

# 中国农田生态系统的服务功能及其经济价值\*

孙新章<sup>1</sup> 周海林<sup>1</sup> 谢高地<sup>2</sup>

(1. 中国 21 世纪议程管理中心,北京 100038; 2. 中国科学院地理科学与资源研究所,北京 100101)

**摘要** 采用生态经济学的方法,对中国农田生态系统的服务功能进行了价值化评估。结果表明,2003 年中国农田生态系统提供的总服务价值为  $19\ 121.8 \times 10^8$  元(2003 年现价),其中,正面服务价值为  $22\ 334.1 \times 10^8$  元,由于灌溉、化肥及农药的使用,给人类福利造成的损失为  $3\ 212.3 \times 10^8$  元;单位面积农田提供的服务价值为 18 960.6 元/hm<sup>2</sup>,其中,农产品生产的价值为 14 788.7 元/hm<sup>2</sup>,其它服务价值为 4 171.9 元/hm<sup>2</sup>,灌溉等给人类福利造成的损失为 3 185.2 元/hm<sup>2</sup>;各地区农田的生态服务功能差别较大,其价值量波动在  $86.8 \sim 5\ 050.8 \times 10^8$  元之间,黄淮海和长江中下游地区所占比重较大,二者合计占总量的 52.2%;各地区单位面积农田提供的服务价值为  $5\ 159 \sim 34\ 984.3$  元/hm<sup>2</sup>,华南和长江中下游地区相对较大,内蒙古和东北地区相对较低。

**关键词** 中国农田生态系统;生态服务;经济价值

**中图分类号** X171.1 C916 **文献标识码** A **文章编号** 1002 - 2104(2007)04 - 0055 - 06

农田是陆地生态系统中较为重要的生态系统之一,它与森林、草地、湿地等生态系统一样,对人类的生存环境产生着重要影响。但是,与其它生态系统不同,农田生态系统在人类活动的强烈干预下,具备了许多特殊的功能,如兼具正负双重环境效应等。截至目前,国内外对农田生态服务功能的研究成果仍较少,且局限于部分生态服务功能,或仅对其变化作趋势性描述<sup>[1-4]</sup>,而有些学者则直接或间接地以 Constanza 等人的结果为参数来计算农田的生态服务价值<sup>[5,6]</sup>,对于农田生态服务功能的空间差异性还没有更为深入的研究报道。基于此,本文以中国农田生态系统为研究对象,对其生态服务功能的价值化方法进行了探讨,并初步计算了 2003 年中国农田生态服务功能的价值。

## 1 农田生态系统的服务功能及其价值

### 1.1 农产品生产功能

农田生态系统为人类提供了丰富的农产品,如粮食、蔬菜、水果、纤维等,这些产品是人类繁衍生息的基础。另外,以作物秸秆为主的农副产品则支撑起了独具特色的中国农村家庭副业生产。对于农田生态系统生产的农产品价值,本研究利用直接市场法进行评价,数

据来源于《中国统计年鉴 2004》;对于农作物秸秆价值,本文根据作者 2003 - 2005 年期间在北京市郊区,河北省张北县、磁县,山东省寿光市、龙口市,湖南省资兴市,宁夏自治区固原县,西藏自治区达孜县共计 700 余个农户的调查资料以及相关研究结果确定。

结果表明(见表 1),长江中下游、黄淮海、东北和西南地区是我国粮食的集中产区,4 个地区生产了我国粮食总产的 78.8%;油料集中产区则主要为长江中下游和黄淮海地区,二者合计占全国总产的 63.9%;棉花生产呈现黄淮海、长江中下游和新疆三足鼎立局面;水果生产总体来看以黄淮海和长江中下游为主。从产值来看,长江中下游、黄淮海较高,二者合计占全国的 53.0%。

### 1.2 社会保障功能

在我国现阶段,农业不仅提供农产品,而且还对农民起着重要的社会保障作用。主要表现在:农村剩余劳动力数量庞大,由于表现形式为隐蔽性过剩,因此不会像城市失业那样直接给社会带来巨大的压力和震荡,在一定程度上缓解了社会矛盾。另外,土地对部分从农村流动到城市非农部门就业的劳动力也起到失业保险的作用。可以认为,目前滞留在农业中的剩余劳动力人数就是其所提供的社会保障人数,而这部分人如果没有土地作为保障的话,

