

高 操,邢丽珠,张方敏,等. 沙坡头国家级自然保护区土地利用格局及生态服务价值变化评估[J]. 江苏农业科学,2020,48(20):276-282.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2020.20.051

# 沙坡头国家级自然保护区土地利用格局及生态服务价值变化评估

高 操<sup>1</sup>,邢丽珠<sup>2</sup>,张方敏<sup>2</sup>,赵晓涵<sup>2</sup>,田 莉<sup>3</sup>

(1. 国电环境保护研究院有限公司,江苏南京 210031; 2. 南京信息工程大学气象灾害预报预警与评估协同创新中心/  
江苏省农业气象重点实验室,江苏南京 210044; 3. 中国科学院地理科学与资源研究所,北京 100101)

**摘要:**基于遥感数据和统计数据,结合土地利用变化情况,评估 2000—2017 年宁夏回族自治区沙坡头国家级自然保护区生态服务价值变化情况。结果表明,2000—2017 年研究区土地利用变化明显,林地、城乡、工矿、居民用地,水域面积分别增加 9 137.30、7 958.41、795.56 hm<sup>2</sup>,其他类型土地面积呈减少趋势,未利用土地变幅最大,达 27.16%。研究区生态系统服务价值呈增加趋势,水域和林地面积的增加起到了主导作用,林地、草地、水域的服务价值之和占比达 85%~89%,其中林地和水域服务价值增幅高达 203.69%、119.33%。水源涵养、土壤形成与保护、废物处理和生物多样性保护是沙坡头区生态系统服务功能价值的主要来源,占生态系统服务价值的 68% 以上。

**关键词:**生态系统服务价值;遥感;土地利用变化;沙坡头国家级自然保护区

**中图分类号:** P931.3; TP79 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2020)20-0276-06

生态系统服务是指生态系统通过生态结构、功能和过程为人类维持生存提供的必要的生命支持产品和服务<sup>[1-2]</sup>。在自然原因和人类活动等共同作用下,生态服务功能受土地利用类型等因素的影响不断发生变化,生态服务价值也随之变化<sup>[3]</sup>。随着经济的高速发展,人类活动对生态系统的影响在范围和强度上迅速变大<sup>[4]</sup>,在改变土地利用结构和模式的同时,严重影响生态环境和自然生态系统的功能和服务<sup>[5]</sup>,环境污染和生态破坏使得生态系统调节、供应、文化等方面的服务价值持续下降<sup>[6-7]</sup>,对社会经济发展的支撑能力逐步降低<sup>[8]</sup>,成为可持续发展的重要制约因素,因此评估生态系统服务价值动态变化对改善生态质量有一定的指导意义。

国内外众多学者采用多种方法评估不同区域、不同生态系统的生态服务价值,结果能够直接反映生态系统现状及其变化<sup>[9]</sup>,这些方法被广泛应用于土地利用优化<sup>[10-13]</sup>和生态修复<sup>[14-17]</sup>等多个方面。

Costanza 等阐述了生态系统服务价值和自然资本的概念和核算体系,将生态系统服务明确划分为 17 类服务功能<sup>[18]</sup>,在此基础上,Boyd 等把生态系统服务价值归入经济核算体系<sup>[19]</sup>,生态系统服务价值研究逐渐成为学术界关注的热点<sup>[20]</sup>。目前,生态系统服务价值评估方法主要可归纳为功能价值评估法和当量因子评估法<sup>[21]</sup>。当量因子评估法基于可量化标准,考虑生态系统的分布面积,构造生态系统的不同种类服务功能对应的价值当量<sup>[22]</sup>,所需数据少且易计算,多应用于评估区域生态系统服务价值<sup>[23]</sup>。Snyder 在能源成本分析中纳入生态系统服务价值,分析热带人工湿地的生物能源供应和废水处理 2 个生态系统服务功能<sup>[24]</sup>。Xie 等基于 Costanza 理论,结合中国的实际情况,通过能量替代法<sup>[25]</sup>和问卷调查法<sup>[26]</sup>提高生态系统服务价值评估模型在中国区域的精确度,并估算了中国陆地生态系统服务价值<sup>[21]</sup>。我国众多学者在此基础上展开了一系列研究,熊善高等采用价值系数法结合土地利用变化,估算湖北省宜昌市生态系统服务价值<sup>[27]</sup>。魏慧等基于土地利用动态度指标和修正后的单位面积上生态服务价值当量表,分析山东省德州市生态系统服务价值时空变化趋势<sup>[28]</sup>。Yan 等基于多源数据调查 20 世纪 50 年代中期以来三江平原自然生态系统的湿地损失并定量估算生态系统

