

doi: 10.7621/cjarrp.1005-9121.20180319

· 区域农业 ·

北京市耕地生态价值评估与时空变化分析^{*}

唐秀美^{1, 2, 3}, 潘瑜春^{1, 2, 3*}, 刘 玉^{1, 2, 3}

(1. 北京农业信息技术研究中心, 北京 100097; 2. 国家农业信息化工程技术研究中心, 北京 100097;
3. 农业部农业信息技术重点实验室, 北京 100097)

摘 要 [目的] 合理测算北京市耕地生态价值, 分析区域内部生态价值差异和变化规律, 为区域耕地保护和多功能利用奠定基础。[方法] 基于北京市耕地利用数据, 结合生态经济学原理与方法, 确定了包括气体调节功能、净化环境功能、涵养水源功能、固土保肥功能和营养物质循环功能在内的耕地生态价值的类型, 采用影子工程法、机会成本法和替代成本法等方法, 构建了不同功能的评估模型, 并以北京市 1980 年、1995 年、2000 年和 2013 年的土地利用现状图为基础, 对 4 期耕地生态价值进行了评估, 分析了其空间分布状况。[结果] 1980~2013 年, 耕地生态价值从远郊区到中心城区逐渐降低, 1980~2013 年, 耕地生态总价值由 1980 年的 122.54 亿元减少到 1995 年的 94.27 亿元, 后增加到 2000 年的 102.72 亿元, 到 2013 年又减少到 76.90 亿元; 各区耕地生态价值都呈现了明显的下降趋势, 不同区耕地生态价值变化规律有所不同。[结论] 研究结果为区域耕地保护和多功能利用奠定了基础, 也为制定生态补偿政策及确定生态补偿标准提供了参考。

关键词 耕地 生态价值 评估 北京 时空变化

中图分类号: F301.24 **文献标识码**: A **文章编号**: 1005-9121[2018]03132-09

0 引言

耕地资源是人类生存和发展不可替代的重要资源。在我国, 耕地资源承载着保证粮食安全和社会稳定的功能, 因此, 我国政府高度重视耕地保护, 将其列入基本国策, 采取“世界上最严格的耕地保护政策”^[1]。耕地资源是一种公众资源, 人类对耕地的需求呈现多样性、层次性、区域性特点, 在不同的区域耕地价值需求主体侧重点不同, 耕地价值的体现也随之有所侧重^[2]。目前许多学者从不同角度对耕地价值进行分类^[3-5], 并对耕地的生态价值、社会保障价值、经济价值进行理论探讨和定量化研究^[6-8]。2000 年以来, 随着全球城市化进程的加快, 生态系统服务稀缺性变得越来越突出, 耕地生态系统的多功能性受到了空前的重视, 国外有关农地价值, 特别是耕地生态价值的研究成为热点^[9-11]。目前耕地生态价值评估中, 采用的方法主要包括价值当量修正法、替代市场法和条件价值评估法等方法^[13]。已有研究中, 耕地生态功能类型多样, 未有公认的分类体系, 且测算方法多样, 多以耕地面积为基础, 计算不同年份之间的生态价值差异, 而对同一区域内部空间之间的差异分析研究较少。基于此, 该研究结合北京市耕地所处位置 and 影响因素, 构建了适合区域的耕地生态价值评估模型, 以期合理测算耕地生态功能, 分析区域内部生态价值差异和变化规律, 从而为区域耕地保护和多功能利用奠定基础。

1 研究区概况与数据基础

1.1 研究区概况

北京市位于华北平原西北隅, 北纬 39°38′~41°51′, 东经 115°25′~117°30′, 东西宽约 160km, 南北

收稿日期: 2017-03-13

作者简介: 唐秀美 (1982—), 女, 山东莱芜人, 副研究员。研究方向: 土地利用与土地信息技术

*通讯作者: 潘瑜春 (1971—), 男, 安徽歙县人, 研究员。研究方向: 土地信息技术。Email: panyu@nercita.org.cn

*资助项目: 北京市农林科学院科技创新能力建设专项项目“京郊地区耕地生态功能评价与提升机制研究”(KJCX20170501)

长约 170km, 东南距渤海约 150km, 辖 16 个区。北京是中国的首都, 是全国的政治经济文化中心, 其土地利用呈现明显的圈层分布特点。北京市耕地资源稀缺, 发挥耕地的多功能性对于北京市可持续发展和建设宜居城市有重要意义。

1.2 数据来源

数据来源为中国科学院资源环境科学数据中心的土地利用数据, 该数据利用陆地卫星 TM 的数字图像作为原始数据源, 解译分类的定位误差为小于两个像元 (60m)。数据时期为 1980 年、1995 年、2000 年和 2013 年, 数据格式为 Shpfile 格式。该研究根据研究目的提取了耕地作为研究对象。

2 北京市耕地生态价值分类与评估方法

耕地资源的生态价值是指耕地在调节气候、净化与美化环境、防止水土流失、维护物种多样性等方面所具有的功能价值^[1]。结合已有研究和北京市的实际情况, 该研究中耕地生态价值包括气体调节功能、净化环境功能、涵养水源功能、固土保肥功能和营养物质循环功能, 并对不同的功能进行了细分, 在计算单位面积耕地的生态价值基础上, 分析不同区域耕地生态价值空间分布状况及变化规律。

