

引用格式:殷格兰,邵景安,郭跃,等.南水北调中线核心区土地利用变化及其生态环境响应研究[J].地球信息科学学报,2017,19(1):59-69. [Yin G L, Shao J A, Guo Y, et al. 2017. Study of land use Change and eco-environmental response in the core area of mid-route of south-to-north water transfer project. Journal of Geo-information Science, 19(1):59-69.] DOI:10.3724/SP.J.1047.2017.00059

南水北调中线核心区土地利用变化及其生态环境响应研究

殷格兰¹, 邵景安^{1,2*}, 郭跃^{1,2}, 党永峰³, 徐新良⁴

1. 重庆师范大学地理与旅游学院, 重庆 400047; 2. 三峡库区地表过程与环境遥感重庆市重点实验室, 重庆 400047; 3. 国家林业局调查规划设计院, 北京 100714; 4. 中国科学院地理科学与资源研究所, 资源与环境系统国家重点实验室, 北京 100101

Study of Land Use Change and Eco-environmental Response in the Core Area of Mid-route of South-to-north Water Transfer Project

YIN Gelan¹, SHAO Jing'an^{1,2*}, GUO Yue^{1,2}, DANG Yongfeng³ and XU Xinliang⁴

1. College of Geography and Tourism, Chongqing Normal University, Chongqing, 400047, China; 2. Key Laboratory of Surface Process and Environment Remote Sensing in the Three Gorges Reservoir Area, Chongqing 400047, China; 3. Academy of Forestry Inventory and Planning, State Forestry Administration, Beijing 100714, China; 4. State Key Laboratory of Resources and Environmental Information System, Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, CSA, Beijing 100101, China

Abstract: Taking Xichuan in the core water source area of the middle route of south-to-north water diversion project as a case, this study obtained land use data of Xichuan by interpreting TM(2004) and GF1(2014) image data and quantitatively analyzed land use change of Xichuan from 2004 to 2014. The effects of land use change on ecological environment in Xichuan during the study period were evaluated by using the model of ecological environment quality at regional scale. Moreover, the driving factors of the change in ecological environment quality in Xichuan were analyzed using the gray correlation method. The results showed that: during 2004 to 2014, the area of forest land, construction land and water increased, and the area of farmland decreased. Also, the evolution trend of forest land, woodland, shrub land and nursery garden was consistent with the overall evolution pattern of forest resources. However, suitable land for forest, non timber forest land, unwoodland showed a decreasing trend. In the spatial distribution, forest land was mainly distributed in the northern mountainous area, with the high altitude, the steep slope. Farmland and construction land were mostly distributed in southeast area, with the low altitude, the relatively gentle slope. In the 2004 and 2014, the ecological environment quality of Xichuan both showed obvious spatial difference, and showed the distribution trend of north high and south low. During the study period, the regional ecological environment quality index of Xichuan increased from 0.5443 to 0.6039, and the quality of ecological environment was improved. Moreover, the contribution of suitable land for forest and non timber forest land being converted into forest land, and returning farmland to forests to the improvement of regional ecological environment was the most greatest. The ecological environment in some areas was the negative development. The negative impact of predatory exploitation, extensive management and deforestation on the ecological environment was the most profound. During 2004 to 2014, the change of ecological en-

收稿日期 2016-07-10; 修回日期: 2016-09-12.

基金项目 国家自然科学基金重大国际合作基金项目(41161140352); 教育部人文社科青年基金项目(10YJCZH122)。

作者简介 殷格兰(1992-), 女, 四川眉山人, 硕士生, 主要从事水土保持与生态建设研究。E-mail: 772889196@qq.com

*通讯作者 邵景安(1976-), 男, 安徽亳州人, 博士, 研究员, 主要从事土地利用与生态过程研究。E-mail: shao_ja2003@sohu.com

vironment quality in Xichuan was mainly driven by the policy and the resident's pursuit of maximizing the benefits.

Key words: land use change; forest transformation; marginalization of cultivated land; eco-environmental response; Xichuan country;

***Corresponding author:** SHAO Jing'an, E-mail: shao_ja2003@sohu.com

摘要: 本文以南水北调中线工程核心水源区淅川县为例,选取2004年TM、2014年GF1号影像等数据,解译获取了淅川县土地利用数据,对2004–2014年淅川县土地利用变化进行定量分析。通过选用区域生态环境质量模型,对研究期内淅川县土地利用变化的生态环境效应进行评估,并采用灰色关联法对导致淅川县生态环境质量变化的驱动因素进行分析。研究结果表明:① 2004–2014年,林地、建设用地和水域面积增加,耕地面积减少。在林地资源演化趋势上,有林地、疏林地、灌木林地和苗圃地与林地资源的整体演化格局一致,而宜林地和无立木林地、未成林造林地呈减少的趋势;② 在空间分布上,林地主要分布在海拔高、坡度较陡的北部山区,耕地和建设用地密集分布于海拔低、相对平缓的东南部地区;③ 2004年和2014年2期生态环境质量均在县域内表现出明显的空间差异,呈现出北高南低的分布趋势。研究期内淅川县区域生态环境质量指数从0.5443上升至0.6039,生态环境质量提高,其中宜林地和无立木林地转化为有林地、退耕还林对区域生态环境改善贡献最大;④ 局部地区生态环境呈负向发展,其中对森林资源采取掠夺式开采和粗放型管理、毁林开地对县域生态环境产生的负面影响最为深刻。⑤ 2004–2014年县域生态环境质量变化主要由政策和居民追求利益最大化的行为所驱动。

关键词: 土地利用变化;森林转型;耕地边际化;生态环境效应;淅川县

1 引言

土地利用变化是指由于人类活动和自然系统在不同时空尺度上交互作用产生的变化^[1–2]。研究土地利用变化过程,分析生态环境对土地利用变化的响应,对于了解土地利用现状,设计合理的土地利用规划有重要的借鉴意义^[3–4]。