收稿日期:2019-10-29

基金项目:淮河流域气象开放研究基金(编号:HRM201804);中国气象局气候变化专项(编号:CCSF201809)。

作者简介:高 操(1985—),男,江苏南京人,硕士,中级工程师,主要从事环境评估及大气环境研究。E-mail:gaocao96998@163.com。

通信作者:张方敏,博士,教授,主要从事应用气象和生态遥感研究。  
E-mail:fmin.zhang@nuist.edu.cn。

服务价值对湿地损失的响应变化<sup>[29]</sup>。

本试验以宁夏沙坡头国家级自然保护区为研究对象,以 2000、2007、2017 年土地利用情况为数据源,采用当量因子评估法,研究沙坡头区土地利用变化格局及生态系统服务价值的时空变化规律,以期为未来自然保护区生态环境和社会经济的可持续发展提供指导意见。

## 1 材料与方法

### 1.1 研究区概况

沙坡头国家级自然保护区地处宁夏回族自治区西部腾格里沙漠的东南缘,研究区域为包含沙坡头国家级自然保护区的长方形区域(后称沙坡头区),其中红线包含区域为沙坡头保护区(图 1)。研究区地形由南向北、由西向东分为沙漠、冲积平原、台地、山地和盆地五大地貌单元,平均海拔在 2 000 m 左右。沙坡头区属温带大陆性气候,是典型的温带干旱气候区,具有干旱少雨、冷热温差大、

蒸发强烈、气象灾害多等特点。研究区年降水量 179.6 mm,年蒸发量达 1 829.6 mm,约是降水量的 10.2 倍,年平均气温 8.8 ℃。

### 1.2 数据来源

本研究基于 2000、2007、2017 年陆地卫星(Landsat) TM/ETM + 的遥感影像数据(<http://glovis.usgs.gov>),结合已有研究区的土地利用现状特点,按照全国土地资源分类系统,采用监督分类法将研究区分为耕地,草地,林地,水域,城乡、工矿、居民用地和未利用土地 6 类土地利用类型。本研究用于计算生态系统服务价值的数据为中分辨率成像光谱仪 MODIS(moderate-resolution imaging spectroradiometer)2000—2017 年的植被净初级生产力(NPP)和归一化植被指数(NDVI)数据(<https://modis.gsfc.nasa.gov>),DEM 高程数据来源于中国科学院资源环境科学数据中心(<http://www.resdc.cn>),其他数据来源于统计年鉴、生态资产价值相关文献等。

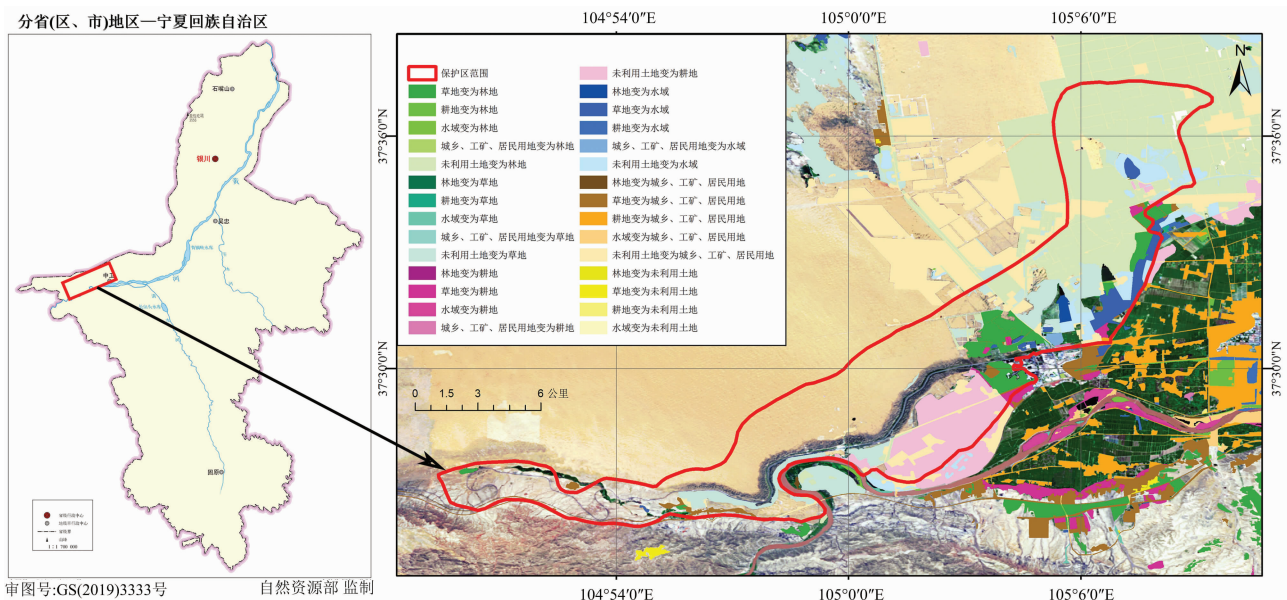


图1 研究区位置及 1973—2017 年研究区土地利用变化

### 1.3 研究方法

1.3.1 土地利用变化 土地利用/覆盖变化(LUCC)是人类活动对地球生态系统影响的最直接反映形式<sup>[3,30]</sup>,土地利用变化数量指数同时涵盖了土地利用的变化幅度和变化率,可用以衡量区域土地利用变化,计算公式如下:

