

陕西省退耕还林工程区植被覆盖度的变化分析

范建忠,李登科,周 辉
(陕西省农业遥感信息中心, 陕西 西安 710014)

摘 要: 利用 MODIS NDVI 数据和像元二分模型计算的植被覆盖度,比较分析退耕还林工程区与周边区域、主要土地利用类型、不同坡度耕地植被覆盖度变化程度和趋势。结果表明:(1) 陕西省退耕还林区植被覆盖度从 2000 年到 2011 年呈现显著的增长趋势,增长速率高于周边区域;(2) 退耕还林区植被覆盖变化百分率 $\geq 10\%$ 的面积占 79.8%, $\leq -10\%$ 所占面积不及 1%;(3) 退耕还林区植被覆盖度显著增加的面积占其总面积的 70.6%,显著减少的面积仅占 0.1%,植被覆盖度显著增加的情况主要出现在未利用地、草地、林地和耕地,显著和极显著降低的发生在城乡、工矿、居民用地和极少部分耕地;(4) 坡耕地植被覆盖改善比例大,坡耕地植被覆盖改善对于耕地植被改善贡献较大。在陕西省气候呈现暖干化发展趋势背景下,退耕还林区植被覆盖度呈现显著增长趋势,增长速率高于周边区域,坡耕地、林地、草地均比其他类型有明显的增加,退耕还林政策实施区域取得了良好的植被恢复效果。

关键词: 陕西省;退耕还林;植被覆盖度;土地利用;坡耕地
中图分类号: S181 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-7601(2013)04-0207-07

Variation of fractional vegetation coverage in returning cropland to woodland project zones in Shaanxi Province

FAN Jian-zhong, LI Deng-ke, ZHOU Hui
(*Shaanxi Remote Sensing Information Center for Agriculture, Xi'an 710014, China*)

Abstract: MODIS NDVI data and dimidiata pixel model were used to analysis the variation degree and trend of FVC of main land use types and cultivated land with different slopes in both the project zones and the perimeter zones. The results showed: (1) The FVC in the project zones of returning cropland to woodland increased significant with a higher rate than that in the perimeter zones. (2) The area with an increase rate of FVC being higher than 10% occupied for 79.8% of the project zones, while the area with a decrease gradient being higher than 10% occupied for less than 1%. (3) The area with a significant increased FVC occupied for 70.6% of the project zones, while the area with a significant decreased FVC only occupied for 0.1%. The FVC of unused land, grassland, forestland and most of cultivated land showed a significant increase trend, while that of construction land for industries, mines and residents in urban and rural regions, and a small part of cultivated land showed a significant or extremely significant decrease trend. (4) The FVC of sloping farmland was improved significantly, and it contributed with a high proportion to the vegetation improvement of whole farmland. Under the circumstance of warming and drying tendency, the FVC in the project zones of returning cropland to woodland showed a significant increase trend, with a higher rate that in the perimeter zones. The FVC of sloping farmland, forestland and grassland increased more than that of other land use types. This could come to a conclusion that the policy of returning cropland to woodland produced a good effect of vegetation restoration.

Keywords: Shaanxi Province; returning cropland to woodland; vegetation coverage; land use; sloping farmland

退耕还林工程是从保护和改善生态环境出发,计划、有步骤地停止继续耕种,因地制宜地造林种草,恢复植被。实施退耕还林是中国政府为解决水土流失严重、江河水患频繁等问题而做出的重大战

收稿日期:2012-08-22
基金项目:陕西省科学技术研究发展计划项目(2011K17-02-04)
作者简介:范建忠(1961—),男,陕西宜川人,高级工程师,主要从事气候和遥感应用业务和科研工作。E-mail: FANjz@yahoo.com.cn。
通信作者:李登科(1963—),男,陕西眉县人,高级工程师,主要从事农业气象和遥感应用业务和科研工作。E-mail: ldk81711@sohu.com。

略决策^[1]。自 1999 年在四川、陕西、甘肃三省试点,经历了大规模推进、结构性调整、巩固成果等阶段,范围涵盖中国 25 个省(自治区、直辖市)^[2]。

由于退耕还林工程覆盖面广,政策性强,情况复杂,管理检查难度大,很有必要利用遥感技术手段开展对退耕还林工程进行动态监测,指导生态建设规划实施和检查工作成效,促进这项工作向纵深发展。贾晓娟等基于两期 TM 影像解译获得的土地利用变化数据,分析退耕还林工程实施前后土地利用的转化情况^[3-5]。许智超等基于实地调查及 TM/ETM 数据,对退耕还林(草)以来植被覆盖度、主要植被类型变化及不同立地条件下植被恢复变化的差异进行了定量分析^[6-8]。周洪建等运用 NDVI 数据,分析人类活动对植被退化/恢复影响的空间格局^[9-11]。李昊等^[12]建立 NDVI-气候响应模型,结合残差法来分析退耕还林工程为主的人为因素在当地生态恢复中的作用。黄文广等利用基于 NDVI 的像元二分模型对退耕还林(草)、水土流失综合治理等生态恢复措施驱动下生态脆弱区的植被覆盖度进行了动态评估^[13-14]。由于高分辨率卫星资料获得周期长,很难获得同时相大范围遥感影像,对于退耕还林工程的监测仅限于县域或乡镇范围内的土地利用变化监测;而使用 NDVI 比较抽象,不易被政府和公众理解,因此基于像元二分模型的植被覆盖度被广泛应用于植被覆盖变化的研究中^[15-17]。

