

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

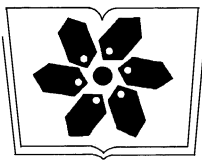
Acta Ecologica Sinica



第31卷 第9期 Vol.31 No.9 **2011**

中国生态学会
中国科学院生态环境研究中心
科学出版社

主办
出版



中国科学院科学出版基金资助出版

生态学报

(SHENGTAI XUEBAO)

第 31 卷 第 9 期

2011 年 5 月 (半月刊)

目 次

EAM 会议专刊述评——气候变化下旱区农业生态系统的可持续性	李凤民, Kadambot H. M Siddique, Neil C Turner, 等 (I)
第二届生态系统评估与管理(EAM)国际会议综述	李朴芳, 赵旭喆, 程正国, 等 (2349)
应对全球气候变化的干旱农业生态系统研究——第二届 EAM 国际会议青年学者论坛综述	赵旭喆, 李朴芳, Kadambot H. M Siddique, 等 (2356)
微集雨模式与降雨变律对燕麦大田水生态过程的影响	强生才, 张恒嘉, 莫非, 等 (2365)
黑河中游春小麦需水量空间分布	王 瑶, 赵传燕, 田风霞, 等 (2374)
祁连山区青海云杉林蒸腾耗水估算	田风霞, 赵传燕, 冯兆东 (2383)
甘肃小陇山不同针叶林凋落物量、养分储量及持水特性	常雅军, 陈 琦, 曹 靖, 等 (2392)
灌水频率对河西走廊绿洲菊芋生活史对策及产量形成的影响	张恒嘉, 黄高宝, 杨 斌 (2401)
玛纳斯河流域水资源可持续利用评价方法	杨 广, 何新林, 李俊峰, 等 (2407)
西北旱寒区地理、地形因素与降雨量及平均温度的相关性——以甘肃省为例	杨 森, 孙国钧, 何文莹, 等 (2414)
黑河河岸植被与环境因子间的相互作用	许莎莎, 孙国钧, 刘慧明, 等 (2421)
干旱胁迫对高山柳和沙棘幼苗光合生理特征的影响	蔡海霞, 吴福忠, 杨万勤 (2430)
树锦鸡儿、柠条锦鸡儿、小叶锦鸡儿和鹰嘴豆干旱适应能力比较	方向文, 李凤民, 张海娜, 等 (2437)
胡杨异形叶绿素荧光特性对高温的响应	王海珍, 韩 路, 徐雅丽, 等 (2444)
柠条平茬处理后不同组织游离氨基酸含量	张海娜, 方向文, 蒋志荣, 等 (2454)
玛河流域扇缘带盐穗木土壤速效养分的“肥岛”特征	涂锦娜, 熊友才, 张 霞, 等 (2461)
摩西球囊霉对三叶鬼针草保护酶活性的影响	宋会兴, 钟章成, 杨万勤, 等 (2471)
燕麦属不同倍性种质资源抗旱性状评价及筛选	彭远英, 颜红海, 郭来春, 等 (2478)
光周期对燕麦生育时期和穗分化的影响	赵宝平, 张 娜, 任长忠, 等 (2492)
水肥条件对新老两个春小麦品种竞争能力和产量关系的影响	杜京旗, 魏盼盼, 袁自强, 等 (2501)
猪场沼液对蔬菜病原菌的抑制作用	尚 斌, 陈永杏, 陶秀萍, 等 (2509)
不同夏季填闲作物种植对设施菜地土壤无机氮残留和淋洗的影响	王芝义, 郭瑞英, 李凤民 (2516)
不同群体结构夏玉米灌浆期光合特征和产量变化	卫 丽, 熊友才, Baoluo Ma, 等 (2524)
脱硫废弃物对碱胁迫下油菜幼叶细胞钙分布及 Ca^{2+} -ATPase 活性的影响	毛桂莲, 许 兴, 郑国琦, 等 (2532)
过去 30a 玛纳斯河流域生态安全格局与农业生产力演变	王月健, 徐海量, 王 成, 等 (2539)
基于 RS 和转移矩阵的泾河流域生态承载力时空动态评价	岳东霞, 杜 军, 刘俊艳, 等 (2550)
毛乌素沙地农牧生态系统能值分析与耦合关系	胡兵辉, 廖允成 (2559)
民勤绿洲农田生态系统服务价值变化及其影响因子的回归分析	岳东霞, 杜 军, 巩 杰, 等 (2567)
青岛市城市绿地生态系统的环境净化服务价值	张绪良, 徐宗军, 张朝晖, 等 (2576)
基于 3S 技术的祖厉河流域农村人均纯收入空间相关性分析	许宝泉, 施为群 (2585)
专论与综述	
全球变化下植物物候研究的关键问题	莫非, 赵 鸿, 王建永, 等 (2593)
区域气候变化统计降尺度研究进展	朱宏伟, 杨 森, 赵旭喆, 等 (2602)
干旱胁迫下植物根源化学信号研究进展	李冀南, 李朴芳, 孔海燕, 等 (2610)
山黧豆毒素 ODAP 的生物合成及与抗逆性关系研究进展	张大伟, 邢更妹, 熊友才, 等 (2621)
旱地小麦理想株型研究进展	李朴芳, 程正国, 赵 鸿, 等 (2631)
小麦干旱诱导蛋白及相关基因研究进展	张小丰, 孔海燕, 李朴芳, 等 (2641)

期刊基本参数: CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 306 * zh * P * ¥ 70.00 * 1510 * 35 * 2011-05



封面图说: 覆膜-垄作燕麦种植——反映了雨水高效利用和农田水生态过程的优化(详见强生才 P2365)。

彩图提供: 兰州大学干旱与草地生态教育部重点实验室莫非 E-mail: mofei371@163.com

基于 3S 技术的祖厉河流域农村人均 纯收入空间相关性分析

许宝泉*, 施为群

(江西理工大学, 江西赣州 341000)

