

doi: 10.13866/j.azr.2016.03.15

基于 QuickBird 影像的黄土高原植被恢复差异^①

阿妮克孜·肉孜, 张岩, 何远梅, 李镇, 杨松

(北京林业大学水土保持与荒漠化教育部重点实验室 北京 100083)

摘要: 为了探讨退耕还林(草)以来不同区域以及不同立地类型植被恢复的差异,利用2期同时相 Quickbird 影像等数据,分析黄土高原3个研究区6~9 a的植被变化。结果表明:① 陕西吴起县研究区8种立地类型条件下植被覆盖度都有增加,但是阳向斜坡和陡坡植被覆盖度低于阴坡的6%左右,平缓极陡的阴坡和阳坡差异不大。阳向的陡坡和极陡坡以及阴向极陡坡植被覆盖度都没有达到50%,明显低于其他立地类型,是吴起研究区植被恢复的困难立地。② 在研究时段内,吴起、吉县、绥德3个研究区阳坡植被覆盖度低于45%的面积比例均有减少,但植被恢复效果存在差异,由好到差的顺序为:吉县、绥德、吴起,这与所在地理位置的水热条件分布基本一致。③ 经过10多年的植被恢复,吴起研究区阳坡植被覆盖度低于30%的面积主要分布在陡和极陡坡等植被恢复困难的立地。在水热条件较好的吉县研究区,阳坡各种立地类型植被恢复程度接近,反而在立地条件较好的平缓坡上,植被覆盖度低于30%的面积比例相对较大。以上结果可为黄土高原地区全面评价退耕还林(草)工程提供参考。

关键词: 植被覆盖度; 立地类型; 植被恢复; Quickbird 影像; 黄土高原

植被是陆地生态系统的重要组成部分,在保持水土、调节大气、维持气候及整个生态系统稳定等方面都具有十分重要的作用^[1]。在全球变化的背景下,自然和人为因素对植被覆盖变化的影响成为研究全球变化的热点问题^[2]。黄土高原地区具有独特的环境背景和土壤侵蚀过程,地处半干旱半湿润气候带,生态系统环境脆弱,是世界上水土流失最严重的地区之一^[3-4]。目前,植被恢复是减少黄土高原土壤侵蚀最有效的方法^[5],退耕还林(草)成为黄土高原恢复植被、改善生态的重要措施。自1999年实施退耕还林以来,黄土高原植被建设无论在规模和力度上都是空前的^[6]。评估退耕还林工程以来的植被恢复情况,能够揭示生态建设工程所取得的实效,可为工程的顺利实施提供理论参考和科学支撑。

植被覆盖度是指在单位面积上植被垂直投影到地面的面积占总面积的比例^[7],是干旱半干旱地区重要的生态指标^[8]。遥感对地观测技术飞速发展,已成为研究地表植被覆盖变化状况的可靠实时数据来源^[9]。黄土高原植被恢复的研究表明:黄土高原植被覆盖在空间上呈现出明显的区域性增加趋势,其

中黄土高原丘陵沟壑区增加趋势最为明显,植被恢复成效显著^[10]。QuickBird 等高分辨率遥感影像能清楚地反映出地物的细部特征,已用于退耕还林监测研究,能够提取地垄、树冠、树坑等精细特征,地块信息提取精度达89%^[11]。王曼等^[12]在艾比湖地区阿其克苏河的研究表明,QuickBird 影像植被覆盖度反演结果与实地样方测量数据有很好的切合度,平均误差约为2.5%。

以往黄土高原植被恢复研究多利用中低空间分辨率的遥感影像,难以分析不同立地类型中植被恢复程度差异。因此,本文选择黄土高原山西省吉县、陕西省吴起县和绥德县的部分区域为研究对象,基于高分辨率 QuickBird 影像和高精度数字高程模型(DEM)等数据,对退耕还林(草)以来植被覆盖度变化的区域差异以及不同立地类型植被覆盖度变化差异进行对比分析,可为评价退耕还林工程的效果及指导生态恢复提供参考依据。

