

# 尉犁县土地利用/覆被变化的区域生态系统服务价值变化

帕茹克·吾斯曼江, 阿依吐尔逊·沙木西, 刘新平, 亚西尔·阿布力克木

(新疆农业大学 管理学院, 乌鲁木齐 830052)

**摘要:**基于尉犁县 1993 年、2001 年、2009 年和 2017 年的遥感影像数据,采用中国陆地生态系统服务价值测算方法,结合研究区实际情况,对生态系统服务价值系数进行了修正,分析了尉犁县土地利用/覆被变化导致的生态系统服务价值变化。结果表明:1993—2017 年,尉犁县不同土地利用类型面积总体呈“六增三减”态势;即耕地、建设用地、水域、湿地、盐渍化地与沙漠面积有所增加,林地、草地与未利用地面积有所减少;尉犁县土地利用生态系统服务总价值总体呈增加趋势,从 1993 年的 173.61 亿元增加到 2017 年的 206.30 亿元,增加了 32.69 亿元。在整个研究时段内,研究区各土地利用类型对生态系统服务总价值的贡献大小从高到低依次为湿地>草地>未利用地>沙漠>水域>林地>耕地>盐渍化地>建设用地;敏感性分析结果表明各土地利用类型敏感性指数均<1,表明各土地利用类型生态系统服务价值对生态系统服务总价值的影响较小,缺乏弹性,研究结果可信。

**关键词:**土地利用/覆被变化;生态系统服务价值;尉犁县

中图分类号:F301.24

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2019)03-0325-06

## Change of Regional Ecosystem Service Value in the Region With Land Use/Cover Change in Yuli County

Paruke · Wusimanjiang, Ayituerxun · Shamuxi, LIU Xinping, Yaxier · Abulikemu

(College of management, Xinjiang Agricultural University, Urumqi 830052, China)

**Abstract:** Based on the remote sensing data of Yuli County in 1993, 2001, 2009 and 2017, the values of ecosystem services were amended by using the method of estimating the service value of land ecosystem in China and combining the actual situation of the study area. The change of ecosystem service value caused by the land use/cover change of Yuli County was analyzed. The results showed that in the period from 1993 to 2017, the total area of different land use types in Yuli County presented the ‘six increase and three decrease’ pattern, i. e., cultivated land, construction land, water area, wetland, salinized land and desert area had increased, the areas of woodland, grassland and unused land had decreased, and the total value of land use ecosystem services in Yuli county rose. The value increased from 17.361 billion yuan in 1993 to 20.63 billion yuan in 2017, the net increase was 3.269 billion yuan. During the whole study period, the contribution of the land use types to the total value of the ecosystem services decreased in the order: wetland > grassland > desert > water body > woodland > cultivated land > salinized land > construction land; sensitivity analysis showed that the sensitivity index of each land use type was less than 1, which shows that the value of ecosystem services provided by land types has little influence on the total value of ecosystem services, lack of elasticity, and the results are credible.

**Keywords:** land use / cover change; ecosystem service value; Yuli County

20 世纪 90 年代以来,全球环境变化受到国内外学  
术界的广泛关注,土地利用/覆被变化是引起全球变化

并且制约人类社会可持续发展的主要因素之一<sup>[1]</sup>。土  
地利用/覆被变化能通过改变生态系统的功能和结构,

收稿日期:2018-07-04

修回日期:2018-07-25

资助项目:新疆少数民族科技人才特殊培养计划科研项目“塔里木河流域土地利用转型及其生态服务价值变化研究”(2017D03017);国家博士后资助项目(2017M623336XB)

