

DOI: 10.20103/j.stxb.202404020711

王亚楠, 苏明明, 董航宇, 宝林佳, 徐峰, 张永波, 王梦晗, 张梦真, 陶雨然. 重要农业文化遗产认定对区域耕地景观变化的影响——以敖汉旱作农业系统为例. 生态学报, 2024, 44(23): 10595-10606.

Wang Y N, Su M M, Dong H Y, Bao L J, Xu F, Zhang Y B, Wang M H, Zhang M Z, Tao Y R. The impact of important agricultural cultural heritage identification on regional farmland landscape changes: a case study of Aohan dry farming system. Acta Ecologica Sinica, 2024, 44(23): 10595-10606.

重要农业文化遗产认定对区域耕地景观变化的影响 ——以敖汉旱作农业系统为例

王亚楠¹, 苏明明^{1,*}, 董航宇¹, 宝林佳², 徐峰³, 张永波⁴, 王梦晗¹, 张梦真¹, 陶雨然¹

1 中国人民大学生态环境学院, 北京 100872

2 内蒙古自治区赤峰市敖汉旗人民政府, 赤峰 024300

3 内蒙古自治区赤峰市敖汉旗农业遗产保护中心, 赤峰 024300

4 内蒙古自治区赤峰市敖汉旗兴隆洼镇人民政府, 赤峰 024323

摘要: 景观是重要农业文化遗产认定的五项核心要素之一, 明晰重要农业文化遗产认定对区域耕地景观变化的影响是遗产地景观保护利用的重要基础。采用地学信息图谱、景观转移矩阵、景观格局指数、单位面积当量因子法, 对比分析了认定前后耕地景观演变特征及其带来的生态系统服务价值变化。然后利用多元 Logistic 回归模型探究重要农业文化遗产认定对耕地景观变化的影响。研究结论如下: (1) 2000—2020 年敖汉旗耕地面积先减后增, 认定前耕地面积净减少 334.24 km², 农业文化遗产保护示范区净减少 105.87 km² (31.67%); 认定后面积净增加 29.47 km², 其中 57.34% (15.81 km²) 源于农业文化遗产保护与发展示范区。(2) 重要农业文化遗产认定导致耕地景观形状趋于规则, 连通性、均匀度增强, 提升了区域生态系统服务功能。(3) 重要农业文化遗产认定是影响敖汉耕地景观变化的重要因素, 农业文化遗产保护与发展示范区耕地景观变化比率低, 耕地保护强度高。此外, 耕地景观变化还受自然地理因素、区位因素和社会经济因素共同影响。该研究揭示了重要农业文化遗产认定对耕地景观变化的影响, 可为农业文化遗产监测和评估提供新思路。

关键词: 农业文化遗产; 耕地景观; 多元 Logistic 回归模型; 敖汉旱作农业系统

The impact of important agricultural cultural heritage identification on regional farmland landscape changes: a case study of Aohan dry farming system

WANG Yanan¹, SU Mingming^{1,*}, DONG Hangyu¹, BAO Linjia², XU Feng³, ZHANG Yongbo⁴, WANG Menghan¹, ZHANG Mengzhen¹, TAO Yuran¹

1 School of Ecology & Environment, Renmin University of China, Beijing 100872, China

2 Government of Aohan County, Chifeng, Inner Mongolia Autonomous Region, Chifeng 024300, China

3 Agricultural Heritage Protection Center of Aohan County, Chifeng, Inner Mongolia Autonomous Region, Chifeng 024300, China

4 Government of Xinglongwa Township, Aohan County, Chifeng, Inner Mongolia Autonomous Region, Chifeng 024323, China

Abstract: Landscape is one of the five core elements in the recognition of important agricultural cultural heritage. Clarifying the impact of important agricultural cultural heritage recognition on regional farmland landscape changes is an important foundation for the protection and utilization of heritage site landscapes. This paper used geospatial information graph, landscape transfer matrix, landscape pattern index, and unit area equivalent factor method to compare and analyze the evolution characteristics of farmland landscape before and after recognition, as well as the changes in ecosystem service

基金项目: 国家自然科学基金面上项目 (42171232); 中央高校基本科研业务费专项资金项目 (22XNQ118)

收稿日期: 2024-04-02; **网络出版日期:** 2024-07-25

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: smm52@hotmail.com

value brought about by it. Then, a multiple logistic regression model was used to explore the impact of important agricultural cultural heritage recognition on changes in farmland landscape. The main research conclusions were as follows: (1) from 2000 to 2020, the cultivated land area in Aohan Banner decreased first and then increased, with a net decrease of 334.24 km² before recognition, and a net decrease of 105.87 km² (31.67%) in the agricultural cultural heritage protection and development demonstration zone. After recognition, the net area increased by 29.47 km², of which 57.34% (15.81 km²) were from the agricultural cultural heritage protection demonstration zone. (2) The recognition of important agricultural cultural heritage has led to a more regular shape of cultivated land landscape, enhanced connectivity and uniformity, and improved regional ecosystem service functions. (3) The recognition of important agricultural cultural heritage was an important factor affecting the landscape changes of farmland in Aohan. The ratio of landscape changes in farmland in the agricultural cultural heritage protection and development demonstration zone was low, and the intensity of farmland protection was high. In addition, the landscape changes of cultivated land were also influenced by natural geographical factors, location factors, and socio-economic factors. This study has revealed the impact of important agricultural cultural heritage recognition on changes in farmland landscape, which can provide new ideas for monitoring and evaluating agricultural cultural heritage.

Key Words: agricultural cultural heritage; cultivated land landscape; multiple logistic regression model; Aohan dryland agricultural system

农业文化遗产是指在人类与其所处环境协同发展中创造并传承至今仍发挥独特作用的农业生产系统,具有活态性、适应性和濒危性的特征^[1]。联合国粮食及农业组织和我国农业农村部分别自 2002 年、2012 年开启重要农业文化遗产认定项目,景观是重要农业文化遗产认定的五项核心要素之一^[2]。《国家乡村振兴战略规划(2018—2022 年)》指出:中华文明根植于农耕文化,乡村和农业景观是中华文明和农耕文化的基本载体和核心基地。景观要素成为遗产地实现高质量发展和提升居民福祉的重要物质空间。在政策和现实背景双重驱动下,研究重要农业文化遗产认定对区域景观变化的影响对于农业文化遗产保护和发展具有重要的现实意义。

