

基于地块尺度的永久基本农田非粮化特征、驱动与管控

陈文广^{1,2} 廖宇波^{1,2} 孔祥斌^{1,2} 雷鸣^{1,2} 温良友^{1,2} 张蚌蚌³

(1. 中国农业大学土地科学与技术学院, 北京 100193; 2. 自然资源部农用地质量与监控重点实验室, 北京 100193;
3. 西北农林科技大学经济管理学院, 陕西杨凌 712100)

摘要: 掌握永久基本农田非粮生产地块特征、空间集聚及驱动因子可为优化作物种植空间布局、完善耕地精细化管理策略提供参考依据。基于广西壮族自治区第三次全国国土调查数据,分析全区永久基本农田非粮生产现状、类型以及地块特征,采用探索性空间数据分析方法、最小二乘法、地理加权回归模型识别永久基本农田非粮生产空间集聚特征、驱动因子及其作用效应的空间差异。结果表明:全区永久基本农田非粮生产地块主要分布在中部、西部、北部,非粮生产类型以果树和乔木为主,占非粮生产面积的88.85%;非粮生产地块的耕地质量、灌溉条件低于全区平均水平,但集中分布在地势平坦的区域,田面坡度小于等于6°的地块占77.86%;非粮生产比例在县级尺度上呈现显著空间正自相关性,H-H型主要分布在中部和西南部,L-L型主要分布在东部和西北部,H-L型集中分布在西部;田块规模、人均永久基本农田面积、农村居民人均可支配收入、各县到省会城市距离与县域非粮生产比例呈正相关,耕地质量、灌溉保证率与县域非粮生产比例呈负相关,不同驱动因子对非粮生产的影响存在显著的空间差异性。未来应从优化作物布局、加强质量建设、监管属性特征、完善保护补偿等方面加强全区永久基本农田非粮生产地块的管控。

关键词: 永久基本农田; 非粮生产; 地块尺度; 驱动因子; 管控; GWR 模型

中图分类号: F323.211 文献标识码: A 文章编号: 1000-1298(2023)06-0114-11 OSID: 

Characteristics, Drivers and Control of Non-grain Production on Permanent Basic Farmland Based on Plot Scale

CHEN Wenguang^{1,2} LIAO Yubo^{1,2} KONG Xiangbin^{1,2} LEI Ming^{1,2} WEN Liangyou^{1,2} ZHANG Bangbang³

(1. College of Land Science and Technology, China Agricultural University, Beijing 100193, China
2. Key Laboratory of Farmland Quality and Monitoring, Ministry of Natural Resources, Beijing 100193, China
3. College of Economics and Management, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: Mastering the plot characteristics, spatial agglomeration, and drivers of non-grain production on permanent basic farmland can provide a reference for optimizing the spatial layout of crops and improving the fine control strategy of cultivated land. Based on the data of the Third National Land Survey of Guangxi Zhuang Autonomous Region, the current status, types, and plot characteristics of non-grain production on permanent basic farmland were analyzed. The spatial exploratory analysis method, ordinary least square, and geographically weighted regression models were used to identify the spatial aggregation characteristics, drivers, and the spatial variation in their effects of non-grain production on permanent basic farmland in the Guangxi Zhuang Autonomous Region. The results showed that the non-grain production plots of permanent basic farmland were mainly distributed in the central, western, and northern parts of the region, and the non-grain production types were mainly fruit trees and arbor, accounting for 88.85% of the non-grain production area. The quality and irrigation conditions of non-grain production plots were lower than that of the regional average of permanent basic farmland, but they were concentrated in areas with flat terrain, with 77.86% of plots with field surface slopes no more than 6°. The non-grain rate of permanent basic farmland in the counties of the region presented a significant positive spatial autocorrelation. The H-H agglomeration was mainly distributed in the central and

收稿日期: 2023-01-07 修回日期: 2023-04-12
基金项目: 国家社会科学基金重大项目(19ZDA096)和国家自然科学基金项目(42171289)
作者简介: 陈文广(1997—),男,博士生,主要从事耕地资源可持续利用与粮食安全研究,E-mail: BS20213211014@cau.edu.cn
通信作者: 孔祥斌(1969—),男,教授,博士,主要从事土地资源评价、利用与保护研究,E-mail: kxb@cau.edu.cn

southwestern parts of the region, the L-L agglomeration was mainly distributed in the eastern and northwestern parts of the region, and the H-L type was concentrated in the west. Field size, per capita permanent basic farmland area, per capita disposable income of rural residents, and distance from each county to the provincial capital were positively correlated with county-level permanent basic farmland non-grain production. Quality and irrigation guarantee rates were negatively correlated with non-grain production of permanent basic farmland in the county, with significant spatial variability in the impact of different drivers on non-grain production. In the future, the control of non-grain production plots of permanent basic farmland in the region should be strengthened in terms of optimizing crop layout, strengthening quality construction, regulating attribute characteristics, and improving protection compensation.

Key words: permanent basic farmland; non-grain production; plot scale; driving factor; management and control; GWR model

0 引言

为养活不断增长的人口,预计2010—2050年全球粮食总需求将增加35%~56%^[1]。耕地作为粮食生产的根基,确保一定数量的优质耕地资源用于粮食生产是保障全球粮食安全和落实联合国“零饥饿”目标的关键^[2-4]。为保障资源安全和粮食安全,中国政府将 1.03×10^8 hm²优质耕地划定为永久基本农田实施特殊保护^[5],并在《土地管理法》、《基本农田保护条例》中明确规定永久基本农田除国家规定的棉、麻、油等作物外,只能种植水稻、玉米、小麦、薯类和大豆等粮食作物^[6-7]。近年来,在种粮效益低下、城乡居民膳食结构优化升级等驱动下,农业经营主体在永久基本农田上进行苗圃培育、水产养殖、蔬菜生产、果树种植等非粮生产行为不断凸显^[8-11],在一定程度上提高了务农经济效益、支撑了城乡居民多样化饮食需求^[12-13],但也导致了粮食作物播种面积减少、损坏了耕地土壤耕作层、造成了农田基础设施闲置与废弃等问题^[14-16]。为此,国家在相关法律法规中进一步明确提出了禁止占用永久基本农田从事林果业以及挖塘养鱼等行为的要求。因此,科学认识永久基本农田非粮生产现状、地块属性特征并制定相应管控策略对于保障国家粮食安全和促进耕地资源永续利用具有重要的现实意义。

现有研究重点关注耕地非粮生产方面,为开展永久基本农田非粮生产研究提供了有力支撑。耕地非粮生产是指在耕地种植花卉、苗圃、果树等非粮食作物的农业生产行为^[9,17],耕地“非粮化率”通常用基于统计数据计算的“粮作比”来表征^[18-21],计算结果往往与现实情况存在一定的偏差^[22-23]。相关学者研究了国家、省、市、县级尺度的耕地非粮生产时空演变规律^[17,22,24-25],但难以揭示行政单元内部耕地非粮生产的空间差异,缺乏地块尺度的精细化研究。相关研究探讨了耕地非粮生产与资源安全、粮食安全、生态安全、农户生计的逻辑关系与作用机