摘要:利用 3S 技术对空间数据的提取和分析能力, 获得祖厉河流域内地形、降水等自然数据以及社会经济数据, 并对历年来农民人均收入与自然条件、社会经济因素之间的空间相关性进行分析, 探讨影响该流域农民收入的主要因素。研究表明, 祖厉河流域人均收入与各因素的相关性具有明显的时代特征和空间特征。历年来农民人均收入与总产量、单产量、水浇地比例和降水量呈显著的正相关性, 表明农业收入始终是农民收入的主要来源, 土地生产力是决定农民收入的主要因素。值得注意的是, 在雨养农业区人均收入与垦殖率呈显著的负相关, 说明以扩大垦殖面积来提高农民收入是一种短期行为, 其不仅不能增加农民收益, 反而会导致生态环境恶化, 加重生态-经济的恶性循环。祖厉河位于黄土高原干旱、半干旱区, 水资源是决定土地生产力的关键, 因此, 在水资源总量有限的情况下, 提高水资源利用率以提高土地生产力是提高农民收入的切入点。

关键词:空间相关分析; 人均收入; 黄土高原; GIS

The spatial relationship analysis of rural per capital revenue based on GIS in Zulihe River basin, Gansu Province

XU Baoquan*, SHI Weiqun

Jiangxi University of Science and Technology, Ganzhou Jiangxi Province 341000, China

Abstract: In this paper, we obtained the spatial distribution of natural factors (eg, landform, precipitation,) and social-economical factors (as per capital revenue, land products, culture ratio) used GIS. then analysis the relationship between farmer per capital revenue (FPCR) and other facts in order to investigated the influence factor to FPCR. The results demonstrated that the relationship have distinct time and spatial characteristic. The FPCR have obviously positive relationship with crop gross products, unit product, and irrigation rate, precipitation, it show that crop cultivation income always is the main source of FPCR in Zulihe River basin, the cropland products is the determinate factor. Noteworthiness, the noticeably negative relationship of FPCR with reclaim rate indicate that it is a myopia behavior to expand the area of cropland which not only can not enhance the income of farmer but also deteriorate agroecological environment, which will aggravate the so-called vicious circle of ecology-economy. Zulihe River located in the arid and semi-arid region of the Loess Plateau, the water resource is a key factor for elevating land products, so under the condition of limited water resource, and to elevate the utilization ratio of water resource to elevate the land productivity is the breakthrough point for improving the rural revenue.

Key Words: the Loess Plateau; spatial relationship analysis; per capital revenue; GIS

祖厉河流域地处黄土高原干旱与半干旱地区的中心, 是一个以农业为主, 社会经济欠发达地区, 是黄土高原生态贫困地区的典型代表^[1]。恶劣的生态环境是造成贫穷的主要客观因素^[2]。祖厉河流域干旱少雨, 降

收稿日期: 2010-07-05; 修订日期: 2011-02-22

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: tianymb@126.com

水时空分布不均匀,土地生产力低下,同时,人口迅速增加,产业结构不合理,大量农业人口从事以土地资源开发、耕作为主的农牧业,使得人口与资源环境、特别是与土地资源逐步衰减的矛盾日益尖锐,环境承载力负荷加大,土地开发强度增加,造成水土流失加重,在这样的生态环境条件下,流域生存方式可选择余地很少,不得不以资源的破坏为代价获得基本的生存条件和短期的经济发展,这在一定程度上加重了生态环境的恶化,这样就形成了环境恶化-贫困-环境恶化的恶性循环,极大地限制了地区社会经济发展,给脱贫致富造成一定困难。本研究以 RS、GIS、GPS 为技术手段,在获取祖厉河流域水文地表特征、降水量、土地利用、土地生产力、人口等自然地理和社会经济空间数据的基础上,以乡镇边界为单位对获得数据离散化后,分析流域内定西、会宁、靖远三县各乡镇历年来农村人均收入与社会经济、自然地理等因素之间的空间相关性,通过分析影响人均收入的自然经济因素,探索农业经济活动与生态环境之间的相互影响机制,找到保护生态环境和提高农民收入的切入点,促进流域可持续发展。

1 数据和方法

1.1 研究区域

祖厉河是黄河上游右岸的一级分支,位于甘肃省中部(图1),地处东经 $104^{\circ}12' - 105^{\circ}33'$,北纬 $35^{\circ}18' - 36^{\circ}34'$,流域面积 10653km^2 。行政上隶属甘肃省定西、会宁两县的绝大部分区域以及靖远、榆中、陇西、通渭、西吉、海原的小部分地区。

