

河南省冬小麦气候干旱风险评估

刘荣花, 王友贺, 朱自玺, 方文松, 马志红

(河南省气象科学研究所, 河南 郑州 450003)

摘要: 冬小麦生育期内降水亏缺, 不能满足作物的需要, 是形成冬小麦气候干旱的首要条件。本文从自然降水角度, 分析了河南省干旱发生的强度、概率和对冬小麦产量的影响, 构建了冬小麦气候干旱风险模型。在此基础上, 对河南冬小麦干旱风险进行了评估、分区。

关键词: 冬小麦; 气候干旱; 风险评估; 模型

中图分类号: S 162.5 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2007) 06-0001-04

河南是我国小麦主产省, 种植面积达 466.67 万 hm^2 , 产量形势的好坏在全国具有举足轻重的影响。由于地处亚热带向暖温带的过渡地带, 加上省内地形复杂, 干旱发生十分频繁, 尤以春旱和初夏旱为重, 对冬小麦的生长发育和产量形成构成了严重威胁。据统计, 河南省北部地区春旱发生频率为 30%~40%, 初夏旱为 40%~50%。旱情最严重的年份, 全省受灾面积可达 70%, 对河南省经济和人民生活有着严重的影响。干旱作为一种自然灾害, 如何进行标识和评估, 是当前一个热点问题, 不少科学家对此做了大量工作。本文以降低冬小麦干旱风险为目标, 从气象、作物需水规律和历史产量资料出发, 构建冬小麦干旱风险评估模型, 为进行农业干旱评估和制定减灾、防灾措施提供科学依据, 力争把冬小麦干旱造成的损失降低到最低程度。

目前国内外对干旱研究比较多, 但不同学科对干旱有不同的理解和定义。从农业角度而言, 干旱总是以一定时间和空间范围内降水缺少, 并造成农业减产为特征的。换句话说, 干旱应以相应时段内降水缺少为依据, 以作物受害程度为标准。因此, 作物的水分供需情况便成为决定干旱的基础。本研究主要从自然降水角度, 探讨冬小麦干旱发生的强度、概率和对产量造成的影响, 并从统计学的角度, 研究产量和降水量之间的关系。

1 资料来源及处理

本文所用气象资料来源于河南省 104 个台站, 资料年代从建站至今。冬小麦产量资料来源于河南省统计局建国以来的统计资料。序列长度均在 35

或 40 年以上, 能够很好地满足统计要求。为了分析气象因子对产量的影响, 首先对冬小麦历史产量进行分解, 分离出气象产量^[1,2]; 并对降水资料的年际变化进行分析, 用降水距平百分率表示。然后, 以非灌溉地区和少灌溉地区为重点, 分析减产年小麦气象产量和降水负距平的关系, 进而确定冬小麦不同干旱程度的降水指标^[3], 为构建评估模型打下基础。

2 干旱强度和发生概率

气候风险评估主要是针对气候条件而言的。降水少、变率大、时间分布不均, 是形成干旱的首要条件。冬小麦产量的形成不仅与全生育期降水总量有关, 而且与降水在各个生育阶段的分配有着密切的关系。一般来说, 全生育期降水对于满足冬小麦正常生长发育的需要和抵御干旱的威胁, 有着相当重要的作用^[4]; 拔节期是冬小麦需水关键期, 虽然需水量不大, 但是如果缺水, 则对冬小麦未来的成穗数和穗粒数影响甚大; 抽穗和灌浆期是需水临界期, 需水量较大, 此期的水分状况主要影响粒重^[5,6]。我们根据河南地区冬小麦生育实际, 将降水划分为 3 个时段, 即上年 10 月上旬—来年 6 月上旬(全生育期)、3 月上旬—4 月中旬(拔节期) 和 4 月下旬—5 月下旬(灌浆期)。现分别就这三个时段的降水负距平和冬小麦减产百分率^[3]进行相关分析, 结果如表 1 所示。可以看出, 全生育期降水负距平和冬小麦减产百分率有着密切的关系, 其相关系数均达到显著和极显著的水平; 其次为拔节期, 相关系数也达到显著和较显著水平; 灌浆期相关系数未通过显著性检验。因此, 在研究确定冬小麦干旱指标时, 应对冬

