

# 2013—2022年重庆市耕地多功能性 时空演变及耦合协调关系

刘豫<sup>1</sup>, 王颖<sup>2</sup>, 耿彩英<sup>1</sup>, 朱文艳<sup>3</sup>, 王丹<sup>4</sup>, 谢雨琦<sup>3</sup>

(1.重庆市合川区规划与自然资源局土地整治中心, 重庆 401121; 2.重庆市规划与自然资源局, 重庆 404599; 3.西南大学资源环境学院, 重庆 400715; 4.重庆地质矿产研究院, 重庆 401120)

**摘要:** [目的] 分析快速城镇化与生态保护双重约束下中国西南丘陵山区耕地多功能的空间权衡关系, 为协调土地资源可持续利用与缓解人地矛盾提供科学决策依据。[方法] 以重庆市为研究区, 构建耕地“三生”(生产-生活-生态)空间功能评价体系, 采用熵权法、综合指数评价法、耦合协调度模型及K均值聚类分析方法, 研究2013—2022年重庆市耕地多功能时空演变特征及耦合协调关系。[结果] ①重庆市耕地生产功能整体呈“东低西高, 大聚集小分散”特征, 主要集中在主城区外围的渝西地区, 而生态功能则在武陵山、大巴山及长江沿线生态廊道形成高值区; ②2013—2022年, 重庆市耕地“三生”空间功能的耦合协调度显著提升, 由“低效失调”向“初步协调”转型; ③重庆市耕地可划分为农业优化过渡区(16.22%)、农业生产活力区(40.54%)和生态生活保育区(43.24%), 不同功能区的耕地利用模式呈现明显的空间分异特征。[结论] 重庆市耕地多功能性在时空维度上呈现显著的区域分异特征, 整体上从“低效失调”向“初步协调”转型, 但区域间发展不均衡。因此, 在山地城市的耕地多功能优化, 制定区域国土空间规划及可持续发展政策时应予以重视。

**关键词:** 耕地多功能性; “三生”空间; 耦合协调度; K均值聚类; 重庆市

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2025)04-0372-10

中图分类号: F323.211

**文献参数:** 刘豫, 王颖, 耿彩英, 等. 2013—2022年重庆市耕地多功能性时空演变及耦合协调关系[J]. 水土保持通报, 2025, 45(4): 372-381. Liu Yu, Wang Ying, Geng Caiying, et al. Spatiotemporal changes of multi-functionality and coupling coordination of cultivated land in Chongqing City during 2013—2022 [J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2025, 45(4): 372-381. DOI: 10.13961/j.cnki.stbctb.2025.04.025; CSTR: 32312.14.stbctb.2025.04.025.

## Spatiotemporal changes of multi-functionality and coupling coordination of cultivated land in Chongqing City during 2013—2022

Liu Yu<sup>1</sup>, Wang Ying<sup>2</sup>, Geng Caiying<sup>1</sup>, Zhu Wenyan<sup>3</sup>, Wang Dan<sup>4</sup>, Xie Yuqi<sup>3</sup>

(1.Land Consolidation Center, Hechuan District Planning and Natural Resources Bureau, Chongqing 401121, China; 2.Chongqing Municipal Bureau of Planning and Natural Resources, Chongqing 404599, China; 3.College of Resources and Environment, Southwest University, Chongqing 400715, China; 4.Chongqing Institute of Geology and Mineral Resources, Chongqing 401120, China)

**Abstract:** [Objective] The spatial trade-offs of multifunctional cultivated land in mountainous and hilly regions of southwest China under the dual constraints of rapid urbanization and ecological conservation were analyzed, in order to provide scientific support for decision-making regarding sustainable land resource utilization and the alleviation of human-land conflicts. [Methods] Taking Chongqing City as the research area, a spatial function evaluation system was constructed for the three characteristics (production, life and ecology) of cultivated land. Methods such as the entropy weight method, comprehensive index evaluation method, coupling coordination degree model and K-means clustering analysis were adopted to explore the spatiotemporal evolution characteristics of multi-functionality and the coupled coordination relationship of cultivated land in Chongqing City from 2013 to 2022. [Results] ① The overall production function of cultivated land in Chongqing City showed the characteristics

收稿日期: 2025-03-24

修回日期: 2025-04-23

采用日期: 2025-04-24

资助项目: 重庆市自然科学基金面上项目“国土空间规划引导提升碳储量的机制研究”(CSTB2022NSCQ-MSX1409)

第一作者: 刘豫(1971—), 男(汉族), 陕西省安康市人, 硕士, 高级工程师, 研究方向为耕地保护、土地资源整理与价值核算。Email: 17789242275@163.com。

of lower in the east and higher in the west, larger concentration and smaller dispersion. This was mainly concentrated in the western part of Chongqing City on the periphery of the main urban area, while the ecological function formed high-value areas in the ecological corridors along the Wuling Mountains, Daba Mountains and the Yangtze River. ② The coupling and coordination degree of the three living space functions of cultivated land in Chongqing City significantly improved from 2013 to 2022, transforming from 'low efficiency and imbalance' to 'initial coordination'. ③ Cultivated land in Chongqing City can be divided into an agricultural optimization transition zone (16.22%), agricultural production vitality zone (40.54%), and ecological life conservation zone (43.24%). The utilization patterns of cultivated land in different functional zones showed clear spatial differentiation characteristics. [Conclusion] The multi-functionality of cultivated land in Chongqing City showed significant regional differentiation characteristics in temporal and spatial dimensions. Overall, it had transformed from 'low efficiency and imbalance' to 'initial coordination', but the imbalance in development among regions still exists. Greater attention should be attached on the multi-functional optimization of cultivated land in mountainous cities, regional territorial spatial planning, and the formulation of sustainable development policies.

