

# 陇南山区干旱气候特征及其对农业生产的影响与灾害风险区划

肖志强<sup>1</sup>, 赵彦锋<sup>2</sup>, 吴巧娟<sup>1</sup>

(1. 甘肃省陇南市气象局, 甘肃 陇南 746000; 2. 上海市宝山区气象局, 上海 201901)

**摘要:** 根据气象干旱等级标准(GB/T20481-2006), 统计分析陇南市 8 县 1 区九个气象站 1971—2010 年年平均各类干旱频率得出: 近 40 年陇南市平均出现干旱的年频率为 60.3%, 其中, 春旱 39.3%, 夏初旱 20.5%, 伏旱 38.5%, 秋旱 35.3%。利用各站经度、纬度、海拔高度与各站平均干旱年频率建立多元线性回归方程, 计算陇南市各地平均干旱年频率, 结合各地人口、GDP、耕地比等资料, 利用 ArcGIS 软件, 得到干旱灾害危险性图层, 再同承灾体易损性评价、灾害的孕灾背景进行叠加、合并以及等级划分操作, 最后得到干旱灾害的风险评估及其区划, 结果表明: 陇南市白龙江、白水江流域低海拔区干热河谷和徽成盆地及文县东南部干旱危险性等级最高, 干旱年频率大于 60.0%, 由此向北向高干旱危险性等级递减, 武都区的池坝乡、马营乡高海拔区和宕昌西北部及文县西北部高海拔区干旱危险性等级最低, 干旱年频率小于 50.0%。徽县、成县、两当中部及西和北部以及武都、文县境内的白龙江、白水江流域低海拔区为干旱高风险区; 宕昌与武都池坝乡、马营乡高海拔区和文县西北部高海拔区为干旱低风险区。

**关键词:** 陇南山区; 干旱; 气候特征; 灾害风险区划

**中图分类号:** S162 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-7601(2014)01-0240-06

## The drought climatic characteristics in Longnan mountainous areas and its impact on agricultural production and zonation for disaster risk

XIAO Zhi-qiang<sup>1</sup>, ZHAO Yan-feng<sup>2</sup>, WU Qiao-juan<sup>1</sup>

(1. Meteorological Bureau of Longnan City, Longnan, Gansu 746000, China;

2. Baoshan District Meteorological Bureau, Shanghai 201901, China)

**Abstract:** According to the rating standard of meteorological drought (GB/T20481-2006), through statistical analysis for the yearly average drought frequency from 1971 to 2010 of nine meteorological stations in Longnan City as covering 8 counties and 1 district, have obtained the conclusions as follows: The average drought occurred yearly frequency was 60.3% in the last 40 years. Among them, the spring drought was 39.3%, the early summer drought was 20.5% and late summer drought was 38.5%, the autumn drought was 35.3%. By using the longitude, latitude, altitude and the yearly mean drought frequency of the nine stations, has established the multivariate linear regression equation, to calculated the average annual drought frequency of each region in Longnan City, then combined with the information such as population, GDP and the cultivated land ratio and so on, using the ARCGIS software to obtain the drought disaster danger map layer. Then added and combined the evaluation of disaster easy damage, the background of disasters and compartmentalizing the grade. In the last, has obtained the risk evaluation for the drought disaster. The results showed that: The dangerous grade of drought was highest in the dry-hot valley with lower altitude areas of Bailong River and Baishui River in Longnan City and the Huicheng Basin, and southeast of Wen County, the yearly drought frequency was higher than 60%. From here to the north, the high dangerous grade of drought declined, the lowest risk grade of drought were at the Chiba Town of Wudu, the higher altitude region in Maying Town, the northwest of Tanchang County and the northwest

收稿日期: 2013-03-08

基金项目: 甘肃省气象局项目(2013-20)“陇南山区特色农业气象灾害风险区划与气候区划研究”

作者简介: 肖志强(1960—), 男, 甘肃武都人, 高级工程师, 主要从事气候分析预测、农业气象业务服务及研究工作。E-mail: Lnxzq@126.com。

part with high altitude in Wen County, where the average annual drought frequency was lower than 50%. The risk of drought was high in Hui County, Cheng County, the central and northwest of Liangdang County, the Bailong River and Baishui River Basin in Wudu and Wen County; the risk of drought was low in Tanchang County, Chiba Town and Maying Town in Wudu, and the northwest of Wen County.

