

京津冀地区耕地非粮化的驱动因素分析

徐家璐, 马梓钰, 徐悦薇, 上官琬钰, 吴妮尔, 魏传华

中央民族大学理学院, 北京

收稿日期: 2025年5月20日; 录用日期: 2025年6月13日; 发布日期: 2025年6月24日

摘要

目的: 本文旨在分析京津冀地区耕地非粮化的驱动因素, 识别核心影响因素, 为耕地保护与粮食安全提供科学依据。方法: 基于2010~2022年相关数据构建耕地非粮化驱动因素指标体系。通过时空地理加权回归(GTWR)模型分析各因素的影响及时空异质性, 并结合地理探测器进一步识别核心影响因素及交互作用。结果: 结果表明, 京津冀地区耕地非粮化是由多种因素交互作用导致, 且不同因素对耕地非粮化的影响在时间和空间上呈现出显著差异。进一步分析发现, 京津冀地区各城市的核心影响因素也存在明显差异。结论: 京津冀地区应综合考虑区域自然条件、经济发展水平和农业投入情况, 采取差异化政策, 加强耕地保护与合理利用, 确保区域粮食安全和农业可持续发展。

关键词

京津冀, 耕地非粮化, 驱动因素, 时空地理加权回归, 地理探测器

Analysis of the Driving Factors of Non-Grain Use of Cultivated Land in the Beijing-Tianjin-Hebei Region

Jialu Xu, Ziyu Ma, Yuewei Xu, Wanyu Shangguan, Ni'er Wu, Chuanhua Wei

College of Science, Minzu University of China, Beijing

Received: May 20th, 2025; accepted: Jun. 13th, 2025; published: Jun. 24th, 2025

Abstract

This paper aims to analyze the driving factors of non-grain use of cultivated land in the Beijing-Tianjin-Hebei region, identify the core influencing factors, and provide a scientific basis for cultivated land protection and food security. Based on data from 2010 to 2022, an index system of

文章引用: 徐家璐, 马梓钰, 徐悦薇, 上官琬钰, 吴妮尔, 魏传华. 京津冀地区耕地非粮化的驱动因素分析[J]. 统计学与应用, 2025, 14(6): 94-102. DOI: 10.12677/sa.2025.146150

driving factors for non-grain use of cultivated land was constructed. The geographically and temporally weighted regression (GTWR) model was used to analyze the impacts of various factors and their spatiotemporal heterogeneity. The GeoDetector was further employed to identify the core influencing factors and their interactions. The results indicate that non-grain use of cultivated land in the Beijing-Tianjin-Hebei region is caused by the interaction of multiple factors, with significant spatiotemporal differences in the impacts of different factors. Further analysis reveals that the core influencing factors vary among cities in the region. The Beijing-Tianjin-Hebei region should take into account the natural conditions, level of economic development, and agricultural inputs comprehensively, adopt differentiated policies, strengthen the protection and rational use of cultivated land, and ensure regional food security and sustainable agricultural development.

Keywords

Beijing-Tianjin-Hebei, Non-Grain Use of Cultivated Land, Driving Factors, Geographically and Temporally Weighted Regression (GTWR), GeoDetector

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

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

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



Open Access

1. 引入

粮食安全是国家安全的基石，耕地是粮食生产的根基[1]。当前，全国耕地非粮化问题突出，对粮食安全构成严重威胁。京津冀地区作为我国重要经济区域，涵盖北京、天津两个粮食主销区和河北这个粮食主产区。随着京津冀一体化推进，交通建设与产业园区的扩张不断占用耕地资源，同时市场需求的变化促使部分农民改种经济作物或发展设施农业，这进一步加剧了耕地“非粮化”现象的显现[2]。然而，目前针对京津冀地区耕地非粮化的研究较少。因此，剖析该地区耕地非粮化现状及驱动因素，不仅可以填补相关研究的空白，还能为区域耕地保护和粮食安全提供坚实的科学依据。

