

陇东地区主要农作物干旱灾损风险分析及区划

杨小利^{1,2}, 吴颖娟², 王丽娜², 曾继荣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 甘肃省平凉市气象局, 甘肃 平凉 744000)

[摘要] **【目的】**研究陇东地区冬小麦和春玉米种植的干旱风险, 为指导该区农业生产的合理布局 and 有效地进行防灾减灾提供科学依据。**【方法】**从陇东主要农作物产量灾损角度出发, 利用作物产量资料和气象资料, 对历史干旱灾损情况(干旱分布、干旱发生强度和频率、干旱灾损分布)、受灾体种植面积比例和当地产量水平等方面进行综合分析, 建立干旱灾损风险评估模型, 确立综合区划指标, 并进行干旱灾损风险区划。**【结果】**陇东多数县(区)冬小麦、春玉米因旱减产率大于 20% 的年份分别超过 20% 和 14%; 冬小麦、春玉米生育期间各类干旱发生频率分别为 53%~94% 和 34%~80%; 环县是陇东地区干旱发生最多, 重度、极重度干旱发生频率最高的地区, 冬小麦、春玉米干旱灾损率最大值均在环县, 分别大于 30% 和 20%; 根据标准化风险指数将陇东冬小麦、春玉米种植区域分为低、中、较高和高 4 个风险区, 对应的标准化风险指数(E_i)冬小麦分别为: $E_i \leq 0.1$, $0.1 < E_i \leq 0.3$, $0.3 < E_i \leq 0.5$, $E_i > 0.5$, 春玉米分别为: $E_i \leq 0.2$, $0.2 < E_i \leq 0.5$, $0.5 < E_i \leq 0.7$, $E_i > 0.7$ 。**【结论】**陇东冬小麦和春玉米干旱风险分布自南向北逐渐增加, 呈纬向分布; 陇东北部是高风险区, 中北部是较高风险区, 中南部是中度风险区, 东南部是低风险区。

[关键词] 陇东地区; 冬小麦; 春玉米; 干旱灾损; 风险区划

[中图分类号] S423

[文献标识码] A

[文章编号] 1671-9387(2010)02-0083-08

Risk assessment and division of loss caused by drought for main crops in Longdong of Gansu Province

YANG Xiao-li^{1,2}, WU Ying-juan², WANG Li-na², ZENG Ji-rong²

(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 Pingliang Meteorological Bureau, Pingliang, Gansu 744000, China)

Abstract: **【Objective】**The drought risk of main crops in different areas of Longdong was studied to provide science gist for making rational distribution of planting to reduce loss of disasters effectively. **【Method】**Based on the crops' yield loss caused by drought, using the long term yield data of main crops and meteorological data in Longdong area, the loss in history caused by drought (drought distribution, intensity and frequency, and distribution of loss caused by drought), percentage of planting area and local yield level of crops, etc. were analysed. **【Result】**There were more than 20% and 14% years respectively in most areas of Longdong in which the yield reduction caused by drought was more than 20%; The frequency of various types of drought occurred during the growth period of winter wheat and spring corn was 53%—94% and 34%—80% respectively. Huanxian was the place where the frequency of drought, especially that of the severe and extreme drought, was the highest; The maxium of loss rate in Longdong caused by drought appeared in Huanxian too, which was more than 30% and 20% respectively; According to the comprehensive

* [收稿日期] 2009-07-02

[基金项目] 国家科技部公益行业(气象)科研专项“西北地区旱作农业对气候变暖的响应特征及其预警和应对技术研究”(200806065); 甘肃省气象局第四批“十人计划”共同资助项目

[作者简介] 杨小利(1967—), 女, 陕西凤翔人, 高级工程师, 硕士, 主要从事应用气象及干旱气候变化与干旱监测研究。

risk division index, Longdong was divided into 4 risk areas: the lowest, the moderate, the higher and the highest, and the corresponding risk index of winter wheat was $E_i \leq 0.1$, $0.1 < E_i \leq 0.3$, $0.3 < E_i \leq 0.5$ and $E_i > 0.5$ respectively, and the corresponding risk index of spring corn was $E_i \leq 0.2$, $0.2 < E_i \leq 0.5$, $0.5 < E_i \leq 0.7$ and $E_i > 0.7$ respectively. 【Conclusion】 The results indicated that both risk distribution of loss caused by drought for winter wheat and spring corn increased from south to north. North of Longdong was the highest area, middle and north the higher area, and middle and south the moderate area, while the lowest area was located in south of Longdong.

