

生态退耕背景下甘肃省正宁县耕地保护压力分析

申建秀^{1,2}, 王秀红¹, 张伟^{3,4}

(1. 中国科学院 地理科学与资源研究所, 北京 100101;
2. 中国科学院大学, 北京 100049; 3. 杭州师范大学 遥感与地球科学研究院,
浙江 杭州 311121; 4. 浙江省城市湿地与区域变化研究重点实验室, 浙江 杭州 311121)

摘要:以甘肃省正宁县 1995、2000 和 2010 年 1:10 万的土地利用图和 1995—2008 年有关耕地利用的统计数据作为分析依据,以 ENVI, ArcGIS 和 SPSS 软件为主要工作平台,对案例区生态退耕前后的耕地分布格局变化及耕地保护压力进行了分析。生态退耕实施后,大部分坡耕地转为林地,建设用地占用平原耕地明显。耕地空间分布表现为由分散向集中,由不规则向规则方向转化。因子分析显示,耕地保护压力主要涉及 3 方面因素:人们生活和生产水平主导的人文因素,退耕补贴水平体现的政策因素以及成灾面积体现的自然因素。为了缓解生态退耕区的耕地保护压力,需要控制建设用地占用平原耕地,稳定生态补偿水平以避免已退耕地的复垦。同时需注意控制农资投入水平,防止农业面源污染加剧的风险。

关键词:耕地分布格局;耕地保护;生态退耕;甘肃省正宁县

文献标识码:A

文章编号:1000-288X(2012)05-0023-05

中图分类号:F301.21

Cropland Protecting Pressure in Zhengning County of Gansu Province Affected by the "Grain for Green" Project

SHEN Jian-xiu^{1,2}, WANG Xiu-hong¹, ZHANG Wei^{3,4}

(1. *Institute of Geographic Science and Natural Resources, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China*; 2. *University of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China*;
3. *Institute of Remote Sensing and Earth Sciences, Hangzhou Normal University, Hangzhou, Zhejiang 311121, China*;
4. *Zhejiang Provincial Key Laboratory of Urban Wetlands and Regional Change, Hangzhou, Zhejiang 311121, China*)

Abstract: Based on the land use maps in 1995, 2000 and 2010, as well as the statistical data of cropland use in Zhengning County of Gansu Province, cropland distribution change and cropland protecting pressure were studied before and after the "grain for green" project by using ENVI, ArcGIS and SPSS. After the "grain for green" project, most of low-quality slope croplands were returned to forestland, and some of high-quality plain croplands were occupied by expanding construction land. The spatial pattern of croplands changed from scattered and irregular to concentrated and regular distribution. Factors for cropland protecting pressure in Zhengning County can be divided into artificial, policy and natural factor. The artificial factor is mainly determined by people's living standards and crop production conditions, the policy factor is affected by restoration subsidy, and the natural factor is reflected by damage area of cropland. In order to relieve cropland protecting pressure in the area where the "grain for green" project was implemented, more emphasis should be placed on protecting the existing plain cropland from being occupied by construction land, stabilizing a considerable ecological compensation level for avoiding reclamation of the returned cropland, and limiting agrochemical inputs in order to reduce the risk of agricultural non-point source pollution.

Keywords: cropland distributing pattern; cropland protection; "grain for green" project; Zhengning County of Gansu Province

资源安全是一个国家或地区可以持续、稳定、及时、足量和经济地获取所需自然资源的状态或能

力^[1]。耕地作为农业最重要的基础资源,其安全无疑成为农业安全问题的重点,它在数量和质量上的变化

收稿日期:2011-10-25

修回日期:2011-11-27

资助项目:国家自然科学基金项目“生态退耕对土地类型结构的影响及环境效应研究”(40971282)

作者简介:申建秀(1988—),女(汉族),河北省阜平县人,硕士生,主要从事土地利用研究。E-mail:shenjianxiu11@mails.gucas.ac.cn。