2. 数据来源

本文涉及(DEM)数据来源于地理空间数据云矢量数据网站[3]，同时选取北京市、天津市和河北省的数字高程模型的 11 个市共 13 个研究单元；粮食播种面积、农作物播种面积及可能与耕地非粮化有关的其余社会经济数据来源于《中国统计年鉴》《河北农村统计年鉴》《河北科技统计年鉴》《北京统计年鉴》《天津统计年鉴》与各市国民经济和社会发展统计公报等；针对个别数据缺失采取线性回归方法予以插值填充。

3. 研究方法

3.1. 耕地非粮化测度

本研究用京津冀地区耕地非粮化率来表征京津冀地区的耕地非粮化测度：

$$P_{ij} = \frac{C_{ij} - G_{ij}}{C_{ij}}$$

式中 P_{ij} 表示第 i 年第 j 个地区的耕地非粮化， C_{ij} 与 G_{ij} 分别表示第 i 年第 j 个地区的农作物播种面积与粮食播种面积。

3.2. 时空地理加权回归(GTWR)

GTWR 在 GWR 的基础上引入了时间特性参数, GTWR 计算公式如下:

$$Y_i = \beta_0(u_i, v_i, t_i) \sum_{k=1}^p \beta_k(u_i, v_i, t_i) X_{ik} + \varepsilon_i, i = 1, \dots, n$$

式中, (u_i, v_i, t_i) 是指第 i 个样本点的时空坐标位置; β_k 是指第 k 个自变量在第 i 个样本点处的回归系数; $\beta_0(u_i, v_i, t_i)$ 指第 i 个样本点的时空截距 ε_i 是残差。

3.3. 地理探测器

地理探测器是一种用于探测空间分层异质性(空间分异性)并揭示该空间分异特征背后驱动因子的统计学方法, 广泛应用于探究地理失误空间分别差异性背后机理的研究中。本文通过因子探测和交互作用探测, 对京津冀地区耕地“非粮化”的驱动因素进行深入分析, 以揭示其空间分异特征及其成因。

4. 影响因素指标选取

本文阅读大量相关文献, 根据往年学者的研究和指标数据的可获得性, 从农业因素、经济因素、社会因素和自然因素四个方面选取相关合适的指标来研究耕地非粮化的影响因素[3] [4]。因此, 本文构建的指标体系见表 1。

Table 1. Indicator system for driving factors of non-grain use of cultivated land in Beijing-Tianjin-Hebei region
表 1. 京津冀地区耕地非粮化驱动因素指标体系

目标层	准则层	符号	指标层	单位
耕地非粮化	农业因素	X1	农作物播种面积	万公顷
		X2	农业机械总动力	万千瓦
		X3	农业从业人口比率	%
		X4	有效灌溉率	%
		X5	单位面积粮食产量	公斤/公顷
	经济因素	X6	国民生产总值	亿元
		X7	第一产业产值	亿元
		X8	财政支出	亿元
		X9	农村居民人均可支配收入	元
	社会因素	X10	城镇化率	%
		X11	常住人口	万人
		X12	城镇居民可支配收入	元
	自然因素	X13	高程	米
		X14	坡度	度
		X15	年降水量	毫米
		X16	地势起伏度	米

5. 指标数据相关性分析

为研究选取的指标对耕地非粮化的影响, 需要先考察各指标之间是否存在多重共线性[5]。因此对各

Table 4. Mean values of coefficients of influencing factors by municipality
表 4. 各市影响因素系数均值

城市	X1	X2	X4	X5	X6	X7	X11	X12	X15
北京	-0.81*	-2.57*	0.01	-0.07	-65.43*	0.46	0.07	-0.69*	-0.00
天津	-0.85*	-2.43*	0.01	-0.08	-92.35*	0.48	0.08	-0.76*	-0.01
石家庄	-0.80*	-4.77*	0.01	-0.05	-2.35*	0.43	0.06	-0.53*	0.03
唐山	-0.80*	-4.77*	0.01	-0.05	-2.35*	0.43	0.06	-0.53*	0.03
秦皇岛	-0.80*	-4.77*	0.01	-0.05	-2.35*	0.43	0.06	-0.53*	0.03
邯郸	-0.80*	-4.77*	0.01	-0.05	-2.35*	0.43	0.06	-0.53*	0.03
邢台	-0.80*	-4.77*	0.01	-0.05	-2.35*	0.43	0.06	-0.53*	0.03
保定	-0.83*	-4.42*	0.00	-0.06	-40.45*	0.45	0.07	-0.63*	0.02
张家口	-0.83*	-4.42*	0.00	-0.06	-40.45*	0.45	0.07	-0.63*	0.01
承德	-0.83*	-4.42*	0.00	-0.06	-40.45*	0.45	0.07	-0.63*	0.02
沧州	-0.83*	-4.42*	0.00	-0.06	-40.45*	0.45	0.07	-0.63*	0.02
廊坊	-0.83*	-4.42*	0.00	-0.06	-40.45*	0.45	0.07	-0.63*	0.02
衡水	-0.83*	-4.38*	0.00	-0.06	-39.43*	0.45	0.07	-0.62*	0.02

