

基于“生产 - 生活 - 生态”框架的耕地多功能评价及时空特征研究

——黄河流域济宁段为例

朱贝玉

山东农业大学资源与环境学院, 山东 泰安

收稿日期: 2026年6月10日; 录用日期: 2026年7月13日; 发布日期: 2026年7月24日

摘要

面向黄河流域生态保护与区域可持续发展的现实需求, 针对既有研究侧重耕地生产功能、对生活与生态维度的综合评估较为薄弱的不足, 以黄河流域济宁段为案例区, 基于2005~2020年县域尺度数据, 构建“生产 - 生活 - 生态”(PLE)三维评价框架, 运用层次分析法与综合指数模型, 评价耕地多功能水平, 解析其时空演变特征。结果表明: 2005~2020年, 济宁市耕地生产功能由0.312增至0.428, 生活功能由0.186升至0.512, 生态功能由0.532升至0.634, 综合功能由0.343升至0.525; 空间上呈“西高东低”格局, 西部平原区生产与生活功能明显优于东部丘陵区; 自然地理条件、农业产业化路径、城镇化发展及政府政策共同塑造了上述分布格局。研究结果可为济宁段耕地差异化管理及黄河流域类似区域提供参考。

关键词

耕地多功能, 生产 - 生活 - 生态功能, 时空演变, 济宁市, 黄河流域

Research on Multi-Functional Evaluation and Spatiotemporal Characteristics of Cultivated Land Based on the “Production-Living-Ecological” Framework

—A Case Study of the Jining Section of the Yellow River Basin

Beiyu Zhu

College of Resources and Environment, Shandong Agricultural University, Tai'an Shandong

Received: June 10, 2026; accepted: July 13, 2026; published: July 24, 2026

文章引用: 朱贝玉. 基于“生产-生活-生态”框架的耕地多功能评价及时空特征研究[J]. 可持续发展, 2026, 16(7): 144-159. DOI: 10.12677/sd.2026.167258

Abstract

Against the needs of ecological protection and sustainable development in the Yellow River Basin, existing studies have paid insufficient attention to the comprehensive assessment of living and ecological functions while focusing mainly on the productive function of cultivated land. Taking the Jining section of the Yellow River Basin as the study area, this paper constructs a three-dimensional evaluation framework of “Production-Living-Ecological” (PLE) functions based on county-scale data from 2005 to 2020. The spatiotemporal evolution characteristics are analyzed using the Analytic Hierarchy Process (AHP) and comprehensive index model. The results show that from 2005 to 2020, the productive function increased from 0.312 to 0.428, the living function from 0.186 to 0.512, the ecological function from 0.532 to 0.634, and the comprehensive function from 0.343 to 0.525. Spatially, the overall pattern presents a “high in the west and low in the east” characteristic. The productive and living functions in the western plain are significantly superior to those in the eastern hilly region. The above spatial-temporal pattern is jointly shaped by physical geography, agricultural industrialization, urbanization and government policies. The results can provide a reference for differentiated management of cultivated land in the Jining section and similar regions in the Yellow River Basin.

Keywords

Multifunctionality of Cultivated Land, Production-Living-Ecological Functions, Spatiotemporal Evolution, Jining City, Yellow River Basin

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

在快速城镇化与工业化进程中，黄河流域耕地面临严峻的非农化、非粮化压力[1]，生态本底较为脆弱。黄河流域生态保护与区域可持续发展已成为重要议题，科学评估耕地的多功能价值，成为统筹农业可持续发展、保障粮食安全与强化生态保护的关键环节。

已有研究对耕地多功能开展了广泛探索，但多侧重于单一功能或某一区域的静态评价，对于耕地多功能协同/权衡的时空分异规律及其背后的人地作用机理，仍缺乏深入的实证探讨[2]。近年来，虽有学者开始关注耕地多功能，但研究多集中在都市边缘区或特定省份，针对黄河流域下游粮食主产区的精细化、长时序分析仍显不足。特别是如何构建一个兼顾“生产 - 生活 - 生态”三个维度的综合评价框架，并解析其时空演变特征与驱动机理，是当前亟待解决的科学问题。

为此，本文基于人地关系地域系统理论，构建“生产 - 生活 - 生态”(PLE)三维评价框架，以山东省济宁市为案例区。该市地处黄河流域核心粮食主产区，亦是南水北调东线的关键节点，地形西平东丘，人地关系复杂，具有较强的典型性。本文试图回答以下问题：2005~2020年济宁市耕地多功能如何演变？三类功能之间的协同/权衡关系呈现怎样的时空特征？自然地理本底、经济分化路径与政府政策如何共同塑造上述格局？研究有望补充耕地多功能转型理论在黄河流域下游粮食主产区的实证经验，为区域耕地差异化管理提供科学依据。

2. 研究区与数据

2.1. 研究区概况

济宁市位于山东省西南部(34°25'N~35°55'N, 115°54'E~117°06'E), 总面积约 1.12 万 km², 2020 年末辖 2 区、2 市、7 县。地势东高西低: 西部为黄泛平原, 土层深厚、灌溉便利; 东部为泰沂山脉余脉, 低山丘陵、地块破碎。西部平原是粮食和特色农产品主产区(金乡大蒜、鱼台大米等), 东部以旱作农业和林木业为主。南四湖是南水北调东线重要调蓄枢纽, 生态敏感。这种人地系统分异为解析耕地功能演变提供了理想场景。

2.2. 数据来源

数据来源于 2005~2020 年《山东统计年鉴》《济宁市统计年鉴》及《济宁市国土空间总体规划》。以县域为基本评价单元, 选取 12 个指标构建评价体系。

3. 指标体系与权重确定

3.1. 指标体系构建

基于耕地多功能理论[3], 参考现有研究成果[4]-[8], 结合济宁市区域特征与数据可获性, 从生产、生活、生态 3 个方面构建评价体系, 共选取 12 个指标, 如表 1 所示。

生产功能: 反映耕地提供农产品的能力。选取单位面积粮食产量直接衡量耕地产出效率; 复种指数表征耕地利用强度与集约化水平; 农业机械总动力体现农业现代化程度对生产的支撑作用[9]; 有效灌溉面积比重反映耕地抗灾稳产能力与基础设施配套水平[10]。

生活功能: 体现耕地对农民生计与乡村发展的支撑作用。选取耕地产值占比[11]反映农业在区域经济

Table 1. Index system of production-living-ecology function of cultivated land in Jining City

表 1. 济宁市耕地生产 - 生活 - 生态功能指标体系

准则层	指标层	计算方法	属性
生产功能 B1	单位面积粮食产量 C1	粮食总产量/粮食作物播种面积	+
	复种指数 C2	农作物播种面积/耕地面积	+
	农业机械总动力 C3	农业机械总动力	+
	有效灌溉面积比重(%) C4	有效灌溉耕地面积/耕地总面积 × 100	+
生活功能 B2	耕地产值占比(%) C5	农业总产值/地区生产总值 × 100	+
	人均粮食保证率(%) C6	粮食产量/(常住人口 × 400)	+
	乡村居民就业率(%) C7	乡村从业人员/乡村人口 × 100	+
	农村居民人均纯收入(元) C8	农村居民人均纯收入	+
生态功能 B3	单位耕地面积化肥使用强度 C9	化肥施用量/耕地面积	-
	单位耕地面积农药使用强度 C10	农药施用量/耕地面积	-
	农膜使用强度 C11	地膜使用量/耕地面积	-
	耕地生态系统多样性指数 C12	农田生态系统多样性指数是采用香农指数, 选取研究区域粮食、棉花、油料和蔬菜的播种面积来计算研究区农田生态系统多样性	+

