

## 基于旱灾指数的宁夏小麦产量分析

段晓凤<sup>1,2</sup>, 刘静<sup>1,2</sup>, 张晓煜<sup>1,2</sup>, 李红英<sup>1,2</sup>, 袁海燕<sup>1,2</sup>

(1. 宁夏气象防灾减灾重点实验室, 宁夏 银川 750002; 2. 宁夏气象科学研究所, 宁夏 银川 750002)

**摘要:**在分析历年旱灾情况的基础上,建立了反映土壤水分供应状况和降水状况的综合旱灾指数,并以此为框架构建了旱灾累计指数评估模型,可用于逐月监测、评估宁夏中部干旱带和南部山区各县冬小麦产量。结果表明,这些模型能够较准确地反映历年旱情和评估小麦产量,并且方法简便,适合于西北地区东部干旱监测与灾害评估。

**关键词:**旱灾指数;小麦;产量评估

**中图分类号:**P49:S16

**文献标识码:**A

宁夏处于西北地区东部的气候敏感带上,降水量少,降水季节、分布差异很大,干旱发生范围大,持续时间长,危害作物种类多。宁夏干旱主要发生在南部山区和中部干旱带。据1960~2000年自然灾害统计<sup>[1]</sup>,干旱灾害次数占总灾害的50%以上,50 a中共发生春旱43次,夏旱37次,秋旱28次。受旱严重地区干旱持续时间300 d以上。在其他自然条件相对稳定的情况下,确定宁夏干旱区旱灾指数进而得出冬小麦产量具有决定性意义。

在宁夏限制冬小麦生长的主要因素是干旱,因此找出其相应的干旱指标,是分析冬小麦产量的关键。判别干旱的程度有多种参数和指数,1965年Palmer提出了PDSI旱度指数<sup>[2]</sup>,但限于气象台站密度有限,其空间代表性不足;安顺清<sup>[3]</sup>、刘巍巍等<sup>[4]</sup>对其进行了修正,修正的PDSI基本上适合于我国100°E以东的地区<sup>[5]</sup>。20世纪美国干旱发生情况评价主要采用PDSI旱度指数,Palmer早在1965年就提出在干旱、半干旱气候区用PDSI进行评价存在不准确性<sup>[6]</sup>。1968年Palmer提出了基于每周资料的作物水分指数(CMI)用于农业干旱评价,该指数考虑了一周内作物蒸散亏缺或降水对蒸散需求和土壤水分补充<sup>[7]</sup>,美国农业部采用该指数用作监测评价短期作物旱情,Wilhite D A等认为CMI是非常适合评价作物生长季农业干旱的指数<sup>[8]</sup>。美国国家级干旱监测业务产品采用6个关

键指标和一些辅助性指标开展全国范围内干旱的监测<sup>[9]</sup>,分别是PDSI、CPC土壤湿度百分比(CPC/SM)<sup>[10]</sup>、USGS提供的逐日径流百分比、常年同时段降水距平百分率(3~12个月)<sup>[11]</sup>、标准化降水指数SPI<sup>[12]</sup>和遥感植被健康指数VT<sup>[13]</sup>。

1980年代,灾害损失研究多以人工控制条件和大田试验结合灾害资料统计分析,研究干旱灾害指标,建立干旱评价的数学模型,使干旱评价逐渐走向定量化<sup>[14-16]</sup>。随着3S技术和作物模型的发展,干旱灾害评估的精细化程度得到明显提高<sup>[17]</sup>。魏瑞江用降水与作物需水量的比值建立了河北旱灾的定量指标和评估方法<sup>[18]</sup>。宫德吉等<sup>[19]</sup>提出了“期望产量”的概念,李翠金<sup>[20]</sup>采用降水距平百分率和干旱指数确定了华北干旱等级,建立了受灾面积、成灾面积、经济损失评估模式。王石立<sup>[21]</sup>利用水分胁迫的后效性及作物不同发育阶段对水分胁迫的敏感性,研制出实际水分条件下的冬小麦生长模拟模式,并利用该模式对干旱进行了动态、客观评估。孙宁等<sup>[22]</sup>利用APSIM-Wheat模型的模拟结果评估了北京地区干旱造成的冬小麦产量风险。此外,赵鸿、陈海波<sup>[23-24]</sup>也进行了相关研究。刘静等曾研究了基于彭曼蒙泰斯与土壤水分收支计算作物水分亏缺系数的小麦产量评估模型,但限于山区缺乏土壤水分多年观测资料,且计算繁杂<sup>[25]</sup>。目前从开展干旱灾害损失评估的业务服务出发,需要发展一套能评

