

气候变化背景下中国西北地区作物干旱 灾损评估技术 ——以甘肃省春玉米为例

白月明¹, 刘玲¹, 王瑜莎²

1. 中国气象科学研究院, 北京 100081
2. 甘肃农业大学资源与环境学院, 兰州 730070

摘要 为了定量评估气候变化背景下中国西北地区作物干旱灾害损失, 本研究以甘肃省春玉米为例, 构建了用于春玉米干旱灾损评估的生物气象指标——*DI* 指数, 该指标由 *CI* 指数和水分适宜度构成, 前者反映中长期降水和热量条件的作用, 后者表征作物供水与生理需水的关系。在对该指标进行了验证分析和可行性评价的基础上, 以干旱减产和生长季降水量为依据对 *DI* 指数进行了等级划分, 分别表示轻、中、重、特重干旱。利用气象台站逐日降水量和气温、玉米单产和总产、发育期和生理需水量资料反演了历史逐日 *DI* 指数, 计算了累积 *DI* 指数, 给出玉米种植区代表站春玉米 *DI* 指数时空变化规律, 对农业种植制度调整、作物布局和防灾减灾具有一定的实际意义。

关键词 西北地区; 春玉米; 干旱; 灾害损失; 评估

中图分类号 S513

文献标识码 A

doi 10.3981/j.issn.1000-7857.2012.19.003

Evaluation Technique for Crop Drought Losses in the Context of Climate Change in Northwest of China ——Taking Spring Corn in the Gansu Province of China as an Example

BAI Yueming¹, LIU Ling¹, WANG Yusha²

1. Chinese Academy of Meteorological Sciences, Beijing 100081, China
2. College of Resources and Environmental Sciences, Gansu Agricultural University, Lanzhou 730070, China

Abstract In order to quantitatively evaluate the crop disaster losses caused by drought in northwest of China in the context of climate change, a Bio-meteorological Index——*DI*, that is used to quantitatively evaluate the drought loss of spring corn in Gansu Province, China, is built. The *DI* index consists of *CI* index and water fitness. The former reflects the role of the medium- and long-term precipitation and heat condition; the latter represents the relationship between the water supply and physiological water demand of crop. According to the drought-reduced and growing season precipitations, the *DI* index is divided into four degrees, that is, mild drought, moderate drought, serious drought, and particular heavy drought, respectively based on the verification analysis and feasibility evaluation of the *DI* index. The historical daily *DI* index and accumulated *DI* index are backward calculated by using the materials of daily precipitation and temperatures collected from the meteorological stations, the corn yields and total productions, developmental and physiological water demand. The temporal and spatial variations of spring corn *DI* index for the representative stations in the growing areas have some practical significance on the agricultural crop system adjustment, crop allocation, and disaster prevention and mitigation.

Keywords northwest of China; spring corn; drought; loss due to disaster; evaluation

收稿日期: 2012-05-28; 修回日期: 2012-06-30

基金项目: 公益性行业(气象)科研专项(GYHY201106021)

作者简介: 白月明, 副研究员, 研究方向为农业气象、作物干旱、近地层 CO₂ 和 O₃ 污染对作物影响、草原蝗虫气象监测预测与灾损评估技术, 电子信箱: baiym@cams.cma.gov.cn

0 引言

全球气候变化,局地降水减少、分布不均,对农业生产和种植业产生重要影响,已经成为国内外关注的热点^[1]。西北地区干旱、半干旱面积约占地国土面积的47%,也是我国受干旱影响较重的区域。甘肃省地处西北内陆地区,属温带大陆性气候类型,受地理因素影响,海洋暖湿气流难以在该地区形成降水^[2],历史上由于干旱少雨导致农业产量低而不稳,干旱已经成为制约当地农业生产的主要农业气象灾害之一,加上近几十年全球变化使西北地区作物干旱愈加严重。