收稿日期:2007 - 03 - 20

作者简介:孙新章,理学博士,主要研究方向为生态系统服务功能与生态补偿。

\* 中国 - 欧盟环境管理合作计划项目(EMCP - LOT1);国家“十一五”科技支撑计划项目(2006BAC18B04)。

表 1 农产品产量与产值

Tab. 1 The output and value of farm products

生态区	粮食 (10 <sup>4</sup> t)	油料 (10 <sup>4</sup> t)	棉花 (10 <sup>4</sup> t)	水果 (10 <sup>4</sup> t)	产值 (10 <sup>8</sup> 元)
东北	6 270.2	163.2	0.4	1 006.8	1 438.5
内蒙古	1 360.7	102.3	0.5	123.3	336.0
新疆	775.5	50.1	160.0	408.3	482.8
黄淮海	9 570.1	841.2	187.4	5 313.7	3 872.3
黄土高原	2 986.8	136.9	23.1	1 378.7	913.8
青藏高原	183.4	31.2	0	3.5	55.0
长江中下游	11 392.8	955.4	111.8	3 291.0	4 015.5
西南	6 716.5	357.4	0	798.5	1 784.2
华南	3 813.3	173.3	0	2 193.6	1 972.0
全国	43 069.5	2 811.0	486.0	14 517.4	14 870.1

注:东北地区包括黑龙江、吉林和辽宁;黄淮海地区包括北京、天津、河北、河南和山东;黄土高原地区包括山西、陕西、宁夏和甘肃;青藏高原地区包括青海和西藏;长江中下游地区包括上海、江苏、浙江、安徽、江西、湖南和湖北;西南地区包括云南、四川、贵州和重庆;华南地区包括广东、广西、海南和福建。下同。

国家必须为他们支付能够维持生存的最低生活保障费用,由此可以间接测算出农田所提供的社会保障价值。计算方法如下:

$$V = N \times M \times r$$

式中,  $V$  为农田担当的社会保障的价值;  $N$  为保障的人数;  $M$  为城市最低社会保障标准;  $r$  为农村居民生活消费开支与城市居民生活消费开支的比值。

根据民政部公布的我国 36 个主要城市低保标准和全国城市居民平均最低生活保障标准,可以推算出各地区城市最低社会保障标准。另据农业部的测算,在我国 3.2 亿农业从业人员中,种植业实际需要 1.5 亿多劳动力,加上 2 000 多万专门从事林牧渔业生产的劳动力,农业实际需要的劳动力约为 1.7 亿多,我国农业生产中隐性失业的比例为 46.8%。根据各地 2003 年实际农业从业人数,则可推算出农业担负的社会保障人数。各生态区农业担负的社会保障的人数及价值如表 2 所示。

结果表明,我国每年由农业担负的社会保障人数高达 1.3 亿人,保障价值为 733.1  $\times 10^8$  元。换句话说,如果没有农业生产系统“蓄积”劳动力的功能,我国的失业人数将增加 1.3 亿人,国家为此将需要每年增加 733.1  $\times 10^8$  元的最低生活保障费用开支。农业的“社会保障”功能,通过“隐性失业”的方式,不仅解决了这些富余劳动力的基本生存问题,同时也为我国的社会稳定做出了巨大的贡献。

### 1.3 气体调节功能

#### 1.3.1 碳蓄积和氧气释放

农田生态系统通过作物光合作用和呼吸作用与大气进行  $\text{CO}_2$  和  $\text{O}_2$  交换,固定大气中的  $\text{CO}_2$ ,同时释放  $\text{O}_2$ ,对维持地球大气中的  $\text{CO}_2$  和  $\text{O}_2$  的动态平衡,减缓温室效应

表 2 农业社会保障功能及其价值

Tab. 2 The social security service and its value of agroecosystem

生态区	城市低保标准(元/月)	R	保障人数 (10 <sup>4</sup> 人)	保障价值 (10 <sup>8</sup> 元/a)
东北	152	0.298	852.1	46.3
内蒙古	121	0.298	228.3	9.9
新疆	124	0.298	165.2	7.3
黄淮海	175	0.298	3 090.1	193.4
黄土高原	128	0.298	1 068.2	48.9
青藏高原	129	0.298	92.6	4.3
长江中下游	169	0.298	3 422.3	206.8
西南	141	0.298	2 612.2	131.7
华南	188	0.298	1 694.2	113.9
全国	155	0.298	13 225.2	733.1

