

DOI: 10.13718/j.cnki.xdzk.2026.02.013

王丽娟, 李鸿洋, 龚成东. 高原山区耕地非粮化空间分异及影响因素研究 [J]. 西南大学学报(自然科学版), 2026, 48(2): 157-169.

高原山区耕地非粮化空间分异及影响因素研究

王丽娟, 李鸿洋, 龚成东

云南大学 建筑与规划学院, 昆明 650504

摘要: 城市化进程极大地改变了区域土地利用模式, 同时受农业产业结构调整、种植利益驱动、退耕还林政策等因素影响, 耕地非粮化现象日益严重。科学界定并测算不同类型的耕地非粮化率, 厘清高原山区耕地非粮化空间分异特征及其影响因素, 对治理高原山区耕地非粮化问题具有重要意义。以云南省玉龙县为例, 从种植结构、农业产业结构及耕地撂荒 3 种类型定量测度耕地非粮化率, 综合运用空间自相关分析方法与地理探测器探析高原山区不同类型耕地非粮化的空间分异特征及其影响因素。研究表明: ① 玉龙县不同类型的耕地非粮化率空间分布呈现显著差异。② 玉龙县耕地非粮化呈集聚型空间格局, 西北部高海拔地区种植结构非粮化呈高值集聚, 东部和东南部坝区分别呈现出农业产业结构非粮化高值集聚和耕地撂荒高值集聚。③ 破碎度、路网密度、人均可支配收入、永久基本农田等因素对高原山区耕地非粮化空间分异具有显著影响。因此, 在该区域进行非粮化管控时, 应遵循高原山区耕地利用规律, 对不同区域、不同类型的耕地非粮化采取针对性的管控措施。

关键词: 土地利用; 耕地非粮化; 空间分异; 高原山区

中图分类号: F301.21

文献标识码: A

文章编号: 1673-9868(2026)02-0157-13

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Spatial Differentiation Pattern and Influencing Factors of Non-Grain Cultivated Land in Plateau Mountain Area

WANG Lijuan, LI Hongyang, GONG Chengdong

School of Architecture and Planning, Yunnan University, Kunming 650504, China

Abstract: The process of urbanization has greatly changed the regional land use pattern. Simultaneously, under the influence of the adjustment of agricultural production structure, the drive of planting interests and the grain for green policy, the situation of non-grain cultivation has shown a growing tendency of intensification. It is of great significance to scientifically define and measure the different types of farmland non-grain rate, and clarify the spatial differentiation characteristics and influencing factors of farmland

收稿日期: 2025-01-24

基金项目: 云南省科技厅基础研究计划面上项目(202501AT070202); 云南省教育厅科学研究基金项目(2024J0031)。

作者简介: 王丽娟, 博士, 讲师, 主要从事土地资源管理研究。

non-grain cultivation in plateau mountainous regions. Taking Yulong County in Yunnan Province as an example, the study quantitatively measured the rate of non-grain cultivation in terms of planting structure, agricultural production structure and abandonment of cultivated land, and comprehensively used spatial autocorrelation analysis and geographical detector to examine the spatial distribution characteristics of non-grain cultivation of different types of cultivated land in plateau mountainous regions, as well as their influencing factors. The study shows that: ① The spatial distribution of the non-grain utilization rate of different types of arable land in Yulong County showed significant differences. ② In Yulong County, the spatial distribution of non-grain cultivated land demonstrated a distinct clustering pattern. The non-grain planting structure in the northwest high-altitude areas showed a high-value agglomeration. The eastern and southeastern basin areas had high value agglomeration of the non-grain agricultural production structure and high value agglomeration of the abandonment of cultivated land, respectively. ③ Factors such as the degree of fragmentation, road network density, per capita disposable income, and permanent basic farmland significantly influenced the spatial distribution of non-grain cultivation in plateau mountain regions. Therefore, when non-grain control is carried out in this region, the law of cultivated land utilization in the plateau mountain area should be followed, and targeted control measures should be taken for different regions and different types of non-grain cultivated land.

Key words: land use; non-grain cultivated land; spatial differentiation; plateau mountain region

耕地是粮食生产的物质基础,切实保护耕地对于保障国家粮食安全、推动农业可持续发展具有重要作用^[1-3]。然而,受种植利益驱动、农业产业结构调整、退耕还林政策等因素的影响,耕地非粮化现象日益严重,不仅对国家粮食安全和社会稳定构成潜在威胁,还可能引发乡村社会结构失衡、农业景观破碎、生态系统衰退等多重风险^[4-8]。国家对此高度重视,出台《国务院办公厅关于防止耕地“非粮化”稳定粮食生产的意见》等相关政策措施,强调要充分认识到防止耕地非粮化的重要性,要将有限的耕地资源优先用于粮食生产,采取有力措施防止耕地非粮化,系统构建“稳政策、稳面积、稳产量”的耕地保护制度体系,确保谷物基本自给、口粮绝对安全,牢牢守住国家粮食安全生命线。鉴于此,耕地非粮化成为学术研究的热点领域。

目前,国内外对耕地非粮化的研究主要集中在对耕地非粮化内涵的界定与测算^[9-11]、耕地非粮化空间分异特征诊断^[12-16]、耕地非粮化驱动因素分析^[17-22]以及非粮化应对策略^[23-26]4个方面。现有研究多采用统计数据法^[18, 27-29]、遥感监测法^[19, 30-31]、农户调查法^[32-34]进行耕地非粮化信息获取和测算,并进一步分析不同尺度下特定区域的耕地非粮化特征,尤以全国^[4, 12]或省级^[13, 27-28]等宏观尺度为主,少有学者对县域内部乡镇、村、地块等微观尺度进行研究。现有研究主要集中在粮食主产区^[14, 34]、快速城市化地区^[22-23, 35]、平原区^[13, 28]、丘陵山区^[17, 19-20, 30]等不同地域特征的区域,对高原山区这一特殊山地形态区域的研究尚显不足。在耕地非粮化内涵界定方面,已有研究表明,不同类型的耕地非粮化对地力的影响存在差异,进而对粮食安全产生不同程度的风险,因此科学界定耕地非粮化的内涵是治理非粮化问题的基础^[10]。在驱动机制方面,学者们普遍认为耕地非粮化是自然条件、市场经济、政策制度等多因素共同作用下产生的一种现象^[15, 17],一般采用单一因素法^[33, 36-37]探讨耕地非粮化驱动机制,但交互驱动的解析尚显不足。