制^[15-16,23,26-28]。有关学者从耕地区位条件、农田基础设施、农村劳动力特征、经济状况、科技水平、政策环境等角度分析了耕地非粮生产的成因^[8-9,18-20,22,24,29],但并未揭示影响因子对耕地非粮生产作用效应的空间差异。在耕地非粮生产管控方面,相关研究从加大激励补偿^[30-31]、完善多层次与横向治理^[15,32]、耕地空间重组与整治^[33]、规范土地流转行为^[10,34]等方面提出了应对策略,针对一般耕地、永久基本农田、高标准农田提出了差异化的管控策略^[35]。综上所述,多维安全目标导向下的耕地非粮生产研究相对成熟,但是缺乏永久基本农田地块尺度的非粮生产研究,非粮生产地块的属性特征不精准、非粮生产驱动因子及其作用效应的空间差异不明晰,因此迫切需要开展永久基本农田非粮生产精细化研究来支撑区域永久基本农田保护与利用管控策略制定。

广西壮族自治区的特色农业生产是区域农业经济的重要来源,2009—2019年区域内粮食作物播种面积净减少 2.769×10^5 hm²,人均粮食占有量由295.06 kg减少到267.36 kg,远远低于2019年中国470.78 kg的人均水平,区域粮食安全面临严峻的挑战。因此,本文以广西壮族自治区为研究区,识别区域内永久基本农田非粮生产现状、类型、地块属性特征并分析非粮生产的驱动因子及其作用效应的空间差异,以期为加强区域耕地资源保护、优化非粮生产管控策略提供科学理论支撑。

1 研究方法与数据来源

1.1 研究区概况

广西壮族自治区地处中国西南端,辖14个地级市(图1,基于自然资源部标准地图服务网站下载的审图号为GS(2020)4630的标准地图制作,底图无修改);地势西北高、东南低,以山地丘陵性盆地地貌为主,四周为山地和高原,中部和南部多平原。属热带、亚热带季风气候区,全区年平均气温17.5~

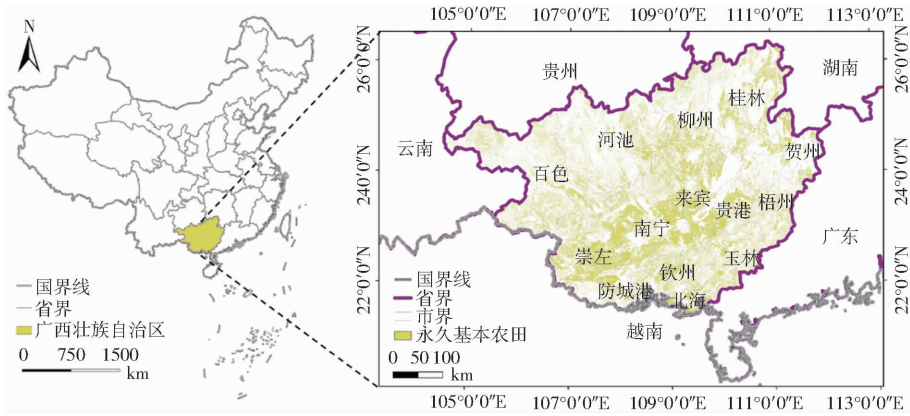


图1 广西壮族自治区位置以及永久基本农田空间分布

Fig.1 Location of Guangxi Zhuang Autonomous Region and spatial distribution of permanent basic farmland

23.5℃,日平均气温大于等于10℃积温在5000~8300℃,多年平均降水量1694.8mm,各地市年平均降水量为841.2~3387.5mm。区域内适宜多种农作物生长,火龙果、芒果等热带水果及甘蔗等糖料作物种植规模居全国第1位。第三次全国国土调查数据显示,全区耕地面积 $3.31\times10^6\text{ hm}^2$,永久基本农田主要分布在南宁、柳州、桂林、贵港、百色、河池、来宾和崇左等市域,水田、水浇地、旱地占比分别为37.05%、0.08%、31.13%,受区域特色农业生产的影响,永久基本农田非粮生产现象明显^[36]。

1.2 研究方法

1.2.1 非粮生产比例测度

永久基本农田非粮生产是指永久基本农田不再种植粮食作物,而是种植果树、乔木、灌木或者变成养殖坑塘等非粮生产行为,利用永久基本农田非粮生产地块面积与区域永久基本农田总面积的比值来表示,即

$$R_{ng} = \frac{A_{ng}}{A_t} \tag{1}$$

式中 R_{ng} ——永久基本农田非粮生产比例
 A_{ng} ——永久基本农田非粮生产地块面积
 A_t ——永久基本农田总面积

1.2.2 探索性空间数据分析

探索性空间数据分析(ESDA)是空间数据分析的主要方法。ESDA主要用于检验具有空间位置的某要素的观测值是否显著地与其相邻空间点上的观测值相关联。包括全局空间自相关和局部空间自相关,通常采用Moran's I指数表示空间要素的自相关程度。

全局Moran's I指数表达式为

$$I = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n W_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{S^2 \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n W_{ij}} \tag{2}$$

局部Moran's I指数表达式为

$$I = \frac{n(x_i - \bar{x}) \sum_{j=1}^n W_{ij} (x_j - \bar{x})}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \tag{3}$$

式中 n ——广西壮族自治区县域总数
 x_i ——县域*i*的观测值
 x_j ——县域*j*的观测值
 $\bar{x}$ ——平均值
 W_{ij} ——二进制邻接矩阵元素
 S^2 ——样本方差

Moran's I指数的值域为[-1,1],若值大于0表示属性观测值具有空间正相关,若值小于0表示属性观测值具有空间负相关,若值等于0表示属性观测值不具有空间相关性,在空间上随机分布。全局空间自相关通过使用标准化统计量阈值Z来进行显著性水平检验。因变量存在空间自相关性是使用空间回归模型的基础^[37]。如果因变量空间自相关未通过显著性检验,则不能使用空间计量模型,只能使用不包含空间效应的传统计量模型。

1.2.3 地理加权回归模型

传统的线性回归模型只是对所有的样本和参数进行全局性的估计,并没有考虑空间格局等要素,使得自变量如果存在空间自相关性,最小二乘法进行参数估计将不再适用。地理加权回归模型(GWR)引入对不同区域的影响进行估计,能够反映参数在不同空间的空间非平稳性,使得空间位置不同参数产生变化,结果也更为符合实际,其模型为

$$y_i = \beta_0(u_i, v_i) + \sum_k \beta_k(u_i, v_i) x_{ik} + \varepsilon_i \tag{4}$$

式中 y_i ——观测值
 $\beta_0(u_i, v_i)$ ——第*i*个样本空间单元的回归系数,表示自变量对因变量的影响程度

(u_i, v_i) ——第 i 个样本空间单元的地理中心坐标

$\beta_k(u_i, v_i)$ ——连续函数 $\beta_k(u, v)$ 在 i 样本空间单元的值

x_{ik} ——独立变量 x_k 在第 i 个样本空间单元的值

ε_i ——方差为常数的正态分布函数,表示随机误差项

GWR 模型中的权重设定和最优带宽确定参考文献[38]。

1.2.4 驱动因子选择

本研究以县域为基本单元来研究永久基本农田非粮生产的驱动因子。永久基本农田作物种植类型的选择是农民等微观经营主体综合考虑区域耕地资源禀赋、家庭人口特征、经济水平以及区位条件等要素做出的理性选择(表 1)。

