



中国农业资源与区划

Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning

ISSN 1005-9121, CN 11-3513/S

《中国农业资源与区划》网络首发论文

题目：耕地利用绿色转型时空分异及多元组态研究—基于农食系统转型视域
作者：杭艳红，牛晴，王磊
收稿日期：2026-06-09
网络首发日期：2026-09-18
引用格式：杭艳红，牛晴，王磊. 耕地利用绿色转型时空分异及多元组态研究—基于农食系统转型视域[J/OL]. 中国农业资源与区划.
<https://link.cnki.net/urlid/11.3513.S.20260918.1426.016>



网络首发：在编辑部工作流程中，稿件从录用到出版要经历录用定稿、排版定稿、整期汇编定稿等阶段。录用定稿指内容已经确定，且通过同行评议、主编终审同意刊用的稿件。排版定稿指录用定稿按照期刊特定版式（包括网络呈现版式）排版后的稿件，可暂不确定出版年、卷、期和页码。整期汇编定稿指出版年、卷、期、页码均已确定的印刷或数字出版的整期汇编稿件。录用定稿网络首发稿件内容必须符合《出版管理条例》和《期刊出版管理规定》的有关规定；学术研究成果具有创新性、科学性和先进性，符合编辑部对刊文的录用要求，不存在学术不端行为及其他侵权行为；稿件内容应基本符合国家有关书刊编辑、出版的技术标准，正确使用和统一规范语言文字、符号、数字、外文字母、法定计量单位及地图标注等。为确保录用定稿网络首发的严肃性，录用定稿一经发布，不得修改论文题目、作者、机构名称和学术内容，只可基于编辑规范进行少量文字的修改。

出版确认：纸质期刊编辑部通过与《中国学术期刊（光盘版）》电子杂志社有限公司签约，在《中国学术期刊（网络版）》出版传播平台上创办与纸质期刊内容一致的网络版，以单篇或整期出版形式，在印刷出版之前刊发论文的录用定稿、排版定稿、整期汇编定稿。因为《中国学术期刊（网络版）》是国家新闻出版广电总局批准的网络连续型出版物（ISSN 2096-4188，CN 11-6037/Z），所以签约期刊的网络版上网络首发论文视为正式出版。

绿色发展

耕地利用绿色转型时空分异及多元组态研究*

—基于农食系统转型视域

杭艳红¹, 牛晴¹, 王磊^{2*}

(1.东北农业大学公共管理学院, 黑龙江 哈尔滨 150030; 2.东北农业大学资源与环境学院, 黑龙江 哈尔滨 150030)

摘要 [目的]消费端需求变化通过消费信号能够引导耕地利用绿色转型, 为转型提供动力支撑。基于农食系统转型理论, 揭示转型时空演化格局、子系统耦合关系及差异化实现路径对实现区域农业绿色发展具有重要意义。[方法]以东北三省 36 个地级市为研究区, 以农食系统转型理念为指导, 以此构建耕地利用绿色转型评价指标体系, 采用 CRITIC 法评价其绿色转型水平, 运用 Spearman 秩相关系数结合双变量局部空间自相关分析, 揭示各子系统间的权衡协同特征, 利用模糊集定性比较分析探究实现研究区高耕地利用绿色转型水平的路径。[结果] (1) 研究期内耕地利用绿色转型水平总体呈上升趋势, 综合指数均值由 0.27 增长至 0.77, 空间上表现为“西北高、东南低”的集聚格局。各子系统指数均得到不同幅度的增长: 空间转型指数由 0.162 升至 0.168, 呈西高东低分布; 功能转型指数由 0.110 升至 0.152, 由西北向东南递减; 模式转型指数由 0.138 升至 0.173, 由东南沿海向内陆递增; (2) 子系统耦合关系存在明显演化差异, 空间—功能转型呈现协同特征, 空间—模式与功能—模式转型呈现权衡局面; (3) fsQCA 结果识别出 4 条促进东北三省高耕地利用绿色转型水平的组态驱动路径, 分别对应传统农区、资源型城市、城郊区及城市四种地域类型。[结论]东北三省耕地利用绿色转型发展趋势良好, 但区域内转型差异显著, 未来仍需立足农食系统协同发展逻辑。

关键词 农食系统 耕地利用绿色转型 时空格局 多元路径 东北三省

中图分类号: F301.2 **文献标志码**: A

0 引言

民以食为天, 国以粮为安。耕地作为粮食生产的载体, 是食物供给系统的根本保障, 与人体生命健康和农业农村发展息息相关^[1]。党的二十届四中全会提出, 要加快经济社会发展全面绿色转型。农业农村部也明确指出, 要加快农业发展方式绿色转型。耕地利用绿色转型正是实现农业与经济社会发展绿色转型, 落实国家绿色发展战略的重要举措。传统耕地利用制约了农业可持续发展, 随着绿色发展理念的普及, 耕地利用绿色转型在保障粮食安全的同时, 能够释放多重效益^[2]。现阶段我国耕地利用绿色转型仍存在诸多障碍, 核心问题之一在于转型逻辑侧重于生产端提质增效, 尚未充分对接消费端的动态需求, 生产端转型缺乏清晰的需求导向。2026年中央一号文件提出推动构建多元化食物供给体系, 农食系统以耕地利用系统作为资源基础和空间载体, 也为其向绿色转型提供方向。二者共同服务于国家粮食安全

收稿日期: 2026-06-09

作者简介: 杭艳红 (1969-), 女, 黑龙江哈尔滨人, 博士, 副教授, 研究方向: 耕地利用与保护。

※通讯作者: 王磊 (1989-), 女, 黑龙江哈尔滨人, 博士, 副教授, 研究方向: 黑土资源可持续利用。

***资助项目**: 国家重点研发计划项目课题“松嫩平原西部平原低洼区旱地高标准农田建设关键技术集成与示范”(2024YFD1500204) 资助。

与食品安全战略。根本目标的一致性，使它们在功能定位上相互支撑，达到需求牵引供给、供给支撑需求的双向联动^[3]。这种耦合通过需求侧引导消费信号反馈，使耕地利用绿色转型从增产导向转向品质导向，精准对接消费需求，使转型更加契合实际。

国内学者基于食物系统^[4]的内涵，将农食系统定义为农业与食物价值链上的所有活动和要素及其交互关系的总和^[5]。围绕这一定义，现有研究结合多目标协同^[6]与大食物观理念^[7]等背景，研判农食系统的转型趋势^[8]，并探讨农食系统碳排放的空间格局^[9]、驱动因素^[10]，或分析其与营养需求^[7]的演变规律。上述关于农食系统可持续发展的讨论，为理解耕地利用绿色转型提供了重要参考。作为农食系统的重要组成部分，现有研究围绕耕地利用绿色转型内涵^[11-12]，在测度转型时空差异^[13]、诊断转型机理^[14]、识别转型驱动因素^[15]等方向开展了大量探索。在驱动因素分析方面，现有研究重点探究自然条件、经济基础、社会需求及技术条件等外部因素对转型的影响，随着研究的演进，模糊集定性比较分析等方法也被引入^[16-17]，以充分考虑外部约束与内部作用对耕地利用绿色转型的影响。但整体而言，现有研究视角相对单一，大多从耕地资源利用角度出发展开分析，忽视了农食系统转型背景下，多元化饮食需求对耕地系统资源承载与配置的要求。

