

# Impacts of Land Use Change on Net Primary Productivity in Fenhe River Basin

Jin Duan<sup>1</sup>, Yaolong Liu<sup>2</sup>, Yamin Jia<sup>3</sup>

<sup>1</sup> School of Politics and Law, Taiyuan University of Technology, Taiyuan 030024, China

<sup>2</sup> School of Economics and Management, Taiyuan University of Technology, Taiyuan 030024, China

<sup>3</sup> School of Water Resource Science and Engineering, Taiyuan University of Technology, Taiyuan 030024, China

## 汾河流域土地利用变化对植被净初级生产力的影响

段锦<sup>1</sup>, 刘耀龙<sup>2</sup>, 贾亚敏<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 太原理工大学政法学院, 太原 030024, 中国

<sup>2</sup> 太原理工大学经济管理学院, 太原 030024, 中国

<sup>3</sup> 太原理工大学水利科学与工程学院, 太原 030024, 中国

### Abstract

With the enhancement of the evolution of the natural environment and of the human activities on natural ecosystems, land use and land cover change (LUCC) has become an important factor affecting the ecosystem and environment. Study on land use and land cover change (LUCC) and its impact on the ecosystem and environment has become a research focus of ecology, geography and related disciplines. Net primary productivity (NPP) is not only the main factor of the quality status of terrestrial ecosystems, but also is the main factor determining the ecosystem carbon source / sinks and regulating ecological processes, so it plays an important role in global change and carbon balance. This paper was based on the Landsat TM remote sensing images in 2000 and 2010 to obtain the land use data in order to analyze the land use and land cover change (LUCC) in Fenhe River Basin in 2000 and 2010. Meanwhile, the MOD17A3 data of vegetation net primary productivity was obtained to analyze the impacts of the land use and land cover change

(LUCC) on net primary productivity (NPP). The results reflect the improving trend of ecosystem quality of farmland, woodland, grassland and unused land in Fenhe River Basin from 2000 to 2010.

**Keywords:** Fenhe River Basin; land use change; net primary productivity (NPP)

### 摘要

净初级生产力(NPP)是表征陆地生态系统质量状况、判定生态系统碳源/汇和调节生态过程的主要因子,在全球变化及碳平衡中扮演着重要的作用。利用2000和2010年的Landsat TM遥感影像获取汾河流域相应年份的土地利用数据,分析2000~2010年汾河流域土地利用变化情况;并通过MOD17A3数据获取汾河流域的植被净初级生产力,分析汾河流域土地利用变化对植被净初级生产力的影响。结果表明,2000~2010年汾河流域耕地、林地、草地和未利用地的生态系统质量呈提高的趋势。

**关键词:** 汾河流域; 土地利用变化; 净初级生产力(NPP)

## 1. 引言

随着自然环境的演变以及人类活动对自然生态系统作用的增强,土地利用/覆盖变化成为影响生态环境的重要因素<sup>[1,2]</sup>。因此,研究土地利用/覆盖变化及其对生态环境的影响,已经成为地理学、生态学及相关学科的研究焦点<sup>[2-4]</sup>。净初级生产力(net primary productivity, NPP)是指绿色植物在单位面积和单位时间所累积的有机物的数量,是表征陆地生态系统质量状况、判定生态系统碳源/汇和调节生态过程的主要因子,在全球变化及碳平衡中扮演着重要的作用<sup>[5-8]</sup>。根据模型对各种调控因子的侧重点以及对 NPP 调控机理解释的不同, NPP 模型包括气候生产潜力模型(如 Miami、Thornthwaite Memorial 和 Chikugo)、生态系统过程模型(如 BEPS、TEM、Forest-BGC 和 BIOME-BGC)、光能利用率模型(如 GLO-PEM、CASA 和 C-FIX)<sup>[9]</sup>。三类模型各有优缺点,其中,生态系统过程模型通过模拟植物的光合作用、有机物分解及营养元素的循环等生理过程来估算 NPP,具有较强的机理性和系统性,因此可靠性比较高<sup>[9]</sup>。国内关于土地利用变化对植被净初级生产力影响的研究中,应用较多的 NPP 模型为 BIOME-BGC 模型与光能利用率模型<sup>[10]</sup>、CASA 模型<sup>[11-14]</sup>与 GLO-PEM 模型<sup>[15]</sup>。

