doi:10.6041/j.issn.1000-1298.2025.11.034

丘陵山区耕地“林果化”空间分异与驱动机制研究

林建平[1]　黄　坤[1]　邓爱珍[2]　徐紫盈[3]　陈锦棋[4]　余雯慧[1]　吴春妹[1]
张佩怡[1]　陈永林[1]

（1.赣南师范大学地理与环境工程学院，赣州 341000；2.江西应用技术职业学院，赣州 341000；
3.江西财经大学公共管理学院，南昌 330045；4.江西农业大学国土资源与环境学院，南昌 330045）

摘要：揭示耕地“林果化”空间分异特征及驱动因素对科学管理耕地、稳定粮食生产具有重要意义。以江西省赣州市安远县为研究区，从地形地貌、资源禀赋、区位条件、社会经济与区域政策 5 方面选取 20 项指标，系统构建耕地“林果化”驱动因子指标体系，并采用空间计量模型，研究耕地“林果化”空间分异及驱动机制。结果表明：2009—2022 年，安远县耕地“林果化”总面积为 4 693.81 hm^2，耕地“林果化”率为 20.98%，其中，耕地转为园地、林地面积分别为 1 497.04、3 196.77 hm^2，分别占耕地“林果化”率的 6.69%、14.29%。空间聚类分析表明，耕地“林果化”高值聚集区主要集中在县城周边及安远县四周，县城周边由于人口密集带动了对林果产品的需求，安远县四周主要为丘陵山区，自然条件和地理特性适合发展林果业，加之政策上的支持共同促进了耕地“林果化”。空间计量模型分析结果表明，耕地“林果化”是自然资源、社会经济及区域政策等多重因素共同作用的结果。本文深入研究了耕地“林果化”空间异质性，系统厘清了南方丘陵地区耕地“林果化”时空分布格局与驱动机理，为合理调控耕地“林果化”和保障国家粮食安全提供依据。

关键词：耕地“林果化”；空间分异；驱动机制；空间计量模型；丘陵山区

中图分类号：F301.21　　**文献标识码**：A　　**文章编号**：1000-1298(2025)11-0359-10　　**OSID**：

Spatial Differentiation and Driving Mechanism of Conversion of Cultivated Land to Orchards in Hilly and Mountainous Areas

LIN Jianping[1]　HUANG Kun[1]　DENG Aizhen[2]　XU Ziying[3]　CHEN Jinqi[4]　YU Wenhui[1]
WU Chunmei[1]　ZHANG Peiyi[1]　CHEN Yonglin[1]

(1. *School of Geography and Environmental Engineering*, *Gannan Normal University*, *Ganzhou* 341000, *China*
2. *Jiangxi College of Applied Technology*, *Ganzhou* 341000, *China*
3. *School of Public Administration*, *Jianxi University of Finance and Economics*, *Nanchang* 330045, *China*
4. *College of Land Resources*, *Environment and Engineering*, *Jiangxi Agricultural University*, *Nanchang* 330045, *China*)

Abstract: Revealing the spatial differentiation characteristics and driving factors of conversion of cultivated land to orchards is of great significance for scientific management of cultivated land and stable grain production. Taking Anyuan County, Ganzhou City, Jiangxi Province as the research area, totally 20 indicators were selected from five aspects: topography, resource endowment, location conditions, social economy and regional policy, and the index system of correlation factors of conversion of cultivated land to orchards was systematically constructed. The spatial econometric model was used to study the spatial differentiation and driving factors of conversion of cultivated land to orchards. The results showed that from 2009 to 2022, the total area of conversion of cultivated land to orchards in Anyuan County was 4 693.81 hm^2, and the rate of conversion of cultivated land to orchards was 20.98%. Among them, the area of cultivated land converted to garden land and forest land was 1 497.04 hm^2 and 3 196.77 hm^2,

收稿日期：2024-07-30　修回日期：2024-09-13

基金项目：江西省社会科学“十四五”(2024 年)基金项目(24GL59D)、大学生创新训练项目(202510418017)、国家自然科学基金项目(42461030)和赣南师范大学研究生创新基金项目(YCXJ24-A01)

作者简介：林建平(1977—)，男，讲师，博士，主要从事土地资源管理与国土空间规划研究，E-mail：linjianping0530@163.com

通信作者：陈永林(1977—)，男，教授，博士，主要从事土地利用与环境地理研究，E-mail：gnsycyl@163.com

accounting for 6.69% and 14.29% of the rate of conversion of cultivated land to orchards, respectively. Spatial clustering analysis showed that the high-value clustering areas of conversion of cultivated land to orchards were mainly concentrated around the county and Anyuan County. Due to the dense population around the county, the demand for forest and fruit products was driven. The surrounding areas of the county were mainly hilly and mountainous areas. Natural conditions and geographical characteristics were suitable for the development of forest and fruit industry. In addition, policy support jointly promoted the problem of conversion of cultivated land to orchards. The results of the spatial econometric model analysis showed that the conversion of cultivated land to orchards was the result of the joint action of multiple factors such as natural resources, social economy and regional policies. The spatial heterogeneity of conversion of cultivated land to orchards was deeply studied, and the spatial and temporal distribution pattern and driving mechanism of conversion of cultivated land to orchards in hilly areas of southern China were systematically clarified, which can improve scientific cognition, rationally regulate conversion of cultivated land to orchards, and ensure national food security.

Key words: conversion of cultivated land to orchards; spatial differentiation; driving mechanism; spatial econometric model; hilly and mountainous areas

0 引言

耕地是粮食生产的基础,保障粮食安全根本在耕地[1]。然而,随着我国经济的快速发展,以及新型工业化、城镇化建设的深入推进,耕地保护面临多重压力:一方面,耕地不同程度地存在数量减少和质量退化;另一方面,由于粮食作物的比较收益低于经济作物,农户为了追求更高的经济利益,倾向于将耕地用于种植水果、茶叶等经济价值更高的作物,部分耕地流向园地、林地,导致耕地“林果化”趋势明显[2]。据第三次全国国土调查数据显示,自第二次全国土地调查以来的 2009—2019 年 10 年间,全国耕地减少 7.53×10^6 hm^2,其中,耕地净流向林地 7.47×10^6 hm^2,净流向园地 4.20×10^6 hm^2,占用耕地植树造绿、发展林果牧渔业等问题突出[3]。南方丘陵山区由于其独特的气候资源与地理条件,自古以来就有发展多样化农业的传统,在乡村振兴战略背景下,耕地用于发展林业、果业、茶业等“林果化”问题更加凸显,严重威胁国家粮食安全[4]。我国高度重视耕地保护,出台了一系列对耕地实行特殊保护和用途管制的政策措施。2020 年印发的《关于防止耕地非粮化稳定粮食生产的意见》明确要求将有限的耕地资源优先用于粮食生产,严格控制耕地转为林地、园地等其他类型农用地。2023 年 12 月通过的《中华人民共和国粮食安全保障法》明确提出严格控制耕地转为林地、草地、园地等其他农用地。因此,正确、系统厘清丘陵地区耕地“林果化”的时空演变及驱动机制,对于科学认知和合理调控耕地“林果化”、保障国家粮食安全具有重要的意义。

