

# 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

谢余初<sup>1</sup>, 巩杰<sup>1</sup>, 赵彩霞<sup>1</sup>, 颀耀文<sup>2</sup>

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

**摘要:**通过运用土地利用类型动态度、土地利用程度模型、生态系统服务价值估算模型和土地利用调查和变更数据等,分析 1990 年、2000 年和 2008 年金塔县土地利用变化及其生态系统服务价值变化特征。结果表明:(1)1990—2008 年间,耕地、园地、林地、建设用地和水域呈现增加趋势,牧草地和未利用地面积表现为减少趋势,总体土地利用程度为中下水平,处于发展阶段。(2)研究期间生态系统服务总价值呈现上升趋势,从 1990 年的 47.238 亿元增加到 2008 年的 48.228 亿元(+0.989 9 亿元)。水域在研究区生态系统服务总价值中所占份额最大,草地生态服务功能的下降对生态系统服务总价值有明显的负贡献。(3)研究区各类生态系统的生物多样性保护、水源涵养和废物处理等服务性功能价值远大于其粮食生产和原材料等生产性功能价值。因此,该区域水土资源的合理利用与有效管理是实现生态系统服务功能维持和可持续发展的根本。

**关键词:**土地利用变化;生态系统服务功能价值;环境响应;金塔县

中图分类号:F301.24

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2012)02-0165-06

## Responses of Oasis Ecological Service Value to Land Use Change in Arid Area ——A Case Study of Jinta County, Gansu Province

XIE Yu-chu<sup>1</sup>, GONG Jie<sup>1</sup>, ZHAO Cai-xia<sup>1</sup>, XIE Yao-wen<sup>2</sup>

(1. Key Laboratory of Western China's Environmental Systems, Lanzhou University,

Lanzhou 730000, China; 2. College of Earth and Environmental Sciences, Lanzhou University, Lanzhou 730000, China)

**Abstract:** On the basis of land use dynamic index, model of land use degree, model of ecological service value (ESV) and investigation data of land use of Jinta County, this paper analyzed the land use change and ESV of 1990, 2000 and 2008, respectively. Several conclusions had been drawn and listed as below. (1) The area of cultivated land, orchard, forest land and construction land increased, but grassland and unused land decreased from 1990 to 2008. The land use degree of Jinta County was lower, which indicated that the land use of Jinta County belonged to developing period. (2) The ESV increased from 4.723 8 billion Yuan (RMB) in 1990 to 4.822 8 billion Yuan in 2008 (+0.099 9 billion Yuan). ESV of water occupied a larger part (45.50%) in total ESV of Jinta County, and the ESV of grassland has a negative effect for the total ESV of Jinta County. (3) The service of biodiversity conservation, water conservation and waste disposal is larger than that on grain production and materials. Therefore, the rational use of soil and water resources of Jinta County and its efficient management will be the base for maintaining the ESV and sustainable development of the study area.

**Key words:** land use change; ecological service value; environmental response; Jinta County

土地利用是人类最基本的实践活动,土地利用变化可引起许多自然现象和生态过程的变化<sup>[1-3]</sup>。生态系统服务功能是指生态系统与生态过程所形成及所维持的人类赖以生存的自然环境条件和效用<sup>[4-6]</sup>。由

于人类对生态系统服务功能及其重要性的认识不足,长期以来不合理的经济活动造成了生态服务功能的严重破坏<sup>[4]</sup>。土地利用变化是导致区域生态系统服务价值变化的重要原因<sup>[1,7]</sup>,也直接影响着区域环境系统向

收稿日期:2011-09-16

修回日期:2011-10-28

资助项目:国家重点基础研究发展计划(973 计划)“干旱区绿洲化荒漠化过程及其对人类活动、气候变化的响应与调控”(2009CB421306);国家自然科学基金项目(40801038);国家自然科学基金委创新群体科学基金项目(41021091)

作者简介:谢余初(1983—),男,广西宾阳人,硕士研究生,主要从事环境遥感与景观生态学研究。E-mail:xiych09@lzu.edu.cn

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

社会提供的物品和服务的大小。土地利用/覆被变化及人类活动对生态系统服务的影响是当前我国生态系统研究的重要方向之一<sup>[8]</sup>。研究土地利用背景下的生态系统服务价值变化对促进区域生态环境保护、区域可持续发展具有重要的指导价值<sup>[9-10]</sup>。近年来,国内外学者根据土地利用与生态系统服务价值的方法和案例研究得到广泛开展<sup>[11-13]</sup>,我国学者在这方面研究多集中于全国尺度<sup>[6,14]</sup>,省域<sup>[15-16]</sup>和市域<sup>[7,17-18]</sup>、流域尺度<sup>[10,19-20]</sup>等宏观尺度上,而针对县域尺度<sup>[21-22]</sup>,特别是西北干旱区县域绿洲的研究报道较少。

