

基于生态产品价值实现的中国省域耕地 差异化生态补偿标准体系研究

刘利花¹, 刘向华²

(1.广东第二师范学院马克思主义学院, 广东广州 510303; 2.河南农业大学经济与管理学院, 河南郑州 450046)

摘要: [目的] 分析中国省域耕地差异化生态补偿标准体系, 为促进耕地生态产品价值实现、保障耕地资源的可持续利用提供参考。[方法] 采用改进的当量因子法评估全国及各省域旱地、水田、水浇地生态产品的价值。以全国耕地生态产品的平均非市场价值为依据, 确定省际横向耕地生态补偿标准。以各省域旱地、水田、水浇地生态产品的非市场价值为依据, 引入各省域的政府支付能力指数, 确定各省域的省内纵向旱地、水田、水浇地生态补偿标准。[结果] 全国旱地、水田、水浇地生态产品价值分别为 11 386.40, 11 045.66, 11 216.03 元/hm²; 省际横向耕地生态补偿标准为 7 492.08 元/hm²; 28个省域的旱地生态补偿标准为 3 293.35(贵州)~15 741.81 元/hm²(江苏); 25个省域的水田生态补偿标准为 2 911.51(贵州)~19 557.56 元/hm²(上海); 20个省域的水浇地生态补偿标准为 3 126.82(甘肃)~16 717.06 元/hm²(北京)。[结论] 耕地具有重要的生态产品价值, 生态补偿是其生态产品价值实现的重要手段。研究提出了“省际横向+省内纵向”的双层次生态补偿框架, 兼顾了跨省域耕地生态保护责任分担与省内不同耕地类型的分类施策, 可为政府制定差异化的耕地生态保护政策提供量化依据。

关键词: 耕地; 生态产品; 改进的当量因子法; 价值评估; 补偿标准

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2025)06-0333-11

中图分类号: F301.21, F062.2

文献参数: 刘利花, 刘向华. 基于生态产品价值实现的中国省域耕地差异化生态补偿标准体系研究[J]. 水土保持通报, 2025, 45(6): 333-343. Liu Lihua, Liu Xianghua. Standard system of differentiated ecological compensation for cultivated land in Chinese provinces based on realization of ecological product value [J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2025, 45(6): 333-343.

DOI: 10.13961/j.cnki.stbctb.2025.06.038

CSTR: 32312.14.stbctb.2025.06.038

Standard system of differentiated ecological compensation for cultivated land in Chinese provinces based on realization of ecological product value

Liu Lihua¹, Liu Xianghua²

(1.School of Marxism, Guangdong University of Education, Guangzhou, Guangdong 510303, China;

2.College of Economic and Management, Henan Agricultural University, Zhengzhou, Henan 450046, China)

Abstract: [Objective] The differentiated ecological compensation of cultivated land in Chinese provinces were analyzed, in order to provide a reference for promoting the realization of the ecological product value of cultivated land and ensuring the sustainable utilization of cultivated land resources. [Methods] An improved equivalent factor method was adopted to comprehensively assess the ecological product values of dryland, paddy field, and irrigated land in China and each province. Based on the average non-market ecological product value of national cultivated land, the inter-provincial horizontal ecological compensation standard for cultivated land is determined. Based on the non-market ecological product values of dryland, paddy field, and irrigated land in each province, the government payment capacity index was introduced to determine the intra-provincial vertical ecological compensation standards for dryland, paddy field, and irrigated land within the provinces. [Results] The ecological

收稿日期: 2025-06-12

修回日期: 2025-09-08

采用日期: 2025-09-10

资助项目: 国家自然科学基金青年科学基金项目“基于生态系统服务价值评估标准化的耕地生态补偿机制研究”(42001261); 广东省普通高校特色创新项目“乡村振兴视角下广东地级市农田生态补偿标准及政策研究”(2022WTSCX085); 河南省高等学校哲学社会科学重大项目“河南促进粮食产业高质量发展的路径研究”(2022-YYDZ-08)

第一作者: 刘利花(1981—), 女(汉族), 河南省焦作市人, 博士, 副教授, 主要从事人口、资源与环境经济学研究。Email: liulihua8871@163.com。

通信作者: 刘向华(1976—), 男(汉族), 河南省焦作市人, 博士, 教授, 博士研究生导师, 主要从事农业经济理论与政策研究。Email: 1016408346@qq.com。

product values of dryland, paddy field, and irrigated land in China were 11 386.40, 11 045.66, and 11 216.03 yuan/hm², respectively. The inter-provincial horizontal ecological compensation standard for cultivated land was 7 492.08 yuan/hm²; The ecological compensation standards for dry land in 28 provincial regions ranged from 3 293.35 yuan/hm² (Guizhou) to 15 741.81 yuan/hm² (Jiangsu). The ecological compensation standards for paddy fields in 25 provincial regions ranged from 2 911.51 yuan/hm² (Guizhou) to 19 557.56 yuan/hm² (Shanghai). The ecological compensation standards for irrigated land in 20 provincial regions ranged from 3 126.82 yuan/hm² (Gansu) to 16 717.06 yuan/hm² (Beijing). [Conclusion] Cultivated land holds significant ecological product value, and ecological compensation serves as an important means to realize this value. This study proposes a dual-level ecological compensation framework of “inter-provincial horizontal + intra-provincial vertical”, which considers both responsibility sharing for cultivated land ecological protection across provinces and differentiated measures for different types of cultivated land within provinces. The findings can provide a quantitative basis for the government to formulate differentiated ecological compensation policies for cultivated land.

Keywords: cultivated land; ecological products; improved equivalent factor method; value assessment; compensation standards

农业高质量发展的核心在于绿色发展,需通过推广农业绿色生产技术以及发展生态农业等途径,推动农业生产方式向环境友好型转变,提升生态产品供给能力。耕地生态产品作为农业绿色转型的基础与前提,其价值实现与补偿机制的优化对耕地资源可持续利用至关重要。生态产品作为新兴交叉概念,起源于生态系统服务,涉及多门学科领域,目前定义尚未统一^[1]。综合已有研究^[2-3],耕地生态产品可界定为耕地生态系统提供的各项服务,涵盖供给(食物和原材料生产、水资源供给)、调节(气体调节、气候调节、净化环境、水文调节)、支持(土壤保持、维持养分循环、生物多样性)和文化服务(如景观美学)。这些服务相互关联,部分可经由市场实现价值,但多数难以市场化定价。生态补偿是实现其价值的重要机制,而科学评估生态产品价值则是制定补偿标准的基础。

党的二十届三中全会公报指出,要“健全生态产品价值实现机制……,推进生态综合补偿,健全横向生态保护补偿机制。”目前学界围绕生态产品价值实现提出了产权交易、公共支付等多种路径^[4],并探讨了其经济、生态和社会等多维价值^[5]。在生态产品的价值评估方面,现有研究多采用功能价值法^[6-7]或当量因子法^[8-9],但普遍存在两个局限:①未细分耕地类型^[10-11],如旱地、水田等,导致生态补偿标准缺乏精准性;②未充分考量生态产品的“空间外溢性”,未完全建立区际与区内差异化的生态补偿机制。未来需通过精准评估不同耕地类型生态产品价值,构建差异化生态补偿机制,以促进生产要素优化配置与区域协调发展。

