

# 区域农业干旱风险评估研究 ——以中国西南地区为例

徐新创,葛全胜,郑景云,戴尔阜,刘成武

(中国科学院地理科学与资源研究所,北京 100101)

**摘 要:**农业干旱风险评估有助于提升区域灾害风险管理和决策水平,减轻干旱灾害造成的损失。利用历史降水资料、灾情数据和社会经济数据,本文以地级市为评估单元,以各评估单元3种播种面积最大的农作物为评价对象,在发展和完善现有连续无雨日干旱评估指标的基础上,结合作物不同生长阶段对干旱反应的差异,设计了一套农业作物干旱等级判定及其概率研究方法,同时,提出评估单元不同作物干旱等级损失率的计算方法,构建了农业干旱风险损失评估的计算模型。本文以西南区为案例区进行了农业干旱风险评估,结果发现:①采用研究方法求算的各评估单元风险损失结果能有效地表达各评估单元之间的农业干旱风险差异;②根据计算的农业干旱风险指数划分的风险区能比较准确地反映案例区内农业干旱风险的空间分布规律;③西南区农业干旱高度和重度风险区主要分布在该区西部和北部的一些高原、山地之中,而轻度和中度风险区则主要分布在其东部、中部和南部地区。

**关 键 词:**农业干旱风险;连续无雨日;西南地区

## 1 引言

研究表明<sup>[1]</sup>,中国干旱灾害损失有不断上升的趋势。并且,随着全球气候的变化,这种趋势将日渐加剧<sup>[2-3]</sup>。显然,传统的干旱应急管理模式已不能适应社会应对干旱灾害管理的要求,一种新的干旱灾害管理模式,即干旱灾害风险管理将逐渐取代过去的应急管理模式,以克服后者迟缓、协调性差及目标不明确等诸多不足。农业干旱风险评估是进行农业干旱风险管理的重要过程和核心内容,但受自然与社会各种因素的影响,区域农业干旱风险评估的过程非常复杂,其评估方法和途径一直以来都是灾害学界关注的重点<sup>[4-5]</sup>。

从目前来看,参数法和灾损拟合法是两种最为常用的方法<sup>[6]</sup>。参数法是指用一系列参数来表示区域农业干旱的脆弱性,然后将这些参数与干旱致险因子的致险程度进行关联分析,通过输入和输出参数的转换,得出风险度大小的分析方法,目前,这一

方法为大多数研究所使用<sup>[7-8]</sup>。但是,这种方法参数的选择和赋值受主观影响较大,且没有考虑到农业系统的核心因子——作物的损失状况,因此,评估结果较为粗略。灾损拟合法是指依据已发生干旱灾害的致险强度、农业系统(或作物)的脆弱性和损失率,来寻找农业(或作物)干旱灾害损失率与灾害强度、脆弱性等指标之间函数关系的方法。这种方法完全依据灾情数据进行分析,减少了人为主观判断的环节,其评估结果可靠性较高,但该方法对灾害资料样本要求很高,因此,在具体使用中受到了较大限制,目前只是就某区域单一作物风险水平进行过相关研究<sup>[9-11]</sup>,严格而言,其评估结果并不是整个区域的综合风险水平的反映。本研究试图借用后一种方法的研究思路,在前人研究成果的基础上,以评估单元3种主要作物为评估对象,结合降水、作物不同生长期的需水差异、历史灾情损失等资料,构建区域农业综合风险损失模型,并选择我国西南地区为案例区进行农业干旱风险评估,以期进一步推进灾损拟合法的研究。

收稿日期:2011-01; 修订日期:2011-04.

