

DOI: 10.5846/stxb201506201250

赵雪雁, 刘春芳, 王学良, 薛斌. 干旱区内陆河流域农户生计对生态退化的脆弱性评价——以石羊河中下游为例. 生态学报, 2016, 36(13): - .
Zhao X Y, Liu C F, Wang X L, Xue B. Assessment of the vulnerability of farmers' livelihoods to environmental degradation in arid regions of a continental river basin: A case study of the middle-lower reaches of the Shiyang River in Chin. Acta Ecologica Sinica, 2016, 36(13): - .

干旱区内陆河流域农户生计对生态退化的脆弱性评价 ——以石羊河中下游为例

赵雪雁^{1,*}, 刘春芳¹, 王学良², 薛斌³

1. 西北师范大学地理与环境科学学院, 兰州 730070
2. 楚雄师范学院地理科学与旅游管理系, 楚雄 675000
3. 中国科学院沈阳应用生态研究所, 沈阳 110016

摘要:生态退化对干旱区内陆河流域农业人口的负面影响非常显著,当前急需评估农户生计对生态退化的脆弱性,识别脆弱群体及脆弱性成因,并依此寻求降低生计脆弱性的对策措施。本文以石羊河中下游为研究区,基于 366 户农户调查数据,分析了不同类型农户对生态退化的暴露度、敏感性及适应能力,评估了农户生计对生态退化的脆弱性,探明了影响农户生计对生态退化脆弱性的关键因素。结果表明:(1)高收入及高文化程度农户的适应能力强,暴露度与敏感性高,生计脆弱性较低;(2)从纯农户到非农户、从单一生计农户到多种生计农户,适应能力依次增强,暴露度与敏感性递减,生计脆弱性降低;(3)改善生态环境质量,提高农户的富裕水平、受教育程度及社会资本,促进生计转型能够显著降低农户生计对生态退化的脆弱性。最后,提出了减轻农户生计脆弱性的对策建议及未来需进一步关注的问题。

关键词:农户;生态退化;适应能力;生计脆弱性;石羊河中下游

Assessment of the vulnerability of farmers' livelihoods to environmental degradation in arid regions of a continental river basin: A case study of the middle-lower reaches of the Shiyang River in Chin

ZHAO Xueyan^{1,*} LIU Chunfang¹ WANG Xueliang² Xuebing³

- 1 The College of Geography and Environment Science of North-west Normal University, Lanzhou, 730070, China
- 2 Department of Geography and Tourism Management, Chuxiong Normal University, Chuxiong, 675000, China
- 3 Institute of Applied Ecology, Chinese Academy of Sciences, Shenyang, Shenyang, 110016, China

Abstract: The effect of environmental degradation on the agricultural population is particularly significant in continental river basins in the arid regions. Therefore, it is necessary to evaluate the vulnerability of farmers' livelihoods to environmental degradation, and to identify both vulnerable populations and the causes of this vulnerability, in order to formulate measures to ameliorate these effects in agricultural populations. We conducted our study in the middle-lower reaches of the Shiyang River in China. Stratified random sampling surveys, participatory rural appraisals, and plot investigation were used to investigate and sample 366 households. We analyzed the farmers' exposure and sensitivity to environmental degradation and their adaptation ability, and assessed the vulnerability of their livelihoods to environmental degradation. We then used an econometric model to evaluate which factors have the greatest influence on the vulnerability of farmers' livelihoods to environmental degradation. Our results indicate the following: (1) exposure level, sensitivity, and

基金项目:国家自然科学基金项目(41361106,41471116);教育部新世纪优秀人才支持计划(NECT-11-0910);甘肃省高校基本科研业务费项目

收稿日期:2015-06-20; 修订日期:2016-03-21

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: xbzhaoxy@163.com

adaptation ability were highest among high-income and well-educated farmers; however, livelihood vulnerability was also highest for these farmers; (2) farmer's exposure level, sensitivity, and livelihood vulnerability was lower, but adaptation ability was higher in farmers with single-livelihood strategies than those with multiple-livelihood strategies; and also in pure agricultural households than off-farming households; (3) The degree of environmental degradation was the most important influence on the vulnerability of a farmer's livelihood, but the farmer's affluence, education level, social capital, and livelihood strategy were key factors as well. We recommend reducing or remediating the effects of environmental degradation, increasing farmer affluence, education level, and social capital, and promoting diversified livelihoods to decrease livelihood vulnerability in agricultural populations. Finally, we indicate other concerning issues in research into livelihood vulnerability.

Key Words: farmer affluence and education; environmental degradation; adaptation ability; livelihood vulnerability; Shiyang River

环境问题已成为 21 世纪人类社会面临的最严峻挑战,其所导致的冲击和压力加剧了很多国家和地区的脆弱性^[1],人类如何适应环境变化、减轻脆弱性已成为全社会普遍关注的话题。全球变化的 4 大科学计划都将科学地适应未来环境变化作为人类社会保持可持续发展的重要准则,2001 年 4 月《科学》杂志发表的“可持续性科学”一文也将“特殊地区自然-社会系统的脆弱性或恢复力研究”列为可持续性科学的 7 个核心问题之一^[2],脆弱性分析已成为当前全球变化及可持续性科学领域关注的热点问题和重要分析工具^[3-6]。近年来,脆弱性研究已由最初只关注自然环境系统的脆弱性^[7]延伸到关注人文系统的脆弱性及人-环境耦合系统的脆弱性^[8-10]。

