

酒泉—金塔盆地绿洲土地利用变化与生态系统服务价值评估

崔志杰¹, 徐镜钦¹, 高俊红¹, 孙朋², 巩杰²

(1. 兰州大学 资源与环境学院; 2. 兰州大学 西部环境教育部重点实验室, 甘肃 兰州 730000)

摘要: 基于1990, 1999, 2006年和2010年4期Landsat TM土地利用类型数据, 以酒泉—金塔盆地绿洲为例探究干旱区土地利用时空变化, 并对其生态系统服务价值进行评价。结果表明: (1) 研究区1990—2010年土地利用发生了较大变化, 耕地、林地、草地、城镇居民地面积持续增加, 水域面积萎缩, 未利用地大幅度减少。(2) 酒泉—金塔绿洲1990, 1999, 2006及2010年研究区的生态系统服务价值分别为24.53, 26.99, 29.84和30.16亿元/a, 呈现逐步增长的趋势, 但增长率逐步降低, 分别为10.04%, 10.54%和1.09%。(3) 生态系统单项服务价值分析表明研究区服务性价值大于生产性价值。(4) 研究区的生态系统服务价值变化趋势与生态风险指数变化一致, 应合理开发和管理水土资源以降低绿洲资源利用的生态风险, 为区域可持续发展更好地服务。

关键词: 干旱区; 土地利用; 时空变化; 生态系统服务; 酒泉—金塔盆地绿洲

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2014)01-0252-06

中图分类号: S181, P237

Land Use Change and Its Ecosystem Service Value Evaluation in Oasis of Jiuquan—Jinta Basin

CUI Zhi-jie¹, XU Yi-qin¹, GAO Jun-hong¹, SUN Peng², GONG Jie²

(1. College of Earth and Environment Sciences, Lanzhou University, Lanzhou, Gansu 730000, China;

2. Key Laboratory of Environment in West China of the Ministry of Education, Lanzhou University, Lanzhou, Gansu 730000, China)

Abstract: Based on Landsat TM images of 1990, 1999, 2006 and 2010, the oasis of Jiuquan—Jinta Basin was selected as a case to study the spatial and temporal variation of land use type and evaluate the ecosystem service value. Results showed that land use in the oasis of Jiuquan—Jinta Basin changed greatly between 1990 and 2010. The areas of farmland, forestland, grassland, urban and residential land increased gradually, while water area and unused land declined greatly. The ecosystem service value of oasis of Jiuquan—Jinta Basin was 2.453 billion RMB per year in 1990, 2.699 billion RMB per year in 1999, 2.984 billion RMB per year in 2006 and 3.016 billion RMB per year in 2010. Although performing a trend of gradual growth, its growth rate decreased by 10.04%, 10.54% and 1.09%, respectively. Analysis of single ecosystem service value showed that service value was greater than value of productivity. Change trend of ecosystem service value in the study area was in accordance with ecological risk index. Therefore, there is strong need for rational development and management of water and land resources to lower the ecological risk of oasis system and provide better service for sustainable development.

Keywords: arid area; land use; temporal and spatial variation; ecosystem service; oasis of Jiuquan—Jinta Basin

生态系统服务是指人类通过生态系统的各种功能直接或间接得到的产品和服务^[1]。生态系统服务功能是指生态系统与生态过程所形成及维持人类生

存的自然环境条件与效用^[2], 对其价值进行定量评估是高效、合理配置竞争性需要的环境资源的基础^[3]。近年来, 分析与评价生态服务功能的间接价值已成为

收稿日期: 2013-04-12

修回日期: 2013-05-03

资助项目: 国家级大学生创新创业训练计划“西北干旱区酒泉—金塔绿洲土地覆盖与生态服务价值变化及其驱动力研究”(201210730084); 兰州大学中央高校基本科研业务费专项资金资助“大敦煌生态圈”生态—水文—社会发展关键问题与对策研究”(lzujbky-2013-m02)

作者简介: 崔志杰(1991—), 男(汉族), 甘肃省张掖市人, 硕士研究生, 研究方向为环境与生态遥感。E-mail: cuizj10@lzu.edu.cn。

通信作者: 巩杰(1975—), 男(汉族), 甘肃省宁县人, 博士, 副教授, 主要从事土地变化科学、景观生态学和土壤生态学研究。E-mail: jgong@lzu.edu.cn。