$$P = \frac{S_b - S_a}{S_a} \times 100\%; \quad (1)$$

$$K = \frac{S_b - S_a}{S_a} \times \frac{1}{T} \times 100\%。 \quad (2)$$

式中: $P$ 为研究时段土地利用变化幅度; $K$ 为研究时段土地利用变化率; $S_a$ 、 $S_b$ 分别为某一类型土地在研究时段初期及末期的面积; $T$ 为研究时段长度。

1.3.2 生态系统服务价值评估 谢高地等在 Costanza 等研究<sup>[1]</sup>的基础上,结合中国实际,依据问卷调查结果将生态系统服务功能分为 9 项,提出以

单位面积价值当量因子为基础,来估算不同生态系统的生态服务价值量<sup>[26,31-32]</sup>。将全国 1 hm<sup>2</sup> 耕地上的平均产量作为食物生产生态功能的衡量指标并将其权重定义为 1,在此前的土地利用分类基础上,通过层次分析法对评价指标分类进行统计分析,计算得到其他土地类型的某一生态系统服务功能与耕地生态系统食物生产生态功能的权重比<sup>[33-34]</sup>。

单位面积农田系统提供的生产服务经济价值的计算公式如下<sup>[17]</sup>:

$$P = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left( m_i p_i q_i \frac{1}{M} \right) \quad (3)$$

式中: $P$  为农田提供的生产服务经济价值,元/hm<sup>2</sup>;  $p$  为对应粮食作物全国平均价格,元/t;  $q$  为对应粮食作物产量, t/hm<sup>2</sup>;  $m$  为对应粮食作物的种植面积, hm<sup>2</sup>;  $M$  为研究区粮食作物总种植面积, hm<sup>2</sup>;  $n$  为粮食作物种类。

以上述单位面积生态服务价值为基础,估算在某一生态系统单位面积上所有生态功能的总服务价值,最后以此来计算某一生态系统总的生态资产价值,其公式为

$$ESV_f = \sum_j A_k \times VC_{kf}; \quad (4)$$

$$ESV_k = \sum_k A_k \times VC_{kf}; \quad (5)$$

$$ESV = \sum_f \sum_k A_k \times VC_{kf} \quad (6)$$

式中: $ESV$  表示生态系统服务价值,元/年;  $ESV_f$  表示研究区第  $f$  类生态服务功能价值,元/年;  $ESV_k$  表示第  $k$  类生态系统服务价值,元/年;  $A_k$  为第  $k$  类土地利用类型面积, hm<sup>2</sup>;  $VC_{kf}$  表示第  $f$  类生态系统的第  $k$  类服务功能的价值,元/(hm<sup>2</sup> · 年)<sup>[35]</sup>。

城乡、工矿、居民用地作为人工生态系统,人类活动强度大,在一定程度上表现为消耗生态服务功能价值,因此,本研究不考虑其生态服务功能价值。

## 2 结果与分析

### 2.1 土地利用动态变化分析

2000、2007、2017 年草地和未利用土地为沙坡头区的主要土地利用类型,草地占研究区比例分别为 29.86%、28.30%、28.93%,主要分布于研究区的西北部和南部,是沙坡头区最重要的生态系统类型;林地主要分布于自然保护区东北部的的水域附近,其面积占比呈迅速增加趋势;城乡、工矿、居民用地与耕地交错分布于东部地区,后期在中部地区城乡、工矿、居民用地明显增加(图 1 和图 2)。在

2000—2017 年沙坡头区土地利用发生了明显的变化,其中 2000—2007 年耕地、未利用土地明显减小,而林地面积明显增大;2007—2017 年未利用土地面积急剧减小,耕地面积减小趋势放缓,而林地和城乡、工矿、居民用地面积迅速增大,同时水域面积也逐渐增大。总体上来看,2000—2017 年林地,水域,城乡、工矿、居民用地面积明显增大,其中林地面积增加了 9 137.30 hm<sup>2</sup>,增幅最大,为 414.07%,年变化率达到 10.11%;其次为城乡、工矿、居民用地,在 17 年间其面积增加了 7 958.41 hm<sup>2</sup>,增幅为 226.53%,年变化率达到 7.21%;水域面积增加了 795.56 hm<sup>2</sup>,增幅为 33.45%;耕地、草地、未利用土地面积呈减小趋势,其中耕地在 17 年间减少了 1 324.72 hm<sup>2</sup>,减少幅度为 12.92%,未利用土地面积减少了 15 220.10 hm<sup>2</sup>,减少幅度为 27.16%,但其面积所占研究区总面积的比例依然最大;草地面积减幅为 3.12%,在该生态系统中其面积排第 2 位(表 1)。

