

# 沙化封禁区农田生态系统服务价值 变化及其影响因素

——以河西走廊 8 县市为例

韦惠兰, 罗万云

(兰州大学 经济学院 社区与生物多样性保护研究中心, 甘肃 兰州 730000)

**摘要:** [目的] 对沙化封禁区农田生态系统服务进行研究, 为干旱区生态安全和农户生计可持续发展提供支持。[方法] 运用生态经济学方法和多元逐步回归模型, 据此揭示河西走廊沙化封禁区所在 8 县市农田生态系统服务价值变化以及影响因素。[结果] ① 沙化封禁区农田生态系统单位面积服务价值由 19 966 元/hm<sup>2</sup> 增长到 21 511 元/hm<sup>2</sup>, 增加了 1 545 元/hm<sup>2</sup>, 年均增幅 0.58%, 原材料生产、废物处理、土壤形成和保护服务、食物生产是主要贡献类型; ② 农田生态系统总服务价值由 29.40 亿元增长到 42.49 亿元, 增长了 13.09 亿元, 年均增幅为 2.88%, 基本服务价值、社会保障服务价值大于水资源消耗服务价值和环境污染服务价值, 但是水资源消耗和环境污染服务价值的增长速度明显加快; ③ 8 县市农田生态系统单位面积服务价值变化存在空间和类型差异, 主要受农业生产总值、农民人均收入、化肥使用量、经济作物面积、粮食单产的影响。[结论] 生态退化逆转对大部分县市的农田生态服务价值产生积极影响, 但农田水资源消耗和环境污染效应不断增大, 导致沙化土地逆转的脆弱性仍然较高。

**关键词:** 农田生态系统; 服务价值; 影响因素; 沙化土地封禁区

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1000-288X(2017)06-0189-08

**中图分类号:** F323.2, X171.1

**文献参数:** 韦惠兰, 罗万云. 沙化封禁区农田生态系统服务价值变化及其影响因素[J]. 水土保持通报, 2017, 37(6):189-196. DOI:10.13961/j.cnki.stbctb.2017.06.032; Wei Huilan, Luo Wanyun. Service value and influence factors of farmland meta-ecosystem in land desertification control areas[J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2017, 37(6):189-196. DOI:10.13961/j.cnki.stbctb.2017.06.032

## Service Value and Influence Factors Analysis of Farmland Meta-ecosystem in Land Desertification Control Areas

— A Case Study of Eight County in Hexi Corridor

WEI Huilan, Luo Wanyun

(Research Center of Community and Biodiversity Conservation,  
School of Economics, Lanzhou University, Gansu, Lanzhou 730000, China)

**Abstract:** [Objective] It is necessary to study farmland meta-ecosystem service value to reflect the region ecosystem safe and farmer livelihood sustainable in arid area. [Methods] This paper calculated farmland meta-ecosystem value and analyzed the influence factors of eight county protection of desertification land perimeter of Hexi Corridor in the arid region by ecological economic method and multiple regression. [Results] The result showed that farmland meta-ecosystem unit area service value increased from 19 966 yuan/hm<sup>2</sup> to 21 511 yuan/hm<sup>2</sup>, the increment was 1 545 yuan/hm<sup>2</sup>, the annual average growth was 0.58%. Raw material production, waste treatment, soil formation, erosion control and food production were the main increased items. Farmland meta-ecosystem total value increased from  $2.94 \times 10^9$  yuan to  $4.25 \times 10^9$  yuan, the increment was  $1.31 \times 10^9$  yuan, the annual average growth rate was 2.88%. The quantity of basic service value and social security function value had greater increases than environment pollution service value and water consumption

收稿日期: 2017-05-17

修回日期: 2017-06-04

资助项目: 甘肃省林业厅委托项目“甘肃省沙化土地封禁保护补助试点区经济效益检测和评估”(14GSLY01)

第一作者: 韦惠兰(1952—), 女(汉族), 陕西省蒲城县人, 本科, 教授, 博士生导师, 主要从事人口资源环境经济学与生态经济学研究。E-mail: huilanw@vip.163.com.

通讯作者: 罗万云(1990—), 男(汉族), 新疆自治区昌吉县人, 博士研究生, 研究方向为区域生态经济。E-mail: luowanyun0824@126.com.

function value had, but the increase rates of environment pollution service value and water consumption function value were faster than those of basic service value and social security function value. The changes of farmland meta-ecosystem unit area service value of the eight countries had spatial and type differences, Except of Dunhuang City, farmland meta-ecosystem total service values of seven countries increased. The variation of farmland meta-ecosystem service value in the study area was mainly affected by grass agriculture production, rural per capital income, chemical fertilizer consumption, scale economic crops and grain yield per hectare. [Conclusion] The Reversion of ecological degradation has positive influence on farmland meta-ecosystem value of most country, but environment pollution and water consumption were increasing constantly, for that reason, the vulnerability of land desertification reverse trend is still high.