第一作者:帕茹克·吾斯曼江(1992—),男,新疆伊犁人,硕士,研究方向:土地生态研究。E-mail:1511551988@qq.com

通信作者:阿依吐尔逊·沙木西(1982—),女,新疆托克逊人,副教授,研究方向:土地利用与土地生态研究。E-mail:573296703@qq.com

对生态系统维持及其服务功能起到决定性作用<sup>[2]</sup>;而对生态系统服务进行价值评估则能为生态环境保护、生态功能区划、环境经济核算和生态补偿决策提供重要依据和基础<sup>[3]</sup>,因而土地利用/覆被变化对生态系统服务价值的影响研究成为了国际生态学和生态经济学的研究热点和前沿领域。1997年 Costanza 等对全球生态系统进行了分类并估算了其服务功能价值<sup>[4]</sup>,使生态系统服务价值评估有了相对科学的研究方法;国内外学者运用此方法针对土地利用变化所引起的生态系统服务价值变化评估开展了大量研究<sup>[5-9]</sup>,其中最具代表性的研究成果是我国学者谢高地提出的中国陆地生态系统单位面积生态系统服务价值当量表<sup>[10]</sup>,并与2015年对其进行了改进<sup>[3]</sup>。目前土地利用/覆被变化对生态系统服务价值的影响研究主要集中于两方面,一是生态系统服务价值的静态分析,如 Gren 等对欧洲多瑙河流域进行了生态服务价值的评估<sup>[11]</sup>;蔡中华等使用2010年中国生态系统的统计数据,对我国2010年生态系统服务价值进行了再计算<sup>[12]</sup>;二是区域生态系统服务价值的动态变化评价,主要探讨不同时段内区域土地利用/覆被变化引致的生态系统服务价值量的变化,如 Mendoza-González 选取墨西哥湾中部3个研究区,分析了1995—2006年研究区土地利用变化及其生态系统服务价值的变化<sup>[13]</sup>;岳书平等选取东北样带典型区,分析了1976—2000年土地利用变化对生态系统服务价值的影响<sup>[14]</sup>。但目前关于我国西部干旱生态脆弱区基于土地利用变化引致的生态服务价值变化研究较少,致使区域生态安全,可持续发展缺少有力依据。

本文以塔里木河中下游区尉犁县为研究区,分析尉犁县1993年、2001年、2009年和2017年4个不同时期各土地利用类型的面积变化和单一土地利用类型的动态变化,在此基础上,修正生态服务价值系数,以货币价值的形式解释研究时段内土地利用变化带来的生态服务价值的损益;通过对生态服务价值的定量研究,为提出恢复、改善、重建尉犁县生态环境的可能途径和政策建议提供背景资料和科学依据。

## 1 研究区概况

尉犁县地处塔里木河中下游区(县境内流域254 km),属塔克拉玛干大沙漠东北缘干旱荒漠区(县境内面积28530 km<sup>2</sup>),位于新疆维吾尔自治区中部,巴音郭楞蒙古自治州腹地,行政区域面积5.97万 km<sup>2</sup>,县城总人口11.72万人,地理坐标为东经84°02′50″—89°58′50″,北纬40°10′33″—41°39′47″,位于库尔勒市南50 km处,地势西北向东南倾斜,地域分北部库鲁塔格山前冲积戈壁

平原,中部塔里木河和孔雀河冲积平原,南部为塔克拉玛干大沙漠三部分;土地以沙漠和未利用地为主,2017年尉犁县沙漠面积为2.89万 km<sup>2</sup>,占土地总面积的48.41%;未利用地面积为1.71万 km<sup>2</sup>,占土地总面积28.64%;尉犁县属暖温带大陆性荒漠气候,全年冷热差异悬殊,冬季干冷,夏季炎热,光照充足,年平均降水量为43 mm,年平均蒸发量为2700 mm,为棉花、枸杞等作物大规模高产奠定了良好的气候条件。尉犁县自实施“十三五”规划以来,积极深入推进供给侧结构性改革,2016年基本实现生产总值58.5亿元,同比增长8%。但近年来随着尉犁县经济的快速发展,由于土地资源的不合理利用,生态环境不断恶化,引起了流域水质恶化、土地沙漠化、土地沼泽化、土地盐碱化等诸多生态环境问题,对尉犁县社会经济的可持续发展构成了严重的威胁<sup>[15-16]</sup>。

## 2 数据来源与研究方法

### 2.1 数据来源

本文以研究区1993年、2001年、2009年和2017年空间分辨率为30 m的landsat5/landsat8遥感影像为数据源,轨道号分别为:144/31,144/32,143/31,143/32,142/31,142/32,141/31,141/32。成像选定晴朗无云的7—8月份图像,数据获取地址为www.radi.cas.cn和www.gscloud.cn/。参考《中国资源环境遥感宏观调查与动态研究》土地分类系统,结合研究区的实际情况,划分为耕地、林地、草地、建设用地、水域、湿地、盐渍化地、沙漠和未利用地。通过ENVI 5.1软件对影像数据进行镶嵌、裁剪、辐射定标及大气校正等预处理工作;利用监督分类法中的最大似然法对土地利用与覆被类型进行分类;并运用ArcGIS的空间分析和数据统计功能提取数据、绘制出图;研究区1:5万地形图,2017年研究区土地利用现状图作为辅助资料,并结合外业调查进一步对遥感数据进行了验证、编辑与修改,本次影像分类精度总体精度介于85.24%~90.33%,Kappa系数总体达0.873以上。尉犁县社会经济数据来自1993—2017年《新疆统计年鉴》。

