

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

杨春利, 白永平

(西北师范大学地理与环境科学学院, 甘肃 兰州 730070)

摘要: 评估绿洲地区生态系统服务价值有助于定量研究绿洲生态环境的发展变化。以 Costanza 等人对全球生态系统服务价值评估的部分成果为参考, 以谢高地等人制定的中国陆地生态系统单位面积服务价值表为基础, 对石羊河下游民勤绿洲 1994 年至 2007 年 14 a 间生态系统服务的价值进行了估算和对比分析。结果表明: 1994 年民勤绿洲的生态系统服务总价值为 102.04 亿元, 到 2007 年则下降为 79.04 亿元, 14 a 间, 生态系统服务价值总共下降了 23 亿元, 其中草地面积的减少是生态系统服务价值下降的主要原因。因此保护绿洲生态环境, 恢复和提高绿洲生态系统服务功能是干旱地区绿洲生态环境建设的重要任务。

关键词: 干旱地区; 生态系统服务价值; 民勤绿洲

中图分类号: X144 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2009)05-0230-05

生态系统服务一般指自然生态系统及其所属物种支撑和维持人类生存的条件和过程^[1]。生态系统的服务和产生这些服务的自然资本对地球生命支持系统的功能有极其重要的作用, 间接或直接地为人类提供服务(service)和福利(welfare), 从而成为地球整体经济价值的一部分^[2]。

定量评价生态系统服务功能的经济价值是当前生态学与经济生态学等学科研究的前沿课题, 特别是美国学者 Costanza 等^[3]采用生态系统服务价值系数对全球生态系统的服务价值进行估算以后, 掀起了对生态系统服务功能价值评估的研究热潮。其中我国学者谢高地等人^[4]总结 Costanza 等的研究成果及不足, 制定出中国不同陆地生态系统单位面积生态服务价值表, 从而推动了我国学术界对生态系统的服务价值的评估研究。尽管近年来关于生态系统的价值评估研究取得了很大进展, 例如国内许多学者应用 Costanza 等人的估算方法或谢高地等人的测评体系, 从全国、省区、市县等不同尺度对生态系统的服务价值进行了评估, 但是如何把这种无法在市场上公开交易的生态价值转化为现实价值, 直接指导管理决策仍然是生态学家、经济学家共同面临的挑战。

干旱区绿洲生态系统为干旱地区的社会经济发展做出了巨大贡献, 但由于对生态系统所提供的巨大服务价值缺乏了解, 导致人类在从生态系统服务中获取巨大“显性”经济效益的同时, 缺乏对为人类

提供巨大“隐性”服务价值的绿洲应有的保护, 致使绿洲生态系统景观特征发生了显著的退化型演替。因此, 评估绿洲生态系统服务的经济价值, 有助于构建流域环境—经济综合核算体系, 可以为流域生态环境—经济综合决策提供定量依据。

1 研究区概况与估算方法

1.1 研究区概况

民勤绿洲处于青藏高原、黄土高原和内蒙古高原的交汇地带, 东、西、北面分别被腾格里沙漠和巴丹吉林沙漠包围。地理位置北纬 38°20′~39°10′, 东经 102°45′~103°55′, 总面积 16 000 km², 行政区划上属于武威市民勤县。

研究区以由石羊河下游原河道为中轴形成的绿洲为对象, 这里从绿洲内到绿洲外, 依次有耕地、林地、草地、荒漠等自然景观。民勤绿洲生态系统结构较简单, 抗干扰能力脆弱, 极易遭到人为破坏且破坏后不易恢复。维持绿洲内各生态系统重要的资源是水资源, 目前主要有地下水和少量的地表水直接影响民勤绿洲区域内生态系统结构和经济社会的可持续发展。由于极度干旱和缺水, 现有许多耕地沙漠化, 绿洲面积迅速退缩, 撂荒地、弃耕地每年正以数十公顷的速度增长, 许多地方正以“绿洲—绿洲荒漠—荒漠”模式退化^[5]。草场资源质量严重下降, 多数已退化为荒漠草场, 有些完全沙化。森林面积减小, 植被枯死或处于半死亡状态, 被视为农田保护屏障

收稿日期: 2009-03-25

基金项目: 国家自然科学基金(40771054)

作者简介: 杨春利(1982—), 男, 甘肃平凉人, 硕士研究生, 主要研究方向为区域发展与区域管理。E-mail: yangchunli802@163.com。

