

农业旱灾适应性研究进展

王志强^{1,2}, 马 箐^{2,3}, 闫 静^{1,4}, 邓 岚^{1,2,4}

(1.民政部国家减灾中心/民政部卫星减灾应用中心, 北京 100124; 2.民政部灾害评估与风险防范重点实验室, 北京 100124;
3.北京师范大学教育学部, 北京 100875; 4.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: 农业旱灾适应性是当前农业旱灾研究中的重要热点之一。本文分析了国内外研究中适应性概念及适应性与灾害系统的关系,从农作物、农户和区域三类农业旱灾承灾体的角度,对不同类型和尺度承灾体农业旱灾适应性研究进展进行了综述。认为农业旱灾适应性研究主要是以承灾体的适应性研究为重点;以农作物为承灾体的研究主要通过评价农作物的农学生长过程反映适应性大小;以农户为承灾体的研究注重从农户的经营方式以及经济收入情况等人文因素进行评价;从区域系统承灾体的角度,研究仍以指标体系、评价方法、适应模式为基本思路。目前农业旱灾适应性研究还处于起步阶段,如何从灾害形成过程和社会发展的角度加强承灾体适应能力和综合适应模式的普适性等问题将是下一步研究的重要方向之一。

关键词: 适应性; 承灾体; 农业旱灾; 灾害系统
中图分类号: S166 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-7601(2013)05-0124-06

Research progress of agricultural drought adaptability

WANG Zhi-qiang^{1,2}, MA Qing^{2,3}, YAN Jing^{1,4}, DENG Lan^{1,2,4}

(1. National Disaster Reduction Center/ Satellite Application Center for Disaster Reduction of the Ministry of Civil Affairs, Beijing 100124, China;
2. Key Laboratory of Integrated Disaster Assessment and Risk Governance of the Ministry of Civil Affairs, Beijing 100124, China;
3. Faculty of Education, Beijing Normal University, Beijing 100875, China; 4. Academy of Disaster Reduction and Emergency Management, Ministry of Civil Affairs & Ministry of Education, Beijing Normal University, Beijing 100875, China)

Abstract: Agricultural drought adaptability is one of the hot spots in the current agricultural drought research. This paper analyzes the relationship between the domestic and international study of adaptive concept and adaptability and disaster system, from the point of view of the three types of agricultural crops, farmers and regional drought disasters, agricultural drought of different types and scales of hazard-affected body adaptability study progress are reviewed. This paper argues that agricultural drought hazard-affected body adaptability based on adaptive research focus: to crops for a hazard-affected body, the research mainly by evaluating crop agriculture growth process reflects adaptability size; to farmers for a hazard-affected body, the research focus on the farmer's mode of operation and economic income and humanistic factors of evaluation; hazard-affected body from the regional system point of view, the study still index system, evaluation methods, and adapt the mode is the basic idea. Agricultural drought adaptive research is still in its infancy, form the point of view of the process of social development from disaster strengthen the disaster-affected body adapt capacity and adaptation model universality problem will be one of the important direction of further research.

Keywords: adaptation; hazard-affected body; agricultural drought hazard; disaster system

全球变暖已经成为全球气候与环境变化的主要特征^[1],近年来各国干旱事件发生的频率和强度也在不断增加。21 世纪以来,我国发生多次重大旱灾,2006 年重庆严重干旱,2009 年我国北方地区夏秋连旱,2009 年底到 2010 年西南五省秋冬春三季连旱,旱灾已经成为对我国农业生产影响最大的自然灾害之一^[2]。与此同时,学术界关于灾害研究和应对策略的研究也转向综合减灾和巨灾风险防范,采取适时管理的措施降低灾害风险,因此提高灾害承灾体的适应能力逐渐受到关注。政府间气候变化专

收稿日期:2013-03-20
基金项目:国家自然科学基金资助(41001059)
作者简介:王志强(1980—),男,山西大同人,博士,主要从事气候变化与自然灾害风险研究。E-mail: wzqbnu@163.com。
通信作者:马 箐(1990—),女,重庆石柱人,硕士研究生,主要从事自然灾害风险研究。

门委员会(IPCC)在第四次评估报告中提出,应采取更合理的适应措施降低气候变化对自然和人类环境造成的负面影响^[3]。国际全球环境变化人文因素计划(IHDP)^[4]和联合国国际减灾战略组织(UNISDR)也将适应全球气候变化作为人类可持续发展的核心研究问题。脆弱性、风险性、恢复性与适应性已成为理解全球变化人类行为的重大理论认识^[5],其中适应性是对人地相互作用过程的一种表征^[6],正确认识和评价灾害承灾体的适应性,将逐渐成为防灾减灾中的重要措施和应对策略之一。