环境对农业人口的影响尤为显著,尤其在发展中国家的生态脆弱区,气候变化、水资源紧缺、土地荒漠化、水土流失、生物多样性损失等环境问题已使农户生计安全遭受严峻挑战。为此,急需开展农户生计脆弱性评估,了解生态脆弱区环境变化中哪些农户的生计较脆弱,探明生计脆弱性的形成原因与过程,探索阻碍社会有效响应的潜在因素,寻求降低生计脆弱性的措施^[8]。目前,已开发出多种生计脆弱性评估方法^[6],如指标方法^[11-12]、模型方法^[13-14]等,由于指标方法能为发展政策评估提供参照点、为适应与减缓行动规划提供信息、为确定资源配置优先序提供支撑而得到广泛应用。常见的指标方法中,一类是将贫困作为家庭福利的替代指标,基于贫困状态变化或贫困化程度来测量家庭或个体对环境变化的敏感性或不能处理的程度,主要考察受到风险与冲击时,个体或家庭的福利相对于一定福利水平下降的可能性^[15];另一类是将环境变化的生物物理影响(暴露)指标与社会经济特征(敏感性与适应)纳入到一个集成的生计脆弱性指标体系中进行评估^[16],该类方法因其简洁、且能较好地反映生计脆弱性的表现与成因,已被广泛用于全球、国家与区域层面的生计脆弱性评估中,但这些研究未能全面反映具体环境变化对农户生计的冲击、农户对具体环境变化的感知以及农户的适应能力,需要建立更全面的生计脆弱性评估指标体系。

石羊河流域地处我国西北干旱区,属于典型的生态脆弱区。在全球气候变化与人类活动的干扰下,石羊河下游入境水量减少、天然植被大面积死亡、荒漠化扩展,成为我国干旱区内陆河流域生态退化的典型和社会各界广泛关注的焦点。农户作为该区最主要的经济活动主体,生态退化使其生计安全遭受严峻挑战,人地矛盾日趋尖锐,降低农户的生计脆弱性已成为该区实现可持续发展的必要条件。为此,本文以石羊河中下游为研究区,充分考虑农户对生态退化的感知,从农户对生态退化的暴露度、敏感性及适应能力出发,构建了农户生计脆弱性评价指标体系及评估模型,评估农户生计对生态退化的脆弱性,识别脆弱性群体及脆弱性特征,分析影响农户生计对生态退化脆弱性的关键因素,旨在为干旱区内陆河流域制定有效的环境变化适应政策提供借鉴与依据。

1 研究区、数据来源与研究方法

1.1 研究区

石羊河流域位于甘肃省河西走廊东端、祁连山北麓。上游祁连山区降水丰富,年降水量 300—600 mm,年蒸发量 700—1200 mm,为径流形成区;中游流经走廊平地,形成武威和永昌诸绿洲,降水量 150—250 mm,年蒸发量 1300—2000 mm;下游为民勤绿洲,年降水量不足 150 mm,年蒸发量高达 2000—2600 mm。石羊河流域属于典型的资源型缺水地区,多年平均地表水资源量 $15.75 \times 10^8 \text{ m}^3$,与地表水不重复的地下水资源量 $1.1 \times 10^8 \text{ m}^3$,水资源总量为 $16.85 \times 10^8 \text{ m}^3$,人均水资源 788 m^3 ,仅为缺水紧张警戒线 $1700 \text{ m}^3/\text{人}$ 的 44.47%;水资源开发利用超过 170%,远高于全国水资源开发利用 19.50%。

受气候变化与人类活动的影响,石羊河上游祁连山区水源涵养能力下降,出山径流量减少,中下游水资源日渐紧缺,下游民勤绿洲入境水量大幅度减少,从 20 世纪 50 年代的 $5.81 \times 10^8 \text{ m}^3$ 降至 1999 年的 $0.88 \times 10^8 \text{ m}^3$,2006 年实施跨流域调水工程后,入境水量虽有所增加,但 2008 年也仅达到 $1.29 \times 10^8 \text{ m}^3$,水资源供需矛盾日趋尖锐,导致地下水严重超采,造成地下水位以 0.5—1.0 m/a 的速度下降,地下水矿化度高达 4—6 g/l,使得 7 万余人、12 万头牲畜饮水困难,天然植被大面积死亡,荒漠化扩展,近年来民勤县已有 $0.67 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 耕地与 $3.87 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 林地沙化, $26.3 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 草场退化, $2 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 耕地被迫弃耕,部分农户沦为“生态难民”^[17]。目前,石羊河流域已成为我国内陆河流域中人口最密集、水资源开发利用程度最高、用水矛盾最突出、生态环境问题最严重的流域之一。

1.2 数据来源

采用原始的家庭调查数据不仅有助于避免二手数据带来的分析误差,也有助于降低对生物物理模型的依赖。因此,课题组于 2014 年 1 月采用问卷调查、观察法、小型座谈会等参与式农村评估(PRA)工具在石羊河中下游进行了农户调查,以获取研究所需的数据及信息。入户调查中,采取分层随机抽样法选取受访农户,在中游抽取 5 个乡镇,每个乡镇抽取一个村,每个村调查 50 户;下游抽取 3 个乡镇,每个乡镇抽取一个村,每村调查 65 户。共调查农户 445 户,删除信息不全的问卷,收回有效问卷 366 份。其中,中游 178 份、下游 188 份。受访农户数量虽较少,但与统计资料对比发现,样本能反映研究区农户的基本情况,具有一定的代表性(表 2)。

调查内容主要包括:(1)农户拥有的生计资本,包括自然资本(耕地的质量与面积等)、物质资本(住房、家庭耐用消费品等)、金融资本(现金收入、现金支出、信贷机会、是否有储蓄等)、人力资本(劳动力数量、健康状况及受教育程度等)、社会资本(领导潜力、对周围人的信任度、遇到风险能否得到援助等);(2)农户所从事的生计方式,包括家庭劳动力的投入方向、农户的收入来源等;(3)农户面临的水资源紧缺程度与荒漠化严重程度;(4)水资源紧缺与土地荒漠化对农户生计的影响程度。

1.3 研究方法

1.3.1 农户类型划分及生计多样化指数

综合已有农户类型划分的研究成果^[18],根据家庭劳动力投入方向、家庭主要收入及其比重将受访户分为纯农户(全部劳动力均从事农业生产)、兼业户($0 < \text{非农收入比重} < 90\%$)及非农户(非农收入比重 $\geq 90\%$);根据人均收入分为低收入农户(人均收入 < 5000 元)、中等收入农户($5000 \text{ 元} < \text{人均收入} \leq 10000$ 元)及高收入农户(人均收入 > 10000 元);根据劳动力平均受教育程度将农户分为低文化程度农户(平均受教育程度 ≤ 0.25)、中等文化程度农户($0.25 < \text{平均受教育程度} \leq 0.5$)及高文化程度农户(平均受教育程度 > 0.5);根据生计多样化程度将农户分为单一生计农户(从事一种生计活动)、两种生计农户(从事两种生计活动)及多种生计农户(从事三种及以上生计活动)。