**Keywords:** Longnan mountainous area; drought; climate characteristics, zonation for disaster risk

陇南山区既能生产粮食,又是纹党、当归、红芪、油橄榄、茶叶、大红袍花椒、核桃、银杏等名贵药材和稀有树种的理想适生区。其中,白龙江沿岸是专家公认的全国油橄榄最佳适生区,现有油橄榄 1.3333 万  $\text{hm}^2$ ,是中国油橄榄栽培种植示范重点区域之一。同时,陇南市又是“中国花椒之乡”和“中国核桃之乡”,现有花椒 11.339 万  $\text{hm}^2$ ,仅武都区就有花椒 6.67 万  $\text{hm}^2$ ,种植面积和产量均居全国第一,现有核桃 22.2111 万  $\text{hm}^2$ ,约占全国核桃种植面积的四分之一,是我国核桃主产区。但是,长期以来,从春季到秋季作物主要生长期,由于降水量的波动变化引起的春旱、夏初旱、伏旱、秋旱频繁发生,对作物产量和品质常常造成不可挽回的损失。过去,虽然人们对陇南山区干旱的发生规律及危害特点进行过一定的研究<sup>[1-4]</sup>,而基于 GIS 技术进行干旱灾害风险评估及其区划却少见报道。GIS 即地理信息系统(Geographic Information System)作为获取、存储、分析和处理地理空间数据的重要工具和技术,近年来得到了广泛关注和迅猛发展,其在天气预报、气候区划、气象灾害评估等领域已表现出良好的应用前景<sup>[5-6]</sup>。在所有的 GIS 软件中,ArcGIS 作为美国环境系统研究所(ESRI)开发的新一代地理信息软件,在 2010 年,ESRI 推出 ArcGIS10.0,其强大的绘图功能、数据管理、空间分析、空间统计,以及 ArcGIS10.0 上的 3D 建模、编辑和分析能力,使得 ArcGIS 成为世界上使用最多的 GIS 软件之一。因此,本文分析了陇南山区近 40 年来干旱灾害发生变化规律,通过对致灾因子危险性、孕灾环境敏感性、承灾体易损性、防灾减灾能力等多因子综合分析,利用 ArcGIS10.0 软件中的工具对相关因子进行栅格图层计算、分割操作等制作出陇南山区干旱风险区划,它对指导陇南山区科学规划、周密部署旱作农业布局,进一步提高防旱抗旱能力,减少旱灾损失,确保农业增产、农民增收,提高农民种植积极性,提供了科学依据。