目前,国内外关于灾害适应性的研究还处于起步阶段,众多学者多集中在灾害承灾体脆弱性^[7]、恢复性^[8]和风险^[9]的研究上,适应则更多是作为应对灾害的建议出现的。而旱灾作为一种渐发式累进式的灾害,其主要承灾体农户和农作物更易于从增强适应能力的角度来应对灾害、降低灾害的风险。为此,本文主要就适应性的概念以及承灾体与适应性的关系进行了阐述,并从农业旱灾农作物、农户和区域三类承灾体的角度,详细分析不同类型和尺度承灾体适应性的研究进展情况,就适应性的评价方法、模型和模式等方面提出了研究建议和研究方向。

1 适应性的概念

1.1 适应性概念的演化

适应性一词,最早起源于自然科学,尤其是进化生态学,主要用于定义对一定范围的环境偶发事件,能够通过适当改变,适应新情况以保证种群生存和延续的一种能力^[5,10],通过长期的自然选择而形成。一种生物对于一个特定环境或者稳定不变环境能够很好地适应,一旦环境发生改变,却不能适应这些变化^[11-12]。由于不同的研究领域里都涉及到适应性,所以国内外对于适应性的定义存在很大差异。按照文化适应性的论述,只有不断产生克服压力的能力,通过文化实践才是真正意义的适应。Lindsay^[13]认为,适应是应对变化的一种过程,只要是对人类生命会产生影响的,不论是多重的压力还是变动,人类都会对此做出反应。

在适应性的概念研究中,通常会将适应性与适应能力进行比较。在社会和生态系统内,适应能力代表人类对这一复杂系统弹性的调控机制与管理,即通过学习对环境变化带来的影响进行修复与调节,进而使系统处在一个适当的状态^[14-15]。而在气候变化领域里,适应性则被定义为:自然、人文系统对现状以及未来气候变化的响应和调整,包括预期的、自动的、瞬时的、规划的、公共的和私人的^[16]。

自上世纪70年代起,学者已经提出气候变化问题对人类可能造成的相关影响,在全球气候变化的研究中适应性也成为当前研究热点。

综上所述,不同研究领域都强调对系统的适应,不论是小范围还是大区域,最终都以降低承灾体脆弱性,增强适应能力为目标。

1.2 适应性与灾害系统的关系

在灾害学研究领域,一些学者,如Burton等^[17]强调适应包括风险认知、调整和灾害管理,而人类由调整环境、改变他物到如今自我调整即是适应的过程。同样的,也有学者认为适应是不同尺度系统中的一个过程、一种行动或者结果,当面对气候变化、压力、灾害以及风险或者机遇时,作为一个系统能更好地应对、管理或调整^[18]。在“区域灾害系统”中,承灾体就是人类及其活动组成的社会系统,孕灾环境就是生态系统,致灾因子则是由社会系统与生态系统相互作用所产生的对人类构成危害的渐发性或突发性因素^[19]。就农业旱灾而言,通过调整承灾体的行为或者采取适应措施,能从一定程度上增强农户的农业旱灾适应性。

1.3 农业旱灾适应性

对于农业旱灾,农户和农作物是旱灾最直接的承灾体。农业旱灾适应性是农户在长期的生产生活中总结经验,不断调整自身行为,在原有环境下,采取措施适应旱灾,进而规避、转移、降低灾害风险,保障农户正常生活的一种能力^[20]。农户在干旱过程中为了降低农作物的损失以及对自身生活的影响,将会采取措施降低旱灾造成的损失。农作物在生长过程中会根据降水、温度等的变化而从生理上调整适应方式,人为改善条件也能在一定程度上保证作物的生长。人类在应对环境变化的过程中,将采取不同措施适应变化以达到较好的生活水平,环境变化小则适应波动幅度较小,环境突变或者影响巨大,波动幅度则会变大。

目前研究可以看出,研究承灾体的农业旱灾适应性,更有助于承灾体适应干旱带来的影响,并更大程度降低灾害损失。在有关农业旱灾的研究中,主要是评价承灾体的脆弱性和恢复性,计算研究区域脆弱性和恢复性的大小。国内学者通过构建指标体系评价区域适应性大小,由实证分析提出小区域的适应模式^[21-22]等。农作物和农户作为旱灾最直接的承灾体,分别对其进行农业旱灾适应性的评价,能更好地反映独立个体适应旱灾的策略和方法,并能为区域旱灾适应性提供一定的借鉴。