发挥了重要作用。本研究以我国农田净初级生产力数据为基础,根据光合作用方程式估算固定  $\text{CO}_2$  和释放  $\text{O}_2$  的物质质量,然后再采用碳贸易价格(取值为 51.21 元/t  $\text{CO}_2$ )估算固定  $\text{CO}_2$  价值,用工业制氧法(取值为 400 元/t O)估算释放  $\text{O}_2$  价值。农田净初级生产力计算公式为:

$$NPP = \sum_{i=1}^n P_i / R_i \times (1 - W_i)$$

式中,  $NPP$  为农田净初级生产力(考虑复种);  $P_i$  为  $i$  类作物的经济产量;  $R_i$  为  $i$  类作物的收获指数;  $W_i$  为  $i$  类作物的水分含量;  $i = 1, 2, \dots, 8$ , 分别代表谷物、豆类、薯类、油料、棉花、糖类、烟叶、蔬菜。对于各地果园和茶园净初级生产力,本文根据同类地区林地的净初级生产力进行推算。

#### 1.3.2 温室气体排放

在气体调节功能中,农田土壤同时也排放  $\text{CO}_2$ 、 $\text{CH}_4$ 、 $\text{N}_2\text{O}$  等温室气体,对全球变暖有着重要影响。对于  $\text{CH}_4$ 、 $\text{N}_2\text{O}$  排放对环境影响的经济评估,本文采用增温潜势将相同质量的  $\text{CH}_4$ 、 $\text{N}_2\text{O}$  气体换算为等温室效应的  $\text{CO}_2$ ,然后再用碳交易价格进行价值化评估。

农田生态系统中温室气体的产生是一个复杂过程。李长生等<sup>[7]</sup>根据 1990 年的气象及农业种植条件,使用 DNDC 模型对中国 2 483 个县的农田进行了  $\text{CO}_2$ 、 $\text{CH}_4$  和  $\text{N}_2\text{O}$  排放量的模拟计算。根据李长生等人的结果,以及 1990 年我国各地农田和稻田面积可进一步计算出农田温室气体排放通量。

根据温室气体排放通量(客观地讲,农田温室气体排放通量是随气候及耕作制度的变化而变化的。但受资料所限,本文只能以此通量来计算当前的温室气体释放量,这会造成一定的误差。)和 2003 年我国各地农田和稻田种植面积,可计算出 2003 年农田温室气体排放的总增温潜势。再根据各地净初级生产力可进一步计算出农田总气体调节的价值(见表 3)。

表3 农田的气体调节服务功能及其价值  
Tab.3 The gases regulation services and their values of agroecosystem

生态区	温室气体排放的总 GWP(10 <sup>6</sup> t/a)	CO <sub>2</sub> 固定量 (10 <sup>6</sup> t/a)	O <sub>2</sub> 释放量 (10 <sup>6</sup> t/a)	总价值 (10 <sup>8</sup> 元/a)
东北	385.20	72.41	53.29	37.86
内蒙古	89.22	16.37	12.05	10.81
新疆	31.96	13.63	10.03	30.93
黄淮海	61.93	125.66	92.49	404.57
黄土高原	32.82	36.85	27.12	102.26
青藏高原	-0.25	2.38	1.75	8.39
长江中下游	165.17	142.74	105.06	397.95
西南	81.88	80.32	59.12	235.84
华南	72.96	68.52	50.43	200.57
全国	920.89	558.88	411.34	1 429.17

从表3可以看出,我国农田生态系统总体上是碳源而非碳汇。但是,农田生态系统对温室气体的调节功能在区域之间存在明显差异。东北、内蒙古及新疆是我国农田生态系统释放温室气体的主要区域,尤其以东北为甚。长江以南的广大地区,基本上对温室气体的调控处于接近平衡的状态。黄土高原、青藏高原和黄淮海地区则是温室气体的弱汇。农田生态系统气体调节功能的总价值为1 429.17 ×10<sup>8</sup> 元/a。

东北地区是我国土壤最为肥沃的地区,也是我国农业生产潜力较大和主要商品粮产区之一。然而,东北农业的发展在保障我国粮食安全的同时,也使土壤碳库呈现持续的下降趋势。根据本文计算,我国农田生态系统温室气体每年的净排放量为 362 ×10<sup>6</sup> t CO<sub>2</sub> (CH<sub>4</sub>、N<sub>2</sub>O 按增温潜势换算成 CO<sub>2</sub>),其中 86%来自东北地区。