表 1 永久基本农田非粮生产驱动因子选取与描述

Tab.1 Selection and description of factors influencing non-grain production of permanent basic farmland

因素	变量	描述
耕地禀赋	田面坡度	县域永久基本农田田面坡度面积加权平均值
	耕地质量	县域永久基本农田利用等级加权平均值
	田块规模	县域永久基本农田地块规模加权平均值
	人均永久基本农田面积	永久基本农田面积与农村人口之比
	灌溉保证率	灌溉水田面积与永久基本农田面积之比
人口特征	乡村人口占比	乡村人口与县域总人口之比
	农村居民人均可支配收入	农村居民可用于自由支配的收入
经济水平	城镇化水平	城镇人口占总人口之比
	地均 GDP	GDP 与土地总面积之比
	城乡居民收入比	城镇居民人均可支配收入与农村居民人均可支配收入之比
区位条件	路网密度	县域内所有道路的总长度与总面积之比
	各县到省会城市距离	各县的几何中心到南宁市兴宁区几何中心的距离

耕地资源是农作物种植的基础,耕地资源禀赋会影响农作物种植类型,如大型农业生产机械难以进入地块细碎、田面坡度大的耕地,可能就不适合种植大田作物。因此,选择田面坡度、耕地质量、田块规模、人均永久基本农田面积、灌溉保证率 5 个指标来表征耕地禀赋。人口特征对农作物类型的选择具有决定作用,如劳动力稀缺的区域会选择省工性农作物种植。因此,选择乡村人口占比和农村居民人

均可支配收入来表征人口特征。经济水平的提升促进了农村劳动力向非农产业流动,农民能够从事非农产业获得经济收入,出现了务农机会成本,导致农户以农为本的思想观念发生变化。此外,经济发展水平也会影响区域内部居民膳食结构,经济发达地区食品消费类型更加多样,通过市场需求来影响农业经营者的作物选择。因此,选择城镇化水平、地均 GDP、城乡居民收入比来反映县域经济水平。屠能圈理论表明区位条件会影响农业生产方式,选择路网密度和各县到省会城市距离来表征县域区位条件。

1.3 数据来源

耕地质量等别、坡度、田块规模、灌溉条件数据来自 2019 年广西壮族自治区耕地质量等别年度更新调查数据。各县城镇人口、农村人口、总人口、人均可支配收入、GDP、路网密度数据来源于广西壮族自治区统计年鉴。永久基本农田空间分布及地表覆盖数据来自广西壮族自治区第三次全国国土调查,基于 CGCS2000 坐标系,利用国家统一制作的优于分辨率 1 m 的 DOM 影像,结合最新土地调查数据库,以影像特征为基础,综合考虑影像地物识别能力,建立解译标志,使用矢量采集专业软件,以区县为单位,在全辖区范围内,进行人机交互内业信息提取。从 2019 年的现场调查数据中获得 3 000 个样本点进行准确性评估,95% 的准确率表明对结果的解释相对可靠。

2 结果分析

2.1 永久基本农田非粮生产现状及类型

全区永久基本农田非粮生产地块主要集中在中部、北部、西部区域,其中,百色、河池、柳州、桂林、崇左、南宁、来宾等市域范围内非粮生产面积较大,占全区永久基本农田非粮生产总面积的 74.84%(图 2)。永久基本农田非粮生产类型包括果树、灌木、乔木、坑塘水面和其他(竹子、茶树、橡胶树)5 种(图 3)。果树和乔木面积较大,占非粮生产面积的 88.85%,主要是因为种植果树和桉树等乔木经济效益高。桂林作为广西最大水果产区,果树种植面积最大,占果树类非粮生产面积的 29.61%;南宁、柳州、贵港、百色、来宾、崇左乔木种植面积大,占乔木类非粮生产面积的 67.20%。此外,全区各市均有灌木、坑塘水面和其他类型的非粮生产行为,分别占非粮生产面积的 5.46%、1.59%、4.10%。

2.2 永久基本农田非粮生产地块特征

2.2.1 耕地质量

全区永久基本农田非粮生产地块的平均国家利

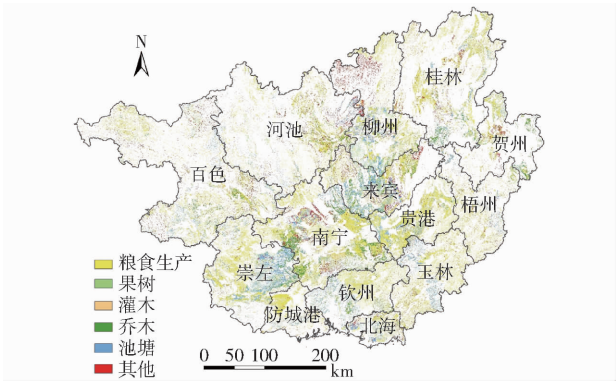


图 2 2019 年广西壮族自治区永久基本农田地表面覆盖类型

Fig. 2 Types of permanent basic farmland land surface cover of Guangxi Zhuang Autonomous Region in 2019

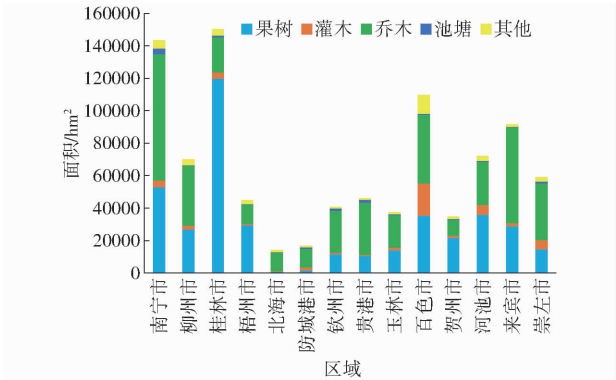


图 3 2019 年广西壮族自治区各市永久基本农田非粮生产类型及面积

Fig. 3 Types and areas of permanent basic farmland non-grain production in cities of Guangxi Zhuang Autonomous Region in 2019

用等为 9.12, 各市非粮生产地块平均耕地质量均低于市域平均水平, 非粮生产地块耕地质量相对较差但市域差异明显(图 4)。玉林、梧州、桂林永久基本农田非粮生产地块耕地质量较好, 主要原因是市域范围内永久基本农田整体耕地质量优; 贵港、南宁、防城港、来宾永久基本农田非粮生产地块耕地质量较差。全区永久基本农田粮食生产地块的平均国家利用等为 7.49, 各市永久基本农田非粮生产地块的平均耕地质量均低于永久基本农田粮食生产地块的平均水平, 其中, 南宁、柳州、钦州、贵港、贺州、来宾耕地质量差异较大, 表明耕地质量较好的永久基本农田仍主要用于粮食生产。