当前,学者围绕耕地“非粮化”的内涵特点[5]、时空分布[6]、驱动机制[7]等方面展开了大量研究,但对“林果化”这一特殊的耕地“非粮化”形式研究较少。现有研究大部分集中在耕地“林果化”时空演变特征[8]、驱动因素[9]、空间分异[4]、空间优化布局[10]上,主要通过空间自相关、核密度等方法[11]研究耕地“林果化”空间分异特征,并从自然禀赋等方面构建评价指标体系,探索耕地“林果化”形成原因[12]。同时,以耕地质量评价为基础识别“耕-果”错位空间[10]。然而,既有研究在以下方面仍存在不足,有待进一步研究。在多学科交叉融合方面,综合运用地理学、经济学、社会学等多学科交叉研究耕地“林果化”研究较少。在驱动机制方面,主要通过农用地自然质量、立地条件、区位因子、生态环境等方面选取指标构建适宜性评价体系,探寻耕地与其他农用地最适宜布局区域,但较少考虑地形地貌、土地适宜性对农用地空间的影响。在布局优化方面,先后采用随机变量约束模型,通过不同约束条件的影响程度确定土地的最优布局方案,或基于经济与生态目标借助 Landscape 模型优化土地空间配置,但研究成果多基于资源环境承载力与数量规模,导致空间优化结果与方案实地落实之间还有较大差距。在研究区域方面,对南方丘陵山区林地多、耕地细碎零散、农作物种植多宜性这一特定区域的耕地利用研究较少。

综上,南方丘陵地区耕地“林果化”空间分异特征及驱动机制,耕地资源条件、区位、经济与政策等因素对“林果化”的影响程度,管控耕地“林果化”措施,均亟待研究。基于此,本文以南方丘陵山区典型县江西省赣州市安远县为研究区,从“林果化”耕地地形地貌、自然禀赋、区位条件、经济与政策等因素,系统构建耕地“林果化”驱动因子,并采用空间滞后模型,分析造成耕地“林果化”影响

因子，探究耕地“林果化”形成机理，为丘陵山区耕地与果园空间布局优化、耕地功能恢复及科学防控提供依据。

1　研究区概况与数据来源

1.1　研究区概况

安远县位于江西省南部，赣州市东南部，地处长江水系赣江上游和珠江水系东江源发源地，地理坐标为 115° 09′ 52″ ~ 115° 37′ 13″ E，24° 52′ 18″ ~ 25°36′52″N，国土总面积为 2 350 km^2。全县辖 8 镇 10 乡 152 个行政村。安远县地处南岭山脉的延续地带，属中低山与丘陵区，境内群山连绵，以中低山为主，是典型的丘陵山区县（图 1）。安远县属中亚热带南缘湿润季风气候区，境内日照充足，热量丰富，气候温和，降水丰沛，无霜期长，四季分明，受季风影响，气候规律性强，年平均气温 19.2℃，年降水量1 338.9 mm。根据安远县 2023 年国民经济和社会发展统计公报，全县常住人口 34.72 万人，人均耕地面积 0.044 hm^2，远低于全国人均耕地面积 0.097 hm^2。全县山地坡度在 25°以下、最优适栽柑橘山地面积 23 333 hm^2，目前已建成优质柑橘生产基地 16 293.33 hm^2。安远县先后被评为无公害脐橙生产示范基地县、全国优质园艺产品（脐橙）出口示范区，列入赣南湘南桂北柑橘产业优势区。

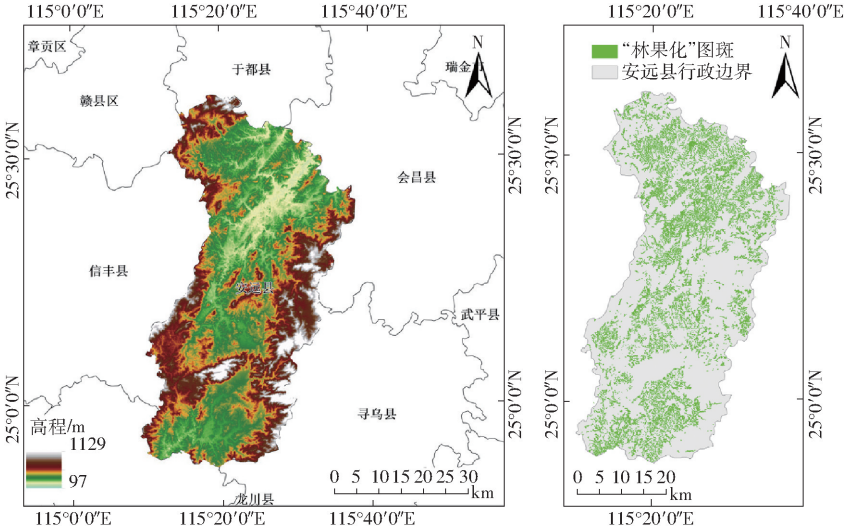


图 1　安远县地理区位与耕地“林果化”地块分布图

Fig. 1　Distribution map of geographical location and ‘forestry and fructification’ of arable land plots in Anyuan County

1.2　数据来源与处理

数据主要来源于安远县 2009 年第二次全国土地调查、2019 年第三次全国国土调查、2022 年土地利用现状变更库、2019 年耕地质量等别更新成果数据、数字高程模型（DEM）、统计年鉴等。其中，耕地“林果化”图斑和田块与道路、农村居民点、水域距离等以安远县 2022 年土地利用现状变更库为基础，利用 ArcGIS 进行提取和近邻分析。土壤 pH 值、土层厚度、土壤质地、有机质含量从安远县耕地质量等别更新数据库中提取。30 m × 30 m 分辨率 DEM 数据从地理空间数据云（http://www.gscloud.cn）下载获取，分别提取高程、坡度和地形起伏信息。运用 ArcGIS 软件对上述数据资料进行前期处理和分析，完成相关数据可视化制图。