2.1 气体调节功能

耕地生态系统大气调节功能价值的评价, 首先要计算耕地地块生态系统各种农作物的年净生物量^[14], 在此基础上, 根据光合作用和呼吸作用方程式得知, 生态系统每生产 1.00g 植物干物质能固定 1.62g CO₂, 释放 1.20g O₂^[15], 据此, 采用固碳制氧成本法计算耕地大气调节价值。

$$E_{\text{调}} = E_{CO_2} + E_{O_2} \quad (1)$$

$$E_{CO_2} = P_i TMC_1 \quad (2)$$

$$E_{O_2} = P_i VC_2 \quad (3)$$

$$P_i = SP \quad (4)$$

其中, $E_{\text{调}}$ 为耕地大气调节功能价值; E_{CO_2} 为耕地固碳价值; E_{O_2} 为耕地释氧价值; P_i 为区域耕地第一净生产力总量; T 为 1.00g 植物干物质固定 CO₂ 重量, 取值为 1.62g; M 为 CO₂ 折算成碳的系数为 3/11; C_1 为碳释放成本价值, 取值为 638.65 元/t; C_2 为释氧的成本价, 以工业制氧成本 400 元/t 计算; V 为 1.00g 植物干物质释放 O₂ 重量, 取值为 1.20g; S 为耕地面积 (hm²); P 为耕地单位面积第一净生产力, 取值为 4.829t/(hm²·年)^[16]。据此, 计算 1hm² 耕地的大气调节功能价值为:

$$E_{\text{调}} = SPTMC_1 + SPVC_2 = 1\text{hm}^2 \times 4.829\text{kg} \times 1.62\text{kg} \times 3/11 \times 0.64 \text{元/kg} + 1\text{hm}^2 \times 4.829\text{kg} \times 1.20\text{kg} \times 0.4 \text{元/kg} = 1365.47 + 2317.92 = 3683.39 \text{元/hm}^2$$

2.2 净化环境功能

耕地净化环境功能包括吸收有害气体、净化大气、消纳废弃物等。该研究计算耕地净化环境价值主要考虑净化大气和消纳畜禽粪便两个方面。

$$E_{\text{净}} = E_{\text{气}} + E_{\text{消}} \quad (5)$$

式 (5) 中, $E_{\text{净}}$ 为耕地净化环境价值; $E_{\text{气}}$ 为净化大气功能价值; $E_{\text{消}}$ 为耕地消纳废弃物价值。

2.2.1 净化大气功能

耕地对大气的净化功能主要是指耕地可以依靠自身特殊的结构和功能, 通过吸收、过滤、阻隔和分解等生理生化过程^[17]。净化大气功能主要计算耕地减少空气中硫化物、氮化物、卤素等有害物质的含量和滞尘所实现的价值。该研究运用恢复费用法计算耕地吸收 SO₂、HF、NO_x 和滞尘能力的价值^[14]。

$$E_{\text{气}} = E_{SO_2} + E_{HF} + E_{NO_x} + Ez \quad (6)$$

$$E_{SO_2} = SU_1 C_3 \quad (7)$$

$$E_{HF} = SU_2 C_4 \quad (8)$$

$$E_{NO_x} = SU_3 C_5 \quad (9)$$

$$E_z = SU_4 C_6 \quad (10)$$

其中, E_{SO_2} 为耕地吸收 SO_2 的价值; E_{HF} 为耕地吸收 HF 的价值; E_{NO_x} 为耕地吸收 NO_x 的价值; E_z 为耕地滞尘的价值; 结合已有研究, 确定主要的参数值^[18-19], U_1 为单位面积耕地资源吸收 SO_2 量, 取值为 $45\text{kg}/(\text{hm}^2 \cdot \text{年})$; C_3 为治理 SO_2 单位成本, 取值为 $3\,000$ 元/t; U_2 为单位面积耕地资源吸收 HF 的量, 取值为 $0.38\text{kg}/(\text{hm}^2 \cdot \text{年})$; C_4 为治理 HF 单位成本, 取值为 600 元/t; U_3 为单位面积耕地资源吸收 NO_x 的量, 取值为 $33.8\text{kg}/(\text{hm}^2 \cdot \text{年})$; C_5 为治理 NO_x 单位成本, 取值为 1.6 万元/t; U_4 为单位面积耕地资源的滞尘能力的量, 取值为 $0.95\text{kg}/(\text{hm}^2 \cdot \text{年})$, C_6 为治理粉尘单位成本, 取值为 170 元/t。据此, 计算 1hm^2 耕地的净化大气功能价值为:

$$E_{\text{净}} = E_{SO_2} + E_{HF} + E_{NO_x} + E_z = 1\text{hm}^2 \times 45\text{kg}/(\text{hm}^2 \cdot \text{年}) \times 3 \text{ 元/kg} + 1\text{hm}^2 \times 0.38\text{kg}/(\text{hm}^2 \cdot \text{年}) \times 0.6 \text{ 元/kg} + 1\text{hm}^2 \times 33.8\text{kg}/(\text{hm}^2 \cdot \text{年}) \times 16 \text{ 元/kg} + 1\text{hm}^2 \times 0.95\text{kg}/(\text{hm}^2 \cdot \text{年}) \times 0.17 \text{ 元/kg} = 135 + 0.228 + 540.80 + 0.16 = 676.19 \text{ 元/hm}^2$$

