ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报
Acta Ecologica Sinica

第32卷 第8期 Vol.32 No.8 2012

中国生态学学会
中国科学院生态环境研究中心 主办
科学出版社 出版

中国科学院科学出版基金资助出版

生 态 学 报

（SHENGTAI XUEBAO）

第 32 卷 第 8 期　　2012 年 4 月　（半月刊）

目　　次

东北地区 5 种阔叶树苗木对火烧的生理响应…… 王　荣,胡海清（2303）
梭梭木虱发生规律及其影响因子…… 李粉莲,吴雪海,王佩玲,等（2311）
基于遥感降尺度估算中国森林生物量的空间分布…… 刘双娜,周　涛,舒　阳,等（2320）
流域景观格局与河流水质的多变量相关分析…… 赵　鹏,夏北成,秦建桥,等（2331）
内蒙古达赉湖地区赤狐生境选择及生境景观特征分析…… 张洪海,李成涛,窦华山,等（2342）
雅鲁藏布江流域底栖动物多样性及生态评价…… 徐梦珍,王兆印,潘保柱,等（2351）
用组合模型综合比较的方法分析气候变化对朱鹮潜在生境的影响…… 翟天庆,李欣海（2361）
2010 年牧区 2 代草地螟成虫迁飞的虫源分析 …… 张　丽,张云慧,曾　娟,等（2371）
基于细胞色素 *b* 基因的中国岩羊不同地理种群遗传差异分析…… 李楠楠,刘振生,王正寰,等（2381）
喀斯特峰丛洼地不同退耕还林还草模式的土壤微生物特性…… 鹿士杨,彭晚霞,宋同清,等（2390）
永定河沿河沙地杨树人工林生态系统呼吸特征…… 方显瑞,张志强,查同刚,等（2400）
基于湿地植物光谱的水体总氮估测…… 刘　克,赵文吉,郭逍宇,等（2410）
背瘤丽蚌 F 型线粒体基因组全序列分析 …… 陈　玲,汪桂玲,李家乐（2420）
流域“源-汇”景观格局变化及其对磷污染负荷的影响——以天津于桥水库流域为例 ……
…… 李崇巍,胡　婕,王　飒,等（2430）
线虫群落对抚顺煤矸石山周边土壤可溶性盐污染的响应…… 张伟东,吕　莹,肖　莹,等（2439）
地上竞争对林下红松生物量分配的影响…… 汪金松,范秀华,范　娟,等（2447）
湿地松和马尾松人工林土壤甲烷代谢微生物群落的结构特征…… 王　芸,郑　华,陈法霖,等（2458）
马尾松和杉木树干韧皮部水溶性糖 $\delta^{13}C$ 值对气象因子的响应 …… 卢钰茜,王振兴,郑怀舟,等（2466）
沙坡头人工植被演替过程的土壤呼吸特征…… 高艳红,刘立超,贾荣亮,等（2474）
豫西刺槐能源林的热值动态…… 谭晓红,刘诗琦,马履一,等（2483）
铁皮石斛种子的室内共生萌发 …… 吴慧凤,宋希强,刘红霞（2491）
红光与远红光比值对温室切花菊形态指标、叶面积及干物质分配的影响 ……
…… 杨再强,张继波,李永秀,等（2498）
扑草净对远志幼苗根系活力及氧化胁迫的影响…… 温银元,郭平毅,尹美强,等（2506）
地表臭氧浓度增加和 UV-B 辐射增强及其复合处理对大豆光合特性的影响 ……
…… 郑有飞,徐卫民,吴荣军,等（2515）
AMF 对喀斯特土壤枯落物分解和对宿主植物的养分传递 …… 何跃军,钟章成,董　鸣（2525）
传统豆酱发酵过程中细菌多样性动态…… 葛菁萍,柴洋洋,陈　丽,等（2532）
定位施肥对紫色菜园土磷素状况的影响…… 孙倩倩,王正银,赵　欢,等（2539）
基于生态需水保障的农业生态补偿标准…… 庞爱萍,孙　涛（2550）
保障粮食安全造成的生态价值损失评估模型及应用…… 芦蔚叶,姜志德,张应龙,等（2561）
专论与综述
疏浚泥用于滨海湿地生态工程现状及在我国应用潜力…… 黄华梅,高　杨,王银霞,等（2571）
问题讨论
厌氧氨氧化菌群体感应系统研究…… 丁　爽,郑　平,张　萌,等（2581）
基于形态结构特征的洞庭湖湖泊健康评价…… 帅　红,李景保,夏北成,等（2588）
研究简报
黄土高原不同树种枯落叶混合分解效应…… 刘增文,杜良贞,张晓曦,等（2596）
不同经营类型毛竹林土壤活性有机碳的差异…… 马少杰,李正才,王　斌,等（2603）
干旱对辣椒光合作用及相关生理特性的影响 …… 欧立军,陈　波,邹学校（2612）
硅和干旱胁迫对水稻叶片光合特性和矿质养分吸收的影响 …… 陈　伟,蔡昆争,陈基宁（2620）

期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 326 * zh * P * ￥70.00 * 1510 * 36 * 2012-04

封面图说:红树林粗大的气生根——红树林是热带、亚热带海湾及河口泥滩上特有的常绿灌木或乔木群落。由于海水环境条件特殊,红树林植物具有一系列特殊的生态和生理特征。其中之一就是气根,红树从根部长出许多指状的气生根露出海滩地面,以便在退潮时甚至潮水淹没时用以通气,故称呼吸根。在中国,红树林主要分布在海南、广西、广东和福建省沿海,它一般分布于高潮线与低潮线之间的潮间带,往往潮差越大、红树的呼吸根就长得越高越粗大。

彩图提供:陈建伟教授　北京林业大学　E-mail:cites.chenjw@163.com

DOI: 10.5846/stxb201101230117
芦蔚叶,姜志德,张应龙,谢永生,王继军.保障粮食安全造成的生态价值损失评估模型及应用.生态学报,2012,32(8):2561-2570.
Lu W Y, Jiang Z D, Zhang Y L, Xie Y S, Wang J J. The loss of ecosystem services value caused by food security assessment model and it's application. Acta Ecologica Sinica, 2012, 32(8): 2561-2570.

