

会宁县退耕还林还草工程实施后植被状况调查

李宗杰, 杨彩虹, 马瑞, 齐广平, 王立, 张丞, 宋玲玲, 王景功

(甘肃农业大学 林学院, 甘肃 兰州 730070)

摘要: 通过对 MODIS NDVI 数据的解译, 结合研究区野外调查资料, 对甘肃省会宁县退耕还林还草工程实施后的植被状况进行了分析和研究。结果表明, 该区植被生长状况得到了明显改善, 主要体现在以下 4 个方面: (1) 通过退耕还林、封山禁牧等措施, 该区植被盖度明显提高, 2000—2011 年植被 NDVI 指数增加的面积占全县总面积的 77.74%, 约 4 404.75 km²; (2) 退耕还林还草区植被群落趋于稳定, 且呈现出良好的生长势头; (3) 严重水土流失的现象得到了遏制, 山洪暴发次数明显降低, 50 个排洪沟暴发山洪的年均值比实施前减少了 1/2 多, 而且山洪的流量和破坏力也明显降低; (4) 广大农户对退耕还林还草工程取得的水土保持效益广泛认同, 而且大多数农户的家庭经济收入呈现增加趋势。

关键词: 会宁县; 退耕还林还草; 植被状况

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2014)01-0214-06

中图分类号: P94

Vegetation Conditions After Implementation of Returning Farmland to Forest/Grassland Project in Huining County of Gansu Province

LI Zong-jie, YANG Cai-hong, MA Rui, QI Guang-ping,

WANG Li, ZHANG Chen, SONG Ling-ling, WANG Jing-gong

(College of Forestry, Gansu Agricultural University, Lanzhou, Gansu 730070, China)

Abstract: Vegetation condition after implementation of the returning farmland to forest/grassland project in Huining County of Gansu Province was analyzed based on the analysis of MODIS NDVI data and field investigation in the study area. The vegetation conditions have been improved in recent years, with four facts as below: (1) Vegetation coverage has increased significantly due to the implementation of the project, closing hillsides for livestock grazing and other measures, and the area for increased NDVI index was 4404.75 km² in 2011 in comparison with the year of 2000, accounting for 77.74% of the total area of Huining County. (2) Vegetation type showed a stable and increasing tendency in the region after implementation of the project. (3) Soil erosion has been curbed, and the number of mountain torrents obviously decreased from 2000 to 2011, with the corresponding decline of discharge and destructive power. The average value for mountain torrents was 3 times for 50 drainage ditches in 2011, which declined by nearly half as compared with the case before the implementation of the project. (4) The majority of farmers have approved of soil and water conservation benefits after implementation of the project, and their economic income also showed an increasing trend.

Keywords: Huining County of Gansu Province; returning farmland to forest/grass project; vegetation condition

植被是全球陆地生态系统的主体, 在物质循环和能量转化中发挥着重要作用, 并且在维持全球碳平衡、减缓温室气体浓度升高、维护全球气候稳定、水土保持等方面具有不可替代的作用^[1-5]。在自然生态系统中, 植被是最活跃和敏感的因子, 大气、水、土壤等成分的变化都能被其灵敏地反映出来, 被称为景观变化的指示器。随着对地观测技术的不断成熟, 利用遥

感数据进行植被动态变化分析的研究日益增多^[6-8]。高时间, 高空间和高光谱分辨率的遥感数据, 如 NOAA/AVHRR, MODIS, SPOT 等为研究植被动态变化提供了可靠的数据源, 使得过去难以实现的大尺度植被动态研究成为可能。植被指数能反映绿色植被的生长和分布状况, 在一定程度上反映着植被的变化, 经过 20 a 多的研究, 国内外学者提出了几十种植

收稿日期: 2012-12-01

修回日期: 2013-04-26

资助项目: 甘肃农业大学 SRTP 项目“会宁县北部乡镇退耕还林还草工程的水土保持效益调查”(20120501)

作者简介: 李宗杰(1989—), 男(汉族), 甘肃省会宁市人, 硕士研究生, 研究方向为水土保持效益评价。E-mail: lizxhhs@163.com。

通信作者: 杨彩虹(1981—), 女(汉族), 甘肃省靖远县人, 博士, 讲师, 主要从事水土保持方面的研究工作。E-mail: lizxhhs@163.com。