收稿日期:2011-06-23;改回日期:2012-12-06

基金项目:科技部农业科技成果转化资金项目(2006GB24160429)、科技部社会公益研究专项(2005DIB3J103)资助

作者简介:段晓凤(1983-),内蒙古呼和浩特人,硕士,助工,主要从事农业气象、应用气象研究。E-mail:dxl\_1127@163.com

估干旱对山区小麦所造成的影响,且在业务上应用时资料可靠、代表性强且容易获得的方法,产量估算需要另图他径。

## 1 材料与方法

### 1.1 气象产量

利用正交多项式将各县冬小麦单产序列进行产量趋势分离,可估算各县作物单产。根据各县作物单产与历史同期最高产量(即期望产量)或同期历史平均产量的比较,核算因以干旱为主的灾害减产幅度或减产量。根据历史产量资料分析和同期灾害分析,宁夏南部山区干旱是当地最主要限制产量的因素,造成产量年间波动很大,干旱引起的减产占到各种灾害的80%以上,而其它因素的影响十分有限,仅在个别年份病虫害、雹灾对部分地区作物产量有较大影响。采用正交多项式分离产量时,其影响趋势产量的波动能力较弱,大部分被滤除掉了,因此气象产量的波动主要由土壤缺水或降雨偏少和季节分配不好引起的干旱在作物不同需水敏感阶段而引起的。

若作物趋势产量为 $y_1$ ,则建立产量相对离差:

$$\frac{Y - y_1}{y_1} = f(c) \quad (1)$$

$Y$ 为作物单产( $\text{kg}/\text{hm}^2$ )。作物的趋势产量模型为:

$$Y = y_1(1 + f(c)) \quad (2)$$

### 1.2 旱灾指数的构建

作物受旱与气候干旱不同,主要受3方面的综合影响,一是降水量不足,二是土壤中所积蓄水分不够作物所需,三是作物需水量随发育期而变,拔节后需要较多的水分,自然降水难以达到需求。气候干旱指标常用降水距平百分率来表示<sup>[26]</sup>,但山区春季降水总量少,降水变率大,作物需水主要来自上一年秋季底墒,降水并不能完全反映田间土壤水分的供应状况。另外,由于宁南山区年降雨量为200~680mm,不同的气候带水分条件差异很大,产量也不在同一个水平上,在水分胁迫条件下,对于干旱程度的认识不一样。因此,干旱指标要能反映降雨量、土壤水分状况、干旱持续时间、产量期望4个方面因素。以宁南山区田间土壤水分状况为基本点,同时兼顾其它因素,构造干旱指数公式为:

$$L_i = 100 \left[ K_1 \frac{H_i - \bar{H}_i}{\bar{H}_i} + K_2 \frac{R_i - \bar{R}_i}{\bar{R}_i} \right] \quad (3)$$

式中 $L_i$ 为 $i$ 阶段的旱灾指数,由土壤水分项和降水项共同构成。 $H_i, \bar{H}_i$ 分别为 $i$ 旬0~50cm平均土壤湿度和多年平均土壤湿度, $R_i, \bar{R}_i$ 分别为 $i$ 旬降水量和多年平均降水量, $K_1, K_2$ 为权重系数,即反映不同时段土壤水分与降水对作物生长的重要程度。

利用不同月份取不同权重构建的系列旱灾指数,分别与气象产量进行相关筛选,以相关性最优化为原则,确定了各地逐月权重系数,其意义为:作物播种出苗主要依靠底墒,土壤水分的权重大;生育期越往后,土壤底墒消耗殆尽,生长主要依靠生长期间的降水补充,降水的权重逐渐加大(表1)。

表1 山区各县土壤水分安全下限及权重系数

Tab.1 The safe lower limit of soil moisture and weight coefficients in counties of mountain area

作物	权重	9月	10月	11月	3月	4月	5月	6月	7月
冬小麦	$K_1$	0.7	0.7	0.7	0.7	0.6	0.5	0.4	0.3
	$K_2$	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7