保障粮食安全造成的生态价值损失评估模型及应用

芦蔚叶[1],姜志德[1,*],张应龙[2],谢永生[2],王继军[2]
(1. 西北农林科技大学经济管理学院,杨凌, 712100;2. 西北农林科技大学资源环境学院, 杨凌 712100)

摘要:粮食安全和生态安全是我国政府必须切实解决的关系到社会经济发展、人民生活质量提高和社会稳定的重大战略问题。借鉴前人的生态服务价值理论与评估模型的基础上,阐明了保障粮食安全造成的生态服务价值损失的内涵,并以理论分析为依据,分别构建了评估不同类型生态服务价值损失的模型,为了验证所构建模型的可操作性和实用性,以陕西省长武县为案例区,对其 2008 年保障粮食安全导致的生态价值损失进行了评估,在不同类型生态服务价值损失中,由于不同生态系统的合理转换引起的生态服务价值损失为 22834.16×10^4 元;如果将长武县所有粮食生产用地作为林地、草地、水体,与作为耕地相比,可为人们多提供的生态服务价值分别为:21963.30×10^4 元、4095.04×10^4 元、40678.82×10^4 元;单位面积林地、草地、水体可以多提供的生态服务价值量,最高的是水体,为 19682.34 元/hm^2,林地和草地分别为:10627.4 元/hm^2 和 1981.37 元/hm^2。

关键词:粮食安全;生态服务价值损失;评估模型;长武县

The loss of ecosystem services value caused by food security assessment model and it's application

LU Weiye[1], JIANG Zhide[1,*], ZHANG Yinglong[2], XIE Yongsheng[2], WANG Jijun[2]
1 *College of Economics and Management, Northwest Agriculture and Forestry University, Yangling* 712100, *China*
2 *College of Resources and Environment, Northwest Agriculture and Forestry University, Yangling* 712100, *China*

Abstract: Food security and ecological security are strategic issues that are related to social and economic development, and must be addressed effectively by our government in order to improve people's quality of life and social stability. Because people interfere with ecosystem structure, function and ecological processes during food production, this leads to declining ecosystem service function and a decrease in its value. Therefore, theoretical analysis and loss assessment of the reduction in ecosystem service value caused by ensuring food security has important theoretical and real significance. This paper aims to carry out theoretical analysis for the ecosystem service value loss caused by ensuring food security, and to construct an evaluation model of value loss. First, the thesis reveals the theoretical mechanism that illustrates how ensuring food security affects ecosystem service value loss. Second, the thesis constructs a model for evaluating the loss of ecosystem service value caused by guaranteeing food security, based on theoretical analysis. Finally, and using Changwu County of Shaanxi Province as an example, we evaluate its loss of ecosystem service value in 2008 to verify the practicability of the model.

Theoretical research shows that ecosystem services value loss caused by ensuring food security is divided into direct loss and indirect loss. Direct loss includes two aspects: in the process of food production, adjustment of land use leads to ecosystem exchange, whereby the ecosystem value declines and causes the loss of ecosystem services value. In addition, food production has a negative impact on the ecosystem that surrounds the agro-ecosystem, and those negative impacts can

基金项目:国家"十一五"科技支撑计划项目(2006BAD09B10);中国科学院农业项目(KSCX2-YW-N-46-04);中国科学院知识创新工程重大项目(KSCX-YW-09-07)
收稿日期:2011-01-23; **修订日期**:2012-02-07
* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: jiangzhide@nwsuaf.edu.cn

also cause the loss of ecosystem services value. Indirect losses relate to land being used for grain production; if land being managed in such a way that its ecological service value is high is then used for grain production, then the overall loss to the ecosystem services value is correspondingly great.

This thesis estimates the ecosystem service value in Changwu County. Evaluation results show that in 2008 the county's total ecosystem service value for different land use types was 85503.32×10^4 yuan, in which forest generated the largest ecosystem service value of 58136.70×10^4 yuan, accounting for 67.99% of the total value. Farmland, water, grassland and unused land accounted for 18.09%, 11.68%, 1.55%, and 0.69% of the total value, respectively. Forest, farmland and water produced more than 97% of the total value.

The ecosystem services value loss evaluation resulting from guaranteeing food security in Changwu County in 2008 shows that the reasonable conversion between different ecosystems caused a loss of ecosystem service value of 22834.16×10^4 yuan. If all the farmland used for food production now functioned as forest, grassland or water, it would provide greater ecosystem service value than before and the difference would be 21963.30×10^4 yuan, 4095.04×10^4 yuan and 40678.82×10^4 yuan, respectively.

Theoretical analysis and evaluation of value loss shows, first, that guaranteeing food security causes a tremendous ecosystem service value loss. People also lose the bigger ecosystem service value produced by other ecological systems such as forest and water. Second, application of the model shows that it is simple, clear, straightforward and easy to operate, and case application proves its applicability and practicability.

Keywords: food security; loss of ecological services value; assessment model; Changwu

生态系统为人类源源不断地提供食物、纤维、燃料等产品,同时还提供了许多不能在市场中兑现的公共产品,包括气体调节、气候调节、水源涵养、土壤形成与保护、废物处理、生物多样性维持、休闲娱乐等。农田生态系统是在自然生态系统基础上经人为干扰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60%的粮食供给[1]。然而,这60%的粮食供给却是用巨大的生态服务价值损失换来的。人类的粮食生产活动对生态系统的干扰,不仅会使不同生态系统相互转换,而且会削弱生态系统维持其功能以及提供生态系统产品的能力,例如,影响生态系统对大气和气候的调解过程、改变营养物质贮存与循环过程、降低生物多样性维持能力等。此外,土地用作粮食生产,也就不能作为提供生态服务价值更大的其它土地利用类型(如:林地、水体等)。以上两种情况都使得生态系统为人类提供的生态服务价值有所减少。

随着人类对自然资源的全部价值认识的不断加深,学术界和管理者已经认识到使用自然资源必须支付使用资源的全部成本[2]。自然资源越来越稀缺、生态系统不断退化、人类对生态系统服务和粮食需求日益增长,在这样的形势下,我们有必要认识和评估保障粮食安全对生态服务价值变化的影响,在制定粮食生产规划时,除了考虑满足人类的粮食需求外,还必须考虑保障粮食安全造成的生态服务价值损失,只有这样,才能从整个社会的角度达到粮食安全与生态环境可持续协调发展。

目前,关于生态价值损害方面的研究文献还很少[3-4],而对保障粮食安全造成的生态服务价值损失的研究则更少,本研究拟在这一方面做一尝试。本文首先对保障粮食安全造成的生态服务价值损失的评估思路和方法进行了阐述,然后借鉴已有研究成果并结合生态价值理论,构建了保障粮食安全造成的生态服务价值损失评估模型,并用所建立的模型对陕西省长武县保障粮食安全造成的生态服务价值损失进行了估算。

1 思路、方法与模型

1.1 保障粮食安全造成的生态服务价值损失评估思路

保障粮食安全所造成的生态服务价值损失分为直接损失和间接损失。直接损失包括两方面:(1)在粮食生产过程中,由于土地利用结构的调整使不同土地利用类型(或生态系统)之间发生合理转换所引起的生态服务价值损失;(2)由于粮食生产对农田生态系统周围的生态系统的负面影响,造成其生态服务价值损失。

间接损失是指土地作为粮食生产用地而不是生态服务价值更大的土地利用类型(或生态系统),所造成的生态服务价值损失,上述粮食生产用地包括为保障粮食安全所需要的耕地和在保证粮食安全所需要的耕地数量的前提下,仍然以粮食生产用地形式存在的耕地。

