

# 农业干旱风险研究进展

何 斌<sup>1</sup>, 武建军<sup>2</sup>, 吕爱锋<sup>1</sup>

(1. 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101;

2. 北京师范大学民政部/教育部减灾与应急管理研究院, 北京 100875)

**摘 要:** 农业干旱风险分析是近年来兴起的一个新的研究领域, 这一研究不仅是农业旱灾风险管理的基础和前提, 也是农业干旱风险区划和灾前损失预评估的理论基础。本文系统阐述了农业旱灾风险的内涵及构成要素、风险分析体系及研究现状, 在此基础上指出, 依据自然灾害风险分析基本原理, 从农业旱灾危害性以及承灾体脆弱性角度系统地建立农业旱灾综合风险分析程序框架和指标体系, 尤其是开发针对每一风险要素的、动态的数学模型和指标体系是当前干旱灾害风险时空格局研究的当务之急。

**关 键 词:** 农业干旱; 风险; 危险性; 脆弱性

## 1 引言

随着全球气候变化以及人类活动强度的加剧, 自然灾害给世界, 尤其是发展中国家造成的潜在威胁越来越大<sup>[1-2]</sup>。近些年来, 世界各国积极开展自然灾害学的相关研究, 努力探索预防、控制和减轻灾害影响的理论体系和技术手段。“风险”的概念自19世纪末在西方经济领域中被提出以来, 已广泛运用于灾害学研究相关领域, 成为灾害研究和灾害管理的重要理念。风险分析与风险管理逐渐取代传统的危机管理模式, 成为灾害学研究的新趋势<sup>[3]</sup>。

干旱是一种由短期的气候异常所造成自然灾害, 与其他自然灾害相比, 干旱具有发生频率高、影响范围大、持续时间长、危害性大的特点<sup>[4]</sup>。国际灾害数据库的资料显示, 从全球范围来看, 干旱发生次数仅占整个自然灾害数量的5%, 但其造成的人员损失却达30%, 占各种自然灾害之首。随着全球气候变化的加剧, 干旱的发生频率和影响面积也在不断增加。国际大气研究中心(NCAR)的分析显示, 1970–2000年, 世界遭受严重干旱的地区占全球陆地面积的百分比增长了2倍, 而造成干旱加重的主要原因可能是全球气温的升高<sup>[5-6]</sup>。IPCC在其系列评估报告中指出, 未来干旱风险有不断增加的趋势<sup>[6-7]</sup>。

全球性的干旱已成为最严重自然灾害之一, 预防和减轻干旱灾害成为当今世界的重要课题之一, 已受到各国政府和相关学者的普遍关注。

我国是一个干旱频发的国家, 据统计<sup>[8]</sup>, 1949–2001年, 平均每年受旱面积约219万hm<sup>2</sup>, 约占各种气象灾害面积的60%, 每年因旱灾减产粮食50亿kg, 其中, 20世纪50–80年代因旱灾损失的粮食占全国粮食损失总量的50%。随着社会经济发展和人口膨胀, 水资源短缺现象日趋严重, 加之全球气候变化的加剧, 我国农业干旱形势存在不断恶化的趋势(图1)。农业干旱已经开始威胁到我国的粮食安全和经济社会的可持续发展。

综上所述, 当前我国农业干旱管理面临着巨大

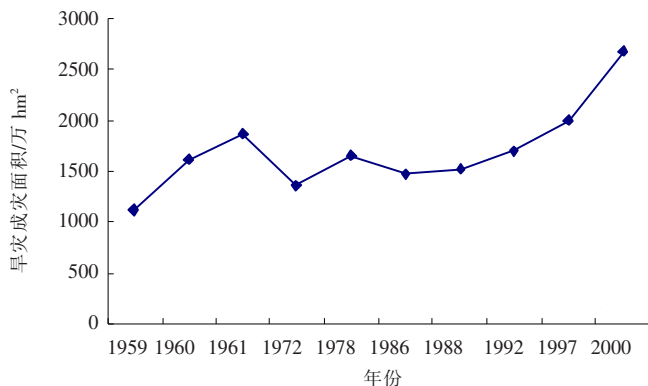


图1 中国历年旱灾成灾面积变化

Fig.1 Time series of the national drought-affected area in China

收稿日期: 2010-01; 修订日期: 2010-03.