1 研究区概况

本文选择黄土高原区的山西省吉县蔡家川流

① 收稿日期: 2015-04-06; 修订日期: 2015-09-16

基金项目: 林业公益性行业科研专项课题“黄土丘陵严重侵蚀区植被恢复和重建技术研究”(201104002-2); 国家自然科学基金“黄土丘陵退耕还林对切沟发育和侵蚀过程的影响机制”(41271301)资助

作者简介: 阿妮克孜·肉孜(1990-),女,硕士研究生,研究方向为自然资源监测与管理。E-mail: ankez1@163.com

通讯作者: 张岩。E-mail: zhangyan9@bjfu.edu.cn

域、陕西省吴起县退耕还林森林公园南部和陕西省绥德县西北部作为 3 个典型区(图 1,下文简称吉县、吴起和绥德研究区)。其中,吉县研究区蔡家川流域的地理位置 110°40′~110°48′E、36°14′~36°18′N,流域面积 39.2 km²,平均海拔 1 172 m,为典型的黄土残塬、梁峁侵蚀地貌。属于暖温带大陆性气候,年平均气温 10℃,年降雨量 580 mm。

吴起研究区的地理位置 108°11′48″~108°14′28″E、36°49′20″~36°52′34″N,包含多个小流

域,面积 14.7 km²,平均海拔 1 397 m,属黄土梁状丘陵沟壑区,黄土丘陵第 2 副区。属于暖温带大陆性季风气候,年平均气温 8.0℃,年平均降水量 467.6 mm。

绥德研究区的地理位置为 110°17′35″~110°22′57″E、37°29′41″~37°33′35″N,流域面积为 35.2 km²,平均海拔 998 m,属黄土峁梁状丘陵沟壑区,黄土丘陵第 1 副区。属暖温带大陆性季风气候,年平均气温 9.9℃。年平均降雨量为 486 mm。