根据保障粮食安全造成的生态服务价值损失的内涵及类型可知,生态服务价值损失的评估思路为:首先计算出不同土地利用类型的生态服务价值,然后通过用生态服务价值大于耕地的土地利用类型的生态服务价值与耕地的生态服务价值进行比较,即可得出保障粮食安全造成的不同类型的生态服务价值损失。

1.2　不同土地利用类型生态服务价值损失评估方法

1.2.1　每个当量生态服务价值计算方法

根据中国的实际情况,谢高地等[5]参考 Costanza 等人[6]的研究成果,于 2002 年对我国 700 位生态学者进行问卷调查的基础上,给出"中国不同陆地生态系统单位面积生态服务价值当量表",2002 年—2007 年间陆续回收 500 份问卷,对 2002 年的研究成果进行修正和完善,并得出新的"中国不同陆地生态系统单位面积生态服务价值当量表"(表 1),本研究后续数据的计算即采用其修正后的生态服务价值当量表。其中,一个当量是 1hm^2 农田每年平均粮食自然产量的经济价值,计算中一般取实际产量的 1/7 作为自然产量。本文每个当量的生态服务价值计算公式[7]为:

$$E_a = \frac{1}{7}\sum_{i=1}^{n}\frac{m_i \times p_i \times q_i}{M} \tag{1}$$

式中,E_a 为单位农田生态系统提供食物生产服务的经济价值(元/hm^2);i 为粮食作物种类①;p_i 为 i 种粮食作物的平均价格(元/t);q_i 为 i 种粮食作物单产(t/hm^2);m_i 为 i 种粮食作物的播种面积(hm^2);M 为粮食作物播种的总面积(hm^2);其中,i 为小麦、玉米和豆类。计算出每个当量的生态服务价值后,结合中国不同陆地生态系统单位面积生态服务价值当量表,便可得出不同土地利用类型单位面积的生态服务价值。

表 1　中国陆地生态系统单位面积生态服务价值当量表

Table 1　Ecosystem services value unit area of Chinese terrestrial ecosystem

服务分类 Service category	服务功能 Service function	林地 Woodland	草地 Grassland	耕地 Crop land	水体 Water body	未利用地 Unused land
供给服务	食物生产	0.33	0.43	1	0.53	0.02
Provisioning	原材料	2.98	0.36	0.39	0.35	0.04
调节服务	气体调节	4.32	1.5	0.72	0.51	0.06
Regulating	气候调节	4.07	1.56	0.97	2.06	0.13
	水源涵养	4.09	1.52	0.77	18.77	0.07
	废物处理	1.72	1.32	1.39	14.85	0.26
支持服务	土壤形成与保护	4.02	2.24	1.47	0.41	0.17
Supporting	生物多样性保护	4.51	1.87	1.02	3.43	0.4
文化服务 Culture	娱乐文化	2.08	0.87	0.17	4.44	0.24
合计 Total		28.12	11.67	7.9	45.35	1.39

1.2.2　不同生态服务价值评估方法

在确定了每种土地利用类型单位面积的生态服务价值后,就可以根据下面的公式[6]计算出各种土地利用类型的生态服务价值、各项服务功能的价值和生态系统服务的总价值:

$$\mathrm{ESV}_k = \sum_f A_k \times VC_{kf} \tag{2}$$

$$\mathrm{ESV}_f = \sum_k A_k \times VC_{kf} \tag{3}$$

① 本文中的粮食作物种类是指小麦、玉米、豆类

$$ESV = \sum_{k}\sum_{f} A_k \times VC_{kf} \tag{4}$$

式中,ESV_k、ESV_f、ESV(Ecosystem Service Value)分别代表第 k 种土地利用类型的生态服务价值、第 f 项服务功能的价值和生态系统服务的总价值,A_k 代表第 k 种土地利用类型的土地面积,VC_{kf}(Value Coefficient,价值系数)代表第 k 种土地利用类型第 f 项服务功能单位面积的服务价值。

1.3 不同类型生态服务价值损失评估模型

1.3.1 不同生态系统之间的合理转换引起的生态服务价值损失

土地利用结构变化改变了自然景观面貌,影响景观中的物质循环和能量分配,这些影响会从生态服务价值的变动中表现出来[8]。现今的所有耕地均是最初由森林、草地、湿地、水体等转化而来,以高生物量的生态系统转化为低生物量的农田生态系统,其结构、组成和功能过程发生根本性的改变,碳循环量降低,生态系统维持营养物质与循环、调节大气和气候等功能受到损害[9]。不同生态系统之间转换引起的这些损害使得森林、草地、湿地、水体等在转化为农田过程中,生态服务价值不断损失。从人类活动介入自然生态系统至今,由于不同土地利用类型之间的相互转化是一个及其复杂的过程,到目前为止,究竟有多少除农田之外的生态系统转化为粮食生产用地是无法统计的,同时,各种土地利用类型中,只有森林、草地、湿地、水体生态系统的生态服务价值大于农田,因此,本文假设,所有的粮食生产用地均是由森林、草地、湿地和水体转化而来。可以根据研究区实际情况及相关资料,确定以上各土地利用类型转化为粮食生产用地的面积。不同生态系统之间的合理转换引起的生态服务价值损失的计算公式为:

$$\Delta ESV_1 = \sum (ESV_k - ESV_{crop}) \tag{5}$$

$$\Delta ESV_1 = \sum (\sum_{f} A_k \times VC_{kf} - \sum_{f} A_k \times VC_{cf}) \tag{6}$$

式中,ΔESV_1 为森林、草地、湿地、水体转化为农田引起的生态服务价值损失,ESV_k 为森林、草地、湿地等的生态服务价值,ESV_{crop} 为耕地的生态服务价值。A_k 为研究时段内森林、草地等转化为粮食用地的面积,VC_{kf} 为森林、草地等生态系统各服务功能的生态服务价值单价,VC_{cf} 为耕地各服务功能的生态服务价值单价。

1.3.2 农田生态系统周围的生态系统的生态服务价值损失

粮食生产除了直接破坏转化为农田的生态系统,还影响与农田相邻的生态系统,引起相邻生态系统的退化。如农药、化肥、重金属等有害物质,通过地表径流大量迁移进入农田生态系统周围的生态系统[10];大量抽取地下水灌溉的地区出现降落漏斗等。以上这些生态损害所造成的生态价值损失也是在制定粮食生产决策中所必须考虑的因素。对这些生态服务价值损失的评估,关键在于衡量粮食生产对农田周围生态系统的损害程度。由于粮食生产对农田周围生态系统的影响较为复杂,并且损害程度也难以确定,因此,本文对粮食生产造成的农田生态系统周围的生态系统的生态服务价值损失不做具体探讨。

