

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

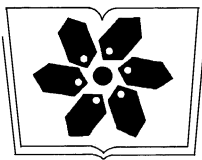
Acta Ecologica Sinica



第31卷 第9期 Vol.31 No.9 **2011**

中国生态学会
中国科学院生态环境研究中心
科学出版社

主办
出版



中国科学院科学出版基金资助出版

生态学报

(SHENGTAI XUEBAO)

第 31 卷 第 9 期

2011 年 5 月 (半月刊)

目 次

EAM 会议专刊述评——气候变化下旱区农业生态系统的可持续性	李凤民, Kadambot H. M Siddique, Neil C Turner, 等 (I)
第二届生态系统评估与管理(EAM)国际会议综述	李朴芳, 赵旭喆, 程正国, 等 (2349)
应对全球气候变化的干旱农业生态系统研究——第二届 EAM 国际会议青年学者论坛综述	赵旭喆, 李朴芳, Kadambot H. M Siddique, 等 (2356)
微集雨模式与降雨变律对燕麦大田水生态过程的影响	强生才, 张恒嘉, 莫非, 等 (2365)
黑河中游春小麦需水量空间分布	王 瑶, 赵传燕, 田风霞, 等 (2374)
祁连山区青海云杉林蒸腾耗水估算	田风霞, 赵传燕, 冯兆东 (2383)
甘肃小陇山不同针叶林凋落物量、养分储量及持水特性	常雅军, 陈 琦, 曹 靖, 等 (2392)
灌水频率对河西走廊绿洲菊芋生活史对策及产量形成的影响	张恒嘉, 黄高宝, 杨 斌 (2401)
玛纳斯河流域水资源可持续利用评价方法	杨 广, 何新林, 李俊峰, 等 (2407)
西北旱寒区地理、地形因素与降雨量及平均温度的相关性——以甘肃省为例	杨 森, 孙国钧, 何文莹, 等 (2414)
黑河河岸植被与环境因子间的相互作用	许莎莎, 孙国钧, 刘慧明, 等 (2421)
干旱胁迫对高山柳和沙棘幼苗光合生理特征的影响	蔡海霞, 吴福忠, 杨万勤 (2430)
树锦鸡儿、柠条锦鸡儿、小叶锦鸡儿和鹰嘴豆干旱适应能力比较	方向文, 李凤民, 张海娜, 等 (2437)
胡杨异形叶绿素荧光特性对高温的响应	王海珍, 韩 路, 徐雅丽, 等 (2444)
柠条平茬处理后不同组织游离氨基酸含量	张海娜, 方向文, 蒋志荣, 等 (2454)
玛河流域扇缘带盐穗木土壤速效养分的“肥岛”特征	涂锦娜, 熊友才, 张 霞, 等 (2461)
摩西球囊霉对三叶鬼针草保护酶活性的影响	宋会兴, 钟章成, 杨万勤, 等 (2471)
燕麦属不同倍性种质资源抗旱性状评价及筛选	彭远英, 颜红海, 郭来春, 等 (2478)
光周期对燕麦生育时期和穗分化的影响	赵宝平, 张 娜, 任长忠, 等 (2492)
水肥条件对新老两个春小麦品种竞争能力和产量关系的影响	杜京旗, 魏盼盼, 袁自强, 等 (2501)
猪场沼液对蔬菜病原菌的抑制作用	尚 斌, 陈永杏, 陶秀萍, 等 (2509)
不同夏季填闲作物种植对设施菜地土壤无机氮残留和淋洗的影响	王芝义, 郭瑞英, 李凤民 (2516)
不同群体结构夏玉米灌浆期光合特征和产量变化	卫 丽, 熊友才, Baoluo Ma, 等 (2524)
脱硫废弃物对碱胁迫下油菜幼叶细胞钙分布及 Ca^{2+} -ATPase 活性的影响	毛桂莲, 许 兴, 郑国琦, 等 (2532)
过去 30a 玛纳斯河流域生态安全格局与农业生产力演变	王月健, 徐海量, 王 成, 等 (2539)
基于 RS 和转移矩阵的泾河流域生态承载力时空动态评价	岳东霞, 杜 军, 刘俊艳, 等 (2550)
毛乌素沙地农牧生态系统能值分析与耦合关系	胡兵辉, 廖允成 (2559)
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	岳东霞, 杜 军, 巩 杰, 等 (2567)
青岛市城市绿地生态系统的环境净化服务价值	张绪良, 徐宗军, 张朝晖, 等 (2576)
基于 3S 技术的祖厉河流域农村人均纯收入空间相关性分析	许宝泉, 施为群 (2585)
专论与综述	
全球变化下植物物候研究的关键问题	莫非, 赵 鸿, 王建永, 等 (2593)
区域气候变化统计降尺度研究进展	朱宏伟, 杨 森, 赵旭喆, 等 (2602)
干旱胁迫下植物根源化学信号研究进展	李冀南, 李朴芳, 孔海燕, 等 (2610)
山黧豆毒素 ODAP 的生物合成及与抗逆性关系研究进展	张大伟, 邢更妹, 熊友才, 等 (2621)
旱地小麦理想株型研究进展	李朴芳, 程正国, 赵 鸿, 等 (2631)
小麦干旱诱导蛋白及相关基因研究进展	张小丰, 孔海燕, 李朴芳, 等 (2641)

期刊基本参数: CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 306 * zh * P * ¥ 70.00 * 1510 * 35 * 2011-05



封面图说: 覆膜-垄作燕麦种植——反映了雨水高效利用和农田水生态过程的优化(详见强生才 P2365)。

彩图提供: 兰州大学干旱与草地生态教育部重点实验室莫非 E-mail: mofei371@163.com

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

岳东霞^{1,*}, 杜 军¹, 巩 杰¹, 降同昌¹, 张佳静¹, 郭建军¹, 熊友才²

(1. 兰州大学西部环境教育部重点实验室 / 西部环境与气候变化研究院, 兰州 730000;

2. 兰州大学干旱与草地生态教育部重点实验室, 兰州 730000)

摘要: 绿洲是干旱区特有的生态系统, 而农田生态系统的数量和质量的变化很大程度上决定着绿洲的变化, 进而影响到区域社会经济的可持续发展。以西北干旱区典型绿洲——民勤绿洲为例, 采用生态经济学的方法, 对民勤绿洲 2000—2009 年近 10 年的农田生态系统服务价值进行了定量计算及其驱动力分析, 结果表明: 民勤农田生态系统服务价值从 2000 年的 3.21×10^8 元逐年增加到 2009 年的 6.95×10^8 元, 年均增长 0.374×10^8 元, 其中, 单纯生态系统服务价值年均增加约 0.289×10^8 元; 社会保障功能价值每年保持在 1.0×10^8 元左右; 使用化肥等导致农田环境污染, 使得农田生态系统损失的价值由 2000 年的 0.43×10^8 元增加到 2009 年的 0.64×10^8 元; 由于节水技术的采用, 水资源利用效率的提高, 农业耗水价值在不断减少, 平均每年减少 0.104×10^8 元; 采用资源紧缺度修正后的农田生态系统服务价值比原先都有所增加, 但增幅不同, 系每年水资源紧缺状况不同所致。采用多元回归分析法研究了人类活动对农田生态系统服务价值变化的影响, 结果表明: 民勤绿洲农田生态系统服务价值的这种变化是社会经济发展水平、农业管理水平、水资源利用、种植结构转变、以及人们的生态环保意识等多种因素共同驱动下的结果。