人类为了获取有利用价值的资源,满足自身的发展需求,不断地对地表环境进行改变,表现出不同的土地利用方式^[5–7]。土地利用变化影响水资源利用及水文过程^[8]、碳排放^[9]、陆地生态系统净初级生产力^[10]等,其引起的生态环境效应问题受到了国内外学者的广泛关注^[11–17]。Lal研究发现自然生态系统向农业生态系统转变会导致热带和温带地区土壤的有机碳含量降低^[12];Pimm研究发现土地利用变化会致使水环境功能退化^[14];马晓哲研究发现退耕还林、改善森林管理,可促进森林的碳储^[9];郭军庭研究发现在全球气候变化背景下,优化土地利用结构与方式,可以科学管理区域水资源^[13]。虽然这些研究从不同侧面分析了区域土地利用变化及其生态环境响应问题,但从时空分异角度,综合分析土地利用变化及其生态环境响应还有待进一步研究^[18]。然而,目前关于土地利用环境效应的研究,偏重于流域尺度和经济发达热点区,而对县域尺度的经济欠发达区进行土地利用变化的生态环境响应综合分析尚不多见。

南水北调中线工程实施以后淅川仍是主要淹没区、移民区,作为南水北调核心水源区和扶贫重点县,淅川县面临着生态建设和经济社会发展引发的水土资源需求的巨大压力。这给淅川县土地利用变化研究提出了新的命题:步入“后移民时代”,怎样实现绿色发展和人民富裕的双赢?县域土地利用变化如何耦合其生态环境效应?因此,本文以淅川县为例,基于遥感目视解译和野外调查,分析了淅川县2004–2014年的土地利用时空变化,并通过生态环境质量指数模型分析研究区生态环境质量和土地利用变化之间的关系,揭示二者的动态变化规律,以期为区域土地利用管理和生态建设提供有益借鉴。

2 数据来源与研究方法

2.1 区域概况

淅川县(110°58′~111°53′E, 32°55′~33°23′N)位于河南省西南部,地处鄂豫陕结合部。该县为马蹄状地形,东南部为冲积平原及岗地区,中部为丘陵区,西北部为山区。县域气候属季风性气候区,春季回暖快,夏季降雨集中、旱涝不均,秋季凉爽,冬季干冷。淅川县属汉江水系,丹江纵贯全境。淅川县土壤有潮土、砂姜黑土、黄棕壤土、紫色土4个土类,9个亚类,30个土属,71个土种。受气候影响,淅川县是南北差异的过渡地带,具有丰富的植物资源。2014年,全年生产总值、公共财政预算收入、全

社会固定资产投资、城镇居民人均可支配收入、农民人均纯收,分别为181亿元、7亿元、223亿元、22 639元、8057元,同比分别增长8.6%、53%、20%、10% 和11%。

2.2 数据来源与处理

研究选取淅川县2004年的TM影像,2014年GF1号影像为遥感信息源。GF1号影像从中国资源卫星应用中心获取(<http://www.cresda.com/CN/>, TM

影像从USGS网站(<http://earth explorer.usgs.gov/>)获取。2009年的淅川县土地利用图、2004–2014年淅川县各乡镇监测年度的营造林、森林采伐及占用征收林地等设计、验收和专项调查资料以及淅川县3期森林资源清查固定样地调查数据来源于国家林业局调查规划设计院。DEM(空间分辨率为30 m×30 m)来源于USGS网站(<http://earth explorer.usgs.gov/>)。本研究使用的其它基础数据来源于《中国县市社会经济统计年鉴》和淅川县统计资料。

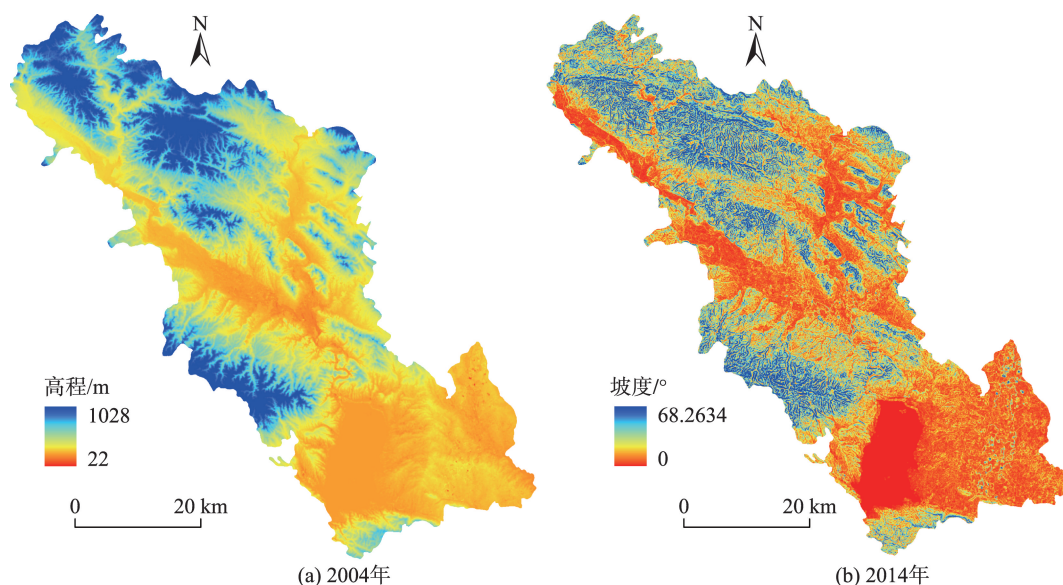


图1 研究区高程和坡度图

Fig. 1 Topography and slope in the study site

遥感影像处理技术方法参照《遥感影像平面图制作规范》(GB 15968–1995)和《森林资源调查卫星遥感影像图制作技术规程》(LY/T 1954–2011)执行。采用PIC软件对遥感影像进行几何校正、地形校正,经过图像融合和增强处理,选取信息提取的波段组合为4、5、3波段,在ArcGIS 9.3软件里通过目视解译获取淅川县2004年和2014年2期土地利用数据。根据遥感影像变化情况,借助2004–2014年的营造林、森林采伐及占用征收林地等设计、验收等资料,整理了淅川县15个乡镇和2个街道办事处2004年和2014年小班矢量数据。以室内解译的小班为底图,进行以小班为单元的现地验证,对2014年解译出的土地利用图予以修正。

为确保获取的2004年土地利用图的准确性,对2004年土地利用数据的提取采用TM影像解译与参与式农户访谈验证相结合的方法进行:如果只使用2004年的TM遥感影像进行解译,数据获取粒度

