

气候变化和人类活动对吴起土壤侵蚀的影响^{*}

孙智辉, 曹雪梅, 李新亚, 雷延鹏, 刘志超

(延安市气象局, 陕西 延安 716000)

摘要:通过分析 GIMMS 和 SPOT VEGETATION 的 NDVI 数据, 1997 年和 2007 年 TM 卫星数据, 以及吴起降水、径流、输沙量等资料, 利用相关分析, 回归分析, 并建立数学模型, 得出结论。发现吴起 1999–2007 年 9 a 中 NDVI 增加了 24.4%, 退耕前后 NDVI 比较, 冬季的变化较小, 植被生长季节的 4–10 月 NDVI 有明显的差值, 平均相差 0.039, 9 月相差最为明显, 达到 0.062, 其次是 5 月、10 月和 8 月。与 1997 年相比, 到 2007 年吴起县有 75.15% 耕地不再耕种, 退出的耕地主要变为草地、林地和果园; 林草覆盖率增加显著, 由 1997 年的 37.06% 提高到 2007 年的 80.60%; 高坡度耕地绝大部分实现退耕, > 25° 的坡耕地 80%~90% 实现了退耕; 低植被覆盖度的土地面积在大幅度减少, 相反高植被覆盖度的土地面积在大幅度增加, 退耕还林(草)的成绩是显著的, 生态环境有了明显的改善。模型计算表明, 退耕还林工程产生了较明显的水土保持效益, 平均减水效益 32%, 减沙效益 53.6%, 土壤侵蚀明显降低。人类活动因素的贡献率远大于降水因素。

关键词: 气候变化; 人类活动; 土壤侵蚀

中图分类号: S157

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2009)06-0030-05

Effect of Climate Change and Human Activities on Soil Erosion in Wuqi

SUN Zhì-hui, CAO Xue-mei, LI Xin-ya, LEI Yan-peng, LIU Zhi-chao

(Meteorological Bureau of Yan' an, Yan' an Shaanxi 716000, China)

Abstract: Regression analysis and establishing mathematical model by use of correlation analysis after analyzing the data on NDVI of GIMMS and SPOT VEGETATION, TM satellite data in 1997 and 2007, precipitation, runoff and sediment discharge, and draw the conclusion that the NDVI increased by 24.4% in the 9 years from 1999 to 2007 in Wuqi. There has obvious advantage in April–October vegetation growing season, and with less change in winter by compared NDVI before and after farmland. The mean differences is 0.039, it is 0.062 in September, and is the most obvious, next came the May, October and August. Compared to 1997, with 75.15% of cultivated land is no longer farmed in 2007 in Wuqi. The withdrawal of the main arable land into grassland, woodland and orchards. forest coverage increased significantly, to 80.60% in 2007 from 37.06% in 1997; high slope cultivated land most returned, the 80%~90% of slope(> 25°) land returned; low vegetation coverage of the land area reduced greatly, on the contrary, high vegetation coverage of the land area apparently increased, the achievement of returning farmland to forest (grass) is remarkable, the marked improvement in the ecological environment. Model calculations show that returning farmland to forest project produced a more obvious benefits of soil and water conservation, the average benefits of water reduction is 32%, it is 53.6% of sand reduction and, soil erosion decreased significantly. The contribution of human activities factor is much greater than precipitation.

Key words: climate change; human activity; soil erosion

退耕还林还草工程是我国为保护和改善生态环境而采取的一项重要的生态恢复工程, 我国许多学者已对退耕还林措施为生态、社会和经济环境带来的影响, 进行了广泛深入的研究^[1-3]。特别是针对全

国退耕还林典型县吴起通过遥感和实地监测调查等手段从植被覆盖、水土保持、气候影响、土壤质地、植物群落变化等方面进行了研究^[4-6], 得出许多结论。吴起植被群落盖度乔木 63.92%、灌木 74.28%、草