1.3.3 保障粮食安全的粮食生产用地造成的生态服务价值损失

冉圣宏等[11]学者的研究成果表明,我国各种土地利用类型中,单位面积生态价值高低排序为:水体>林地>草地>耕地。由此可见,用于粮食生产的这些耕地如果作为生态服务价值更大的土地利用类型(或生态系统),将会给人类提供更多的生态服务价值,而人类将其用作粮食生产,阻碍了其为人类提供更多的生态服务价值,这是保障粮食安全所付出的生态服务价值代价。

(1)保障粮食安全所需要的粮食生产用地面积

最小人均耕地面积给出了为保障一定区域食物安全而需保护的耕地数量底线,因此,本研究以最小人均耕地面积为基础,计算保障粮食安全所需要的粮食生产用地面积。最小人均耕地面积是食物自给率、食物消费水平、食物综合生产能力等因子的函数,可用如下模型[12]计算:

$$S_{min} = \beta \frac{G_r}{p \times q \times k} \tag{7}$$

式中,S_{min} 为最小人均耕地面积(hm^2/人);β为食物自给率(%);G_r 为人均食物需求量(kg/人);P 为食物单产

(kg/hm^2);q 为粮食播种面积占总播种面积之比(%);k 为复种指数(%)。最小人均耕地面积与总人口的乘积,即为保障粮食安全所需要的粮食用地面积,即 S_b。

(2)生态服务价值损失

保障粮食安全所需要的粮食生产用地所造成的生态服务价值损失的计算公式为:

$$\Delta \mathrm{ESV}_{2k} = \sum_f S_b \times VC_{kf} - \sum_f S_b \times VC_{cf} \tag{8}$$

式中,$\Delta \mathrm{ESV}_{2k}$ 即为保障粮食安全所需要的粮食生产用地不作为生态服务价值更大的森林、草地、湿地、水体生态系统所分别造成的生态服务价值损失;VC_{kf} 为森林、草地、湿地、水体各服务功能的生态服务价值单价;VC_{cf} 为耕地各服务功能的生态服务价值单价;S_b 为保障粮食安全的粮食生产用地面积。

1.3.4　多余的粮食生产用地所造成的生态服务价值损失

如若实际人均耕地面积小于最小人均耕地面积,表明耕地承受巨大的压力,需防止出现粮食不安全问题,而实际人均耕地面积大于最小人均耕地面积的那些耕地,可以适度转移耕地用途,进行退耕还林、还草以改善生态环境,需要的时候再转变为耕地或永久将其转变为生态服务价值更大的森林、草地等生态系统。多于人均最小耕地面积的粮食生产用地,以农田生态系统的形式存在而非其它生态服务价值更大的生态系统,其与保障粮食安全所需要的耕地一样,减少了生态系统为人类提供的生态服务价值。本研究中多余的粮食生产用地为研究区实际的粮食生产用地面积与保障粮食安全所需要的粮食生产用地面积的差值,即 S_d。多余的粮食生产用地造成的生态服务价值损失的计算公式为:

$$\Delta \mathrm{ESV}_{3k} = \sum_f S_d \times VC_{kf} - \sum_f S_d \times VC_{cf} \tag{9}$$

式中,$\Delta \mathrm{ESV}_{3k}$ 即为多余的粮食生产用地不作为生态服务价值更大的森林、草地、湿地、水体生态系统所分别造成的生态服务价值损失;VC_{kf} 为森林、草地、湿地、水体各服务功能的生态服务价值单价;VC_{cf} 为耕地各服务功能的生态服务价值单价;S_d 为多余的粮食生产用地面积。

2　案例应用分析

2.1　长武县概况

黄土高原丘陵沟壑区水土流失最严重、自然生态系统先天脆弱,不合理的人类活动导致生态环境严重退化,农村居民生活贫困。长武县是黄河中游 100 个水土流失治理的重点县。长武县位于陕西渭北西部(107°38′—107°58′E,34°59′—35°18′N),属于西北黄土高原丘陵沟壑区,具有典型的高塬沟壑地貌。塬川相间,沟谷发育,塬面地势平坦,为粮食作物主要种植区,梁坡土壤侵蚀严重,为水土流失的主要治理地段。全县总面积 56710 hm^2,海拔为 847—1274 m。长武县属西北内陆暖温带半湿润大陆性季风气候区,年平均日照 2226.5 h,年平均气温为 9.1 ℃,无霜期 171 d,年降水量为 587.8 mm。受黄土高原地形和海拔高度影响,形成明显的垂直气候分异的特点。当地土地景观以低产农田、荒山荒坡和沟道水保林为主要成分,景观多样性较低,分布均匀性较强,而异质性较弱,整体景观破碎化程度较低[13];土地利用类型有耕地、林地、草地、水体、未利用地和城镇用地[14]。农民的生活状况属于基本温饱,并不富裕。2008 年,全县人均 GDP 为 6429.83 元,总人口 18.04 万,农业人口 16.27 万,占总人口的 90.17%。选择陕西省长武县为案例区一方面是考虑到该县生态环境脆弱的特点,另一方面该县以粮食生产和果业为主,其对于验证本文的研究理论和方法具有典型性。同时,对该县保障粮食安全生态服务价值损失评估的研究,希望可以提高人们在粮食生产活动中,保护原本脆弱的生态环境和进行生态系统经营和建设的意识。

2.2　不同土地利用类型单位面积生态服务价值

根据公式(1),采用 2008 年长武县的平均实际粮食产量(4.35 t/hm^2)和粮食平均收购价(1591.10 元/t),计算出每个当量的生态服务价值为 947.50 元。根据已有研究和长武县的具体情况,把每种土地利用类型与最接近的生态系统类型联系起来。其中耕地与农田对应,林地与森林对应,,未利用地取荒漠对应的值,城镇用地取值为 0[15]。根据式(2)—(4)并结合表 1,计算出长武县不同土地利用类型单位面积生态服务价值

(表 2),进而得出不同土地利用类型生态服务总价值(表 3)。

表 2 不同土地利用类型单位面积生态服务价值

Table 2 Ecosystem services value unit area of different land use types in Changwu county

服务分类 Service category	服务功能 Service function	林地 Woodland /(元/hm²)	草地 Grassland /(元/hm²)	耕地 Crop land /(元/hm²)	水体 Water body /(元/hm²)	未利用地 Unused land /(元/hm²)	城镇用地 Building-up area /(元/hm²)
供给服务	食物生产	312.68	407.43	947.50	502.18	18.95	0.00
Provisioning	原材料	2823.56	341.10	369.53	331.63	37.90	0.00
调节服务	气体调节	4093.21	1421.25	682.20	483.23	56.85	0.00
Regulationing	气候调节	3856.34	1478.10	919.08	1951.86	123.18	0.00
	水源涵养	3875.29	1440.20	729.58	17784.62	66.33	0.00
	废物处理	1629.70	1250.70	1317.03	14070.41	246.35	0.00
支持服务	土壤形成与保护	3808.96	2122.41	1392.83	388.48	161.08	0.00
Supporting	生物多样性保护	4273.24	1771.83	966.45	3249.93	379.00	0.00
文化服务 Culture	娱乐文化	1970.81	824.33	161.08	4206.91	227.40	0.00
合计 Total		26643.77	11057.35	7485.27	42969.24	1317.03	0.00