**Keywords: cultivated land multi-functionality; production-living-ecological spaces; coupling coordination degree; K-means clustering; Chongqing City**

耕地是人类社会赖以生存和发展的基础资源,承担着粮食安全保障、社会经济支持以及生态环境调节的多重功能<sup>[1]</sup>。在全球气候变化和城镇化进程加速的背景下,耕地资源利用模式发生了深刻变革,其多功能性及区域协调发展问题受到广泛关注<sup>[2-3]</sup>。作为中国西南地区的经济中心,重庆市地处长江上游,山地丘陵地形复杂,气候条件多变,耕地利用受到地形限制、政策调控及生态保护需求等多重因素的共同影响<sup>[4]</sup>。因此,系统评估重庆市耕地多功能的时空演变特征及其耦合协调关系,对推动区域可持续发展和优化国土空间格局具有重要意义。

近年来,关于耕地多功能的研究逐步拓展至多尺度、多维度的分析框架。例如,黄河上游和内蒙古农牧交错带的研究表明,地形地貌和土地利用方式对耕地的生产、生活和生态功能具有显著影响<sup>[5-6]</sup>。新疆和河南的研究则揭示了不同区域耕地功能的权衡与协同关系,强调了政策干预对耕地利用格局的塑造作用<sup>[7-8]</sup>。此外,北方典型样带的研究进一步说明了经济发展、土地利用政策和生态环境保护之间的复杂互动,影响耕地多功能的演化路径<sup>[9]</sup>。然而,现有研究主要集中在平原农业区<sup>[10-11]</sup>,对于丘陵山地,特别是地形破碎的城市耕地,如何在多重约束下实现功能优化和空间协调,仍缺乏系统的实证研究。重庆市的地理区位和耕地利用特征决定了其耕地在保障粮食生产,维护长江上游生态屏障,促进城乡融合发展等方面具有特殊的重要性<sup>[12]</sup>。近年来,受三峡库区生态保护、退耕还林等政策影响,重庆耕地面积有所减少<sup>[13]</sup>,但高标准农田建设提升了耕地质量,呈现出生产、生活、生态功能并存的多功能特征。同时,由于城乡二元结构调整和“一区两群”发展战略

的实施,耕地多功能空间分异格局日益明显<sup>[14-15]</sup>,如何在保障农业生产的同时,实现生态保护与经济发展的平衡,成为亟待解决的问题。

基于此,本研究以重庆市为典型案例,构建耕地“三生”(生产-生活-生态)空间功能评价体系,采用熵权综合指数评价法、耦合协调度模型及K均值聚类分析等方法,探讨2013—2022年重庆市耕地多功能的时空演变及其耦合协调关系。本研究将从以下几个方面展开:①分析重庆市耕地生产、生活、生态功能的时空变化特征,揭示不同区域耕地功能的主导属性;②计算耦合协调度,评估“三生”空间功能的协同发展水平及区域差异;③基于K均值聚类分析识别耕地功能分区类型,并提出差异化管理策略。研究成果不仅能深化对山地城市耕地多功能演变机制的理解,也可为重庆及类似地区的国土空间规划、耕地保护与可持续利用提供科学依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 研究区概况

重庆市位于中国西南部,是长江上游的经济中心,行政辖区面积 $8.24 \times 10^4 \text{ km}^2$ ,辖38个区县(自治县)<sup>[16]</sup>。作为典型的山地城市,地形以山地(占76%)和丘陵为主,地势由南北向长江河谷倾斜,长江与嘉陵江在主城区交汇形成独特的山水格局(图1)。气候属亚热带季风气候,年均气温 $18.3 \text{ }^\circ\text{C}$ ,年降水量 $1\ 000 \sim 1\ 350 \text{ mm}$ ,雨热同期特征显著。全市耕地总面积约 $2.20 \times 10^6 \text{ hm}^2$ (占土地总面积27.20%),其中旱地占比62%,水田占38%。受三峡库区生态屏障建设、退耕还林还草等政策影响,2010—2023年耕地面积减少约 $1.50 \times 10^5 \text{ hm}^2$ ,但通过高标准农田建设,

耕地质量等级提升 1.2%。区域差异显著,渝西丘陵区以高产稳产田为主,渝东南武陵山区多坡耕地,渝东北三峡库区耕地生态敏感性较高。特殊的地理区位与功能定位,使重庆耕地兼具保障粮食安全,维护长江上游生态屏障,促进城乡融合发展的多重属性,为开展耕地多功能评价与耦合协调研究提供了典型案例。

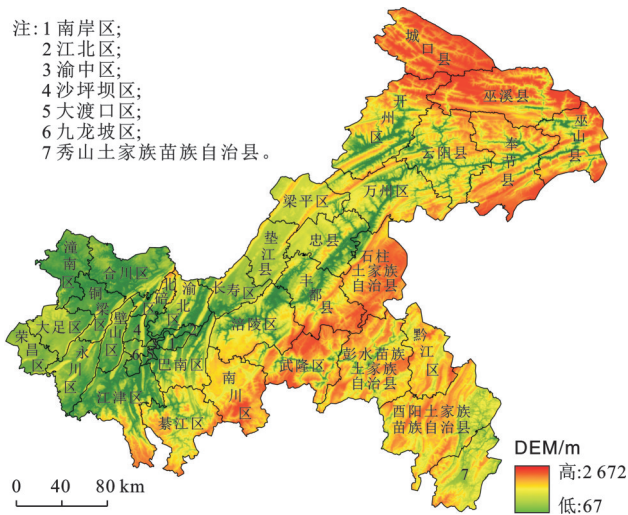


图 1 重庆市地形及政区分布

Fig.1 Topography and distribution of administrative districts in Chongqing City

## 1.2 数据来源与研究方法

### 1.2.1 数据来源

本文选取 2013, 2016, 2019, 2022 年作为时间间

隔进行分析,各年份耕地土地利用数据来源于中国科学院资源环境科学数据中心 (<https://www.resdc.cn/>),分辨率为  $30\text{ m} \times 30\text{ m}$ 。粮食产量和社会经济数据来源于《重庆市统计年鉴》和《中国县域统计年鉴》,因渝中区没有耕地,故在处理过程中未考虑渝中区。

### 1.2.2 研究方法

(1) 耕地多功能性评价指标体系构建。耕地是粮食供给、社会发展和生态保护为一体的复杂空间系统,参考前人研究<sup>[6,17]</sup>,综合考虑重庆市区域状况和数据可获得性以及科学性,分别选取 3 个指标构建重庆市耕地“三生”空间指标评价体系(表 1)。

① 耕地生产空间评价指标。生产空间是指耕地产出粮食的空间,也是整个耕地系统的核心功能载体<sup>[18]</sup>。生产功能的强弱会直接影响耕地生活与生态功能,较弱的生产功能可能导致人类生活水平下降,较强的生产功能可能带来对自然生态的不利影响。本研究选取粮食单位面积产量、耕地地均产值和耕地种植指数来评价耕地生产空间的功能。