被指数,常用的有 NDVI, RVI, DVI, EVI, SAVI, MSAVI 等,其中最常用的是 NDVI^[8-10]。

退耕还林还草工程是指在水土流失严重或粮食产量低而不稳定的坡耕地和沙化耕地,以及生态地位重要的耕地,退出粮食生产,植树或种草。实行退耕还林还草资金和粮食补贴制度,国家按照核定的退耕地还林面积,在一定期限内无偿向退耕还林者提供适当的粮食补助、种苗造林费和现金(生活费)补助。黄河流域以及北方地区,退耕地每年补助原粮 1 500 kg/hm²,现金 300 元,还生态林的至少补助 8 a,还经济林的补助 5 a,还草的补助 2 a,退耕地和宜林荒山荒地补助种苗造林费 750 元/hm²^[11]。该工程是提高区域植被覆盖度的重要举措,为合理利用土地资源,增加林草植被,再造秀美山川,维护国家生态安全,实现人与自然和谐共存而实施的一项重大生态工程。

会宁县紧紧抓住退耕还林还草工程这一历史机遇,强化措施,突出重点,加大了综合治理力度,开创了生态环境建设的新局面。近几年实践证明,退耕还林对改善生态环境,改变不合理生产方式,加快贫困地区农民脱贫致富,优化农村产业结构,促进农村经济发展发挥了积极作用,被群众称为“民心”工程、“德政”工程^[12-14]。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

会宁县地处甘肃省中部地区,属黄土高原丘陵沟壑区第 V 副区,地理坐标 35°24′—36°26′N, 104°29′—105°31′E,总面积 5 666.25 km²,总人口 58 万,是甘肃省人口最多的县。会宁县南部多高大山梁,海拔较高,北部为低缓川塬,海拔较低。夏季暖湿空气北上困难,冬季干冷空气南下长驱直入,故气候温凉干燥,南北差异较大,降水少且分布不均匀,年际变率较大,年内四季分明、水热同季,日照时间长,蒸发强烈,无霜期较短。气候类型属温带大陆型季风气候,多年平均降雨量 340 mm,多年平均蒸发量 1 800 mm,由于降水稀少,林草覆盖度仅为 8.40%,加之黄土的特有属性,水土流失十分严重,全县土壤侵蚀模数 6 156 t/(km²·a),每年约流失表土 4.20 mm,生态环境极为恶劣。

水土流失、荒漠化等生态环境的恶性循环,不仅加剧了该县的贫困程度和自然灾害的发生,也制约了全县经济和社会的可持续发展。1999 年国家开始实施西部大开发战略,将生态环境的保护和建设作为西部开发的切入点和根本,实施了退耕还林还草工程和生态环境建设综合治理工程。根据《全国生态环境建

设规划》和《甘肃省生态环境建设规划》,1999 年会宁县被国家确定为国家生态环境建设综合治理工程重点县之一,加大投资进行生态环境的综合治理。

1.2 数据和方法

1.2.1 数据来源 本研究所采用的数据是美国国家航空航天局提供的 MODIS—NDVI 数据,该数据可免费下载。本文主要运用了 2000 和 2011 年的 MODIS—NDVI 数据,空间分辨率为 250 m,时间分辨率为 16 d,每年共 23 期数据。MODIS 植被指数具有数据接收免费、时间分辨率高、空间分辨率中等、通道多、波段窄等优点,其优良特性是 NOAA—AVHRR 传感器所不能比拟的。如 MODIS 在红光和近红外波段地面空间分辨率为 250 m,且探测波段较窄,避开了近红外波段的水汽吸收带,且红色通道(620~670 nm)比 AVHRR 的(580~680 nm)更窄,对叶绿素的吸收更敏感,提高了对稀疏植被的探测能力,这对于地处干旱区的会宁县而言极为适用。