较粗。但是,若只以2009年解译验证后的土地利用图为底图,在此基础上,通过参与式农户访谈让当地农户进行逐一小班的追溯,无法确保非遥感辅助数据来源准确性。因此,本文使用二者相结合的方法获取2004年土地利用数据,具体的实施过程是:首先,通过一般的遥感影像处理方法对2004年TM遥感影像进行处理,并将其与其他数据一起作为2004年土地利用信息提取的辅助数据;然后,以2009年的土地利用图为底图让当地农户进行逐一小班的追溯,并参照2004年TM遥感影像对追溯反演的结果进行验证,提高结果的正确性。

据此对解译和追溯结果进行野外抽样调查,对解译的结果进行精度检验。根据判读区划结果,2014年机械抽选127个小班,面积为403.37 hm²。经现地核实,变化地块判读正确的有117块,面积为365.52 hm²,正判率为92.13%;2004年机械抽取110块小班,面积为1233.05 hm²。经现地核实,未变化

地块判读正确的有 93 块,面积 1144.35 hm²,正判率为 92.81%。正判率均达到本文研究的精度要求。

根据《全国土地分类》、研究区土地资源状况及本研究的需要,将土地利用类型划分到二级用地。一级主要根据土地的利用属性分为林地和非林地 2 个类型;再根据林地的自然属性划分为有林地、疏林地、灌木林地、未成林造林地、宜林地和无立木林地、苗圃地 6 个二级用地;非林地划分为建设用地、耕地、水域 3 个二级用地。参考国内相关文献,结合专家评分,对各土地利用类型赋予生态环境质量数值^[19-20]。

表 1 土地利用类型分类及其生态环境赋值

Tab. 1 Classification of land use types and evaluation of ecological environment index

一级分类	二级分类	生态质量赋值
林地	有林地	0.95
	疏林地	0.45
	灌木林地	0.65
	未成林造林地	0.40
	苗圃地	0.40
	宜林地和无立木林地	0.05
非林地	建设用地	0.20
	耕地	0.28
	水域	0.61

注:各用地类型的生态环境质量赋值来源如下:有林地、灌木林地、疏林地、未成林造林地、苗圃地的赋值来自张扬^[22]和李晓文^[19]的研究结果;宜林地和无立木林地的赋值来自李晓文、吕立刚^[20]等研究的平均值;建设用地的赋值来自张扬的研究结果;耕地和水域的赋值来自吕立刚的研究结果

2.3 研究方法

(1)土地利用变化分析

用 ArcGIS 9.3 软件对研究区 2004 年和 2014 年的土地利用类型数据进行叠置分析(Arc Toolbox/Analysis Tools/Overlay/Intersect),即将 2 个土地利用图层的公共区域提取出来,形成一个新的数据层,落在公共区域的特征被保留,输出的结果将继承 2 个层面的所有属性。然后,用 Excel 数据透视表处理,建立 2 期土地类型转移矩阵。

(2)生态环境质量指数

综合考虑研究区各土地利用类型的面积和所赋予的生态质量数值,定量评估区域整体生态环境质量状况,计算方式如下^[21-22]:

$$EV_i = \sum_i^n LU_i \times C_i / TA \quad (1)$$

式中: EV_i 为第 i 期研究区生态环境质量指数; TA 为研究区各用地类型之和; C_i 为研究区第 i 期第 i 种用地类型的生态质量赋值; LU_i 为该研究区第 i 期第 i 种用地类型的面积; n 为研究区土地利用类型的数量。

(3)区域土地利用类型变化生态贡献率

区域土地利用变化类型的生态贡献率是指某一土地利用类型由初期到末期变化所导致的区域生态质量状况的变化,计算公式如下^[19,23]:

$$LEI = (LE_1 - LE_0) \cdot LA / TA \quad (2)$$

式中: LEI 为研究区某一土地利用变化类型生态贡献率; LE_0 为某一土地利用变化类型在变化初期所赋予的生态质量; LE_1 为某一土地利用变化类型在变化末期所赋予的生态质量; TA 为研究区各土地利用类型的面积之和; LA 为该变化用地的面积。

3 结果与分析

3.1 土地利用变化时空特征

(1)总体变化

由表 2 可知,林地是整个研究区的景观基质,对整体景观有较大的贡献。而且,所有土地利用类型中,有林地均占据研究区 2 个截面年份的优势位置,占比分别达总面积的 35.84% 和 42.81%;其次是耕地,分别为 33.49% 和 32.71%;水域、建设用地、疏林地、灌木林地、苗圃地、宜林地和无立木林地其累计占比与耕地基本相当,分别为 30.67% 和 24.48%。

2004-2014 年,研究区林地、建设用地和水域面积增加,耕地面积减少,面积变化大小排序为耕地 > 林地 > 建设用地 > 水域。11 年间研究区林地资源总体净增加 1850.08 hm²,比重由 48.15% 增加至 48.79%。耕地减少 2180.71 hm²,比重由 2004 年的 33.49% 减少至 32.71%。建设用地增加 202.31 hm²,比重由 5.92% 增加至 5.99%。水域增加 128.32 hm²,比重由 12.44% 增加至 12.49%。从面积变幅度化来看,各类型的大小排序为耕地 > 林地 > 建设用地 > 水域,其中耕地的变化幅度为 2.31%,林地的面积变化幅度为 1.36%,建设用地变化幅度为 1.21%,水域为 0.37%。

在林地资源演化趋势上,有林地、疏林地、灌木林地和苗圃地与林地资源的整体演化格局一致,而宜林地和无立木林地、未成林造林地呈减少的趋势。在变化强度上,有林地、疏林地、灌木林地和苗

表2 研究区2004–2014年土地利用变化主要类型

Tab. 2 The main types of land use change in the study area during 2004-2014

地类	2004年		2014年		2004–2014年		
	面积/hm ²	比例/%	面积/hm ²	比例/%	面积变化/hm ²	面积变化幅度/%	比例/%
有林地	100 989.56	35.84	120 646.00	42.81	19 656.44	19.46	6.97
疏林地	2313.66	0.82	2335.00	0.83	21.34	0.92	0.01
灌木林地	4625.65	1.64	4674.87	1.66	49.22	1.06	0.02
未成林造林地	2334.04	0.83	801.08	0.28	–1532.96	–65.68	–0.55
苗圃地	180.00	0.06	201.21	0.07	21.21	11.78	0.01
宜林地和无立木林地	25 261.09	8.96	8895.92	3.16	–16 365.17	–64.78	–5.80
建设用地	16 691.69	5.92	16 894.00	5.99	202.31	1.21	0.07
耕地	94 360.94	33.49	92 180.23	32.71	–2180.71	–2.31	–0.78
水域	35 055.75	12.44	35 184.07	12.49	128.32	0.37	0.05