**Keywords:** farmland meta-ecosystem; service value; influence factors; land desertification control areas

农田生态系统是依靠土地、光、水分以及人为投入,利用生物非生物和环境以及种群之间的关系进行农产品生产的半自然生态系统<sup>[1]</sup>。1997年,Constanza等<sup>[2]</sup>关于生态系统服务价值发表,开始引起广大研究者关注。农田生态系统作为生态系统的重要组成部分,其价值计算引起国外学者竞相研究。在国外,农田生态系统服务价值计算方法应用广泛并且取得比较好的效果,主要有Mendon, Loomis, Holmund等<sup>[3-5]</sup>分析物种的服务价值、受损河流的生态系统服务价值,开展对鱼群、湿地、海洋的生态系统服务价值计算。国内对生态系统服务价值的研究较晚,最早由欧阳志云等<sup>[6]</sup>、谢高地等<sup>[7]</sup>基于诸多专家经验建立了符合中国实际情况的各类生态系统服务价值,奠定了农田生态服务价值的计算基础。2007年孙新章等<sup>[8]</sup>运用生态经济学方法,得出中国农田生态系统服务总价值为19 121亿元。在农田生态系统提供的服务类型研究中,Wood<sup>[3]</sup>,Pretty和Ball<sup>[4]</sup>、孙新章等<sup>[8]</sup>、黄璜<sup>[9]</sup>、谢高地等<sup>[7]</sup>指出农田生态系统具有农产品供给、碳汇、土壤保持与养分循环等九大类服务价值。多数学者<sup>[10]</sup>认为农田生态系统提供正面服务的过程中会对其他生态系统负面影响,导致自然生态系统功能和价值的受损<sup>[11]</sup>。目前,在农田生态系统服务价值的研究集中在流域<sup>[12-13]</sup>、绿洲以及典型地貌单元<sup>[14-15]</sup>、农业生产区<sup>[16-17]</sup>,取得了较为一致的评价指标和计算方法,但对沙化封禁区农田生态系统服务价值的核算以及驱动因子分析较少。

2013年甘肃省实施沙化土地封禁保护区建设工程,旨在减少不合理人类农业生产对自然荒漠生态系统的干扰,对该区域自然生态安全和农户生计产生重大影响<sup>[18]</sup>。谢高地等人指出农田生态系统提供的服务价值对区域自然生态、农户生计福利有着较为紧密的关系<sup>[1]</sup>,通过对沙化封禁区农田生态系统服务价值变化展开研究,可一定程度反映该区域经济社会和自然生态发展状态。鉴于此,本研究以甘肃省河西走廊沙化土地封禁区(简称沙化封禁区)所在8县市为例,

采用生态经济学方法和多元线性回归模型,揭示2001—2014年沙化封禁区农田生态系统服务价值的变化规律以及影响因子,以期在沙化土地封禁区所在县市实施的生态保育措施更具有精确性,最终推动干旱区人—生态—经济社会的可持续发展。

## 1 研究区概况

2013年甘肃省沙化封禁区建设工作分两批实施,第1批为民勤县、永昌县、临泽县、民乐县、敦煌市、金塔县<sup>[18]</sup>,2016年新增高台县和阿克塞县。8县市均位于甘肃省河西走廊,该区域自然生态系统极端脆弱且对人类活动极为敏感,同时是甘肃省粮食和经济农作物种植基地,农田提供的各类生态服务价值远远高于甘肃省其他区域<sup>[15]</sup>。2009—2014年,甘肃省沙化面积减少74 200 hm<sup>2</sup>,河西走廊沙化面积减少68 446.2 hm<sup>2</sup>,沙化土地退化程度总体上呈减轻趋势,极重度和重度沙化土地面积减少,但是农田对绿洲—荒漠过渡带的沙化地区干扰仍然较大,介于沙化与非沙化之间的土地极易变成新的沙化土地。截止2014年,河西走廊沙化土地面积为 $1.17 \times 10^7$  hm<sup>2</sup>,占甘肃省沙化总面积的95.28%<sup>[19]</sup>,河西走廊土地沙化问题成为甘肃省生态治理的难点。

## 2 数据来源和研究方法

### 2.1 数据来源

本文耕地面积、农作物种植、农业经济、农业环境、农业用水来源于《甘肃省统计年鉴》和《甘肃省农村统计年鉴》;气候数据来源于中国气象数据网。

### 2.2 农田生态系统基本服务价值

诸多研究<sup>[14,21]</sup>表明农田生态系统的农产品生产的服务价值是计算其他类型服务的基础。本文参照Costanza和岳东霞的计算模型,得出本文计算公式为:

$$V_1 = C \cdot A \quad (1)$$

式中: $V_1$ ——农田生态系统基本服务总价值; $C$ ——

单位面积服务价值;  $A$ ——耕地面积。

2.2.1 食物生产服务价值计算方法 研究区域处于河西走廊,农田生态系统生产的食物主要分为小麦、玉米等。根据 Costanza 等<sup>[2]</sup>对农田生态系统其他服务价值的研究结果,本文设定 1 个农田生态系统服务价值等于当年研究区每亩粮食单产市场价值的 1/7,计算公式为:

$$C_0 = \frac{1}{7} \times \left( \sum_{i=1}^n m_i p_i q_i \right) \times \frac{1}{T} \quad (2)$$

式中: $C_0$ ——单位面积农田生态系统的食物生产服务价值(元/hm<sup>2</sup>);  $i$ ——粮食作物种类;  $m_i$ ——第  $i$