关键词: 民勤绿洲; 农田生态系统; 服务价值; 影响因子; 多元回归分析

Dynamic analysis of farmland ecosystem service value and multiple regression analysis of the influence factors in Minqin Oasis

YUE Dongxia^{1,*}, DU Jun¹, GONG Jie¹, JIANG Tongchang¹, ZHANG Jiajing¹, GUO Jianjun¹, XIONG Youcai²

1 MOE Key Laboratory of Western China's Environmental System, Research School of Arid Environment and Climate Change, Lanzhou University, Lanzhou 730000, China

2 MOE Key Laboratory of Arid and Grassland Ecology, Lanzhou University, Lanzhou 730000, China

Abstract: An oasis is a unique ecosystem in arid areas. Farmland can be an important part of an oasis, the change of which in quantity and quality largely determines the extent and viability of an oasis. Therefore, any change in the value of farmland ecosystem service is related closely to rise and fall of the oasis and affects the sustainable development of the regional social economy. This paper took a typical oasis of the northwest arid area of China, namely the Minqin oasis, as an example. By using the methods of ecological economics, we calculated the farmland ecosystem service value of the Minqin oasis from 2000 to 2009, and analyzed the factors influencing the ecosystem service value. The results showed that the farmland ecosystem service value increased from $\text{¥}3.21 \times 10^8$ in 2000 to $\text{¥}6.95 \times 10^8$ in 2009, an annual average increase of $\text{¥}0.374 \times 10^8$. The simple ecosystem service value increased about $\text{¥}0.289 \times 10^8$ per year; the value of social security function was stable at about 1.0×10^8 per year; for the use of fertilizers, the loss in the value of farmland ecosystem service increased from $\text{¥}0.43 \times 10^8$ in 2000 to $\text{¥}0.64 \times 10^8$ in 2009; due to the adoption of water saving technologies and the improvement of water use efficiency, agricultural water consumption declined steadily, and its value decreased annually at an average decrease of $\text{¥}0.104 \times 10^8$; amended by the scarcity of resources, the value of farmland ecosystem service was greater than its original

基金项目: 教育部新世纪优秀人才计划项目 (NECT-09-0449); 国家自然科学基金项目 (41021091; 40671179); 国家重点基础研究发展计划项目 (2009CB421308); 高等学校学科创新引智计划项目

收稿日期: 2010-10-29; 修订日期: 2011-02-23

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: yuedx@lzu.edu.cn

value, but the increase differed every year because the degree of water shortage varied over the 10 years. The results from regression analysis showed that the changes in Minqin oasis farmland ecosystem service value were caused by social and economic development level, agricultural management level, water usage, growth in structural transformation and the people's awareness of environmental protection.

Key Words: Minqin oasis; farmland ecosystem; ecosystem service value; influence factors; regression analysis

生态系统是人类赖以生存的物质基础,它不仅为人类提供了食品和其它生产生活原料,还创造和维持着地球生命支持系统,形成了人类生存所必须的环境条件^[1-2],为人类的生存提供着产品和服务^[3]。农田生态系统是在自然基础上经人工控制形成的农业生态系统中的亚生态系统,是地球上最重要的生态系统之一,提供着全世界 66% 的粮食供给,具有巨大的生态系统服务价值^[3],是人类社会存在和发展的基础^[4],维持和保育农田生态系统服务对区域可持续发展具有重要意义。在中国西北干旱区,作为一种独特的生态单元,面积不到干旱区 5% 的绿洲,集中了干旱区 90% 以上的人口和 95% 以上的工农业产值,已成为干旱区生态系统结构的核心^[6],维系着干旱区人类的生存与发展^[5]。自 20 世纪 50 年代以来,人类大规模的水土资源开发使得西北干旱区绿洲的土地利用/覆被发生了巨大变化,大部分天然绿洲已逐渐变成了人工绿洲,农田生态系统占据了绿洲生态系统的主体,对绿洲的生态环境产生着重要的影响^[7]。然而,近年来,随着该地区绿洲农业经济的快速发展,人们在获取农田生态系统服务的同时,又以非可持续的方式导致了农田生态系统的退化^[8],从而引发了一系列的生态安全和粮食安全问题,阻碍了该地区社会经济的可持续发展。因此,深入探讨绿洲农田生态系统服务价值的变化及其影响因素,有助于人们客观认识绿洲生态系统服务状态,引导绿洲农业产业结构的转变,促进农田生态系统服务价值向着正面服务价值发展^[8],进而推动绿洲地区的可持续发展。近年来,在全球变暖的大气候背景下,自然与人文因素的双重驱动导致民勤绿洲生态环境急剧恶化,人地关系日趋紧张,尤其以土地荒漠化最为严重,民勤绿洲的这种环境状况代表着我国干旱区大多数绿洲的发展趋势,已引起了国家政府和社会各界的广泛关注^[9]。但是,以往学术界针对该绿洲的具体生态环境问题研究较多^[9],而针对民勤绿洲农田生态系统服务价值变化趋势,以及定量辨识其主要影响因素的研究则少见。基于此,本文利用 Costanza 等^[10]提出的生态系统服务价值的基本理论和评价方法,以民勤绿洲为例,定量计算了 2000—2009 年近 10a 民勤绿洲农田生态系统服务价值,并利用多元回归分析方法探讨其变化的影响因素,以期揭示民勤绿洲农田生态系统服务价值的变化规律,为地方政府高效配置民勤绿洲的农业资源,实施农业产业结构的转变,正确定位民勤绿洲农业可持续发展方向提供科学依据。