作物受旱往往持续一段时间,旱情严重往往持续很长时间。对于作物生长一个阶段的干旱影响来说,可以用旱灾累积指数来表达:

$$L = \sum_{i=1}^n L_i \quad (4)$$

式中 $L$ 为 $n$ 旬的旱灾累积指数。(4)式表明,如果该时段选取过短,没有包含整个受旱阶段,不能完全反映作物缺水状况对生长发育和产量的影响。如果该时段选取过长,则后期降水正常或过多的时段弥补或部分弥补了干旱时段的影响,旱灾累积指数与减产的相关性也会下降。

### 1.3 膨化及相关

作物缺水期的发生时段与持续时间长短以及与需水关键期的配合程度是客观评价作物旱灾对农作物影响需要考虑的主要因素。为此,将上述逐旬旱灾指数进行不同时间步长的叠加,将叠加结果和单旬旱灾指数分别与小麦气象产量进行相关分析,以找出对作物产量影响最大时段的关键旱灾累积指数因子。

根据上述显著性因子,以每个月能开展各个县

域小麦产量评估的业务需求,构建了小麦逐月产量评估模型。各模型随着监测时段的后延而越来越准确。模型中4月份干旱指数中已经包含了上年秋雨的贡献,即“小麦隔年墒”,可认为这些模型反映了小麦全生育期的土壤水分与降水对产量形成的贡献。到9月份作物收获后,模型可以反映小麦全生育期水分状况对产量的总的影

响。其中,大多数市县小麦的资料起始年代选在1981年,资料年代长度达18a。同心、海原选在固海扬黄灌区建成后的1987年,其产量比之前上了一个台阶。彭阳选在建县后的1983年,红寺堡开发区资料选择新灌区建成后的2001年。

以山区各地2000~2008年作为以上模型的检验素材,验证结果为:各地小麦趋势产量与实际产量的三阶多项趋势线比较吻合,说明表2所示模型能够准确地表达实际产量的发展趋势,可以用于研究与应用。

## 2 结果与分析

### 2.1 山区各县小麦趋势产量

表2分别列出了山区各县小麦趋势产量分

表2 山区各县小麦趋势产量

Tab.2 The trend production of wheat in counties of mountain area

作物类型	地区	趋势产量	相关系数,显著性	资料年代
小麦	盐池	$y_t = 0.3389 t^3 - 19.533 t^2 + 302.44 t - 79.833$	$R^2 = 0.67, F < 0.05$	1981~2008
	同心	$y_t = 0.0056 t^3 - 0.8353 t^2 + 17.868 t + 1179.7$	$R^2 = 0.764, F < 0.05$	1987~2008
	红寺堡	$y_t = 216.64 t + 2302.3$	$R^2 = 0.81, F < 0.05$	2001~2008
	海原	$y_t = 0.1409 t^3 - 7.7322 t^2 + 119.61 t + 700.07$	$R^2 = 0.64, F < 0.05$	1987~2008
	固原	$y_t = 0.0478 t^3 - 1.3872 t^2 + 32.681 t + 825.15$	$R^2 = 0.632, F < 0.05$	1981~2008
	西吉	$y_t = 0.0719 t^3 - 4.9764 t^2 + 116.69 t + 548.27$	$R^2 = 0.73, F < 0.05$	1981~2008
	隆德	$y_t = -0.0919 t^3 + 5.569 t^2 - 33.01 t + 1308$	$R^2 = 0.814, F < 0.05$	1981~2008
	泾源	$y_t = 0.042 t^3 - 3.3699 t^2 + 120.95 t + 627.2$	$R^2 = 0.753, F < 0.05$	1981~2008
	彭阳	$y_t = -0.0714 t^3 + 2.4057 t^2 + 4.0052 t + 751.87$	$R^2 = 0.79, F < 0.05$	1981~2008

注:各县t的取值从资料年代栏的起始时间计算,如固原1981年,t=1。

### 2.2 气象产量与旱灾指数相关分析

采用各地逐旬土壤湿度与降水量分别构建旱灾

指数,与表2中分离的气象产量进行逐旬相关分析,结果见表3。

表3 各地小麦旱灾指数与产量相关性粗选

Tab.3 The rough selection of relativity between wheat yield and drought index in counties of mountain area