2　研究思路和方法

2.1　耕地“林果化”内涵与数据提取

耕地“林果化”是指农业经营主体在自然、社会、经济等因素作用下，出于经济利益、政策引导或其他原因，将原本种植粮食作物的耕地转而种植果树、茶树、林木等木本作物的行为。耕地“林果化”是耕地“非粮化”的一种表现形式。耕地“林果化”可能对生态环境产生正面或负面影响。一方面，耕地“林果化”通过增加绿化面积，有助于提高生物多样性、减少水土流失、改善区域气候和生态环境，同时丰富了农产品种类，可能带来比传统粮食作物更高的经济收益，提高农户收益。另一方面，虽然耕地“林果化”增加了农户收入、满足多样化农产品需求，但由于林木根系扎入土壤深部，大量吸收土壤养分和水分，造成耕作层土壤贫瘠和理化性质破坏[13]。同时，耕地“林果化”加剧耕地破碎化。过度的耕地“林果化”将严重威胁粮食安全和经济社会稳定。基于对耕地“林果化”概念的的界定，运用 ArcGIS 软件提取“二调”耕地，并与 2022 年土地利用现状变更数据进行叠加分析，提取“二调”为耕地、2022 年土地利用现状变更数据为林地、园地图斑，以此计算 2009—2022 年以来耕地“林果化”水平，计算式为

$$G_t = \frac{F_t}{S_t} \times 100\% \quad (1)$$

式中 G——耕地“林果化”率,%

F——耕地“林果化”面积

S——“二调”耕地面积

t——研究区行政村编码

2.2 研究思路

研究技术路线(图 2)为:①收集地形、气候、土壤等自然条件数据,土地利用类型、面积、位置等土地利用变化数据,人口、GDP 等社会经济数据组建数据集。②运用 ArcGIS 10.2 进行空间分析,识别耕地“林果化”空间分异特征。③从地形地貌、资源禀赋、区位条件、社会经济、区域政策等方面,构建耕地“林果化”驱动指标,运用 Stata 17.0 软件,采用空间计量模型识别耕地“林果化”驱动因子。④提出相关耕地“林果化”管控措施。

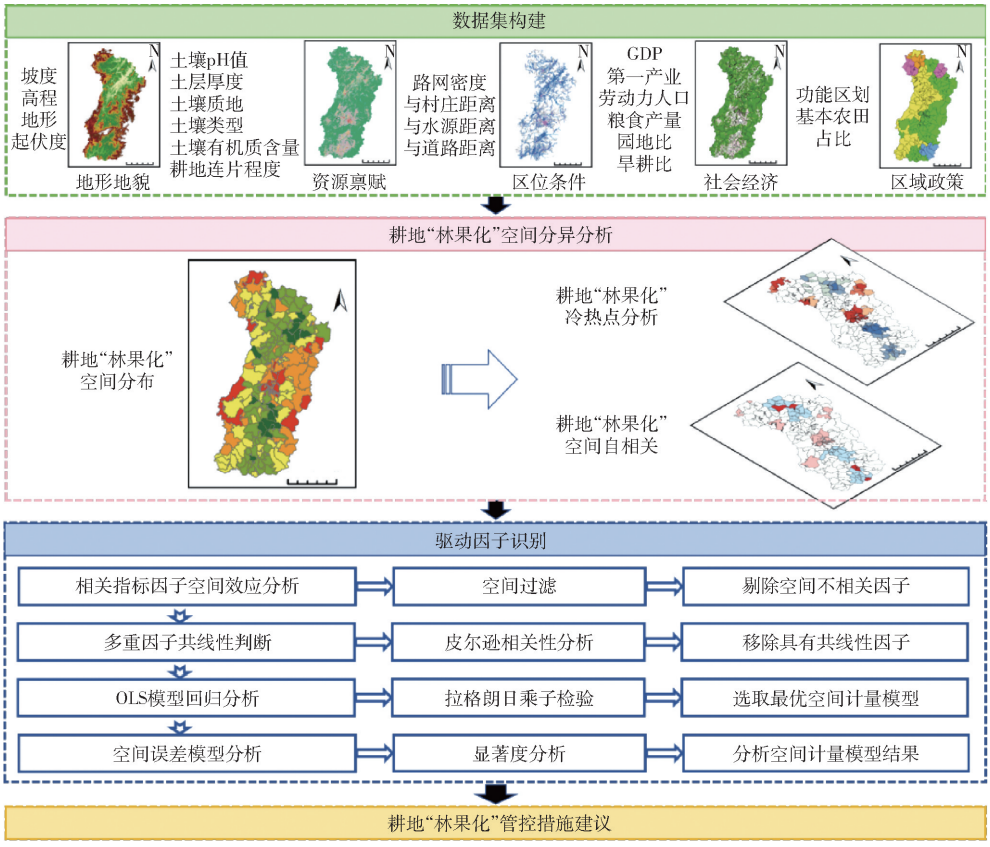


图 2 安远县耕地“林果化”研究技术路线图

Fig. 2 Conversion of cultivated land to orchards research technology roadmap in Anyuan County

2.3 研究方法

2.3.1 空间全局自相关

运用 Moran's I 指数,以村域为研究尺度,测度耕地“林果化”聚集特征及分布规律;Moran's I 大于等于 0 时,表示聚类趋势,Moran's I 小于 0 时,则表示离散趋势。

2.3.2 空间局部自相关

由于全局自相关无法反映局部状态的不稳定性,因而采用局部自相关 Getis - Ord Gi* 测度耕地“林果化”中统计显著的热点(高值空间集聚)和冷点(低值空间集聚)的空间分布,当期望方差 $Z>0$ 并且 P 值显著,则表明村域 i 属于热点区;当期望方差 $Z<0$ 并且 P 值显著,则表明村域 i 属于冷点区。

2.3.3 空间计量模型

空间计量模型是在空间自回归模型的基础上进行空间延伸而得到的一种分析工具,其基本形式主要有最小二乘回归(Ordinary least squares, OLS)、空间滞后模型(Spatial lagged model, SLM)、空间误差模型(Spatial error model, SEM)3 种。其中 OLS 通过最小化误差平方和确定变量之间的关系,可作为一个基准模型,与空间滞后模型和空间误差模型进行比较。SLM 考虑空间依赖性,即一个地区的变量值不仅受到自身因素的影响,还受到相邻地区变量值的影响,该模型通过引入空间滞后项捕捉空间依赖性,从而更准确地描述变量之间的关系。SEM 认为一个地区的误差项不仅受到自身因素的影响,还受到相邻地区误差项的影响,该模型通过引入空间误差项捕捉空间依赖性,从而提高模型的解释力。

模型选择包括以下步骤:首先对指标因子数据

进行标准化处理，获得各指标因子的方差膨胀系数（Variance inflation factor，VIF），当 VIF 小于 7.5，说明因子间不存在共线性。其次，基于 Geoda 软件进行 OLS 回归模型；最后，根据 LM－Lag、LM－Error 显著性特征选择最优空间计量模型[14]，模型选择流程见图 3。