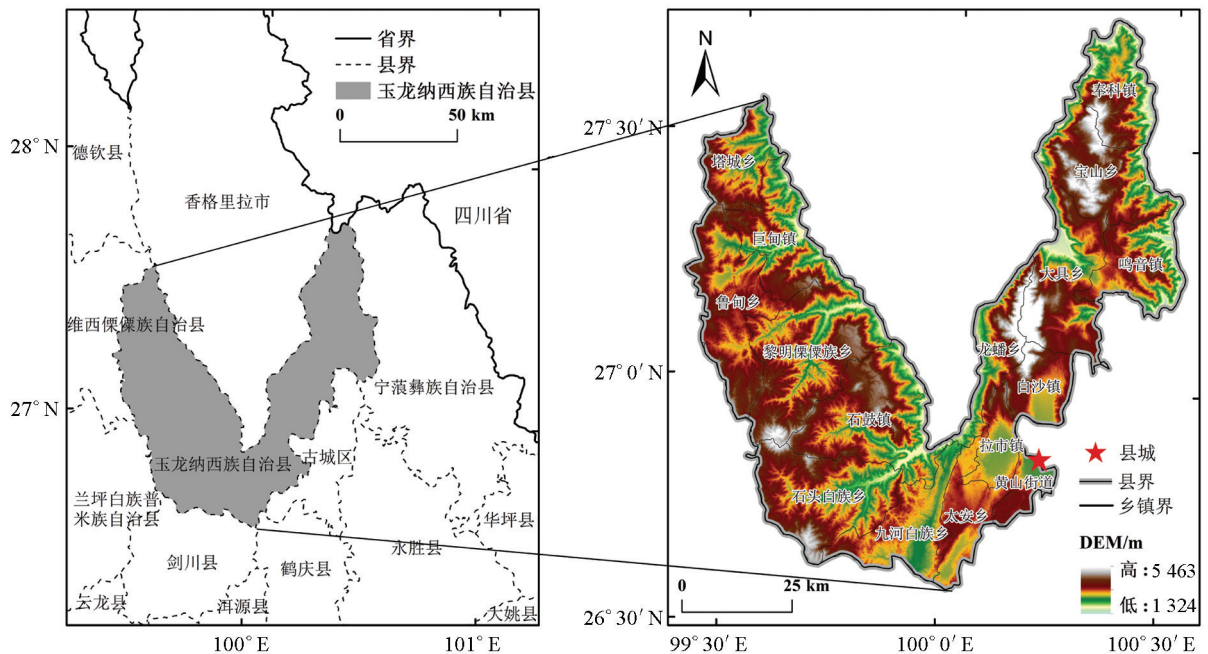
云南省地形以高原山地为主,山地面积达 94%^[38]。相较于平原和低山地区,云南省耕地质量总体较差,地块破碎且集中连片程度低。据《云南省国土空间规划(2021—2035年)》调查数据显示,2009—2019年云南省耕地总量减少 84.84 万 hm^2 ,减少的耕地约 80%流向园地和林地,耕地非粮化现象突出,并呈现出自身特征^[39]。玉龙纳西族自治县(以下简称玉龙县)位于云南省西北部,是青藏高原东南边缘横断山地向云贵高原过渡的衔接地段,山区、半山区面积占玉龙县总面积的 96.53%,高原山区多山少田的格局显著。近年来,在城市化进程快速推进、农村劳动力向城镇转移、种粮效益不断下降等因素的影响下,耕地非粮化

现象呈现持续扩张趋势^[27-28, 40-41]。本研究以玉龙县为研究区域,基于第三次全国土地调查成果(以下简称“三调”)及各类社会经济统计数据,以行政村为研究单元,定量测度不同类型的耕地非粮化率,综合运用空间自相关、地理探测器模型分析玉龙县耕地非粮化空间分异特征及影响因素,形成“格局识别—因素解析—分类整治”的研究框架,以期为高原山区耕地非粮化治理提供参考。

1 研究材料与研究思路

1.1 研究区概况

玉龙县土地面积 619 959.00 hm²,下辖 1 街道 6 镇 9 乡,兼具横断山峡谷和滇西高原的地貌特征,地势自北向南逐渐降低,地形复杂多变,沟壑纵横(图 1)。高原山地的地貌深入影响着耕地资源的分布与利用,形成坡耕地多、耕地质量差的利用格局。据《玉龙纳西族自治县统计年鉴(2013—2022 年)》数据显示,玉龙县粮食作物播种面积从 2013 年的 34 431.87 hm² 减少至 2019 年的 32 726.27 hm²;同期,粮食作物总产量从 11.74 万 t 下降至 10.77 万 t;非粮食作物播种面积从 2013 年的 14 987.13 hm² 增长至 2019 年的 17 892.20 hm²。同时根据“三调”成果,玉龙县耕地向园地、林地、草地、坑塘等农用地转变的面积达 3 769.53 hm²。可利用耕地资源的稀缺,叠加国家生态保护、退耕还林及农业产业结构调整等政策的实施,进一步加剧了玉龙县耕地非粮化现象,给耕地保护带来显著压力。本研究选取玉龙县作为研究区域,探究高原山区耕地非粮化空间分异特征及影响因素,具有一定的典型性和区域代表性。



审图号:GS(2024)0650号

图1 玉龙县地理区位图

1.2 数据来源与处理

本研究的数据来源如下:①“三调”成果、行政边界、永久基本农田数据、耕地质量等别成果数据来自玉龙纳西族自治县自然资源局;②数字高程模型(Digital Elevation Model, DEM)数据来自地理空间数据云平台(<https://www.gscloud.cn/>),精度为 30 m;③道路网络、水源分布、居民点位置、镇中心坐标、农贸市场点位等数据来自玉龙纳西族自治县自然资源局,并在 ArcGIS 10.8 软件中进行投影转换、裁剪、欧氏距离计算等预处理;④社会经济数据源于《玉龙纳西族自治县统计年鉴(2013—2022 年)》《玉龙纳西族自治县国民经济和社会发展统计公报》等。

1.3 研究思路

高原山区耕地非粮化空间分异及影响因素研究技术路线如图 2 所示。

1) 基于“三调”成果,提取玉龙县耕地非粮化图斑,从种植结构、农业产业结构及耕地撂荒 3 个类型测算耕地非粮化率。

2) 采用地理信息系统空间分析技术和空间自相关模型解析研究区域耕地非粮化空间分异特征。

3) 从自然条件、地理区位、社会经济、政策管制 4 个维度构建高原山区耕地非粮化影响因素指标体系,运用地理探测器探析耕地非粮化的影响因素及其交互机理,据此提出差异化的分类整治措施与建议。