1 研究区概况

甘肃省民勤县位于东经 102°06′—104°02′,北纬 38°03′—39°28′,地处河西走廊东北部、石羊河流域最下游,东西长 203km,南北宽 150km,土地总面积为 $1.6 \times 10^6 \text{ km}^2$,平均海拔 1367m,县境地势四周高,中部低,具有明显的盆地地貌特征。该县东、北、西三面被腾格里沙漠和巴丹吉林沙漠两大沙漠包围,只有南面沿石羊河一条绿色通道与武威绿洲相连。民勤县的水资源,分为地面河流和地下水两部分,发源于祁连山的石羊河是民勤县唯一的地表径流,是民勤生产、生活和地下水补给的根本来源。民勤县干旱少雨,风大沙多,蒸发强烈,土地荒漠化加剧,多年平均降水量 110mm,年蒸发量 2644mm,年蒸发量是年降水量的 24 倍以上,天然降水量对水资源贡献极小。民勤绿洲地处民勤县中部,沿河渠分布,面积为 $2.25 \times 10^6 \text{ km}^2$,仅占全县总面积的 9%,是由石羊河下游地表水和潜水长期发育形成的典型的沙漠人工绿洲。民勤绿洲是该县主要农业区,自然植被大致划分为荒漠和草甸两大类型,属较典型的极干旱沙漠荒漠草原植被区,生态环境十分脆弱。民勤县下辖 5 个镇,18 个乡,2007 年人口数量 31.3 万人,其中 99.7% 的人口分布在民勤绿洲,高密度人口给民勤绿洲生态环境造成了巨大压力^[9]。

2 研究方法

2.1 基础数据来源

本文在进行民勤绿洲农田生态系统服务价值估算中所采用的有关农业生产、人们生活水平、水资源利用方面的基础数据均来源于 2001—2010 年《武威统计年鉴》和《民勤统计年鉴》,并对其数据的准确性进行了实地调研校正。

2.2 农田生态系统服务价值估算方法

2.2.1 农田生态系统基本服务价值

农田生态系统的基本服务价值主要包括食物生产、气体调节、气候调节、水源涵养、土壤形成与保护、生物多样性维持、原材料、娱乐文化等服务价值^[10]。其中,食物生产服务价值是计算其他服务价值的基础。

Costanza 等^[10-11]提出的生态系统服务价值估算方法涉及各类生态系统,其模型为: $V_0 = \sum_{i=1}^n C_i \times A_i$ 本文仅涉及农田生态系统服务价值的估算,故将该模型简化为:

$$V_0 = C \times A \quad (1)$$

式中, V_0 为研究区农田生态系统服务总价值; C 为单位面积农田生态系统服务价值; A 为研究区内耕地的面积。

食物生产服务价值计算方法:

针对该研究区的具体情况,每年单位面积农田生态系统食物生产的服务价值估算如下:

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

式中, C_0 为单位面积农田生态系统食物生产服务价值,以经济价值(元/hm²)表示, i 为作物种类; m_i 为 i 种粮食作物面积(hm²); p_i 为 i 类作物全国平均价格(元/t); q_i 为 i 种粮食作物单产(t/hm²); T 为粮食作物总面积(hm²)。民勤县主要粮食作物为小麦、玉米、啤酒大麦,其价格按照全国最低统一价格分别为 1480、1500、2000 元/t 计算,将所需统计数据先后代入公式 2 和公式 1,即可获得民勤绿洲农田生态系统食物生产服务价值。

其他农田生态系统服务价值计算方法:

民勤绿洲其他农田生态系统服务的单位面积经济价值是利用生态系统服务价值当量因子将单位面积食物生产服务的经济价值进行转换而得到的。我国学者谢高地等^[12]在 Costanza 等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,提出中国陆地生态系统服务价值当量因子表(表 1),表示把 1hm² 全国平均产量的农田每年食物生产的服务价值定义为 1,则其它生态系统生态服务价值当量因子是指生态系统产生该类生态服务相对于农田生态系统食物生产服务贡献的大小。由于中国陆地生态系统服务价值当量因子适用于较大尺度的区域生态系统服务价值的计算,而民勤绿洲地区较小,且该地区大量种植棉花、葵花籽等经济作物,其经济价值较粮食作物高,因此,本文将经济作物归类为原材料生产,并将原材料服务价值的当量因子进行了修正,即以近 10a 民勤年均经济作物经济价值与粮食作物经济价值的比值(2.3)作为原材料服务价值的当量因子(表 1),除此之外,其他当量因子仍采用谢高地^[12]等提出的当量因子,并合并得到表 1,以便计算其他各类农田生态系统服务价值的单位面积经济价值。

表 1 民勤农田生态系统服务价值的当量因子^[12]

Table 1 The equivalence factors of farmland ecosystem in Minqin Oasis

年份 Year	气体调节 Gas regulation	气候调节 Climate regulation	水源涵养 Water conservation	土壤形成与保护 Soil formation and protection	废物处理 Waste disposal	生物多样性 Biodiversity conservation	食物生产 Food production	原材料 Raw materials	娱乐文化 Entertainment culture
农田 Farm land	0.5	0.89	0.6	1.46	1.64	0.71	1	2.3	0.01

农田生态系统除了具有以上气体调节等基本服务价值以外,还具有社会保障、环境污染和水资源消耗等服务价值,下面分别介绍其计算方法。

2.2.2 社会保障服务价值

土地对从农村流动到城市的大量剩余劳动力起到失业保险的作用,因此可以间接测算出农田所提供的社会保障服务价值。其表达式为^[13]:

$$V_1 = H \times I \times J \quad (3)$$

式中, V_1 为社会保障价值; H 为保障的人数; I 为城市最低社会保障标准; J 为农村生活消费支出与城镇居民生活消费支出的比值。据农业部门的测算,我国的农业隐性失业率为 48.6%; 全国最低生活保障为 155 元/人^[13]。

2.2.3 环境污染服务价值

随着农业现代化的发展,农田生态系统也受到严重的环境污染,其中以使用化肥、农药、除草剂等造成的污染最为严重。因资料所限,民勤农田生态系统受到的负面经济价值仅以化肥的使用来评估,表达式为^[13]:

$$V_2 = o \times (r - 1) \times s \quad (4)$$

式中, V_2 为化肥的污染价值; o 为化肥用量, r 为化肥利用率, s 为化肥价格。当前我国的化肥平均利用率为 34.17%^[14]; 化肥平均价格以 1500 元/t 计算。

2.2.4 水资源消耗服务价值

农业灌溉使农田生态系统提供物质产品的能力大大提高,使广大干旱区和半干旱区人类物质保障和生活水平得到提高,但同时也带来诸多环境问题,如过度开采地下水导致民勤绿洲地下水漏斗的形成、土地盐碱化等。水资源消耗价值可用水库蓄水成本法来计算,表达式为^[13]:

$$V_3 = - (W \times R \times C_w) \quad (5)$$

式中, V_3 为水消耗价值; W 为农业用水量; R 为农业耗水率; C_w 为水库蓄水成本,取 1.17 元/m³。农业耗水率均值为 35% (取水分利用率为 63%—66%^[15] 的平均值)。