1.2.2 研究方法

(1) 研究区植被指数的分析。① 利用 MODL—AND 提供的 MRT(modis reprojection tools)工具将下载的遥感数据进行拼接、格式和地图投影转换,将 HDF 格式转化为 GEOTiff 格式,将 Sinusoidal 地图投影转换为 Albers Equal Area。② 在 ArcGIS 中,利用 ArcMap 软件下的 Spatial Analyst Tool 工具对投影变换后的数据进行裁剪,分别得到 2000 和 2011 年会宁县的 NDVI 数据集,然后,在遥感影像处理软件 ENVI 中用 NDVI 最大值合成法,对同属一个月的多期 NDVI 影像进行最大值合成,合成逐月的 NDVI 影像,该方法可进一步去除噪声点并提高数据的可靠性。③ 在 ArcGIS 中,利用 ArcMap 软件,在 Spatial Analyst Tool 工具下的栅格计算器(raster calculator)分别对 2000 和 2011 年 5—9 月的 NDVI 数据取均值,得到年 NDVI 数据。因为在西北干旱区植被的生长季一般为 5—9 月,所以本文以 5—9 月 NDVI 的平均值作为年 NDVI 数据。最后利用 ArcMap 软件,在 Spatial Analyst Tool 工具下的栅格计算器中对 2011 和 2000 年的两期 NDVI 影像进行差值分析,得出 2000—2011 年植被指数的变化情况。

(2) 退耕还林还草区现场调查。① 通过对小流域现状植物的全面调查,选取土门岷乡和刘寨乡流域现有的植物群落,在这些群落分布的典型地段(塬区、沟壑、梁区)设置样地,样地设置采用典型取样法,取样面积分别为:乔木样方 20 m×20 m,灌木样方 10 m×10 m,草本样方 1 m×1 m;在每个乡不同典型地段分别选取典型样方。② 分别对乔木的树种、高度、胸径、地径,灌木的树种、树高、地径和草本的草种、高度

等指标进行现场测定。最后,对数据进行汇总分析,得出林木或草的生长状况。

(3) 研究区山洪暴发情况走访调查。① 在不同区域选择典型的排洪沟,主要是水流冲刷侵蚀形成的黄土沟谷,为了便于走访调查,选择的沟谷基本位于居民点附近。② 分别对 50 处具有代表性的排洪沟洪水暴发情况进行调查,对同一个沟谷退耕还林还草工程实施之前和之后山洪暴发的次数至少走访 3 家农户,然后对调查的数据取平均值。最后,汇总调查数据,确定不同排洪沟山洪暴发情况,得出山洪暴发次数对比情况。

(4) 研究区农户走访调查。① 设计调查问卷,调查该工程实施前后,山洪暴发的强度以及破坏性;农户对退耕还林还草的实施态度及其感知;该工程实施前后,农户的经济收入变化,农户对生态环境的感知变化,水土流失的发生情况等^[15]。② 我们在不同的区域分别对 100 名农户进行了调查。最后,根据调查情况分析汇总数据,得出农户走访调查情况。

2 结果与讨论

2.1 研究区 2000—2011 年植被指数变化

由表 1,图 1—2 可知,2000—2011 年会宁县植被 NDVI 指数明显增加,反映了植被盖度显著增大。计算得知植被 NDVI 指数增加的面积占全县总面积的 77.74%,约为 4 404.75 km²,植被 NDVI 指数减少的面积占总面积的 22.26%,约为 1 261.50 km²,植被 NDVI 指数减少的区域主要位于会宁县西北部和

中西部。这些变化可由以下事实说明:(1) 自 1999—2006 年,会宁县累计完成生态工程造林 692.57 km²,全县森林覆盖率达到 9.2%,建成了铁木山、华家岭、大山顶等一批规模大、质量高的示范工程,区域生态环境得到明显改善,水土流失得到了有效的控制,部分重点治理区基本实现了“土不下山、水要出沟”。(2) 完成小流域治理 670 km²,甘沟驿镇田岔村、太平店镇大山顶被列为国家小流域治理示范点,已经发挥着涵养水源、保持水土、改变区域气候条件的良好效益;而且铁木山被列为省级森林公园,覆盖面积 3.10 km²。(3) 2006 年会宁县启动了生态小康村镇绿化项目,国家投资 140 万元,在郭城驿、河畔、头寨子、甘沟驿等乡镇完成生态绿化造林 9.33 km²,用于改善农村生态环境和生活环境。退耕还林、“121”集雨工程、梯田建设、小流域治理工程的持续实施为全县生态环境良性发展,构建和谐会宁打下良好的生态基础。因此,这些变化总体反映了会宁县植被盖度近年来明显增加,生态恢复的良好局面与退耕还林还草的实施密切相关,特别是退耕还林还草政策实施以后,会宁县从生态大环境建设的战略布局着眼,积极采取多种措施加强了生态环境的恢复与建设步伐,为县域经济社会的可持续发展奠定了良好基础。