② 耕地生活空间评价指标。生活空间是指耕地为人类提供生活物资、为国家提供粮食安全保障的空间<sup>[19]</sup>。该空间功能的实现依赖于耕地资源的可持续利用,既要保障粮食生产能力的代际公平,又需平衡农业生产与生态保护的关系。本研究选取人均粮食保有量、人均农业机械化水平和耕地地劳比等指标来评价耕地生活空间的功能。

表 1 重庆市耕地多功能性评价指标体系

Table 1 Evaluation index system of cultivated land multifunctionality in Chongqing City

一级指标	二级指标	指标解释	性质	权重
生产空间	粮食单位面积产量/( $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ )	粮食总产量/粮食作物实际占用耕地面积	+	0.110 1
	耕地地均产值/(万元· $\text{hm}^{-2}$ )	农业总产值/耕地总面积	+	0.213 5
	耕地种植指数/%	年播种面积/耕地总面积	+	0.080 8
生活空间	人均粮食保有量/kg	粮食总产量/(总人口×400)	+	0.216 7
	人均农业机械化水平( $\text{kW} \cdot \text{人}^{-1}$ )	农业机械总动力/总人口	-	0.027 3
	耕地地劳比/( $\text{hm}^2 \cdot \text{人}^{-1}$ )	耕地总面积/总人口	+	0.241 3
生态空间	农田生态系统多样性/%	(各品种作物播种面积/年播种面积)×ln(各品种作物播种面积/年播种面积)之和	+	0.036 6
	耕地利用化学负荷/( $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ )	$1/2 \times (\text{化肥施用量} + \text{农用地膜覆盖量}) / \text{耕地总面积}$	-	0.015 2
	耕地生境质量指数/%	基于 InVEST 模型生境质量板块计算	-	0.058 5

③ 耕地生态空间评价指标。生态空间是指耕地对维护农田生态安全和生物多样性发挥作用的空 间,是耕地多功能系统中维护区域生态平衡,保障可持续发展的关键支撑<sup>[20]</sup>。其核心功能体现在通过农田生态系统的自我调节与物质循环,发挥碳汇固碳、

水源涵养、土壤保持、生物栖息地等复合生态服务价值。本研究选取农田生态系统多样性、耕地利用化学负荷和耕地生境质量指数等指标来评价耕地生态空间的功能。其中耕地生态质量指数计算参数参考相关研究<sup>[21-22]</sup>并结合实际情况进行设置。

(2) 熵权法。为消除主观因素的影响,本文选取较为客观的熵权法来确定各指标的权重。由于各原始数据差异较大、单位不统一,为消除不同指标量纲或数量级造成的影响,本文先对数据进行统一的无量纲化处理。各指标的权重计算公式如下所示。

$$N_j = -\frac{1}{\ln} \sum_{i=1}^n \sigma_{ij} \ln \sigma_{ij} \quad (1)$$

$$\sigma_{ij} = \frac{Y_{ij}}{\sum_{i=1}^n Y_{ij}} \quad (2)$$

$$\varphi_j = 1 - N_j \quad (3)$$

$$W_j = \frac{\varphi_j}{\sum \varphi_j} \quad (4)$$

式中: $N_j$ 是指第 $j$ 项指标的熵值; $\sigma_{ij}$ 表示第 $j$ 项指标第 $i$ 年标准化值所占该指标的比重; $Y_{ij}$ 表示第 $j$ 项指标第 $i$ 年的数值; $\varphi_j$ 表示第 $j$ 项指标的差异性程度; $n$ 表示研究的总年份; $W_j$ 表示第 $j$ 项指标的权重。

(3) 综合评价指数。根据前文的数据处理利用,线性加权法对“三生”空间进行综合评价,计算出生产、生活和生态以及复合空间的评价指数具体值。公式为

$$P(a) = \sum_{j=1}^n W_j a'_{ij} \quad (5)$$

$$L(b) = \sum_{j=1}^n W_j b'_{ij} \quad (6)$$

$$E(c) = \sum_{j=1}^n W_j c'_{ij} \quad (7)$$

$$T = \mu P(a) + \delta L(b) + \gamma E(c) \quad (8)$$

式中: $P(a)$ 代表生产空间综合发展水平; $L(b)$ 代表生活空间综合发展水平; $E(c)$ 代表生态空间发展水平; $a'_{ij}, b'_{ij}, c'_{ij}$ 分别为3个子空间内各指标标准化的值; $T$ 表示生产-生活-生态“三生”空间的综合评价指数。 $\mu, \delta, \gamma$ 分别为3个子空间的系数,本研究认为耕地生产、生活和生态发挥的作用同等重要,故令 $\mu = \delta = \gamma = 1/3$ 。

(4) 耦合度及耦合协调度模型。耦合是指不同的系统之间存在相互影响,相互作用的一种机制,耦合度可以用来研究系统之间相互影响的程度,耦合度越大,说明系统之间的关系依赖强度越大,反之越来越弱。本文参考以往研究,构建生产-生活-生态耦合协调度模型,公式为

$$C = 3 \times \left\{ \frac{P(a) \cdot L(b) \cdot E(c)}{[P(a) + L(b) + E(c)]^3} \right\}^{\frac{1}{3}} \quad (9)$$

$$D = \sqrt{CT} \quad (10)$$

式中: $C$ 为耦合度, $0 \leq C \leq 1$ ;  $D$ 为耦合协调度, $0 \leq D$

$\leq 1$ ,  $D$ 的数值越大,则代表耦合协调度越强,三生空间的耦合协调发展越好。根据相关学者的研究<sup>[23-24]</sup>及考虑重庆市实际情况,对重庆市耕地耦合协调度的阶段进行划分(表2)。

表 2 耦合协调阶段及其划分标准  
Table 2 Coupling coordination stages and its classification criteria

耦合协调度	协调水平	耦合阶段
$D \leq 0.2$	严重失调	低耦合阶段
$0.2 < D \leq 0.3$	中度失调	
$0.3 < D \leq 0.4$	轻度失调	拮抗阶段
$0.4 < D \leq 0.5$	基本协调	磨合阶段
$0.5 < D \leq 0.6$	轻度协调	
$0.6 < D \leq 0.8$	中度协调	
$0.8 < D \leq 1$	高度协调	高耦合阶段

(5)  $K$ 均值聚类分析。聚类分析是通过多个特征进行定量分析,比较和识别研究对象中的相同组别和不同组别,其核心思想是通过迭代优化,使得同一簇内的数据点相似度高,不同簇之间的相似度低<sup>[25]</sup>。