2 农作物对农业旱灾的适应研究

区域农业旱灾系统可以从农业旱灾生产系统和生活系统两方面进行研究,其中农作物是生产系统中的承灾体,而生活系统里的承灾体则是农户。农作物作为旱灾承灾体之一,适宜气温条件一旦改变,敏感性较强的农作物品种就可能无法适应新的生存环境。在灾害学研究领域中,通常采取作物生长模型模拟生长过程或指标评价法^[23]定量描述农作物的脆弱性大小;从降水条件、敏感度以及作物品种等农业生产条件的角度研究农作物对环境的适应情况。

2.1 干旱对农作物的影响

由于农作物对气候变化较为敏感,自然降水的不足或与作物需求匹配不均是形成农业干旱的主要因素,环境条件的波动则会对农作物的正常生长造成不利影响。总体上看,干旱对农作物的影响表现在以下三个方面:

1) 降水变化影响农作物的产量^[24]。气温升高带来土壤水分蒸发量增加,降水过少则引发干旱。农作物在水分不足的环境里,发育受到限制,严重缺水则会导致农作物减产或绝收。

2) 温度变化影响农作物的生长。不同作物都有其适宜生长的温度范围,过高或过低都对其生长不利,甚至使作物完全无法生存^[25]。有研究表明温度变化对水稻的气候生产潜力影响最大,其次为玉米,大豆对温度变化的敏感性最小^[26]。

3) 气候干旱化趋势影响农作物的地理分布和种植制度。北方干旱化趋势带来干旱区南移,近 50 a 我国华北南部、东北中部、陕西南部 and 内蒙古中部的干旱化有进一步发展的趋势,干旱/半干旱分界线向南或者向东成波动式扩展尤为明显^[27]。这种气候干旱化趋势已经对农牧交错带作物和种植制度产生了较大影响^[28]。

2.2 农作物适应性的评价

从目前研究来看,关于农作物旱灾适应性的评价方法主要分为以下三类:

1) 农作物生长模型定量评价法。国内学者运用 EPIC 农作物生长模型模拟中国典型小麦生长过程,构建小麦干旱致灾强度指数,定量评价分析中国小麦干旱致灾强度和风险的时空分布规律^[29];同样利用 EPIC 中农作物生长模型模拟典型小麦旱灾的自然脆弱曲线,定量评价我国小麦旱灾风险的时空分布规律^[9]。

2) 积分系数法。有学者将作物产量的形成看

作是动态过程,且作物在不同生育时段对最终产量有一定贡献,利用积分回归模式对作物全生育期中每一句降水因子与产量的定量关系进行模拟分析,得到每句降水的贡献系数。同样的,有学者通过回归分析得出某种农作物的产量,以回归系数的大小度量该品种的适应性^[30]。将该方法运用到适应性评价过程中,则可以将影响农作物生长的相关干旱指标考虑到回归分析中。

3) 综合指标评价法。目前,国内学者除了利用农作物生长模型模拟其生长过程以外,也有学者通过构建适当的脆弱性评价指标,定量计算脆弱性大小,得出在不同干旱程度下灾情形成过程及其与承灾体脆弱性的关系^[31]。而综合指标评价法应用到农业旱灾适应性的评价中较少,特别是构建适应性评价指标体系时,还不能较好地与脆弱性指标进行区分,这也是当前农业旱灾适应性评价研究中的难点之一。

2.3 提高农作物应对农业旱灾能力的措施

农业生产对我国经济社会的发展尤为重要,为了应对全球气候变化,有效规避旱灾风险,应该采取适当的措施增强农作物对农业旱灾的适应能力,具体措施表现在以下三个方面:

1) 基础设施建设:针对农作物的种植以及生长条件进行改善。对老化的灌溉设施进行修复并扩大灌溉面积,运用科学的灌溉技术合理灌溉达到节水的作用。

2) 综合技术管理:采取有效的农业减灾技术,例如人工培育抗逆性强的品种^[25],以应对气候变暖导致的病虫害、草害可能加重的严峻挑战。国外则更多地利用转基因等科学技术,通过增加新的作物品种等方式适应干旱环境^[32]。

3) 种植制度调整:优化种植制度也是农作物适应气候变化最重要的技术手段^[33],充分利用气候变化带来的热量资源以及复种指数增加等优势,科学地改善和调整种植制度,保证粮食高产稳产。

3 农户对农业旱灾的适应研究

农户作为农业旱灾生活系统的承灾体,在对农户的农业旱灾适应研究中,主要通过农作物因旱减产以及因旱人畜饮水困难等方面进行研究。

3.1 干旱对农户的影响

目前,在灾害脆弱性的研究中,众多学者提出了在不断变化着的环境背景下是谁、是什么和在哪里具有脆弱性这三个问题。同样在适应性的研究领域里,还是围绕适应对象、适应主体和适应方法三个方