2.2.2 消纳废弃物功能

耕地对畜禽粪便的消纳降解可以减少畜禽粪便污染环境, 该研究中主要考虑耕地对氮、磷的消纳能力^[20], 确定耕地消纳废弃物的计算方法:

$$E_{\text{消}} = S \times (\sum V_j \times C_j) \quad (11)$$

式 (11) 中, V_j 为耕地年消纳氮、磷的量, 参考已有研究^[21-22], 北京市耕地年消纳氮、磷的限量确定为 200 和 $40\text{kg}/\text{hm}^2$, 北京市有机肥的施用比例确定为 30% , 即北京市耕地消纳氮、磷的量取值为 60 和 $12\text{kg}/\text{hm}^2$; C_j 为 j 种肥料的价格, 根据中国化肥网的统计数据, 尿素的平均价格为 $1\,450$ 元/t, 过磷酸钙的价格为 $1\,500$ 元/t, 氯化钾的价格为 $1\,900$ 元/t, 根据纯元素的折算率, 氮为 46% , 磷为 17% , 钾为 55% , 确定全氮、全磷、全钾的价格分别为 $3\,152$ 元/t、 $8\,823$ 元/t、 $3\,455$ 元/t^[16], 据此, 计算 1hm^2 耕地的消纳废弃物价值为:

$$E_{\text{消}} = 1\text{hm}^2 \times (60\text{kg}/\text{hm}^2 \times 3.15 \text{ 元/kg} + 12\text{kg}/\text{hm}^2 \times 8.82 \text{ 元/kg}) = 294.84 \text{ 元/hm}^2$$

1hm^2 耕地的净化环境的价值为:

$$E_{\text{净}} = 676.19 \text{ 元/hm}^2 + 294.84 \text{ 元/hm}^2 = 971.03 \text{ 元/hm}^2$$

2.3 涵养水源功能

耕地涵养水源功能主要指耕地对降水的截留、吸收和贮存, 将地表水转换为地表径流或地下水的作

2.3.1 涵养水源量

以耕地区域水量平衡法计算耕地涵养水源量。

$$W_{\text{水}} = (G - Z) \times S = G \times (1 - n) \times S \quad (12)$$

式 (12) 中, $W_{\text{水}}$ 为涵养水源量 (t); G 为平均降水量 (mm/年), 取值为北京市年平均降水量 585mm ; Z 为平均蒸散量 (mm/年); n 为耕地资源上作物年蒸腾量占总降雨的比例, 参考已有研究, 取值为 0.84 ^[23]。据此, 计算 1hm^2 耕地的涵养水源量为:

$$W_{\text{水}} = 626\text{mm}/\text{年} \times (1 - 0.84) \times 1\text{hm}^2 = 936\text{t}$$

2.3.2 涵养水源价值

耕地涵养水源的价值根据水库工程的蓄水成本 (替代工程法) 确定。

$$E_{\text{涵}} = W_{\text{水}} \times C_{\text{库}} \quad (13)$$

式 (13) 中, $E_{\text{涵}}$ 为耕地涵养水源的价值 (元); $W_{\text{水}}$ 为涵养水源量 (t/年); $C_{\text{库}}$ 为水库造价 (元/t), 根据中国水利年鉴的水库库容造价数据, 结合历年价格指数^[24], 确定 2015 年的北京市水库库容造价为 $6.48 \text{ 元}/\text{m}^3$, 采用公式 (13) 计算涵养水源价值。据此, 计算 1hm^2 耕地的涵养水源价值为:

$$E_{\text{涵}} = 936\text{t} \times 6.48 \text{ 元}/\text{m}^3 = 6\,065.28 \text{ 元/hm}^2$$

2.4 固土保肥功能

耕地中农作物覆盖在土壤上,一方面可以减少土壤侵蚀量,另一方面可以保持因土壤侵蚀而使泥沙淤积在水库、江河、湖泊的间接经济价值。因此,耕地的固土保肥功能有保持土壤肥力、减少河流湖泊泥沙淤积和固定肥力(化肥和有机肥)3个方面^[24]。研究采用替代市场法和影子工程法计算耕地减少这3方面损失的价值。

$$E_{\text{固}} = E_{\text{侵}} + E_{\text{淤}} + E_{\text{肥}} + E_{\text{有}} \quad (14)$$

式(14)中, $E_{\text{固}}$ 为耕地土壤固土保肥价值; $E_{\text{侵}}$ 为耕地减少土壤侵蚀价值; $E_{\text{淤}}$ 为耕地减少河流湖泊泥沙淤积价值; $E_{\text{肥}}$ 为耕地固定肥力(元); $E_{\text{有}}$ 为减少有机质损失价格。

2.4.1 土壤侵蚀总量

耕地土壤侵蚀总量的计算公式为:

$$W_{\text{土}} = S \times M \quad (15)$$

式(15)中, $W_{\text{土}}$ 为耕地减少土壤侵蚀总量(t); M 为耕地侵蚀模数 [$\text{t}/(\text{hm}^2 \cdot \text{年})$], 根据有效林地的侵蚀模数^[25], 结合北京市水土保持公报, 北京市耕地侵蚀模数平均值为 $25 \text{ t}/(\text{hm}^2 \cdot \text{年})$ ^[26]。

$$W_{\text{土}} = 1 \text{ hm}^2 \times 25 \text{ t}/(\text{hm}^2 \cdot \text{年}) = 25 \text{ t}$$