汾河流域是我国重要的地理区域之一,是山西省工业集中、农业发达的地区,沿途人口稠密,厂矿众多。研究汾河流域土地利用变化对植被净初级生产力的影响,为评价汾河流域生态系统的质量提供科学依据,对土地资源的可持续利用和经济社会的可持续发展提供决策基础。

## 2. 研究区概况与研究方法

### 2.1. 研究区概况

汾河发源于宁武县境内管涔山脚下的雷鸣寺泉,流经忻州、太原、晋中、吕梁、临汾和运城 6 个地(市)、34 个县,于天津市入黄河,全长 716 km。流域面积 39741 km<sup>2</sup>,地理坐标为 35°20'N~39°00'N, 110°30'E~113°32'E, 约占山西省总面积的

1/4,其中平原约占 24.7%,丘陵和山地约占 75.3%。汾河是山西省第一大河,是黄河第二大支流,也是山西省的母亲河。汾河流域是山西黄土高原的一部分,地势北高南低。汾河干流两次出山(吕梁山脉、太岳山脉),两进盆地(太原盆地、临汾盆地),各支流穿行于西山—吕梁山脉与东山—太行山脉之间。东西两侧分水岭为地势高峻的石山地区;中间地带为厚度不均的黄土层覆盖,沟壑纵横,为典型的黄土高原地貌。在新构造运动作用下,中部盆地持续下降,东西山区不断上升,地形高差达 1000 m 左右。汾河流域地处中纬度大陆性季风带,半干旱、半湿润型气候过渡区,四季分明。春季多风干燥,夏季多雨炎热,秋季少晴早凉,冬季少雪寒冷。全流域多年平均降雨量 504.8 mm,近几十年呈逐步减少趋势。流域多年水面蒸发量为 1000-1200 mm。流域内降水季节分配很不均,6-9 月的径流量约占全年的 60%,且因泉水分布在中下游,因此上游径流的年变化很大,来水无保障。汾河流域的取水总量,占全省水资源利用总量的 46%。

### 2.2. 数据来源与处理

(1) NPP 数据: 2000 和 2010 年的 NPP 数据来源于美国 NASA EOSDIS(<http://reverb.echo.nasa.gov>) 的 MOD17A3 数据。MOD17A3 数据通过参考 BIOME-BGC 模型与光能利用率模型来计算全球陆地植被净初级生产力。该数据已在全球和区域 NPP 与碳循环研究中得到广泛应用<sup>[8]</sup>。在 MRT(Modis Reprojection Tool)中将 MOD17A3 数据的投影定义为 Albers 投影,空间分辨率为 1km×1km。

(2) Landsat TM 数据: 2000 和 2010 年的 Landsat TM 遥感影像数据来源于中国科学院计算机网络信息中心科学数据中心的中国科学院数据云(<http://www.csdb.cn>),通过几何校正,对照中国 2000 年 1:100 000 土地利用数据集和中国 1:1 000 000 植被类型图(数据来源:寒区旱区科学数据中心(<http://westdc.westgis.ac.cn>))在 ArcGIS9.3 中进行人工目视解译。根据研究需要,将汾河流域的土地利用类型分为耕地、林地、草

