

甘肃省春玉米灾损风险评估

齐月¹, 阳伏林¹, 姚玉璧¹, 王润元¹, 房世波²

(1. 中国气象局兰州干旱气象研究所/甘肃省干旱气候变化与减灾重点实验室/中国气象局干旱气候变化与减灾重点实验室, 兰州 730020; 2. 中国气象科学研究院生态环境与农业气象研究所, 北京 100081)

摘要:干旱是影响西北地区春玉米生产的主要气象灾害。应用甘肃省 1980—2011 年 71 个县(市)的春玉米播种面积和总产量资料,以风险理论为基础,采用风险评估技术方法,探讨了甘肃省县、市春玉米产量在干旱气候条件下的波动和减产的风险水平,通过正态分布判别和偏态分布正态化,研究了西北地区春玉米不同年型减产率变化特征,分析了甘肃省玉米产量灾害风险的空间分布规律,以期为防灾减灾提供理论依据。结果显示:不同等级风险区域呈整体上分散、小面积连片的特点,河西地区减产率最高,其次为陇中地区。高风险区主要集中在陇东地区的东部,较高风险区分布在陇中、陇东大部分地区,河西地区通过灌溉可有效缓解旱灾,风险较低。不同减产率等级下风险分析可为春玉米产量风险预测及抗灾减损、农业保险指数制定和农业保险赔付等提供参考。

关键词:春玉米; 干旱; 减产率; 风险概率; 变异系数

中图分类号: P49; S513

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2019)02-0352-07

Risk Assessment of Spring Maize Disaster in Gansu Province

QI Yue¹, YANG Fulin¹, YAO Yubi¹, WANG Runyuan¹, FANG Shibo²

(1. Gansu Key Laboratory of Arid Climatic Change and Reducing Disaster/Key Laboratory of Arid Climatic Change and Disaster Reduction of CMA/Institute of Arid Meteorology, China Meteorological Administration, Lanzhou 730020, China; 2. Institute of Eco-environment and Agro-meteorology, Chinese Academy of Meteorological Sciences, Beijing 100081, China)

Abstract: The spring maize was seriously influenced by drought disaster in Northwest China. Based on the risk theory and risk assessment method, the spring maize acreage and total yield of 71 counties or cities in Gansu Province during 1980—2011 were analyzed to explore the risk level of fluctuation and yield reduction of spring maize production in Gansu Province under arid climatic conditions. Through the discrimination of normal distribution and the normalization of skewness distribution, we studied the variation of yield reduction rates of spring maize in different years in Northwest China and analyzed the spatial distribution pattern of spring maize production disaster risk in order to provide theoretical basis for disaster prevention and reduction. The results indicated that the risk areas of different degrees scattered on the whole and contiguous in a small area, among which the highest of rate yield occurred in Hexi Area, followed by Longzhong Area; high-risk areas mainly concentrated in the eastern part of Longdong, the higher-risk areas distributed in the most parts of central and eastern Guizhou; Hexi Area can effectively alleviate drought through irrigation, and has the lower risk. The results can provide the references for predicting the risk of yield loses, resisting drought disaster and decreasing economic loses.

Keywords: spring maize; drought; rate of yield reduction; risk probability; coefficient of variation

全球变暖已成为不争的事实。伴随着气候变暖和降水变异的加剧,极端天气出现的频次在增加,强度也在加大^[1-3]。干旱是最严重最为常见的自然灾害

之一,其发生频率高、持续时间长、影响范围大,给国民经济特别是农业生产造成巨大的损失。据统计,我国农业受旱面积 20 世纪 50 年代年均为 1 330 万

hm², 90 年代年均 0.243 亿 hm², 因旱损失粮食由年均 43.5 亿 kg 增加到 195.7 亿 kg, 给农业生产和人民生活带来严重影响^[4-5]。甘肃省地处西北内陆地区, 属温带大陆性气候。受地理因素影响, 海洋暖湿气流难以在该地形成降水^[6], 属于典型干旱半干旱区。由于干旱少雨导致农业产量低而不稳, 干旱已经成为制约当地农业生产的主要农业气象灾害之一, 并且近几十年全球变化使西北地区作物受干旱影响愈加严重^[6]。

玉米是中国四大粮食作物之一, 仅次于小麦。中国玉米种植面积和总产量仅次于美国, 居世界第二^[7-9]。中国现有的 0.93 亿 hm² 耕地中, 玉米面积约为 0.21 亿 hm², 占总耕地面积的 1/5^[10]。2017 年甘肃省玉米种植面积约 100 万 hm², 占全省粮食种植面积的 35%, 是甘肃省的主要粮食作物。在全球气候变化和干旱化趋势的背景下, 干旱对甘肃省玉米生产的影响越来越严重, 造成玉米大面积减产, 给农业生产带来巨大损失。