### 2.2 生态系统服务价值变化

2.2.1 各项生态服务功能的价值变化 结合土地利用数据(图 2、表 1)可知,2000—2017 年沙坡头区各项生态服务功能价值均呈上升趋势(图 3、表 2),其中气体调节、废物处理、气候调节、水源涵养、土壤形成与保护、生物多样性保护的生态服务功能价值之和占总价值的 88.1%~89.1%,是总价值的主要来源;而食物生产、原材料生产、娱乐文化的生态服务功能价值之和仅占总价值的 10.9%~11.9%。对各单项生态服务功能所产生的价值占总价值的比例在 17 年间的变化进行分析,结果发现,气体调节、气候调节、水源涵养、原材料生产、娱乐文化的生态服务功能价值占生态系统服务功能总价值的比例有所上升,主要是由于林地、草地以及水域的气候调节、水源涵养、原材料生产、娱乐文化的生态服务价值当量因子大,研究期间虽草地面积略减小,但林地、水域面积增幅大,使得相应的生态服务功能价值呈增加趋势;而土壤形成与保护、废物处理、生物多样性保护、食物生产的生态服务功能价值占生态系统服务功能总价值的比例呈下降趋势,这主要是由耕地和未利用土地急剧减少且相应的生态价值当量因子较低所造成的。

2.2.2 各类生态系统的价值变化评估 沙坡头区 2000—2017 年各类生态系统的价值总体呈上升趋势(图 4、表 3),林地、草地和水域的生态服务价值

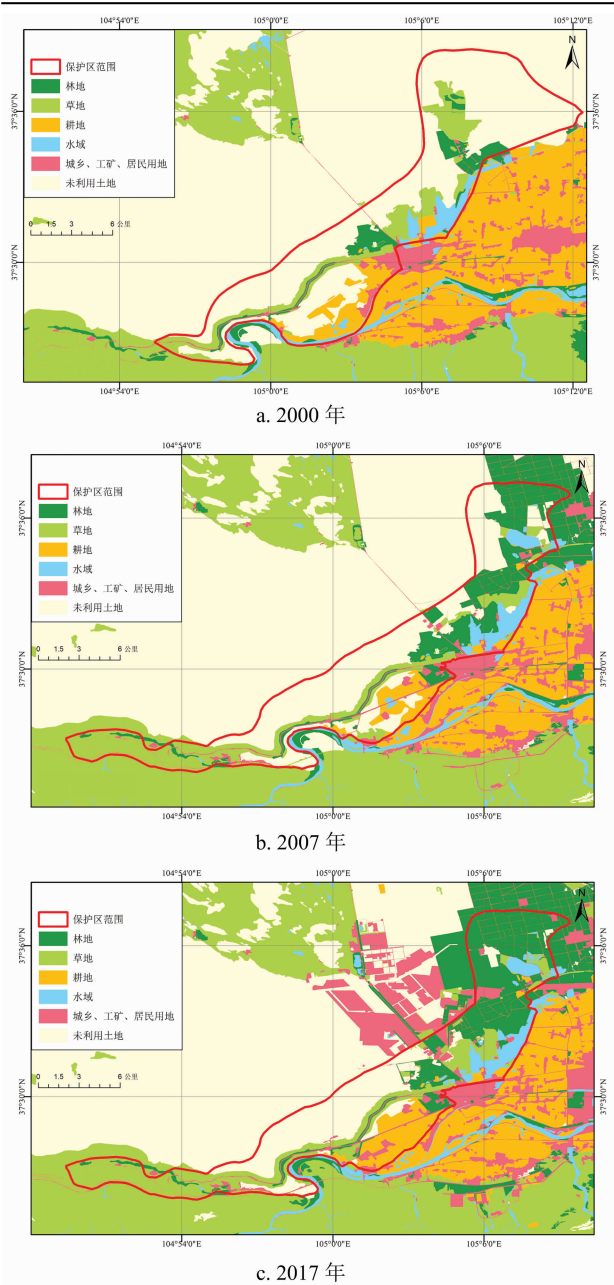


图2 沙坡头区 2000、2007、2017 年土地利用分布情况

是总价值的主要组成部分。其中,林地生态服务价值增长幅度最大,所占总价值的比例从 2000 年的第

2 位上升到 2017 年的第 1 位,增加了 2.58 亿元,增幅为 203.69%,年变化率达到 6.75%;增幅排在第 2 位的为水域,由 2000 年的 1.03 亿元增加到 2017 年的 2.26 亿元,增幅为 119.33%,年变化率达到 4.73%;未利用土地所产生的生态服务价值最低,2000—2017 年期间略有增加,由 0.17 亿元增加到 0.27 亿元。