时间	盐池	同心	海原	原州区	西吉	隆德	泾源
上年9月上旬	0.1514	-0.2884	0.2578	0.0988	-0.0650	-0.1814	0.0814
上年9月中旬	0.2318	0.1306	0.5668**	0.4922**	0.0208	0.2897	-0.0244
上年9月下旬	0.2509	-0.1787	0.2805	0.5168**	0.3790	0.5187*	0.2976
上年10月上旬	0.2319	0.0437	0.0757	0.4508*	0.0195	0.1622	0.2661
上年10月中旬	-0.2032	-0.2177	0.0301	0.2133	-0.3221	0.1671	0.0157
上年10月下旬	0.1134	-0.2731	-0.0179	0.195	-0.1264	0.4250	0.3489
上年11月上旬	-0.2549	-0.2677	0.1208	0.216	0.1545	0.3058	0.5624*
上年11月中旬	-0.0746	-0.0306	0.1243	0.153	-0.1055	-0.2007	-0.1777
3月上旬	0.0790	0.0290	0.1080	0.255	/	/	/
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
8月下旬	-0.3818	-0.4915*	-0.1719	0.1807	0.0215	0.1253	0.0982

注:\*\*为达到0.01显著水平,\*为达到0.05显著水平。

原州区、海原、隆德上年9月中下旬至10月上旬期间的秋雨对冬小麦苗期生长很重要,这些地区秋季土壤墒情不足、降水不足是限制小麦生长的主要因子。盐池、同心主要以春麦为主,秋墒影响不大,泾源秋墒大多数年份能满足冬小麦生长,个别年份播种期多雨使冬小麦不能适期播种,而秋末降水减少,秋墒不足对产量的影响逐渐变得显著。冬小麦返青期大多数年份土壤墒情能满足返青需要,各地正相关系数逐渐增大,盐池、泾源达到极显著水平。5月下旬至6月上旬是冬小麦拔节至孕穗阶

段,小麦耗水量急剧增大,但往往出现干旱,降水不足,且秋季蓄积的底墒消耗殆尽,干旱是最容易限制生长和产量的因素,各地大部分市县旱灾指数此阶段相关显著,海原秋墒蓄积少于原州区以南,气温高于其南部地区,土壤缺水早在5月上旬就开始表现显著,一直显著到6月上旬末。7月中旬以后所有出现的相关因子均为负相关,表明小麦成熟以后降水越多,对收获的负影响越大,产量越低。

冬小麦旱灾累积指数与产量膨化相关系数见表4。

表4 小麦旱灾累积指数与产量的关系  
Tab.4 The relativity between wheat yield and accumulated drought index

盐池		同心		海原		西吉	
时段	相关系数	时段	相关系数	时段	相关系数	时段	相关系数
下/3 - 上/4	0.704 **	下/3 - 上/4	0.478 *	上/9 - 中/9	0.490 *	中/5 - 下/5	0.554 **
上/4 - 中/4	0.657 **	下/4 - 上/5	0.476 *	中/9 - 下/9	0.544 **	下/5 - 上/6	0.475
下/4 - 上/5	0.481	中/5 - 下/5	0.477 *	上/4 - 中/4	0.470 *	下/7 - 上/8	-0.463
下/5 - 上/6	0.583	4月	0.476 *	中/4 - 下/4	0.453 *	上/8 - 中/8	-0.542
中/3 - 上/4	0.572	5月	0.508 *	下/4 - 上/5	0.564 **	5月	0.557 **
下/3 - 中/4	0.548	中/5 - 上/6	0.516 *	上/5 - 中/5	0.572 **	中/5 - 上/6	0.551 **
4月	0.762 **	上/3 - 上/4	0.485 *	中/5 - 下/5	0.590 **	中/7 - 上/8	-0.532
中/4 - 上/5	0.470	上/4 - 上/5	0.478 *	下/5 - 上/6	0.590 **	下/7 - 中/8	-0.461
∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴
中/3 - 下/8	0.477	中/3 - 上/8	0.481 *	上/3 - 下/8	0.501 *	中/3 - 上/7	0.561 **
原州区		隆德		泾源			
时段	相关系数	时段	相关系数	时段	相关系数		
上/9 - 中/9	0.400 *	中/9 - 下/9	0.508	下/10 - 上/11	0.566 **		
中/9 - 下/9	0.582 **	中/5 - 下/5	0.491	中/3 - 下/3	0.645 **		
下/9 - 上/10	0.564 **	中/6 - 下/6	-0.527	下/3 - 上/4	0.543		
上/10 - 中/10	0.452 *	中/9 - 上/10	0.566 **	中/10 - 上/11	0.492		
中/10 - 下/10	0.401 *	5月	0.479	中/3 - 上/4	0.483		
下/10 - 上/11	0.471 *	中/5 - 上/6	0.486	下/3 - 中/4	0.639 **		
上/11 - 中/11	0.433 *	上/9 - 上/10	0.422	上/10 - 上/11	0.504		
9月	0.493 *	中/9 - 中/10	0.535	下/9 - 上/11	0.544		
中/9 - 上/10	0.676 **	下/9 - 下/10	0.480	中/9 - 上/11	0.511		
∴	∴	∴	∴				
上/9 - 中/11	0.639 **	中/3 - 上/6	0.494				

