

综合研究

2005—2020年广西左右江革命老区耕地多功能耦合协调度时空分布及影响因素

韦燕飞¹, 魏锋¹, 童新华²

(1. 南宁师范大学 自然资源与测绘学院, 广西 南宁 530001; 2. 南宁师范大学 地理科学与规划学院, 广西 南宁 530001)

摘要: [目的] 分析广西壮族自治区左右江革命老区县级尺度耕地农业生产、社会保障与生态安全功能的时空分布特征, 为优化耕地多功能配置, 促进区域协调发展提供依据。[方法] 通过构建耕地多功能评价体系, 运用熵权法、耦合协调度方法测算广西左右江32个县域耕地多功能的协调关系, 运用灰色关联度分析法揭露各指标对耕地多功能系统的影响。[结果] 2005—2020年广西左右江耕地农业生产能力和生态安全维持能力持续提高, 社会保障功能有所下降; 2005—2020年广西左右江各县区耕地多功能综合指数平均值呈现差异, 即“边缘高, 中间低”的状态; 在耦合协调度方面, 广西左右江耕地的3个功能尚未达到良性共振阶段, 但整体上朝着正向发展; 从总体来看, 各指标对广西左右江耕地整体功能影响是从2005年的人口数量、耕地资源禀赋和要素投入过渡到2020年的经济发展水平和城市化水平。[结论] 未来各县区可根据耕地主导功能的不同因地制宜地利用耕地, 以促进耕地多功能子系统间的协调发展。

关键词: 广西左右江; 革命老区; 耕地多功能; 耦合协调度; 灰色关联分析法

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2023)01-0174-10

中图分类号: F301.2

文献参数: 韦燕飞, 魏锋, 童新华. 2005—2020年广西左右江革命老区耕地多功能耦合协调度时空分布及影响因素[J]. 水土保持通报, 2023, 43(1): 174-183. Wei Yanfei, Wei Feng, Tong Xinhua. DOI: 10.13961/j.cnki.stbctb.20230222.002; Spatio-temporal distribution and influencing factors of multi-functional coupling coordination degree of cultivated land in Zuoyoujiang old revolutionary base area, Guangxi Zhuang Autonomous Region during 2005—2020 [J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2023, 43(1): 174-183.

Spatio-temporal Distribution and Influencing Factors of Multi-Functional Coupling Coordination Degree of Cultivated Land in Zuoyoujiang Old Revolutionary Base Area, Guangxi Zhuang Autonomous Region During 2005—2020

Wei Yanfei¹, Wei Feng¹, Tong Xinhua²

(1. College of Natural Resources and Geomatics, Nanning Normal University, Nanning, Guangxi 530001, China; 2. School of Geography and Planning, Nanning Normal University, Nanning, Guangxi 530001, China)

Abstract: [Objective] The spatial distribution characteristics of agricultural production, social security, and ecological security of cultivated land in the Zuoyoujiang old revolutionary base area of Guangxi Zhuang Autonomous Region were analyzed at the county level to provide a basis for optimizing the multi-functional allocation of cultivated land, and to promote coordinated regional development. [Methods] The entropy weight method and the coupling coordination degree method were used to calculate a coordination relationship of multifunctional cultivated land in 32 counties of the Zuojiang River in Guangxi by constructing a multifunctional evaluation system of cultivated land. The grey relational analysis method was used to reveal the influence of each index on the multi-functional system of cultivated land. [Results] From 2005 to 2020, the agricultural production capacity and ecological security maintenance capacity of cultivated land in the Zuoyoujiang area of Guangxi continued to increase, and the social security function declined. During the same period, the average value of the multi-functional comprehensive index of cultivated land in the counties of the

收稿日期: 2022-03-04

修回日期: 2022-06-22

资助项目: 国家自然科学基金项目“广西左右江革命老区土地利用与贫困互馈机制分析及时空模拟”(41861039); 广西哲学社会科学规划研究项目课题(17FGL014); 广西哲学社会科学规划研究课题项目(17FGL016)

第一作者: 韦燕飞(1978—), 女(壮族), 广西壮族自治区田阳市人, 博士, 教授, 主要从事土地利用优化配置研究。Email: 65358105@qq.com。

通信作者: 魏锋(1996—), 男(汉族), 广东省汕头市人, 硕士研究生, 主要从事土地利用优化配置相关研究。Email: 525608447@qq.com。

Zuoyoujiang area of Guangxi exhibited differences, showing a distribution pattern of “high at the edge and low in the middle”. In terms of coupling coordination degree, the three subsystems of functional cultivated land have not yet reached the stage of benign resonance, but they are developing in a positive direction as a whole. The impact of each indicator on the overall function of cultivated land in the Zuoyoujiang area of Guangxi has transitioned from the population, cultivated land resource endowment, and factor input in 2005 to the level of economic development and urbanization in 2020. [Conclusion] In the future, according to the different dominant functions of cultivated land, each county can use cultivated land according to local conditions, so as to promote coordinated development among the multi-functional subsystems of cultivated land.

Keywords: Zuoyoujiang area of Guangxi Zhuang Autonomous Region; old revolutionary base area; multifunctional cultivated land; coupling coordination degree; grey relational analysis method

耕地是人类赖以生存的基本资源和条件,是人类文明得以形成与延续的重要基础条件,是人类依存度最高的复合生态系统^[1]。党的十九大报告提出乡村振兴战略,妥善处置农业农村农民问题成为新的社会热点,而耕地作为解决“三农”问题的重要载体,重新认识耕地的功能和地位就变得更为重要。传统的耕地功能主要集中于农作物等粮食供给,不能满足当今多目标导向的需求。随着经济社会的发展,为缓解资源环境压力,推进生态文明建设,耕地不再被限制于单功能利用,生活、生态等多种功能的重要性愈发凸显。因此深入认识耕地多功能的含义,在不断丰富耕地功能性的同时,平衡耕地功能开发与耕地保护的关系,既是时代需求,实现耕地使用价值最大化的科学探索,也是促进中国耕地保护由单一的数量管理或数量、质量并重保护向多功能综合管理转型,深化对耕地保护与开发的认识及维护社会和谐稳定提供理论依据和政策支撑^[2]。