生态补偿是基于生态产品价值评估而实施的激励性制度安排,对保障粮食安全具有战略意义。耕地生态产品供给能力是粮食产能的基础,通过生态补偿可有效激励有机肥替代化肥、轮作休耕等生态

保护行为,从而提升土壤有机质含量。已有研究表明^[12],土壤有机质每提高0.1%,粮食产量可增加2%~3%。粮食产能的提升进一步反哺耕地生态产品供给,实现生态基础与生产效能的正向循环,如耐盐碱水稻的推广可在边际土地上实现“产量+生态”双赢,有效破解了“生态-粮食”权衡的困境。耕地生态产品供给与粮食产能提升为“一体两面”,其协同作用不仅能够保障粮食数量安全,更通过质量溢价和系统韧性增强国家战略自主权,因此,应将耕地生态产品价值纳入粮食安全核算框架,推动粮食安全从“保产量”向“优生态-稳产量-提价值”三位一体转型。

本研究采用改进的当量因子法,评估全国及省域耕地生态产品价值,以此为依据,以各省域耕地满足各自粮食需求为基点,构建融合省际与省内差异、耕地类型(水田/旱地/水浇地)及政府支付能力等多因素生态补偿标准体系,以实现耕地的精准生态补偿,为提升耕地生态产品供给,促进农业绿色发展提供新思路与政策参考。

1 材料与方 法

1.1 数据来源

相关统计数据源自《中国统计年鉴2023》《全国农产品成本收益汇编2023》《中国农村统计年鉴2023》《中国环境统计年鉴2023》、各省统计年鉴和农村统计年鉴、政府官方网站、全国和各省域2023年国民经济和社会发展统计公报等。

1.2 研究方法

1.2.1 省际横向耕地生态补偿的支付区和接受区的界定

本研究基于生态产品的空间溢出效应和耕地资源的战略地位,依据2024年中央一号文件及党的二

十届三中全会关于“建立粮食产销区省际横向利益补偿机制”的政策精神,从粮食安全视角出发,综合考虑粮食单产、自给率、人均粮食消费及人口等要素,通过量化各省域耕地赤字/盈余状况,将赤字省域界定为支付区,盈余省域作为接受补偿区。采用耕地标准化折算方法^[13-14],以粮作比、复种指数等参数计算粮食标准单产,引入耕地标准化折算系数,实现区域间耕地生产能力的可比性评估。计算公式为

$$X_{ij} = \frac{Z_{ij}}{Z_{i0}} = \frac{C_{ij} \times F_{ij} \times R_{ij}}{C_{i0} \times F_{i0} \times R_{i0}} \quad (1)$$

式中: X_{ij} 为第*i*年*j*省域的耕地标准化折算系数, Z_{ij} 和 Z_{i0} 分别为第*i*年*j*省域和全国的粮食标准单产, C_{ij}, F_{ij}, R_{ij} 分别为第*i*年*j*省域的粮食实际单产、复种指数、粮作比(粮食播种面积占农作物播种面积的比重), C_{i0}, F_{i0}, R_{i0} 分别为第*i*年全国的粮食实际单产、复种指数、粮作比。

$$\Delta S_{ij} = SS_{ij} - SR_{ij} = SS_{ij} - \frac{W_{ij}}{Z_{ij}} = SS_{ij} - \frac{Q_{ij} \times R}{Z_{ij}} \quad (2)$$

式中: $\Delta S_{ij}, SS_{ij}, SR_{ij}, W_{ij}, Q_{ij}$ 分别为第*i*年*j*省域的耕地赤字(盈余)量、耕地面积、耕地需求量、粮食需求量、常住人口数, R 为人均粮食需求量(400 kg),联合国粮农组织认为,人均粮食年占有量达 400 kg 为安全。

$$\Delta BS_{ij} = \Delta S_{ij} \times X_{ij} \quad (3)$$

式中: ΔBS_{ij} 为第*i*年*j*省域的耕地标准赤字(盈余)量。

1.2.2 耕地生态产品价值评估

采用改进的当量因子法评估耕地生态产品价值。该方法由谢高地团队建立并改进^[15-18],其核心是将生态系统服务价值标准化为当量单位,初始模型定义 1 个当量因子为当年全国粮食单产市场价值的 1/7;改进模型则以单位面积粮食生产净利润为基准,以稻谷、小麦和玉米三大主粮为核算基础,该方法已形成完整的理论体系^[19-21]。本研究在此基础上,进一步结合耕地类型(水田、旱地、水浇地)进行参数优化,以提升评估的精准性。计算公式为

$$V = V_1 + V_2 = D_{ij} \times E_1 + D_{ij} \times E_2 \quad (4)$$

$$D_{ij} = D_{i0} \times M_{ij} \quad (5)$$

$$D_{i0} = S_r \times F_r + S_w \times F_w + S_c \times F_c \quad (6)$$

$$M_{ij} = \frac{Q_{ij}}{Q_{i0}} \quad (7)$$

式中: V, V_1, V_2 分别为研究区当年耕地生态产品的总价值、市场价值、非市场价值; D_{ij} 为第*i*年*j*省域 1 个标准当量因子的生态系统服务价值量(元/hm²); E_1 为食物和原材料生产的当量因子; E_2 为水资源供给、气体调节、气候调节、净化环境、水文调节、土壤保持、维持养分循环、生物多样性、美学景观的当量因子; D_{i0} 为第*i*年全国 1 个标准当量因子的生态系统服务

价值量(元/hm²); S_r, S_w, S_c 分别为当年的稻谷、小麦、玉米播种面积占三者播种总面积的比重; F_r, F_w, F_c 分别为当年稻谷、小麦、玉米的单位面积平均净利润(元/hm²); Q_i, Q_{i0} 分别为第*i*年各省域、全国的粮食单产。谢高地等^[17-18]研究得出了中国旱地和水田单位面积生态产品价值当量(简称标准当量)。根据统计资料,中国耕地类型主要包括水田、旱地、水浇地。鉴于水浇地的生态特征介于旱地与水田之间,本研究将其单位面积价值当量取为二者均值(表 1),即旱地、水田、水浇地的单位面积生态产品价值当量分别为 4.01, 3.89, 3.95。其中,属于市场价值的食物及原材料生产当量因子分别为 1.25(旱地), 1.45(水田)与 1.35(水浇地);属于非市场价值的其余 9 项生态产品当量因子分别为 2.76(旱地), 2.44(水田)与 2.60(水浇地)。在计算省域耕地生态产品价值时,需引入粮食单产修正值(M_{ij}),即第*i*年*j*省域粮食单产与全国粮食单产之比,以增加省域研究的准确性。

表 1 中国耕地单位面积生态产品价值当量
Table 1 Value equivalents of ecological products per unit area of cultivated land in China

服务类型	评价指标	旱地	水田	水浇地
供给服务	食物生产	0.85	1.36	1.11
	原材料生产	0.40	0.09	0.25
	水资源供给	0.02	-2.63	-1.31
调节服务	气体调节	0.67	1.11	0.89
	气候调节	0.36	0.57	0.47
	净化环境	0.10	0.17	0.14
	水文调节	0.27	2.72	1.50
支持服务	水土保持	1.03	0.01	0.52
	维持养分循环	0.12	0.19	0.16
	生物多样性	0.13	0.21	0.17
文化服务	美学景观	0.06	0.09	0.08
合计		4.01	3.89	3.95