通信作者:王秀红(1964—),男(汉族),山西省昔阳县人,博士,副研究员,主要从事土地资源和自然地理研究。E-mail:wangxh@igsnr.ac.cn。

会影响到粮食生产,从而影响到粮食供给及粮食安全水平^[2-4]。在我国生态环境脆弱的西北黄土沟壑地区,耕地资源的生态服务价值和社会保障价值比经济产出价值显得更为重要^[5]。可见,生态安全与粮食安全均为区域可持续发展的战略目标,生态退耕与耕地保护的地位同等重要。我国西北地区耕地生态系统自生态退耕工程实施以来,经过人类 10 a 来的干预,已逐渐转化成为具有高度耦合性的社会—经济—生态复合系统^[6-9]。因此,科学地评判生态退耕区耕地资源安全态势已成为国内外学者关注的重点。现有的研究中多从农作物生产稳定性^[10],耕地生态系统能值,耕地压力指数等方面入手进行研究,而对生态退耕区的耕地分布格局变化及耕地保护压力分析的研究不足。对耕地利用改变过程的分析,有利于未来规划策略的改善,本文以甘肃省正宁县为例,对其生态退耕工程实施前后(1995—2010 年)耕地分布格局变化情况及耕地保护中面临的压力进行了分析,以期为我国西北地区生态退耕区生态安全和粮食安全平衡点的确定提供有益的参考。

1 研究区概况

甘肃省正宁县位于甘肃省东南端,地处我国黄土高原沟壑区,总面积 1 319.5 km²,介于东经 107°56′—108°38′,北纬 35°14′—35°36′。地势东北高,西南低,平均海拔 1 460 m,地形东宽西窄,略呈三角形,东西长 63.5 km。正宁县属温带大陆性半湿润气候,全县年平均降水量 598.9 mm,年平均日照时数 2 682.3 h,因季风强弱和进退迟早不同,降雨量年、月分布不稳定,春旱较多。全县有大小不等沟壑 1 200 多条,约占总面积的 82%,主要集中在东北部及子午岭一带,这些沟壑侵蚀十分严重。正宁县主要土地利用类型分布特点为:林地主要集中在东北、东南部沟壑地区,耕地主要集中在中西部地区,水域东西贯穿县域中部,建设用地主要沿水域附近分布坐落,草地零散分布于县域的中西部。

2 研究数据与方法

2.1 数据来源

研究区 1995,2000 年期土地利用图来自中国科学院资源与环境数据库中 1:10 万土地利用数据。研究区相关年份的统计资料主要来源于甘肃省农村年鉴(1996—2009 年)、甘肃省年鉴(1996—2009 年)和庆阳年鉴(2001—2009 年)等。

研究区 2010 年期 Landsat TM 影像来自美国地质调查局(USGS)网站。在 ENVI 和 ArcGIS 软件平

台的支持下,将 2010 年期遥感影像与已有的 1995 年期和 2000 年期土地利用类型图进行坐标匹配,实现县界与图像套合。并参考 1995,2000 年期土地利用分类方案,结合正宁县的实际情况,将研究区土地利用类型分为耕地、林地、草地、水域、城乡、工矿及居民点用地(建设用地)、未利用地 6 种一级地类以及相应的 16 种二级地类。通过专家目视人工解译成图、建库,得到研究区 2010 年期土地利用现状。

2.2 研究方法

耕地时空变化与其他土地利用类型的时空变化紧密联系,因此,可以通过分析研究区主要土地利用类型的变化,来凸显耕地的变化特征。本文采用转移矩阵法分析土地利用的地类流转变,并运用景观生态指数法分析土地利用的景观格局变化。最后依据社会经济统计数据,采用因子分析方法提取相对独立的综合指标,探讨研究区耕地保护面临的压力。

2.2.1 土地利用转移矩阵 土地利用转移矩阵可以反映某区域、不同时间段内各种地类之间的相互转变情况,而用途转移是土地利用变化的 2 种基本类型之一。在 ArcGIS 9.3 软件中用 Tabulate Area 命令分别对 1995—2000,2000—2010 年的地类面积转化进行计算。在转移矩阵(见表 2)中,行表示的是 k 时期的 i 种土地利用类型,列表示 $k+1$ 时期的 j 种土地利用类型,数据表示 k 时期的 i 种土地利用类型转变为 $k+1$ 时期 j 种土地利用类型的转移面积。

