

DOI:10.19322/j.cnki.issn.1006-4710.2023.02.002

<https://xuebao.xaut.edu.cn>

引文格式:付永虎,耿灿,刘俊青,郭贇,赵彬玉,蒲嘉霖,朱敏杰.县域尺度下苏北耕地多功能权衡与协同关系及分区调控研究[J].西安理工大学学报,2023,39(2):162-172.

FU Yonghu, GENG Can, LIU Junqing, GUO Yun, ZHAO Binyu, PU Jialin, ZHU Minjie. Trade-off and synergy relationships and regional regulation of cropland multi-functions at county scale in northern Jiangsu Province[J]. Journal of Xi'an University of Technology,2023,39(2):162-172.

县域尺度下苏北耕地多功能权衡与协同关系 及分区调控研究

付永虎^{1,3},耿 灿^{1,2},刘俊青¹,郭 贇¹,赵彬玉¹,蒲嘉霖⁴,朱敏杰¹

(1. 江苏海洋大学 文法学院,江苏 连云港 222005;2. 江西财经大学 旅游与城市管理学院,江西 南昌 330013;

3. 中国地质大学(武汉) 湖北巴东地质灾害国家野外科学观测研究站,湖北 武汉 430074;

4. 江西工程学院 土木工程学院,江西 新余 338000)

摘要:耕地多功能价值评估与权衡协同关系研究对于指导耕地可持续利用管理具有重要意义。本文以江苏省东海县为例,综合运用多功能价值体系、SPSS 偏相关工具、探索性空间数据分析(ES-DA)探究耕地多功能之间的权衡与协同关系并在此基础上进行分区调控研究。结果表明东海县生产经济功能、社会保障功能与生态保护功能之间存在梯度化分布态势,生产经济功能为主导,其次为社会保障功能,生态保护功能价值最低。研究区耕地多功能间存在着协同关系,协同关系由强到弱依次为:生产经济功能与生态保护功能(0.523) > 生产经济功能与社会保障功能(0.456) > 生态保护功能与社会保障功能(0.138)。空间上,研究区 19 个乡镇(街道)耕地 3 类功能的两两功能间以空间独立关系为主,处于权衡或协同关系的乡镇数量较少,且较为离散。根据上述研究成果,通过聚类分析将研究区划分为 I 类、II 类、III 类、IV 类 4 种类型区,针对不同类型区域提出了差异化的耕地发展与保护策略。研究结果可为提升耕地资源的综合竞争力、指导粮食生产功能区乡村规划及实现农业现代化与乡村振兴目标提供参考。

关键词:耕地多功能; 权衡与协同; 时空变化; 东海县

中图分类号: F301.21 **文献标志码:** A **文章编号:** 1006-4710(2023)02-0162-11

Trade-off and synergy relationships and regional regulation of cropland multi-functions at county scale in northern Jiangsu Province

FU Yonghu^{1,3}, GENG Can^{1,2}, LIU Junqing¹, GUO Yun¹, ZHAO Binyu¹,
PU Jialin⁴, ZHU Minjie¹

(1. School of Humanities and Law, Jiangsu Ocean University, Lianyungang 222005, China;

2. School of Tourism and Urban Management, Jiangxi University of Finance and Economics, Nanchang 330013, China; 3. Badong National Observation and Research Station of Geohazards, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China;

4. School of Civil Engineering, Jiangxi University of Engineering, Xinyu 338000, China)

Abstract: It is important to study the synergistic relationship between multifunctional value as-

收稿日期: 2022-02-27; **网络首发日期:** 2022-10-18

网络首发地址: <https://kns.cnki.net/kcms/detail/61.1294.n.20221018.1409.002.html>

基金项目: 国家社会科学青年基金资助项目(19CGL037);江苏高校哲学社会科学研究基金资助项目(2021SJA1710);连云港市社会科学基金资助项目(21LKT0016,21LKT0047)

第一作者: 付永虎,男,博士,副教授,研究方向为土地资源可持续利用。E-mail:huhu_0902@163.com

通信作者: 刘俊青,女,硕士,讲师,研究方向为农业资源利用与环境管理。E-mail:pinle533@163.com

assessment and trade-offs of arable land to guide the sustainable use management of cultivated land. This paper explores the trade-offs and synergies between the multifunctional aspects of cultivated land in Donghai County, Jiangsu Province, using a combination of the multifunctional value system, SPSS bias tools and exploratory spatial data analysis (ESDA), with zoning control studies carried out on this basis. The results show that there is a gradient distribution between the production economic functions, social security functions and ecological protection functions in Donghai County, with the production economic functions dominating, followed by the social security functions, and the ecological protection functions have the lowest value. There is a synergistic relationship between the multiple functions of cultivated land, and the order of the synergistic relationship is: production economic function and ecological protection function (0.523) > production economic function and social security function (0.456) > ecological protection function and social security function (0.138). Spatially independent relationships are dominant among cultivated land multifunction in 19 townships, while the number of townships in the trade-off or synergistic relationship is small and discrete. Based on the above research results, the study area is classified into four types of zones, namely Class I, II, III and IV; through cluster analysis, differentiated strategies for the development and protection of cultivated land are proposed for different types of zones. The results of the study can serve as a reference for enhancing the comprehensive competitiveness of cultivated land resources, guiding the rural planning of functional food production areas and achieving the goals of agricultural modernization and rural revitalization.

Key words: multiple functions of cultivated land; trade-off and synergy; spatial-temporal change; Donghai County

耕地的多功能利用与管理问题始终是区域耕地保护与可持续发展领域的重要研究议题。作为人类社会生存与发展的物质基础与关键要素,耕地在承载粮食生产功能的同时,亦具有重要的生态保护功能和社会保障功能。耕地多功能是指土地利用所提供的多种类型的私人 and 公共物品和服务,通常是为了满足人类需求基于耕地系统与人类活动的相互作用而发展起来的^[1]。随着农业土地利用方式的多样化,耕地呈现多种功能间的复杂性也越来越明显,其表现为此消彼长的权衡关系和互相促进的协同关系逐渐为人们所认知。厘清权衡与协同关系的演变,可以进一步明晰多功能作用过程,准确评价耕地功能价值,以便针对性地提出耕地管理保护政策。耕地各功能利用的强弱与结构特征直接影响着区域粮食安全、生态安全与社会稳定等诸多方面^[2]。近年来,随着工业化和城镇化的快速发展,大量建设用地占用耕地,导致耕地规模逐年减少,耕地集约利用引发的生态环境问题严重。在此背景下,作为农业生产的稀缺资源,耕地多功能价值测度、时空演化分析及其权衡与协同关系研究已成为相关学者与政府政策制定者广泛关注的热点之一。

测度与评估耕地的多功能价值及其权衡与协同关系对于提升耕地资源优势、实现耕地利用效益最大化具有重要意义。自20世纪90年代以来,耕地多功能研究领域已有诸多报道,相关研究主要聚焦耕地的生产、社会、生态三大功能^[3],围绕耕地多功