本文以陕西省退耕还林工程区为研究区域,利用 MODIS NDVI 数据和像元二分模型计算的植被覆盖度,比较分析退耕还林区与周边区域、主要土地利用类型、不同坡度耕地植被覆盖度变化程度和趋势,以期解译退耕还林政策所引起的植被覆盖度的深刻变化,为明晰退耕还林所产生的植被恢复效益提供科学依据。

1 研究区域

陕西省地处黄河中游、长江上中游地区,属于国家生态环境建设重点区域。1999 年在全国率先开展了退耕还林工程建设。截至 2009 年 10 月底,全省累计造林 4.56 × 10⁴ km²,其中退耕还林 2.30 × 10⁴ km²,位居全国第一。根据陕西省林业勘察设计院提供的退耕还林区图(图 1),陕西省退耕还林区包括陕北退耕还林区和陕南退耕还林区,分别位于陕北黄土高原丘陵沟壑区、渭北塬区和陕南低山丘陵区。由图 1 计算可知,陕西省退耕还林面积为 79 256 km²,占全省国土面积的 38.5%。其中陕北、陕南退耕还林区面积分别为 54 922、24 334 km²,分别占全

省退耕还林面积的 69.3% 和 30.7%。陕西省退耕还林区以草地和耕地为主,分别占退耕还林总面积的 45.9% 和 44.1%;林地面积占退耕还林总面积的 9.0%;水域、城乡、工矿、居民用地和未利用地所占比例不及 1%(表 1)。

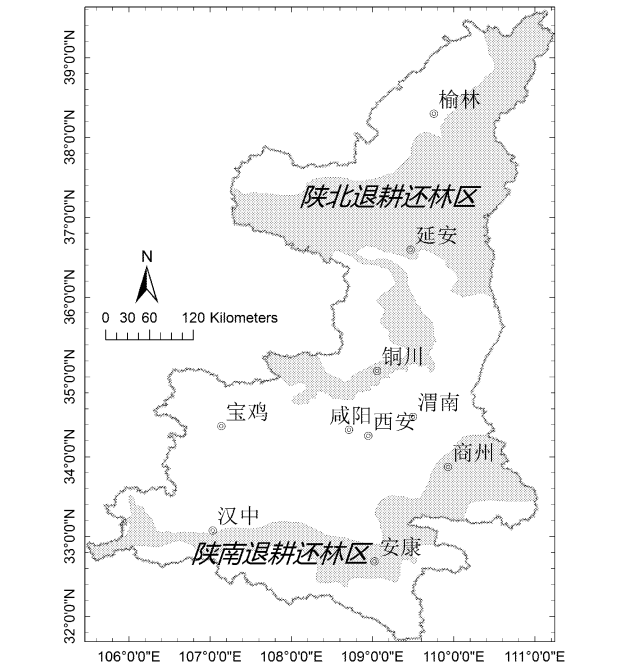


图 1 陕西省退耕还林区示意图
Fig.1 Schematic diagram of returning cropland to woodland project zones in Shaanxi Province

表 1 各土地利用类型所占面积比例/%
Table 1 Proportion of different land use types in total area

土地利用类型 Land use type	陕北退耕还林区 Project zones in North Shaanxi	陕南退耕还林区 Project zones in South Shaanxi	陕西省退耕还林区 Project zones in Shaanxi
耕地 Farmland	48.67	33.62	44.05
林地 Woodland	3.69	20.94	8.99
草地 Pasture	46.50	44.54	45.89
水域 Water body	0.72	0.78	0.74
城乡、工矿、居民用地 Land for construction	0.14	0.12	0.13
未利用地 Unused land	0.28	0.00	0.20

为了比较退耕还林区内、外植被覆盖的变化情况,把退耕还林区外 20 km 范围的缓冲区作为退耕还林周边区域。

2 数据来源与分析方法

2.1 数据来源及处理

卫星遥感资料选取美国 NASA LP DAAC(Land

Processes Distributed Active Archive Center) 提供的 2000—2011 年 16 天合成的 MODIS 植被指数产品 MOD13Q1(分辨率 250 m)。该数据集统一采用 SIN GRID 投影并已进行去云、辐射校正、大气校正等处理。利用 MODLAND 提供的 MRT(MODIS REPROJECTION TOOL)投影转换工具,进行图像拼接和投影变换,转换为等经纬度坐标投影,基准面为 WGS-84 坐标系。在 ERDAS IMAGINE 中利用最大值合成法(MVC)对各年 NDVI 进行最大值合成。