鉴于此，本文基于农食系统转型视角，剖析消费端需求对耕地利用绿色转型的导向作用，将耕地绿色转型纳入农食系统转型动态框架中。以东北三省为研究区，构建基于农食系统转型要求的耕地利用绿色转型评价体系，测度2013—2022年耕地利用绿色转型水平，识别其时空分异特征，探究子系统间的权衡与协同关系，并运用模糊集定性比较分析法探讨实现高耕地利用绿色转型的组态，以期为推动区域农业可持续发展提供参考。

1 研究区概况与研究方法

1.1 研究区概况

东北三省又称“东三省”，具体包括辽宁省、吉林省和黑龙江省，总面积787.3万hm²，如图一。该区域北接俄罗斯，东邻朝鲜，南濒渤海与黄海，西连内蒙古自治区，经纬度跨度为北纬38° 43′ 至53° 33′、东经118° 53′ 至135° 05′。地形以山地和平原为主，呈现“山环水绕”的格局，主要山脉有长白山和大小兴安岭，主要平原为东北平原，主要河流有黑龙江、松花江、辽河等。该区域属于温带季风气候，年均温-4℃~10℃，年降水量400~1 000mm，自东南向西北递减。东北三省耕地总面积约4.4亿亩，约占全国耕地总量的22%，分布集中连片，黑土有机质含量高，农业生产规模大，机械化程度高，是中国重要的商品粮基地，商品粮总量约占全国的25%，主要粮食作物有玉米、水稻、大豆、甜菜等，作物熟制多为一年一熟。该区域常住人口约9 500万，合计GDP约占全国5%，但在国家粮食安全战略中承担着重要的商品粮供给功能，其耕地利用系统的转型进程对全国农产品供给格局具有显著影响，且省际间自然条件、经济发展水平差异明显，为开展转型时空分异与多元组态研究提供了理想的区域样本。

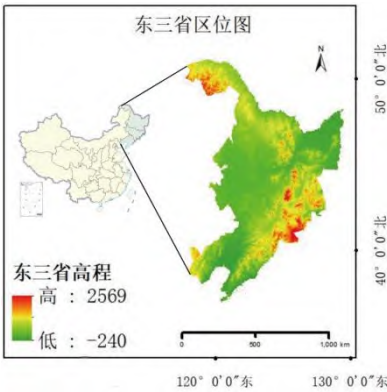


图 1 东北三省地理位置

注：基于标准地图服务网站审图号为 GS(2019)1837 号的标准地图制作，底图边界无修改（下同）。

1.2 数据来源

该文涉及的社会经济数据主要来自中国知网2014—2023年《吉林统计年鉴》《辽宁统计年鉴》《黑龙江统计年鉴》以及相关地级市统计年鉴。部分缺失数据采用线性插值法补齐。使用的碳排放量数据来源于中国碳排放数据库。

1.3 研究方法

1.3.1 CRITIC 权重法

CRITIC 法是一种基于多指标综合评价设计的客观赋权方法，通过数据的对比强度和冲突性来确定权重，能够有效避免主观偏差，准确识别各指标在转型中的贡献差异。

$$W_j = \frac{P_j}{\sum_{j=1}^n P_j} \quad (1)$$

其中， W_j 表示第 j 个指标的权重； P_j 为第 j 个指标所包含的信息量， n 是样本数量。

1.3.2 Spearman 秩相关系数法

采用斯皮尔曼（Spearman）秩相关系数法，测算子系统间的权衡协同关系^[18]。Spearman 秩相关系数是通过比较数据的排名衡量两个变量之间单调关系强度的非参数统计量，值域为 $[-1, 1]$ 。

$$\rho = 1 - \frac{6 \sum d_i^2}{n(n^2 - 1)} \quad (2)$$

其中， ρ 是斯皮尔曼秩相关系数； d_i 是每对数据的秩次之差； n 是样本数量。

1.3.3 双变量局部空间自相关

为进一步剖析子系统在空间维度的关联，引入双变量局部空间自相关分析。双变量局部空间自相关分析是一种用于探究两个变量在局部空间上相关程度的空间统计方法，通过“高一高”“高一低”“低—低”“低—高”和“不显著”5类结果表征^[19]。其中，“高一低”“低—高”表明双变量呈现权衡关系；“低—低”“高一高”表明双变量呈现协同关系。

$$I_q^o = \frac{X_q^o - \overline{X_q}}{a_q} \sum_{p=1}^n \mu_{op} \frac{X_r^p - \overline{X_r}}{a_r} \quad (3)$$

其中， I_q^o 表示空间单元 o 处变量 q 与相邻空间单元变量 r 的局部空间关联程度； X_q^o 为空间单元 o 属性 q 的值； X_r^p 为空间单元 p 属性 r 的值。 $\overline{X_q}$ 和 $\overline{X_r}$ 分别为属性 q 、 r 的平均值； a_q 和 a_r 为属性 q 和 r 的方差； μ_{op} 为空间单元 o 和 p 之间的空间连接矩阵。

1.3.4 模糊集定性比较分析法

模糊集定性比较分析（fsQCA）融合了定性分析与定量分析的优势，通过隶属度分数量化案例在集合中的归属程度，识别出结果产生的充分条件组合，包括一致性和覆盖度两个核心指标^[20]。该文基于原始数据分布情况，参考多数研究的校准点设置标准^{[21][22]}，将条件变

量与结果变量完全隶属、交叉点、完全不隶属的校准点分别设置为 95%、50%和 5%。

一致性指标：

$$Consistence(x \leq y) = \frac{\sum \min(x_i, y_i)}{\sum (x_i)} \quad \square$$

覆盖率指标：

$$Coverage(x \leq y) = \frac{\sum \min(x_i, y_i)}{\sum (y_i)} \quad \square$$

其中，*Consistence* 表示一致性指标；*Coverage* 表示覆盖率指标；*y* 为结果变量；*x* 为条件变量；*i* 表示样本量。

2 理论框架与指标体系构建

2.1 耕地利用绿色转型内涵

耕地利用绿色转型源于耕地利用转型与耕地绿色发展两个核心概念^[11]。耕地利用转型强调耕地显性形态优化与隐性功能提升^[23]；耕地绿色发展注重资源的循环利用和污染治理^[11]。耕地利用绿色转型兼顾耕地数量、质量与生态保护，旨在推动耕地利用系统向资源节约、环境友好和技术进步方向演进，以应对农业发展中的资源约束与生态挑战。