种粮食作物面积(hm<sup>2</sup>);  $p_i$ ——第  $i$  种粮食全国平均价格(元/t);  $q_i$ ——第  $i$  种粮食作物单位(hm<sup>2</sup>)产值(元);  $T$ ——粮食作物总面积(hm<sup>2</sup>); 本文小麦和玉米价格按照 2014 年国家收储价格分别为 2 360 和 2 200 元/t。

2.2.2 其他服务价值 其他服务价值是除农田生态系统提供食物生产服务以外的其他服务价值,由食物生产服务价值确定。研究区大量种植棉花、水果、蔬菜等作物,经济价值比粮食作物高,将原材料生产价值的当量因子 0.10 修正为 2.3,其他采用谢高地<sup>[20]</sup>的研究成果,计算结果详见表 1。

表 1 封禁区农田生态系统其他服务价值估算因子

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	食物生产	原材料	娱乐文化
0.67	0.36	0.60	1.03	1.64	0.13	1.00	2.30	0.01

### 2.3 水资源消耗服务价值

沙化封禁区农业生产为典型的绿洲农业,水资源成为农田生态系统维持的关键。本文采用孙新章<sup>[8]</sup>的水库蓄水成本法计算,可得公式如下:

$$V_2 = -(W \cdot R \cdot C_w) \quad (3)$$

式中: $V_2$ ——水资源消耗价值;  $W$ ——农业用水量;  $R$ ——农业耗水率;  $C_w$ ——水库蓄水成本(1.17 元/m<sup>3</sup>)<sup>[15]</sup>。本文参照石福习<sup>[15]</sup>对我国农业耗水率和河西走廊农业耗水率参照值为 35%。

### 2.4 环境污染与破坏服务价值

现代农业为保证产量和防治病虫害大量使用化肥和农药,破坏农田生产环境以及周边生态系统<sup>[21]</sup>,估算公式为:

$$V_3 = -[O \cdot (r-1) \cdot S] \quad (4)$$

式中: $V$ ——环境污染价值;  $O$ ——化肥使用量(t);  $r$ ——化肥利用率为 34.17%(%) ;  $S$ ——化肥价格 1 550 元/t(2014 年中国化肥网提供的尿素平均价格)。

### 2.5 社会保障服务价值

沙化封禁区外围耕地能够为劳动力提供劳动机会,据此可测算到农田生态系统为保障农户生计安全而提供的服务价值,计算公式为:

$$V_4 = H \cdot I \cdot J \quad (5)$$

式中: $V$ ——社会保障价值;  $H$ ——参与人数;  $I$ ——农村最低社会保障标准 191 元/人;  $J$ ——农村生活消费支出与城镇居民生活消费支出比值,中国最新农村隐形失业率 48.6%<sup>[14]</sup>。

### 2.6 总服务价值

沙化封禁区农田生态系统在生产的过程中会产

生对人类生存和发展提供正面价值和对其他生态系统造成的负面价值的差值。农田生态系统总服务价值为上述 4 项服务的总和,计算公式为:

$$V = V_1 + V_2 + V_3 + V_4 \quad (6)$$

## 3 结果分析

### 3.1 农田生态系统单位面积的基本服务价值变化

由图 1 可知,2001—2014 年沙化封禁区农田生态系统单位面积基本服务价值呈现递增趋势,由 19 966 元/hm<sup>2</sup> 增加到 21 511 元/hm<sup>2</sup>,增加了 1 545 元/hm<sup>2</sup>,年均增幅 0.58%。14 a 间农田生态系统单位面积服务价值变化呈现不同阶段,由 2001 年 19 966 元/hm<sup>2</sup> 上升到 20 412 元/hm<sup>2</sup>,2003 年由 20 412 元/hm<sup>2</sup> 下降到 2005 年的 19 317 元/hm<sup>2</sup>,由 2006 年的 19 317 元/hm<sup>2</sup> 迅速上升到 2014 年的 21 511 元/hm<sup>2</sup>。

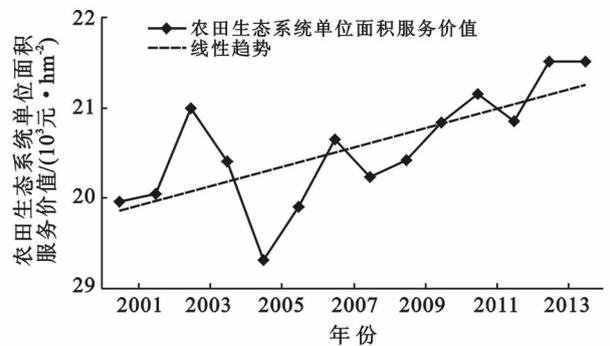


图 1 研究区 2001—2014 年农田生态系统单位面积服务价值变化

由表 2 可知,沙化封禁区农田生态系统单位面积服务价值构成中,原材料生产服务价值最高,娱乐文

化服务价值最低。14 a 间农田生态系统单位面积基本服务价值增加量为 1 545 元/hm<sup>2</sup>, 总体呈现逐年缓慢增长趋势, 废物处理价值服务、原材料生产、土壤形成与保护等服务价值变动最大。2001—2005 年, 各类服务价值量减少 648 元/hm<sup>2</sup>, 废物处理、食物生产、原材料生产等服务价值负增长速度最快; 2005—