基金项目: 国家自然科学基金项目(40601091, 40801216); 国家科技支撑计划项目(2006BAD20B02, 2006BAC18B06)。

作者简介: 何斌(1986–), 男, 博士研究生, 主要从事旱灾风险研究。E-mail: heb.07b@igsnr.ac.cn

通讯作者: 武建军, 男, 副教授。主要从事研究方向。E-mail: wujj@ires.cn

的挑战。急需发展基于机理过程的区域干旱风险评价方法,探讨农业干旱危险性、脆弱性的时空分布格局,揭示中国农业干旱风险的空间分布格局,为我国农业干旱的科学管理以及防灾减灾策略的制定提供理论支持。

## 2 农业干旱及其风险

### 2.1 农业干旱的定义及其影响

干旱灾害被认为是最复杂、影响人口最多而了解甚少的一种自然灾害<sup>[9]</sup>。由于干旱并非明确事件,难以准确识别其开始和结束,且影响因素复杂,因而难以对其进行明确、全面的界定<sup>[10]</sup>。通常将干旱描述成一段时间内降水的异常短缺,无法满足需求,从而产生一定的经济、社会和环境的影响;这种现象是一种正常的、不断出现的气候特征;同时干旱是一种相对的,而非绝对的状况,应当根据具体地区去界定;且每一次干旱在强度、持续时间和空间范围上都不相同<sup>[11]</sup>。上述描述较全面地揭示了干旱的成因、影响并指出了干旱现象的广泛性和复杂性特征。此外,根据确定干旱的因素或参数的不同及应用上的需要,通常也将干旱分为4种类型,即气象干旱、农业干旱、水文干旱和社会经济干旱<sup>[12]</sup>。

农业干旱涉及到各种气象干旱特征(如降雨稀缺、实际蒸散与潜在蒸散的差异、土壤水分的短缺)对农业的影响(如产量变化)。植物的水分需求取决于天气状况、植物的具体生理特征、植物生长阶段以及土壤的理化特性,干旱发生在作物生长的不同阶段,对农作物最终产量的影响也不同<sup>[13]</sup>。因此,在对农业干旱进行定义的时候,需要考虑多种因素,如湿度、蒸散、植被类型、土壤类型和物候等。目前为止农业干旱仍然没有一个可以广泛接受的、统一的定义。比较有代表性的定义有:一个地区一段时间内的湿度状况低于该地区作物生长适宜湿度水平,从而对农业生产带来负面影响<sup>[13]</sup>;一段时间降雨的不足,造成作物生长季土壤水分的短缺<sup>[14]</sup>、土壤持水量下降到一定程度,对农作物产量产生不利,进而影响一个地区的农业生产<sup>[15]</sup>以及也有学者根据实际蒸散和潜蒸散的比率低于一定值的连续天数来定义农业干旱<sup>[16]</sup>。在实际应用中,需要根据研究和应用的需要选择不同的农业干旱定义。

### 2.2 农业干旱风险的定义及构成要素

风险一直伴随着人类存在,人类的每一个决定

或行动实际上都承担着一定的风险。学术界关于风险(Risk)的讨论,最早可见于19世纪末的经济学研究中。美国学者J.Haynes<sup>[17]</sup>在1895年所著的《Risk as An Economic Factor》一书中认为,风险意味着损害的可能性。随后,一系列关于风险的概念相继被提出<sup>[18-21]</sup>,虽然不同学科对风险有不同的理解和定义,但在一点上却是统一的,即风险总是与“损失或破坏、不利后果或人们(即风险承担者)不希望出现、不愿意接受的事物”的潜在威胁相联系,且潜在威胁的出现具有不确定性。

灾害作为重要的可能损害之源,历来是各类风险和风险管理研究的重点讨论对象。依据灾害系统论的观点,灾害系统是由孕灾环境、致灾因子和承灾体3者共同组成的地球表层变异系统,灾情是这个系统中各子系统相互作用的产物<sup>[22]</sup>。在风险研究中,通常认为自然灾害风险是由致灾因子的危险性(Hazard)、承灾体的暴露性(Exposure)和脆弱性(Vulnerability)3个要素以及由此导致的灾情共同组成的宏观结构<sup>[23-25]</sup>,表示如下:

风险=f(概率(危害),损失(脆弱性,显露性))

农业生产的风险因素许多,包括干旱、洪水、病虫害、劳动力短缺、价格波动及政治因素等。这些因素当中,干旱对农业生产的影响非常显著。干旱风险(Drought Risk)是干旱危险强度、频度及承灾体脆弱性综合作用产生的潜在负面影响<sup>[11]</sup>。或者说,干旱的风险是某一地区一段时间降水短缺和该地区脆弱性和暴露性共同作用的产物<sup>[3]</sup>。结合以上定义,本文将农业干旱风险定义为干旱危险强度、频度及与农业相关的社会、经济、环境脆弱性综合作用产生的潜在负面影响。