能的概念与内涵^[4-5]、功能分类及其价值测算^[6-8]、时空评价与演变趋势^[9]、影响因素与驱动力^[10-11]、耕地多功能与社会经济的耦合关系^[12-13]、耕地多功能权衡与协同关系^[14-15]、耕地多功能管理^[16]等方面来展开。例如,Liu等^[17]以张家口为案例研究区,在网格尺度上绘制耕地生产、生活、生态功能,以此来识别不同功能的相互作用。张一达等^[18]以北京市为例,基于耕地多功能权衡与协同的视角,分析了北京市耕地多功能性的变化趋势。在研究方法上,多功能评价研究多通过定性与定量方法相结合,在构建指标体系的基础上,常采用指标体系表征法、物质量分析法、能值与价值量分析法、全排列多边形法、耦合协调度模型、STIRPAT模型分析法等诸多方法^[19]。Zhang等^[20]以武汉市为案例研究区,通过构建耕地功能评价指标体系,测度了都市圈耕地多功能价值。此后,生态系统多功能的权衡与协同关系开始引入到耕地研究领域^[21-22],学者大多采用多功能服务权衡关系测度法、耦合协调度模型及相关性分析等方法来研究。例如,方莹等^[23]使用耦合协调度模型和权衡强度量化法研究了河南省耕地多功能权衡关系的区域差异。朱庆莹等^[24]运用空间自相关分析,探讨了湖北省耕地多功能权衡与协同的时空格局及其变化规律。

纵观上述研究,随着研究的不断深入,研究重点从耕地多功能内涵、测算与评估等方面,逐渐转向耕地各功能间相互关系研究及实践应用阶段^[25]。根

据研究视角与研究目标的不同,相关研究方法也在不断完善和拓展。上述研究成果为本研究的开展提供了参考和借鉴。然而,仍需指出的是既有研究存在二点不足。第一,在耕地多功能价值的测度上,既有研究多采用指标体系表征法,直接价值量化测算的研究相对较少。第二,在探讨耕地多功能价值权衡与协同关系方面,当前对耕地各功能空间相关关系研究相对较少,涉及县域尺度耕地多功能价值权衡与协同的研究更是鲜有报道。县级是贯彻国家、省级耕地保护政策的基本单元,也是耕地可持续利用与管理的最佳尺度。展开县域耕地多功能权衡与协同关系及分区调控研究对于保障粮食安全,实现耕地利用效益最大化,全面促进乡村振兴具有重要意义。作为我国农业综合实力百强县之一,东海县是我国重要的商品粮生产基地,连续六年获得全国粮食生产先进县,国家级生态示范区等称号。近年来东海县在新型城镇化与工业化快速推进的过程中,人地矛盾日益凸显。探讨如何开展耕地保护,充分发挥耕地的多功能价值显得尤为迫切。基于此,本文以江苏省东海县为例,进行耕地多功能价值测度、权衡与协同关系研究,厘清耕地多功能空间相关关系。研究成果以期为提升研究区耕地资源优势、优化土地利用结构提供依据,同时还可为不同区域制定差异化耕地保护策略及利用模式提供理论与方法参考。

1 研究区概况

东海县(118°23'44"E~119°6'28"E,34°18'17"N~34°47'50"N)位于江苏省北部,隶属于江苏省连云港市,地处江苏、山东两省交界处。全县总面积 2 037 km²,下辖 19 个乡镇(街道办事处)。2019 年常住人口 96.84 万人,城镇化率 54.14%。东海县

气候湿润温和,属于暖温带湿润季风气候,水资源丰富,多年平均降水量 869.90 mm。境内属黄淮海平原岗岭地,地势西高东低,中西部地形以山地为主,山地间存有缓坡地,东部地势平坦。东海县土壤质量较好,土地生产力较高,耕地资源丰富,面积达 1 223 km²,占辖区总面积的 60.03%,十分适合农业种植,常年种植水稻面积 6.53×10⁴ hm²以上,是我国重要的粮食生产功能区。主要种植作物有水稻、小麦、玉米等。2019 年研究区粮食总产量为 1.17×10⁶ t,位居国内县(市)前列。近年来,随着社会经济的快速发展和城镇化水平的提高,东海县耕地资源日益紧缺,生态承载力下降等问题日益凸显。2019 年末耕地面积与 2010 年相比减少了 220 hm²,人均耕地仅 0.136 hm²。城镇空间扩张、粮食安全保障与生态安全需求等对耕地的可持续利用管理提出了严峻挑战。在此背景之下,研究东海县耕地多功能变化规律与权衡/协同关系,对于优化研究区耕地利用方式、合理配置耕地资源具有重要意义。

2 研究方法与参数选取

2.1 耕地多功能指标体系的构建

2.1.1 指标体系构建与数据来源

耕地功能具有多重交错复杂的特性,各功能利用的强弱与结构特征直接作用于社会、经济与周边环境,从而对区域粮食安全、社会稳定与生态安全产生深刻地影响。本文参考已有研究成果^[14, 26-27],结合研究区数据的可获得性,从生产、社会和生态三个维度构建研究区耕地多功能价值测度指标体系(见表 1)。相关数据主要来源于《东海县统计年鉴》(2010—2019 年)、《中国农产品成本收益数据汇编》(2010—2019 年)等。

表 1 耕地多功能价值测度指标体系

Tab. 1 Index system multi-function value measurement of cultivated land

一级指标	二级指标	变量	单位	计算方法	数据来源
生产经济功能	粮食生产	耕地产出值	万元	收益还原法	《东海县统计年鉴》(2010—2019) 《中国农产品成本收益数据汇编》(2010—2019)
		耕地面积	hm ²		
		耕地种植成本	万元		
社会保障功能	生活保障	居民养老保险金	元/人	替代市场法	《东海县统计年鉴》(2010—2019)
		城镇居民人均可支配收入	元		
	就业保障	农村居民人均纯收入	元		
		乡镇企业固定资产原值	万元	市场价值法	
		从业人口	人		
生态保护功能	生态服务	耕地生态系统服务价值	元/hm ²	谢高地等相关研究成果	基于谢高地等中国生态系统单位面积生态服务价值表进行本地化修正

2.1.2 耕地各功能价值测度方法

1) 生产经济功能价值。

收益还原法是在预期收益原理的基础上,通过估算耕地在未来每年预期的纯收益,以一定的还原利率折现,借以确定待评估耕地经济产出价值的一种估价方法^[28-29]。针对耕地生产经济功能价值的测算问题,本研究采用收益还原法计算研究区耕地的生产经济功能价值。计算公式如下:

$$V_c = e/r \quad (1)$$

$$r = \frac{q}{c} (1-d) \quad (2)$$

式中: V_c 表示耕地年生产经济价值,亿元; e 表示耕地产生的年总收入与耕地投入年总生产成本之差值即耕地年净收益,亿元; r 表示耕地收益还原利率; q 表示对应年度一年期银行存款利率; c 表示同期生产资料物价指数; d 表示农业税率,由于2006年农业税的废除,目前 $d=0$ 。

