

DOI: 10.13718/j.cnki.xdzk.2024.06.010

江娟丽, 施开放, 伍亿真. 景观功能视角下的西南山区农业景观格局演变研究——以重庆市石柱县为例 [J]. 西南大学学报(自然科学版), 2024, 46(6): 109-122.

景观功能视角下的西南山区 农业景观格局演变研究

——以重庆市石柱县为例

江娟丽¹, 施开放², 伍亿真³

1. 西南大学 经济管理学院, 重庆 400715; 2. 安徽师范大学 地理与旅游学院, 安徽 芜湖 241002;
3. 武汉大学 测绘遥感信息工程国家重点实验室, 武汉 430079

摘要: 鉴于中国西南山区农业生态环境的脆弱性与敏感性, 解析该地区农业景观时空演变特征对合理利用农业景观资源和保护生态环境具有重要的理论意义. 以重庆市石柱县为例, 采用景观利用图谱、地形位分布指数、景观转移矩阵等方法, 从景观功能视角开展西南山区农业景观格局演变特征分析. 研究表明: ① 农业景观呈现出“三增一减”的变化趋势, 即生活型和拓展型农业景观面积呈增长态势, 生态型农业景观面积呈波动变化趋势; 生产型农业景观面积持续下降. 农业景观变化主要表现为生产型向生态型、生活型、拓展型农业景观转化; 生态型向生活型、生产型、拓展型农业景观转化. ② 石柱县生态型农业景观主要分布在高等级地形位, 生产型农业景观逐渐向高程和坡度较高的地形位移动, 生活型农业景观主要分布在低、中低等级地形位上, 拓展型农业景观逐渐向较高地形位转移. ③ 坡度、高程等是导致研究区农业景观格局演变的主要环境因素; 而农业人口、农民人均纯收入、第一产业占比等是农业景观格局演变重要的人文驱动因素.

关键词: 农业景观; 格局演变; 景观利用图谱; 地形梯度; 乡村

振兴; 景观保护; 西南山区

中图分类号: F303.4

文献标志码: A

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



文章编号: 1673-9868(2024)06-0109-14

A Study on the Evolution of Agricultural Landscape Pattern in Mountainous Areas of Southwest China from the Perspective of Landscape Function

——A Case Study of Shizhu County, Chongqing City

JIANG Juanli¹, SHI Kaifang², WU Yizhen³

收稿日期: 2024-03-18

基金项目: 国家社会科学基金项目(23BMZ045).

作者简介: 江娟丽, 博士, 副教授, 硕士研究生导师, 主要从事国土资源与区域发展、旅游地理与区域经济研究.

1. School of Economics and Management, Southwest University, Chongqing 400715, China;
2. School of Geography and Tourism, Anhui Normal University, Wuhu Anhui 241002, China;
3. State Key Laboratory of Surveying, Mapping and Remote Sensing Information Engineering, Wuhan University, Wuhan 430079, China

Abstract: Given the fragility and sensitivity of the agro-ecological environment in the mountainous areas of southwest China, an analysis of the spatiotemporal evolution characteristics of the agricultural landscape in this region is of great theoretical significance for the rational use of agricultural landscape resources and the protection of the ecological environment. This article employs the case study of Shizhu County in Chongqing city as a point of reference to examine the evolution of the agricultural landscape in the southwestern mountainous region of China. The analysis was conducted through the lens of landscape function, employing techniques such as landscape utilization maps, terrain position distribution indices, and landscape transfer matrices. The findings of this study indicate that the agricultural landscape exhibits a pattern of “three increases and one decrease”. This indicates that the area of living and expanding type agricultural landscapes continues to expand, while the area of ecological agricultural landscapes shows a fluctuation trend. Additionally, the landscape area of production-oriented agriculture continues to decline. The most notable manifestation of agricultural landscape changes is the transformation from production-oriented to ecological, life-oriented, and expansion-oriented agricultural landscapes, as well as the transformation from ecological to life-oriented, production-oriented, and expansion-oriented agricultural landscapes. The ecological agricultural landscape in Shizhu County is primarily distributed in high-level terrain, while the production agricultural landscape gradually shifts towards higher elevation and slope terrain. In contrast, the life-oriented agricultural landscape is primarily distributed in low, medium-low level terrain, while the expansion-oriented agricultural landscape gradually shifts towards higher elevation terrain. These landscape patterns exhibit significant terrain gradient differentiation characteristics at the landscape level. Slope and elevation are the main environmental factors that influence the evolution of agricultural landscape patterns in the study area. The agricultural population, the per capita net income of farmers, and the share of the primary industry are important cultural drivers for the evolution of the agricultural landscape pattern. The research findings effectively demonstrate the dynamic imbalance in the spatiotemporal evolution of agricultural landscapes in the study area.