2.2.5 综合服务价值

农田生态系统服务功能的总经济价值表达式如下:

$$V_{\text{总}} = V_0 + V_1 + V_2 + V_3 \quad (6)$$

式中, $V_{\text{总}}$ 为总经济价值; V_0 、 V_1 、 V_2 、 V_3 意义同上。

2.2.6 农田生态系统服务价值的修正

以上方法的计算结果还不能反映资源的稀缺程度对人们生态价值支付意愿的影响。为此本研究采用资源紧缺度^[16]来进行价值的修正,尽可能的反映出现在生态资源稀缺程度下的农田生态系统服务的现实价值。资源紧缺度是指区域在经济、社会 and 环境的可持续发展过程中其实际生态资源相对于需求量的缺乏程度,可用关键因子来替代,表达式为:

$$Q = M/N \quad (7)$$

式中, Q 为资源紧缺度, M 为维持生态系统良性循环的资源需求量, N 为资源的实际存量。由于水资源是制约民勤绿洲生态系统的关键因子,因而 Q 可用最小生态需水量与实际生态用水量之比来替代。最小生态需水量 M 采用马绍休等的研究结果 ($2.41 \times 10^8 \text{ m}^3$)^[17], 实际水资源存量 N 采用地下水允许开采量 $0.732 \times 10^8 \text{ m}^3$ ^①及每年的上游来水量的和来计算。

农田生态系统服务修正价值表达式为:

$$ESV = Q \times V_{\text{总}} \quad (8)$$

式中, ESV 为修正后的农田生态系统服务价值(元), Q 为资源紧缺度, $V_{\text{总}}$ 为修正前的农田生态系统综合

① 甘肃《人民之声报》第 1068 期

服务价值。

3 结果与分析

3.1 农田生态系统服务价值变化

由表 2 可以看出,2000—2009 年间,民勤绿洲各类农田生态系统基本服务的单位面积服务价值均呈逐年增加趋势,其中,单位面积农田所提供的总服务价值由 2000 年的 9861.6 元/hm²,增加到 2009 年的 14848.4 元/hm²,年均增加 498.68 元/hm²,农田生态系统的气候调节、保持水土、环境净化、食物生产、原材料提供等方面的贡献越来越突出。

表 2 2000—2009 年民勤县各类农田生态系统服务的单位面积服务价值/(元/hm²)

Table 2 Ecosystem services value per unit area of Minqin farmland ecosystem for 2000—2009

年份 Year	气体调节 Gas regulation	气候调节 Climate regulation	水源涵养 Water conservation	土壤形成 与保护 Soil formation and protection	废物处理 Waste disposal	生物多样性 Biodiversity conservation	食物生产 Food production	原材料 Raw materials	娱乐文化 Entertainment culture	总计 Summery
2000	541.3	963.4	649.5	1580.5	1775.3	768.6	1082.5	2489.8	10.8	9861.6
2001	598.3	1064.9	717.9	1746.9	1962.3	849.5	1196.5	2752.0	12.0	10900.1
2002	650.2	1157.4	780.2	1898.6	2132.7	923.3	1300.4	2990.9	13.0	11846.6
2003	773.5	1376.7	928.1	2258.5	2536.9	1098.3	1546.9	3557.9	15.5	14092.3
2004	779.5	1387.5	935.4	2276.1	2556.8	1106.9	1559.0	3585.7	15.6	14202.5
2005	768.2	1367.4	921.8	2243.1	2519.7	1090.8	1536.4	3533.7	15.4	13996.6
2006	790.9	1407.7	949.0	2309.3	2594.0	1123.0	1581.7	3637.9	15.8	14409.3
2007	776.9	1382.8	932.2	2268.4	2548.1	1103.1	1553.7	3573.5	15.5	14154.2
2008	832.2	1481.2	998.6	2429.9	2729.5	1181.7	1664.3	3827.9	16.6	15161.8
2009	815.0	1450.6	977.9	2379.7	2673.0	1157.2	1629.9	3748.8	16.3	14848.4

由表 3 可知,民勤绿洲农田生态系统服务总价值由 2000 年的 3.21×10⁸元,增加到 2009 年的 6.95×10⁸元,年均增长 0.374×10⁸元,其中,生态系统基本服务价值年均增加约 0.289×10⁸元;社会保障功能价值每年保持在 1.0×10⁸元左右;使用化肥等导致农田环境污染,使得农田生态系统损失的价值由 2000 年的 0.43×10⁸元增加到 2009 年的 0.64×10⁸元;由于节水技术的采用,水资源利用效率的提高,农业耗水价值在不断减少,平均每年减少 0.104×10⁸元。随着全球变暖的影响,民勤农田生态系统在调节当地气候,改善当地环境所起的服务价值会越来越来明显。

表 3 民勤县农田生态系统服务价值汇总/(×10⁸元)

Table 3 Farmland ecosystem service value summary in Minqin county

年份 Year	V ₀	V ₁	V ₂	V ₃	V _总	ESV
2000	6.32	0.92	-0.43	-3.60	3.21	4.13
2001	6.85	1.01	-0.47	-3.52	3.87	4.96
2002	7.42	1.11	-0.52	-3.56	4.45	7.91
2003	8.90	1.02	-0.48	-3.36	6.08	7.69
2004	9.06	1.09	-0.52	-3.19	6.44	11.20
2005	8.94	1.26	-0.61	-3.15	6.44	9.49
2006	9.32	1.22	-0.59	-3.19	6.76	8.00
2007	8.78	1.19	-0.68	-2.95	6.34	6.59
2008	9.43	0.81	-0.68	-2.87	6.69	8.00
2009	9.21	1.04	-0.64	-2.66	6.95	7.46

采用资源紧缺度修正后的农田生态系统服务价值比原先都有所增加,但增幅不同,呈波动上升趋势(表 3,图 1),表明随着水资源的减少,人们对水资源的依赖程度加大,因此人们对资源紧缺的支付意愿也随之增

加^[18]。例如 2004 年达到了 11.20×10^8 元,比原值增加了 73.88%,是最近几年中服务价值增加最大的一年,这与当年上游来水量仅有 $0.65 \times 10^8 \text{ m}^3$,比其它年份较少密切相关,使得资源紧缺度 Q 值增大所致。

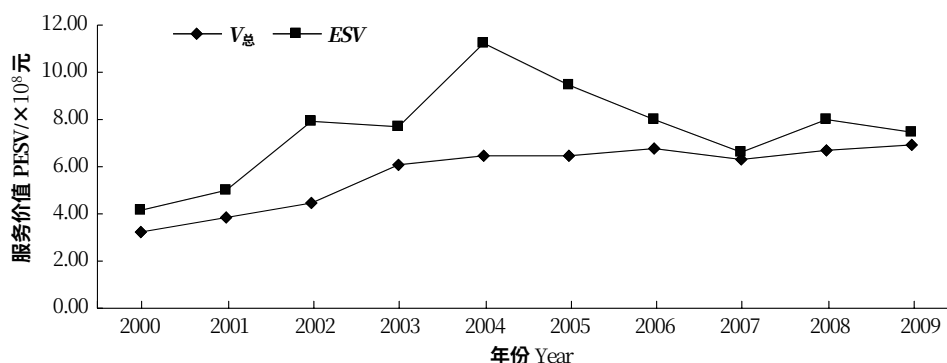


图1 民勤县 2000—2009 年农田生态系统服务价值变化

Fig. 1 Farmland ecosystems service value changes from 2000 to 2009 in Minqin county

