

# 鄱阳湖平原耕地多功能时空演变及其驱动机制

张宇佳, 蔡海生, 张学玲, 陈理庭, 何庆港

(江西农业大学 江西省自然资源利用科技与管理创新研究基地/农业农村部鄱阳湖流域

农业资源与生态重点实验室/南昌市鄱阳湖生态重点实验室/富硒农业产业发展研究中心, 江西 南昌 330045)

**摘要:** [目的] 科学认知耕地多功能时空演变规律及驱动机制, 为保障粮食安全和促进区域耕地多功能水平与社会经济发展相协调提供支持。[方法] 运用了熵权法、层次分析法、综合指数法、GIS空间可视化分析及地理探测器。[结果] ①2000—2020年鄱阳湖平原各县区耕地综合功能总体呈上升趋势, 受社会经济发展水平影响显著, 具体表现为耕地综合功能的提高优先发展于社会经济发展较快地区, 如南昌县、安义县等南昌市周边地区。②20 a间鄱阳湖平原耕地多功能变化趋势不同, 其中生产和景观美学功能呈现增长趋势, 生态维持和社会保障功能则出现下降趋势, 说明鄱阳湖平原耕地生产功能虽有所提高, 但难以保障日益增长的粮食、经济需求, 同时第二、三产业的飞速发展使耕地所能提供的经济贡献比重逐渐下降。③鄱阳湖平原耕地多功能发展水平受社会和自然两方面影响, 社会因素可通过实施改善农业生产基础条件, 保障农村居民最低收入, 提高农村居民医疗福利标准等政策调节, 自然环境方面则需要人类共同保护、修复生态环境。[结论] 多种因素共同影响鄱阳湖平原耕地多功能发展水平, 合理制定耕地保护利用政策、保障农村居民生活水平对提高耕地多功能发展水平具有促进作用。

**关键词:** 耕地多功能; 时空演变; 地理探测器; 驱动机制; 鄱阳湖平原

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2023)03-0245-09

中图分类号: F301.2, S341.1

**文献参数:** 张宇佳, 蔡海生, 张学玲, 等. 鄱阳湖平原耕地多功能时空演变及其驱动机制[J]. 水土保持通报, 2023, 43(3): 245-253. DOI: 10.13961/j.cnki.stbctb.2023.03.029; Zhang Yujia, Cai Haisheng, Zhang Xueling, et al. Multi-functional spatiotemporal evolution of cultivated land and its driving mechanisms in Poyang Lake plain [J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2023, 43(3): 245-253.

## Multi-Functional Spatiotemporal Evolution of Cultivated Land and Its Driving Mechanisms in Poyang Lake Plain

Zhang Yujia, Cai Haisheng, Zhang Xueling, Chen Liting, He Qinggang

(Jiangxi Natural Resources Utilization Technology and Management Innovation Research Base/

Key Laboratory of Agricultural Resources and Ecology in Poyang Lake Watershed of Ministry of

Agriculture and Rural Affairs in China/Ecology Key Laboratory of Poyang Lake in Nanchang/Development

Research Center of Selenium-rich Agricultural Industry, Jiangxi Agricultural University, Nanchang, Jiangxi 330045, China)

**Abstract:** [Objective] The spatial and temporal evolution patterns and driving mechanisms of multifunctional cropland were analyzed in order to provide support for ensuring food security and promoting the coordinated development of regional multifunctional cropland along with socio-economic development. [Methods] The entropy power method, hierarchical analysis method, comprehensive index method, GIS spatial visualization analysis, and geographic probe were used in this study. [Results] ① The comprehensive function of arable land in each county of Poyang Lake plain generally increased from 2000 to 2020, and was significantly influenced by socio-economic development level. Specifically, improvement of the comprehensive function of arable land was given priority to areas with faster socio-economic development, such as Nanchang County, Anyi County, and other areas around Nanchang City. ② Different trends of multi-functional changes were

收稿日期: 2022-09-15

修回日期: 2022-10-29

**资助项目:** 国家自然科学基金项目“鄱阳湖流域土地集约利用与生态安全耦合发展及其综合响应机制研究”(31660140); 江西省高校人文社科重点研究基地项目“乡村振兴战略下农村土地资源配资制度创新研究”(2018-32); 江西省十三五社科规划项目“新时期共享型农业经营体系的政策和机制创新研究”(17YJ11)

**第一作者:** 张宇佳(1998—), 男(汉族), 新疆维吾尔自治区塔城市人, 硕士研究生, 主要研究方向为土地资源利用、土地生态。Email: 1256455145@qq.com.

**通信作者:** 蔡海生(1972—), 男(汉族), 江西省万年县人, 博士, 教授, 主要从事土地生态、土地经济研究。Email: caihs@263.net.

observed for arable land in Poyang Lake plain during the 20 years of the study. Production and landscape aesthetic functions showed a growing trend, while ecological maintenance and social security functions show a decreasing trend. These patterns indicated that even though the production function of arable land in Poyang Lake plain improved, it was difficult to guarantee the growing food and economic demand, while the rapid development of secondary and tertiary industries gradually decreased the proportion of economic contribution that arable land can provide. ③ The multi-functional development level of arable land in Poyang Lake plain was influenced by both social and natural factors. The social factors could be regulated by policies such as improving the basic conditions of agricultural production, guaranteeing the minimum income of rural residents, and improving the medical welfare standard of rural residents, while the natural environment requires human intervention to protect and restore the ecological environment. [Conclusion] A variety of factors jointly influenced the level of multifunctional development of arable land in Poyang Lake plain, and the rational formulation of policies related to the protection and utilization of arable land and the protection of rural residents' living standards that have a facilitating effect on improving the level of multifunctional development of arable land.

