

陕西省冬小麦干旱风险分析及区划*

朱琳 叶殿秀** 陈建文 郭兆夏 李美荣

(陕西省气象科学研究所, 西安 710015)

提 要

根据自然灾害分析原理,以县为单元,从干旱对冬小麦造成的减产出发,分别就各县灾损率、易灾性、抗灾能力三方面进行了讨论。以风险指数为区划指标,在 GIS 系统(City Star)中,按等级划分标准对各县属性值进行分级、赋色,获得 GIS 系统支持下的陕西省冬小麦干旱风险区划图,并分区予以评述。

关键词: 冬小麦 干旱灾害 风险区划 地理信息系统

引 言

冬小麦是陕西省主要粮食作物,其地域分布除长城沿线以种植春小麦为主外,其他地区均有冬小麦种植。自 20 世纪 90 年代以来,播种面积保持在 $1.6 \times 10^6 \text{ hm}^2$ 以上,占全省粮食总播种面积的 40%,平均总产在 $4.5 \times 10^6 \text{ t}$ 左右,最高达 $4.95 \times 10^6 \text{ t}$,占粮食总产 50%。由于冬小麦主要种植区在关中平原及渭北旱塬一带,该地区属暖温带半湿润半干旱气候,年降水 500~700 mm,因降水季节分配不均,年际间变化大,旱涝时有发生,特别是干旱为影响陕西省冬小麦主产区的主要气候灾害。由于冬小麦生育期干旱出现频率高,持续时间长,波及范围广,对冬小麦生产常带来严重影响。

本文从干旱对冬小麦造成的减产出发,通过分析各地不同强度干旱出现频率,造成的减产率、承灾体密度及各地抗灾能力,综合评价陕西省冬小麦干旱风险程度的地域差异^[1],进而做出区划,这为制定防灾减灾政策与决策、防灾投资方向以及保险理赔等提供科学依据。

1 冬小麦干旱风险分析

冬小麦干旱风险是针对一种作物的单项自然灾害风险分析。依据自然灾害风险分析原理^[2],我们以县为单元,分别从灾损率、易灾性及抗灾能力三方面进行讨论(图 1)。

1.1 灾损率分析

干旱对某地冬小麦生产的影响,主要体现在两个方面:一是干旱的强度,二为干旱发生的频率。我们以二者的乘积形式——干旱灾损率来表示一地干旱灾害对冬小麦的影响

* 中国气象局气象服务与气候司资助项目:第三次农业气候区划试点工作。

** 现在国家气象中心工作。

2000-04-10 收到,2000-09-28 收到修改稿。

程度。

1.1.1 干旱强度确定

取陕西省内不同地区代表县 1961 ~ 1995 年小麦单产资料,用 7 年滑动平均剔除趋势项,计算出历年相对气象产量 y_f ($y_f = (y_i - y_t) / y_t$, 式中 y_f 为相对气象产量, y_i 实际单产, y_t 趋势产量)。根据相对气象减产量 (y_f 为负值时) 分布情况,把相对气象减产量 5% ~ 10%、10% ~ 20%、20% ~ 30%、>30% 分别定为轻灾、中灾、重灾和严重灾害 4 个强度等级。在此基础上,根据各县的相对气象减产量,按照界定的 4 种强度等级,统计出各县对应不同强度等级下的平均减产率。

1.1.2 冬小麦干旱年界定

本文从冬小麦全生育期水分供需平衡状况出发,以缺水率 K 作为表征冬小麦干旱的物理量。以县为统计单元,取全省 96 个县市 1961 ~ 1990 年温度、降水、风速、湿度及日照百分率等气象资料,以改进后的彭曼公式计算出各县历年各月农田蒸散量 ET_0 。根据陕西省不同区域冬小麦生育期各月实测作物系数 K_c ,计算出各月最大需水量 ET_m ($ET_m = K_c \cdot ET_0$)。由于无法收集到各县长序列土壤水分资料,考虑到秋季降水对冬小麦底墒水的重要作用,故我们以反映冬小麦全生育期总的水分供需平衡值 K 为指标 ($K = 1 - R / ET_m$),按造成不同减产程度 5% ~ 10%、10% ~ 20%、20% ~ 30%、>30% 的水分亏缺值,确定冬小麦整个生育期干旱强度指标(见表 1)。按表 1 统计出各地不同干旱强度发生的频率。