**基金项目:**国家科技支撑计划课题项目(2008BAK50B06);中国科学院知识创新工程方向性项目(KZCX2-YW-Q03-01);国家自然科学基金项目(41001122, D010106);国家科技支撑计划重大项目(2007BAC03A01);湖北省自然科学基金项目(2010CDB05102, 2005ABA008)。

**作者简介:**徐新创(1976-),男,博士研究生。主要从事全球变化与自然灾害风险研究。E-mail: xuxc.08b@igsrr.ac.cn

**通讯作者:**郑景云,研究员, E-mail: zhengjy@igsrr.ac.cn

2 农业干旱风险分析方法

基于自然灾害风险由危险性和易损性共同决定的评估思路,研究在确定基本评估单元和对象后,首先,对现有连续无雨日数干旱指标进行发展和完善,并在此基础上设计一套农作物干旱风险损失等级及其概率的算法;然后,利用区域历史旱灾灾情损失状况的统计分析,得到各干旱等级损失率;最后,结合各地区不同作物的物理暴露量和抗旱能力,计算作物的风险损失量,并对区域农业干旱风险进行分区评价。

2.1 评估单元及评估对象选择

考虑到干旱灾情的片状分布特征以及目前中国发布的灾情资料空间尺度的实际状况,本文选择以地级市作为评估单元,以各评估单元中3种播种面积最大的农作物进行风险损失的综合评估。在中国东部传统农业区299个评估单元统计中,发现有240个评估单元3种主要作物播种面积占该评估单元作物总播种面积的50%以上,而比例略低于50%的评估单元有50个,主要是分布在一些山地丘陵地区,如西南地区各评估单元均低于50%,但大多数也超过35%以上,即3种主要作物播种面积仍在占有较大比例。因此,研究取各评估单元3种播种面积最大的农作物的干旱风险损失为代表,综合分析评估单元间的农业干旱风险差异。

2.2 干旱等级评估及其概率计算

选择或构建适当的干旱等级指标是干旱灾害危险性评估的关键。目前,评估农业干旱程度的基本方法有土壤墒情法、降水量距平法、连续无雨日数法、缺水率法、断水天数法等,从资料可获取性、干旱指标意义现实性以及计算过程的可操作性等方面来比较,本研究选择连续无雨日数法作为农业干旱程度等级指标评估的基本方法。连续无雨日数指在作物生长期连续无有效降水的天数。其中,有效降水是指:在春季、秋季和冬季一日雨量大于3 mm的降水,夏季一日雨量大于5 mm的降水。2006年国家防汛抗旱总指挥部办公室颁布试行了《干旱评估标准》(下称《标准》)<sup>[12]</sup>,将全国分为东北区、黄淮海区、西北区、长江中下游区、东南区和西南区等6个评估大区,以作物需水关键期受旱的旱情表现作为基本判断依据,以连续无雨日数作为干旱等级判断指标,分季节对旱地(水浇地)给

出了相应的干旱评估标准。但是,在《标准》中,并没有给出水田的连续无雨日干旱评估标准,而是以断水天数来评估水田旱情等级。评估中,为使水田(望天田)与旱地(或水浇地)具有统一的连续无雨日标准,需要对构建水田连续无雨日评估指标。由于我国水田主要种植水稻,水稻生长期水田平均水深一般不超过50 mm<sup>[13-14]</sup>,参照我国农作物腾发量分布图<sup>[15]</sup>可知,水稻在主要生长期(6-9月)日均腾发量约为5 mm,照此计算,大田在一旬(10日)内田面蓄水会自然落干,随即进入稻田断水阶段。因此,研究在《标准》给出的水田各阶段断水天数基础上,加上10日的大田自然落干时间,即可形成水田旱情连续无雨日的评估标准(表1)。

此外,《标准》中连续无雨日旱情评估指标仅只考虑了连续无雨日全部落在作物需水关键期的情形及作物生长季节间的差异,而并没有考虑连续无雨日除部分落在需水关键期中,或全部落在需水关键期外的情形,同时,对于连续无雨日跨越不同季节等情形也缺乏明确界定,使得该指标具体使用时不便操作。因此,本研究在评估作物干旱等级及其发生概率时,针对以上情形,特作了如下补充规定:

(1) 如果连续无雨日全部落在作物的生长需水关键期,则旱情依照《标准》中连续无雨日干旱等级划分标准评定干旱等级;如果连续无雨日全部落在作物生长需水关键期以外,则在《标准》等级划分标准评定的基础上将旱情作次一级处理。例如,2005年四川南充市小麦蹲苗期连续无雨日为35天,按标准应为中度干旱,但由于不是在小麦需水关键期,则将其视为轻度干旱处理。