农业文化遗产景观是指农业文化遗产衍生的并独具区域特色的生态文化景观^[3-4],农业文化遗产景观突出强调区域景观要素的复合性和关联性。例如,哈尼梯田系统中的“江河—梯田—村寨—森林”复合景观^[5];德清淡水珍珠养殖系统中的“粮桑鱼畜”景观结构^[6]。中国农业文化遗产景观可划分为湿地景观、农田景观、森林景观、草地景观和复合景观 5 类^[3]。作为农业文化遗产核心管理政策,我国于 2012 年开始实施重要农业文化遗产认定政策。随后,与之配套的《中国重要农业文化遗产申报书编写导则》、《农业文化遗产保护与发展规划编写导则》、《重要农业文化遗产管理办法》等文件相继出台^[7]。上述政策文件共同调控着遗产地政府和农户的农地利用行为,从而深刻影响着农业文化遗产景观数量和质量特征^[8-9]。既有研究以贵州从江桐乡稻鱼鸭系统、浙江德清淡水珍珠传统养殖与利用系统、云南哈尼稻作梯田系统为例,分析了重要农业文化遗产认定对区域土地覆被变化的影响^[6,8,10];Francesco Piras 等^[11]对比分析了 2008—2019 年浙江庆元林—菇共育系统和日本大分国东半岛林-农-渔复合系统土地利用变化过程。然而,现有研究仍存在以下两点不足:第一,现有文献仅关注重要农业文化遗产认定对区域宏观土地覆被变化的影响且多是侧重面积等数量变化,忽略了连通性、破碎度等景观质量特征;第二,既有研究忽略了遗产地景观变化后的生态效应。因此,回应上述科学问题对于农业文化遗产景观保护和利用具有重要的实践意义。

敖汉旱作农业系统自 2012 年被联合国粮农组织认定为全球重要农业文化遗产暨世界旱作农业起源地以来,旗委旗政府围绕“全球环境 500 佳”、“全球重要农业文化遗产”两个世界级品牌着力推进以小米、玉米为代表旱作农业发展,加快建设有机杂粮示范基地、优质杂粮基地和设施农业基地。在旗委旗政府高位推动下,旱作农业发展迅速。2012—2020 年,敖汉旗第一产业产值由 31.40 亿元增加至 51.25 亿元,与此同时,耕地作

为敖汉旱作农业系统最重要的景观类型,数量和质量变化剧烈。

据此,本文以敖汉旱作农业系统为研究区,选取重要农业文化遗产认定前(2000—2012 年)和认定后(2012—2020 年)两个研究阶段,通过地学信息图谱、景观格局指数对比分析重要农业文化遗产认定前后耕地景观变化特征;评估认定前后耕地景观生态系统服务价值变化以表征其生态效应;借助多元 Logistic 回归模型分析重要农业文化遗产认定对区域耕地景观变化的影响,旨在为遗产地农业景观开发利用和相关政策制定提供科学参考。

1 研究区概况、研究方法与数据来源

1.1 研究区概况

敖汉旗位于内蒙古赤峰市,地理范围处于 $41^{\circ}42'—43^{\circ}02'N$ 、 $119^{\circ}30'—120^{\circ}53'E$ 之间,全旗国土面积 8300km^2 ,下辖 16 个乡镇苏木(图 1)。因兴隆洼遗址、欧亚大陆旱作农业发源地和独特的旱作农耕方式于 2012 年被联合国粮农组织认定为全球重要农业文化遗产系统,遗产地范围为敖汉旗全境。敖汉旗地处农、林、牧耦合地带,地势南高北低,南部为山地、丘陵(图 1),广泛分布着以粟和黍为代表的杂粮作物。同时,谷子与豆类、高粱、玉米等间作套种或换茬种植,形成了敖汉旱作农业系统独特的农田景观(图 1)。

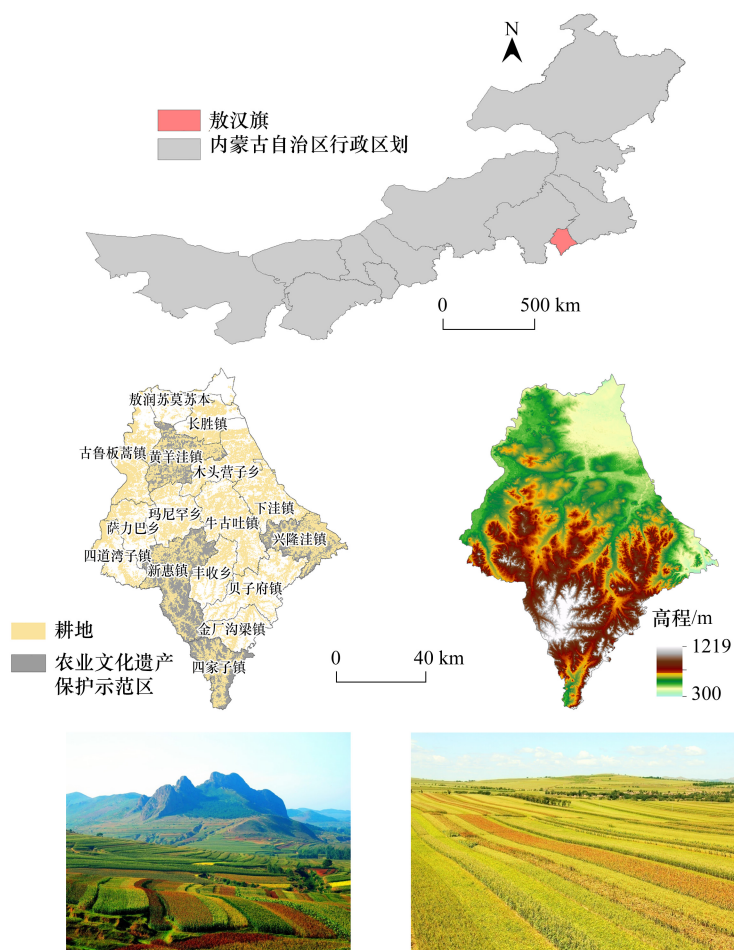


图 1 敖汉旗地理位置、耕地分布、数字高程及旱作农田景观概况

Fig.1 Overview of the geographical location, distribution of cultivated land, digital elevation, and landscape of dryland farmland in Aohan Banner

2020 年全旗现有耕地 4032.04km^2 , 全年农作物播种面积 2670km^2 , 粮食总产量 100.1 万 t; 同年农村居民

人均可支配收入为 12513 元,远低于同期全国农村居民人均可支配收入(17131 元)。2020 年敖汉旗第一产业产值为 51.25 亿元,第一、二、三产业比值为 34.97:18.68:46.35,第一产业产值高于同期全国平均水平 27.27 个百分点,第一产业在敖汉旗经济发展中处于较高地位。自 2012 年来,旗委旗政府深入挖掘品牌优势,着力打造小米、肉牛、设施农业三大主导产业;加快建设有机杂粮示范基地、优质杂粮基地和设施农业基地。旱作农业发展和设施农用地建设对耕地景观产生了深刻影响。因此,本文选取敖汉旱作农业系统为研究对象,具有鲜明的典型性和代表性。

选取 2000—2020 年为研究期,将研究期划分为认定前(2000—2012 年, T1)和认定后(2012—2020 年, T2)两个阶段。参考《“敖汉旱作农业系统”保护与发展规划(2013—2020 年)》将兴隆洼镇、新惠镇、四家子镇和黄羊洼镇列为农业文化遗产保护与发展示范区。