表 3 不同土地利用类型生态服务总价值

Table 3 Ecosystem services total value of different land use types in Changwu county

服务分类 Service category	服务功能 Service function	林地 Woodland /(10^4 元)	草地 Grassland /(10^4 元)	耕地 Crop land /(10^4 元)	水体 Water body /(10^4 元)	未利用地 Unused land /(10^4 元)	城镇用地 Building-up area /(10^4 元)
供给服务	食物生产	682.26	48.89	1958.17	116.76	8.34	0.00
Provisioning	原材料	6161.00	40.93	763.69	77.10	16.69	0.00
调节服务	气体调节	8931.38	170.55	1409.88	112.35	25.03	0.00
Regulationing	气候调节	8414.52	177.37	1899.43	453.81	54.23	0.00
	水源涵养	8455.87	172.82	1507.79	4134.92	29.20	0.00
	废物处理	3556.01	150.08	2721.86	3271.37	108.46	0.00
支持服务	土壤形成与保护	8311.15	254.69	2878.51	90.32	70.91	0.00
Supporting	生物多样性保护	9324.20	212.62	1997.33	755.61	166.86	0.00
文化服务 Culture	娱乐文化	4300.30	98.92	332.89	978.11	100.11	0.00
合计 Total		58136.70	1326.88	15469.56	9990.35	579.83	0.00

从表 3 可以看出,长武县生态系统服务总价值为 85503.32×10^4 元,总价值构成中,林地产生的生态服务价值最大,为 58136.70×10^4 元,约为总价值的 67.99%,其次分别为:耕地约占 18.09%,水体约占 11.68%,草地约占 1.55%,未利用地约占 0.69%。林地、耕地和水体生态系统产生的生态服务价值超过了总价值的 97%,可见其重要性,尤其是水体,占地面积虽小,仅占总面积的 4.09%,但其产生的生态服务价值却占 11.68%,在生态环境保护和建设时应予以关注。生态系统各项服务功能按照服务价值大小依次为:水源涵养>生物多样性保护>土壤形成与保护>气候调节>气体调节>废物处理>原材料>娱乐文化>食物生产。

2.3 不同生态系统之间的合理转换引起的生态服务价值损失

我国北方地区不同土地利用类型之间相互转化主要表现在:耕地的转入量主要由草地和林地转化而来,同时耕地的转出量中大部分转变为草地和林地;水体变化主要表现为与林、草地和耕地间的转化[16]。近几年来,长武县土地利用变化根据其变化面积的大小依次为:耕地变化为园地,耕地变化为居民点及工矿用地,草地变为园地,少量的居民点及工矿用地变为耕地,耕地变为未利用地,居民点及工矿用地变为园地,这几种变化类型[17]。根据以上研究成果以及上文中关于不同土地利用类型转化为粮食生产用地面积的计算方法,我们可以假设长武县现有的粮食生产用地均是由林地、草地、水体转化而来。利用 2008 年长武县土地利用面积数据,得出长武县林地、草地、水体三者分别占其面积之和的百分比依次为 86.09%,4.73%,9.17%,假设用

该比例关系来反映长武县林地、草地及水体转化为粮食生产用地的比例。长武县粮食生产用地面积为 11464 hm^2,根据以上比例关系,可以计算出从人类介入自然生态系统至 2008 年,长武县林地、草地、水体转化为粮食用地的面积依次为:9869.58、542.78、1051.64 hm^2。根据式(6),计算出不同生态系统之间的合理转换引起的生态系统服务价值损失(表 4)

表 4　不同生态系统之间的合理转换引起的生态服务价值损失

Table 4　The loss of ecosystem services value caused by a reasonable conversion between different land use types

服务分类 Service category	服务功能 Service function	林地 Woodland/(10^4 元)	草地 Grassland/(10^4 元)	水体 Water body/(10^4 元)
供给服务	食物生产	-626.55	-29.31	-46.86
Provisioning	原材料	2422.03	-1.54	-3.98
调解服务	气体调节	3366.52	40.11	-20.92
Regulating	气候调节	2898.95	30.34	108.61
	水源涵养	3104.68	38.57	1793.58
	废物处理	308.6	-3.6	1341.2
支持服务	土壤形成与保护	2384.62	39.6	-105.62
Supporting	生物多样性保护	3263.66	43.71	240.14
文化服务 Culture	娱乐文化	1786.13	36	425.48
合计 Total		18908.63	193.89	3731.64

表中生态服务价值前的负号代表森林、草地和水体的该项生态服务功能所产生的生态服务价值低于粮食生产用地该项生态服务功能所对应的生态服务价值,两者作差后得出的结果为负值。

根据表 4 可以得出,不同生态系统之间的合理转换引起的生态服务价值损失为 22834.16×10^4 元。其中,林地转换为粮食生产用地造成的生态服务价值损失为 18908.63×10^4 元,占总生态服务价值损失的 82.81%。林地各项服务功能的生态服务价值除食物生产的价值小于耕地以外,其他服务功能的价值均大于耕地,依次为气体调节功能、生物多样性保护、水源涵养、气候调节、原材料、土壤形成与保护、娱乐文化、废物处理。水体转换为粮食生产用地造成的生态服务价值损失 3731.64×10^4 元,占总生态服务价值损失的 16.34%。水体各项服务功能的生态服务价值中,土壤形成与保护、食物生产、气体调节和原材料的价值均小于耕地。草地转换为粮食生产用地造成的生态服务价值损失为 193.89×10^4 元,占总生态服务价值损失的 0.85%。草地各项服务功能的生态服务价值中,除食物生产、废物处理和原材料的生态服务价值小于耕地以外,其他服务功能的价值均大于耕地。以上结果表明,在林地、水体和草地生态系统转换为粮食生产用地的过程中,虽然有部分服务功能的价值有所增加,但是总生态服务价值的损失是巨大的。

2.4　保障粮食安全所需要的粮食生产用地所造成的生态服务价值损失

按照 2008 年长武县统计年鉴及以往研究成果资料本文取:食物自給率为 95%[18];人均食物需求量为 350 kg/人[19]。粮食单产为 4350.74 kg/hm^2;粮食播种面积占农作物播种面积之比为 75%;复种指数为 150%,2008 年总人口为 18.04 万人。按公式(7)计算出长武县最小人均耕地面积为 0.068 hm^2/人,最小耕地面积为 12187.46 hm^2,而长武县实际的粮食面积为 11464 hm^2,实际粮食用地面积小于最小耕地面积,说明长武县需要防止出现粮食不安全问题。因此,长武县保障粮食安全的粮食用地面积即为其实际粮食用地面积。按公式(8)计算得出,如果粮食用地不作为生态服务价值更大的森林、草地、水体用地所造成的生态服务价值损失(表 5)。