收稿日期: 2007-03-25

基金项目: 中国气象局新技术推广项目“冬小麦干旱评估业务服务系统”(CMATG 2005M 37); 国家“十五”科技攻关项目“农林重大病虫害和农业气象灾害的预警及控制技术研究”(2004BA 509B 14)

作者简介: 刘荣花 (1962-), 女, 河南省遂平县人, 副研究员, 硕士, 主要从事农业气象灾害和气候资源研究。

小麦全生育期和拔节期的降水及其对产量的影响进行重点分析。

表 1 冬小麦减产百分率和不同时段降水负距平百分率的相关分析

Table 1 Correlation analysis between yield reduction and minus precipitation departure

地点 Location	项目 Item	10-01~06-10 Oct. 1~Jun. 10	03-01~04-20 Mar. 1~Apr. 20	04-21~05-31 Apr. 21~May 31
澠池 Manchi	相关系数 Coefficient	0.508550	0.2705386	0.1551450
	显著性检验 Significance test	0.001000	0.0500000	—
宜阳 Yiyang	相关系数 Coefficient	0.413668	0.2530641	0.0169474
	显著性检验 Significance test	0.010000	0.1000000	—
巩义 Gongyi	相关系数 Coefficient	0.366528	0.1415282	0.0548775
	显著性检验 Significance test	0.020000	—	—

通过对冬小麦减产百分率 (Y) 和降水负距平百分率 (X) 的回归分析, 分别建立全生育期和拔节期的回归方程。以澠池和宜阳为例:

$$\text{全生育期 澠池 } Y = 0.4925X - 0.3562 \quad (1)$$

$$\text{宜阳 } Y = 0.3787X - 2.3109 \quad (2)$$

$$\text{拔节期 澠池 } Y = 0.3649X + 0.6261 \quad (3)$$

$$\text{宜阳 } Y = 0.2397X - 2.8305 \quad (4)$$

这样, 即可以对小麦减产百分率和降水负距平进行定量分析。按农业上划分干旱类型的标准, 通常以减产 10% 以下为轻旱; 10%~20% 为中旱; 20%~30% 为重旱; >30% 为严重干旱。如此, 则可以确定用降水负距平表示的不同强度的干旱指标, 如表 2^[3]。

表 2 冬小麦全生育期及拔节期气候干旱强度指标

Table 2 Index of climatic drought intensity in whole growing season and jointing stage of winter wheat

干旱等级和减产状况 Drought grade and yield reduce		不同干旱强度的降水负距平(%) Minus Departure of precipitation(%) at different drought grades	
干旱等级 Drought intensity	减产 (%) Yield reduce	全生育期 Whole growing season	拔节期 Jointing stage
轻旱 Light drought	<10	<15	<30
中旱 Moderate drought	10~20	15~35	30~65
重旱 Heavy drought	21~30	36~55	66~95
严重干旱 Severe drought	>30	>55	>95

可以看出, 不同生育阶段相同的干旱等级, 所对应的降水负距平是不相同的。一般, 降水负距平的绝对值愈小, 所对应的干旱等级愈低。因此, 可以用降水负距平来表示干旱强度。不同强度的干旱发生的可能性, 可用概率来表示。经统计, 冬小麦不同生育阶段不同强度的干旱发生的概率分别如表 3、表 4 所示。

表 3 冬小麦全生育期不同干旱等级发生概率

Table 3 Probability of drought in different intensity in whole growing season of winter wheat

干旱等级 G_i Drought intensity G_i	澠池 Manchi	宜阳 Yiyang	巩义 Gongyi
轻旱 Light drought	0.2054	0.230	0.200
中旱 Moderate drought	0.1908	0.194	0.190
重旱 Heavy drought	0.0800	0.064	0.083
严重干旱 Severe drought	0.0238	0.012	0.027