当前生态学与生态经济学研究的前沿课题^[4]。Daily^[5]和 Costanza 等^[6]推动了全球生态系统服务功能及其价值评估的研究^[7],谢高地等^[8]总结了 Costanza 等^[6]的研究成果及不足,制订了中国不同陆地生态系统单位面积服务价值表,促进了国内学术界对生态系统服务价值评价的研究^[9]。国内的研究主要集中在全球、区域、城市等不同尺度,以及森林、草地、湿地等^[10-13]不同类型生态系统服务功能及价值评估的理论与方法方面^[7]。近几年土地利用方面的研究也颇为丰富,生境较差的干旱区行政单元、流域尺度上的土地利用变化也有所涉猎,如冯异星等^[14]开展了新疆天山北坡玛纳斯河流域的 LUCC 过程与景观格局的动态研究;朱磊等^[15]对乌鲁木齐市土地利用变化及其环境效应进行了探究。然而,从土地利用变化的角度进行生态系统服务价值的研究仍处于起步阶段^[16],针对环境极端脆弱的干旱区,从流域角度将上下游绿洲结合起来开展土地利用变化及生态系统服务价值评估的研究报道还相对较少。

人类社会的可持续发展取决于生态系统及其服务的可持续性,即保护地球生命支持系统、维持生物圈的可持续发展和生态系统服务功能的可持续性^[17],人类从生态系统中获益的同时会直接或间接引起生态系统服务功能的恶化。生态系统服务功能的退化是人类资产的损失,然而这种损失在现实市场、衡量经济发展的指标以及宏观经济决策上都还没有得到有效的体现^[7]。西北干旱区是中国自然环境高度脆弱的地区之一,人地关系矛盾突出,面临着一系列的生态破坏及环境退化问题,例如水土流失、土地荒漠化、土壤盐渍化等,同时人类活动强烈干扰、环境退化和沙尘暴灾害逐年增加等问题也日益严峻^[18]。

酒泉—金塔盆地绿洲(简称“酒金盆地绿洲”)是西北水土资源开发极具代表性的区域之一,随着人口增加和社会经济的发展,人为不合理干预生态系统发展的力度加强,导致该区域生态破坏及退化现象显著。生态环境的退化势必降低流域生态系统服务功能,影响整个流域社会经济的可持续发展^[19]。只有量化研究这些价值,并将其纳入国民经济核算体系,才能促进自然资本开发的合理决策,有利于保护区域生态系统并最终有利于人类的可持续发展^[9]。本文是在分析土地利用时空变化的基础上,运用生态经济学的方法分析评价酒金盆地绿洲生态系统提供的气体调节、气候调节、水源涵养等 9 项生态系统服务功能的间接价值,并以土地生态风险指数变化对研究结果进行验证,以期对干旱区流域生态系统的管理和环境保护提供参考和建议。

1 研究区概况

酒金盆地绿洲位于甘肃省西北部河西走廊西端,主要由肃州绿洲、金塔绿洲、鼎新绿洲所构成,地处 98°20′—99°18′E,39°10′—39°59′N。东、北与内蒙古额济纳旗毗连,西与肃北县、嘉峪关市、玉门市接壤,南与张掖市高台县、肃南县相邻。行政区划上包括肃州区和金塔县,总面积 $1.98 \times 10^4 \text{ km}^2$,占酒泉市面积的 10.3%,总人口 57.58 万人。该地区属沙漠干旱性气候,特点是气候干旱,降水少,年均温 7.9℃,年平均降水量 84 mm。土壤类型主要是灌淤土和风沙土,是全国土地资源整理开发示范区之一。绿洲周围沙丘活化,沙带向绿洲侵入,严重威胁着该地区的生态平衡和经济发展。

本文采用同期拍摄的遥感影像进行人工目视解译获得研究区土地利用/覆被图,影像的年份分别为 1990,1999,2006 和 2010 年,影像月份为 8 月。通过对 2010 年的土地利用分类结果进行实地考察验证,确定分类结果。研究区土地利用/覆盖分类系统参照中国科学院“中国资源环境数据库”土地利用遥感分类体系并结合酒金盆地的实际土地利用状况,将研究区土地利用类型分为耕地、林地、草地、水域、城镇居民地和未利用地 6 类。