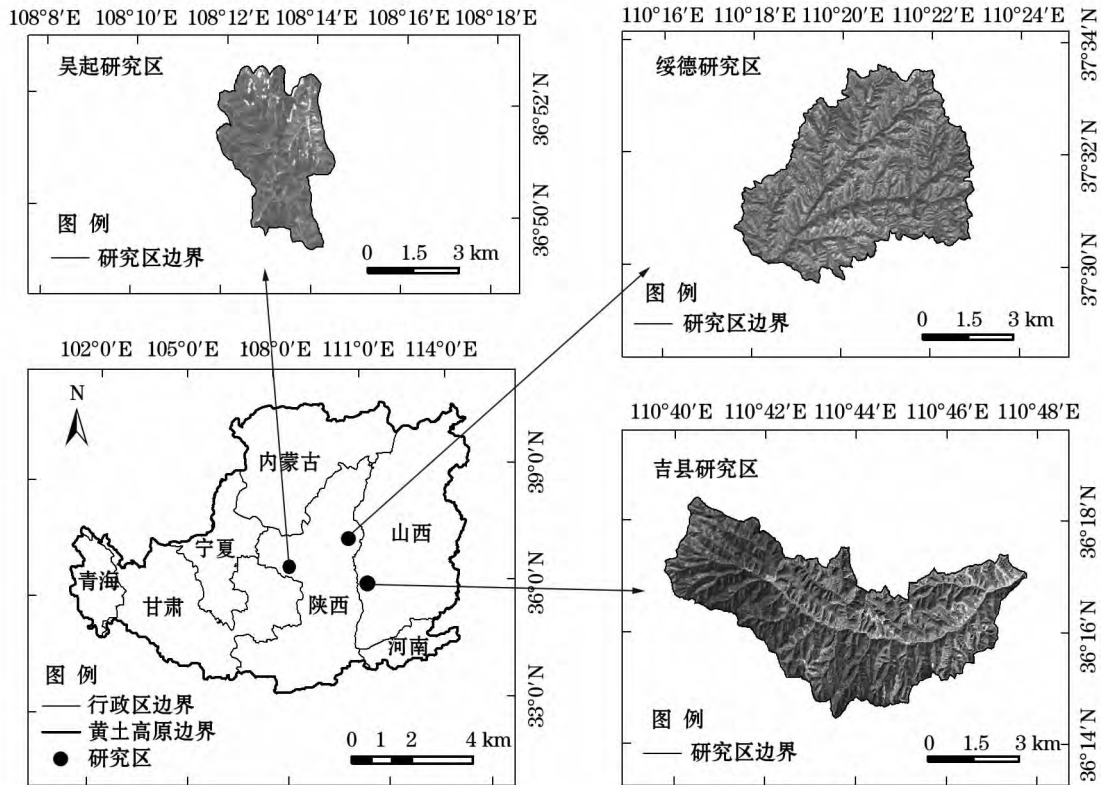


图 1 研究区位置及 QuickBird 影像

Fig.1 Geographical locations and QuickBird images of the study areas

2 材料和方法

2.1 数据来源与预处理

本研究分别选取吉县研究区 2003 年与 2010 年、吴起研究区 2007 年与 2013 年、绥德研究区 2004 年与 2013 年的 QuickBird 多光谱遥感影像(分辨率 2.4 m×2.4 m)。以 1:10 000 地形图为基准,对 2 期 Quickbird 影像采用多项式校正方法进行几何精校正,配准误差在 0.5 个像元以内,最后对研究区进行掩膜和裁剪。基于 1:10 000 矢量化地形图,生成高程数字模型(DEM),分辨率为 5 m×5 m。利用 ArcGIS 软件中的空间分析模块,基于 DEM 提取坡

度、坡向等地形因子。

2.2 植被覆盖度及立地类型的提取

2.2.1 植被覆盖度计算方法 归一化植被指数 (NDVI) 是最广泛使用的植被指数⁽¹³⁾,是植物生长状态及植被覆盖度的最佳指示因子⁽¹⁴⁾。NDVI 的变化在一定程度上能代表地表植被覆盖的变化⁽¹⁵⁻¹⁶⁾。NDVI 的计算公式为:

$$NDVI = (NIR - R) / (NIR + R) \quad (1)$$

式中: NIR 为近红外波段(0.7~1.1 μm)的反射率; R 为红色波段(0.4~0.7 μm)的反射率⁽¹⁷⁾。本文使用 Erdas 软件提取 NDVI,基于 NDVI 计算植被覆盖度。根据像元二分模型原理,可以将 1 个像元的

NDVI 值表示为由有植被覆盖部分地表与无植被覆盖部分地表组成的形式⁽¹⁸⁻¹⁹⁾。因此,植被覆盖度的计算公式可表示为:

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

式中: F_c 为植被覆盖度; $NDVI$ 为像元 $NDVI$ 值; $NDVI_{soil}$ 表示裸土或无植被覆盖区域的 $NDVI$ 值; $NDVI_{veg}$ 表示完全由植被所覆盖的纯植被像元的 $NDVI$ 值。为了消除图像中噪声的影响,根据李苗苗⁽²⁰⁾研究的植被覆盖度估算方法,提取累计频率为 5% 的 $NDVI$ 值作为 $NDVI_{soil}$, 累计频率为 95% 的 $NDVI$ 值作为 $NDVI_{veg}$ 。对于计算结果中植被覆盖度为负值的像元赋值为 0, 大于 1 的像元赋值为 1。采用土壤侵蚀分级分类标准中对植被覆盖度的分级方法, 将计算得到的植被覆盖度按照 0 ~ 30%, >30% ~ 45%, >45% ~ 60%, >60% ~ 75%, >75% ~ 100% 进行分级处理, 统计各级面积比例, 分析计算植被覆盖度变化情况。

由于吉县研究区和绥德研究区 QuickBird 阴坡有较大面积阴影, 计算植被覆盖度明显偏低。因此, 本文只分析了 2 个研究区阳坡植被覆盖度的变化。

2.2.2 立地类型的提取 采用国标 2008 年发布的《水土保持综合治理规划通则》地形因子的分级标准, 将坡度划分为 4 级: $0^\circ \leq \text{坡度} < 15^\circ$ 为平缓坡、 $15^\circ \leq \text{坡度} < 25^\circ$ 为斜坡、 $25^\circ \leq \text{坡度} < 35^\circ$ 为陡坡、 $\text{坡度} \geq 35^\circ$ 为极陡坡。依据坡向分类标准, 将坡向分为 2 级: $112.5^\circ \leq \text{坡向} < 292.5^\circ$ 为阳坡; $292.5^\circ \leq \text{坡向} < 360^\circ$ 和 $0^\circ \leq \text{坡向} < 112.5^\circ$ 为阴坡。利用栅格计算功能, 将立地条件划分为 8 种类型: 阳向平缓坡、阴向平缓坡、阳向斜坡、阴向斜坡、阳向陡坡、阴向陡坡、阳向极陡坡、阴向极陡坡。