金塔县是西北干旱区河西走廊西北端的绿洲盆地之一,地处温带荒漠气候向暖温带荒漠气候过渡交替带,是西北干旱区典型的风沙过渡区、农牧交错区和生态脆弱区。受长期农耕活动和水土资源开发利用的影响<sup>[23]</sup>,该区土地利用导致的生态环境问题日渐突出。因此,本文拟在探讨该区土地利用和生态系统服务价值变化特征的基础上,为绿洲盆地生态环境保护、资源开发利用与可持续发展提供背景资料和科学依据。

## 1 研究区域

金塔县位于甘肃河西走廊西部,介于  $97^{\circ}58'—100^{\circ}20'E$ ,  $39^{\circ}47'—40^{\circ}59'N$ 。东、北与内蒙古额济纳旗毗连,西与嘉峪关市、玉门市、肃北县接壤,南与酒泉市肃州区和高台县为邻。金塔县属于温带荒漠气候与暖温带荒漠气候过渡交替区,风沙多。海拔  $1\ 100\sim 1\ 500\text{ m}$ ,1 月份平均最低气温是  $-9.3^{\circ}\text{C}$ ,7 月份平均最高气温为  $24.1^{\circ}\text{C}$ ,年平均降雨量约为  $59.5\text{ mm}$ ,多集中在 7—9 月,年蒸发量约为  $2\ 567.1\text{ mm}$ ,全年日照时数约  $3\ 193.2\text{ h}$  左右,无霜期  $135\sim 144\text{ d}$ ,有利于棉花生长,是甘肃省重要的粮棉商品生产区。

## 2 数据来源与研究方法

### 2.1 数据来源与处理

本文采用数据来源于金塔县 1990 年土地勘查数据,中国西部环境与生态科学数据中心 2000 年土地利用/覆盖数据和 2008 年土地利用变更数据,并结合实地勘察验证及相关资料查证等,利用 ArcGIS 9.3 等相关软件对土地利用变化数据进行再处理。参考《中国资源环境遥感宏观调查与动态研究》<sup>[24]</sup> 土地分类系统获取土地利用数据,根据金塔县土地利用特点,将研究区分为 7 种主要土地利用类型和地表覆盖景观,分别是耕地、林地、草地、园地、水域、建设用地(包括居民点、工矿用地、交通用地及盐场等)、未利用地等类型,并以土地利用类型面积变化率、动态度和

土地利用综合指数等指标<sup>[25]</sup>来描述研究区土地利用的变化情况。

### 2.2 土地利用变化研究方法

#### 2.2.1 土地利用变化的分析方法

(1)土地利用类型面积变化及变化率:能直接反映土地利用类型的变化大小及幅度。其公式为:

$$\Delta U = U_b - U_a$$

$$R = \frac{\Delta U}{U_b} \times 100\% \quad (1)$$

式中: $\Delta U$ ——研究时段内某一土地利用类型的变化量; $R$ ——研究时段内某一土地利用类型变化率; $U_a$ 、 $U_b$ ——研究初期和末期同一种土地利用类型的面积。

(2)土地利用类型动态度:指单位时间内某一土地利用类型面积的变化程度,可定量描述区域土地利用变化的速度,它对预测未来土地利用变化的趋势和比较土地利用变化的区域差异都具有积极的作用。其表达式为:

$$K = \frac{U_b - U_a}{U_a} \times \frac{1}{T} \times 100\% \quad (2)$$

式中: $K$ ——研究时段内某一土地利用类型动态度, $U_a$  和  $U_b$  同上; $T$ ——研究时段。

2.2.2 土地利用程度综合指数及变化模型 土地利用程度主要反映土地利用的广度和深度,综合反映了土地利用中土地本身的自然属性以及人类活动因素与自然环境因素的综合效应。

$$L_d = 100 \times \sum_{i=1}^4 A_i \cdot C_i \quad L_d \in [100, 400] \quad (3)$$