表 1 冬小麦全生育期干旱强度指标

缺水率 K	0.2 ~ 0.3	0.31 ~ 0.5	0.51 ~ 0.7	≥ 0.7
干旱等级	小	中	重	严重

1.1.3 冬小麦干旱灾损率

冬小麦干旱灾损率可表示为全生育期不同强度干旱频率和与之对应的平均减产率的乘积,即

$$G = \sum P_i \cdot Q_i \quad (1)$$

式中 P 为一定干旱强度频率, Q 为对应各强度的平均减产率, i 为干旱强度等级。据式 (1) 计算出全省各县冬小麦全生育期干旱灾损率(图略)。灾损率分布趋势自南向北增加,其走势与降水分布趋势大致相同,即在南北分布总趋势制约下,又呈径向分布特征。陕南秦巴山地除凤县、商洛地区(10% ~ 16%)外,为全省低值区,灾损率 < 5%。秦岭以北呈径向分布,除沿秦岭北坡一带各县 < 5%外,自西向东逐次递增,在渭北旱塬东部的富平、蒲城、澄城、韩城,往北至冬麦种植北界的吴旗、志丹、安塞、延安灾损率达 20% ~ 30%。沿黄西岸各县为全省灾损率高值区,达 30% 以上。

1.2 易灾性分析

承灾体易损性和其密度及该地区农业生产水平有关。一般而言,承灾体密度愈高,抵

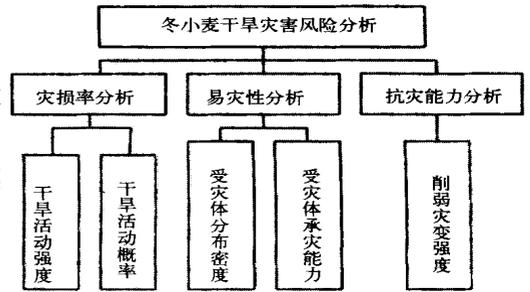


图 1 冬小麦干旱风险评价示意图

御干旱的能力越差,易损性愈高,风险也就越大;而经济发达、生产水平较高地区其灾后承灾体的恢复能力相对较强,承灾力亦较强,因而易损性减少,风险相应就小。冬小麦易损性指数

$$Y = S \cdot (1 - L) \quad (2)$$

式中 S 为一地冬小麦种植比例,即冬小麦播种面积占总耕地面积百分比。 L 为当地冬小麦承灾能力,以其产量水平表示,即 $L = \text{平均产量} / \text{全省最高产量}$,反映了该地区农业生产水平和对灾害的反应程度。

以各县 20 世纪 90 年代冬小麦种植比例和平均产量与全省最高单产的比值,计算出各县易灾性指数 Y 。其分布在宜君、黄龙以北的陕北,关中平原的大荔、泾阳、乾县、扶风、武功、兴平、渭南,汉江河谷及秦巴山区是易灾指数 $< 20\%$ 低值区。其余地区易灾指数在 30% 以上,尤其是商洛地区及渭北旱塬的韩城、白水、铜川、耀县、凤翔、麟游、永寿及太白,凤县易灾指数均在 40% 以上。

1.3 抗灾能力分析

对冬小麦干旱灾害而言,抵御或削弱干旱灾害的主要农业措施是灌溉工程是否完善,干旱能否成灾及成灾程度与当地灌溉条件和能力直接相关。我们以一地灌溉面积占耕地面积的百分比来表示防灾有效度,即

$$Z = \text{灌溉面积} / \text{耕地面积} \cdot 100\% \quad (3)$$

式中 Z 表示抗灾能力。据式(3)计算出各县 20 世纪 90 年代 Z 值,据其分布情况,灌溉条件最好地区在关中平原中心地带,其灌耕比达 80% 以上,关中平原其他地区亦在 $50\% \sim 80\%$ 左右。防灾力度最薄弱地区为陕北,灌耕比不足 10% ,秦巴山区因年降水在 800 mm 以上,属非灌溉农业区,在正常气候条件下自然降水足以满足冬小麦生长需要,因而灌溉面积不大,其灌耕比小于 10% 。