以2022年生产、生活、生态和耦合协调度作为 $K$ 均值聚类的4个聚类变量,目的是充分探索重庆市各区县“三生”空间的相似性与差异性。 $K$ 均值聚类分析通过多次迭代,将37个地区(未包含渝中区)划分为若干组,使得每个样本与其所属类的中心或均值最近,从而实现同组地区尽可能具备相似特征,不同组地区尽可能具备不同特征的目的。

## 2 结果与分析

### 2.1 重庆市耕地“三生”空间时空演变分析

2013—2022年重庆市耕地“三生”空间功能空间变化如图2所示,通过自然断点法将其划分为4个等级。对于生产空间,重庆市生产功能性整体呈现出“东低西高,大聚集小分散”的特征,耕地生产功能高值主要分布于主城外围及农业集聚带,呈现“点轴式”扩散;低值区集中于渝东、渝东南地区。2016年后高值区向渝西地区扩展,2022年渝东南地区出现“较高值→低值”退化。

对于生活空间,重庆市耕地生活功能呈现“核心低值、外围渐变”的特征,高值区集中于渝东南地区,较低值区集中在中心城区。2013—2019年高值区快速扩张,年均增长率达9.8%;2022年增速放缓,主城区呈现“填充式”更新,外围新区则通过轨道交通引导多中心发展。对于生态空间,重庆市耕地生态功

能高值区主要分布在武陵山、大巴山及长江沿线生态廊道,低值区零星分布于城市建成区,生态功能受

建设用地挤压明显。2013—2019年生态功能持续增强,低值区占比变化呈现波动态势。

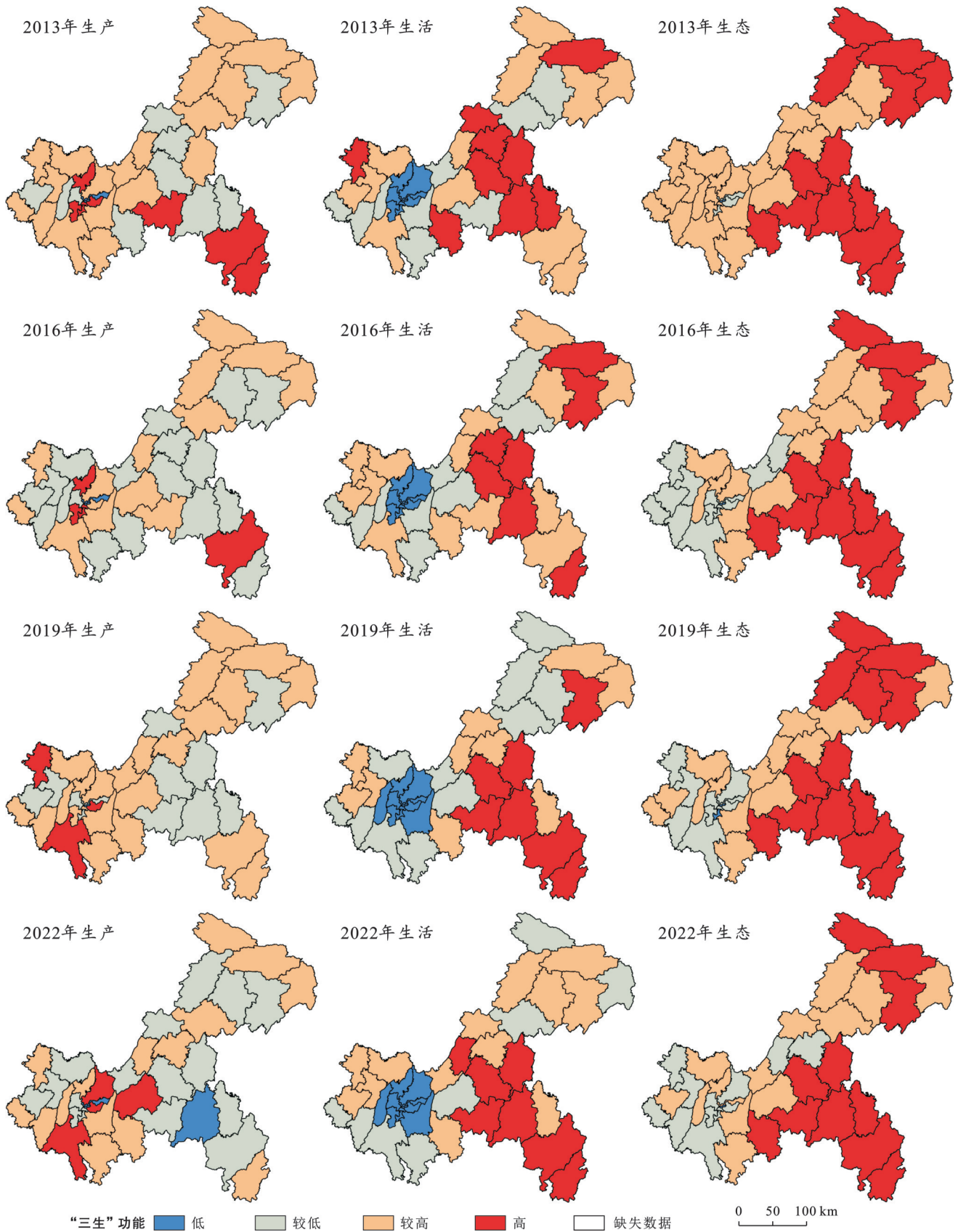


图2 2013—2022年重庆市耕地“三生”空间功能空间分布

Fig.2 Spatial distribution of production-living-ecological spaces function of cultivated land in Chongqing City from 2013 to 2022

## 2.2 重庆市耕地“三生”空间耦合协调度时空演变分析

### 2.2.1 重庆市耕地“三生”空间耦合协调度时序变化特征

通过耦合协调度模型计算得出重庆市“三生”空间功能耦合协调度(表3)。耦合协调度均值从2013年的0.346 9提升至2022年的0.501 4,中位值由0.363 2增至0.523 2,表明重庆市耕地“三生”空间功能间的协同作用逐步增强,区域发展逐步从“生产-生

活-生态”的冲突转向协调共生。2013年重庆市86.49%的县域处于轻度失调状态,2022年轻度失调占比降至10.81%,同时新增13.51%的轻度协调类型,表明耕地“三生”空间功能从“低效失调”向“初步协调”转型。但全距由2013年的0.194 1缩小至2022年的0.176 4,标准差从0.045 8增至0.049 9,显示区域间协调水平的不均衡性逐渐凸显。尽管协调度整体提升,2022年仍有10.81%的县域处于轻度失调状态。

