

Analysis of Coupled Relationship between Drought Disaster and Poverty in Poor Areas

Ying Hou*, Guanzhou Dai, Yuanyuan Li

College of Resources and Environment Science, Ningxia University, Yinchuan Ningxia
Email: *holying@126.com

Received: Aug. 8th, 2019; accepted: Aug. 30th, 2019; published: Sep. 16th, 2019

Abstract

Five poverty-stricken counties in the poor areas of Liupan Mountain in Ningxia were selected as research areas. Factor analysis and principal component analysis were used to establish a comprehensive indicator system for drought and poverty. Additionally, the changes of drought and poverty and the coupling relationship between drought and poverty in the past decade were analyzed. The results showed that: the drought degree in the Liupan Mountain area of Ningxia was generally high in the past decade. Secondly, the poverty level of each county had a downward trend with the evolution of time. Thirdly, there was a strong coupled relationship between poverty and drought disaster. Since the study area was prone to a vicious circle of drought and poverty, it was necessary to consider a comprehensive disaster prevention mechanism for disaster risk management, prevention and disaster recovery.

Keywords

Drought, Poverty, Coupling Model, Ningxia, Liupan Mountain

贫困区县干旱灾害与贫困度耦合关系分析

侯 迎*, 戴冠洲, 李媛媛

宁夏大学资源环境学院, 宁夏 银川
Email: *holying@126.com

收稿日期: 2019年8月8日; 录用日期: 2019年8月30日; 发布日期: 2019年9月16日

摘 要

选取宁夏六盘山贫困区的五个贫困区县作为研究区域, 以统计资料为基础数据, 运用因子分析法和主成分分析

作者简介: 侯迎(1985-), 男, 博士, 副教授, 主要从事气候变化及其环境效应研究。

*通讯作者。

方法,建立干旱度与贫困度的综合指标体系,分析该区近十年干旱度和贫困度的变化规律,及干旱度与贫困度的耦合关系。结果显示:宁夏六盘山区十年间的干旱度总体上比较高,各县区贫困度随着时间的演进呈下降趋势;贫困度与干旱度呈现较强的耦合关系。由于研究区处于生态脆弱区域,且易造成干旱灾害与贫困的恶性循环,需考虑灾害风险管理、预防及灾后恢复的综合防灾机制。

关键词

干旱, 贫困, 耦合模型, 宁夏, 六盘山

Copyright © 2019 by author(s) and Wuhan University.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

近几年随着经济快速发展以及国家扶贫战略的实施,我国贫困面貌得到较大改善。截至2018年末,全国农村贫困人口从2012年末的9899万人减少至1660万人,累计减少8239万人;贫困发生率从2012年的10.2%下降至1.7%,累计下降8.5%。但同时存在扶贫成果不稳定,脱贫后易返贫的问题[1]。与此同时,在全球气候变化日趋严重的大背景下[2],各种气象灾害的发生频率也在不断增多。据统计,干旱灾害发生频次占总灾害频次的1/2以上,为各项灾害之首[3]。干旱灾害持续时间长,影响范围广,发生频率高[4],对地区贫困程度产生较大影响。有关灾害与贫困的关系研究,王玉静[5]以典型连片特困武陵山区为研究区域,利用博弈论模型赋权得到最优组合,对研究区的灾情与贫困程度进行测算,探究自然灾害与贫困之间的耦合关系。丁文广[6]运用主成分分析的方法,探讨甘肃省不同地理区域灾害频发与贫困之间的耦合关系,为定量分析干旱灾害对贫困影响的研究提供了思路和方法借鉴。

从我国各省份的贫困发生率来看,我国贫困人口主要分布在中西部地区[7]。而西北地区是我国主要的干旱分布区[8],尤其进入20世纪后期,干旱化趋势较为明显。宁夏在1995年以后全区进入了干旱期,南部山区的干旱发生频率最高[9],宁夏六盘山区是我国国家级贫困区,位于我国西北地区宁夏南部,涵盖了高寒阴湿区、干旱荒漠区、黄土沟壑区、峡谷大山区等不同的典型脆弱生境类型[10]。该区域是全国最干旱缺水的地区之一,也是生态环境最脆弱、水土流失最严重、贫困程度最深的地区之一。根据宁夏统计年鉴资料显示,2017年固原市人均可支配收入支配为12,485元,其中,原州区为15,194元、西吉县为10,803元、隆德县为11,002元、泾源县为10,883元和彭阳县为11,294元,而宁夏全区为20,562元,该区可支配收入远低于全自治区的整体水平。