2.2.2 景观生态分析法 景观指数可以用来定量地描述和监测景观结构特征随时间的变化,有利于揭示研究区土地利用景观格局变化与生态退耕工程实施的关系。本文主要以研究景观结构为主,具体选用了斑块个数(NP)、景观类型面积比例(PLAND)、最大斑块指数(LPI)、景观形状指数(LSI)进行分析。将 1995,2000 和 2010 年 3 期土地利用 Grid 数据,导入 Frafstats 3.3 软件,选择 Class Metrics 水平上的指数,执行指数计算获取相应指数的量值。其中,斑块数(NP)反映景观的空间格局,可以用来描述整个景观的异质性,其值的大小与景观的破碎度有很好的正相关性;景观类型面积比例(PLAND)反映出土地利用类型在整个景观中的组成结构;最大斑块指数(LPI)可以简单衡量出地类在景观中的优势程度;景观形状指数(LSI)可以反映出斑块形状的规则和圆滑程度,其值的大小与景观要素受人为干扰程度呈正相关。

2.2.3 因子分析 耕地格局时空变化及其保护面临的压力是各种相关驱动因素综合作用的结果。本文

根据正宁县农业县特定的地理区位、农业经济条件和生态退耕政策实施的大背景,资料的可获取性,以及上述对正宁县耕地格局时空变化的分析,选取研究区1995—2008年影响耕地保护压力的8个影响因子:退耕还林政策补贴 X_1 (万元)、农民人均纯收入 X_2 (元)、正宁县年末总人口 X_3 (万人)、粮食单产 X_4 (kg/hm^2)、农村用电量 X_5 (10^4 kWh)、农用化肥施用实物量 X_6 (t)、农业机械总动力 X_7 (kW)和农作物成灾面积 X_8 (hm^2)。其中,粮食单产数据根据《甘肃农村年鉴》中,粮食作物播种面积除以粮食作物产量,再经过单位换算计算得到。8项因子生态退耕前后每年的量化数据,引自《甘肃农村年鉴》1996—2009、《甘肃年鉴》1996—2009、《庆阳年鉴》2001—2009,以及“正宁县退耕还林工程建设情况统计表”。为了避免这8个因子所含的信息互相重叠,通过降维简化数据

结构,将其转化为几个互不相关的综合变量(指标)来反映原来多个变量(因子)的大部分信息^[11-13]。

3 结果及分析

3.1 土地利用类型结构变化

由正宁县生态退耕前后15a的土地利用结构变化情况来看(表1),耕地、林地、草地为研究区的主要地类,其中耕地在总面积的比重最大,说明正宁县的发展是以农业为主导的。耕地和水域面积一直在减小。生态退耕工程实施前(1995—2000年),耕地面积就有所下降,但生态退耕工程的实施使得耕地的面积比重大幅度下降,由46.45%减少到41.29%。主要占用平原耕地的建设用地,其比例较小,但一直保持增长。林地面积变化表现为先减后增,是生态退耕的明显效果,而草地面积变化则表现为先增后减。

表1 正宁县生态退耕前后土地利用结构

| 地类 | 1995年 | | 2000年 | | 2010年 | |
|------|-------------------|--------|-------------------|--------|-------------------|--------|
| | 面积/ hm^2 | 比例/% | 面积/ hm^2 | 比例/% | 面积/ hm^2 | 比例/% |
| 耕地 | 62 452.47 | 46.49 | 61 056.22 | 45.45 | 55 465.72 | 41.29 |
| 林地 | 45 433.79 | 33.82 | 42 690.04 | 31.78 | 54 324.79 | 40.44 |
| 草地 | 23 833.60 | 17.74 | 27 609.48 | 20.55 | 21 519.65 | 16.02 |
| 水域 | 593.47 | 0.44 | 587.74 | 0.44 | 560.47 | 0.42 |
| 建设用地 | 2 018.39 | 1.50 | 2 388.23 | 1.78 | 2 461.04 | 1.83 |
| 总计 | 134 331.72 | 100.00 | 134 331.72 | 100.00 | 134 331.68 | 100.00 |

