

DOI: 10.20103/j.stxb.202309192020

王鹏程, 张利国, 陆汝成. “边境-粮食-生态”安全视域下耕地利用生态效率演变特征与机制——以中越边境地区为例. 生态学报, 2024, 44(11): 4637-4649.

Wang P C, Zhang L G, Lu R C. Evolution characteristics and mechanism of cultivated land use eco-efficiency from the triple-security perspective in China-Vietnam border area. Acta Ecologica Sinica, 2024, 44(11): 4637-4649.

“边境-粮食-生态”安全视域下耕地利用生态效率演变特征与机制

——以中越边境地区为例

王鹏程¹, 张利国^{1,*}, 陆汝成^{1,2}

¹ 南宁师范大学自然资源与测绘学院, 南宁 530001

² 北部湾环境演变与资源利用教育部重点实验室, 南宁 530001

摘要:明晰耕地利用生态效率的驱动机理是深化土地科学前沿探索、优化粮食安全发展格局的关键基础。建构“边境-粮食-生态”安全框架,采用非期望产出的超效率 SBM 模型测算 2000—2020 年中越边境地区耕地利用生态效率,通过泰尔指数研究其演变特征和区域差异,并运用动态面板系统 GMM 模型揭示耕地利用生态效率的驱动机制。结果表明:(1)中越边境地区耕地利用生态效率指数总体呈现“先升-后降-再升”的变化趋势,整体处在中等效率水平,空间表现为“北高-南低”分布格局,省际差异是造成区域差异的主要原因。(2)化肥使用过量、劳动力过剩和碳排放增加是造成中越边境地区耕地投入产出要素松弛、耕地利用生态效率损失的重要因素。(3)中越边境地区耕地利用生态效率由多因子交互作用驱动,地形坡度、城镇化、边境贸易水平、财政支农水平是提高耕地利用生态效率的积极因素,水土流失率、工业化和劳均耕地规模对耕地利用生态效率具有抑制效应。中越边境地区亟需优化耕地经营投入结构,向“投入优-产出高-排放低”方向转型,构建边境粮农稳态格局,促进边境地区长足稳定高质量发展。

关键词:耕地利用生态效率;驱动机制;边境安全;动态面板系统 GMM;中越边境地区

Evolution characteristics and mechanism of cultivated land use eco-efficiency from the triple-security perspective in China-Vietnam border area

WANG Pengcheng¹, ZHANG Ligu^{1,*}, LU Rucheng^{1,2}

¹ School of Natural Resources and Surveying, Nanning Normal University, Nanning 530001, China

² Key Laboratory of Environment Change and Resources Use in Beibu Gulf, Ministry of Education, Nanning 530001, China

Abstract: Clarifying the driving mechanism of cultivated land use eco-efficiency is a key basis for deepening the frontier exploration of land science and optimizing the development pattern of food security. This paper constructed a triple-security framework of “border-food-ecology” and applied the super-efficiency SBM model of undesired output to measure the eco-efficiency of cultivated land use in China-Vietnam border area from 2000 to 2020. We also studied its evolution characteristics and regional differences through the Theil index and used the dynamic panel system GMM model to reveal the driving mechanism. The results showed that: (1) The cultivated land use eco-efficiency index in China-Vietnam border area generally showed a trend of “first rise, then drop, final rise”, and the overall efficiency was at a medium level. The overall spatial distribution exhibited a pattern of “north high and south low”, and inter-provincial differences were the main reasons for regional differences. (2) Excessive use of chemical fertilizers, labor surplus and increased carbon emissions were

基金项目:国家自然科学基金项目(42061043)

收稿日期:2023-09-19; 网络出版日期:2024-03-18

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: zh.liguo@163.com

important factors for the slack input and output of the cultivated land and the loss of eco-efficiency. (3) The change of the cultivated land use eco-efficiency in China-Vietnam border area was driven by multi-factor interaction. Terrain slope, urbanization, border trade level and financial support for agriculture were positive factors to improve the eco-efficiency. The rate of water-soil loss, industrialization and the scale of cultivated land per labor had inhibitory effect on the eco-efficiency. China-Vietnam border area urgently needs to optimize the input structure of cultivated land management, transform to the direction of “excellent input-high output-low emission”, construct border food steady pattern and promote the long-term and stable development of the border areas.

Key Words: cultivated land use eco-efficiency; driving mechanism; border security; dynamic system GMM; China-Vietnam border area

耕地利用生态效率的格局与机制是土地科学、自然资源学、生态学等学科领域聚焦的重要前沿课题^[1-2]。随着城镇化和农业现代化的不断推进,耕地面临着土壤污染、环境破坏、生态退化等挑战。在人口不断增长和资源供给有限的背景下,如何高效利用耕地资源,提高农业生产效率的同时,减少环境负荷,成为地区发展的焦点和农业发展的重要目标^[3-4]。因此,基于生态效率理论,科学评估耕地利用生态效率并解析其驱动机制,成为提高耕地生态产能、优化地域发展格局的时代命题^[5]。

当前,耕地利用与生态环境之间的协同关系以及农业生产效率测度已取得丰富的研究成果,为开展耕地利用生态效率的相关研究提供了坚实的理论基础和实践支撑。综合国内外学者研究可以发现,耕地利用生态效率的内涵定义由浅入深,从原先单一的生态学定义发展到与产业、社会、经济、技术相结合的复合综合性概念^[6]。“以合理的要素投入结构和资源配置方式,提高耕地资源要素的期望产出,减少非期望产出”的内涵已得到学术界的普遍认可^[7-10]。耕地生态利用是综合自然、社会、经济、环境等多因子交互作用的过程,从投入-产出视角构建效率评价体系并应用 DEA-SBM 混合模型进行测度^[11-12],已成为耕地生态效率研究的基本范式。目前,学者主要基于面向国家、省际的宏观视角开展耕地利用生态效率的时空演变^[13-15]、收敛关系^[16]、区域差异^[16-19]、影响因素^[20-21]等方面的研究,集中体现与农业规模、经济发展、技术革新等方面的互动协调关系,为促进地区生态文明建设提供有益借鉴。但在以下方面仍需进一步深化:①现有研究主要基于投入-产出角度,从农业生产、土壤质地开展生态效率的相关探索。从生态学角度出发,综合考虑耕地利用的水、气污染,以耕地面源污染和低碳减排作为非期望产出,同时考虑社会经济效益的研究还有待深化。②多数效率研究侧重单时序效率的驱动/影响因素,选取模型忽略效率长期变化的内生机理,考虑效率滞后影响的研究仍显不足,亟待探寻适当模型与方法开展耕地利用生态效率驱动机制研究。③基于耕地利用生态效率的安全内涵,有必要借鉴从安全视角开展的有关研究^[22-23],并针对特定区域的现实需求,立足地缘空间安全,进一步丰富发展安全视域,将其有机融入耕地生态效率研究。

边境地区是我国推进“一带一路”建设的重要战略支撑区和统筹资源安全利用的关键区。中越边境地区紧邻复杂的地缘政治和国际经济环境^[24-25],农业生态高质量发展是衡量边境可持续发展的重要一环。鉴于此,本文构建“边境-粮食-生态”安全(简称三安全)理论框架,梳理边境地区耕地生态利用的理论内涵,应用超效率 SBM 模型、泰尔指数测度并分析 2000—2020 年中越边境地区耕地利用生态效率演变特征,进而运用动态面板系统 GMM 模型解析边境地区耕地利用生态效率的驱动机制,以期为优化边境地区农业-生态空间、巩固粮食安全发展格局提供数据参考和决策依据。