总体来说,沙坡头区 2000—2017 年生态服务价值变化呈上升趋势,在 2000 年研究区生态系统服务价值为 4.68 亿元,2017 年研究区生态系统服务价值为 10.76 亿元,17 年净增加 6.08 亿元,增幅 129.87%,年变化率为 5.02%。

3 结论与讨论

2000—2017 年研究区土地利用结构发生了明显动态变化,林地和城乡、工矿、居民用地面积呈现出逐年明显递增趋势;水域面积变化较小,呈波动增大趋势;未利用土地面积迅速减小,耕地面积也呈逐年减小的趋势;草地面积变化波动复杂。沙坡头区在经济快速发展下城镇化建设速度加快,导致城乡、工矿、居民用地面积不断增大,旅游产业等的大力发展和提倡生态保护的政策支持,促使林地面积不断增大;在水利工程及林地生态系统防沙固沙的作用下,水域面积也有所增大。土地利用结构的明显变化受自然因素和人为因素的共同影响,尤其是在相关政策的支持下各项生态保护措施的实施对土地利用结构的改变起举足轻重的作用。

2000—2017 年研究区生态系统服务价值呈增加趋势,土地利用结构变化包括其转变过程对沙坡头区的生态系统服务价值变化具有决定性作用。2000—2007 年沙坡头区生态系统服务价值增加缓慢,而 2007—2017 年增加迅速,主要是由 2007—2017 年该区域土地利用结构显著变化、林地面积快速增加导致的。从各土地利用类型对生态系统服

表 1 沙坡头区 2000—2017 年土地利用变化

土地利用类型	2000—2007 年土地利用面积		2007—2017 年土地利用面积		2000—2017 年土地利用面积	
	变化幅度(%)	年变化率(%)	变化幅度(%)	年变化率(%)	变化幅度(%)	年变化率(%)
耕地	-12.77	-1.93	-0.18	-0.02	-12.92	-0.81
林地	230.25	18.61	55.66	4.52	414.07	10.11
草地	-5.22	-0.76	2.22	0.22	-3.12	-0.19
水域	18.70	2.48	12.42	1.18	33.45	1.72
城乡、工矿、居民用地	62.79	7.21	100.58	7.21	226.53	7.21
未利用土地	-8.34	-1.24	-20.53	-2.27	-27.16	-1.85

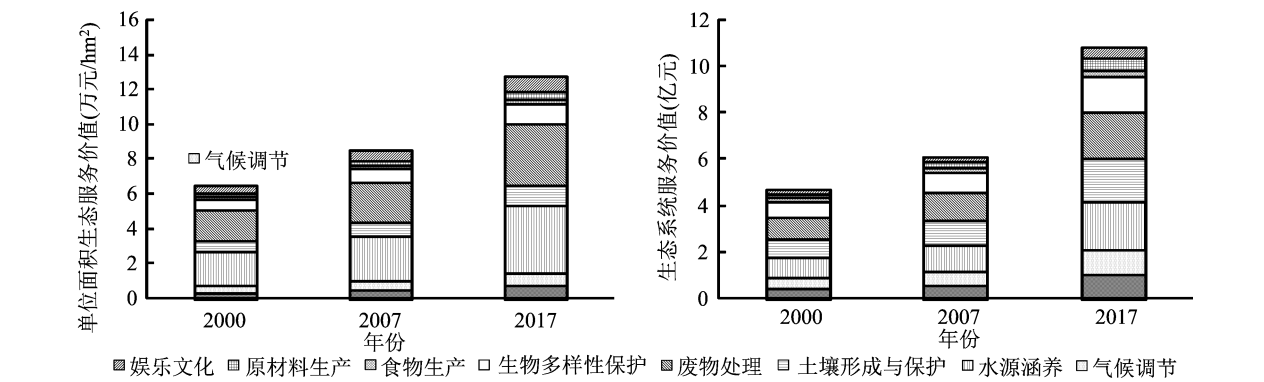


图3 2000—2017 年沙坡头区各项生态服务功能的价值变化

表 2 2000—2017 年沙坡头区各项生态服务功能的价值变化

生态功能	2000 年		2007 年		2017 年		2000—2017 年	
	$ESV_f$ (亿元)	比例(%)	$ESV_f$ (亿元)	比例(%)	$ESV_f$ (亿元)	比例(%)	变化幅度(%)	年变化率(%)
气体调节	0.43	9.15	0.56	9.15	1.06	9.89	148.34	5.50
气候调节	0.44	9.49	0.58	9.49	1.05	9.74	135.93	5.18
水源涵养	0.89	18.96	1.16	18.96	2.05	19.02	130.60	5.04
土壤形成与保护	0.80	17.13	1.04	17.13	1.83	16.97	127.73	4.96
废物处理	0.92	19.57	1.19	19.57	1.98	18.40	116.13	4.64
生物多样性保护	0.69	14.81	0.90	14.81	1.53	14.18	120.19	4.75
食物生产	0.15	3.30	0.20	3.30	0.31	2.88	100.30	4.17
原材料生产	0.17	3.63	0.22	3.63	0.50	4.60	191.71	6.50
娱乐文化	0.19	3.97	0.24	3.97	0.47	4.32	150.46	5.55
总计	4.68	100.00	6.10	100.00	10.76	100.00	129.87	5.02