作物干旱灾害是一种作物播种前一段时间开始到作物成熟期间内,由于阶段性供水不足,导致作物苗情和生长发育受到影响,并且所受影响不能得到弥补,或不能全部得到弥补,最终造成产量降低及品质变化的农业气象灾害。干旱是甘肃春玉米生产的重要农业气象灾害之一,春季干旱和夏秋干旱对玉米产量影响较大,干旱年份一般可造成减产20%以上,甚至达到40%—50%。

农业气象工作者在干旱灾损评估研究中做了大量的工作,积累了很多经验和方法。刘静等^[3]建立了干旱累积指数的模型,应用于宁夏干旱灾害的损失评估,核算出因干旱造成的粮食减产,再根据当年粮食的价格,估算出经济损失。刘静等^[4]还确定了春小麦两类干热风灾害的监测指标和等级判别,根据灾害对产量的影响建立综合灾害等级评定、灾损评估模型,实现了灾损的定量评估。房稳静等^[5]以土壤相对湿度为干旱指标,绘制了干旱指数分布图,进行了干旱对小麦生长发育和产量的影响研究。王雨等^[6]在黑龙江水稻气象灾损评估中利用无灾年的水稻产量,采用拉格朗日插值法计算了历年的水稻期望产量,从期望产量中减去实际产量作为灾损量,对水稻气象灾害损失进行了评估。朱自玺等^[7]以冬小麦全生育期降水距平百分率为主要指标,相对气象产量为辅助指标,建立了气候干旱风险指数模型,构建了华北冬小麦干旱灾损评估指标。姚晓红等^[8]以天水市春玉米为例,采用各生育阶段的主要农业气象灾害强度与农作物气候产量进行回归分析,得到了玉米气候产量数学模型,进行了主要农业气象灾害对作物产量的影响分析和评估。刘荣花等^[9]利用相对气象产量减产百分率的等级划分方法,进行了干旱类型划分,以降水负距平作为干旱指标,建立了华北平原地区冬小麦由于干旱所造成产量损失的风险评估模型。此外,在干旱灾损评估中,还利用降水量、降水距平百分率、帕尔默干旱指数(PDSI)、综合气象干旱指数(Comprehensive Meteorological Drought Index, CI)、标准化降水指数、干燥/湿润指数、土壤湿度等作为干旱指标,各种指标均有其优势,但也有其局限性^[10-11]。例如,有的指标气象意义明确但缺乏生物意义,有的难以业务化应用,有的应用受到应用环境的制约,有的则难以获取。

本研究考虑到春玉米干旱除了受降水等气象条件影响外,与玉米生物特性密切相关,因此,构建了一个反映玉米干

旱的气象生物指数,本文称为DI指数。该指标是在CI指数上增加了玉米生育阶段的降水适宜度(降水量与生理需水量之比),前者反映近30d和90d降水及30d温度对作物干旱的作用和贡献,后者则表示作物所处的发育阶段内供水与需水的差异。DI指数不仅具有气象学意义,而且具有生物学意义,在西北地区春玉米灾损评估中具有一定实际意义。

1 资料来源

1.1 研究区域概况

甘肃省地处西北干旱半干旱地区,属温带大陆性气候类型,农业生产受气候条件制约,产量低而不稳,干旱是当地农业的最主要农业气象灾害之一。研究区为甘肃省春玉米种植区,参考韩永翔等^[12]甘肃玉米分布区的划分,各分区选取的代表站点见表1。

表1 主要代表站点分布

Table 1 Distribution of primary stations

代表站名称	所在分区特点	气候区
西峰市	陇东区,夏季降水敏感	半干旱半湿润气候区
武都县	陇南山区,夏季降水偏多	湿润气候区
榆中县	陇中及阴湿山区,降水少	半干旱气候区
临洮县	陇中及阴湿山区,夏季水多热欠	半干旱气候区
靖远县	干旱山区,降水少	干旱气候区
永昌县	祁连山雪水灌溉区,降水少	干旱气候区