从表 5 可以看出,如果将粮食生产用地均作为生态服务价值更大的林地,其生态服务价值为 30544.42×10^4 元,均作为草地,其生态服务价值为 12676.15×10^4 元,均作为水体,其生态服务价值为 49259.93×10^4 元。与作为耕地相比,林地、草地、水体可以为人类多提供的生态服务价值分别为:21963.30×10^4 元、4095.04×10^4 元、40678.82×10^4 元。以上结果表明,为了保障粮食安全,人们不得不放弃林地、草地、水体等生态系统为人类提供的更多的生态服务价值。

表 5 保障粮食安全的粮食生产用地造成的生态服务价值损失

Table 5 The loss of ecosystem services value caused by food production land which is needed to ensure food security

服务分类	服务功能	林地/(10^4 元)	草地/(10^4 元)	水体/(10^4 元)
供给服务 provisioning	食物生产	-727.76	-619.14	-510.52
	原材料	2813.3	-32.59	-43.45
调解服务 Regulating	气体调节	3910.38	847.25	-228.11
	气候调节	3367.27	640.87	1183.98
	水源涵养	3606.24	814.66	19551.9
	废物处理	358.45	-76.03	14620.48
支持服务 Supporting	土壤形成与保护	2769.85	836.39	-1151.39
	生物多样性保护	3790.9	923.29	2617.78
文化服务 Culture	娱乐文化	2074.67	760.35	4638.15
	合计 Total	21963.3	4095.04	40678.82

2.5 多余的粮食生产用地造成的生态服务价值损失

多余的粮食生产用地所造成的生态服务价值损失,按公式(9)计算,但是长武县 2008 年的实际粮食用地面积小于最小耕地面积,因此,没有多余的粮食生产用地,这部分生态服务价值损失本文不作具体计算。

3 结论与讨论

3.1 结论

本文借鉴已有研究成果并结合生态服务价值理论,阐明了保障粮食安全导致的生态服务价值损失的内涵及其类型,构建了保障粮食安全导致的生态服务价值损失的评估模型,并应用构建的生态服务价值损失综合评估模型对陕西省长武县保障粮食安全造成的生态服务价值损失进行了估算。模型的构建为综合评估保障粮食安全导致的生态服务价值损失做出了有益尝试。通过理论分析、模型构建和应用研究得出如下结论:

(1)为了生存和发展的需要,人类不断砍伐森林,开垦草地等进行粮食生产,使高生物量的森林、草地等生态系统转化为低生物量的农田生态系统;为了生产更多的粮食,施肥、灌溉、病虫害防治等成为人们提高粮食综合生产能力的有效手段。但是,人类这些行为却对生态系统造成了不同程度的干扰,使得生态系统生境改变或破碎化、系统生产力损失、生物生长行为和生态过程改变、生物多样性减少、生物群落结构改变,进而损害生态系统维持其功能以及提供生态系统产品的能力,最终导致生态服务价值的损失。

(2)为保障粮食安全,土地作为粮食生产用地,而不是生态服务价值更大的土地利用类型(或生态系统类型),这不可避免的减少了生态系统为人类提供的生态服务价值,这部分生态服务价值损失也是不容忽视的。

(3)2008 年长武县生态系统服务总价值为 85503.32×10^4 元,总价值构成中,林地产生的生态服务价值最大为 58136.70×10^4 元,约为总价值的 67.99%,其次分别为:耕地约占 18.09%,水体约占 11.68%,草地约占 1.55%,未利用地约占 0.69%。各项服务功能按照服务价值大小依次为:水源涵养>生物多样性保护>土壤形成与保护>气候调节>气体调节>废物处理>原材料>娱乐文化>食物生产。

(4)应用所构建的评估模型对长武县保障粮食安全导致的生态服务价值损失的评估结果为:截止到 2008 年,长武县保障粮食安全造成的生态服务价值损失中,由于不同生态系统的合理转换所引起的生态服务价值损失为 22834.16×10^4 元;如果将长武县所有粮食生产用地均作为林地、草地、水体,其产生的生态服务价值分别为:30544.42×10^4 元、12676.15×10^4 元、49259.93×10^4 元,与作为耕地相比,其可以为人类多提供的生态服务价值分别为:21963.30×10^4 元、4095.04×10^4 元、40678.82×10^4 元。因此,保障粮食安全不仅造成了巨大的生态服务价值损失,而且人们也不得不放弃生态服务价值更大的其它生态系统(如林地、水体等)产生的更多的生态服务价值。

(5)对模型的应用研究表明,运用所构建的模型可以对保障粮食安全导致的生态服务价值损失进行估算,该模型思路清晰、操作简便,案例应用对本文所构建模型进行的验证,证明了其适用性和实用性。

3.2　讨论

从文中的评估结果可以看出,粮食生产活动导致的不同土地利用类型(或生态系统类型)之间的合理转换(或土地作为粮食生产用地,而不是林地、草地、湿地等生态系统),会使生态系统的原材料生产、气体调节、气候调节、水源涵养、废物处理、土壤形成与保护、生物多样性保护和娱乐文化等服务功能提供服务的能力有所下降,从而引起生态服务价值损失。但值得注意的是,粮食生产用地的食物生产功能提供的生态服务价值是高于林地、草地等生态系统的食物生产功能提供的生态服务价值的;粮食生产对农田周围生态系统的负面影响,会引起农田周围生态系统食物生产功能提供的生态服务价值有所降低。虽然,粮食生产会使生态系统部分生态服务功能提供的生态服务价值增加,但是保障粮食安全造成了生态系统生态服务总价值的减少。

鉴于生态系统相互作用和价值核算的复杂性,以及粮食生产对农田周围生态系统造成的损害程度的难以确定性,本文没有估算粮食生产对农田周围生态系统造成的生态服务价值损失。此外,由于长武县不存在多余的粮食生产用地,此部分粮食生产用地不能作为生态服务价值更大的土地利用类型所造成的生态服务价值损失本文也没有进行估算。本本文只是对保障粮食安全造成的生态服务价值损失的内涵及类型、方法进行了初步探索,其内涵及类型有待于完善,其评估方法有待于检验。因此,今后的研究可以进一步分析保障粮食安全对生态系统功能及服务价值的影响机制,完善生态服务价值损失评估的方法,进而提高评估方法的科学性及其在管理决策中应用的可靠性。

致谢:蔡元汉、赵峰娟、李瑞英和李聪会等对写作给予帮助,张俊兴老师在调研以及资料收集方面给予帮助,特此致谢。

References:

[1] 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.

[2] Greiner R, Young M D, McDonald A D, Brooks M. Incentive instruments for the sustainable use of marine resources. Ocean and Coastal Management, 2000, 43(1): 29-50.