随着精准扶贫进入攻坚阶段[11],以干旱灾害频发的贫困区为研究对象,探究该区干旱灾害与贫困的内在联系,凸显出重要意义。因此,选择该区主要的自然灾害类型——干旱灾害,定量化描述干旱与贫困的耦合关系,为宁夏脱贫致富战略的实施,提供科学的决策依据。

2. 数据和方法

2.1. 干旱灾害指标

宁夏六盘山贫困区属于六盘山集中连片特困区,选取西吉县、原州区、泾源县、隆德县、彭阳县5个区县作为研究区域,探讨该区干旱和贫困的变化规律,以及干旱与贫困程度的相互作用关系。选取2007~2017年,宁夏六盘山贫困区各个区县发生旱灾的持续时间、受灾面积、成灾面积、成灾面积占受灾面积的比重、成灾面积占农作物播种面积比重,受灾人数、受灾人数占全区县总人口的比重以及由旱灾造成的直接经济损失额8个

指标表征干旱的发生强度、持续时间、影响范围，详见表 1。

2.2. 贫困指标

《中国农村扶贫开发纲要(2011~2020 年)》提出，到 2020 年我国扶贫开发针对扶贫对象的总体目标是：“稳定实现扶贫对象不愁吃、不愁穿，保障其义务教育、基本医疗和住房”，简称“两不愁、三保障”。根据宁夏六盘山区的实际，结合“两不愁、三保障”的内涵以及相关的研究成果[5] [6]，将贫困指标分为经济发展类指标和社会保障类指标。社会保障类指标包括地区城镇化发展水平，从事农业的人口数量和比重，居民受教育水平，义务教育的普及程度和医疗保障体系的完善程度。经济发展类指标用来反映一个地区经济发展水平、发展效率的指标，包括国民经济发展水平，人均纯收入，农业、制造业、服务业的发展水平(表 1)。

Table 1. Drought degree and poverty index system

表 1. 干旱度与贫困度指标体系

指标类	指标群	具体指标
干旱度指标		干旱持续时间、受灾面积、成灾面积、成灾面积占受灾面积比重、成灾面积占农作物播种面积比重、受灾人数、受灾人数占全区县总人口的比重、经济损失额
贫困度指标	经济发展类指标	GDP、人均 GDP、人均粮食占有量、耕地面积、人均耕地面积、农林牧副渔总产值、粮食单产量、粮食播种面积占农作物播种面积比重、社会消费品零售总额、农民人均纯收入
	社会保障类指标	城镇化水平、总人口、农业人口、乡村人口、学龄儿童入学率、小学在校学生数、初中在校学生数、医院及卫生院数、医院及卫生院床位数、医院及卫生院技术人员数、每千人医生数、农业人口比重、乡村人口比重

2.3. 数据来源

基于《中国气象灾害年鉴》、《中国气象大典》、《宁夏统计年鉴》、《宁夏水资源公报》、《宁夏政府工作报告》以及各区县统计年鉴和政府工作报告中的统计资料，以及固原、西吉、隆德、泾源、彭阳 5 个气象站的气象资料，结合干旱度与贫困度指标体系，经汇总、整理、筛选、计算，得到该区近十年(2007~2017 年)干旱与贫困指标数据库。

2.4. 研究方法

2.4.1. 标准化处理

使数据之间具有可比性，应用 Spss22.0 将研究区 5 个县区的各个指标的统计数据进行标准化处理，把数据转化为无量纲标准化数据，其公式为：

$$Z_i = (X_i - \mu) / \sigma \tag{1}$$

式中： Z_i 为无量纲标准化数据； X_i 为第 i 个指标的原始数据； μ 为原始数据的均值； σ 为原始数据的均方差。

2.4.2. 计算干旱度与贫困度

1) KMO 和巴特利特检验

对数据进行 KMO 和巴特利特检验，当 KMO 统计量值大于 0.5，可确定变量间的相关程度无太大差异，可以进行因子分析；若巴特利特球形检验结果小于 0.05，球形假设被拒绝，可确定原始变量之间存在相关性，适合做因子分析。