* 收稿日期: 2009-09-07

作者简介: 孙智辉(1967-), 男, 学士, 高级工程师, 主要从事遥感、生态与农业气象研究。E-mail: yaszhi@163.com

地 70.09%, 植物群落的组成趋于均匀和稳定, 土壤养分增加, 涵养性增强, 生态环境得到明显改善。由于植被作用的存在, 降水和侵蚀产沙之间的关系不是线性的, 而是非线性的、复杂的。某一地点的侵蚀强度, 取决于降水侵蚀力、暴雨径流侵蚀力与地表抗蚀力之间的对比关系^[7]。地表抗蚀力可分解为地表植被抗蚀力和地表物质抗蚀力, 前者直接取决于植被状况, 而后者也与植被有一定的联系。吴起土壤侵蚀模数的下降与地表植被变化有很大的关系, 也与气候变化有关。本文利用 TM 遥感影像解译土地利用状况、植被覆盖度的变化, 利用 1982–2007 年植被指数和气象水文资料, 分析该县退耕还林后植被指数的变化、降水侵蚀力的变化、径流的变化, 得出退耕还林后植被改变引起的水文效应。

1 研究区概况

吴起县位于陕西西北部(107°38′57″–108°32′49″E, 36°33′33″–37°24′27″N), 北与榆林市的定边、靖边县毗邻, 东南与志丹县相连, 南与甘肃省华池县, 西与环县接壤, 海拔高度 1 233~1 809 m, 总面积 3 791.5 km²。气候属半干旱温带大陆性季风气候, 年平均气温 8.0℃, 平均日照时数为 2 400 h, 平均降水量 483.4 mm, 无霜期 152 d, 干旱、冰雹、大风、暴雨以及霜冻等自然灾害频繁。县境内山大沟深, 植被稀少, 水土流失严重, 灾害频繁。1998 年吴起县把治理水土流失, 改善生态环境, 振兴农业和农村经济, 实现可持续发展作为农村经济的总目标, 以封山禁牧为突破口, 解决林牧矛盾, 调整农业产业结构, 确定了“封山退耕, 植树种草, 舍饲养畜, 林牧主导, 强农富民”的开发战略, 一次性退耕 1.04 × 10⁵ hm², 截止目前, 全县已累计完成退耕还林计划任务 1.58 × 10⁵ hm², 是全市退耕还林面积的 20.6%。在 SPOT VEGETATION NDVI 图像上, 吴起县版图轮廓从 2001 年开始显现, 以后变得越来越清晰, 该县的植被覆盖与周围区域差异变得越来越大, 植被覆盖和长势明显好于周围区域^[8-10]。

2 资料和方法

2.1 资料

TM 影像为 LANDSAT 全波段遥感数据, 共 4 景影像, 其空间分辨率为 30 m, 2 景影像(12834, 12835) 时相为 1997 年 8 月 23 日, 另 2 景影像(12834, 12835) 时相分别为 2007 年 8 月 3 日和 9 月 20 日。基础地理信息数据包括 1:25 万吴起县全要素数字地图、1:5 万数字高程模型, 这些辅助数据主要用于图像精校正、辅助分类、综合制图和地学分析。地面调查资

料用于监督分类训练样本和精度验证。

研究使用 GIMMS 和 SPOT VEGETATION (SPOT VGT) 两种数据集的 NDVI 数据。GIMMS 资料是 1981 年 7 月到 2003 年 12 月 15 d 的最大值合成 NOAA/AVHRR NDVI, 取自美国马里兰大学 GIMMS (Global Inventory Modeling and Mapping Studies) 8 km × 8 km 分辨率的全球数据。SPOT VGT 数据来自比利时佛莱芒技术研究所(Flemish Institute for Technological Research, Vito) 发布的 10 日最大值合成数据, 空间分辨率约 1 km, 时间是 1998 年 4 月至 2007 年 12 月。这两个数据集中, 对云、太阳高度角、仪器视场角、气溶胶的影响进行了校正。NDVI 的理论值在-1 到 1 之间, 其中-0.1 为水体, 0 代表裸露地表, NDVI 值从大于 0~1 代表了植被从疏到密的分布^[11]。降水量由吴起县气象局提供, 径流量和输沙量由延安市水资源管理局提供。

2.2 方法

2.2.1 TM 影像的解译和分析方法 地表植被空间演变规律及土地利用动态变化研究所采用的技术流程是: 遥感图像预处理和几何精校正、野外调查、训练样区建立及分类模板评价筛选、计算机监督分类、精度验证、三维分析、土壤侵蚀分析、制图及数据统计等, 这些过程是 ERDAS IMAGINE 遥感图像处理和 ARCMAP 地理信息系统软件的支持下实现的。