2) 社会保障功能价值。

本文参考相关研究成果,在充分考虑数据收集可行性的基础上,从基本生活保障价值和就业保障价值2个方面计算耕地的社会保障价值^[30]。其中生活保障价值采用替代市场法,以农村养老保险金作为测算依据,鉴于2009年全国刚开始实施农村养老保险政策,本研究参照当地城镇养老保险金额,通过农村居民与城镇居民的收入比修正得到^[31]。在就业保障价值方面,耕地上所表现的就业保障价值能减少非农就业风险问题,协调农民再就业与耕地矛盾,本文根据蔡运龙的相关成果,采用市场价值法测算耕地资源的就业保障价值^[32]。计算公式为:

$$V_s = V_b + V_t \quad (3)$$

$$V_b = \frac{V_u I_1}{r I_2} \quad (4)$$

$$V_t = PS/A \quad (5)$$

式中: V_s 表示耕地社会保障价值,亿元; V_b 表示耕地的生活保障价值,亿元; V_t 表示耕地的就业保障价值,亿元; V_u 表示城镇居民的养老保险金,元; I_1 表示农村居民人均纯收入,元; I_2 表示城镇居民人均可支配收入,元; P 表示当地乡镇企业人均固定资产原值,万元/人; A 表示人均耕地面积, hm^2 /人; S 表示总面积, hm^2 。

3) 生态保护功能价值。

本文依据谢高地、鲁春霞等相关成果,采用“一个基于专家知识的生态系统服务价值化方法”测算我国耕地生态系统单位面积生态服务价值,年均价值为5140.9元/ hm^2 ,但这是全国平均值^[33]。在

计算具体区域耕地资源的生态价值时,根据研究区实际情况,采用耕地生态系统潜在的经济产量进行空间修正^[34]。计算公式如下:

$$V_e = \frac{V_a \frac{b}{B}}{r} \quad (6)$$

式中: V_e 表示耕地的生态保护价值,亿元; V_a 表示我国耕地资源生态价值的平均值,元; b 表示研究地区耕地生态系统的潜在经济产量; B 表示全国一级耕地生态系统单位面积平均潜在经济产量。

2.2 权衡与协同关系分析

耕地多功能的权衡是指不同功能间相互竞争,存在着此消彼长的关系,协同是指两种功能间相互协作,存在着相互增益的关系^[35]。本文采用SPSS偏相关分析与空间自相关分析方法测度研究区耕地多功能的权衡与协同关系。SPSS偏相关分析是指当2个变量,同时与第3个变量相关时,则会消除第3个变量的影响,只分析另外2个变量之间的净线性相关关系。偏相关分析能够更科学地反映功能之间的净相关性,若结果为正相关,则两种功能在空间上表现为协同,若为负相关,则表现为权衡^[36]。计算公式如下:

$$r_{12,3} = \frac{r_{12} - r_{13} r_{23}}{\sqrt{(1-r_{13}^2)(1-r_{23}^2)}} \quad (7)$$

式中: $r_{12,3}$ 表示剔除 x_3 的影响后, x_1 与 x_2 之间的偏相关程度; r_{12} 、 r_{13} 、 r_{23} 表示 x_1 、 x_2 、 x_3 两两之间的相关系数。

在上述研究的基础上,采用双变量空间自相关分析方法,研究不同变量之间的空间相关性^[35]。根据相关系数判断耕地多功能间的协同与权衡关系。计算公式如下:

$$I = \frac{\sum_{b=1}^n \sum_{d \neq b}^n W_{bd} (Y_b - \bar{Y})(Y_d - \bar{Y})}{S^2 \sum_{b=1}^n \sum_{d \neq b}^n W_{bd}} \quad (8)$$

$$I_b = \frac{Y_b - \bar{Y}}{S^2} \sum_{d=1, d \neq b}^n W_{bd} (Y_d - \bar{Y}) \quad (9)$$

$$S^2 = \frac{1}{n} \sum_{b=1}^n (Y_b - \bar{Y})^2 \quad (10)$$

$$I_{lm}^p = z_l^p \cdot \sum_{q=1}^n W_{pq} \cdot z_m^q \quad (11)$$

$$\bar{Y} = \frac{1}{n} \sum_{b=1}^n Y_b \quad (12)$$

$$z_l^p = \frac{X_l^p - \bar{X}_l}{\sigma_l} \quad (13)$$

$$z_m^q = \frac{X_m^q - \bar{X}_m}{\sigma_m} \quad (14)$$

式中: I 表示全局自相关系数; Y_b 表示空间单元 b 的评价指标; n 表示评价地区总数; W_{bl} 表示基于空间邻近关系建立的权重; I_b 表示局部自相关指数; I_{lm}^p 表示空间单元 p 的双变量(评价指标 l 和 m); X_l^p 表示空间单元 p 的评价指标 l 的值; \bar{X}_l 和 σ_l 表示相应评价指标的均值和方差。

3 结果分析与政策建议

3.1 耕地多功能价值时空变化特征

3.1.1 时序特征分析

根据式(1)~(5)计算研究区耕地的生产经济功能价值和社会保障功能价值。根据式(6),在谢高地

表2 2010—2019年东海县耕地多功能价值测算

Tab. 2 Calculation of multifunctional value of cultivated land in Donghai County from 2010 to 2019

功能类型	耕地价值/亿元			耕地价值变化/亿元		
	2010	2014	2019	2010—2014	2014—2019	2010—2019
生产经济功能	1 066.54	1 428.20	2 945.80	361.66	1 517.20	1 879.26
社会保障功能	418.30	522.31	912.55	104.01	390.24	494.25
生态保护功能	194.59	155.51	259.44	-39.08	103.93	64.85
总计	1 679.36	2 106.02	4 117.79	426.66	2 011.77	2 438.43