2.2.2 灌溉条件

全区永久基本农田非粮生产地块中有 12.45% 具有灌溉条件, 低于全区平均灌溉水平但市域差异明显(图 5)。南宁、桂林、北海、防城港、钦州、贵港、玉林、贺州永久基本农田非粮生产地块的灌溉水平高于全区永久基本农田非粮生产地块平均灌溉水平, 其中, 北海、贵港、玉林和贺州永久基本农田非粮

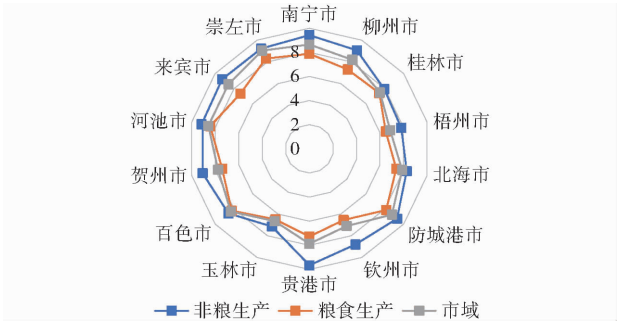


图 4 2019 年广西壮族自治区各市永久基本农田非粮生产、粮食生产以及全部地块平均利用等

Fig. 4 Average utilization of non-grain production, grain production and all plots of permanent basic farmland in each city of Guangxi Zhuang Autonomous Region in 2019

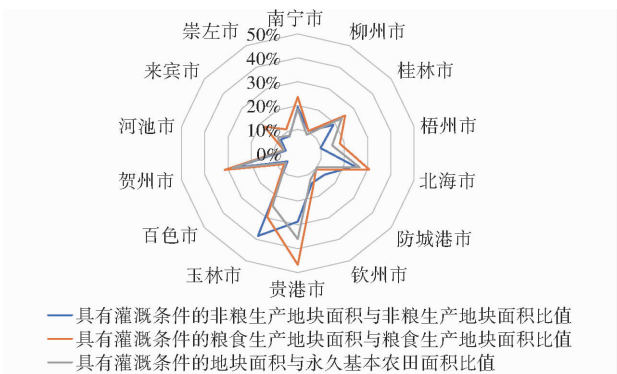


图 5 2019 年广西壮族自治区各市永久基本农田非粮生产、粮食生产以及全部地块平均灌溉水平

Fig. 5 Average irrigation level of non-grain production, grain production and all plots of permanent basic farmland in each city of Guangxi Zhuang Autonomous Region in 2019

生产地块的灌溉水平高, 分别为 24.42%、28.66%、38.43%、27.11%。此外, 全区永久基本农田粮食生产地块中有 21.05% 具有灌溉条件, 防城港、玉林永久基本农田非粮生产地块的灌溉水平远高于粮食生产地块, 表明市域范围内非粮生产占用了大量灌溉资源; 梧州、贵港、来宾永久基本农田非粮生产地块的灌溉水平远低于粮食生产地块, 市域范围内具有灌溉条件的永久基本农田主要用于粮食生产。

2.2.3 田面坡度

全区永久基本农田非粮生产地块主要分布在地势平坦的区域, 其中田面坡度小于等于 2°、2°~6°、6°~15°的地块分别占 46.60%、31.26%、17.83%, 田面坡度在 15°~25°和大于 25°的地块比例较小, 分别为 3.16% 和 1.15% (图 6)。北海、桂林、玉林、贵港、贺州永久基本农田非粮生产集中分布在地势平坦的地块上, 田面坡度小于等于 2°的比例分别占 82.20%、65.00%、64.05%、61.44%、60.64%。梧州、百色永久基本农田非粮生产地块中, 田面坡度大于 25°的比例较大, 分别为 21.70%、10.33%。此

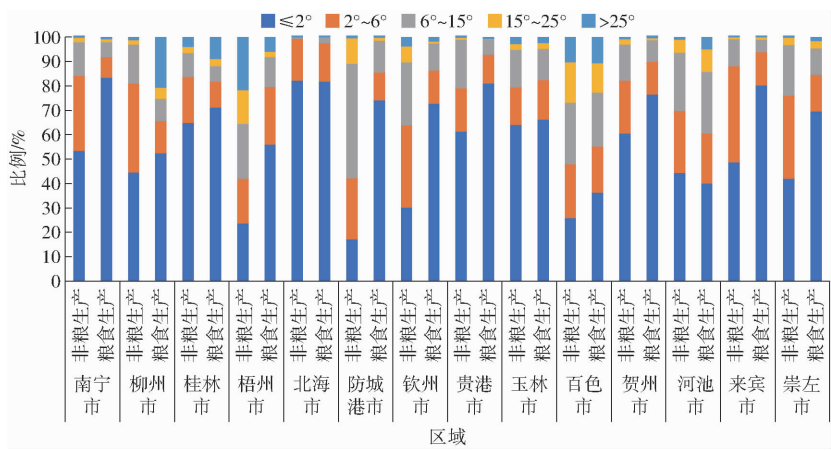


图 6 2019 年广西壮族自治区各市永久基本农田非粮生产、粮食生产地块田面坡度

Fig. 6 Slope of field surface of non-grain production and grain production of permanent basic farmland in each city of Guangxi Zhuang Autonomous Region in 2019

外,全区永久基本农田粮食生产地块集中分布在地势平坦的区域,田面坡度小于等于 2°、2°~6°的比例分别为 65.24%、14.56%,但仍有 8.48% 的永久基本农田粮食生产地块的田面坡度较大,严重威胁到区域耕地资源可持续利用。

2.3 永久基本农田非粮生产空间集聚特征

对 2019 年全区各县非粮生产比例进行空间自相关分析(图 7),结果显示全局 Moran's *I* 为 0.589 5, *Z* 得分为 9.879 6, *P* 值为 0.000 1,通过 1% 水平的显著性检验,表明 2019 年全区各县非粮生产比例具有显著的空间正向自相关性,即非粮生产比例大的县与非粮生产比例大的县邻近、非粮生产比例小的县与非粮生产比例小的县邻近的集聚状态。因此,适合建立空间计量模型进行研究。

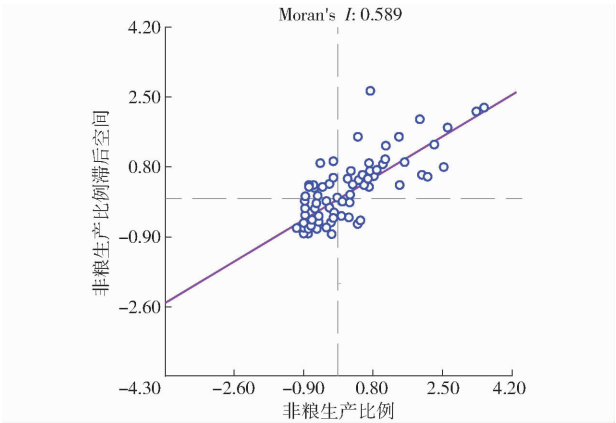


图 7 2019 年广西壮族自治区各县永久基本农田非粮生产比例全局 Moran's *I* 指数散点图

Fig. 7 Overall Moran's *I* index scatter plot of proportion of permanent basic farmland non-grain production in counties of Guangxi Zhuang Autonomous Region in 2019