1.2 研究方法

1.2.1 地学信息图谱

采用地学信息图谱分析重要农业文化遗产认定前后耕地景观变化情况^[12],其计算公式为

$$C = 10A + B \quad (1)$$

其中, C 为新生成的图谱编码, A 、 B 分别为基期和末期的景观类型编码,例如 $C = 12$,表示研究期间由耕地转为林地图谱编码。

1.2.2 景观转移矩阵

采用景观转移矩阵分析各景观类型的转入和转出规律,其矩阵表达形式为^[13]:

$$S_{ij} = \begin{bmatrix} S_{11} & \cdots & S_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ S_{n1} & \cdots & S_{nn} \end{bmatrix} \quad (2)$$

其中, n 为研究区景观类型的总数, i 和 j 分别为转移前后的景观类型, S_{ij} 代表景观类型 i 转为 j 的面积。

1.2.3 景观格局指数

景观格局指数可反映区域景观结构和组成的特征,多样性、聚集度、异质性和连通性是景观特征分析中的 4 个主要方面^[14]。因此,本文在景观水平层面上选取斑块密度(PD)、聚集度指数(AI)、景观形状指数(LSI)和周长—面积分维数(PAFRAC)分析重要农业文化遗产认定前后耕地景观质量变化情况。景观格局指数采用 Fragstats4.2 计算,其具体含义和计算公式详见参考文献^[15]。

1.2.4 生态系统服务价值变化

参考罗光杰等^[16]研究,本文采用认定前后耕地景观转入、转出为其他土地利用类型的生态系统服务价值(Ecosystem Service Value, ESV)变化以表征生态效应。一个标准单位的 ESV 当量因子是指研究区 1hm² 农田年均粮食产量的经济价值^[17]。粮食产量经济价值选取稻谷、小麦和玉米测算,本文以 2020 年内蒙古自治区物价水平为基准,测算得到一个标准当量的价值量为 1525.5 元/hm²。与乐荣武等^[18]和李佳鸣等^[19]计算的内蒙古自治区生态系统服务价值当量因子结果均较为接近。基于谢高地等^[17]的单位面积生态系统服务价值当量表,可获取敖汉旗各类型用地生态系统服务价值系数(表 1)。根据研究区认定前和认定后耕地景观转入、转出为其他用地类型面积,计算得到耕地景观演变带来的 ESV 变化。

1.2.5 影响因素分析

采用多元 Logistic 回归模型分析重要农业文化遗产认定对区域耕地景观变化的影响^[20],计算公式如下:

$$\ln\left(\frac{p(y)}{1-p(y)}\right) = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_n X_n + \mu_i \quad (4)$$

式中, $p(y)$ 为耕地景观变化的概率,其值范围为 0—1, $1-p(y)$ 为耕地景观未发生变化的概率, $X_1, X_2, \dots, X_n$ 表示各项驱动因素, β_0 和 μ_i 分别代表常数项和误差项。

表 1 敖汉旗各类型用地生态系统服务价值系数/(元 hm⁻²a⁻¹)

Table 1 Ecosystem services value unit area of Aohan Banner

一级分类 First category	二级分类 Second category	耕地 Cropland	林地 Forest	草地 Grassland	水域 Water	荒地 Barren land
供给服务 Provision of services	食物生产	1296.68	472.91	152.55	1220.4	15.26
	原料生产	610.20	1083.11	213.57	350.87	45.77
	水资源供给	30.51	564.44	122.04	12646.40	30.51
调节服务 Regulation service	气体调节	1022.09	3584.93	778.01	1174.64	167.81
	气候调节	549.18	10724.27	2044.17	3493.40	152.55
	净化环境	152.55	3035.75	671.22	8466.53	472.91
	水文调节	411.89	5354.51	1494.99	155967.12	320.36
支持服务 Support service	土壤保持	1571.27	4362.93	945.81	1418.72	198.32
	维持养分循环	183.06	335.61	76.28	106.79	15.26
	生物多样性	198.32	3966.30	854.28	3890.03	183.06
文化服务 Cultural service	美学景观	91.53	1739.07	381.38	2883.20	76.28
单位面积总价值 Total value per unit area		6117.26	35223.80	7734.29	1916.18	1678.05

将因变量 y 分为 2 类,即耕地景观发生变化和耕地景观未发生变化。参考已有研究^[21-23],从自然地理因素、区位因素、社会经济因素和政策因素 4 方面考察耕地景观变化的影响因素(表 2)。区域耕地景观受到自然地理因素、区位因素、社会经济因素和管理政策因素的共同作用。自然地理因素决定着区域光温水土条件,直接影响着耕地景观在水平和垂直方向上初始分布状态^[24-25];距最近公路距离、距城镇中心距离等区位因素反映着人类开发活动强弱变化。人类开发活动越强,耕地景观变化愈剧烈;反之,耕地景观越稳定;产业结构状况、人口规模、经济发展水平等社会经济因素表明社会经济系统对耕地景观的压力,其变化必然会带来耕地景观的演变。重要农业文化遗产认定政策通过强制命令、计划、激励等手段调节社会主体耕地利用行为,从而影响着耕地景观变化。

表 2 各变量含义及描述

Table 2 Meaning and Description of Each Variable

类别 Category	指标 Indexes	变量类型 Variable type	参考文献 References
因变量 Dependent variable	耕地保持不变(编码=0)	二分类	
	耕地发生变化(编码=1)		
自然地理因素 Natural geographical factors	坡度/(°)	连续性	[27]
	高程/m	连续性	[27]
	距最近河流距离/km	连续性	[22,28]
区位因素 Location factors	距最近铁路距离/km	连续性	[22,28]
	距最近公路距离/km	连续性	[22,28]
	距最近乡镇中心距离/km	连续性	[22,28]
社会经济因素 Socio-economic factors	距旗中心距离/km	连续性	[22,28]
	人口规模变化/(人/km ²)	连续性	[29]
	地均 GDP 变化/(万元/km ²)	连续性	[30]
政策因素 Policy factor	农业文化遗产保护与发展示范区(编码=1)	二分类	[8,31]
	非农业文化遗产保护示范区(编码=0)	二分类	

自然地理因素选取坡度、高程和距最近河流距离 3 项因子,坡度越陡,高程过高、距河流较远的区域易发生退耕还林还草,导致耕地景观变化。

区位因素选取距最近铁路距离、距最近公路距离、距最近镇中心距离和距旗中心距离 4 项因子。交通区位条件和社会经济活动可达性是建设用地扩张占用耕地的重要因素。

社会经济因素选取人口规模变化和地均 GDP 变化 2 项因子,经济活动密集、人口规模大会新增住房、公共设施建设需求,从而加大对未利用地开发力度,导致耕地景观变化^[22]。

