

甘肃冬小麦主产区 40 年干旱变化 特征及影响风险评估

姚小英^{1,2}, 张 强¹, 王劲松¹, 王 莺¹, 周忠文³, 马 杰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开放实验室, 甘肃 兰州 730020;

2. 甘肃省天水市气象局, 甘肃 天水 741000; 3. 甘肃省庆阳市气象局, 甘肃 西峰 745000)

摘 要: 干旱是影响甘肃省冬小麦生产的主要气象灾害。运用 1971—2010 年甘肃省冬小麦主产区 8 县(区)气象站降水资料及冬小麦产量资料, 分析了 40 a 干旱时空变化特征, 建立了干旱影响冬小麦产量的风险评估指数, 对冬小麦在不同季节受不同等级干旱风险进行了分析评估。结果表明, 春旱以陇东黄土高原出现频率最高, 为 0.35 ~ 0.39 次·a⁻¹; 徽成盆地及两江流域出现频率最少, 为 0.18 次·a⁻¹; 初夏旱出现频次最高的地区为环县, 为 0.35 次·a⁻¹, 最少为西峰、成县及秦安; 伏旱出现频率最高地区为环县及麦积, 最低为张家川; 秋旱出现频率最高为环县, 最低为武都。各地干旱均以轻旱为主, 其次为中旱。40 a 中, 20 世纪 90 年代干旱出现频次最多, 80 年代最少。进入 21 世纪, 秋旱发生频次明显减少, 春旱则有相对增多的趋势。冬小麦全生育期徽成盆地及两江流域受旱灾影响风险最小, 种植保险率最高, 为 92% ~ 93%; 其次为关山区, 种植保险率为 91%, 干旱风险较小; 渭河流域及渭北旱区风险较大, 种植保险率为 88% ~ 89%; 陇东黄土高原种植保险率最低, 为 83% ~ 85%, 冬小麦生长受干旱胁迫最大。

关键词: 冬小麦主产区; 干旱灾害; 变化特征; 风险评估

中图分类号: S165 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-7601(2014)02-0001-06

Variation characteristics of drought and influence risk assessment for the main growing areas of winter wheat in Gansu Province during 40 years

YAO Xiao-ying^{1,2}, ZHANG Qiang¹, WANG Jing-song¹, WANG Ying¹, ZHOU Zhong-wen³, MA Jie²

(1. Key Laboratory of Arid Climatic Change and Reducing Disaster of Gansu Province, Key Open Laboratory of Arid Change and Disaster Reduction of CMA, Institute of Arid Meteorology, China Meteorological Administration, Lanzhou, Gansu 730020, China;

2. Tianshui Meteorological Bureau, Tianshui, Gansu 741000, China;

3. Qinyang Meteorological Bureau, Xifeng, Gansu 745000, China)

Abstract: Drought is the main meteorological disaster affected winter wheat growing in Gansu Province. Using the data of precipitation and winter wheat yield from eight weather stations of counties during 1971 to 2010 which located in main growing areas of winter wheat in Gansu Province, has analyzed the spatial and temporal variation characteristics of drought during 40 years, set up the risk assessing index for drought disaster impacted to the winter production, carried out the analysis and evaluation to the risk of different grade of drought for the winter wheat in different season. The results showed that: The highest frequency of drought in spring was occurred in the Longdong loess plateau, as 0.35 to 0.39 times per year; the least frequency in the Huicheng Basin and Liangjiang Rivers Basin, as 0.18 times per year. The highest frequency of drought in early summer was occurred in Huan County, as 0.35 times per year; the least frequency in Xifeng City, Cheng County and Qinan County. The highest frequency of drought in hot summer was occurred in Huan County and Maiji District, the least frequency in Zhangjiachuan. The highest frequency of drought in autumn was occurred in Huan County, the least frequency in Wudu City. The major draught disaster was the light drought in each region, the secondly drought disaster was the middle drought. During the 40 years, the most frequency of drought was occurred in 1990 s, but the least in 1980s. The trend of drought frequency in autumn has significantly decreased and in

收稿日期: 2013-10-22

基金项目: 国家重点基础研究发展计划(2013CB430200, 2013CB430206); 博士科研启动项目(KYS2012BSKY02)

作者简介: 姚小英(1968—), 女, 高级工程师, 硕士, 主要从事农业气象业务及试验研究工作。E-mail: tsyxy66@163.com。

spring relatively increased since into 21st Century. The minimal influence risk by drought in whole growth season of winter wheat was the Huicheng Basin and Liangjiang River Basin with the maximal planting insurance rate as 92% to 93%; The secondly was the Guan Mountain Areas with the planting insurance rate as 91% and less influence risk by drought; The larger drought risk was in the Weihe River Basin and Weiwei Arid Area with the planting insurance rate as 88% to 89%; The minimal planting insurance rate was in Longdong Loess Plateau as 83% to 85%, the winter wheat growth was suffered the maximal drought stress.

