 、 -0.398 、 -0.437 和 -0.398 ;与干旱灾害强度指数在 $\alpha=0.05$ 水平时显著相关,相关系数为 -0.305 。这与上文分析结果相一致,进一步表明干旱灾害对安徽省粮食生产具有明显的制约作用。

表 1 干旱灾害指标与粮食生产指标的相关系数

Table 1 Correlation between indices of drought disasters and grain yield

相关系数 Correlation coefficient	受灾率 Disaster- affected rate	成灾率 Disaster- suffering rate	强度指数 Intensity index	受灾率异常指数 Anomaly index of affected rate	成灾率异常指数 Anomaly index of suffering rate
总产年变化率 Annual change rate of total yield	-0.470 **	-0.337 *	-0.306 *	-0.470 **	-0.337 *
单产年变化率 Annual change rate of yield per unit	-0.427 **	-0.285 *	-0.255	-0.427 **	-0.285 *
播种面积年变化率 Annual change rate of planting area	-0.437 **	-0.398 **	-0.305 *	-0.437 **	-0.398 **

注: ** 表示在 $\alpha=0.01$ 水平显著相关; * 表示在 $\alpha=0.05$ 水平显著相关; $n=51$ 。

Note: ** indicates $\alpha=0.01$ significant level, and * indicates $\alpha=0.05$ significant level; $n=51$.

分别以粮食总产年变化率、单产年变化率和播种面积年变化率为因变量(y), 受灾率、成灾率、灾害强度指数、受灾率异常指数和成灾率异常指数为

自变量(x), 进行多元线性回归分析, 得到因变量(y)随自变量(x)变化的多元线性回归模型, 其结果如表 2。

表 2 各干旱灾害指标与粮食生产的多元线性回归和逐步回归分析

Table 2 Multiple linear and stepwise regression equation between indices of drought disasters and grain yield

	多元线性/逐步回归模型 Regression equation	R^2	F	P
(1)	$y_1=18.298-0.363x_1-13.846x_2-11.126x_3$	0.315	7.218	0.000
(2)	$y_2=14.900-0.274x_1-10.968x_2+9.083x_3$	0.266	5.664	0.002
(3)	$y_3=2.105-0.056x_1-2.539x_2+0.778x_3$	0.222	4.458	0.008
(4)	$y_1=6.872-7.977x$	0.221	13.868	0.001
(5)	$y_2=6.264-5.983x$	0.183	10.954	0.002
(6)	$y_2=0.374-2.390x$	0.191	11.571	0.001

上述各方程均可通过 F 显著性检验, 因此模型有意义, 能够反映干旱灾害对粮食生产的影响规律。其中方程(1)中 y_1 表示粮食总产年变化率, $x_1\sim x_3$ 分别表示灾害强度指数、受灾率异常指数和成灾率异常指数, 各因子标准化回归系数分别为-0.538、-0.815、0.689, 回归系数检验统计量 t 值分别为-2.532、-3.658、2.207。方程(2)中 y_2 表示单产年变化率, $x_1\sim x_3$ 分别表示灾害强度指数、受灾率异常指数和成灾率异常指数, 各因子标准化回归系数分别为-0.492、-0.784、0.682, 回归系数检验统计量 t 值分别为-2.237、-3.394、2.110。方程(3)中 y_3 表示播种面积年变化率, $x_1\sim x_3$ 分别表示灾害强度指数、受灾率异常指数和成灾率异常指数, 各因子标准化回归系数分别为-0.256、-0.464、0.150, 回归系数检验统计量 t 值分别为-1.132、-1.954、0.450。多元线性回归分析结果表明, 在各干旱指标中以灾害强度指数、受灾率异常指数和成灾率异常指数对粮食生产的影响作用明显。

为消除各变量之间可能出现的多重共线性问题, 分别以粮食总产年变化率、单产年变化率和播种面积年变化率为因变量(y), 各干旱灾害指标为自变量(x), 进行多元逐步回归分析, 得到因变量(y)随自变量(x)变化的多元线性回归模型, 其结果如表 3 中(4)~(6)所示。上述各方程均可通过 F 显著性检验, 因此模型有意义。其中方程(1)中 y_1 表示粮食总产年变化率, x 表示受灾率异常指数, 标准化回归系数为-0.470, 回归系数检验统计量 t 值为-3.724。方程(2)中 y_2 表示粮食单产年变化率, x 为受灾率异常指数, 标准化回归系数为-0.427, 回归系数检验统计量 t 值为-3.310。方程(3)中 y_3 为播种面积年变化率, x 为受灾率异常指数, 标准化