(1) 土地利用类型解译在国家或有关部门分类标准的规范下, 根据解译对象的特点和要求, 最大限度的使用遥感信息。综合考虑国家土地利用分类标准并结合实际使用情况, 先将图像解译出 13 个二级类, 然后将 13 个二级类合并成 7 个一级类, 即水体、林地(有林地、灌木、针叶林)、草地、未利用地(沙地、盐碱地、裸岩)、耕地(旱地、水田、菜地)、居民地和工矿用地、果园。

(2) 植被覆盖度计算方法。植被覆盖度指植被冠层的垂直投影面积与土壤总面积之比, 即植土比。可以用式(1)计算^[12]。

$$f = (NDVI - NDVI_{\min}) / (NDVI_{\max} - NDVI_{\min}) \quad (1)$$

式中: $NDVI_{\min}$ ——裸地的植被指数; $NDVI_{\max}$ ——植被全覆盖时的植被指数; $NDVI$ ——归一化植被指数; f ——植被覆盖度。

计算得到的植被覆盖度图像存在许多并不是由于植被所引起的伪信息, 因此, 必须进一步剔除这些伪变化信息。为了有效地剔除掉图像中存在的非植被覆盖引起的伪信息, 根据 $NDVI < 0$ 的地区无植被覆盖, $NDVI > 0$ 地区有植被覆盖, 将这一信息和植被覆盖度图像复合分析, 得到了 1997 年、2007 年吴起的植被覆盖度图。

2.2.2 NDVI、降水量、径流量等因子的分析方法

在 GIS 支持下,采用最大值合成法制作成月数据,再逐月提取吴起县 NDVI 数据,并统计其月、季、年平均值及不同级别 NDVI 的像元数。利用统计图表分析 NDVI 的年际、季节、年变化和不同级别 NDVI 的面积变化趋势。由于 GIMMS 和 SPOT VGT 两种数据采用了不同的传感器,其波段范围有些差异,因此需对二者的一致性进行检验^[13],利用 GIMMS 和 SPOT VGT 两种数据 1998–2003 年重叠时间,采用线性回归分析方法对 2004–2007 年逐月进行订正插补,各月相关系数均通过 0.001 可信度检验,插补数据可以使用。

对于趋势变化的分析采用回归分析方法,即把分析因子值看作是一个时间的函数,对其与年份进行回归分析,得到一元线性回归方程,用来表示分析因子变化趋势。如果方程的斜率为负值则认为分析因子呈减小趋势,为正值则认为分析因子呈增加趋势。以相关系数通过的显著性检验水平 P 判断植被覆盖减小或增加趋势明显程度,即 $P \leq 0.1$ 趋势明显, $P \leq 0.05$ 趋势显著^[14-15]。各个因子之间关系的研究采用相关分析方法,通过计算相关系数来表征相关性,判断因子之间的相关性也采用显著性检验方法。

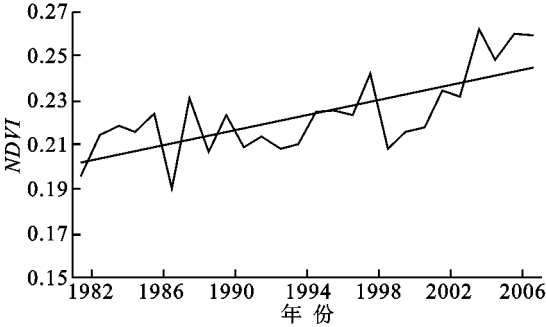


图 1 吴起县年平均 NDVI 曲线和线性趋势

3 结果分析

3.1 植被变化分析

3.1.1 年 NDVI 的年际变化 由图 1 可知,吴起县的 NDVI 在波动起伏中增大,1987 年最差,为 0.186 3;2004 年最好,为 0.261 7;26 a 平均 NDVI 为 0.223 7。这里需要指出的是 1999 年 NDVI 为 0.208 4,2007 年为 0.259 3,9 a 中增加了 24.4%,这可能与 1998 年以来吴起县全境的封山禁牧有关。从平均值来看,20 世纪 80 年代和 90 年代平均值接近,分别为 0.213 7 和 0.218 1,2001–2007 年平均值为 0.244 6,明显高出,说明封山禁牧后植被明显好转。从线性趋势来看,平均每年的 NDVI 增加为 1.7×10^{-3} 。趋势线滤去一些短期气候波动对 ND-