(2) 如果连续无雨日部分落在作物的生长需水关键期,且超过10日(含10日),则依照《标准》等级划分标准评定干旱等级;如果连续无雨日部分落在作物的生长需水关键期,但不超过10日,则在依据上述等级划分标准评定的基础上将旱情作次一级处理。

(3) 如果连续无雨日连跨两季,则以多数无雨日(无雨日数一半以上)所在的季节干旱等级标准进

表1 水田无雨日旱情等级划分表  
Tab.1 Drought disaster grades of consecutive rainless days on paddy field

		干旱等级				
		轻度干旱	中度干旱	严重干旱	特大干旱	
连续无雨日天数/天	南方	春季、秋季	17~20	21~25	26~35	>35
	夏季	15~17	18~22	23~30	>30	
	北方	15~19	20~24	25~32	>32	

行判断,连跨三季或三季以上视为特大干旱。仍以四川省南充市为例,2006年连续无雨日跨冬春两季,共59天,其中29天在冬季,30天在春季,则此次干旱以春季标准评定为严重干旱(冬季标准为中度干旱)。

(4) 对于某一作物生长期内可能出现多个阶段连续无雨日的情形,在评估时依照上述等级划分标准将每一阶段出现的干旱等级进行比较,以最大干旱等级作为本年该作物所遇的干旱等级。例如,如果南充市某年小麦生长期内出现过多段间断的连续无雨日,分别为:25天、43天、44天等,先依据以上情况判断各自的干旱等级,然后比较各自评估等级,取其最大等级值作为本年该区小麦所受旱情。

在以上相关设定下,根据各评估单元气象站日降水资料,结合不同地区作物生长物候分布图<sup>[16]</sup>,提取作物生长期内的连续无雨日数,判断评估单元各作物干旱等级并计算各干旱等级发生的概率。其过程可通过计算机相关程序实现,程序基本流程设计如图1。

2.3 干旱等级损失率计算

干旱等级损失率是指区域不同干旱等级发生后引起作物的减产率,体现的是区域作物在现有抗旱能力条件下区域农作物的干旱易损性特征。

1995年以前,中国灾情统计没有形成统一规

范,统计格式多种多样,灾情汇报描述性居多,直接统计各作物因旱减产损失率的数据较少,加上春旱、夏旱、伏旱、冬干或春夏连旱等多种干旱形式灾情叠加,试图通过这些数据直接厘清某一次连续无雨日干旱形成的损失几乎是不可能的。1995年后,中国灾情统计统一规定以受灾面积、成灾面积和绝收面积来统计上报,并通过灾情与灾损的模拟,构建了公式(1)来计算某次灾情的作物损失率<sup>[12]</sup>。然而,在目前的灾情统计资料中,大多是以全年为时间单位统计区域干旱的受灾、成灾、绝收面积,少有统计到每次灾情损失的,并且,大多数地区灾情统计数据不超过15年,由于样本资料不足,通过这些资料进行灾情与损失的拟合研究,所得到的相应干旱等级损失率结果可信度较低。

鉴于此种状况,在计算区域干旱风险损失率时,本文采用空间替代时间的方法,通过统计分析来获得区域各干旱等级风险损失率。其具体做法是:首先,在研究区内,以风险评估基本单元为单位,按受灾、成灾和绝收面积进行灾情数据收集和统计,将数据输入公式1,计算得到评估单元农作物因旱的年综合损失率,并将该损失率值视为一个样本;然后,将研究区内所有研究单元损失率值视为一个样本集,利用动态聚类法把样本集分成4类,取每一类中心值分别作为评估单元各干旱等级的