3.2 农田生态系统服务价值变化的影响因子多元回归分析

农田生态系统服务价值的变化除了自然条件本身限制外,还受到人类活动的影响,涉及到人类活动的诸多因素。本文遴选总结出四大类 15 项影响农田生态系统服务价值变化的人文因素指标,采用回归分析法,对其影响下的农田生态系统服务价值的变化规律进行了定量分析。各指标如下:

(1) 社会经济发展及农业投入 GDP (亿 X_1)、农业总产值 (X_2)、农民人均纯收入 (X_3)、第一产业投资 (X_4)

(2) 农业现代化 农业机械总动力 (X_5)、化肥使用量 (X_6)、塑料薄膜使用面积 (X_7)、农业用电量 (X_8)、机电井数量 (X_9)

(3) 水资源利用 上游来水量 (X_{10})、地下水开采量 (X_{11})、农业用水量 (X_{12})、有效灌溉面积 (X_{13})

(4) 种植结构变化 经济作物面积 (X_{14})、粮食单产 (X_{15})

通过对 10a 农田生态系统服务价值的变化和人文因素指标进行多元逐步回归分析,发现不同指标对其产生不同的影响。利用 SPSS 软件^[19]得到符合精度的模型为:

$$Y = -5.858 + 0.0004X_3 - 0.264X_6 - 0.947X_7 + 1.924X_{11} - 1.439X_{12} + 1.535X_{14} + 0.001X_{15} \quad (9)$$

式中, Y 为农田生态系统服务价值

该模型中,所有变量对应的偏回归系数检验统计量 t (表 4) 的显著性概率 P 值均满足 $\text{Sig} \leq 0.05$,表明在置信水平 $\alpha = 0.05$ 条件下,所有解释变量与 0 有显著性差异。表 4 中 B 列为非标准线性回归系数, Beta 列为标准线性回归系数,本文采用非标准线性回归方程表示民勤绿洲农田生态系统服务价值变化模型,即公式 (9)。由该模型可知, X_3 、 X_6 、 X_7 、 X_{11} 、 X_{12} 、 X_{14} 、 X_{15} 等 7 个人文因素对农田生态系统服务价值变化起着较显著的影响作用。

根据以上模型和数据,可以做如下分析:

农民人均纯收入 (X_3) 的增长表明人们的生活质量越来越好,是社会经济不断发展的结果。其偏回归系数检验统计量 t_3 为 3.627,达到了显著水平,说明其对农田生态系统服务价值变化有很大的影响。人们生活水平的提高,促使其对农业的投入不断增加,从 2000 年到 2009 年第一产业投资增加了近 13 倍,建立了各种农业基础设施,修筑了引水沟渠,确保了农业灌溉用水的需要,2009 年农业有效灌溉面积达到 $5 \times 10^4 \text{ hm}^2$,占总耕地面积的 83%,促进了农田生态系统的生产功能。

农业化肥 (X_6)、塑料薄膜 (X_7) 的使用,一方面在一定程度上表明了农业现代化的进程,即随着农田施肥、地膜覆盖等农业技术的运用,提高了农田管理水平及科技水平,不仅使单位面积产量由 2000 年的 $5.1 \times 10^3 \text{ kg/hm}^2$ 增加到 2009 年的 $7.7 \times 10^3 \text{ kg/hm}^2$,而且对节约水资源、保持土壤肥力起到了重要作用,增加了农业生

态系统的基本服务价值。另一方面,化肥和地膜的使用同时又严重污染了农业生态环境,加重了农田生态系统的承载负荷,增加了环境污染服务价值,从而削弱了总服务价值,产生了严重的负面效应。从偏回归系数检验统计量 $t_6 = -6.353$ 、 $t_7 = -5.067$ 可以看出,化肥、薄膜使用量的增加产生的农田环境污染价值超出了其对农业生态系统基本服务价值增长的部分。在农业生产过程中,人们往往只看到了表面效益的提高,却很少关注其对周围环境的影响,因此提高农民的生态意识非常重要。

表 4 回归系数与显著性检验
Table 4 Coefficients and significant testing

模型 Model	非标准回归系数 Unstandardized coefficients		标准回归系数 Standardized coefficients	回归系数检验统计量 Test statistics of regression coefficients	显著性水平 Significance level
	B	Std. Error	Beta	t	Sig.
常数项 Constant	-5.858	1.206		-4.856	0.02
农民人均纯收入(X_3) Per capita net income	0.0004	0.0001	0.241	3.627	0.03
化肥使用量(X_6) Fertilizer use	-0.264	0.042	-0.294	-6.353	0.016
塑料薄膜使用面积(X_7) Film usable area	-0.947	0.187	-0.302	-5.067	0.02
地下水开采量(X_{11}) Underground mining	1.924	0.178	1.08	10.796	0.008
农业用水量(X_{12}) Agricultural water	-1.439	0.183	-0.793	-7.845	0.011
经济作物面积(X_{14}) Crops area	1.535	0.168	0.876	9.154	0.011
粮食单产(X_{15}) Grain output per unit area	0.001	0	0.758	31.849	0.003

水资源是人工绿洲的主要依存基础^[20],然而,自 20 世纪 50 年代以来,由于石羊河上游大规模的水资源开发利用,流入民勤县的水量逐年减少,径流量严重不足。2008 年上游来水量只有 $1.28 \times 10^8 \text{ m}^3$,而 2002 年和 2004 年则更少,分别只有 $0.62 \times 10^8 \text{ m}^3$ 和 $0.65 \times 10^8 \text{ m}^3$,2002 年全县人均水资源占有量仅为 520 m^3 ,是全国平均水平的 1/5,全省的 1/3。因此地下水的补给就非常重要。地下水开采量(X_{11})的偏回归系数检验统计量 t_{11} 为 10.796,达到了极显著水平。近几年,又由于兴修水利、发展机井灌溉,地下水资源超采严重,导致民勤盆地平均地下水位持续下降,地下水埋深由 20 世纪 50 年代的 1—5m 下降到目前的 12.8—18.8m,最深达 40m。这两年政府采取关井压田的办法来控制地下水的开采,得到了很好的效果。农业用水量(X_{12})的减少是由于水资源的不足所导致的,虽然影响了农业产量,但也降低了农田的水资源消耗价值。从 $t_{12} = -7.845$ 来看,农田用水量的减少对水资源消耗价值的降低是比较显著的。但是,保证一定的农业用水量,对农田生态系统来说也是必须的。