1.2.3 确定耕地生态补偿标准

(1) 计算耕地生态补偿系数。耕地生态补偿标准的确定以耕地生态产品价值为基础,引入政府支付能力指数作为补偿系数进行修正^[22-24]。因农户已获得了食物和原材料生产的市场价值,补偿范围仅考虑耕地生态产品的非市场价值。计算公式为

$$P_i = GDP_{ij} / GDP_{i0} \quad (8)$$

式中: P_i 为第*i*年的政府支付能力指数, GDP_i 和 GDP_{i0} 分别为第*i*年*j*省域人均 GDP 和全国人均 GDP。

(2) 确定省内纵向旱地、水田、水浇地生态补偿标准。计算公式为

$$C_i = P_i \times V_{2i} \quad (9)$$

式中： C_i 和 V_{2i} 分别为第 i 年各省域的耕地(旱地、水田、水浇地)生态补偿标准及生态产品非市场价值。

(3) 确定省际横向耕地生态补偿标准。依据全国耕地生态产品的非市场价值确定省际横向耕地生态补偿标准。该值根据全国旱地、水田、水浇地生态产品的非市场价值,按其相应的面积加权平均后得出。

(4) 省域耕地生态补偿优先级。计算公式为

$$BY = \frac{V_{2i}}{GDP_N} \quad (10)$$

式中:BY为耕地生态补偿优先级; V_{2i} 为各省域单位面积耕地生态产品的平均非市场价值; GDP_N 为各省域单位面积耕地的地区生产总值。若一省域BY值较高且耕地盈余量较大,则应优先纳入受偿范围。反之,若BY值较低且耕地赤字量较大,则应率先支付补偿。

2 结果与分析

2.1 省际横向耕地生态补偿的支付区和接受区

2022年,全国复种指数为1.3324,表明耕地利用效率中等。省域复种指数为0.6283(西藏)~2.3887(广东),极值比为3.80(表2)。高于全国复种指数的省域有20个。全国粮食标准单产为5381.43 kg/hm²。省域粮食标准单产为1900.91(青海)~9212.84 kg/hm²(江苏),极值比为4.85。

该值位居前三的省域依次为江苏、山东、河南,体现出集约化农业的优势。耕地标准化折算系数为0.3532(青海)~1.7120(江苏)。全国耕地标准盈余量为 2.27×10^7 hm²,表明整体耕地生产力能够满足粮食需求。全国粮作比平均为0.6961,表明中国农业结构以粮食种植为主。

表2 2022年全国及各省域耕地标准赤字(盈余)量

Table 2 Deficit (surplus) of cultivated land in China and each province in 2022

区域	常住人口/ 万人	复种指数	粮作比	粮食标准单产/ (kg·hm ⁻²)	耕地标准化 折算系数	耕地标准赤字(盈余) 量/10 ³ hm ²
全国	141 175	1.332 4	0.696 1	5 381.43	1.000 0	22 645.07
北京	2 184	1.152 2	0.533 4	3 632.80	0.675 1	-1 539.11
天津	1 363	1.334 2	0.849 4	7 708.52	1.432 4	-536.97
河北	7 420	1.349 8	0.794 2	6 429.65	1.194 8	1 666.83
山西	3 481	0.933 1	0.872 3	3 783.13	0.703 0	133.53
内蒙古	2 401	0.756 9	0.794 4	3 373.95	0.627 0	5 463.71
辽宁	4 197	0.839 1	0.823 1	4 818.01	0.895 3	1 497.19
吉林	2 348	0.836 4	0.929 1	5 481.79	1.018 6	5 837.87
黑龙江	3 099	0.887 8	0.965 4	4 531.48	0.842 1	12 122.07
上海	2 475	1.665 8	0.456 2	5 913.55	1.098 9	-1 662.08
江苏	8 515	1.841 6	0.722 6	9 212.84	1.712 0	674.84
浙江	6 577	1.553 6	0.503 4	4 758.69	0.884 3	-3 734.86
安徽	6 127	1.609 4	0.818 7	7 386.80	1.372 6	3 065.25
福建	4 188	1.826 6	0.497 9	5 523.67	1.026 4	-2 167.69
江西	4 528	2.112 4	0.659 0	7 932.00	1.474 0	632.90
山东	10 163	1.698 2	0.763 6	8 586.94	1.595 7	2 748.10
河南	9 872	1.952 4	0.732 7	9 010.49	1.674 4	5 278.36
湖北	5 844	1.743 7	0.572 4	5 834.80	1.084 2	749.97
湖南	6 604	2.351 1	0.554 7	8 258.97	1.534 7	699.43
广东	12 657	2.388 7	0.489 8	6 775.25	1.259 0	-7 007.86
广西	5 047	1.912 2	0.451 1	4 247.79	0.789 3	-1 162.61
海南	1 027	1.419 0	0.397 3	3 026.51	0.562 4	-491.00
重庆	3 213	1.880 2	0.588 3	5 798.41	1.077 5	-394.54
四川	8 374	1.963 1	0.632 0	6 737.80	1.252 0	298.67
贵州	3 856	1.592 2	0.520 3	3 311.38	0.615 3	-794.88
云南	4 693	1.348 8	0.590 6	3 703.85	0.688 3	150.36
西藏	364	0.628 3	0.694 8	2 433.26	0.452 2	-71.07
陕西	3 956	1.409 1	0.716 4	4 341.57	0.806 8	-528.81
甘肃	2 492	0.781 9	0.664 7	2 435.18	0.452 5	498.62
青海	595	1.038 6	0.517 7	1 900.91	0.353 2	-242.90
宁夏	728	0.990 5	0.582 0	3 129.73	0.581 6	157.30
新疆	2 587	0.916 1	0.374 8	2 558.62	0.475 5	1 447.01

耕地盈余的省域有18个,为省际横向耕地生态补偿的接受区,依次为黑龙江、吉林、内蒙古、河南、安徽、山东、河北、辽宁、新疆、湖北、湖南、江苏、江西、甘肃、四川、宁夏、云南、山西,盈余量为 1.34×10^5 (山西)~ $1.21 \times 10^7 \text{ hm}^2$ (黑龙江),盈余量前9位的省域同时位列耕地规模前9位,且粮作比也较高。黑龙江盈余量最多,其耕地面积位居第1,地广人稀,复种指数低(0.8878),但粮作比为全国最高(0.9654)。耕地盈余规模显著的省域具备较强的粮食外调能力与供给保障潜力。

耕地赤字的省域有13个,为省际横向耕地生态补偿的支付区,依次为西藏、青海、重庆、海南、陕西、天津、贵州、广西、北京、上海、福建、浙江、广东,赤字量为 -7.01×10^6 (广东)~ $-7.11 \times 10^4 \text{ hm}^2$ (西藏)。广东的耕地赤字最严重,虽然其复种指数最高,但常住人口最多,且粮作比极低(<0.5),反映出经济作物对粮食种植空间的显著挤占。耕地赤字省域的粮食自给能力不足以满足区内消费需求,依赖外部粮食的调入。

