

保障粮食安全造成的生态服务价值损失初探*

芦蔚叶¹ 姜志德¹ 张应龙² 谢永生² 李 晓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 在阐明保障粮食安全造成的生态服务价值损失内涵的基础上,分析了保障粮食安全造成的生态服务价值损失的类型。研究表明:保障粮食安全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,一是粮食生产过程中,土地利用结构的调整使不同生态系统之间发生合理转换所引起的生态服务价值损失;二是由于粮食生产对农田生态系统周围的生态系统产生负面影响,造成其生态服务价值的损失。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(或生态系统类型),所产生的生态服务价值损失。

关键词 粮食安全 生态服务价值 直接损失 间接损失

中图分类号: F062.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1671-3990(2011)03-0723-05

Loss of ecosystem services value due to food security

LU Wei-Ye¹, JIANG Zhi-De¹, ZHANG Ying-Long², XIE Yong-Sheng², LI Xiao²

(1. College of Economics and Management, Northwest A & F University, Yangling 712100, China; 2. College of Resources and Environment, Northwest A & F University, Yangling 712100, China)

Abstract This paper clarified the important issues of the loss of ecosystem services value driven by food security and revealed the types and connotations of the loss. The loss of ecosystem services value caused by guarantee of food security was grouped into direct and indirect loss. Direct loss was further grouped into two. The first of the two groups was caused by conversion among different ecosystems corresponding to the land use adjustment. The second was resulted from adverse effect of food production on ecosystems in the vicinity of agro-ecosystems. Indirect losses was induced by decrease of ecosystem services value of lands, which was used to grain production rather than other land use type (or ecosystem) with higher services value.

Key words Food security, Ecosystem services value, Direct loss, Indirect loss

(Received Sep. 17, 2010; accepted Dec. 14, 2010)

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、人民生活质量和稳定的重大战略问题。生态系统为人类源源不断地提供食物、纤维、燃料等产品,同时还提供许多不能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^[1],为人类带来巨大福利。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,提供全世界60%的粮食供给^[2]。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。耕地是有形资源,粮食是可见商品,耕地的减少和粮价的涨跌极易引起人们的注意,而为保障粮食安全所造成的生态服务价值损失,则往往被人们所忽略。

人类的粮食生产活动对生态系统的干扰,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。再者,土地用作粮食生产用地,就不能成为提供生态服务价值更大的其他土地利用类型。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

* 国家科技支撑计划项目(2006BAD09B10)、中国科学院农业项目(KSCX2-YW-N-46-04)和中国科学院知识创新工程重大项目(KSCX-YW-09-07)资助

芦蔚叶(1985~),女,硕士研究生,研究方向为资源经济与环境管理。E-mail: luweiye_anne@yahoo.com.cn

收稿日期: 2010-09-17 接受日期: 2010-12-14

有所减少。因此,在保证粮食安全和生态安全的大背景下,对保障粮食安全造成的生态服务价值损失的内涵及其类型的研究,具有重要的理论价值和现实意义。近年来,一些学者探索了农业生产对农田生态系统产生的负面效应,如水田生产过程中 CH_4 等温室气体排放、不合理土地利用造成的土壤退化加剧、养分流失严重和土壤生物多样性降低等^[3-6],也有许多学者对农业面源污染做了大量研究^[7-8],但是,对保障粮食安全造成的生态服务价值损失的研究却鲜有报道。不合理的农业生产活动造成了生态环境破坏和污染。然而,即使人类在生产粮食过程中,采用科学合理的措施和手段,也依然会由于人类对自然生态系统的干扰,而削弱生态系统提供服务的能力,从而使其提供的生态服务价值减少。因此,本文分析探讨了在科学合理粮食生产活动的前提下,为保障粮食安全造成的生态服务价值损失的类型,以期从理念上认识保障粮食安全造成的生态服务价值损失,并为今后对其评估提供理论依据。

1 理论基础及概念界定

1.1 干扰理论

由于研究人员的研究背景和侧重点不同,产生了不同的干扰概念,本文引用干扰的一般化定义,即干扰为阻断原有生态系统生态过程的非连续性事件,它改变或破坏生态系统、群落或种群的组成和结构,改变生物系统的资源基础和环境状况;它对生态系统的影响可能是大范围的或局部的,但这种影响均超出了系统正常波动的范围,干扰过后,生态系统自身无法恢复到原有的景观面貌^[9]。人类对生态系统的干扰多种多样,如烧荒种地、森林砍伐、放牧、农田施肥、修建大坝、修建道路、土地利用结构调整等。就人为干扰而言,破坏性干扰会导致生态系统结构破坏,生态平衡失调和生态功能退化^[10]。在人类的历史进程中,粮食生产活动从不曾间断过,因此,其对生态系统的干扰也从未间断过,并且干扰的方式不断趋于多样化。