经济作物种植面积(X_{14})的变化,映射着民勤绿洲农业种植结构的变化。由于市场经济的导向作用,人们趋于种植效益高的经济作物,使得民勤绿洲经济作物产量 10a 间增加了 $23.44 \times 10^4 \text{ t}$,其中棉花的产量从 2000 年的 $0.30 \times 10^4 \text{ t}$ 增加到 2009 年的 $1.62 \times 10^4 \text{ t}$,增加了近 4.4 倍,白兰瓜、黄河蜜瓜等的种植面积也在不断增长。经济作物的广泛种植,对农田生态系统服务价值产生了积极地影响。此外,民勤绿洲还采用粮食作物与经济作物轮作等生态农业种植技术,使土壤养分得到了保持和积累。种植结构的转变,使得土壤中 N、P、K 等养分含量发生了变化,丰富了土壤有机质的组分,改变了土壤结构,土地综合肥力得到提高,粮食单产也得到很大提升,2009 年比 2000 年提高了 1.5 倍。经济作物面积(X_{14})的增加、粮食单产(X_{15})的提高对农田生态系统服务价值变化的贡献分别达到了显著($\alpha \leq 0.05$)和极显著($\alpha \leq 0.01$)的水平。在民勤绿洲,经济作物(如棉花)的需水量较粮食作物(如小麦)要少,因此,适当调整种植结构,不仅有利于绿洲水资源的合理利用和提高农田生态系统服务价值,而且也可以增加农民的收入,是绿洲农田生态系统可持续管理的重要手段。

4 结论与讨论

近 10a 来,民勤绿洲农田生态系统服务价值呈逐年增长趋势,总服务价值由 2000 年的 3.21×10^8 元,增加到 2009 年的 6.95×10^8 元,10a 内翻了一翻,与国内其他区域的研究相比^[12-13],增幅较大。修正后的民勤绿洲农田生态系统服务价值的变化体现了人们对水资源的依赖程度,更加证明了水资源是限制民勤绿洲社会经济

发展的最关键因子。近年来,上游来水量的减少迫使人们采用各种措施节水耕作,改变种植结构,提高水资源利用率和农业管理水平,这是农田生态系统服务价值逐年攀升的一个重要原因。随着生活水平的提高,生态环保意识有了提高,人们在农田生态系统维护和保育方面的投入也有所增加,这也是导致农田生态系统服务价值增大的一个重要因素。本文利用改进后的生态系统服务价值估算方法计算民勤绿洲农田生态系统服务价值,所得单位面积服务价值比利用传统的 Costanza 方法计算的结果提高了近 1/3,年均总服务价值提高了 1/2,更能够反映民勤绿洲农田生态系统的实际情况。基于影响因子多元回归分析可知,民勤绿洲农田生态系统服务价值的变化是由社会经济发展水平、农业管理水平、水资源利用、种植结构、农业产量以及人们的生态环保意识等多种因素共同驱动下的结果。农田生态系统是民勤绿洲地区最重要的生态系统,基于时间序列的农田生态系统服务价值变化及动态趋势的评价研究能够对当地政府制定农业资源和水资源的利用、管理措施提供科学依据。本文由于有关资料的收集、计算方法及研究手段的限制,仅对农田生态系统提供给人类的主要服务价值进行了定量评价,其价值的体现仍然是不完全的。

References:

- [1] Zheng H, Ouyang Z Y, Zhao T Q, Li Z X, Xu W H. The impact of human activities on ecosystem services. *Journal of Natural Resources*, 2003, 18 (1): 118-126.
- [2] Zhang Z Q, Xu Z M, Cheng G D. Valuation of ecosystem services and natural capital. *Acta Ecologica Sinica*, 2001, 21(11): 1918-1926.
- [3] Yu S X, Shang J C, Guo H C. The ecological assessment of ecosystem services and natural capital. *China Population Resources and Environment*, 2004, 14(5): 42-44.
- [4] Yin F, Mao R Z, Fu B J, Liu G H. Farmland ecosystem service and its formation mechanism. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2006, 17(5): 929-934.
- [5] Zhang F, Tiyaip T, Ding J L, Wang B C, Wang F, Sawut M. The change of land use/cover and characteristics of landscape pattern in arid areas oasis: a case study of Jinghe County, Xinjiang Province. *Acta Ecologica Sinica*, 2009, 29(3): 1251-1263.
- [6] Yang G A, Wang Y X. Sustainable management of oasis ecosystem. *Journal of Arid Land Resources and Environment*, 2001, 15(1): 51-55.
- [7] Yue D X, Ma J H, Gong J, Xiong Y C, Song Y J. Quantitative estimation and spatial pattern analysis of ecological carrying capacity in northwestern China based on GIS. *Journal of Lanzhou University: Natural Sciences*, 2009, 45(6): 68-75.
- [8] Yang Z X, Zheng D W, Wen H. Studies on service value evaluation of agricultural ecosystem in Beijing region. *Journal of Natural Resources*, 2005, 20(4): 564-571.
- [9] Yue D X, Gong J, Xiong Y C, Song Y J. Dynamic trend of ecological carrying capacity and driving force in Minqin, China. *Journal of Arid Land Resources and Environment*, 2010, 24(6): 37-44.
- [10] Costanza R, D'Arge R, de Groot R, Farber S. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, 1997, 387: 253-260.
- [11] Costanza R, D'Arge R, de Groot R, Farber S, Grasso M, Hannon B, Limburg K, Naeem S, O'Neill R V, Paruelo J. The value of ecosystem services: putting the issues in perspective. *Ecological Economics*, 1998, 25(1): 67-72.
- [12] Xie G D, Lu C X, Leng Y F, Zheng D, Li S C. Ecological assets valuation of the Tibetan Plateau. *Journal of Natural Resources*, 2003, 18(2): 189-196.
- [13] Sun X Z, Zhou H L, Xie G D. Ecological services and their values of chinese agroecosystem. *China Population Resources and Environment*, 2007, 17(4): 55-60.
- [14] Chen T B, Zeng X B, Hu Q X. Utilization efficiency of chemical fertilizers among different counties of China. *Acta Geographica Sinica*, 2002, 57 (5): 531-538.
- [15] Ding H W, Wang G L, Huang X H. Runoff reduction into Hongyashan Reservoir and analysis on water resources crisis of Minqin Oasis. *Journal of Desert Research*, 2003, 23(1): 84-89.
- [16] Su X L, Kang X Z, Tong L. A dynamic evaluation method and its application for the ecosystem service value of an inland river basin: a case study on the Shiyanghe river basin in Hexi corridor of Gansu province. *Acta Ecologica Sinica*, 2006, 26(6): 2011-2019.
- [17] Ma S X, Wang T, Zhang J M, Shi G T. The theory of ecological water requirement for vegetation and its application to Minqin basin. *Research of Soil and Water Conservation*, 2006, 13(6): 58-61.
- [18] Shi H C, Zhao Y, Yang E J, Hu Q Y, Wang F, Liang Z J. Ecosystem services value estimates of Minqin oasis based on contingent valuation method. *Journal of Arid Land Resources and Environment*, 2008, 22(7): 31-36.