2.2 全国及各省域旱地、水田、水浇地生态产品价值研究

2022年全国1个标准单位生态产品价值当量因子值为2839.50元/ hm^2 。旱地、水田、水浇地生态产品的总价值分别为11386.40,11045.66,11216.03元/ hm^2 (表3),其中,非市场价值分别为7837.02,6928.38,7382.70元/ hm^2 。

除北京、天津、上海无旱地外,其余28个省域的旱地生态产品总价值为6937.42(青海)~14622.55元/ hm^2 (新疆),极值比为2.11。新疆旱地因绿洲农业光合效率高,价值居全国之首。高于全国平均值的省域有11个,陕西、青海、贵州受干旱、高寒气候及土壤相对贫瘠的限制,生态生产力较低,位居后3位。旱地生态产品的非市场价值为4774.88(青海)~10064.4元/ hm^2 (新疆)。

除北京、山西、西藏、甘肃、青海、新疆6个省域无水田外,其余25个省域水田生态产品总价值为7609.36(贵州)~14815.11元/ hm^2 (上海),极值比为1.95,高于全国平均值的省域有12个,上海、吉林、辽宁位列前3,其高价值主要得益于集约化农业模式、湿润气候条件及东北黑土区水田突出的生态系统服务功能。东部沿海地区水田生态产品价值较高,但面临城市化挤压与生态保护之间的突出矛盾。东北地区水田需防范过度开发可能导致的湿地功能退化。水田生态产品非市场价值为4772.96(贵州)~9292.77元/ hm^2 (上海)。

除吉林、上海、浙江、福建、江西、湖南、广西、海南、重庆、四川、贵州11个省域无水浇地外,其余20个省域水浇地生态产品价值为6833.62(青海)~14403.76元/ hm^2 (新疆),极值比为2.11,高于全国平均值的省域有9个。水浇地生态产品的非市场价值为4498.08(青海)~9480.95元/ hm^2 (新疆)。

耕地生态产品价值的关键驱动因素可归纳为两方面。①自然地理条件。受气候与水资源的影响,南方水田生态产品价值普遍高于北方,湿润气候更有利于形成高价值水田湿地生态系统。同时存在土壤类型的影响,黑土区(如黑龙江、吉林)水田生态产品价值较高,而黄土高原地区(如山西、陕西)旱地生态产品价值相对偏低。喀斯特地貌的贵州耕地生态脆弱性显著。②人为管理措施。水浇地生态产品价值接近水田,表明灌溉可显著提升旱地生态功能。同时,经济发达地区(如江苏、山东)农业集约化程度高,通过技术投入实现水田、水浇地高生态产品价值,但需关注集约化农业可能引发的面源污染对生态产品非市场价值产生的负向效应。

2.3 省际、省内耕地生态补偿标准研究

2.3.1 省域耕地生态补偿系数

研究结果(表4)表明,省域政府支付能力指数为0.5244(甘肃)~2.2226(北京),极值比为4.24。支付能力指数最高的5个省域为北京、上海、江苏、福建、天津,后5位的省域为吉林、贵州、广西、黑龙江、甘肃。

2.3.2 省内纵向旱地、水田、水浇地生态补偿标准

各省域不同耕地类型的生态补偿标准差异显著。旱地生态补偿标准为3293.35(贵州)~15741.81元/ hm^2 (江苏),极值比为4.78,位居前5的省域为江苏、福建、浙江、广东、山东。水田生态补偿标准为2911.51(贵州)~19557.56元/ hm^2 (上海),极值比为6.72,位居前5的省域为上海、江苏、天津、福建、浙江。水浇地生态补偿标准为3126.82(甘肃)~16717.06元/ hm^2 (北京),极值比为5.35,位居前5的省域为北京、江苏、天津、广东、山东。

省内旱地、水田、水浇地生态补偿额度之和为17.00(青海)~950.14亿元(内蒙古),极值比为55.89倍(表5),位居前5的省域为内蒙古、黑龙江、江苏、山东、新疆,后5位则为上海、北京、海南、西藏、青海。

省内纵向耕地生态补偿标准存在区域差异,主要原因是高补偿值的东部沿海地区(上海、天津、江苏、浙江、福建、广东)及北京具有较强的政府支付能力、城市化导致的耕地资源稀缺性突出及相对更高

的生态保护需求;中等补偿值的东北地区作为粮食主产区,其生态保护需求较高如黑土地保护、湿地维护,但受限于财政能力一般;中等偏低补偿值的中部地区包括河南、湖北、湖南、安徽、江西等农业大省,需平衡

粮食生产与生态保护,但财政支持能力相对有限;低补偿值的西部地区大多生态脆弱且经济基础相对薄弱,政府支付能力指数多小于0.8,但新疆因绿洲农业推高生态产品价值,补偿标准显著高于周边地区。

表3 2022年全国及各省域旱地、水田、水浇地生态产品价值

Table 3 Ecological product values of dryland, paddy field and irrigated land in China and each province in 2022

区域	标准当量因子值/ (元·hm ⁻²)	生态产品总价值/(元·hm ⁻²)			生态产品的非市场价值/(元·hm ⁻²)		
		旱地	水田	水浇地	旱地	水田	水浇地
全国	2 839.50	11 386.40	11 045.66	11 216.03	7 837.02	6 928.38	7 382.70
北京	2 892.84	0	0	11 426.74	0	0	7 521.40
天津	3 328.90	0	12 949.42	13 149.16	0	8 122.52	8 655.14
河北	2 935.42	11 771.04	11 418.79	11 594.92	8 101.77	7 162.43	7 632.10
山西	2 274.73	9 121.68	0	8 985.19	6 278.26	0	5 914.30
内蒙古	2 746.02	11 011.56	10 682.04	10 846.80	7 579.03	6 700.30	7 139.66
辽宁	3 414.06	13 690.36	13 280.68	13 485.52	9 422.79	8 330.30	8 876.55
吉林	3 452.23	13 843.44	13 429.17	0	9 528.15	8 423.44	0
黑龙江	2 587.46	10 375.71	10 065.22	10 220.46	7 141.39	6 313.40	6 727.39
上海	3 808.51	0	14 815.11	0	0	9 292.77	0
江苏	3 388.12	13 586.35	13 179.78	13 383.06	9 351.20	8 267.01	8 809.11
浙江	2 978.00	11 941.78	11 584.42	0	8 219.28	7 266.32	0
安徽	2 743.58	11 001.75	10 672.52	10 837.13	7 572.27	6 694.33	7 133.30
福建	2 972.13	11 918.23	11 561.58	0	8 203.07	7 251.99	0
江西	2 788.60	11 182.30	10 847.66	0	7 696.54	6 804.19	0
山东	3 240.81	12 995.64	12 606.74	12 801.19	8 944.63	7 907.57	8 426.10
河南	3 082.73	12 361.75	11 991.83	12 176.79	8 508.34	7 521.87	8 015.10
湖北	2 861.03	11 472.74	11 129.42	11 301.08	7 896.45	6 980.92	7 438.69
湖南	3 099.37	12 428.48	12 056.56	0	8 554.27	7 562.47	0
广东	2 834.12	11 364.81	11 024.71	11 194.76	7 822.16	6 915.24	7 368.70
广西	2 409.81	9 663.32	9 374.15	0	6 651.07	5 879.93	0
海南	2 627.59	10 536.63	10 221.32	0	7 252.15	6 411.32	0
重庆	2 565.44	10 287.40	9 979.55	0	7 080.60	6 259.66	0
四川	2 657.93	10 658.31	10 339.36	0	7 335.89	6 485.36	0
贵州	1 956.13	7 844.09	7 609.36	0	5 398.93	4 772.96	0
云南	2 275.71	9 125.60	8 852.52	8 989.06	6 280.96	5 552.73	5 916.85
西藏	2 727.92	10 938.95	0	10 775.27	7 529.05	0	7 092.58
陕西	2 104.91	8 440.69	8 188.10	8 314.40	5 809.55	5 135.98	5 472.77
甘肃	2 293.33	9 196.25	0	9 058.65	6 329.59	0	5 962.66
青海	1 730.03	6 937.42	0	6 833.62	4 774.88	0	4 498.08
宁夏	2 656.95	10 654.38	10 335.55	10 494.97	7 333.19	6 482.97	6 908.08
新疆	3 646.52	14 622.55	0	14 403.76	10 064.40	0	9 480.95