参考刘荣萍等^[26]的研究,本文将各乡镇是否位于农业文化遗产保护与发展示范区作为衡量认定政策强度的指标。一般认为,位于农业文化遗产保护与发展示范区耕地保护力度较强,该区域耕地景观不易发生变化。各变量含义及描述详见表 1。为避免自变量和因变量数据的空间自相关性,本文在 ArcGIS10.6 上采用 create random point 工具生成 6400 个随机点,并通过 Extract value to point 工具实现因变量和自变量空间赋值。最后通过 SPSS24.0 采用逐步 Logistic 回归分析重要农业文化遗产认定对耕地景观变化的驱动因素。

1.3 数据来源

所使用的土地覆被数据来源于中国 1990—2020 年长时间序列土地利用数据集 (China Land Cover Dataset, CLCD),空间分辨率为 30 m。其将土地利用类型划分为耕地、林地、草地、水域、荒地和不透水面 6 种,分类精度高达 79.31%^[32],满足研究精度要求。DEM 数据来自地理空间数据云平台 (<https://www.gscloud.cn/>);GDP、人口空间分布公里网格数据集和行政区划数据来源于中科院资源环境数据中心 (<https://www.resdc.cn/>);城镇中心、河流、铁路、公路矢量数据来自国家基础地理信息中心数据库 (<https://www.ngcc.cn/ngcc/>);社会经济数据来源于《中国农产品价格调查年鉴》以及《赤峰统计年鉴》

2 结果与分析

2.1 耕地景观数量及转换变化

2000—2020 年,耕地、草地、水域和荒地面积减少,林地和不透水面面积增加。其中耕地面积减少最多,减少量为 306.67km²,面积比例从 52.66%减少至 48.94%;林地面积增加最多,增加量为 365.48km²,面积比例从 2.24%增加至 6.68%。草地、水域和荒地面积比例分别由 40.95%、0.39%、2.04%减少至 40.75%、0.12%、0.63%;不透水面面积比例由 1.69%增加至 2.75%(表 3)。

表 3 2000—2020 年敖汉旗景观结构变化
Table 3 Changes in Landscape Structure of Aohan Banner from 2000 to 2020

年份 Year	类型 Category	耕地 Cropland	林地 Forest	草地 Grassland	水域 Water	荒地 Barren land	不透水面 Impermeable surface
2000	面积/km ²	4338.71	184.91	3373.8	32.48	168.57	139.87
	占比/%	52.66	2.24	40.95	0.39	2.04	1.69
2012	面积/km ²	4002.57	375.48	3592.19	10.01	62.34	193.81
	占比/%	48.6	4.55	43.6	0.12	0.75	2.35
2020	面积/km ²	4032.04	550.39	3357.83	10.69	52.65	227.06
	占比/%	48.94	6.68	40.75	0.12	0.63	2.75

耕地在敖汉旱作农业系统中为绝对优势景观,2000—2020 年其面积先减后增,面积比例始终超过 48%;空间分布格局基本未变,广泛分布于各乡镇;敖汉旗耕地集中程度北部超过南部区域(图 2),这是由于萨力巴乡、玛尼罕乡一线以南为山地、丘陵地形,坡度较高。

重要农业文化遗产认定前(2000—2012 年),敖汉旱作农业系统耕地以-0.64%的年均变化率减少了 334.24km²,其转出和转入面积分别为 883.12 km²和 548.88km²。转为草地的面积为 839.24km²,占比最高(95.03%),这与该时期内蒙古大力实施的退耕还草政策相关。此外,519.02 km²草地和 22.31 km²水域转入为耕地,其他地类转入为耕地的比例仅占了 1.36%(表 4)。

重要农业文化遗产认定后(2012—2020 年),敖汉旱作农业系统耕地面积由 4002.57 km²增加至 4032.04 km²,净增加面积为 29.47 km²。重要农业文化遗产认定后,旗委旗政府持续加大旱作农业发展力度,先后编制了《敖汉小米品牌战略发展规划》《敖汉旗谷子产业发展规划(2018—2027 年)》,制定敖汉小米地方标准《敖汉小米国家地理标志保护产品管理规范》和《内蒙古绿色谷子全程机械化生产技术规程》^[33]。上述文件为敖

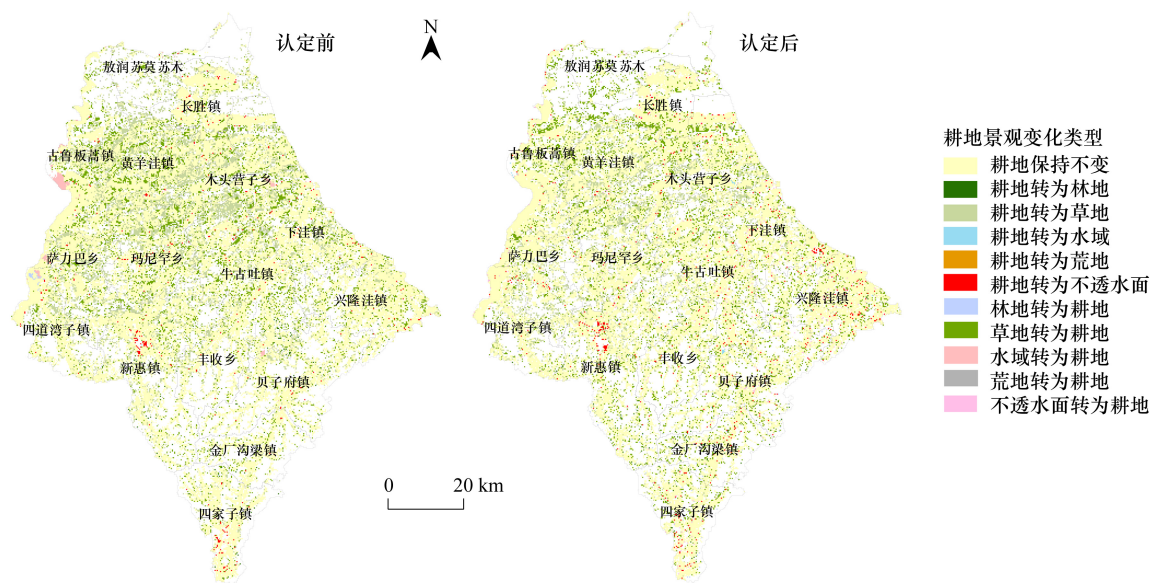


图 2 2000—2020 年敖汉旗耕地景观空间分布
Fig.2 Spatial distribution of farmland landscape in Aohan Banner from 2000 to 2020

汉小米产业发展保驾护航,加快了小米产业发展速度。据统计,2012—2020 年敖汉旗谷物播种面积由 1472.21km²增长至 1629.69km²,同期谷物产量由 62.23 万 t 增长至 96.61 万 t,谷物播种面积和产量增长态势明显。耕地景观作为敖汉旱作农业发展的承载客体,重要农业文化遗产认定后,旱作农业高速发展势必会加大耕地开垦力度和旱作高标准农田整治,从而导致耕地景观面积增加。