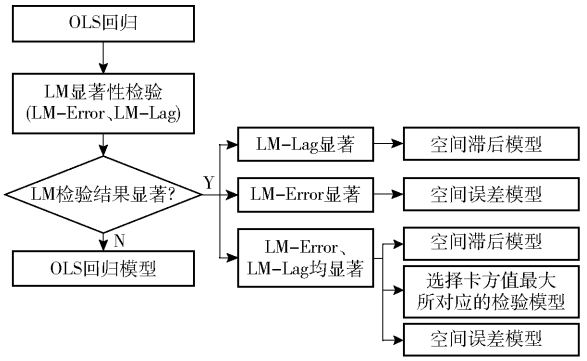


图 3　空计量模型选择流程图

Fig. 3　Spatial econometric model selection flowchart

2.4　耕地“林果化”关联因子选取

相关研究表明，耕地“林果化”是自然条件[15]、社会经济[16]、比较利益[17]等多重因素共同作用的结果，其本质是耕地经营主体在外部环境和其自身特征的交互影响下转变耕地利用方式的现象。在参考已有耕地“林果化”研究成果的基础上[18]，结合山区县自身特点，从地形地貌、资源禀赋、区位条件、社会经济与区域政策 5 方面选取 20 个具有代表性的变量，构建耕地“林果化”驱动因子指标体系（表 1）。地形地貌（坡度、高程、地形起伏度）影响耕地种植条件，关乎种植难易、劳动力与机械投入及经济产出，进而作用于经营主体决策。土壤结构、质地和肥力是种植决策的基础。耕地区位条件影响耕作便捷度及农产品运输，影响农户选择是否种植粮食作物。经济增长使从事农业人口减少，农业相对收益下降，农户倾向于经济价值更高的经济活动。功能区划决定农业种植主导功能，基本农田保护政策对农业种植具有约束作用。

3　结果与分析

3.1　安远县耕地“林果化”现状分析

根据式（1）计算出安远县耕地“林果化”水平，结果见表 2。从表 2 可以看出，2009—2022 年间，安远县耕地“林果化”总面积 4 693.81 hm^2，总体耕地“林果化”率为 20.98%，其中，耕地转为园地面积 1 497.04 hm^2，占耕地“林果化”率的 6.69%；耕地转为林地面积 3 196.77 hm^2，占耕地“林果化”率的 14.29%。总体上，耕地转为林地比重较大，占全部“林果化”率的 68.1%，这可能与安远县近年来实施天然林保护项目等生态文明建设有关，部分耕地实施了“退耕还林”。其次，耕地转为脐橙果园面积较大，这可能与安远县农业现代化和乡村振兴项目实施有关。近年来，安远县大力发展脐橙全产业链，推动果园智能化和数字化发展，加剧了耕地向果园的转变。

表 1　耕地“林果化”驱动因子指标体系

Tab. 1　Comprehensive quality evaluation of conversion of cultivated land to orchards

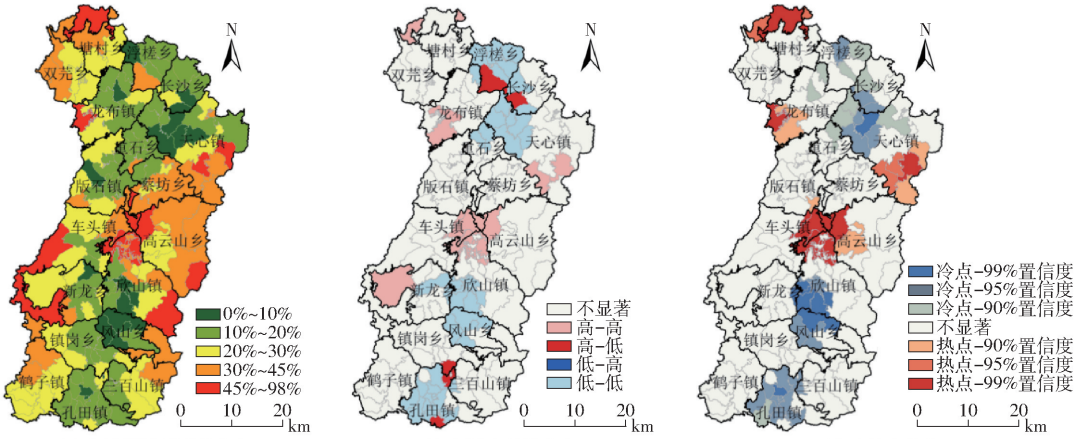
影响因素	因子	描述
地形地貌	坡度 X_1（(°)）	反映耕地陡缓程度，影响耕作条件和耕作便利度
	高程 X_2（m）	反映研究区垂直水热条件分异
	地形起伏度 X_3（m）	研究单元最高与最低点高程差值，反映地块起伏特征
资源禀赋	土壤 pH 值 X_4	土壤酸碱程度，不同植物对土壤 pH 值的偏好有所不同
	土层厚度 X_5（cm）	土壤层与松散母质层厚度总和
	土壤质地 X_6	土壤中不同直径矿物颗粒的组合，分为轻壤、中壤、重壤、砂壤
	土壤类型 X_7	不同类型土壤具有不同特性，适合不同农业和植被类型，分为红壤、黄壤、水稻土、紫色土
	土壤有机质含量 X_8（g/kg）	单位土壤中有机质含量，是土壤质量重要指标
	耕地连片程度 X_9（m^2）	耕地在空间上的连续性和完整性，是衡量耕地质量的一个重要指标，以 30 m 作缓冲区分析
区位条件	路网密度 X_{10}（m^{-1}）	农村道路周长之和与村域面积之比，反映运输农产品和农作物的交通便捷程度
	与村庄距离 X_{11}（m）	反映村庄到耕地中心点距离，衡量耕作便捷程度
	与水源距离 X_{12}（m）	反映耕地灌溉条件
	与道路距离 X_{13}（m）	反映耕地离道路远近，距离近可以降低农产品运输成本
社会经济	GDP X_{14}	反映在一定时期内区域经济状况和发展水平
	第一产业劳动力人口 X_{15}	反映从事农业活动人数
	粮食产量 X_{16}	反映区域内粮食生产总量
	园地比 X_{17}	在一定区域内，用于种植果树、茶树、桑树等多年生作物的土地面积占总耕地面积比例
	旱耕比 X_{18}	旱地面积占耕地总面积比例，反映耕地内部利用结构
区域政策	功能区划 X_{19}	反映研究区主体功能
	基本农田占比 X_{20}	村域永久基本农田面积占耕地面积比重，反映永久基本农田对“林果化”的管控作用