VI 的影响,代表了 NDVI 随生态环境、长期气候变化及其综合效应的影响,可以看出 1982–2007 年 NDVI 总体上处于上升趋势。

3.1.2 月 NDVI 的年际变化 分析吴起各月 NDVI 变化情况和它们的线性变化趋势(图 2)。在植被生长季节的 4–10 月,所有的线性变化趋势都为正值即 NDVI 都在增加。9 月线性趋势值最大,为 $3.8 \times 10^{-3}/a$,其次是 5 月、10 月和 8 月,增幅分别为 $3.2 \times 10^{-3}/a$ 、 $3.0 \times 10^{-3}/a$ 和 $2.7 \times 10^{-3}/a$,6 月和 7 月增幅较小,分别是 $1.7 \times 10^{-3}/a$ 和 $1.3 \times 10^{-3}/a$,4 月增幅最小为 $1.2 \times 10^{-3}/a$ 。

3.1.3 NDVI 的年变化 图 2 给出了吴起县退耕还林前(1991–2000 年)和退耕后(2001–2007 年) NDVI 的月平均曲线。12 月至次年 3 月,退耕前后植被指数差值很小,处于全年低值区,NDVI 从 4 月份开始增大,退耕前 8 月达到极大值为 0.367 3,而退耕后在 9 月达到极大值为 0.393 8,差值最大。

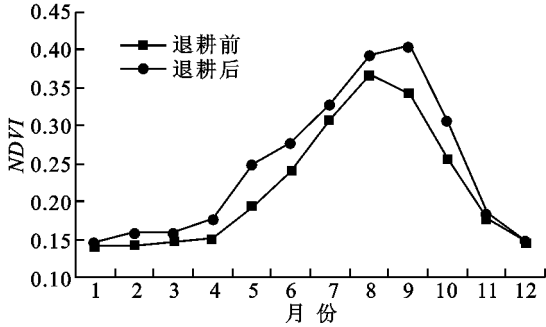


图 2 吴起退耕前与退耕后月平均 NDVI 年变化

3.1.4 NDVI 与径流的相关分析 植被覆盖变化是影响径流与径流系数的因素之一^[16]。吴旗植被变化是否对径流产生了影响是应分析的一个问题。利用年降水量与年径流量、输沙量进行相关分析,在 1982–2007 年 26 a 年降水量与年径流量相关系数为 0.476,通过 0.05 的可信度检验,与年输沙量相关系数为 0.392,通过 0.1 的可信度检验。吴起降水量的大小和分布仍是影响径流的主导因子。分析年植被指数与年径流和输沙量相关系数,分别为 -0.293 和 -0.357,后者通过 0.1 的可信度检验,说明植被的变化已经开始影响输沙量。

3.2 土地利用类型变化

20 世纪 70–90 年代前期,为了增加粮食生产,吴起县开发扩大耕地面积。近年来,通过实施退耕还林还草的生态环境建设工程,减少作物播种面积,大力种植人工苜蓿,营造沙棘林和山杏,发展设施养殖和林果产业,使土地利用发生了很大的变化。表 1 是吴起县退耕前后不同土地利用类型面积占国土面积百分比的变化情况。从表 1 可以看出,吴起县 1997 年耕地面积占国土面积的 61.42%,到 2007 年

减少到 15.26%, 原有耕地的 75.15% 不再进行耕种。退出的耕地主要变为草地、林地和果园, 这 3 种地类所占比例 2007 年分别比 1997 年增长了 300.49%、35.71 和 4 017.04%。

表 1 陕北吴起县不同土地利用类型面积占国土面积百分率 %

土地利用类型	水体	林地	草地	未利用土地	耕地	居民地	果园
2007 年	0.70	34.76	45.84	0.03	15.26	0.25	3.15
1997 年	0.25	25.62	11.45	1.06	61.42	0.13	0.08
2007-1997 年变化	0.45	9.15	34.39	-1.03	-46.16	0.12	3.08
变化百分率/%	180.98	35.71	300.49	-97.10	-75.15	89.01	4017.04

表 2 陕北吴起县不同类型覆盖率变化 %			
覆盖率类型	森林覆盖率	林木覆盖率	林草覆盖率
2007 年	34.76	34.76	80.6
1997 年	0.95	25.62	37.06
2007-1997 年变化	33.81	9.15	43.54