**Keywords:** cultivated land multifunctionality; spatial and temporal evolution; geodetector; driving mechanisms; Poyang Lake plain

耕地是人类赖以生存的基本资源和基础条件,是可变性最强的土地利用类型之一<sup>[1-2]</sup>,同时也是农村休闲文化的主要基质和农耕文明的重要载体<sup>[3]</sup>。耕地多功能指耕地为人类生存与发展所提供的物质与非物质生产能力,除基础的粮食生产之外,同时还在提供生态保护、社会保障和景观美学等多种功能<sup>[1-2]</sup>。随着社会经济发展和城镇化进程的加快,城乡用地无序竞争、产业结构调整等现实问题的产生<sup>[1]</sup>,一味追求耕地粮食产出的土地利用模式已难以适应社会经济发展。随着生态文明建设与《中华人民共和国国民经济和社会发展规划第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》等顶层设计的持续推进,对耕地多功能性提出了更高的要求,耕地资源从以往单一的物质产出功能转变为满足基本粮食需求的同时,应对经济发展、生态环境、休闲娱乐等方面问题<sup>[4-5]</sup>。从耕地多功能研究视角出发,科学认知耕地多功能时空演变特征及驱动机制,对进行区域耕地保护,保障粮食安全和促进耕地多功能水平与社会经济发展相协调具有重要意义<sup>[6]</sup>。

耕地多功能概念起源于欧盟倡导的多功能农业领域,指农业在满足人类基本粮食需求的基础上同时具备经济、生态、文化等多项功能<sup>[7]</sup>。针对耕地保护的现实问题,国内学者已经得出以耕地单功能利用为核心的分析框架,认为耕地保护需要从耕地多功能管理转型<sup>[1-2]</sup>。2016 年全球土地计划(global land project, GLP)第三届开放科学大会中将耕地多功能性作为基础框架,以求科学认识土地利用过程中与能源、水、生态系统之间相互作用和影响。国内外学者已针对耕地多功能进行了大量研究,在研究视角上,国外学者注重于研究耕地多功能内涵、评价指标构建<sup>[8-10]</sup>,国内学者则注重于对耕地多功能理论框架构

建、内涵进行分析<sup>[11-13]</sup>;在研究尺度上,现有研究大多以省、市、县等行政区作为研究区<sup>[11-13]</sup>,目前鲜有针对以平原为典型地貌代表的传统粮食主产区进行耕地多功能研究;在耕地多功能识别上,现有研究大多参考农业多功能或“三生空间”概念,将耕地多功能识别为生产、生态、社会、文化、生活等功能<sup>[14-16]</sup>;在研究方法上,现有研究大多采用物质量法、价值量法等方法定量进行评价<sup>[17-19]</sup>;从耕地多功能之间的关系中看,现有研究大多通过相关性分析研究耕地多功能之间的耦合协调关系和权衡协同关系<sup>[20-21]</sup>。

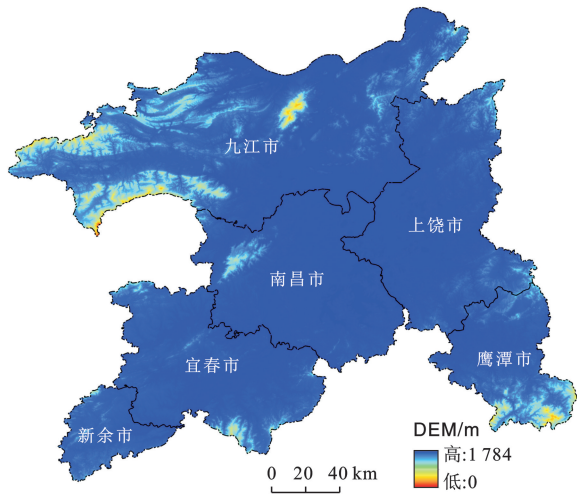
鄱阳湖平原历来是中国南方粮食主产区之一,耕地资源相对丰富。2000 年以来,鄱阳湖平原经济发展和城镇化进程加快,耕地面积减少、质量下降、破碎化等问题的出现对传统粮食主产区保障粮食安全产生了阻碍<sup>[22]</sup>。本研究以鄱阳湖平原 27 个县为研究区,从县域、网格两种尺度,运用综合指数法定量评估耕地多功能指数,通过 GIS 可视化分析在时空上分析鄱阳湖平原 2000—2020 年耕地多功能演变特征,采用地理探测器探究耕地多功能空间分异的驱动机制。研究结果可了解鄱阳湖平原耕地多功能演变特征和驱动机制,为南方平原粮食主产区因地制宜制定耕地保护和利用政策,保障粮食安全,促进耕地多功能发展水平与社会经济发展相协调提供科学依据和现实参考。

## 1 研究区概况与数据来源

### 1.1 研究区概况

鄱阳湖平原(115°01'—117°34'E, 27°32'—30°06'N),位于江西省北部,是长江和鄱阳湖支流水系冲击形成的湖滨平原,属于长江中下游平原,平原面积

41 293.89 km<sup>2</sup>,其中耕地面积 16 892.56 km<sup>2</sup>,主要分布于鄱阳湖周边县区。鄱阳湖平原内自然资源优越,不仅是南方地区重要的粮食生产基地,同时也是中国重要的水稻种植优势区。据 2020 年各县区统计年鉴显示,鄱阳湖平原人口占全省的 30%左右,GDP 约占全省的 29%。2009 年经国务院批复通过的《鄱阳湖生态经济区规划》大大提升了鄱阳湖平原的战略地位以及发展水平。本研究通过参考鄱阳湖平原相关研究<sup>[23]</sup>,结合资料收集的难易程度和区县内实际情况,选取鄱阳湖平原鄱阳县、万年县等 27 个县区进行研究,对保障粮食安全具有重大意义(图 1)。