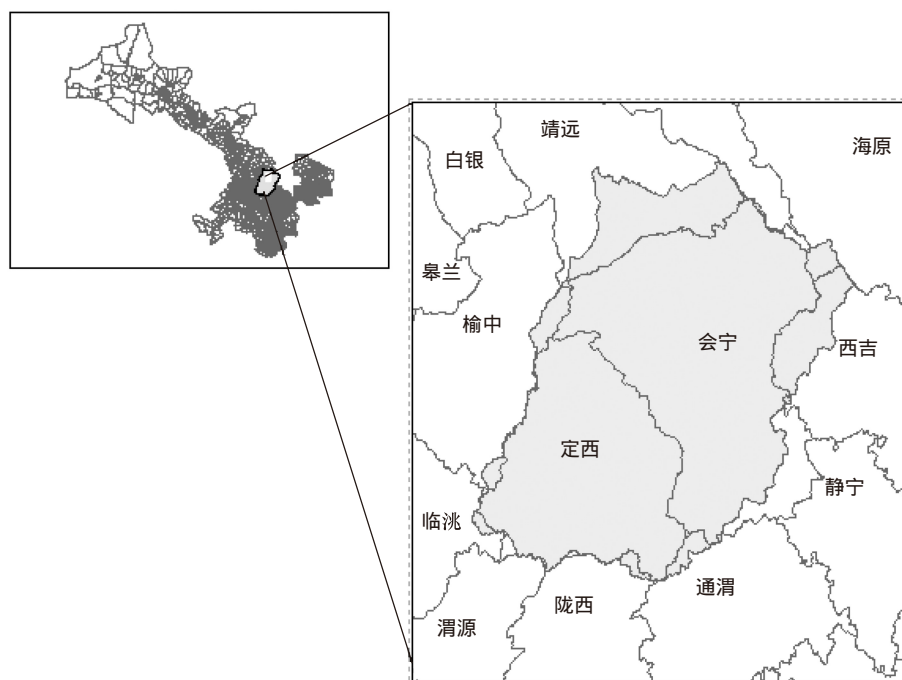


图1 祖厉河流域地理位置和行政区

Fig. 1 Location and distraction of Zulihe river basin

祖厉河流域深处干旱、半干旱的黄土高原中心,气候干旱、降雨稀少,流域年降水量 $509.3 - 248.4\text{mm}$,由南部华家岭向北部靖远减少。流域蒸发量较大,大约是年降水量的 3—7 倍;总人口数量 94 万人,人口密度 $93\text{人}/\text{km}^2$,平均垦殖率为 37.9% ,是甘肃省中部主要的农业地区。全流域主要以雨养农业为主(旱地面积占耕地面积的 87.12%),而且多分布在沟壑梁峁区,旱地粮食产量很低,小麦平均产量为 $600 - 1500\text{kg}/\text{hm}^2$ 。本区黄土覆盖深厚、梁峁重叠、沟壑纵横、地形破碎,水土流失严重(平均侵蚀模数达到 $5590\text{t}/\text{km}^2$),自然环境恶劣,农业生态环境十分脆弱,2003 年人均收入 $908 - 2240$ 元,是全国著名的贫困县地区之一^[14]。

1.2 数据来源

(1) 自然因素

采用 1:50000 的 DEM 数据,在 ARCGIS8.3 地理信息软件中进行分析,可获得流域水文网络、地形、海拔、坡度、坡向、沟壑密度、地形指数等水文地表特征数据。利用祖厉河及其周边地区 36 个气象站点 30—40a 的多年平均降水量在 ARCGIS8.3 中进行 krigin 插值,获得祖厉河流域降水空间分布数据。以上数据均为栅格数据,可利用乡镇边界进行分割,再在 GIS 中计算各乡镇的平均值。公里密度以 1:50000 的公路数据层为基础,统计县级以上公路长度,用乡镇边界分割后计算获得。

城镇距离数据计算时选择人口集中、农副产品贸易发达、交通便利的城镇为中心城镇,在 ARCMAP 中计算各乡镇中心到最近城镇的最短距离。祖厉河流域中可选择定西、会宁与流域外的靖远 3 个县城作为中心城镇。

(2) 社会经济因素

土地利用/土地覆盖空间数据是利用 2001 年 6 月 31 日 Landdat5 TM 遥感影像,通过几何校正、大气校正过程,结合 NDVI 植被指数和地面调查等方法,通过监督分类获得土地利用/土地覆盖数据层,提取的土地利用类型有农田(水浇地、旱地)、林地、草地、城镇用地、道路等,本文将水浇地、旱地农田单独提取出来,计算垦殖率、人均耕地、粮食总产量、保灌率等经济数据。

粮食产量以小麦产量为代表,通过定点调查并结合 GPS 定位,可获得特定位点的粮食单产数据,调查以问卷形式,获得近 10a 中同一块地的粮食产量,取平均值,再通过空间插值获得面上的粮食产量数据层。历年来粮食单产的统计资料可为参考。

人口数量、人均收入以历年来社会统计资料为主,最小统计单位为乡镇行政级别。

1.3 研究方法

以上所有原始数据和次生数据均以属性数据形式输入 GIS 图层中,并与地理数据一并提取出来,在 SPSS 统计软件中做双变量相关分析,获得皮尔森相关系数及其显著性水平,并形成相关性矩阵。

空间相关性分析是在两个空间尺度上进行:即全流域尺度和雨养农业区。前者将流域内的所有数据齐全的乡镇(包括灌区和旱区)都归纳到分析中,以考察全流域人均收入的空间相关性规律;后者是将雨养农业区的乡镇提取出来,以单纯考察雨养农业区人均收入的空间相关性规律。将水浇地面积占总耕地面积的 10% 以下的乡镇都归入雨养农业区。雨养农业区是生态环境脆弱、水土流失严重的区域,也是发展集水农业的主要区域。

3 结果讨论

3.1 人均收入的时间、空间变化

图 2 是祖厉河流域人均平均收入随时间变化情况。可以看出流域人均纯收入从 20 世纪 70 年代呈不断增长的趋势,由 1975 年的 108 元增加为 2003 年的 1359 元,增加了 13 倍,但在 90 年代以前增长比较缓慢,1995 年以后是一个较大的转折期,农民收入开始进入大幅度的增长阶段。

通过对流域中数据较全的定西、会宁两县 90 年和 2003 年人均纯收入空间分布(图 3)变化看,流域南部人均收入比北部地区高,河谷地区比山区高。收入最高的

乡镇主要分布在黄灌区(流域北部的郭城驿、河畔和白草原)和井灌区(西南部的内官营、西寨、岷口等)。这种空间变化趋势在 1990 年和 2003 年 2a 中基本没有太大的差异,但人均收入水平在 13a 间有了大幅度提高,1990 年全流域人均收入最高为 465 元/人,而 2003 年流域最低收入水平为 908 元/人,最高为 2240 元/人,2003 年全国农村平均人均收入是 2622 元(国家统计局,2005 年),可见祖厉河流域农村年人均收入远低于全国平均水平。