2.4.2 减少侵蚀价值

将由计算出的耕地减少土壤侵蚀总量除以土地耕作层的平均厚度, 即得耕地减少土地资源损失的面积 WA 。

$$WA = \frac{W_{\text{土}}}{TL} \quad (16)$$

式(16)中, WA 为减少土地资源损失面积 (hm^2); $W_{\text{土}}$ 为耕地减少土壤侵蚀总量(t); T 为土壤的平均密度, 取值为 $1.3 \text{ g}/\text{cm}^3$; L 为土地耕作层的平均厚度(m), 根据已有研究, 取值为 0.5 m ^[16]。

$$E_{\text{侵}} = WA \times C_{\text{耕}} \quad (17)$$

以耕地生产用地的年平均收益, 作为耕地减少废弃土地的机会成本, 计算耕地减少土壤侵蚀总量的价值。 $E_{\text{耕}}$ 为耕地减少土壤侵蚀总量的价值, $C_{\text{耕}}$ 为耕地的年平均收益, 根据北京市统计年鉴及中国农村统计年鉴数据, 确定北京市2015年耕地平均收益为 $3.2 \text{ 万元}/\text{hm}^2$ 。据此, 计算 1 hm^2 耕地的减少侵蚀价值为:

$$E_{\text{侵}} = 25 \times 10^3 \text{ kg}/1.3 \times 10^3 \text{ kg}/\text{m}^3/0.5 \text{ m} \times 3.2 \text{ 元}/\text{m}^2 = 123.08 \text{ 元}/\text{hm}^2$$

2.4.3 减少淤积价值

按照我国主要流域的泥沙运动规律, 一般土壤侵蚀流失的泥沙有24%淤积于水库、江河、湖泊, 这部分泥沙直接造成了水库、江河、湖泊蓄水量的下降, 在一定程度上增加了干旱、洪涝灾害发生的机会, 另有33%滞留, 37%入海^[27]。该文仅考虑淤积于水库、江河湖泊的24%, 即每年减少泥沙淤积的经济价值。按照采用影子工程法计算减少河流湖泊泥沙淤积的价值:

$$E_{\text{淤}} = W_{\text{土}} \times 24\% \times C_{\text{库}} \quad (18)$$

据此, 计算 1 hm^2 耕地的减少淤积的价值为:

$$E_{\text{淤}} = 25 \text{ t} \times 24\% \times 6.48 \text{ 元}/\text{t} = 38.88 \text{ 元}/\text{hm}^2$$

2.4.4 固定肥力价值

固定肥力价值主要根据减少土壤流失中的土壤肥力价值计算。其中, 有机质损失的价值采用耕地可增加的薪柴的费用确定。

$$E_{\text{肥}} = \sum R_j \times C_j \times W_{\text{土}} \quad (19)$$

$$E_{\text{有}} = W_{\text{有}} \times T_{\text{有}} \times C_{\text{有}} \quad (20)$$

式(19)(20)中, R_j 为单位侵蚀物中第 j 种养分元素的含量 (g/kg); 结合已有研究, 确定北京市土壤中有机质、氮、磷、钾含量为: 有机质 $15.3 \text{ g}/\text{kg}$, 氮 $0.9 \text{ g}/\text{kg}$, 琳 $0.8 \text{ g}/\text{kg}$, 钾 $21 \text{ g}/\text{kg}$ ^[28-29]; $T_{\text{有}}$ 为薪

材转化成有机质的比例为 2:1; $C_{有}$ 为薪材的平均价格取值为 211 元/t。据此, 计算 1hm^2 耕地的固土保肥价值为:

$$E_{肥} = 25\,000\text{kg} \times (0.9\text{ g/kg} \times 10^{-3} \times 3.15\text{ 元/kg} + 0.8\text{ g/kg} \times 10^{-3} \times 8.82\text{ 元/kg} + 21\text{ g/kg} \times 10^{-3} \times 3.46\text{ 元/kg}) = 2\,063.78\text{ 元/hm}^2$$

$$E_{有} = 25\,000\text{kg} \times 15.3\text{ g/kg} \times 10^{-3} \times 2 \times 0.211\text{ 元/kg} = 161.42\text{ 元/hm}^2$$

$$E_{固} = 123.08 + 38.88 + 2\,063.78 + 161.42 = 2\,387.16\text{ 元/hm}^2$$

2.5 营养物质循环功能

耕地生态系统的营养物质循环主要在生物库、凋落物库和土壤库之间进行。对于农田生态系统来说, 因其凋落物量较小, 生物与土壤之间的养分交换过程是最主要的过程^[30], 该研究只考虑土壤库和生物库。该文对参与评价的生物库和土壤库中的营养元素仅考虑含量相对较多的氮、磷、钾^[31]。