表 1 2000—2011 年会宁县植被盖度变化

NDVI 值	变化等级	面积/km ²	比例/%
-0.242 2~0	植被减少	1 261.50	22.26
0~0.318 4	植被增加	4 404.75	77.74

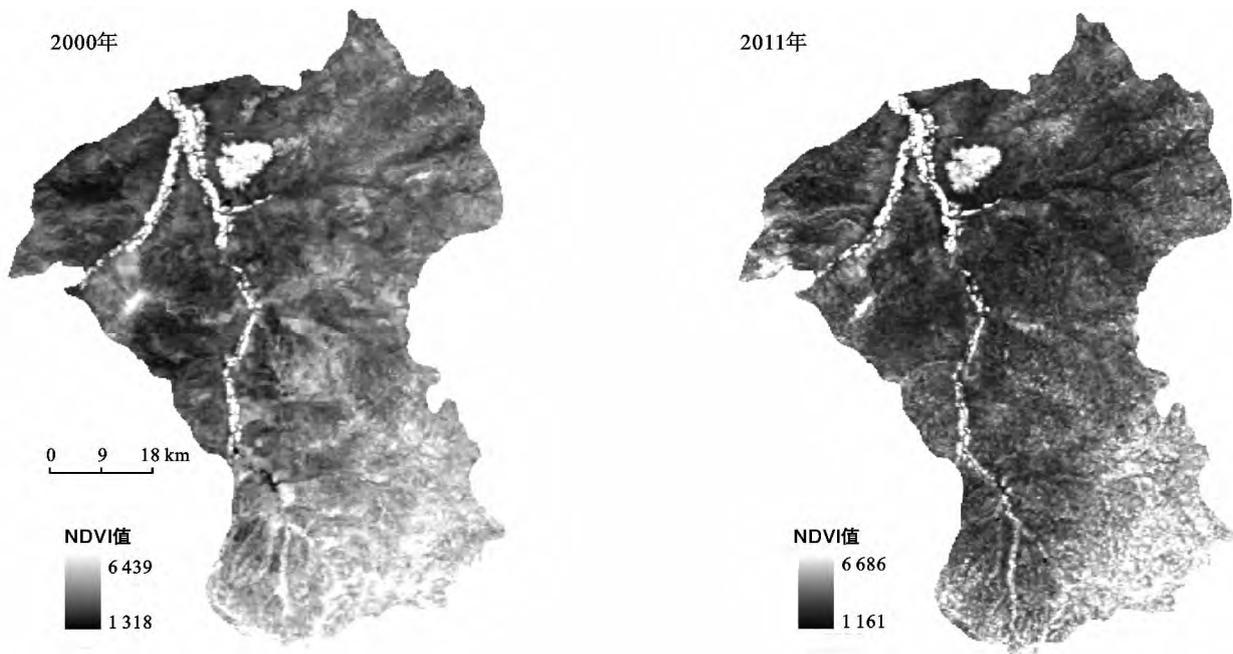


图 1 2000—2011 年会宁县 NDVI 植被指数空间变化

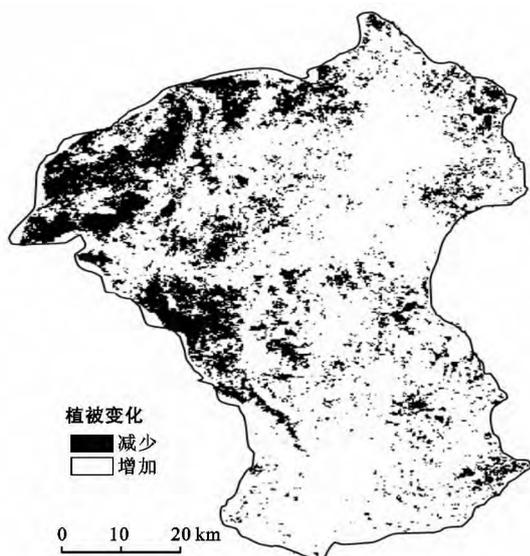


图 2 2000—2011 年会宁县植被空间变化分布

2.2 不同地貌区植被的生长状况

以会宁县北部乡镇的土门岷乡和刘寨乡为例,在不同的地貌区(主要为黄土塬区、黄土梁区、沟壑区)选择典型样方,调查林木或草地生长状况,主要调查了林木种类、林木高度、地径、胸径、树高等指标,以确定植被恢复及其生长状况。如表 2 所示,作为沟壑区代表的大岔沟山杏、刺槐和山桃的地径分别为 10.37,

9.70 和 9.40 cm,树高分别为 232.96,322.30 和 214.70 cm,而柠条和紫花苜蓿的生长高度为 95 和 71 cm,相比较而言刺槐和柠条的生长状况较好;黄土梁区(后山梁、护山梁和十三盘梁)山杨、山杏、刺槐、臭椿和榆树的地径分别为 