表 4 2000—2020 年敖汉旗耕地景观转换情况
Table 4 Landscape Transformation of Cultivated Land in Aohan Banner from 2000 to 2020

转换类型 Category	T1		T2	
	转换面积/km ²	比例/%	转换面积/km ²	比例/%
	Area	Proportion	Area	Proportion
耕地→林地 Cropland→Forest	13.6	1.56	14.87	2.71
耕地→草地 Cropland→Grassland	839.24	95.03	479.18	87.07
耕地→水域 Cropland→Water	0.22	0.02	1.97	0.36
耕地→荒地 Cropland→Barren land	0.14	0.01	0.16	0.03
耕地→不透水面 Cropland→Impermeable surface	29.93	3.38	54.11	9.83
林地→耕地 Forest→Cropland	2.84	0.51	10.08	1.73
草地→耕地 Grassland→Cropland	519.02	94.58	529.19	91.28
水域→耕地 Water→Cropland	22.31	4.06	1.19	0.2
荒地→耕地 Barren land→Cropland	4.64	0.84	1.65	0.28
不透水面→耕地 Impermeable surface→Cropland	0.08	0.01	37.64	6.51
转出 Transfer out	883.12	61.67	550.28	48.69
转入 Transfer in	548.88	38.33	579.75	51.31

2000—2012 年农业文化遗产保护与发展示范区净减少耕地面积为 105.87km²,占比为 31.67%;2012—2020 年在净增加耕地中 57.34%(15.81km²)源于农业文化遗产保护与发展示范区。究其原因,《“敖汉旱作农业系统”保护与发展规划(2013—2020 年)》将兴隆洼镇、新惠镇、四家子镇和黄羊洼镇明确为农业文化遗产保护与发展示范区,该区域以综合保护基本农田、农业种质资源、农田景观为主要目标,区内禁止任何目的的农用地占用活动。其他乡镇净增加耕地面积为 13.66km²,占比为 42.66%。总得来说,《“敖汉旱作农业系统”保护与发展规划(2013—2020 年)》约束了农业文化遗产保护与发展示范区内各利益主体行为,从而导致该区

与一般区域耕地数量变化差异。

T2 时期耕地各种类型转换面积较认定前有所减少,转换变化总面积为 1130.03 km²,比认定前减少了 301.98 km²。其中 T2 时期耕地转出比例为 48.69%,比 T1 时期减少了 12.98%。T2 时期耕地的主要转出去向为草地(479.17 km²,87.07%)和不透水面(54.11 km²,9.83%)。其中,耕地转出为草地比认定前减少了 360.06 km²。草地、不透水面转入为耕地的面积分别为 529.19 km²和 37.64 km²,其余地类转入为耕地的比例仅为 2.21%(表 4)。

2.2 景观格局指数变化

PD 反映耕地斑块密度,其值越高表示单位面积内斑块数量越多。2000—2020 年 PD 持续减小,由 2000 年的 3.931 减小至 2020 年的 2.431。同时 PAFRAC 反映耕地景观破碎程度,其值越大说明破碎度越高。2000—2020 年耕地景观 PAFRAC 由 2000 年的 1.412 减小至 2020 年的 1.349(表 5)。说明 2000—2020 年敖汉旗耕地景观破碎度减弱、连通性增强,小斑块逐渐聚集成较大的斑块。

表 5 重要农业文化遗产认定前后敖汉旗景观格局指数

Table 5 Landscape pattern index of Aohan Banner before and after the recognition of important agricultural cultural heritage

景观格局指数 Landscape index	2000	2012	2020	平均变化幅度 Average change amplitude	
				T1	T2
PD	3.931	3.005	2.431	0.077	0.072
AI	90.695	91.123	91.906	0.036	0.098
LSI	205.163	188.129	172.206	-1.42	-1.99
PAFRAC	1.412	1.383	1.349	-0.002	-0.004

LSI 反映景观形状规则程度,其值越高表示景观复杂程度越高。2000—2020 年耕地景观 LSI 不断减小。具体而言,LSI 由 2000 年的 205.163 降低至 2020 年的 172.206(表 5),说明研究期内敖汉耕地景观规则化增强,复杂程度减弱。

AI 反映耕地景观连通程度,其值越大,表明景观聚集程度越高。研究期内耕地景观 AI 不断增加,由 2000 年的 90.695 增加至 2020 年的 91.906(表 5),表明 2000—2020 年耕地景观连片度集中度在提升。

除 PD 外,重要农业文化遗产认定后,AI 增加幅度,LSI 和 PAFRAC 减小幅度的均高于认定前。认定后 AI 平均增长幅度为 0.098;LSI、PAFRAC 平均减小幅度的分别为-1.99 和-0.004(表 5)。以上结果表明:研究期内敖汉旱作农业系统耕地景观形状趋于规则、连通性、均匀度增强,重要农业文化遗产认定政策加剧了这一过程。2009 年内蒙古自治区将敖汉旗列为农业综合开发高标准农田建设工程示范县,此后,旗委旗政府组织编制《敖汉旗高标准农田建设规划(2010—2015 年)》。近年来,旗政府加大旱作高标准农田建设、坡耕地治理、设施农业发展,致使耕地景观形状趋于规则,连通性增强。

2.3 生态系统服务价值变化

敖汉旗 ESV 由 2000 年的 65.65 亿元增加至 2012 年的 67.53 亿元,而后继续增加至 2020 年的 72.16 亿元,总体上呈增长趋势。20 年内共计增长 6.51 亿元,表明研究区生态环境状况趋于变优,生态系统服务功能有所提升^[34]。2000—2012 年敖汉 ESV 仅增长了 1.88 亿元,主要原因在于这一时期研究区林地和水域面积急剧减少;2012—2020 年敖汉旗林地和水域面积分别增长了 174.91km²和 0.68km²。由于林地单位生态系统服务价值高,这一时期 ESV 增量为 4.63 亿元。总体而言,研究区认定后 ESV 增量(4.63 亿元)大于认定前(1.88 亿元)。

从表 6 可知,认定前敖汉旗耕地景观转出获得和损失的 ESV 分别为 7.01 亿元、-5.4 亿元,耕地景观转出的 ESV 为 1.61 亿元;认定前耕地景观转入获得和损失的 ESV 分别为 3.36 亿元、-8.4 亿元,即耕地景观转入的 ESV 为-5.04 亿元。总之,认定前敖汉旗耕地景观变换的 ESV 为-3.43 亿元。认定后敖汉旗耕地景观转出获得和损失的 ESV 分别为 4.27 亿元和-3.37 亿元,耕地景观转出的 ESV 为 0.9 亿元;认定后耕地景观转入获