#### 1.4 水土保持功能

##### 1.4.1 土壤保持功能

尽管不合理的农业生产活动长期以来一直是加剧我国水土流失的重要原因,但农业生产活动对于保持水土又有着积极的意义。农作物对地表的覆盖可明显减轻风水蚀的发生,而我国各地农民在长期的生产实践中摸索出的多种多样的水土保持措施以及小流域综合治理等生产模式,对于保持水土、防止侵蚀也发挥了较大的作用。

农田生态系统保持土壤的功能可采用如下方法计算:

$$Q_s = A \times (E_p - E_r)$$

式中,  $Q_s$  为农田土壤保持量;  $A$  为农田面积;  $E_p$  为耕地潜在侵蚀模数;  $E_r$  为现实侵蚀模数。耕地潜在侵蚀模数主要受降雨、土壤、地形等因素影响,现实侵蚀模数则与农田水保措施和种植制度等有关。各地区耕地潜在和现实侵蚀模数主要来自一些学者的田间监测数据或采用通用水土流失方程估算的数据。

农田保持土壤的价值可以从减少土地废弃和减轻泥

沙淤积两个方面来评价,方法可运用机会成本法和影子工程法来计算。

##### 1.4.2 水源涵养功能

农田生态系统涵养水源的作用可以采用降水储存量法来计算:

$$Q_w = A \times J \times R$$

$$J = J_0 \times K$$

$$R = R_0 - R_g$$

式中,  $Q_w$  为与裸地相比较,农田涵养水源的增加量;  $A$  为计算区面积;  $J$  为计算区多年平均产流降雨量;  $J_0$  为计算区多年平均降雨总量;  $K$  为计算区产流降雨量占降雨总量的比例;  $R$  为与裸地比较,农田减少径流的效益系数;  $R_0$  为产流降雨条件下裸地降雨径流率;  $R_g$  为产流降雨条件下农田降雨径流率。

根据各地降雨特征分别选取  $k$  参数值<sup>[8]</sup>。根据已有的实测成果,结合各省区土壤类型、坡耕地面积、梯田面积等因素,综合估算其  $R$  值。

农田涵养水源的功能主要体现在调节洪水和增强供水能力两个方面。在获得物质质量后,采用水库蓄水成本法计算其价值,取值为 1.17 元/m<sup>3</sup>。

农田生态系统的水土保持功能如表4所示。从土壤保持功能来看,东北地区、黄土高原区和西南地区保持土壤量较大,但土壤保持价值较大的是西南地区、黄淮海地区和长江中下游区。从水源涵养能力看,长江以南地区普遍高于北方地区,尤其以长江中下游区水源涵养能力较强。

表4 农田生态系统的水土保持功能及其价值

Tab.4 The water and soil conservation services and their values of agroecosystem

生态区	土壤保持量 (10 <sup>6</sup> t/a)	土壤保持价 值(10 <sup>8</sup> 元/a)	水源涵养量 (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> /a)	水源涵养价 值(10 <sup>8</sup> 元/a)
东北	12.70	18.71	73.95	86.53
内蒙古	2.88	2.97	19.47	22.78
新疆	1.42	3.68	1.81	2.122
黄淮海	9.92	32.09	93.24	109.10
黄土高原	13.77	21.88	41.66	48.74
青藏高原	0.41	0.56	1.49	1.752
长江中下游	9.00	31.77	367.42	429.88
西南	18.75	49.89	213.17	249.41
华南	5.02	23.23	209.55	245.22
全国	73.90	183.22	1 021.77	1 195.53

##### 1.5 环境净化功能

中国传统农业的无废弃物生产模式和我国农户分散经营的土地利用方式,使中国农田生态系统担负了重要的环境净化功能。人畜粪便、生活垃圾、甚至厨房泔水等在经过简单的堆制处理后被作为有机肥料施入农田,既维持

了农田养分平衡,同时也减少了处理这些生活垃圾的成本,起到了重要的环境净化功能。

根据农户调查资料及相关文献资料(国家中长期科学与技术发展规划农业专题中期报告,2003 年 11 月(内部资料)),可以估算出目前我国各地区农田消除人畜废弃物和生活垃圾的数量。农田净化人畜废弃物和生活垃圾的功能可以采用替代成本法来进行价值评估,即采用城市生活垃圾处理成本来估算。