2019 年全区各县非粮生产比例局部空间自相关分析结果表明,全区非粮生产存在 3 种空间关联模式,即 H-H、L-L 空间集聚类型、H-L 空间离群

类型(图 8)。H-H 型指非粮生产比例大的县与非粮生产比例大的县邻近,分布在区域的中部和西南部,主要是柳州、来宾和崇左。L-L 型指非粮生产比例小的县与非粮生产比例小的县邻近,分布在区域的东部和西北部,主要是柳州、梧州、玉林和河池。H-L 型指非粮生产比例大的县被非粮生产比例小的县单元包围,集中分布在西部百色。

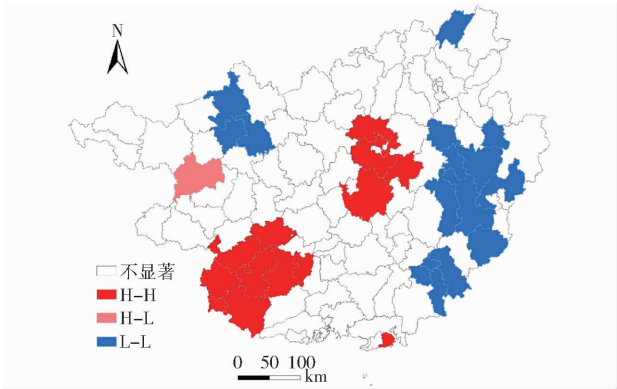


图 8 2019 年广西壮族自治区各县永久基本农田非粮生产比例局部 LISA 集聚图

Fig. 8 Partial LISA agglomeration map of proportion of permanent basic farmland non-grain production in counties of Guangxi Zhuang Autonomous Region in 2019

2.4 永久基本农田非粮生产的驱动因子分析

2.4.1 驱动因子分析

由于驱动因子之间可能存在线性相关关系,即多重共线性,会导致结果与实际情况不同。因此,选择方差膨胀系数检验来进行多重共线性诊断。通过方差膨胀系数检验发现各变量中除城镇化水平外,其余各指标容差均大于 0.1 且 VIF 值均小于 5,说明除城镇化水平外的其他指标之间不存在多重共线性,因此,剔除掉城镇化水平。

为了进行模型的对比分析,首先以上述 11 个驱

动因子为自变量,以县域非粮生产比例作为因变量,构建 OLS 模型测度解释变量对被解释变量的影响程度、显著性水平及其他特征,并进一步筛选因子。从回归结果(表 2)可知,模型决定系数和校正决定系数分别达 0.594 8 和 0.549 4,即模型解释了

54.94% 的县域非粮生产比例的变化。结果显示,田块规模、人均永久基本农田面积、农村居民人均可支配收入、各县到省会城市距离与县域非粮生产比例呈正相关,耕地质量、灌溉保证率与县域非粮生产比例呈负相关。

表 2 OLS 模型估计及诊断结果
Tab. 2 OLS model estimation and diagnostic results

变量	系数	标准差	t 统计量	稳健概率	VIF
常数项	0.162 9	0.117 5	1.386 2	0.180 6	—
田面坡度	0.002 5	0.107 1	0.023 8	0.978 6	2.778 0
耕地质量	−0.368 5 ***	0.118 4	−3.111 7	0.003 4	3.341 8
田块规模	0.349 9 ***	0.120 6	2.900 9	0.000 4	3.862 3
人均永久基本农田面积	0.210 5 *	0.167 6	1.256 0	0.087 4	1.202 2
灌溉保证率	−0.505 2 ***	0.072 5	−6.966 3	0.000 1	1.235 4
乡村人口占比	0.059 9	0.078 7	0.760 5	0.356 5	2.456 8
农村居民人均可支配收入	0.272 7 *	0.168 2	1.620 7	0.096 7	4.841 6
地均 GDP	0.061 0	0.146 7	0.415 6	0.664 2	2.623 6
城乡居民收入比	−0.143 2	0.109 5	−1.307 2	0.192 7	2.415 4
路网密度	−0.055 3	0.103 6	−0.533 6	0.545 2	1.412 3
各县到省会城市距离	0.149 5 *	0.084 3	1.772 7	0.082 9	1.872 2
多重决定系数	0.594 8				
校正决定系数	0.549 4				
Koenker 统计量	35.579 3 ***				
赤池信息准则	−86.251 0				
Sig. 值	0.022 9				

注: * 表示通过 0.1 显著性检验; *** 表示通过 0.01 显著性检验。

基于 OLS 模型结果,对通过 0.1 显著性检验的 6 个解释变量运用 ArcGIS 10.7 软件进行地理加权回归分析。与 OLS 的结果相比,模型多重决定系数和校正决定系数分别达到 0.716 0 和 0.660 4,高于 OLS 决定系数与校正决定系数,模型拟合优度有较大提高,带宽为 222 483.930 6,赤池信息准则为 −118.052 6,Sig. 值为 0.131 3。赤池信息准则值低于 OLS 模型,GWR 模型拟合性能相比有所提升,模型条件数均小于 30,变量之间没有出现局部多重共线性。

2.4.2 空间异质性分析

对 GWR 模型回归结果中各解释变量的系数进行空间可视化表达,得到各解释变量的空间分布(图 9)。各解释变量对全区县域非粮生产比例的影响存在很大的空间差异。

耕地质量(图 9a)回归系数为 −0.50 ~ −0.22,对县域非粮生产的影响为负,自西南向东北,作用强度经历了先降低、后上升的过程。永久基本农田质量越优,粮食产量越高,种植粮食作物获得的经济效益能够满足农业生产者的收益预期,因此,农业经营者仍主要种植粮食作物。田块规模(图 9b)回归系数为 0.10 ~ 0.56,对县域非粮生产的影响为正,影

响程度整体表现为自西向东不断降低。田块规模较大的区域土地流转程度高、工商资本进入力度大,工商资本的逐利行为加剧了永久基本农田非粮生产。人均永久基本农田面积(图 9c)回归系数为 0.05 ~ 3.04,对县域非粮生产的影响为正,影响程度表现为自西南向东北不断降低。拥有较多永久基本农田的农户也拥有更多的选择空间,在保障食用需求的基础上具有通过非粮生产获得更多经济效益的欲望;同时,受权属细碎化的影响,在劳动力稀缺、机械化程度低的情况下,农户倾向于种植省工性经济作物。灌溉保证率(图 9d)回归系数在 −0.62 ~ −0.20 之间,对县域非粮生产的影响为负,自西南向东北,影响程度经历了先增加、后减少的过程。完备的农田基础设施为保障农业生产者进行粮食生产提供了有利的生产条件。农村居民人均可支配收入(图 9e)回归系数为 0.17 ~ 0.64,对县域非粮生产比例的影响为正,影响程度表现为自西向东逐渐降低。经济社会的快速发展,农业劳动者不断外出务工,成为城市和乡村之间的“候鸟”。他们既能够在城市务工获得工资性收入,又能够在农村务农获得经营性收入,随着收入水平的不断提高,农业劳动者消费水平和结构不断优化升级而且有能力通过市场获得粮