注:该图基于自然资源部标准地图服务网站下载的审图号为 GS(2019)1822 号的标准地图制作,底图无修改。

图 1 鄱阳湖平原地形图

Fig.1 Topographic map of Poyang Lake plain

## 1.2 数据来源及处理

耕地多功能指标体系主要涉及社会经济数据、统计数据与栅格数据。社会经济数据和统计数据包括作物产量、农业产值和地区生产总值,来源于 2001, 2011, 2021 年研究区各地级市统计年鉴,部分数据来源于相关年份的《中国县域统计年鉴》和各区县国民经济和社会统计公报;栅格数据中,土地利用数据来自 GlobeLand 30 土地利用数据集(<https://globeland30.org>),分辨率为 30 m;人口数据来自 Landscan 全球人口分布数据(<https://landscan.ornl.gov/>),分辨率为 1 km;DEM 和坡度数据来源于地理空间数据云(<http://www.gscloud.cn/search>),分辨率为 30 m;土壤数据来源于世界土壤数据库(HWSD),分辨率为 1 km;植被净初级生产力数据(NPP)源自美国国家航空航天局网站(<https://urs.earthdata.nasa.gov/>),分辨率为 500 m;降雨数据采用美国气象环境预报中心(NCEP)和美国国家大气

研究中心(NCAR)联合制作的 NCEP 产品(<https://www.nco.ncep.noaa.gov>),分辨率为 30 m;本文温度数据采用 NASA 发布的 Level 1B 数据制作的 MOD11A2 C 产品(<http://nsidc.org/>),分辨率为 1 km;路网数据采用国家基础地理信息中心发布的全国道路网矢量数据集(<http://www.ngcc.cn>)。为确保研究精度,所有栅格数据均以土地利用为基准进行坐标系、分辨率统一。

## 2 研究方法

### 2.1 耕地多功能层次性及分类

耕地多功能可分为基本功能与衍生功能。首先,耕地作为一种人工改造产生的复合系统,产生的意义是满足人类生存发展所必需的基本物质需求,人类通过劳动在耕地上收获粮食、蔬菜、瓜果等农产品,故生产功能是耕地最为基本的功能;其次,耕地是生态系统的重要组成部分,不可避免地存在水源涵养、固碳释氧、维持生物多样性等生态维持功能;再次,随着社会发展进程,人口增加和经济的发展,人民群众对耕地粮食供给、人口承载要求愈发严苛,耕地社会保障功能重要性逐渐凸显;最后,随着人民群众对美好生活需要的提高,耕地作为独特的地域景观类型,一定程度上满足了城市居民观光猎奇的需求。基于耕地基本功能和衍生功能识别,将耕地多功能类型分为生产功能、生态维持功能、社会保障功能和景观美学功能。

耕地先有基础的生产功能,其次出现各种衍生功能,并且衍生功能存在动态性,随着供需关系、认知程度变化而变化,总体而言受制于社会经济发展程度,当社会经济较为落后时,耕地粮食作物产出难以满足人类必须生存条件时,往往无法考虑到耕地所存在的其他功能,或者说耕地存在的其他功能难以展现。

### 2.2 评价单元划分

受统计数据制约,耕地多功能研究往往以行政区为评价单元,难以真实反映耕地各项功能的实际分布情况,研究尺度过于宏观。采用网格作为评价单元,可以较为真实地反映出耕地各项功能值的实际分布情况及相互关系<sup>[24-25]</sup>。本研究采用县域、网格两种研究尺度对耕地综合功能值和各项功能值进行评价,县域尺度以鄱阳湖平原 27 个县区为评价单元,网格尺度通过参考相关文献<sup>[26-28]</sup>,将县区统计数据空间化至耕地地块,使用 ArcGIS 10.8 中创建渔网工具将鄱阳湖平原 27 个县区耕地划分为 5 km×5 km 的网格,共计得到 1 753 个耕地网格单元,以此为评价单元进行评价,计算公式如下:

$$P_j = \frac{P_i}{A_i} \times M \quad (1)$$

式中:  $P_j$  为第  $i$  个格网的某种社会经济指标值;  $P_i$  为第  $i$  个县区的社会经济指标值;  $A_i$  为县区耕地总面积;  $M$  为格网内耕地面积。

### 2.3 耕地多功能指标体系构建

根据耕地多功能之间的层次性,将耕地多功能识别为生产功能、生态维持功能、社会保障功能和景观美学功能四项,结合数据的可获取性与指标的可靠性,构建涉及 12 项指标的耕地多功能评价体系,具体指标见表 1。

表 1 鄱阳湖平原耕地多功能评价指标体系  
Table 1 Multifunctional evaluation index system of arable land in Poyang Lake plain

功能	指标层	性质	单因子权重	组合权重
生产功能	粮食作物单产	+	0.408 3	0.403 7
	经济作物单产	+	0.521 1	
	单位耕地面积农业产值	+	0.070 7	
生态维持功能	耕地固碳释氧	+	0.505 7	0.335 7
	耕地生境质量	+	0.302 6	
	耕地破碎度	-	0.191 7	
社会保障功能	单位耕地面积承载人口数	+	0.297 2	0.108 1
	城乡居民收入比	+	0.474 6	
	农业对 GDP 贡献	+	0.228 2	
景观美学功能	聚集度指数	+	0.567 3	0.152 5
	形状指数	-	0.178 9	
	植被覆盖率	+	0.253 8	

2.3.1 生产功能 耕地生产功能是耕地的基本功能,对保障国家、地区粮食安全具有重大意义。耕地生产功能主要体现为耕地的作物、经济产出。因此选择粮食、经济作物单产和单位耕地面积产值等指标。