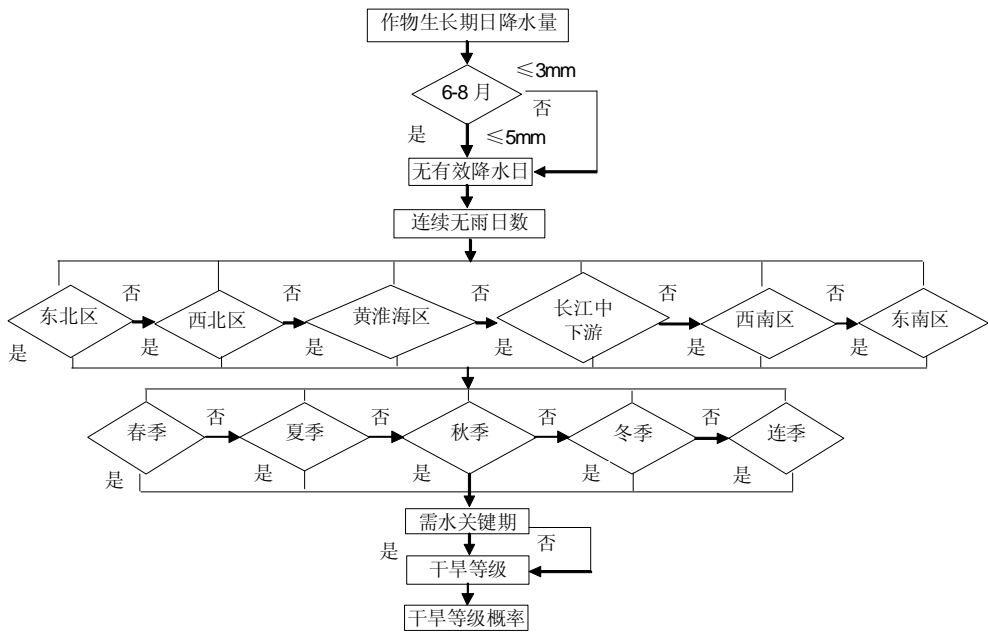


图1 作物干旱等级概率算法流程图

Fig.1 The flow chart for calculating the drought grade probability



损失率均值( $L_m$ ),评估单元各等级干旱风险损失值围绕这一中值上下波动。

$$L=I_3\times 90\%+(I_2-I_3)\times 55\%+(I_1-I_2)\times 20\% \quad (1)$$
式中:  $L$  为综合损失率(%);  $I_1$  为受灾面积占播种面积的比例(%);  $I_2$  为成灾面积占播种面积的比例(%);  $I_3$  为绝收面积占播种面积的比例(%)。

以上统计分析得到的各等级干旱风险损失均值仅表示评估单元所有作物总体的损失状况,不能区别到各类作物。但是,在研究中,各评估单元都取3种主要作物作为评估对象,而每种作物对水分亏缺的敏感程度并不一样,同样的缺水程度会引起不同的产量响应(损失)结果。作物水分产量响应系数<sup>[17]</sup>能够体现作物间的这种差别,即通常情况下,作物水分产量越大,则在相同的缺水程度下,该类作物产量损失率越高。因此,研究利用作物水分产量响应系数( $K_y$ )作为修正系数对以上综合平均损失率进一步修正,得到评估单元各种作物平均损失率(公式2)。

$$D=K_y\times L_m \quad (2)$$
式中:  $D$  为修正后的作物平均损失率;  $L_m$  为区域干旱等级损失率均值。

2.4 作物产量价值量计算

作物产量用来反映干旱情形下的物理暴露量。研究采用最近5年中各评估单元作物的最高单产作为评估单元在现有技术条件下该类作物无灾时的单产能力,并以此单产能力代表该区作物最大生产能力。考虑到耕地面积的波动,以最近5年的平均播种面积作为评估单元该种作物的播种面积,二者相乘所得总产量视为评估单元该种作物的最大产量。由于每个评估单元选取播种面积最大的前3种作物作为评估对象,为使3种作物能进行统一运算,以当年统计公布的各类农作物产品市场平均价格作为基础,将评估单元中各类作物产量转化成价值量:

$$MV=S\times Y\times V \quad (3)$$
式中:  $S$  为近5年来区域某作物平均播种面积( $\text{hm}^2$ );  $Y$  为近5年来某作物最高单产( $\text{t}/\text{hm}^2$ );  $V$  为当年某作物农产品市场价格。