表 4 冬小麦拔节期不同干旱等级发生概率

Table 4 Probability of drought in different intensity in jointing stage of winter wheat

干旱等级 G_i Drought intensity G_i	澠池 Manchi	宜阳 Yiyang	巩义 Gongyi
轻旱 Light drought	0.1996	0.209	0.163
中旱 Moderate drought	0.1719	0.175	0.156
重旱 Heavy drought	0.0797	0.076	0.090
严重干旱 Severe drought	0.0488	0.040	0.092

3 气候干旱风险模型

干旱灾害的风险评估, 主要应从两个方面来进行, 一是干旱发生的强度及其对农业生产所造成的损失; 二是不同强度干旱发生的可能性大小, 即发生概率^[7]。同时还应对不同生育阶段、不同强度干旱发生的风险, 进行综合评估。为此, 必须建立一个客

观、定量的指标,能综合评定某一地区冬小麦干旱发生的风险,这就是所谓气候干旱风险指数。它是干旱强度和发生概率的函数,可以表达为:

$$I = F(G, P) = \sum_{i=1}^n G_i P_i \quad (5)$$

式中, I 为干旱风险指数; G_i 为不同干旱等级(降水负距平); P_i 为不同等级干旱发生的概率; n 为干旱等级总数。

在表 3、4 中,干旱等级 G_i 取中值,按公式(5)运算,可得到冬小麦全生育期和拔节期干旱风险指数 I_s 和 I_e ,如表 5 所示。

表 5 冬小麦全生育期和拔节期干旱风险指数

Table 5 Risk indices of drought in whole growing season and jointing stage of winter wheat

项目 Item	澠池 Manchi	宜阳 Yiyang	巩义 Gongyi
全生育期 I_s Whole growing season I_s	11.56	10.36	11.84
拔节期 I_e Jointing stage I_e	21.59	20.71	25.33

在冬小麦干旱风险评估分析中,全生育期的风险指数是主导因子,但不是唯一的。由于降水时间分布的不均匀性,有时候尽管全生育期降水呈现正距平,小麦仍可能出现减产。其原因是,如果作物需水关键期和临界期缺水,仍然可对产量造成严重的影响。拔节期是冬小麦需水关键期,水分亏缺会影响成穗数和穗粒数。因此,应把拔节期的水分供应状况也予以突出,将其风险指数作为辅助因子,构成一个综合的风险指数,才比较完善。其综合风险指数可用下式表示:

$$I_c = \alpha_1 I_s + \alpha_2 I_e \quad (6)$$

式中, α_1 和 α_2 为权重系数。

为了确定 α_1 和 α_2 的数值,我们对全生育期和拔节期的降水对产量的影响进行对比分析,并建立了相对气象产量和全生育期、拔节期降水关系的多元线性回归方程,如澠池为:

$$y = 1.0919x_1 + 0.1783x_2 + 10.2532 \quad (7)$$

经检验,该方程 $F = 5.4559 > F_{0.05} = 4.46$,通过显著性检验。式中, y 为冬小麦减产百分率, x_1 和 x_2 分别为全生育期和拔节期降水负距平百分率, 1.0919 和 0.1783 分别为回归系数,可以表示自变量 x_1 和 x_2 对因变量的贡献大小。可以看出,全生育期降水对产量的影响明显比拔节期大,因此其权重应该前者大于后者。将回归系数进行归一化处理,其权重系数分别为, $\alpha_1 = 0.8596$, $\alpha_2 = 0.1404$ 。这样可

得到澠池、宜阳和巩义的气候综合干旱风险指数,用同样的方法对河南省其它站点的综合风险指数 I_c 进行计算,得到一个综合风险指数序列。为了便于比较,进行标准化处理^[3],可得到数值在 0~1 间的标准化的气候综合风险指数序列 $I_{c(0-1)}$,如表 6 所示。

表 6 河南澠池、宜阳和巩义气候干旱综合风险指数 I_c

Table 6 Comprehensive risk indices of climatic drought at Manchi, Yiyang and Gongyi of Henan