$$E_{营} = E_{生} + E_{土} \tag{21}$$

$$E_{生} = \sum_j NPP_j (C_{nj}P_n + C_{pj}P_{nk} + C_{kj}P_k) \tag{22}$$

$$E_{土} = \sum_j M_j (S_{nj}P_nf_n + S_{pj}P_pf_p + S_{kj}P_kf_k) \tag{23}$$

其中, $E_{营}$ 为耕地营养物质循环功能价值; $E_{生}$ 为生物库参与营养元素循环的价值; $E_{土}$ 为生物库中营养物质循环的总价值; C_{nj} 为第 j 类农产品生物质中含氮的百分比; C_{pj} 为第 j 类农产品生物质中含磷的百分比; C_{kj} 为第 j 类农产品生物质中含钾的百分比; P_n 、 P_p 、 P_k 分别对应于氮、磷、钾的市场价格; $E_{土}$ 为土壤库中营养物质循环的价值; M_j 为第 j 类农产品土壤库总量; S_{nj} 为第 j 类农产品土壤库中含氮的百分比; S_{pj} 为第 j 类农产品土壤库中含磷的百分比; S_{kj} 为第 j 类农产品土壤库中含钾的百分比; 根据已有研究^[15-16], 生物库中氮、磷、钾的营养元素含量比例取平均值, 分别为 3.09%, 0.74% 和 3.28%, 土壤库中氮、磷、钾的百分含量换算后为 0.09%、0.08% 和 2.10%; f_n 、 f_p 、 f_k 分别为氮、磷、钾在土壤中的周转率, 其值分别为 0.08、0.01 和 0.01^[32]。据此计算 1hm^2 耕地营养物质循环价值为:

$$E_{营} = 1\text{hm}^2 \times 4\,829\text{kg} \times (3.09\% \times 3.15\text{ 元/kg} + 0.74\% \times 8.82\text{ 元/kg} + 3.28\% \times 3.46\text{ 元/kg}) + 1 \times 10^4\text{m}^2 \times 0.5\text{m} \times 1.3 \times 10^3\text{kg/m}^3 \times (0.09\% \times 0.08 \times 3.15\text{ 元/kg} + 0.08\% \times 0.01 \times 8.82\text{ 元/kg} + 2.10\% \times 0.01 \times 3.46\text{ 元/kg}) = 1\,333.24 + 6\,655.74 = 7\,988.98\text{ 元/hm}^2$$

3 结果分析

3.1 北京市单位耕地生态价值

通过对北京市耕地生态价值的计算结果, 分析耕地生态价值组成情况, 北京市耕地生态价值总值为 2.109 6 万元/ hm^2 , 其中, 价值最高的为营养物质循环功能, 为 7 988.98 元/ hm^2 , 其次是涵养水源功能, 为 6 065.28 元/ hm^2 , 气体调节功能是 3 683.39 元/ hm^2 , 固土保肥功能为 2 387.16 元/ hm^2 , 最低的为净化大气功能, 价值为 971.03 元/ hm^2 。

3.2 生态总价值变化

结合北京市 1980 年、1995 年、2000 年和 2013 年的耕地分布状况, 计算北京市耕地生态价值变化情况, 结果如图 2、表 1。1980~2013 年, 耕地生态价值分布呈现明显的从中心城区到远郊区逐渐降低的趋势, 1980~2013 年, 耕地生态总价值共减少了 45.64 亿元, 其中, 营养物质循环功能减少最高, 达到 17.28 亿元, 其次是涵养水源功能,