一是空间方面，严守耕地保护红线，优化农业结构，避免大面积单一种植削弱农田生态系统功能^[12]；二是功能方面，综合考虑生产功能、生活功能和生态功能^[19]，实现农业增产、农民增收、农村增美；三是模式方面，推动农业生产从传统劳动密集型为主向现代集约高效模式转型，优化要素配置，推进化学投入品减量增效，推广节水灌溉、绿色防控、低碳减排技术的应用，提高耕地利用效率与产出效益^[18]。

2.2 基于农食系统转型视角下的耕地利用绿色转型解释

农食系统涵盖食物从生产、加工、流通到消费的全过程，在保障人体健康、农民生计、粮食安全的同时，关联经济、社会和环境多重目标^[4]。当前，综合考虑健康中国、生态文明等国家重大战略决策，农食系统更趋营养健康、高质高效、绿色低碳、韧性包容^[5]。具体来看：其一，要保证粮、肉、果蔬等重要产品的数量充足，同步提升农产品质量，满足人民日益多元的饮食需求。其二，要提升食物供给效率，依托农业食品价值链带动区域经济发展。其三，要加强全环节减损增效，促进节约与可持续利用。其四，要提升农食系统的韧性 with 包容性，通过拓展食物获取途径分散食物供给压力。

农食系统转型与耕地利用绿色转型二者作为食品安全战略的重要支撑，并非两个相互独立的系统，而是相互融合、相互促进的耦合关系。这种耦合关系源自二者价值取向的一致性。耕地利用系统作为农食系统的重要组成部分，农食系统在转型的过程中，为耕地利用绿色转型提供了根本遵循与演变方向；而耕地利用绿色转型则为农食系统转型提供了资源基础和空间载体。在这一过程中，消费端需求变化通过市场信号传递至耕地利用环节，依据消费反馈校准耕地生产行为。基于上述传导逻辑，从以下 4 个维度具体阐述农食系统转型对耕地利用绿色转型的牵引。

（1）营养健康维度聚焦吃饱吃好双重保障。农食系统转型强调食物来源、种类多样性，直接推动耕地系统从单一种植转向复合种植模式。耕地数量保证是维持粮食有效供给的基础，必须坚守耕地红线，夯实粮食生产硬基础。同时，膳食的多元与健康越来越受到现代人的重

视，耕地生产不仅要做到数量保证，更要做到质量提升。一方面，统筹协调粮食作物、经济作物与饲料粮的种植结构，科学配置耕地资源，保证多元食物供给；另一方面，减少化肥农药的不当使用，避免人体摄入残留物。

（2）高质高效维度关注单位面积耕地产出。传统粗放的耕地利用模式导致资源利用效率低下，农食系统向高质量发展推动耕地利用系统着力提升单位面积耕地产量以满足人口对食物的消费。这就要求耕地巩固生产功能，提升作物单产，通过提升耕地产量和提高农产品质量，带动农民经济收入增长，使绿色福祉成为实际收入。在打造绿色品牌以增加收入的过程中自觉减少农业面源污染，实现耕地三种功能的协同提升。

（3）绿色低碳维度统筹资源节约环境治理。践行绿色低碳高质量发展能够平衡经济发展与环境保护的矛盾。资源节约与投入品减量是耕地利用绿色转型的基础，通过优化资源配置、推广绿色农业、提升资源利用效率，可以减轻资源对耕地利用的刚性约束，有效缓解耕地生态压力。同时，减少化学品投入可以避免污染，提升产品安全水平，推动农业生产向环境友好模式转型。

（4）韧性包容维度着力提升耕地系统韧性。耕地系统作为农食系统的基础支撑，必须同步具备应对气候波动及市场风险的能力。通过现代化技术强化基础设施建设能够有效防范自然灾害和突发事件。另外，通过农业保险建立市场风险分散与损失补偿机制，为耕地利用系统提供保障，从而增强系统抵御风险的能力。

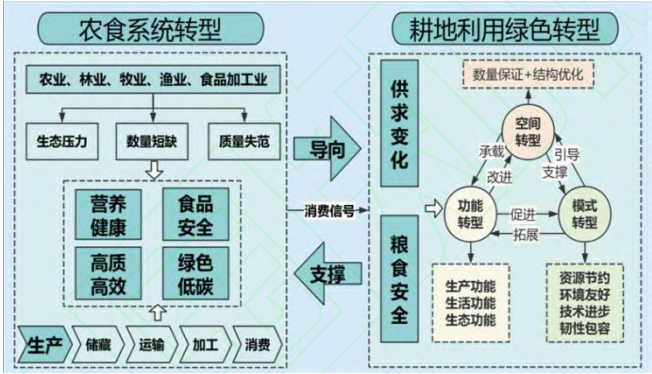


图2 农食系统转型视角下耕地利用绿色转型理论框架图

2.3 评价指标体系构建

2.3.1 耕地利用绿色转型指标体系构建

基于农食系统转型对耕地利用绿色转型的导向作用，参考已有文献对耕地利用绿色转型的研究^[12-15]，加入农作物受灾面积^[24]、粮食产量稳定性^[25]和农业保险覆盖度^[26]3个指标，构建包括空间转型、功能转型、模式转型在内的东北三省耕地利用绿色转型评价指标体系。

表1 耕地利用绿色转型评价指标体系

目标层	指标层	指标性质	公式	权重	是否响应农食系统
空间转型	人均耕地面积 (hm ² /人)	+	耕地面积/地区总人口	0.057	是
	土地垦殖率 (%)	+	耕地面积/土地总面积	0.052	是
	粮食作物播种比 (%)	+	粮食作物种植面积/耕地面积	0.046	是
	复种指数 (%)	+	农作物播种面积/耕地面积	0.051	是
	耕地景观聚集度 (%)	+	同类型斑块间的邻接单元/该类型斑块最大可能邻接单元数	0.044	是
功能转型	香农多样性指数	+	$-\sum(\text{第}i\text{类景观面积占比} \times \ln \text{第}i\text{类景观面积占比})$	0.058	是
	地均农业产值 (元/hm ²)	+	农业总产值/耕地面积	0.008	否
模式转型	地均粮食产量 (t/hm ²)	+	粮食产量/耕地面积	0.047	是