注: “+”表示正向指标(指标值越大, 功能越强); “-”表示负向指标(指标值越大, 功能越弱)。

结构中的贡献份额；人均粮食保证率从人口－粮食关系角度评估耕地对区域粮食安全的保障能力；乡村居民就业率测度耕地对农业就业的吸纳强度[12]；农村居民人均纯收入直接衡量耕地经营对农民收入的贡献。

生态功能：表征耕地作为生态系统的环境服务能力。选取单位耕地面积化肥使用强度、农药使用强度[13]、农膜使用强度[14]，用以衡量农业生产对耕地生态环境的负向压力(强度越高，生态功能越弱)；耕地生态系统多样性指数(基于主要作物播种面积计算的香农指数)反映农田生态系统的稳定性和自我调节能力，指数越高，生态功能越强。

3.2. 数据标准化处理

由于各指标量纲不一致，采用极差标准化法进行无量纲化处理[15]，使各指标值介于[0, 1]之间。计算公式如下：

正向指标：
$$y_{ij} = \frac{x_{ij} - \min(x_j)}{\max(x_j) - \min(x_j)}$$

负向指标：
$$y_{ij} = \frac{\max(x_j) - x_{ij}}{\max(x_j) - \min(x_j)}$$

式中： X_{ij} 表示第*i*个评价对象指标*j*的原始值； $\max(x_j)$ 表示第*j*个指标的最大值； $\min(x_j)$ 表示第*j*个指标的最小值； Y_{ij} 表示第*i*个评价单元指标*j*经处理后的标准值，区间为 0~1。

3.3. 权重确定

本研究采用层次分析法(AHP)计算指标权重。首先构建目标层－准则层－指标层的递阶结构，邀请专家依据 1~9 标度法对同层要素进行两两比较，构造判断矩阵。随后，利用特征向量法求解权重向量，并开展一致性检验。结果显示，各判断矩阵的一致性比率 CR 均低于 0.1，满足一致性要求。最终确定的指标权重如表 2 所示。

Table 2. Index weights of production-living-ecology function of cultivated land in Jining City
表 2. 济宁市耕地生产－生活－生态功能指标权重

目标层	准则层	各维度权重	指标层	准则层下指标层权重(%)	层次分析法计算权重(%)
耕地生产－生活－生态功能评价	生产功能	40.02%	单位面积粮食产量 C1 (吨/公顷)	31.65	12.66
			复种指数 C2 (%)	25.75	10.31
			农业机械总动力 C3 (千瓦)	21.93	8.78
			有效灌溉面积比重 C4 (%)	20.67	8.27
			耕地产值占比 C5 (%)	27.12	8.09
	生活功能	29.83%	人均粮食保证率 C6 (%)	23.88	7.12
			乡村居民就业率 C7 (%)	26.36	7.86
			农村居民人均纯收入 C8 (元/人)	22.64	6.75
			单位耕地面积化肥使用强度 C9 (公斤/亩)	25.57	7.71
			单位耕地面积农药使用强度 C10 (克/亩)	22.04	6.65
	生态功能	30.15%	农膜使用强度 C11 (公斤/公顷)	28.89	8.71
			耕地生态系统多样性指数 C12	23.50	7.09

4. 结果分析

4.1. 黄河流域济宁段耕地“生产-生活-生态”功能时序变化

如图 1 所示,从全市均值看,生产功能由 0.312 升至 0.428,增幅相对温和。这一趋势验证了“技术-资本替代论”:在高标准农田建设和农业机械化推动下,资本和技术投入对自然条件的制约形成了一定程度的补偿。但补偿效应受地形制约,西部平原各县增幅明显,东部丘陵县变化微小。分县域看,鱼台、梁山、嘉祥等西部平原县生产功能始终位居前列,且与东部县域的差距在 2005~2020 年间有所扩大,反映出政策资源定向投放对既有格局的强化作用。

如图 2 所示,生活功能的提升最为显著,从 0.186 跃升至 0.512,增幅达 175%。这一跃升反映了

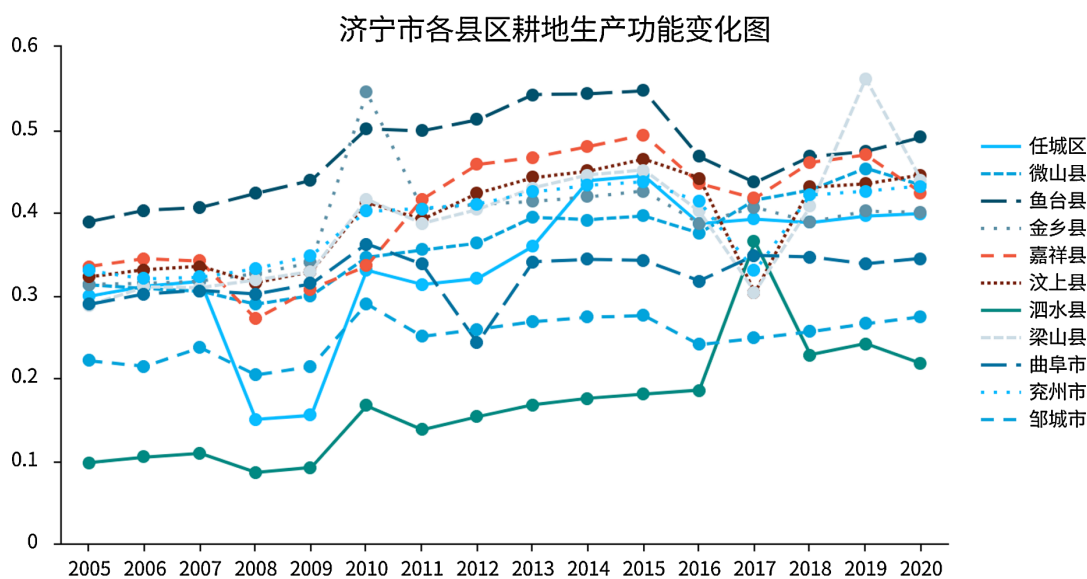


Figure 1. Changes of cultivated land production function in counties of Jining City (2005~2020)

图 1. 济宁市各县区耕地生产功能变化图(2005~2020 年)