1 理论分析框架

边境地区耕地的生态利用是边境安全、农业生产、生态保护、人地协调等多系统交互响应的综合过程,以提升边境安全指数、实现耕地资源高效利用、高质量产出和可持续发展为目标^[18]。边境地区复杂的国土形态格局与多样的人文民俗习惯,使边境土地利用方式与其他地区具有较大差异,基于此,建构“边境-粮食-生态”

安全的投入-产出耕地利用生态效率的理论分析框架(图1)。

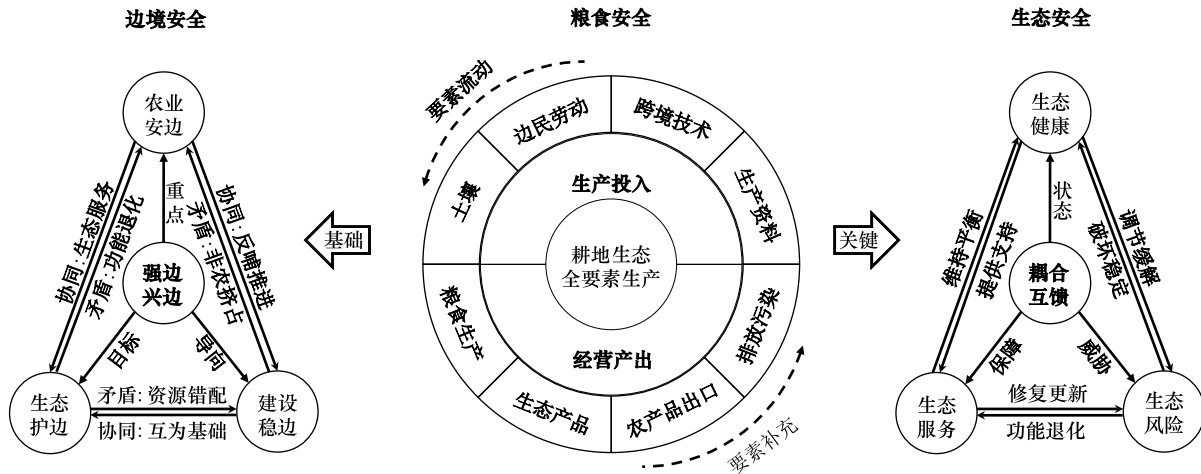


图1 边境地区耕地利用生态效率理论框架

Fig.1 Theoretical framework of cultivated land use eco-efficiency in border area

边境安全关注三区空间的协调平衡,是推进粮食安全与生态安全的关键支撑^[26]。“农业安边-生态护边-建设稳边”的三类固边效应是边境安全发展的焦点,同时也是保障边境耕地生态利用过程的必要途径。农业安边注重农业生产与供给、民生发展与幸福,从耕地要素配置视角出发,边境地区耕地的规模大小能够反映其吸附边民劳动力数量的多少,也可表征耕地吸引边民回流的正向效应,亦能说明耕地资源在边境安全发展过程中的重要作用。边境地区农业-生态-城镇空间发展始终围绕于“协同-矛盾”的关系之中,在边境加速城镇化和高速经济发展进程中,贸易口岸、城镇建设挤占耕地和社会资源错配现象频现,致使农田生态功能退化、粮食供给受到影响。因此,从边境安全视角探索耕地生态效率可为边缘地域耕地可持续发展、要素合理配置提供理论依据。

粮食安全生产强调生产投入和经营产出两大过程^[27],边境地区亦是如此。作为边境地区耕地生产经营的主体,边民发挥着主导作用,其耕种意愿、集约劳动、精细化的安全管理都将深刻影响耕地自然景观的塑造,从而形成特定的边境耕地利用模式。农业-生态产品出口贸易是耕地播种产出的首要期望目标,但在经营过程中仍不可避免地造成诸如化肥农药面源污染、土地利用碳排放等非期望产出的现象。因此,粮食安全是耕地各类生产要素交替流动、互相补充的过程,耕地利用生态效率亦是各要素交互作用的结果。

生态安全是耕地生态系统要素耦合互馈的关键,其与粮食安全相互交织、相辅相成^[28-29]。一个健康、稳定的生态系统为粮食生产提供了基础,而稳定的粮食供给更是维护生态安全的重要部分。生态安全涉及“健康-服务-风险”三方面:耕地生态健康是粮食生产与边境安全的必要条件和重要基础;耕地生态服务代表利用过程所带来的多种效益,其供给能力决定了耕地安全水平的高低;耕地生态风险表征农田生态系统结构和功能受到不利影响的过程与后果,在一定程度上反映生态安全的状况。因此,从生态安全视角解析耕地的生态利用过程可促进农田绿色稳定生产。

可见,边境地区耕地资源的生态利用过程是“边境-粮食-生态”系统多过程、全要素的交互与融合,集中体现为“投入-产出”要素流动、补充,趋向融合,多要素形成紧密关联的耦合互馈系统^[30-31]。需立足边境安全为基础、粮食安全为核心、生态安全为关键,围绕“三安全”视域,从“时间序变-空间差异-驱动机制”的研究范式阐释耕地利用生态效率的变化与机理,为科学配置耕地生产要素、提升利用效率提供参考依据。

2 研究方法与数据来源

2.1 研究区概况

中越边境地区是中国与越南接壤的陆上县域交界地带,其位于中国西南部,南与越南高平、河江等七省接

壤(图2)。中越边境地区包括广西壮族自治区和云南省的15个县,面积约39.87万km²,边境线长达2470km。作为通往东南亚国家的南大门,中越边境地区是中国领土安全的重要屏障,其发展建设在稳边固边方面起着关键作用,但与此同时建设挤占农业空间、生态环境遭受破坏、粮食供给不足等发展不平衡不充分的问题日益突显,耕地撂荒、农药污染、农房占用等现象频频出现。2020年,中越边境地区总人口约400万,GDP约1360亿元,耕地面积为596645.55hm²,粮食产量仅1.32×10⁶t。因此,研究中越边境地区耕地利用生态效率具有一定的区域特殊性和典型性,对边境耕地用途管制、维护粮食生产安全、保障农业空间可持续发展具有重要意义。