模式 转型	人均粮食保证量 (t/人)	+	粮食产量/地区总人口	0.071	是
	农民人均可支配收入 (元)	+	农民人均可支配收入	0.038	是
	农业从业人员比例 (%)	+	农业从业人员数量/地区总人口	0.043	是
	地均化肥面源污染 (t/hm ²)	-	化肥施用量/耕地面积	0.042	是
	地均人口承载力 (人/hm ²)	-	农村人口/耕地面积	0.056	否
	有效灌溉率 (%)	+	有效灌溉面积/耕地面积	0.059	是
	农业生态环境 (%)	+	林地面积/土地总面积	0.100	是
	地均碳排放量 (t/hm ²)	-	耕地利用碳排放量/耕地面积	0.014	是
	地均农机总动力 (kW/hm ²)	+	农业机械总动力/耕地面积	0.045	是
	农业保险覆盖率 (元/hm ²)	+	农业保险金额/耕地面积	0.069	是
	粮食产量稳定性 (%)	+	主要作物单产标准差/均值	0.060	是
	农作物受灾率 (%)	-	农作物受灾面积/农作物播种面积	0.040	是

2.3.2 耕地利用绿色转型驱动因素指标体系构建

耕地利用系统包含在农食系统生产到消费的运行之中，受自然、经济与社会因素共同作用^[27]。该文从自然条件、经济发展与社会需求 3 个层面，选取能够反映耕地利用生产与消费 2 个维度的指标，构建耕地利用绿色转型的组态分析框架。

表 2 耕地利用绿色转型驱动因素指标体系

目标层	指标层	公式	是否响应 农食系统
自然因素	降雨量	年平均降雨量	是
	气温	年平均气温	是
经济因素	人均国内生产总值	人均国内生产总值/地区总人口	是
	农业生产总值比重	农业 GDP/GDP	是
	农林水事务支出	农、林、水等各类支出实际发生额加总	是
社会因素	人口密度	地区总人口/土地总面积	是
	城镇化率	非农业人口/地区总人口	是

3 结果与分析

3.1 耕地利用绿色转型时空演变分析

伴随农食系统向可持续生产与消费模式的深度转型，研究区耕地利用绿色转型指数均值由 2013 年的 0.27 经历 2018 年的 0.43 上升至 2022 年的 0.77，表明东北三省耕地利用绿色转型水平取得了积极进展。如图 3 所示，得益于“粮头食尾”战略，凭借优越的自然条件，并积极推广农业机械与绿色技术，黑龙江省总体转型指数由 0.22 增长至 0.68，耕地利用绿色转型情况总体向好。空间转型指数在小幅波动中稳步上升；功能转型指数持续增加但波动较大；模式转型指数总体呈上升趋势，在 2019 年出现波动。吉林省通过“梨树模式”等现代化技术的应用，因地制宜助力耕地利用绿色转型，总体转型实现最快增长，由期初的 0.19 提升至期末的 0.85，增幅达 0.66。空间转型指数持续增长；功能转型指数波动幅度较大；模式转型指数总体呈上升趋势，在 2019 年出现短暂回落后，再度上升。辽宁省耕地利用总体转型指数由 0.39 增长至 0.79，转型显著，但转型过程波动明显。2017 年辽宁省推进农业供给侧结构性改革导致转型波动，但辽宁的农业社会化服务体系更为完善，为总体转型提供动

力。空间转型指数在 2017 年处于观测期内最低水平；功能转型指数增长明显；模式转型指数也在持续波动中提升。省际耕地利用绿色转型水平差异由 0.2 缩小至 0.17，这表明由资源禀赋带来的转型差距在不断缩小。



图 3 耕地利用绿色转型指数

如图 4 所示，2013—2022 年，研究区耕地利用绿色空间转型指数均值由 0.162 增长为 0.168。其中，有 8 个城市的空间转型水平下降，通化转型指数降幅最为显著。从区域差异来看，空间转型指数极差由 0.195 缩小至 0.137，表明各城市间空间转型差异不断缩小。空间格局呈西高东低，高值区分布在西部和北部，缘于该地区具有较好的耕地资源优势；低值区集中在东南部，该地区地形以山地丘陵为主，转型压力较大。

功能转型指数均值由 2013 年的 0.110 增长至 2022 年的 0.152。全域所有城市功能转型指数均增加，增长最为显著的是双鸭山，增加了 0.112；增长指数最低的是大连和葫芦岛，增加了 0.015。功能转型指数极差由 2013 年的 0.1 增长至 2022 年的 0.144，反映出不同城市间功能转型进程存在显著分化，这种差异在十年间持续加剧。空间格局特征呈现出由西北向东南逐步递减。北部耕地高产稳产为功能提升提供了基础，同时绿色效益显化使耕地生态功能得到重视；南部农业不断向打造知名品牌的高附加值方向发展，指数也显著增加。

模式转型指数均值由 0.138 增长至 0.173。除通化下降了 7.5%，大兴安岭下降了 2.1%，其余城市均为正向增长，营口增长最为显著，指数增加了 0.083。模式转型指数极差由 0.117 增长至 0.175，表明不同城市间模式转型分异程度正在大幅增加。空间格局呈现由东南沿海向内陆地区渐增的分布特征。南部发达的经济为耕地系统注入现代要素，催生出高效的资源利用效率与友好的农业生产方式；北部城市普遍以生产功能为主导，传统的耕作方式使耕地利用模式有待改进。

总体指数均值由 0.410 增长至 0.493，全域各城市耕地利用绿色转型总体指数均得到增

长，双鸭山以 44%的增幅位居首位，大庆以 4%的增幅位居末位。总体指数极差由 0.183 缩小至 0.157，表明研究区耕地绿色转型的空间分异程度正在缓和，领先地区与滞后地区的差距不断减小，有利于区域农业可持续发展。总体指数空间分布格局与空间转型格局相似，呈现西高东低特征。北部依托优越的自然条件，持续推进耕地规模化、机械化生产使区域耕地利用绿色水平显著提升；南部活跃的经济为转型提供了资金与技术支持。