3 结果与分析

3.1 吴起研究区不同立地类型植被覆盖度变化的差异

吴起研究区上述 8 种立地类型, 面积占小流域总面积的比例分别是 7.25%、5.37%、13.93%、13.18%、17.48%、17.57%、12.03% 和 13.18%。

从图 2 可以看出, 2007—2013 年吴起研究区 8 种立地类型的植被覆盖度都有一定幅度的增加。阴向平缓坡和阳向平缓坡的平均植被覆盖度分别由 2007 年的 40.0% 和 35.0% 增加至 2013 年的 61.8% 和 61.5%。阳向极陡坡是吴起研究区生境条件最

差的立地类型, 其植被覆盖度平均值由 28.19% 增加至 42.91%。8 种立地类型植被恢复由好到差的顺序依次为: 阴向平缓坡、阴向斜坡、阳向平缓坡、阳向斜坡、阴向陡坡、阴向极陡坡、阳向陡坡、阳向极陡坡。

吴起研究区不同坡向和不同坡度植被恢复差异明显。水分是黄土高原植被恢复的主要限制因子⁽²¹⁾。在其他条件相同的情况下, 坡度越大, 土壤水分越少⁽²²⁾。这主要是因为坡度大的地方, 坡面径流速度大, 入渗补给小。另外一个原因是土壤水分再分布, 坡度越大, 土壤水分越不稳定, 总是向坡度小的地方或者向下层运移。因此, 极陡坡中水分条件差, 植被恢复相对缓慢。斜坡和陡坡的阳坡植被覆盖度低于相应的阴坡 6% 左右, 而平缓坡和极陡坡的阴坡和阳坡差异不大。这主要是因为在其他条件相同的情况下, 阴坡比阳坡的土壤含水量高。阴坡所接受的太阳辐射热量低于阳坡, 温度较低, 蒸发蒸腾较弱, 从而使阴坡的土壤含水量高于阳坡⁽²²⁾。经过 10 多年的植被恢复, 阳向陡坡、阴向极陡坡及阳向极陡坡的植被覆盖度都没有达到 50%, 明显低于其他立地类型, 是吴起研究区植被恢复的困难立地。

3.2 3 个研究区阳坡植被覆盖度变化比较

从表 1 可以看出, 吴起研究区从 2007—2013 年阳坡植被覆盖度在 30% 以下的面积大幅度减少, 从 2007 年的 64.43% 减少到 2013 年的 26.88%。植被覆盖度在 30% ~ 45%、45% ~ 60% 和 60% ~ 75% 的面积分别增加 8% 左右。植被覆盖度在 75% 以上的总面积增加了 12%。

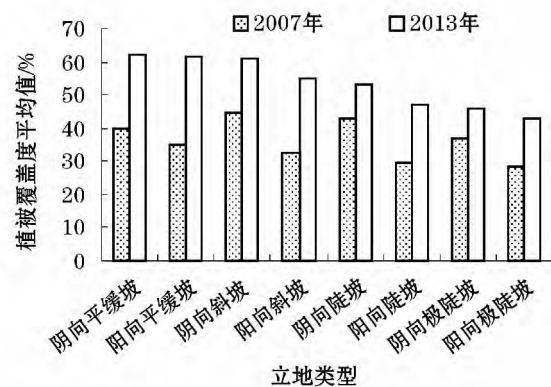


图 2 吴起研究区 2007 年和 2013 年不同立地类型的植被覆盖度变化

Fig. 2 Change of the vegetation coverage at different sites in the Wuqi study area in 2007 and 2013

表 1 吴起、吉县、绥德研究区阳坡植被覆盖度变化

Tab. 1 Change of the vegetation coverage on the sunny slope in the Wuqi, Jixian and Suide study areas