2) 逆向处理

使用差值法将标准化无量纲数据进行逆向处理，使数据指标的分析结果更加直观简明，公式为： $A = 1 - A'$ ，式中 A 为逆指标， A' 为原指标。

3) 主成分分析

使用主成分分析方法，在公因子特征值大于 1 的基础上选择主成分的数目，确定主成分的个数。当对应方差贡献率达到 90% 以上时，即可确定其为各研究区贫困与干旱的主要影响因子。

4) 干旱度与贫困度

利用最大方差法求出旋转后的因子载荷矩阵，并依据各成分的方差贡献率求出综合得分，将此作为各区县 2007~2017 年各年的贫困度、干旱度的最终综合指标值，公式为：

$$D = \sum k_i c_{ij} x_{ij} \tag{2}$$

$$P = \sum k_i c_{ij} x_{ij} \tag{3}$$

式中： D 代表干旱度， P 代表贫困度。 k_i 为第 i 个主成分的权重， c_{ij} 为第 i 个主成分中的第 k 个因子的权重， x_{ij} 为第 i 个主成分的第 k 个因子的值 k_i 。

2.4.3. 构建干旱度与贫困度的耦合关系模型

耦合关系是指某两个事物或两个事物以上存在相互作用、相互影响，在良性交互过程中产生相互促进的动态关联关系[12]。在贫困与干旱之间相互联系的基础上应用耦合关系的概念，即为地区贫困程度与干旱灾害发生程度大小之间的相互作用过程，并结合贫困度与干旱度的具体概念构建的耦合关系模型计算公式如下：

$$C_{DP} = (D + P) / \sqrt{D^2 + P^2} \tag{4}$$

式中： C_{DP} 为干旱度与贫困度的耦合关系值； D 为干旱度； P 为贫困度。

根据 D 、 P 的正负值及大小的变化，可决定干旱度和贫困度耦合关系的 5 种类型。具体分类和判别标准见表 2。

Table 2. Classification standard of coupling relationship between drought degree and poverty degree

表 2. 干旱度与贫困度耦合关系类型划分标准

耦合关系类型	耦合关系类型特征	模型特征
弱相关型	低贫困，两者之间几乎不存在相关关系	$D < 0, P < 0, D > P, -1.414 < C_{DP} < -1$
	低干旱，两者之间几乎不存在相关关系	$D < 0, P < 0, D < P, -1.414 < C_{DP} < -1$
较弱相关型	干旱较小，贫困问题突出，两者的相关性较弱	$D < 0, P > 0, -1 < C_{DP} < 0$
	贫困较低，干旱比较严重，两者的相关性较弱	$D > 0, P < 0, -1 < C_{DP} < 0$
较强相关型	干旱较小，贫困问题突出，两者的相关性较强	$D < 0, P > 0, 0 < C_{DP} < 1$
	贫困较低，干旱比较严重，两者的相关性较强	$D > 0, P < 0, 0 < C_{DP} < 1$
强相关型	干旱与贫困的相关性强，两者之间恶性循环	$D > 1, 0 < P < 1$ 或 $0 < D < 1, P > 1$ 或 $0 < D < 1, 0 < P < 1, 1 < C_{DP} < 1.414$
极强相关型		$D > 1, P > 1, 1 < C_{DP} < 1.414$

3. 结果及分析

3.1. 干旱度与贫困度的时间序列分析

根据计算宁夏六盘山区的贫困与干旱的指标，得出宁夏六盘山区各区县贫困度与干旱度的综合得分，并绘制干旱与贫困的时间序列图(图 1、图 2)。

3.1.1. 干旱度的时间序列分析

由图 1 得知，计算所得的宁夏六盘山区干旱度与实际年均降水量变化趋势基本相符。研究区在 2007~2017 年间，除 2014 年全年湿润没有干旱灾害发生外，其他年份均有不同程度的干旱灾害发生。其中，泾源县干旱程