Key words: agricultural landscape; evolution of patterns; landscape utilization maps; terrain gradient; rural revitalization; landscape protection; southwest mountainous area

农业景观是世界上分布最为广泛的景观类型,是以耕地、林地、草地、园地、水域、农村居民点等景观要素组成的景观生态系统,也是一个集社会、经济、环境和生态于一体的复合生态系统,受自然、社会经济、政策和文化等因素的共同影响。目前,中国农业进入了快速转型阶段,农业多功能统筹成为社会发展的重要方向^[1]。农业景观所具有的多重价值,使其在承担基本生产功能和生态功能之外,更多地体现出休闲娱乐功能、文化功能、经济功能和审美功能等,因此在快速城镇化时代和乡村全面振兴背景下,从景观功能视角厘清农业景观格局演变,对农业景观的科学利用和合理保护具有重要的启示意义。

当前,农业景观逐渐成为国内外学者关注的热点,但现有文献主要从土地利用视角进行景观格局演变研究^[2-3],包括演变特征^[4-8]、驱动因素^[2, 9-11]、驱动效应^[8]等。比较而言,基于景观功能视角对农业景观的研究相对薄弱^[12],包括功能景观演变特征^[4,13]、旅游景观廊道功能^[14]、农业景观价值及功能^[15-16]、农业

景观演变驱动力研究^[10]等。虽然已有部分学者关注农业景观多功能价值及格局演变, 但依然存在以下不足: ① 主要基于某一单一功能和价值角度进行研究, 或是基于土地利用分类进行农业景观格局演变研究; ② 针对功能结构形成的驱动因素研究尚未得到足够的重视。为此, 本文以重庆市石柱县为例, 从景观功能视角将农业景观划分为生产、生活、生态和拓展 4 类, 剖析农业景观格局演变规律, 挖掘其影响因素。研究结果将有助于西南山区农业景观保护政策的调整与优化, 可为中国西部山区以及中国山区农业景观可持续发展提供理论依据和决策支撑。

1 研究区概况

西南山区包括重庆、四川、云南、贵州和西藏等地区, 是集山区、农村、少数民族为一体的典型生态敏感区, 同时也是中国经济欠发达地区集中分布的区域。区内山高坡陡, 喀斯特地貌发育完全, 地形破碎化程度高, 土壤侵蚀力度大, 地貌复杂, 石漠化现象突出, 立体气候明显。近年来, 为改善西南山区的生态环境和经济状况, 国家出台了一系列政策, 农业生态系统也发生了转型变化。本文以重庆市石柱县(29°39′—30°32′ N, 107°59′—108°34′ E)为研究对象, 该县是集丘陵山区、少数民族自治为一体的特殊区域。全县总面积为 3 014.16 km², 以中、低山为主, 兼有平坝和丘陵, 面积分别占总面积的 64.40%, 29.40%和 6.20%, 属于典型的山地区域。石柱县是长江经济带国家发展战略和成渝地区双城经济圈的重要组成部分, 也是我国长江上游的生态屏障区。但是, 随着区域工业化和城镇化进程加快, 生产型农业景观(耕地)面积呈减小趋势, 并出现资源枯竭现象^[17-18], 农业生产系统面临转型的挑战^[2], 富含农耕文化因子的农业景观和农耕遗产严重受损, 特别是山地丘陵生态系统本身的脆弱性, 需要动态和系统地进行科学研究^[19], 从而避免农区生态系统单一化及农业景观生物多样性降低^[20], 引起生态服务功能受损^[21], 削弱抵御自然灾害风险的能力。

2 数据来源与研究方法

2.1 数据来源

2005 年、2010 年、2015 年、2020 年土地利用变更调查数据来源于石柱县规划和自然资源局, 其中 2005 年数据为第 1 次土地调查年度变更调查数据, 2010—2020 年数据为第 2 次土地调查年度变更调查数据。通过投影转换和边界校正后, 4 期数据范围和图斑边界基本一致。本文在土地利用矢量数据库基础上进行景观类型重分类, 形成生产型农业景观、生活型农业景观、生态型农业景观和拓展型农业景观 4 种农业景观类型矢量数据库。