Key words: Longdong; winter wheat; spring corn; drought loss; risk division

陇东黄土高原地处黄土高原残塬沟壑区,是西北内陆典型旱作农业区,该区冬小麦、春玉米种植面积占耕地面积的 50% 以上,由于降水量少且时空分布不均,干旱频繁发生,农作物产量年际间波动较大,干旱是制约当地农业生产最主要的气象灾害。近年来,随着全球气候变暖,干旱的发生频次和程度呈现逐年上升的趋势^[1-2],给这一地区农业生产带来很大威胁。

近年来,国内外科研人员在干旱灾害风险评估及区划方面进行了一些研究,并取得了一定成果。1997 年,王石立等^[3]对华北冬小麦的干旱风险进行了初步评估;王素艳等^[4]估算并评估了北方冬小麦的干旱风险区划;刘荣华等^[5]构建了华北冬小麦灾损风险评估模型,并进行了灾损风险区划;王晓红等^[6]对灌区的干旱风险评估模型进行了研究;朱琳等^[7]对陕西省冬小麦干旱风险进行了分析和区划。以上研究所分析的区域大多是具有灌溉条件的地区,与以旱作农业为主的陇东地区的农业生产条件相差较远。另外,近年来虽然围绕陇东的干旱开展了一些研究工作^[8-10],但大多局限于对干旱的监测、预测和干旱发生一般规律的分析,而对这一地区作物的干旱风险区划未曾涉及。为此,本研究通过分析冬小麦、春玉米这 2 种主要农作物的历史产量资料和相应的气象资料,综合考虑多种因素,建立了适用于陇东地区的干旱灾损风险评估模型,并进行了风险分析和区划,以期为该地区农业生产的合理布局、趋利避害及有效地进行防灾减灾工作提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 资料来源

农作物产量资料来自于甘肃省平凉市和庆阳市统计局,为 1965—2000 年冬小麦、春玉米的单位面积产量资料。气象资料来源于甘肃省气象局气象档案馆。

1.2 农作物因旱减产程度的计算

农作物因旱减产程度采用 5 年滑动平均拟合趋势产量资料,从历年实际产量中分离出气象产量,计算相对气象产量百分率:

$$y_f = \frac{y_w}{y_t} \times 100\% = \frac{y - y_t}{y_t} \times 100\% \quad (1)$$

式中: y_f 为相对气象产量百分率(%), y_w 为气象产量, y_t 为趋势产量, y 为实际产量。

1.3 干旱指标的计算

陇东多数地区冬小麦在 9 月中下旬播种,次年 6 月下旬至 7 月上旬成熟;春玉米在 4 月下旬至 5 月上旬播种,9 月中下旬成熟。作物生育期间所需水分主要来自于生育期内降水,考虑到作物生长与其生长时段内的水分供需满足程度密切相关,故选择作物缺水指数作为干旱指标:

$$D_w = \frac{W - W_r}{W_r} \times 100\% \quad (2)$$

式中: D_w 为某一时段作物缺水指数(%), W 为某一时段内作物可供水量, W_r 为同期作物需水量。陇东地区作物可供水量即为全生育期降水量,作物需水量以全生育期作物最大需水量 ET_m 表示:

$$ET_m = K_c \cdot ET_0 \quad (3)$$

式中: ET_0 为潜在蒸散量, K_c 为作物系数。统计各县逐旬的风速、气温、日照、相对湿度等指标,利用 1990 年 FAO 推荐的 Penman-Monteith 公式计算 ET_m 。参照文献[11],将冬小麦、春玉米需水规律划分为 4 个相应的发育阶段,冬小麦分为苗期—返青、返青—开花、开花—乳熟、乳熟—成熟,春玉米分为播种—出苗、出苗—抽雄、抽雄—乳熟、乳熟—成熟,通过插值法得到作物在不同生育时期的 K_c 值。作物全生育期需水量 ET_M 可由各生育阶段的需水量值累加得到,即:

$$ET_M = \sum_{i=1}^n ET_{mi} \quad (4)$$

式中: i 为第 i 个发育期, n 为全生育期所含发育期个数。

1.4 干旱灾损率的计算

干旱灾损率与不同干旱等级下的减产率强度及其发生频率有关:

$$Q=\sum_{j=1}^mJ_jp_j。$$
 (5)

式中:Q 为干旱灾损率,J_j 为第 j 种干旱下的平均减产率,p_j 为第 j 种干旱出现的频率,m 为干旱等级总数。

2 结果与分析

2.1 陇东地区主要农作物干旱灾损风险分析

2.1.1 干旱分布 由于陇东地区地形复杂、山地面积大,受地形、地势的影响,形成了随地形分割的不规则气候区,地方气候和小气候差异较大,因而各地干旱灾害的分布和影响差异较大。陇东北部山区年降水量在 400 mm 左右,年内降水分布极不均匀,干旱最为严重;中北部地区降水量在 420~500 mm,干旱发生也较为频繁;中南部地区年降水量 500~600 mm,作物生长期间光、温、水匹配相对较好,干旱影响相对较轻,是陇东地区农业生产最佳区域;东南部子午岭林区和西南部的关山林区降水量在 600 mm 左右,干旱影响相对较轻,但由于是阴湿山区,热量条件较差,更适于发展林业和种植中药材。由于降水时段分布不均,陇东一年四季均有可能发生干旱,根据出现季节不同,可分为春旱、伏旱、春末初夏旱、初秋旱、秋旱、冬旱,其中以春旱、伏旱发生最为频繁,时间最长,成灾最重。