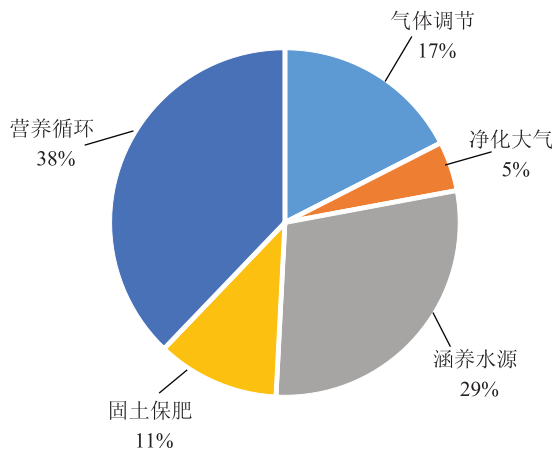


图 1 北京市单位面积耕地生态价值组成情况

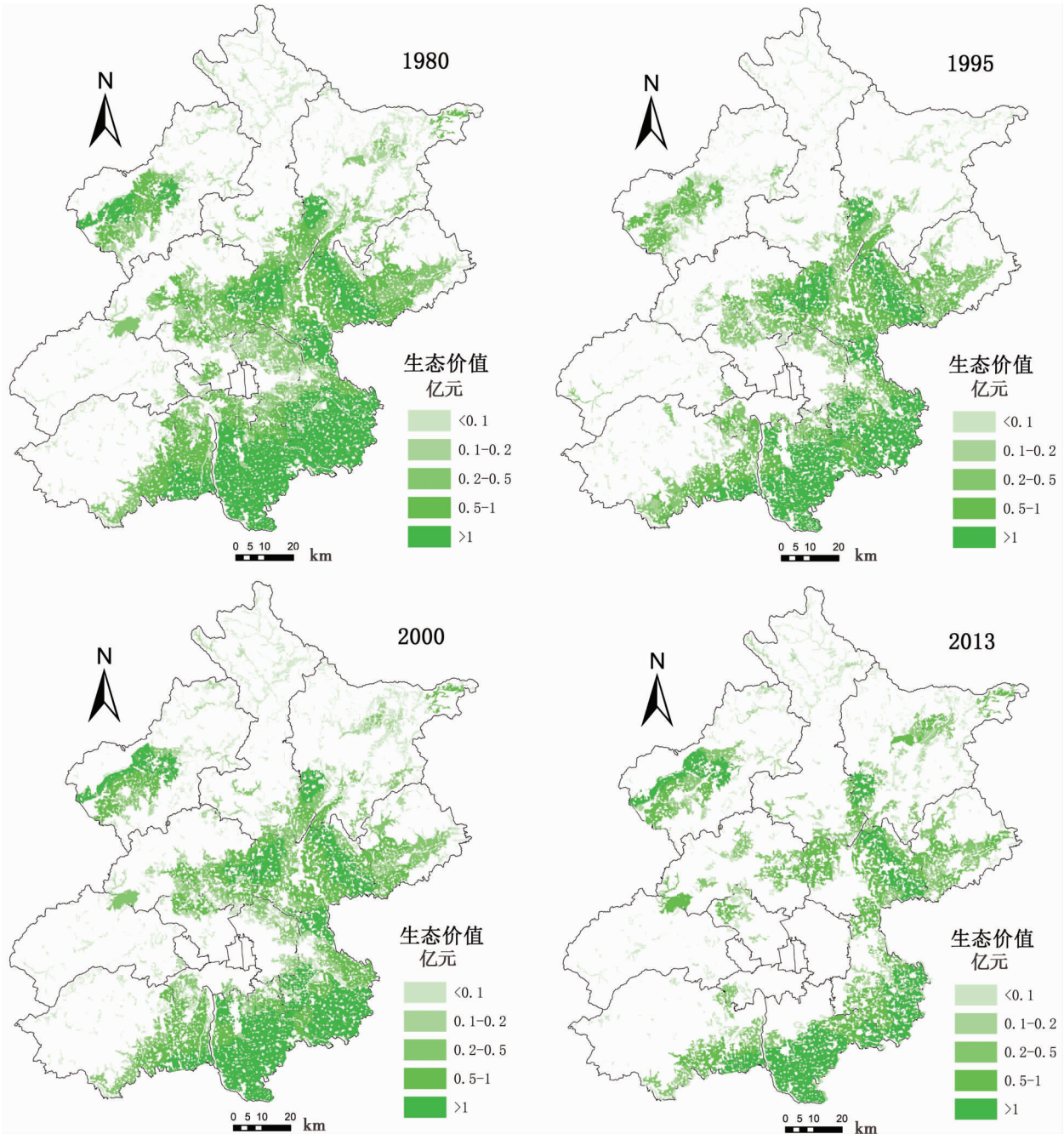


图2 1980年、1995年、2000年、2013年北京市耕地生态价值分布

表1 北京市耕地生态价值变化

年份	耕地面积 (万 hm ²)	气体调节 功能 (亿元)	净化环境 功能 (亿元)	涵养水源 功能 (亿元)	固土保肥 功能 (亿元)	营养物质 循环功能 (亿元)	总价值 (亿元)
1980	58.085 8	21.40	5.64	35.23	13.87	46.40	122.54
1995	44.687 8	16.46	4.34	27.10	10.67	35.70	94.27
2000	48.689 7	17.93	4.73	29.53	11.62	38.90	102.72
2013	36.452 6	13.43	3.54	22.11	8.70	29.12	76.90

减少 13.12 亿元，气体调节功能减少 7.97 亿元，固土保肥功能减少 5.17 亿元，净化环境功能减少 2.1 亿元。

3.3 分区县耕地生态价值变化

由表 2 分析各区耕地生态价值的变化情况，1980 ~ 2013 年，各区县耕地生态价值都呈现了明显的下降趋势，特别是 1980 ~ 1995 年，减少幅度较高。从远郊区到城区，耕地生态价值的减少幅度逐渐增加，其中，丰台、石景山、房山、顺义的耕地生态价值逐年减少；而朝阳、海淀、门头沟、通州、昌平、大兴、怀柔、平谷、密云和延庆等区的耕地生态价值都是 1980 ~ 1995 年降低，1995 ~ 2000 年增加，2000 ~ 2013 年又增加的趋势。分区统计发现，从 1980 年到 2013 年，大兴区的耕地生态价值减少数量最多，减少了 6.01 亿元，其次是朝阳区，

表 2 北京市各区耕地生态价值变化							亿元
区	1980 年	1995 年	2000 年	2013 年	变化数量	变化比例 (%)	
朝阳	6.01	3.22	3.28	0.11	-5.9	-98.17	
丰台	3.56	1.73	1.59	0.54	-3.02	-84.83	
石景山	0.32	0.007 1	0.003 5	0.003 4	-0.32	-98.94	
海淀	3.56	2.27	2.42	1.55	-2.01	-56.46	
门头沟	2.01	1.42	1.69	1.28	-0.73	-36.32	
房山	12.20	10.92	10.39	7.54	-4.66	-38.20	
通州	14.58	12.51	13.21	9.86	-4.72	-32.37	
顺义	15.88	14.50	14.22	10.40	-5.48	-34.51	
昌平	10.26	7.24	7.84	4.63	-5.63	-54.87	
大兴	17.67	15.25	16.23	11.66	-6.01	-34.01	
怀柔	6.69	4.28	6.12	4.73	-1.96	-29.30	
平谷	7.37	6.16	6.46	6.05	-1.32	-17.91	
密云	11.10	6.27	9.51	8.95	-2.15	-19.37	
延庆	11.33	8.49	9.75	9.61	-1.72	-15.18	