Keywords: the main production areas of winter wheat; drought disaster; variation characteristics; risk evaluation

干旱是一定地区一定时段内近地面生态系统和社会经济水分缺乏时的一种自然现象,也是最严重的气象灾害之一^[1]。近年来,随着全球气候变暖,干旱灾害频繁发生、灾害程度加重,粮食安全威胁加大,种植风险增高,引起了许多严重的经济、政治问题^[1-3]。我国干旱也从北方扩展到西南、华南地区,对当地工农业生产及人们的正常生活造成极为严重的影响。甘肃冬小麦主产区地处内陆,90%以上耕地为山地,降水的多寡及时空分布直接影响到粮食作物的丰歉,干旱成为影响当地粮食生产的最主要气象灾害,已成为农业生产面临的主要问题,也是迫切需要研究的课题。长期以来,许多学者关于干旱发生机理、时空变化、评估方法、影响及防御技术等方面进行过大量研究^[4-10],而针对干旱的评估方法定性描述研究的较多,量化的实际应用相对较少。本研究就是在前人研究及以往所做工作的基础上^[11-12],根据甘肃冬小麦主产区产量及有关气象资料,进行干旱对冬小麦生长影响评估的分析和实际应用,为合理利用气候资源,调整作物种植比例,保障粮食生产安全提供参考。

1 研究方法 及 资料

1.1 研究地域概况

研究区域为陇东及陇东南,受西风带环流、高原季风和东亚季风的共同影响,大气降水及土壤水分季节性亏缺,干旱频繁出现,成为制约当地粮食作物生产的主要气象灾害。作物种植丰歉由天,属于典型雨养农业区,主要夏粮作物为冬小麦,播种面积达568.75 千 hm²,总产 144.7 万 t,主要分布在陇东及陇东南地区(图 1)。根据地理位置分布状况,选取麦积(代表渭河流域)、武山(代表渭北旱区)、张家川(代表关山区)、崆峒、西峰、环县(代表陇东黄土高原)、成县(代表徽成盆地)、武都(代表陇南白龙江、白水江流域)8 个站点为研究代表站点。

1.2 研究方法

1.2.1 农业气象干旱指标 农业气象干旱指标是对干旱进行评估的标准,可对干旱发生的强度进行

量化评价。关于干旱指标的划分方法较多^[10],本文采用气象上常用的降水量距平百分率法(1)。

$$Pa = \frac{P - \bar{P}}{\bar{P}} \times 100\% \tag{1}$$

式中: Pa 为月降水距平百分率; $\bar{P}$ 为多年平均同期降水量(mm), P 为月实际降水量(mm)。

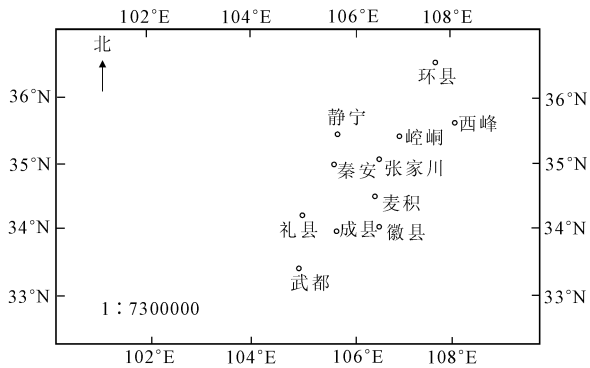


图 1 研究区域位置
Fig.1 Location of research areas

陇东及陇东南冬小麦主要生长季为 9 月到次年 6 月,由于冬季小麦停止生长,进入越冬阶段,春季 3 月起身期间,深层土壤翻浆水分向上层流动,因此 11 月至次年 3 月期间降水量的多少对冬麦影响较小。因此,确定影响冬小麦生育的 3 个主要干旱时段为春旱(4—5 月)、初夏旱(6 月)、秋旱(9—10 月)。根据不同时间尺度及降水距平确定不同干旱等级(表 1)。