## 1 研究区域概况

陇南山区位于甘肃省东南部,西靠甘南高原,北向陇中黄土高原过渡,南接四川盆地,东与陕西秦岭和汉中盆地连接。全市地势西北高,东南低。境内

高山、深谷、丘陵、盆地依次分布,错落相间,最高点雄黄山,海拔 4 187 m,最低点罐子沟,海拔 550 m,亦为甘肃省海拔最低点,由于受山地地形及大气环流和太阳辐射的影响,气候差异悬殊,地域性立体小气候特点十分明显,根据地形、地貌、地理位置、气候特点及作物布局和多年研究成果,大体上可将全市划分三片<sup>[1-4]</sup>,一是白龙江流域片,包括文县、武都及宕昌县下半部,该片白龙江、白水江沿岸海拔低于 1 300 m 的川坝浅山河谷区,年平均气温 15.0℃左右,年降雨量 440~470 mm,全年无霜期达 280 d 左右,具有亚热带的气候特征,最冷的 1 月平均气温 3.7℃~4.2℃,因此,冬季温暖的气候条件使该地成为各类作物病虫害越冬的有利区域<sup>[7-12]</sup>。该区域虽然干旱,但降水量正常年份,由于受白龙江、白水江充足水源的依托,多数地方灌溉条件较好,农作物一年两熟,是陇南山区特色经济林果和冬季蔬菜的主产区。但是,该地海拔 1 300~1 800 m 之间的半山干旱区,是分布较广,居住人口较多,相对耕地面积最大的区域,年平均气温 10.0℃左右,年降水量在 400~530 mm,无霜期 200 d 左右,气候温暖,灌溉条件差,光山秃岭,水土流失严重,是该片受干旱影响最大的区域<sup>[1-4]</sup>。而该片区地处海拔 1 800 m 以上的高寒阴湿山区,年平均气温 5.0℃左右,年降水 450~720 mm,无霜期 150 d 左右,这类区域气候阴冷,秋雨连绵,冬季严寒,常常冰雪封存,农作物一年一熟,春季易冻,夏季易雹,秋季易涝,是受干旱影响最小的区域,但是,该区域夏季阴凉湿润的气候条件却成为小麦条锈病等作物病虫害越夏的理想场所<sup>[7-8,12]</sup>,因此,陇南山区是全国小麦条锈病发病源地之一。二是徽成盆地片,包括徽县、成县、两当和康县,该片海拔大部分在 2 000 m 以下,作物大部分种植在海拔 1 600 m 以下区域,土地肥沃,耕地面积广,是陇南市粮食主产区,该区域年平均气温 12.0℃左右,年降水量在 600~700 mm 之间,无霜期 200 d 左右,气候温暖,但是少雨干旱年份,由于灌溉条件差,是陇南市受旱灾威胁最大的区域<sup>[1-4]</sup>。三是西汉水流域片,包括西和县、礼县及宕昌县北部,该片海拔大部分在 1 800 m 以上,作物大部分种植在海拔 1 600 m 以上区域,是陇南市粮食重要产区和中

药材主产区, 该片年平均气温  $10.0^{\circ}\text{C}$  左右, 年降水量  $470 \sim 570 \text{ mm}$ , 无霜期  $200 \text{ d}$  左右, 气候温凉, 少雨干旱年份, 除西汉水流域川坝浅山河谷区受干旱影响较大之外, 其余大部分地方受旱灾影响相对较小<sup>[1-4]</sup>。

## 2 资料来源与研究方法

### 2.1 资料来源

本文所用 1971—2010 年干旱资料由陇南市 8 县 1 区九个气象站提供, 按照《地面气象观测规范》<sup>[13]</sup>要求的方法测定, 人口、GDP、耕地比等资料来源于陇南市统计局 2011 年年鉴。由于各乡镇气象站点稀少, 因此, 本文所用各乡镇平均干旱年频率资料为陇南市 8 县 1 区九个气象站 1971—2010 年平均干旱年频率资料, 利用各站经度、纬度、海拔高度与平均干旱年频率建立多元线性回归方程计算而得, 并以此进行统计分析, 其平均干旱年频率方程如下:

$$Y = 0.2887 + 0.0036X_1 + 0.0046X_2 - 0.0002X_3$$

$$(u = 0.02372, Q = 0.01559, F = 15.71978 > F_{(0.01, 3, 5)} = 12.1, R = 0.77677)$$

式中,  $Y$  为平均干旱年频率;  $X_1$  为经度;  $X_2$  为纬度;  $X_3$  为海拔高度。

### 2.2 研究方法

2.2.1 气象干旱等级标准 气象干旱等级根据国标(GB/T20481-2006)规定的标准和方法统计<sup>[14]</sup>, 具体是用降水距平百分率( $P_a$ )划分气象干旱等级。降水距平百分率是表征某时段降水量较常年值偏多或偏少的指标之一, 最能直观反映降水异常引起的干旱, 特别是农业干旱, 首先是由气象干旱引起的, 因此, 气象干旱等级在气象日常业务中多用于评估月、季、年发生的干旱事件。降水距平百分率等级适合于半湿润、半干旱地区平均气温高于  $10^{\circ}\text{C}$  的时段<sup>[14]</sup>。某时段降水距平百分率按照式(1)计算:

$$P_a = (P - \bar{P}) / \bar{P} \times 100\% \quad (1)$$

式中,  $P$  为某时段降水量(mm);  $\bar{P}$  为计算时段同期气候平均降水量(mm), 按照式(2)计算:

$$\bar{P} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n P_i \quad (2)$$

式中,  $n$  为  $1 \sim 30$  年,  $i = 1, 2, \dots, n$ 。本文  $\bar{P}$  为 1981—2010 年 30 年平均降水量, 根据陇南山区农业生产实际, 定义四类干旱分别是: 春旱时段为 4—5 月、夏初旱时段为 6 月、伏旱时段为 7—8 月、秋旱时段为 9—10 月, 陇南市 8 县 1 区九个气象站 4—10 月平均气温均高于  $10^{\circ}\text{C}$ , 符合使用气象干旱等级