3.2 耕地分布格局变化

表2列出了正宁县耕地与其他各地类之间的相互转化情况。1995—2000年,耕地占用林地的现象严重,林地流出为坡耕地的面积为220.8 hm^2 ;同时坡耕地弃耕或退化为草地的现象明显,共计1 264.4 hm^2 ;部分平原耕地占用林地、草地和水域,而城镇和农村居民

点用地的扩展是造成平原耕地净减少的主要原因。

2000—2010年,坡耕地退耕还林明显,总计5 774.5 hm^2 ,但也存在部分地区开垦草地为坡耕地的现象;平原耕地的补给的主要来源是少量的林地、草地和水域,但不足以弥补城镇和农村居民点扩展用地的占用,平原耕地仍然损失3.9 hm^2 。

表2 正宁县耕地净流入(+)和流出(-)转移矩阵

| 年份 | 耕地类型 | | | | | | 转移总计 |
|------------|------|----------|----------|-------|-------|--------|---------------|
| | | 林地 | 草地 | 水域 | 城镇用地 | 农村居民点 | hm^2 |
| 1995—2000年 | 坡耕地 | 220.8 | -1 264.4 | -14.3 | 0.0 | -57.3 | -1 115.2 |
| | 平原耕地 | 8.6 | 11.5 | 5.7 | -63.1 | -243.7 | -281.0 |
| 2000—2010年 | 坡耕地 | -5 774.5 | 188.6 | 0.0 | 0.0 | -0.7 | -5 586.6 |
| | 平原耕地 | 11.8 | 26.6 | 18.0 | -6.5 | -53.8 | -3.9 |

显而易见,生态退耕实施前后,平原优质耕地的净减少都是由建设用地的扩张占用造成的;在粮食安全的压力下,人们主要通过占用林地和草地来实现扩大耕地面积。坡耕地的净减少在退耕前以坡耕地的退化为主,退耕后以退耕还林政策的实施为主。

由1995和2000年耕地流出的地类分布情况来看,正宁县1995—2000年耕地流出的主要地类是中

部沟壑集中的草地和东部子午岭一带的林地,还有一部分是集中在中部河流流经平原区的耕地转化为了建设用地。2000—2010年,中部部分沟壑集中区的耕地转化为林地和少量的草地,但同时还存在建设用地占用耕地的区域。

总之,正宁县生态退耕工程的实施,使得原大部分退化的坡耕地得到退耕还林,保证了县域主要沟

壑地区的生态环境,但新增建设用地的来源主要为优质的平原耕地。

3.3 土地利用景观动态变化

表 3 对正宁县地类空间分布变化进行分析归纳。由斑块数量和景观类型面积比例的变化上来看,耕地斑块数量减少程度明显,使得原有破碎程度很高的耕地趋于集中,便于集约化管理。林地、草地、水域在退耕前的 1995—2000 年变化表现为斑块数量的增多和景观类型面积比例的下降,这使得林地斑块更加破碎;但在退耕后的 2000—2010 年则表现为林地斑块数量的大幅减小和在面积比重上的增大,这使得其在景观格局上呈集中分布,成为改善生态与环境的重要基础。建设用地的斑块数量 1995—2000 年增加较大,2000—2010 年变化不明显,但笔者于 2010 年 5 月在当地考察后发现:零星的,不能于 1:10 万图上表现的房屋建设较多;景观类型面积比例在 1995—2010 年呈现增加趋势,其破碎化程度减小不明显。

表 3 正宁县生态退耕前后土地利用类型各期景观指数值

| 土地利用类型 | 年份 | NP | PLAND/ % | LPI/ % | LSI |
|--------|------|-------|-------------|-----------|------|
| 耕地 | 1995 | 319.0 | 46.5 | 41.7 | 53.1 |
| | 2000 | 284.0 | 45.5 | 41.3 | 52.3 |
| | 2010 | 161.0 | 41.3 | 37.9 | 48.6 |
| 林地 | 1995 | 347.0 | 33.8 | 27.3 | 29.4 |
| | 2000 | 381.0 | 31.8 | 23.0 | 32.4 |
| | 2010 | 303.0 | 40.4 | 28.3 | 25.8 |
| 草地 | 1995 | 592.0 | 17.7 | 1.21 | 59.3 |
| | 2000 | 576.0 | 20.6 | 1.07 | 59.0 |
| | 2010 | 468.0 | 16.0 | 0.96 | 51.7 |
| 水域 | 1995 | 12.0 | 0.44 | 0.22 | 14.9 |
| | 2000 | 12.0 | 0.44 | 0.22 | 14.9 |
| | 2010 | 12.0 | 0.42 | 0.22 | 14.9 |
| 建设用地 | 1995 | 128.0 | 1.50 | 0.09 | 19.9 |
| | 2000 | 167.0 | 1.78 | 0.13 | 21.0 |
| | 2010 | 166.0 | 1.83 | 0.13 | 20.8 |