圃地分别增加19 656.44、21.34、49.22和21.21 hm², 宜林地和无林木林地、未成林造林地分别减少了16365.17 hm²、1532.96 hm²。从面积变化幅度来看, 各林地类型的大小排序为未成林造林地> 宜林地和无立木林地> 有林地> 苗圃地> 灌木林地> 疏林地。未成林造林地和宜林地和无立木林地是变化最为剧烈的用地, 二者的面积在研究期内分别减少了65.68%、64.94%; 其次为有林地、苗圃地、灌木林地、疏林地, 面积分别增加了19.46%、11.78%、1.06%、0.92%。

(2)转换轨迹

利用浙川县2004年、2014年的土地利用数据, 运算获取2004–2014年土地利用面积转移矩阵(表3), 可知2004–2014年土地利用变化情况为:

① 有林地面积增加明显, 有林地的增加主要依靠宜林地和无立木林地、耕地转换而来, 有林地面积的12.62%、2.53%、1.42%分别来自宜林地和无立木林地、耕地、未成林造林地。有林地的主要去向

为宜林地和无立木林地、耕地, 转移面积分别为0.23%、0.17%。

② 宜林地和无立木林地面积减少明显, 宜林地和无立木林地面积的60.27%、4.02%、0.77%分别转为有林地、耕地、未成林造林地。宜林地和无立木林地主要来源于有林地, 其面积的2.58%来源于有林地。

③ 未成林造林地的面积呈减少趋势, 未成林造林地面积的73.41%、5.80%分别转为有林地和耕地。从转入角度来看, 未成林造林地的面积24.38%来源于对宜林地和无立木林地造林, 15.51%来源于退耕还林。

④ 疏林地、灌木林地、苗圃地的面积均呈上升趋势, 但是增长缓慢。疏林地面积主要来源于宜林地和无立木林地、耕地, 疏林地面积的1.29%、0.27%分别来源于宜林地和无立木林地、耕地。疏林地主要去向为有林地和耕地, 转移面积分别为0.64%、0.02%。灌木林地主要来源于宜林地和无立

表3 2004–2014年浙川县土地利用面积转移矩阵(hm²)

Tab. 3 land use type area transfer matrix of Xichuan in 2004-2014 (hm²)

土地利用类型	有林地	疏林地	灌木林地	未成林造林地	苗圃地	宜林地和无立木林地	建设用地	耕地	水域
有林地	100 550.66		2.71			229.69	34.03	171.09	1.38
疏林地	14.82	2298.18					0.16	0.50	
灌木林地			4625.65						
未成林造林地	1713.33		3.46	481.50			0.43	135.32	
苗圃地					180.00				
宜林地和无立木林地	15 224.38	30.14	37.87	195.34	21.21	8665.46	25.07	1015.39	46.23
建设用地	79.16					0.77	16 545.52	55.79	10.45
耕地	3054.10	6.68	5.18	124.24			288.67	90 798.05	84.02
水域	9.55						0.12	4.09	35 041.99

木林地、耕地,灌木林地面积的0.81%、0.11%分别来源于宜林地和无立木林地、耕地。灌木林地的主要去向为有林地和耕地,转出的面积分别为0.64%、0.02%。由于宜林地和无立木林地的转入,苗圃地的面积增加,其面积的10.54%来源于宜林地和无立木林地的转入,而且在研究期内苗圃地没有转为其他用地。

⑤ 耕地面积大幅度减少,耕地主要转出为有林地、建设用地和未成林造林地,转移面积分别3.24%、0.31%、0.13%。从转入角度来看,耕地面积的1.10%来自对宜林地和无立木林地开垦,0.19%、0.15%分别来自对有林地、未成林造林地毁林开荒。

⑥ 建设用地和水域面积均有所增加,建设用地面积的1.71%、0.20%、0.15%分别来自对耕地、有林地、宜林地和无立木林地占用,水域面积的0.24%、0.13%分别来源于耕地、宜林地和无立木林地。

(3) 空间格局

2004年和2014年2期土地利用类型格局基本保持一致。有林地主要分布在海拔较高的北部山区、中部丘陵区,伴随着海拔的上升,有林地的分布呈增加的趋势;耕地和建设用地主要分布于县域的中部丘陵区、东南部岗地及冲击平原,伴随着海拔的下降,二者的分布呈增加的趋势;其他景观类型呈镶嵌格局,分散于研究区主要基质性景观中(图2)。在分布形态上,有林地、耕地呈面状分布,水域呈带状分布,建设用地、宜林地和无立木林地、

灌木林地、疏林地、未成林造林地呈点状分布。

2004年和2014年2期土地利用类型格局显示有地理扩展。有林地的扩张主要集中于北部山区,其次为中部山丘与平原的交错带,此外,在靠近丹江口水库的西南角有林地的覆盖率也略有提升。疏林地、灌木林地、苗圃地的增加离散分布于北部和中部。林地与耕地、建设用地、水域、道路等接壤区容易受到人为扰动。对比图2发现,有林地、疏林地、未成林造林地的减少主要发生在中部森林和其它地类交错分布的区域。宜林地和无立木林地在西北部和中部缩减明显,在丹江口水库附近也有部分宜林地转化为有林地和耕地。耕地的缩减集中于中部山区与丘陵、丘陵与平原的交错带。水域的扩张以丹江口水库以及原有的河流附近为主,建设用地的扩张以原有的农村居民点附近和城市边缘为主。

3.2 土地利用变化的生态环境响应

(1) 生态环境质量时空演变

淅川县2004年区域生态环境质量指数为0.5443,2014年区域生态环境质量指数为0.6039(表4)。2004-2014年,淅川县的生态环境质量指数共提升了0.0596,平均每年提升0.54%,研究期间淅川县整体生态环境质量有所改善。