度随时间演进变化幅度较大,且处于较低干旱度年数与较高干旱度年数近似相等,原州区、西吉县、彭阳县、隆德县4个区县的干旱程度随时间演进变化幅度较小,大多数年份干旱程度保持在高和较高的类型。

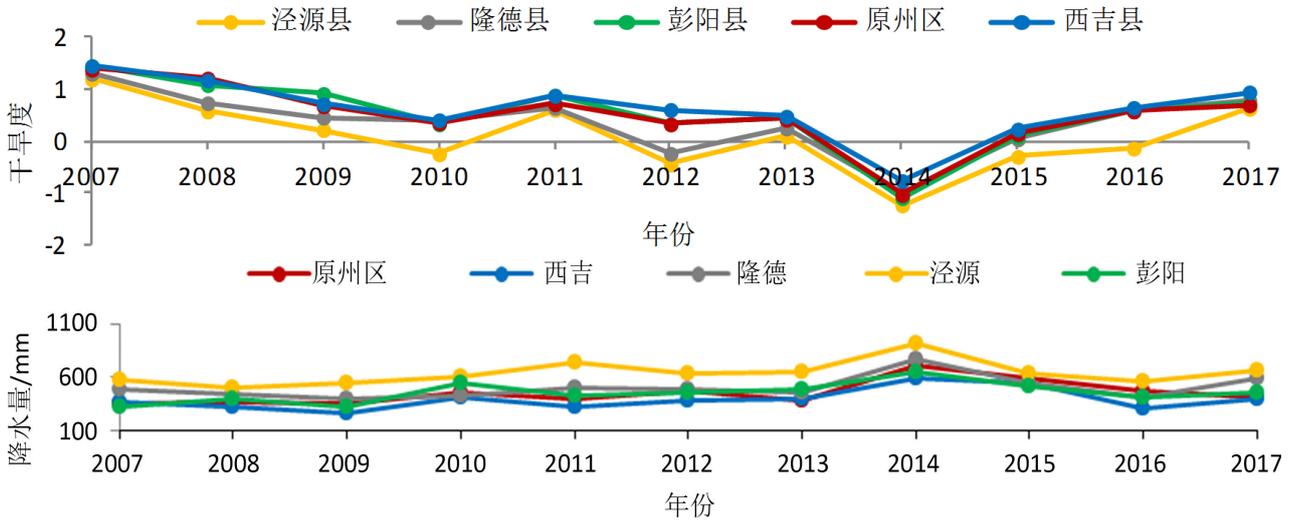
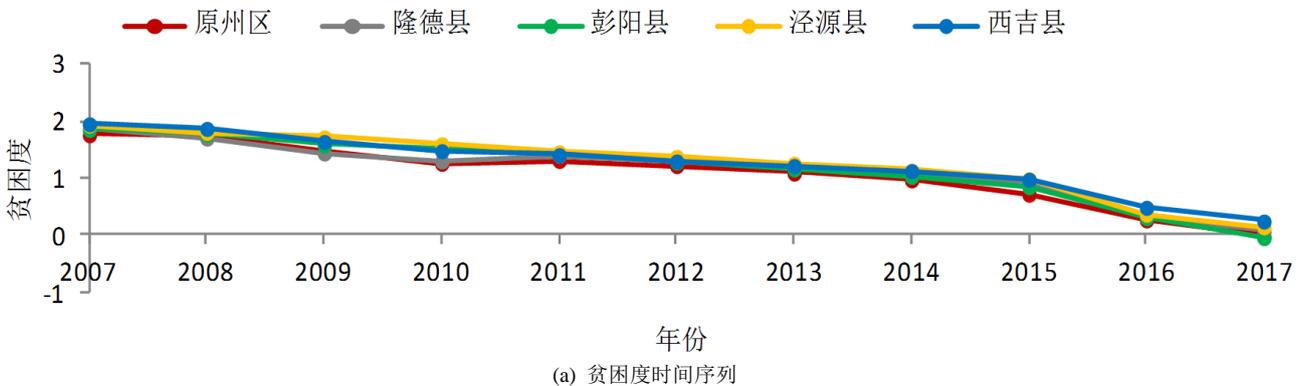


Figure 1. Change curve of drought degree and annual precipitation in Liupan Mountainous
图 1. 干旱度时间序列与年降水量变化曲线