表 2 是吴起县退耕前后不同类型植被覆盖率的变化情况。表中森林覆盖率为有林地面积占国土面积的百分比, 林木覆盖率为有林地和灌木林面积占国土面积的百分比, 林草覆盖率为有林地、灌木林和草地面积占国土面积的百分比。由表 2 可以看出, 吴起县森林覆盖率由 1997 年的 0.95% 提高到 2007 年的 34.76%, 增长了 33.81 个百分点; 林木覆盖率由 1997 年的 25.62% 提高到 2007 年的 34.76%, 增长了 9.15 个百分点; 林草覆盖率增加最为显著, 由 1997 年的 37.06% 提高到 2007 年的 80.60%, 增长了 43.54 个百分点。这主要是由于吴起县的自然环境适宜草类生长, 该县大力推广牧草种植, 使牧草种植面积得到大幅度的扩展。

3.3 植被覆盖度变化

由图 3 可以看出, 与退耕前的 1997 年相比, 低植被覆盖度的土地面积在大幅度减少, 相反高植被覆盖度的土地面积在大幅度增加; 植被覆盖度 10%~30% 的面积所占比例由 1997 年的 66.67% 减少到 2007 年的 32.25%, 减少幅度达 51.62%; 植被覆盖度 30%~50% 的面积所占比例由 1997 年的 11.06% 增加到 2007 年的 44.07%, 增加幅度达 298.28%。

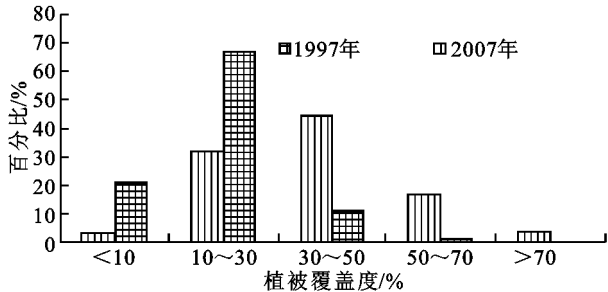


图 3 吴起县各等级植被覆盖度面积占国土面积百分比

3.4 降水侵蚀力的变化

降水侵蚀力 R 是按降水能量 E 和最大 30 min 雨强 I_{30} 来定义的, 即 $R = \sum(E \times I_{30})$ 。由于野外测

定 E 一定困难, 故常按经验公式来计算 R 值, 黄土高原的平均降水侵蚀力的经验公式^[17] 如式(2)。

$$R = 0.015P^{0.107}I_{60}^{0.989}I_{1440}^{1.312} \quad (2)$$

式中: P ——年降水量; I_{60} , I_{1440} ——年最大 60 min 和 1 440 min 降水量 (mm); R ——平均降水侵蚀力 [$m \cdot t \cdot cm / (hm^2 \cdot h)$]。

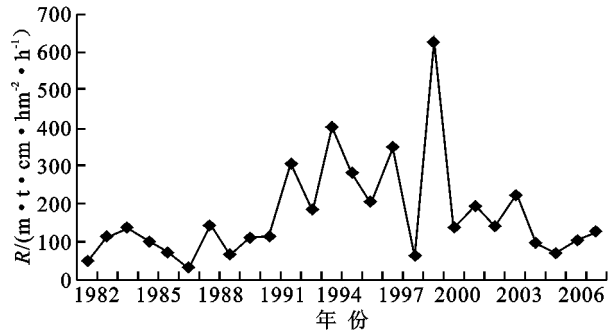


图 4 吴起年降水侵蚀力变化

从图 4 可看出, 降水侵蚀力的变化可分为 3 个阶段, 1982-1991 年降水侵蚀力较小, 平均值为 94.68 $m \cdot t \cdot cm / (hm^2 \cdot h)$, 1992-1999 年, 降水侵蚀力突然增大, 且年际之间变幅明显, 平均值为 301.25 $m \cdot t \cdot cm / (hm^2 \cdot h)$, 而 2000 年以后, 降水侵蚀力在减小, 平均值为 137.72 $m \cdot t \cdot cm / (hm^2 \cdot h)$ 。以生态建设开始发挥效益的 2001 年为分界点, 退耕前降水侵蚀力的平均值为 183.94 $m \cdot t \cdot cm / (hm^2 \cdot h)$, 退耕后降水侵蚀力平均值为 137.67 $m \cdot t \cdot cm / (hm^2 \cdot h)$, 相比减少 25%。