### 2.2 研究方法

2.2.1 土地利用动态变化度 土地利用动态度是分析土地利用变化动态的重要指标,表达的是研究区某一段时间内某种土地利用类型的数量变化情况。其公式为:

$$K = \frac{U_b - U_a}{U_a} \times \frac{1}{T} \times 100\% \quad (1)$$

式中:K为研究时段内某一土地利用类型的动态变化度; $U_a$ 、 $U_b$ 分别为该研究区域初期和末期某种土地利用

类型的具体数量,  $T$  为时段值, 本研究中设定为年。

2.2.2 生态系统服务价值估算 根据 Costanza 划分的生态系统类型, 本文选择在生态系统服务价值研究中常用的气体调节、气候调节、水源涵养、土壤形成与保护、废物处理、生物多样性保护、食物生产、材料生产、娱乐文化共 9 个生态服务功能<sup>[4]</sup>。主要参考谢高地等制定的中国陆地生态系统单位面积生态系统服务价值表, 同时根据相关学者对新疆生态系统服务价值系数修正过程的研究<sup>[17-19]</sup>。针对尉犁县社会经济发展状况, 对单位面积农田每年自然粮食产量的经济价值进行修正。修正过程为: 尉犁县 1993—2017 年粮食平均产量为 4978.08 kg/(hm<sup>2</sup>·a); 2017 年尉犁县粮食平均收购价格为 2.45 元/kg, 考虑到没有劳动力投入的情况下, 现有生态系统服务价值是现有单位面积农田提供的食物生产服务经济价值的 1/7<sup>[20]</sup>, 利用公式(1), 得出尉犁县一个当量因子的价格为 1742.33 元/hm<sup>2</sup>。据此可计算出研究区不同土地利用类型生态系统服务价值系数表(表 1)。ESV 当量因子的价值量计算公式如下:

$$VC_0 = \frac{1}{7} \times P \times \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Q_i \tag{2}$$

式中:  $VC_0$  为 ESV 当量因子的价值量[元/(hm<sup>2</sup>·a)];  $P$  为全国平均粮食价格(元/kg);  $Q$  为研究区平均粮食产量(kg/hm<sup>2</sup>);  $n$  为年份数。ESV 的计算方式如下:

$$ESV_k = \sum_f A_k \times VC_{kf} \tag{3}$$

$$ESV_f = \sum_k A_k \times VC_{kf} \tag{4}$$

$$ESV = \sum_k \sum_f A_k \times VC_{kf} \tag{5}$$

式中:  $ESV_k$ ,  $ESV_f$  与  $ESV$  分别代表第  $k$  种土地利用/覆被类型的生态系统服务价值(元/a), 第  $f$  项生态服务功能价值(元/a)与区域生态系统服务总价值(元/a);  $A_k$  指第  $k$  种土地利用/覆被类型的分布面积(hm<sup>2</sup>);  $VC_{kf}$  为第  $k$  种土地利用/覆被类型第  $f$  项生态服务功能价值指数[元/(hm<sup>2</sup>·a)]。

2.2.3 敏感性分析 本文借用敏感性指数 CS 来验证生态系统类型对各种土地类型的代表性和价值的准确性, 也为了检验引用谢高地等人的生态系统服务价值系数和修正后的系数是否适合本研究区<sup>[19]</sup>。本文将各类土地利用类型的价值系数分别调整 50%, 估算总生态系统服务价值的变化。如果  $CS > 1$ , 表明 ESV 对  $VC$  是富有弹性的, 其结果准确性、可信度低; 如果  $CS < 1$ ,  $ESV$  则被认为是缺乏弹性, 准确性高, 结果可信。

$$CS = \left| \frac{(ESV' - ESV)/ESV}{(VC' - VC)/VC} \right| \tag{6}$$

式中:  $ESV$  代表初始生态价值;  $ESV'$  代表系数调整后的生态价值;  $VC$  为调整前  $ESV$  系数;  $VC'$  为调整后  $ESV$  系数。

表 1 尉犁县不同土地利用类型单位面积生态服务价值系数 元/(hm<sup>2</sup>·a)

生态系统服务功能	耕地	林地	草地	建设用地	水域	湿地	盐渍化地	沙漠	未利用地
食物生产	1742.33	174.23	522.70	0	174.23	522.70	141.13	15.68	15.68
原材料生产	174.23	4530.06	87.17	0	17.42	121.96	12.20	0	33.10
气体调节	871.17	6098.16	1393.86	0	0	3136.19	26.13	0	48.79
气候调节	1550.67	4704.29	1568.10	0	2181.47	29793.84	0	0	104.54
水源涵养	1045.40	5575.46	1393.86	0	35508.69	27006.12	458.23	47.04	55.75
废物处理	2857.42	2282.45	2282.45	0	31675.56	31675.56	648.15	15.68	210.82
土壤形成与保护	2543.80	6795.09	3397.54	0	17.42	2979.38	1.742	31.36	137.64
生物多样性保护	1237.05	5680.00	1899.14	0	4338.40	4355.83	38.33	541.86	324.07
娱乐文化	17.42	2230.18	69.69	148.10	7561.71	9669.93	177.72	15.68	193.40
合计	12039.49	38069.92	12614.51	148.10	81474.90	99591.58	1503.632	667.30	1123.79