2.3.2 生态功能 耕地作为陆地生态系统中的必要元素,同样承担着生态系统所具备的服务功能。结合数据可获取性,选取固碳释氧量、生境质量和耕地破碎度 3 项指标,固碳释氧量根据植被净初级生产力(NPP)计算得出,生境质量使用 Invest 模型计算,耕地破碎度使用 Fragstats 4.2 软件计算得出。固碳释氧量是耕地生态系统进行调节服务的重要体现,耕地破碎度则是耕地生态系统自身质量的体现,耕地破碎度越高对耕地质量影响越严重,不利于耕地生态系统继续提供生态维持功能。

2.3.3 社会保障功能 耕地社会保障功能体现在耕地对社会人口、经济的支撑作用。本文主要考虑耕地在社会发展进程下,持续对人口承载、粮食供给和经济贡献等方面起到的作用,选取单位耕地面积承载人

口数、城乡居民收入比和农业占地区生产总值的比重等指标,各项指标数据来源自统计年鉴,并根据式(1)空间化至耕地。

2.3.4 景观美学功能 耕地的景观美学功能是指耕地为人们提供审美享受的功能,随着休闲农业、乡村旅游的兴起,耕地的可观赏性愈发突出<sup>[29-30]</sup>,越来越多的城市居民前往参观。从耕地自身的景观价值和耕地地块与其他类型结合的角度考虑,选取耕地聚集度、形状指数和植被覆盖度体现耕地的美学景观功能,其中耕地聚集度、形状指数使用 Fragstats 4.2 软件计算得出,植被覆盖度利用 ArcGIS 10.8 提取植被净初级生产力得到。

### 2.4 数据标准化及赋权

2.4.1 指标标准化 耕地多功能评价指标涉及经济、农业、人口和生态等方面指标,各指标单位、正负性质均不同,需对各指标进行标准化处理。采用极差标准化处理,消除量纲并将所有指标数值、方向归一化处理。

正向指标:

$$x'_{ij} = \frac{x_{ij} - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}} \quad (2)$$

负向指标:

$$x'_{ij} = \frac{x_{\max} - x_{ij}}{x_{\max} - x_{\min}} \quad (3)$$

式中:  $x'_{ij}$  表示第  $i$  个评价单元指标  $j$  的值;  $x_{\max}$  表示第  $j$  个指标的最大值;  $x_{\min}$  表示第  $j$  个指标的最小值;  $x'_{ij}$  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。

2.4.2 权重确定 目前常用的赋权方法包括主观赋权和客观赋权两种,主观赋权包括层次分析法(AHP)、特尔斐法,客观赋权包括熵权法、变异系数法等。为保证赋权不受主客观影响,采用主客观赋权相结合,使用熵权法及层次分析法组合赋权,采用综合权重计算耕地多功能指数。

计算公式如下:

$$y_{ij} = \frac{x'_{ij}}{\sum_{i=1}^m x'_{ij}} \quad (4)$$

$$e_j = -k \sum_{i=1}^m (y_{ij} \times \ln y_{ij}) \quad (5)$$

$$d_j = 1 - e_j \quad (6)$$

$$w_{sj} = \frac{d_j}{\sum_{j=1}^n d_j} \quad (7)$$

$$w_j = \frac{w_{sj} + w_{kj}}{2} \quad (8)$$

式中:  $y_{ij}$  为第  $i$  个评价单元的第  $j$  项评价指标;  $x'_{ij}$  表

示第  $i$  个评价单元指标  $j$  经处理后的标准值;  $e_j$  为第  $j$  个指标的信息熵;  $d_j$  为信息熵冗余度;  $k$  为常数;  $\omega'_{sj}$  为第  $j$  个指标客观权重;  $\omega_{kj}$  为第  $j$  个指标主观权重;  $\omega_j$  为单因子权重。其中  $k = \frac{1}{\ln m}$ ;  $m$  为评价单元数量。

2.4.3 耕地各项功能值测算 经过数据标准化和赋权,采用综合指数模型计算鄱阳湖平原耕地多功能值。

计算公式为:

$$U = \sum_{j=1}^n (x'_{ij} \times \omega_j) \quad (9)$$

式中:  $U$  为耕地多功能指数;  $j$  为评价指标;  $\mu$  为该项功能评价单元数量。

通过参考相关文献<sup>[31]</sup>,将耕地综合功能指数和各项功能指数等分为 5 个等级,分级标准见表 2。

表 2 耕地功能指数等级划分

Table 2 Classification of cropland function index levels

级别	耕地功能指数	耕地多功能等级
I	$0.8 < U \leq 1$	高
II	$0.6 < U \leq 0.8$	较高
III	$0.4 < U \leq 0.6$	中
IV	$0.2 < U \leq 0.4$	较低
V	$0 < U \leq 0.2$	低

## 2.5 耕地多功能驱动机制分析

地理探测器是基于空间分异理论探究变量的驱动机制和影响因子之间的交互作用与空间关联的统计学方法,该模型包括因子探测器、交互作用探测器、风险探测器以及生态探测器<sup>[32]</sup>。本研究借助 GeoDetector 2015 软件的因子探测器、交互作用探测器,进行研究区耕地多功能指数空间分异驱动机制分析。驱动因子及离散化方法见表 3。

表 3 驱动因子及离散化方法

Table 3 Driving factors and discretization methods

因子类别	驱动因子	因子代码	离散化方法	类型数量
社会因子	农村人口	$X_1$	自然断点法	6
	农村人均收入	$X_2$		
	距建设用地距离	$X_3$		
	距公路距离	$X_4$		
自然因子	土壤质地	$X_5$	自然断点法	7
	DEM	$X_6$		
	坡度	$X_7$		
	距水源距离	$X_8$		