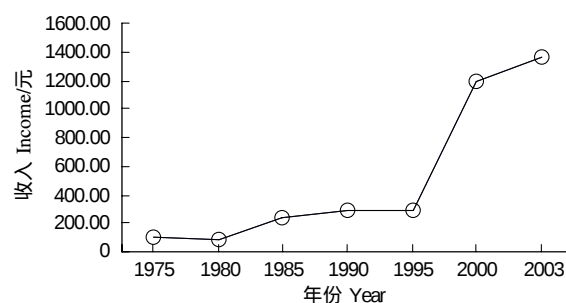


图 2 流域人均收入增长情况

Fig. 2 Increasing of income per capita

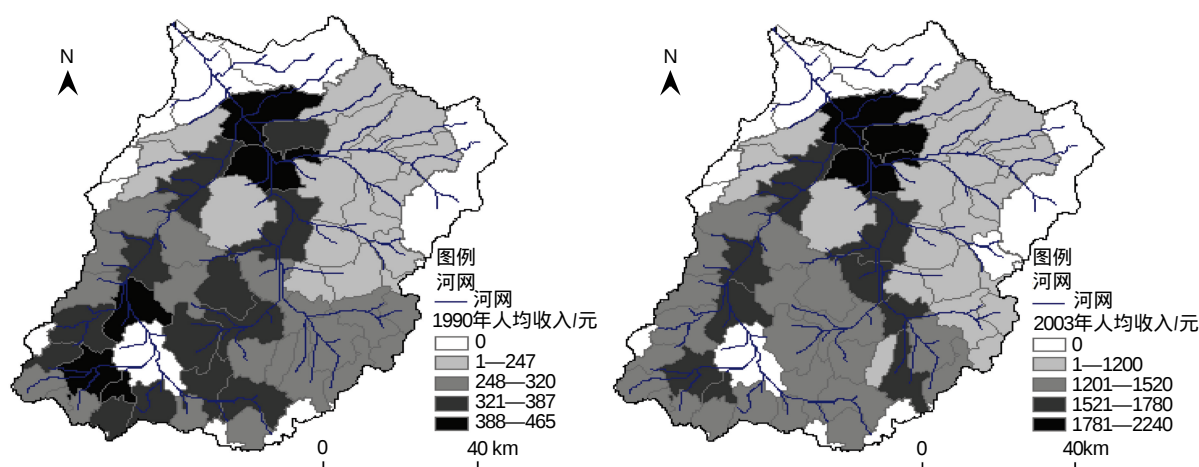


图3 1990年与2003年流域定西和会宁两县人均纯收入空间分布

Fig. 3 Spatial distribution of pure income per person in 1990 and 2003

3.2 人均收入空间相关性分析

从表1和表2祖厉河流域历年来农村人均纯收入与自然、社会等影响因素的空间相关性可以看出,人均纯收入具有明显的时代特点和区域特点。

(1) 人均收入空间相关性的时代特征

祖厉河流域人均收入水平的空间相关性在时间上可大体划分为3个阶段:即20世纪80年代初期以前、20世纪80年代中后期(1985年)和90年代至21世纪初。

80年代以前,人均纯收入与参与分析的几乎所有因素都没有显著相关性,且空间差异也很小,尤其是在70年代更是如此。这可能与当时农村经济水平和分配制度有关:在80年代初以前,中国农村经济水平普遍很低,并且农村尚未实行联产承包责任制,市场经济没有形成,农民收入分配受人为因素影响较大,不能体现区域自然条件、经济水平和个人劳动所得的差异。只是1980年的人均纯收入和旱地比例呈显著的负相关(表1),体现了灌溉对提高农民收入的重要性。值得注意的是1980年,在纯雨养农业区农民收入与粮食单产及与粮食单产有关的降水量呈较显著的负相关,亦即旱地产量越高,人均收入越小,这可能是因为农村人均收入的统计主要是以货币收入为基准,在80年代初期,市场经济还没有形成,在旱作农业区粮食产量高的区域,农民一般达到温饱水平而安于现状而没有额外的经济收入,而粮食产量收入折算占得比例较小,而粮食产量低的区域,由于粮食产量不足人们不得不通过其他途径,获得经济收入以补充粮食不足。

进入80年代中期以后^[5],情况发生了较大变化,农村实行联产承包责任制,经济收入与农业生产水平挂钩,也出现了地区差异。如1985年分析结果显示在全流域尺度上人均收入与垦殖率、人均耕地面积和粮食总产量呈正相关,在纯雨养农业区也与垦殖率呈正相关,说明在实行联产承包责任制的最初几年,农民收入来源主要依赖于农业。

1990年以后,在全流域尺度上,人均纯收入仍与平均单产、粮食总产、水浇地比例、保灌率呈极显著的正相关,雨养农业区人均收入与粮食单产及与粮食单产有关的降水量也呈极显著的正相关,说明农业收入对农民收入水平提高仍起着十分重要的作用。但此时,农民收入开始出现多样化趋势,非农业因素也开始发挥重要作用,体现在人均收入与城镇距离的负相关和与公路密度、人口密度的显著正相关方面,因为这3个因素反映了农副产品交换、开展多种经营的便利程度,在距离城镇较近和靠近主要公路的乡镇,农民一方面可以发展经济作物如种植水果、瓜类和蔬菜等增加经济收入,另外也可以发展第三产业或通过打工增加收入来源,而不再纯粹依靠农业收入,甚至这些非农业产业成为有些农民的主要经济收入途径^[3-4]。进入90年代后一个十分值得注意的现象是:在雨养农业区,人均收入与垦殖率和人均耕地面积呈极显著的负相关,而与粮食单产呈显