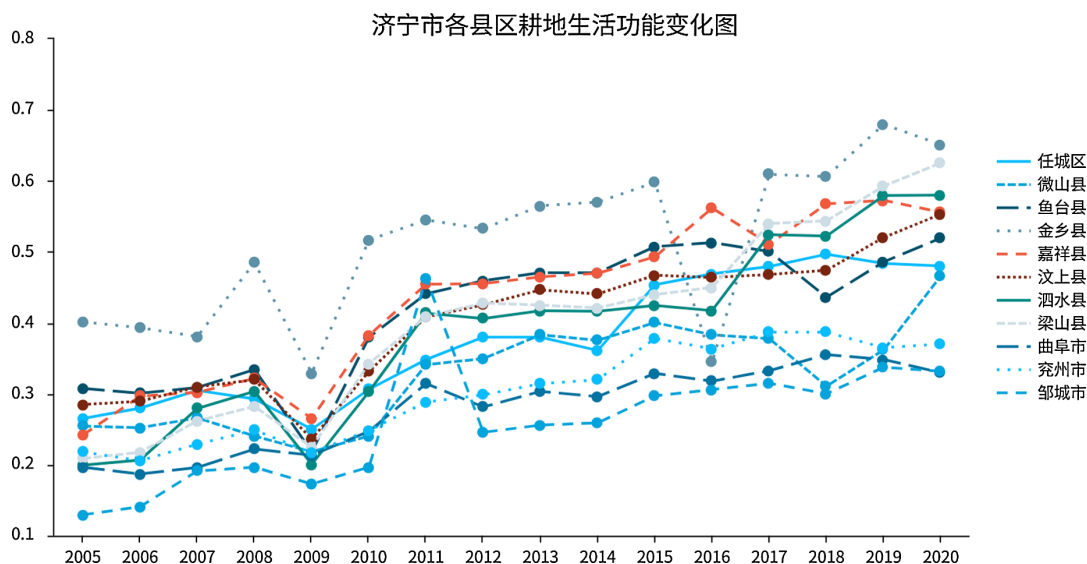


Figure 2. Changes of cultivated land living function in counties of Jining City (2005~2020)

图 2. 济宁市各县区耕地生活功能变化图(2005~2020 年)

耕地从“生产功能”向“生计功能”的转型。农业产业化(而非单纯提高产量)是核心路径——金乡大蒜、鱼台大米等特色农业显著拉动了农村居民收入与就业结构改善。2010年之后生活功能提速明显，与同期农村基础设施及公共服务均等化政策的推进节奏高度吻合。

如图3所示，生态功能从0.532升至0.634，增幅不足20%，前快后慢。这一轨迹揭示了“环境库兹涅茨曲线”在县域尺度的复杂表现。在金乡、鱼台等高强度耕作区，化肥农药施用量长期处于高位，生态压力尚未跨越拐点，原因在于高投入模式与高附加值经济作物深度绑定。任城区生态功能在2015年后跃升明显，与南水北调东线沿线治理的时间节点高度吻合。

如图4所示，综合功能由0.343升至0.525，累计提升约53%。三类功能并非同步演进——生活功能

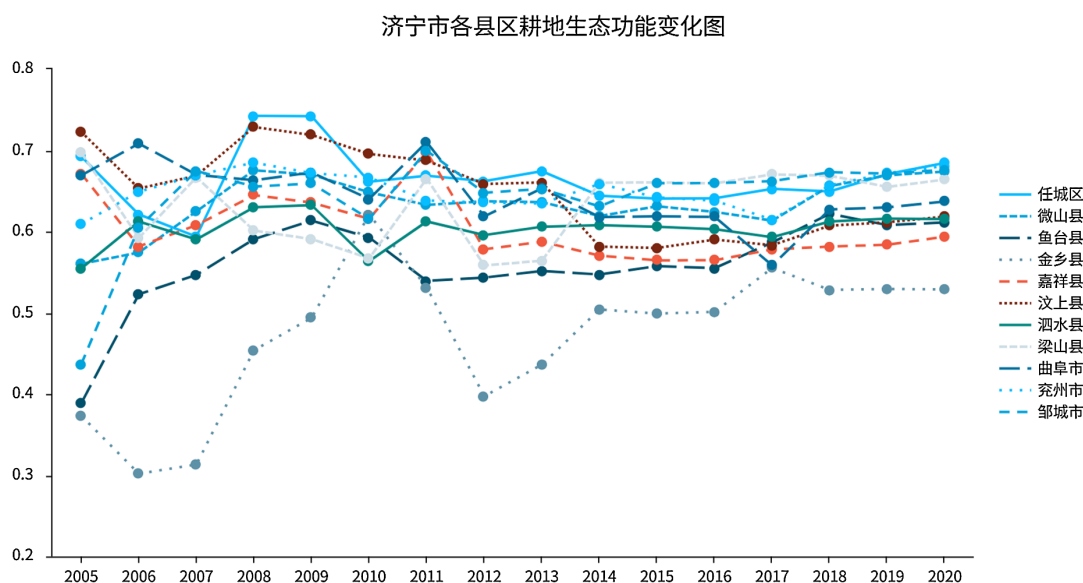


Figure 3. Changes of cultivated land ecological function in counties of Jining City (2005~2020)

图3. 济宁市各县区耕地生态功能变化图(2005~2020年)

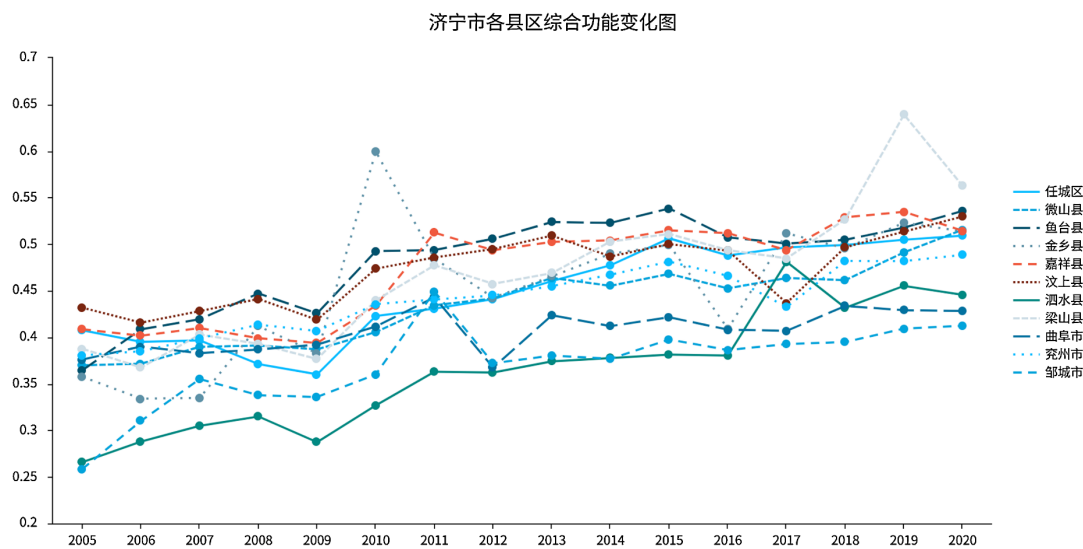


Figure 4. Changes of comprehensive function (Production-Living-Ecology) of cultivated land in counties of Jining City (2005~2020)