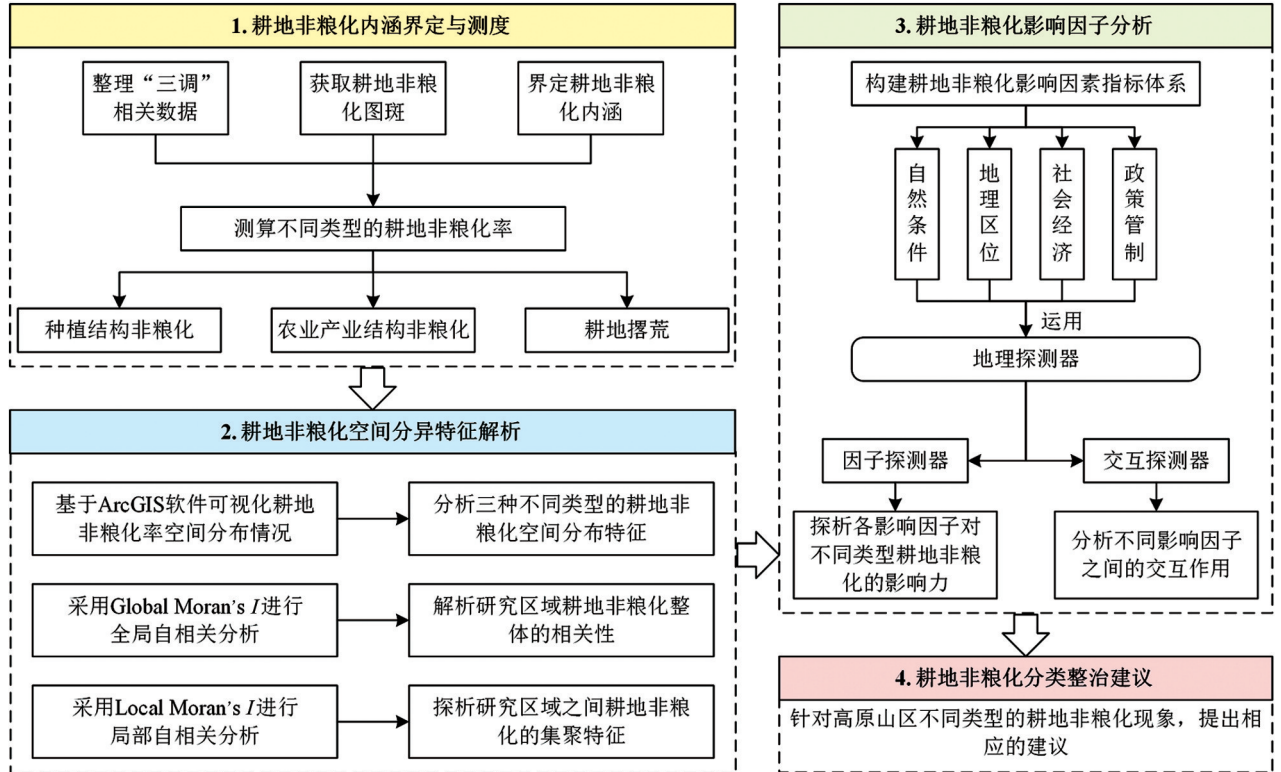
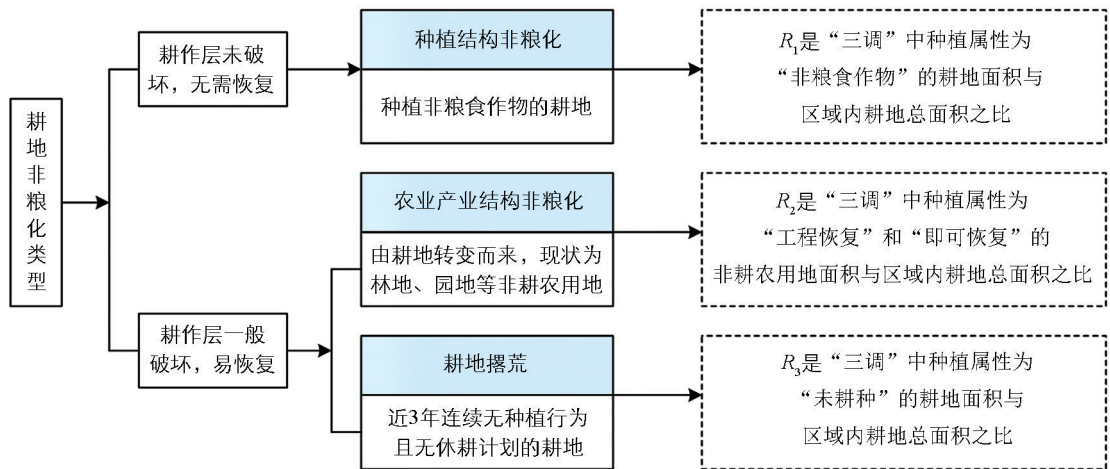


图 2 技术路线图

2 研究方法

2.1 耕地非粮化内涵界定与测度

科学界定耕地非粮化内涵与类型是研究耕地非粮化的重要前提。现有研究对耕地非粮化内涵的界定主要存在 3 种观点^[12, 15, 19]。一种观点从种植行为角度出发,认为耕地非粮化是在应当用于粮食生产的耕地上种植非粮食作物的现象,如在耕地上种植蔬菜、茶叶等^[18, 20];另一种观点从耕地地力角度出发,认为对耕地的耕作层造成损害的行为才是耕地非粮化。有研究表明种植油料、蔬菜等非粮食作物不会对粮食生产所需地力造成损害,而种植茶叶、果树等虽会损害耕作层但恢复耕地质量较为容易,因此这些种植行为不应属于耕地非粮化^[10];还有学者从广义的角度认为非粮化是在耕地上进行一切非粮食生产的行为,包括耕地撂荒^[11]。参考现有研究对耕地非粮化的内涵界定,本研究将耕地非粮化定义为在耕地上未种植粮食作物的行为,但并非所有耕地非粮化行为都会威胁耕地资源安全,不同类型的耕地非粮化应采取差异化的管控措施。本研究进一步依据非粮化对耕作层的破坏程度及恢复难易程度,参考《第三次全国国土调查技术规程》等相关规范标准,将耕地非粮化划分为 3 种类型:① 现状为耕地、种植非粮食作物的种植结构非粮化。② 由耕地转变而来,现状为林地、园地、坑塘等非耕农用地的农业产业结构非粮化。③ 现状为耕地、近 3 年连续无种植行为且无休耕计划的耕地撂荒。耕地非粮化类型及测算如图 3 所示。



区域内的耕地总面积,包括“三调”中耕地面积和标注为“工程恢复”和“即可恢复”的非耕农用地面积。 R 为非粮化率。

图3 耕地非粮化类型及测算示意图

2.2 空间自相关分析

空间自相关分析法可以有效解析区域内某属性的空间分布与相邻区域的关联特征及相关程度,分为全局空间自相关和局部空间自相关。全局空间自相关一般通过全局莫兰指数(Global Moran's I)判断研究区全域尺度下耕地非粮化的空间集聚或离散特征,计算方法如公式(1)所示。但由于全局空间自相关无法反映各研究单元之间的空间异质性,因此引入局部莫兰指数(Local Moran's I)以识别研究区域内高值、低值的空间聚类特征,计算方法如公式(2)所示。

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

$$I_i = \frac{(x_i - \bar{x}) \sum_{j=1}^n W_{ij} (x_j - \bar{x})}{\frac{1}{n} \times \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (2)$$

式中: I 为全局莫兰指数; I_i 为局部莫兰指数; n 为空间单元数(个); x_i 和 x_j 为单元 i 和 j 的非粮化率(%); \bar{x} 为观测值的平均值(%); W_{ij} 为空间权重。