20 世纪 90 年代首次提出“农业多功能性”的概念^[3],国内外学者基于功能性视角已开展了多层面探索。对耕地功能的研究主要集中在耕地功能的概念^[4-5]、耕地多功能管理^[6-7]、耕地多功能评价与模式识别^[8]、耕地价值的影响因素及量化^[9]。国内学者主要从耕地多功能指标体系构建^[10-13]、时空演变关系^[14-16]、耦合协同关系^[17-19]、功能分析等^[20-22]方面。国内外学者在研究空间的选择上,不仅以国家^[11-12,23]、省^[2,24]、市^[25-26]、县区等^[19,27]宏观尺度为主,还包括特殊地貌区^[28-29]、主要经济区等^[30-31]典型区域;在研究单元细分上,主要从栅格^[32]、行政单元两方面划分不同类型的耕地功能分区。上述研究推动了耕地多功能研究的深入,但普遍存在更为关注耕地多种功能之间的数量关系研究,而相对忽视了空间格局变化,基于地理学视角的空间相关作用关系还有待深入挖掘^[33]。

广西左右江作为红色革命老区,长期重视红色旅游资源挖掘,在乡村振兴的时代背景下,耕地资源的

合理利用将作为配合乡村振兴战略实施的重点。因此全面了解左右江耕地多功能价值具有现实意义。本文在耕地多功能价值时空变化研究的基础上探讨其耦合协调关系,以广西左右江革命老区 32 个区县作为研究单元,构建综合评价指标体系,量化 2005—2020 年广西左右江县域尺度下耕地各项功能,揭示广西左右江革命老区耕地多功能价值的演变情况,以期对优化广西左右江革命老区耕地多功能配置,促进区域协调发展提供依据。

1 研究区域和数据来源

1.1 研究区域

广西左右江革命老区地处广西壮族自治区(以下简称广西)西南部,介于 104°28′—109°09′E,21°36′—25°37′N 间,东与柳州市、来宾市和南宁市毗邻,西邻云南省。2015 年,国务院批准实施《左右江革命老区振兴规划(2015—2025 年)》,涵盖桂黔滇三省区 8 市(州)59 个县,其中广西境内包括百色、河池、崇左 3 市全境以及南宁市马山、隆安县等 32 个县,面积 9.17 × 10⁴ km²,耕地面积约为 1.44 × 10⁶ hm²,占研究区域总面积的 15.68%。流域内拥有丰富的森林和湿地资源,生态系统多样,喀斯特地貌类型占流域面积的 66% 以上,在造就丰富旅游资源的同时,对当地农业发展约束性较强,作物以甘蔗、水稻、蔬菜和芒果为主,经济相对落后。相关统计表明,2020 年广西左右江区域耕地面积相较于 2005 年减少 17 836 hm²,农作物总播种面积减少 94 747 hm²,粮食产量减少 157 269 t,但蔬菜和水果分别增产 3 034 037,3 290 643 t。

1.2 数据来源与预处理

广西左右江革命老区的土地利用数据来源于 2005,2010,2015,2020 年的 Landsat 8/TM 数据(空间分辨率为 15 m × 15 m)和中国科学院资源环境科学数据中心。本文以县区为基本单元开展数据统计,主要涉及评价指标体系中的耕地总面积、人口、农业生产、经济、生态环境等数据,均来自广西统计局官网

的《广西统计年鉴》和《中国县域统计年鉴》，通过查阅年鉴直接获取或间接计算得到所需指标的原始数值，部分缺失数据采用线性插值予以填补。

2 研究方法

2.1 耕地多功能评价指标体系构建

耕地作为多重功能交错的复杂空间系统，其内部能量的运动产生各项服务功能，覆盖生产活动、生活空间、生态系统，功能之间的相互渗透是耕地系统复杂性的重要体现。借鉴相关学者进行评价指标选择的依据并结合广西左右江革命老区耕地情况现实特征，将耕地功能界定为农业生产功能、社会保障功能、

生态安全维持功能 3 大类，选取 12 个指标构建评价指标体系(表 1)。

生产功能是耕地最基本、最核心的功能，它反映了耕地资源在粮食产出上的能力大小，社会保障功能表示耕地不仅为农户提供劳动收入，并且宜于协调城乡收入差距，缓和城乡居民收入矛盾，多体现为对社会经济的贡献。生态安全维持功能体现在耕地保护作为生态文明建设的重要表现形式，是耕地生产力的基础，在景观美化、优化地区整体生态环境方面起到的重要作用。农民养老、生计、医疗等指标对社会保障功能有较大影响，但由于此类指标选取难度大，同时难以量化测度，因此本文未对其作深入研究。

表 1 耕地多功能评价指标体系

Table 1 Multi-functional evaluation index system of cultivated land

准则层	指标层	指标说明	属性
农业生产功能	粮食生产	粮食产量/耕地总面积	+
	蔬菜生产	蔬菜产量/耕地总面积	+
	水果生产	水果产量/耕地总面积	+
	复种指数	农作物总播种面积/耕地总面积	+
社会保障功能	城乡居民收入比	农村居民人均可支配收入/城市居民人均可支配收入	+
	粮食自给率	粮食产量/(区域人口×400 kg)	+
	第一产业对经济贡献值	第一产业增加值/地区生产总值	+
	农业从业人口比例	农林牧渔业从业人员占乡村从业人员比重	+
生态安全维持功能	耕地利用环境负荷	化肥施用折吨量/耕地总面积	-
	耕地类型生态优势度	水田面积/耕地总面积	+
	单位耕地面积承载人口数量	常住人口/耕地总面积	-
	土地垦殖率	耕地面积/土地总面积	+

2.2 耕地功能值的计算

2.2.1 数据无量纲化处理 为消除各项指标量纲差异，采用最大最小标准化法消除各指标之间缺乏可比性的问题，经极差变换后各指标数据取值范围[0,1]，并根据指标对目标的影响方向将其划分为“正向型”与“负向型”。当“正向型”指标和“负向型”指标计算值越大时，前者愈接近理想值，后者愈偏离。

$$A_{ij} = \frac{X_{ij} - X_{\min}}{X_{\max} - X_{\min}} \quad (X_{ij} \text{ 为正向指标}) \quad (1)$$

$$A_{ij} = \frac{X_{\max} - X_{ij}}{X_{\max} - X_{\min}} \quad (X_{ij} \text{ 为负向指标}) \quad (2)$$

式中： A_{ij} 为 i 地区 j 指标的标准值； X_{ij} 为 i 地区 j 指标的原始值； X_{\max} 为 i 地区 j 指标的原始最大值； X_{\min} 为 i 地区 j 指标的原始最小值。

2.2.2 熵权赋值法 熵权法通过度量差异信息的离散程度对指标进行赋权。通过用熵值来判断某个指标的离散程度，其信息熵值越小，指标的离散程度越大，该指标对综合评价的影响(即权重)就越大。如果

某个指标的信息熵值越大，意味着指标的离散程度越低，该指标的权重就相应越小。因此，可利用信息熵这个工具，计算出各个指标的权重，再采用加权求和法计算耕地各功能值^[12]。