目前我国城市生活垃圾的处理方式主要有卫生填埋、焚烧、堆肥三种。其中,垃圾卫生填埋在我国仍是首选方法和主要途径,约占总处理量的 70%~80%,焚烧和堆粪各约占 10%左右。从不同处理方式的成本看,有关资料显示,卫生填埋法成本约在 100 元/t 左右;堆肥法的处理成本也在 100 元/t 左右,且堆制的有机肥可挽回一些成本;焚烧法的成本约在 260 元/t 左右。根据目前各种处理方式的比率和各种方式的处理成本,可以大致估算出垃圾处理成本为 108 元/t。

结果表明(见表 5),我国农田生态系统每年净化的人畜废物量为  $3\ 604.79 \times 10^6$ t,其总价值为  $3\ 893.17 \times 10^8$  元。在各生态区中,黄淮海和长江中下游区农田净化废弃物的功能较强,二者合计占全国农田净化废弃物能力的 49.7%。

### 1.6 水资源消耗功能

由于农业灌溉措施的实施,农田生态系统具备了比原生生态系统更高的生产力,在广大的干旱和半干旱地区,大大提高了人类生存的能力。但是,农业灌溉也导致了許多资源环境问题,如华北地区的地下水漏斗,新疆的塔里木河干涸等。据统计,2003 年我国总用水量为  $5\ 320 \times 10^8$ m<sup>3</sup>,其中农业用水占 64.5%。农田消耗水资源的价值可以根据水库蓄水成本法直接算出。水资源消耗的经济

表 5 农田生态系统环境净化和水源消耗的功能及其价值

生态区	农田净化的人畜废弃物量(10 <sup>6</sup> t/a)	废物净化价值(10 <sup>8</sup> 元/a)	水源耗水量(10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> /a)	水源消耗价值(10 <sup>8</sup> 元/a)
东北	344.20	371.74	18 572.22	217.29
内蒙古	80.48	86.92	8 416.01	98.47
新疆	88.95	96.07	2 620.44	30.66
黄淮海	933.21	1 007.87	25 574.32	299.22
黄土高原	235.45	254.29	13 759.10	160.98
青藏高原	45.44	49.07	2 554.76	29.89
长江中下游	858.56	927.24	51 450.20	601.97
西南	524.40	566.35	17 516.89	204.95
华南	494.10	533.63	33 682.78	394.09
全国	3 604.79	3 893.17	174 146.72	2 037.52

价值计算方法为:

$$V_w = W \times R \times C_w$$

式中,  $V_w$  为水资源消耗价值;  $W$  为各地农业用水量;  $R$  为各地农业耗水率;  $C_w$  为水库蓄水成本,取 1.17 元/m<sup>3</sup>。

结果表明(见表 5),我国农田生态系统每年需要的灌溉水量为  $1\ 741.46 \times 10^8$ m<sup>3</sup>,其价值高达  $2\ 037.52 \times 10^8$  元。长江中下游、华南和黄淮海地区是我国农业消耗水资源最多的地区。

### 1.7 环境污染与破坏功能

随着农业现代化的发展,化肥、农药、除草剂逐渐替代传统农业中的有机肥、人工锄草等。这些现代投入品在增加作物产量的同时,也带来了一系列的环境问题,如长期过量施用化肥造成空气污染、水体富营养化、农产品硝酸盐含量超标等问题,大量施用农药导致许多非靶标生物死亡,农药残留危害人类健康等。

从理论上讲,农田使用化肥、农药的负面经济价值应当是指化肥、农药对土壤、水体、空气的污染给人类福利带来的损失,如饮用水源污染影响人们身体健康,农田有益昆虫和鸟类死亡导致生物多样性降低等。但是,受资料所限,采用这种方法进行评价的可行性较小。因此,本研究采用如下方法进行估算:

$$V_p = M \times (1 - r) \times p$$

式中,  $V_p$  是指施用化肥/农药的负面经济价值;  $M$  是化肥/农药的用量,  $r$  为化肥/农药的利用率;  $p$  为化肥/农药当前价格。

对于我国各地化肥利用率问题,本文采用陈同斌等人的研究成果<sup>[9]</sup>。其主要结论为:目前全国平均化肥利用率为 34.17%,其中高施肥量区为 27.39%,中施肥量区为 36.04%,低施肥量区为 39.83%。对于我国农药的利用率,本文根据一些文献资料以及农户调查资料进行估算,取农药利用率为 35%。