3 结果与分析

3.1 土地利用变化分析

从尉犁县土地利用类型的构成来看(表 2), 1993—2017 年沙漠是研究区占地面积最大, 分布最广的土地利用类型, 其面积约占总面积的 46.50%~57.63%, 体现了研究区土地利用类型特征; 其次为未利用地, 所占比例为 28.69%~36.58%; 建筑用地所占比例最小, 在研究期内建设用地面积均未超过总面积的 1%, 约占总面积的 0.01%~0.04%, 在整体变化中

反应不明显。

1993—2017 年, 尉犁县不同土地利用类型面积总体呈“六增三减”态势; 即耕地、建设用地、水域、湿地、盐渍化地与沙漠面积有所增加, 林地、草地与未利用地面积有所减少。在研究时段内耕地和建设用地的面积持续增加, 耕地由 1993 年的 31 212.99 hm<sup>2</sup> 增加到 2017 年的 143 399.97 hm<sup>2</sup>, 增加了 112 186.98 hm<sup>2</sup>, 其中 1993—2001 年变化速度较快, 动态度为 16.24%; 建设用地由 1993 年的 149.94 hm<sup>2</sup> 增加到 2017 年的 2 212.83 hm<sup>2</sup>, 1993—2017 年动态度远高于其他土地利用类

型,变化速度最快,动态度达 57.33%;这一变化主要是 1993—2017 年,研究区人口的增长致使对建设用地和耕地的需求加大以及研究区大量开荒行为所致。湿地和水域面积经过了先增后减再增几个阶段,湿地面积由 1993 年的 28 203.84 hm<sup>2</sup> 增加到 2017 年的 72 930.51 hm<sup>2</sup>,其中 2009—2017 年动态度达 58.77%;水域面积由 1993 年 21 832.38 hm<sup>2</sup> 增加到 2017 年的 24 660.45 hm<sup>2</sup>,但在整体变化中,变化不明显。草地、林地、未利用地面积经过了先减后增再减几个阶段,草地由 385 006.32 hm<sup>2</sup> 减少到 301 686.84 hm<sup>2</sup>,在研究期内,2009—2017 年动态度最低;林地由 66 060.36 hm<sup>2</sup> 减少到 19 886.49 hm<sup>2</sup>,其整体变化中,变化速度较慢;未利用地由 2 184 465.06 hm<sup>2</sup> 减少到 1 714 269.51 hm<sup>2</sup>;虽然 1993—2017 年动态度仅为 -0.90%,但其面积在所有土地利用类型中面积变化量最大,面积减少了 470 195.55 hm<sup>2</sup>,主要是因为研究区加大土地开发力度,加剧了未利用地的转移。1993—2017 年不同年间,研究区各土地利用类型土地利用变化较为明显,进而影响着生态系统服务价值的变化。

3.2 生态系统服务价值变化分析

根据尉犁县不同土地利用类型单位面积生态系统服务价值表,利用生态系统服务价值计算公式(3),(4)和(5),结合尉犁县 1993—2017 年土地利用类型面积,计算尉犁县 1993 年、2001 年、2009 年和 2017 年生态系统服务价值和变化(表 3)。

从表 3 可以看出,1993—2017 年尉犁县生态系统服务总价值总体呈现增长趋势,由 1993 年 173.61

亿元减少到 2001 年的 164.97 亿元,再减少到 2009 年的 143.18 亿元,最后逐渐增加到 2017 年的 206.30 亿元,增加了 32.69 亿元,变化率为 18.83%;在研究期间林地生态系统服务价值减少量最大,共减少了 17.58 亿元,变化率为 -69.90%;湿地生态系统服务价值增加量最大,增加了 44.54 亿元,变化率为 158.68%。从整体来看,林地、草地、水域、湿地、沙漠、未利用地生态系统服务价值是总生态系统服务价值的主要构成部分;在研究期间,林地生态系统服务价值 1993 年达到最高,为 25.15 亿元,仅次于草地和湿地;草地在 1993 年和 2009 年对生态系统服务总价值的贡献最大,分别为 48.57 亿元和 40.59 亿元;湿地在 2001 年和 2017 年对生态系统服务总价值的贡献最大,分别为 46.81 亿元和 72.63 亿元。2001—2009 年期间尉犁县生态系统服务总价值量明显下降,减少了 21.79 亿元,主要是因为湿地和水域所提供的生态系统服务价值大幅度减少所致,湿地减少了 34.07 亿元,水域减少了 11.12 亿元,与此同时,林地和草地面积的增加从一定程度上补偿了生态系统服务总价值近 19.06 亿元的部分损失。湿地、水域、林地、草地单位面积生态系统服务价值系数在各土地利用类型中占据第一,第二,第三,第四位,如果其面积大幅度减少,就会失去对生态系统服务总价值的重要支撑作用,说明保护湿地和水域、林地、草地具有重要生态意义。虽然沙漠和未利用地单位面积生态系统服务价值系数较低,但其分布较广,1993 年、2001 年、2009 年二者生态系统服务价值甚至超过了水域生态系统服务价值,沙漠最高达 22.96 亿元,未利用最高达 24.55 亿元。