(GB/T20481-2006)规定要求<sup>[14]</sup>, 本文使用月尺度降水距平百分率划分气象干旱等级的标准, 即月降水距平百分率  $P_a > -40\%$  为无旱,  $-60\% < P_a \leq -40\%$  为轻旱,  $-80\% < P_a \leq -60\%$  为中旱,  $-95\% < P_a \leq -80\%$  为重旱,  $P_a \leq -95\%$  为特旱, 为了客观地反应陇南年际干旱对农业生产影响的实际情况, 经过反复研究陇南历史年际干旱对农业生产影响的实际资料, 我们规定若某类  $P_a$  达到轻旱以上标准者, 统计为某年出现某类干旱, 若某年某类干旱达中旱及以上或有两类以上干旱达轻旱时, 统计为一个干旱年。以此统计分析年际干旱年频数、频率, 能很好地反应陇南年际干旱对农业生产影响的实际情况(见表 1), 因此, 本文以此标准统计分析年际干旱年频数、频率。

2.2.2 风险评估方法与模型的建立 开展陇南市干旱灾害风险区划, 是在对陇南市气象灾害进行调查、统计和分析的基础上, 通过对致灾因子危险性、孕灾环境敏感性、承灾体易损性、防灾减灾能力等多因子综合分析, 构建气象灾害风险评价的框架、指标体系、方法与模型<sup>[15-18]</sup>, 对气象灾害风险程度进行评价和等级划分, 采用风险指数法、层次分析法、加权综合评分法等数量化方法, 借助 GIS 绘制相应的风险区划图系, 分为气象灾害高风险区、次高风险区、中等风险区、次低风险区和低风险区 5 级。为了消除各要素的量纲差异造成的影响, 首先对各要素进行了无量纲化处理, 同时利用各要素值和经纬度、海拔之间的残差分析, 对回归方程的可靠性以及数据的变化趋势进行检验, 而对于空间差值则主要利用了克里金内插法(Kriging), 克里金内插法主要利用区域内的测量数据和变异函数的结构特点, 对区域内的变量进行插值, 其考虑了数据的空间自相关性, 更符合空间数据的特点<sup>[19]</sup>。对评价指标权重系数的计算应用了层次分析法(AHP), 层次分析法可以将人的主观判断的定性分析进行定量化, 可按评估因素和各因素间的相互关系把参与评估的指标进行分层, 建立一种分析结构, 使指标体系条理化, 从而达到评估的目的, 在实际工作中有着广泛的应用<sup>[20-21]</sup>。同样, 专家打分法在难以采用技术方法进行定量分析影响因素的灾害评估和评价等方面的研究也有着重要的作用<sup>[19, 22]</sup>。在 ArcGIS 作图中还利用了自然断点法, 自然断点是用统计公式来确定属性值的自然聚类, 是减少同一级中的差异, 增大级间差异的方法<sup>[23]</sup>, 另外, 还利用了反向无量纲化和栅格图层计算等, 最后得到干旱风险区划图。