表 1 全流域人均纯收入影响因子相关性分析结果

年份 Year	因素 指标	人口密度	人均产量	平均单产	粮食总产	平均 降水量	垦殖率	人均 耕地	水地 比例	灌溉率	旱地 比例	平均 坡度	地形起 伏指数	沟壑 密度	公路 密度	城镇 距离	平均 海拔
1975	Correlation	-0.091	0.019	-0.131	-0.202	-0.040	-0.045	0.018	-0.146	-0.237	0.114	-0.051	-0.132	0.010	-0.155	0.076	-0.039
	Sig. (2-tailed)	0.337	0.465	0.271	0.172	0.426	0.417	0.466	0.247	0.207	0.298	0.407	0.270	0.482	0.235	0.361	0.428
	N	24	24	24	24	24	24	24	24	14	24	24	24	24	24	24	24
1980	Correlation	0.301	0.024	0.332	0.306	-0.265	0.302	-0.070	0.329	0.181	-0.371 *	-0.216	-0.017	0.322	0.339	-0.343	-0.261
	Sig. (2-tailed)	0.077	0.456	0.057	0.073	0.105	0.076	0.372	0.058	0.268	0.037	0.155	0.468	0.062	0.052	0.051	0.109
	N	24	24	24	24	24	24	24	24	14	24	24	24	24	24	24	24
1985	Correlation	-0.103	0.290	0.082	0.601 **	-0.136	0.402 *	0.317 *	0.039	0.100	-0.077	-0.130	0.008	0.008	0.075	0.003	-0.132
	Sig. (2-tailed)	0.298	0.064	0.336	0.000	0.242	0.015	0.047	0.420	0.351	0.346	0.251	0.483	0.484	0.350	0.494	0.248
	N	29	29	29	29	29	29	29	29	17	29	29	29	29	29	29	29
1990	Correlation	0.295 *	-0.143	0.767 **	0.357 **	0.059	0.004	-0.255 *	0.626 **	0.550 **	-0.596 **	-0.476 **	-0.338 **	0.083	0.361 **	-0.232 *	0.059
	Sig. (2-tailed)	0.015	0.151	0.000	0.004	0.336	0.488	0.031	0.000	0.001	0.000	0.000	0.006	0.554	0.004	0.046	0.335
	N	54	54	54	54	54	54	54	54	32	54	54	54	53	54	54	54
1995	Correlation	0.298 *	-0.154	0.766 **	0.337 **	0.062	-0.009	-0.267 *	0.625 **	0.546 **	-0.594 **	-0.473 **	-0.339 **	0.080	0.359 **	-0.232 *	0.062
	Sig. (2-tailed)	0.014	0.134	0.000	0.006	0.328	0.475	0.026	0.000	0.001	0.000	0.000	0.006	0.567	0.004	0.045	0.327
	N	54	54	54	54	54	54	54	54	32	54	54	54	53	54	54	54
2003	Correlation	0.234 *	-0.097	0.725 **	0.365 **	-0.095	0.011	-0.212	0.597 **	0.492 **	-0.558 **	-0.424 **	-0.303 *	0.019	0.385 **	-0.308 *	-0.094
	Sig. (2-tailed)	0.044	0.243	0.000	0.003	0.248	0.469	0.062	0.000	0.002	0.000	0.001	0.013	0.894	0.002	0.025	0.250
	N	54	54	54	54	54	54	54	54	32	54	54	54	53	54	53	54

表 2 纯雨养农业区人均纯收入影响因素相关性分析结果
Table 2 Correlation of pure income per person and its effect factors in pure rainfed region

年份 Year	因素 指标	人口密度	垦殖率	人均耕地	人均产量	旱地单产	平均降水	城镇距离	公路密度 2	地形起伏	沟壑密度	平均坡度	平均海拔
1975	Correlation	-0.048	0.061	-0.013	-0.007	-0.094	-0.073	0.038	-0.151	-0.270	0.119	-0.197	-0.072
	Sig(2-tailed)	0.432	0.414	0.482	0.490	0.369	0.398	0.447	0.295	0.166	0.337	0.241	0.400
	N	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
1980	Correlation	-0.185	0.062	0.118	0.103	-0.479 *	-0.465 *	-0.180	0.084	0.234	0.210	0.196	-0.465 *
	Sig(2-tailed)	0.255	0.413	0.337	0.357	0.035	0.040	0.261	0.383	0.201	0.227	0.241	0.040
	N	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
1985	Correlation	-0.142	0.451 *	0.344	0.292	-0.100	-0.126	-0.038	0.079	0.026	-0.032	-0.163	-0.118
	Sig(2-tailed)	0.287	0.030	0.081	0.120	0.347	0.309	0.441	0.378	0.459	0.450	0.260	0.320
	N	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
1990	Correlation	0.023	-0.416 **	-0.289	-0.253	0.508 **	0.539 **	-0.578 **	0.209	-0.175	0.259	-0.143	0.540 **
	Sig(2-tailed)	0.449	0.008	0.051	0.078	0.001	0.001	0.000	0.122	0.166	0.073	0.213	0.001
	N	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33
1995	Correlation	0.032	-0.441 **	-0.311 *	-0.271	0.512 **	0.543 **	-0.576 **	0.203	-0.176	0.259	-0.135	0.545 **
	Sig(2-tailed)	0.430	0.005	0.039	0.064	0.001	0.001	0.000	0.128	0.163	0.073	0.227	0.001
	N	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33
2003	Correlation	-0.012	-0.509 **	-0.285	-0.231	0.524 **	0.549 **	-0.636 **	0.215	-0.128	0.162	-0.080	0.552 **
	Sig(2-tailed)	0.474	0.001	0.054	0.098	0.001	0.000	0.000	0.115	0.240	0.183	0.329	0.000
	N	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33

* 显著, ** 极显著

著的正相关,该现象充分证明了在黄土高原地区农民依靠扩大耕地面积来提高收入是一种短视行为,不能为农民带来长期净收益。由于土地开垦会加剧水土流失^[9],加剧农业生态恶化,激化生态环境与农村经济的恶性循环过程,因此提高单位面积的土地生产力才是提高农民收入的有效途径。

(2) 人均收入空间相关性的区域特征

人均收入区域差异主要体现在灌区和雨养农业区上,祖厉河流域灌区主要分布在河谷川地和台塬,旱地全部分布在山区(图 3)。在 1985 年以前,两个区域基本没有差别,特别是 70 年代,各区中人均收入基本与所分析的大多数指标没有相关性。进入 80 年代以后,在全流域尺度上,人均收入仅与旱地比例呈负相关,旱地比例越少,亦即灌溉面积越大,人均收入越高,体现了灌溉区农民收入显著高于旱区;进入 90 年代后,全流域尺度上人均收入与水浇地比例、保灌率相关性显著性更加明显,说明灌溉农业对农民收入的增加始终起着举足轻重的作用。这一点从图 3 的人均收入空间分布也可以看出来,人均收入较高的乡镇均分布在河谷和台塬灌溉区。