2.5 农业干旱风险损失

(1) 风险损失量

干旱风险损失是指区域干旱可能形成的损失

期望。依据风险评估基本原理,结合以上分析,构建区域作物干旱风险损失价值量模型:

$$LV=(1-I)\sum_{i=1}^n\sum_{j=1}^mL_{mij}P_{ij}K_{yj}S_jY_jV_j \quad (4)$$

式中:  $LV$  为区域作物风险损失价值量(元);  $P$  为干旱等级概率;  $i$  为干旱等级;  $j$  为作物类型;  $I$  为旱涝保灌率(旱涝保收面积/区域耕地面积);  $n=1, 2, 3, 4$ ;  $m=1, 2, 3$ ; 其余变量含义同上。

需要指出的是,连续无雨日指标评定标准的设置主要是针对没有灌溉条件的耕地或水浇地而言的,计算时应扣除各评估单元中旱涝保收的面积。另外,公式4中保灌比例在一定程度上能反映评估单元的抗灾能力,由于灌溉系统很难进一步区分到各类作物,因此,评估时,同一评估单元内各类农作物旱涝保灌率视为相同处理。

(2) 综合风险损失率

综合风险损失率是区域风险损失量与区域3种农作物总产量价值量的比值,用来综合反映区域3种农作物的单位产量价值量风险损失程度,其公式表示为:

$$R=\frac{LV}{Y_{\text{总}}} \quad (5)$$

式中:  $R$  为综合损失率;  $Y_{\text{总}}$  为3种农作物的总产价值量。

(3) 综合风险损失指数

风险损失量是评估单元的干旱风险损失的绝对数量,而风险损失率是相对数量,仅用其中一个指标来反映评估单元的风险都有不足,因此,研究将两者以极值标准化法后,通过专家打分赋权法,各赋0.5的权值,利用式(6)计算获得综合风险损失指数,并对其进行分级,以此划分研究区内不同的干旱风险等级区。

$$RD=\frac{Q+S}{2} \quad (6)$$

式中:  $RD$  为综合风险损失指数;  $Q$  为风险损失量指数;  $S$  为综合风险损失率指数。

3 研究区概况与农业干旱风险评估

3.1 研究区概况

本研究选择6大区中的西南区作为案例区进

行验证分析。西南地区包括云南省、贵州省、四川3省和重庆市(西藏自治区除外)。研究以地级市(州)为基本评估单元,由于重庆直辖市耕地面积较大,区内农业生产条件差异明显,根据该区农业生产环境的实际情形,同时结合该区行政区划,将其分成渝中区、渝东北区和渝东南区3个等同于地级市(州)的评估单元,因此,研究区内共有49个基本评估单元。研究区是中国典型的粮油产区,主要种植水稻、冬小麦、春玉米、油菜、烤烟、甘蔗等作物,其水稻、油菜籽产量分别占全国总产量的15.8%和24.2%。然而,受不稳定的季风气候及地形高差较大等因素的影响,该地区也是中国干旱灾害最为频发的地区之一<sup>[18]</sup>,频繁的干旱给该区农业经济造成了极大的损失。如2009年秋冬至2010年春西南特大干旱,仅云南一省直接经济损失就达190亿元,并因此导致该地区250万人口重新返贫。此外,该区地形复杂,地貌单元多样,且区内降水分布不均,在不同的季节均有干旱发生。目前,关于该地区干旱研究多数关注干旱成因及其损失表现上<sup>[19-20]</sup>,而从风险的角度评估该区农业干旱的研究并不多见。因此,选择该区作为案例区既是该区干旱灾害现实管理的需要,同时,也对中国其他区域开展类似研究具有很好的借鉴意义。

3.2 研究区农业干旱风险损失及其检验

表2是西南地区主要农作物与风险评估的相关变量信息。其中,作物水分产量响应系数( $K_y$ )参照了FAO<sup>[17]</sup>推荐的研究成果,各产品价格则来自2008年全国农产品市场平均价格<sup>[21]</sup>,作物需水关键期主要参照王辉等<sup>[22-27]</sup>的研究。