植被覆盖度/%	吴起研究区		吉县研究区		绥德研究区	
	2007 年 面积 比/%	2013 年 面积 比/%	2003 年 面积 比/%	2010 年 面积 比/%	2004 年 面积 比/%	2013 年 面积 比/%
0~30	64.43	26.88	33.62	15.48	48.74	19.65
>30~45	12.60	21.32	25.89	15.67	25.30	14.40
>45~60	7.26	16.47	23.91	18.14	14.73	19.93
>60~75	5.39	12.98	13.65	18.46	6.58	21.03
>75~100	10.32	22.34	2.94	32.25	4.65	24.99

在吉县研究区,2003—2010 年植被覆盖度在 60% 以下的面积大幅度减少,在 75% 以上的面积由 2003 年的 2.94% ,增加至 2010 年的 32.25% 。其中,植被覆盖度在 0% ~30% 的面积由 33.62% 减少到 15.48% 。其次是植被覆盖度在 30% ~45% 的面积由 25.89% 减少至 15.67% ,植被覆盖度低于 45% 的面积比例只占 30% 左右。

在绥德研究区,2004—2013 年植被覆盖度在 45% 以下的面积显著减少,由 74.04% 减少到 34.05% 。2004 年植被覆盖度在 60% 以上的面积仅占总面积的 11.23% ,到 2013 年植被覆盖度在 60% 以上的面积占总面积的 46.02% 。

不同等级植被覆盖度变化分析结果表明,阳坡植被覆盖度低于 45% 的面积比例均减少,而植被覆盖度高于 60% 的面积比例均增加。这说明吴起、吉县、绥德研究区在退耕还林(草)期间植被恢复都获得了显著的成效,但植被恢复效果存在明显差异。3 个研究区植被恢复由好到差的顺序为:吉县、绥德、吴起。根据中国农业气候分区,吉县和绥德县属于南温带,但吉县降水量明显高于绥德。吴起县位于干旱中温带和中温带的分界线上,降水量略低于绥德,但海拔高,年平均气温较低。可见,植被恢复差异与其所在地理位置的水热条件分布基本一致。

3.3 低覆盖植被的分布特征

图 3 表明:吴起、吉县和绥德 3 个研究区阳坡的极陡和陡坡中植被覆盖度在 30% 以下的面积占各自总面积的 60% 左右;在斜坡中的比例都保持在 20% 以上;在平缓坡中的比例都在 10% 左右。从 3 个研究区植被覆盖度低于 30% 的面积时间变化来看,吴起研究区植被覆盖度低于 30% 的面积在极陡

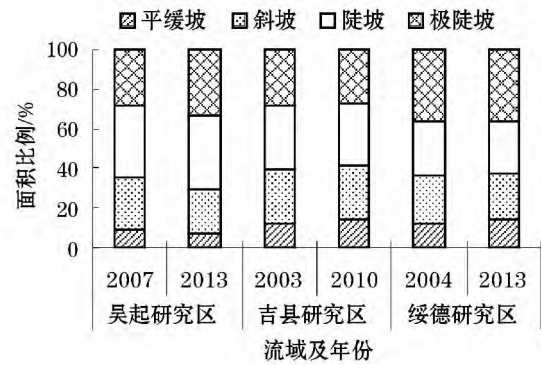


图 3 吴起、吉县、绥德研究区阳坡植被覆盖度在 30% 以下的面积在不同坡度上的分布情况

Fig. 3 Distribution of the vegetation coverage lower than 30% on the sunny slope in the Wuqi, Jixian and Suide study areas

坡中的比例增加;在平缓坡、斜坡、陡坡中的比例减少。吉县研究区植被覆盖度低于 30% 的面积在平缓坡中的比例增加,而在斜坡、陡坡和极陡坡中的比例没有明显变化。其主要原因是吴起研究区不同立地类型植被恢复的条件差异较大,退耕还林 10 多年后,阳向陡和极陡坡植被恢复困难的立地上,植被覆盖度仍然较低,而相对易于恢复的立地已经得到比较充分的恢复。在水热条件较好的吉县研究区,阳向各种立地类型植被恢复的比例相近,反而是立地条件较好的平缓坡植被恢复相对较差,这是因为平缓坡土地利用以农地和果园为主。绥德研究区水热条件居中,植被覆盖度在 30% 以下的面积在各等级坡度上的比例没有明显变化,既没有表现出立地类型的差异,也没有表现出土地利用对植被恢复差异的影响。