2004年和2014年2期生态环境质量在空间分布上展现出明显的异质性,呈现出北高南低的空间

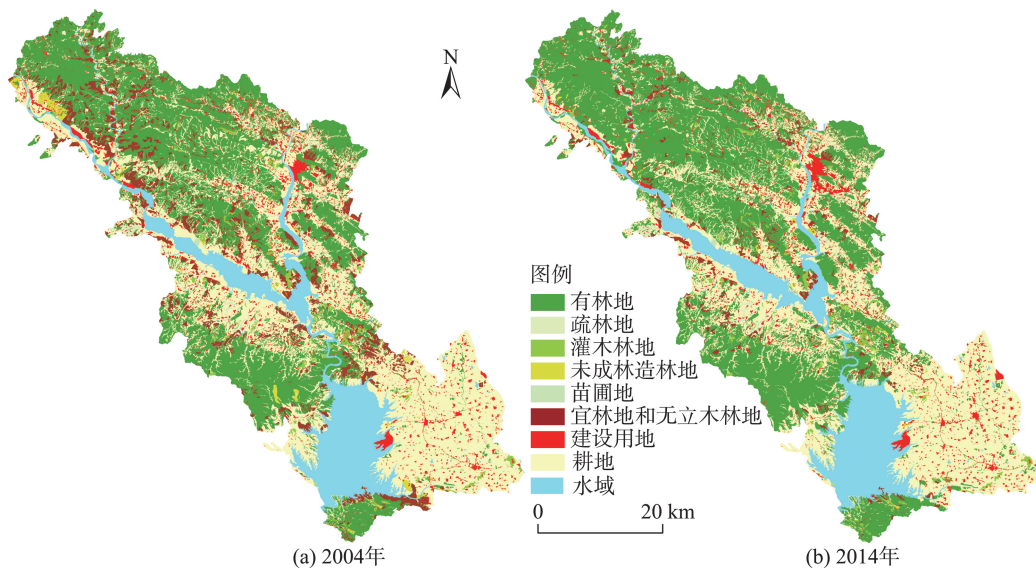


图2 淅川县2004年和2014年各土地利用类型空间格局

Fig. 2 Spatial pattern of land use type of Xichuan in 2004 and 2014

表4 各土地利用类型的生态环境质量指数

Tab. 4 Ecological environment quality index of land use type

土地利用类型	2004年生态环境质量指数	2014年生态环境质量指数
有林地	0.3404	0.4067
疏林地	0.0037	0.0037
灌木林地	0.0107	0.0108
未成林造林地	0.0033	0.0011
苗圃地	0.0003	0.0003
宜林地和无立木林地	0.0045	0.0016
建设用地	0.0118	0.0120
耕地	0.0938	0.0916
水域	0.0759	0.0762
汇总	0.5443	0.6039

格局(图3)。受大的地貌格局所影响,海拔高、坡度较陡的北部山区,人为扰动少,有林地连片分布,生

态环境质量较优;海拔较低,坡度平缓的的东南部地区,人为扰动强烈,耕地和居民点密集分布,生态环境质量较差。

研究期内淅川县整体环境质量改善明显。其中,北部的生态环境质量提升最为明显(尤其是西北部),中部次之,此外丹江口库区周围生态环境质量有明显改善。林地与耕地、建设用地、水域等接壤区容易受到人为扰动,是生态环境恶化发生的主要区域。城市边缘区和原有居民点附近,由于建设用地的扩张,生态环境也发生了不同程度的恶化。

(2)土地利用变化生态贡献率

区域内往往存在着生态质量改善和恶化两种趋势,这两种趋势相互抵消,使得区域生态环境总体趋向相对稳定^[22]。表5为2004-2014年致使县域生态环境改善和恶化的主要土地利用变化类型的贡献率。由表5可以看出,有林地转化为宜林地和

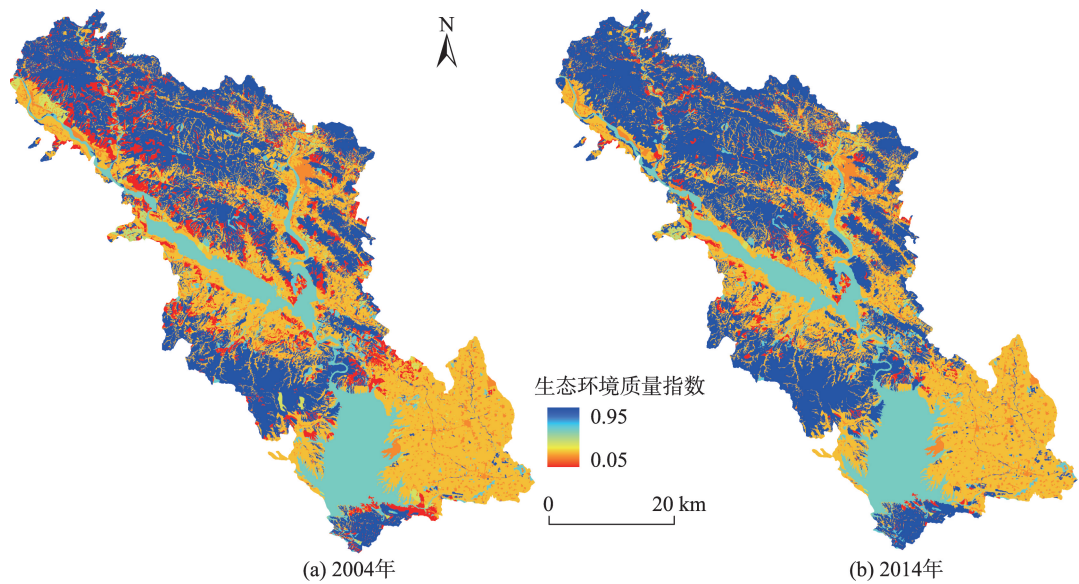


图3 淅川县2004年和2014生态环境质量空间格局

Fig. 3 Spatial pattern of ecological environment quality of Xichuan in 2004 and 2014

表5 致使淅川县生态环境改善和恶化的主要土地利用变化类型及生态贡献率

Tab. 5 Main land use change and contribution rate to influence study area ecological environment