1.2 保障粮食安全造成的生态服务价值损失的内涵

保障粮食安全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(或生态系统类型)之间发生合理转换所造成的生态服务价值的损失;(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(或生态系统类型),所产生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。

2 不同生态服务价值损失类型的细化分析

在粮食生产过程中,人为干扰对生态系统的影响是生境改变或破碎化,生态系统结构改变。大量化肥和农药加入生态系统改变生物地球化学循环和破坏水生生境,改变水循环,引进新物种使生境退化等;对生态系统服务功能的影响是削弱生态系统净化环境和涵养水源的能力,影响生态系统对大气和气候的调节过程,改变营养物质贮存与循环过程,降低生物多样性维持能力,妨碍有害生物的自然控制,使灾害缓冲能力下降,破坏土壤形成与保护,削弱生态系统产品供给能力等;对生态系统服务功能影响的后果是生境丧失,小气候变化,湿地、森林等萎缩,湖面缩小,温室效应加剧,物种减少或灭绝,虫害加剧,氮沉降增加,农药和重金属污染,水体富营养化,土壤侵蚀、水土流失、土地沙化和荒漠化,动植物产量下降等。

2.1 不同生态系统之间的合理转换引起的生态服务价值损失

土地利用变化会直接或间接地影响到生态系统的功能和结构,自然生态系统的变更又可从土地利用/覆被的变化中表现出来。因此,土地利用/覆盖变化过程对维持生态系统服务功能起着决定性作用^[11]。人类活动引起的土地利用结构变化会使各类生态系统类型、面积以及空间分布格局发生变化,直接影响生态系统所提供服务的数量和种类。同时,土地利用结构变化还改变了自然景观面貌,影响景观中的物质循环和能量分配,这些影响也会从生态服务价值的变动中表现出来^[12]。

在原始的渔猎采集时代,人类与自然发展和谐,但随着农业和畜牧业的分工及劳动工具的改进,人类的农业活动愈来愈强烈地改变着自然生态系统^[13]。日益加剧的人类活动导致生态系统的组成、结构和功能发生显著变化^[14],使生态系统服务功能受到损害和削弱^[15]。随着人口增多,耕地压力越来越大,毁林开荒、毁牧开荒和围湖造田等造成森林、草地和湿地等生态系统的破坏和萎缩。森林、草地和湿地等转变成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^[16]。高生物量的森林等生态系统转化为低生物量的农田生态系统,使生态系统的动植物产量下降,这是人们所能最直接感受到的生态服务价值

变化。人类对森林、草地的开垦加剧了土地的荒漠化和沙漠化,美国20世纪30年代的黑风,中国近几年频繁的沙尘暴都与森林和草地的开垦有关^[17]。此外,生态系统结构由复杂向简单的演变,改变了生态系统中水环境的空间结构,使大气降水的再分配在时空分布上变得不均匀,并且地表径流强度加大降低了植被和土壤对水分的涵养性和对地下水的调蓄能力,使地表水与地下水分配结构发生较大变化,进而降低了水体的自净能力。同时,人类农业生产改变了原有生物群落的组成和丰富度,大量野生物种灭绝,基因流失,降低了生物多样性。例如,20世纪50年代至80年代初期,人们把湿地的水排干用于粮食生产,一定程度上缓解了人地矛盾,却导致湿地蓄水调洪能力下降,破坏了鱼类繁殖的重要场所和雁鸭类越冬水禽的栖息地,使大量越冬水禽无食可觅,无处可居。

大量研究表明,粮食生产会降低生态服务的总价值。一些学者对区域生态服务价值进行了评估,结果表明,区域生态服务总价值的降低主要是由林地、草地、湿地或水域等转化为耕地所致。例如,王宗明等^[18]参照我国陆地生态系统单位面积服务价值表,利用三江平原两期土地利用数据,估算了土地利用变化引起的生态服务价值的变化。研究表明,1980~2000年,三江平原耕地面积增加30.70%,湿地面积减少53.37%,其生态服务价值损失 538.87×10^8 元,损失幅度达28.62%,而大面积湿地转化为农田是生态服务价值大幅下降的主要原因。张文广等^[19]对岷江上游地区不同年代的生态服务价值变化进行了估算与比较,结果表明,1986~1995年,农田面积增加60801 hm²,比1986年增长477%;林地面积减少89012.17 hm²,占原来面积的4.97%;由于人口的增加导致的森林、草地转变为农田的土地利用变化,使该区总生态服务价值在1986~2000年减少 119.9×10^8 元。