2.1.2 因旱减产情况 干旱是影响陇东地区作物产量最主要的气象灾害,其对农作物的影响主要表

现为作物的正常发育受到影响并最终导致减产。由式(1)计算的相对气象产量百分率剔除了社会经济因素、耕作水平等的影响,能够反映出气象因素对作物产量的影响。将相对气象产量为负值的年份定义为减产年,对应的相对气象产量百分率为减产率,其可反映受干旱影响的作物在全生育期的减产程度,负值越大,产量受干旱影响减产率越大。本研究利用陇东 15 个县(区)1965—2000 年的冬小麦、春玉米产量资料,计算其减产率,并将减产率分为 4 个等级:−10%~−5%,−20%~−10%,−30%~−20%,<−30%,分别对应轻旱、中旱、重旱、特旱等 4 种强度的干旱。分别统计各县(区)1965—2000 年冬小麦和春玉米在不同强度干旱等级下的平均减产率及不同强度干旱等级减产的出现频率,结果发现,大多数地方冬小麦和春玉米减产率大于 5%的年份在 40%以上,其中多数县(区)冬小麦、春玉米减产率大于 20%的年份分别超过 20%和 14%;减产率低于 30%时,各地减产强度差别不大,但当减产率大于 30%时,减产强度差异较大,如冬小麦减产强度最大的镇原县,减产率大于 30%的平均减产强度为 59.9%,而最低的华亭县则为 37.5%;总体而言,东部减产频率及强度均大于西部。

2.1.3 干旱发生频率 由式(2)−(4)计算各县(区)逐年作物全生育期的缺水指数 D_w,按照造成陇东地区农作物不同强度减产所对应的 D_w 的分布情况,确定该作物全生育期的干旱强度等级,结果见表 1。依照表 1,计算陇东各县(区)不同等级干旱的发生频率,结果见表 2。

表 1 陇东地区冬小麦和春玉米全生育期干旱指标

Table 1 The drought intensity index during the growing period of winter wheat and spring corn in Longdong

干旱等级 Drought degree	冬小麦缺水指数(D _w) Water deficiency index for winter wheat	春玉米缺水指数(D _w) Water deficiency index for spring corn	干旱等级 Drought degree	冬小麦缺水指数(D _w) Water deficiency index for winter wheat	春玉米缺水指数(D _w) Water deficiency index for spring corn
轻度 Light	0.15~0.31	0.10~0.25	重度 Severe	0.46~0.55	0.36~0.45
中度 Middle	0.31~0.46	0.26~0.35	极重度 Extreme	>0.55	>0.45

由表 2 可以看出,陇东各县(区)冬小麦全生育期各级干旱发生的频率在 53%~94%,其中崆峒、静宁、庆城、华池、环县干旱发生频率在 90%以上,发生频率最低的华亭为 53%,重度以上干旱发生频率≥20%的有 9 个县,其中环县高达 67%;春玉米全生育期各级干旱发生的频率低于冬小麦,在 34%~80%,发生频率≥50%的有 8 个县(区),其中环县最高,达 80%,华亭最低,为 34%;重度以上干旱发生频率≥20%的有 8 个县,其中环县高达 49%。可见,陇东冬小麦、春玉米生育期间多数县

(区)干旱频繁发生,而且在发生的干旱中,重度、极重度干旱占相当大的比例;陇东北部的环县紧邻毛乌素沙漠,是陇东地区干旱发生最多,重度、极重度干旱发生频率最高的地方。

2.1.4 干旱灾损的分布 由式(5)分别计算陇东各县(区)冬小麦、春玉米全生育期的干旱灾损率,绘制其分布图。由图 1 和 2 可以看出,冬小麦干旱灾损率呈现由南向北、自西向东增加的分布趋势,干旱灾损率最大值出现在环县北部(大于 30%),最小值则出现在关山南部及子午岭东部区域(小于 10%),中

部多数区域干旱灾损率在 10%~20%;春玉米干旱灾损率总体小于冬小麦,地理分布也呈现出相似的由南向北增加的趋势,最大值仍在环县(大于 20%),华亭南部、正宁、宁县、合水的东部等灾损率小于 5%,其余县(区)在 5%~20%。干旱灾损率分布与降水量分布趋势大致相同。

表 2 陇东地区冬小麦和春玉米不同等级干旱的发生频率

Table 2 Frequency of different drought degrees for winter wheat and spring corn in Longdong

干旱等级 Drought degree	冬小麦 Winter wheat														
	崆峒 Kong tong	华亭 Hua ting	泾川 Jing chuan	灵台 Ling tai	崇信 Chong xin	静宁 Jing ning	庄浪 Zhuang lang	西峰 Xi feng	庆城 Qing cheng	镇原 Zhen yuan	宁县 Ning xian	正宁 Zheng ning	合水 He shui	华池 Hua chi	环县 Huan xian
轻度 Light	0.22	0.22	0.25	0.19	0.23	0.14	0.39	0.19	0.28	0.19	0.33	0.39	0.19	0.20	0.06
中度 Middle	0.33	0.14	0.25	0.25	0.31	0.31	0.33	0.39	0.31	0.31	0.25	0.22	0.38	0.17	0.22
重度 Severe	0.25	0.17	0.08	0.11	0.20	0.33	0.14	0.14	0.19	0.25	0.08	0.06	0.09	0.31	0.11
极重度 Extreme	0.11	0.00	0.17	0.00	0.09	0.17	0.03	0.08	0.17	0.11	0.03	0.03	0.03	0.23	0.56
合计 Total	0.92	0.53	0.75	0.56	0.83	0.94	0.89	0.81	0.94	0.86	0.69	0.69	0.69	0.91	0.94