土地利用数据来源于“中国 1:10 万土地利用数据”^[18]。中国 1:10 万土地利用数据是由中国科学院“八五”重大应用项目“全国资源环境遥感宏观调查与动态研究”的成果。数据采用一个分层的土地覆盖分类系统,将全国分为 6 个一级类(耕地,林地,草地,水域,城乡、工矿、居民用地和未利用土地),31 个二级类。这是目前我国精度最高的土地利用数据产品。但其是按县分幅的,在具体应用时,对其进行了合并,形成了 1:100 万土地利用数据。由于该数据成图在 2000 年之前,且精度较高,能较好地反映退耕前陕西省土地利用情况,因此适用于分析退耕前后不同土地利用类型的植被覆盖度变化。

陕西省退耕还林区分布图来自陕西省林业勘察设计院。

2.2 数据分析

2.2.1 植被覆盖度的计算 植被覆盖度的遥感监测结果与地面调查数据呈极显著相关,可以准确模拟植被覆盖度的变化趋势,基于像元二分模型的遥感动态监测方法在区域植被恢复效果的评估方面比较适用^[17]。像元二分模型计算植被覆盖度的原理是:假设一个像元由土壤和植被两部分组成,像元信息可表达为由绿色植被成分所贡献的信息和由土壤成分所贡献的信息之和^[19],表达式为:

$$NDVI = f_{veg} \cdot NDVI_{veg} + (1 - f_{veg}) \cdot NDVI_{soil} \quad (1)$$

式中:NDVI 为混合像元的植被指数值;NDVI_{veg} 为纯植被像元的植被指数值;NDVI_{soil} 为纯土壤像元的植被指数值; f_{veg} 为植被覆盖度。

混合像元法求算植被覆盖度的基本公式如下:

$$f_{veg} = (NDVI - NDVI_{soil}) / (NDVI_{veg} - NDVI_{soil}) \quad (2)$$

式中,NDVI_{soil} 代表纯土壤覆盖像元的最小值,NDVI_{veg} 代表纯植被覆盖像元的最大值。由于植被类型的不同等因素,NDVI_{soil}、NDVI_{veg} 值会随着时间和空间而改变^[20]。为了便于比较,本文提取 2000—2011 年 NDVI 最大值图像,在 NDVI 频率累积表上取频率为 5% 的 NDVI 为 NDVI_{soil},取频率为 95% 的 NDVI 值为 NDVI_{veg}^[20]。在 ERDAS IMAGINE 遥感图像处理软

件下通过 Modeler 实现植被覆盖度定量转换模型,得到不同年份的植被覆盖度灰度图。

2.2.2 植被覆盖度变化趋势的分析方法 在 ERDAS IMAGINE 的支持下,将矢量化的陕西省退耕还林区图、土地利用图与各年植被覆盖度图像叠加,利用空间建模工具(Spatial Modeler)进行像元级线性回归、显著性检验,通过区域统计方法计算各退耕还林区不同土地利用类型植被覆盖度的平均值、线性回归方程、变化程度和变化趋势。

采用线性倾向估计方法对 2000—2011 年期间各像元植被覆盖度序列进行统计分析,其变化趋势是否显著通过对相关系数的显著性检验进行判断。根据各像元植被覆盖度值变化趋势显著性水平,将其变化趋势分为如下 5 级:极显著增加($P < 0.01$)、显著增加($P < 0.05$)、变化不明显($P > 0.05$)、显著降低($P < 0.05$)、极显著降低($P < 0.01$)。

各像元植被覆盖度变化率由下式计算:
植被覆盖度变化百分率 = 直线斜率/均值 $\times 12 \times 100\%$ (3)

公式(3)中,直线斜率表示 NPP 对年份的直线斜率,即对 12 年的年平均与年份之间求回归,所得的回归直线的斜率;均值为 12 年的平均植被覆盖度值。

3 结果与分析

3.1 植被覆盖度的年际变化

图 2 绘制了陕北、陕南退耕还林区与周边区域植被覆盖度的变化曲线。

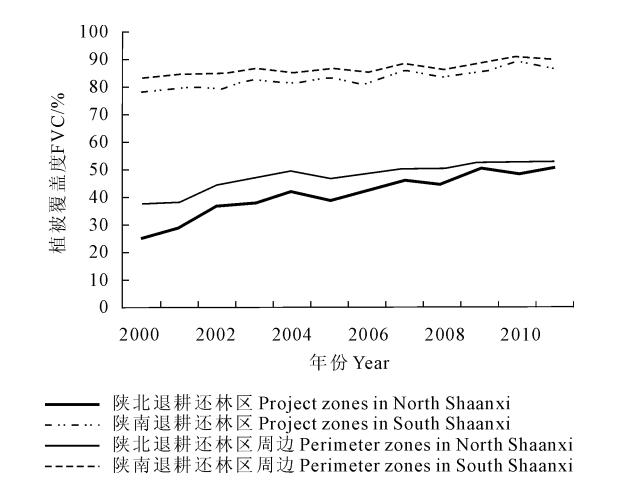


图 2 退耕还林区与周边植被覆盖度变化的比较
Fig.2 Comparison of FVC variation between project zones and perimeter zones of returning cropland to woodland