的柴湾名存实亡,只有荒漠面积逐年扩大^[6]。

1.2 估算方法

本文采用的是 Costanza 提供的估算方法, Costanza 等人 1997 年在《Nature》上发表“*The value of the world’s ecosystem services and natural capital*”一文中,综合了国际上已经出版的各种不同方法对生态系统服务价值的评估研究结果,在世界上最先开展了对全球生物圈生态系统服务价值的估算,计算公式如下:

$$V = \sum_{i=1}^n P_i \times A_i$$

其中: V 为研究区生态系统服务总价值(元); P_i 为第 i 类土地利用/覆盖类型单位面积的生态功能总服务价值(元/ hm^2); A_i 为研究区内第 i 类土地利用覆盖类型的面积(hm^2); n 为土地利用覆被类型数目。 P_i 为谢高地等制定的中国陆地生态系统服务单位面积价值。

2 民勤绿洲生态系统服务价值的估算

2.1 生态系统服务的当量因子选取与单位价值确定

尽管 Costanza 等人逐项估计了各种生态系统的各项生态系统服务价值,但由于生态系统的地域差异较大,所以有些数据存在一定的实际偏差,因此这里选取谢高地等在《青藏高原生态资产的价值评估》中制定的我国生态系统生态服务价值当量因子表中的数据。但需注意的是:在干旱地区的绿洲,自然环境条件与全国平均状态仍然存在很大的差异,根据生物量和生态服务价值成正比这一基本原则,表中对耕地的估算远远低于干旱地区绿洲耕地生态系统服务的实际价值,所以本文综合粟晓玲等^[7,8]对内陆河流域生态系统服务价值的估算结果,对表中数据进行了一定的修正,制定了民勤绿洲不同生态系统类型单位生态价值表(表 2)。

表 1 中国不同陆地生态系统单位面积生态服务价值当量^[9](元/ hm^2)

Table 1 Chinese ecosystem services value unit area of different ecosystem types

项目 Items	森林 Forest	草地 Grassland	农田 Cropland	湿地 Wetlands	水体 Water body	荒漠 Desert
气体调节 Gas regulation	3.50	0.80	0.50	1.80	—	—
气候调节 Climate regulation	2.70	0.90	0.89	17.10	0.46	—
水源涵养 Water Conservation	3.20	0.80	0.60	15.50	20.38	0.03
土壤形成与保护 Soil formation and protect	3.90	1.95	1.46	1.71	0.01	0.02
废物处理 Waste treatment	1.31	1.31	1.64	2.50	18.18	0.01
生物多样性保护 Biodiversity protection	3.26	1.09	0.71	0.30	2.49	0.34
食物生产 Food production	0.10	0.30	1.00	265.50	0.10	0.01
原材料 Raw materials	2.60	0.05	0.10	0.07	0.01	—
娱乐文化 Recreation and culture	1.28	0.04	0.01	5.50	4.34	0.01

注:“—”代表缺乏相关研究信息,不代表该种类型没有价值(下同)。

Note: “—” means the absence of relative research information. It is the same in the followings.

表 2 民勤绿洲不同生态系统类型单位生态价值

Table 2 Modifying coefficient of static services value of different ecosystem types in Minqin Oasis

生态系统类型 Ecosystem types	含义 Meanings	价值 Value(元/ hm^2)
耕地 Crop land	指无灌溉水源及设施,靠天然降水生长作物的耕地;有水源和浇灌设施,在一般年景下能正常灌溉的旱作物耕地;以种菜为主的耕地,正常轮作的休闲地和轮歇地。 Including rain-fed land, irrigated land, vegetable plot, fallow land and Swidden land.	8447.2
林地 Forest area	指生长乔木、灌木等林业用地;天然林和人工林;苗圃及各类园地。 Including arbor and shrub vegetation, natural and artificial forest, nursery and orchard.	19334.0
草地 Grass land	指以生长草本植物为主的各类草地,包括天然草地、改良草地和割草地等。 Including different kinds of grassland dominated by herb plants, such as natural grassland, improved grassland, mowing grassland, etc.	6406.5
水域 Water body	指天然陆地水域和水利设施用地,包括天然形成或人工开挖的河流及干渠,常年水位以下的土地,天然形成的积水区,人工修建的蓄水区,河、湖水域等。 Including natural water area and land for water conservancy facilities, such as rivers, trunk canals, water-logged areas, reservoirs, etc.	40676.2
荒漠 Desert	指以超旱生半乔木、超旱生灌木、超旱生小半灌木等为主的植被稀少地。 Including land with sparse vegetation, such as semi-arbor, shrub and semi-shrub in dry areas.	371.4

