

我国粮食生产的生态服务价值研究*

谢高地 肖玉甄 霖 鲁春霞

(中国科学院地理科学与资源研究所 北京 100101)

摘要 试验研究证明农田生态系统产生生态服务价值,并在此基础上估算出我国农田生态系统因自然生态过程和人类种植业活动过程共同作用,为人类年提供 19509.1 亿元生态服务和经济产品总价值,其中 41.9% 是由农田生态系统自然过程提供和产生的,58.1% 是由人类种植业活动过程产生的。目前我国统计系统计量的年度种植业总价值中仅计量了人类种植业活动过程产生的经济价值和部分由自然生态过程产生的生态服务价值,得到计量和反映的仅为 64.7%,未计量的生态服务价值为 35.3%,年达 6881.06 亿元。由于粮食生产过程中伴随产生的生态服务属公共服务范畴,国家应为粮食生产提供公共财政补贴的额度高限可达 5140 元/hm²·a。

关键词 粮食生产 农田生态系统 生态服务价值

Study on ecosystem services value of food production in China. XIE Gao-Di, XIAO Yu, ZHEN Lin, LU Chun-Xia (Institute of Geographical Sciences and Natural Resources Research, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China), *CJEA*, 2005, 13(3): 10~13

Abstract Field ecosystem can produce ecosystem services and economic production with the annual total value of 1950910 million yuan to human beings contributed by natural and anthropogenic process. In the total value supported by food production, 41.9% is supplied by natural process and 58.1% is contributed by human activities, such as seeding, planting, irrigating and so on. However, only the economic value supported by human activities and part of the ecosystem services by natural process are computed which is 64.7% of the total value and the rest 35.3% of total value is not calculated in the conventional calculation of annual output by plantation which is 688106 million yuan. According to these data, the highest level of public financial allowance supported by the government to food production can be 5140 yuan/hm²·a, due to the public services supplied by plantation in the process of food production.

Key words Food production, Field ecosystem, Ecosystem services value

(Received Aug. 16, 2004; revised Sept. 8, 2004)

人类面临资源短缺、生态环境质量日趋恶化形势,农田生态系统在承载粮食生产任务的同时,日益更多地要求其发挥生态环境服务功能,世界发达国家在制定农业发展战略时均十分重视其粮食生产功能和生态环境服务功能。农田生态系统在生产人类需要的粮食和原材料过程中通过其结构及生态过程同时为人类提供生态服务功能(环境福利),但长期以来人们忽视了农田生态系统提供的生态服务功能,一些学者仅从全球变化角度出发,研究了农田生态系统吸收 CO₂、维持大气成分平衡的功能^[1,2,4]。而大量对粮食生产生态环境效应的评价却过分片面地强调其引起荒漠化、环境污染等负面效应^[5~8],严重限制了粮食生产的发展。本研究分析了我国不同地区粮食生产的生态环境效应,揭示了农田粮食生产过程中产生的生态环境价值,为确保我国粮食安全生产提供理论依据。

1 研究方法

理论假设。设 S_t 为农田生态系统在一定期限内为人类提供的总福利或总服务,其价值可区分为自然生态过程产生的价值 S_n 和人类种植业活动过程产生的经济价值 S_p ,则有:

$$S_t = S_n + S_p \quad (1)$$

其中, S_n 可用农田生态系统服务功能价值体现,则有:

$$S_n = S_{nf} + S_{nm} + S_{ne} + S_{ng} + S_{nc} + S_{nw} + S_{ns} + S_{nt} + S_{nb} \quad (2)$$

* 中国科学院知识创新工程重要方向性项目(KZCX3-SW-333)和国家自然科学基金项目(30370258,30230090)资助

收稿日期:2004-08-16 改回日期:2004-09-08

式中, S_{nf} 为食物生产价值, S_{nm} 为原材料生产价值, S_{ne} 为景观愉悦功能价值, S_{ng} 为气体调节功能价值, S_{nc} 为气候调节功能价值, S_{nw} 为水源涵养功能价值, S_{ns} 为土壤形成与保护功能价值, S_{nt} 为废弃物处理功能价值, S_{nb} 为生物多样性保持功能价值。上述生态服务功能虽不能涵盖所有自然生态服务, 但已是目前人类识别的主要生态系统服务功能类型。种植业产值 (GDP_f) 包含所有人类种植活动的经济价值产出和部分自然过程产生的生态服务价值, 该部分自然生态服务价值包括自然食物生产、自然原材料生产和景观愉悦功能价值, 人类种植业活动过程产生的实际经济价值 (S_p) 为:

$$S_p = GDP_f - (S_{nf} + S_{nm} + S_{ne}) \quad (3)$$

一定期限内农田生态系统为人类提供的总服务仅部分被统计系统计量, 可表示为被计量部分 (S_c) 与未被计量部分 (S_u) 之和, 则有:

$$S_t = S_c + S_u \quad (4)$$

$$S_c = GDP_f \quad (5)$$

$$S_u = S_n - (S_{nf} + S_{nm} + S_{ne}) \quad (6)$$

生态系统提供给人类的服务功能有一个不断变化并逐渐积累的过程, 了解农田生态系统服务功能的形成过程则能更深刻认识这些服务功能对人类的价值。本研究通过采集稻田主要生育期温室气体 (CO_2 、 CH_4 和 N_2O), 计算采样间隔内稻田温室气体排放量; 并根据各温室气体增温潜势 (GWP) 值^[9], 将不同温室气体换算为 CO_2 当量, 研

表 1 我国农田生态系统单位面积生态服务价值量

Tab. 1 The equivalent of ecosystem services evaluation by croplands in China

服务功能类型 Types of ecosystem services	当量因子 Equivalent factors	单位面积价值量/元·hm ⁻² Monetary values per hectare	举 例 Examples
食 物 生 产	1.00	884.9	生 产 粮 食、油 料 等
原 材 料 生 产	0.10	88.5	生 产 秸 秆、纤 维 等
景 观 愉 悦	0.01	8.8	绿 色 和 田 园 风 光 给 人 们 带 来 的 愉 悦 心 情, 生 态 旅 游
气 体 调 节	0.50	442.4	CO_2/O_2 平 衡, 保 护 臭 氧 层 的 O_3 , SO_2 水 平
气 候 调 节	0.89	787.5	调 节 小 气 候 (温 度、湿 度)
水 源 涵 养	0.60	530.9	作 为 集 水 区
土 壤 形 成 与 保 持	1.46	1291.9	有 机 质 积 累, N 固 定, N、P 等 营 养 物 质 循 环
废 弃 物 处 理	1.64	1451.2	人 类 生 活 排 放 废 弃 物 的 净 化, 农 药 降 解
生 物 多 样 性 保 持	0.71	628.2	授 粉, 种 质 资 源 保 存

究稻田对温室气体的综合调节功能; 最后运用造林成本法和 C 税法计算稻田生态系统对温室气体调节的价值, 同时采集稻田主要生育期植株生物量样品, 测其干物质生产量, 并根据光合作用方程换算采样间隔内单位面积稻田释放 O_2 的物理量和日释放量, 并运用造林成本法和工业制 O_2 法计算稻田生态系统释放 O_2 价

表 2 我国不同省份农田生态系统生物量因子

Tab. 2 The biomass factors of different provinces in China

区 域 Regions	生物量因子 Biomass factor	区 域 Regions	生物量因子 Biomass factor	区 域 Regions	生物量因子 Biomass factor
北京市	1.04	安徽省	1.17	四川省	1.35
天津市	0.85	福建省	1.56	贵州省	0.63
河北省	1.02	江西省	1.51	云南省	0.64
山西省	0.46	山东省	1.38	西藏(区)	0.75
内蒙(区)	0.44	河南省	1.39	陕西省	0.51
辽宁省	0.90	湖北省	1.27	甘肃省	0.42
吉林省	0.96	湖南省	1.95	青海省	0.40
黑龙江	0.66	广东省	1.40	宁夏(区)	0.61
上海市	1.44	广西(区)	0.98	新疆(区)	0.58
江苏省	1.74	海南省	0.72	全 国	1.00
浙江省	1.76	重庆市	1.21		