注: \*\* 为达到0.01显著水平, \* 为达到0.05显著水平。

冬小麦旱灾累积指数膨化因子相关筛选结果显示,随着作物的生长,出现作物受旱的信息量增多,指标对旱灾的描述越来越具体,达到相关显著水平的旱灾累积指数因子越多。但是各个县间达到相关水平的因子差异较大。一般来说原因有2方面,一

方面与近年来各地实施的退耕还林草有关,统计的种植面积中,山坡低产旱地所占的比例下降,固海扬黄灌区面积扩大,加上播种期干旱难以下种的年份扬黄灌区、库灌川台地在作物播种面积中所占的比例加大,造成早年作物平均单产水平不降反升。另

一方面,作物生长阶段遭受干旱越频繁,产量越是低而不稳的地区旱灾累积指数达到显著或极显著的时间组合因子越多,而作物生长阶段受到干旱影响时间越短,越不频繁的地区,其产量波动受到干旱的影响程度越小,旱灾累积指数达到显著的时段越短,达到显著的因子数越少。因此,就不难解释隆德、泾源和原州区南部冬麦区多数年份水分满足率高于中部干旱带上的盐池、海原,这些地区达到显著相关的旱灾累积指数较少,同心主要以扬黄灌溉为主,产量已

很少受旱灾的影响。

### 2.3 基于旱灾累积指数的产量分析

表5是宁夏山区各县小麦产量旱灾指数模型。各模型随着监测时段的后延而越来越准确。模型中4月份干旱指数中已经包含了上年秋雨的贡献,即“麦收隔年墒”,可认为这些模型反映了作物全生育期的土壤水分与降水对产量形成的贡献,含盖较全。到了9月份的模型就可以表达作物收获后对当年旱灾进行的产量影响评价。

表5 宁夏山区各县小麦产量旱灾指数模型

Tab.5 The drought index model of wheat yield in counties of mountain area in Ningxia