由图 2 可以看出,陕北、陕南退耕还林区植被覆盖度比其周边的植被覆盖度低,退耕还林区内、外差

距在逐年缩小;陕北、陕南退耕还林区及周边植被覆盖度从 2000 年到 2011 年都呈现明显的增长趋势,但增长曲线的斜率有所不同,陕北退耕还林区和周边的植被覆盖度的年增长率分别为 2.0832%/a 和 1.3111%/a,陕南退耕还林区和周边的植被覆盖度的年增长率分别为 0.8105%/a 和 0.5897%/a(表 2、表 3),说明退耕还林区植被覆盖度的增加速率要比周边高的多,退耕还林区整体植被恢复效果突出。

表 2 陕北退耕还林区主要土地利用类型植被覆盖度变化的线性回归方程

Table 2 Linear regression equation of FVC of main land use types in returning cropland to woodland project zones in North Shaanxi			
土地利用类型 Land use type	线性回归方程 Linear regression equation	$r(n=12)$	α
耕地 Farmland	$y = 2.1716x + 27.835$	0.9428	0.001
林地 Woodland	$y = 1.9646x + 46.312$	0.9265	0.001
草地 Pasture	$y = 2.0277x + 26.352$	0.9357	0.001
未利用地 Unused land	$y = 1.5832x + 4.2212$	0.9644	0.001
陕北退耕还林区 Project zones in North Shaanxi	$y = 2.0832x + 27.667$	0.9403	0.001
陕北退耕还林区周边 Perimeter zones in North Shaanxi	$y = 1.3111x + 39.105$	0.89184	0.001

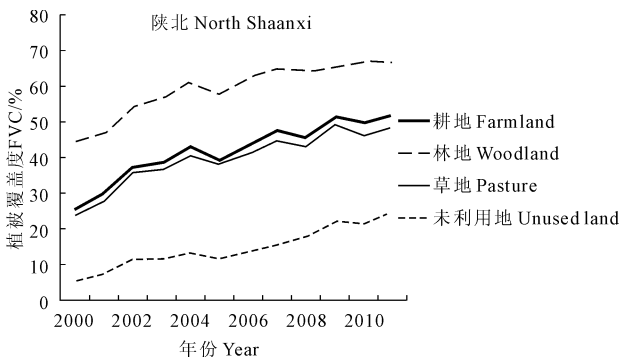


图 3 主要土地利用类型植被覆盖度变化

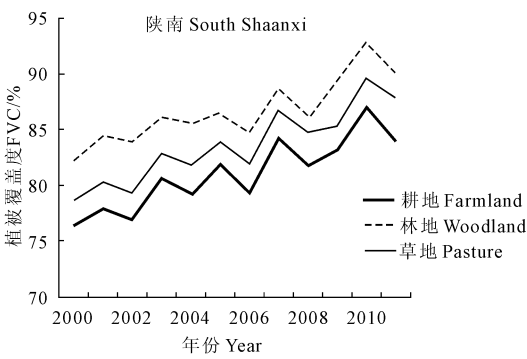
Fig.3 Changes of FVC of main land use types

从表 2、表 3 可以看出,不同土地利用类型植被覆盖度与年际变化之间的相关系数都很高,均通过了显著水平为 0.001 的显著性检验,说明随着时间的变化各退耕还林区土地利用类型植被覆盖度都有极显著的上升。通过不同土地利用类型与时间序列的一元线性回归分析,可以看出陕北退耕还林区植被覆盖度年增长幅度为 2.0832%,而陕南退耕还林区为 0.8105%,陕北退耕还林区植被覆盖度年增加幅度为陕南退耕还林区的 2.6 倍,这是由于陕北退耕还林区退耕还林工程实施前植被覆盖度处于较低

表 3 陕南退耕还林区主要土地利用类型植被覆盖度变化的线性回归方程

Table 3 Linear regression equation of FVC of main land use types in returning cropland to woodland project zones in South Shaanxi			
土地利用类型 Land use type	线性回归方程 Linear regression equation	$r(n=12)$	α
耕地 Farmland	$y = 0.7902x + 75.939$	0.8847	0.001
林地 Woodland	$y = 0.7058x + 82.108$	0.8654	0.001
草地 Pasture	$y = 0.8715x + 77.950$	0.9180	0.001
陕南退耕还林区 Project zones in South Shaanxi	$y = 0.8105x + 77.868$	0.9028	0.001
陕南退耕还林区周边 Perimeter zones in South Shaanxi	$y = 0.5897x + 82.915$	0.8867	0.001

通过统计退耕还林区不同土地利用类型的植被覆盖度,分析 2000—2011 年陕北、陕南退耕还林区主要土地利用类型的植被覆盖度年际变化。从图 3 可以看出,退耕还林区主要土地利用类型的植被覆盖度也都呈现上升趋势。由于不同土地利用类型植被覆盖度变化不尽相同,因此对不同土地利用类型植被覆盖度的年际变化进行回归分析,确定不同土地利用类型植被覆盖度变化程度(表 2、表 3)。



水平,2000 年植被覆盖度才为 25.1%,植被恢复潜力较大,退耕还林、封山禁牧措施的实施使得植被迅速恢复。陕北退耕还林区植被覆盖度年增幅大小依次是耕地>草地>林地>未利用地,陕南退耕还林区植被覆盖度年增幅大小依次是草地>耕地>林地。