(1) 计算 j 指标的熵值。计算公式为：

$$e_j = -a \sum_{i=1}^m q_{ij} \ln(q_{ij}) \quad (3)$$

式中： $e_j \geq 0$ ； $a > 0$ ， $a = \frac{1}{\ln(n)}$ ； $q_{ij} = \frac{A_{ij}}{\sum_{j=1}^m A_{ij}}$ ，

当 $q_{ij} = 0$ 时， $q_{ij} \ln(q_{ij}) = 0$ 。

(2) 计算 j 指标的权重，计算公式为：

$$\omega_j = \frac{f_j}{\sum_{j=1}^m f_j} \quad (4)$$

式中： $1 \leq j \leq m$ ； $\sum_{j=1}^m f_j = 1$ ； $E_e = \sum_{j=1}^m e_j$ ； $f_j = \frac{1 - e_j}{m - E_e}$

(3) 加权求和法。结合熵值和各指标权重，运用加权求和法计算衡量耕地多功能各指标数，运算公式为：

$$A_b = \sum_{j=1}^m W_j A_{ij}, b=1,2,3 \cdots m \quad (5)$$

式中: A_{ij} 为各指标标准值; w_j 为各指标权重; m 为耕地功能个数。

$$A = \sum_{b=1}^m \omega_b \times A_b, b=1,2,3 \cdots m \quad (6)$$

式中: A 为耕地多功能综合指数; A_b 为耕地各功能指数; ω_b 为各功能权重; m 为耕地功能个数。

2.3 耦合协调度计算

多因素综合评价的方法虽然可以在一定程度上反映耕地利用的综合功能,但难以衡量耕地系统内各功能之间的耦合协调程度,因此运用耦合协调度模型,来揭示农业生产、社会保障、生态安全维持功能之间的协同关系,计算公式如下:

$$D = (CT)^{\frac{1}{2}} \quad (7)$$

其中,

$$\xi_i(k) = \frac{\min_i \min_k |y(k) - x_i(k)| + \rho \max_i \max_x |y(k) - x_i(k)|}{|y(k) - x_i(k)| + \rho \max_i \max_x |y(k) - x_i(k)|} \quad (10)$$

$$r_i = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n \xi_i(k) \quad (11)$$

式中: $\xi_i(k)$ 为关联系数; r_i 为关联度; $y(k)$ 为归一化参数值; $x_i(k)$ 为归一化比较值, i 为比较数列的个数 ($i=1,2 \cdots n$), k 为每个比较对象的指标个数 ($k=1,2 \cdots m$); ρ 为分辨系数,通常取值 0.5; 根据关联度数值的区间划分关联性强弱程度, $[1,0.8]$ 为强, $(0.8,0.6]$ 为较强, $(0.6,0.4]$ 为中等, $(0.4,0.2]$ 为较弱, $[0.2,0)$ 为弱。

3 结果与分析

3.1 广西左右江革命老区耕地多功能时空演变特征

3.1.1 耕地多功能综合指数演变

(1) 基于时间维度的耕地多功能指数分析。从表 2 来看,广西左右江耕地多功能指数在 4 个研究时点的平均值为 0.360 0, 呈现波动上涨的趋势, 其中 2010 年为最低值 0.308 5, 并在 2020 年到达峰值 0.410 1, 这说明随着耕地利用科学性和系统性的提高, 整体功能不断丰富。从左右江耕地多功能指数的变异系数来看, 与时序均值的变化相比呈现明显的时间不均衡性, 总体上呈现波动增长趋势, 在 2015 年为最低值 0.186 3, 在 2020 年为最高值 0.237 0。从总体上来看, 2005—2010 年变异系数波动幅度较小, 这说明 2005—2010 年左右江区域的耕地多功能指数年际变化差异小, 发展稳定; 在 2010—2020 年期间, 研究时点间的变异系数差异增大, 发展不稳定, 因此在参

$$C = \left[\frac{F_{agri} F_{soci} F_{ecol}}{(F_{agri} + F_{soci} + F_{ecol})^3} \right]^{\frac{1}{3}} \quad (8)$$

$$T = \alpha F_{agri} + \beta F_{soci} + \gamma F_{ecol} \quad (9)$$

式中: C 为耦合度, 取值范围为 0~1。当 $C=0$ 时, 各子功能不存在相互关系; 当 $c=1$ 时, 耦合度最大, 各功能间形成良性耦合; D 为耦合协调度; T 为耕地农业生产、社会保障、生态安全维持功能的综合评价指数; α, β, γ 为待定系数, 通过熵权法确定 α, β, γ 的值, 分别为 0.433, 0.403, 0.164。

2.4 灰色关联分析法

本研究利用灰色关联法来探究各系统指标与耕地多功能的关联程度。灰色关联法是指依据因素之间发展趋势的相似或相异程度衡量因素间关联程度, 通过比较各关联度的大小来判断影响因素对研究对象的影响程度, 计算公式如下:

与耕地治理时应多注重耕地多功能协同利用, 避免耕地各功能间出现相互排斥的负面现象, 提升耕地综合功能效益。

表 2 2005—2020 年广西左右江革命老区耕地多功能指数时间演变趋势

Table 2 Time evolution trend of cultivated land multi-function index in Zuoyoujiang old revolutionary base area, Guangxi during 2005—2020

项目	2005 年	2010 年	2015 年	2020 年
时序均值	0.312 6	0.308 5	0.408 7	0.410 1
变异系数	0.206 8	0.225 7	0.186 3	0.237 0

由表 3 可见, 广西左右江在 2005—2020 年耕地生态安全维持功能和农业生产功能总体呈现上涨趋势, 其中生态安全维持功能值在 2015 年达到峰值 0.101, 而农业生产功能则在 2020 年达到最高值 0.132, 这表明地方政府结合环保政策对务农人员的农作行为进行科学引导, 改变以往粗放经营的模式, 使耕地的生态安全维持功能得到进一步提升。值得注意的是, 广西左右江在 2005—2020 年的社会保障功能波动幅度较大, 这提醒政府应更加注重耕地社会保障能力的稳定提升, 这不仅局限于土地收益基础上的“务农社会保障”, 也应将非农收益纳入。

(2) 基于空间维度的耕地多功能指数分析。为了更加直观体现广西左右江耕地多功能指数在空间上的变化趋势, 基于 ArcGIS 10.2 软件中的自然断裂

法将 2005—2020 年 32 个区县的年度综合指数平均值分为高、较高、中等、较低、低这 5 个等级(见图 1)。

表 3 2005—2020 年广西左右江革命老区耕地子功能平均指数时间演变趋势

Table 3 Temporal evolution trend of cultivated land sub-function average index in Zuoyoujiang old revolutionary base area, Guangxi during 2005—2020