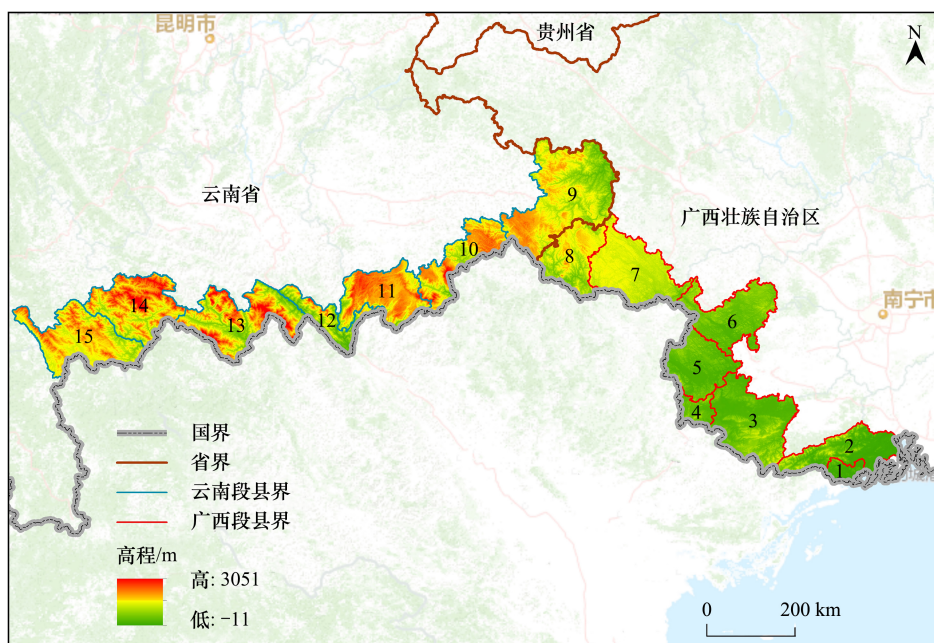


图2 中越边境地区区位图

Fig.2 Location map of China-Vietnam border area

图中序号1—15分别表示:1.东兴市,2.防城区,3.宁明县,4.凭祥市,5.龙州县,6.大新县,7.靖西市,8.那坡县,9.富宁县,10.麻栗坡县,11.马关县,12.河口瑶族自治县,13.金平苗族瑶族傣族自治县,14.绿春县,15.江城哈尼族彝族自治县。本图基于国家自然资源部标准地图服务网站下载的审图号为GS(2023)2763的标准地图制作,底图无修改

2.2 研究方法

2.2.1 超效率SBM模型

超效率SBM模型可将投入和产出的松弛变量纳入函数模型中,更准确评价松弛变量下的效率问题,同时其优越性体现在能够对效率值为1的决策单元进行比较和排序^[32]。本文采用该模型测算耕地利用生态效率指数(ECLU),计算公式为:

$$ECLU = \min \frac{1 - \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \frac{s_i^-}{x_{i0}}}{1 + \frac{1}{s_1 + s_2} \left(\sum_{r=1}^{s_1} \frac{s_r^g}{y_{r0}^g} + \sum_{r=1}^{s_2} \frac{s_r^b}{y_{r0}^b} \right)} \quad (1)$$

式中: m, a, b 分别为投入、期望产出、非期望产出个数; x, y^g, y^b 分别为投入、期望产出以及非期望产出值; s^-, s^g, s^b 分别为投入、期望产出、非期望产出的松弛变量。

2.2.2 泰尔指数

泰尔指数能够有效评估区域发展差异,其将区域整体差异拆解为内部和区际差异,有助于深入分析地区差距的成因^[33]。本文运用泰尔指数分析耕地利用生态效率的区域差异特征,计算公式为:

$$T = \frac{1}{n_r} \sum_{i=1}^{n_r} \ln \left(\frac{y_i}{\bar{y}} \right) = T_A + T_B \quad (2)$$

$$T_A = \sum_{i=1}^{m_r} \left(\frac{n_k}{n_r} \times \frac{\bar{y}_k}{\bar{y}} \right) \times T_K, T_B = \sum_{i=1}^{m_r} \left(\frac{n_k}{n_r} \times \frac{\bar{y}_k}{\bar{y}} \right) \times \ln \left(\frac{\bar{y}_k}{\bar{y}} \right) \quad (3)$$

式中: T 为总体泰尔指数, 值越大, 区域差异越明显; y_i 表示第 i 个地区的变量值; $\bar{y}$ 为各地区的均值; n_r 为地区总数量; 将研究区划分为 2 个子区域 (广西段、云南段), 从而将泰尔指数分解为子区域内部的区内差异 (T_A) 和子区域间的区间差异 (T_B); T_k 为第 k 组的泰尔指数; m_r 表示子区域的地区数; n_k 表示第 k 个子区域内的地区数; $\bar{y}_k$ 表示第 k 个子区域的变量均值。

2.2.3 动态面板系统 GMM 模型

耕地生态利用是一个长期发展且动态变化的过程, 存在当期生态效率水平受到前期效率影响的情境。动态面板系统 GMM 模型能够充分考虑到相关变量的内生性与外生性问题, 将效率滞后项产生的影响纳入考量, 提高结果的准确性^[34-35]。本文采用动态面板系统 GMM 模型进行耕地利用生态效率的驱动变量估计, 计算公式为:

$$y_{i,t} = \alpha_0 + \sum_{k=1}^m \alpha_k x_{i,t}^k + \sum_{j=1}^p \beta_j y_{i,t-j} + \mu_{i,t} \quad (4)$$

式中: $x_{i,t}^k$ 为第 k 个解释变量; $y_{i,t-j}$ 为因变量滞后 j 期变量; α_0 为常数项回归系数; α_k 为第 k 个解释变量的回归系数; β_j 为因变量滞后 j 期变量的回归系数; $\mu_{i,t}$ 为随机误差项。

2.3 变量选取与数据说明

2.3.1 耕地利用生态效率测度指标

本文依据理论分析框架, 参考相关研究^[7-12], 基于研究区发展实际, 从指标选取的代表性、数据的可获得性、指标的可量化性出发, 构建基于“边境-粮食-生态”的投入-产出耕地利用生态效率测度指标体系 (表 1)。其中, 选取边境耕地吸附农业人口、农产品对外贸易量表征边境安全维度, 选取农作物播种、农业机械、农业产值、粮食生产表征粮食安全维度, 选取化肥、碳排放、面源污染表征生态安全维度。

表 1 耕地利用生态效率测度指标体系

Table 1 Evaluation index of cultivated land use eco-efficiency

类型 Type	指数 Index	指标层 Indicators	指标释义 Indicator interpretation
生产投入 Production input	劳动投入-边境安全	边境耕地吸附农业人口	边境农业人口/耕地面积, 表征边境耕地可维持农业人口生计数量
	耕地投入-粮食安全	农作物播种面积	表征耕地实际种植水平
	机械投入-粮食安全	农业机械总动力	表征农业技术及现代化程度
	化肥投入-生态安全	化肥施用折纯量	表征化肥使用对耕地生态系统的影响情况
期望产出 Expected output	农产品出口-边境安全	农产品对外贸易量	表征边境农业产品的对外出口量
	农业产值-粮食安全	农业总产值	表征耕地生产的收入
	粮食生产-粮食安全	粮食总产量	表征耕地粮食的产出量
非期望产出 Undesirable output	碳排放量-生态安全	耕地利用碳排放	参考相关文献 ^[37-40] 进行估算
	面源污染-生态安全	农业面源污染排放	农药、化肥、农膜等污染的综合指数

2.3.2 耕地利用生态效率驱动因子选取

耕地利用生态效率的高低变化不仅由农田生态系统自身稳定性所控制, 而且受到诸如自然、经济、社会等多因素影响。耕地开发与利用的难易程度与自然条件的适宜与否有着密切关联。地形地貌在一定程度上制约农业生产方向与发展潜力, 气候水文影响土壤播种的适宜程度。