3.2 植被覆盖度变化程度和趋势

3.2.1 不同土地利用类型植被覆盖度变化百分率

在 ERDAS IMAGINE 下通过建模逐像元分析 12 年来陕西省退耕还林区植被覆盖度变化百分率,统计

不同等级变化百分率所占的面积比例(表 4),分析植被覆盖度变化程度。由表 4 可以看出,陕北退耕还林区有 94.8%的面积植被覆盖度变化百分率 $\geq 10\%$,其中植被盖度变化百分率在 10%~50%、50%~100%、 $\geq 100\%$ 区间的面积分别占该区总面积的 37.0%、49.8%和 8.0%,变化不大(−10%~10%)的面积占 4.3%,变化百分率 $\leq -10\%$ 仅占 0.9%,说明陕北退耕还林区植被覆盖度整体大幅度增加;陕南退耕还林区有 46.0%的面积植被覆盖度变化百

分率 $\geq 10\%$,其中植被盖度变化百分率在 10%~50%、50%~100%区间的面积分别占该区总面积的 45.9%和 0.1%,变化不大(−10%~10%)的面积占 53.2%,变化百分率 $\leq -10\%$ 仅占 0.8%,说明陕南退耕还林区植被覆盖度多半数面积变化不大,不到半数面积植被覆盖度有所增加;2 个退耕还林区植被覆盖变化百分率 $\geq 10\%$ 的面积占 74.2%,变化不大的面积占 19.3%,退化现象仅在局部发生,所占面积不及 1%。

表 4 不同等级植被覆盖度变化百分率面积所占比例/%
Table 4 Proportion of different change ranges of FVC

区域 Zone	变化区间 Change range				
	≤ -10	(−10,10)	[10,50)	[50,100)	≥ 100
陕北退耕还林区 Project zones in North Shaanxi	0.9	4.3	37.0	49.8	8.0
陕南退耕还林区 Project zones in South Shaanxi	0.8	53.2	45.9	0.1	0.0
陕西省退耕还林区 Project zones in Shaanxi	0.9	19.3	39.7	34.5	5.6

3.2.2 植被覆盖度变化趋势 通过建模计算 12 年来每个像元植被覆盖度与年份的相关系数,并对其进行显著性检验,统计通过不同检验水平像元所占比例(表 5),分析植被覆盖度变化趋势。由表 5 可以看出,陕北退耕还林区植被覆盖度增加极显著的面积占该区总面积的 62.3%,显著增加占 17.6%,变化不明显占 20.0%,显著降低仅占 0.1%,进一步证明陕北退耕还林区绝大多数面积植被覆盖度显著

增加,从而反映了退耕还林生态建设工程在植被恢复方面取得了显著的成效;陕南退耕还林区有 50.0%的面积植被覆盖度变化趋势不明显,显著增加和极显著增加的面积分别占该区总面积的 24.2%和 25.4%,占 0.4%的局地植被显著退化,说明陕南退耕还林区植被保护和植被恢复两方面都取得了较好的效果。

表 5 植被覆盖度不同变化趋势面积所占比例/%
Table 5 Proportion of different change trends of FVC

区域 Zone	变化趋势 Change trend				
	极显著降低 Extremely significant decrease	显著降低 Significant decrease	变化不明显 Little change	显著增加 Significant increase	极显著增加 Extremely significant increase
陕北退耕还林区 Project zones in North Shaanxi	0.0	0.1	20.0	17.6	62.3
陕南退耕还林区 Project zones in South Shaanxi	0.1	0.3	50.0	24.2	25.4
陕西省退耕还林区 Project zones in Shaanxi	0.0	0.1	29.2	19.6	51.0

不同土地利用类型植被覆盖度变化也不尽相同。从表 6、表 7 可以看出,陕北退耕还林区未利用地、草地、林地、耕地植被覆盖度极显著增加的面积比例分别占其总面积的 60%以上,这恰恰印证了退耕还林还草、封山禁牧取得了显著成效;植被覆盖度显著和极显著降低主要发生在城乡、工矿、居民用地和极少部分耕地,这与城乡、工矿、居民用地扩张有关。陕南退耕还林区耕地、林地、草地植被覆盖度变化不明显和发生显著变化的面积约占一半,说明陕南地区保护原有林地、草地较高植被覆盖度的基础上,进一步提高了耕地、林地、草地植被覆盖度;植被

盖度显著降低主要发生在城乡、工矿、居民用地和耕地,这与城乡扩张、居民用地增多有着密切地联系。进一步统计退耕还林区不同坡度耕地植被覆盖度变化趋势面积所占比例的分布情况,结果列于表 8、表 9。由表 8、表 9 可以看出,陕北退耕还林区 $<25^\circ$ 坡耕地、 $>25^\circ$ 坡耕地植被覆盖度显著和极显著增加的面积分别占其总面积的 81.2%和 75.6%,陕南退耕还林区 $<25^\circ$ 坡耕地、 $>25^\circ$ 坡耕地植被覆盖度显著和极显著增加的面积分别占其总面积的 50.7%、58.5%。陕北退耕还林区坡耕地的面积占该区总面积的 42.8%,而显著和极显著变化的面积