4 结论与讨论

(1) 退耕还林以来,吴起、吉县、绥德 3 个研究区阳坡低覆盖植被面积比例均减少,而高覆盖植被面积比例均增加。但植被恢复效果存在明显差异,由好到差的顺序为:吉县、绥德、吴起。这与其所在地理位置的水热条件分布基本一致。总的来说,经过 10 多年的植被恢复,3 个研究区的植被覆盖度明显增加,但是低覆盖度植被仍然占有一定比例。

(2) 吴起、吉县、绥德研究区低覆盖植被的分布存在差异。在半干旱的吴起研究区,阳坡低覆盖度植被主要分布在陡和极陡坡等植被恢复困难的立地。在水热条件较好的吉县,阳向各种立地类型植被恢复的比例相近,由于平缓坡土地利用以农地和

果园为主。在立地条件较好的平缓坡存在较大比例的低覆盖度植被。绥德研究区水热条件居中,植被覆盖度在 30% 以下的面积在各等级坡度上的比例没有明显变化。

(3) 吴起研究区属于半干旱区,虽然植被覆盖度都有增加,但在不同立地类型条件下增速各异。阴坡植被覆盖度明显高于阳坡,极陡坡和向阳陡坡的植被覆盖度明显低于其他立地类型,是吴起研究区植被恢复的困难立地。位于黄土高原中部的吴起县是全国退耕还林试点示范县和全国造林先进县,已经最大程度地实现了人工促进退耕还林的可能性,未来退耕还林的空间非常有限。

本研究选取了黄土高原 3 个典型区,代表了不同水热条件和人类干预程度,关于不同区域及不同立地类型植被恢复差异的结论具有代表性,可以为“因地制宜、适地适树”的植被恢复建设提供理论依据,提高困难立地的生态恢复建设的成效。本文使用高分辨遥感影像和地形数据,相比以往的研究^(10,14),能够更加准确分析植被恢复差异状况,但 3 个研究区遥感数据的成像时间略有差异,对植被恢复差异的研究有一定影响。此外,由于吉县和绥德研究区 Quickbird 影像阴坡存在大面积阴影,只能分析阳坡植被覆盖度的变化。但从吴起研究区的分析结果来看,阳坡不同立地类型之间的差异与阴坡相似,可以反映吉县和绥德研究区植被恢复的总体情况。

在今后的研究中,如果采用同期的高分辨遥感影像,将能够更加准确评价植被恢复差异,进一步深入分析植被恢复过程中出现的问题。此外,植被覆盖度的时空演变是地形、气候变化、水土保持、土地利用等自然和人类活动多种因素综合作用的结果。因此,立地类型之外的因素对黄土高原地区植被覆盖度变化的影响都有待进一步研究。

参考文献(References):

(1) 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 NOAA 时间序列数据分析(J). 遥感学报, 1998, 2(3): 204 - 210. (Sun Hongyu, Wang Changyao, Niu Zheng et al. Analysis of the vegetation cover change and the relationship between NDVI and environmental factors by using NOAA time series data (J). Journal of Remote Sensing, 1998, 2(3): 204 - 210.)

(2) Roerink G J, Menenti M, Soepboer W, et al. Assessment of climate impact on vegetation dynamics by using remote sensing (J). Physics and Chemistry of the Earth, 2003, 28(1/3): 103 - 109.

(3) 信忠保,许炯心. 黄土高原地区植被覆盖时空演变对气候的响应(J). 自然科学进展, 2007, 17(6): 770 - 778. (Xin Zhongbao, Xu Jiongxin. Vegetation cover temporal evolution of climate response at Loess Plateau (J). Progress in Natural Science, 2007, 17(6): 770 - 778.)

(4) 孙艳萍,张晓萍,刘建祥,等. 黄土高原水蚀风蚀交错带植被覆盖度动态变化(J). 干旱区研究, 2013, 30(6): 1 036 - 1 043. (Sun Yanping, Zhang Xiaoping, Liu Jianxiang, et al. Dynamic change of vegetation coverage in water-wind erosion ecotone in the Loess Plateau (J). Arid Zone Research, 2013, 30(6): 1 036 - 1 043.)