功能	平均指数			
	2005 年	2010 年	2015 年	2020 年
农业生产功能	0.088	0.083	0.110	0.132
社会保障功能	0.169	0.119	0.178	0.158
生态安全维持功能	0.059	0.100	0.101	0.100

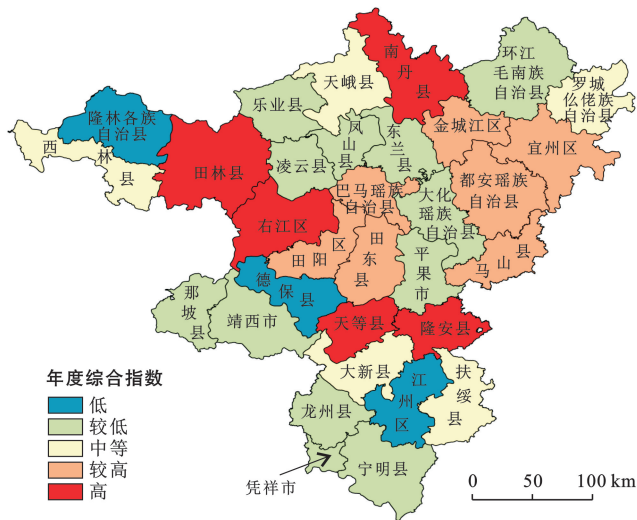


图 1 2005—2020 年广西左右江革命老区耕地多功能指数平均值的空间分布

Fig.1 Spatial distribution of average value of cultivated land multi-functional index in Zuoyoujiang old revolutionary base area, Guangxi during 2005—2020

从图 1 可知,广西左右江耕地多功能高值区分布在田林县、右江区、天等县、南丹县和隆安县,较高值区分布在金城江区、都安瑶族自治县等 8 个区县,中值区分布在西林县、天峨县、罗城仫佬族自治县等 5 个区县,较低值区分布在环江毛南族自治县、乐业县、宁明县等 11 个区县,低值区分布在隆林各族自治县、德保县和江州区。其中,位于高值区的南丹县的耕地面积远低于处于低值区的隆林各族自治县、德保县和江州区,同时粮食产量大幅领先,这提醒地方政府应当总结不同区域在面临耕地资源禀赋差异时的耕作经验,制定更具针对性的耕作计划,在提高耕地利用效率的同时,有利于保持耕地的使用活力,并且减少耕地违法违规利用,不断丰富耕地系统利用的受益对象,从整体上优化耕地多功能。

3.1.2 耕地子功能指数演变 分析耕地子功能分析时,同样运用 ArcGIS 10.2 软件中的自然断裂法分别将农业生产功能、社会保障功能和生态安全维持功能分为 5 个等级,探讨各区县耕地子功能演变趋势。

(1) 农业生产功能。从图 2 可知,广西左右江区域农业生产功能高值区从 2005 年的 8 个减少为 2020 年的 4 个,低值区从 2005 年的 8 个减少为 2020 年的 4 个,并且较高值区 2005 年的 4 个增长为 2020 年的 8 个,平均功能值从 2005 年的 0.088 3 提升为 2020 年的 0.132 4,增幅达 50%,这表明广西左右江区域 2020 年的整体农业生产功能优于 2005 年,地区之间的农业生产功能差距逐渐弱化。从局部来看,在耕地面积减少的背景下,西林县等级强度发生明显变化,2020 年的粮食产量相比 2005 年增长 183.87%,表明该地区作物生产能力对整体农业生产功能的提升具有重要作用。

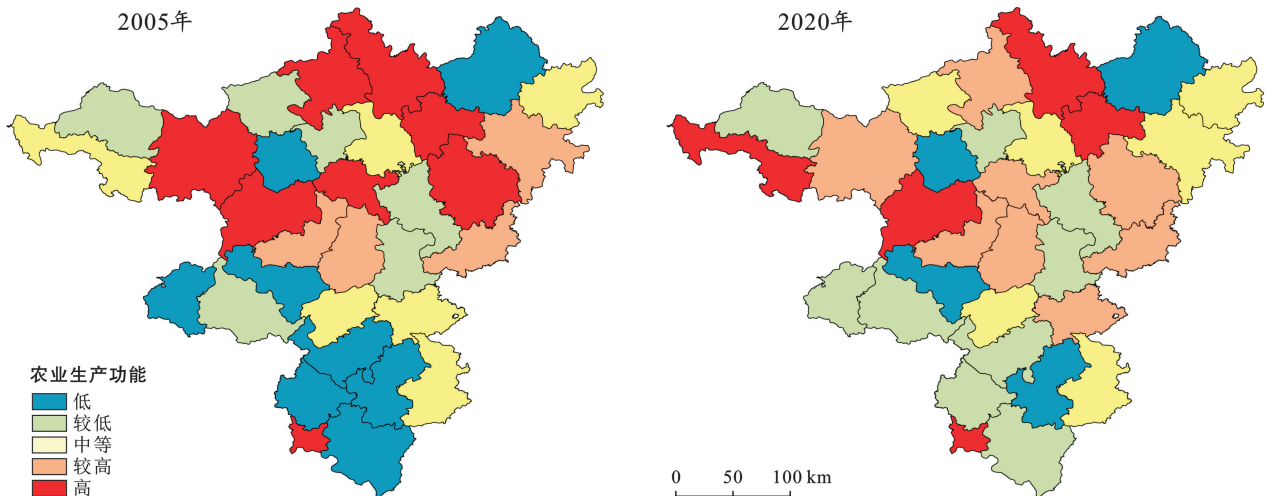


图 2 2005—2020 年广西左右江革命老区农业生产功能演变

Fig.2 Evolution of agricultural production functions in Zuoyoujiang old revolutionary base area, Guangxi during 2005—2020

(2) 社会保障功能。从图3可知,广西左右江社会保障功能高值区从2005年的4个增长为2020年的8个,低值区从2005年的4个增长为7个,平均值从2005年的0.1667降低为2020年的0.1548,表明广西左右江2005—2020年耕地的社会保障功能弱化并且地区之间的差距有扩大的趋势,说明地方政府应加强区域农业合作,并且应当强化耕地对保障农业人员生活水平的作用,防止务农人员流失。从局部来

看,右江区从2005年的低值区发展为2020年的高值区,第一产业收入从2005年的2323.1元增长为2020年的4020元,涨幅达73.04%,高于其他区县的增长幅度,有利于激发农民的耕作积极性,主要体现在右江区的蔬菜产量和水果产量均大幅提升,该地区农民人均纯收入的涨幅达到383.70%。从空间分布来看,广西左右江东南部区县的社会保障功能等级较高,西北部的功能等级较低。