占该区显著和极显著变化面积的 43.5%;陕南退耕还林区平原坡耕地的面积占该区总面积的26.0%,而显著和极显著变化的面积占该区显著和极显著变化面积的 26.5%。由此可见,退耕还林政策实施后,不同坡度耕地绝大部分面积的植被覆盖显著改善,坡耕地植被覆盖改善对于耕地植被改善贡献较大。

表 6 陕北退耕还林区不同土地利用类型植被覆盖度变化趋势面积所占比例/%

Table 6 Proportion of different change trends of FVC of various land use types in North Shaanxi

土地利用类型 Land use type	变化趋势 Change trend				
	极显著降低 Extremely significant decrease	显著降低 Significant decrease	变化不明显 Little change	显著增加 Significant increase	极显著增加 Extremely significant increase
耕地 Farmland	0.0	0.1	22.0	17.6	60.3
林地 Woodland	0.0	0.0	21.0	17.1	61.9
草地 Pasture	0.0	0.0	17.4	17.6	64.9
城乡、工矿、居民用地 Land for construction	0.8	0.8	61.7	15.8	21.1
未利用地 Unused land	0.0	0.0	19.3	10.2	70.4

表 7 陕南退耕还林区不同土地利用类型植被覆盖度变化趋势面积所占比例/%

Table 7 Proportion of different change trends of FVC of various land use types in South Shaanxi

土地利用类型 Land use type	变化趋势 Change trend				
	极显著降低 Extremely significant decrease	显著降低 Significant decrease	变化不明显 Little change	显著增加 Significant increase	极显著增加 Extremely significant increase
耕地 Farmland	0.2	0.5	51.8	22.9	24.6
林地 Woodland	0.0	0.1	51.0	25.1	23.8
草地 Pasture	0.0	0.1	47.9	24.9	27.0
城乡、工矿、居民用地 Land for construction	5.9	3.9	76.5	13.7	0.0
未利用地 Unused land	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

表 8 陕北退耕还林区不同坡度耕地植被覆盖度变化趋势面积所占比例/%

Table 8 Proportion of different change trends of FVC in farmlands with various slopes in North Shaanxi

类型 Type	变化趋势 Change trend				
	极显著降低 Extremely significant decrease	显著降低 Significant decrease	变化不明显 Little change	显著增加 Significant increase	极显著增加 Extremely significant increase
平原耕地 Plain farmland	0.4	0.6	45.7	19.4	33.9
< 25°坡耕地 < 25°sloping farmland	0.0	0.0	18.7	17.3	63.9
> 25°坡耕地 > 25°sloping farmland	0.0	0.0	24.4	24.4	51.2

表 9 陕南退耕还林区不同坡度耕地植被覆盖度变化趋势面积所占比例/%

Table 9 Proportion of different change trends of FVC in farmlands with various slopes in South Shaanxi

类型 Type	变化趋势 Change trend				
	极显著降低 Extremely significant decrease	显著降低 Significant decrease	变化不明显 Little change	显著增加 Significant increase	极显著增加 Extremely significant increase
平原耕地 Plain farmland	0.5	1.4	61.4	20.2	16.6
< 25°坡耕地 < 25°sloping farmland	0.1	0.3	49.0	23.7	27.0
> 25°坡耕地 > 25°sloping farmland	0.0	0.0	41.5	24.5	34.0

由表 8、表 9 还可以看出,陕北退耕还林区平原耕地植被覆盖度显著和极显著增加的面积分别占其总面积的 53.3%,有 1%的面积植被发生退化现象;陕南退耕还林区平原耕地植被覆盖度显著和极显著

增加的面积占其总面积 36.8%,平原耕地、 $< 25^\circ$ 坡耕地分别有 1.9% 和 0.4% 的面积植被有所退化。平原耕地植被覆盖度增加的原因在于平原耕地作为退耕还林区的基本农田保护区,在坡耕地退耕之后,农民的耕地面积减少,促使传统农业的粗放经营模式向集约化种植模式进行转变,平原耕地作物投入的增加必然增加了作物的产量,从而也会使平原耕地植被覆盖度有所上升,这表明了退耕还林不仅在坡耕地和草地取得了良好的植被恢复效果,而且还取得了较好的边际效应,促使了农业生产模式的转变。但平原耕地局地也发生了植被覆盖度显著和极显著降低现象,这是由于城乡建设不断扩大而造成的。

4 结论与讨论

1) 陕北、陕南退耕还林区植被覆盖度从 2000 年到 2011 年都呈现显著的增长趋势,增长速率高于周边区域。陕北、陕南退耕还林区植被覆盖度的年增长率分别为 2.0832%/a 和 0.8105%/a,分别比周边区域高 0.7721%/a 和 0.2208%/a。退耕还林区主要土地利用类型的植被覆盖度也都呈现显著的上升趋势。陕北退耕还林区植被覆盖度年增幅大小依次是耕地>草地>林地>未利用地,陕南退耕还林区植被覆盖度年增幅大小依次是草地>耕地>林地。

2) 退耕还林区植被覆盖变化百分率 $\geq 10\%$ 的面积占 79.8%, $\leq -10\%$ 所占面积不及 1%。陕北退耕还林区植被盖度变化百分率在 10%~50%、50%~100% 区间的面积分别占该区总面积的 37.0% 和 49.8%,陕南退耕还林区植被盖度变化百分率在 10%~50% 区间的面积占该区总面积的 45.9%,变化不大($-10\% \sim 10\%$)的面积占 53.2%。