## 3 农业干旱风险的研究进展

### 3.1 农业干旱风险分析体系

自然灾害风险分析是对风险区遭受不同强度自然灾害的可能性及其可能造成的后果进行定量的分析和评估。图2是进行自然灾害分析的一般流程<sup>[26-28]</sup>。一定区域自然灾害风险是由自然灾害危险性、暴露性、承灾体的脆弱性或易损性3个因素相互综合作用而形成的,对灾害风险的分析评价需要分别对3个要素构建相应的风险运算模型,以风险可能造成的期望损失来进行风险等级的划分。同时,风险分析是个动态的过程,在采取一定的减灾

措施以后,风险要素会发生变化,如承灾体的脆弱性会降低,这时候需要重新进行风险分析,划分风险等级。黄崇福给出了自然灾害风险分析的基本原理<sup>[28]</sup>,为自然灾害风险分析提供了理论框架,并在此基础上,指出模糊集理论提供的方法是表达风险中各种不确定性的有效方法之一。

干旱由于其自身的缓发性特点,且没有统一定义,尚没有广泛认可的风险分析模型。西部干旱协调委员会(Western Drought Coordination Council, WDCC)提出了干旱风险分析的6个步骤<sup>[11]</sup>,其核心思想是:首先,辨识主要干旱影响并对其分级,然后深入分析产生干旱的潜在脆弱性因素,最后针对这些因素采取一定减灾行动,从而降低承灾体的脆弱性。文中给出了辨识干旱农业影响、分析农业脆弱性因素的树状图(图3),为进行农业干旱风险定性分析提供了思路。

由于干旱是一个复杂的水分供给与水分平衡的问题,涉及到自然和社会经济的各个方面,一种结合危险性和脆弱性的概念模型的方法被引入干旱风险定量评价研究。早期研究中用危险性和脆弱性的加和来进行风险的定量研究,即:风险=危险性+脆弱性<sup>[29]</sup>。在最新的研究中,通常用干旱的危险性和脆弱性乘积的概念模型来进行风险的计算,即:风险=危险性×脆弱性<sup>[11,30-32]</sup>。虽然两个概念模型的表示方式不同,但都是基于自然灾害风险分析原理这一理论基础。

综上所述,自然灾害风险分析基本原理是当前构建农业干旱风险分析体系的理论基础,在这一理论框架下,目前开展的农业干旱风险分析内容主要包括致灾因子危险性分析和农业干旱脆弱性分析,以及在此基础上的风险评价模型研究。

3.2 农业干旱危险性研究进展

在自然灾害系统中,灾源称为致灾因子,例如地震、洪水均称为致灾因子。致灾因子风险分析的主要任务是,研究给定区域内各种强度的自然灾害发生的概率或重现期<sup>[28]</sup>。旱灾的致灾因子是由于气象系统异常造成的干旱,降水是决定干旱的主要因素,同时,其他因素如强风、高温和低湿等都可以加重干旱的强度和影响范围<sup>[33]</sup>。因而,干旱的强度取决于水分的亏缺度、持续时间和影响的空间范围<sup>[34]</sup>。干旱致灾因子危险性分析是对干

旱进行识别,并对其强度、频度、持续时间及空间范围进行分析<sup>[35]</sup>。

干旱的危险性描述的是干旱的自然属性。干旱指数法目前进行干旱辨识、监测和干旱强度等级的划分主要方法。针对不同的干旱类型及物理意义基础,国内外学者开发了多种干旱指数,根据判断角度的不同,可划分为四类,即:基于降水的指数,如降水距平、标准降雨指数(SPI)<sup>[36]</sup>等;基于土壤水分的指数,如土壤水分亏缺量<sup>[37]</sup>、干旱强度指数(PDSI)<sup>[38]</sup>等;基于作物水分的指数,如作物水分指数(CMI)<sup>[39]</sup>等;基于地表水供给的指数,如地表水供给指数(SWSI)<sup>[40]</sup>等。这些干旱指数的共同特点是旨在反映干旱的成因、程度、时间等特征,然而,要反映干旱的危险性水平,还需借助一些统计的方法及技术手段如GIS技术构建干旱危险性评价模型来实现。

在农业干旱风险研究中,干旱危险性模型通常根据作物产量和受灾面积等参数或者基于干旱指数来构建。前者主要是根据作物减产<sup>[41]</sup>或者历史干旱灾情统计资料<sup>[42]</sup>,来确定干旱发生的强度或者频率。这类危险性模型从灾损的角度探讨了农业干旱