式中: $L_d$ ——土地利用程度综合指数; $A_i$ ——第  $i$  类土地利用程度分级指数(表 1); $C_i$ ——第  $i$  类土地利用程度分级面积百分比。

土地利用程度模型为:

$$\Delta L = L_b - L_a = 100 \times \left[ \sum_{i=1}^n (A_i \cdot C_{ib}) - \sum_{i=1}^n (A_i \cdot C_{ia}) \right] \quad (4)$$

$$R = \frac{\sum_{i=1}^n (A_i \cdot C_{ib}) - \sum_{i=1}^n (A_i \cdot C_{ia})}{\sum_{i=1}^n (A_i \cdot C_{ia})} \quad (5)$$

式中: $\Delta L$ ——研究区土地利用程度变化量; $R$ ——土地利用程度变化率; $L_a$ 、 $L_b$ ——研究初期和末期的区域土地利用强度综合指数; $A_i$ ——第  $i$  类土地利用程度分级指数; $C_{ia}$ 、 $C_{ib}$ ——研究区内研究初期和末期第  $i$  级土地利用程度所占的面积百分比。如果  $R > 0$  则研究区土地利用处于发展阶段, $R < 0$  则研究区土地利用处于衰退期, $R = 0$  则研究区土地利用处于稳定期。

表 1 土地利用程度分级赋值

类型	未利用地级	林、草、水用地级	农业用地级	城镇聚落用地级
土地利用类型	未利用土地或难利用土地	林地、草地、水域	耕地、园地、人工草地	城镇居民点用地、交通用地
土地利用程度分级指数	1	2	3	4

2.2.3 生态系统服务价值评价方法 谢高地等<sup>[26]</sup>在 Costanza 等<sup>[5]</sup>提出的评价模型基础上,通过对国内生态学学者的问卷调查,得出了“中国陆地生态系统服务价值当量因子表”。生态系统生态服务价值当量因子是指生态系统产生生态服务相对贡献大小的潜在能力。针对研究区的具体情况以及他人研究成果<sup>[15,27]</sup>,本文采用了中国陆地生态系统服务价值当量因子表<sup>[26]</sup>和 Costanza 生态系统服务价值模型来计算研究区生态系统服务的价值,具体的生态系统服务功能计算模型如下:

$$ESV = \sum (A_i \times VC_k) \tag{6}$$

$$ESV_f = \sum A_k \times VC_{fk} \tag{7}$$

式中:ESV——研究区域土地生态系统服务价值(元); $A_k$ ——研究区土地利用类型的面积( $\text{hm}^2$ ); $VC_k$ ——第  $k$  类土地利用类型单位面积的生态服务价值 $[\text{元}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})]$ ;  $ESV_f$ ——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 $[\text{元}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})]$ 。

为了验证生态系统类型对土地利用类型的代表

性和生态价值系数的准确性,在 Costanza 模型上引入生态系统价值敏感性指数(CS),即通过对耕地、园地、林地、牧草地、水域和未利用地的生态价值系数分别上下调整 50%来计算 CS,从而说明 ESV 对 VC 的敏感程度<sup>[16]</sup>,其公式如下:

$$CS = \frac{(ESV_j - ESV_i) / ESV_i}{(VC_{jk} - VC_{ik}) / VC_{ik}} \tag{8}$$

式中:ESV、 $VC_k$  同上; $i, j$ ——最初的价值系数和调整后的价值系数。CS——VC 变动 1%引起 ESV 的变化情况, $CS > 1$ ,则说明 ESV 对 VC 富有弹性; $CS < 1$ ,则说明 ESV 对 VC 缺乏弹性。

3 结果与分析

3.1 土地利用格局变化分析

3.1.1 土地利用总体变化分析 从金塔县土地利用总体情况来看(图 1),未利用土地面积最大,在研究时段 1990 年、2000 年和 2008 年均占该县土地面积的 85.90%以上,是研究区的主要土地利用类型;而园地所占的面积比例最小,低于 0.18%。