回归系数为-0.437, 回归系数检验统计量 t 值为-3.402。逐步回归分析结果表明, 在各干旱指标中, 以受灾率异常指数对粮食总产、单产和播种面积年变化率的影响最为显著。

3 结 论

1) 59 年来, 安徽省农业干旱灾害呈现周期波动性、灾害同步性和干旱危害日趋严重性的基本特征。干旱轻重灾情交替出现, 其波动周期大致为 5~10 年; 受灾率高的年份, 一般成灾率也高; 旱灾对粮食生产的致灾强度越来越大, 防范农业旱灾的压力也越来越大。

2) 粮食总产和单产总体呈稳步增长态势, 波动幅度较小。未来一段时间内, 随着人口的增长、耕地面积的减少和粮食单产水平的基本稳定, 粮食安全的威胁将愈加突出。

3) 干旱灾害是影响安徽省粮食总产增加的重要限制因子。粮食总产年变化率、单产年变化率、播种面积年变化率与各旱灾因子均为显著负相关。在各指标中以灾害强度指数、受灾率异常指数和成灾率异常指数对粮食生产的影响作用最显著。

4) 干旱作为一种客观存在的自然现象, 有其自身的发生发展规律, 它对安徽省粮食安全造成较大危害。开展省内不同地域空间农业干旱灾害的变化规律与预测研究, 揭示旱灾对农业生产安全影响的内在机理, 尽快建立和完善农业防灾减灾体系, 以提高应对农业自然灾害的能力, 是未来需要进一步加强的研究工作。此外, 农业自然灾害仅是影响粮食生产和粮食安全的一个方面, 社会经济和农业科技等也对其具有重要的影响作用, 对于社会经济因素对该省粮食生产和安全影响也有待于进一步研究。

参 考 文 献:

[1] 李茂松,李章成,王道龙.50 年来我国自然灾害变化对粮食产量的影响[J].自然灾害学报,2005,14(2):55—60.

[2] 汪青春,张国胜,李 林.干旱气候生态因素对青海省粮食产量影响的研究[J].干旱地区农业研究,1999,17(4):80—85.

[3] 肖 军,赵景波.陕西省 54a 来农业干旱灾害特征研究[J].干旱区资源与环境,2006,20(5):201—204.

[4] 傅泽强,蔡运龙,杨友孝.中国粮食安全与耕地资源变化的相关分析[J].自然资源学报,2001,16(4):313.

[5] 张 星,陈 惠,吴菊薪.气象灾害影响福建粮食生产安全的机理分析[J].自然灾害学报,2008,17(2):150—155.

[6] 何艳芬,张 柏,刘志明.农业旱灾及其指标系统研究[J].干旱地区农业研究,2008,26(5):239—244.

[7] 农业部种植业司.中国农业数据库[DB/OL].[2008—11—20]
<http://www.zzys.gov.cn/zaqing.asp>.

[8] 王保生,刘文英,黄淑娥.江西省旱涝灾害风险评估与农业可持续发展[J].气象与减灾研究,2006,29(2):43—47.

[9] 武永峰,李茂松,蒋卫国.不同经济地带旱灾灾情变化及其与粮食单产波动的关系[J].自然灾害学报,2006,15(6):205—210.

[10] 梁红梅,刘会平,宋建阳.广东农业旱灾的时间分布规律及重灾年份预测[J].自然灾害学报,2006,15(4):79—83.

[11] 王 萍,那济海,朱海霞,等.黑龙江省粮食产量结构与影响产量的气象因子分析[J].气象科技,2008,36(4):449—452.

The characteristics of agricultural drought disaster and its impact on food security in Anhui Province

LI Bin¹, WU Heng²

(1. Department of Geo—Informatics, Chuzhou College, Chuzhou, Anhui 239000, China;
2. College of Science, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: Based on the statistical data of natural disasters and grain yields from 1949 to 2007, the dynamic change of agricultural drought disaster and food security in Anhui Province were analyzed. The impact of agricultural drought disaster on food security was also discussed by using the methods of comparative analysis, correlation analysis and multiple linear regression analysis. The results indicate that: (1) The disaster takes place almost every year and light and heavy agricultural droughts appear alternatively in a cycle of about 5—10 years. (2) The relationship between the annual gradient of total grain yield, yield per unit area, planting area and disaster-affected/suffering area rates, the ratio of disaster-affected to suffering areas, anomaly indices of disaster-affected/suffering area rates is significant negative correlation respectively. In all the indices of agricultural drought disaster, the influences of the ratio of disaster-affected to suffering areas, anomaly indices of disaster-affected/suffering area rates on grain yields are more significant than others. The results of this paper can give some references for agricultural disaster reduction and food security in Anhui Province.

Keywords: drought disaster; food security; agriculture; Anhui Province