表3是利用西南地区历史灾情资料(主要来自云南省《减灾年鉴》(1996-2007)和《救灾年鉴》(1994-2007)),根据式(1)进行计算,将计算结果构成一个样本,在SPSS中利用K-means动态聚类分析法将样本点分成4类,取各类中值,得到的研究区各干旱等级的平均损失率。

根据公式(4)和公式(5)计算出西南地区各研究单元农业干旱的风险损失值(表

4)。由表4可以看出,西南地区农业干旱的风险损失总计为68.98亿元,其中,四川、云南、贵州、重庆四省(市)风险损失分别为25.04、17.96、11.82、14.16亿元;从各地区来看,风险损失最高的是重庆的渝中区,每年风险损失达7.32亿元,最低的是雅安市,为0.14亿元。为验证结果能否用以指示该地区农业干旱风险损失的空间分布,以下运用研究区内历史灾情数据进行检验。

检验数据来自近10年(1997-2006年)西南地区

表2 西南地区农作物相关参数

Tab.2 Parameters for the crops in southwest China

作物类型	中稻	冬小麦	春玉米	油菜(籽)	甘蔗	烤烟
需水关键期	返青-乳熟期	拔节-灌浆期	拔节-灌浆期	开花-角果期	分蘖-生长期	旺长期
$K_y$	1.3697	1.05	1.25	0.73	1.20	0.91
产品价格	92.49	82.76	72.48	256.68	13.03	686.93

表3 西南地区农业干旱等级平均损失率

Tab.3 The mean rate of crop comprehensive reduction in various drought grades in Southwest China

旱灾等级	轻度干旱	中度干旱	严重干旱	特大干旱
损失率/%	4	11	25	33

表4 西南地区农业干旱风险损失

Tab.4 Risk loss of agro-drought in Southwest China

省级	地级单元	损失量/亿元	损失率/%	省级	地级单元	损失量/亿元	损失率/%
云南省	昆明	1.12	4.50	四川省	成都市	1.96	3.72
	曲靖	2.48	5.41		自贡市	0.46	2.52
	玉溪	1.14	5.56		攀枝花市	0.14	4.44
	保山	1.21	8.71		泸州市	1.00	3.47
	昭通	2.23	12.65		德阳市	1.83	5.49
	丽江	0.45	8.70		绵阳市	1.99	6.22
	思茅	0.38	2.93		广元市	1.74	8.77
	临沧	0.63	5.84		遂宁市	0.85	4.29
	楚雄	1.54	6.54		内江市	1.08	5.21
	红河	1.56	8.24		乐山市	0.15	0.98
	文山	1.15	7.29		南充市	2.97	7.27
	西双版纳	0.18	2.93		眉山市	0.43	1.72
	大理	1.68	6.64		宜宾市	1.01	3.25
	德宏	1.63	9.95		广安市	1.38	5.19
贵州省	怒江	0.27	12.97		达州市	2.69	6.08
	迪庆	0.31	14.84		雅安市	0.14	0.83
	小计	17.96			巴中市	1.84	8.42
	贵阳市	0.75	6.94		资阳市	2.01	6.65
	六盘水市	0.43	4.19		阿坝	0.16	12.08
	遵义市	3.28	6.93		甘孜	0.18	15.04
	安顺市	0.62	4.35		凉山	1.04	5.21
	铜仁地区	1.31	6.75		小计	25.04	
	黔西南州	0.69	4.44	重庆市	渝中区	7.32	8.25
	毕节地区	2.58	9.71		渝东北区	4.73	9.09
	黔东南州	1.28	5.90		渝东南区	2.12	10.37
	黔南州	0.88	3.89		小计	14.16	
	小计	11.82			总计	68.98	