2010 年, 农田生态系统单位面积各类服务价值量增加 1 515 元/hm<sup>2</sup>, 原材料生产、食物生产、土壤形成与保护、废物处理、水源涵养的服务价值增长最快。2010—2014 年, 农田生态系统单位面积各类服务价值量增长为 680 元/hm<sup>2</sup>, 增长速度和增长总量趋于放缓和减小。

表 2 研究区农田生态系统单位面积基本服务价值变化

元/hm<sup>2</sup>

项目	食物生产	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	原材料	娱乐文化
2001 年	2 550	1 708	918	1 530	2 626	4 182	331	5 865	255
2005 年	2 467	1 653	888	1 480	2 541	4 046	321	5 674	247
2010 年	2 661	1 783	958	1 596	2 740	4 363	346	6 119	266
2014 年	2 747	1 841	989	1 648	2 830	4 506	357	6 319	275
2001—2005 年	-83	-55	-30	-50	-85	-136	-10	-191	-8
2005—2010 年	194	130	70	116	199	317	25	445	19
2010—2014 年	86	58	31	52	90	143	11	200	9
2001—2014 年	197	132	71	118	203	324	26	454	20
2001—2014 年变动率/%	50.2	45.6	38.8	44.4	50.5	55.9	28.4	60.1	25.8

图 2 可知, 14 a 间 8 县市农田生态系统单位面积基本服务价值总量和变化空间存在较大差异, 最高为阿克塞县, 最低为民乐县, 二者相差 11 065 元/hm<sup>2</sup>。民勤县、民乐县、阿克塞县、永昌县正增长, 其余县市为负增长; 民乐县年均正增长速度最快, 年均增幅为 3.66%, 高台县负增长速度最快, 年均增幅为 -2.13%。

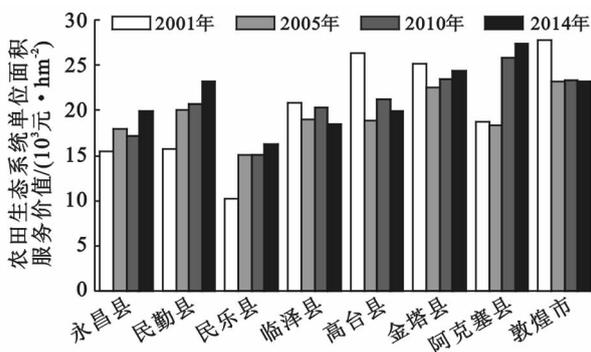


图 2 8 县市农田生态系统单位面积基本服务价值变化

### 3.2 农田生态系统服务总价值变化

表 3 可知, 2001—2014 年农田生态系统服务总价值呈现增加态势, 由 29.40 亿元增加到 42.49 亿元, 年均增幅 2.88%, 增长了 13.09 亿元。基本服务价值由 40.89 亿元增加到 57.66 亿元, 年均增幅 2.68%, 增长了 16.77 亿元; 社会保障服务价值由 0.506 亿元增加到 0.586 亿元, 年均增幅 1.14%, 增长了 0.08 亿元; 水资源消耗服务价值由 10.96 亿元增

加到 14.13 亿元, 年均增幅 1.97%, 增长了 3.16 亿元; 环境污染服务价值由 1.04 亿元增加到 1.63 亿元, 年均增幅 3.53%, 增长了 0.59 亿元。封禁区所在区域的基本服务价值是农田生态系统对人类生存和发展贡献最大的服务类型, 其服务价值量和增长总量远远大于其他类型服务。从各类服务年均增长速度大小来看, 环境污染服务价值 > 基本服务价值 > 水资源消耗服务价值 > 社会保障服务价值; 14 a 间沙化封禁区的正面服务价值总量大于负面服务价值总量。需要关注的是, 水资源消耗服务价值和环境污染服务价值的增长速度明显快于正面服务增长速度, 说明封禁区所在区域的农田生态系统对自然生态系统的扰动不断加大。

图 3 可知, 14 a 间沙化封禁区所在 8 县市农田生态系统服务价值变化表现出不同差异。永昌县、民勤县、民乐县、临泽县、高台县、金塔县、阿克塞县农田生态系统基本服务价值呈现出增加态势, 敦煌市呈现出下降趋势; 民勤县农田生态系统环境污染负效应增大最快, 其污染服务价值由 2.17 亿元增加到 4.17 亿元, 增长了 2 亿元; 敦煌市农田生态系统社会保障服务最强, 其服务价值由 0.32 亿元增长到 0.51 亿元, 增加了 0.19 亿元; 永昌县农田生态系统水资源消耗最大, 其服务价值由 17.9 亿元增长到 31.53 亿元, 增长了 13.63 亿元。从农田生态系统服务价值内部增长结构来看, 敦煌市基本服务价值、水资源消耗服务价值趋于减小, 社会保障服务价值、环境污染服务价