2.3 变量选取与模型选择

2.3.1 变量选取

耕地非粮化受自然环境、交通区位、市场经济、政策制度、劳动力转移等多重因素的共同影响^[15]。参考已有研究^[36-37, 42-43]并结合数据的可获得性,本研究以行政村为研究单元,构建自然条件、地理区位、社会经济、政策管制4个维度共15个影响因子的耕地非粮化影响因素指标体系(表1)。基本分类情况如下:将地块坡度、地块海拔、耕地质量、破碎度作为自然条件因子,反映高原山区耕地在粮食生产过程中的生产潜力和限制条件;将灌溉便利度、耕作便利度、距中心城镇距离、路网密度、农贸市场影响度作为地理区位因子,反映耕作效率、交通条件便利性和市场关联程度等方面对耕地非粮化的影响;将农业人口数量、土地年产值、垦殖指数、人均农用地面积、人均可支配收入作为社会经济因子,反映研究区域社会经济及农业发展整体情况对耕地非粮化的影响^[17];将永久基本农田作为政策管制因子,反映耕地保护相关政策对耕地非粮化的管控效果。

表 1 高原山区耕地非粮化影响因素指标体系

影响因素	影响因子	指标释义
自然条件	地块坡度 $X_1/(\circ)$	研究单元内地块平均坡度, 反映耕地陡缓程度
	地块海拔 X_2/m	研究单元内地块平均海拔
	耕地质量 X_3	研究单元内耕地平均质量等级, 反映耕地生产力
	破碎度 X_4/km^2	研究单元内平均地块面积, 反映耕地资源的破碎化程度
地理区位	灌溉便利度 X_5/km	研究单元内地块至水源的平均直线距离, 反映耕地灌溉便利程度
	耕作便利度 X_6/km	研究单元内地块至农村居民点的平均直线距离, 反映耕作通勤便捷程度
	距中心城镇距离 X_7/km	研究单元几何中心至最近规模城镇距离, 反映各研究单元的发展空间与规模
	路网密度 $X_8/(km \cdot km^{-2})$	研究单元内各类硬化道路的长度与研究单元面积的比值, 反映农产品运输的交通便捷程度
	农贸市场影响度 X_9/km	研究单元几何中心至最近农贸市场的直线道路距离, 反映农产品流通效率
社会经济	农业人口数量 $X_{10}/人$	研究单元的农业人口数量, 反映农业劳动力情况
	土地年产值 $X_{11}/(元 \cdot 667 m^{-2} \cdot a^{-1})$	研究单元内土地全部农产品产值之和与土地面积之比, 反映土地生产力
	垦殖指数 $X_{12}/\%$	研究单元内耕地面积占土地总面积的比值, 反映耕地开发利用程度
	人均农用地面积 $X_{13}/(667 m^2 \cdot 人^{-1})$	研究单元内农用地面积与农业人口之比, 反映农用地资源分配现状
	人均可支配收入 $X_{14}/(元 \cdot 人^{-1} \cdot a^{-1})$	研究单元农村居民生活水平和消费能力
政策管制	永久基本农田 X_{15}/km^2	研究单元内永久基本农田面积, 反映永久基本农田政策对非粮化的管控作用

2.3.2 地理探测器

地理探测器是探测空间分异性并揭示其背后驱动力的一组统计学方法, 通过因子探测器、交互探测器构建空间异质性与驱动机制的理论关联。空间分异表征地理现象的表层特征, 因果驱动揭示其内在作用机理^[44-46]。本研究以 3 种类型的非粮化率为因变量, 各影响因子为自变量, 利用地理探测器的因子探测器探析各因子对耕地非粮化的影响力, 公式如下:

$$q = 1 - \frac{1}{N\sigma^2} \sum_{h=1}^L N_h \sigma_h^2 \quad (3)$$

式中: q 为影响因子(X)对因变量耕地非粮化率(Y)的解释力, $q \in [0, 1]$, q 值越大, 表明影响因子对非粮化现象的解释力越强; $h=1, 2, \dots$; L 为因子 X 或变量 Y 的分层; N_h 和 N 分别为层 h 单元个数和全区单元个数; σ_h^2 和 σ^2 分别是层 h 和全区 Y 值的方差。

运用交互探测器探测不同影响因子之间的交互作用, 通过对比两个因子交互后的 q 值与原始单因子的 q 值来判断因子之间交互作用的类型及强度(表 2)。如果 q 值变大, 则表示两因子共同作用会增强对耕地非粮化空间分布影响的解释能力, 反之则表示减弱。

表 2 因子交互作用类型

判断依据	交互类型
$q(x_1 \cap x_2) < \min[q(x_1), q(x_2)]$	非线性减弱
$\min[q(x_1), q(x_2)] < q(x_2 \cap x_2) < \max[q(x_2), q(x_2)]$	单因子非线性减弱
$q(x_1 \cap x_2) > \max[q(x_1), q(x_2)]$	双因子增强
$q(x_1 \cap x_2) = q(x_1) + q(x_2)$	独立
$q(x_1 \cap x_2) > q(x_1) + q(x_2)$	非线性增强

3 结果与分析

3.1 耕地非粮化空间格局分析

利用玉龙县“三调”成果, 根据图 3 计算玉龙县耕地非粮化率。以行政村为研究单元, 运用自然断点法, 适度调整分级界限, 将玉龙县耕地非粮化率划分为 3 个级别(图 4): I 级($R \leq 10\%$); II 级($10\% < R \leq 30\%$); III 级($R > 30\%$)。

由图 4 可以看出, 不同类型的耕地非粮化率空间分布差异明显: ① 种植结构非粮化率呈现西高东低的空间格局, 特别是以种植中药材为主的鲁甸乡和巨甸镇, 其种植结构非粮化率超过 40%。② 农业产业结构非粮化率 III 级主要分布在玉龙县城周边, 如拉市镇的海东村、海南村、吉余村等, 其农业产业结构非粮化率超过 55%, 目前已发展形成以雪桃、苹果、红梨等为主的特色农业, II 级零散分布于玉龙县中部和东北部。③ 耕地撂荒非粮化率 III 级集中分布在玉龙县东部的旅游小镇白沙镇, II 级则零星分布于县城周边。