社会外贸水平直接关系农业发展前景, 影响农业结构优化与调整。随着边境地区产业结构的转型发展,

边民土地利用行为和农业播种水平发生改变。城镇建设与经济发展较为发达的地区,能源消耗和资源利用加大将引致严重的生态退化问题。但从部分较为发达的地区实际来看,对外贸易和社会水平处在一定高度时,将更为重视地区的绿色发展。

耕地利用程度能够在一定程度揭示投入-产出与农业生态系统的循环耦合结果。在投入不同生产资料的前提下,耕地各要素的利用水平将存在差异,所带来的产出也不同^[36]。农户的耕种行为和管理方式在一定程度上取决于耕地规模,当耕地播种的面积增大、农田水利设施增强时,农户更易进行耕地的规模化经营,实现耕地的最佳规模报酬。

农经发展状况体现地区农业农村的发展水平,侧面反映农田生态建设程度。边境地区农业经济水平与内陆地区具有较大差异,农业经济发达意味着单位耕地产出增加、劳动集约程度上升、农业科技水平提高。然而,当农经发展状况堪忧,城乡收入差距增大,农村人口外流导致生产过程中人力不足而采用大量机械、使用过量化肥农药,扰乱农田生态系统。

鉴于此,本文从自然适宜程度(NSL)、社会外贸水平(STL)、耕地利用程度(CLL)、农经发展状况(AES)4个维度选取边境地区耕地利用生态效率驱动因子(表2)。

表 2 耕地利用生态效率驱动因子变量选取
Table 2 Driving factors of cultivated land use eco-efficiency

维度 Dimension	驱动因子 Driving factors	代号 Code	单位 Unit	因子说明 Explanation
自然适宜程度 Natural suitability level	耕地平均坡度	AS	(°)	通过数字高程模型(DEM)获取,表征耕地开发生产的适宜程度
	年平均降水量	AP	mm	通过空间插值数据获取,反映自然气候的禀赋效应
	水土流失率	SE	%	水土流失面积/土地总面积,衡量区域水土保持和粮食生产稳定性
社会外贸水平 Social trade level	城镇化水平	UL	%	城镇人口/总人口,表示农业劳动力转移程度
	工业化水平	IL	%	第二产业增加值/地区生产总值,反映区域产业结构状况
	外贸依存度	BT	%	对外贸易进出口额/GDP,反映耕地利用对边境地区贸易行为的响应作用
耕地利用程度 Cultivated land use level	劳均耕地规模	LS	hm ² /人	耕地面积/第一产业从业人员,表征耕地规模经营程度
	耕地生产率	CP	%	单位面积土地产值,农业总产值/耕地面积,反映耕地利用的产出能力
	灌溉指数	II	—	有效灌溉面积/耕地面积,体现农田水利设施装备能力
农经发展状况 Agricultural economic situation	农民人均纯收入	RI	元	表征农户生活生计能力
	财政支农水平	FA	万元	公共财政农林水支出/公共财政总支出,表征政府对农业发展的投入力度

AS:耕地平均坡度 Average slope of cultivated land;AP:年平均降水量 Average precipitation;SE:水土流失率 Soil erosion rate;UL:城镇化水平 Urbanization level;IL:工业化水平 Industrialization level;BT:外贸依存度 Dependence of border trade;LS:劳均耕地规模 Labor scale of cultivated land;CP:耕地生产率 Cultivated land productivity;II:灌溉指数 Irrigation index;RI:农民人均纯收入 Rural income;FA:财政支农水平 Financial support for agriculture

2.3.3 数据获取与处理

本文所涉及基础数据包括以下3类:①土地利用遥感监测数据和年降水量空间插值数据集来源于中国科学院资源环境科学与数据中心,空间分辨率为30 m×30 m;②DEM数据来源于地理空间数据云平台;③农业农村及社会经济数据来源于《中国县域统计年鉴》《广西统计年鉴》《云南统计年鉴》、研究区县市统计公报以及实地调研相关部门,部分缺失数据通过线性回归予以插补。

3 结果与分析

3.1 耕地利用生态效率时空演变特征

3.1.1 耕地利用生态效率时序变化

总体上,中越边境地区耕地利用生态效率指数在0.6860—0.8538间波动,整体处在中等发展水平,并未达

到最有效的投入生产前沿。2000—2020 年总体呈现“先升-后降-再升”的变化趋势(图 3)。效率下降拐点出现于 2010 年,随着边境开发建设的纵深推进,耕地粗放利用、撂荒等问题突显,耕地投入要素未能充分利用。2015 年耕地利用生态效率得到回升,继《国务院关于加快推进生态文明建设的意见》要求“强化农田生态保护,加强耕地质量监测”,全国实行最严格的耕地保护制度,将生态治理纳入地区农业发展规划,广西、云南相继出台耕地保护责任目标指示及制度文件,农田生态整治与管护得到进一步落实和推进。

从县域来看,中越边境地区仅有 5 个县区耕地利用生态效率平均指数大于 1,实现了投入产出的相对有效(表 3)。5 个县区中 3 地位于广西、2 地位于云南,但均值排名前二都位于云南。云南、广西两省(区)近 20 年持续建设边疆、夯实固边兴边,以云南省河口县、绿春县,广西东兴市、靖西市为典型。自“十三五”以来,云南河口县立足生态优势,大力发展绿色有机农业;广西东兴市以生态文明建设示范创建为抓手,构建边海山现代特色农耕体系。

表 3 2000—2020 年中越边境各地区耕地利用生态效率指数

Table 3 Cultivated land use eco-efficiency index in China-Vietnam border area from 2000 to 2020

地区 Area	县区 County	2000 年	2005 年	2010 年	2015 年	2020 年	平均指数 Average	排名 Rank
广西段 Guangxi section	东兴市	1.0360	1.2523	1.2167	1.3035	1.3114	1.2240	3
	防城区	1.3693	1.2312	1.0558	0.7239	1.0070	1.0774	5
	宁明县	0.5142	0.3458	0.3170	0.2268	0.1740	0.3156	15
	凭祥市	0.6516	0.4442	0.4047	0.3296	0.2655	0.4191	12
	龙州县	0.5478	0.4085	0.3555	0.3082	0.2521	0.3744	13
	大新县	0.5031	0.4271	0.3333	0.2394	0.2008	0.3407	14
	靖西市	1.1705	1.0970	1.0685	1.0629	1.0247	1.0847	4
云南段 Yunan section	那坡县	1.3074	1.0363	0.4562	0.4150	0.3831	0.7196	7
	富宁县	0.4826	1.0010	0.6737	0.6639	0.5362	0.6715	9
	麻栗坡县	0.4759	1.0068	1.0013	0.5094	0.4193	0.6825	8
	马关县	0.3641	0.5293	0.6356	0.4561	0.3992	0.4769	11
	河口县	1.3423	1.2474	1.2965	1.4448	1.4386	1.3539	1
	金平县	1.1034	1.1342	1.0233	0.5375	1.0009	0.9599	6
	绿春县	1.0553	1.1137	1.5234	1.4483	1.4660	1.3213	2
	江城县	0.4280	0.5321	1.0820	0.5065	0.4117	0.5921	10