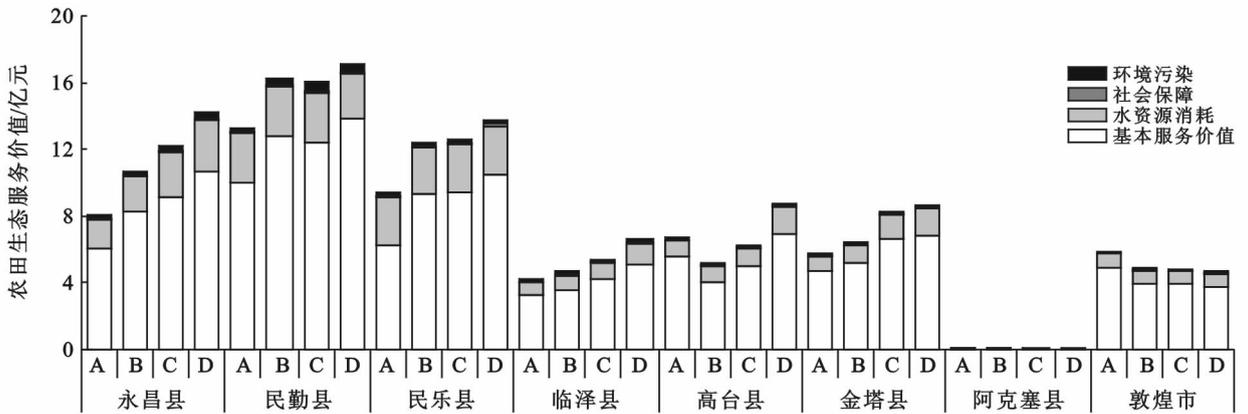
值增大趋势;其余 7 县的总服务价值以及各子类服务均呈现出增长态势;综上所述,14 a 沙化封禁区所在

8 县市农田生态系统负面效应不断加大,尤其水资源消耗服务价值和环境污染服务价值快速的增加。

表 3 研究区农田生态系统服务价值比较

亿元

项目	基本服务价值	社会保障服务价值	水资源消耗服务价值	环境污染服务价值	总服务价值
2001 年	40.89	0.506	10.96	1.04	29.40
2005 年	47.12	0.545	11.61	1.34	34.72
2010 年	50.69	0.585	12.89	1.63	36.74
2014 年	57.66	0.586	14.13	1.63	42.49
2001—2014 年变化量	16.77	0.080	3.17	0.59	13.09
2001—2014 年变化率/%	2.68	1.140	1.97	3.52	2.88



注: A, B, C, D 分别代表 2001, 2005, 2010, 2014 年农田生态系统服务价值。

图 3 8 县市农田生态系统服务价值比较

## 2 环境污染和破坏服务价值和水资源消耗服务价值为负价值

图 4 可知,8 县市农田生态系统提供的总服务价值最高是民勤县,最低是阿克塞县;民乐县、永昌县、金塔县农田生态系统总服务价值变动量最大,分别增长了 3.98, 3.77, 3.07 亿元。敦煌市农田生态系统总服务价值减少 1.07 亿元。总体来看,14 a 间封禁区所在 8 县市中,敦煌市农田生态系统总服务价值呈现出下降其他县均为增长。

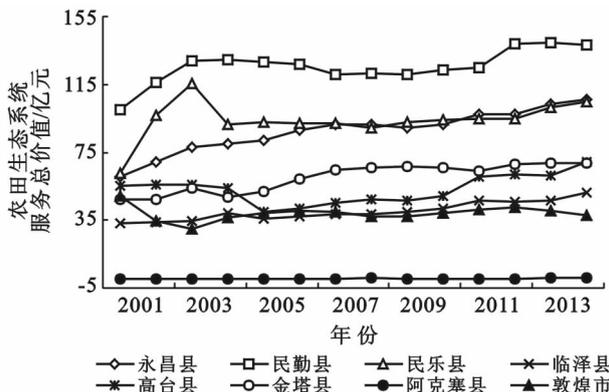


图 4 8 县市农田生态系统服务总价值变化趋势

## 3.3 农田生态系统服务价值变化的影响因子分析

3.3.1 影响因子选择 农田生态系统是建立在自然生态系统基础上,受到人为控制干预形成亚半生态系统<sup>[21]</sup>。因此,从经济社会、农业现代化、自然地理等方面出发,列举会对该区域农田生态系统运行产生影响的 16 项因子。运用多元线性逐步回归分析方法,对封禁区所在区域的农田生态系统服务价值变化规律展开定量分析,具体指标包括:(1) 经济社会发展。国民生产总值( $X_1$ ),农业生产总值( $X_2$ ),农民人均收入( $X_3$ )、第一产业投资( $X_4$ )、农村劳动力( $X_5$ );(2) 农业发展。农业机械总动力( $X_6$ )、化肥使用量( $X_7$ )、塑料薄膜使用面积( $X_8$ )、农业用电量( $X_9$ );(3) 自然地理因素。农业用水量( $X_{10}$ )、年平均气温( $X_{11}$ )、降雨量( $X_{12}$ );(4) 种植业结构。耕地面积( $X_{13}$ )、经济作物面积( $X_{14}$ )、粮食作物面积( $X_{15}$ )、粮食单产( $X_{16}$ )。