表3 2013—2022年重庆市“三生”空间功能耦合协调度  
Table 3 Functional coupling and coordination degree of production-living-ecological spaces in Chongqing City from 2013 to 2022

年份	均值	中位值	全距	标准差	耦合协调度占比/%			
					中度失调	轻度失调	基本协调	轻度协调
2013	0.346 9	0.363 2	0.194 1	0.045 8	13.51	86.49	0.00	0.00
2016	0.413 7	0.431 1	0.194 0	0.046 1	2.70	18.92	78.38	0.00
2019	0.442 6	0.465 0	0.193 6	0.052 3	0.00	18.92	78.38	2.70
2022	0.501 4	0.523 2	0.176 4	0.049 9	0.00	10.81	13.51	75.68

### 2.2.2 重庆市耕地“三生”空间耦合协调度空间分异特征

研究结果表明(图3),2013—2022年,重庆市耕地的“三生”空间功能耦合协调度呈现显著的空间分异特征,整体呈现以主城九区为高值中心向周边递减的空间分异特征,且距离中部渐远则耦合协调性越强。

2013年区域以轻度失调为主,局部存在中度失调,反映早期耕地三生空间功能协同不足;2016年基本协调区域开始显现并逐步扩展;2022年基本协调范围进一步扩大,但轻度协调占主导,表明协调状态持续优化但整体水平仍有提升空间。

从空间格局看,核心与外围区域差异突出。核心区域凭借城市资源集聚与耕地功能优化政策,出现基本协调状态,生产、生活、生态空间协同发展成效初显;外围区域因自然条件、开发力度限制,长期以轻度协调为主,耕地“三生”空间功能发展相对滞后,生态功能优势未能充分转化为协同动力。

### 2.3 重庆市耕地功能分区

通过对耕地“三生”空间区域差异及耦合协调分析,可以看出,重庆市耕地3类功能之间具有显著差异。结合K均值分类结果(表4),对重庆市耕地进行功能分区,分别是农业优化过渡区、农业生产活力区以及生态生活保育区(图4)。

表4 重庆市耕地K均值聚类分类结果

Table 4 Cluster classification results of K-mean cultivated land in Chongqing City

类型	K均值			耦合协调度	比例
	生产	生活	生态		
农业优化过渡区	0.104	-1.677	-1.121	-1.905	16.22%
农业生产活力区	0.124	-0.328	-0.208	0.367	40.54%
生态生活保育区	-0.847	1.015	1.357	0.625	43.24%

重庆市耕地功能区呈现显著空间分异格局,形成以生态生活保育区为主导、农业生产活力区与农业优化过渡区差异化集聚的分布特征。农业优化过渡区占比为16.22%,空间上呈“斑块镶嵌”格局,主要分布于主城中心地区,此类区域受城镇化辐射影响显著,耕地利用正从传统种植向设施农业或休闲农业转型。作为功能衔接的缓冲地带,既承接生活功能的梯度转移,又兼顾生态功能的过渡衔接。

农业生产活力区占比为40.54%,集中连片分布于渝西丘陵平坝区,长江、嘉陵江沿岸冲积带及秀山县,此类区域地势平坦土壤肥沃,农田水利设施完善,是全市粮食与蔬菜主产区,耕地复种指数与机械化率显著高于其他分区。空间形态上,以“大斑块-高密度”为特征,并与交通干线、农产品加工园区形成“产-运-销”一体化网络,体现农业生产空间的高度集约化与专业化。