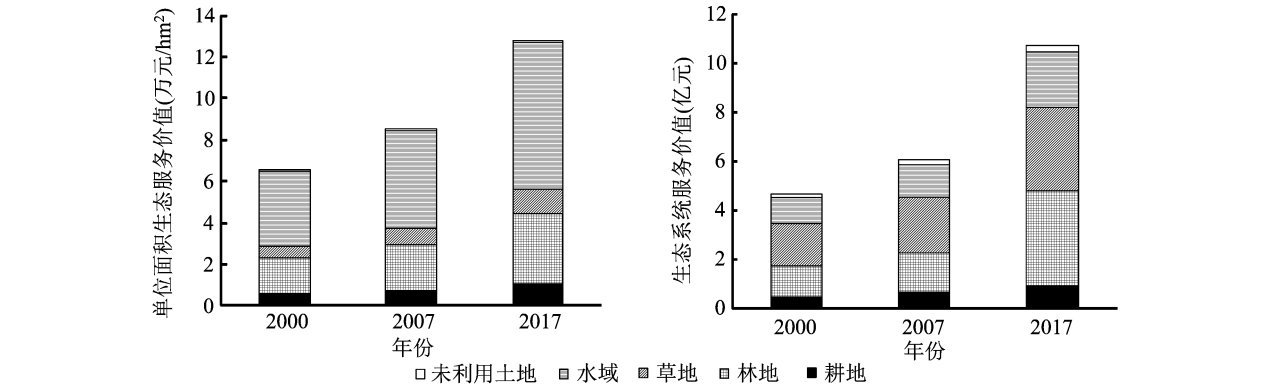


图4 2000—2017 年沙坡头区各类生态系统的价值变化

表 3 2000—2017 年沙坡头区各类生态系统的价值变化

生态功能	2000 年		2007 年		2017 年		2000—2017 年	
	$ESV_k$ (亿元)	比例(%)	$ESV_k$ (亿元)	比例(%)	$ESV_k$ (亿元)	比例(%)	变化幅度(%)	年变化率(%)
耕地	0.49	10.49	0.64	10.49	0.96	8.89	94.75	4.00
林地	1.26	27.02	1.65	27.02	3.84	35.70	203.69	6.75
草地	1.72	36.80	2.24	36.80	3.43	31.93	99.42	4.14
水域	1.03	22.03	1.34	22.03	2.26	21.02	119.33	4.73
未利用土地	0.17	3.66	0.22	3.66	0.27	2.47	55.04	2.61
总计	4.68	100.00	6.10	100.00	10.76	100.00	129.87	5.02



务总价值的贡献率来看,林地、草地和水域是生态系统服务价值构成的主体部分,三者生态系统服务价值之和占比高于 85%,不仅补偿了由于耕地面积减小而带来的生态系统服务价值损失,还能够促使沙坡头区域生态系统服务总价值不断上升,从而推动沙坡头国家级自然保护区生态系统服务价值结构和发展方向呈良性循环。从各项生态功能服务价值来看,土壤形成与保护、废物处理、水源涵养和生物多样性保护是沙坡头区生态系统服务价值的主要来源,四者之和占生态系统服务总价值的 68% 以上,沙坡头区生态系统的服务性功能高于生产性功能。2000—2017 年各项生态功能服务价值均处于持续增加的态势,其中原材料生产、娱乐文化、气体调节和气候调节是各项生态功能服务价值增长速度最迅猛的、贡献最多的,表明随着政策和经济发展的需要,森林生态系统带来的供应功能和调节功能在整个区域生态服务价值增加中起重要的促进作用。沙坡头区应考虑以森林生态系统为核心,构造生态系统服务格局,同时应明确城市规划格局,注意在发展旅游业文化性能力与构建纸浆原料林等经济发展项目时,维护生态系统供应性能力和生态系统调节性能力间的平衡,须要处理好发展与生态环境建设之间的矛盾。