目前, 大部分气象灾害风险研究主要考虑 4 个要素, 即致灾因子风险分析、承灾体易损性、灾情损失评估以及防灾减灾能力等进行综合评价, 由于方法不同或权重不同, 并且没有考虑到农业系统的核心——作物的损失状况, 其评价结果差异较大^[11-21]。在以往的研究中, 多集中于某一县市的玉米风险进行研究, 或者对玉米的生态适应性、资源利用进行分析, 未见对甘肃省各县春玉米干旱灾害风险研究。本文根据风险理论, 采用风险评估技术和方法, 研究甘肃省 71 个市(县)不同年型、不同减产率下春玉米产量在干旱气候条件下的波动和减产的风险概率, 并对甘肃省春玉米干旱灾害风险进行区划。

1 数据与方法

1.1 数据来源

本文的所用资料来自于甘肃省农村统计年鉴, 包括 1980—2011 年甘肃省 71 个县(市)的春玉米种植面积和总产量资料; 少数地区的资料可能有个别时段 1~2 a 资料缺测, 统计时根据实际产量年数计算。根据蒲欣东等^[22]的划分方法, 将甘肃省划分为河西地区、陇中地区、陇南地区、陇东地区和甘南地区 5 个区域。

1.2 研究方法

1.2.1 作物气象产量分离 作物气象产量分离是目前研究气象因子与作物产量之间的关系最常用的研究方法。由于长时间序列的作物产量变化不仅与气象因子有关, 也与科技进步、物质投入、环境、政策等

有密切关系, 其中科技进步水平对粮食单产的影响力最大。因此, 一般将作物产量分解为趋势产量、气象产量和随机误差 3 部分^[23-24]。趋势产量可看作是反映某一历史时期某一生产区域生产力发展水平的长周期产量分量, 气象产量是以气象要素为主的短周期变化因子影响的产量分量。

$$Y = Y_t + Y_w + \varepsilon \quad (1)$$

式中: Y 为实际产量(t); Y_t 为趋势产量(t); Y_w 为气象产量(t); ε 为其他随机产量(t), 又被称为“随机噪声”, 可忽略不计。因此, 一般研究中将实际作物产量直接分解为趋势产量和气象产量。即:

$$Y = Y_t + Y_w \quad (2)$$

本研究采用直线滑动平均法对趋势产量进行模拟^[24]。将某一阶段内产量的时间序列的变化看作线性函数, 成一直线。随着阶段的前进和推移, 直线不断改变位置、后延滑动, 从而反映产量的历史演变趋势。依次求取各阶段的线性回归函数, 则经过某一时间点上各线性函数的均值, 即为该时间点的趋势产量值。设某阶段的线性趋势方程为:

$$Y_i(t) = a_i + b_i t \quad (3)$$

式中: 方程个数 $i = n + k + 1$; n 为样本序列个数; k 为时间步长, 为了消除短周期波动的影响, 滑动步长 k 取 11; t 为时间序号。本文选取 1980—2011 年的玉米单产资料, 因此, 共有 20 个趋势方程。计算每个方程在 t 点上的函数值 $Y_i(t)$, 这样每个 t 点上分别有 q 个函数值, q 的多少与 n 有关。当 $k \leq n/2$, 则 $q = 1, 2, 3, \dots, k, \dots, k, \dots, 3, 2, 1$; q 连续为 k 的个数等于 $n - 2(k - 1)$ 。当 $k > n/2$, 则 $q = 1, 2, 3, \dots, n - k + 1, \dots, n - k + 1, \dots, 3, 2, 1$; q 连续为 $n - k + 1$ 的个数等于 $2k - n$ 。本文单产序列共 32 a, 因此 1980—1989 年每个时间点 t 上的函数值个数 q 依次取 1, 2, ..., 10; 1990—2001 年这 12 a 每个时间点 t 上各有 11 个函数值, 即 $q = 11$; 2002—2010 年每点上 t 依次有 10, 9, ..., 1 个函数值。然后, 再求出每个 t 点上 q 个函数的均值:

$$\bar{Y}_j(t) = \frac{1}{q} \sum_{j=1}^q Y_j(t) \quad (4)$$

连接各点的 $\bar{Y}_j(t)$, 即可表示产量的历史演变趋势。求出趋势产量后, 由公式(2)得到气象产量:

$$Y_w = Y - Y_t \quad (5)$$

由气象产量(Y_w)和趋势产量(Y_t)的比值可得到相对气象产量, 见公式(6)。相对气象产量表明粮食波动的幅度, 不受时间和地域的限制, 具有可比性, 因此能较好地反映气象因子对产量的影响。