## 4 结论与讨论

农业干旱风险评估是实现农业干旱风险管理的重要过程,科学的农业干旱风险评估有助于提升区域灾害风险管理和决策水平,减轻干旱灾害造成的损失。本文利用评估单元3种主要农作物为研究对象,在评估其干旱灾害风险损失的基础上研究评估单元的风险形式,形成如下一些研究结论:

(1) 探讨了区域农业干旱风险的研究方法。本文针对区域农业干旱灾害损失大部分集中于评估单元内几类主要播种作物的事实,选取了各评估单元播种面积最大的3种作物的风险损失进行综合分析,并以此比较各评估单元的风险水平,评估方法较之目前所运用的区域干旱风险参数评估法以及单作物风险损失评估法更为客观。

(2) 形成了一套农业干旱程度判断及其概率计算流程和算法。选择和构建合适的干旱评估指标判断农业干旱程度及其概率是农业干旱风险评估中的关键过程。本文选择应用连续无雨日指标进行干旱等级评估,并根据干旱对农作物不同生长阶段影响的特点,设计了一套干旱等级判定及其概率计算的算法。这种干旱等级的判定方法既从宏观上把握了旱情发展的现实,又从机理上考虑了作物不同生长阶段对于干旱胁迫的响应差异,因此,其结果能更好地反映作物受旱灾影响的实际情形。

(3) 在使用历史灾情数据对作物干旱灾害损失率计算中,针对各评估单元缺乏长时间样本数据支持灾情和灾损对应研究的事实,本文采用空间代替时间的方法,在统计分析区域各评估单元综合损失率样本集的基础上,结合不同作物的水分产量系数,形成各评估单元不同作物不同程度等级干旱的损失率。

(4) 选择干旱灾害严重的西南地区对研究方法进行验证,经分析、检验,结果表明:各评估单元风险损失结果能有效地表达各评估单元之间的农业干旱风险差异,并且,根据区域农业干旱风险指数划分的各级风险区能反映案例区内农业干旱风险的空间分布规律。

需要指出的是,评估过程中农作物最高单产、干旱损失率计算等方面仍存在一些不足,其计算方法有待进一步完善和改进;另外,干旱灾害风险是区域农业系统各种相互关联的要素面对干旱存在

着的一种危机状态,仅以3种作物概略反映这种状态仍略显粗略,如何更加全面综合地考察区域农作物的损失也有待进一步深入研究。

## 参考文献

- [1] 李茂松,李森,李育慧.中国近50年旱灾灾情分析.中国农业气象,2003,24(1): 6-9.
- [2] IPCC. Climate Change 2001: Impacts, Adaptation and Vulnerability of Climate Change, working group II report. London: Cambridge University Press, 2001.
- [3] IPCC. Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability-Working Group II, 2007.
- [4] 王素艳,霍治国,李世奎,等.干旱对北方冬小麦产量影响的风险评估.自然灾害学报,2003,12(3): 118-125.
- [5] 王静爱,商彦蕊,苏筠,等.中国农业旱灾承灾体脆弱性诊断与区域可持续发展.北京师范大学学报:社会科学版,2005(3): 130-137.
- [6] 葛全胜,邹名,郑景云,等.中国自然灾害风险综合评估初步研究.北京:科学出版社,2008: 234-235.
- [7] Olga V, Wilhelmi. Assessing vulnerability to agricultural drought: A nebraska case study. Natural Hazards, 2002, 25(1): 37-58.
- [8] 刘兰芳,刘盛和,刘沛林,等.湖南省农业旱灾脆弱性综合分析 with 定量评价.自然灾害学报,2002,11(4): 78-83.
- [9] 刘荣花,王友贺,朱自玺,等.河南省冬小麦气候干旱风险评估.干旱地区农业研究,2007,25(6): 1-4.
- [10] 朱琳,叶殿秀,陈建文,等.陕西省冬小麦干旱风险分析及区划.应用气象学报,2002,13(2): 201-207.
- [11] 张文宗,赵春雷,康西言,等.河北省冬小麦旱灾风险评估和区划方法研究.干旱地区农业研究,2009,27(2): 10-16.
- [12] 国家防汛抗旱总指挥部办公室.干旱评估标准(试行),2006.
- [13] 陶明华,吕秀艳,王波.水稻灌溉制度试验研究.东北水利水电,2008,26(1): 62-63.
- [14] 古璇清.水稻灌溉制度试验分析与评价.广东农业科学,1995(6): 7-10.
- [15] 中国主要农作物需水量等值线图研究协作组.中国主要农作物需水量等值线图研究.北京:中国农业科技出版社,1993.
- [16] 张福春,王德辉,丘宝剑.中国农业物候图集.北京:科学出版社,1987.
- [17] Allen R G, Pereira L S, Raes D, et al. Crop evapotranspiration guidelines for computing crop water requirements. Rome, Food and Agriculture Organization of the United