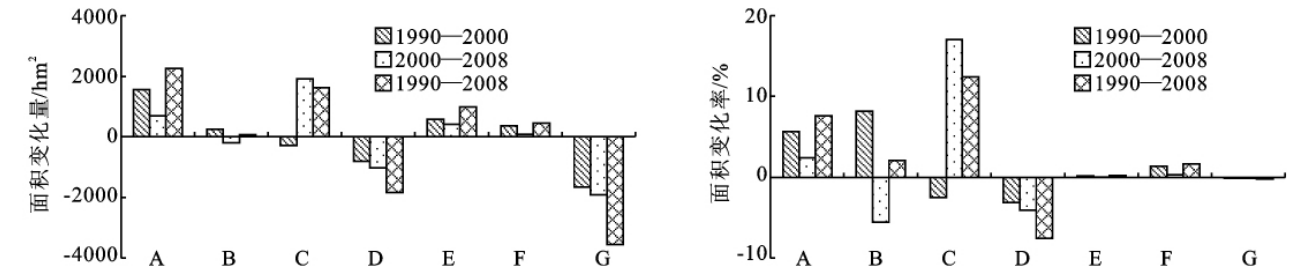


图 1 1990—2008 年金塔土地利用类型面积变化量及变化率

注:A:耕地;B:园地;C:林地;D:牧草地;E:建设用地;F:水域;G:未利用土地,下同。

由图 1 可知,1990—2000 年,耕地面积增加量最大( $1\,556.99\text{ hm}^2$ ),建设用地次之( $582.91\text{ hm}^2$ );未利用地减少量最大( $-1\,656.04\text{ hm}^2$ );土地利用面积变化幅度最大的是园地(8.14%),其次是耕地(5.65%),未利用地最小( $-0.10\%$ )。未利用地减少量最大,但由于未利用地所占的面积比例最大,其变化幅度较小;园地增加量不是很大,但由于园地所占的面积比例最小,其变化幅度较大。2000—2008 年,林地面积增加量最大( $1\,918.88\text{ hm}^2$ ),耕地面积增加量次之( $702.49\text{ hm}^2$ ),未利用地减少( $-1\,902.55\text{ hm}^2$ )。土地利用面积变化幅度最大的是林地(17.05%),其次是园地( $-5.57\%$ ),最小的是建设用地( $-0.04\%$ )。总体

来说,在 1990—2008 年期间,耕地、园地、林地、建设用地和水域均呈现增加趋势;而未利用地和牧草地面积在减少。这主要表现为 1990—2008 年间,耕地面积增加量最大( $2\,259.48\text{ hm}^2$ ),林地次之( $1\,632.08\text{ hm}^2$ );未利用地面积减少最大( $-3\,558.59\text{ hm}^2$ ),草地次之( $-1\,821.99\text{ hm}^2$ )。而研究区土地利用面积变化幅度最大的是林地(12.39%),其次是耕地(7.57%);建设用地变化幅度最小(0.19%),未利用地次之( $-0.22\%$ )。

3.1.2 土地利用动态度分析 从土地利用动态度计算结果可知(图 2),1990—2000 年间,园地的动态度最大(0.81%),耕地次之(0.56%),未利用地最小( $-0.01\%$ );而 2000—2008 年,林地的动态度最大(1.89%),园地

次之(−0.62%),未利用地最小(−0.01%)。1990—2008年间,林地的动态度最大(0.74%),耕地次之(0.43%),未利用地最小(−0.01%)。

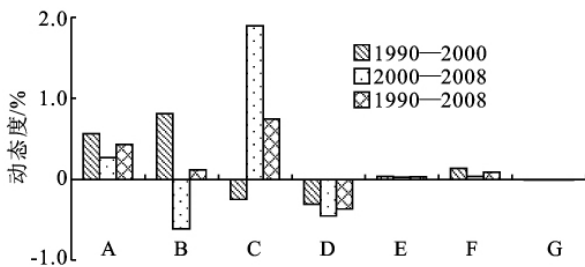


图2 1990—2008年研究区土地利用类型动态度

3.1.3 土地利用程度综合指数分析 土地利用程度是通过区域自然环境对土地利用的制约作用和人类对土地开发利用状况的耦合分析,来反映人类对不同类型的生态系统所造成的影响<sup>[19]</sup>。由图3可知,研究区土地利用程度在1990—2008年间呈现逐渐增大的趋势,但土地利用综合指数都处在1~2之间,反映出金塔土地利用程度为中下水平。研究期间 $\Delta L > 0$ 且 $R > 0$ ,说明近18a来研究区土地利用强度缓慢增大,土地利用处于发展阶段。