为了描述农户的生计多样化程度,特引入生计多样化指数,即将农户所从事的每种生计活动赋值为 1,如某户从事养殖、种植两种生计活动,则其多样化指数值为 $2^{[19]}$ 。

1.3.2 生计脆弱性评价

(1) 生计脆弱性评价指标

英国国家开发署提出的可持续生计框架、IPCC 提出的“暴露-敏感性-适应能力”分析框架对于探索区域、家庭层面的脆弱性具有较好的借鉴,已得到广泛认可。基于此,Siegel 等提出了以生计资产评估脆弱性的概念框架^[20];李小云等基于 Sharp 在非洲建立的生计资产评估体系,设计了适用于中国农户的脆弱性测量指标^[21];阎建忠等从风险、生计资产、适应能力入手建立了农牧民生计脆弱性评估指标,评估了青藏高原东部不同地带农牧民生计脆弱性^[22];Hahn 等则从社会人口概况、生计策略、社会网络、健康、食物、水资源以及自然灾害和环境变化 7 个方面入手构建了生计脆弱性评估指标体系,并将其与 IPCC 的脆弱性定义相联系,将上述指标归为暴露、适应能力与敏感性,测量了非洲东部莫桑比克农户对气候变化的脆弱性^[23],由于该指标体系能够反映特定脆弱性中微妙但关键的差异,且能在不同社会-生态背景中进行生计脆弱性比较而引起了学术界的关注^[24]。但这些案例研究往往在区域尺度构建指标体系,未能全面反映具体环境变化对农户生计的冲击、农户对环境变化的感知及农户的适应能力。基于上述研究成果,本文将可持续生计框架与“暴露-敏感性-适应能力”分析框架相结合,充分考虑干旱区内陆河流域的生态环境、资源禀赋特征及农户对生态退化的感知,从暴露度、敏感性与适应能力出发,构建了农户生计对生态退化的脆弱性评价指标体系(表 1)。

表 1 农户生计对生态退化的脆弱性评价指标

Table 1 The evaluation index of farmers' livelihood vulnerability to ecological degradation

	指标 Index	测度问题 Measure Problem	赋值 Assignment	均值 Mean value	标准差 Standard deviation		
暴露 Expose	水资源紧缺(0.1) Water resource shortage	水资源紧缺程度如何?(1.0)	根本不紧缺为 1—一般为 3—非常紧缺为 5	4.757	0.442		
	土地荒漠化(0.1) Land desertification	荒漠化严重程度如何?(1.0)	根本不严重为 1—一般为 3—非常严重为 5	4.396	0.673		
适应能力 Adaptation ability	人力资本(0.1) Human capital	家庭整体劳动能力(0.44)	非劳动力为 0,半劳动力为 0.5,全劳动力为 1.0	0.451	0.205		
		成年劳动力受教育程度(0.56)	文盲为 0,小学为 0.25,初中为 0.5,高中为 0.75,大专及以上为 1.0				
	自然资本(0.1) Nature capital	人均耕地面积 I2(1.0)	人均实际耕种面积(亩)	0.273	0.167		
		物质资本(0.1) Physical capital	家庭固定资产拥有量(0.65)			所拥有的固定资产项数占所列选项的比例	0.440
	金融资本(0.1) Financial capital	人均现金收入(0.75)	住房类型及面积(0.35)	混凝土房为 1.0,砖瓦/砖木房为 0.75,土木房为 0.5,棚圈 0.25;5 间房及以上为 1.0,4 间房为 0.75,3 间房为 0.5,2 间为 0.25,1 间为 0	0.418	0.144	
			获得信贷的机会(0.25)	有为 1,无为 0			
		社会资本(0.1) Social capital	领导潜力(0.20)	家庭有村委成员为 1,无为 0			0.443
	生计多样化指数(0.1) Index of livelihood diversification	对周围人的信任度(0.25)	非常信任为 1,比较信任为 0.75,一般为 0.5,不太信任为 0.25,极不信任为 0	1.692	0.740		
		风险援助度(0.55)	遇到风险能提供援助的人数,10 个以上为 1,6—10 个为 0.75,4—6 个为 0.5,1—3 个为 0.25,0 个为 0				
			从事的生计活动种类(1.0)	1 种生计活动为 1,n 种则赋值为 n			

续表

	指标 Index	测度问题 Measure Problem	赋值 Assignment	均值 Mean value	标准差 Standard deviation
敏感性 Sensitivity	水资源紧缺影响程度(0.1) Impact of water resource shortage	水资源紧缺对生计的负面影响是否严重?(1.0)	根本不严重为1—一般为3—非常严重为5	4.672	0.535
	荒漠化影响程度(0.1) Impact of land desertification	荒漠化对生计的负面影响是否严重?(1.0)	根本不严重为1—一般为3—非常严重为5	4.352	0.717

暴露度是指农户所面临的环境变化特征及其变化程度,敏感性是指农户受环境变化影响的程度,鉴于石羊河中下游农户面临的最严峻生态问题为水资源紧缺与土地荒漠化,故从二者出发考察农户对生态退化的暴露度及敏感性,通常农户面临的水资源紧缺与荒漠化程度越严重,农户生计遭受的负面影响越大,其生计越脆弱;Nelson 等^[25]把农户的适应能力看作各种生计资本联合起来所产生的期望结果或效果,故从生计资本与生计多样化程度来考察农户的适应能力,并参照李小云等^[21]的研究对生计资本指标进行赋值。其中,社会资本用领导潜力、对周围人的信任度及遇到风险提供援助的人数来测量,这三个指标反映了农户的社会安全网络及面临风险时可用的非正式保险,通常农户的社会安全网络及可用的非正式保险越丰富,处理风险的能力越强;人力资本用家庭整体劳动能力与成年劳动力受教育水平来测量,二者反映了农户的人力资本数量与质量,通常人力资本数量与质量越高的农户,抵御风险的能力越强;自然资本用人均耕地面积来测量,拥有耕地越多的农户,获取更高产量的机会越大,应对风险的能力也越强;金融资本用人均现金收入与信贷机会来测量,它们在减缓家庭脆弱性中起着重要作用;物质资本用住房类型及面积、固定资产拥有量来测量,二者反映了农户的生产、生活投入,通常投入越大,应对风险的能力越强。