## 3 结果与分析

### 3.1 耕地综合功能时空演变

鄱阳湖平原各县区耕地综合功能值和空间分布

如图 2—3 所示。2000—2020 年,鄱阳湖平原各县区耕地综合功能值总体呈上升趋势,具体表现为较高值区增加、较低值区减少。从时间变化来看,2000 年鄱阳湖平原共有 11 个县区耕地多功能值处于较低水准,无低值区,而到了 2020 年,仅有浔阳区等 5 个县区处于较低值及低值区,其中浔阳区为唯一低值区,各县区耕地综合功能平均值也从 0.44 上升至 0.50,提升了 13.64%。从空间上看,鄱阳湖平原耕地综合功能具有较强的空间聚集性,呈现出“南高北低”的空间分布格局,较高值区出现以南昌市、鄱阳湖为中心向四周扩散的趋势,其中耕地综合功能较高值区位于平原中部南昌市周边和鄱阳湖东南部,包括新建区、丰城市、鄱阳县等县区,究其原因因为上述地区经济发展较快,土地垦殖率高,农业基础设施较为完善,农业现代化发展水平较高,较充分地发挥出耕地各项功能;耕地综合功能中值区分布于平原北部、西南部、东南部,距南昌市或鄱阳湖区较远,耕地质量相对较低,其中各县区各项指标差异较小,共同点为经济发展相对缓慢,对农业发展起到的促进作用较小;较低值区相对前两者占比较少,主要分布于西南部的九江市,具体原因为该地区耕地面积相对较小,生产功能和社会保障较低,从而导致耕地综合功能在平原处于较低水平。

### 3.2 耕地多功能时空演变

3.2.1 生产功能 鄱阳湖平原耕地多功能空间分布格局见图 4。2000—2020 年鄱阳湖平原生产功能呈先上升,后下降的倒 U 型曲线,总体呈“东北高,西南低”的空间分布格局,空间分异明显。网格平均生态功能值由 2000 年的 0.37 上升至 0.40,其中较低值区由 2000 年的 307 个网格减少至 2020 年的 49 个,生产功能呈上升趋势。在空间分布上,耕地生产功能的高值区无明显变化,集中于南昌市周边,该地区距离中心城区较近,耕地开发强度大,垦殖率高,农民人均收入较高,并且随着农业基础设施不断完善,粮食作物和经济作物单产均在研究区范围内处于较高水平,说明规模化经营对耕地生产功能提升效果显著。其余大部分地区耕地生产功能均处于中等水平,较低值区和低值区主要位于九江柴桑区、武宁县一带,该地区耕地面积较小,农作物种植面积较少,耕地垦殖率较低。

3.2.2 生态维持功能 鄱阳湖平原耕地生态功能在 20 a 间呈下降趋势,在空间分布上总体呈“中间高,四周低”的空间分布格局。网格平均生态维持功能值由 0.70 下降至 0.65,但生态维持功能较高值区及高值区范围有所增加,由 2000 年的 1 156 个网格增加至

1 226个网格。在县区分布上,2020年平原范围内大部分仍为高值区和较高值区,主要位于上饶鄱阳县、宜春丰城、高安市一带,较低值区则位于九江市柴桑区、鹰潭市余江区一带,该地区主要为建设用地,受城

市扩张影响较大,城镇化进程导致城市加速扩张,城市周围耕地面积减少,耕地与建设用地冲突程度加深,导致耕地破碎化现象发生,从而导致生态维持功能的下降。

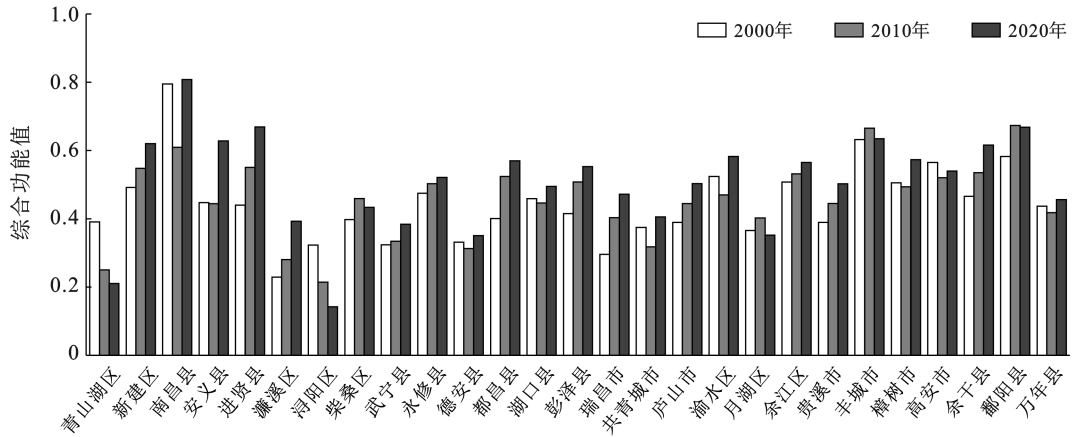


图 2 2000—2020年鄱阳湖平原县区综合功能值

Fig.2 Comprehensive function value of counties in Poyang Lake plain from 2000 to 2020