干旱等级 Drought degree	春玉米 Spring corn														
	崆峒 Kong tong	华亭 Hua ting	泾川 Jing chuan	灵台 Ling tai	崇信 Chong xin	静宁 Jing ning	庄浪 Zhuang lang	西峰 Xi feng	庆城 Qing cheng	镇原 Zhen yuan	宁县 Ning xian	正宁 Zheng ning	合水 He shui	华池 Hua chi	环县 Huan xian
轻度 Light	0.23	0.17	0.20	0.20	0.26	0.17	0.11	0.11	0.17	0.11	0.26	0.20	0.13	0.09	0.17
中度 Middle	0.11	0.17	0.20	0.09	0.09	0.14	0.14	0.14	0.09	0.17	0.09	0.14	0.19	0.09	0.14
重度 Severe	0.09	0.00	0.09	0.06	0.15	0.20	0.11	0.11	0.14	0.20	0.09	0.03	0.06	0.15	0.23
极重度 Extreme	0.11	0.00	0.06	0.06	0.06	0.09	0.03	0.09	0.14	0.03	0.06	0.00	0.00	0.06	0.26
合计 Total	0.54	0.34	0.54	0.40	0.56	0.60	0.40	0.46	0.54	0.51	0.49	0.37	0.39	0.38	0.80

2.1.5 受灾体种植面积比例 干旱对作物影响的受灾体即为各种作物。干旱灾害造成的损失程度与不同作物的种植面积有关,作物种植面积越大,受灾体密度越大,发生干旱时的损失也越大。以某一作物种植面积占耕地面积的比例表示受灾体种植面积比例,各县(区)冬小麦、春玉米受灾体种植面积比例见表 3。由表 3 可知,陇东地区冬小麦种植面积比

例除华亭、崇信、静宁、庄浪、镇原、宁县外,均在 40%以上,其中华池比例最大(55.6%),宁县最小(29.2%);春玉米种植面积比例除静宁、庆城、宁县、环县外,均在 12%以上,其中华亭比例最大(25.8%),环县最小(7.4%)。各地冬小麦种植面积远大于春玉米,是最主要的农作物。

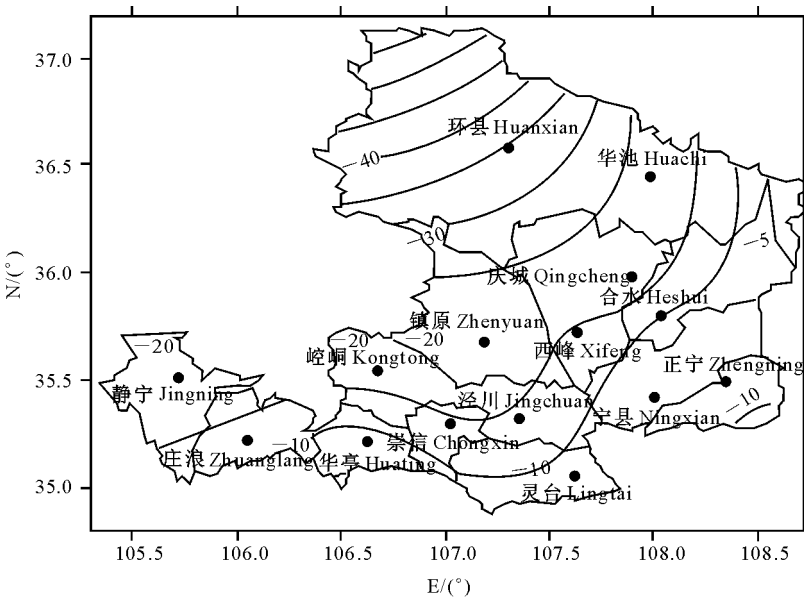


图 1 陇东地区冬小麦干旱灾损率(%)的分布
Fig. 1 Distribution of loss rate (%) caused by drought of winter wheat in Longdong

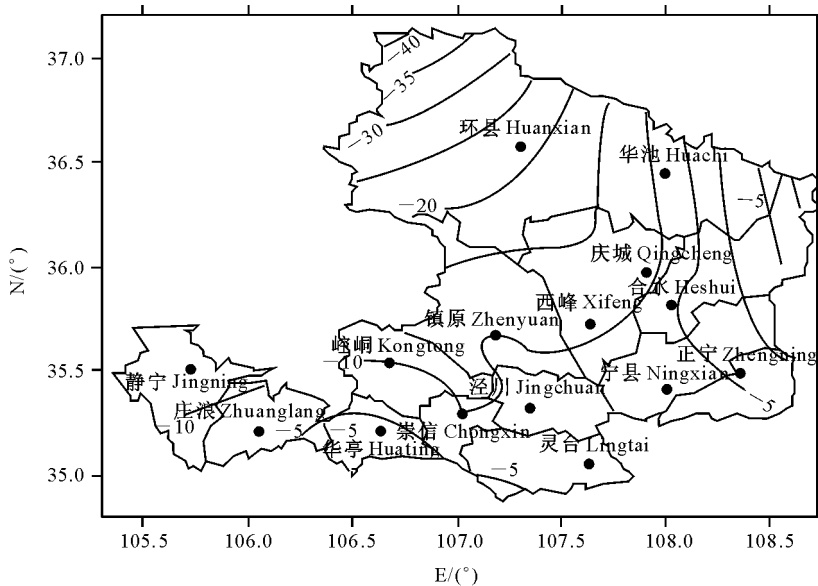


图 2 陇东地区春玉米干旱灾损率(%)的分布
Fig. 2 Distribution of loss rate (%) caused by drought of spring corn in Longdong