$$Y_r = \frac{Y_w}{Y_t} \times 100\% \quad (6)$$

式中: Y_r 为相对气象产量(%)。

当实际产量低于趋势产量时, 相对气象产量为负值, 称为减产率; 反之, 当实际产量高于趋势产量时, 相对气象产量为正值, 称为增产率。

1.2.2 相对气象产量正态分布型判别 相对气象产量与气象产量相比能更好地描述以气象要素为主的各种短期变动因子对产量序列的影响^[25-26]。因为相对气象产量消除了生产力水平的影响, 主要反映的是气象因子对产量的影响规律, 而由于气候因子一般具有正态分布的特点, 相对气象产量也应该具有正态分布的特征。为验证这一观点, 本文采用偏度—峰度检验法对所需研究资料进行正态检验^[24, 27]。峰度和偏度是研究未知曲线性质的基本手段。理论上, 正态分布的偏度:

$$C_s = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3}{\left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \right]^{\frac{3}{2}}} \quad (7)$$

正态分布的峰度:

$$C_e = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^4}{\left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \right]^2} - 3 \quad (8)$$

式中: x_i 为相对气象产量序列; \bar{x} 为 n 年相对气象产量序列的平均值。可以用偏度峰度检验的临界值作为统计判断的依据, 其判断准则为: 若 $|C_s| < C_{s(a,n)}$, $|C_e| < C_{e(a,n)}$ 则可认为总体为正态分布, 这里 $C_s(a,n)$ 和 $C_e(a,n)$ 分别为在显著性水平 α 、样本数为 n 条件里的偏度和峰度临界值, 可以在临界值表中(表 1)查到。

表 1 偏度—峰度检验临界值

样本数	12	15	20	25	30	35	40	45	50
偏度(0.01)	1.34	1.26	1.15	1.06	0.98	0.92	0.87	0.82	0.79
峰度(0.01)	2.20	2.32	2.36	2.30	2.21	2.03	2.02	1.94	1.88

经检验, 研究区域有 71 个县市, 其中 9 个县市的减产率未通过 $\alpha=0.01$ 水平的正态性检验, 通过检验的占总体的 88%, 表明甘肃省玉米减产率基本服从正态分布。对于不符合正态分布的个别站点数据进行偏态分布正态化处理^[26]。

1.2.3 灾害减产的风险评价指标 相对气象产量的负值主要是由于不利气象条件(灾害)所造成的减产^[27]。在诸多灾害中, 干旱是影响研究区最大的气象灾害, 是造成春玉米减产最严重的自然灾害。大范围的春玉米相对气象产量波动的负值(减产率)主要是以干旱为主的一些因素造成的。因此, 分析本研究区春玉米历年相对气象产量的波动, 减产率和减产风险概率在很大程度上可以反映干旱对春玉米产量影响的风险程度。

(1) 减产率指标。相对气象产量是一个相对值, 表明实际产量偏离趋势产量的波动幅值。实际单产低于当时趋势产量的百分率称为“减产率”, 高于趋势产量的百分率称为“增产率”。对于某一相对气象产量 $\{x_i\}$, 定义 $x_i = 0.0\%$ 为丰歉临界值, $x_i < 0.0\%$ 的年份为歉收年份; $x_i = -5.0\%$ 为成灾临界值, $x_i < -5.0\%$ 的年份为成灾年份^[22]。为了表示一个地区多年平均的干旱程度对产量的影响, 采用历年平均减产率指标 P 。

$$P = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (9)$$

式中: x_i , n 分别为不同年型对应的相对产量序列和年数。当 n 为歉收年份的年数时, 得到歉年平均减产

率; 当 n 为成灾年份时, 得到灾年平均减产率。

(2) 不同年型减产变异系数指标。变异系数表示减产的幅度偏离其平均值的程度, 是反映研究区春玉米产量是否稳定的指标^[25]。对于同样大小的平均减产率, 年际间减产率差别大和小, 其气象灾害的风险不同, 波动性大, 气象灾害的风险越大。减产年减产率的波动性, 称为减产率变异系数。

$$V = \frac{\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - P)^2}{(n-1)}}}{P} \quad (10)$$

式中: x_i 为减产率序列; P 为平均减产率; n 为对应 x_i 的所有减产年。

变异系数是均方差和数学期望的比值, 描述相对气象产量序列数值分散的程度如何, 是高度集中在某个范围内, 还是比较均匀地分散在整个变化范围内。某年型减产变异系数表明产量的分布状况, 系数大, 说明大丰收和大减产的年份多, 产量稳定性差。

(3) 风险概率指标。风险概率指标是指根据分布函数曲线计算的春玉米单产不同增产率和减产率出现的概率^[25]。正态分布函数为:

$$F(x) = \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^x \exp\left[-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}\right] dx \quad (11)$$