保证国家的粮食安全必然要有足够的粮食生产用地作为保证,在如今大量耕地被占用的情况下,不可避免地存在林地、草地等转化为耕地。土地利用结构调整单纯以经济利益为目的,会导致生态系统之间的转化和自然生态系统面积减少,从而导致系统生态服务水平的减弱和价值的损失。因而,如何通过人类活动合理地管理和经营生态系统,提高农田生态系统各项功能的服务水平,是今后进行农业生产活动所必须考虑的。

2.2 农田生态系统周围的生态系统的生态服务价值损失

一个区域内的整个生态系统是由不同层次、不

同结构和不同特点的各个生态系统交织在一起的综合体,虽然各系统具有独特的发展性能,但它们也存在着千丝万缕的联系,存在能流、物流和信息流的传递。因此,人类活动对农田生态系统的干扰势必会影响到其周围的生态系统。

农业土地利用改变了原本的植被类型和微地形、覆盖状况及土壤理化性质等,使其地表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。虽然化肥和农药的多频次使用代替了土地闲置以恢复地力的传统做法,但氮肥施入土壤后,经氨挥发、反硝化作用,以氨、氮氧化物等气体形式进入大气中,大气中的氨可随降水或干沉降重新进入农田和其周围的生态系统,引起土壤酸化,甚至导致植物种类更替和部分物种灭绝^[20]。据有关专家分析^[16],农作物对化肥的吸收率仅为30%,其余70%都将随水土流失最终到达河流和海洋,河流近岸的生态环境首先受害。化肥中的磷、氮和农药中的有毒物质进入水域或湿地生态系统,一方面加速了水体的富营养化进程,危害水生生物;另一方面导致湿地生态系统的自净能力下降。目前,有很多湿地受到了来自周围农田生态系统的杀虫剂和重金属的污染,虽然,氮和磷的输入会提高湿地的生产力,但除草剂、杀虫剂和重金属浓度的增加却毒化了水质,杀死很多无脊椎动物,而且对野生动物有弱化效应,导致畸形作用和造成死亡等,当湿地的水禽分散到各地农田后就会更容易遭到天敌的捕食。

随着粮食种植面积的增加,大量抽取地下水灌溉的地区,引起地下水位大幅度下降,导致含水组局部疏干形成降落漏斗,直接威胁其周围的湿地和淡水生境,并可能引起地面沉降。例如,在天津、北京及河北省的黑龙港地区,由于灌溉造成地下水位连续下降和大面积地下水降落漏斗,形成连片漏斗区^[17]。我国由于气候和地形地貌等原因,水土资源之间的匹配不协调,以秦岭、淮河为界,南部地区水资源充足而耕地资源少,北部地区耕地多而水资源短缺。随着工业化、城镇化的发展,粮食生产重心逐步从南方向北方地区转移,势必使粮食生产的耗水量进一步提高。

由于人类活动或其他一些自然过程有目的或无意识地将一种物种带到农田周围的生态系统,导致外来物种入侵。外来入侵物种是森林生态系统健康最大的生物威胁,外来物种成功入侵后,不但对森林生态系统的木材产品、林副产品等经济服务功能造成较大的直接经济损失,而且对森林生态系统调节气候、营养物质贮存与循环、土壤肥力的更新与

维持、减轻自然灾害等生态服务功能造成极大的间接经济损失。与前者相比,后者的经济损失数量更巨大^[21]。

2.3 保障粮食安全所需要的粮食生产用地造成的生态服务价值损失

我国人口和人均消费的刚性增长决定了粮食消费需求总量还将呈现刚性增长,合理的耕地保有量是满足不断增长的粮食消费需求的保障。冉圣宏等^[22]研究表明,我国各种土地利用类型中,耕地单位面积生态价值为 $831.13 \text{ 元}\cdot\text{hm}^{-2}\cdot\text{a}^{-1}$,草地为 $2\ 008.08 \text{ 元}\cdot\text{hm}^{-2}\cdot\text{a}^{-1}$,林地为 $3\ 417.99 \text{ 元}\cdot\text{hm}^{-2}\cdot\text{a}^{-1}$,水域为 $70\ 218.26 \text{ 元}\cdot\text{hm}^{-2}\cdot\text{a}^{-1}$,单位面积价值高低排序为水域>林地>草地>耕地。土地被用作粮食生产,阻碍了其为人类提供更多的生态服务价值。当然,为保障粮食安全造成的这些生态服务价值损失是必须付出的代价,但是,却不能因为其是必须付出的代价而被人们所忽略,它有必要被人们所认识和了解。

2.4 多余的粮食生产用地造成的生态服务价值损失

许多学者在分析区域耕地、人口、粮食动态变化的基础上,预测了区域最小耕地面积、耕地压力指数和未来的耕地需求量,进而分析耕地变化情况和粮食安全的关系^[23-24]。最小人均耕地面积定义为:在一定区域范围内,一定食物自给水平和耕地综合生产能力条件下,为满足每个人正常生活的食物消费所需的耕地面积^[25]。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。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他生态服务价值更大的生态系统,与保障粮食安全所需耕地一样,减少了生态系统为人类提供的生态服务价值。