1.2 玉米单产、总产和播种面积资料

1985—2007年甘肃省各县春玉米单产、总产和总播种面积资料由历年《甘肃省年鉴》整理得到。个别没有单产资料的年份,利用总产与播种面积求取。

1.3 生理需水量

西北地区春玉米全生育期生理需水量由国家气象局培训中心提供,适用于甘肃省,采用平均需水量(480mm)应用于本文涉及的整个研究区域。

根据玉米不同阶段对水分的需求特点和西北地区张掖春玉米发育阶段生理需水量与全生育期需水量的关系^[13],折算出甘肃省春玉米生育阶段平均需水量(表2)。

表2 甘肃省春玉米发育阶段需水量

Table 2 Water requirement of corn developmental stages in Gansu Province

发育期	多年平均日期	需水量/mm	天数/d	平均日需水/(mm·d ⁻¹)
播种—出苗	4.11—5.10	15	30	0.5
出苗—拔节	5.11—5.31	42	20	2.1
拔节—吐丝	6.01—7.10	220	41	5.4
吐丝—成熟	7.11—9.30	204	87	2.3
全生育期	4.11—9.30	480	178	—

1.4 降水量和气温资料

1985—2007年4—9月各气象站点逐日降水量、气温资料从中国气象局气象资料存储检索系统中下载。

1.5 CI指数

1985年4月11日—2007年9月30日部分站点逐日CI指数由国家气候中心提供。没有逐日CI指数的站点的CI指数依据气象干旱等级国家标准(GB/T 20481—2006)中提供的方法求得。其中的参数 Z_{30} 、 Z_{90} 和 M_{30} 利用云南省水文水资源局提供的SPI软件包计算。

2 春玉米干旱灾损评估指标构建

拟利用不同的玉米种植区代表站点资料(由于春玉米站点不多,且有些站点产量资料不完整)构建DI指数;经过指标验证,在确认指标合理性和可行性的基础上,反演所有玉米生产县站的历史逐日DI指数;建立玉米不同生育时段和全生育期的累积DI指数;依据干旱减产和生长季降水量资料将生长季DI指数分为4个等级,分别表示轻、中、重和特重旱;给出代表站生长季DI指数的时空变化规律。

2.1 干旱指标的构建

首先,进行干旱减产年认定。通过产量构成分析,提取气象产量 $y_u = y_i - y_{t-e}$ (ε 为随机噪声,可不考虑),计算出相对气象产量,气象产量为正值代表该年份无气象灾害,为负的年份认定出现了气象灾害,为气象灾害减产年。再根据降水量资料和文献文字记载资料,剔除其他非降水导致的减产年份,剩余的就是干旱减产年。

表3是2007年6个代表站趋势产量、气象产量、相对气象产量。由表可知,西峰、武都和榆中2007年未发生干旱,临洮、靖远和永昌2007年为气象减产年,通过资料综合分析,确认均为干旱造成的减产。

表3 2007年代表站春玉米趋势产量、气象产量和相对气象产量

Table 3 Trend, weather, and relative meteorological yield of spring corn for primary stations in 2007

站点名称	趋势产量 /(kg·hm ⁻²)	气象产量 /(kg·hm ⁻²)	相对气象产量
西峰	7851.45	400.424	0.51
武都	2657.58	360.173	13.55
榆中	4542.75	1368.744	30.13
临洮	4405.00	-536.946	-12.19
靖远	6251.40	-109.950	-1.76
永昌	10764.23	-1029.156	-9.56

本文在构建干旱指数的过程中应用CI指数作为干旱指标的主要参数之一。CI指数是气象上广泛应用于干旱研究的一个综合气象指标,它包含90、30d降水和30d温度的影响,考虑了中长期降水的影响和温度条件的影响,适合较长时间

尺度(季度、月)的气象干旱研究;玉米干旱与中长期降水和热量条件有关,也受近期玉米自身对水分需求和水分满足程度的影响,因此,建立如下玉米干旱指标:

$$DI = mCI + nP$$

其中,DI为春玉米干旱气象生物指数,无量纲。CI为综合气象干旱指数,无量纲, $CI = aZ_{30} + bZ_{90} + cM_{30}$,其中, Z_{30} 、 Z_{90} 分别为近30d和近90d标准化降水指数SPI值; M_{30} 为近30d相对湿度指数; a 为近30d标准化降水系数,平均值取0.4; b 为近90d标准化降水系数,平均值取0.4; c 为近30d相对湿度系数,平均值取0.8。 P 为降水适宜度,为降水与需水比。 P 由下式计算^[4]: $P = R/Q$,其中, R 为降水量,mm; Q 为生理需水量,mm, $Q = A/D$, A 为某发育阶段内总生理需水量, D 为该发育阶段天数。 m 、 n 分别为模型中CI和P的权重系数,取值范围为0.1—1.0。本文中 m 、 n 均取1。干旱指标表明,DI指数既考虑了降水、热量的中、长期影响,也考虑了发育期降水和需水的关系,具有气象和生物学意义,尤其在营养生长期,如果冬末春初有较大的降水,则DI指数隐含了土壤墒情的作用。

逐日DI为逐日CI与降水与需水比P之和,其中P为逐日降水量R与逐日生理需水量Q之比,Q为春玉米所处发育阶段的需水量与该发育阶段天数之比。

发育阶段和生长季累积DI指数可分别表达为:

发育阶段的DI为该发育阶段内逐日DI指数的累积值

$$DIA; DIA = \sum DI_i, i \text{ 为发育阶段内天数}, i=1, 2, \dots, n.$$

生长季DI为各发育阶段的DI指数的累积值DIG: DIG =

$$\sum DIA_j, j \text{ 为发育阶段数}, j=1, 2, \dots, m.$$

2.2 指标可行性验证和分析

玉米干旱是气象干旱和玉米生理干旱的综合反映,本文中玉米干旱指标DI中的两项分别采用表征气象干旱的CI指数和表征作物生理干旱的水分适宜度P。玉米干旱减产与DI指数中所含参数有一定关系,因此,可以认为CI指数和水分适宜度P可用于干旱指标的构建,即二者均可作为DI指数中的参数。

再以甘肃东南部的西峰和南部的武都为例分析干旱减产与DI指数的关系(图1)。图1表明,甘肃省代表站的相对气象减产率与生长季DI指数之间有一定关系,相对气象产量减产率的变化能很好地反应DI指数的变化,或者说,DI指数变化与相对气象减产率变化保持一致。

通过上述分析和实际产量资料验证可以看出,用DI指数作为干旱对春玉米影响的评估指标是可行的。

2.3 生长季DI指数与作物干旱灾害程度的表达

利用各代表站逐日DI指数计算发育阶段DI指数,再计算出生长季DI指数;依据干旱减产(气象产量为负且剔除非干旱减产),并参考降水量划分出各代表站生长季DI指数的4个等级,分别代表灾害程度轻(减产15%以下)、中(减产

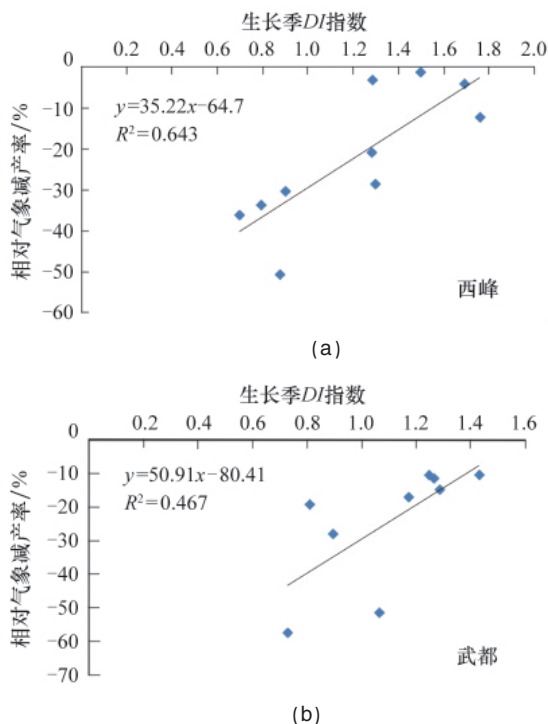


图1 代表站生长季 DI 指数与相对气象减产率的关系
Fig. 1 Relationship between DI of growth season and the rate of meteorological reduced yield