表 2 2009—2022 年安远县耕地“林果化”主要流向

Tab. 2 Flow direction of conversion of cultivated land to orchards in Anyuan County in 2009—2022

耕地流向	面积/hm²	比率/%	“林果化”率/%
耕地→园地	1 497.04	31.9	6.69
耕地→林地	3 196.77	68.1	14.29
总计	4 693.81	100	20.98

图 4 为安远县耕地“林果化”分布格局，各村耕地“林果化”分布不均衡，安远县 152 个行政村中，耕地“林果化”率 10% 以下的行政村 19 个，10% ~ 20% 之间 62 个，20% ~ 30% 之间 44 个，30% ~ 40% 之间 17 个，40% ~ 50% 之间 8 个，50% ~ 60% 之间 2 个。



(a) 乡村“林果化”率分布 (b) 空间自相关分布 (c) 冷热点分布

图 4 安远县耕地“林果化”空间分布格局

Fig. 4 Spatial distribution pattern of convevsion of cultirated land to orchards

3.2 安远县耕地“林果化”空间分异特征

全局 Moran's *I* 指数运算结果显示，安远县耕地“林果化”率方差为 0.002 328，预期指数为 -0.005 848。在置信度大于 95%，全局 Moran's *I* 指数为 0.422 736，表明安远县耕地“林果化”在空间上具有显著的正相关性，呈现明显的集聚效应。

图 4b 空间自相关结果表明，耕地林果化率“高-高”型集聚主要分布在安远县塘村乡、龙布镇、天心镇、车头镇、高云山乡、新龙乡等 12 个村，这意味着上述村庄的“林果化”率较高，并且周边村庄的“林果化”率也处于较高水平。“高-低”型集聚主要出现在浮槎乡长河村、长沙乡吉祥村、孔田镇下河村及和务村、镇岗乡黄洞村，表明这 5 个行政村的林果化率较高，而邻村的林果化率相对较低。“低-低”型集聚类型共有 16 个村，分布在“高-低”型集聚类型周边且位置相近，体现出“林果化”率较高的行政村被“林果化”率低的行政村所环绕的特征。“高-高”型集聚的村庄可能拥有相似的自然条件和产业基础，例如适宜林果种植的土壤、气候等，以及较为成熟的林果种植技术和市场渠道。周边村庄的相互影响和带动作用，进一步促进了林果化集聚。“高-低”型集聚行政村可能具有独特的资源优势或产业特色，使其“林果化”率较高，但由于周边村庄的条件不匹配，导致无法形成大规模的集聚。“低-低”型集聚村庄可能受到地形、交通等因素的限制，林果产业发展相对滞后，且相互之间缺乏有效的带动和合作。

图 4c 冷热点（Getis - Ord Gi*）分布结果显示，热点区为耕地发生“林果化”转化的高值区域，主要分布在安远县塘村乡、龙市镇、天心镇、车头镇、高云山乡、欣山镇、版石镇等中部和北部地区。冷点区为耕地发生“林果化”转化的低值区域，主要集中在安远县欣山镇、新龙乡、凤山乡和孔田镇等南部乡镇，以及浮槎乡、长沙乡、天心镇、重石乡等北部乡镇。安远县地处山区，地形复杂多样。从上述分析可以看出，耕地“林果化”的分布规律受到多种因素影响。中部和北部地区多为热点区，可能是由于这些区域地势相对较为平坦，交通较为便利，有利于林果产业的发展和集聚。南部乡镇多为冷点区，可能是因为地形较为崎岖，交通不便，林果产业发展受到一定限制。

总体而言，安远县耕地“林果化”的分布规律呈现明显的区域差异，与地形、交通、资源等因素密切相关。

3.3 耕地“林果化”空间计量模型分析

3.3.1 耕地“林果化”与关联因子相关性分析

基于 Geoda 软件，对耕地“林果化”率与指标因子进行双变量空间自相关性检测，结果如表 3 所示。从表 3 可以看出，*P* 值均小于 0.01，说明各因子均与耕地“林果化”空间显著相关，可开展空间计量分析。

3.3.2 空间计量模型选择

皮尔逊分析表明，各因子 VIF 小于 7.5，表明因子间不存在共线性，可以进行空间模型计算。运行

表 3　耕地“林果化”率与相关指标因子双变量空间自相关检验

Tab. 3　Bivariate spatial autocorrelation test of ‘forestry and fructification’ of arable land rate and related index factors

指标因子	Morans' *I* 指数	*P*	指标因子	Moran's *I* 指数	*P*	指标因子	Moran's *I* 指数	*P*
坡度	0.205	0.001	土壤有机质含量	−0.062	0.001	第一产业劳动力人口	−0.178	0.001
高程	0.565	0.001	耕地连片程度	−0.373	0.001	粮食产量	−0.140	0.001
地形起伏度	0.212	0.001	路网密度	0.065	0.001	园地比	−0.218	0.001
PH 值	−0.150	0.001	与村庄距离	0.146	0.001	旱耕比	−0.053	0.001
土层厚度	−0.019	0.001	与水源距离	0.233	0.001	功能区划	−0.081	0.001
土壤质地	0.265	0.001	与道路距离	0.118	0.001	基本农田占比	0.301	0.001
土壤类型	0.039	0.001	GDP	0.133	0.001			

OLS 模型，得出该模型矫正决定系数 R^2 为 0.444 159，说明模型拟合度较好。OLS 回归残差拉格朗日乘子检验（LM 检验）LM − Lag、LM − Error 值为 0，均通过了显著性检验，因此，需进行 Robust LM 检验，Robust LM − Lag、Robust LM − Error 2 个统计量 *P* 值小于 0.000 1，均显著，取卡方最大值对应的检验模型，其检验结果如表 4 所示。从表 4 可以看出，卡方值 Robust LM − Lag（182.202 8）小于 Robust LM − Error（11 316.018 0），因此，选择空间误差模型作为耕地“林果化”驱动力模型。

表 4　OLS 回归残差拉格朗日乘子检验（LM 检验）结果

Tab. 4　OLS regression residual Lagrange multiplier test（LM test）results

检测方式	系列	数值	*P*
拉格朗日乘子滞后检验 Lagrange Multiplier（Lag）	1	8 587.608 7	<0.000 1 **
稳健性拉格朗日乘子滞后检验 Robust LM（Lag）	1	182.202 8	<0.000 1 **
拉格朗日乘子误差检验 Lagrange Multiplier（Error）	1	19 721.423 8	<0.000 1 **
稳健性拉格朗日乘子误差检验 Robust LM（Error）	1	11 316.018 0	<0.000 1 **
拉格朗日乘子检验 Lagrange Multiplier（SARMA）	2	19 903.626 6	<0.000 1 **