地区	时段	模 型	F	R
盐池	4月	$Y_w = y_1(1 - 0.026 + 0.11 L_{中/9-上/10} + 0.386 L_{4月})$	$11.826 > F_{0.001}$	0.782
	5月	$Y_w = y_1(1 - 0.026 + 0.108 L_{中/9-上/10} + 0.391 L_{4月} - 0.006 L_{5月})$	$7.361 > F_{0.001}$	0.782
	6月	$Y_w = y_1(1 - 0.026 + 0.182 L_{中/9-上/10} + 0.257 L_{4月} + 0.164 L_{中/5-上/6})$	$12.511 > F_{0.001}$	0.853
	7月	$Y_w = y_1(1 - 0.026 + 0.212 L_{中/9-上/10} + 0.205 L_{下/4-上/6})$	$12.815 > F_{0.001}$	0.794
同心	4月	$Y = y_1(1 - 0.025 + 0.097 L_{4月})$	$4.698 > F_{0.001}$	0.479
	5月	$Y = y_1(1 - 0.019 + 0.045 L_{4月} + 0.052 L_{5月})$	$2.925 > F_{0.001}$	0.530
	6~7月	$Y = y_1(1 - 0.025 + 0.028 L_{下/3-上/4} + 0.055 L_{下/4-下/6})$	$5.327 > F_{0.001}$	0.644
海原	4月	$Y = y_1(1 - 0.019 + 0.174 L_{中/9-下/9} + 0.057 L_{上/4-中/4})$	$4.325 > F_{0.001}$	0.559
	5月	$Y = y_1(1 - 0.019 + 0.144 L_{中/9-下/9} + 0.034 L_{上/4-中/4} + 0.104 L_{下/4-下/5})$	$9.302 > F_{0.001}$	0.780
	6月	$Y = y_1(1 - 0.019 + 0.077 L_{中/9-下/9} + 0.088 L_{中/4-上/5} + 0.09 L_{中/5-上/6})$	$11.971 > F_{0.001}$	0.816
	7月	$Y = y_1(1 + 0.019 + 0.134 L_{中/9-下/9} + 0.018 L_{上/4-中/4} + 0.063 L_{下/4-上/7})$	$10.955 > F_{0.001}$	0.804
固原 彭阳	4月	$Y = y_1(1 + 0.372 + 0.569 L_{中/9-上/10})$	$22.127 > F_{0.001}$	0.685
	5月	$Y = y_1(1 + 0.399 + 0.489 L_{中/9-下/9} + 0.179 L_{上/10-上/11})$	$10.320 > F_{0.001}$	0.688
	6月	$Y = y_1(1 + 0.399 + 0.383 L_{中/9-下/9} + 0.224 L_{上/10-上/11} + 0.14 L_{上/5-上/6})$	$8.763 > F_{0.001}$	0.738
西吉	4月	$Y = y_1(1 - 0.001 + 0.094 L_{中/9-下/9} + 0.142 L_{中/3-上/4})$	$1.413 > F_{0.001}$	0.368
	5月	$Y = y_1(1 - 0.001 + 0.063 L_{中/9-下/9} + 0.066 L_{中/3-上/4} + 0.134 L_{5月})$	$2.926 > F_{0.001}$	0.584
	6月	$Y = y_1(1 - 0.001 + 0.060 L_{中/9-下/9} + 0.107 L_{中/3-下/6})$	$4.725 > F_{0.001}$	0.587
	7月	$Y = y_1(1 - 0.001 + 0.005 L_{中/9-下/9} + 0.096 L_{中/3-下/6} + 0.096 L_{中/7-下/7})$	$4.081 > F_{0.001}$	0.647
隆德	4月	$Y = y_1(1 - 0.017 + 0.132 L_{中/9-下/10} + 0.027 L_{中/3-下/4})$	$3.566 > F_{0.001}$	0.568
	5月	$Y = y_1(1 - 0.017 + 0.137 L_{中/9-下/10} + 0.121 L_{中/5-下/5})$	$8.648 > F_{0.001}$	0.732
	6~7月	$Y = y_1(1 - 0.017 + 0.137 L_{中/9-下/10} + 0.082 L_{5月} - 0.024 L_{6月})$	$5.684 > F_{0.001}$	0.741
	4月	$Y = y_1(1 + 0.009 + 0.073 L_{下/9-上/11} + 0.197 L_{下/3-中/4})$	$10.51 > F_{0.001}$	0.764
泾源	5月	$Y = y_1(1 + 0.009 + 0.085 L_{下/9-上/11} + 0.133 L_{下/3-中/4} + 0.054 L_{中/5-下/5})$	$7.973 > F_{0.001}$	0.794
	6~7月	$Y = y_1(1 + 0.009 + 0.076 L_{下/9-上/11} + 0.179 L_{下/3-中/4} + 0.013 L_{中/5-上/6})$	$6.656 > F_{0.001}$	0.767

### 3 验证与结论

1999年是干旱强度较强年份,作物生长受阻,对产量造成十分不利的影 响,选取此年作为检验样本。将各相关资料带入预报模式中,对基于旱灾指数的产量进行评价,然后将预测值与实际产量值进行对比分析。预测产量与实际单产误差不超过10%,说明评估结果与实际值比较接近,模型具有较

好的预测能力。

因此,以能反映土壤水分供应状况和降水状况的综合旱灾指数为基础,以县级政区为基本分析单元,构建了旱灾累积指数评估模型,经过逐月监测、评估宁夏中部干旱带和南部山区各县小麦产量,得出:原州区、海原、隆德上年9月中下旬至10月上旬期间的秋雨对冬小麦苗期生长很重要,这些地区秋季土壤墒情不足、降水不足是限制小麦生长的主要