Nations, 1998.

[18] 王静爱, 孙恒, 徐伟, 等. 近 50 年中国旱灾的时空变化. 自然灾害学报, 2002, 11(2): 1-6.

[19] 蒋兴文, 李跃清, 李春, 等. 四川盆地夏季水汽输送特征及其对旱涝的影响. 高原气象, 2007, 26(3): 476-485.

[20] 苏跃, 廖婧琳, 冯泽蔚, 等. 54 年来贵州旱灾及其对粮食生产的影响. 贵州农业科学, 2008, 36(1): 51-53.

[21] 国家发展和改革委员会价格司. 2008 全国农产品成本收益资料汇编. 城市: 中国统计出版社, 2009.

[22] 李国章. 广西甘蔗的需水与灌溉. 广西水利水电, 1993 (2): 62-67.

[23] 王惠群, 萧浪涛, 刘素纯, 等. 干旱胁迫对烤烟产量和某些化学成分的影响. 湖南农业大学学报, 2004, 30(5): 401-404.

[24] 桑久仁, 陶明华. 水稻灌溉制度试验研究. 东北水利水电, 1993(3): 29-31.

[25] 白树明, 黄中艳, 王宇. 云南玉米需水规律及灌溉效应的试验研究. 中国农业气象, 2003, 24(3): 18-21.

[26] 谢素华, 杨明高, 张涛. 油菜需水量及需水规律的研究. 四川水利, 1996, 17(2): 24-25.

[27] 王辉, 曾艳, 王鹏云, 等. 干旱对昆明小麦生长发育的影响研究. 中国农学通报, 2008, 24(7): 191-194.

Drought Risk Assessment on Regional Agriculture:  
A Case in Southwest China

XU Xinchuang, ZHENG Jingyun, GE Quansheng, DAI Erfu, LIU Chengwu  
(Institute of Geographical Sciences and Natural Sciences Research, CAS, Beijing 100101, China)

**Abstract:** Agro-drought risk assessment is helpful for improving ability of regional disaster management and mitigating the drought-induced loss. We used historic precipitation, disaster loss and socio-economical data in China as the basic data. The assessment was performed for the three crops with the biggest sown areas in each of prefecture-level region. By using the consecutive rainless days to scale the drought severity, we developed different standards of indexes to judge drought severities. The standards were relying on seasons, crop types and crop growth stages. Moreover, we developed a model for each type of crops. This model could be used to calculate risk loss under different severities of drought. In the next step, we integrated risk loss of each type of crops to assess the regional drought-induced agricultural loss, by weighting average approach. Using the above method we took Southwest China as a case area to assess its spatial distribution of agro-drought risk. We found that (1) from the results tested by historical loss of agro-drought hazards in recent 10 years (1997-2006) in Southwest China, the risk loss calculated by the model can reveal the loss differences between assessment units; (2) different risk regions divided by the composite risk index can well reflect the differences of spatial distribution in Southwest China; (3) high and extreme risk areas of agro-drought were primarily in the plateaus and mountains in the western and northern parts of the region, and slight and moderate risk levels were observed in the eastern, central and southern parts of Southwest China.

**Key words:** agro-drought risk; consecutive rainless days; southwest China

本文引用格式:

徐新创, 葛全胜, 郑景云, 等. 区域农业干旱风险评估研究: 以中国西南地区为例. 地理科学进展, 2011, 30(7): 883-890.