面展开研究,也就是回答“什么需要适应”、“什么去适应”以及“如何适应”这三个核心问题^[34],其中以农户为主要承灾体的旱灾适应性研究则回答了农业旱灾适应主体的问题。有国外学者指出农户的生产规模较小,农户可使用资本有限,现代科学技术应用受到限制,因此必须增加农户获得收入的方式来提升生产规模较小的农户的稳定性^[30]。

单个家庭作为主要承灾体,可以整合到当地社会经济系统中最基本的单元,因为家庭可以较容易地进行调整并适应当地生态环境和经济环境^[35]。农户不仅是农业区里最基本的生产单元,也是最易遭受农业旱灾破坏的单元,在对农户进行恢复性研究时,则从收入多样性指数和收入依赖性指数进行分析^[8]。因为农作物是农户的主要收入来源,农作物减产导致收入减少,甚至影响日常生活开支。所以农户在应对旱灾的过程中,通过表现出不同的应对方式和应对能力的差异,更好地反映农户适应旱灾的措施和方法。

3.2 基于农户的旱灾适应性评价

承灾体是灾害系统中的核心因子,而承灾体脆弱性的评价一直集中在社会系统脆弱性的评价上,对于揭示灾害系统的成灾机制存在一定限制。如果以区域作为研究对象,整个区域的旱灾适应特征较模糊,而以独立的农户作为主要承灾体,就能够排除农作物的影响,更具代表性和特殊性。在恢复性的研究中,有学者指出要改善和增强系统的恢复能力,可以通过提升系统组成部分的多样性^[8]来完成。农村家庭还可以通过拓展各种经济活动,这些活动可以是与农业有关的,也可以是无关系的,但是目的都是能为农户带来更多不同类别的家庭收入或者粮食物资等^[36]。在这样一个组成部分多样性的农业系统中,也为农户更好地适应旱灾提供了一定的理论基础和条件基础。国外有学者提出,在干旱的早期预防和准备中,风险管理很重要^[21],而农户在遭受干旱影响后,则会迁移到其他地区^[37],并重新开始生产生活。这种方法虽然能从根本上解决环境干旱的问题,但是也为农户进行灾后恢复重建带来诸多困难。

总体上看,相比于农作物而言,以农户为主要承灾体进行的适应性评价研究还存在很多亟待解决的问题。个体农户之间具有很大差异性,评价过程中难以确定影响因素。而农作物受到降水和温度的影响,且这些影响因子可控。因此确定适当的影响因素是进行农户适应性评价的第一步,但是目前有关农户旱灾适应性的评价研究还较少,需要进一步研

究。

3.3 农户的多元化旱灾适应对策

农户在长期同干旱环境相适应的过程中,通过不断调整自身行为适应旱灾,形成了有助于农户更好适应旱灾的策略。日常生活中的多样化经营方式也已成为农户在农村生存的重要策略之一^[38],实现多元化策略则需要资源和资金的结合。农作物的多样化种植同样能够带来效益,通过增加农作物种植的种类^[39],防止干旱时期出现绝收情况。相比而言,经营方式多样化是为了保证有一定的收入,而农作物的种植主要是预防绝收,非农业收入方式的多样化^[40]也是农户对农业旱灾的多元化适应对策。农户具备的优势、旱灾适应动力以及收入多少都是适应旱灾的策略,采取这些多元化的适应对策,可以很大程度提高农户的农业旱灾适应能力。

4 区域农业旱灾适应性研究

针对区域农业旱灾系统的研究,国内外诸多学者已经从灾害系统和成灾过程等不同角度对脆弱性和恢复性进行了深入的研究。

4.1 区域受农业旱灾的影响

区域农业旱灾系统包括生产和生活系统,干旱影响农作物正常生长以及农户的正常生活,作物减产和饮水困难等问题影响区域持续发展。村落是农户在自然条件下聚居的最小区域,也是具体实施国家农业政策的最小行政单位^[41]。区域按不同的尺度可以分为村落、乡镇、区县甚至国家,不同区域受旱灾影响和成灾的主要矛盾不同。小空间尺度区域里受到旱灾影响与当地的自然环境、居民的生活水平相关^[41];而我国北方农牧交错带地区同样受到干旱影响,并造成农业生产的不稳定性^[42]。区域系统的生产环境由于受干旱影响而改变,应根据旱情的严重程度调整区域政策以适应这些变化,探寻农业旱灾适应方法和措施以降低承灾体的风险。目前有关农业旱灾的研究中,不论是脆弱性的评价还是适应性的分析,多是以区域作为主要承灾体进行研究,从而探讨该区域的管理政策和应对措施。