16%—25%)、重(减产 26%—35%)、特重(减产 35%以上);然后,将 6 个站点资料集中在一张图上,对指标进行二次纠正,得出甘肃省春玉米生长季干旱灾害 DI 指数等级。再得到由春玉米生长季 DI 指数表达的干旱灾害等级程度(表 4)。

表 4 春玉米生长季 DI 指数干旱等级划分表
Table 4 Classification of DI meteorological drought of growing season of spring corn in Gansu Province

干旱等级	DI 指数	划分依据
轻旱	$DI \geq 1.4$	降水量 $\geq 525\text{mm}$, 减产率 $\leq 15\%$
中旱	$1 \leq DI < 1.4$	$400\text{mm} \leq \text{降水量} < 525\text{mm}$, $15\% < \text{减产率} \leq 25\%$
重旱	$0.6 \leq DI < 1.0$	$250\text{mm} \leq \text{降水量} < 400\text{mm}$, $25\% < \text{减产率} \leq 35\%$
特旱	$DI < 0.6$	降水量 $< 250\text{mm}$, 减产率 $> 35\%$

2.4 干旱影响时段和产量构成参数分析

作物生长季受干旱灾害影响时由主要发育期灾害所致,主要发育阶段 DI 指数影响以下时段和产量构成参数。

(1) 播种—出苗期,评价干旱影响的参数主要为出苗率。甘肃平均播种时间为 4 月中旬,5 月上旬出苗,一般可持续 20 多天,一定程度轻旱影响不大,中到重度旱情影响营养吸收和光合,苗弱,延迟发育,对苗情有影响。播种期当干土层达到 5cm 以上将会推迟播种,土壤湿度占田间持水量在 40%

以下对出苗和苗期的生长不利,造成苗不齐,密度低,植株矮小细弱,根系发育受阻,甚至造成叶片凋萎植株死亡,最终影响产量。(2) 出苗—拔节期,评价干旱影响的参数主要为长势参数。出苗—拔节期平均时间为 5 月中旬到 5 月底,大约有 20d,此期比较耐旱,轻度干旱影响不大,一定程度的轻旱反而会起到蹲苗、控上促下作用,对保证壮苗有一定好处。中到重度旱情影响发育,对玉米拔节、孕穗不利,最终影响产量。(3) 拔节—抽雄期,平均时间为 6 月上旬—7 月中旬,一般可持续 1 个月左右,是玉米的主要生长期。拔节后植株进入旺盛生长阶段,对水分要求迫切。抽雄(7 月上中旬)前 10d 处于穗分化即孕穗期,是水分临界期,此时正是伏旱易发期,如果干旱持续半个月会造成玉米的“卡脖子”,使幼穗发育不好,果穗小,籽粒少,最终影响穗长、籽粒数和产量。(4) 抽雄—开花期,平均时间为 7 月下旬,一般可持续 10d 左右,抽雄后 20d 左右(7 月下旬)为开花期,即第二水分临界期,此时正是伏秋连旱易发期,干旱影响扬花、授粉,增加突尖长度,减少有效穗长,甚至造成空秆,对有效株数和单株籽粒数有影响。如果吐丝期(7 月下旬至 8 月上旬)供水不能满足玉米需求,将造成花期不遇、授粉不良、穗粒少;雄穗和雌穗抽不出来,雌穗部分不育甚至空秆,对产量影响很大。(5) 开花—乳熟期,平均时间为 7 月下旬—9 月中旬,一般可持续 2 个月。花期土壤湿度占田间持水百分率小于 60% 开始受旱,小于 40% 严重受旱造成花粉死亡,花丝干枯,不能受粉。此阶段需水量虽然逐渐减少,但干旱缺水会影响灌浆,减少结实率和成熟度,降低百粒重,最终产量下降。

总之,不论任何时间发生干旱,在其干旱影响无法弥补的情况下,都会对产量产生不同程度的影响。

3 DI 指数的应用

3.1 陇东南地区春玉米生长季 DI 指数变化

图 2 为西峰和榆中春玉米生长季累积 DI 指数变化。由图可见,西峰地区春玉米干旱具有较明显的周期性,但周期长短不一,1988—1990,1998,2002—2003 年轻干旱,其他年