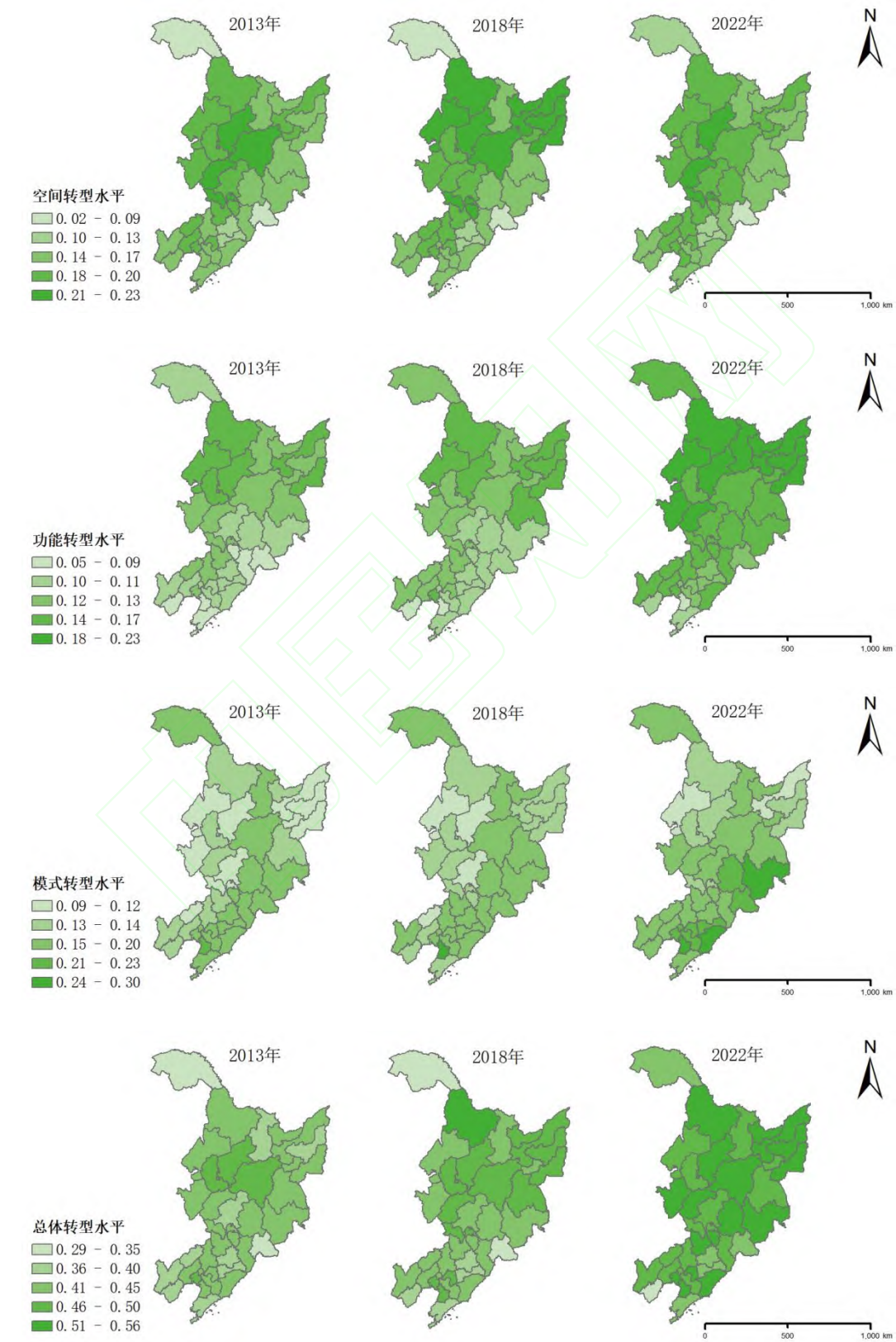


图 4 耕地利用绿色转型子系统及总体转型空间格局演变

3.2 耕地利用绿色转型权衡协同特征分析

3.2.1 时间维度权衡与协同关系

如表 3，2013—2022 年，空间转型与功能转型之间始终呈现正相关关系，关系系数由 0.506 下降至 0.419，二者之间的协同效应随时间推移弱化，表明耕地空间优化对功能提升的支撑作用有所减弱。耕地数量增加和结构优化能够促进耕地产量增加，然而，空间转型的协同效应边际递减，导致二者协同效应有所下降。

空间—模式转型呈现负相关关系，关系系数由-0.432 降至-0.451，权衡关系略有增强。这反映，空间转型以扩大面积为导向的利用方式与耕地利用绿色理念存在冲突，致使绿色理念难以有效落实，二者之间的矛盾有所加深。

功能—模式转型呈现出较强的权衡效应，关系系数由-0.540下降至-0.742。说明当前功能转型追求的耕地产出提升的目标与模式转型提倡的生态友好的方式相冲突，且随着转型深入矛盾持续加剧。

表 3 耕地利用绿色转型子系统 Spearman 秩相关系数

权衡协同	2013 年	2018 年	2022 年
空间—功能转型	0.506**	0.616**	0.419**
空间—模式转型	-0.432**	-0.513**	-0.451**
功能—模式转型	-0.540**	-0.308*	-0.742**

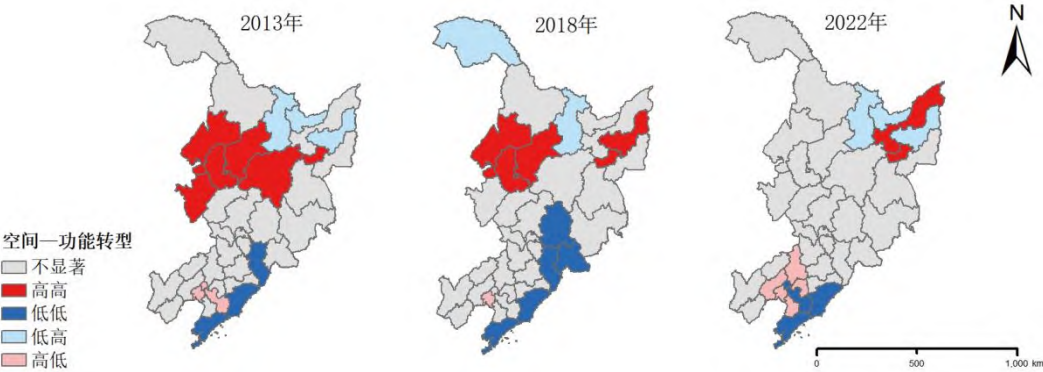
注：*、**分别代表 10%、5%的显著性水平。

3.2.2 空间维度权衡与协同格局

如图 5，空间—功能转型主要表现为协同。“高一高”集聚区主要分布于黑龙江西部，该区域农业生产规模与效率优势明显，粮食产出与农民生计得到有效保障。“低—低”集聚区集中在研究区东南部，受山地丘陵地形限制，叠加非农经济发展挤压，耕地功能难以有效释放。

空间—模式转型主要表现出权衡特征。“高一低”集聚区分布在研究区西部。作为传统农区，长期传统的经营方式使先进技术推广滞后，限制耕地治理优势向模式转型转化。“低—高”集聚出现在东南部，该区域空间转型水平较低，然而，由于农业经营主体专业化程度较高、绿色技术采纳率领先，其模式转型水平较高。

功能提升与模式转换的矛盾尚未有效协调，主要表现出权衡特征。“高一低”集聚主要分布在黑龙江，其农业生产规模优势显著，但仍以传统大宗粮食生产为主导，使绿色经营模式转型缓慢。“低—高”集聚出现在研究区东南部，受地形与城市化发展制约，耕地多元价值拓展缓慢，但政策引导与技术推广协同发力，模式转型水平较高。