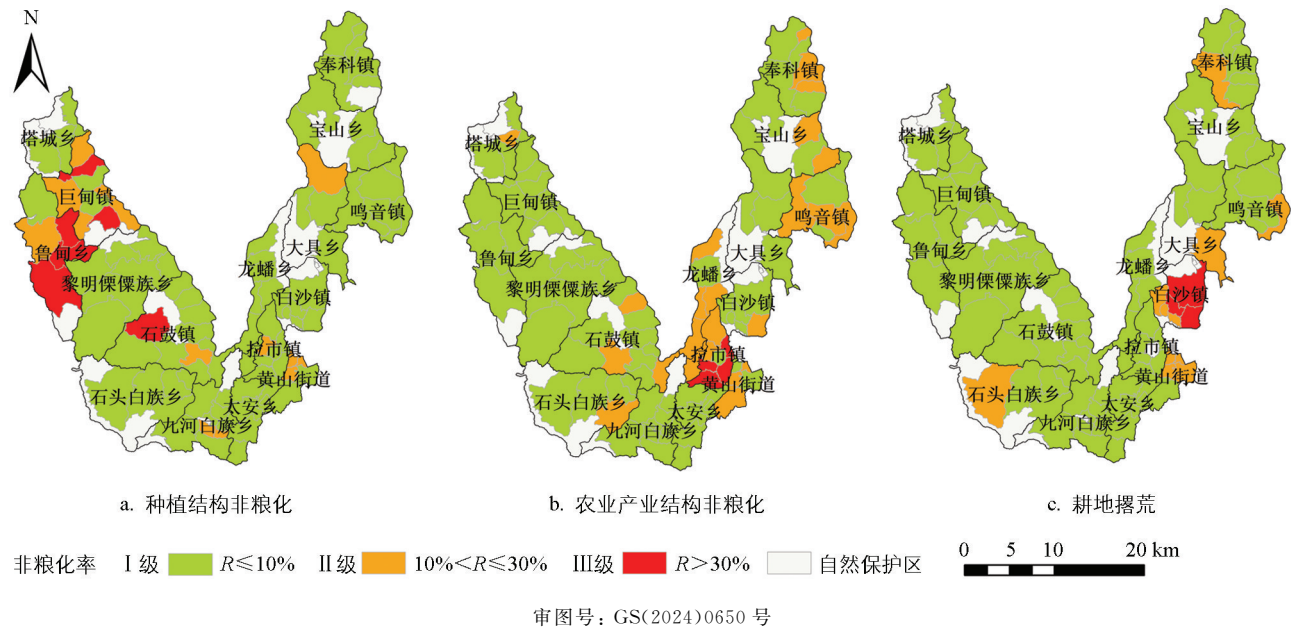


图 4 玉龙县各类型耕地非粮化率空间分布图

3.2 耕地非粮化空间相关性分析

运用 ArcGIS 10.8 软件, 计算玉龙县 3 种耕地非粮化类型的 Global Moran's I , 分别为 0.15、0.46、0.12, 检验统计量 Z 值均在 0.05 的置信水平下通过显著性检验, 表明玉龙县各耕地非粮化类型在空间上呈显著正相关。

表 3 玉龙县耕地非粮化水平全局空间自相关检验

类别	Global Moran's I	Z 值	p 值
种植结构非粮化	0.15	2.90	0.004
农业产业结构非粮化	0.46	8.66	0.000
耕地撂荒	0.12	2.56	0.011

注: Z 值为标准差倍数, p 值为概率, 二者具有关联性, 若 $Z < -1.96$ 或 $Z > 1.96$ 时, $p < 0.05$ 说明置信度大于 95%。

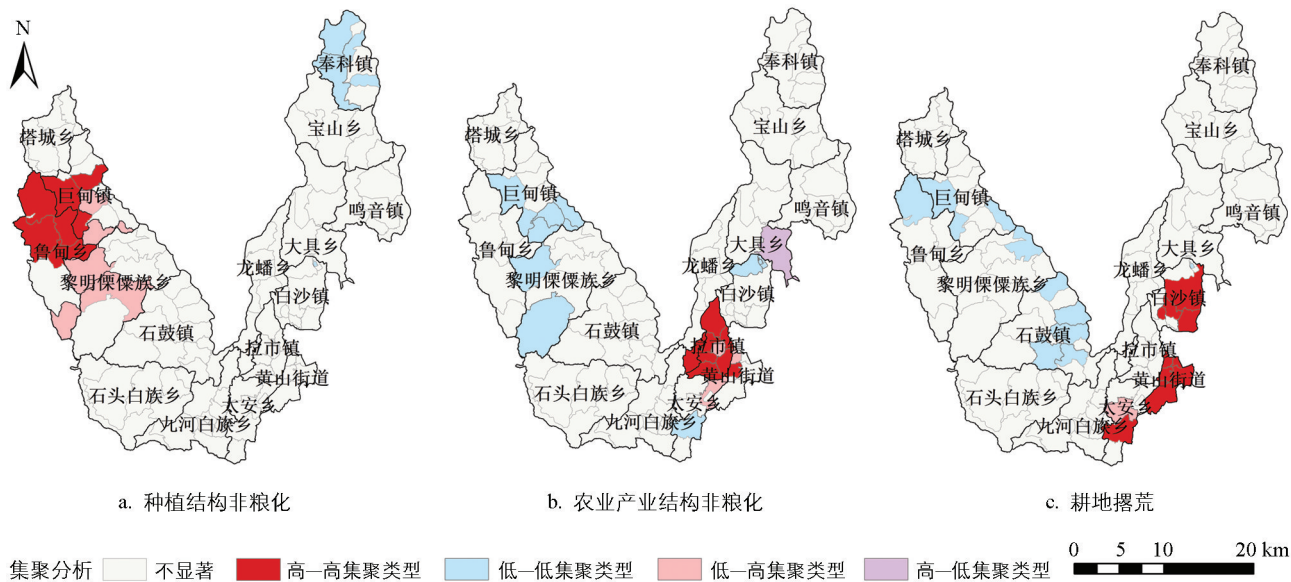
由于 Global Moran's I 不能反映特定区域的非粮化集聚情况, 为深入解析玉龙县耕地非粮化的局部特征及空间结构, 进一步采用 Local Moran's I , 分析各村级单元之间的空间集聚情况(图 5)。

种植结构非粮化的“高一高”集聚类型主要分布在玉龙县西北部高海拔地区。该区域由于其低纬度、低湿度、高海拔的地理环境, 形成了独特的小生态气候, 为种植中药材提供了理想环境。依托政府的扶持政

策,当地已构建起完整的中药材产业链,加之中药材经济效益显著高于传统粮食作物,进而推动农民转向种植此类经济作物。

农业产业结构非粮化的“高一高”集聚类型主要分布于玉龙县东部的拉市镇与黄山街道。该区域地势相对平坦,耕地质量较好,在政府引导下进行农业产业结构调整,因地制宜地发展具有地方特色的林果业,特别是成功培育了高品质的丽江雪桃,因此拉市镇与黄山街道种植果树导致的非粮化现象较其他乡镇更为突出。

耕地撂荒的“高一高”集聚类型主要分布在玉龙县东南部的白沙镇、黄山街道及太安乡。一方面,白沙镇与黄山街道紧邻县城主城区,受农村劳动力老龄化加剧与劳动力向城市转移的双重影响,耕地弃耕问题尤为突出;另一方面,太安乡受耕地质量差、坡度陡、农业基础设施薄弱等因素的影响,导致耕地生产效率低下,种粮收益低。农民作为理性决策主体,往往通过耕地撂荒实现生产决策的理性化。



审图号: GS(2024)0650 号

图 5 玉龙县各类型耕地非粮化率空间集聚图

3.3 耕地非粮化影响因素分析

3.3.1 因子探测器分析

根据地理探测器因子探测结果(表 4),除种植结构非粮化中的耕地坡度(X_1)、距中心城镇距离(X_7)以及农业产业结构非粮化中的人均农用地(X_{13})外,其余影响因子的 p 值均通过 10% 水平的显著性检验。将影响因子按解释力 q 值排序,种植结构非粮化解释力前 3 的因子为永久基本农田(X_{15} , 0.318)、地块海拔(X_2 , 0.123)、路网密度(X_8 , 0.080);农业产业结构非粮化解释力前 3 的因子为破碎度(X_4 , 0.308)、永久基本农田(X_{15} , 0.151)、路网密度(X_8 , 0.110);耕地撂荒解释力前 3 的因子为人均可支配收入(X_{14} , 0.469)、人均农用地面积(X_{13} , 0.360)、垦殖指数(X_{12} , 0.323)。由此可见,不同类型耕地非粮化现象的空间分异影响因子存在显著差异。