2.3.3 省际横向耕地生态补偿标准

基于2022年全国耕地结构(水田24.40%,水浇地25.40%,旱地50.10%),测算全国耕地生态产品平均非市场价值为7 492.08元/hm²。该值即为省际横向耕地生态补偿标准。结合各省域耕地标准赤字(盈余)量,确定其应支付或接受的生态补偿额度(表5)。13个耕地赤字省域(自治区)的支付额度为-5.32亿

元(西藏)~-525.03亿元(广东),北京、上海、广东、浙江、天津、福建等经济强省因耕地赤字量大且经济承载力强,支付额度高。

18个耕地盈余省域接受的补偿额度为10.00亿元(山西)~908.20亿元(黑龙江),黑龙江、吉林、内蒙古等粮食主产区因兼顾粮食安全与生态服务,受偿额度位居前列。

表4 2022年中国各省域省内纵向旱地、水田、水浇地生态补偿标准

Table 4 Ecological compensation standards for dryland, paddy field and irrigated land within provinces of China in 2022

省域	政府支付能力指数	生态补偿标准/(元·hm ⁻²)		
		旱地	水田	水浇地
北京	2.222 6	0	0	16 717.06
天津	1.396 0	0	11 339.04	12 082.58
河北	0.666 1	5 396.59	4 770.89	5 083.74
山西	0.859 3	5 394.91	0	5 082.16
内蒙古	1.125 2	8 527.92	7 539.18	8 033.55
辽宁	0.805 3	7 588.17	6 708.39	7 148.29
吉林	0.649 4	6 187.58	5 470.18	0
黑龙江	0.598 6	4 274.84	3 779.20	4 027.02
上海	2.104 6	0	19 557.56	0
江苏	1.683 4	15 741.81	13 916.68	14 829.26
浙江	1.378 4	11 329.46	10 015.90	0
安徽	0.857 6	6 493.98	5 741.06	6 117.52
福建	1.479 3	12 134.80	10 727.87	0
江西	0.826 3	6 359.65	5 622.30	0
山东	1.003 6	8 976.83	7 936.04	8 456.43
河南	0.724 9	6 167.70	5 452.60	5 810.15
湖北	1.072 6	8 469.73	7 487.73	7 978.74
湖南	0.859 7	7 354.11	6 501.46	0
广东	1.190 0	9 308.37	8 229.14	8 768.75
广西	0.607 9	4 043.19	3 574.41	0
海南	0.774 5	5 616.79	4 965.57	0
重庆	1.057 6	7 488.44	6 620.22	0
四川	0.790 6	5 799.75	5 127.33	0
贵州	0.610 0	3 293.35	2 911.51	0
云南	0.719 7	4 520.41	3 996.30	4 258.36
西藏	0.683 4	5 145.35	0	4 847.07
陕西	0.966 4	5 614.35	4 963.41	5 288.88
甘肃	0.524 4	3 319.24	0	3 126.82
青海	0.707 8	3 379.66	0	3 183.74
宁夏	0.812 3	5 956.75	5 266.12	5 611.43
新疆	0.800 0	8 051.52	0	7 584.76

造成广东省耕地赤字严重的主要原因有两方面。①经济作物的扩张,2000—2022年,经济作物播种面积占比由39.89%增至51.02%。②耕地的非农占用,根据《广东省国土资源公报》(2016—2022年)可知,珠三角城市群年均占用耕地 1.20×10^4 hm²。广东很强的经济承载力为耕地生态补偿的增加提供了可行性支撑,其单位耕地面积GDP达 6.77×10^6 元/hm²,是全国均值的7.14倍,所需支付的省际横

向耕地生态补偿额度(525.03亿元)仅占财政收入的3.96%,在政府的可支付能力范围之内。

基于省内不同区域条件的差异,广东省可采取以下策略:①设计差异化的耕地生态补偿标准,如珠三角核心区可将补偿标准适当提高,粤北生态区可将补偿标准适当下调。②创新耕地利用空间管控,建立“三区”管理框架。红线区(30%)严禁经济作物扩张,优先保障粮食生产和生态功能;缓冲区(50%)实施弹性补偿种植,允许有限度的经济作物种植,但须通过轮作休耕、有机种植等生态补偿措施平衡生态影响;发展区(20%)允许种植高附加值经济作物,但须符合“可持续集约化农业”标准。该框架通过国土空间规划统筹生态保护与农业发展需求,实现耕地资源的精细化管控。③推动产业引导,建立完善农产品“生态溢价”机制。《农业农村部关于推进绿色农业发展的指导意见》(农计发[2021]3号)明确提出“对绿色有机农产品实施市场溢价支持,鼓励价格上浮10%~20%”。《广东省农业供给侧结构性改革基金管理办法》(粤财农[2022]45号)指出,省级财政设立200亿元专项基金,用于支持经济作物改种粮食或生态种植模式转型。从长期看,广东可建立“耕地生态补偿-产业联动机制”,通过政策创新、金融支持、产业融合等手段,形成“生态保护—价值转化—产业升级—反哺生态”的良性循环。

根据各省域旱地、水田、水浇地占其耕地面积的比例,结合各类型耕地生态产品的非市场价值,按照加权平均法得出省域耕地生态产品的平均非市场价值为4 705.68(青海)~9 502.17元/hm²(新疆)。耕地生态补偿优先级为0.000 2(北京)~0.074 4(黑龙江),位列前10的省域依次为黑龙江、吉林、新疆、内蒙古、甘肃、宁夏、辽宁、西藏、云南、河北,多为生态脆弱区或粮食生产核心区,需优先获得补偿以保障国家生态与粮食安全。西藏、宁夏、甘肃、吉林、黑龙江、新疆也是GDP排在后10位的省域。生态补偿优先级位居后5位的浙江、福建、广东、上海、北京经济发达、耕地资源稀缺且赤字显著,但支付能力强,应率先支付补偿资金。