2 研究方法

2.1 生态系统服务价值评价方法

Costanza 等^[6]对生态系统服务价值的研究使其原理及方法从科学意义上得以明确,但研究的估算结果存在较大的偏差,如耕地的估计过低,湿地的估计又偏高^[17]等。谢高地等^[8]针对其不足,根据中国的实际情况,制定了中国陆地生态系统服务单位面积价值表(表 1)。本文采用 Costanza 生态系统服务价值模型^[20]对酒金盆地的生态系统服务价值进行了评估。具体的生态系统服务价值计算模型如下:

$$ESV = \sum (A_i \times VC_k) \quad (1)$$

$$ESV_f = \sum (A_k \times VC_{fk}) \quad (2)$$

式中:ESV——研究区域土地生态系统服务价值(元); A_i ——研究区土地利用类型的面积(hm^2); VC_k ——第 k 类土地利用类型单位面积的生态系统服务价值[元/($\text{hm}^2 \cdot \text{a}$)]; ESV_f ——第 f 种类型生态系统服务功能的总价值(元); VC_{fk} ——第 f 种类型的第 k 种生态系统服务功能的价值[元/($\text{hm}^2 \cdot \text{a}$)]。

2.2 敏感性分析方法

生态系统敏感度是指区域生态系统在人类活动影响下发生变化(退化或改善)的潜在可能性及其程

度^[21]。为验证生态系统类型对于各景观类型的代表性和价值系数的准确性,应用敏感性指数(CS)以确定生态系统服务总价值(ESV)随时间变化对生态价值系数(VC)变化的依赖程度,即 VC 变动 1% 引起 ESV 的变化情况。如果 $CS > 1$, 表明 ESV 对 VC 是富有弹性的; 如果 $CS < 1$, 则说明是缺乏弹性的。比值越大, 表明 VC 的准确性越关键, 生态服务价值对它的敏感性越大^[22]。鉴于绿洲和荒漠生态系统的特

殊性, 本文将各土地覆盖类型价值系数分别调整 50%, 以衡量总生态系统服务价值的变化情况。价值系数的敏感性指数 CS 计算公式如下:

$$CS = \left| \frac{(ESV_j - ESV_i) / ESV_i}{(VC_{jk} - VC_{ik}) / VC_{jk}} \right| \quad (3)$$

式中: ESV——估算的总生态系统服务价值; VC——生态价值系数; i, j ——初始总价值和生态价值系数调整以后的总价值; k ——各土地利用类型^[23]。

表 1 2007 年中国不同陆地生态系统单位面积生态系统服务价值当量 元/($\text{hm}^2 \cdot \text{a}$)

生态服务类型	森林	草地	农田	湿地	水体	荒漠
气体调节	3 097.0	707.9	442.4	1 592.7	0.0	0.0
气候调节	2 389.1	796.4	787.5	15 130.9	407.0	0.0
水源涵养	2 831.5	707.9	530.9	13 715.2	18 033.2	26.5
土壤形成与保护	3 450.9	1 725.5	1 291.9	1 513.1	8.8	17.7
废物处理	1 159.2	1 159.2	1 451.2	16 086.6	16 086.6	8.8
生物多样性保护	2 884.6	964.5	628.2	2 212.2	2 203.3	300.8
食物生产	88.5	265.5	884.9	265.5	88.5	8.8
原材料	2 300.6	44.2	88.5	61.9	8.8	0.0
娱乐文化	1 132.6	35.4	8.8	4 910.9	3 840.2	8.8
合计	19 334.0	6 406.5	6 114.3	55 489.0	40 676.4	371.4

2.3 土地生态风险预测

生态风险(ecological risk, ER)是指生态系统及其组分所承受的风险,指在一定区域内,具有不确定性的事故或灾害对生态系统及其组分可能产生的作用,这些作用的结果可能导致生态系统结构和功能的损伤,从而危及生态系统的安全和健康^[21]。为建立土地利用类型与综合区域生态风险之间的经验联系,利用各类型面积比例,构造各土地利用类型的生态风险指数(ecological risk index, ERI)^[24],用于描述综合土地生态风险的相对大小,其计算模型如下:

$$ERI = \sum_{i=1}^n \frac{A_i W_i}{A} \quad (4)$$

式中: A_i —— i 种土地利用类型面积; W_i ——第 i 种土地利用类型所反映的生态风险强度参数; A ——总面积。

3 结果与分析

3.1 酒金盆地绿洲土地利用覆被时空变化

3.1.1 1990—2010 年酒金盆地绿洲土地利用覆被的时间变化 近 20 a 酒金盆地绿洲土地利用变化明显(表 2)。主要表现为耕地在 1990—1999, 1999—2006, 2006—2010 年所占面积持续扩张,其增长率分别为 10.94%, 17.47% 和 9.58%。草地在 1990—1999, 1999—2006 年面积急剧增长,增长率分别为 49.03% 和 19.34%, 而 2006—2010 年基本保持不变