得和损失的 ESV 分别为 3.55 亿元和-4.68 亿元,即耕地景观转入的 ESV 为-1.18 亿元,总体而言,认定后敖汉旗耕地景观变换 ESV 为-0.23 亿元,损失量远小于认定前(-3.43 亿元)。以上结果表明:重要农业文化遗产认定带来的耕地景观变化在一定程度上提升了生态系统服务功能,改善了区域生态环境状况。主要原因在于水域单位生态系统服务价值较高,认定后敖汉旗严格控制水域向耕地转入,2012—2020 年研究区水域转为耕地面积仅为 1.19km²,远低于认定前(22.31km²)。

表 6 2000—2020 年敖汉旗耕地景观转换的 ESV 变化

Table 6 ESV changes in farmland landscape transformation in Aohan Banner from 2000 to 2020

转换类型 Category	T1			T2		
	转换面积 Area/km ²	获得的 ESV Obtained ESV/亿元	损失的 ESV Lost ESV/亿元	转换面积 Area/km ²	获得的 ESV Obtained ESV/亿元	损失的 ESV Lost ESV/亿元
耕地→林地 Cropland→Forest	13.6	0.48	-0.08	14.87	0.52	-0.09
耕地→草地 Cropland→Grassland	839.24	6.49	-5.13	479.18	3.71	-2.93
耕地→水域 Cropland→Water	0.22	0.04	0	1.97	0.04	-0.01
耕地→荒地 Cropland→Barren land	0.14	0	0	0.16	0	0
耕地→不透水面 Cropland→Impermeable surface	29.93	0	-0.18	54.11	0	-0.33
转出 Transfer out	883.12	7.01	-5.4	550.28	4.27	-3.37
林地→耕地 Forest→Cropland	2.84	0.02	-0.1	10.08	0.06	-0.36
草地→耕地 Grassland→Cropland	519.02	3.17	-4.01	529.19	3.24	-4.09
水域→耕地 Water→Cropland	22.31	0.14	-4.28	1.19	0.01	-0.23
荒地→耕地 Barren land→Cropland	4.64	0.03	-0.01	1.65	0.01	0
不透水面→耕地 Impermeable surface→Cropland	0.08	0		37.64	0.23	
转入 Transfer in	548.88	3.36	-8.4	579.75	3.55	-4.68
总获得—总损失 Total gain-total loss		-3.43			-0.23	

2.4 影响因素分析

在 stata16.0 中对自变量进行多重共线性检验,各自变量 VIF 值均小于 10 且均值为 1.46,表明所选解释变量不存在多重共线性问题。逐步 Logistic 回归结果如表 7 所示,T1、T2 时期 *P* 值分别为 0.272 和 0.224,均大于 0.05,表明 Logistic 回归模型拟合结果良好。

表 7 重要农业文化遗产认定前后 Logistic 回归结果

Table 7 Logistic regression results before and after the recognition of important agricultural cultural heritage

T1	HL=9.896		<i>P</i> =0.272	
驱动因子 Driving factors	回归系数	标准差	Wald	发生比率
距河流距离 Distance from River	0.000 ***	0.000	56.783	1.000
距旗政府距离 Distance from County Government	0.000	0.000	4.855	1.000
人口规模变化 Population size changes	-0.002 **	0.001	6.402	0.998
地均 GDP 变化 Changes in per capita GDP	-0.01 ***	0.002	24.755	0.99
农业文化遗产保护与发展示范区 Key areas	-0.37 ***	0.110	11.268	0.691
T2	HL=10.616		<i>P</i> =0.224	
距铁路距离 Distance from railway	0.000 ***	0.000	7.711	1.000
距河流距离 Distance from River	0.000 ***	0.000	46.654	1.000
距旗政府距离 Distance from County Government	0.000 ***	0.000	43.870	1.000
人口规模变化 Population size changes	0.002	0.001	1.991	1.002
地均 GDP 变化 Changes in per capita GDP	-0.002	0.001	2.092	0.998
农业文化遗产保护与发展示范区 Key areas	-0.229 *	0.129	3.141	0.795

*、**、*** 分别表示在 10%、5%和 1%水平上显著

Wald 统计量大小可说明各自变量的解释程度, Wald 统计量越大, 表明该自变量解释程度越高; 反之, 说明该自变量解释程度越低。据此, 分析重要农业文化遗产认定前后耕地变化的驱动因素。2000—2012 年影响耕地变化的主要因素为距河流距离、地均 GDP 变化、农业文化遗产保护与发展示范区和人口规模变化。Wald 统计量分别为 56.783、24.755、11.268 和 6.402(表 7)。人口规模变化和地均 GDP 变化回归系数均为负数。即在经济和人口增长缓慢的地区, 耕地景观变化发生比率增大。这是由于该时期经济落后区域农户倾向于外出务工, 致使耕地撂荒现象频发, 荒草地增多。这与刘超等^[21]以 1989—2015 年张家口市耕地变化情况为例所发现的研究结论相一致

2012—2020 年影响耕地变化的主要因素为距河流距离、距旗政府距离、距铁路距离和农业文化遗产保护示范区。Wald 统计量分别为 46.654、43.870、7.711 和 3.141(表 7)。值得注意的是, T1 和 T2 时期农业文化遗产保护与发展示范区回归系数分别为 -0.37 和 -0.229, 均小于 0(表 7)。表明农业文化遗产保护与发展示范区内耕地景观变化发生比率较小, 耕地保护强度较高。

T2 时期农业文化遗产保护与发展示范区回归系数大于 T1 时期, 而且发生比率高于 T1 时期。与 T1 时期相比, T2 时期农业文化遗产保护示范区内耕地发生变化比率更低。究其原因, 重要农业文化遗产认定后, 旱作农业成为敖汉经济发展重要抓手, 旗政府加大了农业文化遗产保护与发展示范区内耕地保护力度。《“敖汉旱作农业系统”保护与发展规划纲要》指出: 农业文化遗产保护与发展示范区要重点建设旱作农业种植基地, 优化旱作农业景观。未来应进一步加强该区域耕地保护和高标准农田建设, 推动旱作农业发展, 从而实现敖汉旱作农业系统保护和发展。

3 讨论

首先, 为探究重要农业文化遗产认定对区域耕地景观变化的作用路径, 参考已有研究^[5-6,8], 本文构建了“政策-主体-行为-景观-效应”分析框架, 详见图 3。