值。评价农田粮食生产过程中产生的生态环境价值, 国际做法是综合不同区域内的研究, 通过统计归纳主要生态过程功能与生态系统效益价值。本研究在 Costanza R. 等^[10]研究提出的生态系统服务功能单价基础上, 制定出我国农田生态系统生态服务价值当量因子表 (见表 1)^[3]。生物量订正及价值计算, 假定生态服务功能强度与生物量成线性关系, 本研究提出生态服务价值的生物量因子 (见表 2), 用该因子进行单位面积生态系统服务功能经济价值校正, 其详细方法见文献[3]。

2 结果与分析

2.1 农田生态服务价值产生过程及其评价

本研究以上海市奉贤县五四农场稻田为例, 按当地稻田常规管理 (施 N 肥量 $375\text{kg}/\text{hm}^2$, 间歇性灌溉) 温室气体调节功能物理量变化过程见图 1a, 图 1 表明水稻生长拔节后期至抽穗期内稻田对 CO_2 的吸收量最

高,稻田 CH₄ 排放通量随生物量的增加而逐渐增加。稻田 N₂O 排放通量随稻田施肥、排水和灌溉等田间管理措施出现相应波动,其最大值出现在抽穗期,稻田对 O₂ 的调节与植株生物量变化有相同趋势。运用相应生态经济学方法计算稻田生态系统气体调节价值量表明,稻田气体调节价值量与物理量有相应变化趋势(见图 1b)。通过计算得到我国各省农田生态系统自然生态服务功能单位面积价值和总价值,全国年农田生态系统自然过程提供的总价值为 8183.95 亿元(以 2000 年价格为基准,下同),其中废弃物处理价值最大,其次为土壤形成和保护价值,之后是食物生产价值。河南、山东和四川省农田生态系统服务功能总价值较高,西藏、青海、北京、天津和上海等省(区、市)农田提供的总价值较低。而湖南、江苏和浙江省单位面积农田生态系统服务功能价值较高,内蒙古、山西、青海和甘肃等省(区)单位面积生态系统服务功能价值较低。我国南方省份比北方省份提供了更大价值的农田生态系统效益,这与生物多样性的纬度分布梯度相一致。