泾源县大部分地区处于六盘山半阴湿区,属半湿润气候,植被类型为森林草原,年平均气温较低,降水量较为充沛,在一些年份可以基本满足农作物的种植需求,所以该地区的干旱灾害所能造成的影响持续性不强,干旱灾害程度年际变化幅度较大;隆德县、原州区、西吉县、彭阳县位于宁夏南部中温带干旱区,属半干旱气候,由于气候干燥、降水稀薄、土壤保水性差、蒸发强烈,降水入渗率极低,导致地下水非常缺乏,且地表径流稀缺,因而极易发生干旱灾害,且影响强度大,因此,这4个区县的干旱程度变化幅度较小。

3.1.2. 贫困度的时间序列分析

由图 2 得知,宁夏六盘山区总体贫困发生率随时间变化趋势与各区县贫困度变化趋势基本相符。在 2007~2017 年,宁夏六盘山区各区县贫困发生率逐年降低,贫困程度也有降低趋势。近年来,宁夏六盘山区的经济总量、居民可支配收入逐年增长,居民生活及生产方式多样性不断增加,人民生活水平不断提高,教育事业与医疗水平得到不断地完善;特别是随着精准扶贫战略的实施,扶贫对象的确定更加精准,扶贫的程序更加明确,扶贫资源的利用率极大提升,使得扶贫成果更显著,这些因素有效促进该地区贫困程度的降低。



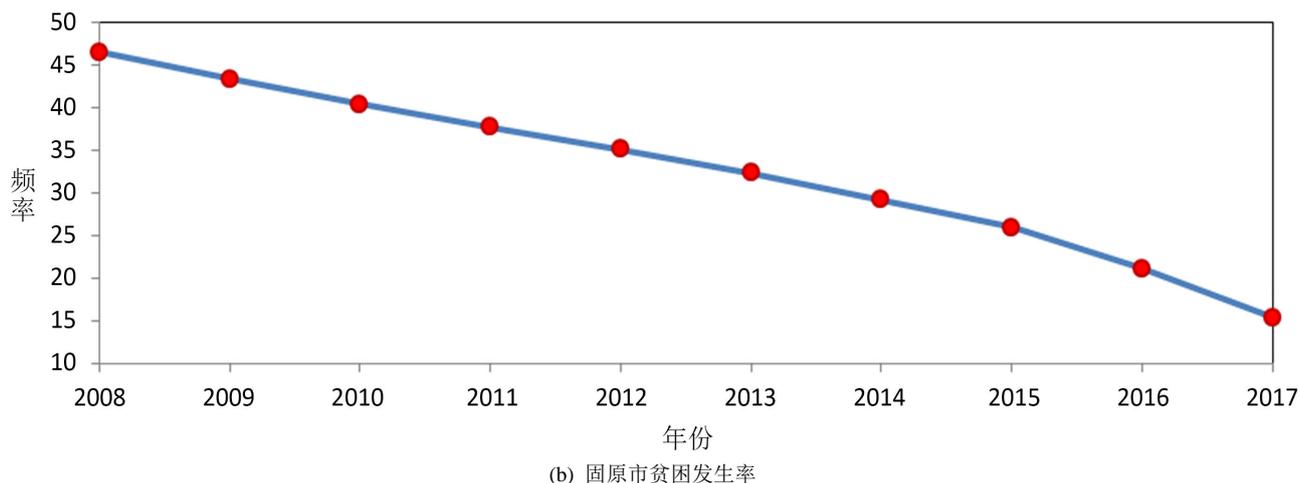


Figure 2. Time series of poverty degree (a) and poverty incidence of Guyuan city (b)
图 2. 贫困度时间序列(a)与固原市贫困发生率(b)

3.2. 干旱度与贫困度耦合关系模型分析

应用贫困度与干旱度的耦合关系模型，结合干旱度与贫困度的综合得分，计算宁夏六盘山区各区县的贫困度与干旱度的耦合度得分(图 3)。根据干旱度与贫困度耦合关系类型划分标准，得出各地区的耦合关系类型特征，详见表 3。