1.2.2 资料处理 各地单产资料用滑动平均方法进行趋势产量与气候产量的分离^[13]。相关计算采用 Excel 统计方法。

1.2.3 风险指数 风险是某一特定危险情况发生的可能性和后果的组合,是因危险情况发生损失的概率^[14]。根据风险的定义及实际意义,定义干旱对冬小麦影响的风险指数为:

$$R = H \times V \tag{2}$$

式中, R 为风险指数,其值在 0 ~ 1 间,数值越大,越接近 1,表明风险程度越高。 H 为干旱对粮食作物产量影响系数, V 为不同等级干旱灾害发生的频率。

定义保险率 U 为: $U = (1 - R) \times 100\%$ (3)

表 1 单站依据降水量距平百分率(Pa)划分的干旱等级

Table 1 Grade of drought disaster defined by precipitation in weather station

时间尺度 Time scale	无旱 Nd	轻旱 Ld	中旱 Md	重旱 Sed	特旱 Spd
30 天 30 Days	$-40\% < Pa$	$-60\% < Pa \leq -40\%$	$-80\% < Pa \leq -60\%$	$-95\% < Pa \leq -80\%$	$Pa \leq -95\%$
60 天 60 Days	$-30\% < Pa$	$-50\% < Pa \leq -30\%$	$-70\% < Pa \leq -50\%$	$-85\% < Pa \leq -70\%$	$Pa \leq -85\%$

注: D: Drought; Nd: No drought; Ld: Light drought; Md: Middle drought; Sed: Serious drought; Spd: Special drought. 下表亦如此表示(The following table also does)。

1.3 资料来源

所用 1971—2010 年历年月降水量资料取自 8 个气象观测站历年实测值;相应时段冬小麦种植面积及产量资料来自各地市统计局。

2 分析与结果

2.1 干旱时空分布特征

2.1.1 空间变化特征 统计计算结果表明,甘肃冬小麦主产区春旱以陇东黄土高原出现频率最高,均在 $0.35 \text{ 次} \cdot \text{a}^{-1}$ 以上(表 2),其次为天水市渭北地区,为 $0.29 \text{ 次} \cdot \text{a}^{-1}$,陇南市徽成盆地及两江流域发生频率最低,为 $0.18 \text{ 次} \cdot \text{a}^{-1}$ 。其中重旱陇东黄土高原崆峒区出现频次为 $0.08 \text{ 次} \cdot \text{a}^{-1}$,渭河流域、渭北旱区出现频次为 $0.03 \sim 0.08 \text{ 次} \cdot \text{a}^{-1}$,属小概率事件;特

旱仅环县出现,出现频次为 $0.05 \text{ 次} \cdot \text{a}^{-1}$,属小概率事件。初夏旱出现频率最高的为环县,为 $0.35 \text{ 次} \cdot \text{a}^{-1}$,其次为平凉崆峒区,出现频率最少的为西峰、成县和秦安,均为 $0.16 \text{ 次} \cdot \text{a}^{-1}$ 。其中崆峒、西峰及麦积重旱偶有出现,频次为 $0.03 \text{ 次} \cdot \text{a}^{-1}$,各地均无特旱出现。伏旱出现频率最高的地区为环县及麦积,为 $0.31 \text{ 次} \cdot \text{a}^{-1}$,出现频率最低的为张家川,为 $0.19 \text{ 次} \cdot \text{a}^{-1}$,其中重旱只有秦安、张家川、武都、环县出现,频率均为 $0.03 \text{ 次} \cdot \text{a}^{-1}$,均为小概率事件,特旱各地均无。秋旱出现频率最高的地区为环县,为 $0.39 \text{ 次} \cdot \text{a}^{-1}$,出现频率最低的为武都,为 $0.15 \text{ 次} \cdot \text{a}^{-1}$,其中重旱只有崆峒区、环县出现,频率均为 $0.03 \text{ 次} \cdot \text{a}^{-1}$,均为小概率事件,特旱各地均无。

表 2 甘肃冬小麦主产区干旱发生频率空间分布/(次 $\cdot \text{a}^{-1}$)

Table 2 Spacial distribution of drought frequency in main production areas of winter wheat in Gansu Province