表 3 陇东各县(区)冬小麦和春玉米受灾体种植面积比例

Table 3 The percentage of planging area for winter wheat and spring corn in Longdong															%
作物 Crop	崆峒 Kong tong	华亭 Hua ting	泾川 Jing chuan	灵台 Ling tai	崇信 Chong xin	静宁 Jing ning	庄浪 Zhuang lang	西峰 Xi feng	庆城 Qing cheng	镇原 Zhen yuan	宁县 Ning xian	正宁 Zheng ning	合水 He shui	华池 Hua chi	环县 Huan xian
冬小麦 Winter wheat	44.4	38.5	50.4	44.5	39.0	35.3	38.0	50.1	50.9	32.5	29.2	44.3	40.1	55.6	45.2
春玉米 Spring corn	14.7	25.8	14.2	16.1	16.1	10.1	12.5	12.6	8.7	12.3	10.8	15.4	17.1	13.4	7.4

2.1.6 抗灾能力 灌溉是抵御干旱最主要的手段之一,但陇东地区地处半干旱地区,多数县(区)灌溉面积不足耕地面积的 10%,且各地所占比例相差不大,在大面积干旱情况下,灌溉所起作用甚小,因此在抗灾能力中可忽略不计。生产水平可反映当地农业生产的科学合理程度及抵御灾害的能力,故本研究以生产水平表示抗灾能力的大小。生产水平以当地多年平均产量与同一气候区最大产量之比表示:

$$M=Y/Y_m。$$
 (6)

式中: M 表示生产管理水平和, Y 为多年平均产量, Y_m 为最大产量。

陇东地区冬小麦生产水平好的在 60% 以上,差的在 40% 左右;春玉米生产水平好的在 40% 以上,差的在 20%~30%,中东部生产水平相对较高。

2.2 陇东地区主要农作物干旱灾损的风险区划

2.2.1 区划指标 影响陇东地区主要农作物产量的最主要的气象灾害是干旱,由于地理地形复杂,气候条件也有一定差别,干旱对各地的影响程度差异较大。为了能客观评估各地不同作物的干旱灾损风险,应综合考虑干旱强度的风险水平、产量灾损风险程度以及抗灾能力等因素^[12],各因素之间既各自独

立,又相互关联,因此选择作物全生育期干旱灾损率、受灾体种植面积比例、生产水平等作为区划指标,计算干旱灾损风险指数 E :

$$E=Q \cdot S \cdot (1-M)。$$
 (7)

式中: Q 为作物干旱灾损率, S 为受灾体种植面积比例, M 为生产管理水平和。

为使区划指标便于比较,对 E 值进行极差标准化,使其处于 0~1,即:

$$E_i=(E-E_{min})/(E_{max}-E_{min})。$$
 (8)

式中: E_i 为标准化后的风险区划指标, E_{max} 、 E_{min} 分别为干旱灾损风险指数的最大值和最小值。

根据标准化后的灾害风险指标值的分布情况,将陇东冬小麦、春玉米的干旱风险分别划分为 4 个等级(表 4),根据区划指标分别绘制综合风险区划图(图 3,4)。

2.2.2 冬小麦风险分区评述 I 区(低风险区)。标准化风险指数 $E_i \leq 0.1$,包括静宁、庄浪南部、华亭、灵台、崇信南部、泾川东部、镇原东南部、西峰南部、华池东部、合水、宁县和正宁。该区主要位于陇东南部,年降水量 500 mm 以上,冬小麦生育期间降水量在 300 mm 以上,是陇东降水条件最优越的地

区,干旱频率在 50%~70%,其中重度、极重度干旱在 9%~17%,干旱灾损率低于 15%。该区的关山两侧及子午岭等地虽然干旱风险指数低,但属于阴湿山区,种植冬小麦热量条件不足,低温、霜冻较为

严重,因而应以发展林草、中药材等种植业为主;其余地方水热条件充足,冬小麦种植水平较高,种植面积在 30%~45%。这些地方种植冬小麦的干旱风险在陇东地区最低,是陇东冬小麦种植的最佳区域。

表 4 陇东地区冬小麦和春玉米干旱风险等级划分标准

Table 4 The standard for drought risk division of winter wheat and spring corn in Longdong

序号 Serial number	等级 Degree	冬小麦风险指标 Risk index for winter wheat	春玉米风险指标 Risk index for spring corn
I	低风险区 The lowest area	$E_i \leq 0.1$	$E_i \leq 0.2$
II	中风险区 The moderate area	$0.1 < E_i \leq 0.3$	$0.2 < E_i \leq 0.5$
III	较高风险区 The higher area	$0.3 < E_i \leq 0.5$	$0.5 < E_i \leq 0.7$
IV	高风险区 The highest area	$E_i > 0.5$	$E_i > 0.7$