3.1.2 耕地利用生态效率空间格局

结合研究区发展实际,将耕地利用生态效率指数分为 3 级:0—0.5 为低效率,0.5—1.0 为中效率,大于 1.0 为高效率(图 4)。耕地利用生态效率空间差异较大,格局演变特征明显。2000 年,中越边境地区耕地利用生态高效率共有 7 个地区,主要位于边境中部和南部。2005—2010 年,耕地利用生态效率呈现“北高-南低”分布格局,广西一段效率值低于云南一段,究其原因在于广西在此期间着力推动边贸发展,促使边境新兴口岸建设导致污染排放加重。2015—2020 年,耕地利用生态效率整体偏低,但存在效率指数由低转高的趋势。

总体而言,中越边境地区耕地利用生态效率在研究期内变化剧烈,高低交错。前期发展建设以经济发展和城镇开发为主导,边民耕地保护意识不强,忽视耕地生态系统平衡,导致其在生产投入上较为粗放,耕地集约

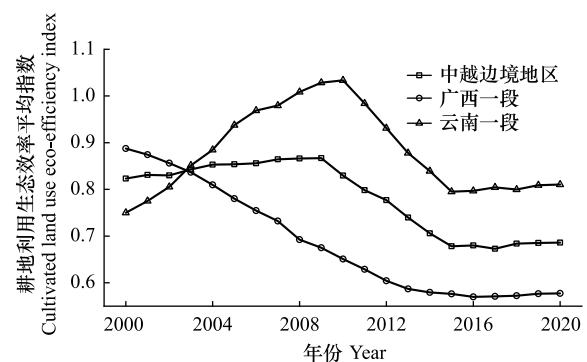


图 3 2000—2020 年中越边境地区耕地利用效率平均指数

Fig.3 The average index of cultivated land use eco-efficiency in China-Vietnam border area from 2000 to 2020

利用水平偏低。后期随着地方政府施政理念转变,边民耕保意识提高,耕作技术改进,耕地绿色发展得以推进。

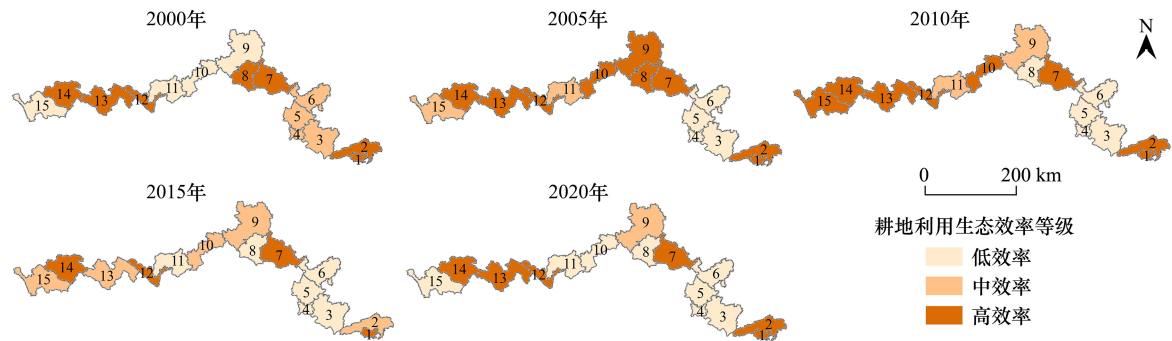


图 4 2000—2020 年中越边境地区耕地利用效率空间格局

Fig.4 Spatial pattern of cultivated land use eco-efficiency in China-Vietnam border area from 2000 to 2020

图中序号 1—15 分别表示:1.东兴市,2.防城区,3.宁明县,4.凭祥市,5.龙州县,6.大新县,7.靖西市,8.那坡县,9.富宁县,10.麻栗坡县,11.马关县,12.河口瑶族自治县,13.金平苗族瑶族傣族自治县,14.绿春县,15.江城哈尼族彝族自治县

3.1.3 耕地利用生态效率区域差异

通过测算泰尔指数分析不同尺度下耕地利用生态效率区域差异的变化过程。结果(表 4)说明,区域内和区域间泰尔指数对总体泰尔指数的贡献率分别为 37.78%、62.22%,表明中越边境地区耕地利用生态效率的区域差异主要源于广西段和云南段的省际差异。从整体时序变化来看,无论是区域内、亦或是区域间的泰尔指数都呈现下降趋势,反映出广西段与云南段的耕地利用生态效率的区域差异缩小。2010 年,区域间与总体泰尔指数轻微上升,省际差异增大,在此期间边境地区各项建设需求处在高位。相较于云南,广西边境地区着力发展口岸经济贸易,建设用地的空间配置差异加剧导致耕地占用、损毁现象加重。区域间泰尔指数自 2015 年开始减幅最大,进一步说明各地区耕地利用生态效率的均衡性提高,这主要在于各地加强实施耕地保护、积极推进生态治理。因此,协调边境地区开发与农业发展之间的用地冲突,是提升耕地生态安全指数、缩小区域绿色发展差距的有效方式。

表 4 中越边境地区耕地利用生态效率区域内、区域间和总体泰尔指数

Table 4 The intra-regional, inter-regional and overall Theil index of cultivated land use eco-efficiency

年份 Year	区域内泰尔指数 Intra-regional Theil index	区域间泰尔指数 Inter-regional Theil index	总体泰尔指数 Overall Theil index
2000	0.067	0.105	0.172
2005	0.061	0.094	0.155
2010	0.055	0.108	0.163
2015	0.053	0.081	0.140
2020	0.047	0.056	0.119

3.2 耕地利用生态效率投入-产出松弛度

2000—2020 年,中越边境地区共有 10 个地区耕地利用生态效率平均指数小于 1(表 3),即耕地利用生态效率未达到投入-产出的相对有效,属于非有效区域。为进一步探究 10 个地区耕地利用生态效率偏低的原因、揭示耕地利用生态效率的内在损失结构,通过无效率分解对各项投入和产出要素进行松弛度分析(表 5)。

从整体上看,非有效地区的期望产出要素松弛度最小(均小于 5.00%),其中粮食产量松弛度基本为 0,表明期望产出并不是造成效率偏低的因素。反观耕地生产投入要素和非期望产出,化肥、劳动力和碳排放松弛度均处在高位,三者是导致效率损失的重要原因。从各地区来看,劳动力松弛度以大新县和富宁县最为突出,

分别为 58.47%、50.31%。表明两地在耕地生产过程中存在劳动生产力较低、耕作效能不高、生产效益偏低等问题,究其原因在于边境地区农户收入较低,种粮效益偏低导致边民耕作水平低效。结合化肥投入和耕地利用碳排放松弛度来看,宁明县和龙州县较为突出,化肥投入松弛度居高不下。在耕地利用过程中,农户为提高耕地产量过量投入农药化肥,致使耕地污染严重、农业碳排放加剧。简言之,中越边境地区存在耕地规模经营不佳、管理调控水平低效等问题,整体资源利用不尽合理、不够充分,降低粮食生产和生态安全,进而影响边境安全发展。

表 5 2000—2020 年中越边境地区非有效地区投入-产出松弛度均值

Table 5 The mean value of input-output slack in non-effective areas in China-Vietnam border area from 2000 to 2020