在自然条件方面,地块海拔和破碎度对种植结构非粮化和农业产业结构非粮化均产生显著正向影响。表明高原山区高海拔的地形条件以及地块破碎的用地条件等地域限制因子直接影响着耕地非粮化水平与空间分布特征。海拔越高,地块越破碎,耕地地力越差,种粮收益越低,农户基于效益最大化考量,更倾向于种植经济效益更高的药材、林果等非粮食作物。

在地理区位方面,路网密度对种植结构非粮化和农业产业结构非粮化均产生显著正向影响。受复杂地理环境限制,云南高原山区交通基础设施长期处于发展滞后状态。随着国家重点推进中西部农村交通基础

设施建设,农村交通网络体系逐步完善,城乡流通壁垒被打破,降低了农产品的流通成本,为种植高收益的药材、林果等非粮食作物提供了运输便利,在增加农民收入的同时,也加剧了耕地非粮化现象。

在社会经济方面,各因子对耕地撂荒表现出较强的影响力。耕地撂荒率高的区域主要分布在商业、旅游服务业快速发展的城镇化地区。玉龙县旅游业的快速发展与布局规划增加了当地农民的非农就业机会与收入。种粮收益与非农就业收益的差距导致农民种粮积极性下降,直接推动了耕地撂荒现象的发生。

在政策管制方面,永久基本农田是确保粮食生产安全的重要耕地资源,国家明令禁止在永久基本农田上进行林果种植、挖塘养殖等非粮化生产活动。由表 4 可知,永久基本农田政策对 3 种耕地非粮化现象均产生显著正向影响,表明该因子在耕地非粮化管控中未能充分发挥作用,存在部分失效的现象。

表 4 玉龙县耕地非粮化影响因子地理探测结果

影响因子	种植结构非粮化		农业产业结构非粮化		耕地撂荒	
	q 值	排序	q 值	排序	q 值	排序
地块坡度 X_1	0.005	15	0.021***	11	0.230***	8
地块海拔 X_2	0.123***	2	0.055***	7	0.310***	4
耕地质量 X_3	0.080***	4	0.030***	10	0.288***	5
破碎度 X_4	0.033***	8	0.308***	1	0.190***	10
灌溉便利度 X_5	0.022***	11	0.013**	13	0.179***	11
耕作便利度 X_6	0.023***	9	0.010*	14	0.167***	13
距中心城镇距离 X_7	0.006	14	0.019**	12	0.167***	15
路网密度 X_8	0.080***	3	0.110***	3	0.214***	9
农贸市场影响度 X_9	0.022***	10	0.030***	9	0.169***	12
农业人口数量 X_{10}	0.014**	12	0.050***	8	0.167***	14
土地年产值 X_{11}	0.046***	6	0.074***	5	0.262***	6
垦殖指数 X_{12}	0.035***	7	0.069***	6	0.323***	3
人均农用地面积 X_{13}	0.013**	13	0.003	15	0.360***	2
人均可支配收入 X_{14}	0.063***	5	0.083***	4	0.469***	1
永久基本农田 X_{15}	0.308***	1	0.151***	2	0.261***	7

注: *、**和***分别表示在 $p < 0.1$ 、 $p < 0.05$ 和 $p < 0.01$ 水平有统计学意义。

3.3.2 交互探测器分析

采用交互探测器分析 3 种耕地非粮化类型各影响因子的交互作用,探究其交互驱动机制(图 6)。交互探测结果表明,任意两因子交互之后的 q 值均大于单一因子的解释力,交互类型表现为双因子增强或非线性增强。

在种植结构非粮化中,路网密度和永久基本农田($X_8 \cap X_{15}$)的交互解释力为最大值($q = 0.73$),最小值为地块坡度和灌溉便利度($X_1 \cap X_5$)($q = 0.06$),平均 q 值为 0.24。永久基本农田因子(X_{15})与其余因子的交互解释作用较强, q 值均高于 0.35。高原山区交通基础设施建设滞后导致农产品流通效率不高,降低了农产品的市场竞争力。随着路网密度的系统性提升,大幅降低了农产品运输成本,激励农户主动调整种植结构,转向种植经济效益更高的经济作物。尽管我国已构建相对完备的永久基本农田保护制度体系,但在农户耕种行为引导方面存在管制缺失,使得制度约束与农户生产决策之间尚未形成有效的传导机制。

在农业产业结构非粮化中,破碎度和灌溉便利度($X_4 \cap X_5$)的交互解释力为最大值($q = 0.76$),最小值为地块坡度和农贸市场影响度($X_1 \cap X_9$)($q = 0.07$),平均 q 值为 0.26。高原山区耕地破碎,灌溉设施建设和维护成本高昂,难以实现规模化、专业化种植,先进的农业技术和大型农业机械也难以推广应用,导致粮食耕种条件差、效益低。因此,农户更倾向于种植受地形条件限制少、产出高的林果等农产品。

在耕地撂荒中, 路网密度和垦殖指数($X_8 \cap X_{12}$)的交互解释力为最大值($q=0.82$), 最小值为灌溉便利度和农贸市场影响度($X_5 \cap X_9$)($q=0.28$), 平均 q 值为 0.61。相较于种植结构非粮化和农业产业结构非粮化, 耕地撂荒各因素的交互解释能力显著增强, 表明耕地撂荒的成因更为复杂多样, 是自然地理条件、社会经济环境、政策制度管控等多重因素交织作用的结果, 需采取系统性措施解决。