## Risk Analysis and Crisis Response in Big Data Era (RAC-16)

地、建设用地、水域和未利用地 6 类,其投影和重采样后的空间分辨率同 MOD17A3 数据。

### 3. 结果与分析

#### 3.1. 汾河流域土地利用变化

2000~2010 年汾河流域的林地、草地、建设用地、水域增加,耕地和未利用地减少(表 1)。林地面积增加了 3671hm<sup>2</sup>,增幅 0.16%,其中,增加的面积来自耕地和未利用地,分别为 4337hm<sup>2</sup>和 38hm<sup>2</sup>;而有 704hm<sup>2</sup>的林地转为建设用地。草地面积增加了

144hm<sup>2</sup>,增幅 6.97%,均来自水域。建设用地面积增加了 10543hm<sup>2</sup>,增幅 4.63%,其中,增加的面积来自耕地和林地,分别为 9839hm<sup>2</sup>和 704hm<sup>2</sup>。水域面积增加了 387hm<sup>2</sup>,增幅 1.04%,其中,增加的面积来自耕地,为 993hm<sup>2</sup>;而有 462hm<sup>2</sup>的水域转为耕地,144hm<sup>2</sup>的水域转为草地。耕地面积减少了 14707hm<sup>2</sup>,减少 1.08%,其中,有 4337hm<sup>2</sup>的耕地转为林地,9839hm<sup>2</sup>的耕地转为建设用地,993hm<sup>2</sup>的耕地转为水域;而有 462hm<sup>2</sup>的水域转为耕地。未利用地面积减少了 38hm<sup>2</sup>,减少 10.44%,均转为林地。

表 1 汾河流域 2000~2010 年土地利用转移矩阵 hm<sup>2</sup>

2010 \ 2000	耕地	林地	草地	建设用地	水域	未利用地	合计
耕地	1351901	4337	0	9839	993	0	1367070
林地	0	2336950	0	704	0	0	2337654
草地	0	0	2067	0	0	0	2067
建设用地	0	0	0	227756	0	0	227756
水域	462	0	144	0	36583	0	37189
未利用地	0	38	0	0	0	326	364
合计	1352363	2341325	2211	238299	37576	326	3972100

#### 3.2. 汾河流域 NPP 的时空变化

汾河流域 NPP 的总值由 2000 年的 8.42TgC(1Tg=10<sup>12</sup>g)增加到 2010 年的 9.67TgC,增加了 1.25TgC,占 2000 年的 14.85%,年均增加 1.49%。按生成 1g 干物质需吸收 1.62 g CO<sub>2</sub> 计算,汾河流域生态系统 2000 年~2010 年相当于增加吸收 2.03Tg CO<sub>2</sub>。从空间分布上看(图 1),2000 年汾河流域单位面积 NPP 为 201~300gC/(m<sup>2</sup>·a)的区域所占比例最大,占汾河流域总面积的 49.63%;单位面积 NPP>400gC/(m<sup>2</sup>·a)的区域占 0.24%,分布在汾河流域南部。2010 年汾河流域单位面积 NPP 为 201~300gC/(m<sup>2</sup>·a)的区域所占比例最大,占汾河流域总面积的 45.33%;单位面积 NPP>400gC/(m<sup>2</sup>·a)的区域占 3.07%,分布在汾河流域南部和中部。2000 年、2010 年植被 NPP 大体上均呈现出由四周向中间递减的趋势。

NPP 减少的区域主要位于汾河流域的西北部和中部(图 2),占汾河流域总面积的 27.10%;其中,NPP 减少最剧烈的区域占汾河流域总面积的 6.87%,减少幅度为 50gC/m<sup>2</sup>以上。NPP 增加的幅度主要集中在 1~100 gC/m<sup>2</sup>的范围内,占汾河流域总面积的 64.68%;NPP 增加的幅度>100 gC/m<sup>2</sup>的区域占汾河流域总面积 8.22%。未发生变化的区域占汾河流域总面积的 8.66%。