在雨养农业区和灌溉区,农民对土地的依赖程度也有明显区别,在雨养农业区土地不再是农民经济收入的主要源泉,因为雨养农业区土地生产力低下,粮食产量低而不稳,可种植的经济作物种类少,土地不能给农民带来净收益,农民对土地的投入仅能满足对粮食的需求,这样就使得非农业收入在人均收入中占的比例越来越大。但在灌溉区情况有所不同,将灌溉区的指标加入分析中后,人均收入在 20 世纪 90 年代以后与粮食单产、粮食总产均呈极显著的正相关,说明在灌溉区,农民对土地的依赖性大,这是因为灌溉区土地的生产力较高,而且主要分布在河谷平地 and 城镇附近,由于有灌溉,农民可以发展经济作物(蔬菜、水果)增加净收入;在台塬灌区(如白草塬)虽然以粮食作物为主,但也种植油料、豆类等经济作物,粮食产量也高,相对的经济收入也高。

祖厉河流域灌区的灌溉水源在北部地区主要是依靠黄河引水灌溉,在南部地区主要是依靠井水灌溉,灌溉水源量就成了灌区人均收入的决定因子,体现在灌区人均收入与水浇地比例和保灌率呈极显著的正相关。全流域尺度由于灌溉影响的权重较大,因而降水量的影响表现不明显。但是在雨养农业区,降水量的影响达到极显著水平。在雨养农业区降水是农业、生态和人畜用水的唯一来源,降水量通过影响土地生产力而对农民收入起决定作用,体现在农民收入与粮食单产和年平均降水量呈显著的正相关。因此地处干旱半干旱黄土高原区的祖厉河流域,水分条件是影响灌溉农业区和雨养农业区人均收入的限制因子^[6-9],在水资源有限的情况下,提高水分利用率是今后增加农民收入技术开发的关键切入点。由于水源不同,在灌区和旱区采取的措施也应各异:灌区在现有的、甚至是逐步减少的灌溉水量的基础上,不断改进灌溉技术和灌溉方式,合理、充分地利用水资源,通过发展节水灌溉技术和调整产业结构,用有限的水资源创造更大的经济效益;而在雨养农业区,农业和生态用水主要依靠天然降水,基于降水总量少,年际和年内波动大,降水供需错位的水资源特点,发展集水农业技术、充分利用有限的降水资源是主要途径之一^[8,10-11],在此基础上,调整产业结构(农、林、牧和副业)和种植业结构(经济作物和粮食作物),增加农民的净收入水平^[12]。

(3) 其他因素的影响

20 世纪 80 年代的中期以后,祖厉河流域人均收入与人口密度、海拔高度、平均坡度和地形指数有一定的相关性。在全流域尺度上,人均收入与人口密度呈显著的正相关,与平均坡度、地形起伏指数等自然因素呈显著的呈负相关性,而与沟壑密度没有关系,这主要是因为河谷川区地势平坦,水浇地多,城镇也主要分布在这些地区的缘故。在雨养农业区,人均收入与这些因素的相关性则很不明显,而仅与海拔高度呈显著正相关,这主要是因为随着海拔高度的增加降水量增加的缘故,这与祖厉河流域由北向南地势逐渐升高、降雨量逐渐增大的变化趋势一致,从图 3 也可以看出在雨养农业区西南部高海拔地区的人均收入显著高于东北部低海拔地区。也从另一个侧面证明了影响祖厉河流域雨养农业区农民人均收入的主要因子是水分条件,水资源的匮乏则是人均收入提高的主要限制因素。

4 结论

通过对祖厉河流域内各乡镇农民人均收入与主要自然因子、社会经济因子之间空间相关性分析,可以很

好地揭示流域农民收入时空变化的基本规律和决定因子。通过分析可以知道,影响祖厉河农民人均收入的因素很多,归纳起来主要有3类:自然因素(海拔、坡度、地形指数、沟壑密度、降水量),社会因素(城镇距离、公里密度)和经济因素(垦殖率、人均耕地、单产、水浇地比例),这些因素的影响表现出时代差异性,也表现出灌溉农业区和雨养农业区的区域差异性。

无论是在灌区还是在旱区,农业收入始终在农民收入中占主导地位。只是不同时代,农业收入占的比重有所不同,20世纪90年代以前农业收入是农民收入的主要来源,而90年代后,农民收入来源出现多样化现象,非农业收入占比例逐渐增大。由于土地生产力水平的不同,灌区和旱区对土地的依赖程度也不一样:灌区农民收入对土地的依赖性要远远大于旱区。

人均收入与垦殖率的负相关充分证明依靠扩大耕地面积并不能提高农民收入,扩大耕地面积导致水土流失,是造成干旱半干旱黄土高原农村生态环境退化的主要因素,导致贫穷-生态退化-贫困恶性循环,而提高土地生产力才是有效途径。水分条件是黄土高原半干旱、干旱地区土地生产力的决定因子,同样也是影响农民收入水平的关键因子,因此在水资源量有限的情况下提高水分利用率是提高农民收入的切入点,在灌区发展节水灌溉技术、在旱区发展集水农业技术这是有效途径。

References:

- [1] Yang Y F, Han J M. Study on ecological poverty of Gansu Province. *Guangdong Agricultural Sciences*, 2008, 04: 109-112.
- [2] Li Y D, Cheng S C. The Developmental Pattern of Ecological Economy at Dingxi Prefecture of Gansu Province. *Journal of Arid Land Resources & Environment*, 2004, 18 (1) 17-22.
- [3] LI X Y, Gong J D. Rainfall Harvesting and Sustainable Agriculture Development in the Loess Plateau of China. *Journal of Desert Research*, 2000, 20(2): 150-153.
- [4] Pickett S T A, M L. Cadenasso Landscape Ecology: Spatial Heterogeneity in Ecological Systems. *Science*, 1995, 269(21): 331-334.
- [5] Boggess W, McGrann J, Boehlje M, Heady E O. Farm Level Impacts of Alternative Soil Loss Control Practices. *Jour Soil and Water Conservation*, 1979, 34: 177-183.
- [6] Li F M, Xun Y, et. al. Effects of different water supply regimes on water use and yield performance of spring wheat in a simulated semi-arid environment. *Agricultural Water Management*, 2001, 47: 25-35.
- [7] King Z H, Zhang X S, et al. Eco-economic Background of Hilly-Gullied Loess Region and Optimized Eco-productive Paradigm of Small Watersheds. *Acta Botanica Sinica*, 2003, 45 (10): 1174-1185.
- [8] Zhao S L. Introduction to catchment agriculture. Xi'an: Science Press of Shanxi Province, 1996, 1-30.
- [9] You F, Dong S C. Conditions and countermeasures for a benign evolution of poverty-stricken areas in loess plateau: a case of dingxi prefecture, Gansu Province. *Resources Science*, 2003, 25(6): 52-59.
- [10] Tian Y N, Li F M, Liu P H. Economic analysis of rainwater harvesting and irrigation methods, with an example from China. *Agricultural Water Management*, 2003, 60: 217-226.
- [11] Li F M, Xu J Z. rainwater collecting eco-agriculture in semi-arid region of loess plateau. *Chinese Journal of Eco-agriculture*, 2002, 10(1): 101-103.
- [12] Li F M, Wang J. The rainwater harvesting technology approach for dryland agriculture in semi-arid loess plateau of china. *Acta Ecologica Sinica*, 1999, 2: 259-264.

参考文献:

- [1] 杨一斐, 韩建民. 甘肃省生态贫困问题研究. *广东农业科学*, 2008, 04: 109-112.
- [2] 李宇, 董锁成. 甘肃省定西地区生态经济发展模式. *干旱区资源与环境*, 2004, 18 (1) 17-22.
- [8] 赵松岭. 集水农业引论. 西安: 陕西科学技术出版社, 1996: 1-30.
- [9] 尤飞, 董锁成. 黄土高原贫困地区生态经济系统良性演化的条件和对策——以甘肃定西地区为例. *资源科学*, 2003, 25(6): 52-59.
- [12] 李凤民, 王静. 半干旱黄土高原集水高效旱地农业的发展. *生态学报*, 1999, 2: 259-264.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol. 31, No. 9 May, 2011 (Semimonthly)

CONTENTS

Guest Editorial from EAM Workshop—Sustainability of agricultural ecosystems in arid regions in response to climate change	
..... LI Fengmin, Kadambot H. M Siddique, Neil C Turner, et al (I)	
Overview on the 2 nd international workshop on ecosystem assessment and management (EAM)	
..... LI Pufang, ZHAO Xuzhe, CHENG Zhengguo, et al (2349)	
Arid agricultural ecology in response to global change: Overview on Young Scholar Forum of the 2 nd International Workshop on	
EAM	ZHAO Xuzhe, LI Pufang, Kadambot H. M Siddique, et al (2356)
The effects of micro-rainwater harvesting pattern and rainfall variability on water ecological stoichiometry in oat (<i>Avena sativa</i> L.)	
field	QIANG Shengcai, ZHANG Hengjia, MO Fei, et al (2365)
Spatial variation of water requirement for spring wheat in the middle reaches of Heihe River basin	
..... WANG Yao, ZHAO Chuanyan, TIAN Fengxia, et al (2374)	
Model-based estimation of the canopy transpiration of Qinghai spruce (<i>Picea crassifolia</i>) forest in the Qilian Mountains	
..... TIAN Fengxia, ZHAO Chuanyan, FENG Zhaodong (2383)	
Litter amount and its nutrient storage and water holding characteristics under different coniferous forest types in Xiaolong Mountain,	
Gansu Province	CHANG Yajun, CHEN Qi, CAO Jing, et al (2392)
Effect of irrigation frequency on life history strategy and yield formation in Jerusalem artichoke (<i>Helianthus tuberosus</i> L.) in oasis	
of Hexi Corridor	ZHANG Hengjia, HUANG Gaobao, YANG Bin (2401)
The evaluation method of water resources sustainable utilization in Manas River Basin	
..... YANG Guang, HE Xinlin, LI Junfeng, et al (2407)	
Correlation of topographic factors with precipitation and surface temperature in arid and cold region of Northwest China: a case	
study in Gansu Province	YANG Sen, SUN Guojun, HE Wenying, et al (2414)
The relationship between riparian vegetation and environmental factors in Heihe River Basin	
..... XU Shasha, SUN Guojun, LIU Huiming, et al (2421)	
Effects of drought stress on the photosynthesis of <i>Salix paraqulesia</i> and <i>Hippophae rhamnoides</i> seedlings	
..... CAI Haixia, WU Fuzhong, YANG Wanqin (2430)	
The comparison of drought resistance between <i>Caragana species</i> (<i>Caragana arborescens</i> , <i>C. korshinskii</i> , <i>C. microphylla</i>) and two	
chickpea (<i>Cicer arietinum</i> L.) cultivars	FANG Xiangwen, LI Fengmin, ZHANG Haina, et al (2437)
Response of chlorophyll fluorescence characteristics of <i>Populus euphratica</i> heteromorphic Leaves to high temperature	
..... WANG Haizhen, HAN Lu, XU Yali, et al (2444)	
Free amino acid content in different tissues of <i>Caragana korshinskii</i> following all shoot removal	
..... ZHANG Haina, FANG Xiangwen, JIANG Zhirong, et al (2454)	
“Fertile Island” features of soil available nutrients around <i>Halostachys caspica</i> shrub in the alluvial fan area of Manas River watershed	
..... TU Jinna, XIONG Youcai, ZHANG Xia, et al (2461)	
Analysis of the activities of protective enzymes in <i>Bidens pilosa</i> L. inoculated with <i>Glomus mosseae</i> under drought stress	
..... SONG Huixing, ZHONG Zhangcheng, YANG Wanqin, et al (2471)	
Evaluation and selection on drought-resistance of germplasm resources of <i>Avena</i> species with different types of ploidy	
..... PENG Yuanying, YAN Honghai, GUO Laichun, et al (2478)	
Ecophysiological mechanism of photoperiod affecting phenological period and spike differentiation in oat (<i>Avena nuda</i> L.)	
..... ZHAO Baoping, ZHANG Na, REN Changzhong, et al (2492)	
Effects of water and fertilization on relationship between competitive ability and seed yield of modern and old spring wheat varieties	
..... DU Jingqi, WEI Panpan, YUAN Ziqiang, et al (2501)	