6.50,10.28,8.17,8.36 和 11.46 cm,树高分别为 355.06,233.47,337.32,381.29 和 302.18 cm,山杏、刺槐、臭椿和榆树的胸径分别为 9.56,6.45,7.95 和 10.38 cm,柠条和紫花苜蓿的生长高度分别为 93.87 和 72.41 cm,榆树和柠条的生长状况较好;堡子塬山杏、刺槐、山桃和榆树的地径分别为 10.27,8.17,8.83 和 6.29 cm,树高分别为 242.78,321.94,213.79 和 298.78 cm,胸径分别为 6.87,7.97,7.09 和 5.98 cm,柠条和紫花苜蓿的生长高度分别为 94.73 和 75.15 cm,榆树和柠条的生长状况较好,作为经济作物的山杏生长状况也较好而且挂果率较高;阳凹坡臭椿和刺槐地径为 11.50 和 7.37 cm,胸径为 10.85 和 6.87 cm,树高为 297.76 和 301.12 cm,柠条和紫花苜蓿的生长高度分别为 86.60 和 72.36 cm。总之,通过对典型地貌区的调查发现,退耕还林还草工程所选用的林木和草本植物均较适宜研究区的生长环境,经过将近 10 a 的恢复,呈现出良好的生长势头,而且不同地貌区林木的种植基本体现了因地制宜的原则,取得了较好的水土保持效益。