3 结论与建议

3.1 结论

(1)基于粮食安全视角,本研究确立了中国省际横向耕地生态补偿的支付区和接受区。得出耕地盈余的省域有18个,为生态补偿的接受区,其中,黑龙江省的耕地盈余量最多。耕地赤字的省域有13个,为生态补偿的支付区,其中,广东省的耕地赤字量居首位。

表5 2022年耕地赤字(盈余)省域需支付和接受的生态补偿额度、生态补偿优先级

Table 5 Ecological compensation amounts to be paid and received and priority levels for provinces with cultivated land deficit (surplus) in 2022

省域	省际横向支付 (受偿)额度/亿元	省际支付和 受偿区	省内生态补偿 支付额度/亿元	耕地生态产品的平均 非市场价值/(元·hm ⁻²)	单位面积耕地 GDP/(元·hm ⁻²)	生态补偿 优先级
北京	-115.31	支付区	21.33	7 521.40	33 342 067.31	0.000 2
天津	-40.23	支付区	45.29	8 477.60	4 907 129.96	0.001 7
河北	124.88	受偿区	310.83	7 781.99	704 857.60	0.011 0
山西	10.00	受偿区	203.29	6 181.21	662 513.89	0.009 3
内蒙古	409.35	受偿区	950.14	7 354.46	200 314.85	0.036 7
辽宁	112.17	受偿区	390.17	9 262.92	561 892.30	0.016 5
吉林	437.38	受偿区	450.52	9 375.78	175 573.26	0.053 4
黑龙江	908.20	受偿区	711.91	6 905.26	92 818.41	0.074 4
上海	-124.52	支付区	24.95	9 292.77	27 631 683.17	0.000 3
江苏	50.56	受偿区	584.42	8 504.18	3 003 412.20	0.002 8
浙江	-279.82	支付区	131.14	7 456.91	5 956 115.88	0.001 3
安徽	229.65	受偿区	343.42	7 133.30	811 490.03	0.008 8
福建	-162.41	支付区	97.61	7 387.86	5 767 173.42	0.001 3
江西	47.42	受偿区	161.59	6 966.44	1 182 346.65	0.005 9
山东	205.89	受偿区	558.17	8 548.11	1 354 239.20	0.006 3
河南	395.46	受偿区	443.28	8 123.78	814 146.17	0.010 0
湖北	56.19	受偿区	372.87	7 364.46	1 143 782.46	0.006 4
湖南	52.40	受偿区	245.99	7 733.47	1 331 903.02	0.005 8
广东	-525.03	支付区	162.31	7 126.86	6 773 257.09	0.001 1
广西	-87.10	支付区	126.33	6 265.50	801 930.05	0.007 8
海南	-36.79	支付区	19.83	6 691.60	1 407 846.38	0.004 8
重庆	-29.56	支付区	128.22	6 787.41	1 574 285.25	0.004 3
四川	22.38	受偿区	281.39	6 974.41	1 089 268.51	0.006 4
贵州	-59.55	支付区	110.03	5 236.64	599 049.34	0.008 7
云南	11.27	受偿区	230.78	6 129.99	547 680.03	0.011 2
西藏	-5.32	支付区	18.93	7 238.07	483 363.55	0.015 0
陕西	-39.62	支付区	168.17	5 683.26	1 096 333.59	0.005 2
甘肃	37.36	受偿区	170.67	6 222.19	215 614.41	0.028 9
青海	-18.20	支付区	17.00	4 705.68	639 635.01	0.007 4
宁夏	11.79	受偿区	66.20	7 097.02	422 150.05	0.016 8
新疆	108.41	受偿区	533.45	9 502.17	250 307.57	0.038 0

(2) 全国旱地、水田、水浇地生态产品价值分别为11 386.40, 11 045.66, 11 216.03元/hm²。基于全国耕地生态产品平均非市场价值, 确立省际横向耕地生态补偿标准为7 492.08元/hm²。在省内纵向补偿方面, 结合各省域不同类型耕地生态产品非市场价值及政府支付能力指数, 确立了差异化生态补偿标准。28个省域的旱地生态补偿标准为3 293.35(贵州)~15 741.81元/hm²(江苏); 25个省域水田生态补偿标准为2 911.51(贵州)~19 557.56元/hm²(上海); 20个省域水浇地生态补偿标准为3 126.82(甘肃)~16 717.06元/hm²(北京)。

(3) 采用改进的当量因子法, 系统评估了各省域不同耕地类型生态产品价值, 构建了“省际横向+省内纵向”的双层次耕地生态补偿框架, 特别是确立了

省内纵向不同耕地类型生态补偿标准, 实现了对耕地生态产品价值的精准补偿, 同时兼顾了跨省域耕地生态保护责任分担与省内不同耕地类型的分类施策, 完善了相关研究。

在划分省际横向耕地生态补偿的支付区与接受区时, 为确保研究结果的可信度, 需严格遵循“谁消费, 谁负责”的原则, 以常住人口作为界定区域粮食消费责任的核心依据, 该做法能真实反映地区实际承载的粮食需求压力, 避免因使用户籍人口导致的权责错配, 如高估人口流出省份的供给责任或低估人口流入省份的消费责任。但尽管常住人口是主要核算基准, 若完全忽略流动人口在户籍地的季节性消费(如短期返乡), 可能在一定程度上略微高估人口流入地的责任、低估人口流出地的责任。为实现

更精准的责任匹配,未来可引入“人口流动系数”进行动态校准,其公式为校准后人口数=常住人口+人口流动系数 \times (户籍人口-常住人口)。其中,人口流动系数=流动人口在户籍地年均停留天数 \div 365,取值范围为0~1,该系数可缓解因短期人口流动带来的消费责任偏差,增强补偿分配的公平性和精准性。可根据人口流动趋势动态及时更新支付/受偿名单,避免长期固化。在实际应用中,基于年度数据的核算结果能直接作为当年或下一年度补偿额度拨付的依据,极具可操作性。但因目前缺乏各省域流动人口年均返乡时长的可靠数据,本研究暂不对户籍人口与常住人口的差异进行校准分析,仍以常住人口作为核算依据。

3.2 建议

遵循“谁受益,谁补偿”的原则,从制度建设到实践行动因地制宜统筹构建“保护—补偿—市场化”协同机制,系统推进耕地生态产品价值实现。一是保护优先,明确高生态产品价值区域,严格限制开发。二是补偿激励,通过政府主导的纵向(横向)补偿,弥补耕地生态保护成本。三是市场驱动,探索多元化市场交易模式,提升耕地生态产品变现能力。在实施过程中,建议根据各省域耕地生态产品价值高低和经济能力强弱,将全国分为4类区域,制定差异化策略。

(1) 高生态补偿优先级-低经济产出区。典型省域包括黑龙江、吉林、新疆、内蒙古等,虽拥有黑土、草原、绿洲等多样耕地类型,但单位耕地面积GDP偏低,地方政府支付能力弱,依赖中央转移支付。生态补偿的实现路径是:①以中央财政为主导,增加定向转移支付额度,可设立黑土保护基金(东北)、绿洲修复基金(新疆)等区域性耕地生态保护专项基金。②推动跨省域横向补偿。按“受益者付费”原则,可通过政策引导经济发达地区如北京、上海、广东等省域,按其GDP的一定比例支付生态补偿,定向支援优先补偿省域。③推动耕地生态产品市场化。可开发如黑龙江农田固碳等碳汇项目、新疆绿洲水源涵养等水权交易项目,向东部省域出售生态权益。