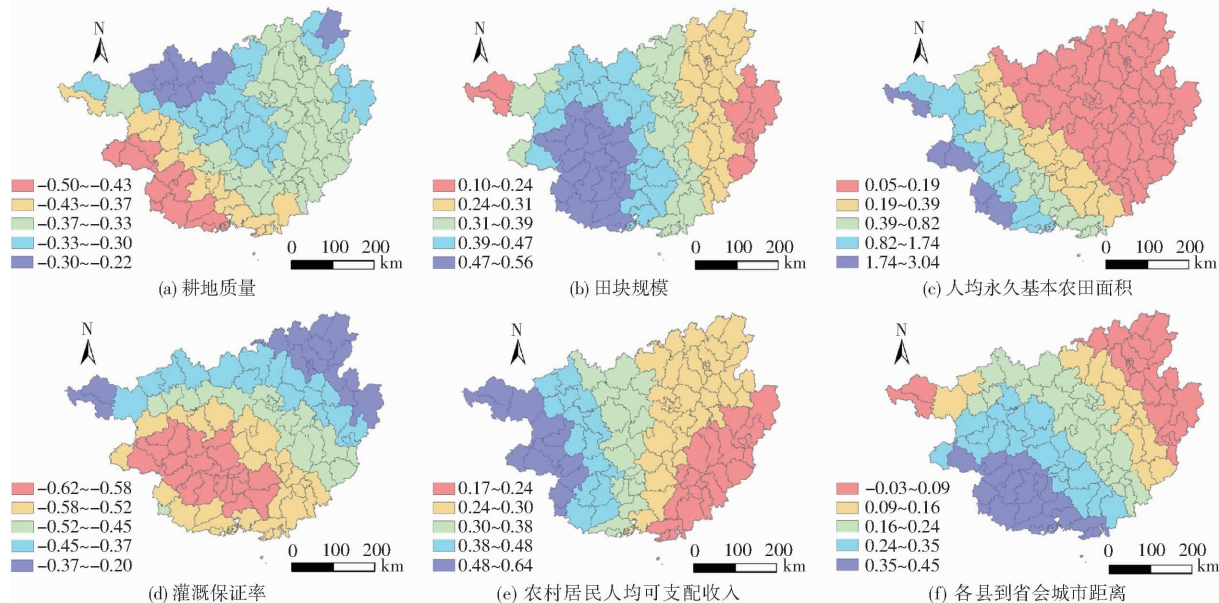


图 9 基于 GWR 模型估计的驱动因子回归系数空间分布

Fig. 9 Spatial distributions of impact factor regression coefficients estimated based on GWR model

食,在劳动力资源稀缺的条件下,更愿意种植省工性作物。各县到省会城市距离(图 9f)回归系数为 $-0.03 \sim 0.45$,对县域非粮生产比例的影响主要是正向,影响程度表现为从西南到东北逐渐降低。南宁市作为广西壮族自治区经济、政治和文化中心,区域内人均收入和饮食消费水平高,食物需求更加多样,对蔬菜、瓜果等需求量大,仅仅依靠市域范围内的耕地难以保障区域内居民的饮食需求,远离省会城市经济相对落后、资源禀赋较好的农业劳动者在巨大的市场需求下更有动力选择在永久基本农田上种植果树等经济作物。

3 讨论与启示

3.1 讨论

在现有耕地非粮化研究的基础上,本研究探讨了地块尺度的永久基本农田非粮生产现状、类型及驱动因子,试图在研究尺度、地块类型两方面进行突破,仍有几点内容值得深入讨论。①现有研究多基于统计数据来探讨行政区的耕地非粮化问题,研究区域多关注粮食主产区、经济发达区,本研究基于第三次全国国土调查精细化数据研究了粮食匮乏区、生态脆弱区地块尺度的永久基本农田非粮生产,剖析了广西永久基本农田非粮生产现状及地块质量、灌溉条件、田面坡度等特征,对高效、科学管控区域永久基本农田具有重要的指导意义。②广西全区永久基本农田非粮生产面积大,果树、乔木种植等非粮生产行为提高了农业种植收入,有利于保障农户福祉和区域经济发展,但是降低了粮食作物播种面积,在“大食物观”背景下,应进一步探讨区域未来人口

食物消费结构下的粮食需求量,确定合理、科学的永久基本农田粮食生产面积、空间,合理优化区域农业种植结构。③本研究分析了永久基本农田非粮生产地块的属性特征,考虑中国组织结构和国家政权结构中的县一级处在承上启下的关键环节,县域治理是推进国家治理体系和治理能力现代化的重要一环,因此,探讨了县域尺度永久基本农田非粮生产的驱动因子,未来应进一步从科学层面探讨地块尺度的永久基本农田非粮生产的驱动因子。

3.2 政策启示

优化永久基本农田作物种植空间布局。将区域内田面坡度大于 25° 的地块退出永久基本农田管控范围,同时将耕地质量好、地势平坦、集中连片的耕地划入永久基本农田进而优化永久基本农田空间格局。优先将玉林、梧州、桂林等耕地质量高,北海、贵港、玉林和贺州等灌溉条件好,北海、桂林、玉林、贵港、贺州等田面坡度小的非粮食生产地块恢复粮食生产,稳步提高区域粮食生产水平。重点将桂林、南宁、百色、河池、梧州、来宾等果树种植调整到田面坡度大于 25° 的地块上。禁止在永久基本农田上种植乔木、灌木、挖塘养鱼等非粮生产行为,并逐步有序恢复粮食生产,确保永久基本农田可持续利用。

加强永久基本农田质量建设,加快将永久基本农田建成高标准农田。研究表明耕地质量、灌溉保证率与永久基本农田非粮生产比例呈负相关关系且对西南地区的百色、崇左、防城港作用强度更大,而贵港、南宁、防城港、来宾永久基本农田非粮生产地块的耕地质量较差这一现实问题。建议优先重点加

强百色、崇左、防城港、贵港、南宁、来宾的永久基本农田质量建设,通过测土配方施肥提高基础地力,加强治理石漠化、有效土层薄等耕地质量障碍因子以提高耕地适宜性;加强农田灌溉排水设施建设提高永久基本农田灌溉保证率以及抗灾减灾能力,全方位提高永久基本农田质量。

监管永久基本农田属性特征。研究表明非粮生产地块主要分布在地势平坦的区域,全区永久基本农田非粮生产在中部和西南部县域呈现 H-H 集聚。建议持续监测区域中部和西南部呈 H-H 聚集县域的永久基本农田,尤其是地势平坦区域永久基本农田的地表作物覆盖,防止非粮生产趋势扩张;动态监测 L-L 聚集、H-L 离散型县域永久基本农用地表覆盖,确保良田粮用。结合县域永久基本农田非粮生产比例的驱动因子分析,建议加快推进田块规模及人均永久基本农田面积大、劳动力资源稀缺县域的土地流转,严格规范土地流转和工商资本准入程序,规范永久基本农田流转后的用途。

建立永久基本农田保护补偿制度。研究表明全区人均永久基本农田面积与非粮生产比例呈正相关关系,主要是区域内劳动力资源稀缺以及机械化程度低下。建议深化农业纵向分工,培育农业社会化服务主体,发展服务规模经营,逐步解决人均永久基本农田面积大的区域劳动力资源稀缺和机械化水平低的问题。针对永久基本农田非粮生产与农民人均收入同步增长的科学发现,应建立永久基本农田保