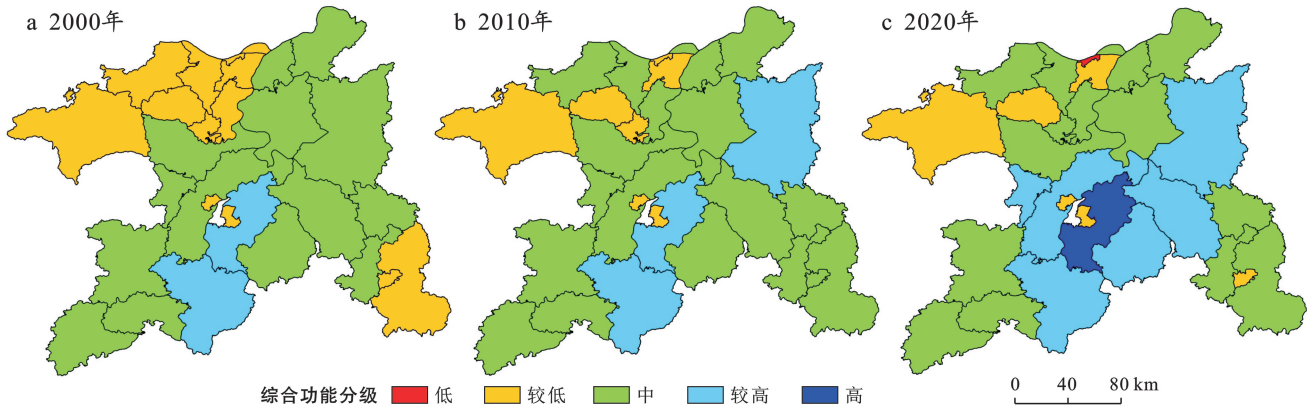


图 3 2000—2020年鄱阳湖平原各个县区耕地综合功能时空分布

Fig.3 Spatial and temporal distribution of comprehensive function of arable land in counties of Poyang Lake plain from 2000 to 2020

**3.2.3 社会保障功能** 2000—2020年鄱阳湖平原耕地社会保障功能总体呈下降趋势,耕地生态保障功能平均值由 0.51 下降至 0.39,说明耕地社会保障功能逐渐难以满足随着社会经济发展与人口的不断增加,具体因为人口的增加导致单位耕地面积所需承载的人口数量越来越多,并且第二、三产业的飞速发展使得农业对经济贡献的作用减小,从而体现为耕地的社会保障功能不断下降。2000年研究区内耕地社会保障功能较高值区与高值区共有 349 个网格,但 2020年整个研究区内无较高值区和高值区,耕地社会保障功能下降明显。空间分布较为均匀,具有明显的空间聚集特征。

**3.2.4 景观美学功能** 2000—2020年鄱阳湖平原耕

地景观美学功能呈明显的上升趋势,格网平均值由 0.76 上升至 0.91,从格网数量上看,2000年耕地景观美学功能共有 303 个网格处于较高值以下,而 2020年研究区范围内仅有 1 个网格为低值区,其余均为较高值或高值区。究其原因为近年来江西省大力开展高标准农田建设,《关于切实加强高标准农田建设巩固粮食主产区地位的实施意见》(赣府厅发〔2020〕14 号)文件中明确指出至 2020 年预计完成高标农田建设  $1.88 \times 10^6 \text{ hm}^2$ ,各县区均有相关任务指标,高标准农田建设不仅提高了耕地质量,同时对耕地地块集中连片程度、地块形状规则度得到了一定改善,并且近年来耕地撂荒政策的发布使得耕地撂荒现象减少,提高了耕地的植被覆盖度,最终提高了耕地的景观美学功能。