3.3.2 结果分析 利用 SPSS 19.0 软件通过对封禁区所在区域以及 8 县市 2001—2014 年农田生态系统总服务价值变化和综合因素展开多元逐步回归分析,得知影响沙化封禁区农田生态系统服务价值变化的因子具有趋同性和差异性,得到符合精度的模型详见表 4。

表 4 研究区农田生态系统服务价值多元逐步回归模型

区域	多元线性回归模型	$R^2$	$F$	$p$
整体	$Y=0.336-0.722X_2+1.332X_3-0.237X_7+0.274X_{14}+0.052X_{16}$	0.997	230.71	0.001
永昌县	$Y_1=0.469+0.478x_{10}$	0.847	25.478	0.001
民勤县	$Y_2=-0.1-0.244X_6-0.21X_7+0.148X_{13}+1.342X_{16}$	0.995	164.32	0
民乐县	$Y_3=0.767-0.43X_{15}+1.118X_{16}$	0.981	127.96	0
临泽县	$Y_4=0.561+0.381X_3-0.843X_7$	0.982	123.29	0
高台县	$Y_5=0.696X_7$	0.860	31.297	0
金塔县	$Y_6=-0.151+1.023X_{13}+0.628X_{16}$	0.971	74.704	0
阿克塞县	$Y_7=-0.16+0.297X_8+0.66X_{10}+0.273X_{14}+0.361X_{16}$	0.995	157.48	0
敦煌市	$Y_8=-0.268+0.889X_5$	0.820	20.594	0.001

注:①  $Y$  为沙化土地封禁区农田生态系统总服务价值;  $Y_1, Y_2, Y_3, Y_4, Y_5, Y_6, Y_7, Y_8$  分别为永昌县、民勤县、民乐县、临泽县、高台县、金塔县、阿克塞县、敦煌市的农田生态系统总服务价值; ②  $R^2$  为拟合优度; ③  $F$  值是回归方程的显著性检验;  $p$  值为显著度。

(1) 农田生态系统总服务价值变化影响因素分析。在表 5 中,所有变量对应的偏回归系数检验统计量  $t$  的显著性概率  $p < 0.05$ ,表明在置信水平  $\alpha = 0.05$  条件下,所解释变量与 0 有显著性差异。农田生态系统服务价值与农业生产总值、农民人均收入、经济作物面积、粮食单产等指标呈现正相关性,与化肥

使用量呈负相关。

由此说明,近年来农产品市场价格行情较好,刺激封禁区周围农民扩大种植面积,通过大量使用化肥来提升农产品单位面积产量;伴随着农药和化肥大量使用导致农业面源污染带来的危害不断增大,加剧了对农田生态系统的承载负荷。

表 5 模型回归系数与显著性检验

区域	系数	$X_2$	$X_3$	$X_5$	$X_6$	$X_7$	$X_8$	$X_{10}$	$X_{13}$	$X_{14}$	$X_{15}$	$X_{16}$
整体	$B$	0.052	1.332	—	—	-0.237	—	—	—	0.274	—	0.052
	$t$	-7.91***	12.19***	—	—	-12.56***	—	—	—	13.104***	—	2.677***
	$p$	0.000	0.000	—	—	0.000	—	—	—	0.000	—	0.037
永昌县	$B$	—	—	—	—	—	—	0.478	—	—	—	—
	$t$	—	—	—	—	—	—	5.048***	—	—	—	—
	$p$	—	—	—	—	—	—	0.001	—	—	—	—
民勤县	$B$	—	—	—	-0.244	-0.21	—	—	0.148	—	—	1.342
	$t$	—	—	—	-3.48***	-3.70***	—	—	3.39***	—	—	20.19***
	$p$	—	—	—	0.01	0.08	—	—	0.012	—	—	0.000
民乐县	$B$	—	—	—	—	—	—	—	—	—	-0.430	1.118
	$t$	—	—	—	—	—	—	—	—	—	-2.78***	8.25***
	$p$	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.020	0.000
临泽县	$B$	—	0.381	—	—	-0.843	—	—	—	—	—	—
	$t$	—	6.83***	—	—	-15.71***	—	—	—	—	—	—
	$p$	—	0.000	—	—	0.000	—	—	—	—	—	—
高台县	$B$	—	—	—	—	0.696	—	—	—	—	—	—
	$t$	—	—	—	—	5.59***	—	—	—	—	—	—
	$p$	—	—	—	—	0.000	—	—	—	—	—	—
金塔县	$B$	—	—	—	—	—	—	—	1.023	—	—	0.628
	$t$	—	—	—	—	—	—	—	11.91***	—	—	4.62***
	$p$	—	—	—	—	—	—	—	0.000	—	—	0.001
阿克塞县	$B$	—	—	—	—	—	0.297	0.660	—	0.273	—	0.361
	$t$	—	—	—	—	—	2.89***	8.49***	—	2.49***	—	6.52***
	$p$	—	—	—	—	—	0.023	0.000	—	0.042	—	0.000
敦煌市	$B$	—	—	0.889	—	—	—	—	—	—	—	—
	$t$	—	—	4.54***	—	—	—	—	—	—	—	—
	$p$	—	—	0.001	—	—	—	—	—	—	—	—