护补偿制度,基于县域永久基本农田面积、非粮生产比例、经济发展水平等因素建立县域间永久基本农田保护补偿的标准、形式,实现经济发达区、非粮生产比例高的县域对经济欠发达区、永久基本农田良田粮用水平高的县域的补偿。

4 结论

(1)全区永久基本农田非粮生产现象明显,非粮生产类型以果树和乔木为主,其生产面积占全区非粮生产总面积的 88.85%,灌木、坑塘水面、其他类型的面积分别占非粮生产总面积的 5.46%、1.59%、4.10%。

(2)非粮生产主要分布在地势平坦的永久基本农田上,田面坡度小于等于 6°的非粮生产地块占 77.86%,表明果树、乔木等经济作物种植已经从山上转移到平原地区,非粮生产地块的耕地质量和灌溉水平相对较差,表明耕地质量优和农田基础设施完善的永久基本农田仍主要用于粮食生产。

(3)永久基本农田非粮生产具有明显的空间集聚特征,同时,永久基本农田非粮生产是多种因子综合作用的结果,田块规模、人均永久基本农田面积、农村居民人均可支配收入、各县到省会城市距离与县域永久基本农田非粮生产比例呈正相关,耕地质量、灌溉保证率与县域永久基本农田非粮生产比例呈负相关,但是不同驱动因子对永久基本农田非粮生产的影响呈显著的空间差异性。

参 考 文 献

[1] GODFRAY H C J, BEDDINGTON J R, CRUTE I R, et al. Food security: the challenge of feeding 9 billion people[J]. Science, 2010, 327(5967): 812-818.

[2] 漆信贤,张志宏,黄贤金. 面向新时代的耕地保护矛盾与创新应对[J]. 中国土地科学,2018,32(8):9-15.
QI Xinxian, ZHANG Zhihong, HUANG Xianjin. The contradiction of cultivated land protection in the new era and its innovative countermeasures[J]. China Land Science,2018,32(8):9-15. (in Chinese)

[3] ZHANG Y, RUNTING R K, WEBB E L, et al. Coordinated intensification to reconcile the “zero hunger” and “life on land” Sustainable Development Goals[J]. Journal of Environmental Management, 2021, 284:112030.

[4] 梁鑫源,金晓斌,孙瑞,等. 多情景粮食安全底线约束下的中国耕地保护弹性空间[J]. 地理学报,2022,77(3):697-713.
LIANG Xinyuan, JIN Xiaobin, SUN Rui, et al. China's resilience-space for cultivated land protection under the restraint of multi-scenario food security bottom line[J]. Acta Geographica Sinica,2022,77(3):697-713. (in Chinese)

[5] 陈文广,张青璞,孔祥斌,等. 基于“三线”统筹的省域永久基本农田布局优化规则与实证研究[J]. 农业工程学报,2021, 37(15):248-257.
CHEN Wenguang, ZHANG Qingpu, KONG Xiangbin, et al. Optimizing rules and empirical research of provincial permanent basic farmland layout based on the “Three-line” coordination[J]. Transactions of the CSAE, 2021, 37(15): 248-257. (in Chinese)

[6] LIU X, ZHAO C, SONG W. Review of the evolution of cultivated land protection policies in the period following China's reform and liberalization[J]. Land Use Policy, 2017, 67: 660-669.

[7] ZHOU Y, LI X, LIU Y. Cultivated land protection and rational use in China[J]. Land Use Policy, 2021, 106: 105454.

[8] YANG Q, ZHANG D. The influence of agricultural industrial policy on non-grain production of cultivated land: a case study of the “one village, one product” strategy implemented in Guanzhong Plain of China[J]. Land Use Policy, 2021, 108: 105579.

[9] SU Y, QIAN K, LIN L, et al. Identifying the driving forces of non-grain production expansion in rural China and its implications for policies on cultivated land protection[J]. Land Use Policy, 2020, 92:104435.

- [10] 常媛媛,刘俊娜,张琦,等.粮食主产区耕地非粮化空间格局分异及其成因[J].农业资源与环境学报,2022,39(4):817-826.
CHANG Yuanyuan, LIU Junna, ZHANG Qi, et al. Spatial pattern differentiation of cultivated land non-grain conversion in major grain-producing areas[J]. Journal of Agricultural Resources and Environment, 2022, 39(4): 817-826. (in Chinese)
- [11] 敖为超,陈一帆,关涛,等.GF-1卫星数据在永久基本农田非粮化监测中的应用[J].安徽农业科学,2016,44(18):250-255.
AO Weijiu, CHEN Yifan, GUAN Tao, et al. Application of GF-1 satellite data on monitoring non-grain phenomenon in permanent basic farmland[J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2016, 44(18): 250-255. (in Chinese)
- [12] 吴学兵,丁建军,何蒲明.农地流转价格偏离的形成逻辑及对粮食安全的影响研究[J].世界农业,2020(11):4-10.
WU Xuebing, DING Jianjun, HE Pumeng. A study on the formation logic of price deviation of agricultural land transfer and its impact on food security[J]. World Agriculture, 2020(11): 4-10. (in Chinese)
- [13] 任大鹏,彭博.防止耕地“非粮化”的法律规制研究[J].中国土地科学,2022,36(7):1-9.
REN Dapeng, PENG Bo. Research on the rule of legal regulation to prevent “non-grain” of cultivated land[J]. China Land Science, 2022, 36(7): 1-9. (in Chinese)
- [14] 戈大专,孙攀,周贵鹏,等.传统农区粮食生产转型机制及其安全效应——基于乡村空间治理视角[J].自然资源学报,2021,36(6):1588-1601.
GE Dazhuan, SUN Pan, ZHOU Guipeng, et al. Grain production transformation mechanism and the security effects in traditional farming areas: the perspective of rural spatial governance[J]. Journal of Natural Resources, 2021, 36(6): 1588-1601. (in Chinese)
- [15] 曹宇,李国煜,王嘉怡,等.耕地非粮化的系统认知与研究框架:从粮食安全到多维安全[J].中国土地科学,2022,36(3):1-12.
CAO Yu, LI Guoyu, WANG Jiayi, et al. Systematic review and research framework of “non-grain” utilization of cultivated land: from a perspective of food security to multi-dimensional security[J]. China Land Science, 2022, 36(3): 1-12. (in Chinese)
- [16] 邱乐丰,张玲,徐保根,等.种植结构非粮化对农田氮磷流失负荷的影响[J].浙江农业学报,2022,34(9):1995-2003.
QIU Lefeng, ZHANG Ling, XU Baogen, et al. Effects of non-grain transition of agricultural planting structure on nitrogen and phosphorus loss from cultivated land[J]. Acta Agriculturae Zhejiangensis, 2022, 34(9): 1995-2003. (in Chinese)
- [17] SU Y, LI C, WANG K, et al. Quantifying the spatiotemporal dynamics and multi-aspect performance of non-grain production during 2000—2015 at a fine scale[J]. Ecological Indicators, 2019, 101: 410-419.
- [18] 王鹏程,张利国,卢玉兰,等.广西耕地“非粮化”时空演变及影响因素研究[J/OL].中国农业资源与区划:1-11[2022-10-24].
<http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.3513.S.20220623.1530.019.html>.
WANG Pengcheng, ZHANG Liguang, LU Yulan, et al. Study on the spatial-temporal evolution and influencing factors of non-grain cultivated land in Guangxi[J/OL]. Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning: 1-11[2022-10-24]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.3513.S.20220623.1530.019.html>. (in Chinese)
- [19] 张颖诗,冯艳芳,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. (in Chinese)
- [20] 孟菲,谭永忠,陈航,等.中国耕地“非粮化”的时空格局演变及其影响因素[J].中国土地科学,2022,36(1):97-106.
MENG Fei, TAN Yongzhong, CHEN Hang, et al. Spatial-temporal evolution patterns and influencing factors of “non-grain” utilization of cultivated land in China[J]. China Land Science, 2022, 36(1): 97-106. (in Chinese)
- [21] SUN Y, CHANG Y, LIU J, et al. Spatial differentiation of non-grain production on cultivated land and its driving factors in coastal China[J]. Sustainability, 2021, 13(23): 13064.
- [22] 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]. China Land Science, 2021, 35(9): 33-43. (in Chinese)
- [23] 吴郁玲,张佩,于亿亿,等.粮食安全视角下中国耕地“非粮化”研究进展与展望[J].中国土地科学,2021,35(9):116-124.
WU Yuling, ZHANG Pei, YU Yiyi, et al. Progress review on and prospects for “non-grain” cultivated land in China from the perspective of food security[J]. China Land Science, 2021, 35(9): 116-124. (in Chinese)
- [24] 张惠中,宋文,张文信,等.山东省耕地“非粮化”空间分异特征及其影响因素分析[J].中国土地科学,2021,35(10):94-103.
ZHANG Huizhong, SONG Wen, ZHANG Wenxin, et al. Analysis of spatial differentiation characteristics and influencing factors of “non-grain” cultivated land in Shandong Province[J]. China Land Science, 2021, 35(10): 94-103. (in Chinese)
- [25] 关小克,王秀丽,赵玉领.黄河沿岸“非粮化”耕地形态特征识别与优化调控研究[J].农业机械学报,2021,52(10):233-242.
GUAN Xiaoke, WANG Xiuli, ZHAO Yuling. Morphological characteristics identification and optimization of “non-grain” cultivated land along Yellow River[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2021, 52(10): 233-242. (in Chinese)
- [26] 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)