6.3. 各影响因素时空异质性分析

为直观呈现不同因素对京津冀地区各市非粮化影响的时空差异,本文基于时空地理加权回归(GTWR)模型的回归结果,并结合空间可视化分析,选取了 2010 年、2014 年、2018 年和 2022 年各因素的回归结果,对其时空异质性进行了详细分析[6]。

6.3.1. 农作物耕种面积

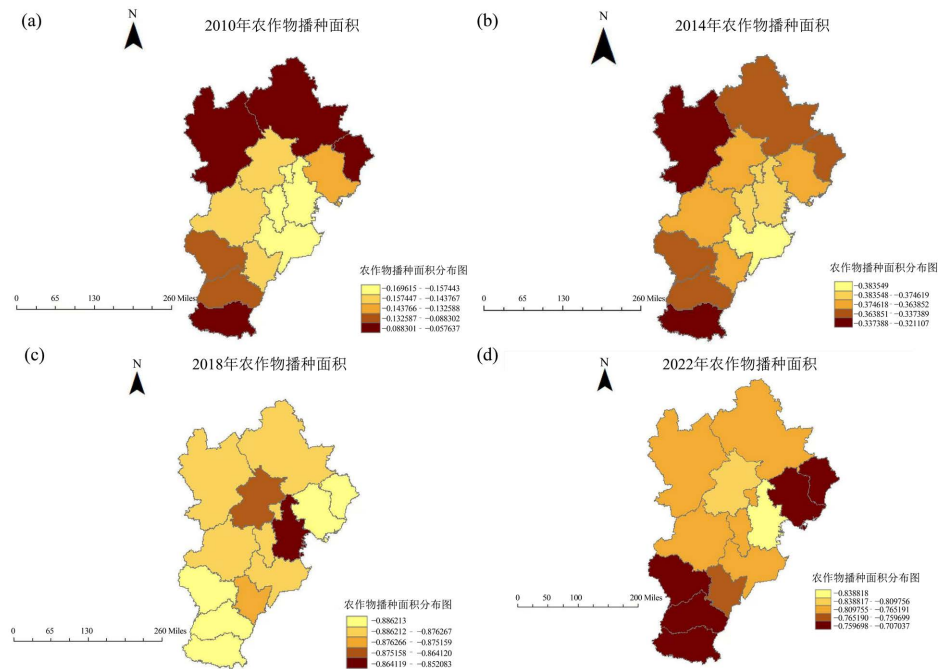
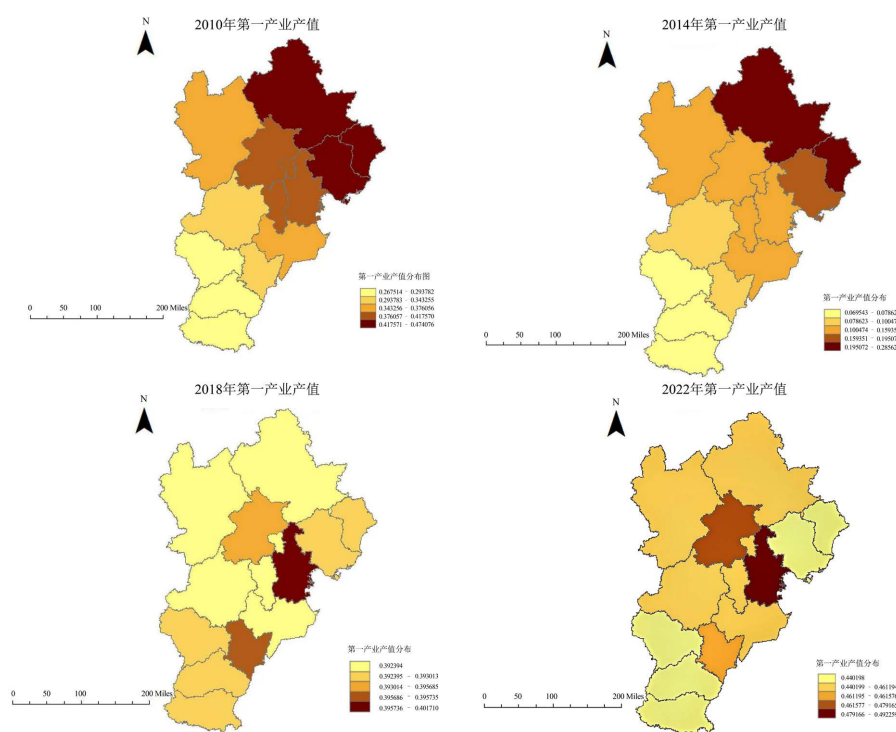