- [19] Ma Q G. Management Statistics. Beijing: Sciences Press, 2003.
- [20] Fu X F. A study on the oasis coordinating development of economy and environment in arid land. Journal of Desert Research, 2000, 20(2): 197-206.

参考文献:

- [1] 郑华, 欧阳志云, 赵同谦, 李振新, 徐卫华. 人类活动对生态系统服务功能的影响. 自然资源学报, 2003, 18(1): 118-126.
- [2] 张志强, 徐中民, 程国栋. 生态系统服务与自然资本价值评估. 生态学报, 2001, 21(11): 1918-1926.
- [3] 于书霞, 尚金城, 郭怀成. 生态系统服务功能及其价值核算. 中国人口·资源与环境, 2004, 14(5): 42-44.
- [4] 尹飞, 毛任钊, 傅伯杰, 刘国华. 农田生态系统服务功能及其形成机制. 应用生态学报, 2006, 17(5): 929-934.
- [5] 张飞, 塔西甫拉提·特依拜, 丁建丽, 王伯超, 王飞, 买买提·沙吾提. 干旱区绿洲土地利用/覆被及景观格局变化特征——以新疆精河县为例. 生态学报, 2009, 29(3): 1251-1263.
- [6] 杨国安, 王永兴. 绿洲生态系统可持续管理. 干旱区资源与环境, 2001, 15(1): 51-55.
- [7] 岳东霞, 马金辉, 巩杰, 熊友才, 宋雅杰. 中国西北地区基于 GIS 的生态承载力定量评价与空间格局. 兰州大学学报: 自然科学版, 2009, 45(6): 68-75.
- [8] 杨志新, 郑大玮, 文化. 北京郊区农田生态系统服务功能价值的评估研究. 自然资源学报, 2005, 20(4): 564-571.
- [9] 岳东霞, 巩杰, 熊友才, 宋雅杰. 民勤县生态承载力动态趋势与驱动力分析. 干旱区资源与环境, 2010, 24(6): 37-44.
- [12] 谢高地, 鲁春霞, 冷允法, 郑度, 李双成. 青藏高原生态资产的价值评估. 自然资源学报, 2003, 18(2): 189-196.
- [13] 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. 中国人口·资源与环境, 2007, 17(4): 55-60.
- [14] 陈同斌, 曾希柏, 胡清秀. 中国化肥利用率的区域分异. 地理学报, 2002, 57(5): 531-538.
- [15] 丁宏伟, 王贵玲, 黄晓辉. 红崖山水库径流量减少与民勤绿洲水资源危机分析. 中国沙漠, 2003, 1: 84-89.
- [16] 栗晓玲, 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——以甘肃省河西走廊石羊河流域为例. 生态学报, 2006, 26(6): 2011-2019.
- [17] 马绍休, 王涛, 张建民, 史贵涛. 民勤地区供水和生态需水量分析. 水土保持研究, 2006, 13(6): 58-61.
- [18] 石惠春, 赵勇, 杨二俊, 胡青云, 王芳, 梁仲靖. 基于 CVM 的民勤绿洲生态系统服务价值评估. 干旱区资源与环境, 2008, 22(7): 31-36.
- [19] 马庆国. 管理统计. 北京: 科学出版社, 2003.
- [20] 傅小锋. 干旱区绿洲发展与环境协调研究. 中国沙漠, 2000, 20(2): 197-206.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol. 31, No. 9 May, 2011 (Semimonthly)

CONTENTS

Guest Editorial from EAM Workshop—Sustainability of agricultural ecosystems in arid regions in response to climate change	
..... LI Fengmin, Kadambot H. M Siddique, Neil C Turner, et al (I)	
Overview on the 2 nd international workshop on ecosystem assessment and management (EAM)	
..... LI Pufang, ZHAO Xuzhe, CHENG Zhengguo, et al (2349)	
Arid agricultural ecology in response to global change: Overview on Young Scholar Forum of the 2 nd International Workshop on	
EAM	ZHAO Xuzhe, LI Pufang, Kadambot H. M Siddique, et al (2356)
The effects of micro-rainwater harvesting pattern and rainfall variability on water ecological stoichiometry in oat (<i>Avena sativa</i> L.)	
field	QIANG Shengcai, ZHANG Hengjia, MO Fei, et al (2365)
Spatial variation of water requirement for spring wheat in the middle reaches of Heihe River basin	
..... WANG Yao, ZHAO Chuanyan, TIAN Fengxia, et al (2374)	
Model-based estimation of the canopy transpiration of Qinghai spruce (<i>Picea crassifolia</i>) forest in the Qilian Mountains	
..... TIAN Fengxia, ZHAO Chuanyan, FENG Zhaodong (2383)	
Litter amount and its nutrient storage and water holding characteristics under different coniferous forest types in Xiaolong Mountain,	
Gansu Province	CHANG Yajun, CHEN Qi, CAO Jing, et al (2392)
Effect of irrigation frequency on life history strategy and yield formation in Jerusalem artichoke (<i>Helianthus tuberosus</i> L.) in oasis	
of Hexi Corridor	ZHANG Hengjia, HUANG Gaobao, YANG Bin (2401)
The evaluation method of water resources sustainable utilization in Manas River Basin	
..... YANG Guang, HE Xinlin, LI Junfeng, et al (2407)	
Correlation of topographic factors with precipitation and surface temperature in arid and cold region of Northwest China: a case	
study in Gansu Province	YANG Sen, SUN Guojun, HE Wenying, et al (2414)
The relationship between riparian vegetation and environmental factors in Heihe River Basin	
..... XU Shasha, SUN Guojun, LIU Huiming, et al (2421)	
Effects of drought stress on the photosynthesis of <i>Salix paraqulesia</i> and <i>Hippophae rhamnoides</i> seedlings	
..... CAI Haixia, WU Fuzhong, YANG Wanqin (2430)	
The comparison of drought resistance between <i>Caragana species</i> (<i>Caragana arborescens</i> , <i>C. korshinskii</i> , <i>C. microphylla</i>) and two	
chickpea (<i>Cicer arietinum</i> L.) cultivars	FANG Xiangwen, LI Fengmin, ZHANG Haina, et al (2437)
Response of chlorophyll fluorescence characteristics of <i>Populus euphratica</i> heteromorphic Leaves to high temperature	
..... WANG Haizhen, HAN Lu, XU Yali, et al (2444)	
Free amino acid content in different tissues of <i>Caragana korshinskii</i> following all shoot removal	
..... ZHANG Haina, FANG Xiangwen, JIANG Zhirong, et al (2454)	
“Fertile Island” features of soil available nutrients around <i>Halostachys caspica</i> shrub in the alluvial fan area of Manas River watershed	
..... TU Jinna, XIONG Youcai, ZHANG Xia, et al (2461)	
Analysis of the activities of protective enzymes in <i>Bidens pilosa</i> L. inoculated with <i>Glomus mosseae</i> under drought stress	
..... SONG Huixing, ZHONG Zhangcheng, YANG Wanqin, et al (2471)	
Evaluation and selection on drought-resistance of germplasm resources of <i>Avena</i> species with different types of ploidy	
..... PENG Yuanying, YAN Honghai, GUO Laichun, et al (2478)	
Ecophysiological mechanism of photoperiod affecting phenological period and spike differentiation in oat (<i>Avena nuda</i> L.)	
..... ZHAO Baoping, ZHANG Na, REN Changzhong, et al (2492)	
Effects of water and fertilization on relationship between competitive ability and seed yield of modern and old spring wheat varieties	
..... DU Jingqi, WEI Panpan, YUAN Ziqiang, et al (2501)	