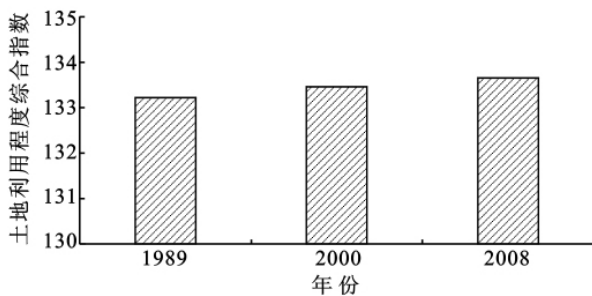


图3 1990—2008年研究区土地利用程度综合指数

### 3.2 生态服务价值分析

#### 3.2.1 不同土地利用类型生态服务价值差异分析

针对研究区的具体情况,以金塔2001—2008年平均粮食产量为基准单产,粮食单价按2001—2008年甘肃省粮食平均价格1.62元/kg,得出研究区农田自然粮食产量的经济价值为1703.96元/hm<sup>2</sup>,利用公式

(6)计算各土地利用类型的生态服务价值(表2)。由表2可知,研究期间金塔县生态系统服务价值逐渐增加,具体表现为从1990年的47.238亿元增加到2000年的47.5559亿元,再增加到2008年的48.2283亿元。从各生态系统服务价值的构成比例来看,水域对生态系统服务总价值的贡献最大(45.50%以上),其次是未利用地(29.22%以上),两者总和占整个生态系统服务价值的74.72%以上;园地占整个生态系统服务价值的比例最小(1.80%以下)。

1990—2008年间,林地、耕地、水域和园地的生态服务价值呈增加趋势,牧草地和未利用地呈下降趋势。耕地面积增加了2259.48 hm<sup>2</sup>,生态系统服务价值增加了0.2660亿元;林地面积增加了1632.08 hm<sup>2</sup>,生态系统服务价值增加了0.6076亿元;水域面积增加了453.37 hm<sup>2</sup>,生态系统服务价值增加了0.3551亿元;园地面积增加了67.69 hm<sup>2</sup>,生态系统服务价值增加了0.0168亿元;牧草地面积减少了1821.99 hm<sup>2</sup>,生态系统服务价值减少了0.2247亿元;未利用地面积减少了3558.59 hm<sup>2</sup>,生态系统服务价值减少了0.0309亿元。1990—2008年期间水域面积占研究区总土地面积的比例约1.50%,但其提供的生态服务价值中却占到45.50%以上,这是由于研究区大部分面积都是戈壁、裸岩石砾地等未利用地类(85.90%以上),而未利用地的生态系统服务价值系数较低,提供的生态服务价值低于29.90%,且生态系统服务价值系数较大的耕地和林地面积比例也较少(分别是1.58%和0.70%),使得生态系统服务总价值量不高,水域的生态系统服务价值突出;由于研究区位于北大河下游且黑河干流贯穿而过,除未利用地占85.90%外,水域相对于其他地类而言其面积较大,且其生态系统服务价值系数最大,因此其生态系统服务价值量最高。可见在一定程度上,水域生态系统服务价值的变化是影响生态系统服务总价值变化的主要因子之一,也显示出了水域在干旱绿洲中的极端重要性。

表2 1990—2008年研究区各土地利用类型生态系统服务价值及其变化

土地利用类型	ESV/亿元			各时段变化值/亿元		
	1990年	2000年	2008年	1990—2000年	2000—2008年	1990—2008年
耕地	3.2468	3.4301	3.5128	0.1833	0.0827	0.2660
园地	0.7909	0.8553	0.8076	0.0832	−0.0476	0.0168
林地	4.2974	4.1906	4.9051	−0.1068	0.7145	0.6076
牧草地	3.1865	3.0872	2.9618	−0.0993	−0.1254	−0.2247
水域	21.5952	21.8856	21.9504	0.2903	0.0648	0.3551
未利用地	14.1216	14.0171	14.0906	−0.0144	−0.0165	−0.0309
总计	47.2384	47.5559	48.2283	0.0644	0.6723	0.9899

3.2.2 生态系统单项服务价值差异分析 利用公式(7)计算出研究区生态单项服务功能价值(表3),结

果表明生物多样性保护、水源涵养和废物处理是其主要的生态服务功能,三者的服务价值占整个生态系统

服务价值的 72.48% 以上;粮食生产和原材料两者所占整个系统服务价值的比例小于 8.73%,说明研究区生态系统的服务性功能远远大于生产性功能。在 1990—2008 年间原材料生态服务价值功能年平均变化率最大(0.61%),主要是因为与其价值系数较大的耕地、林地、园地和水域面积增加所造成。尽管未利用地和草地面积减少幅度也很大,但是未利用地和草