2 陕西省冬小麦干旱风险区划

2.1 区划指标及分级

如前所述,陕西省干旱对冬小麦产量的影响各地差异较大,且易灾性、抗灾能力的地域差异亦较明显。由于灾害风险是致灾事件的强度、频率与对该类致灾因子敏感的承灾体相互作用的结果,因此,我们以能综合体现风险程度三要素的风险指数作为区划指标,它和干旱损失率、易灾性指数及防灾的不充分程度的乘积有关。即

$$F = G \cdot Y \cdot (1 - Z) \quad (4)$$

式中 F 为灾害风险指数($\%$)。将已求出的各县干旱灾损率、20 世纪 90 年代易损性指数和抗灾能力值代入式(4),即可求得在当前冬小麦种植状况及生产水平条件下的风险指数值。在地理信息系统(City Star 3.0)中,将计算出的风险指数值给各县属性码赋值,以风险指数为指标,按自然灾害风险等级划分标准(表 2),对各县属性值进行分级、赋色,使得

表 2 风险等级划分标准

级别	轻度风险	中度风险	重度风险	特重度风险
风险指数	< 1.0	$1.0 \sim 3.0$	$3.1 \sim 6.9$	≥ 7.0



图 2 陕西省冬小麦干旱风险区划

到陕西省冬小麦干旱风险程度空间分布图(图 2)。

2.2 分区评述

I 区 特重度风险区 该区风险指数 $\geq 7.0\%$ 。它包括渭北旱塬东北部的耀县、铜川、白水、澄城、韩城及沿黄河西岸的宜川、延长、延川、清涧等县及凤县。本区降水除凤县为 600 mm 以上,其他均在 450 ~ 600 mm。春旱和秋冬春连旱是制约本地区冬小麦产量的主要气象灾害。因其发生频率高、强度大,灾损率在 20% ~ 35%。同时其灌溉条件极差,是全省最低的地区,灌溉率黄河西岸几个县及凤县不足 4.0%,耀县、白水也只有 23.0%左右。同时其农业生产水平较低,产量水平仅为 35%左右,而其种植比例渭北 5 县和凤县在 60%以上,因而易灾指数达 40%以上。所以干旱风险是全省最大地区。

本区防灾减灾对策应以防旱抗旱为主,发展节水灌溉如喷、滴灌措施等。对不能灌溉的旱地,除应采取一系列保墒措施,提高自然水分利用率,还可采用化学措施抗御干旱。对陕北沿黄一带则应减少冬小麦种植面积。

II 区 重度风险区 本区风险指数 3.1% ~ 6.9%,它涉及的范围最广,包括整个渭北旱塬、陕北黄土高原丘陵沟壑区、关中东部的华阴、潼关及商洛地区大部。春旱及秋冬春

连旱是影响该地区冬小麦生产的主要灾害。比较而言,旱塬东部风险更大,其风险指数在 5.0% 以上。旱塬东部干旱发生的频率多,且强度较大,其灾损率同陕北甘泉以北一样可达 20%~30%,旱塬西部、陕北延安以南地区灾损率为 10%~20%,商洛大部地区灾损率为 5%~10%。本区抗灾能力-灌溉水平东部地区略好,一般 30%~40%;旱塬西部的陇县、千阳及商洛地区为 10%~20%,其余地区不足 10%。产量水平一般 30%~40%,易灾指数渭北旱塬、商洛地区均在 40% 以上。由于冬小麦是本区主要粮食作物(陕北除外),种植比例在 50% 以上,故提高农业生产水平、改善灌溉条件,提高有效灌溉率是降低本地区干旱风险、保证冬小麦稳产高产的主要措施。对陕北黄土高原丘陵沟壑区,因其特殊地理环境限制,应缩减冬小麦种植面积。

III 区 中度风险区 本区风险指数 1%~3%。其范围较小,主要包括关中平原东部的大荔、华县、临潼、渭南、兰田,西部的宝鸡市、宝鸡县、太白、凤翔、岐山、乾县、礼泉;安康地区的旬阳、白河,商洛地区的商南。本区秦岭以北以春旱及秋冬春连旱为主,秦岭以南以春旱为主。干旱减产率一般在 10% 以下。大荔灾损率虽达 24%,但因其灌溉水平高(76.2%),且产量水平达 55%,使其风险大大降低。其他地区灌溉率一般为 30%~40%,关中东部几个县达 70% 左右。本区产量水平 40%~70%,因其农业生产水平较高,且抗灾能力相对较强,这便降低了遭受干旱的风险程度,使其风险度为中等偏低水平。