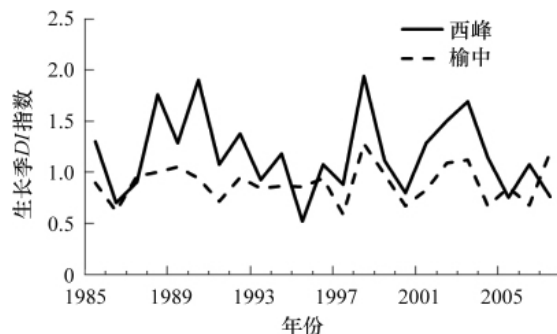


图 2 甘肃东南部春玉米代表站 DI 指数变化
Fig. 2 DI index changes of representative stations for the spring maize in the main distribution area of southeast area, Gansu Province

份发生中旱到特重旱,其中,1986,1995,2000年为特重旱。从榆中春玉米生长季 DI 指数变化来看,可分为干旱指数少波动期和指数波动期。1985—1996年为 DI 指数少波动期,指数多在 0.6—1.0,表明这一时段玉米干旱程度比较稳定,程度较重,达到重旱—特重旱;1997—2007年 DI 指数波动明显,1997,2000,2004—2006年为特重旱。

3.2 中南部玉米区生长季 DI 指数变化

图3为甘肃中南部春玉米代表站武都春玉米干旱指数变化。可见,武都的 DI 指数逐年变化不明显,大多数年份 DI 指数达 1.0 以上,在中旱—轻旱变化,1986,1997,2005年春玉米干旱相对较重,1990,1993,2002年春玉米干旱较轻或未发生干旱。

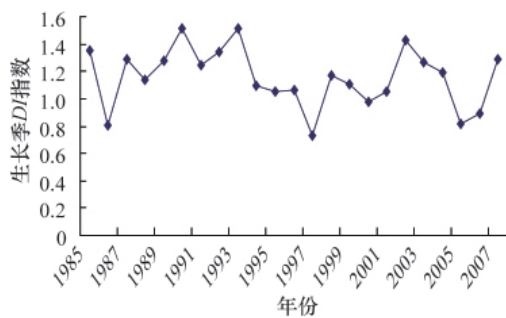


图3 甘肃中南部春玉米代表站武都 DI 指数变化

Fig. 3 DI changes of representative stations for the spring maize in the south central area, Gansu Province

3.3 北部春玉米区生长季 DI 指数变化

以靖远和永昌为例分析北部春玉米区干旱情况。靖远生长季 DI 指数变化大体分 3 个时间段,1985—1990年变化很大;1990—1997年,变化平缓;1997—2007年波动最明显。2005年出现了最小值,表明干旱达到特重,也是历史最重年。永昌的 DI 指数均在 1.0 以下,在重旱—特重旱。 DI 指数总体变化由小到大,干旱趋于减轻。1991年干旱最重,1994—1997年也都在 0.4 左右,达到特重旱,1997—2007年 DI 指数变大。

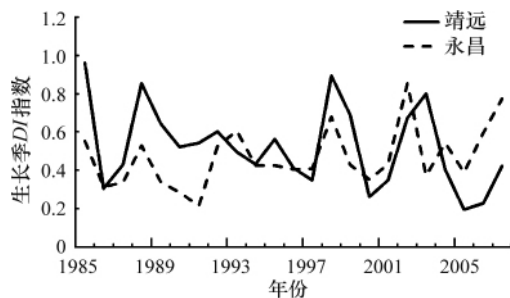


图4 甘肃北部春玉米代表站 DI 指数变化

Fig. 4 DI changes of representative stations for the spring maize in the north area, Gansu Province