图4. 济宁市各县区耕地生产-生活-生态综合功能变化图

的加速抬升发生在 2010 年后，而生产与生态功能增长相对平稳，形成“非同步增长”。分县域看，西部平原县综合功能始终较高，而东部泗水、邹城增幅更大，区域差距逐步收窄。

4.2. 黄河流域济宁段耕地“生产 - 生活 - 生态”功能空间分布

从空间分布来看，三类功能的高值区并不完全重叠，各有各的偏向。

济宁市各县区耕地生产功能平均值空间分布图

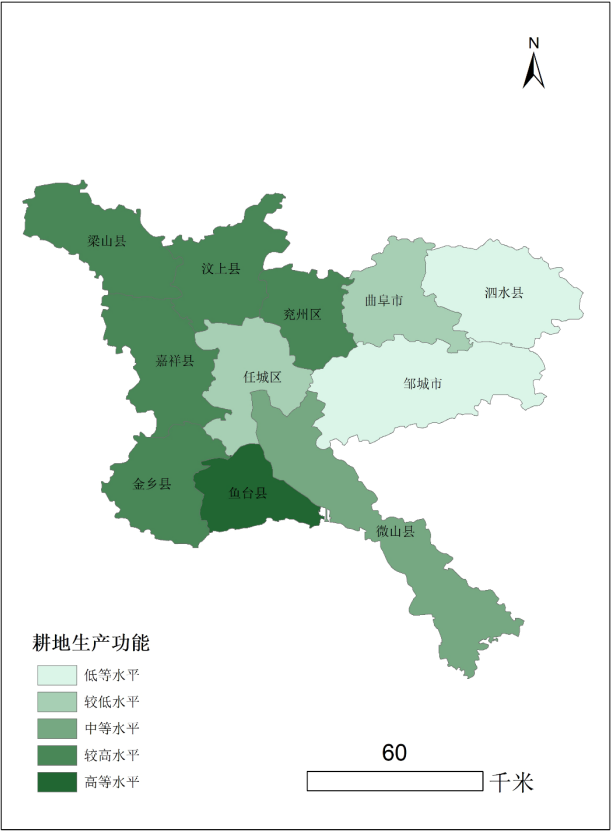


Figure 5. Spatial distribution of average production function of cultivated land in Jining City
图 5. 济宁市各县区耕地生产功能平均值空间分布图

如图 5 所示，从空间格局来看，济宁市耕地生产功能呈现显著的东西梯度分异。高值区集中连片分布于西部黄泛平原，以鱼台(0.482)、梁山(0.467)和嘉祥(0.455)为代表，其功能指数均在 0.45 以上，形成稳固的高值核心；而东部丘陵区泗水(0.278)和邹城(0.312)则处于低值洼地，前者尚不足西部高值区的 60%。中部的任城(0.398)和兖州(0.387)居于过渡水平。这种“西高东低”的格局主要受制于自然禀赋——西部地势平坦、土层深厚且引黄灌溉便利，适宜机械化规模作业；东部地块破碎、坡度较大、水源短缺，先天锁定了产出上限，后天投入难以彻底弥合这一基础性差距。

如图 6 所示，生活功能的高值区分布与生产功能有所差异，更明显地指向特色农业产业化程度较高的县域。金乡(0.542)、梁山(0.518)和汶上(0.496)位居前列，其共同特征是大蒜、小米等经济作物的规模化种植显著拉动了农村居民收入和本地就业吸纳能力。相比之下，城镇化水平较高的任城(0.428)生活功能并不突出，甚至低于全市均值(0.451)，说明在该区域耕地经营已不再是农户家庭收入的主要来源，耕地的生计支撑功能被非农就业替代。东部泗水(0.385)和邹城(0.402)则因丘陵地形制约了农业集约化发展，

济宁市各县区耕地生态功能平均值空间分布图

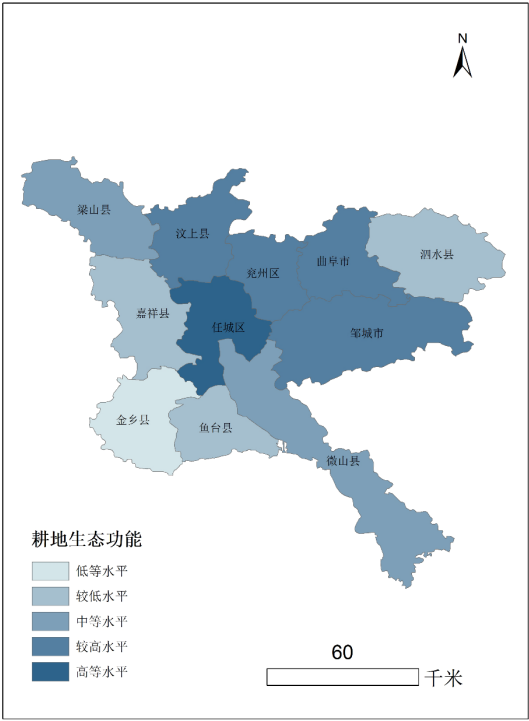


Figure 7. Spatial distribution of average ecological function of cultivated land in Jining City
图 7. 济宁市各县区耕地生态功能平均值空间分布图

济宁市各县区耕地综合功能平均值空间分布图

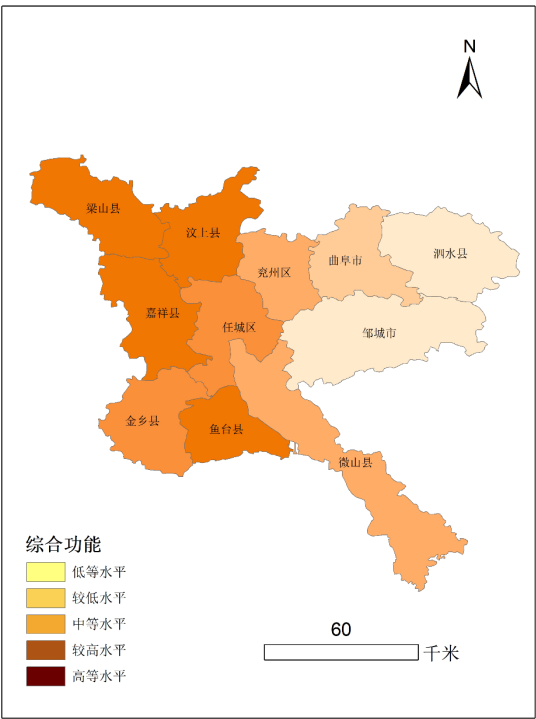
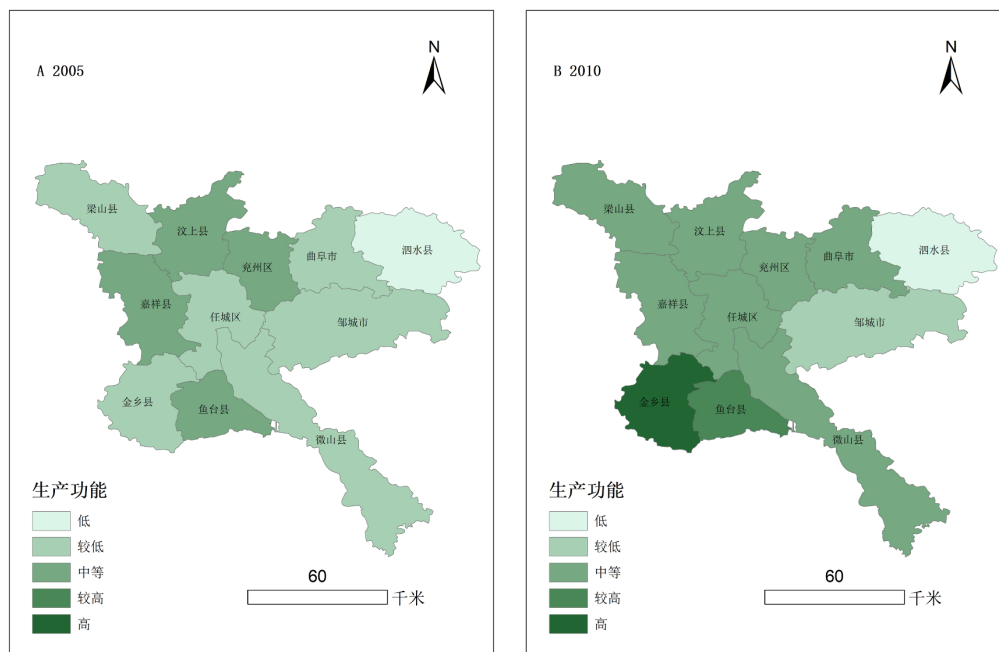