表 2 尉犁县 1993 年、2001 年、2009 年和 2017 年间土地利用变化及动态度情况

时间	名称	耕地	林地	草地	建设用地	水域	湿地	盐渍化地	沙漠	未利用地
1993	面积/hm <sup>2</sup>	31212.99	66060.36	385006.32	149.94	21832.38	28203.84	477582.03	2776431.78	2184465.06
	比例/%	0.52	1.11	6.45	0.00	0.37	0.47	8.00	46.50	36.58
2001	面积/hm <sup>2</sup>	71775.00	30654.36	239157.36	743.04	24399.18	46998.81	278741.79	3441208.10	1837275.66
	比例/%	1.20	0.51	4.01	0.01	0.41	0.79	4.67	57.63	30.77
2009	面积/hm <sup>2</sup>	82428.03	53335.35	321794.01	852.48	10746.18	12791.97	655094.52	2915353.35	1918548.90
	比例/%	1.38	0.89	5.39	0.01	0.18	0.21	10.97	48.83	32.13
2017	面积/hm <sup>2</sup>	143399.97	19886.49	301686.84	2212.83	24660.45	72930.51	806463.54	2890101.24	1714269.51
	比例/%	2.40	0.33	5.05	0.04	0.41	1.22	13.50	48.36	28.69
1993—2001	动态度/%	16.24	-6.70	-4.74	49.44	1.47	8.34	-5.20	3.00	-1.99
2001—2009	动态度/%	1.86	9.25	4.32	1.84	-6.99	-9.10	16.88	-1.91	0.55
2009—2017	动态度/%	9.25	-7.84	-0.78	19.95	16.19	58.77	2.89	-0.11	-1.33
1993—2017	动态度/%	14.98	-2.91	-0.90	57.33	0.54	6.61	2.87	0.17	-0.90

1993—2017 年,耕地和建设用地面积均呈增加趋势,引致其生态系统服务价值也呈现持续增加趋势,耕地由 1993 年的 3.76 亿元增加至 2017 年的 17.27 亿元,增加了 13.51 亿元;建设用地由 0.000 2

亿元增加至 0.003 3 亿元,增加了 0.003 1 亿元,因为建设用地因其面积小,单位面积生态系统服务价值系数低,所以在研究时段内建设用地提供的生态系统服务价值不对生态系统服务总价值变化产生直接影响,

但不能忽视。纵观 4 个研究时期,研究区各土地利用类型生态服务价值增减趋势与各土地利用类型面积增减趋势基本保持一致;其中耕地、水域与湿地增加的生态系统服务价值对区域生态系统服务总价值变化贡献率会明显增加;研究区应更加合理有效利用土地资源,防止荒漠化的蔓延。

3.3 敏感性分析

利用敏感性分析公式(6),将单位面积的耕地、林地、草地、建设用地、水域、湿地、盐渍化地、沙漠和未利用地生态系统服务价值系数上下调整 50%,得到不同土地利用类型生态系统服务价值系数的敏感性指数(表 4)。

结果表明,不同年份不同土地利用类型单位面积生态系统服务价值的敏感性指数均小于 1,说明研究区各土地利用类型的在研究时段内单位面积生态系统服务价值系数变化对生态系统服务总价值的影响不大,并缺乏弹性,研究结果是可信的。1993—2017 年,耕地、湿地、盐渍化地的敏感性指数总体呈增长趋势,表明其单位面积生态系统服务价值系数变化对生

态系统服务总价值产生了放大作用;林地、草地、水域、沙漠、未利用地敏感性指数总体呈减少趋势,表明其单位面积生态系统服务价值系数变化对生态系统服务总价值产生了缩小作用;由于建设用地单位面积生态系统服务价值上下调整 50%后,敏感性指数非常小(1993 年为  $115^{-8}$ ,2017 年为  $1\,551^{-8}$ 呈增长趋势),故在此暂定为 0。草地在 1993 年、2009 年较其他土地利用类型敏感性指数最大,分别为 0.31,0.28,即草地 1993 年、2009 年单位面积生态系统服务价值系数增加 1%,总价值分别增加 0.31%,0.28%;湿地在 2001 年、2017 年较其他土地利用类型敏感性指数最大,分别为 0.28,0.35,即湿地在 2001 年、2017 年单位面积生态系统服务价值增加 1%,总价值分别增加 0.28%,0.35%;由此可以看出,敏感性指数越小,对生态系统服务价值的影响也就越小。忽略建设用地敏感性指数不计,四年间各土地利用类型敏感性指数最大值与最小值差值分别为 0.29,0.26,0.22,0.32,说明不同土地利用类型单位面积生态系统服务价值系数的变化对生态系统服务总价值的影响不大。