表 1 陇南市各县(区)1971—2010 年各类干旱频数、频率统计

Table 1 The drought frequency for each county in Longnan City from 1971 to 2010

干旱类型 Type of drought	礼县 Lixian	宕昌 Tanchang	西和 Xihe	两当 Liang-dang	康县 Kangxian	成县 Cheng-xian	徽县 Huixian	文县 Wenxian	武都 Wudu	合计 Total	平均 Average	所占比例 Percentage /%	全市各类干旱 平均年频率 Annual average frequency of all kinds of drought /%
春旱 Spring drought	轻旱 Light	9	13	7	10	7	6	5	9	6	72	8.0	51.0
	中旱 Medium	5	3	9	8	5	5	9	7	10	61	6.8	43.3
	重旱 Heavy	4	0	0	0	0	2	1	1	0	8	0.9	5.7
	合计 Total	18	16	16	18	12	13	15	17	16	141	15.7	100.0
夏初旱 Early summer drought	轻旱 Light	4	4	6	5	6	4	5	7	6	47	5.2	63.4
	中旱 Medium	4	3	3	2	1	4	2	1	2	22	2.4	29.3
	重旱 Heavy	0	0	0	1	2	0	2	0	0	5	0.6	7.3
	合计 Total	8	7	9	8	9	8	9	8	8	74	8.2	100.0
伏旱 Summer drought	轻旱 Light	7	10	11	9	13	9	10	7	7	83	9.2	59.7
	中旱 Medium	6	2	4	5	5	5	6	6	6	45	5.0	32.5
	重旱 Heavy	2	1	1	3	0	2	1	0	1	11	1.2	7.8
	合计 Total	15	13	16	17	18	16	17	13	14	139	15.4	100.0
秋旱 Autumn drought	轻旱 Light	14	11	8	9	9	12	13	9	6	91	10.1	71.6
	中旱 Medium	3	1	5	6	4	4	2	4	5	34	3.8	27.0
	重旱 Heavy	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2	0.2	1.4
	合计 Total	17	12	13	15	13	16	15	15	11	127	14.1	100.0
四旱频数合计 The total frequency of all	58	48	54	58	52	53	56	53	49	481	53.4	—	—
干旱年频数 Annual times of drought	26	18	22	27	24	24	25	27	24	217	24.1	—	—
干旱年频率/% Annual average frequency of drought	65.0	45.0	55.0	67.5	60.0	60.0	62.5	67.5	60.0	—	60.3	—	—

致灾因子危险性指气象灾害异常程度,一般致灾因子强度越大,频次越高,气象灾害的风险也越大。孕灾环境敏感性指受到气象灾害威胁的所在地区外部环境对灾害或损害的敏感程度,敏感程度越高,气象灾害的风险也越大。承灾体易损性指可能受到气象灾害威胁的所有人员和财产的伤害或损失程度,一个地区人口和财产越集中,气象灾害风险越大。利用 GIS 技术将人口、GDP、耕地比数据空间化,采用 1000 m × 1000 m 网格,根据陇南山区实际情况,确定出干旱气象灾害的易损性因子权重系数为:人口占 0.2,GDP 占 0.2,耕地比占 0.6。防灾减灾能力:受灾区对气象灾害的抵御和恢复程度,防灾减灾能力越高,气象灾害风险越小。

参照有关文献成果<sup>[15-18]</sup>,建立灾害风险指数评估模型如下:

$$DRI = (H^{Wh})(E^{We})(V^{Wv})(R^{Wr})[0.1(1-a)R + a]$$

$$H = \sum W_{hk}X_{hk}、E = \sum W_{ek}X_{ek}、V = \sum W_{vk}X_{vk}、$$

$$R = \sum W_{rk}X_{rk}$$

其中,*DRI* 是灾害风险指数;*H*、*E*、*V*、*R* 分别表示致灾因子危险性、孕灾环境敏感性、承灾体易损性和防灾减灾能力因子指数;*W<sub>H</sub>*、*W<sub>E</sub>*、*W<sub>V</sub>*、*W<sub>R</sub>* 表示相应的权重,在本区划中通过专家打分,并根据陇南市气象灾害实际情况,分别赋值 0.5、0.2、0.2、0.1;*X<sub>k</sub>* 是指标 *k* 量化后的值;*W<sub>k</sub>* 为指标 *K* 的权重,表示各指标对形成气象灾害风险的主要因子的相对重要性;*a* 为常数,用来描述防灾减灾能力对于减少总的 *DRI* 所起的作用,考虑陇南市的实际情况,取值 0.5。

### 3 干旱时空演变气候特征及其对农业生产影响的风险辨识

从表 1 可以看出:1971—2010 年全市平均出现各类干旱共 53.4 次,平均干旱年频数为 24.1 年,平均干旱年频率为 60.3%,大体上符合当地人们常说的三年两头旱的气候特征,全市各类干旱平均每年发生频率分别是:春旱 39.3%,其中,重旱占 5.7%,中旱占 43.3%,轻旱占 51.0%;夏初旱 20.5%,其