表 6 化肥和农药污染量及其造成的经济损失

生态区	化肥污染量(10 <sup>4</sup> t/a)	农药污染量(10 <sup>4</sup> t/a)	污染损失(10 <sup>8</sup> 元/a)
东北	235.62	6.80	- 99.38
内蒙古	56.08	0.69	- 22.17
新疆	58.01	0.78	- 26.63
黄淮海	788.63	22.91	- 329.61
黄土高原	199.75	2.84	- 80.45
青藏高原	6.08	0.15	- 2.38
长江中下游	864.44	31.57	- 356.31
西南	301.89	7.10	- 124.01
华南	330.38	13.29	- 134.68
全国	2 840.88	86.14	- 1 175.63

结果表明(见表6),我国每年未被作物吸收而直接形成环境污染的化肥量高达  $2\ 840.88 \times 10^4\text{t}$ ,直接形成环境污染的农药量为  $86.14 \times 10^4\text{t}$ ,这些白白浪费掉的化肥和农药所造成的直接经济损失高达每年  $1\ 175.63 \times 10^8$  元。在各生态区中,黄淮海和长江中下游地区化肥和农药的污染状况最为严重,这里同时也是我国农业的精华所在。

### 1.8 小结

各生态区农田生态系统的服务功能价值如图1、图2所示。从总服务价值来看,长江中下游地区和黄淮海地区较大,二者合计高达每年  $10\ 040 \times 10^8$  元,占我国农田生态系统每年提供的总服务价值的52.5%,青藏高原、内蒙古和新疆较小,西南、华南、东北和黄土高原居中;从单位面积来看,华南、长江中下游、黄淮海和西南地区较大,内蒙

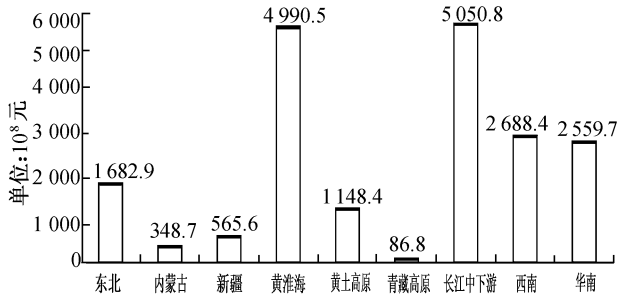


图1 各生态区每年农田生态系统服务功能的价值  
Fig.1 The ecological services value of agroecosystem in each zone

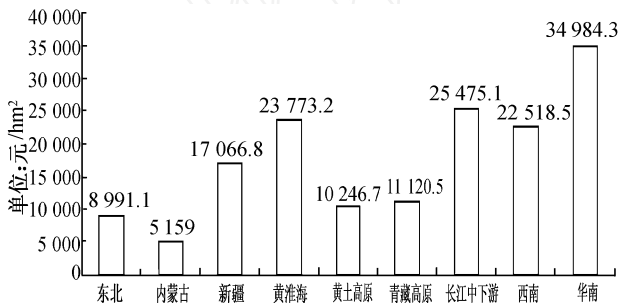


图2 各生态区每年单位面积农田生态系统服务功能的价值  
Fig.2 The ecological services value per hectare of agroecosystem in each zone

## 2 讨论

(1)我国农田生态系统目前多为单种连片种植和多年连作,这使农田内物种的丰富度很低。因此,本文忽略了农田维持生物多样性的功能。此外,农田生态系统还具有一定的科研文化和旅游价值,这主要体现在农业耕作方式承载着人类改造自然和征服自然的印记,特别是中国传统农业中的间套复种和多种多样的水土保持措施等,在世界农业文明史上占有重要地位。近年来在我国大城市郊区观光农业的迅速发展,使农田的美学旅游价值得以体现。受资料和研究方法所限,本文未对这些功能进行计算,因