(2) 生计脆弱性评估模型

首先,利用专家咨询法确定生计资本指标的权重。然后,采用极差标准化方法对各生计资本指标值进行标准化处理,运用加权求和法计算农户的各类生计资本指数。

同时,采用极差标准化方法对其他指标值进行标准化处理,并采用加权平均法计算农户生计对生态退化的暴露度、敏感性及适应能力。

$$E_d = \frac{\sum_{i=1}^n W_{Ei} E_{di}}{\sum_{i=1}^n W_{Ei}}, \quad S_d = \frac{\sum_{i=1}^m W_{Si} S_{di}}{\sum_{i=1}^m W_{Si}}, \quad A_d = \frac{\sum_{i=1}^q W_{Ai} A_{di}}{\sum_{i=1}^q W_{Ai}}$$

式中, E_d 、 S_d 、 A_d 分别是第 d 位农户生计对生态退化的暴露度、敏感性及适应能力, E_{di} 、 S_{di} 、 A_{di} 分别是第 d 位农户的暴露度、敏感性及适应能力的第 i 个指标, W_{Ei} 、 W_{Si} 、 W_{Ai} 分别是暴露度、敏感性及适应能力第 i 个指标的权重(各指标采取相同的权重,均为 0.1), n 、 m 、 q 分别是暴露度、敏感性及适应能力的指标个数。

计算出农户生计对生态退化的暴露度、敏感性及适应能力之后,基于 IPCC 对脆弱性的定义,可用下式计算农户的生计脆弱度^[23]:

$$LVI_d = (E_d - A_d) \times S_d$$

式中, LVI_d 为第 d 位农户的生计脆弱度。

2 结果

2.1 受访户特征

石羊河中下游不同生计类型农户在家庭规模、劳动力数量、受教育程度等方面存在差别(表 2)。与纯农

户、兼业户相比,非农户家庭规模小、劳动力数量少,其家庭规模仅为 4.45 人/户、劳动力数量仅为 2.64 人/户。而其他两类农户的家庭规模相对较大、劳动力数量较多,其中,兼业户的家庭规模与劳动力数量均最大,比纯农户分别多 0.24 人/户、0.08 人/户,比非农户分别多 0.41 人/户、0.67 人/户。与兼业户、非农户相比,纯农户的高中及以上劳动力比重相对较高,分别比兼业户、非农户高 13.03、25.48 个百分点。从人均收入与生计多样化指数来看,纯农户、兼业户、非农户依次增加,其中,非农户人均收入为 8255.34 元,相当于纯农户的 1.36 倍;非农户的生计多样化指数为 1.95,比纯农户高 0.60。

表 2 石羊河中下游受访户特征

Table 2 The farmers' information in the middle-lower reaches of Shiyang River

农户类型 Farmer's type	家庭规模 (人/户) Family scale	劳动力数量 (人/户) Labour quantity	劳动力受教育程度/% Labour's education level				人均收入/元 Per capita income	生计多样化指数 Livelihood diversification index	
			文盲 Illiteracy	小学 Primary school	初中 Junior high school	高中 Senior high school			大专及以上 College or above
纯农户 Farming household	4.62	3.23	5.23	22.58	26.76	25.21	20.22	6076.83	1.35
兼业户 Household with combined occupation	4.86	3.31	6.56	32.00	29.04	19.28	13.12	7381.87	1.80
非农户 Off farming household	4.45	2.64	2.80	40.23	37.06	11.96	7.99	8255.34	1.95

2.2 农户生计对生态退化的暴露度

近年来,石羊河流域低生态风险区向流域上游不断迁移,而高生态风险区向下游不断扩展^[26],中下游农户面临着严峻的生态退化风险,分别有 76.23%、50.00%的受访户暴露于非常严重的水资源紧缺风险与土地荒漠化风险,农户对生态退化的暴露度达 0.894。其中,下游农户的暴露度为 0.898,高于中游农户。

不同收入农户中,高收入农户的暴露度最高,为 0.924,低收入农户次之,中等收入农户最低;从低文化程度农户到高文化程度农户,随着文化程度的提高,农户对生态退化的暴露度趋于增加,其中,高文化程度农户的暴露度为 0.909;但从纯农户到非农户、从单一生计农户到多种生计农户,随着非农化水平与生计多样化程度的提高,农户对生态退化的暴露度均趋于降低,其中,纯农户与单一生计农户的暴露度分别为 0.912、0.898,而非农户与多种生计农户的暴露度分别为 0.854、0.870。可见,高收入农户及高文化程度农户、纯农户及单一生计农户对生态退化的暴露度更严重(表 3)。

表 3 石羊河中下游农户生计对生态退化的暴露度、敏感性、适应能力及脆弱度

Table 3 The farmer's exposure, sensitivity, adaptation ability and livelihood vulnerability to ecological degradation in the middle-lower reaches of Shiyang River

农户类型 Farmer's type	暴露度 Exposure	敏感性 Sensitivity	适应能力 Adaptation ability	生计脆弱度 Livelihood vulnerability	
收入 Income	低 Low	0.904	0.879	0.343	0.502
	中 Middle	0.876	0.862	0.381	0.440
	高 High	0.924	0.922	0.430	0.459
文化程度 Education level	低 Low	0.883	0.878	0.333	0.493
	中 Middle	0.886	0.877	0.371	0.464
生计多样化程度 Livelihood diversification level	单一 Single	0.898	0.886	0.337	0.506
	两种 Two types	0.895	0.878	0.389	0.452
生计方式 Livelihood mode	多种 Mutiple	0.870	0.853	0.458	0.364
	纯农 Pure peasant	0.912	0.902	0.355	0.513
	兼业 Part-time peasant	0.905	0.885	0.394	0.457
区域 Region	非农 Non-peasant	0.854	0.837	0.376	0.416
	中游 Middle reaches	0.890	0.891	0.384	0.451
	下游 Lower reaches	0.898	0.894	0.369	0.473