Ⅱ区(中风险区)。标准化风险指数 $0.1 < E_i \leq 0.3$,包括静宁、庄浪北部、崆峒、镇原南部、崇信北部、泾川西部、西峰和华池中部。该区处于陇东中部,为一个狭长区域,年降水量 420~500 mm,冬小麦生育期间降水量 250~300 mm,潜在蒸散量 410~450 mm。春旱和春末初夏旱是影响该区冬小麦生长的主要干旱,冬小麦生育期间干旱频率虽然多在 70%~80%,但重度、极重度干旱频率大为降低,减产强度相对较小,干旱灾损率为 15%~18%。尽管静宁等地降水不多,但冬小麦种植面积比例低,因而干旱风险相对较小,该区多数地方农业生产水平相对较高,是陇东冬小麦种植的主要区域。

Ⅲ区(较高风险区)。标准化风险指数为 $0.3 < E_i \leq 0.5$,包括华池西部、庆城南部、镇原和崆峒西北

部。该区面积相对较小,年降水量 440~460 mm,冬小麦生育期间降水量 250~260 mm,生育期间潜在蒸散量 430~450 mm。春旱、春末初夏旱、秋冬春连旱是影响该区冬小麦生长最主要的干旱,干旱频率达 70%~90%,其中重度、极重度干旱频率在 25%~50%,干旱灾损率 18%~21%。该区降水量虽然多于Ⅰ区,但降水时段分布不均,生育期间蒸发量大,加之农业生产水平较低,冬小麦种植面积达到 40%~50%,因此冬小麦生产风险仅次于Ⅳ区。该区应选用抗旱优良小麦品种,大力推广应用旱作农业新技术,改善灌溉条件,加强田间管理,提高冬小麦产量。对于该区偏北部风险较大的区域,应适当缩减冬小麦种植面积。

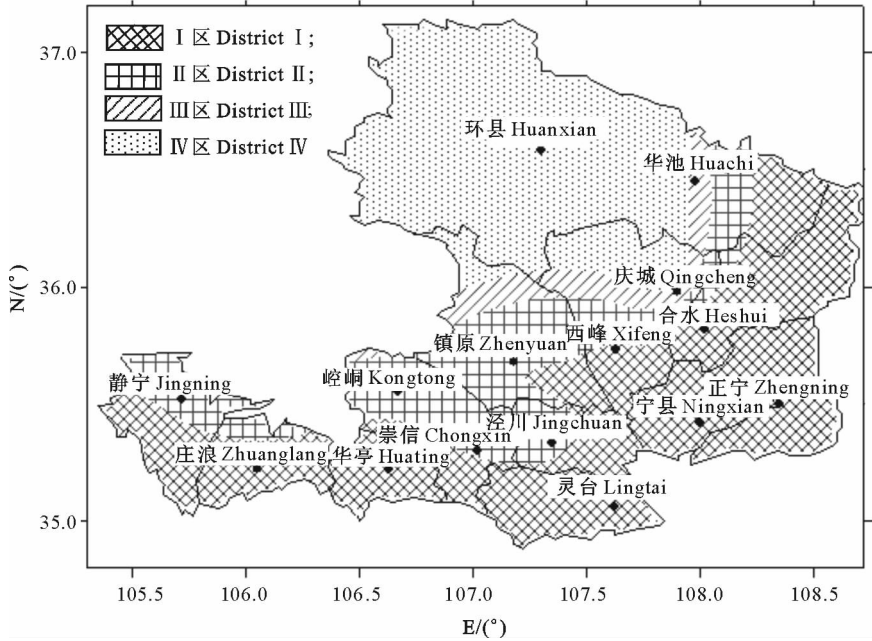


图 3 陇东地区冬小麦干旱风险区划

Fig. 3 Risk distribution of drought for winter wheat in Longdong

Ⅳ区(高风险区)。标准化风险指数 $E_i > 0.5$,包括环县、华池和庆城西北部。该区处于陇东北部毛

乌素沙漠边缘丘陵沟壑区,属温带大陆性半干旱气候,年降水量 150~460 mm,冬小麦生育期间降水

量少于 250 mm,农田潜在蒸散量为 450~500 mm。春旱、春末初夏旱、秋冬春连旱是影响该区冬小麦生长最主要的干旱,冬小麦生育期间几乎年年都会出现干旱,频率高达 90%以上,其中重度、极重度干旱频率在 50%以上,干旱灾损率在 30%以上。该区农业生产水平低,灌溉条件差,但由于受传统耕作方式影响,冬小麦种植面积仍占耕地面积的 45%~50%,因而是陇东地区冬小麦种植干旱风险最大的区域。该区应充分利用有限的灌溉资源发展以喷灌、滴灌为主的节水农业,同时要因地制宜,调整种植结构,扩大马铃薯及小杂粮种植面积,大力发展以紫花苜蓿为主的牧草种植,压缩冬小麦种植面积。