表 3 尉犁县 1993 年、2001 年、2009 年、2017 年生态系统服务价值

年份	生态服务价值	耕地	林地	草地	建设用地	水域	湿地	盐渍化地	沙漠	未利用地	总计
1993	ESV/亿元	3.76	25.15	48.57	0.0002	17.79	28.09	7.18	18.53	24.55	173.61
2001	ESV/亿元	8.64	11.67	30.17	0.0011	19.88	46.81	4.19	22.96	20.65	164.97
2009	ESV/亿元	9.92	20.30	40.59	0.0013	8.76	12.74	9.85	19.45	21.56	143.18
2017	ESV/亿元	17.27	7.57	38.06	0.0033	20.09	72.63	12.13	19.29	19.26	206.30
1993—2001	净变化量/亿元	4.88	−13.48	−18.40	0.0009	2.09	18.72	−2.99	4.43	−3.90	−8.64
	变化率/%	16.24	−53.60	−4.74	49.44	1.47	8.34	−5.20	3.00	−1.99	−4.98
2001—2009	净变化量/亿元	1.28	8.63	10.42	0.0002	−11.12	−34.07	5.66	−3.51	0.91	−21.79
	变化率/%	14.84	73.99	34.55	18.18	−55.96	−72.78	135.02	−15.28	4.42	−13.21
2009—2017	净变化量/亿元	7.34	−12.73	−2.54	0.0020	11.34	59.89	2.28	−0.17	−2.30	63.11
	变化率/%	73.97	−62.71	−6.25	153.85	129.48	470.12	23.11	−0.87	−10.65	44.08
1993—2017	净变化量/亿元	13.51	−17.58	−10.51	0.0031	2.30	44.54	4.95	0.76	−5.28	32.69
	变化率/%	359.42	−69.90	−21.64	1550.00	12.95	158.58	68.86	4.09	−21.52	18.83

表 4 不同土地利用类型生态系统服务价值敏感性指数变化

土地利用类型	1993 年		2001 年		2009 年		2017 年	
	百分比/%	CS	百分比/%	CS	百分比/%	CS	百分比/%	CS
耕地	1.08	0.02	2.62	0.05	3.47	0.07	4.19	0.08
林地	7.25	0.14	3.53	0.07	7.09	0.14	1.84	0.04
草地	15.72	0.31	9.15	0.18	14.18	0.28	9.24	0.18
建设用地	0	0	0	0	0	0	0	0
水域	5.13	0.10	6.03	0.12	3.06	0.06	4.87	0.10
湿地	8.09	0.16	14.19	0.28	4.45	0.09	17.61	0.35
盐渍化地	2.07	0.04	1.27	0.03	3.44	0.07	2.94	0.06
沙漠	5.34	0.11	6.96	0.14	6.80	0.14	4.68	0.09
未利用地	7.07	0.14	6.26	0.13	7.53	0.15	4.67	0.09

## 4 结论

(1) 尉犁县 1993—2017 年土地利用变化的趋势为耕地、建设用地、水域、湿地、盐渍化地与沙漠面积增加,林地、草地与未利用地面积减少,其中,湿地面积 2009—2017 年变化速度较快,增加了 60 138.54 hm<sup>2</sup>,动态度为 58.77%,耕地和建设用地面积则保持持续增加,耕地面积增加了 112 186.98 hm<sup>2</sup>,动态度为 14.98%,建设用地面积变化较为明显,增加了 2 062.89 hm<sup>2</sup>,动态度为 57.33%;林地减少了 46 173.87 hm<sup>2</sup>,草地减少了 83 319.48 hm<sup>2</sup>,未利用地面积减少趋势,动态度为 -0.90%,但其面积变化绝对量在所有土地利用类型中最大,减少了 470 195.55 hm<sup>2</sup>。

(2) 研究区不同年间土地利用变化引致的生态系统服务价值计算和分析结果表明:1993—2017 年,尉犁县生态系统服务总价值整体上呈增加趋势,共增加了 32.689 亿元,表明研究期间土地利用/覆被的变化产生了较好的生态效益,生态系统服务功能得到了一定程度的改善,其中耕地、建设用地、水域、湿地、盐渍化地与沙漠生态系统服务价值总体呈增加趋势;林地、草地与未利用地生态系统服务价值总体呈减少趋势,这与研究区各土地利用类型面积变化趋势保持一致。在研究期间,不同土地利用类型对生态系统服务总价值的贡献大小从高到低依次为:湿地>草地>未利用地>沙漠>水域>林地>耕地>盐渍化地>建设用地,湿地和草地是尉犁县生态系统服务总价值的主要构成部分,湿地共提供了 160.27 亿元,草地共提供了 157.38 亿元;从生态角度上看,未利用地和沙漠单位面积生态系统服务价值系数较低,但二者面积较大,反而带来研究区生态系统服务总价值的增加;相反,水域和林地单位面积生态系统服务价值系数较高,但二者面积相比于沙漠和未利用地较小,所提供的生态系统服务价值也随之变小。