干旱类型 Type of drought		天水 Tianshui			陇南 Longnan		平凉 Pingliang	西峰 Xifeng	
		渭河流域	渭北旱区	关山区	徽成盆地	两江流域	陇东黄土高原		
		Weihe basin	Weibei arid area	Guanshan area	Huicheng basin	Liangjiang river basin	Longdong loess plateau		
		麦积 Maiji	秦安 Qinan	张家川 Zhangjiachuan	成县 Cheng county	武都 Wudu	崆峒区 Kongtong	西峰 Xifeng	环县 Huan county
春旱 Spring	干旱 D	0.26	0.29	0.23	0.18	0.18	0.39	0.35	0.38
	重旱 Sed	0.03	0.03	0	0	0	0.08	0.03	0.03
	特旱 Spd	0	0	0.0	0	0	0	0	0.05
初夏旱 Early summer	干旱 D	0.21	0.16	0.18	0.16	0.23	0.29	0.16	0.35
	重旱 Sed	0.03	0	0	0	0	0.03	0.03	0
	特旱 Spd	0	0	0	0	0	0	0	0
伏旱 Hot summer	干旱 D	0.31	0.21	0.19	0.28	0.29	0.25	0.23	0.31
	重旱 Sed	0	0.03	0.03	0	0.03	0	0	0.03
	特旱 Spd	0	0	0	0	0	0	0	0
秋旱 Autumn	干旱 D	0.21	0.30	0.20	0.16	0.15	0.33	0.33	0.39
	重旱 Sed	0	0	0	0	0	0.03	0	0.03
	特旱 Spd	0	0	0	0	0	0	0	0

各地各时段干旱均以轻旱为主,占有干旱次数的 $45\% \sim 80\%$;其次为中旱,占 $10\% \sim 44\%$;重旱占 $0 \sim 14\%$;属小概率事件;特旱,仅有环县在春季

偶有出现,其他各地出现可能性极小。

不同时段干旱在不同地区出现的频次不同。各地出现频次最多的旱段为:麦积的伏旱,其次是春

旱;秦安的秋旱和春旱;张家川的春旱;成县、武都的伏旱;崆峒区的春旱;西峰、环县的春旱及秋旱。

2.1.2 年代纪变化特征 从 40 年干旱的变化情况来看,各地 20 世纪 90 年代干旱出现频次最多,80 年代出现频次最少,陇东黄土高原 21 世纪干旱频次及

程度仅次于 20 世纪 90 年代。20 世纪 90 年代是各类干旱的多发期,进入 21 世纪,除陇东黄土高原,其余地区秋旱发生频次明显减少,除去 90 年代,和其他年代比,春旱则有相对增多的趋势,伏旱和初夏旱年代变化不明显(表 3)。

表 3 甘肃省冬小麦主产区不同种类干旱出现频次年代分布/(次·a⁻¹)

Table 3 The distribution of different grade of drought occurred frequency in decade in main production areas of winter wheat in Gansu Province

干旱类型 Type of drought		1971—1980		1981—1990		1991—2000		2001—2010	
		干旱 D	重旱 Sed	干旱 D	重旱 Sed	干旱 D	重旱 Sed	干旱 D	重旱 Sed
渭河流域 Weihe basin	春旱 Spring	0.1	0.1	0.1	0	0.5	0	0.3	0
	初夏旱 Early summer	0.3	0	0.1	0.1	0.3	0	0.2	0
	伏旱 Hot summer	0.3	0	0.3	0	0.3	0	0.3	0
	秋旱 Autumn	0.3	0	0.2	0	0.2	0	0	0
	总和 Sum	1.0	0.1	0.7	0.1	1.3	0	0.8	0
徽成盆地 Huicheng basin	春旱 Spring	0.2	0		0	0.2	0	0.3	0
	初夏旱 Early summer	0.1	0	0.1	0	0.2	0	0.2	0
	伏旱 Hot summer	0.2	0	0.3	0	0.4	0	0.2	0
	秋旱 Autumn	0.3	0	0.2	0	0	0	0.1	0
	总和 Sum	0.8	0	0.6	0	0.8	0	0.8	0
陇东黄土高原 Longdong loess plateau	春旱 Spring	0.2	0	0.3	0	0.7	2	0.3	0.1
	初夏旱 Early summer	0.5	0	0.1	0	0.4	0	0.4	0
	伏旱 Hot summer	0.3	0	0.3	0	0.3	0.1	0.3	0
	秋旱 Autumn	0.2	0	0.4	0.1	0.5	0	0.4	0
	总和 Sum	1.2	0	1.1	0.1	1.9	0.3	1.4	0.1