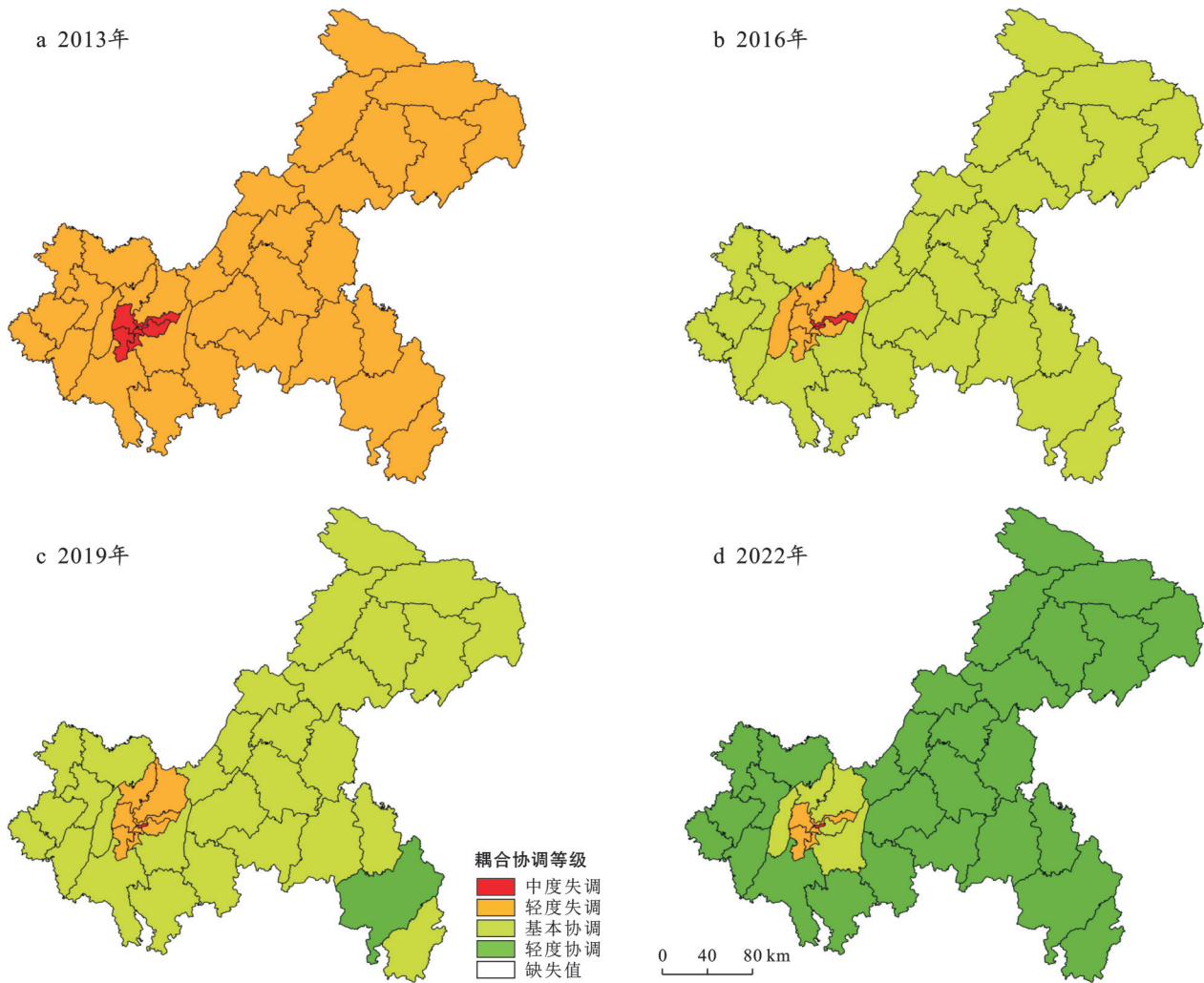


图3 2013—2022年重庆市耕地“三生”空间功能耦合协调度空间分布  
 Fig.3 Spatial distribution of production-living-ecological spaces function coupling and coordination degree of arable land in Chongqing City from 2013 to 2022

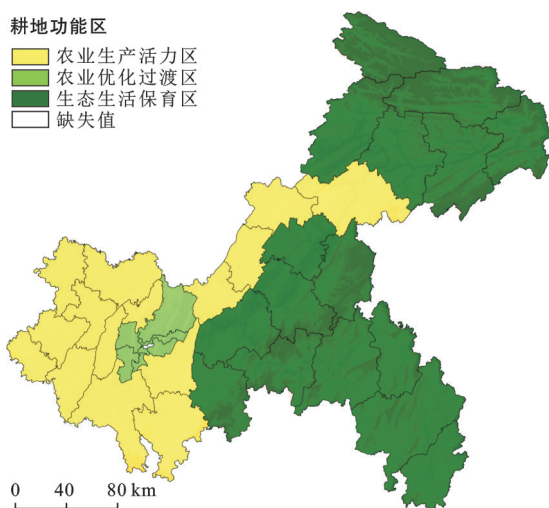


图4 重庆市耕地功能分区  
 Fig.4 Zoning of cultivated land functions in Chongqing City

生态生活保育区占比为43.24%，呈局部集聚态势，分布于渝东北秦巴山区、渝东南武陵山区及长江

生态廊道沿线。该区以生态保护为核心导向，耕地利用深度嵌入自然生态系统，兼具水源涵养、生物多样性维护与低强度农业生产功能（如梯田、林下经济）。空间分布上，呈现“小分散，大集聚”特征，受地形破碎化制约耕地斑块多沿河谷与缓坡带延伸，与自然保护区、森林公园形成“生态-农业”交错带。部分县域（如巫溪、城口）因生态保护红线约束，耕地功能向“生态+”转型，通过退耕还林、生态补偿等措施缓解人地矛盾。

### 3 讨论

本文以重庆这一西部典型山地城市为研究对象，构建了耕地“三生”空间的评价指标体系，评估了其2013—2022年的时空变化以及耦合协调水平，对于理解耕地多功能与耕地利用规划具有重要意义。

基于重庆市耕地“三生”空间时空变化结果可以看出，重庆市耕地“三生”空间功能在时空维度上既

保留核心区域的功能延续性,又因城市发展、农业政策调控呈现动态优化趋势。这与新疆<sup>[8]</sup>、内蒙古等<sup>[5]</sup>典型农牧区生产-生活,生态-生产权衡加强的结果不同。这是由于重庆独特的“山-水-城”复合生态系统与“核心-边缘”发展模式共同作用的结果<sup>[26]</sup>。相较于平原或牧区,重庆受制于“八山一水一分田”的地形约束,耕地资源呈碎片化分布,迫使生产功能向土地集约化程度更高的渝西平坝区集中,而生态功能则依托武陵山、大巴山等自然屏障形成刚性保护格局。同时,作为国家城乡融合发展试验区,重庆实施的“大城市带大农村”战略加速了主城区生活功能外溢<sup>[27]</sup>,导致近郊耕地功能由单一生产向“生产-生活”复合型快速转型,这种重构机制在平原农业区并未形成同类特征。

在“三生”空间的耦合协调度上,重庆市总体呈现“核心渐进优化,外围缓慢提升”的分异特征,这可能受制于重庆“一区两群”战略规划的影响<sup>[28]</sup>:主城区都市区作为国家中心城市核心载体,通过土地综合整治和多功能农业示范区建设推动“三生”空间协同发展;而渝东北三峡库区城镇群和渝东南武陵山区城镇群因承担生态屏障功能受《重庆市国土空间生态保护修复规划》严格限制,耕地利用需兼顾生态红线约束与乡村振兴需求<sup>[29]</sup>,导致协调水平呈现“政策驱动型”提升特征。未来需通过差异化政策强化生态敏感区功能补偿机制,例如在渝东南地区建立耕地生态产品价值实现机制,将碳汇增量、生物多样性保护等指标纳入耕地保护补偿标准;针对主城近郊空间冲突,可探索“土地功能弹性区”制度,通过土地用途兼容性管制平衡城市扩展与耕地保护矛盾。

本文提出结合“三生”空间水平与耦合协调度的分区方案,相较于传统单一功能分区方法<sup>[6,9]</sup>,这种“功能-协调”二维分类体系能更精准识别区域人地系统矛盾类型,其为差异化管控策略的制定提供了量化依据。因此,对农业生产活力区应强化耕地质量提升与产业链延伸,防范过度集约化导致的生态风险;对生态生活保育区需建立耕地利用负面清单,引导发展“农业+文旅”融合模式<sup>[30]</sup>;而农业优化过渡区则应探索生态型土地流转机制,通过退耕还林指标交易促进生态资本增值。这一方法为山地城市耕地多功能管理提供了新的分析框架,但其适用性仍需在不同地貌类型的城市开展验证。

## 4 结论

(1) 重庆市耕地多功能空间分异特征明显。生产功能主要集中在渝西丘陵区和长江、嘉陵江沿岸

农业生产带,生活功能高值区分布于渝东南山区,而生态功能则在武陵山、大巴山及长江沿线生态廊道形成高值区。地形、资源禀赋及农业发展政策对耕地功能格局起主导作用。

(2) 耕地“三生”空间功能的耦合协调度逐步提升。2013—2022年,耦合协调度均值由0.346 9上升至0.501 4,表明耕地功能从“冲突”向“协调”演化,但仍有部分区域处于低协调状态。