[3] Peng B R, Hong H S, Chen W Q, Xue X Z, Cao X L, Peng J P. Ecological damage appraisal of sea reclamation: theory, method and application. Journal of Natural Resources, 2005, 20(5): 714-726.

[4] Xu F L, Qian G Q, Yang L Z. Economical assessment of the lose's value brought by the blizzard and frozen disasters to the forest in the ecosystem services-take the disaster forest of Fujian province as the example. Scientia Silvae Sinicae, 2008, 44(11): 193-201.

[5] Xie G D, Zhen L, Lu C X, Xiao Y, Li W H. Applying value transfer method for eco-service valuation in China. Journal of Resource and Ecology, 2010, 1(1): 51-59.

[6] Costanza R, d'Arge R, de Groot R, Farber S, Grasso M, Hannon B, Limburg K, Naeem S, O'Neill R V, Paruelo J, Raskin R G, Sutton P, van den Belt M. The value of the world's ecosystem services and natural capital. Nature, 1997, 387(6630): 253-260.

[7] Xiao Y, Xie G D, An K. Economic value of ecosystem services in Mangcuo Lake drainage basin. Chinese Journal of Applied Ecology, 2003, 14(5): 676-680.

[8] Bai X F, Chen H W. The value of ecosystem service of land use a case study in Pinggu. Journal of Beijing Agricultural College, 2003, 18(2): 109-111.

[9] Wu S J, Liang S C. Impacts of human activities on ecosystem in mangroves. Marine Environmental Science, 2008, 27(5): 537-542.

[10] Li X, Ju X T, Zhang L J, Wan Y J, Liu S Q. Effects of different fertilization modes on soil ammonia volatilization and nitrous oxide emission. Chinese Journal of Applied Ecology, 2008, 19(1): 99-104.

[11] Ran S H, Lu C H, Jia K J, Qi Y H. Environmental impact assessment of the land use change in China based on ecosystem service value. Chinese Journal of Environmental Science, 2007, 27(10): 2139-2144.

[12] Cai Y L, Fu Z Q, Dai E F. The minimum area per capita of cultivated land and its implication for the optimization of land resource allocation. Acta Geographica Sinica, 2002, 57(2): 127-134.

[13] Ren Y, Bi H X, Yun L. Analysis of landscape pattern of Changwu County in the Loess Plateau-gully region. Science of Soil and Water Conservation, 2009, 7(1): 43-48.

[14] Bian L, Hu Z B, Song W D. Eco-environmental effects of land use change in Changwu County of Shannxi Province. Chinese Journal of Ecology,

2009, 28(9): 1743-1748.

[15] Bai X F, Chen H W. The changes of ecosystem services and their values in various constructions of land use — a case study from Yijinhuoluo county of Inner Mogolia. Chinese Journal of Eco-Agriculture, 2004, 12(1): 180-182.

[16] Li Y C, He C Y. China Northern land use/land cover changes scene simulation and forecast. Chinese Science Bulletin, 2008, 53(6): 713-723.

[17] Han S C, Xie Y S, Hao M D. Land use change driving forces in Wangdonggou watershed of Changwu county. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2005, 25(5): 32-36.

[18] Yu L P. Interpretation of the national grain security program for medium and long-term. Grain Processing, 2009, 34(1): 10-12.

[19] He Y M, Yang Z S. Based on the food safety area per capita share of grain demand analysis. China Business · Jingji Lilun Yanjiu, 2008, (7): 6-8.

参考文献:

[1] 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.

[3] 彭本荣, 洪华生, 陈伟琪, 薛雄志, 曹秀丽, 彭晋平. 填海造地生态损害评估: 理论、方法及应用研究. 自然资源学报, 2005, 20(5): 714-726.

[4] 徐凤兰, 钱国钦, 杨伦增. 冰冻灾害造成森林生态服务价值损失的经济评估——以福建省受灾森林为例. 林业科学, 2008, 44(11): 193-201.

[7] 肖玉, 谢高地, 安凯. 莽措湖流域生态系统服务功能经济价值变化研究. 应用生态学报, 2003, 14(5): 676-680.

[8] 白晓飞, 陈焕伟. 土地利用的生态服务价值——以北京市平谷区为例. 北京农学院学报, 2003, 18(2): 109-111.

[9] 伍淑婕, 梁士楚. 人类活动对红树林生态系统服务功能的影响. 海洋环境科学, 2008, 27(5): 537-542.

[10] 李鑫, 巨晓棠, 张丽娟, 万云静, 刘树庆. 不同施肥方式对土壤氨挥发和氧化亚氮排放的影响. 应用生态学报, 2008, 19(1): 99-104.

[11] 冉圣宏, 吕昌河, 贾克敬, 齐永华. 基于生态服务价值的全国土地利用变化环境影响评价. 环境科学, 2006, 27(10): 2139-2144.

[12] 蔡运龙, 傅泽强, 戴尔阜. 区域最小人均耕地面积与耕地资源调控. 地理学报, 2002, 57(2): 127-134.

[13] 任怡, 毕华兴, 云雷. 黄土高原沟壑区长武县景观格局分析. 中国水土保持科学, 2009, 7(1): 43-48.

[14] 边亮, 胡志斌, 宋伟东. 陕西省长武县土地利用变化的生态环境效应评价. 生态学杂志, 2009, 28(9): 1743-1748.

[15] 白晓飞, 陈焕伟. 不同土地利用结构生态系统服务功能价值的变化研究——以内蒙古自治区伊金霍洛旗为例. 中国生态农业学报, 2004, 12(1): 180-182.

[16] 李月臣, 何春阳. 中国北方土地利用/覆盖变化的情景模拟与预测. 科学通报, 2008, 53(6): 713-723.

[17] 韩书成, 谢永生, 郝明德. 长武王东沟小流域土地利用变化及驱动力研究. 水土保持通报, 2005, 25(5): 32-36.

[18] 庾莉萍. 解读《国家粮食安全中长期规划纲要》. 粮食加工, 2009, 34(1): 10-12.