4.2 区域农业旱灾适应性评价方法研究

针对区域农业旱灾适应性评价研究,多以评价结果反映区域承灾体特征并提出区域可持续发展的适应措施和策略为主,适应性评价的演化过程也被表征为从科学技术驱动到策略性驱动的过渡^[43]。

传统农业旱灾的评价过程包括三个阶段:构建评价指标系统是研究的基础;然后基于评价思路,构建合适的评价模型;最后进行评价分析。评价方法

主要分为综合指标法和单一指标法,两种方法各有优缺点。例如有研究提出,在脆弱性评价中,自然灾害具有时空尺度性,在选取旱灾指标时根据不同的时间、空间范围并结合不同的研究目的进行^[44];采取可变模糊分析方法选取多指标多级别,进而对区域进行定量评估^[45]。专家打分法、AHP 层次分析法、因子分析法以及其他统计方法都是用于计算指标权重大小的常用方法。选取多个指标综合评估某问题,即综合指标法能全面反映问题。而单一指标法的可塑性相对较强,基于区域自然灾害系统理论,单个关键评价指标对降低农业旱灾脆弱性的影响具有正面或反面影响;致灾因子、孕灾环境和承灾体三部分构成自然灾害系统,分别对该三部分进行指标的选取能够正确而有效地评价农业旱灾^[46]。虽然单一指标法的灵活性和针对性较强,但是在评价区域整体适应情况上具有局限性。

区域脆弱性评价研究中的评价指标^[47]、评价思路^[48]等方面都比较成熟,而适应性评价的应用还不够广泛。IPCC 第三次评估报告^[49]中提出综合评估的概念,将其定义为“一个结合了多学科研究进程的,解释和传达不同的自然科学和社会科学知识,调查和了解复杂系统内部以及相互之间的因果关系的方法”。综合评估模型(IAM)被认为是进行综合评估气候变化的主要研究工具^[20],模型框架里共有消极适应、自主适应和政策适应三个不同层次的适应措施。

在未来的研究中,可以考虑综合评估模型的运用,数字化研究区域中的实物,定量模拟和评价适应性的大小变化。运用综合评估模型可能成为评价农业旱灾适应性新的研究方向。

4.3 区域农业旱灾适应措施与模式

适应旱灾的措施因区域环境的不同而有所差异,国内有学者分别从承灾体、致灾因子和孕灾环境的角度总结适应措施;国外学者也得出维护生物多样性、牲畜整合饲养、耕作土地的维护、收入来源的方式多样化等适应措施^[50]。由于不同的地区自然环境和生活方式不同,适应模式也具有区域性。以灾害系统理论为基础,从小区域角度出发,凝练出“因地制宜”的空间适应模式、“减轻风险”的时间适应模式和“风险共担”的社会适应模式三种类型的适用于北方农牧交错带的农业旱灾适应模式^[22]。从环境演变与应对策略相互关系的角度,基于对大同县的农业旱灾适应性评价和适应策略的实证分析,总结出三大农业旱灾适应模式,即传统适应模式、当前适应模式和未来优化适应模式^[21]。总体上看,主

要表现在农户的自主适应和政府提供补助,而不同地区的适应措施具有局限性。怎样增强适应措施的普适性或建立适应措施与模式库,将适应模式应用到不同地区仍需进一步研究。

5 结论与展望

综上,国内外对于承灾体的农业旱灾适应性研究主要从以上三种类型开展,关于承灾体脆弱性的研究较为集中。国外主要偏向农户的适应情况,多是介绍适应措施的开展情况以及农业旱灾适应性的评价方法等。国内关于农作物的适应性评价研究较多,通过阶段性评价作物生长情况,采取相应措施以提高适应能力。农户则主要依靠改变自身行为方式达到适应农业旱灾的目的。灾害适应性研究已经成为国内外灾害研究领域的热点之一。随着旱灾发生的频率和程度不断增加,在灾害形成过程中提高承灾体的适应能力将是降低灾害风险和实现可持续发展的重要策略。关于农业旱灾适应性的研究,仍然缺乏对农业旱灾适应性概念、评价方法、适应模式的界定。不同尺度不同类型承灾体在旱灾形成过程中所受影响的差异,对探究农业旱灾承灾体适应性评价和不同区域尺度承灾体适应模式构建等方面的研究增加了难度。如何摸索出可开展灾害形成过程的适应性评价研究将成为下一步方法论研究的难点和热点。综上所述,农业旱灾适应性研究具体表现出以下发展趋势:

1) 加强农业旱灾适应性研究思路和评价指标体系构建的理论基础研究。不同区域不同尺度旱灾的成灾过程有所差异,如何兼顾评价思路和指标体系的一般性和特殊性,定量评价承灾体对农业旱灾的适应能力,将是下一步研究的难点之一。

2) 加强农业旱灾适应性综合评价模型方法的研究。单一评价模型是评价适应性和脆弱性的常见方法,未来研究中可以采取多模型多角度的综合评价方法,有利于理解成灾过程中灾害承灾体适应能力的特性。

3) 加强防灾减灾过程中应对农业旱灾的适应模式研究。如何因地制宜构建适应模式,增强农业旱灾适应模式的普适性或建立不同区域的适应模式库,可为政府和其他组织制定适应旱灾的措施方案提供决策支持。

农业旱灾适应性研究还处于起步阶段,适应性研究是继脆弱性、恢复性、风险等研究后新的研究重点。将农业旱灾适应措施和模式应用于实践中,能够为防灾减灾提供具体的适应措施和策略。随着农

业旱灾适应性研究对象的复杂化,如何有效地适应这些变化仍是下一步研究的重点。

参 考 文 献:

[1] IPCC. Summary for policymakers of climate change 2007 [C]//The Physical Science Basis Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: Cambridge University Press, 2007.

[2] 王 平,史培军.陕西省农业旱灾系统及农业旱灾灾情模型研究[J].自然灾害学报,1998,7(2):29-36.

[3] World Meteorological Organization. Climate change 2007: the physical science basis, summary for policy makers [R]. IPCC WGI fourth assessment report, Paris, 2007.

[4] 李杨帆.城市化和全球环境变化与 IHDP [J].环境与可持续发展,2008,(6):42-44.

[5] 方修琦,殷培红.弹性、脆弱性和适应——IHDP 三个核心概念综述[J].地理科学进展,2007,26(5):11-22.

[6] 史培军,王静爱,陈 婧.当代地理学之人地相互作用研究的趋向——全球变化人类行为计划 (IHDP) 第六届开放会议透视 [J].地理学报,2006,61(2):115-126.

[7] 邱 林,王文川,陈守煜.农业旱灾脆弱性定量评估的可变模糊分析法[J].农业工程学报,2011,27:61-65.

[8] 万金红,王静爱,刘 珍,等.从收入多样性的视角看农户的旱灾恢复力——以内蒙古兴和县为例[J].自然灾害学报,2008,17(1):122-126.

[9] 王志强,方伟华,史培军,等.基于自然脆弱性的中国典型小麦旱灾风险评价[J].干旱区研究,2010,27(1):6-12.

[10] 方一平,秦大河,丁永建.气候变化适应性研究综述——现状与趋向[J].干旱区研究,2009,26(3):288-305.

[11] Gilberto C Gallopin. Linkages between vulnerability, resilience, and adaptive capacity[J]. Global Environmental Change, 2006, 16: 293-303.

[12] Gallopin G C, Gutman P, Maletta H. Global impoverishment, sustainable development and the environment: A conceptual approach [J]. International Social Science Journal, 1989, 41(3): 375-397.

[13] Lindsay C Stringer, Jen C Dyer, Mark S Reed. Adaptations to climate change, drought and desertification: local insights to enhance policy in southern Africa[J]. Environmental science & policy, 2009, 4(2): 1-18.

[14] Donald R Nelson, W Neil Adger, Katrina Brown. Adaptation to environmental change: Contributions of a resilience framework[J]. Annual Review of Environment and Resources, 2007, 32: 395-419.

[15] Carl Folke. Resilience: The emergence of a perspective for social ecological systems analyses[J]. Global Environmental Change, 2006, 16(3): 253-267.

[16] IPCC. Climate Change: Impacts, Adaptation & Vulnerability [M]. Cambridge: Cambridge University Press, 2001: 3-26.

[17] Burton I, Kates R W, White G F. The Environment as Hazard [M]. New York: Oxford University Press, 1978.

[18] Barry Smit, Johanan Wandel. Adaptation, adaptive capacity and vulnerability[J]. Global Environmental Change, 2006, 16(3): 282-292.

[19] 史培军.五论灾害系统研究的理论与实践[J].自然灾害学报,

2009, 15(5): 1-9.

[20] Yu'e Li, Ian Holman, Erla Lin. Methodology for Integrated Assessment Model of Climate Change on Chinese Agriculture. <http://www.ami.ac.cn/Sino-UK>.

[21] 王志强,马 箐,廖永丰,等.农业旱灾适应性评价与适应模式研究——以山西省大同县为例[J].干旱区资源与环境,2013,27(3):67-73.