3.4 生长季重旱分布

从甘肃生长季重旱频率分布图来看,重旱发生频率较高的地区位于榆中、靖远、临洮和景泰所在的中部阴湿山区和

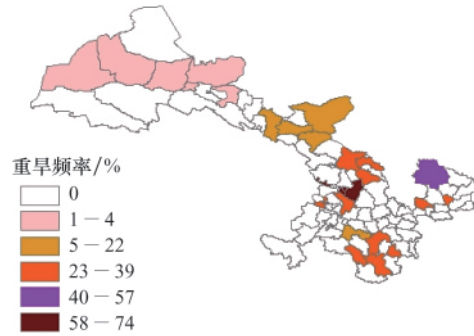


图5 甘肃春玉米重旱指数空间分布

Fig. 5 Distribution of serious drought index in Gansu Province

干旱山区,频率都为 30% 以上,环县、临夏、西峰数值也较大,其中最高值榆中为 74%;在不考虑灌溉的情况下,北部重旱的发生频率较高,在灌溉的情况下,重旱的发生频率较低,张掖市为 9%,酒泉市为 4%。重旱对玉米种植和产量影响很大,减产程度很高。

4 结论

本文通过干旱指数 DI 的构建、验证,计算了生长季 DI 累积指数,分析了干旱指数的时空分布特征,得出以下结论。

(1) 本研究采用常规地面气象观测资料构建了春玉米干旱指数模型,模型中参数容易获得;避开使用土壤湿度资料的不便;比起气象干旱指标,增加了生物信息。由于生长季 DI 指数采用相对气象产量,因此,不同时段干旱影响的后期补偿效应能够体现出来。但是,干旱与其他灾害同时发生时,还不能精确提取出干旱造成的减产和影响。

(2) 通过对甘肃产量资料分析,西峰 1986,1995,2000 年为特重旱,榆中 1986,1997,2000,2004—2006 年为特重旱,靖远 2005 年达到特重旱,永昌 DI 指数均在 1.0 以下,在重旱—特重旱,减产都在 27% 以上。武都春玉米历史上基本没有特重旱年份。靖远玉米干旱有加重趋势,永昌玉米干旱有减轻的趋势。

(3) 利用理论和实际产量资料对干旱指数进行了验证分析,确认该指标的科学性和可行性。利用该指标进行玉米干旱的时空分布规律分析,取得合理效果。因此,该指数可作为定量评估西北地区干旱灾损的适用性指标之一。

参考文献 (References)

- [1] 张强,邓振镛,赵映东,等. 全球气候变化对我国西北地区农业的影响[J]. 生态学报, 2008, 28(3): 1210—1218.
Zhang Qiang, Deng Zhengyong, Zhao Yingdong, et al. *Acta Ecologica Sinica*, 2008, 28(3): 1210—1218.
- [2] 李春虎. 西北干旱和暴雨研究综述[J]. 甘肃气象, 2003, 21(1): 1—7.
Li Chunhu. *Gansu Meteorology*, 2003, 21(1): 1—7.
- [3] 刘静,武万里,孙银川,等. 旱灾累积指数在宁夏干旱灾害监测及损失评估中的应用[C]//中国气象学会 2003 年年会论文集, 2003.