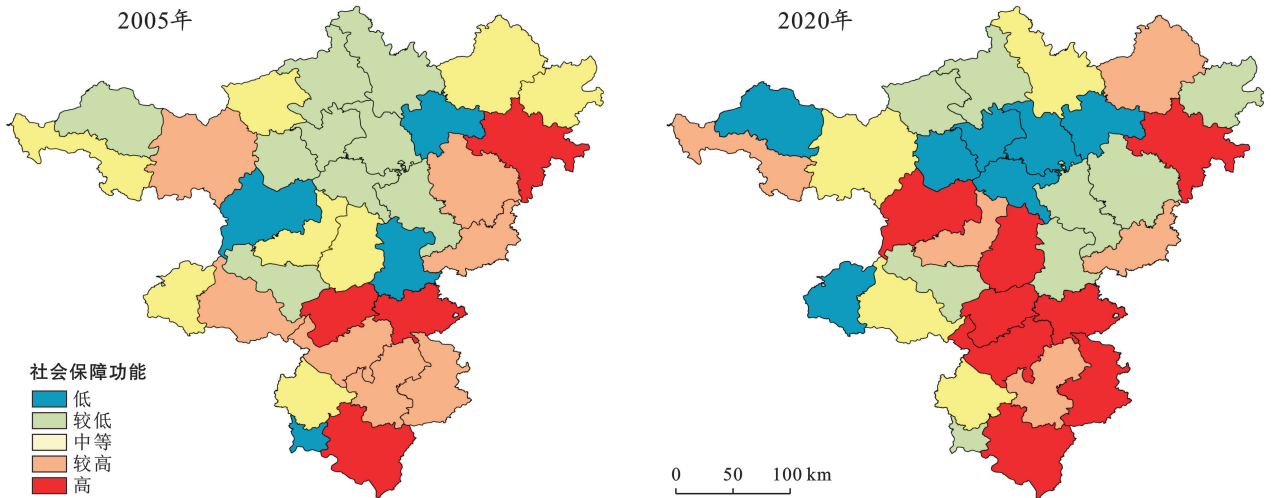


图3 2005—2020年广西左右江革命老区社会保障功能演变

Fig.3 Evolution of social security functions in Zuoyoujiang old revolutionary base area, Guangxi during 2005—2020

(3) 生态安全维持功能。从图4可知,广西左右江生态安全维持功能高值区从2005年的4个减少为2020年的3个,低值区从2005年的5个增长为6个,平均值从2005年的0.0588增长为2020年的0.0999,可以看出广西左右江的生态安全维持功能整体表现较差。以环江毛南族自治县为例,该地区化肥施用量从2005年的10561t增长至2020年的16574t,涨

幅达56.94%,这表明该区县侧重提升区域农业生产能力,忽视了耕地对农业化肥的消化能力有限,当化肥施用量超出耕地承载能力时,不仅粮食产量提升幅度有限,而且影响耕地质量,弱化耕地生态安全维持功能。因此,地方政府应当认识到耕地各功能之间应是相辅相成的协同关系,系统地去参与耕地治理才能促进整体效益的提升。

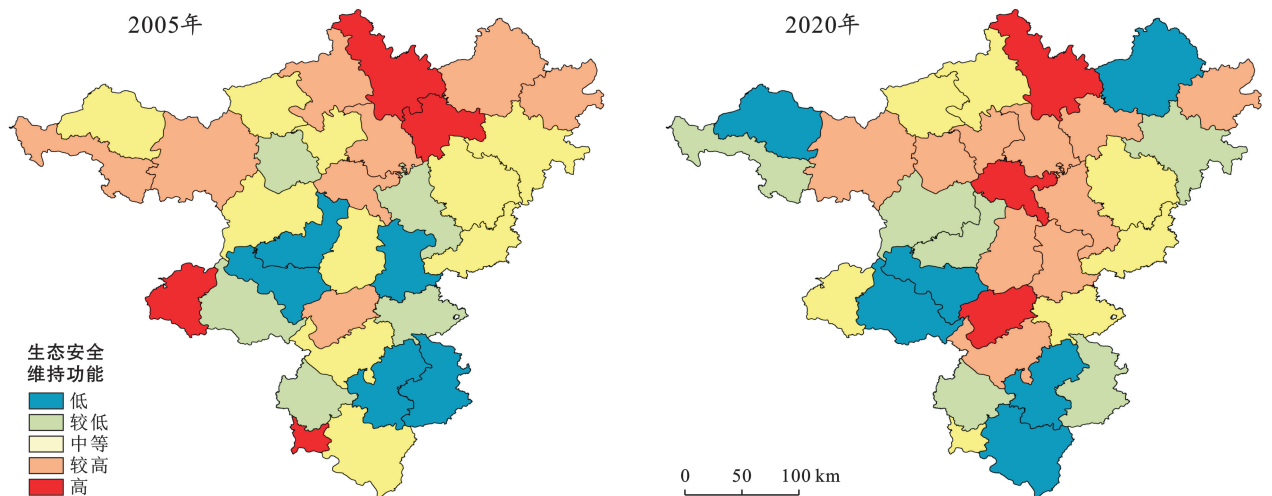


图4 2005—2020年广西左右江革命老区生态安全维持功能演变

Fig.4 Evolution of ecological security maintenance function in Zuoyoujiang old revolutionary base area, Guangxi during 2005—2020

3.2 广西左右江革命老区耕地多功能耦合协调关系

3.2.1 广西左右江耦合协调度时序变化 将上文测得的 3 个系统指数代入(7)—(9)式中:得到耦合协调度 D 值,2005—2020 年的耦合协调度平均值演变趋势见表 4。从表 4 中可知,2005—2020 年的耦合协调度 D 值一直稳步提升并在 2020 年达到峰值 0.420 2,根据表 5 划分标准,2005—2020 年整体上处于轻度失调向濒临失调发展的趋势。

表 4 2005—2020 年广西左右江革命老区生态安全耦合协调度(D)的平均值

Table 4 Average of the coupling coordination degree (D) in Zuoyoujiang old revolutionary base area, Guangxi during 2005—2020

年份	2005 年	2010 年	2015 年	2020 年
耦合协调度 D 值	0.314 4	0.329 2	0.394 3	0.420 2

从年度表现来看,广西左右江耕地的 3 个功能还

未达到良性共振阶段,尚且需要政府对各系统的发展进行科学规划与引导;从趋势来看,广西左右江的耕地系统耦合协调度呈现出稳定的进步趋势,整体上朝着有序方向发展。

表 5 耦合协调度划分标准

Table 5 Coupling coordination division criteria

耦合协调度 D 值	状态	耦合协调度 D 值	状态
$0 < D \leq 0.1$	极度失调	$0.5 < D \leq 0.6$	勉强耦合协调
$0.1 < D \leq 0.2$	严重失调	$0.6 < D \leq 0.7$	初级耦合协调
$0.2 < D \leq 0.3$	中度失调	$0.7 < D \leq 0.8$	中级耦合协调
$0.3 < D \leq 0.4$	轻度失调	$0.8 < D \leq 0.9$	良好耦合协调
$0.4 < D \leq 0.5$	濒临失调	$0.9 < D \leq 1$	优质耦合协调