非有效地区 Non-effective areas	投入要素/% Input				期望产出要素/% Expected output		非期望产出要素/% Undesirable output
	耕地 Cultivated land	劳动力 Labor	农业机械 Agricultural machinery	化肥 Fertilizer	农业产值 Agricultural output value	粮食产量 Grain output	耕地利用碳排放 Carbon emissions from cultivated land
宁明县	-15.14	-30.88	-15.12	-53.21	1.68	0.00	-46.21
凭祥市	-2.83	-25.60	-6.70	-32.51	0.21	0.00	-15.99
龙州县	-12.66	-17.59	-13.98	-42.37	0.00	0.13	-39.74
大新县	-10.37	-58.47	-32.67	-25.30	4.28	0.00	-33.60
那坡县	-3.78	-15.64	-30.28	-29.47	0.00	0.00	-18.67
富宁县	-4.56	-50.31	-15.49	-20.69	0.00	0.00	-30.93
麻栗坡县	-3.59	-22.56	-26.50	-15.90	2.73	0.00	-20.66
马关县	-9.74	-14.30	-16.26	-18.83	4.45	0.27	-21.80
金平县	-6.35	-13.81	-3.46	-12.58	0.00	0.00	-14.82
江城县	-8.46	-19.68	-24.31	-27.93	0.00	0.00	-17.44
整体 Total	-7.75	-27.28	-18.48	-27.88	1.44	0.01	-25.99

3.3 耕地利用生态效率驱动机制

3.3.1 模型检验

为规避变量内部自身存在高度相关性所造成的模型估计失真,对各驱动因子进行多重共线性检验。结果证明,各驱动因子变量相关系数均小于 0.5, VIF 值均小于 8,拒绝存在共线性的原假设。为保证估计结果准确性,在使用动态面板系统 GMM 模型中广义矩阵 GMM 模块的同时,增加混合回归 OLS 模块进行因子变量估计,使结果得以相互验证。结果(表 6)表明:模块 1 和模块 2 对驱动因子估计结果基本一致,结果较为准确。 $AR(1)=0.016<0.1$, $AR(2)=0.403>0.1$,表明模型存在显著的一阶自相关,不存在显著的二阶自相关,证明模型扰动项不存在自相关。其次, Sargan 检验 P 值大于 0.1,证明所有驱动因子为外生变量,通过过度识别检验。

3.3.2 驱动机制探索

耕地利用生态效率的滞后一期($ECLU_{i(t-1)}$)和滞后两期($ECLU_{i(t-2)}$)的估计系数均在 1%的置信水平上显著, P 值均在 0.01 之下,且回归系数为正值,表明滞后项对当期耕地利用生态效率具有正向作用,中越边境地区耕地利用生态效率变化呈现一定的连续性,具有明显的累积效应。

耕地利用生态效率的高低是多因素交互、多要素驱动的结果(图 5)。从耕地利用生态效率驱动的内外视角出发:自然适宜程度和社会外贸水平是外源驱动因素,耕地利用程度和农经发展状况为内源驱动因素。自然条件作为资源本底对耕地利用和产业发展起着重要的支撑作用,而在耕地经营过程中需探索贸易发展模式、耕地利用方式与资源开发适宜性的最佳匹配状态。耕地利用程度的提高能够降低农业生产的成本,促进农业结构的调整和升级;同时,农业经济的良好态势亦可推动边境对外贸易的持续发展。

(1) 自然适宜程度

耕地平均坡度对耕地利用生态效率具有正向作用,且通过了 5%显著水平检测;水土流失率在 1%的置信

表 6 动态面板系统 GMM 模型估计结果

Table 6 The estimation results of dynamic panel system GMM model

变量 Variable	模块 1: 广义矩 GMM Module 1: generalized method of moment		模块 2: 混合回归 OLS Module 2: mixed regression of OLS	
	估计系数 Coefficient	P	估计系数 Coefficient	P
lnNSL _{it}	ECLU _{i(t-1)}	0.496 0.000 ***	0.678 0.000 ***	
	ECLU _{i(t-2)}	0.357 0.004 ***	0.514 0.010 **	
	lnAS _{it}	0.058 0.018 **	0.036 0.074 **	
	lnAP _{it}	0.216 0.678	0.137 0.743	
lnSTL _{it}	lnSE _{it}	-0.064 0.008 ***	-0.045 0.012 ***	
	lnUL _{it}	0.088 0.001 ***	0.007 0.005 ***	
	lnIL _{it}	-0.074 0.000 ***	-0.041 0.002 ***	
	lnBT _{it}	0.061 0.016 **	0.016 0.051 **	
lnCLL _{it}	lnLS _{it}	-0.075 0.002 ***	-0.050 0.043 **	
	lnCP _{it}	0.067 0.004 **	0.038 0.009 **	
	lnII _{it}	0.047 0.032 *	0.025 0.075 *	
	lnRI _{it}	0.031 0.289 *	0.079 0.573	
lnAES _{it}	lnFA _{it}	0.076 0.004 ***	0.005 0.012 **	
	常数项 Constant	2.543 0.000 **	1.671 0.028 *	
AR(1) P 检验	0.016	—	—	—
AR(2) P 检验	0.403	—	—	—
Sargan P 检验	0.847	—	—	—

*、**和***分别表示在 10%、5%和 1%的置信水平上估计显著;*i* 表示被解释变量;*t* 表示时间;*AR* 为自相关检验; NSL: 自然适宜程度 Natural suitability level; STL: 社会外贸水平 Social trade level; CLL: 耕地利用程度 Cultivated land use level; AES: 农经发展状况 Agricultural economic situation; AS: 耕地平均坡度 Average slope of cultivated land; AP: 年平均降水量 Average precipitation; SE: 水土流失率 Soil erosion rate; UL: 城镇化水平 Urbanization level; IL: 工业化水平 Industrialization level; BT: 外贸依存度 Dependence of border trade; LS: 劳均耕地规模 Labor scale of cultivated land; CP: 耕地生产率 Cultivated land productivity; II: 灌溉指数 Irrigation index; RI: 农民人均纯收入 Rural income; FA: 财政支农水平 Financial support for agriculture

水平上呈现显著负相关,对耕地利用生态效率起着负向作用;年均降水量未通过显著性检验。中越边境地区整体平均坡度在 25°左右,所处地形宜耕宜种,耕作难度较小,劳动力和物力投入成本较低,有利于农作物的生长和发育,在一定程度上有利于提升耕地利用生态效率。但是,其地处石漠化地区,水土流失现象较为严重,易发生侵蚀和水淹,土壤肥力下降,不仅直接损失耕地资源,同时导致了环境恶化,增大生态风险,影响耕地生态系统的稳定性。

(2) 社会外贸水平

工业化水平呈现 1%的显著负相关,随着边境地区开发建设的纵深推进,边境工业建设加剧、农村劳动力转移,部分耕地资源撂荒、退耕,甚至出现建设占用耕地的非农现象,严重影响农田生态韧性。城镇化和外贸依存度对中越边境地区耕地利用生态效率呈现正向驱动,分别通过了 5%、1%的显著性检验。城镇化进程在一定程度上有助于转移农村过剩劳动力,有利于耕地集约规模化经营。结合边境地区发展实际,边贸发展可为边境