3.5 产流产沙关系分析

3.5.1 累积曲线分析 点绘吴起年降雨量、年径流量和年输沙量累积曲线(图 5), 从曲线趋势可以看出, 年降雨量累积曲线斜率变化不大, 年径流量累积曲线斜率在 2001 年前与降水量曲线斜率基本一致, 2001 年后略有减缓, 年输沙量累积曲线斜率小于降水量曲线斜率, 在 2001 年后变化较大, 大幅缓和。年径流量和年输沙量累积曲线在 2001 年以后明显变缓, 说明实施退耕还林工程后下垫面对流域水沙产生影响。

3.5.2 降水与径流关系分析 年径流量不仅与汛期降雨量有关, 而且还与非汛期降雨量及降雨量集

中程度有关。综合分析年降水量、汛期降水量、非汛期降水量及一日最大降水量对年径流量的影响,建立了吴起降水与径流回归模型:

$$R_c = K_1(P_{汛}f^{m_0} + P_{枯}^{n_0}) + C$$
$$\text{令 } P_F = P_{汛}f^{m_0} + P_{枯}^{n_0}$$
$$\text{则 } R_c = K_1P_F + C \quad (3)$$

式中: R_c ——计算年径流量(亿 m^3); K_1 ——反映流域产流特性的综合因子; P_F ——降水参量综合变量; $P_{汛}$ ——汛期降水量(mm); $P_{枯}$ ——非汛期降水量(mm); f ——汛期降水集中系数, $f = P_1/P_{汛}$; P_1 ——最大 1 日降水量(mm); m_0, n_0 ——幂指数。分别反映汛期和非汛期降水对年径流量的影响程度,其中 $m_0 = 0.25, n_0 = 0.75$; C ——常数。

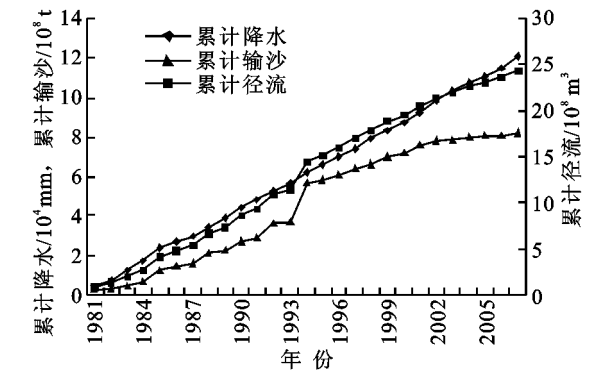


图 5 吴起年累计降水、累计径流、累计输沙量变化
利用退耕前 1982—2000 年的观测资料进行相关分析,得出退耕前降水与径流量关系如式(4)。

$$R_c = 0.0042P_F - 0.1741$$
$$(r = 0.6639, n = 19, p < 0.01) \quad (4)$$

将 2001—2007 年降水资料代入(4)式,就可得到假设吴起县无退耕工程的条件下的径流量,与实测径流量进行比较后便可得到减水量和减水效益。7 a 平均减水效益为 32%。

3.5.3 降水与产沙关系分析 以吴起水文站输沙量为因变量,作为影响因子的变量为降水特征,包括年降水量 P , 汛期降水量 $P_{汛}$, 15 时段降水量与最大 30 日累积降水量 P_{30} 。在建立模型时,采用了汛期降水量 6 h 最大降水量 P_h 与最大 30 日累积降水量 P_{30} 。

以 1982—2000 年的观测资料为基础,经计算建立了如下回归方程:

$$Q_s = 0.0054P_h^{0.3588}P_{30}^{0.4475}P_{汛}^{1.609}$$
$$(r = 0.6879, n = 19, p < 0.001) \quad (5)$$

式(5)表明,输沙量随 6 h 最大降水量、最大 30 日累积降水量和汛期降水量的增大而增大。将 2001—2007 年降水资料代入式(5),就可得到假设吴起县无退耕工程的条件下的输沙量,与同期实测输沙量进行比较后便可得到减沙量和减沙效益^[18]。7 a 平均减沙效益为 53.6%。