3 结语

即使人类采用科学合理的生产措施和手段,粮食生产活动依然会引起生态服务价值的损失。为生存和发展的需要,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。此外,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),不可避免地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。需要指出的是,从理论上以及根据前人的研究成果^[22],一般情况下,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;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,但保障粮食安全会造成生态系统生态服务总价值的减少。

对保障粮食安全造成的生态服务价值损失的内涵与类型的分析和探讨,为今后对其评估奠定了理论基础。寻求合理的评估方法,并采用相关数据对所设计的方法进行验证,是笔者进一步需要研究的内容。

参考文献

- [1] Costanza R, d'Arge R, de Groot R, et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital[J]. *Nature*, 1997, 387(6630): 253-260
- [2] 尹飞,毛任钊,傅伯杰,等. 农田生态系统服务功能及其形成机制[J]. *应用生态学报*, 2006, 17(5): 929-934
- [3] 谢艳兵. 下辽河平原农田生态系统温室气体排放研究[D]. 北京:中国科学院研究生院, 2004
- [4] 张燕,张洪,彭补拙,等. 不同土地利用方式下农地土壤侵蚀与养分流失[J]. *水土保持通报*, 2003, 23(1): 23-26
- [5] 金洁,杨京平,施洪鑫,等. 水稻田面水中氮磷素的动态特

- 征研究[J]. 农业环境科学学报, 2005, 24(2): 357-361
- [6] 张彦, 张惠文, 苏振成, 等. 长期重金属胁迫对农田土壤微生物生物量、活性和种群的影响[J]. 应用生态学报, 2007, 18(7): 1491-1497
- [7] 李海鹏, 张俊飏. 中国农业面源污染的区域分异研究[J]. 中国农业资源与区划, 2009, 30(2): 8-12
- [8] 闫丽珍, 石敏俊, 王磊. 太湖流域农业面源污染及控制研究进展[J]. 中国人口、资源与环境, 2010, 20(1): 99-107
- [9] 刘昊, 赵宁, 曾特, 等. 干扰对草地植被与土壤的影响之研究进展[J]. 中国农学通报, 2008, 24(5): 8-16
- [10] 朱教君, 刘足根. 森林干扰生态研究[J]. 应用生态学报, 2004, 15(10): 1703-1710
- [11] 李晶, 任志远. 陕北黄土高原土地利用生态服务价值时空研究[J]. 中国农业科学, 2006, 39(12): 2538-2544
- [12] 白晓飞, 陈焕伟. 土地利用的生态服务价值[J]. 北京农学院学报, 2003, 18(2): 109-111
- [13] 章家恩, 徐琪. 生态退化的形成原因探讨[J]. 生态科学, 1999, 18(3): 27-32
- [14] Vitousek P M, Mooney H A, Lubchenco J, et al. Human domination of Earth's ecosystems[J]. Science, 1997, 277(5325): 494-499
- [15] Palmer M A, Morse J, Bernhardt E, et al. Ecology for a crowded planet[J]. Science, 2004, 304(5675): 1251-1252
- [16] 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[J]. 海洋环境科学, 2008, 27(5): 537-542
- [17] 孙鸿烈. 中国生态系统[M]. 北京: 科学出版社, 2005: 489-500
- [18] 王宗明, 张树清, 张柏. 土地利用变化对三江平原生态系统服务价值的影响[J]. 中国环境科学, 2004, 24(1): 125-128
- [19] 张文广, 胡远满, 刘森. 基于土地利用变化的生态系统服务价值损益估算——以岷江上游地区为例[J]. 长江流域资源与环境, 2007, 16(6): 821-825
- [20] 李鑫, 巨晓棠, 张丽娟, 等. 不同施肥方式对土壤氮挥发和氧化亚氮排放的影响[J]. 应用生态学报, 2008, 19(1): 99-104
- [21] 李明阳, 菅利荣. 生物入侵对森林生态服务功能经济损失评价研究分析与展望[J]. 生态经济, 2007(4): 24-27
- [22] 冉圣宏, 吕昌河, 贾克敬, 等. 基于生态服务价值的全国土地利用变化环境影响评价[J]. 环境科学, 2007, 27(10): 2139-2144
- [23] 朱红波, 张安录. 中国耕地压力指数时空规律分析[J]. 资源科学, 2007, 29(2): 104-108
- [24] 姚鑫, 杨桂山, 万荣荣. 昆山市耕地变化和粮食安全研究[J]. 中国人口、资源与环境, 2010, 20(4): 148-152
- [25] 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[J]. 地理学报, 2002, 57(2): 127-134