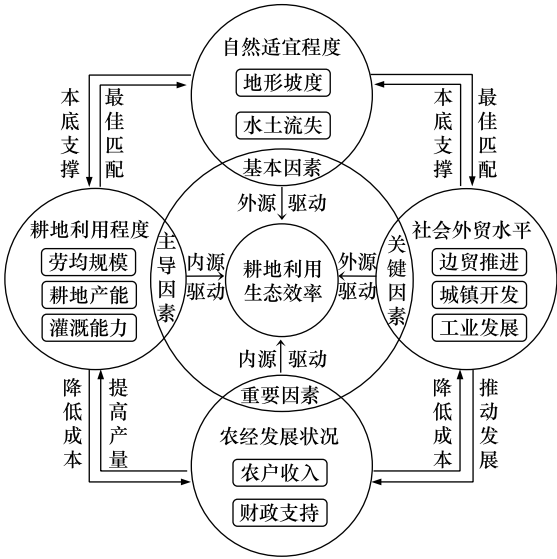


图 5 中越边境地区耕地利用生态效率驱动机制
Fig.5 The driving mechanism of cultivated land use eco-efficiency in China-Vietnam border area

带来更多的农产品贸易机会,促进地区长续发展,边民亦可通过参与边贸活动提高农业生产效益。同时,边贸水平的提高也促进资源要素的流动,如通过引进高技术、低污染的投入要素,进而防治和降低耕地污染。

(3) 耕地利用程度

劳均耕地规模呈现负向效应,具有一定抑制作用。在城镇化和工业化发展过程中,劳动力、土地、资金等生产要素从农村转移,尽管耕地播种面积增加,但随着人力减少所带来的管理经营方式粗放,大量的化肥农药将投入到耕地生产中,导致耕地碳排放增加、面源污染严重。尽管劳均规模起着抑制作用,但耕地产能和灌溉水平促进着边境耕地利用生态效率的提高。较高的耕地生产率和良好的水资源供给能力能够有效改善土壤质量、促进作物产量的增长、提高耕地的多功能性,更好地满足人们的生产和生活需求,从而减少人类活动对自然资源的侵扰,稳定农田生态系统。

(4) 农经发展状况

农民人均纯收入和财政支农水平对耕地利用生态效率均具有正向驱动效应,且财政支农水平估计系数为 0.076,表明在 1% 的置信水平上每变化 1% 时,耕地利用生态效率上升 0.076%。较高的农民人均纯收入可以提高技术投入,推动农业科技现代化,从而减少对农业资源的过度利用。随着边境地方政府施政理念的转变,原先仅专注于开发建设、忽视耕地生态的粗放利用模式已发生转变,更多财政资金用于改善耕作基础设施和农民生产生活条件,提高生产积极性,从而减少农户过度开垦、滥用耕地的行为。此外,相较于内陆地区农业补贴应用于现有耕地的管理和技术升级,边境地区耕地种植补贴的提高能够有效防止边民外溢,促进边民回流耕种,增加农业播种规模,提升边境安全指数。

4 讨论与结论

4.1 讨论

边境贸易程度与边民土地利用行为成为促进边境地区耕地生态发展的重要推动力。相较于中东部粮食主产区自然、经济对生态效率的深刻影响,边境地区地域的复杂性和政策的特殊性使其在开发建设、粮食生产与生态保护层面具有较大差异,诸如地缘政治交互、双边经济影响、边疆安全冲突、边民行为特征都将驱使边境地区耕地利用生态效率的走向。因此,作为西南地缘安全屏障和生态敏感保护区,中越边境地区亟需充分发挥对外贸易、对外政策等优势,引入高效农业科技,向“投入优-产出高-排放低”方向转型,提升农田生态环境指数。同时,完善耕地监测和评估机制,加强财政在支农和生态方面的补贴力度,形成政府+农户个体的“边境稳定-粮食生产-生态保护”安全多元协同机制。

深化西南边缘地区耕地利用生态效率探索,有利于补充和提升耕地利用生态效率地域研究的系统性。本文围绕“边境-粮食-生态”安全视域下,在系统考察边贸流通、边境政策的基础上提炼耕地利用生态效率变化的驱动机理,对于丰富土地科学研究、促进边境安全发展具有重要意义。随着耕地保护、生态治理、双碳目标以及地缘安全等前沿主题上升为国家重点发展战略,未来研究仍需科学量化耕地资源碳排放和碳吸收的双重效应,充分纳入微观驱动因子,辅以越南一侧耕地利用现状、边民主体认知意愿与土地利用行为作为对比研究,深入探索跨国边境地区耕地管理利用差异。基于生态利用-本底-效益的边境耕地经营模式与地缘安全发展的内在协调机理、耕地显隐性转型利用与农田生态系统的互馈机制是统筹优化边境国土安全稳定发展研究的重点和方向。

4.2 结论

本文基于“边境-粮食-生态”安全视角构建“投入-产出”指标体系测度中越边境地区耕地利用生态效率,并探究其演变特征与机制,得出主要结论如下:

(1) 中越边境地区耕地利用生态效率总体呈现“高投入-低产出”的现象,大部分地区未能实现投入-产出的相对有效。2000—2020 年,耕地利用生态效率表现“先升-后降-再升”的变化态势,空间上整体刻画出“北高-南低”分布格局。2015 年以后,随着边境政策重心的转变和农户耕保意识的提高,耕地利用生态效率由低

效率向高效率转化已成为趋势。

(2) 广西段和云南段的边境建设需求、农户行为特征以及边境政策倾斜的不同,促使时序与空间上的效率波动幅度增大。广西段与云南段的省际差异是造成中越边境地区耕地利用生态效率差异显著的主要原因,2005—2010年,云南段耕地利用生态效率优于广西段,在此期间广西口岸贸易力度加大所导致的建设污染导致生态质量降低。得益于各地区持续推进良田建设、生态治理,广西段与云南段的效率差距在逐渐缩小,耕地利用生态效率均衡性得以提升。

(3) 边境劳动力低效、化肥使用过量以及耕地碳排放是导致中越边境地区耕地利用生态效率损失的内在原因。化肥投入和碳排放非期望产出松弛率以宁明县和龙州县突出,两地过量使用农业化肥,降低农田生态系统稳定性;富宁县和大新县存在劳动效益偏低、耕地经营水平不高等问题。边境地区资源利用粗放、耕地生态下降问题值得深度关注。

(4) 边境对外贸易、城镇开发建设、工业化水平成为中越边境地区耕地利用生态效率的关键驱动力。耕地利用生态效率滞后项、边境贸易发展、城镇化水平、地形坡度、耕地利用程度、农业经济状况均正向驱动耕地利用生态效率变动;而水土流失、工业化推进和平均耕地规模呈现负向效应。各因子交互协同形成合力,共同驱动和影响耕地利用生态效率的变化趋势和方向。

参考文献 (References):