表 2 不同地貌类型区林木或草的生长状况

cm

地点	树种	地径	胸径	树高
大岔沟	山杏(<i>Armeniaca sibirica</i>)	10.37±0.87	—	232.96±34.13
	山桃(<i>Amygdalus davidiana</i>)	9.40±0.90	—	214.70±34.15
	柠条(<i>Caragana arborescens</i>)	—	—	95.23±8.19
	紫花苜蓿(<i>Medicago sativa</i>)	—	—	71.52±9.60
	刺槐(<i>Robinia pseudoacacia</i>)	9.70±0.30	—	322.30±24.70
后山梁	山杨(<i>Populus davidiana</i>)	6.50±0.53	—	355.06±37.23
	山杏(<i>Prunus armeniaca</i>)	10.28±0.23	9.56±0.19	233.47±31.73
	臭椿(<i>Ailanthus altissima</i>)	8.36±0.15	7.95±0.87	381.29±47.94
	柠条(<i>Caragana biorshinshii</i>)	—	—	93.87±8.72
	紫花苜蓿(<i>Medicago sativa</i>)	—	—	72.41±8.82
护山梁	榆树(<i>Ulmus pumila</i>)	11.46±0.75	10.38±0.63	302.18±41.37
	刺槐(<i>Pobina pseudoacacia</i>)	7.23±0.31	6.45±0.35	337.32±28.37
	柠条(<i>Caragana biorshinshii</i>)	—	—	91.40±5.34
堡子塬	山杏(<i>Prunus armeniaca</i>)	10.27±0.76	6.87±0.83	242.78±33.45
	刺槐(<i>Pobina pseudoacacia</i>)	8.17±0.51	7.97±0.82	321.94±25.15
	山桃(<i>Prunus davidiana</i>)	8.83±0.87	7.09±0.75	213.79±33.15
	柠条(<i>Caragana biorshinshii</i>)	—	—	94.73±8.39
	紫花苜蓿(<i>Medicago sativa</i>)	—	—	75.15±8.82
十三盘梁	榆树(<i>Ulmus pumila</i>)	6.29±0.72	5.98±0.75	298.78±28.38
	山杨(<i>Populous davidiana</i>)	8.30±0.26	7.35±0.75	297.34±69.43
	山杏(<i>Prunus armeniaca</i>)	11.43±0.45	9.38±0.89	273.65±43.54
	紫花苜蓿(<i>Medicago sativa</i>)	—	—	83.75±9.45
阳凹坡	臭椿(<i>Ailanthus altissima</i>)	11.50±0.45	10.85±0.75	297.76±34.55
	刺槐(<i>Pobina pseudoacacia</i>)	7.37±0.43	6.87±0.46	301.12±44.80
	柠条(<i>Caragana biorshinshii</i>)	—	—	86.60±7.29
	紫花苜蓿(<i>Medicago sativa</i>)	—	—	72.36±9.11

2.3 山洪暴发次数和农户满意度调查

黄土高原地区由于黄土的特殊性质,如湿陷性、易侵蚀等,形成了众多的沟壑地形,当植被覆盖稀少时,遇降雨常常造成山洪暴发,导致严重的水土流失;而当植被覆盖率高时,水土保持能力增强,山洪暴发的次数也将减少,因此通过确定退耕还林还草工程实施前后山洪暴发次数的变化可反映水土保持的效益。位于会宁县北部的刘寨乡和土门岷乡,由于降水较少且不均匀,再加上黄土地貌类型多样且支离破碎,是会宁县最为严重的水土流失区之一,为此先后调查了上述两乡镇不同地貌类型区的 50 个排洪沟退耕还林还草工程实施前后山洪的暴发次数情况。如图 3 所示,退耕还林还草工程实施前山洪暴发次数明显高于实施后,50 个排洪沟的均值分别为 7 和 3 次,减少了近 1/2 多。而且山洪的流量和破坏力也明显降低,调查期间一次暴雨过后很多排洪沟仅有少量的泥水流出沟口,且尚未持续两小时便停止,这些证据表明随着植被覆盖状况的不断改善,退耕还林还草工程已基本形成了良好的水土保持功能。