注：** 表示结果在 99% 置信度下显著（*P* <0.01），下同。

3.3.3　空间误差模型结果分析

基于 Geoda 软件运行空间误差模型，其矫正 R^2 为 0.810 881，接近 1，表明模型拟合效果佳。由表 5 可知，在选取的 20 个因子中，除坡度和与道路距离 2 个指标外，其余 18 个因子均与耕地“林果化”显著相关，其影响分析如下：

地形地貌方面，高程、地形起伏度在 0.01 水平上正向影响耕地“林果化”率。地形影响光热资源再分配与农业管理活动[19]。海拔升高或地形起伏度增大时，不利于粮食作物种植，经营者倾向于种植对环境适应性更强的林木和果树；而地势平坦地区，更适合大规模机械化的粮食作物种植，更倾向于粮食作物种植。

资源禀赋方面，土壤 pH 值、土层厚度、土壤质地、土壤类型、土壤有机质含量、耕地连片程度在 0.01 水平上负向影响耕地“林果化”。自然资源禀赋决定粮食作物生产适宜性，影响种植成本与收益，进而影响经营决策。土壤酸碱性直接影响土壤矿物质风化、土壤有机质矿化和腐殖质化等过程，从而改变土壤养分离子的存在状态，影响作物种植种类。耕地土层越厚、土壤有机质含量越高，越有利于粮食作物生长，从而减少耕地“林果化”的发生概率。土壤质地影响土壤的水分保持能力、通气性、温度调节以及养分的保持和供给，质地较好的耕地有利于粮食植物种植，抑制林果种植。土壤类型决定了土壤的肥力水平、pH 值和对植物生长有益的矿物质含量，影响种植作物选择。连片程度高的地区，规模效应显著，适合大型农业机械作业，更有利于粮食作物的大规模生产，因此更倾向于耕种粮食作物。

区位条件方面，路网密度、与水源距离分别在 0.01 水平上对耕地“林果化”产生负向影响。路网密度大，便于农业机械进出农田，提高农业生产机械化水平，有利于粮食作物的种植和管理，农户倾向于种植粮食作物。与水源距离远、灌溉条件差时，经营者为了降低灌溉成本和风险，更倾向于进行水资源需求相对较小的“林果化”[20]。与村庄距离在 0.01 水平上对耕地“林果化”产生正向影响。靠近村庄的耕地便于农户日常管理、耕作和收获，更适合种植对管理要求较高、收获期需要及时处理的粮食作物，而离村庄较远的耕地，农户管理成本相对较高，更有可能种植管理相对粗放、价值较高的林果作物。

社会经济因素方面，GDP 在 0.01 水平上对耕地“林果化”产生正向影响，GDP 增长推动农业结构调整，发达地区农户为增收倾向于种经济价值高的

表 5 耕地“林果化”驱动因素 SEM 回归结果

Tab. 5 SEM regression results of conversion of cultivated land to orchards and its driving factors at village scale

影响因素	因子	相关系数	Std. Error	Z 值	P
地形地貌	坡度 X_1	0.000 80	0.000 44	1.843 27	0.065 29
	高程 X_2	0.034 51	0.000 39	89.452 10	<0.000 1 **
	地形起伏度 X_3	0.002 90	0.000 31	9.430 54	<0.000 1 **
资源禀赋	土壤 pH 值 X_4	−0.004 87	0.000 58	−8.348 67	<0.000 1 **
	土层厚度 X_5	−0.002 77	0.000 34	8.052 95	<0.000 1 **
	土壤质地 X_6	−0.017 02	0.000 72	23.701 00	<0.000 1 **
	土壤类型 X_7	−0.008 87	0.000 92	9.677 64	<0.000 1 **
	土壤有机质含量 X_8	−0.014 14	0.000 41	34.822 00	<0.000 1 **
	耕地连片程度 X_9	−0.008 24	0.000 24	33.716 70	<0.000 1 **
区位条件	路网密度 X_{10}	−0.007 64	0.000 50	15.155 70	<0.000 1 **
	与村庄距离 X_{11}	0.010 54	0.002 49	4.237 09	0.000 02 **
	与水源距离 X_{12}	−0.010 86	0.000 66	−16.538 60	<0.000 1 **
	与道路距离 X_{13}	−0.000 47	0.000 36	−1.332 60	0.182 66
社会经济	GDP X_{14}	0.001 32	0.000 16	8.397 99	<0.000 1 **
	第一产业劳动力人口 X_{15}	−0.001 40	0.000 55	2.566 56	0.010 27 *
	粮食产量 X_{16}	−0.014 86	0.000 48	30.759 90	<0.000 1 **
	园地比 X_{17}	−0.018 24	0.000 34	−53.976 50	<0.000 1 **
	旱耕比 X_{18}	−0.004 93	0.000 26	−18.927 10	<0.000 1 **
区域政策	功能区划 X_{19}	−0.006 10	0.000 32	−19.170 80	<0.000 1 **
	基本农田占比 X_{20}	−0.016 77	0.000 40	−41.413 30	<0.000 1 **

注：* 表示结果在 95% 置信度下显著($0.01 \leqslant P < 0.05$)。

林果作物。第一产业劳动力人口在 0.05 水平、粮食产量、园地比、旱耕比在 0.01 水平上产生负向影响。随着劳动力向城市和非农部门转移，第一产业劳动力人口减少，从事农业生产人力成本增加。由于林果作物相对粮食作物而言，劳动强度较低、管理相对简便，为提高单位劳动收益，农户可能会选择种植林果等经济作物。粮食产量高的地区通常具备较好的农业生产条件，土地流转和规模经营可能更为普遍，大型农场或农业企业为了实现规模效益，更倾向于种植粮食作物，从而有利于降低耕地“林果化”率。过高的园地比可能导致资源过度开发，市场饱和后竞争力提高，后期处理与出售难度增大，从而对“林果化”产生负面影响。旱地较多的地区水资源有限，难以满足林果作物的水分需求，导致耕地“林果化”率相对较低。

区域政策因素方面，功能区划在 0.01 水平上产生负向影响。功能区划是依据土地的自然条件、经济特性和发展潜力对土地进行功能分区，以实现土地资源合理利用和保护。通过明确耕地用途和保护措施，能够有效约束耕地向林果用地转换，防止耕地“林果化”。基本农田占比在 0.01 水平上产生负向影响，国家禁止占用永久基本农田发展林果业等非粮产业，并严格控制耕地转为林地、草地、园地等其他类型农用地政策，有助于减少耕地被用于非粮食作物种植，从而降低耕地“林果化”率。