- Inhibitory effect of biogas slurry from swine farm on some vegetable pathogen SHANG Bin, CHEN Yongxing, TAO Xiuping, et al (2509)
- Effects of different summer catch crops planting on soil inorganic N residue and leaching in greenhouse vegetable cropping system WANG Zhiyi, GUO Ruiying, LI Fengmin (2516)
- Photosynthetic characterization and yield of summer corn (*Zea mays* L.) during grain filling stage under different planting pattern and population densities WEI Li, XIONG Youcai, Baoluo Ma, et al (2524)
- Effects of desulfurization waste treatment on calcium distribution and calcium ATPase activity in oil-sunflower seedlings under alkaline stress MAO Guilian, XU Xing, ZHENG Guoqi, et al (2532)
- The evolution between ecological security pattern and agricultural productive force in Manas River Basin for the past 30 years WANG Yuejian, XU Hailiang, WANG Cheng, et al (2539)
- Spatio-temporal analysis of ecological carrying capacity in Jinghe Watershed based on Remote Sensing and Transfer Matrix YUE Dongxia, DU Jun, LIU Junyan, et al (2550)
- The coupling relationship and emergy analysis of farming and grazing ecosystems in Mu Us sandland HU Binghui, LIAO Yuncheng (2559)
- Dynamic analysis of farmland ecosystem service value and multiple regression analysis of the influence factors in Minqin Oasis YUE Dongxia, DU Jun, GONG Jie, et al (2567)
- Environment purification service value of urban green space ecosystem in Qingdao City ZHANG Xuliang, XU Zongjun, ZHANG Zhaohui, et al (2576)
- The spatial relationship analysis of rural per capital revenue based on GIS in Zulihe River basin, Gansu Province XU Baoquan, SHI Weiqun (2585)

Review and Monograph

- The key issues on plant phenology under global change MO Fei, ZHAO Hong, WANG Jianyong, et al (2593)
- Recent advances on regional climate change by statistical downscaling methods ZHU Hongwei, YANG Sen, ZHAO Xuzhe, et al (2602)
- Current progress in eco-physiology of root-sourced chemical signal in plant under drought stress LI Jinan, LI Pufang, KONG Haiyan, et al (2610)
- ODAP biosynthesis: recent developments and its response to plant stress in grass pea (*Lathyrus sativus* L.) ZHANG Dawei, XING Gengmei, XIONG Youcai, et al (2621)
- Current progress in plant ideotype research of dryland wheat (*Triticum aestivum* L.) LI Pufang, CHENG Zhengguo, ZHAO Hong, et al (2631)
- Recent advances in research on drought-induced proteins and the related genes in wheat (*Triticum aestivum* L.) ZHANG Xiaofeng, KONG Haiyan, LI Pufang, et al (2641)

2009 年度生物学科总被引频次和影响因子前 10 名期刊★

(源于 2010 年版 CSTPCD 数据库)

排序 Order	期刊 Journal	总被引频次 Total citation	排序 Order	期刊 Journal	影响因子 Impact factor
1	生态学报	11764	1	生态学报	1.812
2	应用生态学报	9430	2	植物生态学报	1.771
3	植物生态学报	4384	3	应用生态学报	1.733
4	西北植物学报	4177	4	生物多样性	1.553
5	生态学杂志	4048	5	生态学杂志	1.396
6	植物生理学通讯	3362	6	西北植物学报	0.986
7	JOURNAL OF INTEGRATIVE PLANT BIOLOGY	3327	7	兽类学报	0.894
8	MOLECULAR PLANT	1788	8	CELL RESEARCH	0.873
9	水生生物学报	1773	9	植物学报	0.841
10	遗传学报	1667	10	植物研究	0.809

★《生态学报》2009 年在核心版的 1964 种科技期刊排序中总被引频次 11764 次,全国排名第 1;影响因子 1.812,全国排名第 14;第 1—9 届连续 9 年入围中国百种杰出学术期刊;中国精品科技期刊

编辑部主任 孔红梅

执行编辑 刘天星 段 靖

客座编辑 Guest Editors LI Fengmin XIONG Youcai Neil Turner Kadambot Siddique

生 态 学 报

(SHENGTAI XUEBAO)

(半月刊 1981 年 3 月创刊)

第 31 卷 第 9 期 (2011 年 5 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 31 No. 9 2011

编 辑	《生态学报》编辑部 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085 电话:(010)62941099 www.ecologica.cn shengtaixuebao@rcees.ac.cn	Edited by	Editorial board of ACTA ECOLOGICA SINICA Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China Tel:(010)62941099 www.ecologica.cn Shengtaixuebao@rcees.ac.cn
主 编	冯宗炜	Editor-in-chief	FENG Zong-Wei
主 管	中国科学技术协会	Supervised by	China Association for Science and Technology
主 办	中国生态学会 中国科学院生态环境研究中心 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085	Sponsored by	Ecological Society of China Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China
出 版	科 学 出 版 社 地址:北京东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717	Published by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China
印 刷	北京北林印刷厂	Printed by	Beijing Bei Lin Printing House, Beijing 100083, China
发 行	科 学 出 版 社 地址:东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717 电话:(010)64034563 E-mail:journal@csppg.net	Distributed by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China Tel:(010)64034563 E-mail:journal@csppg.net
订 购	全国各地邮局	Domestic	All Local Post Offices in China
国外发行	中国国际图书贸易总公司 地址:北京 399 信箱 邮政编码:100044	Foreign	China International Book Trading Corporation Add:P. O. Box 399 Beijing 100044, China
广告经营 许 可 证	京海工商广字第 8013 号		



ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

国内外公开发行

国内邮发代号 82-7

国外发行代号 M670

定价 70.00 元