2.2 研究方法

2.2.1 景观功能视角下的农业景观分类

农业景观分类是进行区域景观差异性描述和景观格局特征分析的依据与基础, 也是农业景观评价、规划与管理的基础^[22]。目前, 学界关于农业景观分类大多基于土地利用分类或农业用地分类的演化^[23], 将农业景观概括为耕地、草地、林地、水域、建设用地等。本文在进行石柱县农业景观分类时, 以景观分类原则和景观生态学基本原理为指导, 采用景观主导功能形态分类方法^[22-24](具有相同的主导功, 能即相同的景观类型), 结合不同景观结构类型功能来制定划分方案, 把农业景观划分为生产型、生态型、生活型和拓展型 4 个一级分类(表 1)。在 ArcGIS 10.4 软件中进行重分类, 将耕地、坑塘、人工牧草地、园地(除果园和茶园之外)、设施农用地、沟渠合并为生产型农业景观; 林地、水域(河流、滩涂)、草地(天然草地、其他草地)合并为生态型农业景观; 农村居民点、农村道路合并为生活型农业景观; 风景名胜及特殊用地、果园、茶园、水库水面、裸地合并为拓展型农业景观。

表 1 石柱县农业景观分类及构成

一级分类	分类依据	具体类型
生产型农业景观	主导功能以农业生产功能为主的土地	耕地、坑塘、人工牧草地、园地(除果园和茶园之外)、设施农用地、沟渠
生活型农业景观	主导功能以满足乡村生活需要为主的土地	农村居民点、农村道路
生态型农业景观	主导功能以维护和保持地区生态功能为主	草地(天然牧草地、其他草地)、水域景观(河流、滩涂)、林地
拓展型农业景观	主导功能以乡村振兴中观光农业、休闲旅游、潜在开发价值功能为主的土地	风景名胜及特殊用地、园地(果园、茶园)、水域景观(水库水面)、裸地

2.2.2 景观转移矩阵

农业景观类型转化是指由一种农业景观类型转变为另一种农业景观类型的过程，而农业景观转移矩阵表征的是农业景观结构变化及不同类型农业景观之间的数量特征，其可反映一定时期内景观类型转移的数量大小和方向。转移矩阵的数学表达形式为：

$$S_{ij} = \begin{pmatrix} S_{11} & S_{12} & \cdots & S_{1j} & \cdots & S_{1n} \\ S_{21} & S_{22} & \cdots & S_{2j} & \cdots & S_{2n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ S_{n1} & S_{n2} & \cdots & S_{nj} & \cdots & S_{nn} \end{pmatrix}$$

(1)

式(1)中： S 表示农业景观类型面积， n 表示农业景观类型总数， i 代表研究期初的农业景观类型， j 代表研究期末的农业景观类型。本文通过对 2005 年，2010 年，2015 年，2020 年农业景观类型图进行叠加分析，分别获取到 2005—2010 年、2010—2015 年、2015—2020 年的农业景观类型转移矩阵，进而剖析了不同时段农业景观转移数量及结构变化特征。

2.2.3 景观利用图谱分析法

景观利用图谱分析法是指通过地图、图像、图表的综合分析，反映事物现象空间结构特征与时序变化规律的一种信息处理与显示手段^[25]。在 ArcGIS 10.4 软件支持下，将 4 期农业景观图谱单元类型进行重组，获取石柱县 15 年农业景观土地利用变化模式信息图谱，并定量、直观地分析农业景观土地利用格局时空变化历程。图谱的计算公式为：

$$M = (G_1) \times 10^{n-1} + (G_2) \times 10^{n-2} + \cdots + (G_n) \times 10^{n-n}$$

(2)

式(2)中： M 是通过土地利用代码计算合成的 4 位编码的时空复合体数据； n 为参与计算的土地利用时期数目； $G_1, G_2, \cdots, G_n$ 为不同时期的土地利用单元， M 为图谱，由 4 期景观类型图复合而成，没有数学意义； G_1, G_2, G_3, G_4 分别为 2010 年、2005 年、2015 年、2020 年的景观类型代码。

将图谱变化模式概括为 6 种类型，① 前期变化型。在 2005—2010 年农业景观类型发生变化，但在 2010—2020 年未发生变化。② 稳定型。在 2005 年、2010 年、2015 年、2020 年均未发生变化。③ 持续变化型。2005—2020 年 4 期景观类型均不相同；至少发生 2 种类型的变化，2005 年和 2020 年景观类型不同；④ 中间过渡型。2010—2015 年发生变化。⑤ 后期变化型。2005—2015 年未发生变化，但在 2015—2020 年发生变化；⑥ 反复变化型。2005—2020 年至少有 2 种转化，且 2005 和 2020 年类型相同。