中,重旱占 7.3%,中旱占 29.3%,轻旱占 63.4%;伏旱 38.5%,其中,重旱占 7.8%,中旱占 32.5%,轻旱占 59.7%;秋旱 35.3%,其中,重旱占 1.4%,中旱占 27.0%,轻旱占 71.6%。由此可见,陇南山区春旱出现频率最大,该时段正值陇南春耕春播和半山川坝冬小麦处于拔节—抽穗—灌浆—成熟以及特色经济林果开花、坐果生长的关键生长期,若出现春旱,会促使小麦“逼熟”,影响产量<sup>[1]</sup>,也会使特色经济林果生长不良而影响后期正常生长,并且,影响到春耕春播的正常开展。其次是伏旱出现频率大,该时段正值陇南大秋作物和特色经济林果处于最旺盛的生长阶段,该时段气温最高,作物需水量最大,是大秋作物需水关键时期,若少雨干旱,不但会直接影响到大秋作物和特色经济林果的产量与品质,而且由于过度失墒,深层土壤得不到补充,对入秋后冬小麦的播种、出苗生长十分不利<sup>[4]</sup>。再其次是秋旱出现频率大,该时段正值陇南大秋作物和特色经济林果处于成熟、收获和冬小麦处于播种、出苗关键期,秋雨过少,会严重影响到冬小麦的播种出苗,俗语“伏秋的雨,隔年的墒,麦收隔年墒”就说明了伏秋雨水对冬小麦生产的重要补偿作用<sup>[2]</sup>。夏初旱出现频率最小,该时段正值陇南冬小麦由南向北、由低到高进入抽穗、灌浆、成熟、收割、碾晒期,又是大秋作物玉米播种、出苗、拔节、抽雄关键生长期,若遇有高温干旱,不但会“逼熟”小麦影响产量,也会给抽雄、灌浆期玉米造成“卡脖子旱”<sup>[3]</sup>。

## 4 干旱灾害风险区划

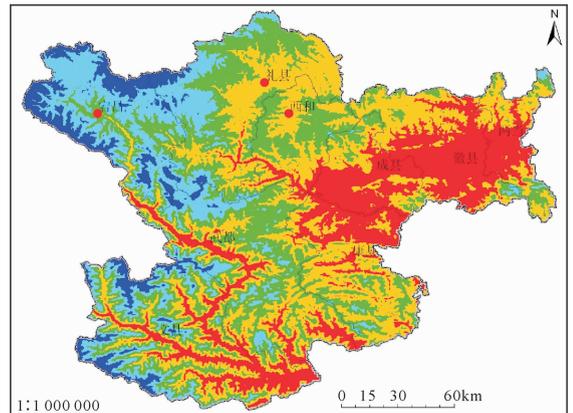
### 4.1 干旱危险性等级分布

利用 ArcGIS 软件和陇南市 8 县 1 区气象站及周边气象站历年的降水资料,根据气象干旱等级标准(GB/T20481 - 2006)<sup>[14]</sup>,计算降水距平百分率作为干旱指标,统计干旱年频率,将陇南市干旱危险性等级分为高、次高、中、次低和低 5 级(图 1)。由图 1 可见,陇南市白龙江、白水江流域低海拔区干热河谷和徽成盆地及文县东南部干旱危险性等级最高,平均干旱年频率大于 60.0%,由此向北向高干旱危险性等级递减,武都区的池坝乡、马营乡高海拔区和宕昌西北部及文县西北部高海拔区干旱危险性等级最低,平均干旱年频率小于 50.0%。

### 4.2 干旱灾害风险区划

干旱是长期无雨或少雨导致土壤和河流缺水、空气干燥、农作物枯死、人畜饮水不足等的灾害现象。干旱风险区划主要从致灾因子危险性、孕灾环境敏感性、承灾体易损性和防灾减灾能力四个方面

进行综合分析得到。致灾因子危险性见干旱危险性等级分布图(图 1);孕灾环境敏感性将河网密度作为指标;承灾体易损性分析主要以人口密度、经济密度、耕地比为基本要素;密集的河网、高效的灌溉系统可以有效缓解干旱。最后将上述四个方面内容利用加权综合与层次分析法,叠加、合并以及等级划分操作,得到干旱风险区划图(图 2)。