2010—2014年,受社会经济发展与农业供给侧结构性改革的影响,研究区耕地生产经济功能与社会保障功能价值均呈增长的趋势,生产经济功能价值增长较快,从2010年的1 066.54亿元上升至2014年1 428.20亿元,增长了361.66亿元,年均增幅7.57%。4年间,社会保障功能增加了104.01亿元,年均增幅5.71%。耕地资源在保障粮食安全与社会稳定方面成效显著。耕地的生态保护功能由2010年的194.59亿元下降至2014年的155.51亿元,降幅20.08%。在此阶段,研究区在发展经济、保障耕地粮食产出的同时,忽视了对农业生态环境的保护,导致了耕地生态保护功能有所下降。2014—2019年,耕地各功能价值均呈快速上升的态势。5年间,生产经济功能、社会保障功能和生态保护功能分别增加了1 517.20亿元、390.24亿元和103.93亿元(图1)。5年来,研究区以农业供给侧结构性改革为主线,加快现代农业建设,以优质稻和优质小麦为主导,通过实施粮食适度规模经营、农业生产全程社会化服务等项目,提升了全县农业绿色可持续发展水平,截止到2019年,研究区种植业绿色优质农产品比重达38.5%。此外,研究区围绕蔬菜、鲜切花、草莓、西甜瓜、葡萄和食用菌6大特色产业,推进高效特色农业建设,打造全国特色农产品优势区。一系列政策的实施,有效提升了耕地的生产经济、社会保障和生态保护

等生态系统服务当量因子的基础上,进行本土化修正进而得到研究区耕地生态保护功能价值。

由表2可知,东海县生产经济功能、社会保障功能与生态保护功能之间存在显著的梯度化分布态势。整体上,研究区耕地的多功能以生产经济功能为主导,其次为社会保障功能,生态保护功能价值最低。2010—2019年,东海县耕地多功能价值呈现上升的趋势,由2010年的1 679.36亿元上升至2019年的4 117.79亿元,增加了145.20%。在此阶段,除生态保护功能经历了先降后升外,其他功能均呈持续增长的态势,其中生产经济功能的增幅最高,达176.20%。

功能的充分发挥,综合效益提升显著。

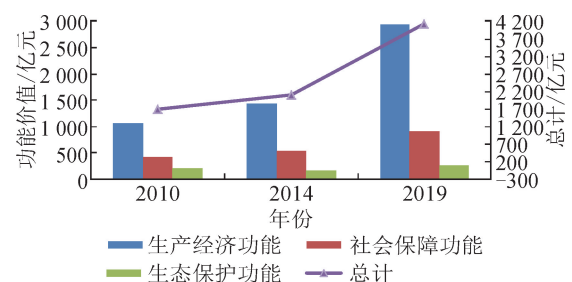


图1 2010、2014、2019年耕地多功能变化趋势

Fig. 1 Trends in multifunctional changes in cultivated land in 2010, 2014 and 2019

3.1.2 空间变化特征

为进一步探究东海县耕地多功能价值的空间变化特征,依据式(1)~(6)得到全县19个乡镇(街道)耕地资源的多功能价值(见图2)。东海县各乡镇(街道)耕地多功能价值以生产经济功能价值为主,占比较高;其次为社会保障功能,生态保护功能价值最低。2010年,耕地生产经济功能价值超过77亿元的乡镇有4个,占全县总数的21.1%,分别为黄川镇、安峰镇、房山镇、桃林镇。上述乡镇均为产粮重镇,耕地面积比重高,灌溉设施便利,常年粮食亩产超过600 kg,农业呈现出集聚化与规模化特征。社会保障功能最高的地区位于紧靠县城区的驼峰乡,达35.29亿元。受地理区位条件与交通的影响,

农户生计发展策略多样,耕地利用呈经济作物种植比重大、农户兼业形态占比高的农业生产特征,人均收入相对较高。2014年研究区耕地生产经济功能价值超过77亿元的乡镇增加了2个,分别为平明镇和驼峰乡。平明镇积极整合农业资源,利用土地集中连片优势,依托“万企联万村、共走振兴路”政策,发展特色农业种植,耕地生产经济功能呈逐步增长态势。驼峰乡通过无公害优质小麦和水稻认证基地建设,提升农业生产效益,促进了耕地生产经济功能的提高。2014年,社会保障功能价值超过35.29亿元的乡镇数量提升至6个,占研究区乡镇总数的31.65%。与2010年相比,研究区各乡镇耕地生态保护功能价值均有不同程度的下降,其中位于研究

区西部的石湖乡下降较多,降幅达28.4%,2014年仅为5.81亿元。2019年研究区各乡镇耕地生产经济功能价值提升较快,其中有5个乡镇生产经济功能突破200亿元,占全县乡镇总数的26.3%。在社会保障功能方面,牛山街道耕地社会保障价值最高,达96.77亿元,其发展成为东海县的政治、经济、文化中心。山左口乡,李埝乡、曲阳乡、石湖乡在经历了2010年和2014年耕地社会保障功能低值后,呈现较快的增长态势。其中,山左口乡增幅较高,2019年社会保障价值突破了40亿元。在生态保护功能方面,研究区各乡镇生态保护功能价值均有不同程度的提升,其中超20亿元的乡镇有3个,分别为桃林镇、房山镇、平明镇。

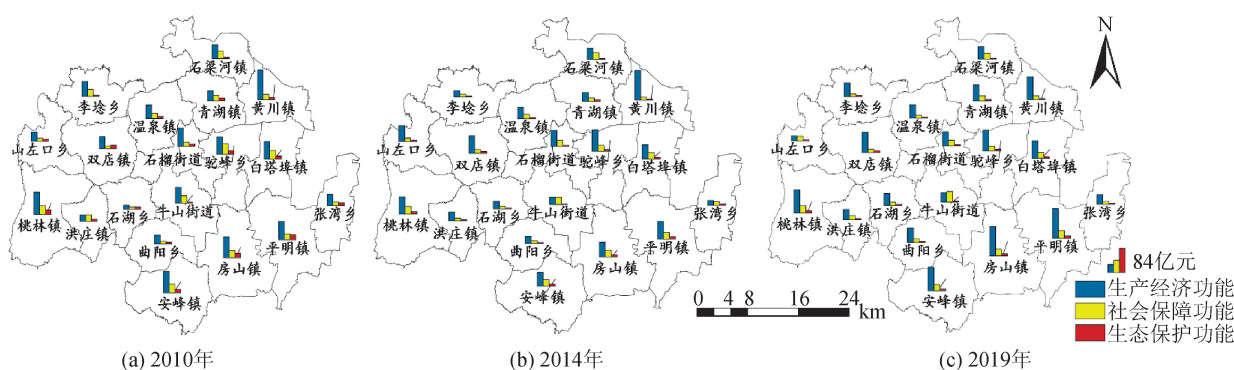


图2 东海县耕地多功能价值空间分布

Fig. 2 Spatial distribution of multifunctional value of cultivated land in Donghai County

3.2 耕地多功能权衡协同关系分析

3.2.1 耕地多功能的偏相关分析

在计算耕地多功能价值的基础上,利用SPSS偏相关分析方法测度研究区耕地多功能的权衡与协同关系。东海县耕地3类功能相关关系见表3。

表3 耕地多功能相关关系

Tab. 3 Correlation of multiple functions of cultivated land

功能	生产经济功能	社会保障功能	生态保护功能
生产经济功能	1	0.456**	0.523**
社会保障功能	0.456**	1	0.138
生态保护功能	0.523**	0.138	1