整体来看, 3 种耕地非粮化现象受复杂的多因素交互影响, 应着眼于全局视角, 综合考虑各项因素的影响, 协同治理高原山区的耕地非粮化现象。

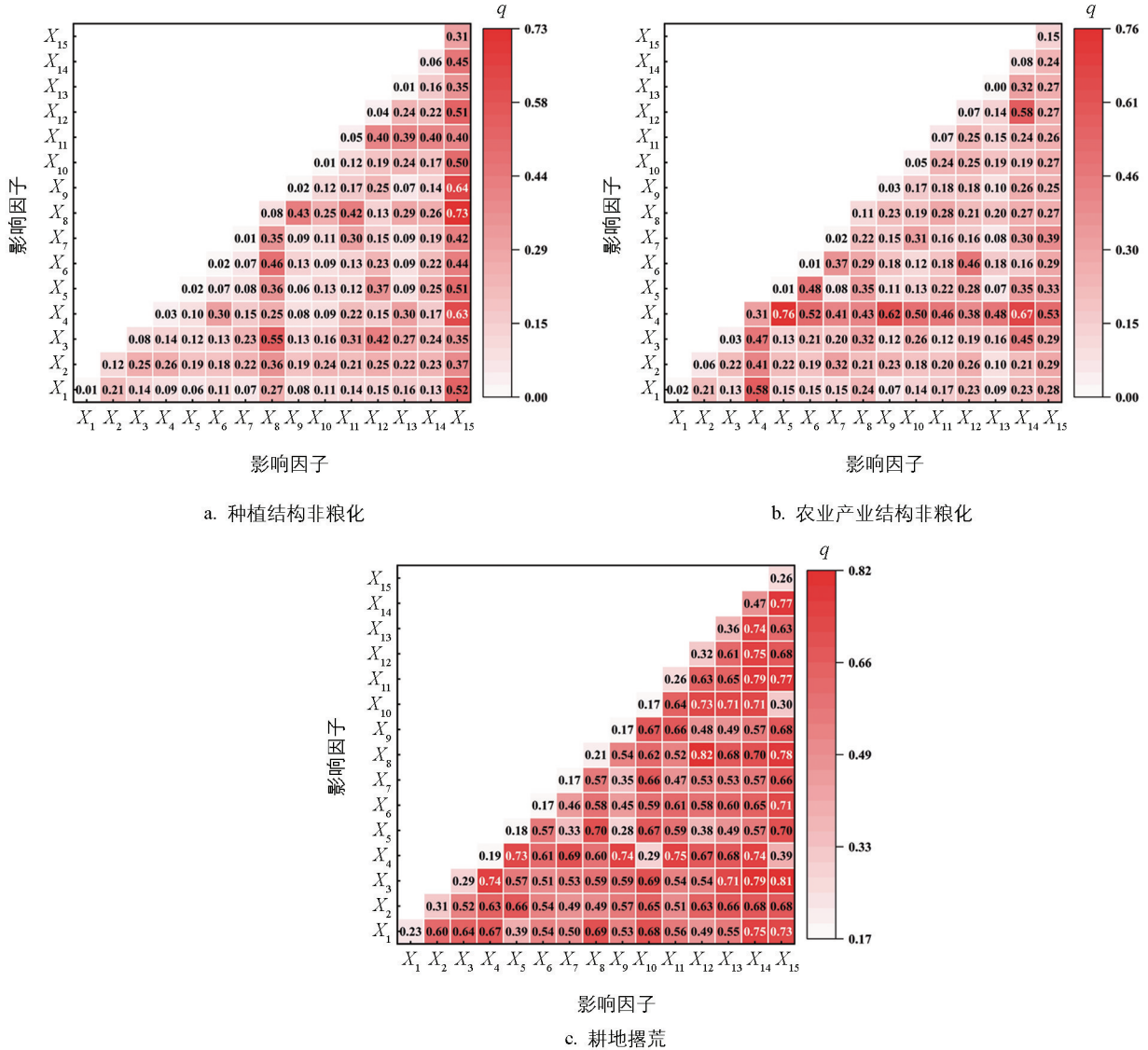


图 6 玉龙县各类型因子交互探测热力图

4 结论与建议

4.1 结论

本研究以地处高原山区的玉龙县为研究区域, 从种植结构、农业产业结构及耕地撂荒 3 个类型测算耕地非粮化率, 并以行政村为研究单元, 系统分析不同类型耕地非粮化的空间分异特征及其影响因素, 得出以下结论:

1) 玉龙县不同类型的耕地非粮化率空间分布呈现显著差异。种植结构非粮化率Ⅲ级主要分布在县城西北部的中高山区; 农业产业结构非粮化率Ⅲ级集中在县城的周边区域; 耕地撂荒非粮化率Ⅲ级集中分布

在县城东部的坝区。

2) 玉龙县耕地非粮化在空间上呈现显著的空间正相关性和空间集聚性。不同类型的耕地非粮化现象“高一高”集聚特征具有显著空间分布差异。在西北部高海拔区,种植结构非粮化呈“高一高”集聚;在耕种条件相对较好的县城周边区域,农业产业结构非粮化呈“高一高”集聚;在旅游经济相对发达的快速城镇化区域,耕地撂荒呈“高一高”集聚。“低一低”集聚在全县范围内零星分布。

3) 不同类型耕地非粮化现象的空间分异影响因子存在显著差异。受研究区内海拔高、地块破碎等用地条件限制,交通条件相对完善的地区形成了大量的种植结构非粮化和农业产业结构非粮化;在地力差、社会经济发展相对快速的区域出现了大量耕地撂荒现象。同时永久基本农田保护制度在引导农户耕种行为方面存在管制缺失。

4) 玉龙县耕地非粮化现象是自然条件、地理区位、社会经济、政策管制等多因素交互驱动而成。其中,破碎度、路网密度、人均可支配收入、永久基本农田等重要驱动因子的交互作用加大了高原山区耕地非粮化的空间分异程度。

4.2 建议

高原山区地貌复杂,地势高差大,耕地坡度陡,地块破碎,耕地利用条件不佳,同时面临乡村振兴、生态修复、城市化进程加快等诸多挑战,区域内普遍存在种植结构非粮化、农业产业结构非粮化和耕地撂荒3种现象。在耕地非粮化管控中,应遵循高原山区耕地利用规律,因地制宜地采取相应的管控措施。

1) 玉龙县不同类型的耕地非粮化率空间分布差异明显,未来在实施非粮化管控策略时,应注重分区域治理。对于非粮化率为Ⅰ级的区域应在稳定耕地总量的基础上重点管控新增非粮化耕地面积,通过推进高标准农田建设提升耕地质量,同时引导农户种植目标粮食作物以保障种植规模,维持粮食种植面积稳定;对于非粮化率为Ⅱ级和Ⅲ级的区域需强化耕地用途管制,优先保障粮食生产用地,严格管控永久基本农田非粮化行为,遏制非粮化无序扩张,确保粮食生产安全。

2) 采取差异化措施管控高原山区不同类型的耕地非粮化现象。对于种植结构非粮化率较高的区域,在耕地优先满足粮食和食用农产品生产的基础上,综合考虑地理区位、农户种植意愿、市场需求等因素,适度调整粮食作物与经济作物的种植比例。通过粮食与非粮食作物间作、轮作的复合种植模式优化种植结构,形成“用地养地”协同机制,实现粮食产能维持与农业效益提升的双重目标;对于农业产业结构非粮化率高的区域,需严格规范农业生产活动,评估耕地用途转变对耕地的损害程度,对破坏耕地耕作层、影响耕地粮食生产能力的种植行为严格禁止。对耕作层未被破坏、具备粮食生产能力的耕地,制定合理的整治策略并有序推进;耕地撂荒因资源与区位限制,农户耕种意愿降低,需根据实际情况实施管控。对耕地撂荒率较高的区域通过完善田间路网建设、灌溉排水等基础设施提升耕地质量,提高农户耕种意愿。同时加强对永久基本农田闲置、荒芜情况的管控整治,提升土地利用效率,减少耕地荒废现象。

3) 耕地保护需构建多维协同治理体系,强化空间管控与动态监管机制。应严格落实耕地占补平衡制度,杜绝占多补少、占优补劣等空间置换行为,从而优化耕地空间布局,确保耕地保护红线刚性约束。同时加强对种粮主体的政策激励,完善种粮农民收益保护机制,提高粮食经济效益,激发农民种粮积极性。此外应综合利用卫星遥感监测与大数据分析等现代化信息技术,对耕地种植用途的变化实施动态监测,力求对耕地种植用途转变做到及时发现、及时干预,切实防范耕地非粮化现象的发生。

参考文献:

- [1] 刘桃菊,陈美球. 中国耕地保护制度执行力现状及其提升路径 [J]. 中国土地科学, 2020, 34(9): 32-37, 47.
- [2] LAI Z H, CHEN M Q, LIU T J. Changes in and Prospects for Cultivated Land Use since the Reform and Opening up in China [J]. Land Use Policy, 2020, 97: 104781.