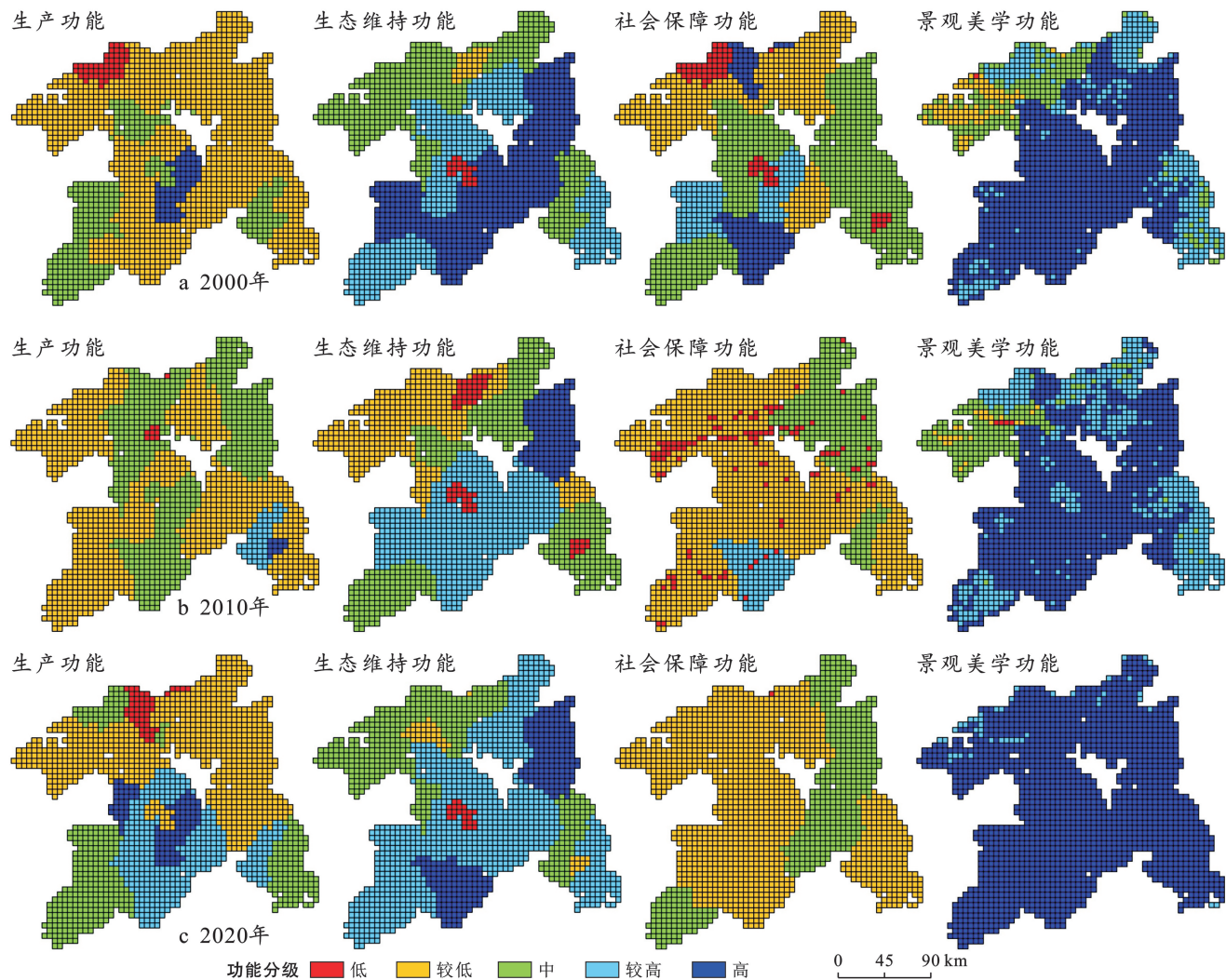


图 4 2000—2020 年鄱阳湖平原耕地 4 项功能空间分布特征

Fig.4 Spatial distribution characteristics of 4 functions of arable land in Poyang Lake plain from 2000 to 2020

### 3.4 耕地多功能驱动机制分析

3.4.1 单因子探测分析 单因子探测结果见表 4。鄱阳湖平原耕地多功能受多种因素共同影响,不同驱动因子对耕地多功能空间分异的解释力差异明显。2020 年各因子对鄱阳湖平原耕地多功能的解释力从大到小为  $X_1$  (农村人口)  $> X_2$  (农村人均收入)  $> X_6$  (高程)  $> X_8$  (距河流距离)  $> X_7$  (坡度)  $> X_3$  (距建设用地距离)  $> X_5$  (土壤质地)  $> X_4$  (距公路距离),结果显示社会因子和自然因子对耕地多功能影响均较为

显著,其中农村人口数量和农村人均收入的解释力分别为 0.473 6,0.397 3,说明社会因子是推动鄱阳湖平原耕地多功能变化的重要驱动因子。随着城镇化进程的加快,农村人口向城市转移导致农业从业人员数量降低,但近年来受新冠病毒对粮食进出口的影响,粮食作物价格正逐年上升,对稳固农村农业从业人员数量有一定积极帮助,对未来鄱阳湖平原耕地多功能提升也有一定的促进作用,但近年来极端气候频发同时对耕地多功能发展具有一定的负作用。

表 4 2020 年鄱阳湖平原耕地多功能驱动因子探测结果 ( $q$ )

Table 4 Detection results ( $q$ ) of multifunctional drivers of arable land in Poyang Lake plain in 2020

驱动因子	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$X_5$	$X_6$	$X_7$	$X_8$
$q$ 值	0.473 6*	0.397 3*	0.057 8*	0.012 0*	0.054 8	0.135 8*	0.105 7*	0.108 0*

注: \* 表示  $p < 0.01$ 。

3.4.2 交互作用探测分析 交互探测用来探测两个影响因子的交互作用是否会影响单因子对因变量的

解释力,交互探测结果见图 5。2020 年因子交互作用呈现双因子增强和非线性增强,说明鄱阳湖平原耕地

多功能空间分异是多因子共同作用的结果。其中农村人口和农村人均收入交互解释力最强,达到 0.83;其次是农村人口和农村人均收入与其他因子交互后解释力均有所提高,体现了耕地作为人类改造自然的产物,同时受人类社会和自然环境两方面的影响,二者共同作用于耕地,共同推动耕地多功能发展和空间分异性的产生。

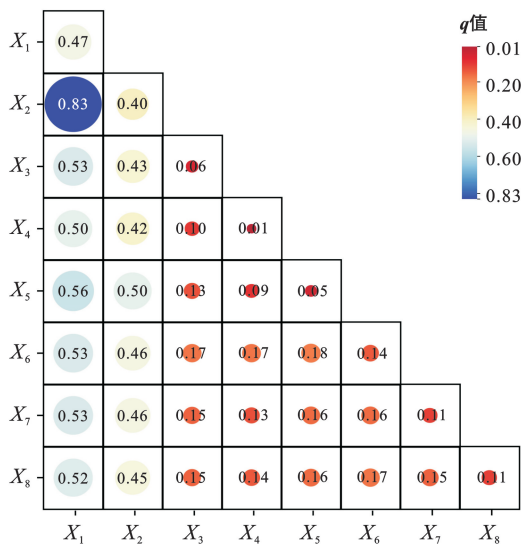


图 5 2020 年鄱阳湖平原耕地多功能驱动因子交互探测结果  
Fig.5 Interaction detection results of multifunctional drivers of cropland in Poyang Lake plain in 2020

## 4 结论与讨论

### 4.1 结论

本研究以传统农业生产区鄱阳湖平原为例,从耕地生产、生态维持、社会保障和景观美学功能 4 项功能出发,对鄱阳湖平原 2000—2020 年耕地多功能进行评价,一定程度上丰富了有关粮食主产区耕地多功能研究,并得到了相关政策启示:①因地制宜制定耕地保护利用政策,鼓励发展农业科技创新,提高农业基础设施发展水平。②出台文件以提高农村居民人均最低收入标准,完善农村居民基本社会福利,保障农村人口数量。研究结果可为传统农业种植区改进耕地利用方式、促进耕地多功能协同发展和提高耕地利用效率提供参考借鉴,从而提升耕地各项功能协同发展水平。

(1) 2000—2020 年鄱阳湖平原各县区耕地综合功能总体呈上升趋势,受经济水平影响显著,优先发展于经济发展较快地区。

(2) 20 年间鄱阳湖平原耕地 4 种功能变化趋势不同。鄱阳湖平原耕地生产和景观美学功能呈现增长趋势,生态维持和社会保障功能则出现下降趋势,

说明鄱阳湖平原耕地生产功能虽有所提高,但难以保障日益增长的粮食、经济需求。

(3) 社会因素和自然环境共同影响鄱阳湖平原耕地多功能发展。鄱阳湖平原耕地多功能发展水平受社会和自然两方面影响,社会因素可通过实施改善农业生产基础条件,保障农村居民最低收入,提高农村居民医疗福利标准等政策调节,自然环境方面则需要人类共同保护、修复生态环境。