- Inhibitory effect of biogas slurry from swine farm on some vegetable pathogen SHANG Bin, CHEN Yongxing, TAO Xiuping, et al (2509)
- Effects of different summer catch crops planting on soil inorganic N residue and leaching in greenhouse vegetable cropping system WANG Zhiyi, GUO Ruiying, LI Fengmin (2516)
- Photosynthetic characterization and yield of summer corn (*Zea mays* L.) during grain filling stage under different planting pattern and population densities WEI Li, XIONG Youcai, Baoluo Ma, et al (2524)
- Effects of desulfurization waste treatment on calcium distribution and calcium ATPase activity in oil-sunflower seedlings under alkaline stress MAO Guilian, XU Xing, ZHENG Guoqi, et al (2532)
- The evolution between ecological security pattern and agricultural productive force in Manas River Basin for the past 30 years WANG Yuejian, XU Hailiang, WANG Cheng, et al (2539)
- Spatio-temporal analysis of ecological carrying capacity in Jinghe Watershed based on Remote Sensing and Transfer Matrix YUE Dongxia, DU Jun, LIU Junyan, et al (2550)
- The coupling relationship and emergy analysis of farming and grazing ecosystems in Mu Us sandland HU Binghui, LIAO Yuncheng (2559)
- Dynamic analysis of farmland ecosystem service value and multiple regression analysis of the influence factors in Minqin Oasis YUE Dongxia, DU Jun, GONG Jie, et al (2567)
- Environment purification service value of urban green space ecosystem in Qingdao City ZHANG Xuliang, XU Zongjun, ZHANG Zhaohui, et al (2576)
- The spatial relationship analysis of rural per capital revenue based on GIS in Zulihe River basin, Gansu Province XU Baoquan, SHI Weiqun (2585)

Review and Monograph

- The key issues on plant phenology under global change MO Fei, ZHAO Hong, WANG Jianyong, et al (2593)
- Recent advances on regional climate change by statistical downscaling methods ZHU Hongwei, YANG Sen, ZHAO Xuzhe, et al (2602)
- Current progress in eco-physiology of root-sourced chemical signal in plant under drought stress LI Jinan, LI Pufang, KONG Haiyan, et al (2610)
- ODAP biosynthesis: recent developments and its response to plant stress in grass pea (*Lathyrus sativus* L.) ZHANG Dawei, XING Gengmei, XIONG Youcai, et al (2621)
- Current progress in plant ideotype research of dryland wheat (*Triticum aestivum* L.) LI Pufang, CHENG Zhengguo, ZHAO Hong, et al (2631)
- Recent advances in research on drought-induced proteins and the related genes in wheat (*Triticum aestivum* L.) ZHANG Xiaofeng, KONG Haiyan, LI Pufang, et al (2641)

2009 年度生物学科总被引频次和影响因子前 10 名期刊★

(源于 2010 年版 CSTPCD 数据库)

排序 Order	期刊 Journal	总被引频次 Total citation	排序 Order	期刊 Journal	影响因子 Impact factor
1	生态学报	11764	1	生态学报	1.812
2	应用生态学报	9430	2	植物生态学报	1.771
3	植物生态学报	4384	3	应用生态学报	1.733
4	西北植物学报	4177	4	生物多样性	1.553
5	生态学杂志	4048	5	生态学杂志	1.396
6	植物生理学通讯	3362	6	西北植物学报	0.986
7	JOURNAL OF INTEGRATIVE PLANT BIOLOGY	3327	7	兽类学报	0.894
8	MOLECULAR PLANT	1788	8	CELL RESEARCH	0.873
9	水生生物学报	1773	9	植物学报	0.841
10	遗传学报	1667	10	植物研究	0.809

★《生态学报》2009 年在核心版的 1964 种科技期刊排序中总被引频次 11764 次,全国排名第 1;影响因子 1.812,全国排名第 14;第 1—9 届连续 9 年入围中国百种杰出学术期刊;中国精品科技期刊

编辑部主任 孔红梅

执行编辑 刘天星 段 靖

客座编辑 Guest Editors LI Fengmin XIONG Youcai Neil Turner Kadambot Siddique

生 态 学 报

(SHENGTAI XUEBAO)

(半月刊 1981 年 3 月创刊)

第 31 卷 第 9 期 (2011 年 5 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 31 No. 9 2011

编 辑	《生态学报》编辑部 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085 电话:(010)62941099 www.ecologica.cn shengtaixuebao@rcees.ac.cn	Edited by	Editorial board of ACTA ECOLOGICA SINICA Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China Tel:(010)62941099 www.ecologica.cn Shengtaixuebao@rcees.ac.cn
主 编	冯宗炜	Editor-in-chief	FENG Zong-Wei
主 管	中国科学技术协会	Supervised by	China Association for Science and Technology
主 办	中国生态学会 中国科学院生态环境研究中心 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085	Sponsored by	Ecological Society of China Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China
出 版	科 学 出 版 社 地址:北京东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717	Published by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China
印 刷	北京北林印刷厂	Printed by	Beijing Bei Lin Printing House, Beijing 100083, China
发 行	科 学 出 版 社 地址:东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717 电话:(010)64034563 E-mail:journal@cspg.net	Distributed by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China Tel:(010)64034563 E-mail:journal@cspg.net
订 购	全国各地邮局	Domestic	All Local Post Offices in China
国外发行	中国国际图书贸易总公司 地址:北京 399 信箱 邮政编码:100044	Foreign	China International Book Trading Corporation Add:P. O. Box 399 Beijing 100044, China
广告经营 许 可 证	京海工商广字第 8013 号		



ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

国内外公开发行

国内邮发代号 82-7

国外发行代号 M670

定价 70.00 元