Figure 8. Spatial distribution of average comprehensive function (PLE) of cultivated land in Jining City
图 8. 济宁市各县区耕地生产 - 生活 - 生态综合功能平均值空间分布图

如图 9 所示, 2005 年, 生产功能高值区仅零星分布于鱼台(0.425)和汶上(0.408), 其余县域多处于 0.30~0.38 的较低区间; 至 2010 年, 随着高标准农田建设首批项目落地, 梁山和嘉祥先后突破 0.40 关口; 2015 年后, 西部平原高值区开始连片, 鱼台升至 0.47 以上, 仅泗水仍停滞在 0.29 左右; 到 2020 年, 西部六县生产功能均值达 0.45 以上, 形成东西泾渭分明的格局。高值区的空间扩散呈现明显的“邻近效应”

2005年济宁市各县区耕地生产功能得分空间分布图 2010年济宁市各县区耕地生产功能得分空间分布图



2015年济宁市各县区耕地生产功能得分空间分布图 2020年济宁市各县区耕地生产功能得分空间分布图

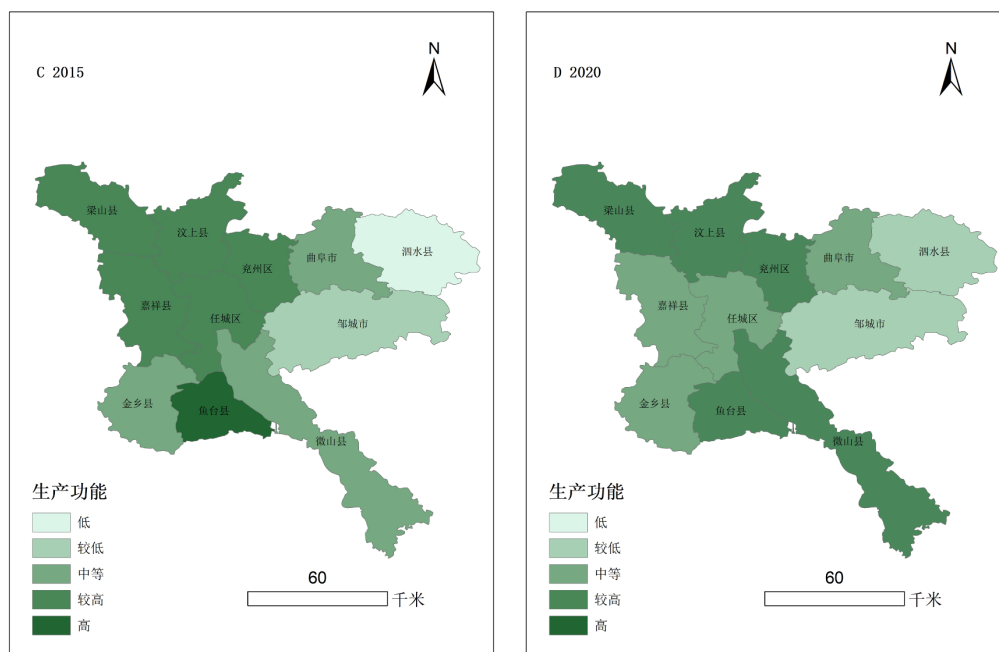
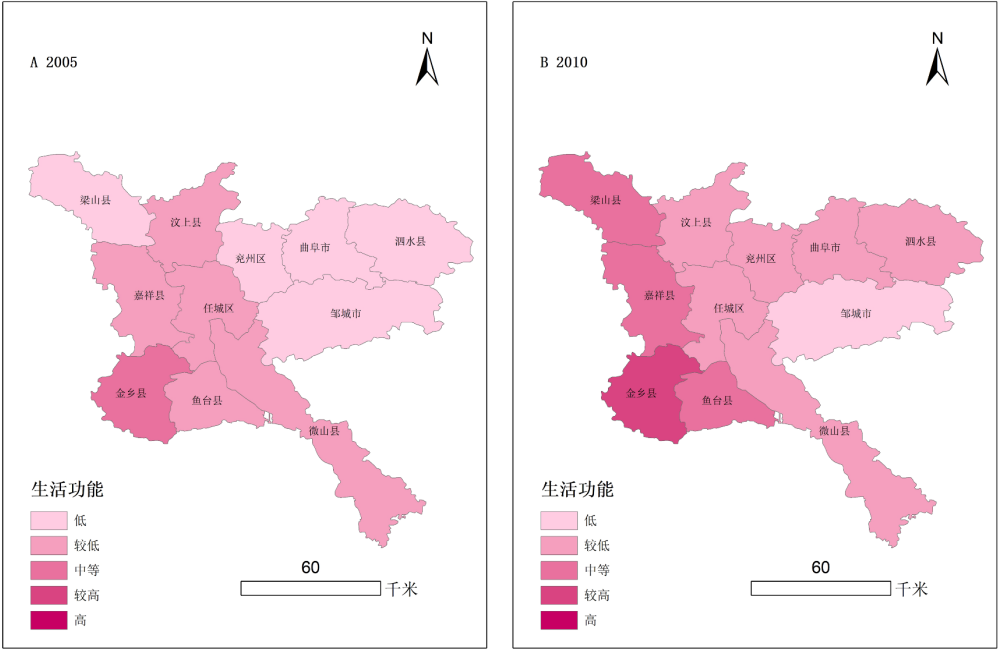