[27] 邱乐丰,祝锦霞,潘艺,等. 非粮化利用下耕地土壤重金属分布特征、生态风险和来源解析[J/OL]. 环境科学;1 – 18 [2022 – 10 – 24]. DOI:10.13227/j. hjkx. 202206190.

QIU Lefeng, ZHU Jinxia, PAN Yi, et al. Distribution characteristics, ecological risks, and source identification of heavy metals in cultivated land under non-grain production[J/OL]. Environmental Science;1 – 18 [2022 – 10 – 24]. DOI:10.13227/j. hjkx. 202206190. (in Chinese)

[28] 蔡瑞林,陈万明,朱雪春. 成本收益:耕地流转非粮化的内因与破解关键[J]. 农村经济,2015(7):44 – 49.

CAI Ruilin, CHEN Wanming, ZHU Xuechun. Cost and benefit: the internal cause and key to solving the non-grain transformation of cultivated land[J]. Rural Economy,2015(7):44 – 49. (in Chinese)

[29] LI Y, ZHAO B, HUANG A, et al. Characteristics and driving forces of non-grain production of cultivated land from the perspective of food security[J]. Sustainability, 2021, 13(24): 14047.

[30] 孔祥斌. 耕地“非粮化”问题、成因及对策[J]. 中国土地,2020(11):17 – 19.

KONG Xiangbin. Problems, causes and countermeasures of the “non-grain” of cultivated land[J]. China Land,2020(11): 17 – 19. (in Chinese)

[31] 王丽惠,赵晓峰. “非粮化”整治的负外部性及政策优化[J]. 学术论坛,2021,44(6):11 – 23.

WANG Lihui, ZHAO Xiaofeng. Negative externalities and policy optimization of “non-grain” remediation[J]. Academic Forum,2021,44(6):11 – 23. (in Chinese)

[32] 戚渊,李瑶瑶,朱道林. 农地资本化视角下的耕地非粮化研究[J]. 中国土地科学,2021,35(8):47 – 56.

QI Yuan, LI Yaoyao, ZHU Daolin. Study on the non-grain utilization of cultivated land from the perspective of cultivated land capitalization[J]. China Land Science,2021,35(8):47 – 56. (in Chinese)

[33] 谢花林,欧阳振益,陈倩茹. 耕地细碎化促进了耕地“非粮化”吗——基于福建丘陵山区农户的微观调查[J]. 中国土地科学,2022,36(1):47 – 56.

XIE Hualin, OUYANG Zhenyi, CHEN Qianru. Does cultivated land fragmentation promote “non-grain” utilization of cultivated land: based on a micro survey of farmers in the hilly and mountainous areas of Fujian[J]. China Land Science, 2022,36(1):47 – 56. (in Chinese)

[34] 王勇,陈印军,易小燕,等. 耕地流转中的“非粮化”问题与对策建议[J]. 中国农业资源与区划,2011,32(4):13 – 16.

WANG Yong, CHEN Yinjun, YI Xiaoyan, et al. The “non-grain” problem in the process of land transfer and the countermeasures[J]. Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning,2011,32(4):13 – 16. (in Chinese)

[35] 杨智慧,路欣怡,孔祥斌,等. 中国耕地刚性管制与弹性调控框架构建[J]. 中国土地科学,2021,35(6):11 – 19.

YANG Zhihui, LU Xinyi, KONG Xiangbin, et al. Construction of China’s rigid control and resilient adjustment of cultivated land protection[J]. China Land Science,2021,35(6):11 – 19. (in Chinese)

[36] 赖亦康,渠霓. 广西永久基本农田保护的存在问题及措施研究[J]. 中国农业信息,2017(18):42 – 43.

LAI Yikang, QU Ni. Study on the problems and measures of permanent basic farmland protection in Guangxi[J]. China Agricultural Informatics, 2017(18):42 – 43. (in Chinese)

[37] 吴子豪,刘耀林,冯向阳,等. 基于多尺度地理加权回归的土壤镉污染局部影响因子分析[J]. 地球信息科学学报,2023, 25(3):573 – 587.

WU Zihao, LIU Yaolin, FENG Xiangyang, et al. Analysis of local influencing factors of Cadmium pollution in soil by using multi-scale geographically weighted regression[J]. Journal of Geo-information Science, 2023,25(3):573 – 587. (in Chinese)

[38] 曹小曙,徐建斌. 中国省际边界区县域经济格局及影响因素的空间异质性[J]. 地理学报,2018,73(6):1065 – 1075.

CAO Xiaoshu, XU Jianbin. Spatial heterogeneity analysis of regional economic development and driving factors in China’s provincial border counties[J]. Acta Geographica Sinica,2018,73(6):1065 – 1075. (in Chinese)