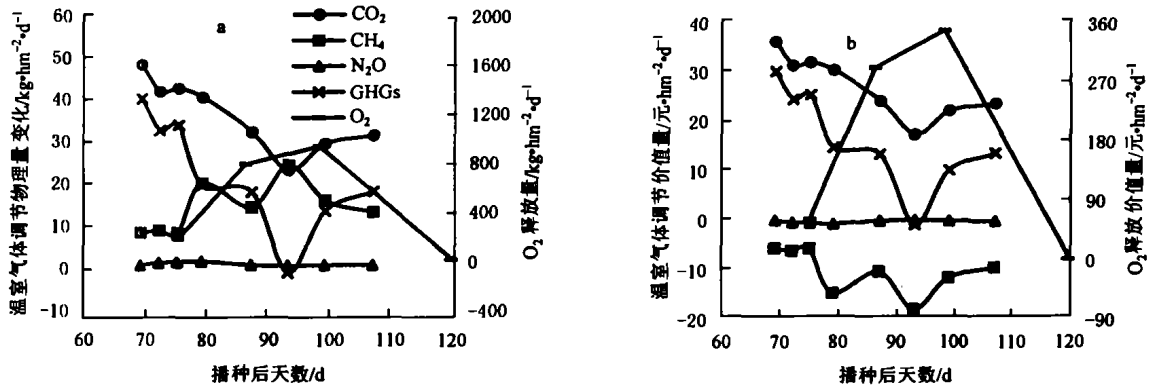


图 1 稻田生态系统物理量和价值量形成过程

Fig. 1 Changes of gas regulations of paddy fields and their values

2.2 农田生态系统服务功能计量及存在的问题

单位面积土地人类所有种植业活动的经济产出和自然生态系统服务功能为人类提供生命支持服务。上述评估仅仅是自然生态系统服务功能为人类提供的服务价值,未包括人类所有种植业活动的经济产出。计算表明,我国单位面积农田自然过程和人类活动过程年产生的总价值为 14575.39 元/hm²,其中由自然过程提供的生态服务价值为 6114.3 元/hm²·a,占 41.9%,由人类活动产生的价值为 8461.09 元/hm²·a,占 58.1%。与自然生态系统相比,农田生态系统承载了更多的人类活动,产出更多的经济价值。我国各省市自然过程和人类活动过程单位面积农田生态系统产生的价值见图 2。目前作为广泛公认的标准和方法,用种植业产值计量所有人类种植业活动所产出的服务和产品,在我国统计系统计量的种植业总产值中包括由生态服务功能产生的食物生产、原材料生产和人类可意识到的生态旅游价值,未计量其他生态服务价值。研究表明我国单位面积农田自然过程和人类活动过程年产生 14575.39 元/hm² 总价值中,由现有统计系统计量的仅为 9434.49 元/hm²·a,占 64.7%,未计量价值为 5140.9 元/hm²·a,占 35.3%。我国各省市单位面积农田生态系统提供的计量和未计量价值及总价值见图 3。

农田生态服务功能研究尚待进一步深入探讨的问题一是该研究将农田生态服务类型区分为食物生产、

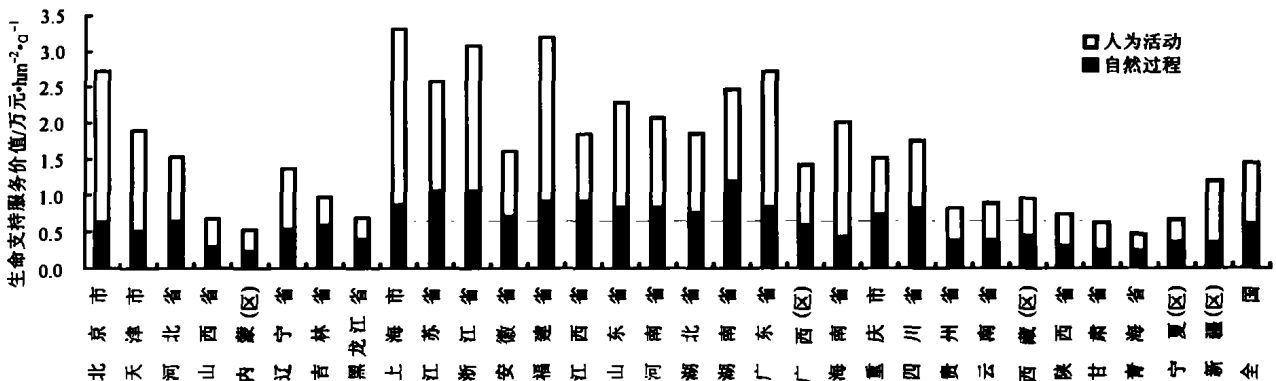


图 2 我国各省市单位面积农田生态系统人为活动和自然过程提供的生命支持服务价值

Fig. 2 The economic values of ecosystem services by natural and anthropogenic process in per hectare croplands of different provinces in China

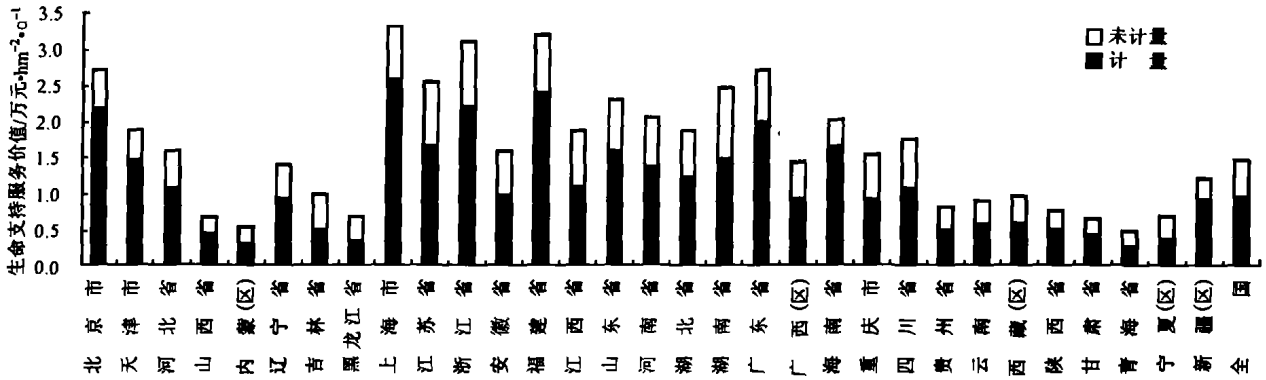


图 3 我国各省市单位面积农田生态系统已计量和未计量的生命支持服务价值

Fig. 3 The economic values of ecosystem services calculating and without calculating by per hectare croplands of different provinces in China