2.3 农户生计对生态退化的敏感性

石羊河中下游日益严峻的生态环境问题已对农户生计产生严重威胁,有 69.40%、48.36%的受访户认为水资源紧缺、土地荒漠化对其生计产生了非常严重的负面影响,农户生计对生态退化的敏感性为 0.878。其中,下游农户的敏感性为 0.894,高于中游农户。

从纯农户到非农户、从单一生计农户到多种生计农户,随着非农化水平与生计多样化程度的提高,农户生计对生态退化的敏感性趋于降低。其中,纯农户与单一生计农户的敏感性分别为 0.902、0.886,而非农户、多种生计农户的敏感性分别为 0.837、0.853;不同收入与不同文化程度农户中,高收入与高文化程度农户的敏感性均最高,其敏感性分别为 0.922、0.880,低收入与低文化程度农户次之,中等收入与中等文化程度农户最低。可见,高收入农户及高文化程度农户、纯农户及单一生计农户对生态退化的敏感性更强烈(表 3)。

2.4 农户对生态退化的适应能力

农户应对生态退化风险的能力大小是衡量其生计脆弱性强弱的关键。石羊河中下游农户的最高适应能力为 0.612,最低适应能力仅为 0.108,平均适应能力为 0.376,大于平均值的农户占 51.64%。其中,中游农户的适应能力为 0.384,高于下游农户。

从低文化程度农户到高文化程度农户、从低收入农户到高收入农户、从单一生计农户到多种生计农户,随着受教育程度、收入水平及生计多样化程度的提高,农户对生态退化的适应能力均趋于增强。其中,低文化、低收入及单一生计农户的适应能力分别为 0.333、0.343、0.337,而高文化程度、高收入与多种生计农户的适应能力分别为 0.399、0.430、0.458;但不同生计方式农户中,兼业户的适应能力最高,为 0.394,非农户次之,纯农户最低。可见,低文化程度农户及低收入农户、纯农户及单一生计农户对生态退化的适应能力更弱(表 3)。

2.5 农户生计对生态退化的脆弱度

严峻的生态环境问题使石羊河中下游农户生计遭受严重影响,加剧了其生计脆弱性。农户的最高生计脆弱度为 0.892,最低生计脆弱度为 0.091,平均生计脆弱度为 0.462,大于平均值的农户占 51.64%,说明石羊河中下游多数农户生计对生态退化有着较高的脆弱性,生态退化已成为阻碍农户塑建可持续生计的重要障碍。进一步分析发现,中游农户的生计脆弱度低于下游农户,其中,中游大于平均值的农户占 50.56%,而下游该比重为 53.73%。

不同收入农户的生计脆弱度中,低收入农户的生计脆弱度最高,为 0.502,高收入农户次之,中等收入农户最低;从低文化程度农户到高文化程度农户、从纯农户到非农户、从单一生计农户到多种生计农户,随着受教育程度、非农化水平及生计多样化程度的提高,农户的生计脆弱度趋于降低,其中,低文化程度农户、纯农户与单一生计农户的生计脆弱度分别为 0.493、0.513、0.506,而高文化程度农户、非农户及多种生计农户的生计脆弱度分别为 0.455、0.416、0.364(表 3)。可见,低文化程度农户及低收入农户、纯农户与单一生计农户的生计更脆弱。

利用快速聚类分析法(K-means cluster analysis),按照生计脆弱度将石羊河中下游农户分为高脆弱性、中等脆弱性、低脆弱性三组。采用单因素方差(ANOVA)检验,发现 F 统计值为 1002.746,显著性水平小于 0.05,说明三组间存在显著差别。其中,高脆弱性农户占受访户的 27.60%,平均生计脆弱度为 0.659;中等脆弱性农户占受访户的 47.54%,平均生计脆弱度为 0.468;低脆弱性农户占受访户的 24.86%,平均生计脆弱度为 0.246。与中、低脆弱性农户相比,高脆弱性农户的家庭规模较小,劳动力受教育程度、人均收入、领导潜力、对周围人的信任度以及风险援助度均较低,非农化水平及生计多样化程度也较低。其中,高脆弱性农户的家庭规模比低脆弱性农户少 0.226 人/户、劳动力受教育程度低 0.065、人均收入低 774.28 元、非农化水平低 16.20%、生计多样化指数低 0.475(表 4)。

2.6 影响农户生计脆弱性的关键因素

基于上述结果,将农户特征、生态退化度作为自变量,将农户的生计脆弱度作为因变量,并引入地区虚拟变量(下游:是=1,否=0),采用多元回归模型分析影响农户生计对生态退化脆弱性的关键因素(表 5)。其

中,农户特征用家庭规模、劳动力受教育程度、人均收入、社会资本、非农化水平及生计多样化指数来表征。

表4 石羊河中下游不同脆弱性水平农户的特征

Table 4 The farmer's characteristic of the different livelihood vulnerability level in in the middle-lower reaches of Shiyang River

农户类型 Farmer's type	家庭规模 Family scale/ (人/户)	劳动力受教育程度 Labour's education level	人均收入/元 Per capita income	人均耕地/hm ² Per capita cultivated land	领导潜力指数 Leadership potential index	对周围人的信任度 Trust to neighbour	风险援助度 Risk assistance	非农化水平/% Non-agriculture level	生计多样化指数 Livelihood diversification index
高脆弱性农户 High vulnerability farmer	4.554	1.473	6805.80	0.184	0.139	0.344	0.450	27.51	1.426
中等脆弱性农户 Medium vulnerability farmer	4.678	1.718	7162.04	0.209	0.241	0.369	0.563	37.30	1.736
低脆弱性农户 Low vulnerability farmer	4.780	1.538	7580.08	0.164	0.231	0.429	0.670	43.71	1.901

表5 农户生计脆弱性的影响因素拟合结果

Table 5 The estimated results of the factors influencing the farmers' livelihood vulnerability