(3) 基于K均值聚类,重庆市耕地可划分为农业优化过渡区(16.22%)、农业生产活力区(40.54%)和生态生活保育区(43.24%)。对重庆市耕地可采取差异化管理政策,探索“土地功能弹性区”制度,通过用途兼容性管制,实现城市扩展与耕地保护的动态平衡。研究成果可为山地城市耕地多功能优化、国土空间规划及区域可持续发展政策提供重要参考。

## 参考文献(References)

- [1] 王世磊,金晓斌,洪步庭,等.新时期耕地保护规划的内在逻辑与战略构想[J].地理研究,2025,44(3):638-655. Wang Shilei, Jin Xiaobin, Hong Buting, et al. The internal logic and strategic conception of cultivated land protection planning in the new period [J]. Geographical Research, 2025,44(3):638-655.
- [2] Liu Yu, Wan Chunyan, Xu Guoliang, et al. Exploring the relationship and influencing factors of cultivated land multifunction in China from the perspective of trade-off/synergy [J]. Ecological Indicators, 2023,149:110171.
- [3] Tao Jieyi, Zhang Jinhe, Dong Ping, et al. Spatial heterogeneity in cropland multifunctionality trade-offs and their drivers: A case study of the Huaihai economic zone, China [J]. Environmental Impact Assessment Review, 2024,107:107569.
- [4] 王刚,廖和平,温涛.重庆南川村域耕地撂荒成因及分异机制与调控[J].地理学报,2024,79(7):1824-1841. Wang Gang, Liao Heping, Wen Tao. Causes, differentiation mechanism and regulation of farmland abandonment in villages of Nanchuan District, Chongqing [J]. Acta Geographica Sinica, 2024,79(7):1824-1841.
- [5] 杨朔,杨禾馨,赵国平.内蒙古农牧交错带土地利用转型生态环境效应及分异机制:基于三生空间主导功能判别视角[J].干旱区资源与环境,2024,38(1):22-30. Yang Shuo, Yang Hexin, Zhao Guoping. Eco-environmental effects and differentiation mechanism of land use transition in the agro-pastoral belt in Inner Mongolia: A perspective of production-living-ecological spaces [J]. Journal of Arid Land Resources and Environment, 2024,38(1):22-30.
- [6] 王雅婷,杨清.黄河上游耕地“三生”空间耦合协调时空演变特征分析:以甘肃省为例[J/OL](2025-01-10).中