(5) Cheng M, Xiang Y, Xue Z, et al. Soil aggregation and intra-aggregate carbon fractions in relation to vegetation succession on the Loess Plateau, China (J). Catena, 2015, 124: 77 - 84.

(6) 刘宇,傅伯杰. 黄土高原植被覆盖度变化的地形分异及土地利用/覆被变化的影响(J). 干旱区地理, 2013, 36(6): 1 097 - 1 102. (Liu Yu, Fu Bojie. Topographical variation of vegetation cover evolution and the impact of land use/cover change in the Loess Plateau (J). Arid Land Geography, 2013, 36(6): 1 097 - 1 102.)

(7) T S Purevdorj, R Tateishi, T Ishiyama, et al. Relationships between percent vegetation cover and vegetation indices (J). International Journal of Remote Sensing, 1998, 19(18): 3 519 - 3 535.

(8) 李登科. 陕北黄土高原丘陵沟壑区植被覆盖变化及其对气候的响应(J). 西北植物学报, 2009, 29(5): 1 007 - 1 015. (Li Dengke. Vegetation change and its response to climate in the hill and ravine region of the Loess Plateau in Northern Shaanxi (J). Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica, 2009, 29(5): 1 007 - 1 015.)

(9) 易浪,任志远,张翀,等. 黄土高原植被覆盖变化与气候和人类活动的关系(J). 资源科学, 2014, 36(1): 166 - 174. (Yi Lang, Ren Zhiyuan, Zhang Chong, et al. Vegetation cover, climate and human activities on the Loess Plateau (J). Resources Science, 2014, 36(1): 166 - 174.)

(10) 何远梅,姚文俊,张岩,等. 黄土高原区植被恢复的空间差异性分析(J). 中国水土保持科学, 2015, 13(2): 63 - 69. (He Yuanmei, Yao Wenjun, Zhang Yan, et al. Spatial variability of vegetation restoration on the Loess Plateau based on MODIS/NDVI (J). Science of Soil and Water Conservation, 2015, 13(2): 63 - 69.)

(11) 黄建文,鞠洪波,赵峰. 快速鸟数据在退耕还林中应用方法的研究(J). 林业科学研究, 2004, 17(3): 267 - 271. (Huang Jianwen, Ju Hongbo, Zhao Feng. Application of high resolution quick-bird satellite data in the project of returning farmland to forests (J). Forest Research, 2004, 17(3): 267 - 271.)

(12) 王曼,吕光辉,刘卫国. 基于 QuickBird 的阿克苏河植被覆盖度研究(J). 新疆农业科学, 2012, 49(2): 347 - 353. (Wang Man, Lv Guanghui, Liu Weiguo. Research of the vegetation coverage in Aqikesu River Basin based on QuickBird image (J). Xinjiang Agricultural Sciences, 2012, 49(2): 347 - 353.)

(13) Wang H, Long H, Li X, et al. Evaluation of changes in ecological security in China's Qinghai Lake Basin from 2000 to 2013 and the relationship to land use and climate change (J). Environmental Earth Sciences, 2014, 72(2): 341 - 354.

(14) 张宏斌,唐华俊,杨桂霞,等. 2000—2008 年内蒙古草原 MODIS NDVI 时空特征变化(J). 农业工程学报, 2009, 25(9): 244 - 248. (Zhang Hongbin, Tang Huajun, Yang Guixia, et al. Changes