(2) 高生态产品价值-高经济产出区。典型省域包括江苏、浙江、福建、山东等,这些省域耕地生态产品价值较高,单位耕地面积GDP也较高,地方政府支付能力较强,但面临城市化对耕地资源的持续挤压。生态补偿的实现路径是:①建立省内生态补偿定向支持基金,可从高GDP地区如苏州、杭州抽取一定资金定向补偿苏北、浙西的重点生态县域。②严格耕地占补平衡,通过异地复垦或生态指标交易机制弥补耕地占用损失,如推广福建“生态银行”模式。③发展高附

加值生态农业。推广有机种植,发展农田生态旅游如浙江丽水梯田,协同提升耕地经济效益与生态功能。

(3) 低生态补偿优先级-高经济产出区。典型省域包括北京、上海、天津、广东等,这些省域耕地生态产品价值中等,但单位耕地面积GDP极高,耕地资源稀缺且经济发达,应承担主要跨省域耕地生态补偿责任。生态补偿的实现路径是:可通过进一步发展都市生态农业,推广垂直农场、屋顶农业等集约化农业模式,以提升有限耕地资源的生态与经济双重效益,实现生态补偿。

(4) 低生态产品价值-低经济产出区。典型省域包括青海、贵州、陕西、甘肃等,这些省域耕地生态产品价值较低如黄土高原、石漠化区,经济产出能力有限,但生态恢复潜力较大,需长期投入。生态补偿的实现路径是:采取“生态修复+产业扶持”的方式,在中央财政支持下,继续推进退耕还林还草、梯田整治等工程,同步发展区域特色农业如甘肃中药材、宁夏枸杞等,并探索通过土壤固碳等项目参与全国碳市场。

此外,需逐步完善以耕地可持续利用为核心的生态保护补偿专项法律法规及实施细则体系,落实2024年6月1日起施行的《生态保护补偿条例》(国令第779号)的分类补偿要求。明确耕地生态产品权属、补偿标准及交易规则,为价值实现提供制度保障。将耕地生态补偿绩效纳入地方政府考核,避免“重经济,轻生态”倾向。创新市场化手段,促进绿色金融发展,吸引社会资本参与耕地生态保护项目。加强高标准农田建设,推广节水节肥及土壤修复技术,防止土壤退化和土地生态环境的破坏。综合运用卫星遥感、地面传感器等技术,构建全过程监测管理体系,实时掌握耕地质量动态,做到用地养地相结合,强化生态产品提升的物质基础。建立全国统一的耕地生态产品GEP(生态系统生产总值)核算体系,建设生态“粮仓”,协调好耕地利用与生态保护之间的关系。

参考文献(References)

- [1] 张倩霓,王晓欣,李武,等.生态产品价值实现的适宜性评价与路径配置[J].干旱区资源与环境,2024,38(6):11-20. Zhang Qianni, Wang Xiaoxin, Li Wu, et al. Suitability evaluation and path allocation of ecological product value realization [J]. Journal of Arid Land Resources and Environment, 2024, 38(6): 11-20.
- [2] 李璞,王晓强,徐卫华,等.基于文献计量分析的生态资产研究现状及启示[J].生态学报,2023,43(21):9082-9095. Li Pu, Wang Xiaoqiang, Xu Weihua, et al. Research status and implications of ecological assets based on bibliometric analysis [J]. Acta Ecologica Sinica, 2023, 43(21): 9082-9095.

- [3] 马保玉. 新质生产力推进生态产品价值市场化的基本路径研究[J]. 生态经济, 2024, 40(12): 230-231.
Ma Baoyu. Research on the basic path of promoting the marketization of ecological product value by new quality productivity [J]. Ecological Economy, 2024, 40(12): 230-231.
- [4] 黎元生. 生态产业化经营与生态产品价值实现[J]. 中国特色社会主义研究, 2018, 9(4): 84-90.
Li Yuansheng. Industrialized operation of ecology and realizing the value of ecological goods [J]. Studies on Socialism with Chinese Characteristics, 2018, 9(4): 84-90.
- [5] 张德钗, 张怡琨, 林以恒, 等. 新质生产力推动林业生态产品价值实现的实践路径[J]. 林业经济问题, 2024, 44(2): 136-142.
Zhang Dechai, Zhang Yikun, Lin Yiheng, et al. The practical paths of new quality productive forces to promote the value realization of forestry ecological products [J]. Issues of Forestry Economics, 2024, 44(2): 136-142.
- [6] 孙希超, 赵晋宇, 王伟. 山东省农田生态系统服务价值时空变化特征分析[J]. 农业环境科学学报, 2023, 42(12): 2674-2686.
Sun Xichao, Zhao Jinyu, Wang Wei. Analysis of spatio-temporal variation characteristics of farmland ecosystem service values in Shandong Province, China [J]. Journal of Agro-Environment Science, 2023, 42(12): 2674-2686.
- [7] 张娜. 陕西省农田生态系统服务价值评估及其空间规划建议[J]. 中国农业资源与区划, 2024, 45(6): 244-253.
Zhang Na. Service value evaluation of farmland ecosystem services and suggestions for spatial planning in Shaanxi Province [J]. Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning, 2024, 45(6): 244-253.
- [8] 赵鸿雁, 陈英, 杨洁, 等. 基于改进当量的甘肃省耕地生态系统服务价值及其与区域经济发展的空间关系研究[J]. 干旱区地理, 2018, 41(4): 851-858.
Zhao Hongyan, Chen Ying, Yang Jie, et al. Ecosystem service value of cultivated land and its spatial relationship with regional economic development in Gansu Province based on improved equivalent [J]. Arid Land Geography, 2018, 41(4): 851-858.
- [9] 文尹娇, 邹福, 丁明军, 等. 基于粮食供应服务流视角的江西省耕地生态补偿标准[J]. 应用生态学报, 2024, 35(12): 3285-3294.
Wen Yinjiao, Zou Fu, Ding Mingjun, et al. Ecological compensation standard of cultivated land in Jiangxi Province from the perspective of food supply service flow [J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2024, 35(12): 3285-3294.
- [10] 苏浩, 雷国平, 李荣印. 基于生态系统服务价值和能值生态足迹的河南省耕地生态补偿研究[J]. 河南农业大学学报, 2014, 48(6): 765-769.
Su Hao, Lei Guoping, Li Rongyin. Research on ecological compensation of plowland of Henan Province based on the value of ecosystem services and emergent ecological footprint model [J]. Journal of Henan Agricultural University, 2014, 48(6): 765-769.
- [11] 赵青, 许焱, 郭年冬. 粮食安全视角下的环京津地区耕地生态补偿量化研究[J]. 中国生态农业学报, 2017, 25(7): 1052-1059.
Zhao Qing, Xu Hao, Guo Niandong. Quantitative study on cultivated land ecological compensation in the area around Beijing and Tianjin from the perspective of grain security [J]. Chinese Journal of Eco-Agriculture, 2017, 25(7): 1052-1059.
- [12] 徐明岗, 张文菊, 黄绍敏, 等. 中国土壤肥力演变[M]. 2版. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2015.
Xu Minggang, Zhang Wenju, Huang Shaomin, et al. Evolution of Soil Fertility in China (Second Edition) [M]. China Agricultural Science and Technology Press, 2015.
- [13] 张治会, 李全新. 基于机会成本损失的区际地方政府耕地保护补偿研究: 以安徽省各市域为例[J]. 管理现代化, 2017, 37(1): 33-35.
Zhang Zhihui, Li Quanxin. Research on inter-regional local government compensation for farmland protection based on opportunity cost loss: Taking the various cities in Anhui Province as an example [J]. Modernization of Management, 2017, 37(1): 33-35.
- [14] 刘利花, 杨永福, 李全新. 基于粮食安全的耕地保护补偿研究[J]. 西北农林科技大学学报(社会科学版), 2017, 17(1): 30-38.
Liu Lihua, Yang Yongfu, Li Quanxin. Research on compensation of arable land protection based on food security [J]. Journal of Northwest A&F University (Social Science Edition), 2017, 17(1): 30-38.
- [15] 谢高地, 甄霖, 鲁春霞, 等. 一个基于专家知识的生态系统服务价值化方法[J]. 自然资源学报, 2008, 23(5): 911-919.
Xie Gaodi, Zhen Lin, Lu Chunxia, et al. Expert knowledge based valuation method of ecosystem services in China [J]. Journal of Natural Resources, 2008, 23(5): 911-919.
- [16] 谢高地, 鲁春霞, 冷允法, 等. 青藏高原生态资产的价值评估[J]. 自然资源学报, 2003, 18(2): 189-196.
Xie Gaodi, Lu Chunxia, Leng Yunfa, et al. Ecological assets valuation of the Tibetan Plateau [J]. Journal of Natural Resources, 2003, 18(2): 189-196.
- [17] 谢高地, 张彩霞, 张昌顺, 等. 中国生态系统服务的价值[J]. 资源科学, 2015, 37(9): 1740-1746.
Xie Gaodi, Zhang Caixia, Zhang Changshun, et al. The value of ecosystem services in China [J]. Resources Science, 2015, 37(9): 1740-1746.