Figure 9. Spatiotemporal distribution of cultivated land production function in Jining City (2005, 2010, 2015, 2020)
图 9. 济宁市各县区耕地生产功能时空分布图

——相邻县域的基础设施改善产生示范效应，推动周边区域梯次跟进，政府政策资源的集中投放是这一演变轨迹的主要推手，而非各县自然演进的产物。

如图 10 所示，生活功能的时空演变呈现出更为迅猛的扩散态势。2005 年，高值区高度集中于金乡(0.385)和鱼台(0.352)两县，其余县域普遍低于 0.20，起点极低；2010 年后，梁山、汶上借助特色农产品

2005年济宁市各县区耕地生活功能得分空间分布图 2010年济宁市各县区耕地生活功能得分空间分布图



2015年济宁市各县区耕地生活功能得分空间分布图 2020年济宁市各县区耕地生活功能得分空间分布图

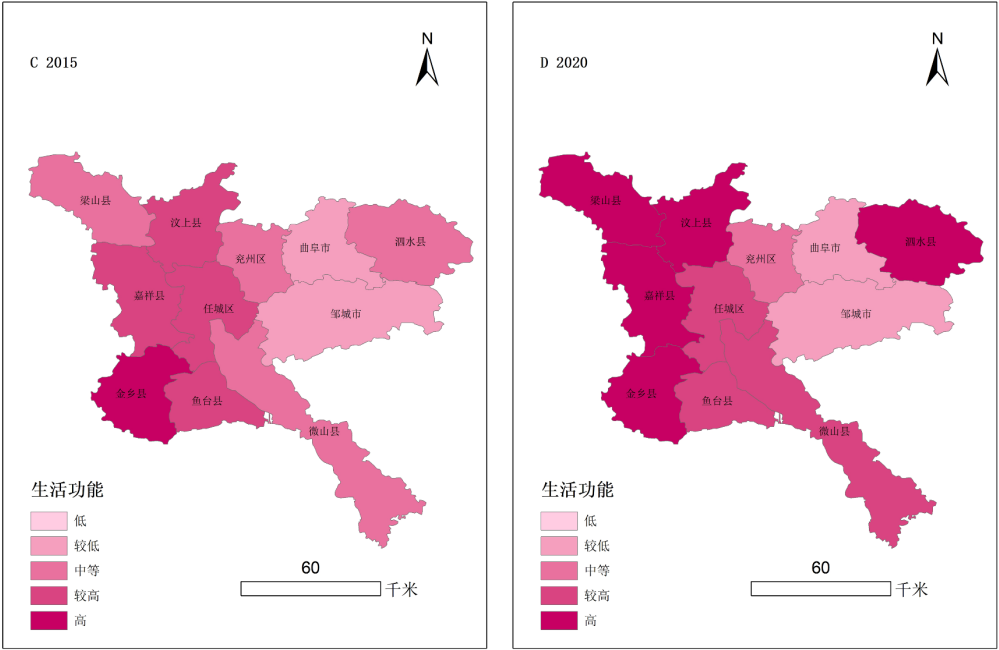
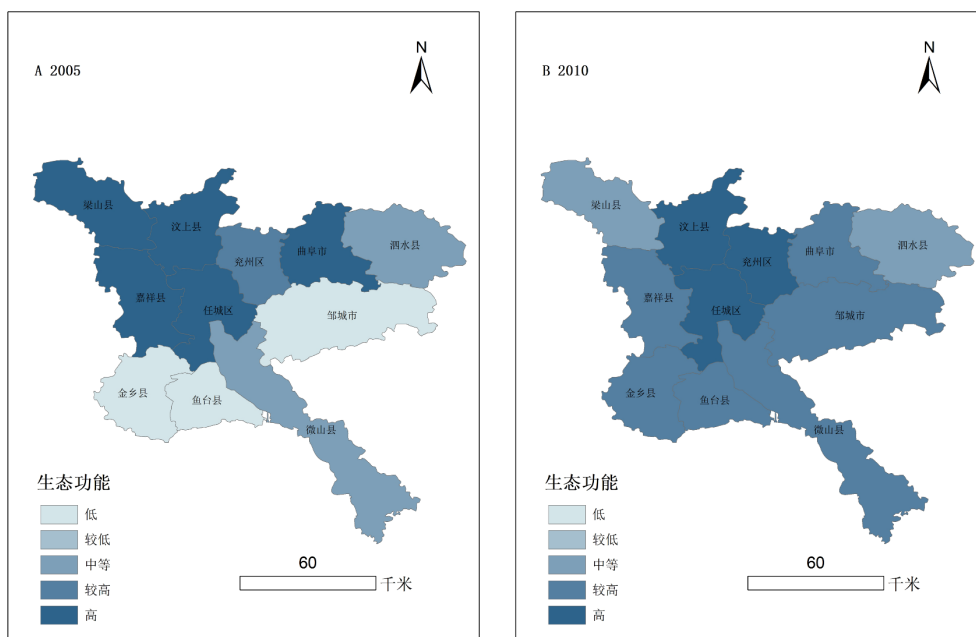


Figure 10. Spatiotemporal distribution of cultivated land living function in Jinan City (2005~2020)
图 10. 济宁市各县区耕地生活功能时空分布图

市场扩张实现跃升；2015 年，中部任城(0.402)和兖州(0.388)跟进，高值区开始向中部延伸；到 2020 年，除泗水(0.385)仍偏低外，其余县域生活功能普遍突破 0.45，基本实现全域提升。这一“核心-边缘”扩散模式表明：农业产业化是生活功能提升的“第一推动力”，而交通、物流及公共服务均等化等配套条件的完善则充当了“扩散加速器”，使高值效应从少数特色县逐步外溢至周边区域。

如图 11 所示，生态功能的时空演变路径最为曲折，经历了格局的完全反转。2005 年呈现“东西高、

2005年济宁市各县区耕地生态功能得分空间分布图 2010年济宁市各县区耕地生态功能得分空间分布图



2015年济宁市各县区耕地生态功能得分空间分布图 2020年济宁市各县区耕地生态功能得分空间分布图

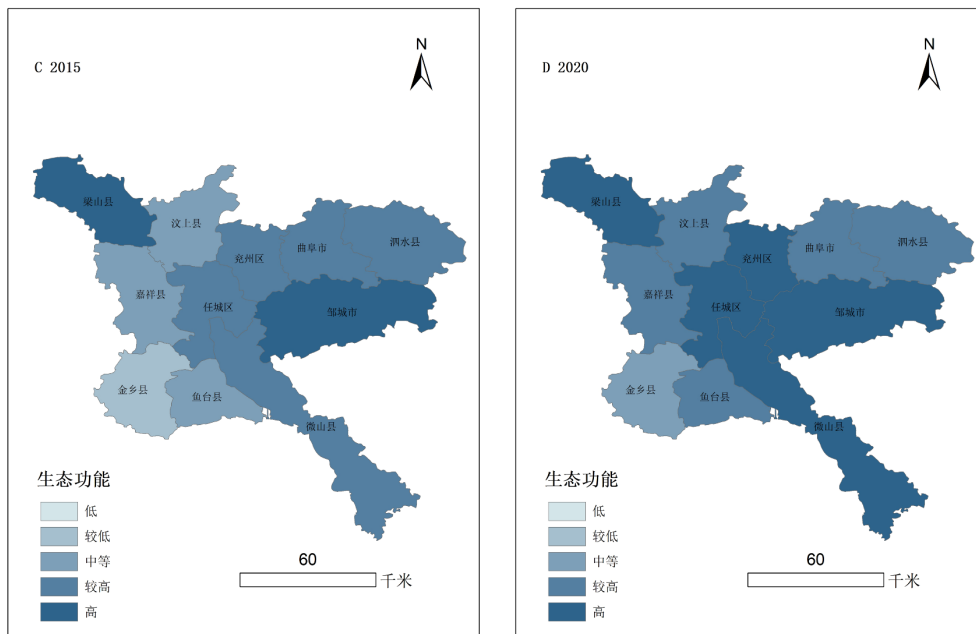


Figure 11. Spatiotemporal distribution of cultivated land ecological function in Jining City (2005~2020)