IV 区 轻度风险区 该区风险指数 <1.0%。它包括关中平原中心地带的扶风、武功、兴平、咸阳、户县、泾阳、三原、高陵,陕南汉江河谷地带及秦巴山区中低山区各县。关中平原中心区各县为陕西省冬小麦稳产高产区。尽管该地区干旱损失率 15%~20%,但因灌溉率高,一般在 80% 以上,其中高陵为 99.6%,而灌溉面积与冬小麦播种面积之比均大于 100%,同时大于 60% 的产量水平亦是全省最高,这使该地区防灾减灾能力大大增强,因而干旱风险度为全省最小地区,其风险指数 <1%。秦巴山区因年、季降水较充沛,虽然春旱时有发生,但其频率、强度都是全省最小地区,尽管其灌溉水平不高,风险值仍小于 1%,干旱风险亦为全省最低。陕北长城沿线一带,虽然干旱发生的频率和强度为全省之最,但因其自 20 世纪 90 年代后,冬小麦播种面积不足耕地面积 5%,部分县在 1% 以下,或仅有零星种植,故基本无风险。

3 结果和讨论

(1) 不同强度农业干旱发生的概率是评价一地干旱对作物产量影响的主要依据之一。陕西省冬小麦种植区因干旱而造成的减产率,其分布趋势在纬向上从南向北增大,径向上自西向东增加。陕北沿黄河西岸一带、渭北旱塬东部地区为灾损率最大区,可达 30% 左右。

(2) 对冬小麦干旱灾害风险分析,是通过对历史灾害分析(干旱发生的强度和频率),承灾体易损性(冬小麦种植比例和当地的产量水平)和防灾的有效度(灌溉比率)三者综合考虑来实现的。由于各地冬小麦种植比例、生产水平、抗旱能力不同,干旱所造成的损失不同,因而冬小麦生产风险度也不相同,且差异较大。关中灌区尽管灾损率在 15%~20%,但因其灌溉水平高,且农业生产水平亦是全省最高地区,因而干旱风险为全省最小地区。对应陕南商洛地区和凤县,尽管其灾损率 <15%,但灌溉水平较低,且农业生产水

平亦不高,所以干旱风险是全省较大地区。风险分析是一种较为客观的评价灾害风险程度的分析方法。实际上,冬小麦旱灾风险的空间分布不仅与灾损率有关,还与承灾体易损性和对灾害的应对能力密切相关。

(3) 由于资料限制,本文仅从冬小麦全生育期缺水率对产量的影响进行了讨论。如何利用现有资料对不同发育阶段干旱灾害对产量的影响进行定量分析,还有待进一步改进。同时,风险分析涉及到自然与社会经济系统诸多方面因素,是十分复杂的问题,本文关于承灾体易灾性和抗灾能力的分析还很有限,有待今后更深入的研究。

参 考 文 献

- 1 娄秀荣,王石立. 华北地区冬小麦干旱风险度评估的初步研究. 华北农业干旱研究进展. 北京:气象出版社,1997. 119~125.
- 2 国家科委,国家计委,国家经贸委自然灾害综合研究组编著. 中国自然灾害区划研究进展. 北京:海洋出版社,1998. 110~136.

THE DROUGHT RISK ASSESSMENT AND DIVISION OF WINTER WHEAT IN SHAANXI PROVINCE

Zhu Lin Ye Dianxiu Chen Jianwen Guo Zhaoxia Li Meirong
(*Research Institute of Meteorological Science, Shaanxi Province, Xi'an 710015*)

Abstract

Based on the risk analysis principles of nature disasters, the reduction probability of winter wheat yield resulting from drought hazard during whole growing season, combined with the density of damaged system and level of production, and the capability of drought-resistant in every counties are discussed. The GIS-based drought risk division of winter wheat in Shaanxi Province is made according to the grading standards using the risk indexes as division target.

Key words: Winter wheat Drought hazard Risk division Geographical Information System