项目 Item	澠池 Manchi	宜阳 Yiyang	巩义 Gongyi
I_c	12.97	11.81	13.73
$I_{c(0-1)}$	0.43	0.30	0.51

根据综合风险指数,可绘制出河南省冬小麦气候干旱风险区划图,如图 1 所示。可以看出,河南地区冬小麦气候干旱风险有自南向北增加的趋势。豫南、豫西南和豫西山地丘陵区为低风险区;豫中、豫东为中度风险区;豫北、豫东北则为高风险区。这与河南省年降水量和季节降水量的分布趋势十分一致。



图 1 河南地区冬小麦气候干旱风险指数 I_c 分区

Fig. 1 Regionalization of risk index of climatic drought for winter wheat in Henan

4 结 语

1) 从历年冬小麦减产百分率和降水负距平资料入手,研究冬小麦不同生育阶段降水负距平对产量的影响,确定了全生育期和拔节期为两个主要影响时段。通过该两时段冬小麦减产百分率和降水负

距平百分率的回归分析,确定了不同减产程度和降水负距平的对应关系,从而确定了以降水负距平(%)表示的不同生育时期的干旱强度指标。在此基础上,对不同时期、不同强度干旱发生的概率进行统计分析,构建以不同时段、不同干旱强度和发生概率为内涵的气候干旱风险评估模型,利用模型进行评估,结果与实际情况相符,因此,该模型具有一定的科学性和实用性。

2) 河南省冬小麦气候干旱风险分区结果显示:河南地区冬小麦气候干旱风险有自南向北增加的趋势。豫南和豫西山区为低风险区;豫中、豫东为中度风险区;豫北、豫东北则为高风险区。这个结果比较符合实际,能较好地反映河南气候干旱发生的规律。因此,可以在生产上和气象服务中应用,并可做为农业结构调整、制定防旱抗旱措施和进行气候评估的依据。

3) 冬小麦干旱风险的大小不仅取决于自然气候因素,还与社会因素有关。冬小麦气候风险评估指数模型主要是从气候角度以降水负距平为指标建

立的,若与从社会风险因素角度建立的产量灾损风险评估指数模型结合,可以更全面地反映干旱风险的大小。

参考文献:

- [1] 王馥棠,李郁竹,王石立.农业产量气象模拟与模型引论[M].北京:科学出版社,1997.40-61.
- [2] 张建敏.农业气象灾害风险估算方法初探[A].李世奎.中国农业灾害风险评估与对策[C].北京:气象出版社,1999.183-189.
- [3] 朱自玺,刘荣花,方文松,等.华北地区冬小麦干旱评估指标研究[J].自然灾害学报,2003,2(1):145-150.
- [4] 千怀遂,焦士兴,赵峰.河南省冬小麦气候适宜性变化研究[J].生态学杂志,2005,24(5):503-507.
- [5] 朱自玺,牛现增.冬小麦主要生育阶段水分指标的生态分析[J].气象科学院院刊,1987,2(1):81-87.
- [6] 朱自玺,牛现增.冬小麦耗水量和耗水规律分析[J].气象,1987,13:29-32.
- [7] 李世奎.中国粮食产量的灾害风险水平分布规律[A].李世奎.中国农业灾害风险评估与对策[C].北京:气象出版社,1999.129-131.

Risk assessment of climatic drought for winter wheat in Henan

LI U Rong hua , WANG You he , ZHU Zi xi , FANG Wen song , MA Zhi hong
(Hen 'nan Institute of Meteorology , Zhengzhou , He 'nan 450003 , China)

Abstract : Insufficient supply of precipitation in the growing stage is the major factor resulting in drought for winter wheat . Based on natural precipitation , the intensity and frequency of drought and its influence on yield of winter wheat were analyzed . The risk assessment model of climatic drought was established . By means of the model , risk assessment and regionalization of drought for winter wheat in Henan Province were completed . It provides an important basis for fighting drought , decreasing loss and adjusting agricultural structure .

Keywords : winter wheat ; climatic drought ; risk assessment ; model