2.2.4 地形位指数

地形位指数将高程与坡度组合来定量表征农业景观空间格局与地形梯度的关系^[26]，揭示农业景观格局地形位梯度上的空间分布特征，其公式为：

$$T = \left(\frac{E}{\overline{E}} + 1\right) \left(\frac{S}{\overline{S}} + 1\right)$$

(3)

式(3)中: T 表示地形位指数, E 表示空间任一点的高程值, $\overline{E}$ 表示该点所在区域内的平均高程值, S 与 $\overline{S}$ 分别代表空间任一点所在区域的坡度值和该点所在区域的平均坡度值^[27]. 高程低、坡度小的区域地形位小, 高程高、坡度大的区域地形位大; 其他组合情况(如高程低、坡度大的区域, 高程高、坡度小的区域以及高程和坡度均属于中等水平的区域)的地形位则居于中间值区域.

2.2.5 分布指数

分布指数反映景观组分在地形位梯度上的分布变化情况^[28], 其公式为:

$$P = (S_{ie}/S_i)/(S_e/S)$$

(4)

式(4)中: P 表示分布指数, 为无量纲指数, i 表示第 i 种景观类型或图谱类型, j 表示第 j 级地形位; S_{ie} 表示 e 地形位下第 i 种景观组分的面积, S_i 表示整个工作区内第 i 种景观组分的总面积; S_e 表示整个区域内第 e 种地形位的总面积, S 表示整个区域的面积. 当 $P=1$ 时, 表示每一类型在该级地形位上的占比与研究区内该类型的占比相等; 当 $P>1$ 时, 表明某景观类型在该地形上的占比大于研究区内该类型的占比, 因此该类型呈现出优势分布. P 值越大, 适宜程度和分布优势度越高. 反之, 若 $P<1$ 则呈现出劣势分布. 分布指数越小, 优势度越低. 在人为干扰作用下, 不同时期的 P 值变化体现了景观类型结构在相应地形位上进行了调整.

2.2.6 Logistic 回归模型

采用 Logistic 回归模型剖析农业景观格局变化影响因素, 选取景观组分所处时间段面积的平均值与选取指标所处时间段平均值进行 Logistic 回归模型构建和分析. 本文在参考已有文献基础上^[29-30], 结合研究区域喀斯特山区的自然环境、生态状态以及社会经济现状, 在确定农业景观格局演变的影响因素时主要从经济、文化、政策、社会、产业、环境因素这 6 个维度设立指标体系(表 2). 根据 Logistic 模型的构建理论, 设定 P 为农业景观格局变化的发生概率, $1-P$ 则为不发生概率($0\leq P\leq 1$), 其表达式为:

$$P = \frac{\exp(\alpha + \beta_0 + \beta_1x_1 + \beta_2x_2 + \beta_3x_3 + \cdots + \beta_ix_i)}{1 + \exp(\alpha + \beta_0 + \beta_1x_1 + \beta_2x_2 + \cdots + \beta_ix_i)}$$

(5)

通过 Logistic 变换来构建线性模型, 即

$$Y = \ln \left[\frac{p}{(1-p)} \right] = \alpha + \beta_0 + \beta_1x_1 + \beta_2x_2 + \cdots + \beta_ix_i$$

(6)

式(6)中: Y 为因变量, 表示景观变化概率; x_i 为变化驱动因子, 表示某种景观发生的概率; β_0 为常数项, 表示自变量取值全是 0 时, 比数的自然对数; β_i 为 Logistic 函数回归系数, 表示自变量 x_i 对 Y 或 $\text{Logit}(P)$ 的影响大小.

表 2 农业景观格局演变驱动因子的指标体系

一级指标	二级指标	三级指标(变量名, 单位)	数据性质
环境因素	气候	X_1 降雨量/mL	空间数据
		X_2 高程/m	空间数据
		X_3 坡度($^{\circ}$)	空间数据
		X_4 坡向	空间数据
	水文	X_5 距离主要河流的距离/km	空间数据
社会因素	人口状况	X_6 户籍人口/人	非空间数据
		X_7 农业人口/人	非空间数据
		X_8 人口自然增长率/%	非空间数据
		X_9 人均耕地面积/($\text{hm}^2 \cdot \text{人}^{-1}$)	非空间数据