则随机变量 x 在区间 (x_1, x_2) 内发生的概率为:

$$P(x_1 \leq x \leq x_2) = \int_{x_1}^{x_2} f(x) dx \quad (12)$$

本文按歉年和灾年两种年型对各风险评价指标进行分析。其中, 歉年减产率为相对气象产量小于零, 即歉收年份的减产率平均值; 灾年减产率为相对

气象产量小于 5% (减产率大于 5%) 的成灾年份的减产率平均值^[28]。

将甘肃省 71 个县(市)的春玉米平均减产率按照减产率高低分为 5 个级别: 低值区(0~20%)、次低值区(20~30%)、中值区(30~40%)、次高值区(40~50%)、高值区($\geq 50\%$)。

1.2.4 综合风险区划方法 本文以甘肃省 71 个县(市)为样本, 选取每个县(市)歉年平均减产率、灾年减产率变异系数、年减产率 $\geq 10\%$ 的风险概率 3 个指标作为风险指标, 通过 K-平均聚类算法对甘肃省春玉米进行减产风险区划, 将其分为低、中、较高、高 4 类。

2 结果与分析

2.1 春玉米歉年平均减产率和变异系数分布规律

2.1.1 春玉米歉年平均减产率分布规律 从图 1 中可知, 春玉米歉年平均减产率在该区的分布有明显的区域性: 该区域以黄河为界, 河西地区高于其他地区, 大部分高值区和次高值区位于河西地区。该区域的北面高于南面; 其中河西地区的 12 个县、陇中地区的 24 个县、陇东地区的 9 个县、陇南地区的 7 个县、甘南地区的 1 个县属于低值区, 平均减产率在 5.8%~20% 的范围内; 而除河西地区的古浪县、金昌县和民勤县, 陇东地区的华池县和环县外, 陇中地区其他 9 个县属于次低值区, 平均减产率在 20%~30% 的范围内; 中值区主要有 3 个县, 全部位于陇中地区, 平均减产率在 30%~40% 的范围内; 次高值区有 5 个县, 其中河西地区 3 个, 平均减产率在 40%~50% 的范围内; 平均减产率 $> 50\%$ 的高值区有 9 个县, 除了陇中地区的定西市、渭源市和漳县, 陇东地区的静宁县, 其他大部分位于河西地区。

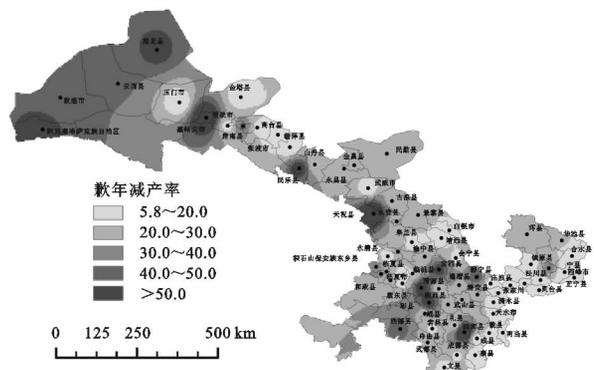


图 1 春玉米歉年平均减产率分布

2.1.2 春玉米歉年减产率的变异系数分布规律 变异系数的大小反映了该地区春玉米产量的稳定状况, 变异系数高表明该地区的玉米产量年际波动较大, 玉米生产容易受外界条件的影响^[24]。按变异系数的大小将其分成 3 个等级, 分别为低值区(≤ 0.89), 中值

区(≤ 1.26), 高值区(≤ 2.40)。

从图 2 可以看出, 变异系数的分布没有明显的区域性和连续性, 各个范围相间分布。高值区主要分布在甘肃省的中部地区, 包括河西地区的酒泉市、张掖市、武威市、民勤县、金昌县、永昌县; 陇中地区的皋兰县、临夏市、白银市、康乐县、和政县、临洮县、渭源县; 陇东地区的正宁县、静宁县; 陇南地区的徽县, 大部分位于河西地区和陇中地区。低值区的变异系数值在 0.89 以下, 主要分布在河西地区的阿克塞哈萨克族自治县、敦煌市、嘉峪关市、民乐县、肃北县; 陇中地区的定西市、广河县、会宁县、靖远县、张家川县、漳县、陇西县; 陇东地区的环县、泾川县、庄浪县; 陇南地区的西和县, 大部分位于河西地区和陇中地区。其他地区的变异系数为 0.89~1.26, 属于中值区。