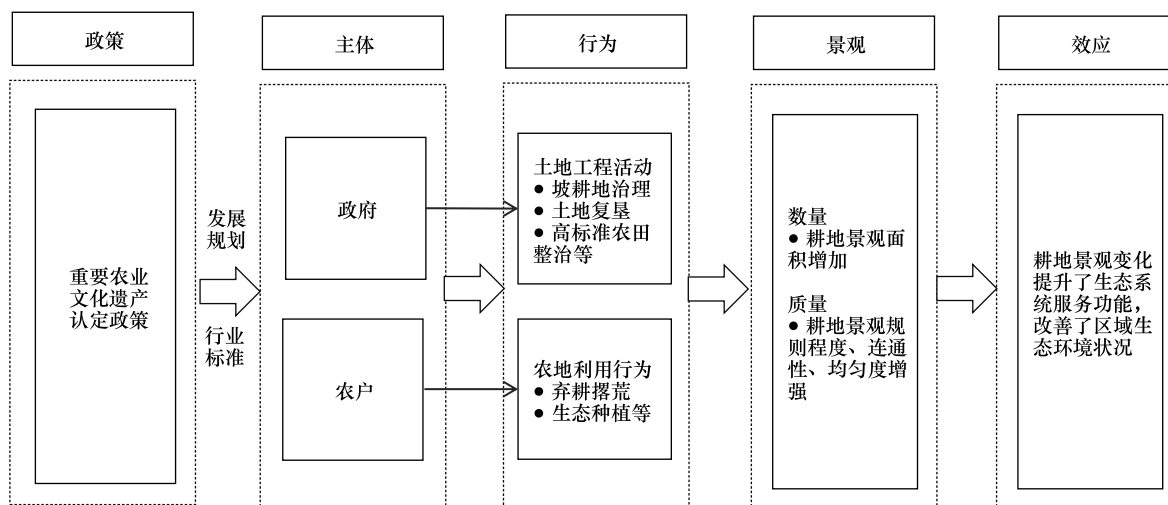


图 3 重要农业文化遗产认定对敖汉旗耕地景观作用路径

Fig.3 The recognition of important agricultural cultural heritage and its impact on the landscape of cultivated land in Aohan Banner

如图 3 所示, 2012 年敖汉旱作农业系统被认定为全球重要农业文化遗产系统, 此后, 旗委旗政府在《重要农业文化遗产管理办法》指导下将大力发展旱作农业确立为当地农业文化遗产保护的重要抓手, 先后组织编制了《“敖汉旱作农业系统”保护与发展规划(2013—2020 年)》、《敖汉旗谷子产业发展规划(2018—2027 年)》, 制定敖汉小米地方标准《敖汉小米国家地理标志保护产品管理规范》和《内蒙古绿色谷子全程机械化生产技术规程》^[33]。在上述政策导向下, 遗产地政府通过坡耕地治理、土地复垦、高标准农田整治等土地工程活

动作用于农业文化遗产景观。据统计,敖汉旗高标准农田建设面积由 2016 年的 1600 hm² 增加至 2020 年的 56180hm²,同期国土整治面积超 13333hm²。重要农业文化遗产认定后大规模的土地工程活动致使耕地景观形状趋于规则。城镇化、工业化和农业比较收益下降导致遗产地农户生计变迁,从而通过弃耕撂荒、生态种植等农地利用行为影响着遗产地景观^[5,35]。例如,认定前敖汉旗 GDP 由 2000 年的 1.47×10^5 万元增至 2012 年的 13.66×10^5 万元,经济社会高速发展使越来越多的乡村人口转向城区,敖汉旗城镇化水平由 2000 年的 9.79% 上升至 2012 年的 11.75%。由于农民进城务工收入增加,不再依靠陡坡开荒维持生计,出现弃耕撂荒等现象,导致 2000—2012 年敖汉旗耕地面积减少。此外,认定后耕地景观变化提升了区域生态系统服务功能,认定前和认定后耕地景观变化的 ESV 分别为-3.43 亿元、-0.23 亿元。

第二,已有农业文化遗产地土地利用和景观格局演化研究^[6,8,10-11]较少关注遗产地代表性农业景观变化及其生态效应。更重要的是,现有研究尚未明确重要农业文化遗产认定对农业景观规模、破碎度、聚集度等方面存在哪些潜在影响。针对上述问题,本研究关注敖汉旱作农业系统中最具代表性的耕地景观,深入剖析重要农业文化遗产认定前后耕地景观演变特征及其带来的生态系统服务价值变化。研究发现重要农业文化遗产认定后,敖汉耕地景观面积增加,形状趋于规则,连通性和均匀度增强,生态系统服务功能提升。这为今后当地耕地利用管理政策调整、优化指明了方向。

第三,基于上述研究结果,本文为敖汉旗未来提升耕地景观韧性,助力旱作农业高质量发展提出了以下两项建议。

(1) 坚持耕地数量红线,发挥耕地景观多样化功能。始终坚持贯彻耕地保护红线、永久基本农田、城乡增减挂钩等耕地保护制度,同时要严格管控耕地非农化占用,为敖汉旱作农业发展提供足够的耕地数量供给^[36]。充分发挥耕地景观粮食生产、生态保育、美学等多重功能,通过耕地多功能培育赋能敖汉旱作农业系统保护和发展。

(2) 优化景观格局提升耕地景观韧性。未来在高标准农田建设、坡耕地治理过程中,应秉承因地制宜、规划引导的理念,注重旱作农业特色,保持旱作农业原真性,不搞千村一面。合理布局土地平整工程、田间道路工程、农田防护工程、生态环境保持工程,提升耕地景观韧性。

4 结论

(1) 2000—2020 年敖汉旗耕地广泛分布于各乡镇,耕地面积呈现先减后增的趋势。2000—2012 年耕地净减少 334.24km²,农业文化遗产保护与发展示范区净减少耕地面积为 105.87km²,占比为 31.67%;2012—2020 年耕地净增加 29.47km²,其中 57.34% (15.81km²) 源于农业文化遗产保护与发展示范区。

(2) 重要农业文化遗产认定导致耕地景观形状趋于规则,连通性、均匀度增强,提升了区域生态系统服务功能。认定后 AI 增加幅度,LSI 和 PAFRAC 减小幅度均高于认定前。认定后 AI 增长幅度为 0.098;LSI、PAFRAC 减小幅度分别为-1.99 和-0.004。此外,认定前和认定后耕地景观变化的 ESV 分别为-3.43 亿元、-1.18 亿元。

(3) 敖汉旗耕地景观变化受多重因素共同影响。其中,重要农业文化遗产认定政策是影响耕地景观变化的重要因素,农业文化遗产保护与发展示范区内耕地景观变化比率低,耕地保护强度高。此外,耕地景观变化还受距河流距离、距旗政府距离、人口规模变化、地均 GDP 变化等因素共同影响。

参考文献 (References):

- [1] 闵庆文,孙业红. 农业文化遗产的概念、特点与保护要求. 资源科学, 2009, 31(6): 914-918.
- [2] 闵庆文. 全球重要农业文化遗产评选标准解读及其启示. 资源科学, 2010, 32(6): 1022-1025.
- [3] 饶滴滴,刘某承,闵庆文. 农业文化遗产系统景观要素分析的思考. 自然与文化遗产研究, 2019, 4(11): 53-56.
- [4] 胡伟芳,张永勋,王维奇,闵庆文,章文龙,曾从盛. 联合梯田农业文化遗产地景观特征与景观资源利用. 中国生态农业学报, 2017, 25(12): 17521760.
- [5] 张爱平. 农业文化遗产旅游地不同类型农户的农地利用行为演变分异——以哈尼梯田为例. 旅游学刊, 2020, 35(4): 51-63.