#### 3.3. 汾河流域土地利用变化对 NPP 的影响

从表 2 可知,2000~2010 年汾河流域不同土地利用类型的平均 NPP 与总 NPP 均呈增加趋势。这体现了 2000~2010 年汾河流域耕地、林地、草地和未利用地的生态系统质量呈提高的趋势。其中,平均 NPP 与总 NPP 增加幅度最多的为未利用地,平均 NPP 增加了 33.35%,总 NPP 增加了 19.43;平均

## Risk Analysis and Crisis Response in Big Data Era (RAC-16)

NPP 与总 NPP 增加幅度最少的为草地, 平均 NPP 增加了 2.20%, 总 NPP 增加了 9.31%; 耕地的平均 NPP 增加了 16.15%, 总 NPP 增

加了 14.90%; 林地的平均 NPP 增加了 14.78%, 总 NPP 增加了 14.96%。

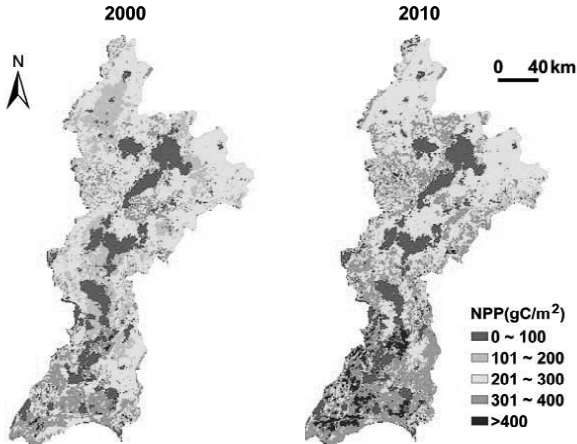


图1 汾河流域 2000 年和 2010 年 NPP 分布

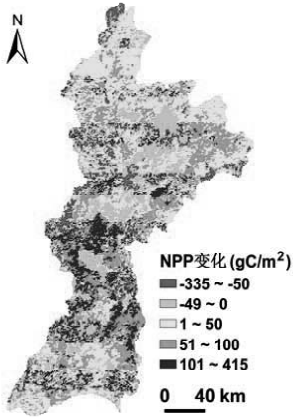


图2 汾河流域 2000 年~2010 年 NPP 时空变化

表 2 2000 年~2010 年不同土地利用类型的 NPP 变化

土地利用类型	面积(hm <sup>2</sup> )		平均 NPP(gC/m <sup>2</sup> )			总 NPP(Tg)		
	2000 年	2010 年	2000 年	2010 年	变化(%)	2000 年	2010 年	变化(%)
耕地	1367070	1352363	214.28	248.88	16.15	2.93	3.37	14.90
林地	2337654	2341325	216.46	248.45	14.78	5.06	5.82	14.96
草地	2067	2211	102.96	105.22	2.20	0.21×10 <sup>-2</sup>	0.23×10 <sup>-2</sup>	9.31
未利用地	364	326	157.84	210.48	33.35	0.57×10 <sup>-3</sup>	0.69×10 <sup>-3</sup>	19.43

4. 结论

本研究通过分析汾河流域土地利用变化对植被净初级生产力的影响,丰富了土地利用变化的研究成果,为评价汾河流域生态系统质量提供科学依据。结果表明,2000~2010 年汾河流域的林地、草地、建设用地、水域增加,耕地和未利用地减少。2000 年、2010 年植被 NPP 大体上均呈现出由四周向中间递减的趋势。NPP 减少的区域主要位于汾河流域的西北部和中部,占汾河流域总面积的 27.10%; NPP 增加的幅度主要集中在 1~100 gC/m<sup>2</sup> 的范围内,占汾河流域总面积的 64.68%。2000~2010 年汾河流域不同土地利用类型的平均 NPP 与总 NPP 均呈增加趋势。这体现了 2000~2010 年汾河流域耕地、林地、草地和未利用地的生态系统质量呈提高的趋势。