由表 3 与图 3 可知，在大多数年份中，宁夏六盘山区 5 个区县的贫困与干旱的耦合度得分普遍较高，各个区县的贫困与干旱的耦合关系都为较强以上的相关型，且其中有高达 80% 的比例为强相关型和极强相关型。通过分析得到，在 2007~2008 年间，研究区贫困与干旱耦合关系为极强和强相关型，其中极强占据较高比例；2009~2013 年间，除泾源县与隆德县在 2010 年与 2012 年为较强相关型外，研究区域贫困与干旱耦合关系全为强相关型；2014 年由于降水充沛，宁夏六盘山区气候较为湿润，降水量大致可满足农作物生长与居民生活生产用水需求，干旱与贫困之间的耦合关系为较弱相关型；2015~2017 年间，除泾源县在 2015~2016 年为较强相关型外，研究区的贫困与干旱耦合关系类型为强相关性。因此，该区贫困程度与干旱程度的关联性较高，贫困问题与干旱问题之间联系密切，同临近地区的分析结果类似[6]。

Table 3. Comprehensive score of coupling degree between poverty and drought
表 3. 贫困度与干旱度的耦合度综合得分与相对应耦合关系类型

年份		2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	平均
原州区	耦合度	1.40	1.29	1.30	1.25	1.30	1.22	1.27	-0.06	1.14	1.35	0.96	1.13
	耦合关系类型	极强	极强	强	强	强	强	强	较弱	强	较强	较强	
西吉县	耦合度	1.40	1.37	1.31	1.22	1.37	1.32	1.29	0.13	1.17	1.40	1.23	1.20
	耦合关系类型	极强	极强	强	强	强	强	强	较强	强	强	强	
隆德县	耦合度	1.39	1.31	1.26	1.23	1.31	0.77	1.18	-0.07	1.00	1.36	1.10	1.08
	耦合关系类型	极强	强	强	强	强	较强	强	较弱	强	强	强	
泾源县	耦合度	1.37	1.25	1.12	0.82	1.30	0.62	1.07	-0.08	0.64	0.53	1.20	0.89
	耦合关系类型	极强	强	强	较强	强	较强	强	较弱	较强	较强	强	
彭阳县	耦合度	1.40	1.37	1.36	1.18	1.37	1.21	1.28	-0.06	1.07	1.36	0.92	1.13
	耦合关系类型	极强	极强	强	强	强	强	强	较弱	较强	强	较强	

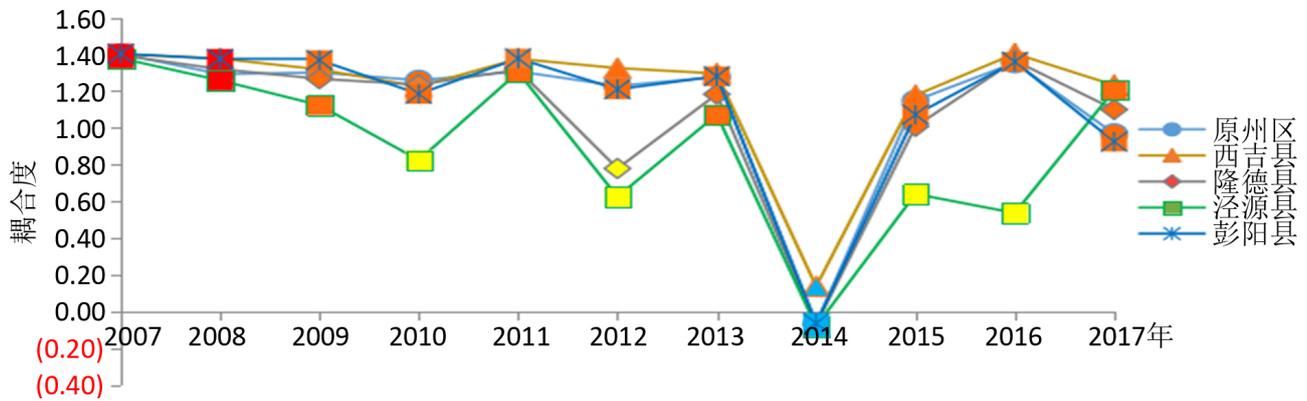


Figure 3. Coupling score time series of poverty degree and drought degree
图 3. 贫困度与干旱度的耦合得分时间序列