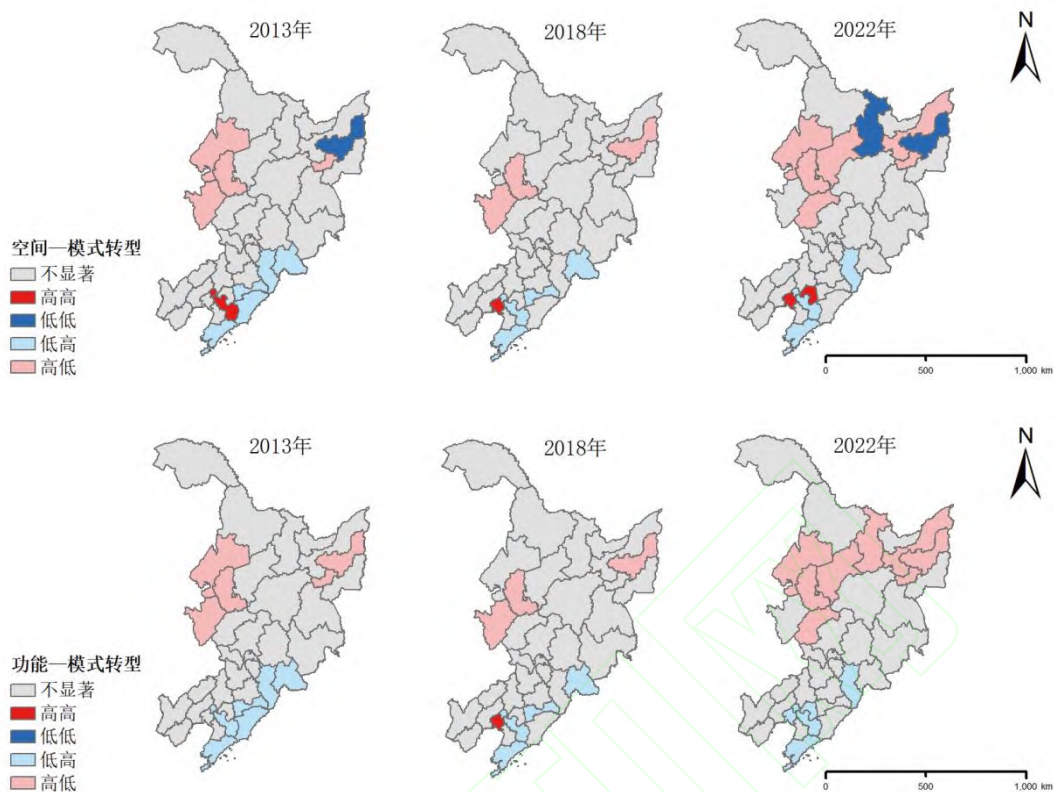


图5 耕地利用绿色转型子系统局部空间自相关

3.3 耕地利用绿色转型的组态路径分析

3.3.1 必要性条件分析

必要条件分析是检验某个前因条件是否对结果发生具有必要性的关键步骤,通常要求一致性阈值高于 0.9 以确保高置信度;若条件一致性低于 0.9,则需进一步进行组态分析。如表 4,该文不存在一致性水平超过 0.9 的前因条件,表明不存在任一条件是构成耕地利用绿色转型的必要条件。这意味着,单一因素无法独立驱动,需要通过要素间的联动才能促成高水平耕地利用绿色转型的实现。

表 4 必要性条件分析结果

前因变量	高耕地利用绿色转型水平		低耕地利用绿色转型水平	
	一致性	覆盖度	一致性	覆盖度
降雨量	0.537	0.585	0.703	0.674
~降雨量	0.701	0.728	0.567	0.519
气温	0.649	0.651	0.713	0.630
~气温	0.631	0.714	0.605	0.603
人均 GDP	0.556	0.668	0.630	0.667
~人均 GDP	0.723	0.6901	0.687	0.576
农业生产总值比重	0.679	0.763	0.583	0.576
~农业生产总值比重	0.623	0.629	0.761	0.676
农林水事务支出	0.727	0.760	0.574	0.533
~农林水事务支出	0.557	0.598	0.742	0.700
人口密度	0.582	0.677	0.639	0.654
~人口密度	0.702	0.689	0.684	0.590

城镇化率	0.566	0.637	0.646	0.640
~城镇化率	0.680	0.686	0.633	0.562

3.3.2 条件组态分析

参考以往研究，设置原始一致性阈值为 0.8，设定最终结果组态的最小案例频数为 1，为了简化结果，将 PRI 阈值调整至 0.7，低于阈值的结果变量设置为 0^[17]。根据表 5，共发现 4 种组态，所有组态一致性均大于 0.9，且差异较小，表明这 4 种组态表达均可实现高耕地利用绿色转型水平。4 种组态总体解的一致性大于 0.9，说明解释力较强；解的覆盖度为 0.508 721，表明结果在案例集中覆盖比率超过 50%。

表 5 实现高转型水平的路径

条件变量	组态路径			
	H1	H2	H3	H4
降雨量	⊗	⊗	⊗	⊗
气温		⊗	⊗	⊗
人均 GDP	⊗	⊗		●
农业生产总值比重	●		●	⊗
农林水事务支出	●	●	●	●
人口密度	⊗	⊗	⊗	●
城镇化率	⊗	●	●	●
原始覆盖度	0.373	0.297	0.283	0.187
唯一覆盖度	0.152	0.025	0.010	0.043
一致性	0.914	0.958	0.956	0.945
总体覆盖度		0.509		
总体一致性		0.911		

注：●表示核心条件存在，⊗表示核心条件缺失；●表示边缘条件存在，⊗表示边缘条件缺失；空白代表该条件可有可无。

（1）组态 H1：在农业主导产业突出、财政支农力度较大且降水条件适宜的经济欠发达传统农区，虽然地广人稀、城镇化水平不高，但仍可驱动高转型水平。这些地区以农业为主导产业，并匹配高水平的农业财政投入，外部赋能突破条件限制以驱动绿色转型。一方面，地方政府将财政资源向农业倾斜；另一方面，农民对土地依赖度高则更容易接受旨在提升耕地长期产能的绿色技术，为绿色转型注入动力。H1 的原始覆盖度为 0.37，表明该组态可以解释 37%的高转型水平案例；唯一覆盖度为 0.15，说明只能被该组态解释的高转型水平案例占全部案例的 15%。

（2）组态 H2：以城镇化率为支撑，配合农林水事务投入，产生高转型水平。组态 H2 的原始覆盖度为 0.30，唯一覆盖度为 0.02，H2 可以解释 30%的案例，但只有 1%的案例只能被 H2 解释。在区域内热量与水分条件相对不足的资源型或边境城市，产业区城镇化水平集中的特点催生出城镇居民对绿色农产品的有效需求，进而倒逼农业生产方式向绿色转型。在此过程中，高水平的财政投入为满足市场需求提供保障，共同驱动耕地利用绿色转型。