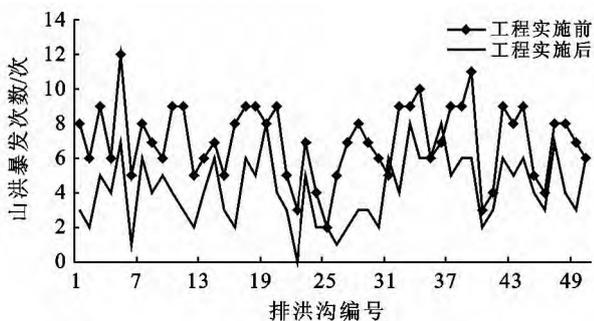


图 3 退耕还林还草工程实施前后主要排洪沟山洪暴发次数对比

广大农户的紧密配合是退耕还林还草工程取得良好效益的最重要条件,因此通过问卷调查初步分析了农户对退耕还林还草的实施态度及其感知,以及该工程实施前后农户的经济收入变化,对生态环境的感知变化,水土流失的发生情况等。如表 3 所示,约 92.63% 的农户认为严重的水土流失对生产生活有着负面影响。而且大多数农户反映了 2000 年之前的大山洪暴发常常造成人畜伤亡事件,其对于一个家庭的生产与生活造成了不可估量的损失,正是基于这一认识,约 70% 的农户一开始就对这一生态恢复政策持拥护态度并积极配合了政府的要求。当谈及该工程实施前后家庭经济收入的变化时,约 78.00% 的农户确认自己的收入提高了,主要来自于 3 方面:(1) 政府对退耕还林还草所占耕地面积的有效补助。(2) 耕地面积减少后,利用更多的农闲时间打工或开展其他副业的收入大大增加。(3) 尚未退耕还林还草的耕地(均为上等地)主要种植经济类作物,特别是通过铺砂将土地改造为砂田,然后种植西瓜和籽瓜增加了一部分收入,也就是农户对土地的经营更加集约化。由于该工程的实施,63.83% 的农户认为对农作物的损害减少了。农民感受最深切的是该工程实施前后,山变绿了,树变多了,山洪基本没有了。81.05% 的农户认为这一措施已基本解决了区域的水土流失问题,所以当谈及是否继续支持该工程的建设时,有 92.00% 的农户强烈拥护。这一调查表明,当前的退耕还林还草工程基本达到了相应的水土保持效益要求,也得到了广大农户的拥护和支持。但就农户反映的粮食产量减少的问题,认为通过大力发展农村水利建设可以克服,这一措施也是达到长久保持并进一步推进该工程的重要保障,因此这一政策无疑是“功在当代,利在千秋”。

表 3 农户对退耕还林还草实施的感知与态度走访调查结果

农户问卷走访调查内容	是		否	
	有效农户数	百分比/%	有效农户数	百分比/%
水土流失对生产生活是否有影响	88	92.63	7	7.37
当初是否愿意参加退耕还林还草工程	70	70.00	30	30.00
该工程实施以后家庭经济收入是否有所提高	78	78.00	22	22.00
该工程实施后对农作物的损害是否减少	60	63.83	34	36.17
该工程实施后水土流失问题是否得到了有效的改善	77	81.05	18	18.94
是否愿意再次参与该工程的建设	92	92.00	8	8.00

3 结论

(1) 基于对遥感 NDVI 数据的分析发现,从 2000 年到 2011 年会宁县植被盖度明显增加,植被 NDVI 指数增加的面积占全县总面积的 77.74%,约 4 404.75 km²,减少的面积占总面积的 22.26%,约 1 261.50 km²,

NDVI 指数减少的区域主要位于会宁县西北部和中西部。

(2) 通过对典型地貌区的调查发现,退耕还林还草工程所选用的林木和草本植物均较适宜研究区的生长环境,经过将近 10 a 的恢复,呈现出良好的生长势头,而且在不同的地貌区林木的种植较好地体现了

因地制宜的原则。

(3) 调查证实退耕还林还草工程实施前山洪暴发次数明显高于实施后,50 个排洪沟的均值分别为 7 和 3 次,减少了 1/2 多,而且山洪的流量和破坏力也明显降低,证明退耕还林还草工程已基本形成了良好的水土保持功能。

(4) 调查表明,广大农户对退耕还林还草工程取得的显著水土保持效益广泛认同,而且大多数农户的家庭经济收入呈现增加势头,调查也反映出通过大力发展农村水利事业,进而加大农户增产增收将是巩固该工程水土保持效益的有力措施。

[参 考 文 献]