(增长率为 0.54%)。3 个时段内林地所占面积也呈现逐年增长,增长率率分别为 43.33%, 42.46% 和 14.83%。而研究时段内城镇居民地面积随着经济发展和快速城镇化过程,扩张较迅速(图 1),增长率分别为 69.42%, 94.08% 和 54.36%。水域在 1990—2006 年基本保持不变,面积所占比重维持在 1% 左右,在 2006—2010 年,水域面积减少 2 715 hm^2 。在研究时段内,未利用地所占比例最大,达 85% 以上,但呈现逐渐减少的趋势,3 个研究时段内减少面积分别为 27 070, 35 379 和 1 6861 hm^2 。

研究区各类土地利用/覆被类型的面积变化在不同时期表现不同。由图 1 中可知,1990—1999 年耕地面积增加最大,达到 12 615 hm^2 ; 草地次之,增加面积为 8 284 hm^2 ; 林地增加面积为 4 444 hm^2 ; 未利用地呈萎缩趋势,减少面积为 27 070 hm^2 ; 城镇居民地和水域所占的比重较小,但变化的幅度较大,增长率分别为 69.4% 和 5.2%。而在 1999—2006 年,耕地面积增长幅度较大,达到 22 342 hm^2 ; 林地增长面积为 6 242 hm^2 ; 草地增加 4 869 hm^2 ; 城镇居民地所占比重较小,但涨幅较大,增加面积达 1 700 hm^2 ; 未利用地面积大幅度减少,减少的面积达 35 379 hm^2 ; 2006—2010 年,耕地增加 14 401 hm^2 ; 林地面积增加 3 109 hm^2 ; 城镇居民地增加 1 907 hm^2 ; 水域面积大幅度减少,总面积减少 2 715 hm^2 ; 未利用地面积减少 16 861 hm^2 。

表 2 近 20 a 酒金盆地绿洲土地利用/覆被变化特征

土地覆被类型	1990 年		1999 年		2006 年		2010 年	
	面积/ 10 ² hm ²	比例/ %						
耕地	1 152.95	5.83	1 279.1	6.47	1 502.52	7.60	1 646.53	8.32
草地	168.97	0.85	251.81	1.27	300.50	1.52	302.12	1.53
林地	102.56	0.52	147.00	0.74	209.42	1.05	240.48	1.22
城镇居民地	10.66	0.05	18.06	0.10	35.08	0.18	54.15	0.27
水域	188.58	0.95	198.45	1.00	200.69	1.01	173.54	0.88
未利用地	18 160.81	91.80	17 890.11	90.42	17 536.32	88.64	17 367.71	87.78
总计	19 784.53	100.00	19 784.53	100.00	19 784.53	100.00	19 784.53	100.00

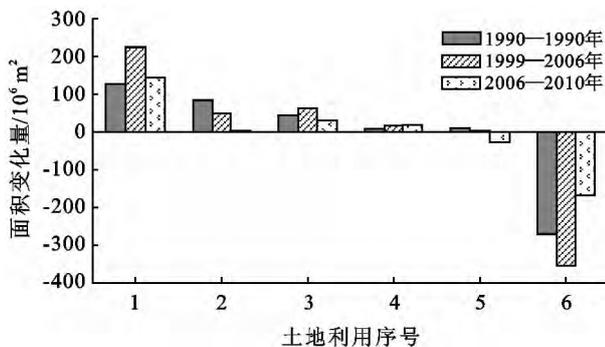


图 1 酒泉盆地绿洲土地利用类型面积变化量

注:1 指耕地;2 指草地;3 指林地;4 指城镇居民地;5 指水域;6 指未利用地。

3.1.2 1990—2010 年酒金盆地绿洲土地利用覆被的空间变化 采用 Envi 4.7 变化检测工具对 4 期影像进行对比分析,人工目视解译和实地验证得到研究区土地利用图(附图 4)。分析表明,变化剧烈区域有羊井子湾乡、西移村、大庄子乡等。通过实地调研发现,金塔县羊井子湾乡双古城耕地扩张明显,主要是由于“两西移民”政策促使当地人口迅速增加,开荒种植行为涌现,使得耕地小规模扩张。金塔县西坝镇西移村处于绿洲边缘,变动较剧烈,低覆盖度草地增加,