### 4.2 讨论

探究典型地域粮食主产区的耕地多功能时空演变特征及其驱动机制对于理解耕地保护转型背景下的资源优化配置、制定合理的区域土地管理与规划政策至关重要。

驱动力分析显示农村人口数量对耕地多功能价值影响最为强烈,三农问题一直是国家最为关心的问题,受耕地面积与社会经济发展双重制约,农民数量的过多或过少都会对耕地多功能价值的实现产生影响。从中国国情来看,过多的农民数量一定程度上会导致农民收入的下降,如何把握农民数量,在确保社会经济发展的前提下保障粮食安全,提升耕地多功能价值应当是后续研究的重点问题。

本研究以耕地多功能为切入点,对其时空演变和驱动机制进行研究,但同样存在一定的不足之处。

(1) 指标体系构建。耕地多功能受多种因素影响,所构建的评价指标体系和选取的指标因子受制于主观影响和资料获取的难易程度,可能对研究结果造成一定的偏差。

(2) 研究结果。结果中发现鄱阳湖平原耕地多功能总体呈上升趋势、多功能之间演变趋势不同,该结论具有一定的现实意义,但针对具体的管理措施还需考虑未来发展策略,与国土空间规划等各类规划相衔接。

针对上述不足之处,后续研究应更加全面考虑耕地多功能的影响因素,选取更加具有代表性的指标;在驱动机制研究中,应考虑到政策因素对耕地多功能的影响,后续研究中应尝试将政策量化,从更小尺度入手、细化耕地多功能类别,构建更适宜、准确的评价指标体系,选取更加全面的驱动因子。

### [ 参 考 文 献 ]

- [1] 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.
- [2] Yan Yuchao, Liu Xiaojuan, Wen Youyue. Quantification of the relationship among cropland area, cropland management measures, and cropland productivity using panel data model [J]. International Journal of Plant Pro-



- duction, 2020, 14(4):689-702.
- [3] 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.
- [4] 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.
- [5] 赵志尚.耕地多功能权衡与协同的时空变化研究:以湖北省为例[D].湖北武汉:华中农业大学,2017.
- [6] 姜广辉,张凤荣,孔祥斌,等.耕地多功能的层次性及其多功能保护[J].中国土地科学,2011,25(8):42-47.
- [7] 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.
- [8] Gómez Sal A, González García A. A comprehensive assessment of multifunctional agricultural land-use systems in Spain using a multi-dimensional evaluative model [J]. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 2007, 120(1):82-91.
- [9] Zhu Yonghua, Luo Pingping, Zhang Sheng, et al. Spatiotemporal analysis of hydrological variations and their impacts on vegetation in semiarid areas from multiple satellite data [J]. *Remote Sensing*, 2020, 12(24):4177.
- [10] Vereijken P H. Transition to multifunctional land use and agriculture [J]. *NJAS-Wageningen Journal of Life Sciences*, 2003, 50(2):171-179.
- [11] 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.
- [12] 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.
- [13] 许多艺,濮励杰,黄思华,等.江苏省耕地多功能时空动态分析及对耕地数量变化响应研究[J].长江流域资源与环境,2022,31(3):575-587.
- [14] 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.
- [15] 蒙吉军,郭力仁,朱丽君,等.黑河中游耕地多功能性时空变化及权衡[J].应用基础与工程科学学报,2021,29(4):823-835.
- [16] 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.
- [17] 高星,宋昭颖,李晨曦,等.城乡梯度下的耕地多功能价值空间分异特征[J].农业工程学报,2021,37(16):251-259.
- [18] 方斌,吴次芳,吕军.耕地质量多功能技术评价指标研究:以平湖市为例[J].水土保持学报,2006,20(1):177-180.
- [19] 马凤娇,刘金铜.基于能值分析的农田生态系统服务评估:以河北省栾城县为例[J].资源科学,2014,36(9):1949-1957.
- [20] 田雪萍.北京市耕地多功能性及与社会经济耦合关系研究[D].北京:中国地质大学(北京),2014.
- [21] 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.
- [22] Tilman D, Cassman K G, Matson P A, et al. Agricultural sustainability and intensive production practices [J]. *Nature*, 2002, 418(6898):671-677.
- [23] 申格,王聪,余强毅,等.2001—2020年鄱阳湖平原耕地复种时空变化研究[J].中国农业资源与区划,2021,42(12):132-143.
- [24] 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.
- [25] 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.
- [26] 陈理庭,蔡海生,张婷,等.基于 Markov-FLUS 模型的饶河流域土地利用多情景模拟分析[J].生态学报,2022,42(10):3947-3958.
- [27] 陈艺,蔡海生,张学玲,等.基于 MCE 的饶河流域国土空间生态质量综合评价及其空间分异[J].生态学报,2021,41(6):2236-2247.
- [28] 何庆港,蔡海生,张学玲,等.基于景观格局及元胞自动机—马尔科夫模型的县域生态风险评价:以江西省婺源县为例的实证研究[J].林业经济,2020,42(8):50-63.
- [29] 黄祖辉,宋文豪,成威松,等.休闲农业与乡村旅游发展促进农民增收了吗?:来自准自然实验的证据[J].经济地理,2022,42(5):213-222.
- [30] 郭焕成,吕明伟.我国休闲农业发展现状与对策[J].经济地理,2008,28(4):640-645.
- [31] 卫新东,林良国,罗平平,等.耕地多功能耦合协调发展时空格局与驱动力分析[J].农业工程学报,2022,38(4):260-269.
- [32] 王劲峰,徐成东.地理探测器:原理与展望[J].地理学报,2017,72(1):116-134.