- [1] 方修琦,余卫红. 物候对全球变暖响应的研究综述[J]. 地球科学进展,2002,15(7):713-719.
- [2] Myneni R B, Keeling C D, Tucker C J, et al. Increased plant growth in the northern high latitudes from 1981 to 1991[J]. Nature, 1997,386(12):698-702.
- [3] Zhou L, Tucker C, Kaufmann R, et al. Variations in northern vegetation activity inferred from satellite data of vegetation index during 1981 to 1999[J]. Journal of Geophysical Research, 2001,106(17):20069-20083.
- [4] Bogaert J, Zhou L, Tucker C, et al. Evidence for a persistent and extensive greening trend in Eurasia inferred from satellite vegetation index data[J]. Journal of Geophysical Research, 2002,107:10,1029/2001.JD001075.
- [5] 陈云浩,李晓兵,陈晋,等. 1983—1992 年中国陆地植被演变特征的变化矢量分析[J]. 遥感学报,2002,6(1):12-18.
- [6] 马明国,董立新,王雪梅. 过去 21 年中国西北植被覆盖动态监测与模拟研究[J]. 冰川冻土,2009,25(2):232-236.
- [7] 孙红雨,王长耀,牛铮,等. 中国地表植被覆盖变化及其与气候因子关系:基于时间系列数据集[J]. 遥感学报,1998,2(3):204-210.
- [8] 李晓兵,史培军. 中国典型植被类型动态变化与气温、降水变化的敏感性分析[J]. 植物生态学报,2000,24(3):379-382.
- [9] 张远东,徐应涛,顾峰雪,等. 荒漠绿洲与气候、水文因子的相关分析[J]. 植物生态学报,2003,27(6):816-821.
- [10] 丁明军,张镜铨,刘林山,等. 青藏高原植被覆盖对水热条件年内变化的响应及其空间特征[J]. 地球科学进展,2010,29(4):507-512.
- [11] 宋乃平,刘艳华,杨阳,等. 从农户调查看退耕还林还草工程路径选择问题[J]. 水土保持通报,2006,2(1):35-37.
- [12] 杨光,丁国栋,赵廷宁,等. 黄土丘陵沟壑区退耕还林的水土保持效益研究[J]. 内蒙古大学学报,2005,6(2):21-23.
- [13] 杨光,丁国栋,赵廷宁,等. 黄土丘陵沟壑区退耕还林的水土保持效益研究[J]. 水土保持通报,2006,4(2):89-99.
- [14] 洪睿,李波,崇洁,等. 农户调查方法在退耕还林(草)工程研究中的应用[J]. 中国生态农业学报,2008,7(4):995-999.
- [15] 吴良铭. 封山育林育草的水土保持效益探讨[J]. 福建水土保持,1994,4(1):52-55.
- [15] Jin Jianjun, Jiang Chong, Truong D T, et al. Public preferences for cultivated land protection in Wenling City, China: A choice experiment study [J]. Land Use Policy, 2013,30(1):337-343.
- [16] Xin Liangjie, Li Xiubin, Zhu Huiyi, et al. China's potential of grain production due to changes in agricultural land utilization in recent years [J]. China Geographical Science, 2009,19(2):97-103.
- [17] Deng Xingzheng, Hung Jikun, Rozzelle S, et al. Cultivated land conversion and potential agricultural productivity in China [J]. Land Use Policy, 2006,23(4):372-384.
- [18] 肖丽群,陈伟,吴群,等. 未来 10 a 长江三角洲地区耕地数量变化对区域粮食产能的影响:基于耕地质量等别的视角[J]. 自然资源学报,2012,27(4):565-576.
- [19] 保继刚,楚义芳. 旅游地理学[M]. 北京:高等教育出版社,1999:5-55.
- [20] 周一星. 城市地理学[M]. 北京:商务印书馆,1995.

(上接第 213 页)

- [8] Yu Bohua, Lu Changhe. Change of cultivated land and its implications on food security in China [J]. Chinese Geographical Science, 2006,16(4):299-305.
- [9] 何英彬,陈佑启,姚艳敏,等. 东北三省耕地非农化时空特征及其与粮食生产能力的关系[J]. 资源科学,2009,31(2):295-302.
- [10] 何英彬,陈佑启,姚艳敏,等. 区域耕地非农化与粮食产量关系空间特征研究:以东北三省为例[J]. 自然资源学报,2009,24(3):439-447.
- [11] 邹健,龙花楼. 改革开放以来中国耕地利用与粮食生产安全格局变动研究[J]. 自然资源学报,2009,24(8):1366-1377.
- [12] 范辉,董捷. 武汉城市圈耕地非农化时空特征及其与粮食产量的关系[J]. 农业系统科学与综合研究,2010,26(3):264-230.
- [13] 石淑芹,陈佑启,姚艳敏,等. 中国区域性耕地变化与粮食生产的关系研究:以东北地区为例[J]. 自然资源学报,2008,23(3):361-368.
- [14] 王国强,宋艳华. 基于耕地质量数量的河南省粮食生产