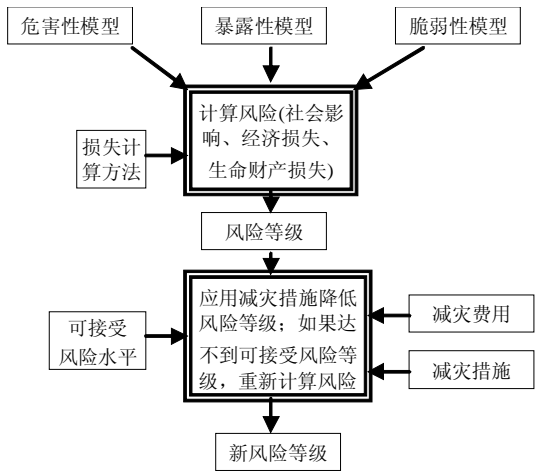


图2 自然灾害风险分析流程

Fig.2 Process of natural hazard risk analysis  
农业受损收入减少

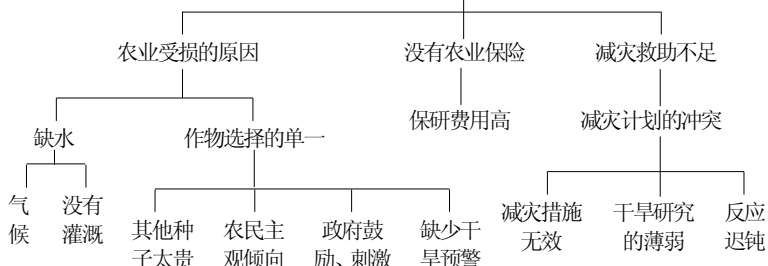


图3 干旱农业影响分析树状图

Fig.3 Tree diagram of drought agricultural impacts on agriculture



的危险性,但是对于干旱发生的机理解释不足,不足以反映干旱的物理特征。基于干旱指数来构建干旱危险性评价模型是目前干旱危险性评价的主要方法。例如:美国农业部(USDA)主要使用干旱强度指数(PDSI)和作物水分指数(CMI)来测定干旱的量级,以此来决定是否需要给农民和牧场主提供援助。这种方法简单、明了,但仅仅考虑农业干旱的强度特征,不足以反映区域农业干旱发生频度等特征。有学者探讨了利用气象干旱指数 SPI 来确定干旱强度和发生频率,在此基础上构建了干旱危险性指数,并对计算结果进行了危险性等级的划分和空间格局的表达<sup>[34]</sup>。该研究在孟加拉干旱危险性评价中得到应用,取得了较好的效果。基于干旱指数的危险性模型集合了干旱强度、发生频率和空间分布特征,相对比较完善,但是在参数等级的划分上存在很大的主观性。在我国,许多学者都从致灾因子的角度,探讨不同时段中国旱灾的时空格局<sup>[37,43-46]</sup>,这些研究的开展对于开展区域干旱评价提供了很好的方法借鉴。但这些研究只单独考虑了干旱强度或者发生频率,在综合反映干旱致灾特征方面还显不足。

以上分析表明,我国农业干旱研究中,对于农业干旱危险性机理及干旱特征的描述还显不足,构建更具机理性的、农业生产针对性及普适性的危险性评价模型将成为当前研究的一个重要方向。

### 3.3 农业干旱脆弱性研究进展

近年来,随着干旱造成损失的加剧和认识的不断深入,干旱脆弱性(Vulnerability)问题受到越来越广泛的关注<sup>[31-32,47]</sup>。

承灾体的脆弱性水平是影响灾害风险大小的基本因素之一。通常,风险载体相对于某风险源的脆弱性愈低,则该风险载体遭受损失的可能性越小,相应地其所载荷的来自该风险源的灾害风险就可能越小;反之愈大。许多学者都对承灾体脆弱性分析的理论和方法进行了探讨<sup>[29,31,48]</sup>。目前脆弱性较为普遍的定义是社会经济系统和自然环境对自然灾害影响的敏感度或从灾害影响中恢复的能力<sup>[49]</sup>。干旱的脆弱性指人口、活动或环境对干旱影响的敏感度,脆弱度主要取决于某一地区的社会和环境特征,通常用预防、应对、抵御和灾后恢复的能力来衡量<sup>[11]</sup>。图4为欧洲东南部干旱管理中心给出的脆弱性的构成要素<sup>[50]</sup>。具体到农业干旱的脆弱性,一般将其定义为:农业易于或敏感于遭受干旱威胁和损