贫困与干旱灾害之间相互作用的方式主要有两方面：首先当气候变化、生态脆弱等原因引发干旱灾害后，由于贫困人口的生产方式比较单一，生产资料较为缺乏，缺乏相关的农业生产技术，水利工程等农业配套设施不齐全，对自然资源的依赖程度高，使干旱灾害对贫困地区经济发展的破坏性较之于一般地区的破坏性更大[13]。其次由于贫困地区的防灾减灾、灾害救助体系通常不完善，导致灾害发生后通常会造成缺水，可利用土地面积减少，土地生产力水平下降，畜产品产量和粮食产量降低，最终导致收入降低等恶劣影响，可使部分农户陷入“气候贫困陷阱”，部分脱贫农户返贫甚至持续贫困[14]。因此，贫困与干旱乃至其他气象灾害相互叠加，构成了一个恶性循环陷阱，提高生态脆弱、灾害频发地区的贫困人口脱贫难度。

4. 讨论和结论

研究区贫困度和干旱灾害程度的关联性较强。干旱的发生频率与程度直接受到气候变化的影响，当平均气温上升时，会促进干旱程度的提高，在过去半个多世纪里，西北干旱区气温上升速率高达 0.39℃/10 年，为中国升温平均速率的 1.39 倍[15]。因此，导致西北干旱区的空气更干燥，大气含水量减少，土壤水分蒸发速率增快，致使土壤墒情变差，干旱程度加重。降水量的变化是导致干旱程度变化的原因，宁夏六盘山贫困区的泾源县属于温带半湿润地区，降水量较为充沛，而其它区县光照时间较长，太阳辐射较强，地表植被覆盖度低，缺水较严重。因此，泾源县与其他各区县相比贫困程度与干旱程度的耦合性稍低。

综上，宁夏六盘山区十年间的贫困度随着时间的演替呈现下降趋势，反映 30 多年来改革开放和国家扶贫工作的大力开展对地区的社会经济发展产生了积极的影响。不同县区之间，干旱度的变化趋势相同，但在变化幅度上有一定差异性，表明在不同生态环境条件下，干旱作用强度、干旱影响范围和干旱持续时间等有显著差异；贫困度与干旱度呈现较强的耦合关系。由于研究区处于生态脆弱区域，载体的高敏感性加剧了干旱程度，导致在气候变暖的背景下干旱发生频率高，持续时间长，旱情更严峻，且易造成干旱灾害与贫困的恶性循环。因此，在生态脆弱地区的扶贫政策制定过程中需要充分考虑干旱及其他灾害的风险管理问题，构建灾害预防与灾害应对和灾后恢复的综合防灾机制。