古、东北、青藏高原和黄土高原较小。

从全国总体农田服务功能的价值来看(见图3),我国农田生态系统每年提供的总服务价值为  $19\ 121.8 \times 10^8$  元,其中,直接农产品生产的价值为  $14\ 870.1 \times 10^8$  元,占总价值的77.8%,间接的调节服务功能的价值仅占22.2%。在各项环境功能中,农业生态系统不仅具有正项的环境服务功能,同时还具有负面的环境破坏作用。每年由于对水资源的消耗和由化肥、农药形成的环境污染给人类福利造成的损失达  $3\ 212.3 \times 10^8$  元。从单位面积农田服务价值来看(见图4),每年提供的服务价值为  $18\ 960.6$  元/hm<sup>2</sup>。其中,农产品生产的价值为  $14\ 788.7$  元/hm<sup>2</sup>,其它服务价值为  $4\ 171.9$  元/hm<sup>2</sup>,由于灌溉和化肥及农药的使用,农田每年给人类福利造成的损失为  $3\ 185.2$  元/hm<sup>2</sup>。

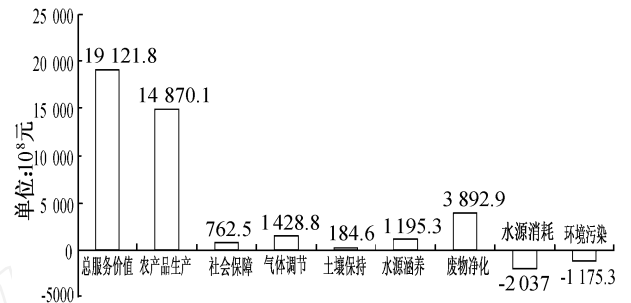


图3 农田生态系统服务功能的价值  
Fig.3 The ecological services value of agroecosystem

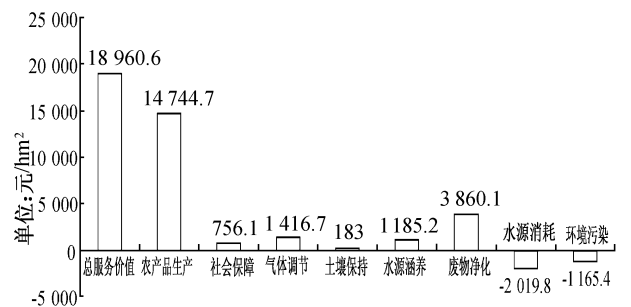


图4 单位面积农田生态服务功能的价值  
Fig.4 The ecological services value per hectare cropland

此本文的计算结果应当比实际值偏低。

(2)有关研究结果显示,中国森林生态系统每年提供的服务价值为  $14\ 060.05 \times 10^8$  元/a,其中,直接服务价值(林木产品和休闲旅游价值)为  $2\ 519.45 \times 10^8$  元/a,仅占总服务价值的17.9%<sup>[8]</sup>;中国草地生态系统每年提供的服务价值为  $1\ 497.9 \times 10^8$  美元/a,其中直接服务价值(食物、原材料和娱乐文化价值)为  $298.2 \times 10^8$  美元/a,仅占总服务价值的19.9%<sup>[10]</sup>。可见,与森林和草地相比,农田的直接服务价值所占比重远远高于森林和草地。从单位面积服务价值来看,农田为每年  $18\ 960.6$  元/hm<sup>2</sup>,森林为  $8\ 842.7$  元/hm<sup>2</sup>,草地为  $2\ 995.8$  元/hm<sup>2</sup>。简单的对比表明,农田的

服务功能要远远高于森林和草地,农业垦殖并没有使人类所获得的总福利降低。

(3)随着农业发展,农业对环境的破坏功能日渐显著。在许多生态脆弱地区,农业耕作导致的水土流失、土地荒漠化和生物多样性降低等后果甚至要大于其对人类提供的福利。从长期来讲,这必然影响到社会经济的可持续发展。如何在保持农业生产基本稳定的基础上,有效地控制其对环境的破坏作用,是当前面临的一个重要课题。

(编辑:温武军)