弃耕复耕现象频繁。当水利设施不到位或灌溉不当时,土壤盐分大量表聚而诱发表土盐碱化,不再适合耕种而被迫弃耕,当水利设施便利,合理灌溉或成功洗盐时便出现复垦行为,形成弃耕—有水—复垦—缺水—弃耕的恶性循环。金塔县中东镇上三分村的林地面积扩张明显,主要是退耕还林政策、村民自发种植耐寒植物红柳和各个事业单位积极完成树木种植任务等行为所造成的。处在绿洲荒漠过渡带的金塔县大庄子乡新八分村由于土壤盐碱性和沙化明显,部分农田被弃耕。可见,移民、水资源量、水质、水利设施建设、退耕还林等政策是影响绿洲耕地面积和绿洲时空变化的主要因素。

3.2 酒金盆地绿洲生态系统服务价值变化

根据式(1)计算结果,研究区生态系统服务的价值 1990 年 24.53 亿元/a,1999 年 26.99 亿元/a,2006 年 29.84 亿元/a,2010 年 30.16 亿元/a(表 3)。由于缺乏长期观测数据,本研究对城镇居民地、荒地和戈壁等生态系统服务价值的合理估算过于粗糙,也就是说,上述数据是对研究区生态系统服务总价值的保守估计,但总体来说,研究区的生态系统服务价值呈现增加趋势。

表 3 酒金盆地绿洲 1990,1999,2006 和 2010 年生态系统服务价值

土地覆盖类型	1990 年		1999 年		2006 年		2010 年	
	价值/ (亿元·a ⁻¹)	比例/ %						
耕地	7.05	28.74	7.82	28.97	9.19	30.79	10.07	33.38
草地	1.08	4.41	1.61	5.98	1.93	6.45	1.94	6.42
林地	1.98	8.08	2.84	10.53	4.05	13.57	4.65	15.41
水域	7.67	31.27	8.07	29.91	8.16	27.36	7.06	23.40
未利用土地	6.74	27.50	6.64	24.62	6.51	21.83	6.45	21.39
总计	24.53	100.00	26.99	100.00	29.84	100.00	30.16	100.00

综合表 1,2,4 可以看出,林地和水域的生态系统服务单项价值较高,在研究时段内,林地面积持续增加,林地提供的生态系统服务价值在年生态系统服务

价值中比重较小;水域的生态系统服务价值在 1990—1999 年最大,所占比例分别为 31.27% 和 29.91%,随着耕地面积的持续扩大和区域用水依赖

程度的增强,2006—2010 年水域面积减少 2 715 hm²,其提供的生态系统服务价值下降 1.10 亿元;耕地生态系统服务单项价值仅为 6 114.3 元,但耕地面积在研究时段内剧烈扩张,其提供的生态系统总价值在 2006 和 2010 年的比例均为最大,分别为 30.79%和 33.38%;未利用地面积所占比例持续降低,转化为其他土地利用类型。

3.3 酒金盆地绿洲生态系统单项服务价值变化

根据公式(2)计算出各生态系统服务功能的价值如表 4 所示。分析可知,生物多样性保护,废物处理,水源涵养 3 项生态系统服务功能所占比例超过 60%,

食物生产和原材料所占比例小于 8%,说明研究区服务性价值大于生产性价值;水源涵养与娱乐文化生态系统服务价值在 2006—2010 年分别下降 0.33 和 0.07 亿元,水域相对于其他土地利用类型提供的生态系统服务价值较大,在 2006—2010 年水域面积减少,导致水源涵养及娱乐文化生态系统服务价值下降;未利用地面积持续减少,由于对荒漠戈壁等的研究较少,生态系统服务当量价值较小,对生态系统总服务价值影响较小;耕地、林地、草地在不同时期都有不同比例的增长,除水源涵养及娱乐文化生态服务功能价值外,其他 7 种生态系统服务价值都有不同比例的增加。

表 4 酒金盆地绿洲 1990,1999,2006 和 2010 年生态系统各服务类型价值变化

10⁹元

生态服务类型	1990 年		1999 年		2006 年		2010 年	
	价值	排序	价值	排序	价值	排序	价值	排序
气体调节	0.95	8	1.20	7	1.53	7	1.69	7
气候调节	1.36	5	1.64	5	2.00	5	2.18	5
水源涵养	4.90	3	5.33	3	5.69	3	5.36	3
土壤形成与保护	2.46	4	2.91	4	3.49	4	3.79	4
废物处理	5.18	2	5.67	2	6.15	2	5.96	2
生物多样性保护	7.06	1	7.29	1	7.55	1	7.63	1
食物生产	1.25	6	1.39	6	1.60	6	1.73	6
原材料	0.35	9	0.46	9	0.63	9	0.71	9
娱乐文化	1.02	7	1.11	8	1.19	8	1.12	8
合计	24.53		26.99		29.84		30.16	