图 11. 济宁市各县区耕地生态功能时空分布图

中间低”的哑铃型分布——东部泗水(0.562)、邹城(0.538)因开发强度低而本底良好，西部金乡(0.548)、鱼台(0.522)当时化肥施用强度尚未攀升，而中部的任城(0.485)和兖州(0.472)因城镇化起步较早、耕地生态一度被忽视而处于低位。2015年后，任城生态功能急剧跃升至0.68以上，得益于南水北调沿线治理工程的强效介入；同期金乡却因大蒜种植收益驱动下的高投入模式固化，生态功能长期停滞在0.46左右，至2020年已被任城反超近30个百分点。这一反转揭示：生态功能的空间演变方向取决于治理政策与既有生产模式的博弈结果——政策强度足以打破路径依赖时(任城)，生态跃升；否则，区域生态将陷入高投入模式的长时锁定(金乡)。

5. 驱动机理探索

济宁市耕地功能呈现“西高东低”的空间格局，且2005~2020年间三类功能演变路径各异。基于人地关系地域系统理论，这是自然地理本底、经济分化路径与政府政策三个层次因子共同作用的结果。三者之间呈现“约束-放大-修正”的递进交互关系：自然地理条件划定了各区域可能实现的耕地功能上限(约束)；经济分化路径在这一边界内放大或抑制了区域差异(放大)；政府政策则对上述过程进行修正，既可能强化既有差距，也可能抵消部分不利影响(修正)。

(1) 自然地理本底

西部平原区属黄泛平原，地形平坦、土层深厚、灌溉优越，为规模化农业提供天然适宜条件；东部丘陵区地势起伏、地块破碎、水源条件差，生产功能上限天然偏低。2005年西部平原生产功能均值在0.42以上，而东部泗水、邹城分别为0.23和0.35，自然条件差异已构成显著的东西梯度。

(2) 经济分化路径

在自然条件划定的边界内，各县选择了不同的农业经济发展路径：

西部平原：高投入特色农业产业化模式(金乡、鱼台、梁山)。显著提升单位产值和农民收入，生活功能增幅达175%，但对生态功能形成“锁定效应”——金乡生态功能(0.458)低于全市均值(0.634)近28个百分点，形成典型的“权衡”关系。

中部城镇：都市农业与生态转型模式(任城、兖州)。耕地面积缩减，剩余耕地向生态农业转型，生活功能上升幅度低于西部特色农业县，但生态功能跃升至全市首位(0.714)。表明城镇化不必然导致生态退化，关键在于生产方式调整方向。

(3) 政府政策

政策调控既可能拉大差距，也可能缩小差异：

强化效应：高标准农田建设优先投向西部平原，使东西部生产功能差距从2005年的0.12扩大至2020年的0.18。

修正效应：南水北调生态治理使任城区生态功能从较低水平跃升为首位，说明精准回应区域核心矛盾的政策能有效抵消不利因素。相比之下，金乡县缺乏针对性的生态补偿与化肥减量约束，生态改善陷入瓶颈。

(4) 驱动因子交互效应与差异化管控路径

上述三个层次因子相互嵌套。自然本底为西部平原提供生态承载力，使其在高强度开发下仍能维持中等生态水平；东部丘陵因自然限制，转型方向应侧重“生态涵养+特色种植+乡村旅游”。经济路径与政策形成协同或抵消关系：任城区城镇化与生态治理产生正向协同，金乡县特色农业收益强化了高投入惯性，常规绿色推广难以奏效，需探索收益与治理挂钩的新机制。

基于上述分析，本文提出：耕地功能格局是自然本底锁定、经济路径依赖与政策调控三方博弈的均衡结果。自然本底设定了可能区间，经济路径决定区间内具体位置，政策既可能打破路径依赖，也可能

强化锁定。三类功能的非同步增长表明,耕地多功能转型并非线性协同过程。不同区域管控策略应有所侧重:

西部平原区(金乡、鱼台、梁山):探索收益挂钩型治理,从经济作物收益中提取一定比例专项用于面源污染治理,形成“高收益、高责任”闭环。

中部城镇区(任城、兖州):依托生态治理先行优势,探索生态补偿或碳汇交易等市场化路径。

东部丘陵区(泗水、邹城):引导向“生态涵养 + 特色种植 + 乡村旅游”复合方向转型,配套适宜小块地形的小型农机与基础设施。

6. 结论与讨论

6.1. 结论

2005~2020年,济宁市耕地综合功能从0.343提升至0.525,生产、生活、生态三类功能均有增长,其中生活功能增幅最大。空间上保持“西高东低”的宏观格局,但东部部分县域综合功能增速更快,区域差距有所缩小。基于上述发现,提炼以下理论判断:

(1) 非均衡协同演进:三类功能并非同步增长,生活功能的跃升是综合功能增长的主要贡献源,生产与生态功能增长相对平缓。耕地多功能转型可能是一个阶段性的、非均衡的过程。

(2) 自然本底锁定效应:生产功能的东西差异在15年间有所扩大,表明自然地理条件仍是耕地功能格局的基础性约束。技术-资本替代存在边际递减,难以完全补偿自然禀赋差异。

(3) 权衡与协同并存:高投入特色农业模式在提升生产与生活功能的同时,对生态功能形成锁定效应(权衡);而城镇化结合生态治理则可以实现生态与生活功能的协同提升。

基于上述特征,不同区域的管控重点应有所差异:

西部平原区(金乡、鱼台、梁山):探索收益挂钩型治理机制,从经济作物收益中提取一定比例专项用于面源污染治理,形成“高收益、高责任”闭环。

中部城镇区(任城、兖州):进一步探索耕地生态管护的市场化路径,如生态补偿或碳汇交易,使生态优势转化为农民实际收入。

东部丘陵区(泗水、邹城):引导耕地功能向“生态涵养 + 特色种植 + 乡村旅游”复合方向转型,配套适宜小块地形的小型农机与基础设施。

6.2. 讨论

6.2.1. 理论贡献与对话

本研究的理论贡献主要体现在三个方面:

第一,补充了耕地多功能转型理论的实证类型。吴大放等(2019)[16]对广州的研究发现耕地呈现“生产功能下降、社会功能上升”的单一转型特征;而本研究显示济宁市三大功能协同提升(尽管节奏不同)。这一对比表明,在粮食主产区及政策调控较强的区域,生产与生态功能并非必然此消彼长——耕地多功能转型可能存在“协同提升型”这一独立类型,这与农业多功能性理论中关于“不同区域可能呈现异质转型路径”的预期一致。

第二,修正了“城镇化必然导致生态退化”的常规认知。任城区的高生态功能与金乡县的低生态功能形成鲜明对比,说明城镇化对耕地生态的影响方向取决于治理政策的介入时机与强度。这一发现支持“治理政策可有效抵消城镇化负外部性”的判断,也与新近关于“都市农业生态转型”的研究形成对话。

第三,提出了“非同步增长”概念。生活功能的加速抬升(2010年后)与生产、生态功能的平稳增长形成错位,表明耕地多功能转型并非线性协同过程。这一发现挑战了“功能协同演进”的简单假设,提示

未来研究应关注不同功能转型的阶段阈值，并借鉴转型理论中“非均衡动态”的分析视角。

6.2.2. 潜在风险与负面效应

尽管耕地多功能整体呈提升趋势，但当前演变模式中隐含若干值得关注的风险与负面效应：

其一，特色农业的生态代价锁定。金乡县大蒜种植等高投入模式虽然大幅提升了生产和生活功能，但单位面积化肥施用量长期高位运行，生态功能远低于全市平均水平。这种“高收益-高污染”的耦合关系若持续强化，可能使区域生态系统服务功能进一步退化，并削弱长期农业可持续性。从农业转型理论看，这体现了集约化农业的“环境代价转嫁”问题——经济效益的增长以生态环境损耗为代价，且由于经济作物的高利润，农民缺乏主动减量施用的内在激励。

其二，生计脆弱性与社会风险。生活功能的快速提升高度依赖特色农产品的市场行情。金乡大蒜、鱼台大米等经济作物的价格波动较大，农民收入对单一作物的过度依赖存在市场风险。2005~2020年间生活功能的跃升在相当程度上受益于农产品价格上涨周期，一旦市场下行，生活功能可能出现显著回调。这反映出耕地生计支撑功能的“脆弱性”，与国际上关于“农业产业化下小农风险”的讨论相呼应。

其三，政策调控的路径依赖与锁定效应。高标准农田建设等政策集中投向西部平原，虽然强化了生产功能，但也可能固化“西粮东林”的单一分工格局，压缩东部丘陵区探索多元化利用的空间。同时，对金乡等特色农业区，现有政策未能有效破解高投入模式的生态锁定，说明常规的技术推广和行政命令在强烈经济动机面前效果有限，需要引入经济杠杆(如收益挂钩型治理)来破局。

上述风险提示我们，耕地多功能评价不仅要关注综合得分的提升，更需审视功能提升背后的结构性代价。未来研究应加强动态监测，量化权衡关系的临界点，并借鉴国际上的“农业环境计划”经验，设计兼具激励与约束的治理工具。

6.2.3. 局限与展望

本研究存在以下局限性：

其一，以县域为评价单元，空间分辨率较粗。县域尺度可能存在可塑性面积单元问题(MAUP)，即不同尺度和分区方式可能影响功能评价结果和空间格局认知。县域内部(如乡镇或村级)的差异可能被平均化处理，掩盖了重要的局地分异。未来可结合遥感影像、土地利用现状数据和乡镇级统计资料，开展更精细尺度的研究，以验证或修正当前结论，并揭示功能区内部的空间异质性。

其二，受数据可获性限制，未纳入耕地在养老保障、文化遗产等方面的软性功能指标。这些非经济功能在农村社会保障和文化认同中具有重要作用，未来可通过农户调查和定性方法加以补充。

其三，驱动机制分析以定性判断为主，缺乏各驱动因子对综合功能变化贡献比例的定量分离。未来可引入地理探测器、多元回归或结构方程模型等方法，量化区分自然本底、经济水平、城镇化率、政策强度等因子的独立贡献及其交互作用，为精准决策提供支撑。

尽管存在上述局限，本研究仍可为黄河流域下游粮食主产区的耕地多功能评价与差异化管理提供科学参考。

参考文献

- [1] 张玥, 代亚强, 陈媛媛, 等. 中国耕地多功能耦合协调时空演变及其驱动因素[J]. 农业工程学报, 2023, 39(7): 244-255.
- [2] 辛芸娜, 孔祥斌, 郇文聚. 北京大都市边缘区耕地多功能评价指标体系构建——以大兴区为例[J]. 中国土地科学, 2017, 31(8): 77-87.
- [3] 黄安, 王燕, 向莹, 等. 社会-生态系统视角下城镇空间演化治理机制研究——以呼包鄂城市群为例[J]. 地域研究与开发, 2025, 44(2): 100-107.

-
- [4] 李怡, 方斌, 李裕瑞, 等. 城镇化进程中耕地多功能权衡/协同关系演变及其驱动机制[J]. 农业工程学报, 2022, 38(8): 244-254.
- [5] 陈晓颖, 陈雨琦, 于金弘, 等. 基于自然要素视角的耕地多功能评价及分区研究——以河北省阜平县为例[J]. 林业与生态科学, 2025, 40(3): 295-304.
- [6] 杨微. 耕地多功能内涵及其对耕地保护的启示[J]. 河北农机, 2023(5): 127-129.
- [7] 陈晓杰, 张长城. “三生空间”视角下湖北省国土空间时空演变及驱动机制研究[J]. 国土资源导刊, 2025, 22(4): 65-76.
- [8] 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.
- [9] 牛海鹏, 赵晓鸣, 肖东洋, 等. 黄河流域(河南段)耕地多功能时空格局演变及其权衡协同关系[J]. 农业工程学报, 2022, 38(23): 223-236.
- [10] 臧俊梅, 付晓, 刘圣祥, 等. 广东省耕地多功能评价及时空演变分析[J]. 广东农业科学, 2025, 52(1): 108-123.
- [11] 熊昌盛, 张永蕾, 王雅娟, 等. 中国耕地多功能评价及分区管控[J]. 中国土地科学, 2021, 35(10): 104-114.
- [12] 元少华. 基于生产、生态和社会保障的耕地多功能综合评价——以濮阳市为例[J]. 国土资源情报, 2021(2): 30-38.
- [13] 钱凤魁, 迟艳茹, 徐欢, 等. 2006-2020 年沈阳市耕地多功能权衡协同关系演变分析[J]. 中国土地科学, 2022, 36(10): 31-41.
- [14] 覃事娅, 郭羽萱, 唐常春. 长沙市耕地多功能评价及空间差异分析[J]. 测绘科学, 2018, 43(11): 50-56.
- [15] 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.
- [16] 吴大放, 刘艳艳, 张晓露, 等. 1990-2014 年广州市耕地功能评价分析[J]. 中国农业资源与区划, 2019, 40(2): 64-72.