3.2.2 广西左右江耦合协调度的空间分布特征 根据表 5 的耦合协调度划分标准,利用 ArcGIS 10.2 对各地耦合协调度进行可视化处理,直观体现区域间耦合协调度的年度演变情况(图 5)。

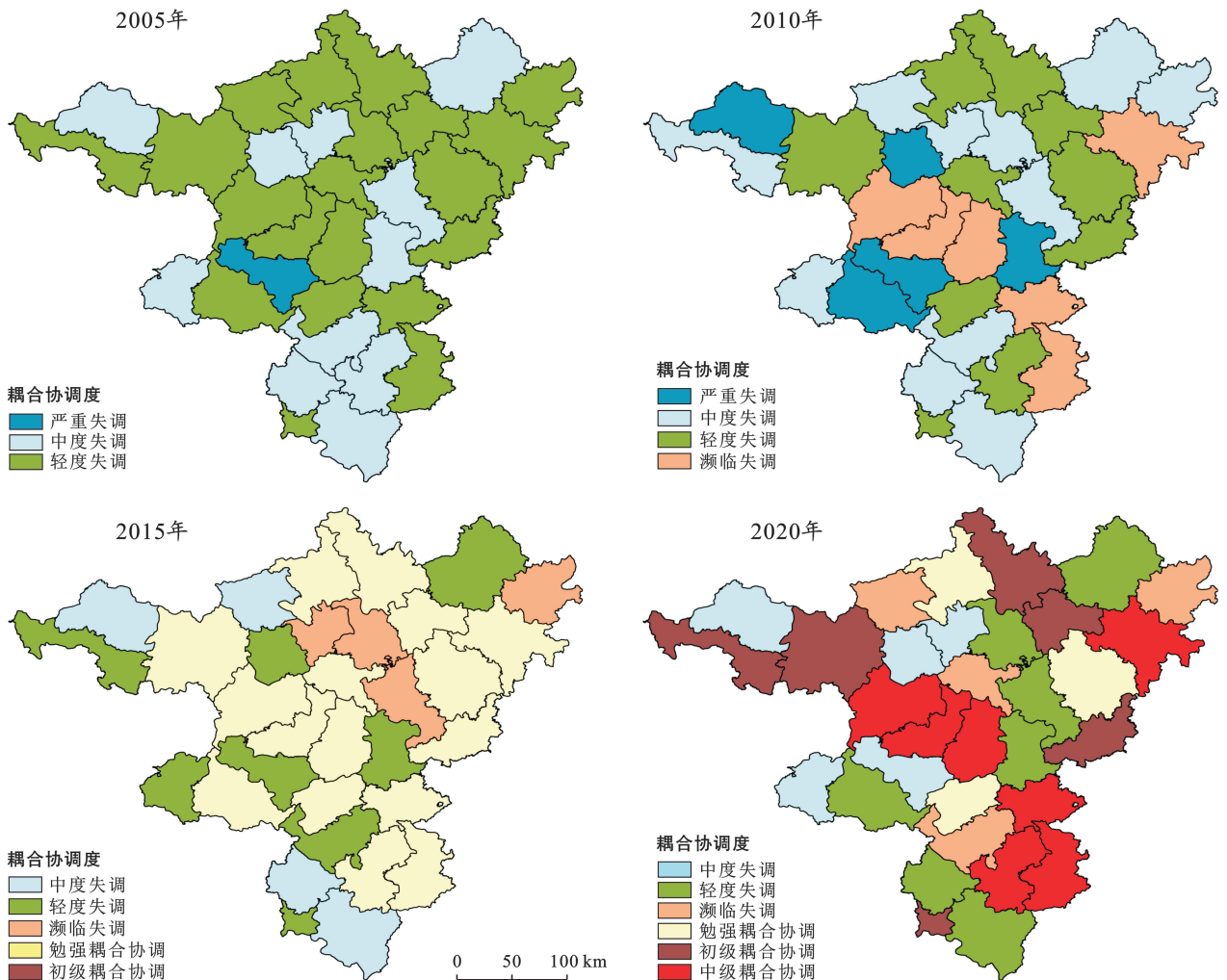


图 5 2005—2020 年广西左右江革命老区耦合协调度演变

Fig.5 Evolution of coupling coordination in Zuoyoujiang old revolutionary base area, Guangxi during 2005—2020

从整体视角来看,广西左右江耦合协调度的区域差异呈现逐步增大的趋势,从 2005 年的“严重失调—轻度失调”差异演变成 2020 年的“中度失调—中级耦合协调”差异,研究区域的耦合协调度等级差别从 3 个演化成 6 个,区县间的差异从同一等级差异发展成跨等级差异,这表明研究单元间的失衡程度逐渐加深。

从年度区县耦合协调度极差视角出发,广西左右江 2020 年的耦合协调度极差为 0.459 3,对比 2005 年的极差 0.142 0,涨幅为 223.54%,这是由于各区域的耕地质量、地域环境、经济发展阶段等存在明显差异。随着城乡融合的推进,不同区域对耕地的经营方向与利用程度选择大相径庭,直接表现在区县间耕地子系统功能水平的发展情况,各子系统功能的协调或权衡发展,必然导致各区县耦合协调度呈现不一致的演变过程和最终功能输出水平。

从年度各区域差异视角出发,2005—2010 年 32 个区县均未达到协调等级,这表明这一阶段耕地各子系统大体上处于相互排斥的非理想阶段,即各子系统功能水平的提高是以牺牲其他系统功能水平为代价,因此会对整体的功能值产生负面影响。2015 年 32 个区县达到协调程度的区县有 16 个,并在 2020 年达到 17 个,虽然整体的耦合协调度水平明显优于 2005 年,但是仍有 14 个区县从未达到协调等级,因此这些区县应该优先考虑优化耕地利用方式并进行科学规划布局。值得注意的是,靖西市在 2015 年达到勉强耦合协调等级,然而在 2020 年又跌至轻度失调等级,这提醒地方政府应该重视巩固耕地系统不断优化成果,防止失调现象复现,同时注意区县之间可能的耕地功能负面影响传导。