3.4 生态服务价值敏感性分析

根据式(3)计算出 1990,1999,2006 和 2010 年各土地利用类型敏感度指数(表 5),结果表明,CS 的敏感度指数都小于 1,其中最为敏感的是水域,当水域的 CS 增加 1%时,总价值 CS 增加 0.18%(1996 年)。最不敏感的是草地。由此可见,研究区生态服务价值对生态服务价值指数缺乏弹性,生态系统服务价值估算的结果是可信的。

表 5 酒金盆地绿洲生态系统服务价值敏感性指数变化

年份	耕地	草地	林地	水域	未利用地
1990	0.108 5	0.022 6	0.042 1	0.078 2	0.159 4
1996	0.109 4	0.054 7	0.055 6	0.175 8	0.140 4
2006	0.116 8	0.033 3	0.072 8	0.158 5	0.122 5
2010	0.127 3	0.033 1	0.083 5	0.132 5	0.119 7

3.5 土地生态风险指数动态

参考臧淑英等^[25]和岳书平等^[26]的研究成果,耕地、草地、林地、水域、城镇居民地和未利用地的土地生态风险强度参数分别取 0.140 5,0.046 3,0.027 8,0.249 7,0.057 0,0.109 9,依据式(4)得出研究区不同时间段的土地利用生态风险指数(表 6)。可见,

1996—2006 年生态风险指数下降,生态安全趋势有所好转,且生态系统服务总价值剧烈增加,增长率为 10.56%;2006—2010 年,生态风险系数有所增大,区域的生态安全趋势下降,且这一时段生态系统服务价值增长率下降为 1.07%,主要表现为水域面积萎缩,耕地和城镇居民地面积扩张,研究区的生态风险系数增加,生态系统服务价值变化率趋势与生态风险指数的变化趋势相一致。

表 6 酒金盆地绿洲土地生态风险指数

年份	1990 年	1996 年	2006 年	2010 年
生态风险系数	0.110 3	0.110 1	0.097 4	0.110 4

4 结论

(1) 近 20 a 来酒金盆地绿洲土地利用/覆被变化时空变化明显。主要表现为耕地面积持续增加,在空间上表现为金塔县羊井子湾乡双古城、大庄子乡胡家湾、天生场榆树沟、东坝镇小河口、肃州区陈家楼庄等地耕地扩张明显。受水资源量、水质和土壤属性的影响,绿洲荒漠过渡带的耕地开垦、弃耕和复垦现象多发。研究时段林地面积持续增长,主要是受当地居民

点防护林建设及一系列退耕还林还草政策的影响。科技进步和社会经济的发展促使了城镇建设用地面积的急剧增加;而由于水资源总量限制和用水需求的增加,研究时段内水域面积呈现减少趋势。退耕还林还草还牧、围栏封育、沙漠化防治、生态建设等政策使研究区的草地得到有效保护,表现为草地面积增加。综合分析可见,在干旱区,水资源的稀缺程度、灌溉水质质量及水利设施的便利程度直接影响着水土资源开发利用和土地利用变化。

(2) 酒金盆地绿洲生态系统服务价值 1990 年为 24.53 亿元/a,1999 年为 26.99 亿元/a,2006 年为 29.84 亿元/a,2010 年为 30.16 亿元/a,可以看出总价值在增长,变化率在减少,增长率分别为 10.02%,10.56%,1.07%。2006—2010 年水域贡献的价值减少 3.96 亿元,由于水质较差及水利设施不便利等因素,导致部分地区频频出现农地弃耕现象。水环境生态服务是流域居民和管理者最关心的生态系统服务,只有将其纳入区域环境、经济核算体系,才能合理有效地利用有限的水土资源,促进绿洲产业发展和环境保护。

(3) 干旱区生境状况与全国平均水平有巨大的差异,同一种生态系统类型在不同的空间位置和景观形态中提供的生态系统服务价值也不同,本文评价过程中忽略了不同的生态系统服务功能有机联系,采取分别计算累加的方法,因而存有较大误差,但生态系统服务价值评估不是单纯追求某一种生态系统服务价值的准确性,而是要提醒人们认识到生态景观的经济价值及变化趋势,从而协调经济开发和生态保护的关系。

(4) 研究区 1996—2006 年的生态风险指数下降,生态安全趋势有所好转,生态系统服务总价值大幅增加;而在 2006—2010 年,研究区的生态风险系数增大,生态安全趋势下降,期间生态系统服务价值增长率下降为 1.07%,水域面积萎缩,耕地、城镇居民地面积扩张,导致生态风险系数增加。可见,研究区的生态系统服务价值变化趋势与生态风险指数变化结果基本一致,应合理开发干旱区水土资源,加强绿洲区资源管理,促进人类活动合理化,降低绿洲资源利用的生态风险,为区域可持续发展服务。