注:**表示在0.01水平(双侧)上显著相关。

整体上,研究区耕地多功能间存在协同关系,且生产经济功能与社会保障功能,生产经济功能与生态保护功能的相关系数均通过显著检验,呈显著协同的态势。耕地的生产经济与社会保障功能呈显著的正相关关系,即协同关系,相关系数为0.456,表明生产经济功能价值提高,社会保障功能价值也随之增加。耕地生产过程中,粮食作物产出提高,不仅

会提高生产经济功能价值,还会带动农户增收,农民保障收入也随之提高。作为社会重要的稳定器,耕地是农民基础的资源保障,在城镇化快速推进过程中,是促进人力资源城乡流动的关键要素。农民生活稳定了,亦会促进耕地利用转型与提高经济产出,进而推动农业产业发展。耕地的生态保护功能与生产经济功能呈正相关关系,相关系数0.523,协同关系特征显著。耕地生产经济功能提升的同时,针对耕地的生态保护亦得到重视。发展现代化绿色高效农业,形成经济效益与生态效益良性互动、协调发展格局是研究区破解农业产业发展与环境质量瓶颈的重要途径。耕地生态保护功能与社会保障功能呈微弱的协同关系,相关系数0.138,未通过显著性检验,没有显著的相关关系,但相关系数为正,呈现向协同方向发展的趋势。一般而言,由于耕地的社会保障功能会影响耕地的生产经济功能,农民生活得到保障,农民种粮积极性高涨,农业经济产出呈现增长的态势,愈发刺激农业经营主体对耕地生态环境的继续和保护。耕地生态系统的稳定性程度、土壤质量的好坏与农业生产性能的高低休戚相关。耕地

生态保持功能越强,土壤肥沃程度越高,耕地的立地条件越好,农业生产性能就愈发优越,从而促进了经济产出功能与社会保障功能的充分发挥。

3.2.2 耕地多功能权衡与协同的空间关联性

为进一步揭示东海县耕地不同功能的空间权衡与协同关系,本研究基于 GeoDa 软件,采用 Queen contiguity 空间矩阵,基于距离空间权重,运用双变量空间自相关分析方法,测度研究区 2010 年、2014

年和 2019 年耕地 3 类功能两两之间空间自相关性,并进行 Z 值 5% 显著性检验 ($P=0.05$),得到耕地 3 类功能间的权衡与协同的局部分布表(见表 4)。其中,“高-高”、“低-低”类型区为耕地功能间高值或低值空间关联性较大的乡镇,呈耕地功能间的协同关系,而“高-低”、“低-高”类型区域为耕地功能间高值与低值空间关联性大的区域,即功能间的权衡关系,不显著区域表示为空间单元的独立关系。

表 4 耕地多功能权衡与协同的双变量空间局部自相关

Tab. 4 Bivariate spatial local autocorrelation for multifunctional trade-offs and synergistic of cultivated land

类型	生产经济与社会保障功能			生产经济与生态保护功能			社会保障与生态保护功能		
	2010 年	2014 年	2019 年	2010 年	2014 年	2019 年	2010 年	2014 年	2019 年
高-高		房山镇		房山镇	平明镇	平明镇、 驼峰乡		驼峰乡	
高-低	牛山街道		双店镇、 黄川镇						双店镇
低-高				张湾乡	张湾乡	曲阳乡		曲阳乡	
低-低	温泉镇		温泉镇	石湖乡		青湖镇、 石湖乡	牛山街道	石梁河镇	黄川镇、 温泉镇
不显著	余下乡镇	余下乡镇	余下乡镇	余下乡镇	余下乡镇	余下乡镇	余下乡镇	余下乡镇	余下乡镇

总体上,东海县 19 个乡镇(街道)3 类耕地功能两两之间的权衡与协同关系均呈差异化空间分布特征,空间异质性突出。研究期内,研究区耕地两两功能间以空间独立关系为主,处于权衡或协同关系的乡镇数量较少,且较为离散。具体而言,研究区生产经济功能与社会保障功能的权衡与协同关系呈现显著的空间异质性,总体上聚集区域分布比较离散且稀少。2010 年“高-低”值权衡区位于县中心的牛山街道,低值协同区位于北部的温泉镇,其余乡镇均为不显著乡镇(街道),显示为空间独立关系。2014 年研究区耕地该 2 类功能之间变更为“高-高”协同关系,且聚集区域位于苏北经济综合百强乡镇之一的房山镇,其余乡镇空间关系独立,均为不显著区域。2019 年温泉镇仍为“低-低”协同区域,其邻近的双店镇与黄川镇则呈现“高-低”权衡关系特征。研究区生产经济功能与生态保护功能的权衡与协同关系以“高-高”、“低-低”协同与“低-高”权衡关系为主,但数量较少且分布较为零散。

2010 年“高-高”与“低-低”协同区域分别位于房山镇与石湖乡,位于研究区东南部的张湾乡为“低-高”权衡区域。2014 年张湾乡依然处于“低-高”类型区域,平明镇提升为“高-高”协同区域。2019 年协同

类型增加至 4 个乡镇,“低-低”聚集散落分布,“高-高”协同分布集中。生态保护意识逐渐加强,耕地的生产与生态保护功能协同发展,生产效益与生态效益良性循环,互促互馈能力呈逐渐增强的态势,耕地的生态效益与经济效益转换能力在不断增强。与上述 2 类功能的空间关联特征相比,研究区社会保障功能与生态保护功能的空间自相关关系较弱。研究时段内,以“低-低”协同类型为主,且呈离散分布特征。2010 年仅牛山街道处于“低-低”协同类型区,其他皆为不显著区域。2014 年处于研究区北部的石梁河镇为“低-低”协同类型,驼峰乡处于“高-高”协同类型区,而曲阳乡落入“低-高”权衡类型区。2019 年属“低-低”协同类型的乡镇增加至 2 个,分别为黄川镇和温泉镇,双店镇则落入“高-低”权衡类型区。

由此可见,东海县耕地功能处于动态调整与发展阶段。在乡村振兴背景下,通过对耕地生产经济、社会保障与生态保护的协同整治是推进研究区耕地保护与利用、促进农业产业转型、实现农业可持续发展的重要途径。

3.3 耕地多功能区域的类型划分与政策建议

耕地多功能权衡与协同结果表明东海县耕地多

功能空间分布差异明显。为进一步识别耕地多功能区域分布特征,借助 SPSS 软件,对东海县域耕地多功能进行聚类分析。根据空间聚类结果,东海县耕地多功能可划分为 4 种类型区,依次为 I 类、II 类、III 类、IV 类 4 种类型区(见图 3)。