3.3 灰色关联度分析

3.3.1 影响因素指标体系构建 广西左右江革命老区耕地多功能的空间差异受多种因素的影响,综合考虑现有研究构建的影响指标体系,本文主要从自然、经济、社会、要素投入这 4 个层面出发构建指标体系。考虑到 3 个子系统的侧重维度和数据的可获取性,选取耕地资源禀赋(耕地面积、土地垦殖率)、经济发展水平(地区生产总值、人均 GDP、农村居民人均纯收入、第一产业对经济贡献值)及城市化水平(总人口、城镇化率)、要素投入水平(化肥使用量、机械总动力、耕地利用环境负荷),共计 11 个预选指标。

在检验 11 个预选指标对广西左右江耕地多功能的影响程度之前,为保证研究结果的可靠性,需通过 SPSS 软件对 11 个预选因子进行共线性检验。根据线性回归方程的共线性检验原理,当容差(tolerance) ≤ 0.1 ,说明自变量间共线性严重;当 VIF 值大于 10

则有很严重的共线性问题。基于此,最终剔除耕地面积、化肥使用量这两个变量,检验结果见表 6。

表 6 广西左右江革命老区耕地多功能影响因子共线性检验结果
Table 6 Collinearity test results of multifunctional impact factor of cultivated land in Zuoyoujiang old revolutionary base area, Guangxi

影响因子	VIF 值	容差
耕地面积	12.573	0.079
土地垦殖率	7.081	0.141
地区生产总值	3.814	0.262
人均 GDP	1.299	0.770
农村居民人均纯收入	4.941	0.202
第一产业对经济贡献值	2.298	0.435
总人口	2.573	0.389
城镇化率	3.152	0.356
化肥使用量	12.476	0.080
机械总动力	4.247	0.235
耕地利用环境负荷	7.238	0.138

3.3.2 灰色关联度结果与分析 分别以 2005 年和 2020 年广西左右江革命老区耕地总功能和各子功能为参考数列,以选定的 9 个影响因素指标值作为比较数列,计算得出比较数列相对于参考数列的灰色关联度(表 7)。

(1) 农业生产功能。2005 年对耕地农业生产能力影响最大的是耕地利用环境负荷(0.887 0)、总人口(0.839 9)和第一产业对经济贡献值(0.832 3),在 2020 年对耕地生产能力影响最大的是机械总动力,这表明在耕地利用早期,农业生产功能是耕地功能的主要支撑,耕地功能主要通过化肥的高投入量以及大规模的务农人口来体现,同时第一产业在广西左右江区域的社会经济影响较大,经济层面的因素对农业生产功能有明显的推动作用。在农业技术发展成熟的 2020 年,对农业生产能力影响最大的是机械总动力(0.948 6),要素投入水平的提高,既能有效使务农人员向更高层次产业转移,有利于农业产业链的延伸,同时使得耕作产量不必过度依赖化肥大规模投入,有利于生态文明建设。

(2) 社会保障功能。2005 年对耕地社会保障能力影响最大的是土地垦殖率(0.853 2)和第一产业对经济贡献值(0.837 7),2020 年对耕地社会保障能力影响最大的是农村居民人均纯收入(0.903 1)、城镇化率(0.856 6)和土地垦殖率(0.837 9)。这表明在 2005 年农业家庭收入主要源于耕作产出,第一产业创造的收益是提升社会保障能力的关键。而在 2020 年随着政策环境的变化,经济发展水平、城市化水平和土地

垦殖率对耕地社会保障水平的影响增大,其中 2020 年增长幅度最大,这也说明城市化水平对区域耕地利用方向产生影响。

表 7 2005—2020 年广西左右江革命老区耕地多功能水平与影响因素的灰色关联度

Table 7 The grey correlation between the multifunctional level of cultivated land and the influencing factors in Zuoyoujiang old revolutionary base area, Guangxi during 2005—2020

影响因素	总功能		农业生产功能		社会保障功能		生态安全维护功能	
	2005 年	2020 年	2005 年	2020 年	2005 年	2020 年	2005 年	2020 年
土地垦殖率	0.752 8	0.730 2	0.631 7	0.478 6	0.853 2	0.837 9	0.494 7	0.764 9
地区生产总值	0.358 0	0.751 7	0.335 7	0.372 8	0.338 8	0.345 7	0.522 0	0.357 6
人均 GDP	0.376 3	0.335 7	0.355 3	0.364 1	0.352 3	0.340 5	0.560 0	0.351 3
农村居民人均纯收入	0.378 7	0.730 5	0.357 9	0.546 4	0.354 1	0.903 1	0.565 0	0.471 4
第一产业对经济贡献值	0.849 3	0.627 3	0.832 3	0.578 5	0.837 7	0.453 0	0.552 3	0.736 4
总人口	0.997 0	0.556 1	0.839 9	0.492 0	0.692 9	0.463 2	0.584 6	0.660 9
城镇化率	0.342 2	0.742 6	0.300 6	0.637 7	0.325 6	0.856 6	0.463 2	0.792 1
机械总动力	0.541 8	0.634 3	0.544 8	0.948 6	0.462 6	0.565 8	0.663 6	0.969 4
耕地利用环境负荷	0.821 1	0.677 2	0.887 0	0.496 3	0.504 4	0.433 7	0.754 4	0.567 4

(3) 生态安全维持功能。2005 年对耕地生态安全维持能力影响最大的是耕地利用环境负荷(0.754 4)和机械总动力(0.663 6),2020 年对耕地生态安全维持能力影响最大的是机械总动力(0.969 4)和城镇化率(0.792 1)。这表明 2005 年农业科学技术水平相对较低,虽然化肥的科学使用在一定程度上对于耕地生态是有一定的促进作用,但是早期对于产量的追求会导致机械和化肥过度使用,忽略了水土、大气污染对生态环境造成的负面影响;在国家强调生态环境保护的 2020 年,绿色耕作新技术的提升以及对耕地要素的重点保护,一定程度上提升耕地了生态安全维持功能,但城镇化水平的不断提升,公路等基础设施的修建使得部分耕地资源遭到割裂,一定程度破坏了耕地的完整性,耕地破碎化会对生态安全维持能力产生负面影响。

(4) 总功能。2005 年对耕地总功能影响最大的是总人口(0.997 0)、第一产业对经济贡献值(0.849 3)和耕地利用环境负载(0.821 1),2020 年对耕地总功能影响最大的是地区生产总值(0.751 7)、城镇化率(0.742 6)和农村居民人均出收入(0.730 5)。从总体来看,各指标对广西左右江耕地整体功能均产生不同程度的影响,但对总功能的影响主要是从 2005 年的人口数量、社会经济和要素投入过渡到 2020 年的经济发展水平和城市化水平。

4 结论和讨论

4.1 结论

基于 2005—2020 年广西左右江 32 个区县面板数据,运用耦合协调度分区并结合灰色关联度分析法揭示 2005—2020 年广西左右江耕地多功能的时空特征以及各指标对各个年份耕地总功能、农业生产功