- [6] 杨晓, 焦雯珺, 闵庆文, 杨伦. 土地利用变化对农业文化遗产系统结构的影响——以浙江省德清县为例. 农业资源与环境学报, 2022, 39(5): 885-893.
- [7] Su M M, Wang M H, Yu J J, Wall G, Jin M. Measuring tourism impacts on community well-being at the Hani rice terraces GIAHS site, Yunnan Province of China. *Society & Natural Resources*, 2023, 36(7): 796-820.
- [8] 骆嘉逸, 陶伟. 农业文化遗产申报对土地覆盖与生态系统服务潜力的影响——贵州从江侗乡稻鱼鸭系统的研究. 湖南师范大学自然科学学报, 2022, 45(2): 115-126.
- [9] 张晓旭, 乔光华, 裴杰, 王海春, 贾丽. 农业文化遗产地农户文化资本与其亲环境行为关系研究: 以敖汉旱作农业系统为例. 生态与农村环境学报, 2024, 40(2): 168-178.
- [10] 丁智强, 华红莲, 王平, 李玉辉. 哈尼梯田遗产核心区土地利用信息图谱及地形梯度效应. 农业工程学报, 2021, 37(23): 225-234.
- [11] Piras F, Santoro A. Land use changes in globally important cultural forests. The case of two traditionally managed forests for non-wood forest products (NWFPs) in China and Japan. *Biodiversity and Conservation*, 2023; <https://doi.org/10.1007/s10531-023-02690-z>.
- [12] 王亚楠, 肖潇, 蒲金芳, 王数, 王维佳, 王汶. 40年来长江经济带“三生”空间时空演化特征. 农业机械学报, 2022, 53(11): 215-225.
- [13] 杨钦, 胡鹏, 王建华, 杨泽凡, 刘欢, 王伟泽. 1980—2018年扎龙湿地及乌裕尔河流域景观格局演变及其响应. 水生态学杂志, 2020, 41(5): 77-88.
- [14] Wang H, Zhang D N, Liu S Y, Ye S, Jin X R, Wu J S. Regional proximity effects of landscape pattern evolution: evidence from 325 county-level areas in the middle reaches of the Yangtze River, China. *The Science of the Total Environment*, 2023, 903: 166134.
- [15] 邬建国. 景观生态学: 格局、过程、尺度与等级. 2版. 北京: 高等教育出版社, 2007.
- [16] 罗光杰, 王世杰, 李阳兵, 白晓永. 岩溶地区坡耕地时空动态变化及其生态服务功能评估. 农业工程学报, 2014, 30(11): 233-243.
- [17] 谢高地, 张彩霞, 张雷明, 陈文辉, 李士美. 基于单位面积价值当量因子的生态系统服务价值化方法改进. 自然资源学报, 2015, 30(8): 1243-1254.
- [18] 乐荣武, 李巍, 周思杨, 宋南奇. 呼包鄂榆城市群生态系统服务价值驱动因素及其交互效应. 生态学报, 2023, 43(23): 9967-9980.
- [19] 李佳鸣, 冯长春. 基于土地利用变化的生态系统服务价值及其改善效果研究——以内蒙古自治区为例. 生态学报, 2019, 39(13): 4741-4750.
- [20] Gong J Z, Jian Y Q, Chen W L, Liu Y S, Hu Y M. Transitions in rural settlements and implications for rural revitalization in Guangdong Province. *Journal of Rural Studies*, 2022, 93: 359-366.
- [21] 刘超, 霍永伟, 许月卿, 黄安, 孙丕苓, 卢龙辉. 生态退耕前后张家口市耕地变化及影响因素识别. 自然资源学报, 2018, 33(10): 1806-1820.
- [22] 申杨, 龚健, 李晓丹, 王卫雯, 陶荣. 武汉城市圈耕地利用变化驱动机制研究. 中国土地科学, 2023, 37(8): 123-133.
- [23] 李丹, 周嘉, 战大庆. 黑龙江省耕地时空变化及驱动因素分析. 地理科学, 2021, 41(7): 1266-1275.
- [24] 盛菲, 刘士余, 张婷, 余敏琪. 濂水流域降雨变化和景观格局演变的径流效应. 应用生态学报, 2023, 34(1): 196-202.
- [25] 丁圣彦, 梁国付. 地理环境因素对伊洛河流域森林景观的影响. 地理研究, 2007, 26(5): 906-914, 1071.
- [26] 刘荣萍, 周忠发, 朱孟, 朱昌丽, 黄登红, 封清. 易地扶贫搬迁驱动下喀斯特山区乡村聚落时空演变特征. 地理科学, 2023, 43(11): 2024-2032.
- [27] 王学, 徐晓凡. 中国耕地景观细碎度时空变化特征及其影响因素. 农业工程学报, 2022, 38(16): 11-20.
- [28] 刘彦文, 周霞, 何宗宜, 郝汉舟, 何国松. 基于 Logistic 回归的耕地数量演变及其空间要素边际效应分析. 农业工程学报, 2020, 36(11): 267-276.
- [29] 李辉丹, 史东梅, 夏蕊, 倪书辉, 张健乐, 王荣浩. 基于地理探测器的重庆坡耕地时空格局演变特征及驱动机制. 农业工程学报, 2022, 38(12): 280-290.
- [30] 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. 中国土地科学, 2023, 37(10): 114-123, 134.
- [31] 李静怡, 杨伦, 闵庆文. 农业文化遗产认定对区域经济发展的影响——以广东潮安凤凰单丛茶文化系统为例. 热带地理, 2023, 43(12): 2418-2428.
- [32] Yang J, Huang X. The 30 m annual land cover dataset and its dynamics in China from 1990 to 2019. *Earth System Science Data*, 2021, 13(8): 3907-3925.
- [33] 张盛楠, 王红艳. 乡村振兴背景下农业文化遗产发展的新机遇与挑战——以敖汉旱作农业系统为例. 赤峰学院学报: 汉文哲学社会科学版, 2023, 44(9): 79-82.
- [34] 陈美景, 王庆日, 白中科, 谢立军, 张冰松, 郝森. 黄河流域资源型城市土地利用转型及其对生态系统服务价值的影响. 生态学报, 2023, 43(22): 9459-9470.
- [35] 张灿强, 闵庆文, 张红榛, 张永勋, 田密, 熊英. 农业文化遗产保护目标下农户生计状况分析. 中国人口·资源与环境, 2017, 27(1): 169-176.
- [36] 刘晶, 金晓斌, 徐伟义, 王世磊, 周寅康. 1990—2020年中国耕地景观细碎化演变特征与趋势预判. 地理学报, 2023, 78(9): 2163-2185.