#### 参考文献:

- [1] Costanza R, d'Arge R, Groot R D, et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital[J]. *Nature*, 1997, 387(15): 253–260.
- [2] 薛明皋, 邢路, 王晓艳. 中国土地生态系统服务当量因子空间修正及价值评估[J]. *中国土地科学*, 2018, 32(9): 81–88.
- [3] 李益敏, 段亚苹, 蒋德明, 等. 人类活动条件下兰坪县土地利用景观格局及生态系统服务价值[J]. *水土保持研究*, 2019, 26(1): 293–300.
- [4] 傅伯杰, 刘世梁, 马克明. 生态系统综合评价的内容与方法[J]. *生态学报*, 2001, 21(11): 1885–1892.
- [5] Zhang F, Yushanjiang A, Jing Y Q. Assessing and predicting changes of the ecosystem service values based on land use/cover change in ebinur lake wetland national nature reserve, Xinjiang, China[J]. *Science of The Total Environment*, 2019, 656: 1133–1144.
- [6] 谢高地. 生态资产评价: 存量、质量与价值[J]. *环境保护*, 2017, 45(11): 18–22.
- [7] Beier C M, Caputo J, Lawrence G B, et al. Loss of ecosystem services due to chronic pollution of forests and surface waters in the Adirondack region (USA) [J]. *Journal of Environmental Management*, 2017, 191(2017): 19–27.
- [8] 高吉喜, 李慧敏, 田美荣. 生态资产资本化概念及意义解析[J]. *生态与农村环境学报*, 2016, 32(1): 41–46.
- [9] 刘雪婷, 吴迪. 抚顺市生态资产的核算与评估[J]. *价值工程*, 2018, 37(27): 35–37.
- [10] Yirsaw E, Wu W, Shi X P, et al. Land use/land cover change modeling and the prediction of subsequent changes in ecosystem service values in a coastal area of China, the Su–Xi–Chang region [J]. *Sustainability*, 2017, 9(7): 1204.
- [11] 穆松林, 郭群. 内蒙古自治区温带草原生态系统服务价值评估及空间特征[J]. *北方园艺*, 2018(18): 94–101.
- [12] 徐媛银, 郭砾, 薛达元, 等. 赣南地区土地利用格局及生态系统服务价值的时空演变[J]. *生态学报*, 2019, 39(6): 1969–1978.
- [13] 雷金睿, 陈宗铸, 吴庭天, 等. 海南岛东北部土地利用与生态系统服务价值空间自相关格局分析[J]. *生态学报*, 2019, 39(7): 2366–2377.
- [14] 徐梦佳, 王燕, 邹长新. 生态保护红线区生态资产价值评估[J]. *生态与农村环境学报*, 2018, 34(6): 528–534.
- [15] 李鑫, 叶有华, 王伊拉图, 等. 干旱半干旱地区草地资源价值评估研究——以鄂托克前旗草地资源资产负债表编制为例[J]. *干旱区资源与环境*, 2018, 32(5): 136–143.
- [16] 高伟, 杜展鹏, 严长安, 等. 污染湖泊生态系统服务净价值评估——以滇池为例[J]. *生态学报*, 2019, 39(5): 1748–1757.
- [17] 王燕, 高吉喜, 邹长新, 等. 生态保护红线划定及其生态资产变化研究[J]. *中国环境科学*, 2017, 37(6): 2369–2376.
- [18] Costanza R, de Groot R, Farber S, et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital[J]. *Ecological Economics*, 1998, 25(1): 3–15.
- [19] Boyd J, Banzhaf S. What are ecosystem services? The need for standardized environmental accounting units[J]. *Ecological Economics*, 2007, 63(2/3): 616–626.
- [20] 张兴榆, 黄贤金, 赵小凤. 江苏省沿海地区土地利用变化的生态系统服务价值核算[J]. *水土保持研究*, 2015, 22(1): 252–256.
- [21] 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.
- [22] Wainger L A, Dennis M K, Richard N M, et al. Can the concept of ecosystem services be practically applied to improve natural resource management decisions? [J]. *Ecological Economics*, 2010, 69(5): 978–987.
- [23] Costanza R, de Groot R, Sutton P, et al. Changes in the global value of ecosystem services[J]. *Global Environmental Change*, 2014, 26: 152–158.
- [24] Snyder B F. The inclusion of ecosystem service valuations in bioenergy cost analysis: a case study of constructed wetlands in the neotropics[J]. *Ecological Economics*, 2019, 156: 196–201.
- [25] Xie G D, Lin Z, Lu C X, et al. Applying value transfer method for eco-service valuation in China [J]. *Journal of Resources and Ecology*, 2010, 1(1): 51–59.
- [26] 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.
- [27] 熊善高, 万军, 龙花楼, 等. 重点生态功能区生态系统服务价值时空变化特征及启示——以湖北省宜昌市为例[J]. *水土保持研究*, 2016, 23(1): 296–302.