Figure 1. Regression coefficients of sown area of crops 2010~2022
图 1. 2010~2022 农作物播种面积回归系数

如图 1 展示了 2010、2014、2018、2022 年京津冀地区的农作物耕种面积回归系数变化情况。农作物耕种面积回归系数均为负数，即农作物耕种面积对京津冀地区耕地非粮化程度影响均为负相关，说明扩大粮食作物的种植面积能够保障粮食安全，减少对非粮食作物的依赖。

从 2010 年回归系数来看，各地市数值差异较小，天津市和河北省中东部地区如沧州和廊坊是回归系数绝对值最大的地区，而张家口和邯郸绝对值最小。然而，从空间可视化地图分析来看，空间变化趋势较为明显，表现为从两端向中间逐步增强的形式。2014 年空间变化形式未发生显著改变。但回归系数绝对值均较 2010 年增大。到 2018 年，回归系数的数值和空间变化趋势均发生了较大变化。河北省东北部地区(秦皇岛和唐山)以及南部地区(石家庄、邢台和邯郸)的回归系数绝对值最大，数值约为 0.886213；而天津市的回归系数绝对值最小，数值约为 0.252083。空间变化趋势则转变为从两端向中间逐步减弱的形式。2022 年，回归系数的绝对值继续增大，空间变化趋势为从两端向中部逐渐增强的形式。

6.3.2. 第一产业产值



7. 基于地理探测器的影响因子分析

7.1. 因子探测分析

将“非粮化”率和驱动因子分别编码为 Y 值和 X 值，利用 AcGIS 软件将耕地“非粮化”率与所选的 16 个驱动因子进行栅格化处理，随后将所有因子进行重分类处理，将京津冀地区矢量地图进行格网化处理[7]、建立采样点等处理，对建立的采样点进行提取分析并去除异常值。随后将所得结果输入 GeoDetector 软件，得出探测结果如下表 5 所示。

Table 5. Factor detection results
表 5. 因子探测结果

	变量	q 值	P-value
X1	农作物播种面积(万公顷)	0.6661	0.0000
X2	农业机械总动力(万千瓦)	0.3786	0.0000
X3	农业从业人口比率(%)	0.5298	0.0000
X4	有效灌溉率(%)	0.1351	0.0131
X5	单位面积粮食产量(公斤/公顷)	0.1943	0.2093
X6	国民生产总值/地区生产总值(亿元)	0.4011	0.1781
X7	第一产业产值(亿元)	0.2958	0.0001
X8	财政支出(亿元)	0.4274	0.0094
X9	农村居民人均可支配收入(元)	0.1687	0.5437
X10	城镇化率(%)	0.4250	0.0000
X11	常住人口(万人)	0.5394	0.0000
X12	城镇居民人均可支配收入(元)	0.3267	0.0349
X13	高程(米)	0.5136	0.0000
X14	坡度(度)	0.6887	0.0000
X15	年降水量(毫米)	0.0699	0.2772
X16	地势起伏度(米)	0.5598	0.0000