2.2 不同干旱时段对冬小麦产量的影响

20 世纪 80 年代以来,各地冬小麦产量均呈逐年增高趋势。如天水 2010 年总产达到 32 070 万 kg 的最高值,比 80 年代增产 33%,比 90 年代增产 24%。但单产起伏变化较大,1991 年为 2 119.5 kg·hm⁻²,1999 年降至 1 110 kg·hm⁻²,2010 年升至

2 374.5 kg·hm⁻²。用滑动平均方法分离天水冬小麦单产资料(1971—2010 年)(来自县统计局)(图 2)^[13],可以明显看到,气候产量变化较大,单产很不稳定,说明气候因子对冬小麦产量影响较大。特别是 90 年代以来,气候产量波动加剧。1998 年达到了 40 年来的最高值 395 kg·hm⁻²,2007 年达到 -366.5

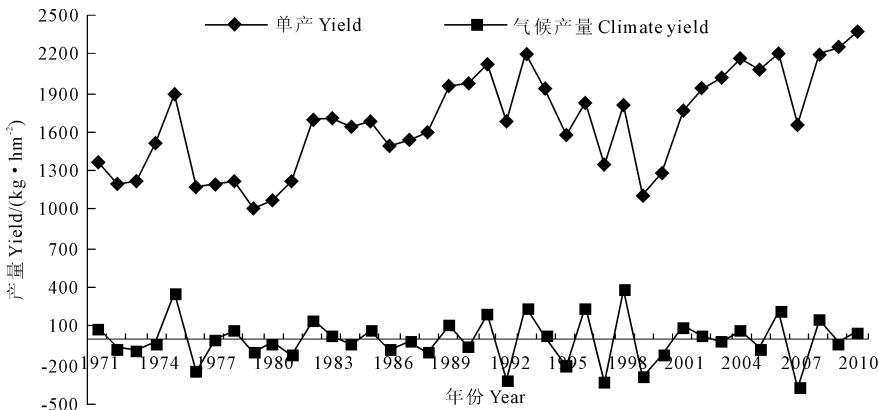


图 2 天水冬小麦产量变化

Fig.2 The variation of winter wheat yield in Tianshui City

kg·hm⁻²的最低值。由于冬小麦生育周期长,分布范围广,对于地处干旱半干旱地区、以雨养农业为主的陇东和陇东南来讲,影响其产量的最主要气象因子为干旱。对冬小麦单产气候产量资料与相应年代不同等级干旱指标进行相关计算^[13],结果表明,影

响冬小麦生长的主要干旱时段为春旱,其次为秋旱,初夏旱影响相对较小。
由此,确定出不同时段干旱、不同干旱程度对冬小麦产量的影响系数值(表 4)。

表 4 不同时期不同等级干旱对冬小麦产量的影响系数												
Table 4 The influence coefficient of different grade drought to winter wheat yield in different season												
干旱类型 Type of drought	春 Spring				初夏 Early summer				秋 Autumn			
	轻旱 Ld	中旱 Md	重旱 Sed	特旱 Spd	轻旱 Ld	中旱 Md	重旱 Sed	特旱 Spd	轻旱 Ld	中旱 Md	重旱 Sed	特旱 Spd
影响系数 Influence coefficient	0.2	0.3	0.4	0.5	0.05	0.1	0.2	0.3	0.1	0.15	0.2	0.5