需要说明的是，耕地“林化”与“果化”在发生机理上存在着一定差异，可在后续研究中，从自然、经济、生态、社会等因素建立量化模型，开展“林化”和“果化”差异研究，为土地利用规划和政策制定提供依据。

4 建议

随着社会经济发展和农业结构调整，耕地“林果化”现象愈发凸显，这不仅影响粮食安全，也给生态环境和农业可持续发展带来挑战[21]。因此，制定科学合理的对策建议对引导耕地“林果化”健康发展具有重要意义。

(1)积极推进国土综合整治，抑制耕地“林果化”无序扩张。空间计量分析表明，耕地质量差、田块破碎度高、坡度较陡的地区，耕地“林果化”趋势更为明显。建议综合考虑耕地坡度、地形起伏度、水源条件、耕作便利度等因素，大力开展土地平整工作，改善耕地种植条件，完善农田灌溉水利设施和农村道路网系统，促进适度规模经营，提高经营效益和农户收入，从而遏制耕地“林果化”现象。

(2)开展“山上”换“山下”，优化国土空间开发格局。针对山下优质耕地用于发展林果业、山上毁林开荒开发耕地“林耕错位、错配”问题，建议因地制宜地将山上耕地逐步调整到山下，山下果树林木尽量调整到山上坡地，在尊重农户意愿且补偿到

位的前提下，将山下残次低产低效以及老龄化的园地复垦为耕地，通过“山上”换“山下”的方式，使农业生产布局更符合自然地理格局和农业生产规律。

（3）明确耕地利用优先序[22]。对耕地实施特殊保护和用途管制，严格控制耕地转变为林地、园地等其他类型农用地。永久基本农田作为依法划定的优质耕地，应重点用于粮食生产，尤其要保障稻谷、小麦、玉米三大谷物的种植面积。一般耕地主要应用于粮食、棉、油、糖、蔬菜等农产品及饲草饲料生产。在耕地优先满足粮食和食用农产品生产的基础上，统筹耕地保护与种植结构调整的关系，引导农户在适宜耕作且耕作条件较好的耕地上种植粮食作物，确保“良田粮用”，针对坡度较陡的耕地，制定耕地转变为林地、园地、草地等其他农用地的管控规则。

5　结论

（1）2009—2022 年，安远县耕地“林果化”总面积为 4 693.81 hm^2，总体“林果化”率为 20.98%。其中，耕地转为园地的面积为 1 497.04 hm^2，占耕地“林果化”率的 6.69%；耕地转为林地面积为 3 196.77 hm^2，占耕地“林果化”率的 14.29%。

（2）空间自相关分析结果表明，安远县耕地“林果化”在空间上呈显著正相关性，存在集聚效应。在中部人口密集且经济相对发达的县城周边，耕地“林果化”形成高值聚集区，这主要是因为县城经济较发达，居民收入水平高，对林果等经济作物的需求旺盛，从而推动了林果业发展；在安远县周边人口稀少、立地条件较差的丘陵山区，耕地“林果化”同样呈高值聚集区，这是由于偏远丘陵山区的耕作成本较高，适宜种植管护成本较低的脐橙等，并且部分耕地实施了退耕还林政策，导致“林果”面积增加。

（3）空间计量分析结果表明，耕地“林果化”是多种因素共同作用结果。不同的地形地貌条件对耕地“林果化”影响显著，随着坡度或海拔升高，耕地“林果化”率呈上升趋势。高质量耕地更倾向于保持粮食作物种植功能，而土壤贫瘠或存在障碍因素的耕地更容易发生“林果化”。经济发展水平、人口密度、农户的经济行为等也会对耕地“林果化”产生影响，国家的退耕还林政策、农业产业结构调整政策等都可能促使耕地向林果业转变。

（4）耕地“林果化”会产生邻里“跟随效应”，使周边农户扩大“林果化”种植规模，加剧耕地种植格局的破碎化。大规模的耕地“林果化”现象会严重威胁粮食安全和经济社会稳定，是耕地“非粮化”现象中危害较为严重的利用行为。此外，园地比过高可能伴随资源过度开发，可能导致市场需求调整，提高同行竞争力，从而对“林果化”产生负面影响。

参　考　文　献

[1] 刘正佳，钟会民，李裕瑞，等. 近 20 年中国粮食生产变化特征及其对区域粮食供需格局的影响[J]. 自然资源学报，2021，36(6)：1413－1425.
LIU Zhengjia，ZHONG Huimin，LI Yurui，et al. Change in grain production in China and its impacts on spatial supply and demand distributions in recent two decades[J]. Journal of Natural Resources，2021，36(6)：1413－1425.（in Chinese）

[2] 张超，李珊儿，张彭. 应对我国耕地“非粮化”的思考与建议[J]. 农村工作通讯，2021(2)：22－24.

[3] 孔祥斌，关淼，谢恩怡. 我国耕地恢复治理面临的困境及其应对策略[J]. 中国土地，2023(11)：28－30.
KONG Xiangbin，GUAN Miao，XIE Enyi. The dilemmas and countermeasures of cultivated land restoration and management in China[J]. China Land，2023(11)：28－30.（in Chinese）

[4] 张茜茜，谢臻，林小睿，等. 南方山区耕地林果化时空演变及影响机理[J]. 农业工程学报，2024，40(4)：317－328.
ZHANG Qianqian，XIE Zhen，LIN Xiaorui，et al. Spatiotemporal evolution and impact mechanisms of cropland conversion to forest or fruit production in southern mountainous regions[J]. Transactions of the CSAE，2024，40(4)：317－328.（in Chinese）

[5] 万世花. “耕地非粮化”的内涵厘定及效应阐明[J]. 云南农业大学学报(社会科学)，2023，17(6)：89－97.
WAN Shihua. The definition of the connotation and effect of “non-grain production of cultivated land”[J]. Journal of Yunnan Agricultural University (Social Sciences)，2023，17(6)：89－97.（in Chinese）

[6] 陈浮，刘俊娜，常媛媛，等. 中国耕地非粮化空间格局分异及驱动机制[J]. 中国土地科学，2021，35(9)：33－43.
CHEN Fu，LIU Junna，CHANG Yuanyuan，et al. Spatial pattern differentiation of non-grain cultivated land and its driving factors in China[J]. Chinese Land Science，2021，35(9)：33－43.（in Chinese）