致 谢

感谢匿名审稿专家具有针对性的意见和建议。感谢朱浩、马金叶、撒小龙在论文数据收集、处理过程中的帮助。

基金项目

宁夏自然科学基金项目(NZ17016)；宁夏青年科技人才托举工程(TJGC2018078)。

参考文献

- [1] 金鑫. 当代中国应对自然灾害导致返贫的对策研究[D]: [博士学位论文]. 长春: 吉林大学, 2015.
JIN Xin. Countermeasure research on contemporary China's response to natural disasters reducing poverty. Changchun: Jilin University, 2015. (in Chinese)
- [2] OVERPECK, J. T., MEEHL, G. A., BONY, S., et al. Climate data challenges in the 21st century. *Science*, 2011, 331(6018): 700-702.
- [3] 马力文, 李凤霞, 梁旭. 宁夏干旱及其对农业生产的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2001(4): 102-109.
MA Liwen, LI Fengxia and LIANG Xu. Drought in Ningxia and its impact on agricultural production. *Journal of Agricultural Research in Arid Regions*, 2001(4): 102-109. (in Chinese)
- [4] 王晨, 黄馨, 黄晓军. 西北地区城市干旱脆弱性评价研究[J]. 水资源与水工程学报, 2019, 30(1): 114-121.
WANG Chen, HUANG Xin and HUANG Xiaojun. Assessment of urban drought vulnerability of Northwest China. *Journal of Water Resources and Water Engineering*, 2019, 30(1): 114-121. (in Chinese)
- [5] 王玉静. 武陵山特困区贫困与自然灾害关系耦合研究[D]: [硕士学位论文]. 成都: 成都理工大学, 2017.
WANG Yujing. Coupling study on the relationship between poverty and natural disasters in the poor area of Wuling Mountainous. Chengdu: Chengdu University of Technology, 2017. (in Chinese)
- [6] 丁文广, 冶伟峰, 米璇, 等. 甘肃省不同地理区域灾害与贫困耦合关系量化研究[J]. 经济地理, 2013, 33(3): 28-35.
DING Wenguang, YE Weifeng, MI Xuan, et al. Quantitative study on the coupling relationship between disaster and poverty in different geographical regions of Gansu Province. *Journal of Economic geography*, 2013, 33(3): 28-35. (in Chinese)
- [7] 王国良. 灾害对贫困影响评估指南[M]. 北京: 中国财政经济出版社, 2010.
WANG Guoliang. Guidelines for assessing the impact of disasters on poverty. Beijing: China Financial and Economic Publishing House, 2010. (in Chinese)
- [8] 王鹏涛. 西北地区干旱灾害时空统计规律与风险管理研究[D]: [博士学位论文]. 西安: 陕西师范大学, 2018.
WANG Pengtao. Research on spatial and temporal statistics and risk management of drought disasters in northwest China. Xian: Shanxi Normal University, 2018. (in Chinese)
- [9] 杜灵通, 宋乃平, 王磊, 等. 气候变化背景下宁夏近 50 年来的干旱变化特征[J]. 自然灾害学报, 2015, 24(2): 157-164.
DU Lingtong, SONG Naiping, WANG Lei, et al. Characteristics of drought variations in Ningxia from 1960 to 2012 under background of climate change. *Journal of Natural Disasters*, 2015, 24(2): 157-164. (in Chinese)
- [10] 刘七军, 李昭楠. 地理资本视阈下西北民族地区贫困问题实证研究——以宁夏为例[J]. 兰州学刊, 2015(1): 167-172.
LIU Qijun, LI Shaonan. An empirical study of poverty in northwest ethnic regions from the perspective of geographical capital: A case study of Ningxia. *Lanzhou Academic Journal*, 2015(1): 167-172. (in Chinese)
- [11] 程欣, 帅传敏, 王静, 等. 生态环境和灾害对贫困影响的研究综述[J]. 资源科学, 2018, 40(4): 676-697.
CHENG Xin, SHUAI Chuangmin, WANG Jing, et al. The impact of eco-environment and disaster factor on poverty: A review. *Journal of Resources Science*, 2018, 40(4): 676-697. (in Chinese)
- [12] 宋超山, 马俊杰, 杨风, 等. 城市化与资源环境系统耦合研究——以西安市为例[J]. 干旱区资源与环境, 2010, 24(5): 85-90.
SONG Chaoshan, MA Junjie, YANG Feng, et al. Coupled system of urbanization, resources and environment—A case of Xian. *Journal of Arid Land Resources and Environment*, 2010, 24(5): 85-90. (in Chinese)
- [13] 张朝辉, 王太祥. 荒漠干旱区生态脆弱性与经济贫困的耦合关系——以新疆和田地区为例[J]. 开发研究, 2018(1): 101-105.
ZHANG Chaohui, WANG Taixiang. Coupling relationship between ecological vulnerability and economic poverty in desert and arid areas: A case study of Hotan Area in Xinjiang. *Journal of Development Research*, 2018(1): 101-105. (in Chinese)
- [14] 万金红. 气候干旱带来的贫困挑战[N]. 黄河报, 2019-01-08(003).
WAN Jinhong. Poverty challenge brought by climate drought. *Yellow River*, 2019-01-08(003). (in Chinese)
- [15] 张雪芹, 孙杨, 毛炜峰, 等. 中国干旱气温变化对全球变暖的区域响应[J]. 干旱区研究, 2010, 27(4): 592-599.
ZHANG Xueqin, SUN Yang, MAO Weifeng, et al. Regional response to global warming in China's arid temperature changes. *Journal of Arid Zone Research*, 2010, 27(4): 592-599. (in Chinese)