2.2.3 春玉米风险分区评述 I 区(低风险区)。

标准化风险指数 $E_i \leq 0.2$,包括静宁、庄浪南部、华亭大部、泾川、灵台东部、西峰区南部、华池东南部、合水大部、宁县和正宁等地,其中关山两侧及子午岭林区虽然水分条件好,但由于积温不足,不能种植春玉米。该区年降水量在 550 mm 以上,玉米生育期间降水量大于 400~450 mm,干旱频率达 30%~50%,其中重度、极重度干旱频率在 0~15%,玉米灾损率低于 5%,多数地方灌溉条件虽然并不优越,但降水条件较好,玉米种植面积约占 10%~17%,这些地方是陇东地区玉米种植干旱风险最小的区域。除关山及子午岭林区外,其余地方水热条件充足,玉米种植水平较高,是陇东春玉米种植的最佳区域。

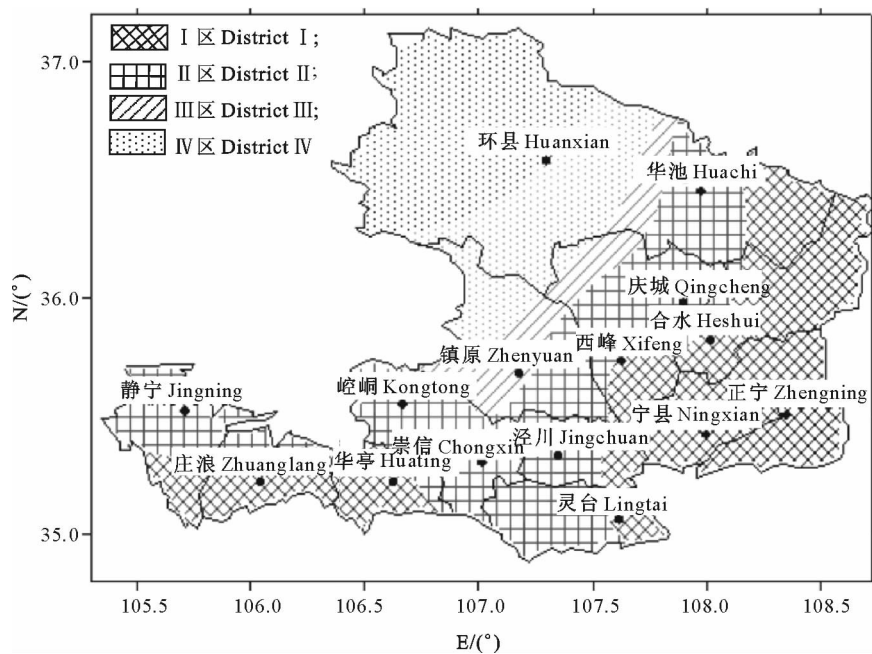


图 4 陇东地区春玉米干旱风险区划
Fig. 4 Risk distribution of drought for spring corn in Longdong

II 区(中度风险区)。标准化风险指数 $0.2 < E_i \leq 0.5$,包括静宁、庄浪北部、华亭西部、崆峒、崇信、泾川、灵台大部、镇原东南部、西峰、庆城、华池中部。该区面积较大,从西到东地理地形及气候有所差异,静宁、庄浪北部年降水量虽然只有 420~480 mm,玉米生育期间降水量 340~380 mm,但玉米种植面积仅占 10%~12%,因而风险指数较低;其他地区年降水量 480~550 mm,生育期间降水量为 380~420 mm,干旱频率达 40%~50%,其中重度、极重度干旱频率在 15%~20%,玉米灾损率在 15%左右,干旱风险相对较小,是陇东春玉米最主要的种植区域。该区要进一步加强田间管理,提高生产水平,发挥种植潜力。

III 区(较高风险区)。标准化风险指数为 $0.5 < E_i \leq 0.7$,包括镇原中西部、庆城北部和华池西部。该区所占区域面积最小,玉米生育期间降水量 360~370 mm,潜在蒸散量 450 mm 左右。玉米生育期间,干旱频率在 50%以上,其中重度、极重度干旱频率在 20%以上,玉米灾损率在 12%~15%,玉米种植面积约占 12%,干旱风险仅次于 IV 区。该区应大力推广全膜双垄覆盖等旱作农业新技术,加强田间管理,提高春玉米产量,干旱严重年份应适当缩减春玉米种植面积。

IV 区(高风险区)。标准化风险指数 $E_i > 0.7$,包括环县、镇原西北部和庆城西北的一小部分地区。该区玉米生育期间降水量在 150~360 mm,潜在蒸

散量为 450~500 mm。春旱、春末初夏旱和伏旱是影响该区玉米生长最主要的干旱,玉米生育期间干旱频率高达 80%以上,其中重度、极重度干旱频率在 50%左右,玉米灾损率在 20%以上。该区农业生产水平较低,灌溉条件差,玉米种植面积约占 7%,是陇东地区玉米种植干旱风险最大的区域,因而因地制宜,调整种植结构,大力发展草畜业,适当缩减春玉米种植面积。

3 结论与讨论

1) 选择作物全生育期干旱灾损率、面积比例、生产水平等作为区划指标,构建了干旱灾损风险指数,根据标准化后的灾害风险指数值,将陇东冬小麦、春玉米的干旱风险分别分为 4 个等级,能够较客观地反映出陇东地区主要作物的干旱风险程度。