失的程度<sup>[51]</sup>。

脆弱性评价为辨识干旱影响的社会、经济和环境因素提供了框架,是干旱影响评价和政策形成的中间过程。通过对潜在脆弱性因素的分析,可以制定相应政策,有效地规避干旱的发生<sup>[52]</sup>。WDCC 以农业、旅游业为例,通过构建干旱影响的树状图来揭露潜在的社会、经济和环境脆弱性,成为脆弱性辨识的范例<sup>[11]</sup>。Shamsuddin 从社会经济和自然 2 个角度选取人口密度、性别比例、贫困人口比例、农业人口比例、水浇地占农用地比例、土壤含水量、农作物产量 7 个指标并进行归一化处理取平均值,进行孟加拉西部干旱承灾体脆弱性评价<sup>[34]</sup>,这一研究为我们开展干旱脆弱性的定量评价提供了很好的借鉴,但其对干旱的承灾体界定不够明确且对脆弱性产生机理的解释不强。

农业旱灾的形成是降水不足或不均与农业生产系统脆弱性共同作用的结果,承灾体脆弱性的高低会起到“放大”或“缩小”灾情的作用<sup>[53]</sup>。从应用角度,农业干旱脆弱性的评价,能够辅助建立农业干旱的预警模型,从而正确指导区域政府和提高社会系统防御农业干旱的能力<sup>[54]</sup>。农业干旱脆弱性定量研究方面,通常通过选取表征影响脆弱性的人类活动和自然状况因子(如气候、土壤、土地利用、灌溉状况等指标),利用权重打分的方法,对区域农业干旱脆弱性进行评价<sup>[49]</sup>。

国内学者在农业干旱脆弱性概念模型及定量研究方面也开展了一定的工作,研究方法亦是通过选取脆弱性指标并赋权重打分来对具体区域的脆弱性进行评价<sup>[53,55-56]</sup>,研究结果在一定程度上表征了区域的农业干旱的脆弱性,但是对脆弱性产生机理的解释比较薄弱。

综上所述,选取、整合影响社会、经济、环境脆弱性的因子是进行农业干旱脆弱性定量评估的主要方法,在因子的选取及因子权重确定上都存在一

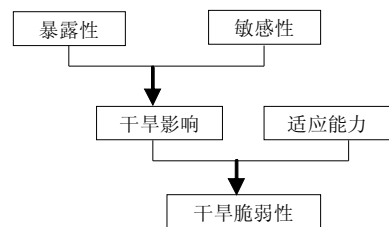


图4 脆弱性及其组成

Fig.4 Vulnerability and its components

来源:欧洲东南部干旱管理中心(DMCSEE),<http://www.dmcsee.org>.

定的主观性和片面性,产生的这一问题的关键在于农业干旱脆弱性产生机理研究的薄弱;此外,目前的农业干旱脆弱性研究多以县域单元进行,受资料收集等因素的限制,难以拓展到广域上研究,因此,构建更具机理性的、适合大区域的脆弱性评价指标体系是农业干旱脆弱性分析的重点。

### 3.4 农业干旱风险评价模型研究进展

风险的大小需要通过风险值的高低来确定,风险值是风险区内一定时段内可能发生的一系列不同强度自然灾害给风险区造成的可能后果的量化表示。在自然灾害风险分析中,通常是在致灾因子危险性分析和承灾体脆弱性、暴露性分析的基础上,通过构建概念模型来计算在一定频率的自然灾害发生情况下风险区可能遭受的实际损失——期望损失,以划分风险等级<sup>[27-28]</sup>。在当前的农业干旱风险评价模型研究中,主要有以下 3 类模型。

(1) 以农业干旱对作物产量的影响为基础的风险评价模型。作物产量是农业干旱灾害损失的一个可靠的指示因子,因此,在农业风险评价中,多以作物产量的变化来刻画风险的高低。利用干旱指数确定的农业干旱等级与作物产量之间的数学关系,从而建立作物产量预测模型,已经成为农业干旱风险评价的一个重要方法<sup>[57]</sup>。这类模型多针对具体作物构建,主要通过建立作物生长季前、生长季不同阶段的降水、气温等气象要素与作物产量之间的关系,进而用以预测作物产量<sup>[58-62]</sup>。这类农业干旱风险评估模型可以反映单种作物的农业干旱风险状况,然而,不足以反映区域农业干旱综合风险。

(2) 基于概率的风险评价模型。该类模型直接通过灾害损失数据来确定风险水平<sup>[63-64]</sup>,计算方法的有点就是简单易行。但此种风险模型的不足是没有对致灾因子和载体进行综合评价,对风险产生机理解释不足。