因子。盐池、同心主要以春麦为主,秋墒影响不大,泾源秋墒大多数年份能满足冬小麦生长,个别年份播种期多雨使冬小麦不能适期播种,而秋末降水减少,秋墒不足对产量的影响逐渐变得显著。随着作物的生长,指标对旱灾的描述越来越具体,达到相关显著水平的旱灾累积指数因子越多,各模型随着监测时段的后延而越来越准确。9月份的模型就可以表达作物收获后对当年旱灾进行的产量影响评价。

这些模型综合考虑了土壤水分供应状况和降水状况,能够较准确地评估小麦产量,且方法简便,适合于西北地区东部干旱监测与灾害评估。但该模型也有不足之处,虽然宁夏小麦主要受降雨及土壤湿度的影响,但霜冻、低温冷害、大风、高温热害等因素未被考虑在内,在今后的研究中,要更加全面的综合各种因素,进行小麦产量的评估。

#### 参考文献:

- [1] 宁夏农业志编审委员会. 宁夏农业自然灾害(1949-2000) [M].
- [2] Palmer W C. Meteorological drought[J]. Office of Climatology Research Paper, 1965,45(2):1-58.
- [3] 安顺清,邢久星. 帕默尔旱度模式的修正[J]. 气象科学院院刊, 1986,1(1):75-81.
- [4] 刘巍巍,安顺清,刘庚山. 帕默尔旱度模式的进一步修正[J]. 应用气象学报,2004,15(2):207-215.
- [5] 徐向前,刘俊,陈晓静. 农业干旱评估指标体系[J]. 河海大学学报:自然科学版,2001,29(4):56-60.
- [6] Richard R. Heim J R. A Review of Twentieth-Century Drought Indices Used in the United States[J]. Bulletin of the American Meteorological Society, 2002(8):1149-1165.
- [7] Palmer W C. Keeping track of crop moisture conditions, nationwide: The new crop moisture index[J]. Weather wise, 1968,(21):156-161.
- [8] Wilhite D A, Glantz M H. Understanding the drought phenomenon: The role of definitions[J]. Water Int, 1985(10):111-120.
- [9] Mark Svoboda, Doug Lecomte, Mike Hayes, et al. THE DROUGHT MONITOR[J]. Bulletin of the American Meteorological Society, 2002(8):1181-1190.
- [10] Huang J H, Van den Dool, Georgakakos K P. Analysis of model-calculated soil moisture over the United States (1931-93) and application to long-range temperature forecasts[J]. J Climate, 1996,9:1350-1362.
- [11] Willeke G J, Hosking R M, Wallis J R, et al. The National Drought Atlas. Institute for Water Resources Rep. 94-NDS-4, U. S. Army Corps of Engineers, 1994.
- [12] McKee T B, Doesken N J, Kleist J. The relationship of drought frequency and duration to time scales[A]. Preprints, Eighth Conf on Applied Climatology[C]. Anaheim CA. Amer Meteor Soc, 1993. 179-184.
- [13] Kogan F N. Droughts of the late 1980s in the United States as derived from NOAA polar-orbiting satellite data[J]. Bull Amer Meteor Soc, 1995,76:655-668.
- [14] 王越,江志红,张强,等. 用 Palmer 湿润指数作西北地区东部冬小麦旱涝评估[J]. 应用气象学报,2008,19(3):342-349.
- [15] 王春乙,王石立,霍治国,等. 近 10 年来中国主要农业气象灾害监测预警与评估技术研究进展[J]. 气象学报,2005,63(5):659-671.
- [16] 王素萍,王劲松,冯建英. 2010 年秋季全国干旱状况及其影响与成因[J]. 干旱气象,2010,28(4):499-505.
- [17] 陈怀亮,张红卫,刘荣花,等. 中国农业干旱的监测、预警和灾损评估[J]. 科技导报,2009,27(11):82-92.
- [18] 魏瑞江,姚树然,王云秀. 河北省主要农作物农业气象灾害灾损评估方法[J]. 中国农业气象,2000,21(1):27-31.
- [19] 宫德吉,陈素华. 农业气象灾害损失评估方法及其在产量预报中的应用[J]. 应用气象学报,1999,10(1):66-71.
- [20] 李翠金. 异常干旱气候事件及其对农业影响评估模式[J]. 地理学报,2000,55(B11):39-45.
- [21] 王石立. 冬小麦生长模式及其在干旱影响评估中的应用[J]. 应用气象学报,1998,9(1):15-23.
- [22] 孙宁,冯利平. 利用冬小麦作物生长模型对产量气候风险的评估[J]. 农业工程学报,2005,21(2):106-110. 22.
- [23] 赵泓,李凤民,熊有才,等. 土壤干旱对作物生长过程和产量影响的研究进展[J]. 干旱气象,2008,26(3):67-71.
- [24] 陈海波,严华生,陈文,等. 宁夏六盘山区多年降水的时空变化分析[J]. 干旱气象,2009,27(2):103-110.
- [25] 刘静,王连喜,马力文,等. 中国西北旱作小麦干旱灾害损失评估方法研究[J]. 中国农业科学,2004,37(2):201-207.
- [26] 董永祥,周仲显. 宁夏气候与农业[M]. 银川:宁夏人民出版社,1986. 52-58.