(3) 敏感性分析表明:在研究时段内,尉犁县所有土地利用类型敏感性指数均小于 1,各土地利用类型生态系统服务价值的变化对生态系统服务总价值的影响较小,是缺乏弹性的,说明研究结果可信。尉犁县 2017 年各土地利用类型敏感性指数由高到低依次为:湿地、草地、水域、沙漠、未利用地、耕地、盐渍化地、林地与建设用地,湿地为 0.35,草地为 0.19,说明目前湿地和草地生态系统服务价值对生态系统服务总价值的影响较大,由于建设用地提供的生态系统服务价值最小,其对生态系统服务总价值的影响不大。

尉犁县作为生态环境脆弱的西北干旱区,在研究

期内,土地利用/覆被变化较为明显,主要是受城市化进程中研究区人口的增长致使对建设用地和耕地的需求加大以及大量开荒行为等人类活动的影响。尉犁县应在保障和完善生态系统服务功能的前提下,提高土地利用水平,优化土地利用结构和布局,有效合理的控制建设用地的扩展,在保护林地、草地的情况下合理适度开发未利用地,与此同时,提高全民的生态保护意识,加大环境保护力度,合理配置水资源的管理,实现土地利用和生态环境的和谐发展。

### 参考文献:

- [1] Turner B L, Meyer W B, Skole D L. Global land—use/land—cover change: Towards an integrated Study[J]. *Ambio*, 1994,23(1):91-95.
- [2] Turner B L, Skole D L, Sanderson S, et al. Land use and land cover change[J]. *Ambio*, 1992,21(1):122-122.
- [3] 谢高地,张彩霞,张雷明,等. 基于单位面积价值当量因子的生态系统服务价值化方法改进[J]. *自然资源学报*, 2015,30(8):1243-1254.
- [4] Costanza R, D'Arge R, De Groot R, et al. The value of the worlds ecosystem services and natural capital[J]. *World Environment*, 1997,387(6630):253-260.
- [5] Loomis J, Kent P, Strange L, et al. Measuring the total economic value of restoring ecosystem services in an impaired river basin: results from a contingent valuation survey[J]. *Ecological Economics*, 2004,33(1):103-117.
- [6] 熊倡英,师学义. 黄土山丘区土地利用变化对生态系统服务价值的影响:以长河流域为例[J]. *水土保持研究*, 2018,25(2):335-340.
- [7] 黄湘,陈亚宁,马建新. 西北干旱区典型流域生态系统服务价值变化[J]. *自然资源学报*, 2011,26(8):1364-1376.
- [8] 陈万旭,李江风,姜卫,等. 豫西山区土地利用变化对生态服务价值的影响[J]. *水土保持研究*, 2018,25(1):376-381.
- [9] 张志强,陈鹏飞,申维. 长武县土地利用/覆被演变规律及其影响下生态服务价值变化研究[J]. *水土保持研究*, 2017,24(4):219-226.
- [10] 谢高地,甄霖,鲁春霞,等. 一个基于专家知识的生态系统服务价值化方法[J]. *自然资源学报*, 2008,23(5):911-919.
- [11] Gren I M, Groth K H, Magnus Sylvén. Economic values of danube floodplains[J]. *Journal of Environmental Management*, 1995,45(4):333-345.
- [12] 蔡中华,王晴,刘广青. 中国生态系统服务价值的再计算[J]. *生态经济*, 2014,30(2):16-18.
- [13] Mendoza G, Martínez M L, Lithgow D, et al. Land use change and its effects on the value of ecosystem services along the coast of the Gulf of Mexico[J]. *Ecological and Economics*, 2012,82(20):23-32.