- 国农业科技导报, <https://link.cnki.net/doi/10.13304/j.nykjdb.2024.0282>.
- Wang Yating, Yang Qing. Analysis of temporal and spatial evolution characteristics of coupling coordination of cultivated land "production-living-ecological" Space in upper reaches of Yellow River: A case study of Gansu province [J/OL] (2025-01-10). Journal of Agricultural Science and Technology, <https://link.cnki.net/doi/10.13304/j.nykjdb.2024.0282>.
- [7] 赵素霞,李珍珍,王兵.河南省耕地多功能权衡-协同关系与分区管制研究[J].农业机械学报,2024,55(11):363-374.
- Zhao Suxia, Li Zhenzhen, Wang Bing. Trade-off and synergy relationships and regional regulation of multifunctional cultivated land in Henan Province [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2024,55(11):363-374.
- [8] 李奇峰,王艺洁,王浩阳,等.新疆耕地多功能时空特征与权衡管理[J].水土保持研究,2025,32(1):400-412.
- Li Qifeng, Wang Yijie, Wang Haoyang, et al. Multifunctional spatiotemporal characteristics of cultivated land and trade-off management in Xinjiang [J]. Research of Soil and Water Conservation, 2025,32(1):400-412.
- [9] 余森,马恩朴,季艺雯,等.中国北方典型样带耕地多功能时空演变及其区际耦合[J].自然资源学报,2025,40(2):514-533.
- Yu Sen, Ma Enpu, Ji Yiwen, et al. Multifunctional spatiotemporal evolution and its inter-regional coupling of cultivated land in a typical transect in northern China [J]. Journal of Natural Resources, 2025,40(2):514-533.
- [10] 黄旭红,杨俊泉,陈东磊,等.基于地貌分区的河北省近10年耕地时空变化分析[J].农业工程学报,2022,38(17):264-272.
- Huang Xuhong, Yang Junquan, Chen Donglei, et al. Spatio-temporal variation of cultivated land in Hebei Province of China using geomorphic regionalization during 2009—2018 [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2022, 38 (17) : 264-272.
- [11] 张梅霞,李芳,郭宸宁.华北平原三省耕地利用碳排放时空特征、影响因素及脱钩关系[J].水土保持通报,2024,44(6):366-376.
- Zhang Meixia, Li Fang, Guo Chenning. Spatial-temporal characteristics, influencing factors, and decoupling relationship of carbon emissions from cultivated land use in three provinces of north China Plain [J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2024,44(6):366-376.
- [12] 刘新智,李心怡,张鹏飞.重庆中心城区和主城新区同城化水平评价及其影响因素研究[J].西南大学学报(自然科学版),2023,45(12):97-109.
- Liu Xinzhi, Li Xinyi, Zhang Pengfei. Study on the evaluation of city-level through cities' synchronization and its influencing factors between central urban area and main urban new area in Chongqing [J]. Journal of Southwest University (Natural Science Edition), 2023, 45(12):97-109.
- [13] 高鹏飞,杨朝现,信桂新,等.三峡库区重庆段国土空间“三生”功能时空演变特征及格局优化[J].生态与农村环境学报,2023,39(9):1103-1113.
- Gao Pengfei, Yang Chaoxian, Xin Guixin, et al. Spatio-temporal evolution characteristics and pattern optimization of production-living-ecological functions of territorial space in Chongqing section of the Three Gorges reservoir area [J]. Journal of Ecology and Rural Environment, 2023,39(9):1103-1113.
- [14] Tang Yuhang, Liu Chunxia, Li Yuechen. Multifunctional territorial differentiation of rural production spaces and functional zoning: A case study of western Chongqing [J]. Agriculture, 2024,14(2):270.
- [15] 陈阳,闵婕,孔祥玉,等.重庆市土地利用多功能的空间差异分析[J].资源开发与市场,2017,33(12):1461-1467.
- Chen Yang, Min Jie, Kong Xiangyu, et al. Spatial differences of land use function in Chongqing City [J]. Resource Development & Market, 2017,33(12):1461-1467.
- [16] 谢雨琦,王子芳,王颖,等.重庆丘陵山区耕地非粮化时空变异及驱动类型划分[J].农业资源与环境学报,2024,41(1):15-26.
- Xie Yuqi, Wang Zifang, Wang Ying, et al. Spatial-temporal variation and driving types of non-grain cultivated land in hilly and mountainous areas of Chongqing [J]. Journal of Agricultural Resources and Environment, 2024,41(1):15-26.
- [17] 韦亚,张虹,张欣.山地城市粮食安全对耕地多功能时空演变的响应研究:以重庆主城都市区为例[J].重庆师范大学学报(自然科学版),2024,41(1):37-50.
- Wei Ya, Zhang Hong, Zhang Xin. Research on the response of food security to the spatial and temporal evolution of multifunctional cultivated land in mountain cities: Taking Chongqing metropolitan area as an example [J]. Journal of Chongqing Normal University (Natural Science), 2024,41(1):37-50.
- [18] 张丝雨,胡伟艳,赵可,等.耕地多功能与农业绿色全要素生产率的耦合协调发展研究[J].世界农业,2022(11):83-97.
- Zhang Siyu, Hu Weiyan, Zhao Ke, et al. Study on the coupling and coordinated development of multifunctional cultivated land and agricultural green total productivity [J]. World Agriculture, 2022(11):83-97.
- [19] 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.
- Zhang Yingnan, Long Hualou, Ge Dazhuan, et al. Spatio-temporal characteristics and dynamic mechanism of farmland functions evolution in the Huang-Huai-Hai Plain [J]. *Acta Geographica Sinica*, 2018, 73 (3) : 518-534.
- [20] 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.
- Jin Wenjuan, Bian Zhenxing, Wei Zhongyi, et al. Multi-functional evaluation of cultivated land in peri-urban areas of Shenyang City [J]. *Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning*, 2019, 40 (5):166-173.
- [21] 李井浩,柳书俊,王志杰.基于FLUS和InVEST模型的云贵高原土地利用与生态系统服务时空变化多情景模拟研究[J].*水土保持研究*,2024,31(3):287-298.
- Li Jinghao, Liu Shujun, Wang Zhijie. Multi-scenario simulation of spatiotemporal changes of land use pattern and ecosystem services in Yunnan-Guizhou Plateau based on FLUS and InVEST models [J]. *Research of Soil and Water Conservation*, 2024, 31(3):287-298.
- [22] 汪容基,赵小敏,赵丽红,等.基于MCR-InVEST模型的城郊耕地多功能评价及功能分区[J].*农业工程学报*,2022,38(20):209-219.
- Wang Rongji, Zhao Xiaomin, Zhao Lihong, et al. Multi-function evaluation and functional zoning of suburban cultivated land using MCR-InVEST model [J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2022, 38(20):209-219.
- [23] 黄烈佳,鲁昭,胡伟艳.长江经济带城市空间“三生”功能耦合协调时空演化特征及影响因素[J].*长江流域资源与环境*,2024,33(4):687-698.
- Huang Liejia, Lu Zhao, Hu Weiyang. Spatio-temporal coupling characteristics and influencing factors of “production-living-ecological” functions of urban space in the Yangtze River economic belt [J]. *Resources and Environment in the Yangtze basin*, 2024, 33(4):687-698.
- [24] 程佳琦,林伊琳,赵俊三,等.昆明市“三生空间”功能耦合协调时空特征与影响因素[J].*水土保持研究*, 2024, 31(3):299-310.
- Cheng Jiaqi, Lin Yilin, Zhao Junsan, et al. Spatiotemporal characteristics and influencing factors of functional coupling and coordination of ‘production-living-ecological’ spaces in Kunming City [J]. *Research of Soil and Water Conservation*, 2024, 31(3):299-310.
- [25] 张颖诗,冯艳芬,王芳,等.广东省耕地非粮化的时空分异及其驱动机制[J].*资源科学*,2022,44(3):480-493.
- Zhang Yingshi, Feng Yanfen, Wang Fang, et al. Spatiotemporal differentiation and driving mechanism of cultivated land non-grain conversion in Guangdong Province [J]. *Resources Science*, 2022, 44(3):480-493.
- [26] 李文娅,何勇,李聪聪,等.基于核心-边缘的重庆国土“三生”空间时空格局演变[J].*智能城市*,2023,9(9):48-51.
- Li Wenya, He Yong, Li Congcong, et al. The “production-living-ecological” space of Chongqing’s land based on core edge evolution of spatiotemporal pattern [J]. *Intelligent City*, 2023, 9(9):48-51.
- [27] 师飞云,周宝同.基于“三生”空间的重庆市土地利用演变与城镇化关系研究[J].*水土保持通报*,2024,44(1):227-237.
- Shi Feiyun, Zhou Baotong. Relationship between land use evolution and urbanization in Chongqing City based on ecological-production-living spaces [J]. *Bulletin of Soil and Water Conservation*, 2024, 44(1):227-237.
- [28] 陈俊华,王美君,宗会明.区域产业协同发展水平测度及联系潜力分析:以重庆“一区两群”为例[J/OL] (2025-01-06). *世界地理研究*, [https://kns.cnki.net/KCMS/detail/detail.aspx? filename=SJDJ20250102002&dbname=CJFD&dbcode=CJFQ](https://kns.cnki.net/KCMS/detail/detail.aspx?filename=SJDJ20250102002&dbname=CJFD&dbcode=CJFQ).
- Chen Junhua, Wang Meijun, Zong Huiming. Research on the measurement and linkage potential of regional industrial synergy development: Take “one region, two clusters” in Chongqing as an example [J/OL] (2025-01-06). *World Regional Studies*, <https://kns.cnki.net/KCMS/detail/detail.aspx? filename=SJDJ20250102002&dbname=CJFD&dbcode=CJFQ>.
- [29] Liao Xia, Fang Chuanglin, Shu Tianheng. Multifaceted land use change and varied responses of ecological carrying capacity: A case study of Chongqing, China [J]. *Applied Geography*, 2022, 148:102806.
- [30] Huang Fengxian, Zuo Liyuan, Gao Jiangbo, et al. Exploring the driving factors of trade-offs and synergies among ecological functional zones based on ecosystem service bundles [J]. *Ecological Indicators*, 2023, 146: 109827.