(下转第 99 页)

### Analysis and Prediction of Synoptic Situation for Cold Wave Weather Occurred in Hebei Province

ZHAO Yuguang, HE Lihua, ZHANG Nan, YANG Xiaoliang

(Hebei Provincial Meteorological Observatory, Shijiazhuang 050021, China)

**Abstract:**Based on the conventional sounding and meteorological observation data as well as numerical weather prediction product from 1991 to 2010, the circulation pattern, cold – air track and climatic background field, etc. of cold wave weather occurred in Hebei Province were analyzed by using synoptic, dynamic and statistical methods. Short – range weather situation of cold wave weather in Hebei was classified into 4 types and forecast index was summarized in paper.

**Key words:** cold wave;synoptic situation; forecast index

~~~~~  
(上接第 76 页)

### Analysis of Wheat Yield Based on Drought Index in Ningxia

DUAN Xiaofeng<sup>1,2</sup>, LIU Jing<sup>1,2</sup>, ZHANG Xiaoyu<sup>1,2</sup>, LI Hongying<sup>1,2</sup>, YUAN Haiyan<sup>1,2</sup>

(1. Ningxia Key Laboratory for Meteorological Disaster Prevention and Reduction, Yinchuan 750002, China; 2. Institute of Meteorological Sciences of Ningxia, Yinchuan 750002, China)

**Abstract:**Based on analysis of historic drought events, an integrated drought index which can reflect soil moisture and precipitation was established in this paper, and the accumulative drought index model was structured for monitoring and estimating the dry zone in the middle region of Ningxia and winter wheat yield in the south mountain area month by month. The results show that the model can reflect drought occurred in past years and evaluate winter wheat yield well and truly. The model is simple and suitable for estimating drought disaster in eastern region of Northwest China.

**Key words:** drought index; wheat; yield; evaluation

~~~~~  
(上接第 80 页)

### Climatic Characteristics of Drought Events Occurred in Late Spring and Early Summer in Gansu Province and Its Influence on Agriculture in the Past 58 Years

LIN Jingjing<sup>1,2</sup>, SHEN Enqing<sup>1,2</sup>, LIU Dexiang<sup>1,2</sup>

(1. Institute of Arid Meteorology, CMA, Key Open Laboratory of Arid Climatic Change and Disaster Reduction of CMA, Key Laboratory of Arid climatic Change and Reducing Disaster of Gansu Province, Lanzhou 730020, China; 2. Lanzhou Regional Climate Center, Lanzhou 730020, China)

**Abstract:**Based on precipitation data in late spring and early summer (May to June) during 1951 – 2008 from the 80 meteorological stations in Gansu Province, the drought events occurred in late spring and early summer in Gansu were analyzed. The results indicated that drought events occurred frequently in late spring and early summer in the west of Hexi Corridor and the north of east Gansu, and occurred secondarily in the eastern part of Hexi Corridor, most part of east Gansu and eastern part of south Gansu, and occurred less in middle Gansu, Gannan and western part of south Gansu. The frequency and range of drought events in late spring and early summer decreased from the 1960s to 1980s, and increased from the 1990s to 2008. The percentage of stations where occurred drought events in late spring and early summer to the total stations correlated negatively with the output of the summer grain crops, and rainfall in late spring and early summer correlated positively with the yield of summer grain crops.

**Key words:** Gansu province; drought event in late spring and early summer; spatial distribution; influence; yield; summer grain crops