3) 退耕还林区植被覆盖度显著增加的面积占其总面积的 70.6%。陕北退耕还林区植被覆盖度显著增加的面积占该区总面积的 79.9%,显著降低仅占 0.1%;陕南退耕还林区植被覆盖度显著增加的面积占该区总面积的 49.6%,占 50.0% 的面积植被覆盖变化不大,占 0.4% 的局地植被显著退化。植被覆盖度显著增加的情况主要出现在未利用地、草地、林地和耕地,显著和极显著降低的发生在城乡、工矿、居民用地和极少部分耕地。

4) 坡耕地植被覆盖改善比例大,坡耕地植被覆盖改善对于耕地植被改善贡献较大。陕北退耕还林区 $< 25^\circ$ 、 $> 25^\circ$ 坡耕地植被覆盖度显著增加的面积分别占其总面积的 81.2% 和 75.6%,陕南退耕还林

区 $< 25^\circ$ 、 $> 25^\circ$ 坡耕地植被覆盖度显著增加的面积分别占其总面积的 50.7%、58.5%。陕北退耕还林区坡耕地的面积占该区总面积的 42.8%,而植被覆盖度显著增加的面积占该区显著增加面积的 43.5%;陕南退耕还林区平原坡耕地的面积占该区总面积的 26.0%,而显著增加的面积占该区显著增加面积的 26.5%。

影响植被变化的因素有自然因素及人为因素两种,其中自然因素中降雨和气温是对植被年际变化影响较大的两个因素。研究表明,陕西省气候呈现一种暖干化发展趋势^[22-23],气候暖干化导致土壤含水量下降,风沙加大,植物存活率降低,植被覆盖率下降,地表土质更趋疏松,导致区域生态环境趋于恶化。而陕西省退耕还林区植被覆盖度从 2000—2011 年期间却有显著的增长趋势,增长速率高于周边区域,坡耕地、林地、草地均比其他类型有明显的增加,表明人为因素中的退耕还林生态建设工程是导致植被覆盖度增加的主要原因,退耕还林政策实施的重点区域取得了良好的植被恢复效果^[24-25]。

参考文献:

- [1] 吴礼军,刘青,李琛,等.全国退耕还林工程进展成效综述[J].林业经济,2009,(9):21-37.
- [2] Dong J W, Liu J Y, Shi W J. China's sloping land conversion program at the beginning of 21st century and its habitat suitability in typical region of Loess Plateau[J]. Journal of Resources and Ecology, 2010,1(1):36-44.
- [3] 贾晓娟,常庆瑞,薛阿亮,等.黄土高原丘陵沟壑区退耕还林生态效应评价[J].水土保持通报,2008,28(3):182-185.
- [4] 郝海广,乌兰图雅.基于土地适宜性评估退耕还林还草工程的效果——以科尔沁左翼后旗吉尔嘎朗镇为例[J].土壤,2011,43(5):828-834.
- [5] 张雪梅,房世波.干旱河谷地区退耕还林调查与生态还林分析[J].干旱区资源与环境,2007,21(6):146-150.
- [6] 许智超,张岩,刘宪春,等.半干旱黄土区退耕还林十年植被恢复变化分析——以陕西吴起县为例[J].生态环境学报,2011,20(1):91-96.
- [7] 周文渊,郭建英,孙保平,等.吴起县退耕还林工程实施前后土地利用/覆盖变化[J].中国水土保持,2010,(7):45-48.
- [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] 周洪建,王静爱,岳耀杰,等.人类活动对植被退化/恢复影响的空间格局——以陕西省为例[J].生态学报,2009,29(9):4847-4856.
- [10] 赵子忠,芦维忠.基于遥感技术的退耕还林监测研究——以甘肃省清水县为例[J].林业资源管理,2010,(4):63-66.
- [11] 孙智辉,雷延鹏,卓静,等.延安北部丘陵沟壑区退耕还林(草)成效的遥感监测[J].生态学报,2010,30(23):6555-6562.

[9] 苏坤慧,延军平,李建山.河南省境内以淮河为界的南北气候变化差异分析[J].中国农业气象,2010,31(3):333-337.

[10] 黄 镭.中国红黄壤地区作物生产的气候生态适应性研究[J].自然资源学报,1996,11(4):340-346.

[11] 邓振镭.高原干旱气候作物生态适应性研究[M].北京:气象出版社,2005.

[12] 金之庆,葛道阔,高亮之,等.我国东部样带适应全球气候变化的若干粮食生产对策的模拟研究[J].中国农业科学,1998,31(4):51-58.

[13] 孙 芳,杨 修,林而达,等.中国小麦对气候变化的敏感性和脆弱性研究[J].中国农业科学,2005,38(4):692-696.

[14] 赖纯佳,千怀遂,段海来,等.淮河流域小麦-水稻种植制度的气候适宜性[J].中国农业科学,2011,44(14):2868-2875.

[15] 段居琦,周广胜.中国双季稻种植区的气候适宜性研究[J].中国农业科学,2012,45(2):218-227.