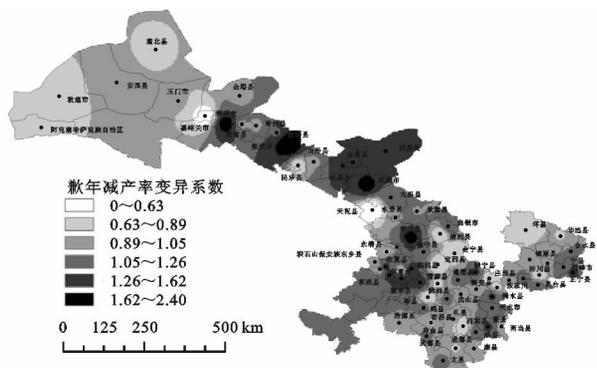


图 2 春玉米歉年减产率的变异系数分布

2.2 春玉米灾年平均减产率和变异系数的分布规律

2.2.1 春玉米灾年平均减产率分布规律 从图 3 中可见, 春玉米灾年平均减产率分布同样具有明显的区域性, 其分布特征与歉年平均减产率大体一致。以黄河为界, 河西地区高于其他地区, 大部分高值区和次高值区位于河西地区。该区域的南面高于北面; 其中河西地区的 5 个县、陇中地区 5 个县、陇南地区的 3 个县、陇东地区的 7 个县, 属于低值区, 平均减产率在 5.8%~20% 的范围内; 而河西地区的 4 个县、陇中地区 11 个县、陇东地区的 3 个县、陇南地区的 4 个县属于次低值区, 平均减产率在 20%~30% 的范围内; 中值区主要有 10 个县, 陇东地区环县、天水市、武山县、通渭县、永登县 5 个县, 河西地区张掖市、民勤县 2 个, 甘南地区的舟曲县以及陇中地区的临夏市和临夏县, 平均减产率在 30%~40% 的范围内; 次高值区有 8 个县, 其中河西地区 5 个, 平均减产率在 40%~50% 的范围内; 平均减产率 $> 50\%$ 的高值区有 11 个县, 大部分位于河西地区和陇中地区。

2.2.2 春玉米灾年平均减产率的变异系数分布规律 根据春玉米灾年平均减产率变异系数的大小将其分成 3 个等级, 分别为低值区(≤ 0.71), 中值区

(≤ 0.97), 高值区(≤ 1.67)。

从图 4 可以看出, 灾年平均减产率的变异系数的分布没有明显的规律性和区域性。高值区主要有白银市、皋兰县、古浪县、和政县、徽县、金昌县、静宁县、酒泉市、康乐县、临洮县、临夏市、民勤县、清水县、通渭县、渭源县、武威市、永昌县、榆中县和张掖市, 大部分位于河西地区东部和陇中地区。中值区的变异系数在 $0.71 \sim 0.97$, 主要有河西地区的安西县、山丹县、肃南县、敦煌市, 陇南地区的成县、崇信县、甘南地区的迭部县、舟曲县, 陇中地区的甘谷县、积石山保安族东乡县、兰州市、岷县、秦安县, 陇东地区的合水县、灵台县、宁县, 陇南地区的礼县、文县, 主要分布在变异系数高值区的周边。其他地区的变异系数分布在 0.71 以下, 属于低值区。歉年减产率变异系数高的地区大多是歉年平均减产率大的地区。说明甘肃中部地区虽然减产率较小, 但其产量波动的幅度要大于减产率大的地区。

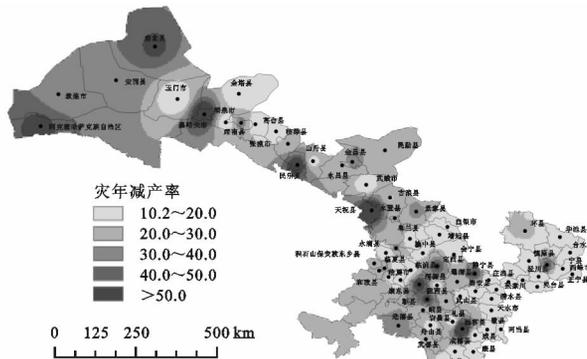


图 3 春玉米灾年平均减产率分布

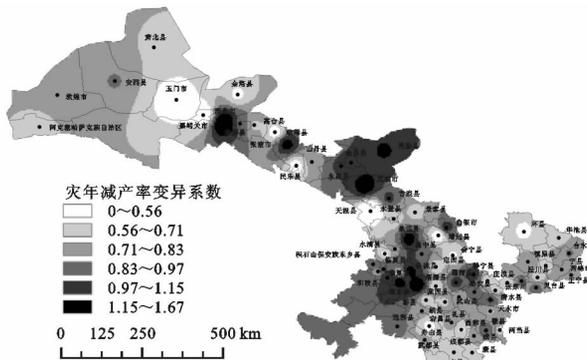


图 4 春玉米灾年减产率的变异系数分布

2.3 春玉米减产率 $\geq 5\%$ 的风险概率分布

减产率 $\geq 5\%$ 的风险概率是指偏离趋势产量负值的相对气象产量达到或者超过 5% 以上出现的概率^[24]。从图 5 中可以看出, 减产率 $\geq 5\%$ 的风险概率在本区分布具有明显的连续性和区域性。除河西地区的玉门市、金塔县、高台县、临泽县和武威市, 及陇东和陇南地区的东部边缘区外, 其他大部分地区属于