变量 Variable	非标准化系数 Non-standard coefficient	标准化系数 Standard coefficient	T 检验值 T value	变量 Variable	非标准化系数 Non-standard coefficient	标准化系数 Standard coefficient	T 检验值 T value
常数 Constant	-0.515		-12.049 ***	生计多样化指数 Livelihood diversification index	-0.052	-0.233	-11.082 ***
家庭规模 Family scale	-0.011	-0.081	-3.791 ***	非农化水平 Non-agriculture level	-0.018	-0.036	-1.424 **
劳动力受教育程度 Labour's education level	-0.032	-0.177	-7.910 ***	水资源紧缺度 Water resource shortage	0.144	0.387	16.064 ***
人均收入 Per capita income	-0.0001	-0.134	-6.059 ***	荒漠化严重度 Degradation severity	0.143	0.585	23.965 ***
社会资本 Social capital	-0.213	-0.242	-12.033 ***	地区虚拟变量 Region dummy variable	-0.003	-0.009	-0.310
R ² Goodness of fit		0.865		F 统计量 F-statistic		253.567 ***	

** 在 0.05 水平上显著; *** 在 0.001 水平上显著

利用最小二乘法拟合上述因素与农户生计脆弱度的关系,模型的拟合优度达到 0.865, F 统计量为 253.567,在 0.001 水平上显著,说明方程拟合较好,上述变量能解释农户生计脆弱性的 86.50%。

拟合结果显示,家庭规模、劳动力受教育程度、人均收入、社会资本、非农化水平及生计多样化指数的非标准化系数与标准化系数均小于 0,且在 0.05 或 0.001 水平上显著,说明家庭规模、收入、社会资本、生计方式对农户的生计脆弱性有着显著影响,而且随着家庭规模、收入、社会资本、非农化水平及生计多样化程度的提高,农户生计对生态退化的脆弱性将降低;然而,水资源紧缺度、荒漠化严重度的非标准化系数与标准化系数均大于 0 小于 1,且 0.001 水平上显著,说明生态退化程度增加将加剧农户的生计脆弱性。

从上述因子对农户生计脆弱性的影响程度来看,生态退化度是最重要的因素,其中,水资源紧缺度及荒漠化严重度的标准化系数分别为 0.387、0.585,远高于其他因子;社会资本、生计多样化程度的影响次之,其标准化系数分别为-0.242、-0.233,再次为劳动力受教育程度与人均收入,其标准化系数分别为-0.177、-0.134。可见,改善生态环境,提高农户的社会资本、人力资本、富裕程度及生计多样化程度对于降低石羊河中下游农户的生计脆弱性非常关键。

3 讨论

3.1 生态退化程度与生计脆弱性

研究结果显示,水资源紧缺程度与荒漠化严重程度是影响农户生计脆弱性的最重要因素,它们与生计脆弱度之间呈显著正相关。已有研究也显示,环境变化对食物、水安全、公共健康、自然资源和生物多样性等造成严重威胁,不仅使以自然资源为生计基础的农业人口的脆弱性加剧,还可能引起当地的社会生态系统长期转变^[27]。联合国千年生态系统评估^[28]也指出,生态退化引致的生态系统服务受损使大多数贫困人口的福利水平下降,甚至成为引起贫困的最主要因素;Tsegaye D 等^[29]在埃塞俄比亚研究则表明环境变化改变了干旱与半干旱区草地与水资源的可获得性,给农牧民生计持续性造成潜在的负面影响,加剧了农牧民生计的脆弱性。究其原因在于,生态退化不仅对农户拥有的生计资本产生直接影响,而且通过对自然资本的影响以及物质、人力、社会与金融资本的连锁反应而间接地影响农户生计,使农户获取资产或替代资产的能力下降,农户生计脆弱性加剧。调查中也发现,石羊河中下游农户对生态退化的认知度较高,生态退化已成为他们面临的最主要生计风险,大部分农户提到水资源紧缺、荒漠化扩展、水质下降、沙尘暴频发等一系列生态环境问题已使他们的生产、生活成本大幅增加,福利状况遭受严重影响,担心自己会因生态恶化而沦为“生态难民”。可见,改善生态环境质量是降低石羊河中下游农户生计脆弱性的根本出路。

3.2 社会资本、人力资本与生计脆弱性

研究结果显示,社会资本、人力资本是影响农户生计脆弱性的关键因素,它们与生计脆弱度之间呈显著负相关。究其原因在于,较高的人力资本不仅可促进农户的其他生计资本增值,也可提高农户对其他生计资本的可得性,从而改善农户的适应能力,降低农户的生计脆弱性;而较高的社会资本不仅能促进信息溢出和知识传播,使农户获取更准确的生态退化信息、分享有效的风险抵御策略与知识,降低农户对生态退化的暴露水平;也能够降低交易成本、促进合作,使农户在面对环境恶化和外部挑战时能采取集体行动,共同渡过难关。已有研究也显示,地方网络与协会、关系与互惠模式对于提高农户的适应能力极为重要^[30]。调查中也发现,向亲友寻求帮助仍是当前石羊河中下游农户采取的最主要风险应对策略,亲友网络规模大、支持能力强的农户遭遇风险时能获得较大支持,而亲友网络规模有限且网络内成员支持能力较弱的农户遭受风险时难以得到有效援助。

社会资本与人力资本也是生态环境改善的先决条件^[31],具有较高的人力资本与社会资本时,不仅会形成集体性的环境意识,促使人们自觉地采取符合集体目标的个体行为;也有助于加强自律和自我管理,对引起生态环境恶化的私人活动进行约束;还会增强人们改革和采用技术以适应新条件的能力,从而促使生态环境得以改善,减轻对农户生计的冲击。调查中也发现,受教育水平较高的农户往往更关注水资源紧缺、荒漠化、沙尘暴等生态退化问题,而且更了解国家及地方政府采取的生态治理政策,对生态退化风险的可能性感知与严重性感知更强烈,这种强烈的风险感知强化了其对自身暴露度及敏感性的认知,增强了其采用节水技术、种植低耗水作物、参与水权交易等策略的意愿。可见,提高农户的人力资本与社会资本是降低石羊河中下游农户生计脆弱性的重要保障。