主要土地利用变化类型			生态贡献率	占贡献率的百分比/%	主要土地利用变化类型			生态贡献率	占贡献率的百分比/%
致使生态环境改善	宜林地和无立木林地-有林地		0.04862	79.82	致使生态环境恶化	有林地-宜林地和无立木林地		0.00073	53.15
	宜林地和无立木林地-未成林造林地		0.00024	0.40		有林地-建设用地		0.00009	6.56
	宜林地和无立木林地-耕地		0.00083	1.36		有林地-耕地		0.00041	29.47
	耕地-有林地		0.00726	11.92		未成林造林地-耕地		0.00006	4.17
	未成林造林地-有林地		0.00334	5.49		耕地-建设用地		0.00008	5.93
	汇总		0.06030	98.99		汇总		0.00137	99.28

无立木林地,有林地转化为耕地,是淅川县生态环境质量退化的主导因素。其中有林地转化为宜林地和无立木林地占生态贡献率的53.15%,有林地转出为耕地占生态贡献率的29.47%。有林地转出为建设用地,耕地被建设用地占用、未成林造林地转化为耕地也在一定程度上导致了生态环境质量的恶化,三者总和占生态贡献率的16.66%。而宜林地和无立木林地转化为有林地是区域生态环境改善的关键因素,占生态贡献率的79.82%。致使淅川县生态环境质量改善的主要土地利用变化还有退耕还林、宜林地和无立木林地转化为耕地、林地之间的内部转化,其中退耕还林占生态贡献率的11.92%、未成林造林地转化为有林地占生态贡献率的5.49%。虽然局部地区生态环境呈负向发展,但总体上,区域生态环境改善的趋势大于环境恶化的趋势。

(3)区域生态环境变化驱动因子分析

研究区生态环境变化主要由林地和耕地的变化所驱动。本文采用灰色关联分析法^[24]通过对研究区主要土地利用变化(林地和耕地的变化)的驱动力进行量化,找出其生态环境质量变化的主要影响因素并分析其内部联系^[25]。参考相关文献,并考虑数据可获取性,遴选4大类驱动因素,共13个指标(表6)。

2004–2014年的生态环境质量变化主要由政策和居民追求收益最大化的行为所驱动(图4)。淅川县位于汉江中上游,是南水北调中线工程的核心水源地,区域环境的维持和改善关系着南水北调中线工程沿线城市的用水安全。根据淅川县经济社会发展现状和资源环境状况,《南阳市林业生态建设

表6 研究区生态环境质量变化的驱动因素指标体系

Tab. 6 The analysis of driving factors of degraded primary forest evolution in the study site

因素	指标
人口	年末总人口 x_1
	乡村从业人口 x_2
	从事农林牧渔的人口 x_3
社会经济	GDP x_4
	第一产业增加值 x_5
	第二产业增加值 x_6
	规模以上工业企业个数 x_7
	城乡居民储蓄存款 x_8
	农民人均纯收入 x_9
	劳均耕地量变化 x_{10}
城市化水平	全国平均非农工资水平 x_{11}
	城镇化率 x_{12}
	林业工程建设面积(包括退耕还林、生态公益林等工程建设) x_{13}

规划(2008–2012)》提出淅川县在规划期内的战略定位为生态县。受“生态县”战略政策所驱动,政府大搞造林绿化攻坚战,在长江中下游防护林工程、退耕还林工程、生态公益林建设等方面进行倾斜,提高森林覆盖率,大面积耕地、宜林地和无立木林地转化为有林地,这是区域生态环境整体改善的重要因素。

2004–2014年在工业化、城镇化快速提升的背景下,经济增长对劳动力的需求持续增加,非农务工工资迅速攀升(刘易斯拐点)^[26],促使淅川县大量劳动力从农村“析出”,农业人口所占比重下降^[27–28]。此外,2009年到2011年,因南水北调移民至外县市的人口达16.2万。农村人口向城市迁移、南水北调移民,劳动力成本的上升使得农业在与森林竞争土

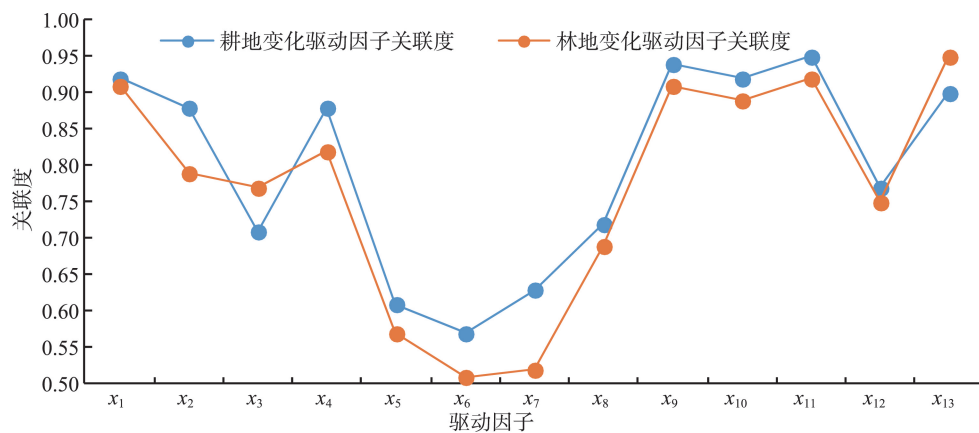


图4 导致淅川县生态环境质量变化的主要土地利用类型变化驱动因子关联度

Fig. 4 Driving factors correlation degree of ecological environment quality change in Xichuan

地资源的过程中丧失优势,耕作成本较高的劣质耕地退出农业生产^[29],“进入被边际化”的过程中(即耕地去农化转移如耕地向林地转移)。自然生态用地呈现扩张的状态,即人们常说的“森林转型。受农业收入占家庭收入比重不断下降和非农务工工资不断上涨的双重作用,随着农村劳动力资源的继续“析出”和人口老龄化问题的进一步加剧^[30],耕地弃耕还会进一步加剧,自然生态用地扩张的状态在未来仍将持续。从长远看,耕地弃耕造成的耕地边际化、森林转型,可能会成为区域生态环境质量进一步提高最坚实稳固的驱动力。

4 结语

(1)2004–2014年,淅川县林地、建设用地和水域面积增加,耕地面积减少。从面积变化和面积变幅度化来看,各类型的大小排序均为耕地>林地>建设用地>水域。

(2)在林地资源演化趋势上,有林地、疏林地、灌木林地和苗圃地与林地资源的整体演化格局一致,而宜林地和无立木林地、未成林造林地呈减少的趋势。

(3)研究期内淅川县土地利用转换的主要类型为:宜林地和无立木林地和有林地的转化,宜林地和无立木林地向耕地、未成林地转化,有林地和林地的转化,耕地和未成林造林地的转化,耕地向建设用地、水域的转化,未成林向有林地转化。