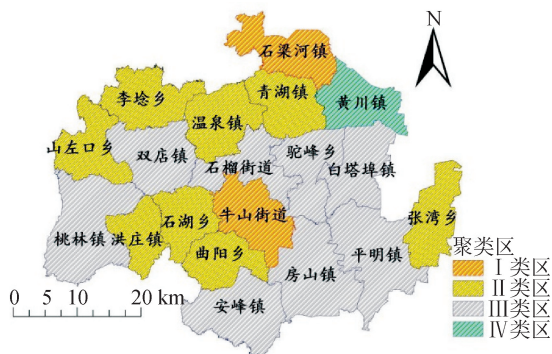


图 3 耕地多功能聚类区域分布

Fig. 3 Multifunctional clustering regional distribution of cultivated land

I 类区主要由石梁河镇、牛山街道构成,这两个地区耕地面积相对较少,农业生产能力受限,区域内城镇化发展程度高,劳动力大量涌向城镇,农地出现弃耕撂荒现象,家庭承包的耕地对家庭生计的支撑作用下降,耕地的生产经济与社会保障功能价值不显,逐渐丧失,主要表现为耕地功能间较强权衡关系特征,针对此类区域,耕地保护需防止耕地“非粮化”、“非农化”,充分利用土地资源。从顶层规划入手,统筹兼顾、整体施策和多措并举,落实好休耕政策,完善农村社保水平,处理好耕地保护与经济生产的关系。

II 类区主要分布在研究区北部和西部乡镇,该区域以山地为主,耕地较为细碎化,且耕地肥沃程度与东南地区平原相比,条件略显劣势。体现耕地功能的弱权衡特征。针对此类区域可结合当地土壤特性,发展特色农业产业,提高种植的综合效益,增强生产经济功能。以蔬菜、花卉、食用菌、果树产业为重点,提升农产品附加值,延伸产业链,促进产业融合,增加农业收益,提高维持农户生计的社会保障功能。依托当地现有涉农产业,开展蔬菜、花卉、食用菌与果树产业提升工程等专项建设,通过新品种推广、示范大棚建设、技术集成应用,打造特色优势农产品产业发展新模式,并根据山地与平原土地质量的差异,开展差异化生态保护,探索合理的耕地生态保护措施。

III 类区较多分布在中部与东南部乡镇,该区土壤肥沃,耕地数量多、质量高。呈现耕地功能间的协同特征,生产、保障、生态具有协同效应。针对此类

区域,农业生产应向规模化、集约化方向发展,创新农业生产技术,推动先进实用科技的推广普及,提高产能维护粮食安全的同时,协调耕地生态保护,维护耕地生态系统稳定,并加快建设知识型、技能型、创新型新型农业经营者队伍,增强农民发展生产的能力和增收致富的本领,以此保障耕地的社会功能价值。将耕地生态保护置于社会经济与自然生产两大系统中统筹考虑,维系耕地三者功能的协同与稳定。

IV 类区由黄川镇组成,该乡镇耕地集中连片分布,耕地生态环境较好,表现为耕地多功能的强协同关系,后期需维持功能间的现有价值,可进一步推进农产品生产基地建设,创新耕地适度规模经营模式,完善农业生产体系。加强生产经济与社会保障功能。发展休闲观光产业,打造农业高新技术产业园,以建设国内知名的农业高新技术孵化园和现代农业绿色生产的样板园为目标,以保障耕地生态保护功能为原则,高起点高标准建设东海智慧农业展示示范园,成为东海现代农业转型升级的新引擎,以带动东海县农业可持续发展。

4 讨论

农业现代化是乡村振兴的核心要务,耕地作为农业生产的关键要素,历来是维持世界各国农业与农村发展可持续性策略的重要一环。在人地关系日趋紧张的现实背景下,提升耕地多功能性是促进农村土地利用转型与实施乡村振兴战略的重要途径。近年来,随着人们对耕地多功能认识的不断深化,通过挖掘耕地多种功能价值,实现有限耕地资源的功能发挥与可持续利用已成为新时代背景下政府和相关学者的普遍共识。然而,由于耕地功能具有类型多样、区域分布差异性和人为利用选择性等特征,耕地的多功能之间存在权衡与促进或抑制的协同关系,使得目前学界对耕地多功能评价体系尚未形成统一的观点。

本文基于数据的可获取性,从生产、社会和生态三个维度构建了研究区耕地多功能价值测度指标体系。针对各功能的测算问题,本研究采用收益还原法、市场价值法等方法直接量化测算耕地多功能价值,并尝试应用于县级粮食生产功能区,测度与分析了东海县耕地多功能价值的时空变化。研究发现,在农业主产区,耕地的生产与经济功能是耕地利用的主要导向。此外,生态功能的不足也使得研究区面临着生态环境可持续发展的挑战。通过功能价值量的直接测算可准确刻画耕地各功能价值的时空变动,为耕地保护与补偿研究提供了方法参考。快速

城镇化深刻影响了耕地的多功能价值,同时也改变了耕地各功能之间的权衡与协同关系。通过耕地多功能测度与权衡与协同关系评价,寻求乡村社会、经济发展与耕地利用保护之间的平衡,可为指导粮食主产区乡村规划、实现农业现代化与乡村振兴目标提供参考。本研究采用探索性空间数据分析(ES-DA)、SPSS 偏相关工具,并根据耕地多功能权衡协同结果的空间差异性,进行耕地多功能聚类分析,划分 I 类、II 类、III 类、IV 类 4 种类型区,研究方法可以较好地反映了耕地利用的实际状况,能够更合理地反映各功能间的相关关系与空间相关关系。与既有研究成果相比,本研究通过时空两维的研究思路,有利于客观准确地评估耕地多功能价值及其权衡-协同关系的时空演变规律,研究思路与方法为厘清耕地多功能相互作用机理,功能分区与优化并进一步制定耕地空间发展模式提供了新的研究视角。同时需指出的是,耕地除了生产、社会与生态等功能外,还具有文化、美学等非物质性功能,这些因素如何量化有待深入研究。本文基于数据的可获取性,仅从生产经济功能、社会保障功能和生态保护功能 3 个角度对耕地多功能进行测度与分析,在指标体系与指标选取上囿于数据所限,仍不够详细,在后续研究中有待进一步深化和完善。

5 结 论

测度与评估耕地的多功能价值及其权衡与协同关系对于提升耕地资源优势、实现耕地利用效益最大化具有重要意义。本文以东海县为例,基于东海县统计年鉴和中国农产品成本收益数据汇编等数据,从生产经济、社会保障和生态保护三个维度构建耕地多功能价值核算体系,对研究区 2010 年、2014 年和 2019 年耕地的生产经济功能、社会保障功能和生态保护功能价值进行直接测算,识别其时空分布特征。在此基础上,采用 SPSS 偏相关工具、探索性空间数据分析(ESDA)方法探究耕地多功能之间的权衡与协同关系。