2.3 冬小麦生产受旱灾影响风险评价

春季 4—5 月是冬小麦孕穗—抽穗—开花时段,也是生殖生长与营养生长并进的旺盛生长阶段,此期是水分供给敏感期,也是需求最大期,干旱直接威胁到小麦小穗形成和穗粒数的增多,进而影响产量。根据风险指数计算结果,高风险指数区为陇东黄土高原的崆峒区和环县,次高风险区域为渭北旱区及渭河流域,其他地区均为风险低值区。其中轻旱风险指数最高地区为环县,为 0.05,其次为张家川,为 0.04,中旱风险指数最高为西峰,其次为崆峒和秦安;重旱风险指数最高为崆峒,其他各地均较低;特旱风险指数较高地区为环县,其余各地无风险。初夏是小麦生殖生长的主要时段,小麦灌浆、乳熟等都在此时段完成,干旱会影响小麦产量的最终形成^[15-16]。初夏 6 月后期降水量过多,雨日集中,反倒会影响小麦光合作用的形成,不利于后期成熟,初夏干旱风险指数远小于春季。此期干旱风险指数最高地区为陇东黄土高原,为 0.023~0.032,其次为渭河流域。其中轻旱风险指数最高地区为环县,其他均较低,基本对冬小麦产量形成不构成威胁;中旱的风险指数较高地区为陇东黄土高原及张家川,均≥0.01,其他地区风险较小;重旱崆峒、西峰、麦积偶有发生,其他地区无风险;特旱各地均无风险。秋季麦田休闲期,干旱将影响冬小麦播种质量及冬前的苗期生长及分蘖形成^[15-16]。秋旱风险指数陇东黄土高原最高,为 0.033~0.042,次高区为渭北地区及渭河流域。其中轻旱环县风险最高,其次为崆峒及秦安;其他地区风险较小;中旱风险指数较高地区为西峰,为 0.013,其次为环县及麦积,其他地区风险较低;重旱环县及崆峒有风险,其余地区无种植风险;特旱各地均无种植风险(表 5)。

由此,可计算得到冬小麦全生育期保险率,徽成

盆地及两江流域最高,为 92%~93%,冬小麦种植所受干旱影响最低,风险最小;其次为关山区,为 91%,冬麦种植风险较小;渭河流域及渭北旱区为 88%~89%,干旱对冬麦种植有一定影响,风险较大;陇东黄土高原保险程度最低,为 83%~85%;冬小麦种植受干旱胁迫最大,风险程度最高(表 6)。

3 结论与讨论

- 1) 甘肃省冬小麦主产区春旱以陇东黄土高原出现频率最高,其次为渭北地区,徽成盆地及两江流域发生频率最低;初夏旱出现频率最高的为环县,其次为平凉崆峒区,出现频率最少的为西峰、成县和秦安;伏旱出现频率最高的地区为环县及麦积,出现频率最低的为张家川;秋旱出现频率最高的地区为环县,出现频率最低的为武都。各地干旱均以轻旱为主,占有干旱次数的 45%~80%;中旱占 10%~44%;重旱及特旱均属小概率事件,特别是特旱,虽然对小麦影响严重,但出现可能性极小,仅有环县在春季偶有出现。
- 2) 20 世纪 90 年代是各类干旱的多发期,进入 21 世纪,除陇东黄土高原,其余地区秋旱发生频次明显减少,除去 90 年代,和其他年代比,春旱则有相对增多的趋势。
- 3) 春旱高风险指数区为陇东黄土高原,次高风险区域为渭北旱区及渭河流域;初夏干旱风险指数远小于春季,最高地区为陇东黄土高原,其次为渭河流域,次高区为渭北地区及渭河流域;秋旱风险指数陇东黄土高原最高,次高区为渭北地区及渭河流域。冬小麦全生育期陇东黄土高原干旱风险程度最高,干旱对冬小麦生产影响最大;渭河流域及渭北旱区次高风险区;关山区干旱风险程度较低;徽成盆地及两江一水流域风险程度最低,干旱对冬小麦生育影