次高值区和高值区, 减产率 $\geq 5\%$ 的高风险区主要位于河西的大部分地区、陇中地区、甘南地区及陇东和陇南的中西部地区, 整体上看, 甘肃省的中西部地区减产率 $\geq 5\%$ 的风险高于东部边缘区域。

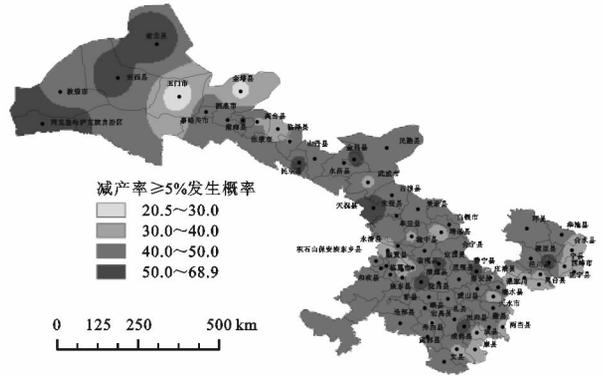


图 5 春玉米减产率 $\geq 5\%$ 的风险概率

2.4 春玉米减产率 $\geq 10\%$ 的风险概率分布

减产率 $\geq 10\%$ 的风险概率是指偏离趋势产量负值的相对气象产量达到或者超过 10% 以上出现的概率^[24]。由图 6 可见, 次高值区和高值区主要有河西地区的阿克塞哈萨克族自治县、敦煌市、安西县、古浪县、金昌县、民乐县、肃北县、嘉峪关市、肃南县, 陇中地区的渭源县、景泰县、临夏市(县)、渭源县、漳县、张家川县, 陇东地区的环县、静宁县、西峰市, 陇南地区的西和县, 大部分位于河西和陇中地区; 低值区和次低值区主要有河西地区的金塔县、临泽县、武威市、玉门市, 陇南地区的成县、康县、两当县、武都县、陇东地区的广河县, 陇东地区的崇信县、合水县、华亭县、泾川县、灵台县、宁县、正宁县、庄浪县, 陇中地区的清水县、永靖县、靖远县, 大部分位于陇东地区; 其他地区属于中值区。整体来看, 甘肃中西部地区减产率 $\geq 10\%$ 的风险概率高于东部地区。

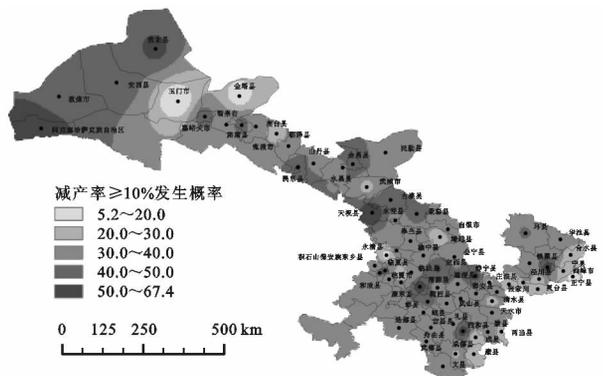


图 6 春玉米减产率 $\geq 10\%$ 的风险概率

2.5 春玉米减产率 $\geq 15\%$ 的风险概率分布

减产率 $\geq 15\%$ 的风险概率是指偏离趋势产量负值的相对气象产量达到或者超过 15% 以上出现的概率^[24]。从图 7 中可以看出, 减产率 $\geq 15\%$ 的风险概

率整体偏低,大部分地区属于低值区和中值区。高值区和次高值区分布在河西地区的阿克塞哈萨克族自治县、安西县、古浪县、嘉峪关市、金昌县、肃北县、肃南县、民乐县,陇中地区的景泰县、漳县,陇东地区的静宁县、渭源县、西峰市,陇南地区的西和县;其他地区主要以中低值区为主。整体来看,河西地区减产率 $\geq 15\%$ 高于其他地区。

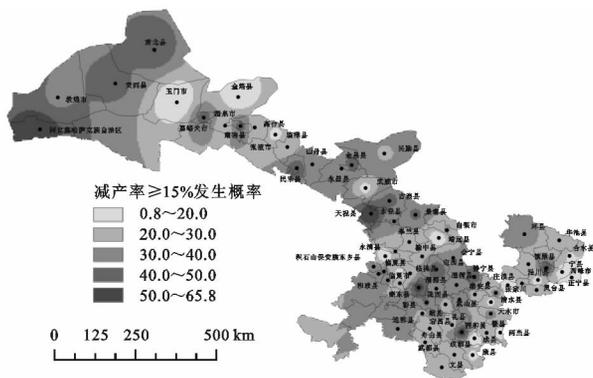


图 7 春玉米减产率 $\geq 15\%$ 的风险概率

2.6 春玉米产量灾害风险区划

从图 8 可以看出,甘肃省春玉米单产减产风险区呈整体分散,小范围聚集连片的特点。较高风险区域较多,分布在 37 个县(市),其次为高风险区域,中风险区域分布最少。甘肃省东部和河西地区中部为春玉米减产高风险区,陇中、陇东大部分地区为春玉米减产较高风险区,而中、低风险区主要分布在河西地区的西部和南部、陇中地区的东部。