地的原材料价值系数较小,因此其减少量无法抵消耕地、林地、园地和水域的生态服务价值增加量。1990—2000 年间,尽管与土壤形成和保护价值系数较大的林地和草地面积在减少,但是土壤形成与保护的生态服务价值年平均变化率却是最大,这主要是因为耕地面积增加量远远大于林地和草地总面积的减少量,园地和水域的面积也略有增加。

表 3 1990—2008 年研究区生态系统单项服务功能价值变化 亿元

生态服务类型	1990 年		2000 年		2008 年		1990—2000 年	2000—2008 年	1990—2008 年
	ESV	排序	ESV	排序	ESV	排序	年均 $ESV_f$	年均 $ESV_f$	年均 $ESV_f$
气体调节	1.3923	8	1.3870	8	1.4865	8	—0.04	0.80	0.36
气候调节	1.6593	7	1.6682	7	1.7463	7	0.05	0.52	0.28
水源涵养	11.7767	2	11.9027	2	12.0219	2	0.11	0.11	0.11
土壤形成与保护	3.0288	5	3.0342	5	3.1352	5	0.02	0.40	0.18
废物处理	10.4933	3	10.6328	3	10.6936	3	0.12	0.06	0.10
生物多样性保护	12.1569	1	12.1606	1	12.2422	1	0.003	0.07	0.04
粮食生产	3.4484	4	3.4690	4	3.4753	4	0.06	0.02	0.04
原材料	0.66571	9	0.6523	9	0.7333	9	—0.07	1.38	0.61
娱乐文化	2.6256	6	2.6491	6	2.6940	6	0.09	0.19	0.14
合计	47.2384		47.5559		48.2283		—	—	—

3.2.3 生态系统服务价值敏感度分析 根据公式(8),将各土地利用类型的生态价值系数分别上、下调整了 50%,计算出研究区 1990 年、2000 年和 2008 年各土地利用类型的敏感度指数(表 4)。结果表明,ESV 对 CS 的敏感度指数都小于 1,其中敏感度最高的是水域(0.46),说明当水域的 VC 增加 1%时,总价值 ESV 增加 0.46%;敏感度最低的是园地(低于 0.02),说明当园地的 VC 减少 1%时,总价值 ESV 减少 0.02%。由此可见,研究区内生态系统服务价值(ESV)对生态系统服务价值系数(VC)缺乏弹性。

表 4 金塔县生态系统服务价值敏感性指数变化表

年份	耕地	园地	林地	牧草地	水域	未利用地
1990	0.0687	0.00001	0.1819	0.0675	0.4572	0.2989
2000	0.1443	0.0179	0.0881	0.0577	0.4602	0.2966
2008	0.0728	0.0167	0.1017	0.0614	0.4551	0.2922

4 结论与讨论

(1) 1990—2008 年间金塔县土地利用结构发生了显著变化,耕地、园地、林地、建设用地和水域呈现增加趋势;牧草地和未利用地则表现为减少趋势。金塔县土地利用处于发展阶段,土地利用程度为中下水平,这与研究区作为农业大区,经济发展缓慢相符。

(2) 研究期间金塔县生态系统服务总价值逐渐增加,耕地、园地、林地和水域的生态服务价值增加,牧草地和未利用地生态系统服务价值在降低。未利用地和水域对生态系统服务总价值贡献率较大,水域

生态服务价值突出;草地生态服务功能的下降对生态系统服务总价值有明显的负贡献。

(3) 研究区土地利用变化影响着生态系统服务价值变化,单项生态服务功能差异明显。生物多样性保护、水源涵养和废物处理的生态系统服务总价值远远大于粮食生产和原材料的总价值,表明研究区生态系统的服务性功能大于生产性功能。

(4) 1990—2008 年间研究区生态服务总价值增加与水域、耕地和林地面积明显增加有关。在河西走廊商品粮基地建设和西部大开发的影响下,耕地面积和防护林、生态公益林等林地面积增加显著,水库及水工建筑等水域面积也增大。

(5) 研究区各类景观敏感性指数都小于 1,表明生态系统服务价值对生态服务功能价值指数缺乏弹性。本文基于土地利用调查与变更数据、土地利用动态模型和 Costanza 模型来估算和追踪研究区土地利用变化导致生态服务价值变化,虽然只是一个尝试和初步测算的宏观参考值,但可以客观地反映土地利用变化对生态系统服务功能变化的影响及其趋势。

参考文献:

[1] Turner II B L, Skole D, Sanderson S. Land Use and Land Cover Change: Science/Research Plan[R]. IGBP Report No. 35and HDP Report No. 7,1995.