减少了 5.9 亿元，昌平区和顺义区也减少了 5.63 亿元和 5.48 亿元，而石景山减少的数量较少，仅为 0.32 亿元，门头沟减少了 0.73 亿元，从减少比例计算，减少比例最高的为石景山区，达到 98.94%，其次是朝阳区，减少比例为 98.17%，延庆的减少比例最低，为 15.18%，平谷区为 17.91%，密云区为 19.37%。从各区县耕地不同生态功能变化来说，各区县营养物质循环功能减少最高，其次是涵养水源功能和气体调节功能，固土保肥功能和净化环境功能减少数量最低。

4 讨论与结论

4.1 讨论

对耕地价值的认识经历了由无价到单一的经济价值核算，再到综合价值核算的发展过程。近年来，由于耕地生态价值评估越来越受到学术界研究的重视，耕地生态价值本身的影响因素复杂多样且多难以定量，学者采用各种方法试图对其进行合理核算，评估方法多样。总体而言，耕地生态价值的核算应该结合其所在区位、经济发展状况等合理确定类型及估算方法。该研究中结合北京市的实际情况，确定了北京市耕地 5 类生态价值类型和各类型中不同功能的核算方法，研究对于完善耕地生态价值核算方法，分析不同时间和区域耕地生态价值分布情况有重要意义。将来应进一步对耕地多功能价值估算方法进行深入研究，特别是耕地多功能价值的时空变化规律及驱动力是研究重点。

4.2 结论

该文在对北京市耕地生态价值进行定义的基础上，根据北京市的实际情况，确定了北京市耕地生态价值类型，在对不同类型的生态价值模型构建的基础上，以北京市 4 期土地利用现状图为基础，分析了不同年代北京市耕地生态价值的变化情况。在对分类型耕地生态价值评估中，完善了目前已有研究中耕地生态价值的计算方法，在气体调节功能中，计算了固碳和释氧价值；在净化环境功能中，计算了净化大气功能和消纳废弃物的价值；在固土保肥功能中，计算了减少土壤侵蚀、减少淤积和固定肥力的价值。相对全面地计算了不同功能的价值类型。同时，研究弥补了已有研究多重视数量分析而忽略空间分布的问题，对于分区域耕地保护有重要意义。

研究发现，1980 ~ 2013 年，耕地生态价值从远郊区到中心城区逐渐降低，且各区耕地生态价值都呈现了明显的下降趋势，这主要是因为北京市近 30 年来城市扩展占用了大量的耕地，使得耕地面积大量减少，

造成北京市1980~2013年总体耕地生态价值降低,在2000年前,由于北京市进行了土地开发等活动,增加了部分耕地,所以1997~2000年耕地生态价值有所提高。而从分区看,耕地生态价值减少较高的区域位于朝阳区和大兴、顺义、昌平等近郊平原区,而平谷、密云、延庆等生态涵养区的生态价值较少,数量和比例相对低,说明北京市近30年来主要的建设用地扩展位于北京市东南部的平原区。总体而言,北京市的耕地生态价值减少较大,且在空间上不均衡,北京市应该进一步加强耕地保护,提高耕地利用效率,并积极促进耕地多功能应用。