- [18] 谢高地,张彩霞,张雷明,等.基于单位面积价值当量因子的生态系统服务价值化方法改进[J].自然资源学报,2015,30(8):1243-1254.
Xie Gaodi, Zhang Caixia, Zhang Leiming, et al. Improvement of the evaluation method for ecosystem service value based on per unit area [J]. Journal of Natural Resources, 2015,30(8):1243-1254.
- [19] 卢荣旺,殷浩然,朱连奇,等.基于当量因子法的秦巴山地生态系统服务价值评估[J].河南大学学报(自然科学版),2022,52(4):379-391.
Lu Rongwang, Yin Haoran, Zhu Lianqi, et al. Value assessment of ecosystem services in Qinling-Daba Mountain based on equivalence factor method [J]. Journal of Henan University (Natural Science), 2022, 52(4):379-391.
- [20] 李婧梅.基于当量因子法的黄河青海流域生态系统服务价值评估[J].青海师范大学学报(自然科学版),2024,40(3):33-39.
Li Jingmei. Value assessment of ecosystem services in the Qinghai Basin of Yellow River based on the equivalence factor method [J]. Journal of Qinghai Normal University (Natural Science Edition), 2024,40(3):33-39.
- [21] 张亚丽,陈亮,田义超,等.模拟多情景下桂西南峰丛洼地流域土地利用变化及生态系统服务价值的空间响应[J].环境科学,2024,45(12):6935-6948.
Zhang Yali, Chen Liang, Tian Yichao, et al. Land use change and ecosystem service value measurement in the peak cluster depression basin in southwest Guangxi under simulated multiple scenarios [J]. Environmental Science, 2024,45(12):6935-6948.
- [22] 钱凤魁,徐欢,逢然然,等.基于三维生态足迹模型辽宁省耕地生态补偿额度估算分析[J].中国农业资源与区划,2023,44(6):97-109.
Qian Fengkui, Xu Huan, Pang Ranran, et al. Estimation and analysis of cultivated land ecological compensation in Liaoning Province based on three-dimensional ecological footprint model [J]. Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning, 2023,44(6):97-109.
- [23] 夏炜祁,张明辉,张安录.绿色低碳视域下长江经济带耕地生态外溢价值评估及时空变化分析[J].华中农业大学学报,2024,43(3):51-64.
Xia Weiqi, Zhang Minghui, Zhang Anlu. Assessment of ecological spillover value of cultivated land and its temporal and spatial changes in Yangtze River economic belt from a green and low-carbon perspective [J]. Journal of Huazhong Agricultural University, 2024,43(3):51-64.
- [24] 阮熹晟,李坦,张藕香,等.基于生态服务价值的长江经济带耕地生态补偿量化研究[J].中国农业资源与区划,2021,42(1):68-76.
Ruan Xisheng, Li Tan, Zhang Ouxiang, et al. A quantitative study on ecological compensation of cultivated land in the Yangtze River economic belt based on ecological service value [J]. Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning, 2021,42(1):68-76.
- [26] 杨果,陈瑶.中国农业源碳汇估算及其与农业经济发展的耦合分析[J].中国人口·资源与环境,2016,26(12):171-176.
Yang Guo, Chen Yao. China's agriculture carbon sink estimation and its coupling analysis with agricultural economy development [J]. China Population, Resources and Environment, 2016,26(12):171-176.
- [27] 董亚妮,祁春节,谭明交,等.粮食主产区农业韧性的空间差异及影响因素[J].中国农业资源与区划,2024,45(3):14-25.
Dong Yani, Qi Chunjie, Tan Mingjiao, et al. Spatial differences and influencing factors of agricultural resilience in major grain-producing areas [J]. Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning, 2024,45(3):14-25.
- [28] 程莉,黄兰稀,严月岑,等.长江经济带乡村生态韧性测度及影响因素研究[J].中国农业资源与区划,2024,45(5):11-23.
Cheng Li, Huang Lanxi, Yan Yuecen, et al. Research on the measurement and influencing factors of rural ecological resilience in the Yangtze River economic belt [J]. Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning, 2024,45(5):11-23.
- [29] Dagum C. A new approach to the decomposition of the Gini income inequality ratio [J]. Empirical Economics, 1997,22(4):515-531.
- [30] 董金玮,周岩,尤南山,等.2000—2022年中国30 m年最大NDVI数据集[DS/OL] [2025-07-10].国家生态科学数据中心,2021.<https://www.nesdc.org.cn/sdo/detail?id=60f68d757e28174f0e7d8d49>
Dong Jinwei, Zhou Yan, You Nanshan, et al. A 30 m annual maximum NDVI dataset in China from 2000 to 2022[DS/OL] [2025-07-10]. National Ecosystem Science Data Center, 2021.<https://www.nesdc.org.cn/sdo/detail?id=60f68d757e28174f0e7d8d49>
- [31] 王松茂,牛金兰.山东半岛城市群城市生态韧性的动态演化及障碍因子分析[J].经济地理,2022,42(8):51-61.
Wang Songmao, Niu Jinlan. Dynamic evolution and obstacle factors of urban ecological resilience in Shandong Peninsula urban agglomeration [J]. Economic Geography, 2022,42(8):51-61.

(上接第320页)