(3) 基于自然灾害风险分析基本原理的风险评价模型。该类模型对致灾强度和载体脆弱性进行了综合考虑,进行农业干旱风险的计算和评价,也是一种常规风险评价手段这类模型通常也是针对具体作物开发,在农业干旱的危险性描述上主要利用干旱指数或者受灾面积计算的农业干旱发生频率来表示,脆弱性的描述往往是在定性分析的基础上,采用打分的方法,风险的描述则是通过经济损失或者产量损失来表示<sup>[41,65-67]</sup>。这些研究对于作物生产具有重要意义,但是在脆弱性的研究上稍显薄

弱,且研究工作多在小区域进行,难以在大区域农业干旱综合风险评价中应用。

综上所述,现有的农业干旱评价模型存在作物单一性、机理薄弱性等缺点,难以用于大区域农业干旱综合风险评价。依托自然灾害风险分析基本原理,从农业干旱危险性和农业干旱脆弱性的角度构建更具机理性和综合性的农业干旱风险评价模型是未来研究工作的一个突破点。

## 4 结论

农业干旱风险分析是风险管理和减灾管理的基础。根据干旱风险分析评估的结果,依据风险程度的不同,农业及相关管理部门可以制定出相应的减灾政策,部署实施减灾工程,使减灾管理做到有的放矢。然而,当前农业干旱风险分析尚处于起步阶段,许多工作还有待加强。

(1) 我国农业干旱研究中,对于农业干旱危险性机理及干旱特征的描述仍然欠缺,构建更具机理性的、农业生产针对性及普适性的危险性评价模型将成为当前研究的一个重要方向。

(2) 当前农业干旱脆弱性风析的指标选取和量化表示尚存在很大的主观性和片面性,建立更具机理性的、适合大区域研究的脆弱性指标评价体系将是农业干旱脆弱性分析的重点。

(3) 现有的农业干旱评价模型存在作物单一性、机理薄弱性等缺点,难以用于大区域农业干旱综合风险评价,依托自然灾害风险分析基本原理,从农业干旱危险性和农业干旱脆弱性的角度构建更具机理性和综合性的农业干旱风险评价模型是未来研究工作的一个突破点。

(4) 在自然灾害风险分析中,将防灾减灾能力作为风险分析和风险评价的一个重要环节,而在目前的农业干旱风险研究中,这方面研究还很薄弱。

## 参考文献

- [1] UNISDR. Briefing Note 01: Climate Change and Disaster Risk Reduction. Geneva, 2008.
- [2] 张继权,冈田宪夫,多多纳裕一. 综合自然灾害风险管理: 全面整合的模式与中国的战略选择. 自然灾害学报, 2006, 15(1): 29-37.
- [3] Wilhite D A, Hayes M J, Knutson C, et al. Planning for drought: Moving from crisis to risk management. Water Resour. Assoc., 2000, 36(4): 697-710.