在 16 个驱动因子中，有 12 个因子通过了显著性检验，其中 8 个因子与“非粮化”率高度相关。京津冀地区耕地“非粮化”是由多因子共同驱动的结果，将非粮化的影响显著的驱动因子按照影响力大小降序排列，依次为：坡度(X14, $q = 0.6887$) > 农作物播种面积(X1, $q = 0.6661$) > 地势起伏度(X16, $q = 0.5598$) > 常住人口(X11, $q = 0.5394$) > 农业从业人口比率(X3, $q = 0.5298$) > 高程(X13, $q = 0.5136$) > 城镇化率(X10, $q = 0.4250$) > 财政支出(X8, $q = 0.4274$) > 农业机械总动力(X2, $q = 0.3786$) > 城镇居民人均可支配收入(X12, $q = 0.3267$) > 第一产业产值(X7, $q = 0.2958$) > 有效灌溉率(X4, $q = 0.1351$)。其中，坡度、农作物播种面积、地势起伏度、常住人口、农业从业人口比率、高程 6 个驱动因子对于京津冀地区耕地“非粮化”空间分异的影响程度较大。

7.2. 交互作用探测分析

利用 GeoDetector 得出交互作用探测的结果如图 3。

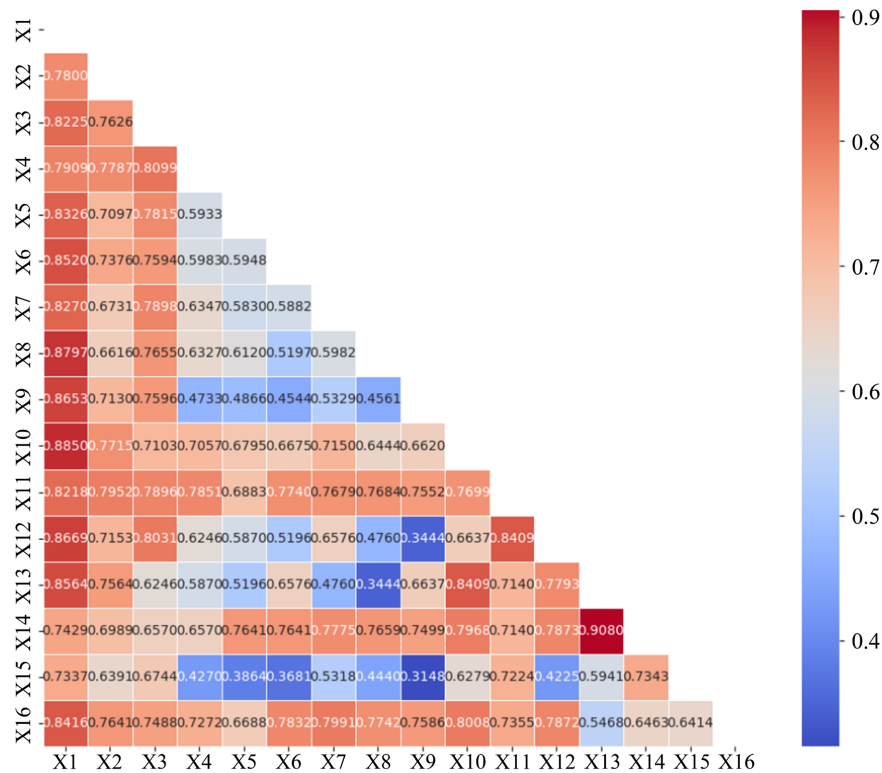


Figure 3. Interaction detection results

图 3. 交互作用探测结果

结果显示, 各因子之间的交互作用 q 值普遍高于单一因子的 q 值, 因子间存在交互效应[8]-[10], 这表明京津冀地区耕地“非粮化”的空间分异是农业、自然、社会和经济等多种因子综合作用的结果, 而非单一因子所能决定。