[7] 徐畅，郭杰，易家林，等. 江苏省耕地非粮化时空格局演变及驱动因素分析[J]. 长江流域资源与环境，2024，33(2)：436－447.
XU Chang，GUO Jie，YI Jialin，et al. Analysis on the evolution of spatiotemporal pattern and driving factors of non-grain cultivated land in Jiangsu Province from 1996 to 2020[J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin，2024，33(2)：436－447.（in Chinese）

[8] 梁鑫源，李阳兵. 三峡库区“耕-果”转换时空变化特征及其启示——以草堂溪流域为例[J]. 自然资源学报，2019，34(2)：385－399.
LIANG Xinyuan，LI Yangbing. Spatio-temporal variation of farmland－fruit forest conversion and its enlightenment in Three

Gorges Reservoir area: a case study on Caotangxi watershed[J]. Acta Geographica Sinica, 2019, 34(2): 385 - 399. (in Chinese)
[9] 杨绪红, 金晓斌, 贾培宏, 等. 近 20 年海南省耕地林果化的时空分异及驱动因素分析[J]. 农业工程学报, 2022, 38(5):233 - 240.
YANG Xuhong, JIN Xiaobin, JIA Peihong, et al. Spatial-temporal variation and driving factors of cropland conversion to forest or fruit production in Hainan Province during 2000—2020[J]. Transactions of the CSAE, 2022, 38(5): 233 - 240. (in Chinese)
[10] 张运平, 林建平, 黄艺敏, 等. 基于空间决策模型的耕-果错位空间分析与协调布局优化[J]. 农业工程学报, 2024, 40(6):330 - 338.
ZHANG Yunping, LIN Jianping, HUANG Yimin, et al. Spatial analysis and coordinated layout optimization of farmland - orchard mismatch using spatial decision modeling[J]. Transactions of the CSAE, 2024, 40(6):330 - 338. (in Chinese)
[11] 高一薄, 马利刚, 王宏卫, 等. 新疆乌什县林果业空间格局及其驱动力分析[J]. 中国农业资源与区划, 2021, 42(9): 283 - 292.
GAO Yibo, MA Ligang, WANG Hongwei, et al. Spatial pattern and driving force analysis of forestry and fruit industry in Wushi County, Xinjiang[J]. Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning, 2021, 42(9): 283 - 292. (in Chinese)
[12] 吕沄灏, 崔民, 夏显力, 等. 陕南耕地“非粮化”时空演变及其驱动力[J]. 资源科学, 2023, 45(8):1531 - 1545.
LÜ Yunhao, CUI Min, XIA Xianli, et al. The spatiotemporal evolution of non-grain conversion of cultivated land in southern Shaanxi Province and its driving factors[J]. Resources Science, 2023, 45(8): 1531 - 1545. (in Chinese)
[13] 郝士横, 吴克宁, 董秀茹, 等. 耕地“非粮化”耕作层破坏诊断标准探讨[J]. 土壤通报, 2021, 52(5):1028 - 1033.
HAO Shiheng, WU Kening, DONG Xiuru, et al. Identification criteria of cultivated horizon damage for “non-grain” cultivated land[J]. Chinese Journal of Soil Science, 2021, 52(5): 1028 - 1033. (in Chinese)
[14] 程旭东, 陈美球, 赖昭豪, 等. 山区县耕地“非粮化”空间分异规律及关联因素[J]. 农业工程学报, 2023, 39(2):203 - 211.
CHENG Xudong, CHEN Meiqiu, LAI Zhaohao, et al. Spatial differentiation pattern and correlation factors of “non-grain” cultivated land in mountainous counties[J]. Transactions of the CSAE, 2023, 39(2):203 - 211. (in Chinese)
[15] 李笑莹, 张学雷, 任圆圆. 地形及土壤多样性与耕地动态变化的相关分析[J]. 中国生态农业学报(中英文), 2019, 27(11):1755 - 1766.
LI Xiaoying, ZHANG Xuelei, REN Yuanyuan. Correlation analyses among terrains diversity, soil types diversity, and dynamic change in arable land[J]. Chinese Journal of Eco-Agriculture, 2019, 27(11): 1755 - 1766. (in Chinese)
[16] 吴永娇, 董锁成. 中国耕地变化模式的资源经济学分析[J]. 中国人口·资源与环境, 2010, 20(增刊 2):5 - 8.
WU Yongjiao, DONG Suocheng. Dynamic WPD China from perspective of resource economics[J]. China Population, Resources and Environment, 2010, 20(Supp. 2): 5 - 8. (in Chinese)
[17] 黄祖辉, 李懿芸, 毛晓红. 我国耕地“非农化”“非粮化”的现状与对策[J]. 江淮论坛, 2022(4):13 - 21.
HUANG Zuhui, LI Yiyun, MAO Xiaohong. The current situation and countermeasures of “non-agriculturalization” and “non-grainization” of cultivated land in China[J]. Huai River Forum, 2022(4): 13 - 21. (in Chinese)
[18] 崔家兴, 靳涵, 罗滢渊, 等. 县域耕地非农化、非粮化与乡村人口空心化的耦合协调关系——以长江经济带为例[J]. 生态学报, 2024, 44(5):1822 - 1836.
CUI Jiaxing, JIN Han, LUO Yingyuan, et al. Non-agricultural transformation and non-grain production and their coordinated relationships with rural population hollowing: a case study of Yangtze River Economic Belt[J]. Acta Ecologica Sinica, 2024, 44(5): 1822 - 1836. (in Chinese)
[19] 王琛智, 张朝, 张静, 等. 湖南省地形因素对水稻生产的影响[J]. 地理学报, 2018, 73(9):1792 - 1808.
WANG Chenzhi, ZHANG Zhao, ZHANG Jing, et al. The effect of terrain factors on rice production: a case study in Hunan Province[J]. Acta Geographica Sinica, 2018, 73(9): 1792 - 1808. (in Chinese)
[20] 陈莉珍, 刘光盛, 聂嘉琦, 等. 耕地“非粮化”影响因素空间效应研究——以珠三角为例[J]. 农业资源与环境学报, 2024, 41(3):530 - 538.
CHEN Lizhen, LIU Guangsheng, NIE Jiaqi, et al. Spatial effect of influential factors of non-grain cultivated land: a case study of the Pearl River Delta[J]. Journal of Agricultural Resources and Environment, 2024, 41(3): 530 - 538. (in Chinese)
[21] 吕欣彤, 郝士横, 吴克宁, 等. 耕地“非粮化”管控路径梳理与展望[J]. 土壤通报, 2023, 54(3):713 - 720.
LÜ Xintong, HAO Shiheng, WU Kening, et al. Review and prospect of management and control path for “non-grain” cultivated land[J]. Chinese Journal of Soil Science, 2023, 54(3): 713 - 720. (in Chinese)
[22] 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. (in Chinese)