2) 陇东冬小麦、春玉米干旱灾损风险区划结果表明,2 种作物风险分布自南向北逐渐增加的纬向分布趋势均较为明显,即高风险区在陇东北部,较高风险区在陇东中北部,中度风险区在陇东中南部,而低风险区位于陇东南部,这与灾损率分布有所差别;但其经向分布不明显。陇东西部静宁等地尽管灾损率值较高,但由于冬小麦、春玉米种植比例较低,因而仍属中度灾害风险区。关山林区及子午岭林区尽管干旱灾害风险低,但由于热量条件差,不适合种植冬小麦和春玉米。

3) 除北部的环县等地外,陇东多数地方属于冬小麦和春玉米的中度风险区或低风险区,春玉米中度风险区面积大于冬小麦,低风险区面积小于冬小麦。

4) 由于干旱灾害涉及到自然和社会经济因素等一系列复杂过程,因而对于干旱灾损的风险评价难度较大。本研究仅从影响干旱灾害的几个主要方面进行了分析和区划,而对作物不同生育阶段干旱对产量影响的风险程度、不同影响因素的权重、不同作物对干旱的敏感程度、干旱风险区划与热量区划的有机结合等问题,还有待于进一步研究。

[参考文献]

[1] 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):114-118.
Deng Z Y,Zhang Q,Yin X Z,et al. Response of drought damage to arid climae change [J]. Journal of Glaciology and Geocryology, 2007,29(1):114-118. (in Chinese)

[2] 刘德祥,董安祥,陆登荣. 中国西北地区近 43 年气候变化及其对农业生产的影响 [J]. 干旱地区农业研究,2005,23(2):195-201.
Liu D X,Dong A X,Lu D R. Climatic change of northwest China and its influence on agricultural production in recent 43

years [J]. Agricutural Research in the Arid Areas,2005,23 (2):195-201. (in Chinese)

[3] 王石立,娄秀荣. 华北地区冬小麦干旱风险评估的初步研究 [J]. 自然灾害学报,1997,6(3):64-68.
Wang S L,Lou X R. Primary study on risk assessment of drought for winter wheat in northern China [J]. Journal of Natural Disasters,1997,6(3):64-68. (in Chinese)

[4] 王素艳,霍志国,李世奎,等. 北方冬小麦干旱灾损风险区划 [J]. 作物学报,2005,31(3):267-274.
Wang S Y,Huo Z G,Li S K,et al. Risk regionalization of winter wheat loss caused by drought in North of China [J]. Acta Agronomica Sinica,2005,31(3):267-274. (in Chinese)

[5] 刘荣花,朱自玺,方文松,等. 华北平原冬小麦干旱灾损风险区划 [J]. 生态学杂志,2006,25(9):1068-1072.
Liu R H,Zhu Z X,Fang W S,et al. Risk regionalization of yield loss caused by drought for winter wheat in North China Plain [J]. Chinese Journal of Ecology,2006,25(9):1068-1072. (in Chinese)

[6] 王晓红. 灌区干旱风险评估模型研究 [J]. 水科学进展,2004,15(1):77-81.
Wang X H. Drought risk assessment model for irrigation region [J]. Advances in Water Science,2004,15(1):77-81. (in Chinese)

[7] 朱琳,叶殿秀,陈建文,等. 陕西省冬小麦干旱风险分析及区划 [J]. 应用气象学报,2002,13(2):201-206.
Zhu L,Ye D X,Chen J W,et al. The drought risk assessment and division of winter wheat in Shanxi Province [J]. Journal of Applied Meteorological Science,2002,13(2):201-206. (in Chinese)

[8] 杨小利,杨兴国,马鹏里,等. PDSI 在甘肃中东部地区的修正和应用 [J]. 地球科学进展,2005,20(9):1022-1028.
Yang X L,Yang X G,Ma P L,et al. Modification and applications of PDSI for mid and eastern Gansu Province [J]. Advance in Earth Science,2005,20(9):1022-1028. (in Chinese)

[9] 杨小利,刘庚山,杨兴国,等. 甘肃黄土高原主要农作物水分敏感性 [J]. 干旱地区农业研究,2006,24(4):90-93.
Yang X L,Liu G S,Yang X G,et al. The sensitivity of main crops to water shortage in Gansu Loess Plateau [J]. Agricutural Research in the Arid Areas,2006,24(4):90-93. (in Chinese)

[10] 杨晓华,白虎志,周志鹏. 甘肃伏旱指数特征及多层递阶方法预测 [J]. 干旱地区农业研究,2006,24(4):180-186.
Yang X H,Bai H Z,Zhou Z P. The character of index of arid dog days and multilayer hierarchical method for predetermination in Gansu Province [J]. Agricultural Research in the Arid Areas,2006,24(4):180-186. (in Chinese)

[11] Doorenbos J,Praitt W O. Crop water requirements [M]. Rome: FAO Irrigation and Drainage Paper,1997:24.

[12] 李世奎. 中国农业灾害风险评估与对策 [M]. 北京:气象出版社,1999.
Li S K. Risk assesment and countermeasures to Chinese agri-cultural disasters [M]. Beijing: Meteorological Press,1999. (in Chinese)