3.3 生计多样化与生计脆弱性

研究结果显示,生计多样化程度、非农化水平对农户生计脆弱性产生重要影响,它们与生计脆弱度之间呈显著正相关。已有研究也表明,生计脆弱的根源在于资源贫乏以及居民缺少非农就业机会,不能实现生计多样化,印度 Himachal Pradesh 地区的牧民就因缺乏财力无力进行生计多样化而长期陷于脆弱的境地^[32],Antwi-Agyei 等也证实非农收入对面临环境变化风险农户的生存至关重要^[33]。究其原因,主要在于以非农活动为主的生计多样化不仅有利于降低农户对水、耕地等自然资源的依赖,减小农户对生态退化的暴露度,更有利于拓宽农户的收入渠道,保障粮食安全,减少饥荒威胁。访谈中,大部分纯农户提到他们主要从事灌溉农业生产,对水、土资源的依赖性非常强,水资源紧缺、土地荒漠化削弱了他们的生计基础,使其生产成本增加、农业

收入降低;而大部分非农户则反映由于不再从事农业生产,生态退化对其生计的冲击减轻。调查中也发现,随着非农化水平的提高,农户的社会交往空间逐渐由封闭性、半封闭性向更开放性转变,社会网络规模扩大、网络成员的异质性增强,农户的风险规避能力逐渐增强。可见,塑建以非农活动为主的多样化生计方式是降低石羊河中下游农户生计脆弱性的有效途径。

3.4 富裕水平与生计脆弱性

研究结果显示,收入与农户的生计脆弱度呈显著负相关。与低脆弱性家庭相比,高脆弱性家庭更贫困,其人均收入比低脆弱性农户低 774.28 元,说明贫困家庭比富裕家庭更脆弱,提高富裕程度有助于减轻农户的生计脆弱性,这与 Sen^[34]的观点一致。事实上,已有研究也强调了财富在加强农村贫困家庭适应能力中的作用, Moser and Satterthwaite^[35]也提出富裕程度对家庭减轻环境变化影响的能力具有关键作用。究其原因,主要在于贫困约束了贫困家庭处理环境变化影响的能力,限制了家庭对其他资产的可得性以及用来减小环境变化对其生计影响的资产组合。通常,富人具有更多的选择权及较强的处理胁迫和冲击、发现和利用机会的能力,以确保其生计安全并可持续地使用自然资源;而穷人往往缺乏开发替代资源的能力,从而使其在环境变化面前显得脆弱无助,缺乏应对环境变化的缓冲能力,生计脆弱性加剧。调查中也发现,收入较高的农户对生态环境的关注度更高,对生态退化风险的感知也更强烈,强烈风险感知使其他他们更愿意采取多样化生计来应对生态退化风险。同时,收入较高的农户更有能力修建灌溉设施、采用新技术。可见,提高富裕水平是降低石羊河中下游农户生计脆弱性的关键举措。

4 结论与研究展望

4.1 结论

评估生态脆弱区农户对环境变化的脆弱性,并依此找寻减缓脆弱性的对策是当前可持续性科学研究的核心问题。本文分析了石羊河中下游农户生计对生态退化的暴露度、敏感性、适应能力及脆弱度,得出以下结论:

(1)高收入及高文化程度农户虽对生态退化的暴露度与敏感性较高,但适应能力也较强,故其生计脆弱性较低。

(2)从纯农户到非农户、从单一生计农户到多种生计农户,农户生计对生态退化的暴露度、敏感性递减,但适应能力增加,故生计脆弱性呈加剧趋势。

(3)农户的富裕水平、人力资本与社会资本、非农化水平与生计多样化程度都具有减轻农户生计脆弱性的作用,而生态退化程度具有加剧农户生计脆弱性的作用。

基于上述结论,降低石羊河中下游农户的生计脆弱性可从改善生态环境质量、提高富裕水平、增加人力资本与社会资本、促进生计转型等方面入手。当前,急需进一步加大石羊河流域生态环境综合治理力度;同时,应通过技能培训、文化教育、小额贷款、就业机会、建立合作组织等,提高农户对关键资源的可获得性,增强农户应对生态退化风险的能力;同时,应促进二、三产业发展,为农户提供非农就业岗位。

4.2 研究展望

脆弱性评估是当前脆弱性科学的一个重要研究内容,本研究仅利用一个简单的指标体系,基于农户对生态退化风险的感知进行了农户生计脆弱性评估。从上述主要研究结果可以看出,农户的生计脆弱性定量特征与研究区实际情况相符合,这说明本研究采用的生计脆弱性评价方法具有一定的合理性,但今后还需进一步检验与修正。

环境问题对于农户生计的影响并不是单独发生的,而是嵌于整个社会经济结构之中,它与其他社会经济要素共同作用对农户生计的产生影响。未来,不仅应关注环境变化对农户生计脆弱性的影响过程与影响机制,更应关注环境问题与其他生计风险的交互作用关系,以及各种扰动对农户生计脆弱性的作用程度及作用路径,厘定影响农户生计脆弱性的关键因素,探明农户生计脆弱性的形成机制,揭示农户对多重扰动的响应过

程与响应机理。同时,还应加强生计脆弱性政策干预研究,开发具有针对性的适应策略与适应政策。

参考文献(References):