[22] 张建松,王静爱,李 睿,等.农牧交错带农业旱灾适应模式与区域可持续发展——以内蒙古兴和县为例[J].灾害学,2011,26(2):92-95.

[23] 薛晓萍,张 璇,刘荣花,等.区域农业水分供应脆弱性分析及定量损失评估[J].自然灾害学报,2007,16(1):94-100.

[24] 周怀平,杨治平,李红梅,等.施肥和降水年型对旱地玉米产量及水分利用的影响[J].农业工程学报,2003,19: 151-155.

[25] 王向辉,雷 玲.气候变化对农业可持续发展的影响及适应对策[J].云南师范大学学报(哲学社会科学版),2011,43(4): 18-24.

[26] 周光明.松嫩平原作物气候生产潜力分析及其气候变化响应[J].黑龙江农业科学,2009,(5):35-37.

[27] 符淙斌,马柱国.全球变化与区域干旱化[J].大气科学,2008,32(4):752-760.

[28] 张景林,王留芳.宁南半干旱地区农田水分平衡与稳定型种植制度研究[J].干旱地区农业研究,1995,13(4):58-66.

[29] 王志强,何 飞,栗 健,等.基于 EPIC 模型的中国典型小麦干旱致灾风险评价[J].干旱地区农业研究,2012,30(5): 210-215.

[30] 马德高,陈珊宇,刘 鑫,等.小麦新品种在浙江省的丰产性与适应性分析[J].浙江农业科学,2011,(4):826-827.

[31] 苏 筠,吕红峰,黄术根,等.农业旱灾承灾体脆弱性评价——以湖南鼎城区为例[J].灾害学,2005,20(4):1-7.

[32] Kristin L Mercer, Hugo R Perales, Joel D Wainwright. Climate change and the transgenic adaptation strategy: Smallholder livelihoods, climate justice, and maize landraces in Mexico[J]. Global Environmental Change 2012, 22: 495-504.

[33] 房世波,韩国军,张新时.气候变化对农业生产的影响及其适应[J].气象科技进展,2011,1(2):15-19.

[34] Turner B L, Kasperson R E, Matson P A, et al. A framework for vulnerability analysis in sustainability science[J]. Proceedings of the National Academy of Science of the USA, 2003, 100(14): 8074-8079.

[35] Wilk R. Economics change and domestic life among the Kekchi Maya in Belize. Household ecology [M]. Dekalb: North Illinois University Press, 1997.

[36] Ellis F. Rural Household and Diversify in Developing Countries [M]. Oxford: Oxford University Press, 2000.

[37] Donald A Wilhite, Michael J Hayes, Cody Knutson. Planning for drought moving from crisis to risk management[J]. American water resources association, 2000, (36): 697-710.

[38] Anke Niehof. The significance of diversification for rural livelihood systems[J]. Food Policy, 2004, (29): 321-338.

[39] Guvele C A. Gains from crop diversification in the Sudan Gezira scheme[J]. Agricultural Systems, 2001, 70: 319-333.

剧烈,对外界气孔的开放程度比较敏感。各胁迫处理的 G_i 均要低于对照处理,并以先后胁迫顺序从高到低排列,即 CK 处理 > A 处理 > B 处理 > C 处理 > D 处理,其中 C、D 处理下降达极显著。 T_r 与 G_s 的变化趋势基本一致,说明 T_r 的大小与气孔的开放程度是直接相关的,与对照处理的 T_r 相比,果实膨大期胁迫处理极显著增加。而 WUE 变化曲线与 T_r 曲线恰恰相反,果实膨大期胁迫处理下的 WUE 极显著下降,其余三个胁迫处理均要大于对照处理,以萌芽期胁迫处理增加幅度最大,达到了极显著水平,说明轻度水分胁迫会降低 T_r ,但 P_n 下降很小,使 WUE 较高,蒸腾速率明显受土壤水分条件的影响,进而影响水分利用效率^[11]。许多学者^[12-15]研究表明,适度水分胁迫能使植物 WUE 显著提高,该研究结果也支持这一观点,即适度的水分胁迫能够提高设施延后栽培葡萄的水分利用效率。

任何时期的水分胁迫都可以提高设施延后栽培葡萄的外观品质,以开花期胁迫处理下果粒重、纵横径最大。萌芽期的胁迫使得果实产量增加,营养品质有所提高,可滴定酸含量低,VC 含量和可溶性固形物含量均为最高,口感较好。果实膨大期是葡萄需水临界期,该时期的胁迫使作物严重减产,与对照处理相比有显著差异,在栽培管理中应引起足够的重视。

适当的水分胁迫对作物生长有利,而不同生育期的水分胁迫对作物的各项生理指标的影响不同,掌握设施延后栽培条件下葡萄的水分胁迫程度及时期对实现节水、调质、增效的灌溉制度非常有意义。

参 考 文 献:

[1] 王海波,王孝娣,王宝亮.中国设施葡萄产业现状及发展对策

[J].中外葡萄与葡萄酒,2009,(9):61-65.