[16] 中国气象局国家气象信息中心.中国地面气候资料年值数据集[EB/OL].[2011-11-13].http://old-cdc.cma.gov.cn/shuju/index3.jsp?tpcat=SURF&dsid=SURF_CLI_CHN_MUL_TEN.

[17] 中国气象局国家气象信息中心.中国地面气候资料年值数据集[EB/OL].[2011-11-13].http://cdc.cma.gov.cn/shuju/index3.jsp?tpcat=SURF&dsid=SURF_CLI_CHN_MUL_YER.

[18] 国际科学数据服务平台.30米分辨率数字高程数据产品[EB/OL].[2011-11-13].http://datamirror.csdb.cn/list_dem?type=gdem&opType=list.

[19] 尚玉昌.普通生态学[M].北京:北京大学出版社,2010.

[20] 段若溪,姜会飞.农业气象学[M].北京:气象出版社,2002.

[21] 史定珊,毛留喜.冬小麦生产气象保障概论[M].北京:气象出版社,1994.

[22] 周晋红,刘武华.冬小麦气候影响评价方法和模式研究[J].山西农业科学,2007,35(1):44-47.

[23] 卫志祥,黄莎莎,张会金,等.气候条件对小麦各生育期及产量的影响分析[J].安徽农业通报,2011,17(1):69-70.

[24] 曹卫星.小麦品质生理生态及调优技术[M].北京:中国农业出版社,2009.

[25] 中国农业科学院作物育种栽培研究所.冬小麦栽培研究[M].北京:中国科学技术出版社,1992.

[26] 陶祖文.关于日照针的感应性能和实际日照百分率的确定[J].气象学报,1964,34(2):248-252.

[27] 周锁铃,缪启龙,吴 息,等.日照百分率的小网格分析方法[J].气象科学,1993,13(2):201-210.

[28] 刘玉兰,张晓煜,刘 娟,等.气候变暖对宁夏引黄灌区春小麦生产的影响[J].气候变化研究进展,2008,4(3):90-94.

[29] 姚玉璧,王润元,杨金虎.黄土高原半干旱区气候变化对春小麦生长发育的影响——以甘肃定西为例[J].生态学报,2001,31(15):4225-4234.

[30] 雷水玲.全球气候变化对宁夏夏春小麦生长和产量的影响[J].中国农业气象,2001,22(2):33-36.

[31] 徐建华.现代地理学中的数学方法[M].北京:高等教育出版社,2002.

[32] 郭 伦,刘 瑜,张 晶,等.地理信息系统——原理、方法、和应用[M].北京:科学出版社,2001.

(上接第 213 页)

[12] 李 昊,蔡运龙,陈睿山,等.基于植被遥感的西南喀斯特退耕还林工程效果评价——以贵州省毕节地区为例[J].生态学报,2011,31(12):3255-3264.

[13] 陈 芳,魏怀东,丁 峰,等.基于 NDVI 的黄土丘陵沟壑区退耕还林还草监测及效果评价——以定西市安定区为例[J].西北林学院学报,2008,23(1):50-53.

[14] 黄文广,刘晓东,于 钊,等.禁牧对草地覆盖度的影响——以宁夏盐池县为例[J].草业科学,2011,28(8):1502-1506.

[15] 朱敬芳,邢白灵,居为民,等.内蒙古草原植被覆盖度遥感估算[J].植物生态学报,2011,35(6):615-622.

[16] 宋富强,邢开雄,刘 阳,等.基于 MODIS/NDVI 的陕北地区植被动态监测与评价[J].生态学报,2011,31(2):354-363.

[17] 王 朗,傅伯杰,吕一河,等.生态恢复背景下陕北地区植被覆盖的时空变化[J].应用生态学报,2010,21(8):2109-2116.

[18] Liu J Y, Liu M L, Zhuang D F, et al. Study on spatial pattern of land-use change in China during 1995—2000[J]. Science in China (D), 2003,46(4):373-384.

[19] Li Z J, Chen X G, Li J P, et al. Vegetation coverage change and its relationship with temperature, precipitation and evaporation in Liupan-shan[J]. Meteorological and Environmental Research, 2010,1(4):21-26.

[20] 成军锋,贾宝全,赵秀海,等.干旱半干旱地区植被覆盖度的动态变化分析[J].干旱区资源与环境,2009,23(12):172-176.

[21] 吴 云,曾 源,吴炳方,等.基于 MODIS 数据的三北防护林工程区植被覆盖度提取与分析[J].生态学杂志,2009,28(9):1712-1718.

[22] 赵传成,王 雁,丁永建,等.西北地区近 50 年气温及降水的时空变化[J].高原气象,2011,30(2):385-390.

[23] 闫军辉,刘冬梅,延军平.陕甘宁地区气候变化空间结构[J].干旱区资源与环境,2009,23(9):67-71.

[24] 李登科,范建忠,王 娟.陕西省植被覆盖度变化特征及其成因[J].应用生态学报,2010,21(11):2896-2903.

[25] 李军媛,晏利斌,程志刚.陕西省植被时空演变特征及其对气候变化的响应[J].中国水土保持,2011(6):29-31.