- [4] 钱正安, 吴统文, 宋敏红, 等. 干旱和我国西北干旱气候的研究进展及问题. 地球科学进展, 2001, 16(1): 28–38.
- [5] Dai A G, Trenberth K E, Qian T T. A global dataset of Palmer Drought Severity Index for 1870–2002: Relationship with soil moisture and effects of surface warming. *Journal of Hydrometeorology*, 2004, 5: 1117–1130.
- [6] IPCC. Climate change 2001: Impacts, adaptation and vulnerability of climate change, working group II report. London: Cambridge University Press, 2001.
- [7] IPCC. Climate change 2007: Impacts adaptation and vulnerability, working group II report. New York: Cambridge University Press, 2007.
- [8] 马宗晋. 中国重大自然灾害及减灾对策(总论). 北京: 科学出版社, 1994.
- [9] Hagman G. Prevention better than cure. Report on Human and Environmental Disasters in the Third World. Stockholm, Sweden: Swedish Red Cross, 1984.
- [10] Changnon S A, Jr. Detecting Drought Conditions in Illinois. Champaign: Illinois State Water Survey, 1987.
- [11] Knutson C, Hayes M, Phillips T. How to Reduce Drought Risk. Wisconsin, Nebraska: Western Drought Coordination Council, 1998.
- [12] Wilhite D A. Drought. *Encyclopedia of Earth System Science*, 1992, 2: 81–92.
- [13] Palmer W C. Meteorological drought US. Weather Bureau Research Paper, 1965: 45–58.
- [14] Kulshreshtha S N, Klein K K. Agricultural drought impact evaluation model: A systems approach. *Agricultural System*, 1989, 30(1): 81–96.
- [15] Kumar V, Panu U. Predictive assessment of severity of agricultural droughts based on agro-climatic factors. *Journal of the American Water Resources Association*, 1997, 33(6): 1255–1264.
- [16] Nullet D, Giambelluca T W. Risk analysis of seasonal agricultural drought on low Pacific islands. *Agricultural and Forest Meteorology*, 1988, 42(2–3): 229–239.
- [17] 苏桂武, 高庆华. 自然灾害风险的分析要素. 地学前缘, 2003, 10(特刊): 272–278.
- [18] Lowrance W W. Of Acceptable Risk. Los Altos: Wilham Kaufmann, 1976.
- [19] Rescher N. Risk: A Philosophical Introduction to the Theory of Risk Evaluation and Management. London: University Press of America, 1983.
- [20] Adams J. Risk. London: UCL Press, 1995.
- [21] Banks E. Catastrophic Risk Analysis and Management. Chichester: Wiley Finance, 2005.
- [22] 史陪军. 再论灾害研究的理论与实践. 自然灾害学报, 1996, 5(4): 6–17.
- [23] UNDRO. Mitigating natural disasters, phenomena, effects and options. A manual for policy makers and planners. New York, UNDRO, 1991.
- [24] Alexander D. Confronting Catastrophe. Oxford: Oxford University Press, 2000.
- [25] Mechler R. Natural Disaster Risk Management and Financing Disaster Losses in Developing Countries. Karlsruhe: Verlag Versicherungswirtschaft GmbH, 2004.
- [26] Petak W J, Atkisson A. Natural Hazard Risk Assessment and Public Policy. Springer-Vezlag New York Lnc., 1982.
- [27] 周寅康. 自然灾害风险评价初步研究. 自然灾害学报, 1995, 4(1): 6–11.
- [28] 黄崇福. 自然灾害风险分析的基本原理. 自然灾害学报, 1999, 8(2): 21–30.
- [29] Blaikie P, Cannon T, Davis I, et al. At risk: Natural Hazards, People's Vulnerability and Disasters. London, New York: Routledge, 1994.
- [30] Downing T E, Gawith M J, Olsthoorn A A, et al. Introduction climate change and risk//Downing T E, Olsthoorn A J, Tol R S J. London: Routledge, 1999: 1–18.
- [31] Downing T E, Bakker K. Drought discourse and vulnerability//Wilhite D A. Drought: A Global Assessment, Natural Hazards and Disasters Series. London: Routledge, 2000.
- [32] Wilhite D A. Drought as a natural hazard: concepts and definitions//Wilhite D A. Drought: A Global Assessment. New York: Routledge, 2000: 1–18.
- [33] Sonamez F K, Komuscu A U, Erkan A, et al. An analysis of spatial and temporal dimension of drought vulnerability in Turkey using the Standardized Precipitation Index. *Natural Hazards*, 2005, 35: 243–264.
- [34] Shahid S, Behrawan H. Drought risk assessment in the west part of Bangladesh. *Nat Hazard*, 2008, 46 (3): 391–413.
- [35] Hayes M J, Wilhelmi O V, Knutson C L. Reducing drought risk: bridging theory and practice. *Natural Hazard Review*, 2004, 5(2): 106–113.
- [36] McKee T B, Doesken N J, Kleist J. The relationship of drought frequency and duration to time scales//Proc. 8th Conference on Applied Climatology, 1993, 179–184, 17–22 January, Anaheim, CA. Boston, MA: American Meteorological Society.
- [37] 王劲峰. 中国自然灾害影响评价方法研究. 北京: 中国科学技术出版社, 1993: 58–86.
- [38] Palmer W C. Meteorological drought US. Weather Bureau Research Paper, 1965: 45–58.