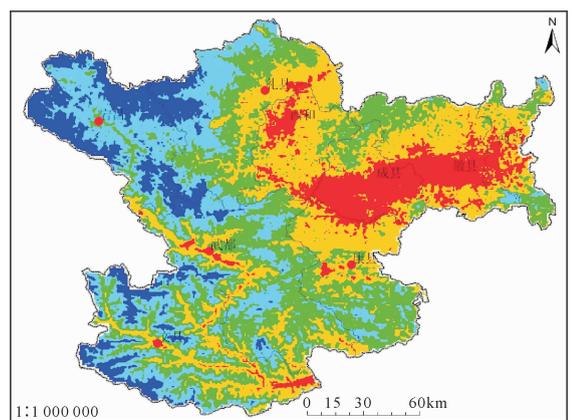


图例 Legend

- 低危险性(5级) Low risk(5 level)
- 次低危险性(4级) Sub-low risk(4 level)
- 中等危险性(3级) Moderate risk(3 level)
- 次高危险性(2级) Sub-high risk(2 level)
- 高危险性(1级) High risk(1 level)

图 1 陇南市干旱危险性等级分布图

Fig. 1 The drought risk grade distribution in Longnan City



图例 Legend

- 低风险区(5级) Low risk area(5 level)
- 次低风险区(4级) Sub-low risk area(4 level)
- 中等风险区(3级) Moderate risk area(3 level)
- 次高风险区(2级) Sub-high risk area(2 level)
- 高风险区(1级) High risk area(1 level)

图 2 陇南市干旱风险区划图

Fig. 2 The drought risk zonation in Longnan City

由图可见,徽县、成县、两当中部及西和北部以及武都、文县境内的白龙江、白水江流域低海拔区为干旱高风险区;宕昌与武都池坝乡、马营乡高海拔区和文县西北部高海拔区为干旱低风险区。这与前面

所述的陇南山区干旱分布实际和当地“早收山,涝收川,不涝不早收半山”的农业生产实际相符。例如:2002年徽成盆地出现了历史罕见的伏秋连旱,2003年又出现严重春旱,造成2003年冬小麦减产5~6成,部分地方小麦绝收,全市粮食总产严重减产。2006年5月下旬到8月中旬,陇南市出现了长达90 d的高温少雨、春夏连旱天气气候,导致江河来水量锐减,白龙江、西汉水、白水江来水量比历年同期偏少3~5成,部分季节性河流断流或干涸,水库缺水,不但严重影响着玉米、洋芋、花椒等农作物的正常生长,而且使部分地方人畜饮水发生困难,全市农作物受旱面积达到18.41万 $\text{hm}^2$ ,有2.01万 $\text{hm}^2$ 农作物枯死,全市因旱造成32.52万人,9.84万头大牲畜饮水发生困难,导致全市秋粮严重减产,直接经济损失达1.3亿元。这些严重旱灾发生的区域都在干旱灾害风险区划图中的高风险区,因此,陇南市干旱风险区划,它对指导陇南山区科学规划、周密部署旱作农业布局,进一步提高防旱抗旱能力,减少旱灾损失,具有一定的参考价值。

## 5 结论

1) 陇南山区干旱一年四季均可发生,尤以春旱、夏初旱、伏旱、秋旱这4类干旱危害最为严重。1971—2010年,全市平均出现各类干旱共53.4次,全市各类干旱平均每年发生频率分别是:春旱39.3%,夏初旱20.5%,伏旱38.5%,秋旱35.3%,由此可见,陇南山区每年春旱出现几率最大,夏初旱出现几率最小。全市平均干旱年频率为60.3%,大体上符合当地人们常说的三年两头旱的气候特征,对农业生产危害较大。

2) 陇南市白龙江、白水江流域低海拔区干热河谷和徽成盆地及文县东南部干旱危险性等级最高,干旱年频率大于60.0%,由此向北向高干旱危险性等级递减,武都区的池坝乡、马营乡高海拔区和宕昌北部及文县西北部高海拔区干旱危险性等级最低,干旱年频率小于50.0%。

3) 徽县、成县、两当中部及西和北部以及武都、文县境内的白龙江、白水江流域低海拔区为干旱高风险区;宕昌与武都池坝乡、马营乡高海拔区和文县西北部高海拔区为干旱低风险区。

4) 本研究得到的干旱灾害风险评估及其区划,其结果与陇南山区干旱分布实际和当地“早收山,涝收川,不涝不早收半山”的农业生产实际相符。因此,本研究对指导陇南山区科学规划、周密部署旱作农业布局,进一步提高防旱抗旱能力,减轻旱灾损失,