1) 东海县生产经济功能、社会保障功能与生态保护功能之间存在显著的梯度化分布态势。整体上,研究区耕地的多功能以生产经济功能为主导,其次为社会保障功能,生态保护功能价值最低。2010—2019 年,东海县耕地多功能价值呈现上升的趋势,2019 年达 4 117.79 亿元,增幅 145.20%,其中生产经济功能的增幅最高,达 176.20%。

2) 东海县耕地多功能间存在着协同关系,协同关系由强到弱依次为:生产经济功能与生态保护功能

(0.523)>生产经济功能与社会保障功能(0.456)>生态保护功能与社会保障功能(0.138)。空间上,研究区 19 个乡镇(街道)耕地 3 类功能两两之间的权衡与协同关系均呈显著的差异化空间分布特征,空间异质性突出。耕地两两功能间以空间独立关系为主,处于权衡或协同关系的乡镇数量较少,且较为离散。各乡镇耕地功能处于动态调整与发展阶段,通过对耕地生产经济、社会保障与生态保护的协同整治是推进研究区耕地保护与利用、促进农业产业转型、实现农业高质量发展的重要途径。

3) 采用 SPSS 软件中的系统聚类分析工具对耕地多功能进行聚类分析,将东海县划分为 4 种类型区: I 类区(2 个乡镇:石梁河镇、牛山街道),II 类区(8 个乡镇:山左口乡、李埝乡、温泉镇、青湖镇、张湾乡、曲阳乡、石湖乡和洪庄镇),III 类区(8 个乡镇:桃林镇、双店镇、石榴街道、驼峰乡、白塔埠镇、平明镇、房山镇和安峰镇),IV 类区(1 个乡镇:黄川镇),并针对不同类型区提出了差异化的耕地保护与利用策略。

参考文献:

- [1] JIANG Guanghui, WANG Mengzhu, QU Yanbo, et al. Towards cultivated land multifunction assessment in China: applying the “influencing factors-functions-products-demands” integrated framework [J]. Land Use Policy, 2020, 99: 104982.
- [2] 邹利林, 李裕瑞, 刘彦随, 等. 基于要素视角的耕地“三生”功能理论建构与实证研究[J]. 地理研究, 2021, 40(3): 839-855.
ZOU Lilin, LI Yurui, LIU Yansui, et al. Theory building and empirical research of production-living-ecological function of cultivated land based on the elements[J]. Geographical Research, 2021, 40(3): 839-855.
- [3] 苏浩, 吴次芳. 基于“三生”功能的黑土区耕地资源价值影响因素分析——以黑龙江省克山县为例[J]. 中国土地科学, 2020, 34(9): 77-85.
SU Hao, WU Cifang. Analysis of the influencing factors of the cultivated land resources value in black soil region based on the production-living-ecological functions: a case study in Keshan County, Heilongjiang Province [J]. China Land Science, 2020, 34(9): 77-85.
- [4] 宋小青, 欧阳竹. 耕地多功能内涵及其对耕地保护的启示[J]. 地理科学进展, 2012, 31(7): 859-868.
SONG Xiaoqing, OUYANG Zhu. Connotation of multifunctional cultivated land and its implications for cultivated land protection [J]. Progress in Geography, 2012, 31(7): 859-868.
- [5] LOVELL S T. Multifunctional urban agriculture for

- sustainable land use planning in the United States[J]. *Sustainability*, 2010, 2(8): 2499-2522.
- [6] 吴兆娟, 丁声源, 魏朝富, 等. 丘陵山区地块尺度耕地社会稳定功能价值测算与提升[J]. *水土保持研究*, 2015, 22(5): 245-252.
- WU Zhaojuan, DING Shengyuan, WEI Chaofu, et al. Estimation of the social stability function value of cultivated land and its increment at plot scale in Hilly-Mountainous region[J]. *Research of Soil and Water Conservation*, 2015, 22(5): 245-252.
- [7] LIANG Xinyuan, LI Yangbing. Identification of spatial coupling between cultivated land functional transformation and settlements in Three Gorges Reservoir area, China[J]. *Habitat International*, 2020, 104: 102236.
- [8] VAN DER PLOEG J D, LAURENT C, BLONDEAU F, et al. Farm diversity, classification schemes and multifunctionality[J]. *Journal of Environmental Management*. 2009, 90(S2): 124-131.
- [9] 唐春云, 臧俊梅. 新时代广州市耕地多功能评价及时空演变分析[J]. *农业资源与环境学报*, 2021, 38(2): 332-343.
- TANG Chunyun, ZANG Junmei. Multi-functional evaluation of cultivated land and an analysis of the temporal and spatial evolution of Guangzhou in the new era[J]. *Journal of Agricultural Resources and Environment*, 2021, 38(2): 332-343.
- [10] LIU Jing, JIN Xiaobin, XU Weiyi, et al. Influential factors and classification of cultivated land fragmentation, and implications for future land consolidation: a case study of Jiangsu Province in eastern China[J]. *Land Use Policy*, 2019, 88: 104185.
- [11] 朱从谋, 李武艳, 杜莹莹, 等. 浙江省耕地多功能价值时空变化与权衡-协同关系[J]. *农业工程学报*, 2020, 36(14): 263-272.
- ZHU Congmou, LI Wuyan, DU Yingying, et al. Spatial-temporal change, trade-off and synergy relationships of cropland multifunctional value in Zhejiang Province, China[J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2020, 36(14): 263-272.
- [12] 白海江. 耕地多功能评价及权衡与协同关系分析-以张掖市为例[J]. *西部大开发(土地开发工程研究)*, 2020, 5(3): 1-5.
- [13] WANG Nan, ZU Jian, LI Mu, et al. Spatial zoning of cultivated land in Shandong province based on the trinity of quantity, quality and ecology[J]. *Sustainability*, 2020, 12(5): 1849.
- [14] 殷如梦, 李欣, 曹锦秀, 等. 江苏省耕地多功能利用权衡/协同关系研究[J]. *南京师大学报(自然科学版)*, 2020, 43(1): 69-75.
- YIN Rumeng, LI Xin, CAO Jinxiu, et al. Study on the trade-off/synergy of multifunctional cultivated land in Jiangsu province[J]. *Journal of Nanjing Normal University(Natural Science Edition)*, 2020, 43(1): 69-75.
- [15] JONGENEEL R A, POLMAN N B P, SLANGEN L H G. Why are Dutch farmers going multifunctional? [J]. *Land Use Policy*, 2008, 25(1): 81-94.
- [16] 杨建宇, 徐凡, 赵龙, 等. 基于综合质量空间自相关性分析的耕地保护分区方法[J]. *农业机械学报*, 2017, 48(3): 156-163.
- YANG Jianyu, XU Fan, ZHAO Long, et al. Protection zoning of cultivated land comprehensive quality based on spatial autocorrelation[J]. *Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery*, 2017, 48(3): 156-163.
- [17] LIU Chao, XU Yueqing, HUANG An, et al. Spatial identification of land use multifunctionality at grid scale in farming-pastoral area: a case study of Zhangjiakou City, China[J]. *Habitat International*, 2018, 76: 48-61.
- [18] 张一达, 刘学录, 任君, 等. 基于耕地多功能权衡与协同分析的耕地利用转型研究——以北京市为例[J]. *中国农业资源与区划*, 2020, 41(6): 25-33.
- ZHANG Yida, LIU Xuelu, REN Jun, et al. Study on cultivated land use transformation based on multifunctional trade-offs and collaborative analysis of arable land—taking Beijing as an example[J]. *Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning*, 2020, 41(6): 25-33.
- [19] 杨凤妍子, 胡伟艳, 余婷, 等. 农地多功能权衡与协同研究进展与趋势[J]. *国土资源科技管理*, 2021, 38(2): 31-39.
- YANG Fengyanzi, HU Weiyan, YU Ting, et al. Literature review on trade-offs and synergies of multifunctional agricultural land[J]. *Scientific and Technological Management of Land and Resources*, 2021, 38(2): 31-39.
- [20] ZHANG Siyu, HU Weiyan, LI Mengran, et al. Multiscale research on spatial supply-demand mismatches and synergic strategies of multifunctional cultivated land [J]. *Journal of Environmental Management*, 2021, 299: 113605.
- [21] SWALLOW B M, SANG J K, NYABENGE M, et al. Tradeoffs, synergies and traps among ecosystem services in the Lake Victoria basin of East Africa[J]. *Environmental Science & Policy*, 2009, 12(4): 504-519.
- [22] KEARNEY S P, FONTE S J, GARCÍA E, et al. Evaluating ecosystem service trade-offs and synergies