2.2 所用数据

研究所用数据主要是民勤县统计局的《国民经济和社会发展统计资料汇编》。1994 年,全县共有森林 176 667 hm^2 ,草地 913 333 hm^2 ,耕地(农田) 62 420 hm^2 ,水域 3 400 hm^2 ,荒漠 733 333 hm^2 。到 2007 年,全县共有森林 103 667 hm^2 ,草地 646 080 hm^2 ,耕地(农田) 62 667 hm^2 ,水域 3 747 hm^2 ,荒漠

1 502 666 hm^2 [8,9]。

2.3 民勤生态系统服务的总价值

本文依据民勤县国民经济和社会发展统计资料汇编,引用“中国不同陆地生态系统单位面积生态服务价值表”中的数据,对民勤绿洲生态服务总价值予以估算,其结果见表 3。

表 3 民勤绿洲生态系统服务总价值

Tab.3 Total value of ecosystem services of Minqin Oasis

生态系统类型 Ecosystem types	单位价值 Unit value (元/ hm^2)	1994 年		2007 年	
		面积(hm^2) Area	价值(元) Value	面积(hm^2) Area	价值(元) Value
森林 Forest	19334.0	176667	3415679778	130667	2526315778
草地 Grass land	6406.5	913333	5851267865	646080	4139111520
耕地 Crop land	8447.2	62420	527274224	62667	529360682
水域 Water body	40676.2	3400	138299080	3747	152413721
荒漠 Desert	371.4	733333	272359876	1502666	558090152
总价值 Total value	—	—	10204880823	—	7905291853

从表中计算结果可以看出:自 1994 年到 2007 年十四年间,森林生态系统服务价值约从 34.16 亿元下降到 25.26 亿元,下降了 8.9 亿元;草地生态系统服务价值从 58.51 亿元下降到 41.39 亿元,下降了 17.12 亿元;耕地生态系统服务价值从 5.27 亿元上升为 5.29 亿元,上升了 0.02 亿元;水域生态系统服务价值从 1.38 亿元上升为 1.52 亿元上升了 0.14 亿元;荒漠生态系统服务价值从 2.72 亿元上升为 5.58 亿元,上升了 2.86 亿元;然而总价值却从 102.04 亿元降低到 79.05 亿元,降低了 22.99 亿元。

3 结果分析

3.1 民勤绿洲生态系统各类型面积的变化(图 1)

研究区在 1994 年至 2007 年间,耕地面积略有增长,这是人们毁林开荒的结果;同时研究区为了保证面积扩大的农田灌溉,不断扩大区域内水库的蓄水面积,从而增加了水域生态系统服务价值;由于林地、草地面积的减少,这两个生态类型的生态系统服务价值随之减少,其中草地下降速度最快;森林和草地的退化导致荒漠呈大面积增长,其生态系统服务价值却未见明显提高,这也是研究区生态系统服务功能总价值较低的根本原因。

3.2 民勤绿洲各生态系统类型所贡献的价值比例变化(图 2)

1994 年,森林生态系统服务价值占研究区生态系统服务总价值的 34%,草地 57%,耕地 5%,荒漠 3%,水域 1%;到 2007 年其比例发生了不同程度的

变化:森林 32%,草地 52%,耕地 7%、荒漠 7%,水域 2%。由此可以看出,森林和草地是构成研究区生态系统服务价值体系的基础,这就说明了研究区生态系统结构比较简单,从而使得其服务价值体系也较简单。虽然耕地在研究区生态系统服务价值体系中所占的比例不大,但对于处在干旱区的绿洲来说,维持其生态系统的服务对整个绿洲至关重要。

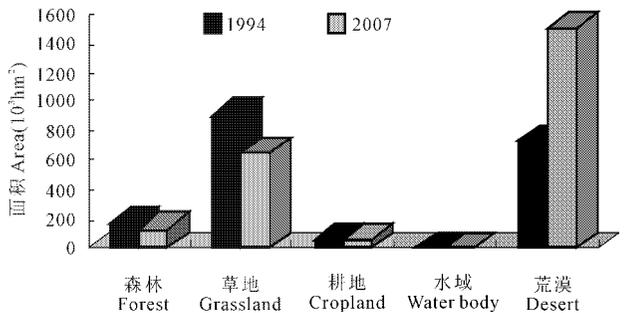


图 1 1994~2007 年生态系统类型面积变化

Fig. 1 The change diagram of ecosystem type area between 1994 to 2007

3.3 民勤绿洲不同服务类型所提供的价值(图 3)

从图 3 中可以看出,土壤形成与保护的价值量最大,其次为生物多样性、废物处理、水源涵养、气体调节和气候调节,价值量最小的是原材料、食物生产和娱乐文化。由于价值量大的是以非实物形式出现的生态系统功能和过程表现出来的服务,而价值量小的则是以实物形式出现的生态产品表现出来的服务,从而说明在整个生态系统服务的价值中,生态系