注:NP 为斑块个数;PLAND 为景观类型面积比例;LPI 为最大斑块指数;LSI 为景观形状指数。

由最大斑块指数来看,正宁县各期的最大斑块指数排序均表现为:耕地>林地>草地>水域>建设用地,这可以从另一个侧面看出,耕地一直为正宁县的最优势地类,体现了正宁县较突出的种植业发展背景;林地、草地和水域为县域的次优势地类,但其用途转变将影响整个县域的生态环境;建设用地为最次优势地类,但其扩张会影响当地粮食安全。生态退耕使耕地的优势有所下降,而林地的优势有所上升。

受正宁县沟壑地貌和贯穿东西的树枝状水流影响,县域各地类表现出很高的景观形状指数值。从 3 个年期形状变化来看,耕地、林地、草地的景观形状指数在退耕后减小明显,说明 3 大地类形状在受人为干扰过程中由不规则向规则转化;随着建设用地所占比重增加,其景观形状指数并无明显变化,说明正宁县在生态退耕过程中没有重视对建设用地的扩展进行规划。

3.4 耕地保护压力分析

因子分析的结果表明:第 1 主成分的特征根为 5.65,它解释了总变异的 70.69%;第 2 主成分的特征根为 1.10,它解释了总变异的 13.77%;第 3 主成分的特征根为 0.64,它解释了总变异的 8.00%。因 3 个主成分累积贡献率已达 92.45%,则确定这 8 个变量需要提取 3 个主成分。

从因子载荷矩阵(表 4)可以看出,第 1 主成分主要是由农业机械总动力、农民人均纯收入、全县总人口、农村用电量、化肥施用实物量和粮食单产确定的,它们在式中的系数远远大于其他变量的系数,可以认为第 1 个主成分反映人口和人民生活及生产条件水平的人文条件,第 2 主成分主要反映政策补贴多少确定的政策条件,第 3 主成分则反映由农作物成灾面积大小确定的自然条件。

表 4 正宁县耕地保护压力的因子载荷矩阵(方差最大正交旋转)

| 影响因子 | 主成分 1 | 主成分 2 | 主成分 3 |
|---------|--------|--------|--------|
| 政策补贴 | 0.028 | -0.974 | 0.104 |
| 农民人均纯收入 | 0.921 | 0.045 | 0.333 |
| 全县总人口 | 0.916 | -0.154 | 0.299 |
| 粮食单产 | 0.755 | 0.134 | 0.542 |
| 农村用电量 | 0.899 | 0.124 | 0.308 |
| 化肥施用实物量 | 0.875 | -0.242 | -0.008 |
| 农业机械总动力 | 0.922 | -0.064 | 0.339 |
| 农作物成灾面积 | -0.330 | 0.187 | -0.886 |

人民生产和生活条件是引起土地利用变化的最主要驱动因子。人口增长和人们生活生产条件的不断改善,体现在土地利用上,就是要求宽敞的住宅和农业经营的机械化。这就要求耕地形状上的规整,形态上的连片,粮食产量的稳定收成,同时也要求城乡、居民点等建设用地在数量上进一步增加。而建设用地扩张占用的是优质的平原耕地,从而加大了正宁县的耕地压力,也促成了部分地区坡耕地复垦现象。在耕地面积减少条件下,为了增加粮食生产,必须增加化肥等农业投入,而这会增加农业面源污染的风险,对当地和下游地区造成不良影响。