(5) 为了更好地开展酒金盆地绿洲水土资源的可持续利用,维护和提高绿洲生态系统服务功能,建议强化耕地资源合理开发与保护措施,研究发现,受不合理开垦和灌溉及土壤盐碱属性的影响,农地开垦、弃耕和复垦现象频发,带来一系列新的环境问题,因此,应强化耕地资源的合理开发利用和有效管理,

实现耕地资源的开发与生态环境保护的有机结合;合理开发水资源,发展节水农业,加快水利设施的建设,推广和普及使用滴灌、喷灌等节水技术;进行植被恢复和生态建设,发展防护性林草带,防风林带和农田防护林网是绿洲农业生态环境的主体,可有效地固定沙丘,降低风速,减轻风沙危害,提高土地生产力,为区域可持续发展提供环境支撑。

[参 考 文 献]

- [1] 粟晓玲,康绍忠,佟玲. 内陆河流域生态系统服务价值的动态估算方法与应用:以甘肃河西走廊石羊河流域为例[J]. 生态学报,2006,26(6):2011-2019.
- [2] 降同昌,王玉川,巩杰,等. 生态系统服务功能变化的驱动力分析初探[J]. 中国科技论文在线:精品论文,2010,3(7):723-728.
- [3] 李晋昌,王文丽,胡光印,等. 若尔盖高原土地利用变化对生态系统服务价值的影响[J]. 生态学报,2011,31(12):3451-3459.
- [4] 欧阳志云,王效科,苗鸿,等. 中国陆地生态系统服务功能及其生态经济价值的初步研究[J]. 生态学报,1999,19(5):607-613.
- [5] Daily G C. Nature's Service: Societal Dependence on Natural Ecosystems [M]. Island Press, Washington, 1997.
- [6] Costanza R, d'Arger R, de Groot R, et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital[J]. Nature, 1997,387(6630):253-260.
- [7] 李文华. 生态系统服务功能价值评估的理论、方法与应用[M]. 北京:中国人民大学出版社,2008:17-18.
- [8] 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.
- [9] 杨春利,白永平. 干旱地区绿洲生态系统服务价值功能的评估:以石羊河下游民勤绿洲为例[J]. 干旱地区农业研究,2009,27(5):230-234.
- [10] 肖寒,欧阳志云,赵景柱,等. 森林生态系统服务功能及其生态经济价值评估初探:以海南岛尖峰岭热带森林为例[J]. 应用生态学报,2000,11(4):481-484.
- [11] 赵同谦,欧阳志云,贾良清,等. 中国草地生态系统服务功能间接价值评价[J]. 生态学报,2004,24(6):1101-1110.
- [12] 彭建,王仰麟,陈燕飞,等. 城市生态系统服务功能价值评估初探:以深圳市为例[J]. 北京大学学报:自然科学版,2005,41(4):594-604.
- [13] 崔丽娟. 鄱阳湖湿地生态系统服务功能价值评估研究[J]. 生态学杂志,2004,23(4):47-51.
- [14] 冯异星,罗格平,周德成,等. 近 50 年来土地利用变化对干旱区典型流域景观格局的影响:以新疆玛纳斯河流域为例[J]. 生态学报,2010,30(16):4295-4305.

(下转第 272 页)