参考文献

- [1] 李佳,南灵.耕地资源价值内涵及测算方法研究——以陕西省为例.干旱区资源与环境,2010,24(9):73~19
- [2] 李翠珍,孔祥斌,孙宪海.北京市耕地资源价值体系及价值估算方法.地理学报,2008,63(3):321~329
- [3] 蔡运龙,霍雅勤.中国耕地价值重建方法与案例研究.地理学报,2006,61(10):1084~1092
- [4] 蔡银莺,李晓云,张安录.湖北省农地资源价值研究.自然资源学报,2007,22(1):121~130
- [5] 武燕丽.农用地资源价值测度方法研究.太原:山西农业大学,2005
- [6] 段瑞娟,郝晋珉,张洁瑕.北京区位土地利用与生态服务价值变化研究.农业工程学报,2006,22(9):21~28
- [7] 陈丽,曲福田,师学义.耕地资源社会价值测算方法探讨——以山西省柳林县为例.资源科学,2006,28(6):86~90
- [8] 李景刚,欧名豪,张效军,等.耕地资源价值重建及其货币化评价——以青岛市为例.自然资源学报,2009,24(11):1870~1880
- [9] Christopher D. Ives, Dave Kendal. Values and attitudes of the urban public towards peri-urban agricultural land. land Use Policy, 2013, 34(12): 80~90
- [10] Sutton N J, Choc S, Armswortha P R. A reliance on agricultural land values in conservation planning alters the spatial distribution of priorities and overestimates the acquisition costs of protected areas. Biological Conservation, 2016, 194: 2~10
- [11] Johanna Choumert, Pascale Phélinas. Determinants of agricultural land values in Argentina. Ecological Economics, 2015, 110: 134~140
- [12] Ustaoglu E, Perpina Castillo C, Jacobs-Crisioni C. Economic evaluation of agricultural land to assess land use changes. Land Use Policy, 2016, 56: 125~146
- [13] 唐秀美,陈百明,刘玉,等.耕地生态价值评估研究进展分析.农业机械学报,2016,47(9):256~265
- [14] 崔朝伟,许学工.北京市农用地生态系统服务价值评估.生态经济(学术版),2007,(2):338~340,358
- [15] 曹志宏,郝晋珉,梁流涛.黄淮海地区耕地资源价值核算.干旱区资源与环境,2009,23(9):7~12
- [16] 汤进华,陈志,朱俊成,等.武汉城市圈耕地资源生态服务价值核算.中国农学通报,2015,31(4):237~244
- [17] 白杨,欧阳志云,郑华,等.海河流域农田生态系统环境损益分析.应用生态学报,2010,21(11):2938~2945
- [18] 谢高地,肖玉,甄霖,等.我国粮食生产的生态服务价值研究.中国生态农业学报,2005,13(3):10~13
- [19] 白伟.粮食生产中的自然资源价值研究.北京:中国农业大学,2005
- [20] 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
- [21] 潘瑜春,孙超,刘玉,等.基于土地消纳粪便能力的畜禽养殖承载力.农业工程学报,2015,31(4):232~239
- [22] 武兰芳,欧阳竹.基于农田氮磷收支的区域养殖畜禽容量分析——以山东禹城为例.农业环境科学学报,2009,28(11):2277~2285
- [24] 中国森林生态系统服务评估项目组.中国森林生态系统服务评估.北京:中国林业出版社,2010
- [25] 田石磊,廖超英,王小翠.蓝田县森林生态系统服务价值的评价.西北农林科技大学学报(自然科学版),2009,37(5):133~138
- [26] 欧阳志云,王效科.中国陆地生态系统服务功能及其生态经济价值的初步研究.生态学报,1999,19(5):607~613
- [27] 吴刚,冯宗炜,王效科,等.黄淮海平原农林生态系统N、P、K营养元素循环——以泡桐—小麦、玉米间作系统为例.应用生态学报,1993,4(2):141~145
- [28] 叶文虎,魏斌,仝川,等.城市生态补偿能力衡量和应用.中国环境科学,1998,18(4):298~301
- [29] 王克如,李少昆,曹连莆,等.新疆高产棉田氮、磷、钾吸收动态及模式初步研究.中国农业科学,2003,36(7):775~780
- [30] 欧阳志云,赵同谦,赵景柱,等.海南岛生态系统生态调节功能及其生态经济价值研究.应用生态学报,2004,15(8):1395~1402
- [31] 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价.自然资源学报,2004,19(4):480~491
- [32] 鲁如坤,刘鸿翔,闻大中,等.我国典型地区农业生态系统养分循环和平衡研究Ⅳ.农田养分平衡的评价方法和原则.土壤通报,1996,(5):197~199

EVALUATION AND SPATIO – TEMPORAL ANALYSIS OF ECOLOGICAL VALUE OF CULTIVATED LAND IN BEIJING *

Tang Xiumei^{1,2,3}, Pan Yuchun^{1,2,3*}, Liu Yu^{1,2,3}

(1. Beijing Research Center for Information Technology in Agriculture, Beijing Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Beijing 100097, China;

2. National Engineering Research Center for Information Technology in Agriculture, Beijing 100097, China;

3. Key Laboratory of Agri – informatics, Ministry of Agriculture, Beijing 100097, China)

Abstract Cultivated land resource is an important resource for human survival and development, which undertakes the function of ensuring food security and social stability. The value evaluation of cultivated land resources has important practical significance and a theoretical basis for the protection of cultivated land. The purpose of this paper was to reasonably estimate the ecological value of cultivated land in Beijing, analyze the difference and change rule of regional ecological value, and lay the foundation for the protection and multi – functional utilization of cultivated land in the region. Based on the data of cultivated land use in Beijing city, combined with the principle and methods of ecological economics, the ecological function were determined of cultivated land including gas regulation, environment purification, water conservation, soil conservation and nutrient cycling function, and then the evaluation function models of each function were established using shadow engineering method, opportunity cost method and opportunity cost method and others. The ecological value of cultivated land was evaluated and the spatial distribution situation was analyzed in Beijing city in 1980, 1995, 2000 and 2013 of the current land use map. The results showed that, the ecological value of cultivated land decreased gradually from the outer zone to the center from 1980 to 2013, the total value of ecological land was reduced from 12 254 million yuan in 1980 to 9 427 million yuan in 1995, then increased to 10 272 million yuan in 2000, and reduced to 7 690 million yuan in 2013. The ecological value in the district showed a significant downward trend, the change of cultivated land ecological value of different counties was different. The results can provided a foundation for the regional cultivated land protection and multi – function utilization, and a reference for the development of the ecological compensation policy and the determination of the ecological compensation standard.

Keywords cultivated land; ecological value; evaluation; Beijing; spatio – temporal analysis