退耕还林政策的实施是正宁县耕地以及其他地类利用变化的重要因素。1999—2009年,正宁县退耕资金补助到位共计17 250.4万元,但从投入的时间分布来看,1999年投入了13.8%,2002和2003年共计投入63.9%,2004,2005年投入20.9%,最近4a投入了仅1.4%。退耕补贴政策的不持续和不均匀投入,以及受农用地比较利益的驱动,使得建设用地占用耕地的现象明显,坡耕地复垦现象成为可能。

气候和地形因素影响土地利用/土地覆被的总体格局以及退耕还林工程中苗木的成活率,但农业自然灾害可以直接干扰地表形态,进而影响到林地、草地和耕地之间的相互转化。正宁县自然灾害多表现为干旱和水土流失,是造成耕地退化和损失的重要原因。保证县域生态安全应以控制水土流失面积为主,只有加大坡耕地退耕工程的力度,才能促使农作物成灾面积明显减少,为农业、工业以及第三产业的发展创造良好的自然环境和社会环境。

4 结论

(1) 在生态退耕工程实施前后,耕地动态变化特点为:耕地总面积一直持续减少,坡耕地的减少在生态退耕前以坡耕地的弃耕和退化占主导作用;生态退耕后,生态退耕政策的实施是其减少的主要原因;而平原耕地的净减少主要是建设用地的扩展造成的。

(2) 正宁县耕地保护压力涉及生态安全、粮食安全和农业面源污染控制三方面的相互关系。人口的不断增长,人民生活水平的不断提高,导致建设用地扩张占用优质平原耕地,影响粮食安全;为维持和提高有限耕地的生产能力,必须增加化肥等农资投入,但这会加重农业面源污染的风险;平原耕地减少和退耕补贴的减少,可能导致已退耕的坡耕地的复垦,危害当地和下游地区的生态安全;退耕工程不持续和土地利用比较利益的差异,可使坡耕地复垦和弃耕同时存在,造成退耕工程的不彻底,从而使得干旱和水土流失造成的自然灾害不能得到有效控制,最终使农作

物成灾面积扩大,同时危及生态安全和粮食安全。

[参 考 文 献]

- [1] 谷树忠,姚予龙,沈镭,等. 资源安全及其基本属性与研究框架[J]. 自然资源学报, 2002,17(3):280-285.
- [2] 赵其国,周炳中,杨浩,等. 中国耕地资源安全问题及相关对策思考[J]. 土壤, 2002(6):293-302.
- [3] 李晶,任志远,周自翔. 区域粮食安全性分析与预测:以陕西省关中地区为例[J]. 资源科学, 2005,27(4):89-94.
- [4] 冉清红,岳云华,谢德体,等. 中国耕地警戒值得测算与讨论[J]. 资源科学, 2007,29(3):158-164.
- [5] 蔡云龙,霍雅勤. 中国耕地价值重建方法与案例研究[J]. 地理学报, 2006,61(10):1084-1092.
- [6] Harris J A, Hobbs R J, Higgs E, et al. Ecological restoration and global climate change[J]. Restoration Ecology, 2006, 14(2):170-176.
- [7] Van Meij H, Rheenen T, van Tabeau A, et al. The impact of different policy environments on agricultural land use in Europe[J]. Agriculture, Ecosystems & Environment, 2006, 114(1):21-38.
- [8] Wang Xiuhong, Lu Changhe, Fang Jinfu, et al. Implications for development of grain-for-green policy based on cropland suitability evaluation in desertification-affected North China[J]. Land Use Policy, 2007,24(2):417-424.
- [9] 王千,金晓斌,周寅康,等. 河北省耕地生态经济系统能值指标空间分布差异及其动因[J]. 生态学报, 2011,31(1):247-256.
- [10] 张应龙,谢永生,李晓,等. 黄土沟壑区主要粮食作物生产稳定性及成本效益分析[J]. 水土保持通报, 2010,30(4):201-204.
- [11] 米红,张文璋. 实用现代统计分析方法与SPSS应用[M]. 当代中国出版社, 2000:241-242.
- [12] 孙国军,刘普幸,孙涛. 乌拉特前旗耕地变化的驱动力研究及预测[J]. 水土保持通报, 2011,31(1):207-210.
- [13] 洪鸿加,彭晓春,陈志良,等. 长沙市耕地时空动态变化及驱动力研究[J]. 水土保持通报, 2010,30(3):224-229.