表 5 不同时段、不同等级干旱对冬小麦产量影响的风险指数									
Table 5 The risk index of different period and different grader of drought to winter wheat yield									
干旱类型 Type of drought		天水 Tianshui			陇南 Longnan		平凉 Pingliang	西峰 Xifeng	
		渭河流域 Weihe basin	渭北旱区 Weibei arid area	关山区 Guanshan area	徽成盆地 Huicheng basin	两江流域 Liangjiang river basin	陇东黄土高原 Longdong loess plateau		
		麦积 Maiji	秦安 Qinan	张家川 Zhangjiachuan	成县 Cheng county	武都 Wudu	崆峒区 Kongtong	西峰 Xifeng	环县 Huan county
春旱 Spring	轻旱 Ld	0.030	0.026	0.040	0.016	0.026	0.036	0.030	0.050
	中旱 Md	0.024	0.039	0.009	0.030	0.015	0.039	0.045	0.015
	重旱 Sed	0.012	0.012	0	0	0	0.032	0.012	0.012
	特旱 Spd	0	0	0	0	0	0	0	0.025
	合计 Sum	0.066	0.077	0.049	0.046	0.041	0.107	0.087	0.102
初夏旱 Early summer	轻旱 Ld	0.009	0.004	0.004	0.004	0.009	0.007	0.007	0.013
	中旱 Md	0.005	0.012	0.015	0.012	0.008	0.020	0.015	0.010
	重旱 Sed	0.006	0	0	0	0	0.006	0.006	0
	特旱 Spd	0	0	0	0	0	0	0	0
	合计 Sum	0.020	0.016	0.019	0.016	0.017	0.032	0.028	0.023
秋旱 Autumn	轻旱 Ld	0.013	0.025	0.015	0.013	0.010	0.025	0.020	0.028
	中旱 Md	0.008	0.005	0.005	0.003	0.005	0.005	0.013	0.008
	重旱 Sed	0	0	0	0	0	0.006	0	0.006
	特旱 Spd	0	0	0	0	0	0	0	0
	合计 Sum	0.021	0.030	0.020	0.016	0.015	0.036	0.033	0.042
总计	总计 Sum	0.107	0.123	0.088	0.078	0.073	0.175	0.148	0.167

表 6 各地冬小麦生产全生育期保险率								
Table 6 The insurance rate of winter wheat production the whole growth season for each region								
地域 District	渭河流域 Weihe basin	渭北旱区 Weibei arid area	关山区 Guanshan area	徽成盆地 Huicheng basin	两江流域 Liangjiang River basin	陇东黄土高原 Longdong loess plateau		
	麦积 Maiji	秦安 Qinan	张家川 Zhangjia chuan	成县 Chen county	武都 Wudu	崆峒区 Kong tong	西峰 Xi feng	环县 Huan county
保险率/% Insurance rate	89.3	87.7	91.2	92.2	92.8	82.5	85.3	83.3

响最小。各类干旱中,陇东黄土高原的春旱及秋旱、渭河流域的伏旱和春旱、渭北旱区及关山区的春旱、徽成盆地及两江流域的伏旱出现频次最多,对冬麦影响最大。特别需要关注的是,陇东黄土高原及渭河流域、渭北旱区的春季重旱及陇东黄土高原北部的春季特旱对冬麦生长造成的极其不利影响。

4) 用降水量距平百分率指标作为农业干旱指标,资料容易获取,计算方便,对评估冬小麦种植干旱风险有一定实际意义和参考价值。但由于降水的脉冲性及时空分布的不均一性与冬小麦生长的持续性不相匹配,而干旱的发生机理又及其复杂,还受到温度、地形等自然因素及作物布局、品种、生长状况

等人为因素的影响^[1,2,10]。因此,评估还需要在实际应用中做进一步的修订和完善。

参 考 文 献:

[1] 张书余.干旱气象学[M].北京:气象出版社,2008:1-3.
[2] 宋连春,邓振镛,董安祥,等.干旱[M].北京:气象出版社,2003: 54-56,99-111.
[3] 李茂松,李 森,李育慧.中国近 50 年旱灾灾情分析[J].中国农业气象,2003,24(1):7-10.
[4] 邓振镛,张 强,尹宪志,等.干旱灾害对干旱气候变化的响应[J].冰川冻土,2007,29(1):143-147.
[5] 邓振镛,王 强,张 强.中国北方气候暖干化对粮食作物的影响及应对措施[J].生态学报,2010,30(22):6278-628.

4 结论与讨论

1) 经济林果气象灾害指标建立及修订工作是开展特色为农气象服务及科研的基础,但受指标试验难度及时间长度的影响,开展基于灾情数据的指标建立及修订工作是解决该问题的有效方法。本研究基于灾情数据,针对陕西省富士系苹果高温热害指标修订工作,设计出横向修订法和纵向修订法。这两种方法分别适用于单县样本缺乏但种植区样本全面,以及单县灾情样本量充足的指标修订,对弥补由于不能有效开展试验研究,或受灾样本不足或不全面而无法开展基于灾情的指标修订工作具有借鉴意义。

2) 本次指标修订工作主要利用历史灾情数据,采用横向修订法,对 2005、2009、2010 和 2012 年陕西省 29 个富士系苹果生产基地县四次高温热害天气过程中高温程度、连续日数及日平均相对湿度进行分类统计,以满足 70% 出现频次为标准,对已有高温热害指标进行了修订。并利用礼泉县试验观测数据进行检验,其检验结果表明修订后的指标能够准确反映灾情及受灾等级,具有较好的应用价值。