统功能和过程的价值要远大于直接提供给人类生态产品的价值。

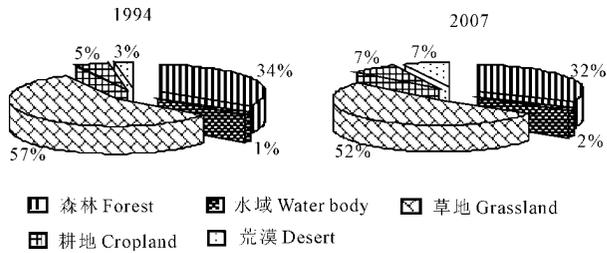
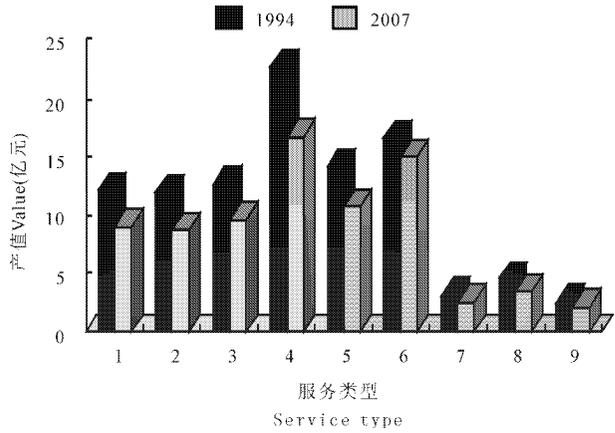


图 2 不同生态系统类型服务价值占总价值比例对比
Fig.2 The comparison diagram of the different ecosystem type service value in the total value



1—气体调节(Gas regulation)、2—气候调节(Climate regulation)、3—水源涵养(Water Conservation)、4—土壤形成与保护(Soil formation and protect)、5—废物处理(Waste treatment)、6—生物多样性保护(Biodiversity protection)、7—食物生产(Food production)、8—原材料(Raw materials)、9—娱乐文化(Recreation and culture)

图 3 不同服务类型的价值构成

Fig.3 The value-composing diagram of the different service type

总之,根据市场经济理论,生态系统服务的单位价值将会随着生态资源的短缺而增加。当某种不可替代的生态系统类型出现严重的短缺时,它的单位价值量就会迅速增长。因此必须合理利用民勤绿洲各种生态系统提供给我们的产品和服务,充分意识到处于干旱区的下游绿洲生态系统为整个石羊河流域所提供的巨大生态公益,而不是仅重视其直接利用价值,避免由不合理利用带来的严重后果。

4 结论与讨论

本文利用民勤县统计局公布的统计数据 and Costanza 等提供的计算方法,采用谢高地等提供的当量数据,最终估算出民勤绿洲生态系统服务的总价值。1994 年,区域内生态系统服务总价值为 102.04 亿元,到 2007 年则下降为 79.04 亿元,14 a 间,生态

系统服务价值总共下降了 22.99 亿元。其中,除了耕地,水域和荒漠的生态系统服务价值在此期间有小幅上升外,森林和草地的服务价值都在下降,而草地服务价值下降速度最快。由于森林和草地是构成研究区生态系统服务价值体系的基础,所以随着林地、草地面积的减少,这两个生态类型的生态系统服务价值随之减少,这是研究区生态系统服务功能总价值降低的根本原因。研究结果也使我们认识到:在石羊河水资源危机严重制约民勤经济发展和生态安全的形势下,各类型生态系统服务也面临巨大压力,因此如何保护民勤绿洲脆弱的生态系统,加强保护研究区林地草地,努力恢复其生态环境建设是保护民勤绿洲的当务之急。

由于生态系统和生态系统服务类型的空间分布差异性,造成不同研究区域、每种类型的每种服务的单位价值有所差异。本文虽然采用了谢高地等人的中国生态系统当量数据,并且对相关数据进行了一定修正,但估算结果与研究区实际情况仍然存在一定差异,估算结果可能偏低。尽管如此,通过货币价格的表现形式能使人们更加明确地认识到生态系统的服务价值,即可以用价格量的变化来衡量生态系统中资源与环境的变化状况。因此,如果能够将其价值评估内容进一步纳入国民经济核算体系,修正国内生产总值,引入绿色 GDP 计算,消除由于过度消耗资源和破坏环境而带来国民经济的虚假增长,那么决策者、生产者和消费者可能会更加重视生态系统,保护生态系统,维护社会经济发展的生态基础,实现区域可持续发展。

参考文献:

[1] Westman W. How much are nature's service worth [J]. Science, 1997, 197, 960—964.