- [39] Palmer W C. Keeping track of crop moisture conditions, nationwide: The new crop moisture index. *Weatherwise*, 1968, 21: 156–161.
- [40] Ohlsson I. Water conflict and social resource scarcity. *Physics and Chemistry of The Earth(B)*, 2000, 25(3): 213–220.
- [41] 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): 201–206.
- [42] 商彦蕊. 农业旱灾风险与脆弱性评估及其相关关系的建立. *河北师范大学学报*, 1999, 23(3): 420–428.
- [43] 张德二, 刘传志. 《中国近五百年旱涝分布图集》续补 (1980–1992 年). *气象*, 1993, 19(11): 41–45.
- [44] 李克让, 尹思明, 沙万英. 中国现代干旱灾害的时空特征. *地理研究*, 1996, 15(3): 6–15.
- [45] 潘耀忠, 龚道益, 王平. 中国近 40 年旱灾时空格局分析. *北京师范大学学报*, 1996, 32(1): 138–143.
- [46] 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.
- [47] Keenan S P, Krannich R S. The social context of perceived drought vulnerability. *Rural Sociol*, 1997, 62 (1): 69–88.
- [48] Kates R W. The interaction of climate and society//Kates R W, Ausubel J H, Berberian M. *Climate impact assessment: Studies of the interaction of climate and society*. Chichester: Wiley, 1985.
- [49] Wilhelmi O V, Wilhite D A. Assessing vulnerability to agricultural drought: A Nebraska case study. *Nat Hazards*, 2002, 25(1): 37–58.
- [50] Turner B, Kasperson R E, Matson P A, et al. A framework for vulnerability analysis in sustainability science. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2003, 100 (14): 8074–8079.
- [51] 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.
- [52] Ribot J C. Introduction: Climate Variability, Climate Change and Vulnerability: Moving Forward Ribot by Looking Back//Ribot J C, Magalhaes A R, Panagides S S. *Climate Variability: Climate Change and Social Vulnerability in the Semi-Arid Tropics*. Cambridge: Cambridge University Press, 1996.
- [53] 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*, 2005, (3): 130–137.
- [54] Betty. Identifying and mapping community vulnerability. *Disater. The Journal of Disaster Studies, Policy and Management*, 1999, 23(1): 1–18.
- [55] 商彦蕊. 河北省农业旱灾脆弱性动态变化的成因分析. *自然灾害学报*, 2000, 9(1): 40–46.
- [56] 刘兰芳, 关欣, 唐云松. 农业旱灾脆弱性评价及生态减灾研究: 以湖南省衡阳市为例. *水土保持通报*, 2005, 25 (2): 69–73.
- [57] Quiring S M, Papakryiakou T N. An evaluation of agricultural drought indices for the Canadian prairies. *Agricultural and Forest Meteorology*, 2003, 118(1–2): 49–62.
- [58] Starr T B, Kostrow P I. The response of spring wheat yield to anomalous climate sequences in the Unite States. *Journal of Applied Meteorology*, 1978, 17(8): 1101–1115.
- [59] Thompson L M. Effects of changes in climate and weather variability on the yields of corn and soybeans. *Journal of Production Agriculture*, 1988, 1(1): 20–27.
- [60] Walker G K. Model for operational forecasting of western Canada wheat yield. *Agricultural and Forest Meteorology*, 1989, 44(3–4): 339–351.
- [61] Mjelde J W, Penson Jr J B. Dynamic aspects of the impact of the use of perfect climate forecasts in the corn belt region. *Journal of Applied Meteorology*, 2000, 39(1): 67–79.
- [62] Hong Wu, Wilhit D A. An operational agricultural drought risk assessment model for Nebraska, USA. *Natural Hazards*, 2004, 33(1): 1–21.
- [63] 任鲁川. 区域自然灾害风险分析研究进展. *地球科学进展*, 1999, 14(3): 242–246.
- [64] 黄崇福, 刘新立, 周国贤, 等. 以历史灾情资料为依据的农业自然灾害风险平评估方法. *自然灾害学报*, 1998, 7 (2): 1–9.
- [65] Tsakiris G, Pangalou D, Vangelis H. Regional drought assessment based on the reconnaissance drought index (RDI). *Water Resour Manage*, 2007, 21(5): 821–833.
- [66] 王晓红, 乔云峰, 沈容开, 等. 灌区干旱风险评估模型研究. *水科学进展*, 2004, 15(1): 77–81.
- [67] 王石立, 娄秀荣. 华北地区冬小麦干旱风险评估的初步研究. *自然灾害学报*, 1997, 6(3): 63–68.



# New Advances in Agricultural Drought Risk Study

HE Bin<sup>1</sup>, WU Jianjun<sup>2</sup>, LV Aifeng<sup>1</sup>

- (1. Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, CAS, Beijing 100101, China;
2. Academy of Disaster Reduction and Emergency Management, Ministry of Civil Affairs & Ministry of Education, the People's Republic of China, Beijing Normal University, Beijing 100875, China)

**Abstract:** The analysis of agricultural drought risk is not only the prerequisite of drought risk management, but also the theoretical basis of risk division and of the damages, and it has become a new research focus in recent years. The connotation, the constituent elements, the analysis system, and the study status of agricultural drought disaster were described in this paper. On this basis, this paper pointed out that, from the agricultural drought hazard and vulnerability point of view, the systematic establishment of a comprehensive drought risk analysis framework, especially the development of dynamic mathematical models and index system for each risk factor, is the research priority in the study of temporal and spatial patterns of agricultural drought risk.

**Key words:** agricultural drought; risk; hazard; vulnerability

本文引用格式：  
何斌, 武建军, 吕爱锋. 农业干旱风险研究进展. 地理科学进展, 2010, 29(5): 557-564.