- from slash-and-mulch agroforestry systems in El Salvador[J]. *Ecological Indicators*, 2019, 105: 264-278.
- [23] 方莹,王静,孔雪松,等. 耕地利用多功能权衡关系测度与分区优化——以河南省为例[J]. *中国土地科学*, 2018,32(11):57-64.
FANG Ying, WANG Jing, KONG Xuesong, Trade-off relation measurement and zoning optimization of multi-functionality of cultivated land use: a case study of Henan Province[J]. *China Land Science*, 2018, 32(11): 57-64.
- [24] 朱庆莹,胡伟艳,赵志尚. 耕地多功能权衡与协同时空格局的动态分析——以湖北省为例[J]. *经济地理*, 2018, 38(7): 143-153.
ZHU Qingying, HU Weiyan, ZHAO Zhishang. Dynamical analysis on spatial-temporal pattern of trade-offs and synergies of multifunctional cultivated land—evidence from Hubei Province[J]. *Economic Geography*, 2018, 38(7): 143-153.
- [25] 王成,彭清,唐宁,等. 2005~2015年耕地多功能时空演变及其协同与权衡研究——以重庆市沙坪坝区为例[J]. *地理科学*, 2018, 38(4): 590-599.
WANG Cheng, PENG Qing, TANG Ning, et al. Spatio-temporal evolution and the synergy and trade-off relationship of cultivated land multi-function in 2005—2015: a case of Shapingba District, Chongqing City[J]. *Scientia Geographica Sinica*, 2018, 38(4): 590-599.
- [26] 路昌,耿昊,刘蕊,等. 山东省耕地多功能耦合协调度时空格局分析[J]. *农业机械学报*, 2021, 52(3): 265-274.
LU Chang, GENG Hao, LIU Rui, et al. Spatial-temporal pattern analysis of cultivated land multi-functional coupling coordination degree in Shandong Province [J]. *Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery*, 2021, 52(3): 265-274.
- [27] 张宇,岑云峰,张鹏岩,等. 河南省耕地多功能时空演变及耦合分析[J]. *河南大学学报(自然科学版)*, 2019, 49(5): 538-552.
ZHANG Yu, CEN Yunfeng, ZHANG Pengyan, et al. Spatial-temporal evolution and coupling analysis of farmland multi-functions in Henan Province[J]. *Journal of Henan University (Natural Science)*, 2019, 49(5): 538-552.
- [28] 尚倩倩,宋戈,向长玉. 黑龙江省巴彦县耕地资源价值体系及价值定量测算[J]. *水土保持研究*, 2012, 19(3): 231-236.
SHANG Qianqian, SONG Ge, XIANG Changyu. Estimation of cultivated land value of Bayan County, Heilongjiang Province[J]. *Research of Soil and Water Conservation*, 2012, 19(3): 231-236.
- [29] 王扬. 哈尔滨市耕地资源价值测算研究[D]. 哈尔滨: 东北农业大学, 2013.
WANG Yang. Value measurement study of arable land resources in Harbin City[D]. Harbin: Northeast Agricultural University, 2013.
- [30] 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[J]. *干旱区资源与环境*, 2010, 24(9): 14-19.
LI Jia, NAN Ling. Connotation and calculation methods for the cultivated land resources values—a case of Shanxi Province[J]. *Journal of Arid Land Resources and Environment*, 2010, 24(9): 14-19.
- [31] 赵丽,张蓬涛,许峰,等. 新型城镇化背景下耕地多功能价值测算及动态变化研究——以河北省定州市为例[J]. *湖北农业科学*, 2018, 57(5): 35-40, 63.
ZHAO Li, ZHANG Pengtao, XU Hao, et al. Calculation and dynamic change analysis on multi-functional value of cultivated land under the background of new urbanization: a case study of Dingzhou City [J]. *Hubei Agricultural Sciences*, 2018, 57(5): 35-40, 63.
- [32] 蔡运龙,霍雅勤. 中国耕地价值重建方法与案例研究[J]. *地理学报*, 2006, 61(10): 1084-1092.
CAI Yunlong, HUO Yaqin. Revaluating cultivated land in China: method and case studies[J]. *Acta Geographica Sinica*, 2006, 61(10): 1084-1092.
- [33] 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.
- [34] 王万茂,黄贤金. 中国大陆农地价格区划和农地评估[J]. *自然资源*, 1997, 19(4): 1-8.
- [35] 郑德凤,郝帅,吕乐婷,等. 三江源国家公园生态系统服务时空变化及权衡-协同关系[J]. *地理研究*, 2020, 39(1): 64-78.
ZHENG Defeng, HAO Shuai, LÜ Leting, et al. Spatial-temporal change and trade-off/synergy relationships among multiple ecosystem services in Three-River-Source National Park[J]. *Geographical Research*, 2020, 39(1): 64-78.
- [36] 董鹏宇,赵华甫. 耕地多功能权衡与协同关系研究——以上海市青浦区为例[J]. *长江流域资源与环境*, 2019, 28(2): 368-375.
DONG Pengyu, ZHAO Huaifu. Study on trade-off and synergy relationship of cultivated land multifunction: a case of Qingpu District, Shanghai[J]. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2019, 28(2): 368-375.

(责任编辑 王绪迪)