4 结论

吴起县的植被状况 26 a 来尽管有波动起伏,但整体在持续转好,表现在低覆盖率植被面积在减少,高覆盖率植被面积在增加,植被状况明显转好。特别是 1999—2007 年 9 a 中 $NDVI$ 增加了 24.4%,这可能与 1998 年以来吴起县全境的封山禁牧有关。退耕前后 $NDVI$ 比较,冬季的变化较小,植被生长季节的 4—10 月 $NDVI$ 有明显的差值,平均相差 0.039,9 月相差最为明显,达到 0.062,其次是 5 月、10 月和 8 月。

从 1997 年和 2007 年 TM 影像解译得到土地利用类型和植被覆盖率等两个方面的数据变化来看,吴起县近年来退耕还林(草)的成绩是显著的,生态环境有了明显的改善。与 1997 年相比,到 2007 年吴起县有 75.15% 耕地不再耕种,退出的耕地主要变为草地、林地和果园;林草覆盖率增加显著,由 1997 年的 37.06% 提高到 2007 年的 80.60%;高坡度耕地绝大部分实现退耕,> 25° 的坡耕地 80%~90% 实现了退耕;低植被覆盖度的土地面积在大幅度减少,相反高植被覆盖度的土地面积在大幅度增加。

吴起退耕还林工程产生了较明显的水土保持效益,平均减水效益 32%,减沙效益 53.6%。气候变化也有利于降低土壤侵蚀,平均降水侵蚀力降低 25%。人类活动因素的贡献率远大于降水因素。

参考文献:

[1] 唐克丽,张科利.黄土高原人为加速侵蚀与全球变化[J].水土保持学报,1992,6(2):88-96.

[2] 周洪建,王静爱,李睿.基于 SPOT VEG NDVI 和降水序列的退耕还林(草)效果分析[J].水土保持学报,2008,22(4):70-74.

[3] 华凤燕,杨尚勤.退耕还林对吴起县粮食产量影响初析[J].科学技术与工程,2008,8(10):2742-2745.

[4] 李登科,刘安麟,邓凤东,等.陕北黄土高原丘陵沟壑区坡耕地三维分析[J].干旱地区农业研究,2004,22(1):176-178.

[5] 曾光,杨勤科,张信宝.黄土丘陵沟壑区退耕地植被自然恢复过程[J].中国水土保持科学,2008,6(6):48-52.

[6] 李卫忠,吴付英,吴宗凯,等.退耕还林对农户经济影响的分析[J].西北林学院学报,2007,22(6):161-164.

[7] 许炯心,姚文艺,韩鹏,等.基于气候地貌植被耦合的黄河中游侵蚀过程[M].北京:科学出版社,2008.

[8] 李登科,卓静,孙智辉.基于 RS 和 GIS 的退耕还林生态建设工程成效监测[J].农业工程学报,2008,24(12):120-126.

[9] 孙智辉,罗琳,苏锋,等.陕北植被变化遥感监测及对径流的影响[J].气象科技,2007,35(2):282-285.

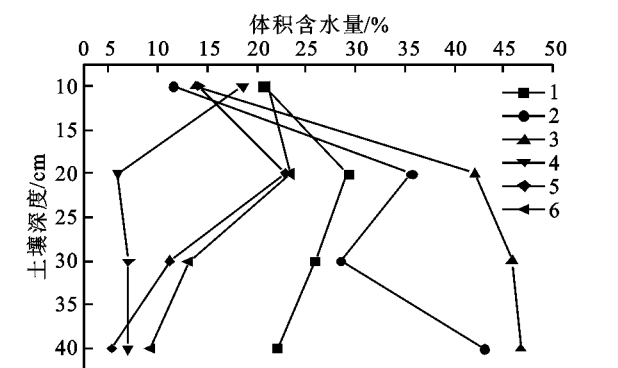


图 3 同种土地利用下的不同深度含水量变化

(1)在碎石土中实施生态修复后,合欢林对土壤含水量的影响较为显著,增加了表层含水量,降低了深层土壤的含水量。对于减少浅层滑坡具有一定的作用。坡积层土壤中实施生态修复后,石榴+横坡耕作与林草地对土壤含水量的影响较为显著,增加了土壤入渗,减小了坡面径流,从而有效地减缓了坡面侵蚀。

(2)不同土地利用类型的 10 cm 深度处的土壤含水量,变化显著,对降雨的响应明显,变化幅度大。含水量受当日降水的影响明显,相关系数在 0.35 以上,此后随着时间的推移,相关系数逐渐减小,相关系数曲线呈逐渐减小的趋势。