注: $B$  代表非标准回归系数;  $t$  代表回归系数检验统计量;  $p$  代表显著性水平; \*\*\* 表示在 0.05 显著性水平显著。

(2) 8 县市农田生态系统总服务价值影响因素分析。水资源是永昌县农田生态系统服务价值增长的主要因素。14 a 间永昌县水资源消耗服务价值由 17.9 亿元增加到 31.53 亿元,耕地面积扩大导致水资源消耗加大,农田生态系统服务价值增加的过程中负面效应不断显现。农业机械总动力、化肥使用量、耕地面积、粮食单产对民勤县农田生态系统服务价值变化影响最大。粮食作物面积、粮食单产等因素对民乐县农田生态系统服务价值变化影响最大。民勤县和民乐县农田生态系统服务价值快速增长的主要得益于粮食单产的增长。农业生产总值、化肥使用量对临泽县农田生态系统服务价值变化影响最大。临泽县农田生态系统服务价值变化与农民人均收入正相关,与农业化肥使用量负相关,化肥使用带给农田生态系统服务价值的负面效应远远大于正面效应。化肥使用量与高台县农田生态系统服务价值变化呈现正相关性,其弹性系数为 0.696,偏回归系数检验统计量为 5.594,说明高台县化肥使用量对农田生态系统服务价值贡献最大,土地生产力水平提升还存在一定的空间。耕地面积、粮食单产对金塔县农田生态系统服务价值影响最大。金塔县地处黑河流域水资源和土地资源较为丰富的中游,能够为农田生态系统服务价值不断扩张空间。农业灌溉用水、地膜利用、经济作物种植面积、粮食单产均与阿克塞县农田生态系统服务价值变化呈现正相关性,其中农业灌溉用水贡献度最高。敦煌市农田生态系统服务价值增大主要得益于依靠投入大量农村劳动力实现增长。敦煌市农村劳动力人口释放出的人口红利对敦煌市农田生态系统服务价值的提高产生了较大的正面效应。

## 4 结论与讨论

### 4.1 讨论

经过多年生态综合治理,河西土地沙化趋势得到逆转,中游农田规模得到控制,部分下游地下水下降速度趋于放缓,维持荒漠植被的生态水位得到恢复,上述逆转趋势很大程度上得益于生态建设工程<sup>[19]</sup>。例如,沙化封禁区通过采取禁牧、围栏、巡护等特殊强制性的封禁手段和方式对连片沙化土地进行保护,沙化土地植被覆盖度和植被种类在一定程度有所增加,生态退化趋势得到有效遏制。本研究对沙化封禁区调查发现农户对沙化治理效果认知程度较高,普遍认为风沙减少和荒漠植被变多<sup>[22]</sup>,周边生态环境好转对沙化封禁区大部分县市的农田生态服务价值和农户生计产生积极效益。总体来看,沙化封禁区农田生态系统服务价值呈现增长,周边农户生计状况趋于改

善,荒漠生态系统退化趋势得到逆转,但农田生态系统服务价值增长依赖于大量的水资源和化肥消耗,导致土地沙化逆转的脆弱性仍然较高。沙化封禁治理是一项长期生态治理工程,对其自然经济社会效益评估更多应该从农田生态系统服务价值—周边农户生计—自然荒漠生态系统服务价值变化方面给予关注和跟踪研究。

### 4.2 结论

(1) 2001—2014 年封禁区农田生态系统单位面积服务价值呈现波动上升趋势。2001—2014 年,农田生态系统单位面积服务价值由 19 966 元/hm<sup>2</sup> 增加到 21 511 元/hm<sup>2</sup>,增加了 1 545 元/hm<sup>2</sup>,年均增幅 0.58%,原材料生产价值、废物处理价值、土壤形成和保护服务价值、食物生产价值是提高农田生态系统服务价值的主要贡献类型。14 a 间农田生态系统单位面积基本服务价值变化呈现波动增长趋势,主要原因是废物处理、食物生产、原材料生产、土壤形成与保护、水源涵养等服务变化较大。

(2) 2001—2014 年封禁区农田生态系统总服务价值呈现缓慢增长态势。2001—2014 年,农田生态系统服务总价值由 29.40 亿元增加到 42.49 亿元,增长了 13.09 亿元,年均增幅 2.88%。基本服务价值是农田生态系统对沙化封禁区周边农户生存和发展贡献最大的服务类型;基本服务价值、社会保障服务价值大于水资源消耗服务价值和环境污染服务价值,但水资源消耗服务价值和环境污染服务价值增长速度明显快于其他类型服务。

(3) 2001—2014 年 8 县市农田生态系统服务价值变化存在空间和类型差异。8 县市农田生态系统单位面积基本服务价值量最大的是阿克塞县,最低的是民乐县,二者相差 11 065 元/hm<sup>2</sup>;民勤县、民乐县、阿克塞县、永昌县农田生态系统单位面积基本服务价值呈现正增长,高台县、敦煌市、临泽县、金塔县呈现负增长;从农田生态系统总服务价值增长趋势来看,除敦煌市为下降趋势其余县为增长态势;经济社会因子对封禁区农田生态系统服务价值变化的影响差异较大,主要受到农业生产总值、农民人均收入、化肥使用量、经济作物面积、粮食单产的影响。