- Liu Jing, Wu wanly, Sun Yinchuan, *et al.* The paper collection of Chinese meteorological society annual meeting in 2003, 2003..
- [4] 刘静, 马力文, 张晓煜, 等. 春小麦干热风灾害监测指标与损失评估模型方法探讨——以宁夏引黄灌区为例 [J]. 应用气象学报, 2004, 15(2): 217-225.
- Liu Jing, Ma Liwen, Zhang Xiaoyu, *et al.* *Quarterly Journal of Applied Meteorology*, 2004, 15(2): 217-225.
- [5] 房稳静, 张雪芬, 赵龙, 等. 河南省冬小麦干旱灾害的空间分布研究[J]. 气象与环境科学, 2007, 30(2): 61-63.
- Fang Wenjing, Zhang Xuefen, Zhao Long, *et al.* *Meteorological and Environmental Sciences*, 2007, 30(2): 61-63.
- [6] 王雨, 杨修. 黑龙江省水稻气象灾害损失评估[J]. 中国农业气象, 2007, 28(4): 457-459.
- Wang Yu, Yang Xiu. *Chinese Journal of Agrometeorology*, 2007, 28(4): 457-459.
- [7] 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, 12(1): 145-151.
- Zhu Zixi, Liu Ronghua, Fang Wensong, *et al.* *Journal of Natural Disasters*, 2003, 12(1): 145-151.
- [8] 姚晓红, 许彦平, 王润元, 等. 天水市农业气象灾害对主要粮食作物产量的影响[J]. 中国农业气象, 2008, 29(2): 221-223.
- Yao Xiaohong, Xu Yanping, Wang Runyuan, *et al.* *Chinese Journal of Agrometeorology*, 2008, 29(2): 221-223.
- [9] 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 Ronghua, Zhu Zixi, Fang Wensong, *et al.* *Chinese Journal of Ecology*, 2006, 25(9): 1068-1072.
- [10] 张倩, 赵艳霞, 王春乙. 我国主要农业气象灾害指标研究进展 [J]. 自然灾害学报, 2010, 19(6): 40-53.
- Zhang Qian, Zhao Yanxia, Wang Chunyi. *Journal of Natural Disasters*, 2010, 19(6): 40-53.
- [11] 江远安, 赵逸舟, 陈颖, 等. 干旱指数 CI 的确定及其在新疆的应用[J]. 沙漠与绿洲气象, 2010, 4(2): 18-20.
- Jiang Yuanan, Zhao Yizhou, Chen Ying, *et al.* *Desert and Oasis Meteorology*, 2010, 4(2): 18-20.
- [12] 韩永翔, 李栋梁, 郭慧. 甘肃省玉米产量的气候特征及其与大陆 OLR 的关系研究[J]. 自然资源学报, 1998, 13(2): 104-109.
- Han Yongxiang, Li Dongliang, Guo Hui. *Journal of Natural Resources*, 1998, 13(2): 104-109.
- [13] 李金华, 杨晓光, 曹诗瑜, 等. 甘肃张掖地区不同种植模式需水特征及作物系数分析[J]. 江西农业学报, 2009, 21(4): 17-20.
- Li Jin hua, Yang Xiaoguang, Cao Shiyu, *et al.* *Acta Agriculturae Jiangxi*, 2009, 21(4): 17-20.
- [14] 蒲金涌, 姚小英, 姚茹莘. 近 40 年甘肃河东地区夏秋作物气候适宜性变化[J]. 干旱地区农业研究, 2011, 29(5): 253-257.
- Pu Jinyong, Yao Xiaoying, Yao Ruxin. *Agricultural Research in the Arid Areas*, 2011, 29(5): 253-257.

(责任编辑 代丽)

·学术动态·



“第十一届全国矿床会议”征文

“第十一届全国矿床会议”将于 2012 年 10 月 19—26 日在贵阳市召开。此次大会由中国地质学会矿床地质专业委员会、中国矿物岩石地球化学学会矿床地球化学专业委员会、中国矿业联合会主办。

征文范围:(1) 区域矿产与成矿规律;(2) 铁矿床成矿过程及勘查技术方法;(3) 铀矿成矿过程与找矿评价;(4) 内生金属矿床成矿作用;(5) 现代与古代海底成矿作用;(6) 卡林型金矿和密西西比河谷型铅锌矿;(7) 大陆表生成矿过程与富集规律;(8) 成矿过程的模拟与实验;(9) 成矿作用的地球化学示踪及成矿年代学;(10) 地质流体与成矿;(11) 正岩浆型矿床;(12) 金矿床成矿过程与背景;(13) 深部矿产勘查技术理论与方法;(14) 矿产资源预测评价理论与方法;(15) 矿产资源战略、矿业经济与可持续发展;(16) 矿产资源综合利用及矿山环境;(17) 现代分析测试技术及应用;(18) 三江特提斯带沉积岩容矿 Pb-Zn-Cu-Ag 成矿作用;(19) 发展矿业重大政策研讨。

论文截稿日期:2012 年 8 月 1 日。

联系电话:010-68335862, 010-68999027。

电子信箱:kchy2012@126.com。

会议网站:<http://www.cags.ac.cn/gonggao/2012/0401.html>。