3) 受各种条件的限制,本研究收集到的灾情资料和各等级样本数均较为有限,且受指标检验观测试验开展时间短、试验样本少的影响,本次检验仅完成了轻度高温热害的指标检验,指标的综合代表性还需要在今后较长时期的实际应用中进行检验和完善。但本研究重在对陕西省富士系苹果高温热害,以及其他气象灾害和其他经济林果气象灾害指标的

建立和修订进行研究和技術积累,其意义在于通过对现有数据资源、试验能力和技术水平的整合,逐步探索出一条相对客观、实用,可用于建立经济林果及农作物气象科研及气象服务指标体系的方法,以满足日益提高的特色农业气象服务工作需求及科学性。

参 考 文 献:

[1] 魄志新.苹果高温热害与防护[J].山西果树,1996,(2):38.
[2] 秦立者,吴颖欣.怎样预防苹果树高温热害[J].河北果树,2011,(4):36-37.
[3] 王景红,李艳丽,刘 璐,等.果树气象服务基础[M].北京:气象出版社,2010:71-73.
[4] 李星敏,柏秦凤,朱 琳.气候变化对陕西苹果生长适宜性影响[J].应用气象学报,2011,22(2):241-248.
[5] 陆魁东,黄晚华,方 丽,等.气象灾害指标在湖南春玉米种植区划中的应用[J].应用气象学报,2007,18(4):548-554.
[6] 马延庆,刘新生,马 文,等.气候变化对咸阳苹果生产的影响及对策研究[J].干旱地区农业研究,2011,29(2):259-265.
[7] B. B. 西涅里席柯夫.普通农业气象学[M].北京:高等教育出版社,1959.
[8] 张建光.苹 果(*Malus domestica* Borkh.)果实日灼原因、机理及预防[D].保定:河北农业大学,2005.
[9] 陈少春.高温、强光胁迫对苹果果实表皮组织抗氧化特性的影响[D].保定:河北农业大学,2006.
[10] 郝燕燕,李文来,黄卫东.高温锻炼对苹果果皮适应突发性强光能力的影响[J].园艺学报,2007,34(6):1347-1352.
[11] 许彦平,姚晓红,袁亚萍,等.气象灾害对天水苹果生产影响的评估技术研究[J].自然资源学报,2010,25(1):155-161.
[12] 马玉华,王永红,王 荔,等.高温胁迫对苹果叶片膜脂过氧化及抗坏血酸的影响[J].贵州农业科学,2010,38(8):176-178.

(上接第 6 页)

[6] 尹宪志,邓振镛,董安祥,等.甘肃省近 50 年干旱灾情研究[J].干旱区研究,2005,22(1):120-124.
[7] 邓振镛,董安祥,郝志毅,等.干旱与可持续发展及抗旱减灾技术研究[J].气象科技,2003,32(3):187-190.
[8] 张存杰,王宝灵,刘德祥,等.西北地区干旱指标的研究[J].高原气象,1998,17(4):381-386.
[9] 王延禄.中国建立、引进和验证气象干旱指标综述[J].干旱区地理,1990,1(3):80-86.
[10] 姚玉璧,张存杰,邓振镛,等.气象、农业干旱指标综述[J].干旱地区农业研究,2007,25(1):185-189.
[11] 蒲金涌,张存杰,姚小英,等.干旱气候对陇东南主要粮食作物

产量影响的评估[J].干旱地区农业研究,2007,25(1):167-174.
[12] 王位泰,黄 斌,张天锋,等.陇东黄土高原冬小麦生长对气候变暖的响应特征[J].干旱地区农业研究,2007,25(1):153-157.
[13] 姚小英,杨小利,蒲金涌,等.天水市大樱桃种植中影响产量的生态气候因素分析[J].干旱地区农业研究,2009,27(5):261-264.
[14] 陈仕亮.风险管理[M].成都:西南财经大学出版社,1994.
[15] 蒲金涌,邓振镛,姚小英,等.甘肃省冬小麦生态气候分析及适生种植区划[J].干旱地区农业研究,2005,23(1):179-185.
[16] 姚小英,蒲金涌.天水市夏秋作物种植布局风险决策的研究[J].甘肃科学学报,2002,14(1):87-90.