确保农业增产、农民增收,具有一定的参考价值。

5) 利用ArcGIS软件进行陇南山区干旱灾害风险评估及其区划的研究,由于条件所限,所取气象资料站点较少,不能包括各种地形地貌地理位置下的气象站点的资料。因此,建立的计算各地干旱频率的模型代表性有限,其结论与实际有一定差距。因此,今后应创造条件,努力改进。

## 参考文献:

- [1] 肖志强,尚学军,樊明,等.陇南春旱指数与冬小麦产量关系及预测研究[J].中国农业气象,2002,23(1):9-12.
- [2] 肖志强,尚学军,樊明,等.陇南秋季旱涝时空演变特征对农业生产的影响及预测研究[J].干旱气象,2006,23(S1):57-61.
- [3] 肖志强,林纾,尚学军,等.陇南山区春末夏初旱涝指数的确定与预测研究[J].干旱地区农业研究,2006,24(3):26-30.
- [4] 肖志强,尚学军,樊明,等.陇南伏期旱涝指数及预测模型[J].气象,2001,27(1):35-38.
- [5] 吴焕萍.GIS技术在气象领域中的应用[J].气象,2010,36(3):90-100.
- [6] 吴焕萍,罗兵,王维国,等.GIS技术在决策气象服务系统建设中的应用[J].气象应用学报,2008,19(3):380-383.
- [7] 肖志强,李宗明,樊明,等.陇南山区小麦条锈病流行程度预测模型[J].中国农业气象,2007,28(3):350-353.
- [8] 肖志强,尚学军,李宗明,等.陇南山区小麦条锈病流行对气候变暖的响应及对策研究[J].气象科学,2007,27(S1):140-146.
- [9] 肖志强,李宗明,樊明,等.陇南山区小麦红蜘蛛发生气象条件及预测模型[J].干旱气象,2007,25(3):72-75.
- [10] 肖志强,李宗明,樊明,等.陇南山区小麦白粉病流行程度预测模型[J].干旱地区农业研究,2008,26(3):80-85.
- [11] 肖志强,陈俊,樊明,等.陇南山区小麦蚜虫发生气象条件及程度预测模型[J].安徽农业科学,2009,37(33):16419-16422.
- [12] 李宗明,肖志强,马云,等.陇南小麦条锈病越冬菌量对流行的影响研究初报[J].植保技术与推广,2001,21(9):21-22.
- [13] 中央气象局.地面气象观测规范·降水[M].北京:气象出版社,1979:60-68.
- [14] 中国气象局政策法规司.气象标准汇编,气象干旱等级(GB/T20481-2006)[M].北京:气象出版社,2006:33-34.
- [15] 肖志强,赵彦锋,刘丽.武都山区大到暴雨时空演变气候特征及灾害风险区划[J].安徽农业科学,2012,40(29):14376-14378.
- [16] 李世奎,霍治国,王素艳,等.农业气象灾害风险评估体系及模型研究[J].自然灾害学报,2004,13(1):77-87.
- [17] 肖志强,赵彦锋.陇南山区农业低温冻害气候特征及灾害风险区划[J].山西农业科学,2013,41(7):716-719,722.
- [18] 苏军锋,肖志强,魏邦宪,等.基于GIS的甘肃省陇南市暴雨灾害风险区划[J].干旱气象,2012,30(4):650-654.
- [19] 何葵,傅德平,赵志敏,等.基于GIS的新疆降水空间插值方法分析[J].水土保持研究,2008,15(6):35-37.
- [20] 李春梅,罗晓玲,刘锦鑫,等.层次分析法在热带气旋灾害影响评估模式中的应用[J].热带气象学报,2006,22(3):223-228.
- [21] 韩颖,岳贤平,崔维军.气象灾害应急管理评价[J].气象科技,2011,39(2):242-246.
- [22] 唐余学,廖向花,李晶,等.基于GIS的重庆市山洪灾害区划[J].气象科技,2011,39(4):423-427.
- [23] 莫建飞,陆甲,李艳兰.基于GIS的广西洪涝灾害孕灾环境敏感性评估[J].灾害学,2010,25(4):33-37.