(4)在空间格局上,海拔高、坡度较陡地的北部山区,人为扰动难以施加,林地的地理扩展明显。水域的扩张以丹江口水库以及原有的河流附近为主,建设用地的扩张主要分布于城市边缘区以及原有的农村居民点附近。耕地的缩减集中分布于中部山区与丘陵、丘陵与平原的交错带。

(5)生态环境质量在空间分布上展现出明显的异质性,呈现出北高南低的空间格局。研究期内淅川县存在生态环境改善和恶化2种趋势,这2种趋势相互抵消。总体来看,11年间淅川县的生态环境质量指数呈现出上升的趋势,区域总体生态环境质量提升。研究发现宜林地和无立木林地转化为有林地,退耕还林是区域生态环境改善的主要驱动因子。虽然淅川县在2004–2014年总体生态环境质量改善,但不能忽视局部生态环境的恶化。在研究区局部地区仍然存在对森林资源采取掠夺式开采和

粗放型管理、毁林开地等现象。

(6)淅川县生态环境质量变化主要由政策和居民追求利益最大化的行为所驱动。政府行为的天然林资源保护工程、退耕还林工程、生态公益林工程建设是区域生态环境改善的重要驱动因素。南水北调移民、农村劳动力资源的“析出”和留守劳动力老龄化程度的加重,劳动力成本上升,造成的耕地弃耕、森林转型,可能会成为区域生态环境进一步改善最坚实稳固的驱动力。

在非农务工工资不断上涨的“拉力”和农业收入占家庭收入比重不断降低的“推力”的综合作用下,农村青壮劳动力资源可能会继续“析出”,人口老龄化问题在农村可能会进一步加剧,耕地进一步被边际化的可能性较大。而人口的外迁、耕地的边际化,会导致农村的衰落,进入“后移民时代”,淅川县面临着经济发展和生态建设引发的水土资源需求的巨大压力。对于立地条件差的北部山区,可采取“顺边际化”的策略,实行退耕还林补偿年限高于退耕还林规定^[30]。同时,进一步加强生态公益林工程、天然林资源保护工程建设,以保护生态环境。对于地形起伏较大,居民点较为分散的中部地区,区位是限制耕作的重要条件,应合理布局新居民点的位置,使承包地靠近新居民点,以便于留守劳动力在耕种之时将农用物资运到承包地,并在收获之际将农产品运回家^[31]。同时,在协调好耕地与林地之间用地矛盾的前提下,对山地中的部分陡坡耕地实施退耕还林,以保护生态环境。对于地形平坦的东南部地区,可采取“反边际化”的策略。通过增加种粮补贴、加大对农民购买农机的补贴、提高农民耕作意愿、同时实施适度规模经营,来提高耕地使用效率。此外,在丹江口库区和境内河流附近可以通过补植造林、退耕还林、防护林建设等措施大力培育有林地,保证整个区域水质达标,从而促进良性循环保证可持续发展。

参考文献(References):

- [1] Diego Valbuena, Peter H. Verburg, Arnold K. Bregt. A method to define a typology for agent -based analysis in regional land- use research[J]. Agriculture, Ecosystems and Environment, 2008,128(1):27-36.
- [2] Lambin E F, Geist H J. Global land - use and cover change: What have we learned so far? [J]. Global Change Newsletter, 2001,46:27-30.
- [3] Swetnam T W, Allen C D, Betancourt J L. Applied histori-