[19] 贺一梅, 杨子生. 基于粮食安全的区域人均粮食需求量分析. 全国商情 · 经济理论研究, 2008, (7): 6-8.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol. 32, No. 8 April, 2012 (Semimonthly)

CONTENTS

Physiological responses of five deciduous broad-leaved tree seedlings in the Northeast Area of China to burning ····· WANG Rong, HU Haiqing (2303)
The occurrence regularity of psyllid in *Haloxylon* spp and its influencing factors ····· LI Fenlian, WU Xuehai, WANG Peiling, et al (2311)
The estimating of the spatial distribution of forest biomass in China based on remote sensing and downscaling techniques ····· LIU Shuangna, ZHOU Tao, SHU Yang, et al (2320)
Multivariate correlation analysis between landscape pattern and water quality ····· ZHAO Peng, XIA Beicheng, QIN Jianqiao, et al (2331)
Red fox habitat selection and landscape feature analysis in the Dalai Lake Natural Reserve in Inner Mongolia ····· ZHANG Honghai, LI Chengtao, DOU Huashan, et al (2342)
Research on assemblage characteristics of macroinvertebrates in the Yalu Tsangpo River Basin ····· XU Mengzhen, WANG Zhaoyin, PAN Baozhu, et al (2351)
Climate change induced potential range shift of the crested ibis based on ensemble models ····· ZHAI Tianqing, LI Xinhai (2361)
Analysis of the sources of second generation meadow moth populations that immigrated into Chinese pastoral areas in 2010 ····· ZHANG Li, ZHANG Yunhui, ZENG Juan, et al (2371)
Genetic diversity based on cytochrome *b* gene analysis of different geographic populations of blue sheep in China ····· LI Nannan, LIU Zhensheng, WANG Zhenghuan, et al (2381)
Soil microbial properties under different grain-for-green patterns in depressions between karst hills ····· LU Shiyang, PENG Wanxia, SONG Tongqing, et al (2390)
Ecosystem and soil respiration of a poplar plantation on a sandy floodplain in Northern China ····· FANG Xianrui, ZHANG Zhiqiang, ZHA Tonggang, et al (2400)
Estimating total nitrogen content in water body based on reflectance from wetland vegetation ····· LIU Ke, ZHAO Wenji, GUO Xiaoyu, et al (2410)
Analysis on complete F type of mitochondrial genome in *Lamprotula leai* ····· CHEN Ling, WANG Guiling, LI Jiale (2420)
The source-sink landscape pattern change and its effect on phosphorus pollution in Yuqiao watershed ····· LI Chongwei, HU Jie, WANG Sa, et al (2430)
Responses of soil nematode communities to soluble salt contamination around Gangue hill in Fushun ····· ZHANG Weidong, LV Ying, XIAO Ying, et al (2439)
Effect of aboveground competition on biomass partitioning of understory Korean pine (*Pinus koraiensis*) ····· WANG Jinsong, FAN Xiuhua, FAN Juan, et al (2447)
Research of methane metabolic microbial community in soils of slash pine plantation and Masson pine plantation ····· WANG Yun, ZHENG Hua, CHEN Falin, et al (2458)
$\delta^{13}C$ values of stem phloem water soluble sugars of *Pinus massoniana* and *Cunninghamia lanceolata* response to meteorological factors ····· LU Yuxi, WANG Zhenxing, ZHENG Huaizhou, et al (2466)
Soil respiration patterns during restoration of vegetation in the Shapotou area, Northern China ····· GAO Yanhong, LIU Lichao, JIA Rongliang, et al (2474)
Dynamics of caloric value of *Robinia pseudoacacia* L. energy forest in the west of Henan Province ····· TAN Xiaohong, LIU Shiqi, MA Luyi, et al (2483)
Ex-situ symbiotic seed germination of *Dendrobium catenatum* ····· WU Huifeng, SONG Xiqiang, LIU Hongxia (2491)
Effects of red/far red ratio on morphological index, leaf area and dry matter partitioning of cut chrysanthemum flower ····· YANG Zaiqiang, ZHANG Jibo, LI Yongxiu, et al (2498)
Effect of prometryne on root activity and oxidative stress of *Polygala tenuifolia* Willd. seedling roots ····· WEN Yinyuan, GUO Pingyi, YIN Meiqiang, et al (2506)
Combined effects of elevated O_3 concentration and UV-B radiation on photosynthetic characteristics of soybean ····· ZHENG Youfei, XU Weimin, WU Rongjun, et al (2515)
Nutrients transfer for host plant and litter decompositon by AMF in Karst soil ····· HE Yuejun, ZHONG Zhangcheng, DONG Ming (2525)
The dynamics of bacteria community diversity during the fermentation process of traditional soybean paste ····· GE Jingping, CHAI Yangyang, CHEN Li, et al (2532)
Effect of site-specific fertilization on soil phosphorus in purple garden soil ····· SUN Qianqian, WANG Zhengyin, ZHAO Huan, et al (2539)
A method of determining standards for ecological compensation in agricultural areas, giving priority to environmental flows in water allocation ····· PANG Aiping, SUN Tao (2550)
The loss of ecosystem services value caused by food security assessment model and it's application ····· LU Weiye, JIANG Zhide, ZHANG Yinglong, et al (2561)

Review and Monograph

Review of the current situation of coastal ecological engineering using dredged marine sediments and prospects for potential application in China ····· HUANG Huamei, GAO Yang, WANG Yinxia, et al (2571)

Discussion

Quorum sensing in anaerobic ammonium oxidation bacteria ····· DING Shuang, ZHENG Ping, ZHANG Meng, et al (2581)
Health evaluation of Dongting Lake based on morphological characters ····· SHUAI Hong, LI Jingbao, XIA Beicheng, et al (2588)

Scientific Note

Effects of mix-leaf litter decomposition of different trees in the Loess Plateau ····· LIU Zengwen, DU Liangzhen, ZHANG Xiaoxi, et al (2596)
Changes in soil active organic carbon under different management types of bamboo stands ····· MA Shaojie, LI Zhengcai, WANG Bin, et al (2603)
Effects of drought stress on photosynthesis and associated physiological characters of pepper ····· OU Lijun, CHEN Bo, ZOU Xuexiao (2612)
Effects of silicon application and drought stress on photosynthetic traits and mineral nutrient absorption of rice leaves ····· CHEN Wei, CAI Kunzheng, CHEN Jining (2620)

《生态学报》2012 年征订启事

《生态学报》是中国生态学学会主办的自然科学高级学术期刊,创刊于 1981 年。主要报道生态学研究原始创新性科研成果,特别欢迎能反映现代生态学发展方向的优秀综述性文章;研究简报;生态学新理论、新方法、新技术介绍;新书评介和学术、科研动态及开放实验室介绍等。

《生态学报》为半月刊,大 16 开本,280 页,国内定价 70 元/册,全年定价 1680 元。

国内邮发代号:82-7　国外邮发代号:M670　标准刊号:ISSN 1000-0933　CN 11-2031/Q

全国各地邮局均可订阅,也可直接与编辑部联系购买。欢迎广大科技工作者、科研单位、高等院校、图书馆等订阅。

通讯地址:100085 北京海淀区双清路 18 号　**电　话**:(010)62941099;62843362

E-mail:shengtaixuebao@ rcees. ac. cn　**网　址**:www. ecologica. cn

编辑部主任　孔红梅　　**执行编辑**　刘天星　段　靖

生　态　学　报
(SHENGTAI　XUEBAO)
(半月刊　1981 年 3 月创刊)
第 32 卷　第 8 期　(2012 年 4 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA
(Semimonthly, Started in 1981)
Vol. 32　No. 8　2012

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:1R00717	**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@ cspg. net	**Distributed** by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China Tel:(010)64034563 E-mail:journal@ cspg. 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

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