刘君洋,王明力,赵来朋,等. 干旱区胡杨肥岛对土壤生态化学计量的影响[J]. 江苏农业科学,2020,48(20):282-287.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2020.20.052

# 干旱区胡杨肥岛对土壤生态化学计量的影响

刘君洋<sup>1</sup>, 王明力<sup>2</sup>, 赵来朋<sup>1</sup>, 葛翔宇<sup>1</sup>, 杨建军<sup>1</sup>

(1. 新疆大学资源与环境科学学院/教育部绿洲生态重点实验室, 新疆乌鲁木齐 830046; 2. 核工业二一六大队, 新疆乌鲁木齐 830011)

**摘要:**综合分析艾比湖流域胡杨冠下土壤有机碳(SOC)、全氮(TN)、全磷(TP)分布及生态化学计量特征,对土壤SOC、TN、TP含量及C/N、N/P、C/P的水平和垂直变化进行单因素方差分析,用最小显著性差(LSD)对数据进行多重比较。结果表明,从肥岛外至冠幅中央,随着距离的增加肥岛效应不断增强,SOC、TN含量显著增加( $P < 0.05$ ),0~5、5~10、10~15 cm这3个土层深度下SOC和TN含量分别增加85%、83%、83%和87%、75%、78%,而TP含量变化不显著;随着深度的增加,TN、SOC和TP含量都表现出减小的趋势,0~5 cm的TN、SOC含量显著大于10~15 cm( $P < 0.05$ ),各土层深度下TP差异均不显著;从肥岛外至冠幅中央随着肥岛效应不断增强,0~5、5~10、10~15 cm这3个土层的N/P和C/P显著增加( $P < 0.05$ ),分别增加83%、66%、74%和80%、77%、80%,而C/N变化不明显;随着深度的增加,N/P和C/P都呈减小趋势,0~5 cm的N/P显著大于10~15 cm( $P < 0.05$ )。说明胡杨冠下土壤C、N变化显著,空间异质性强,表现出明显的肥岛效应,但P变化不显著;N/P和C/P受肥岛效应显著影响,随着肥岛效应的增强明显增加,而C/P几乎不受影响;胡杨冠下肥岛的P素有效性较高,有机质矿化分解速率较快,同时表现出较为严重的N素限制。

**关键词:**生态化学计量;肥岛;胡杨;艾比湖流域

**中图分类号:** S718.5 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2020)20-0282-06

土壤理化性质通常存在空间异质性,特别是在干旱区生态系统中,突出表现为植物下的肥岛效应<sup>[1]</sup>。肥岛效应是土壤养分资源在植物冠幅下的聚集,会对植物-土壤之间的碳(C)、氮(N)、磷(P)循环与转化产生重要影响<sup>[2]</sup>,而C、N、P是生命体三大元素,这些元素存在相对稳定的比率,其动态变

化决定了生命体和生态系统的特征<sup>[3]</sup>,对揭示养分的有效性及其平衡机制具有重要的科学意义<sup>[4]</sup>。因此,立足于干旱区植物的肥岛效应对生态化学计量展开研究,有助于了解植物养分的可获得性,评估植被健康状况,促进干旱区生态保护。

生态化学计量学在研究生态系统养分循环方面备受重视<sup>[5]</sup>,而外部因素对生态化学计量的影响也受到越来越多的关注<sup>[6-7]</sup>。Wei等发现,长期植树造林会明显提高土壤中的有机碳、全氮、全磷含量,C/P、N/P会随植树造林时间的增加而增加<sup>[8]</sup>。高丽倩等探究了生物结皮对生态化学计量的影响,发现土壤化学计量特征与生物结皮生物量显著相

收稿日期:2019-11-18

基金项目:国家自然科学基金(编号:51269030)。

作者简介:刘君洋(1994—),男,四川宜宾人,硕士,主要研究方向为水土保持与荒漠化治理。E-mail:ljylhl123@sina.com。

通信作者:杨建军,博士,副教授,主要从事干旱区水土保持与荒漠化防治研究。E-mail:yjjdfly@sina.com。

[28]魏慧,赵文武,张骁,等. 基于土地利用变化的区域生态系统服务价值评价——以山东省德州市为例[J]. 生态学报,2017,37(11):3830-3839.

[29]Yan F Q, Zhang S W. Ecosystem service decline in response to wetland loss in the Sanjiang Plain, Northeast China[J]. Ecological Engineering,2019,130:117-121.

[30]Song W, Deng X Z. Land-use/land-cover change and ecosystem service provision in China[J]. Science of the Total Environment,2017,576(7):705-719.

[31]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.

[32]谢高地,鲁春霞,肖玉,等. 青藏高原高寒草地生态系统服务价值评估[J]. 山地学报,2003,21(1):50-55.

[33]赵振洋,廖和平,王帅,等. 三峡库区土地生态资产价值新评估——以重庆市巫山县为例[J]. 西南师范大学学报(自然科学版),2015,40(12):72-77.

[34]严恩萍,林辉,王广兴,等. 1990—2011年三峡库区生态系统服务价值演变及驱动力[J]. 生态学报,2014,34(20):5962-5973.

[35]孙伯明,陈菁,吴鑫,等. 小三江平原土地利用变化对生态系统服务价值的影响研究[J]. 灌溉排水学报,2014,33(4):261-265.