- [3] 沈仁芳,王超,孙波.“藏粮于地、藏粮于技”战略实施中的土壤科学与技术问题[J].中国科学院院刊,2018,33(2):135-144.
- [4] 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.
- [5] 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.
- [6] 孔祥斌.当前耕地保护面临的问题分析及对策研究[J].中国土地,2020(12):4-7.
- [7] 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.
- [8] SUN Y P, ZHOU Z F, HUANG D H, et al. The Spatial and Temporal Evolution Pattern and Transformation of Urban-Rural Construction Land in Karst Mountainous Areas: Qixingguan District of Guizhou, Southwest China [J]. Land, 2022, 11(10): 1734.
- [9] 虞洪,牛卓美.耕地“非粮化”:内涵要义、治理约束及路径选择[J].农村经济,2023(9):1-10.
- [10] 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.
- [11] 朱道林.耕地“非粮化”的经济机制与治理路径[J].中国土地,2021(7):9-11.
- [12] 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.
- [13] 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.
- [14] 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.
- [15] 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.
- [16] SUN Y, CHANG Y Y, LIU J N, et al. Spatial Differentiation of Non-Grain Production on Cultivated Land and Its Driving Factors in Coastal China [J]. Sustainability, 2021, 13(23): 13064.
- [17] 肖思成,陈美球,程旭东,等.赣南低山丘陵区农业产业结构“非粮化”空间分异及其驱动力探测——以寻乌县为例[J].农业资源与环境学报,2024,41(2):305-316.
- [18] 吴大放,吴钊骏,李升发,等.粤北山区耕地非粮化演变特征及其影响因素[J].经济地理,2023,43(8):144-153.
- [19] 徐国良,卢凌莹,杨璨,等.基于多时相 Sentinel-1A 的丘陵山区耕地非粮化特征识别及驱动机制[J].农业工程学报,2023,39(22):236-245.
- [20] 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.
- [21] 刘家欣,杨庆媛,苏康传,等.耕地利用隐性形态耦合协调及驱动力研究——以重庆市为例[J].西南大学学报(自然科学版),2025,47(4):41-57.
- [22] 禹文东,吴涛,罗云建,等.城镇化进程中耕地时空格局演化及其驱动机制研究——以扬州市为例[J].西南大学学报(自然科学版),2023,45(7):147-159.
- [23] 程宪波,高根红,刘琼,等.快速城镇化地区的耕地撂荒空间格局、影响机理与治理路径[J].农业工程学报,2022,38(24):218-227.
- [24] 陈印军,易小燕.我国耕地“非粮化”整治成效、困难、问题及对策建议[J].中国农业资源与区划,2023,44(9):8-13.
- [25] 陈美球.耕地“非粮化”现象剖析与对策建议[J].中国土地,2021(4):9-10.
- [26] 张晓颜.基于云南楚雄姚安县实践的耕地“非粮化”整治思考[J].上海国土资源,2023,44(3):136-140.
- [27] 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].中国农业资源与区划,2023,44(5):187-197.
- [28] 吕运灏,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.
- [29] LIU Z H, YANG P, WU W B, et al. Spatiotemporal Changes of Cropping Structure in China during 1980–2011 [J]. Journal of Geographical Sciences, 2018, 28(11): 1659-1671.

- [30] 吴峰,李沛鸿,熊凡,等. 基于遥感的南方丘陵山区耕地撂荒研究 [J]. 北京测绘, 2022, 36(11): 1519-1523.
- [31] ZHANG D J, YANG W J, KANG D R, et al. Spatial-Temporal Characteristics and Policy Implication for Non-Grain Production of Cultivated Land in Guanzhong Region [J]. Land Use Policy, 2023, 125: 106466.
- [32] 苏芳,古梦维,刘航,等. 农户土地利用效率的空间分异及影响因素——以陕南秦巴山区为例 [J]. 地球科学与环境学报, 2023, 45(4): 769-780.
- [33] 齐元静,唐冲. 农村劳动力转移对中国耕地种植结构的影响 [J]. 农业工程学报, 2017, 33(3): 233-240.
- [34] 谢花林,曾宏琛,陈倩茹. 梯田利用效率的农户差异及其影响因素——基于赣湘闽三省 1 107 份农户调查 [J]. 地理研究, 2024, 43(8): 2010-2024.
- [35] 鲍文楷,杨园园,邹利林. 快速城镇化地区土地利用变化强度及驱动力新特征——以京津冀地区为例 [J]. 西南大学学报(自然科学版), 2021, 43(10): 124-134.
- [36] 毕雪昊,周佳宁,邹伟. 家庭劳动力约束下经营规模对农户种植结构选择的影响 [J]. 中国土地科学, 2020, 34(12): 68-77.
- [37] 姜国忠,罗盈婵. 我国土地流转“非粮化”现象对粮食安全的影响研究 [J]. 农业经济问题, 2021, 42(3): 146.
- [38] 李益敏,王东驰,袁静,等. 基于地形梯度的高山峡谷区土地利用时空格局及功能分区 [J]. 水土保持通报, 2020, 40(6): 303-311, 331.
- [39] 云南省自然资源厅. 云南省国土空间规划(2021—2035年) [EB/OL]. (2024-10-24) [2025-04-08]. https://dnr.yn.gov.cn/html/2024/shenpigongshi_1024/4047969.html.
- [40] 浦男萍,赵晶,张颖,等. 大食物观统筹下的耕地保护协同治理体系研究 [J]. 西南大学学报(自然科学版), 2024, 46(10): 46-58.
- [41] 李益敏,刘素红,李小文. 基于 GIS 的怒江峡谷人居环境容量评价——以泸水县为例 [J]. 地理科学进展, 2010, 29(5): 572-578.
- [42] 杨伦,刘某承,闵庆文,等. 哈尼梯田地区农户粮食作物种植结构及驱动力分析 [J]. 自然资源学报, 2017, 32(1): 26-39.
- [43] ZHANG L, KONO Y, KOBAYASHI S. The Process of Expansion in Commercial Banana Cropping in Tropical China: A Case Study at a Dai Village, Mengla County [J]. Agricultural Systems, 2014, 124: 32-38.
- [44] 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.
- [45] WANG J F, LI X H, CHRISTAKOS G, et al. Geographical Detectors-Based Health Risk Assessment and Its Application in the Neural Tube Defects Study of the Heshun Region, China [J]. International Journal of Geographical Information Science, 2010, 24(1): 107-127.
- [46] WANG J F, HU Y. Environmental Health Risk Detection with GeogDetector [J]. Environmental Modelling and Software, 2012, 33: 114-115.

责任编辑 包颖