（3）组态 H3：农业产业地位突出、农林水事务投入充足且城镇化优势明显，可以产生高转型水平。高农业生产比重为农业生产和技术推广创造条件，高城镇化能够释放城镇居民的绿色消费需求，高农林水财政支出为绿色转型提供了资金保障，同时支持农业生产技术推广，为城郊区提供了耕地利用绿色转型路径。H3 的原始覆盖度为 0.28，唯一覆盖度为 0.01，覆盖程度较低。

(4) 组态 H4: 农业功能地位突出、人口密集、城镇化水平领先且人均收入可观 4 者协同, 可以产生高转型水平。在经济发达的城市地区, 虽然耕地空间受到挤压, 但农业功能从“保产量”转向“保品质、保生态”, 农业的战略地位反而更加突出。高人均 GDP 为绿色技术采纳提供了经济基础, 而较高的农林水事务支出则为耕地保护提供了资金保障, 共同驱动了高耕地利用绿色转型。H4 的原始覆盖度为 0.19, 唯一覆盖度为 0.04, 该组态可以解释 19% 的案例, 只能被该组态解释的案例占 4%。

3.3.3 稳健性检验

为检验研究结论的稳健性, 在保持其他参数不变的情况下, 将 PRI 一致性阈值从 0.7 提升至 0.8 进行测试^[21]。结果显示, 组态 H1、H2 与 H3 保持稳定, 仅组态 H4 未能在此设定下呈现, 说明研究结论较为稳健。

4 结论与讨论

4.1 结论

该文通过梳理农食系统转型对耕地利用绿色转型的作用机制, 基于二者价值导向和最终追求的一致性, 提出了基于农食系统转型视角的耕地利用绿色转型分析框架, 以东北三省 36 个市为研究区, 探讨 2013—2022 年东北三省耕地利用绿色转型时空演变格局及权衡协同关系, 并讨论了产生高水平耕地利用绿色转型的组态结果, 得到如下主要结论:

(1) 从时间趋势来看, 研究区 2013—2022 年耕地利用绿色转型水平总体呈上升趋势, 转型指数均值由 2013 年的 0.27 增长至 2022 年的 0.77, 增幅明显。但省际间差异显著, 其中辽宁总体转型指数由 0.39 升至 0.79, 吉林由 0.19 提升至 0.85, 黑龙江由 0.22 升至 0.68。省际转型水平差距由 0.20 缩小至 0.17, 区域均衡性有所提升。

(2) 从空间格局来看, 总体转型与空间转型的格局相同, 均呈现西高东低的特征; 功能转型呈现西北高东南低的特征; 模式转型则呈由东南沿海向内陆渐增的格局。子系统间的演进并不同步: 空间—功能转型协同程度降低; 空间—模式转型权衡效应略显弱化; 功能—模式转型权衡特征显著增强。

(3) 识别出 4 条高耕地利用绿色转型水平驱动路径。依据条件变量的组合特征, 将 4 条组态分别归纳为传统农区型、资源或边境型、城郊融合型和中心城市型。其中, 农林水事务支出在 4 条路径中均出现, 体现了东北三省在政策层面持续强化农业投入与耕地保护的特征。

4.2 讨论

农食系统与耕地利用系统是互为支撑、协同演进的耦合关系, 因此, 在探讨耕地利用绿色转型时, 要跳出“就耕地论耕地”的传统思维, 将耕地利用置于农食系统全局中考量, 使生产端变化与消费端需求相匹配。研究发现: 研究期内, 子系统间的演进尚未协调, 制约了区域农业可持续发展综合效益的提升。基于上述判断, 提出以下优化路径:

(1) 强化保护, 统筹耕地三位一体。耕地数量是保证粮食生产的前提, 守住耕地红线, 才能为保证粮食生产提供必要的空间载体。仅通过大面积种植来满足国家对食品的需求是不够的, 还需从农食系统视角出发, 推动耕地利用与居民营养相衔接。

(2) 调节矛盾, 协调子系统同步演进。空间—功能上: 对接消费市场对接优质农产品的需求, 以空间调整支撑功能拓展、功能提升驱动空间优化。空间—模式上: 优化农业空间布局, 为绿色经营创造条件; 同步调整模式创新节奏, 以先进技术弥合资源本底的差距。功能—模式上: 以功能需求牵引模式创新, 依据耕地功能定位, 设计差异化技术路径。借助农食系统转型为耕地利用子系统提供的框架, 以消费市场对农产品的偏好, 倒逼空间优化、功能释放与模式升级协同推进。

(3) 因地制宜, 提出差异化治理对策。依据条件变量的组合特征, 将 4 条组态分别归纳为传统农区型、资源或边境型、城郊融合型和中心城市型。H1: 农民土地依赖度高, 应加大绿色技术补贴与培训力度, 实现产品质量与价格的匹配。H2: 依据人口集中在资源开采区的特点, 完善绿色产品产销对接体系。H3: 依托区位优势承接城市外溢需求, 通过培育农业新业态, 提升农产品附加值。H4: 发展都市现代农业, 推动绿色品牌认证体系建设, 实现消费升级牵引生产转型。

该文基于市级尺度开展农食系统转型视域下的耕地利用绿色转型研究, 所构建的评价指标体系可有效反映东北三省耕地利用绿色转型的整体演变趋势与时空特征, 但受限于市级尺度数据的可获得性, 指标覆盖的广度有限。在转型生态功能评价方面, 未能纳入农药使用量、生物多样性指数、重金属污染等指标, 在一定程度上弱化了绿色转型评估结果的充分性。在组态分析方面, 未充分考虑农户、企业、政府等多元主体在转型中的不同作用, 后续研究会更为深入地揭示多尺度、多主体协同下的耕地利用绿色转型路径, 进一步丰富农食系统视域下耕地绿色转型的相关研究。

参考文献:

- [1] 于法稳, 代明慧, 车丽娟. 土壤健康视角下实现粮食安全的绿色之路[J]. 南京农业大学学报(社会科学版), 2025, 25(01): 29-40.
- [2] 朱晶, 臧星月, 李天祥. 新发展格局下中国粮食安全风险及其防范[J]. 中国农村经济, 2021, (09): 2-21.
- [3] 王茵, 姜伶俐. 大食物观下农食系统碳排放效率与粮食安全的互动关系[J]. 中国农业大学学报, 2026, 31(05): 297-312.
- [4] Marion B W, The Organization and Performance of the U. S. Food System, Lexington Books, 1985.
- [5] 樊胜根, 孟婷. 新形势下中国农食系统转型的理论构建与政策路径[J]. 学习与探索, 2024, (05): 2+26-35+176.
- [6] 汪笑溪, 蔡浩, 宣佳琦, 等. 多目标协同的中国农业食物系统减排与可持续转型[J]. 浙江大学学报(人文社会科学版), 2025, 55(03): 27-42.
- [7] 梁雅嘉, 陈坤秋. 大食物观下中国农食系统营养供求演变[J]. 资源科学, 2025, 47(11): 2337-2350.
- [8] Ghani A L . Sustainable food systems in transition: A socio-ecological analysis of Malaysian agri-food networks[J]. Ecological Complexity, 2026, 65101160-101160.
- [9] 黄贤金, 漆信贤, 刘泽森, 等. 面向农食系统碳减排的耕地空间格局优化[J]. 经济地理, 2024, 44(09): 153-162.
- [10] 葛若昊, 王国刚, 牛坤玉. 中国农食系统碳排放驱动因素、脱钩效应及其启示[J]. 自然资源学报, 2026, 41(01): 288-307.
- [11] 吕立刚, 逯玲君, 龙花楼, 等. 耕地利用绿色转型的内涵、进展与展望[J]. 农业工程学报, 2025, 41(15): 1-12.
- [12] 柯善淦, 崔海莹, 卢新海, 等. 耕地利用绿色转型的时空格局及其驱动机制研究——以湖北省为例[J]. 中国土地科学, 2021, 35(12): 64-74.
- [13] 柯新利, 邓洁, 宋钰. 长江经济带耕地利用绿色转型与城乡融合耦合协调发展的时空格局研究[J]. 生态学报, 2024, 44(13): 5773-5785.
- [14] 崔新蕾, 段珂. 农业新质生产力赋能耕地绿色利用效率提升: 影响机理与推进路径[J]. 农村经济, 2025, (06): 95-104.
- [15] 卢新海, 崔海莹, 柯善淦, 等. 湖北省耕地利用绿色转型与粮食全要素生产率的耦合协调及其驱动机制研究[J]. 中国土地科学, 2022, 36(08): 75-84.
- [16] 马爱慧, 唐梦娜, 赵万民. 省域耕地利用绿色转型时空分异及多元组态路径研究[J]. 中国土地科学, 2025, 39(09): 97-108
- [17] 张路路, 张潮, 冯雨豪, 等. 河北省县域耕地利用绿色转型时空格局与多维组态路径研究[J/OL]. 水土保持研究, 1-12[2026-04-17].
- [18] 胡海洋, 余敦, 魏鹏, 等. 鄱阳湖平原耕地利用绿色转型时空格局及驱动因素[J]. 水土保持研究, 2025, 32(03): 270-281.
- [19] 高佳, 杨宇. 东北粮食主产区耕地利用绿色转型的时空格局及驱动因素[J]. 中国土地科学, 2023, 37(10): 114-123+134.
- [20] Juliannisa A I, Fauzi A, Mulatsih S, et al. Regional Vulnerability to Food Insecurity inIndonesia: A Fuzzy Set Qualitative Comparative Analysis[J]. Sustainability, 2026, 18(3): 1221-1221.

- [21] 宁静, 孙宇, 朴永鑫. 黑龙江省乡村人口—土地—产业融合发展对乡村经济的驱动路径研究——基于 QCA 和 NCA 的复合分析方法[J]. 中国农业资源与区划, 2025, 46(4): 153-163.
- [22] Du Y Z, Jia L D. Configuration perspective and qualitative comparative analysis(QCA): a new path for management research[J]. Management World, 2017(6): 155-167.
- [23] 宋小青, 吴志峰, 欧阳竹. 耕地转型的研究路径探讨[J]. 地理研究, 2014, 33(03): 403-413.
- [24] 樊艳翔, 黄清子, 邵文忠. 中国大陆农作物受灾时空格局演化及影响因素研究[J]. 北京大学学报(自然科学版), 2024, 60(05): 905-916.
- [25] 曹颖, 姜安印, 陈卫强. 自然生产力视角下气候禀赋影响粮食生产的机制与实证分析[J/OL]. 中国农业资源与区划, 1-19[2026-08-29].
- [26] 韩雅清, 魏远竹, 曹彦, 等. 农业保险对农业气候韧性的影响机制研究——一个基于调节效应与空间溢出的分析框架[J/OL]. 中国农业资源与区划, 1-21[2026-06-08].
- [27] 孙心怡, 王介勇, 朱西存, 等. 基于人地系统视角耕地利用转型过程及其驱动因素分析——以黑龙江省齐齐哈尔市为例[J]. 自然资源学报, 2025, 40(02): 350-366.

RESEARCH ON THE SPATIAL-TEMPORAL DIFFERENTIATION AND MULTIPLE CONFIGURATION OF THE GREEN TRANSITION OF CULTIVATED LAND: FROM THE PERSPECTIVE OF AGRIFOOD SYSTEMS TRANSFORMATION

Hang Yanhong¹, Niu Qing¹, Wang Lei²

(1.School of Public Administration, Northeast Agricultural University, Harbin, Heilongjiang 150030,China;

2.School of Resources and Environment, Northeast Agricultural University, Harbin, Heilongjiang 150030,China)

Abstract This paper explores how changes in consumer demand can guide the green transition of cultivated land use through the transmission of consumption signals and provide dynamic support for this transition. Based on the theory of agrifood systems transformation, it is of great significance to reveal the relationship between spatial-temporal pattern evolution pattern and subsystem coupling, and to understand the realization path of differentiated transformation for realizing the green development of regional agriculture. Taking 36 prefecture-level cities in the three provinces of Northeast China as the study area, and guided by the concept of agrifood systems transformation, we constructed an evaluation index system for the green transition of cultivated land use, adopted the CRITIC method to assess the green transition level, employed Spearman's rank correlation coefficient combined with bivariate local spatial autocorrelation to reveal trade-offs and synergies among subsystems, and applied fuzzy-set qualitative comparative analysis (fsQCA) to identify pathways toward achieving a high level of green transition in the study area. The findings are as follows: (1) During the study period, the overall level of green transition exhibited an upward trend, with the average comprehensive index increasing from 0.27 to 0.77, displaying a spatial pattern of "high in the northwest and low in the southeast." All subsystems registered growth to varying extents: the spatial transition index rose from 0.162 to 0.168, showing a west-high-east-low distribution; the functional transition index increased from 0.110 to 0.152, declining from northwest to southeast; and the mode transition index grew from 0.138 to 0.173, rising from the southeast coast toward inland

areas. (2) The coupling relationships among subsystems exhibit notable evolutionary differences: the spatial–functional transition displays synergy, whereas both the spatial–mode and functional–mode transitions show trade-off patterns. (3) The fsQCA results identified four multiple configuration-driven pathways that promote a high level of green transition, corresponding to four regional types: traditional agricultural areas, resource-based cities, peri-urban areas, and metropolitan areas. In conclusion, the green transition of cultivated land use in the three northeastern provinces shows a favorable trend, yet significant regional disparities persist. Future efforts should be grounded in the logic of coordinated development within the agrifood systems.

Keywords agrifood systems; green transition of cultivated land use; spatial-temporal pattern; multiple configuration; three Northeastern Provinces of China