- of spatial-temporal characteristics based on MODIS NDVI data in Inner Mongolia grassland from 2000 to 2008 (J). Chinese Society of Agricultural Engineering 2009 25(9): 244 – 248.)
- (15) Hansen M C ,Defiles R S ,Townshend J R G ,et al. Global land cover classification at 1 km spatial resolution using a classification tree approach (J). International Journal of Remote Sensing ,2000 ,21: 1 331 – 1 364.
- (16) 郭建坤 ,黄国满. 1998—2003 年内蒙古地区土地覆被动态变化分析 (J). 资源科学 2005 27(6): 84 – 89. (Guo Jiankun ,Huang Guoman. Land cover dynamics in Inner Mongolia between 1998 and 2003 (J). Resources Science 2005 27(6): 84 – 89.)
- (17) Lyon J G ,Yuan D ,Lunetta R S ,et al. A change detection experiment using vegetation indices (J). Photogrammetric Engineering and Remote Sensing ,1998 64(2): 143 – 150.
- (18) 刘琳 ,姚波. 基于 NDVI 象元二分法的植被覆盖变化监测 (J). 农业工程学报 2010 26(增刊): 230 – 234. (Liu Lin ,Yao Bo. Monitoring vegetation-cover changes based on NDVI dimidiate pixel model (J). Chinese Society of Agricultural Engineering 2010 26 (Suppl.): 230 – 234.)
- (19) 马丽 ,徐新刚 ,刘良云 ,等. 基于多时相的 NDVI 及特征波段的作物分类研究 (J). 遥感技术与应用 2008 23(5): 520 – 524. (Ma Li ,Xu Xingang ,Liu Liangyun ,et al. Study on crops classification based on multi-temporal NDVI and characteristic bands (J). Remote Sensing Technology and Application 2008 23(5): 520 – 524.)
- (20) 李苗苗. 植被覆盖度的遥感估算方法研究 (D). 北京: 中国科学院遥感应用研究所 2003. (Li Miaomiao. The Method of Vegetation Fraction Estimation by Remote Sensing (D). Beijing: Institute of Remote Sensing Applications Chinese Academy of Sciences , 2003.)
- (21) 王云强 ,邵明安 ,刘志鹏. 黄土高原区域尺度土壤水分空间变异性 (J). 水科学进展 2012 23(3): 310 – 316. (Wang Yunqiang ,Shao Mingan ,Liu Zhipeng. Spatial variability of soil moisture at a regional scale in the Loess Plateau (J). Advances in Water Science 2012 23(3): 310 – 316.)
- (22) 刘鑫. 晋西黄土区不同立地类型下土壤水分时空异质性研究 (D). 北京: 北京林业大学 2007. (Liu Xin. The Study on Spatial and Temporal Heterogeneity of Moisture under Different Land in the Loess Region of West Shanxi (D). Beijing: Beijing Forestry University 2007.)

Difference of Vegetation Restoration in the Loess Plateau Based on QuickBird Image

Anikezi Rouzi , ZHANG Yan , HE Yuan-mei , LI Zhen , YANG Song

(Key Lab of Soil and Water Conservation and Desertification Combating , Ministry of Education , Beijing Forestry University , Beijing 100083 , China)

Abstract: In order to restore vegetation with different site conditions in different parts of the Loess Plateau , the project of returning farmland to forestland or grassland was implemented. The change of vegetation in three typical regions was analyzed based on the Quickbird images of the same time phase in 6 – 9 – year periods and 5 m × 5 m DEMs. The results are as follows: ① Vegetation coverage of all 8 types with different site conditions was increased in the Wuqi study area. The vegetation coverage on slightly steep sunny slope (15° – 25°) and steep sunny slope (25° – 35°) was about 6% lower than that on similar shady slope , while little difference was found between sunny and shady gentle slope (< 15°) or sunny and shady extremely steep slope (> 35°) . It was difficult to restore vegetation on steep sunny slope and extremely steep slope in the Wuqi study area where the vegetation coverage was still lower than 50% after the project of returning farmland to forestland or grassland was implemented for longer than 10 years; ② During the 6 – 9 – year periods , the area of land with vegetation coverage lower than 45% was reduced in varying degrees in the Wuqi , Jixian and Suide study areas. Vegetation restoring rate was the highest in Jixian , and then in Suide and Wuqi , which was related to the geographical locations and the water and heat conditions; ③ After the vegetation in the Wuqi study area was restored for longer than 10 years , the plots with vegetation coverage lower than 30% were mainly distributed on steep slope and extremely steep slope. In the Jixian study area with relatively good water and heat conditions , the vegetation restoration of different types on sunny slope was similar; on the gentle slope with good site conditions , however , the area of land with vegetation coverage lower than 30% was still large. This paper could provide a reference for comprehensively appraising the project of returning farmland to forestland or grassland on the Loess Plateau.

Key words: vegetation coverage; site type; vegetation restoration; QuickBird image; Loess Plateau