财政支出和坡度($X8 \cap X14$)两个因子的交互作用对于京津冀地区耕地“非粮化”空间分异的影响程度最大, 因子交互作用所得出的 q 值为 0.9188。其次, 城镇居民人均可支配收入和坡度($X12 \cap X14$)、城镇化率和坡度($X10 \cap X14$)、常住人口和坡度($X11 \cap X14$)等因子交互作用所得出的 q 值均在 0.75 以上。坡度($X14$)与多个变量的交互 q 值均较高, 特别是在($X8 \cap X14$)、($X12 \cap X14$)组合中, 其 q 值达到了 0.9 以上, 表明坡度可能在整个系统中起到了核心作用。

8. 结论与建议

8.1. 研究总结

2010~2022 年京津冀地区耕地“非粮化”受多种因素交互影响。北京、天津的核心影响因素为有效灌溉率和地区生产总值, 河北各市则主要受农作物播种面积和农业机械总动力影响。整体来看, 播种面积减少、农业机械化水平提高、有效灌溉率下降、经济发展阶段性变化等因素推动了非粮化, 城镇居民收入提升和常住人口变化也加剧了这一趋势。从时空差异来看, 农作物播种面积的负向影响在 2015 年后增强, 核心城市扩张显著占用耕地; 第一产业产值的抑制作用逐渐减弱; 城镇化率的正向影响在 2015 年后加剧, 北京城市扩张对周边耕地影响突出; 降水量的促进作用逐渐弱化。此外, 财政支出与坡度的交互作用影响最大, 城镇化率、居民收入、常住人口等与坡度的交互作用显著, 表明坡度在非粮化中起核心作用, 自然与社会经济因素的复合影响不容忽视。

8.2. 政策建议

根据不同区域特点,需精准施策保护耕地[10]。在自然条件约束区,如坡度 $> 15^\circ$ 、地势起伏度 $> 1\text{ m}$ 的区域,实施耕地用途分类管理,引导发展林果业、中药材等特色农业,优化灌溉设施布局,提升抗旱能力。在经济社会驱动区,如北京、天津等城镇化快速推进地区,建立耕地占补平衡动态监测系统,控制非农建设占用优质耕地,推广“粮经饲”三元种植结构,调整财政支农方向,提升粮食生产效益。同时,建立京津冀耕地保护联席会议制度,统筹产业转移与耕地保护,推行差异化考核指标,形成分类施策的治理格局。

基金项目

本论文为中央民族大学理学院 URTP 项目(URTP2024110709)《粮食安全视角下京津冀地区耕地“非粮化”的时空格局演变与影响因素分析》的研究成果。

参考文献

- [1] 刘彦平,李汉一. 粮食安全与国家战略的关系及战略调整研究[J]. 陕西农业科学, 2024, 70(1): 106-108.
- [2] 姚卫海. 耕地是粮食生产的命根子[N]. 人民政协报, 2022-03-10(015).
- [3] 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.
- [4] 吴文彪. 浙江省耕地“非粮化”时空演变特征与影响因素研究[D]: [硕士学位论文]. 舟山: 浙江海洋大学, 2023.
- [5] 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.
- [6] 谢雨琦,王子芳,王颖,等. 重庆丘陵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.
- [7] 唐世凯,尚能飞,刘丽芳,等. 云南耕地非粮化空间分布、迁移路径与聚集特征[J]. 西南农业学报, 2024, 37(10): 2321-2329.
- [8] Abdelhedi, I.T. and Zouari, S.Z. (2018) Agriculture and Food Security in North Africa: A Theoretical and Empirical Approach. *Journal of the Knowledge Economy*, **11**, 193-210. <https://doi.org/10.1007/s13132-018-0528-y>
- [9] Echendu, A.J. (2022) Flooding, Food Security and the Sustainable Development Goals in Nigeria: An Assemblage and Systems Thinking Approach. *Social Sciences*, **11**, Article 59. <https://doi.org/10.3390/socsci11020059>
- [10] Kondoh, A. and Nishiyama, J. (2000) Changes in Hydrological Cycle Due to Urbanization in the Suburb of Tokyo Metropolitan Area, Japan. *Advances in Space Research*, **26**, 1173-1176. [https://doi.org/10.1016/s0273-1177\(99\)01143-6](https://doi.org/10.1016/s0273-1177(99)01143-6)