#### 参考文献(References)

- [1] Costanza R, Arge R, Rudolf de Groot, et al. The Value of the World's Ecosystem Services and Natural Capital[J]. Nature, 1997, 387:253 ~ 260.
- [2] 肖玉,谢高地,鲁春霞等. 稻田生态系统气体调节功能及其价值[J]. 自然资源学报, 2004, 19(5): 617 ~ 623. [Xiao Yu, Xie Gaodi, Lu Chunxia, et al. The Gas Regulation Function and Its Monetary Value of Paddy Field [J]. Journal of Natural Resources, 2004, 19(5): 617 ~ 623.]
- [3] Johanna Björklund, Karin E. Limburg, Torbjörn Rydberg. Impact of Production Intensity on the Ability of the Agricultural Landscape to Generate Ecosystem Services: An Example From Sweden[J]. Ecological Economics, 1999, 29:269 ~ 291.
- [4] Mette Wier, Johnny M Andersen, Jørgen D Jensen, et al. The EU's Agenda 2000 Reform for the Agricultural Sector: Environmental and Economic Effects in Denmark [J]. Ecological Economics, 2002, 41: 345 ~ 359.
- [5] 王宗明,张柏,张树清. 吉林省生态系统服务价值变化研究[J]. 自然资源学报, 2004, 19(1): 55 ~ 61. [Wang Zongming, Zhang Bai, Zhang Shuqing. Study on the Effects of Land Use Change on Ecosystem Service Values of Jilin Province [J]. Journal of Natural Resources, 2004, 19(1): 55 ~ 61.]
- [6] Bin Zhao, Urs Kreuter, Bo Li, et al. An Ecosystem Service Value Assessment Of Land-Use Change on Chongming Island, China [J]. Land Use Policy, 2004, 21: 139 ~ 148.
- [7] 李长生,肖向明, S Frolking, 等. 中国农田的温室气体排放[J]. 第四纪研究. 2003, 23(5): 493 ~ 503. [Li Changsheng, Xiao Xiangming, S. Frolking, et al. Greenhouse Gases Emission in Chinese Cropland [J]. Quaternary Sciences. 2003, 23(5): 493 ~ 503.]
- [8] 赵同谦,欧阳志云,郑华,等. 中国森林生态系统服务功能及其价值评估[J]. 自然资源学报, 2004, 19(4): 480 ~ 491. [Zhao Tongqian, Ouyang Zhiyun, Zheng Hua, et al. Forest Ecosystem Services and Their Valuation in China [J]. Journal of Natural Resources, 2004, 19(4): 480 ~ 491.]
- [9] 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, 57(5): 531 ~ 538. [Chen Tongbin, Ceng Xibo, Hu Qingxiu. The Regional Differences of Fertilizer 'S Utilization Rate in China [J]. Acta Geographica Sinica, 2002, 57(5): 531 ~ 538.]
- [10] 谢高地,张镜礼,鲁春霞等. 中国自然草地生态服务价值[J]. 自然资源学报, 2001, 16(1): 47 ~ 53. [Xie Gaodi, Zhang Yili, Lu Chunxia, et al. The Ecological Services Value of Natural Grassland in China [J]. Journal of Natural Resources, 2001, 16(1): 47 ~ 53.]

## Ecological Services and Their Values of Chinese Agroecosystem

SUN Xin-zhang<sup>1</sup> ZHOU Hai-lin<sup>1</sup> XIE Gao-di<sup>2</sup>

(1. The Administrative Center for China's 21 Agenda, Beijing 100038, China;

2. Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, CAS, Beijing 100101, China)

**Abstract** Agroecosystem not only provides people with grains, vegetables, fibre, etc., but also plays an important role in gas regulation, soil and water conservation, environmental decontamination, etc. Furthermore, Agroecosystem has negative effects on our environment, such as, soil and water pollution caused by fertilizer and pesticide utilization. So, the ecological services of farmland are more complicated than grassland and forest. So far, there are a few of research findings about Chinese farmland's ecological services but only part of ecological services were involved in these documents. An integrated research is needed now in order to understand agroecosystem comprehensively. This paper gave a primary result of ecological services and their monetary values of Chinese agroecosystem. The results showed that the total monetary value of ecological services provided by Chinese agroecosystem is 1 912. 18 billion yuan RMB in 2003(present price in 2003); the positive value is 2 233. 41 billion yuan and negative is - 321. 23 billion yuan. The services value per hectare is 18 960. 6 yuan/hm<sup>2</sup>; the value of farm products is 14 788. 7 yuan/hm<sup>2</sup>, others are 4 171. 9 yuan/hm<sup>2</sup> and negative value is 318. 52 yuan/hm<sup>2</sup>. There is great distinction of farmland ecological services in different regions. The values range from 8. 68~ 505. 08 billion yuan and Huang-Huai-Hai Region and Middle and Lower Reaches of Yangtse River are bigger than other regions. The values of per hectare range from 515. 90~ 3 498. 43 yuan/hm<sup>2</sup>. South China and Middle and Lower Reaches of Yangtse River are bigger and Inner Mongolia and Northeast region are smaller.

**Key words** Chinese agroecosystem; ecological service; monetary value