(3)综合结果表明:生态修复首先是通过土壤结构进行改良,然后影响到土壤其他形状,从而使得土壤具有自我调节和孕育其他生物物种条件,环境逐渐得到改善。

(4)对干热河谷区进行生态修复,首先要选择合适的物种,采取有效地措施,才能起到良好的效果。对于人口密集、耕地少的区域,采取横坡耕作,并种植经济林是提高干热河谷区土地利用效率、土地生产力和减少水土流失的有效途径。

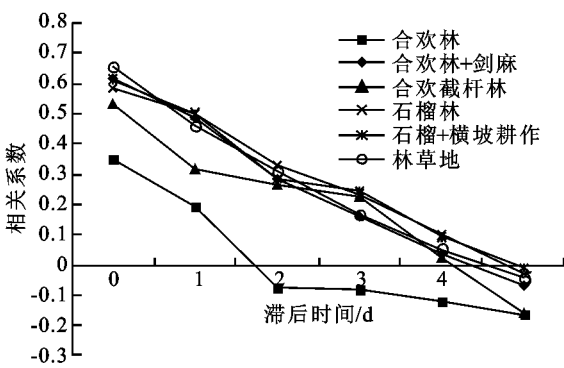


图 4 土壤含水量变化的滞后特征

参考文献:

[1] 杨永红,刘淑珍,王成华.土壤含水量和植被对浅层滑坡土体抗剪强度的影响[J].灾害学,2006,21(2):50-54.

[2] 张明忠,朱红业,张映翠,等.云南干热河谷旱坡地两种覆盖措施对土壤水分的影响[J].干旱地区农业研究,2007,25(3):37-40.

[3] 王道杰,崔鹏,朱波,等.金沙江干热河谷植被恢复技术及生态效应[J].水土保持学报,2004,18(5):95-98.

[4] 李少丽,丰瞻,王宇.恢复生态学理论在西南重大水电工程区生态修复中的应用探讨[J].灾害与防治工程,2007,63(2):74-80.

[5] 薛顺康.生态修复项目监测初探[J].中国水土保持,2004(11):8-10.

[6] 巩合德,张一平,刘玉洪,等.哀牢山常绿阔叶林土壤水分动态变化[J].东北林业大学学报,2008,36(1):53-54.

[7] 张俊斌,黄雍杰,梁大庆.不同坡地土壤水分分布变化之研究[J].水土保持研究,2007,14(1):301-304.

[8] 马福武,贾志兰.晋西黄土丘陵沟壑区不同地类土壤水分变化规律研究[J].中国水土保持,1998(2):26-28.

[9] 崔鹏,王道杰,韦方强.干热河谷生态修复模式及其效应:以中国科学院东川泥石流观测研究站为例[J].中国水土保持科学,2005,3(3):60-64.

(上接第 34 页)

[10] 罗国占,赵廷宁,王贤,等.吴旗县覆沙黄土区退耕还林结合封禁的植被恢复效果研究[J].水土保持研究,2006,13(3):80-82.

[11] 甄计国,陈亚伟.植被指数与退耕还林草初期的遥感监测应用[J].遥感技术应用,2006,21(1):41-48.

[12] 牛宝茹,刘俊蓉,王政伟.干旱区植被覆盖度提取模型的建立[J].地理信息科学,2005,7(1):84-86.

[13] 信忠保,许炯心,郑伟.气候变化和人类活动对黄土高原植被覆盖变化的影响[J].中国科学 D 辑:地球科学,2007,37(11):1504-1514.

[14] 朴世龙,方精云.最近 18 年来中国植被覆盖的动态变化[J].第四纪研究,2001,21(4):294-302.

[15] 李月臣,宫鹏,刘春霞,等.北方 13 省 1982-1999 年植被变化及其与气候因子的关系[J].资源科学,2006,28(2):109-117.

[16] 李春晖,杨志峰.黄河流域 NDVI 时空变化及其与降水/径流关系[J].地理研究,2004,23(6):753-758.

[17] 王万忠,焦菊英,郝小品.黄土高原侵蚀产沙强度、面积、数量间相互关系的统计分析[J].土壤侵蚀与水土保持学报,1998,4(1):54-60.

[18] 张经济,冀文慧,冯晓东.无定河流域水沙变化现状、成因及发展趋势的研究[M]//汪岗,范昭.黄河水沙变化研究(2 卷).郑州:黄河水利出版社,2002:393-429.