- [1] McDowell J Z, Hess J J. Accessing adaptation: Multiple stressors on livelihoods in the Bolivian highlands under a changing climate. *Global Environmental Change*, 2012, 22(2): 342-352.
- [2] Kates R W, Clark W C, Corell R, Hall J M, Jaeger C C, Lowe I, McCarthy J J, Schellnhuber H J, Bolin B, Dickson N M, Faucheux S, Gallopin G C, Grubler A, Huntley B, Jäger J, Jodha N S, Kasperson R E, Mabogunje A, Matson P, Mooney H, Moore III B, O'Riordan T, Svedlin U. Environment and development. *sustainability science. Science*, 2001, 292(5517): 641-642.
- [3] Adger W N. Vulnerability. *Global Environmental Change*, 2006, 16(3): 268-281.
- [4] Smit B, Wandel J. Adaptation, adaptive capacity and vulnerability. *Global Environmental Change*, 2006, 16(3): 282-292.
- [5] Cutter S L. The vulnerability of science and the science of vulnerability. *Annals of the Association of American Geographers*, 2003, 93(1): 1-12.
- [6] Tunner II B L, Kasperson R E, Matson P A, McCarthy J J, Corell R W, Christensen L, Eckley N, Kasperson J X, Luers A, Martello M L, Polsk C, Pulsipher A, Schiller A. A Framework for vulnerability analysis in sustainability science. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2003, 100(14): 8074-8079.
- [7] 刘燕华, 李秀彬. 脆弱生态环境与可持续发展. 北京: 商务印书馆, 2007.
- [8] Eakin H, Luers A L. Assessing the vulnerability of social-environmental systems. *Annual Review of Environment and Resources*, 2006, 31: 365-394.
- [9] Paavola J. Livelihoods, vulnerability and adaptation to climate change in Morogoro, Tanzania. *Environmental Science & Policy*, 2008, 11(7): 642-654.
- [10] 李鹤, 张平宇. 东北地区矿业城市社会就业脆弱性分析. *地理研究*, 2009, 28(3): 751-760.
- [11] Hinkel J. "Indicators of vulnerability and adaptive capacity": towards a clarification of the science-policy interface. *Global Environmental Change*, 2011, 21(1): 198-208.
- [12] Shah K U, Dulal H B, Johnson C, Baptiste A. Understanding livelihood vulnerability to climate change: applying the livelihood vulnerability index in Trinidad and Tobago. *Geoforum*, 2013, 47: 125-137.
- [13] Skjeflo S. Measuring household vulnerability to climate change—why markets Matter. *Global Environmental Change*, 2013, 23(6): 1694-1701.
- [14] Pauw K, Thurlow J, Bachu M, Van Seventer D E. The economic costs of extreme weather events: a hydrometeorological CGE analysis for Malawi. *Environment and Development Economics*, 2011, 16(2): 177-198.
- [15] 杨文, 孙蚌珠, 王学龙. 中国农村家庭脆弱性的测量与分解. *经济研究*, 2012, (4): 40-51.
- [16] Helberg R, Siegel P B, Jorgensen S L. Addressing human vulnerability to climate change: toward a 'no-regrets' approach. *Global Environmental Change*, 2009, 19(1): 89-99.
- [17] 张凯, 冯起, 吕永清, 张勃, 司建华. 民勤绿洲荒漠带土壤水分的空间分异研究. *中国沙漠*, 2011, 31(5): 1149-1155.
- [18] 阎建忠, 卓仁贵, 谢德体, 张懿鲤. 不同生计类型农户的土地利用——三峡库区典型村的实证研究. *地理学报*, 2010, 65(11): 1401-1410.
- [19] 阎建忠, 吴莹莹, 张懿鲤, 周绍宾, 石玉林. 青藏高原东部样带农牧民生计的多样化. *地理学报*, 2009, 64(2): 221-233.
- [20] Siegel P B. Using an Asset-Based Approach to Identify Drivers of Sustainable Rural Growth and Poverty Reduction in Central America: a Conceptual Framework. *World Bank: Policy Research Working Papers*, 2005.
- [21] 李小云, 董强, 饶小龙, 赵丽霞. 农户脆弱性分析方法及其本土化应用. *中国农村经济*, 2007, (4): 32-39.
- [22] 阎建忠, 喻鸥, 吴莹莹, 张懿鲤. 青藏高原东部样带农牧民生计脆弱性评估. *地理科学*, 2011, 31(7): 858-867.
- [23] Hahn M B, Riederer A M, Foster S O. The livelihood vulnerability index: a pragmatic approach to assessing risks from climate variability and change—a case study in Mozambique. *Global Environmental Change*, 2009, 19(1): 74-88.
- [24] Etwire P M, Al-Hassan R M, Kuwornu J K M, Osei-Owusu Y. Application of livelihood vulnerability index in assessing vulnerability to climate change and variability in Northern Ghana. *Journal of Environment and Earth Science*, 2013, 3(2): 157-170.
- [25] Rohan N, Phil K, Lisa E, Jo-Anne K. Structural adjustment: a vulnerability index for Australian broadacre agriculture. *Australian Commodities*, 2005, 12(1): 171-179.
- [26] 张学斌, 石培基, 罗君, 刘海龙, 魏伟. 基于景观格局的干旱内陆河流域生态风险分析——以石羊河流域为例. *自然资源学报*, 2014, 29(3): 410-419.
- [27] Rodima-Tyalor D, Olwig M F, Chhetri N. Adaptation as innovation, innovation as adaptation: an institutional approach to climate change. *Applied Geography*, 2012, 33: 107-111.

-
- [28] Millennium Ecosystem Assessment. *Ecosystems and Human Well-being; Synthesis*. Washington: Island Press, 2005.
- [29] Tsegaye D, Vedeld P, Moe S R. Pastoralists and livelihoods: a case study from northern Afar, Ethiopia. *Journal of Arid Environments*, 2013, 91: 138-146.
- [30] Adger W N. Social capital, collective action, and adaptation to climate change. *Economic Geography*, 2003, 79(4): 387-404.
- [31] Pretty J. Social capital and the collective management of resources. *Science*, 2003, 302(5652): 1912-1914.
- [32] Deschingkar P. Climate change adaptation in India: a case study of forest systems in Himachal Pradesh. *International Journal of Environment and Pollution*, 1998, 9(2/3): 186-197.
- [33] Antwi-Agyei P, Dougill A J, Fraser E D G, Stringer L C. Characterising the nature of household vulnerability to climate variability: empirical evidence from two regions of Ghana. *Environment, Development and Sustainability*, 2012, 15(4): 903-926.
- [34] Amartya S. *Development as Freedom*. Oxford: Oxford University Press, 1999.
- [35] Moser C, Satterthwaite D. *Towards pro-poor adaptation to climate change in the urban centers of low-and middle-income countries*. International Institute for Environment and Development, London: Global Research Centre, 2008.