汾河流域植被 NPP 的变化是在全球气候变化的背景下,叠加人类活动的作用产生的。气候变化和人类活动的影响强度随着区域及时间的不同而存在着显著的差异。其中,气候变化方面主要是通过降水对植被 NPP 产生影响。2000~2010 年,研究区的降水量呈平稳的趋势。因此,可排除降水量的差异对汾河流域植被 NPP 的影响。综上所述,人类活动的影响对于汾河流域植被 NPP 的增加起了主要的作用,如退耕还林、生态恢复等措施。土地利用变化对植被净初级生产力的影响还有待进一步的研究。

Acknowledgements

This study was supported by National Natural

Science Foundation of China (No. 41301580) and School fund team project of Taiyuan University of Technology (No.2014TD080).

致谢

本研究得到了国家自然科学基金项目(41301580)和太原理工大学校基金团队项目(2014TD080)的资助。

5. 参考文献

[1] 曾辉,孔宁宁,李书娟.卧龙自然保护区人为活动对景观结构的影响.生态学报,21(12):1994-2001,2001.

[2] 陈利顶,张淑荣,傅伯杰,彭鸿嘉.流域尺度土地利用与土壤类型空间分布的相关性研究.生态学报,23(12):2497-2505,2003.

[3] 傅伯杰,陈利顶,马克明.黄土丘陵区小流域土地利用变化对生态环境的影响——以延安市羊圈沟流域为例.地理学报,54(3):241-246,1999.

[4] Vanacker V, Govers G, Barros S, Poesen J, Deckers J. The effect of short-term socio-economic and demographic change on landuse dynamics and its corresponding geomorphic response with relation to water erosion in a tropical mountainous catchment, Ecuador. Landscape Ecology, pp. 1-15, 2003.

[5] Field C B, Behrenfeld M J, Randerson J T, Falkowski P. Primary production of the biosphere: Integrating terrestrial and oceanic components. Science, pp. 237-240,

- 1998.
- [6] 孙睿, 朱启疆. 陆地植被净第一性生产力的研究. *应用生态学报*, 10(6): 757-760, 1999.
- [7] Olivier Salvi, Samuel Delsinne, Sébastien Evanno. Biogas - A European Perspective on Safety and Regulation. *Journal of Risk Analysis and Crisis Response*, pp. 1-20, 2011.
- [8] K. Harald Drager, Thomas V. Robertson. TIEMS DREVS Initiative: Disaster Resilience Establishment for Vulnerable Societies. *Journal of Risk Analysis and Crisis Response*, pp. 133-140, 2014.
- [9] 王莺, 夏文韬, 梁天刚. 陆地生态系统净初级生产力的时空动态模拟研究进展. *草业科学*, 27(2): 77-88, 2010.
- [10] 王宗明, 国志兴, 宋开山, 刘殿伟, 张柏, 张树清, 李方, 金翠, 杨婷, 黄妮. 2000~2005年三江平原土地利用/覆被变化对植被净初级生产力的影响研究. *自然资源学报*, 24(1): 136-146, 2009.
- [11] 刘军会, 高吉喜. 气候和土地利用变化对北方农牧交错带植被 NPP 变化的影响. *资源科学*, 31(3): 493-500, 2009.
- [12] 徐昔保, 杨桂山, 李恒鹏. 太湖流域土地利用变化对净初级生产力的影响. *资源科学*, 33(10): 1940-1947, 2011.
- [13] 周自翔, 李晶, 韩艳飞. 关中-天水经济区土地利用变化对净第一性生产力影响测评. *干旱区地理*, 36(6): 1058-1066, 2013.
- [14] 韩艳飞, 柯长青, 李晶. 近 30 年关天经济区植被净初级生产力对土地利用变化的动态响应. *干旱区资源与环境*, 28(6): 68-74, 2014.
- [15] 高志强, 刘纪远, 曹明奎, 李克让, 陶波. 土地利用和气候变化对区域净初级生产力的影响. *地理学报*, 59(4): 581-591, 2004.