[2] Clarke J M. Effect of drought stress on residual transpiration and its relationship with water use of wheat[J]. Canadian Journal of Plant Science, 2000,(3):695-702.

[3] 刘世秋,张振文,惠竹梅,等.干旱胁迫对酿酒葡萄赤霞珠光合特性的影响[J].干旱地区农业研究,2008,26(5):170-172.

[4] 房玉林,惠竹梅,陈洁.水分胁迫对葡萄光合特性的影响[J].干旱地区农业研究,2006,24(2):136-138.

[5] 周新明,惠竹梅,焦旭亮,等. UVB 辐射增强下葡萄叶片光合特性与叶龄关系的研究[J].干旱地区农业研究,2007,25(4):217-220.

[6] 刘廷松,李桂芬.设施栽培条件下葡萄盛花期的光合特性[J].园艺学报,2003,30(5):568-570.

[7] 李涛,张建丰,程慧娟,等.在不同水分处理条件下葡萄成熟叶净光合速率日变化规律研究[J].干旱区资源与环境,2010,24(9):180-184.

[8] 张建国,李吉跃,沈国舫.树木耐旱特性及其机理研究[M].北京:中国林业出版社,2000:1-9.

[9] 王红,王百田,王婷,等.不同土壤含水量对山杏盆栽幼苗蒸腾速率和光合速率的影响[J].北方园艺,2010,(2):1-5.

[10] 孙宪芝,郑成淑,王秀峰.木本植物抗旱机理研究进展[J].西北植物学报,2007,27(3):629-634.

[11] 张华,王百田,郑培龙.黄土半干旱区不同土壤水分条件下刺槐蒸腾速率的研究[J].水土保持学报,2006,20(2):122-125.

[12] Turner C. Plant water relations and irrigation management[J]. Agricultural Water Management,1990,17:59-73.

[13] Monclu S R, Dreyer E, Villar M, et al. Impact of drought on productivity and water use efficiency in 29 genotypes of *Populus deltoides* *Populus nigra*[J]. New Phytologist,2006,169(4):765-777.

[14] Chaves M M, Santos T P, Souza C R, et al. Deficit irrigation in grapevine improves water-use efficiency while controlling vigour and production quality[J]. Annals of Applied Biology, 2007, 150(2):237-252.

[15] 张芮,成自勇,李毅,等.小管出流亏缺灌溉对设施延后栽培葡萄产量与品质的影响[J].农业工程学报,2012,28(20):108-113.

(上接第 129 页)

[40] Christopher B Barrett A, Thomas Reardon B, Patrick Webb C. Non-farm income diversification and household livelihood strategies in rural Africa: concepts, dynamics, and policy implications[J]. Food Policy, 2001,(26):315-331.

[41] 崔欣婷,苏筠.小空间尺度农业旱灾承灾体脆弱性评价初探——以湖南省常德市鼎城区双桥坪镇为例[J].地理与地理信息科学,2005,21(3):80-87.

[42] 杨春燕,王静爱,苏筠,等.农业旱灾脆弱性评价——以北方农牧交错带兴和县为例[J].自然灾害学报,2005,14(6):88-93.

[43] H-M Fussler. Adaptation planning for climate change: concepts, assessment approaches, and key lessons[J]. Integrated Research System for Sustainability Science and Springer,2007,2:265-275.

[44] 何艳芬,张柏,刘志明.农业旱灾及其指标系统研究[J].干旱地区农业研究,2008,26(5):239-244.

[45] 杨彬云,吴荣军,郑有飞,等.河北省农业旱灾脆弱性评价[J].

安徽农业科学,2008,36(15):649-650.

[46] 樊运晓,罗云,陈庆寿.区域承灾体脆弱性综合评价指标权重的确定[J].地球科学进展,2001,16(1):85-87.

[47] 徐新创,葛全胜,郑景云,等.农业干旱风险评估研究综述[J].干旱地区农业研究,2010,28(6):263-270.

[48] 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[J].北京师范大学学报,2005,(3):130-137.

[49] IPCC. Climate Change: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change[M]. Cambridge: Cambridge University press, 2001.

[50] Michael J Mortimore, William M Adams. Farmer adaptation, change and 'crisis' in the Sahel[J]. Global Environmental Change,2011,11:49-57.