能、社会保障功能和生态安全维持功能的影响程度。

(1) 2005—2020 年广西左右江耕地总体多功能值呈现波动上涨趋势,农业生产能力和生态安全维持能力不断提高而社会保障能力则有所降低,其中地区间的农业生产功能差异逐渐弱化而地区间社会保障功能的差距有扩大趋势。在 2010—2020 年期间,耕地多功能指数的变异系数差异增大,应当注重耕地多功能协调发展。

(2) 2005—2020 年广西左右江各区县耕地多功能指数平均值呈现差异,高值区大体分布在左右江边缘地区,并且地区耕地多功能指数并不仅仅取决于耕地面积,一些地方在耕地面积不占优势的情况下,粮食产量突出,耕地多功能指数平均数高。

(3) 在耦合协调度方面,从年度表现来看,广西左右江耕地的 3 个功能尚未达到良性共振阶段;从趋势来看,广西左右江的耕地系统耦合协调度呈现出稳定的进步趋势,整体上朝着有序方向发展。

(4) 从总体来看,广西左右江耕地整体功能影响主要是从 2005 年的人口数量、社会经济和要素投入过渡到 2020 年的经济发展水平和城市化水平。

4.2 讨论

本文是以广西左右江革命老区作为研究区域,把该区域视作整体,并从县域尺度展开耕地多功能研究,评价单元较小,虽然评价结果精确度更高,但在部分指标数据的获取存在局限性的现实问题,在指标选择方面客观性和科学性有待加强,评价指标体系的构建有待进一步完善。同时,本研究仅分析了其时空分布差异及影响因素,尚未触及耕地单一功能之间的权衡—耦合关系以及如何科学优化各功能间的联系。

[参 考 文 献]

- [1] 宋小青,吴志峰,欧阳竹.1949 年以来中国耕地功能变化[J].地理学报,2014,69(4):435-447.
- [2] 张利国,王占岐,柴季,等.湖北省耕地多功能地区差异及综合分区研究[J].地域研究与开发,2019,38(5):125-130.
- [3] 彭建,刘志聪,刘焱序.农业多功能性评价研究进展[J].中国农业资源与区划,2014,35(6):1-8.
- [4] Ferrari S, Rambonilaza M. Agricultural activities, rural areas and natural environment: Drawing up the frontiers of the multifunctionality concept [M] // Rural Landscapes and Agricultural Policies in Europe. Berlin, Heidelberg: Springer (Berlin Heidelberg), 2009:21-34.
- [5] Aubry C, Ramamonjisoa J, Dabat M H, et al. Urban agriculture and land use in cities: An approach with the multi-functionality and sustainability concepts in the case of Antananarivo (Madagascar) [J]. Land Use Policy, 2012,29(2):429-439.
- [6] 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.
- [7] Coyle C, Creamer R E, Schulte R P O, et al. A Functional Land Management conceptual framework under soil drainage and land use scenarios [J]. Environmental Science & Policy, 2016,56:39-48.
- [8] Van der Ploeg J D, Laurent C, Blondeau F, et al. Farm diversity, classification schemes and multifunctionality [J]. Journal of Environmental Management, 2009,90:124-131.
- [9] Bastian C T, McLeod D M, Germino M J, et al. Environmental amenities and agricultural land values: A hedonic model using geographic information systems data [J]. Ecological Economics, 2002,40(3):337-349.
- [10] 杨凤妍子,胡伟艳,刘恬,等.耕地多功能权衡与协同关系的尺度效应:以武汉城市圈为例[J].浙江农业学报,2022,34(1):184-195.
- [11] 刘宝涛,陆鹏,刘帅,等.中国粮食主产区耕地多功能时空格局及其优化[J].华东经济管理,2021,35(12):92-99.
- [12] 向敬伟,廖晓莉,宋小青,等.中国耕地多功能的区域收敛性[J].资源科学,2019,41(11):1959-1971.
- [13] 杨雪,谈明洪.近年来北京市耕地多功能演变及其关联性[J].自然资源学报,2014,29(5):733-743.
- [14] 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.
- [15] 张英男,龙花楼,戈大专,等.黄淮海平原耕地功能演变的时空特征及其驱动机制[J].地理学报,2018,73(3):518-534.
- [16] 杨雪,谈明洪.北京市耕地功能空间差异及其演变[J].地理研究,2014,33(6):1106-1118.
- [17] 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.
- [18] 付鸿昭,郭熙,周丙娟,等.南方丘陵山区耕地资源多功能时空演变及协同与权衡研究:以安福县为例[J].安徽农业科学,2021,49(6):85-91.
- [19] 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.
- [20] 柯新利,李红艳,刘荣霞.武汉市耕地景观游憩功能与可达性的空间匹配格局[J].长江流域资源与环境,2016,25(5):751-760.
- [21] 谭永忠,王庆日,陈佳,等.耕地资源非市场价值评价方法的研究进展与述评[J].自然资源学报,2012,27(5):883-892.
- [22] 王亚辉,李秀彬,辛良杰,等.耕地资产社会保障功能的区域分异研究:不同农业类型区的比较[J].地理科学进展,2020,39(9):1473-1484.
- [23] 宋小青,欧阳竹.中国耕地多功能管理的实践路径探讨[J].自然资源学报,2012,27(4):540-551.
- [24] 罗成,蔡银莺.湖北省农产品主产区耕地资源功能的时空演变[J].经济地理,2016,36(3):153-161.
- [25] 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.
- [26] 施园园,赵华甫,郎文聚,等.北京市耕地多功能空间分异及其社会经济协调模式解释[J].资源科学,2015,37(2):247-257.
- [27] 靳文娟,边振兴,魏忠义,等.沈阳城市周边耕地多功能评价[J].中国农业资源与区划,2019,40(5):166-173.
- [28] 范业婷,金晓斌,项晓敏,等.苏南地区耕地多功能评价与空间特征分析[J].资源科学,2018,40(5):980-992.
- [29] 杜继丰,袁中友.基于耕地多功能需求的巨型城市区耕地保护阈值探讨:以珠江三角洲为例[J].自然资源学报,2015,30(8):1255-1266.
- [30] 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.
- [31] 陈丽,刘娟,郝晋珉,等.大都市区耕地系统多功能运行效应综合评价:以北京为例[J].北京师范大学学报(自然科学版),2018,54(3):284-291.
- [32] Qian Fengkui, Chi Yanru, Lal R. Spatiotemporal characteristics analysis of multifunctional cultivated land: A case of Shenyang, Northeast China [J]. Land Degradation and Development, 2020,31(24):1812-1822.
- [33] 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.