[2] 韩 伟, 孙 辉, 唐 亚. 生态系统服务价值及其评估方法研究进展[J]. 四川环境, 2005, 24(1), 20—26.

[3] Costanza R, d' Age R, Rudolf de Groot, et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital [J]. Nature, 1997, 387, 253—260.

[4] 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.

[5] 李红元, 李秀丽. 在水资源条件限制下民勤绿洲生态问题及对策研究[J]. 甘肃农业, 2006, (5), 71—74.

[6] 民勤县志编委会. 民勤县志[M]. 兰州: 兰州大学出版社, 1994.

[7] 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), 1102—1102.

[8] 民勤县统计局. 民勤县国民经济和社会发展统计资料汇编 [R]. 2008, 5—1998, 4.

[9] 武威地区行署土地处地籍科. 武威地区土地利用主要地类变化情况表[R]. 1999.

Evaluation of the ecosystem service's value function of an oasis in arid areas

—Taking Minqin Oasis as an example

YANG Chun-li, BAI Yong-ping

(College of Geography and Environment Science, Northwest Normal University, Lanzhou, Gansu 730070, China)

Abstract: Evaluating the ecosystem service's value of an oasis could help study quantitatively the development and changes of the oasis's ecosystem. Based on the statistical data of Minqin Oasis in the lower reaches of Shiyang River from 1994 to 2007, this paper estimated the ecosystem service's value of the Minqin County. The result showed that the annual value of the ecosystem service in the lower reaches of Shiyang River was 102.04×10^8 Yuan in 1994, and 79.04×10^8 Yuan in 2007. During the 14 years, the value of the ecosystem service had been reduced by 23×10^8 Yuan in the area. The main reason for the dropping of the service value of the oasis's ecosystem is grassland reduction, so the important task of oasis ecological environment construction in arid areas is to protect oasis ecological environment, restore and enhance oasis ecosystem service function.

Keywords: arid area; ecosystem service value; Minqin Oasis

(上接第 224 页)

- [25] 曾丽红, 宋开山, 张 柏, 等. 应用 Landsat 数据和 SEBAL 模型反演区域蒸散发及其参数估算[J]. 遥感技术与应用, 2008, 23(3): 155-163.
- [26] Allen R G, Pereira L S, Raes D, et al. Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements[R]. Rome: FAO Irrigation and Drainage Paper 56, 1998.
- [27] 陈玉民, 郭国双, 王广兴. 中国主要作物需水量与灌溉[M]. 北京: 水利水电出版社, 1995.
- [28] Buman R, Pochop L O. Evaporation, evapotranspiration and climate data[M]. Elsevier Amsterdam, 1994.
- [29] 王 健, 蔡焕杰, 刘红英. 利用 Penman-Monteith 法和蒸发皿法计算农田蒸散量的研究[J]. 干旱地区农业研究, 2002, 20(4): 67-71.
- [30] 王 昊, 许土国. 扎龙湿地芦苇沼泽计算与分析[J]. 水利水电技术, 2005, 36(2): 22-25.

Applying SEBAL model and P—M Equation to estimate land-surface evapotranspiration over lower reaches of Wuyu'er River

ZENG Li-hong^{1,2}, SONG Kai-shan¹, ZHANG Bai¹, WANG Zong-ming¹, DU Jia^{1,2}

(1. Northeast Institute of Geography and Agricultural Ecology, Chinese Academy of Sciences, Changchun, Jilin 130012, China; 2. Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

Abstract: Daily evapotranspiration (ET) of 1992-07-09, 1994-07-15, 1995-07-18 and 1999-07-13 was estimated by using SEBAL model over lower reaches of Wuyu'er River. Monthly ET of July for each phase was obtained by using P—M equation and crop coefficient. Lastly, characteristics of daily ET, monthly ET, crop coefficient and their affecting factors were analyzed. The results indicated that: the frequency distribution maps of daily ET had two distinct apices, one was caused by the evapotranspiration characteristics of dry-land, and the other was caused by wetland and water-body; according to mean daily ET the sequence from high to low was 1994-07-15, 1999-07-13, 1995-07-18 and 1992-07-09; the phase of 1994-07-15 presented the highest mean daily ET and mean crop coefficient; daily mean wind velocity, sunshine time and minimum daily air temperature played great influence on daily reference evapotranspiration. This study would provide important reference for the study of crop water requirement, ecological water demand, evapotranspiration characteristics of different land-use types and water resources management over the study area.

Keywords: remote sensing; evapotranspiration; SEBAL; P—M Equation; crop coefficient