甘肃省春玉米种植模式主要是春种秋收,影响春玉米生长发育的主要气象灾害包括苗期的霜冻害,生长中后期的干旱(主要为夏、秋旱)。春玉米生长的中后期需水量较大,占全生育期的 50% 以上,此时遇到干旱的发生,使春玉米光合作用降低,产量明显下降。甘肃省中西部河西地区属于灌溉农业,虽然各类减产率均属于高风险区,但是可通过灌溉缓解干旱对春玉米生长发育的影响。甘肃省其他地区属于雨养农业,干旱是导致该地区减产的主要因素。

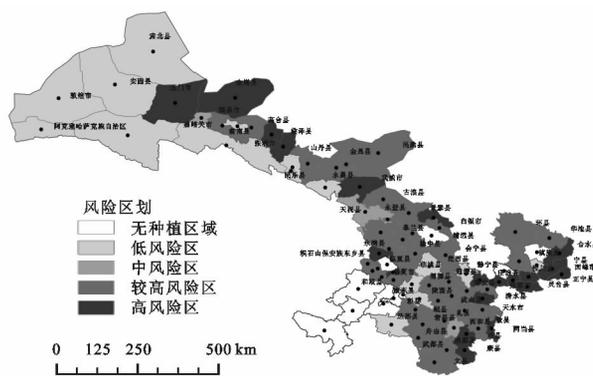


图 8 春玉米产量灾害风险区划

3 讨论

以往的研究大多考虑风险研究的 4 个要素即灾因子风险分析、承灾体易损性、灾情损失评估以及防灾减灾能力等进行综合评价,由于权重的不同,并且没有考虑到农业系统核心——作物灾损状况,其评价结果差异较大。基于以风险理论为基础,采用风险评估技术方法,运用甘肃省各县的春玉米实际的产量资料对春玉米干旱风险进行区划,避免权重的影响,使得评价结果更符合实际。

本文采用实际产量偏离趋势产量负值的百分比主要是由于受气象条件影响造成的春玉米产量,干旱是甘肃省春玉米受到的最普遍最严重的自然灾害,该地区春玉米历年灾年减产率基本上是干旱造成的。河西地区为典型的干旱区,中部地区为春玉米减产的高风险区,变异系数也较大,但是河西地区的西部和南部属于低风险区域,由于河西地区属于灌溉农业,干旱发生时降水减少,通过灌溉来缓解干旱导致的减产,使其干旱风险降低,这与白月明^[6]、姚小英^[29]等的结果相一致。陇中地区是典型的半干旱区,以雨养农业为主,干旱直接导致作物减产,与上述的结果相一致。本文只是对甘肃省春玉米干旱风险做了一个尝试下的探讨,还需要进行深入的分析,根据不同的趋势产量分析法进一步进行风险区划分析。

4 结论

(1) 春玉米歉年和灾年的平均减产率分布均具有明显的区域性,大致以黄河为界,河西地区高于其他地区。大部分的高值区和次高值区位于河西地区;中值区位于陇中地区;低值区和次低值区大部分位于陇中、陇东和河西地区。整体是北面高南面低。

(2) 春玉米单产的歉年和灾年减产率的变异系数分布没有明显的区域性和连续性,高值区和低值区主要分布在河西和陇中地区,说明河西地区和陇中地区的年平均减产率波动较大,春玉米容易受到干旱的影响。

(3) 减产率 $\geq 5\%$ 的风险概率均具有明显的连续性和区域性,高风险区主要分布在甘肃省的中西部地区;减产率 $\geq 10\%$ 的高风险区主要分布在河西和陇中地区,主要位于甘肃省的中西部地区;减产率 $\geq 15\%$ 的风险概率整体偏低,大部分地区属于低值区和中值区,高值区、次高值区主要分布在河西地区。

(4) 甘肃省春玉米减产风险区呈整体分散,小范围聚集连片的特征。河西地区的玉门市、金塔县、临

泽县、张掖市、武威市,陇中地区的靖远县、永靖县以及陇东地区的东部各县春玉米减产属于高风险区,陇中、陇东大部分地区为春玉米减产较高风险区,其他县市为中、低风险区。

参考文献:

- [1] Cramer W, Yohe G, Al E, et al. Detection and attribution of observed impacts: Climate change 2014[J]. *Development & Change*, 2014, 6(2): 13-36.
- [2] 周广胜,何奇瑾,汲玉河. 适应气候变化的国际行动和农业措施研究进展[J]. *应用气象学报*, 2016, 27(5): 527-533.
- [3] Tao F, Yokozawa M, Xu Y, et al. Climate changes and trends in phenology and yields of field crops in China, 1981—2000[J]. *Agricultural and Forest Meteorology*, 2006, 138(1/4): 82-92.
- [4] 张强,陈丽华,王润元,等. 气候变化与西北地区粮食和食品安全[J]. *干旱气象*, 2012, 30(4): 509-513.
- [5] 程静. 农业旱灾脆弱性及其风险管理研究[D]. 武汉:华中农业大学, 2011.
- [6] 白月明,刘玲,王瑜莎. 气候变化背景下中国西北地区作物干旱灾损评估技术:以甘肃省春玉米为例[J]. *科技导报*, 2012, 30(19): 28-33.
- [7] 路立平,赵化春,赵娜,等. 世界玉米产业现状及发展前景[J]. *玉米科学*, 2006, 14(5): 149-151, 156.
- [8] 李明. 世界玉米生产回顾和展望[J]. *玉米科学*, 2010, 18(3): 165-169.
- [9] 高晓容. 东北地区玉米主要气象灾害风险评估研究[D]. 南京:南京信息工程大学, 2012.
- [10] 单琨. 玉米干旱风险分析:以辽宁省为例[D]. 北京:中国农业科学院, 2010.
- [11] 田宏伟,李树岩. 河南省夏玉米干旱综合风险精细化区划[J]. *干旱气象*, 2016, 34(5): 852-859.
- [12] 王莺,张强,韩兰英. 基于信息扩散理论的中国南方水旱灾害风险特征[J]. *干旱气象*, 2016, 34(6): 919-926.
- [13] 李帅,王晾晾,陈莉,等. 黑龙江省玉米低温冷害风险综合评估模型研究[J]. *自然资源学报*, 2013, 28(4): 635-643.
- [14] 李晓,何鹏,林正雨,等. 农业干旱灾害风险评估与风险区划研究:以川南地区为例[J]. *农业技术经济*, 2014(9): 116-121.
- [15] 张星,张春桂,吴菊蕪. 农业气象灾害综合评价中权重确定方法的研究[J]. *中国农学通报*, 2008, 24(11): 448-452.
- [16] 张继权,严登华,王春乙,等. 辽西北地区农业干旱灾害风险评估与风险区划研究[J]. *防灾减灾工程学报*, 2012, 32(3): 300-306.
- [17] 李军玲,张弘,曹淑超. 基于GIS的河南省冬小麦晚霜冻风险评估与区划[J]. *干旱气象*, 2015, 33(1): 45-51.
- [18] 乌兰,王海梅,刘昊. 内蒙古牧区干旱灾害风险分布特征及区划[J]. *干旱气象*, 2017, 35(6): 1070-1076.
- [19] 李丹,李云鹏,刘朋涛. 内蒙古近30 a气象灾害时空变化特征[J]. *干旱气象*, 2016, 34(4): 663-669.
- [20] 徐磊,张峭. 中国农业巨灾风险评估方法研究[J]. *中国农业科学*, 2011, 44(9): 1945-1952.
- [21] 霍治国,李世奎,王素艳,等. 主要农业气象灾害风险评估技术及其应用研究[J]. *自然资源学报*, 2003, 18(6): 692-703.
- [22] 蒲欣冬,蔺雪芹. 区域经济差异变动的研究方法在城市经济区划分中的应用:以甘肃省为例[J]. *城市发展研究*, 2009, 16(4): 164-167.
- [23] 房世波. 分离趋势产量和气候产量的方法探讨[J]. *自然灾害学报*, 2011, 20(6): 13-18.
- [24] 薛昌颖,霍治国,李世奎,等. 华北北部冬小麦干旱和产量灾损的风险评估[J]. *自然灾害学报*, 2003, 12(1): 131-139.
- [25] 李世奎,霍治国,王道龙,等. 中国农业灾害风险评估与对策[M]. 北京:气象出版社, 1999.
- [26] 秦建侯,邓勃,王小芹. 分析测试数据统计处理中计算机的应用[M]. 北京:化学工业出版社, 1990.
- [27] 邵晓梅,刘劲松,许月卿. 河北省旱涝指标的确定及其时空分布特征研究[J]. *自然灾害学报*, 2001, 10(4): 133-136.
- [28] 陈家金,张春桂,王加义,等. 福建省粮食产量气象灾害风险评估[J]. *中国农学通报*, 2009, 25(10): 277-281.
- [29] 姚小英,吴丽,田广旭,等. 甘肃旱作区玉米近40年干旱影响评估[J]. *干旱区资源与环境*, 2015, 29(5): 192-196.