- [1] 叶思菁, 宋长青, 高培超, 程锋, 任书义, 杜彬. 地理空间视角下耕地资源新认知体系构建. 农业工程学报, 2023, 39(9): 225-240.
- [2] Liang X Y, Jin X B, Xu X X, Zhou Y K. A stage of cultivated land use towards sustainable intensification in China: description and identification on anti-intensification. *Habitat International*, 2022, 125: 102594.
- [3] 刘晶, 金晓斌, 徐伟义, 周寅康. 耕地细碎化对可持续集约利用的影响机理与治理框架. 地理学报, 2022, 77(11): 2703-2720.
- [4] Li H, Zhang X L, Zhang X, Wu Y Z. Utilization benefit of cultivated land and land institution reforms: economy, society and ecology. *Habitat International*, 2018, 77: 64-70.
- [5] Wang J Y, Su D, Wu Q, Li G Y, Cao Y. Study on eco-efficiency of cultivated land utilization based on the improvement of ecosystem services and emergy analysis. *Science of The Total Environment*, 2023, 882: 163489.
- [6] Chen Q, Zheng L, Wang Y, Wu D, Li J F. A comparative study on urban land use eco-efficiency of Yangtze and Yellow rivers in China: From the perspective of spatiotemporal heterogeneity, spatial transition and driving factors. *Ecological Indicators*, 2023, 151: 110331.
- [7] 石飞, 杨庆媛, 王成, 江媚娟, 胡蓉. 基于耕地能值-生态足迹的耕地休耕规模研究——以贵州省松桃县为例. 生态学报, 2021, 41(14): 5747-5763.
- [8] 盖兆雪, 孙萍, 张景奇. 环境约束下的粮食主产区耕地利用效率时空演变特征. 经济地理, 2017, 37(12): 163-171.
- [9] Duro J A, Lauk C, Kastner T, Erb K H, Haberl H. Global inequalities in food consumption, cropland demand and land-use efficiency: a decomposition analysis. *Global Environmental Change*, 2020, 64: 102124.
- [10] 范泽孟, 李赛博. 1990年来中国城镇建设用地占用耕地的效率和驱动机理时空分析. 生态学报, 2021, 41(1): 374-387.
- [11] Ferreira M D P, Féres J G. Farm size and Land use efficiency in the Brazilian Amazon. *Land Use Policy*, 2020, 99: 104901.
- [12] Barúth L, Fertő I. Heterogeneous technology, scale of land use and technical efficiency: The case of Hungarian crop farms. *Land Use Policy*, 2015, 42: 141-150.
- [13] 刘蒙罢, 张安录, 文高辉. 长江中下游粮食主产区耕地利用生态效率时空格局与演变趋势. 中国土地科学, 2021, 35(2): 50-60.
- [14] Kühling I, Broll G, Trautz D. Spatio-temporal analysis of agricultural land-use intensity across the Western Siberian grain belt. *Science of the Total Environment*, 2016, 544(15): 271-280.
- [15] Song G, Ren G F. Spatial response of cultivated land use efficiency to the maize structural adjustment policy in the "Sickle Bend" region of China: an empirical study from the cold area of northeast. *Land Use Policy*, 2022, 123: 106421.
- [16] 刘蒙罢, 张安录, 文高辉. 长江中下游粮食主产区耕地利用生态效率区域差异与空间收敛. 自然资源学报, 2022, 37(2): 477-493.
- [17] 卢新海, 匡兵, 李菁. 碳排放约束下耕地利用效率的区域差异及其影响因素. 自然资源学报, 2018, 33(4): 657-668.
- [18] 文高辉, 刘蒙罢, 胡贤辉, 赵京. 洞庭湖平原耕地利用生态效率空间相关性与空间效应. 地理科学, 2022, 42(6): 1102-1112.
- [19] Cao W, Zhou W, Wu T, Wang X C, Xu J H. Spatial-temporal characteristics of cultivated land use eco-efficiency under carbon constraints and its relationship with landscape pattern dynamics. *Ecological Indicators*, 2022, 141: 109140.
- [20] 匡兵, 范翔宇, 卢新海. 中国耕地利用绿色转型效率的时空分异特征及其影响因素. 农业工程学报, 2021, 37(21): 269-277.

- [21] 邹秀清, 谢美辉, 于少康, 李致远. 农村劳动力转移对耕地利用生态效率的空间溢出效应. 中国土地科学, 2023, 37(1): 59-69.
- [22] 虞加林, 胡银根, 李祥, 张豪. “双安全”视阈下我国耕地变化驱动力研究进展与可视化分析. 世界地理研究, 2023, 32(8): 112-125.
- [23] 韩思雨, 张路, 陈亚杰. 粮食安全与生态安全双约束下江苏省耕地休耕规模探讨. 农业工程学报, 2021, 37(23): 247-255.
- [24] 韦绍音, 陆汝成, 林晓楠, 庞晓菲, 秦秋燕. 广西陆地边境带国土空间格局演化及机理研究. 中国土地科学, 2021, 35(12): 98-108.
- [25] 林树高, 诸培新, 陆汝成, 毕佳港. 贸易-经济-人口系统对边境地区国土空间格局演变区域差异的影响——以中越边境带为例. 自然资源学报, 2023, 38(6): 1550-1569.
- [26] Ding Z M, Yao S B. Theory and valuation of cross-regional ecological compensation for cultivated land: a case study of Shanxi Province, China. Ecological Indicators, 2022, 136: 108609.
- [27] Li Z Q, Ye W J, Jiang H Y, Song H Q, Zheng C W. Impact of the eco-efficiency of food production on the water-land-food system coordination in China: a discussion of the moderation effect of environmental regulation. Science of The Total Environment, 2022, 857: 159641.
- [28] Li W J, Kang J W, Wang Y. Spatiotemporal changes and driving forces of ecological security in the Chengdu-Chongqing urban agglomeration, China: Quantification using health-services-risk framework. Journal of Cleaner Production, 2023, 389: 136135.
- [29] Yang B, Wang Z Q, Zou L, Zou L L, Zhang H W. Exploring the eco-efficiency of cultivated land utilization and its influencing factors in China's Yangtze River Economic Belt, 2001-2018. Journal of Environmental Management, 2021, 294: 112939.
- [30] Liu S C, Ma L B, Yao Y, Cui X J. Man-land relationship based on the spatial coupling of population and residential land——A case study of Yuzhong County in Longzhong Loess Hilly Region, China. Land Use Policy, 2022, 116: 106059.
- [31] 刘彦随. 现代人地关系与人地系统科学. 地理科学, 2020, 40(8): 1221-1234.
- [32] 杨玉珍, 闫佳笑, 杨洋, 杨阳. 黄河流域旅游生态效率时空演变及空间溢出效应——基于 73 个城市数据的分析. 生态学报, 2022, 42(20): 8202-8212.
- [33] 张忠启, 沈正平. 江苏省耕地压力时空特征及变化趋势. 资源科学, 2023, 45(3): 512-523.
- [34] 李博, 王晨圣, 余建辉, 韩玉凯. 市场激励型环境规制工具对中国资源型城市高质量发展的影响. 自然资源学报, 2023, 38(1): 205-219.
- [35] 仇荣山, 韩立民, 徐杰, 殷伟. 环境规制对中国海水养殖业绿色转型的影响——基于动态面板模型的实证检验. 资源科学, 2022, 44(8): 1615-1629.
- [36] Hou X H, Liu J M, Zhang D J, Zhao M J, Xia C Y. Impact of urbanization on the eco-efficiency of cultivated land utilization: a case study on the Yangtze River Economic Belt, China. Journal of Cleaner Production, 2019, 238: 117916.