- cal ecology: Using the past to manage for the future [J]. *Ecological Applications*, 1999,9(4):1189-1206.
- [4] 胡宁科,李新.历史时期土地利用变化研究方法综述[J]. *地球科学进展*,2012,27(7):758-768. [Hu N K, Li X. A review of research methods of historical land use change [J]. *Advances in Earth Science*, 2012,27(7):758-768.]
- [5] Lambin E F, Geist H J, Lepers E. Dynamics of Land-Use and Land-Cover Change in tropical regions[J]. *Annual Review of Environment and Resources*,2003,28:205-241.
- [6] Thomas W L. Man's Role in Changing the Face of the Earth[M]. Chicago: University of Chicago Press, 1956.
- [7] 刘纪远,匡文慧,张增祥,等. 20世纪80年代末以来中国土地利用变化的基本特征与空间格局[J]. *地理学报*, 2014,69(1):3-14. [Liu J Y, Kuang W H, Zhang Z X, et al. Spatiotemporal characteristics, patterns and causes of land use changes in China since the late 1980s[J]. *Acta Geographica Science*, 2014,69(1):3-14.]
- [8] Abbott J. Water scarcity and land use planning. London: Royal Institution of Chartered Surveyors, 2011.
- [9] 马晓哲,王铮.土地利用变化对区域碳源汇的影响研究进展[J]. *生态学报*,2015,35(17):5898-5907. [Ma X Z, Wang Z. Progress in the study on the impact of land-use change on regional carbon sources and sinks[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2015,35(17):5898-5907.]
- [10] Rojstaczer S, Sterling S M, Moore N J. Human appropriation of photosynthesis products[J]. *Science*, 2001,294(5551): 2549-2552.
- [11] 陈朝,吕昌河,范兰,等.土地利用变化对土壤有机碳的影响研究进展[J]. *生态学报*,2011,31(18):5358-5371. [Chen Z, Lv C H, Fan L, et al. Effects of land use change on soil organic carbon: A review[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2011, 31(18):5358-5371.]
- [12] Lal R. Soil carbon sequestration impacts on global climate change and food security[J]. *Science*, 2004,304 (5677):1623-1627.
- [13] 郭军庭,张志强,王盛萍,等.应用SWAT模型研究潮河流域土地利用和气候变化对径流的影响[J]. *生态学报*, 2014,34(6):1559-1567. [Guo J T, Zhang Z Q, Wang S P, et al. Applying SWAT model to explore the impact of changes in land use and climate on the streamflow in a Watershed of Northern China[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2014,34(6):1559-1567.]
- [14] Pimm S L, Raven P. Extinction by numbers[J]. *Nature*, 2003,403:843-845.
- [15] 李屹峰,罗跃初,刘纲,等.土地利用变化对生态系统服务功能的影响——以密云水库流域为例[J]. *生态学报*, 2013,33(3):726-736. [Li Y F, Luo Y C, Liu G, et al. Effects of Land Use change on ecosystem services: A case study in Miyun reservoir watershed[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2013,33(3):726-736.]
- [16] 潘佩佩,杨桂山,苏伟忠.土地利用变化对土地生产力的影响研究进展[J]. *地理科学进展*,2012,31(5):539-550. [Pan P P, Yang G S, Su W Z. Progress on effects of land use change on land productivity[J]. *Progress in Geography*, 2012,31(5):539-550.]
- [17] 孙丽娜,卢文喜,杨青春,等.东辽河流域土地利用变化对非点源污染的影响研究[J]. *中国环境科学*,2013,33(8): 1459-1467. [Sun L N, Lu W X, Yang Q C, et al. Effect of future land use caused change on the non-point source pollution in Dongliao River watershed[J]. *China Environmental Science*, 2013,33(8):1459-1467.]
- [18] 涂小松,濮励杰.苏锡常地区土地利用变化时空分异及其生态环境响应[J]. *地理研究*,2008,27(5):583-594. [Tu X S, Pu L J. Spatio-temporal pattern of land use change and its eco-environmental response in Suzhou-Wuxi-Changzhou Region[J]. *Geographical Research*, 2008,27(5):583-594.]
- [19] 李晓文,方创琳,黄金川,等.西北干旱区城市土地利用变化及其区域生态环境效应——以甘肃河西地区为例[J]. *第四纪研究*,2003,23(3):280-292. [Li X W, Fang C L, Huang J C, et al. The urban land use transformations and associated effects on eco-environment in Northwest China arid region: A case study in Hexi region, Gansu province[J]. *Quaternary Sciences*, 2003,23(3):280-292.]
- [20] 吕立刚,周生路,周兵兵,等.区域发展过程中土地利用转型及其生态环境响应研究——以江苏省为例[J]. *地理科学*,2013,33(12):1442-1449. [Lv L G, Zhou S L, Zhou B B, et al. Land use transformation and its eco-environmental response in process of the regional development: A case study of Jiangsu province[J]. *Scientia Geographica Sinica*, 2013,33(12):1442-1449.]
- [21] 杨述河,闫海利,郭丽英.北方农牧交错带土地利用变化及其生态环境效应——以陕北榆林市为例[J]. *地理科学进展*,2004,23(6):49-55. [Yang S H, Yan H L, Guo L Y. The land use change and its eco-environmental effects in transitional agro-pastoral region: A case study of Yulin city in Northern Shaanxi province[J]. *Scientia Geographica Sinica*, 2004,23(6):49-55.]
- [22] 张杨,刘艳芳,顾渐萍,等.武汉市土地利用覆被变化与生态环境效应研究[J]. *地理科学*,2011,31(10):1280-1285. [Zhang Y, Liu Y F, Gu J P, et al. Land use / land cover change and its environmental effects in Wuhan city[J]. *Scientia Geographica Sinica*, 2011,31(10):1280-1285.]
- [23] Liu Y S, Gao J, Yang Y F. A holistic approach towards assessment of severity of land degradation along the great wall in northern Shaanxi province, China[J]. *Environmen-*

- tal Monitoring and Assessment, 2003,82(2):187-202.
- [24] 陶建格. 基于灰色关联度模型的城市化滞后性定量分析[J]. 经济地理, 2013,33(12):68-72. [Tao J G. Hysteresis quantitative analysis of urbanization based on Gray Correlation Degree model[J]. Economic Geography, 2013,33(12):68-72.]
- [25] 马晴, 李丁, 廖杰, 等. 疏勒河中下游绿洲土地利用变化及其驱动力分析[J]. 经济地理, 2014,34(1):148-155. [Ma Q, Li D, Liao J, et al. Analysis of land use change and its driving forces in the oasis of Shule River Middle and Lower Reaches[J]. Economic Geography, 2014,34(1): 148-155.]
- [26] 蔡昉. 人口转变、人口红利与刘易斯转折点[J]. 经济研究, 2010(4):4-13. [Cai F. Demographic transition, demographic dividend, and Lewis turning point in China[J]. Economic research, 2010,4:4-13.]
- [27] 崔敏, 曹荣林. 南水北调工程背景下的城镇化动力机制研究——以河南省淅川县为例[J]. 河南科学, 2010,28(8): 1019-1023. [Cui M, Chao R L. The South-to-North Water Diversion Project under the background of urbanization dynamic mechanism research: Take the Henan province Xichuan county as the example[J]. Henan Science, 2010,28(8):1019-1023.]
- [28] 王艳慧, 钱乐毅, 段福洲. 县级多维贫困度量及其空间分布格局研究——以连片特困区扶贫重点县为例[J]. 地理科学, 2013,33(12):1489-1497. [Wang Y H, Qian L Y, Duan F Z. Multidimensional poverty measurement and Sspatial distribution patternat the country scale:a case study on key country from national contiguous special poverty- stricken areas[J]. Scientia Geographica Sincia, 2013,33(12):1489-1497.]
- [29] 李秀彬, 赵宇鸾. 森林转型、农地边际化与生态恢复[J]. 中国人口·资源与环境, 2011,21(10):91-95. [Li X B, Zhao Y L. Forest transition, agricultural land marginalization and ecological restoration[J]. China Population, Resource Environment, 2011,21(10):91-95.]
- [30] 邵景安, 张仕超, 李秀彬. 山区土地流转对缓解耕地撂荒的作用[J]. 地理学报, 2015,70(4):636-649. [Shao J A, Zhang S C, Li X B. The role of rural farmland transfer in preventing farmland abandonment in the mountainous areas[J]. Acta Geographica Science, 2015,70(4):636-649.]
- [31] 邵景安, 张仕超, 李秀彬. 山区耕地边际化特征及其动因与政策含义[J]. 地理学报, 2014,69(2):227-242. [Shao J A, Zhang S C, Li X B. Farmland marginalization in the mountainous areas: Characteristics, influencing factors and policy implications[J]. Acta Geographica Science, 2014,69(2):227-242.]