生物多样性保持、大气调节等 9 种类型,该分类仅为抽象概括,而在生态系统产生生态服务及人类消费生态服务过程中是浑然一体不可分割的,单种生态服务并非独立存在。二是农田生态系统除提供食物生产和原材料生产功能外,还提供其他多种类型生态服务。生态服务的基础是生态系统内部各种复杂关系与化学反应的总和,每种生态系统提供的生态服务非常复杂,目前很多生态服务人们尚未认识。三是农田生态系统可提供生态服务,其中一些生态服务功能的发挥或显现很大程度取决于生态系统所处的特定空间,作物覆盖良好的农田具有防止水土侵蚀功能,当该农田分布在降雨丰沛山区时该服务就能得以表现,而当其处于平原或降雨较少区域时,这种生态服务并未实现和表达,故生态服务应区分潜在服务能力和实际表达服务 2 种类型,否则难以恰当度量这种生态服务的强度。四是农田生态系统为人类提供的生态服务强度随时间而呈动态变化,该动态变化一般与其生长曲线相关联,其原因是生物体本身和环境因子均随时间而变化。不同生态服务类型其时间动态性不同,在时间曲线上分一次性实现、多次性实现和连续性实现,其提供的服务强度曲线随群落本身和环境而不断变化,故农田生态服务时间上的动态性有待进一步研究。

3 小 结

我国粮食生产行业是 1 个特殊产业,在 1 年生产周期中为人类提供 19509.1 亿元生态服务和经济产品总价值,其中 8183.95 亿元(占 41.9%)由农田生态系统自然过程提供和产生,11325.11 亿元(58.1%)由人类种植业活动过程产生。目前我国统计系统计量的年度种植业总价值仅计量了人类种植业活动过程产生的经济价值和部分由自然生态过程产生的生态服务价值,得到计量和反映的仅为 64.7%,未计量生态服务价值为 35.3%,年达 6881.06 亿元。因粮食生产过程伴随产生的生态服务属公共服务范畴,国家为粮食生产提供公共财政补贴的额度高限可达 5140 元/hm²·a。

参 考 文 献

- 1 宋文质,王少彬,苏维翰等.我国农业土壤的主要温室气体 CO₂、CH₄ 和 N₂O 排放研究.环境科学,1996,17(1):85~92
- 2 王效科,欧阳志云,苗 鸿.DNDC 模型在长江三角洲农田生态系统的 CH₄ 和 N₂O 排放量估算中的应用.环境科学,2001,22(3):15~19
- 3 谢高地,鲁春霞,冷允法等.青藏高原生态资产的价值评估.自然资源学报,2002,18(2):189~196
- 4 Lal R.,Kimble J. M.,Follet R. F.,*et al.* The Potential of US Cropland to Sequestration Carbon and Mitigation to the Greenhouse Effect. Sleeping Bear Press,1998. 55~87
- 5 Björklund J.,Limburg K. E.,Rydberg T. Impact of production intensity on the ability of the agricultural landscape to generate ecosystem services:an example from Sweden. Ecol-Econ.,1999,29:269~291
- 6 Corwin D. L.,Wagenet R. J. Application of GIS to the modeling of nonpoint source pollutions in the vadose zone:A conference overview. J. Environ. Qual.,1996,25(3):403~411
- 7 Ebbert J. C.,Kim M. H. Soil processes and chemical transport. J Environ. Qual.,1998,27:372~380
- 8 Pimentel D.,Harvey C.,Resosudarmo P.,*et al.* Environmental and economic costs of soil erosion and conservation benefits. Science,1995,267:1117~1123
- 9 IPCC Climate Change 1995:The Science of Climate Change. Cambridge,U. K:Cambridge University Press,1996
- 10 Costanza R.,d'Arge R.,de Groot R.,*et al.* The value of the world's ecosystem services and natural capital. Nature,1997,387:253~260