- [2] Edwards A C, Withers P J A. Transport and delivery of suspended solids, nitrogen and phosphorus from various sources to freshwaters in the UK[J]. *Journal of Hydrology*, 2008, 350(3/4):144-153.
- [3] Goolsby D A, Battaglin W A, Aulenbach B T, et al. Nitrogen flux and sources in the Mississippi River Basin[J]. *The Science of the Total Environment*, 2000, 248(2):75-86.
- [4] 张少源,冯明磊,林杉,等. 三峡库区小流域河流可溶性硅、无机氮和磷的研究[J]. *环境科学*, 2008, 29(10):2716-2722.
- [5] 曹杰君,高扬,黄海波,等. 长三角典型村域次降雨条件下氮素非点源输出特征[J]. *环境科学*, 2010, 31(11):2587-2593.
- [6] 王晓龙,李辉信,胡锋,等. 红壤小流域不同土地利用方式下土壤 N、P 流失特征研究[J]. *水土保持学报*, 2005, 19(5):31-34.
- [7] Holliger E, Comish P S, Baginska B, et al. Farm-scale storm water losses of sediment and nutrients from a market garden near Sydney Australia[J]. *Agricultural water Management*, 2001, 47(3):227-241.
- [8] Gburek W J, Sharply L, Healthwaite L, et al. Phosphorus management at the watershed scale modification of the phosphorus index[J]. *Journal of Environmental Quality*, 2000, 29(1):130-144.
- [9] Lepisto A, Kenttamies K, Rekolainen S. Modeling combined effects of forestry, agriculture and deposition on nitrogen export in a northern river basin in Finland[J]. *AMBIO*, 2001, 30(6):338-348.
- [10] Arhonditsis G, Tsirsis G, Angelidis M O, et al. Quantification of the effect of nonpoint nutrient sources to coastal marine eutrophication: Application to a semi-enclosed gulf in the Mediterranean Sea[J]. *Ecological Modelling*, 2000, 129(2):209-227.
- [11] 孟凡青. 观音阁水库水体中氮、磷污染现状及其防治对策[J]. *辽宁城乡环境科技*, 2006, 26(4):13-15.
- [12] 高旭,赵宏富,侯错. 基于观音阁水库水环境问题的分析与对策[J]. *黑龙江水利科技*, 2009, 3(37):137-138.
- [13] 宋泽芬,王克勤,孙孝龙,等. 澄江尖山河小流域不同土地利用类型地表径流氮、磷的流失特征[J]. *环境科学研究*, 2008, 21(4):109-113.
- [14] 黄云凤,张珞平,洪华生,等. 不同土地利用对流域土壤侵蚀和氮、磷流失的影响[J]. *农业环境科学学报*, 2004, 23(4):735-739.
- [15] 许其功,刘鸿亮,沈珍瑶,等. 三峡库区典型小流域氮磷流失特征[J]. *环境科学学报*, 2007, 27(2):326-331.
- [16] 房孝铎,王晓燕,窦培谦. 密云水库上游流域氮流失规律研究[J]. *农业环境科学学报*, 2007, 26(3):852-856.
- [17] 张瑞国,王克勤,陈奇伯,等. 昆明市水源区不同利用类型坡地径流氮和磷的输出特征[J]. *环境科学研究*, 2009, 22(5):607-611.
- [18] 张兴昌,刘国彬,付会芳. 不同植被覆盖度对流域氮素径流流失的影响[J]. *环境科学*, 2000, 21(6):16-19.
- [19] 水土保持研究, 2012, 19(2):165-170.
- [21] 宫继萍,石培基,杨雪梅. 黑河中游土地生态价值及生态风险动态研究:以甘肃省民乐县为例[J]. *土壤*, 2012, 44(5):846-852.
- [22] 王雪梅,柴仲平,塔西甫拉提·特依拜. 渭干河—库车河三角洲绿洲生态系统服务功能及敏感性分析[J]. *干旱地区农业研究*, 2010, 28(3):202-206.
- [23] 王宗明,张柏,张树清. 吉林省生态系统服务价值变化研究[J]. *自然资源学报*, 2004, 19(1):55-61.
- [24] 韦仕川,吴次芳,杨杨,等. 基于 RS 和 GIS 的黄河三角洲土地利用变化及生态安全研究:以东营市为例[J]. *水土保持学报*, 2008, 22(1):185-189.
- [25] 臧淑英,梁欣,张思冲. 基于 GIS 的大庆市土地利用生态风险分析[J]. *自然灾害学报*, 2005, 14(4):141-145.
- [26] 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.

(上接第 257 页)

- [15] 朱磊,罗格平,许文强,等. 干旱区绿洲城市土地利用变化及其生态环境效应分析[J]. *干旱区资源与环境*, 2008, 22(3):15-18.
- [16] 冯异星,罗格平,鲁蕾,等. 土地利用变化对干旱区典型流域生态系统服务价值的影响[J]. *水土保持学报*, 2009, 23(6):247-251.
- [17] 许英勤,吴世新,刘朝霞,等. 塔里木河下游垦区绿洲生态系统服务的价值[J]. *干旱区地理*, 2003, 26(3):208-216.
- [18] 程国栋,张志强,李锐,等. 西部地区生态环境建设的若干问题与政策建议[J]. *地理科学*, 2000, 20(6):503-510.
- [19] 王新华,张志强. 黑河流域土地利用变化对生态系统服务价值的影响[J]. *生态环境*, 2004, 13(4):608-611.
- [20] 谢余初,巩杰,赵彩霞,等. 干旱区绿洲土地利用变化的生态系统服务价值响应:以甘肃省金塔县为例[J]. *水*