[2] 傅伯杰,陈利顶,马克明. 黄土丘陵区小流域土地利用变化对生态环境的影响:以延安市羊圈沟流域为例[J]. 地

- 理学报,1999,54(3):241-246.
- [3] Lambin E F, Geist H. Land use and land cover change, local processes and global impacts[M]. Berlin: Springer,2006:1-8.
- [4] Daily G C. Natures Services: Societal Dependence on Natural Ecosystems [M]. Washington D C: Island Press,1997:329-344.
- [5] Coctanza R, D'Arger R, De Groat R, et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital[J]. Nature,1997,387(6630):253-260.
- [6] 傅伯杰,周国逸,白永飞,等. 中国主要陆地生态系统服务功能与生态安全[J]. 地球科学进展,2009,24(6):571-576.
- [7] 张少伟,朱青,古杰. 区域生态系统服务价值对土地利用变化的响应:以秦皇岛市为例[J]. 山西师范大学学报:自然科学版,2010,24(1):110-116.
- [8] 傅伯杰. 我国生态系统研究的发展趋势与优先领域[J]. 地理研究,2010,29(3):383-396.
- [9] Kremen C. Managing ecosystem services; what do we need to know about their ecology[J]. Ecology Letters,2005,8:468-479.
- [10] 孙慧兰,李卫红,陈亚鹏,等. 新疆伊犁河流域生态服务价值对土地利用变化的响应[J]. 生态学报,2010,30(4):887-894.
- [11] 杨光梅,李文华,闵庆文. 生态系统服务价值评估研究进展[J]. 生态学报,2006,26(1):205-212.
- [12] De Groot R, Wilson M A, Boumans R. A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services[J]. Ecological Economics,2002,41(3):393-408.
- [13] Hein L, Koppen K, Groot R, et al. Spatial scales, stakeholders and the valuation of ecosystem services [J]. Ecological Economics,2006,57(2):209-228.
- [14] 陈仲新,张新时. 中国生态系统效益的价值[J]. 科学通报,2000,45(1):17-24.
- [15] 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.
- [16] 熊鹰,曾光明,王克林. 区域生态系统服务功能对土地利用变化的响应:以湖南省为例[J]. 湖南大学学报:自然科学版,2008,35(9):79-83.
- [17] 石龙宇,崔胜辉,尹锴,等. 厦门市土地利用/覆被变化对生态系统服务的影响[J]. 地理学报,2010,65(6):708-714.
- [18] 王建兴,文琦,刘彦随. 生态脆弱区土地利用格局演变及其生态响应:以榆林市为例[J]. 地域研究与开发,2010,29(2):104-109.
- [19] 李进鹏,王飞,穆兴民,等. 延河流域土地利用变化对其生态服务价值的影响[J]. 水土保持研究,2010,17(3):110-114.
- [20] 王雪梅,柴仲平,塔西甫拉提·特依拜,等. 渭干河—库车河三角洲景观格局动态变化及其对生态系统服务功能的影响[J]. 干旱区资源与环境,2010,24(6):10-18.
- [21] 李晋昌,王文丽,胡光印,等. 玛曲县土地利用/覆盖变化对区域生态系统服务价值的影响[J]. 中国环境科学2010,30(11):1579-1584.
- [22] 卢京花,张国坤,宋开山,等. 镇赉县景观格局与生态系统服务价值变化,东北林业大学学报,2010,38(10):51-54.
- [23] 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.
- [24] 刘纪远. 中国资源环境遥感宏观调查与动态研究[M]. 北京:中国科学技术出版社,1996.
- [25] 王秀兰,包玉梅. 土地利用动态研究方法探讨[J]. 地理科学进展,1999,18(1):81-87.
- [26] 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.
- [27] 赵军,杨凯. 生态系统服务价值评估研究进展[J]. 生态学报,2007,27(1):346-356.