### [ 参 考 文 献 ]

- [1] 谢高地,肖玉. 农田生态系统服务及价值的研究进展[J]. 中国生态农业学报,2013,21(6):645-651.
- [2] Costanza R, Ralph D A, de Groot Rudolf D G, et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital[J]. Nature, 1997,387(6630):253-260.
- [3] Wood S, Sebastian K, Scherr S J. Pilot Analysis of

- Global Ecosystems: Agroecosystems[M]. Washington: International Food Policy Research Institute and World Resources Institute, 2000.
- [4] Pretty J, Ball A. Agricultural influences on carbon emissions and sequestration: A review of evidence and the emerging trading options[R]. Essex: Centre for Environment and Society, University of Essex, 2001:211-223.
- [5] Holmund C, Harmmer M. Ecosystem, service generated by fish populations[J]. Ecological Economic, 1989, 29(2):253-268.
- [6] 欧阳志云,王如松,赵景柱. 生态系统服务功能及其生态经济价值评价[J]. 应用生态学报, 1999, 10(5):635-640.
- [7] 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.
- [8] 孙新章,周海林,谢高地. 中国农田生态系统的服务功能及其经济价值[J]. 中国人口·资源与环境, 2007, 17(4):55-60.
- [9] 黄璜. 湖南境内隐形水库与水库的集雨功能[J]. 湖南农业大学学报, 1997, 23(6):499-503.
- [10] Zhang W, Ricketts T H, Kremen C, et al. Ecosystem services and dis-services to agriculture[J]. Ecological Economics, 2007, 64(2):253-260.
- [11] Foley J A, De Fries R, Asner G P, et al. Global consequences of land use[J]. Science, 2005, 309(5734):570-574.
- [12] 张宏锋,欧阳志云,郑华,等. 玛纳斯河流域农田生态系统服务功能价值评估[J]. 中国生态农业学报, 2009, 17(6):1259-1264.
- [13] 乔旭宁,顾羊羊,唐宏,等. 渭干河流域农田生态系统服务价值变化及其影响因素分析[J]. 干旱地区农业研究, 2015, 33(2):237-245.
- [14] 岳东霞,杜军,巩杰,等. 民勤绿洲农田生态系统服务价值变化及其影响因子的回归分析[J]. 生态学报, 2011, 31(9):2567-2575.
- [15] 石福习,宋长春,赵成章,等. 河西走廊山地—绿洲—荒漠复合农田生态系统服务价值变化及其影响因子[J]. 中国沙漠, 2013, 33(5):1599-1604.
- [16] 肖玉,谢高地,安凯,等. 华北平原小麦—玉米农田生态系统服务评价[J]. 中国生态农业学报, 2011, 19(2):429-435.
- [17] 祁兴芬. 区域农田生态系统正、负服务价值时空变化及影响因素分析:以山东省为例[J]. 农业现代化研究, 2013, 34(5):622-626.
- [18] 韦惠兰,谭柳香. 沙化土地封禁保护行为动因的经济分析[J]. 生态经济, 2016, 32(1):197-200.
- [19] 甘肃省林业厅. 甘肃省第五次荒漠化和沙化监测情况公报[R]. 甘肃 兰州: 甘肃省林业厅, 2016.
- [20] 谢高地,张彩霞,张雷明. 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):1243-1245.
- [21] 陈同斌,曾希柏,胡清秀. 中国化肥利用率的区域分异[J]. 地理学报, 2002, 7(5):531-538.
- [22] 韦惠兰,周夏伟. 封禁保护区农户对沙化土地治理的认知度及影响因素实证分析:基于甘肃省 659 个农户调查数据的对比分析[J]. 干旱区资源与环境, 2017, 31(7):33-37.

## 欢迎订阅 2018 年 *Journal of Integrative Agriculture* (JIA)

《农业科学学报》(Journal of Integrative Agriculture, JIA)由农业部主管,中国农业科学院与中国农学会共同主办,是综合性英文学术期刊,月刊。JIA 前身为 2002 年创刊的《中国农业科学》英文版(Agricultural Sciences in China, ASC),2012 年更名为 JIA。JIA 2006 年起与 Elsevier 合作,全文数据在 ScienceDirect 平台面向世界发行;2009 年被 SCI 收录,最新影响因子为 1.042,位于 JCR 农业综合类 Q<sub>2</sub> 区前列位次。JIA 是中国科技核心期刊;连续 5 年获得“中国最具国际影响力学术期刊”称号;2016 年入选中国科协“中国科技期刊国际影响力提升计划”及“中国科技期刊登峰行动计划”项目,是我国农业领域领衔学术期刊,并具有较高国际影响力。

JIA 大 16 开,每月 20 日出版,国内外公开发行人。每期 180 页,国内订价 80.00 元,全年订价 960.00 元。国内统一连续出版物号:CN 10-1039/S,国际标准连续出版物号:ISSN 2095-3119,邮发代号:2-851,国外代号:1591M。

全国各地邮局均可订阅,也可直接向编辑部订购。

邮编:100081;

地址:北京中关村南大街 12 号《中国农业科学》编辑部

电话:010-82109808;

传真:010-82106247

网址:www.ChinaAgriSci.com;

E-mail:zgnykx@caas.cn

联系人:林鉴非