- 体形态演化研究[J]. 地理科学, 2013, 33(2): 223-230.
- [3] 张洪, 林超, 雷沛, 等. 海河流域河流富营养化程度总体评估[J]. 环境科学学报, 2015, 35(8): 2336-2344.
- [4] 柏建坤, 李潮流, 康世昌, 等. 雅鲁藏布江流域三条典型河流水体中溶解态元素分布特征及其水质评价[J]. 环境化学, 2014, 33(12): 2206-2207.
- [5] 贾英, 方明, 吴友军, 等. 上海河流沉积物重金属的污染特征与潜在生态风险[J]. 中国环境科学, 2013, 33(1): 147-153.
- [6] 许友泽, 刘锦军, 成应向, 等. 湘江底泥重金属污染特征与生态风险评价[J]. 环境化学, 2016, 35(1): 189-198.
- [7] 梅明, 文磊, 戚俊磊, 等. 河流底泥重金属形态分析及污染评价方法综述[J]. 价值工程, 2016, 35(9): 8-11.
- [8] 宋宪强, 雷恒毅, 余光伟, 等. 重污染感潮河道底泥重金属污染评价及释放规律研究[J]. 环境科学学报, 2008, 28(11): 2258-2268.
- [9] 唐文清, 刘利, 冯泳兰, 等. 河流底泥重金属污染现状分析及评价: 以湘江衡阳段为例[J]. 衡阳师范学院学报, 2008, 29(6): 61-65.
- [10] 田英杰. 河道底泥重金属检测及潜在生态风险评估[D]. 杭州: 中国计量学院, 2015.
- [11] 王晶, 陈军, 袁建国, 等. 珠江流域综合规划(2012—2030)的几点认识[J]. 人民珠江, 2013, 34(6): 25-27.
- [12] 孙庆业, 蓝崇钰, 杨林章. 铅锌尾矿废弃地的化学性质研究[J]. 农村生态环境, 2000, 16(4): 36-39, 44.
- [13] 王春珍, 赵玉岩, 陆继龙, 等. 吉林省辉发河底泥重金属污染评价[J]. 环境科学与管理, 2013, 38(4): 160-166.
- [14] 鲁如坤. 土壤农业化学分析法[M]. 北京: 北京农业科
- 技出版社, 1999: 235-285.
- [15] 马瑾. 珠江三角洲典型区域(东莞市)土壤重金属污染探查研究[D]. 南京: 南京农业大学, 2003.
- [16] 贾振邦, 张宝权. 应用地累积指数法评价太子河沉积物中重金属污染[J]. 环境保护与循环经济, 1997, 36(4): 525-530.
- [17] 徐争启, 倪师军, 庾先国, 等. 潜在生态危害指数法评价中重金属毒性系数计算[J]. 环境科学与技术, 2008, 31(2): 112-115.
- [18] Mishra K, Sharma R C, Kumar S. Contamination levels and spatial distribution of organochlorine pesticides in soil from India[J]. Ecotoxicology and Environment Safety, 2012, 76: 212-225.
- [19] Liu S D, Xia X H, Zhai Y W, et al. Black carbon(BC) in urban and surrounding rural soils of Beijing China: Spatial distribution and relationship with polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) [J]. Chemosphere, 2009, 76(11): 1498-1504.
- [20] MacDonald D D, Dipinto L M, Field J, et al. Development and evaluation of consensus-based sediment effect concentrations for polychlorinated biphenyls[J]. Environmental Toxicology and Chemistry, 2000, 19(5): 1403-1413.
- [21] 李江遐, 吴春林, 张军, 等. 生物炭修复土壤重金属污染的研究进展[J]. 生态环境学报, 2015, 24(12): 2075-2081.
- [22] 吴岩, 杜立宇, 梁成华, 等. 生物炭与沸石混施对不同污染土壤镉形态转化的影响[J]. 水土保持学报, 2018, 32(1): 286-290.

~~~~~

(上接第 330 页)

- [14] 岳书平, 张树文, 闫业超. 东北样带土地利用变化对生态服务价值的影响[J]. 地理学报, 2007, 62(8): 879-886.
- [15] 许英勤, 胡玉昆, 马彦华. 塔里木河中下游区域开发对生态环境的影响及生态环境恢复与重建对策: 以尉犁县为例[J]. 干旱区地理, 2001, 24(4): 342-346.
- [16] 宣勇, 范一大, 王兴玲, 等. 西部荒漠典型区 LUCC 及景观格局时空变化驱动机制研究: 以尉犁县为例[J]. 干旱地区农业研究, 2012, 30(2): 188-195.
- [17] 麦麦提吐尔逊·艾则孜, 海米提·依米提, 祖皮艳木·买买提, 等. 焉耆盆地土地利用变化对生态服务价值的影响[J]. 水土保持研究, 2012, 19(6): 137-141.
- [18] 祖皮艳木·买买提, 海米提·依米提, 安尼瓦尔·艾则孜, 等. 焉耆盆地生态系统服务价值对土地利用/覆被变化的响应[J]. 中国沙漠, 2014, 34(1): 275-283.
- [19] 汪洋, 靳瑰丽, 李卫红, 等. 伊犁河谷土地利用变化对生态服务价值的影响[J]. 环境与可持续发展, 2017, 42(2): 151-155.
- [20] 谢高地, 鲁春霞, 冷允法, 等. 青藏高原生态资产的价值评估[J]. 自然资源学报, 2003, 18(2): 189-196.