续表 2

一级指标	二级指标	三级指标(变量名, 单位)	数据性质
经济因素	粮食安全	X_{10} 粮食总产量/kg	非空间数据
		X_{11} 人均粮食产量/(kg·人 ⁻¹)	非空间数据
		X_{12} 年末耕地面积/hm ²	非空间数据
	居民生活水平	X_{13} 农民人均纯收入/元	非空间数据
		X_{14} 农村经济总收入/万元	非空间数据
		X_{15} 农村住宅平均面积/(m ² ·人 ⁻¹)	非空间数据
	城镇化率	X_{16} 城镇化率/%	非空间数据
	区位交通条件	X_{17} 距离乡镇中心的距离/km	空间数据
		X_{18} 距离生态红线距离/km	空间数据
		X_{19} 距离公路的距离/km	空间数据
		X_{20} 距离农村居民点距离/km	空间数据
文化因素	科技水平	X_{21} 粮食单产/(kg·hm ⁻²)	非空间数据
		X_{22} 耕地单位化肥使用量/(kg·hm ⁻²)	非空间数据
	文化教育	X_{23} 在校学生人数/人	非空间数据
产业因素	农业结构调整	X_{24} 第一产业值占 GDP 比例/%	非空间数据
		X_{25} 第二产业值占 GDP 比例/%	非空间数据
		X_{26} 第三产业产值占 GDP 比例/%	非空间数据
		X_{27} 建设用地比例/%	非空间数据
政策因素	林业政策	X_{28} 森林覆盖率/%	非空间数据
	自然保护政策	X_{29} 距离自然保护区距离/km	空间数据
	经济政策	X_{30} 专业经济组织增加村/个	非空间数据

3 景观功能视角下的农业景观格局演变分析

3.1 农业景观时空演变规律分析

如表 3 所示,石柱县农业景观面积在 2005—2010 年、2010—2015 年、2015—2020 年这 3 个时段变化特征为:① 农业景观用地面积总体呈减少趋势。由于石柱县城镇化发展加速,城镇建设用地得以拓展,导致农业景观用地面积减少。其中,生产型农业景观呈现出持续减少态势,拓展型农业景观呈现出持续增长趋势,生活型农业景观呈“V”形变化趋势,生态型农业景观呈先下降后上升趋势。② 以生态型和生产型农业景观为主要类型,占绝对优势。石柱县形成了以生态型、生产型为主的农业景观,且结构基本稳定,其中生态型、生活型、拓展型农业景观呈增长趋势,生产型农业景观呈下降趋势。生态型农业景观占绝对主导地位反映了石柱县山地的地形地貌;生产型农业景观的占比则反映了第一产业在石柱县经济中的重要性。因生态屏障区建设,石柱县的生态地位日趋强化,生态型农业景观势必成为该县的主要目标。同时,根据石柱县产业结构调整与发展的要求,提出种植业结构调整发展思路,大力发展家庭农场,推广现代农业技术,成立黄连产业发展领导小组等,促进了石柱县休闲农业的发展,并促使拓展型农业景观持续上升。

表 3 石柱县 2005—2020 年农业景观面积变化 /hm²

景观类型	2005—2010 年	2011—2015 年	2015—2020 年
	面积变化量	面积变化量	面积变化量
生产型农业景观	—3 123.39	—152.06	—1 949.02
生活型农业景观	2 590.96	—68.20	311.76
生态型农业景观	—530.63	—574.25	1 289.55
拓展型农业景观	266.27	88.04	5.84
总变化量	—796.79	—706.47	—341.87

3.2 景观转移矩阵分析

由表 4 可知, 2005—2020 年石柱县农业景观发生改变, 其中生产型农业景观总体流出面积大于流入面积, 且绝大部分转化为生态型和生活型农业景观, 仅有少部分转化为拓展型农业景观. 生活型农业景观总体流出面积远远少于流入面积. 生态型农业景观总体流出面积略大于流入面积, 呈现出增长趋势. 拓展型农业景观流出面积少于流入面积, 总体上呈现出增长趋势.

表 4 研究区 2005—2020 年农业景观类型转移矩阵 /hm²

2005—2010 年	生产型农业景观	生活型农业景观	生态型农业景观	拓展型农业景观	流出面积
生产型农业景观	58 357.64	2 570.47	14 525.16	863.64	17 959.27
生活型农业景观	117.61	6 826.84	432.52	19.82	569.95
生态型农业景观	14 884.62	674.55	198 164.90	722.89	16 282.06
拓展型农业景观	310.27	12.84	998.79	400.95	1 321.90
流入面积	15 312.50	3 257.86	15 956.47	1 606.35	36 133.18
2010—2015 年	生产型农业景观	生活型农业景观	生态型农业景观	拓展型农业景观	流出面积
生产型农业景观	7 2915.30	353.50	0	21.09	374.59
生活型农业景观	483.92	9 588.79	0.26	2.53	486.71
生态型农业景观	72.13	130.20	213 591.39	160.85	363.18
拓展型农业景观	63.05	2.91	12.41	1 915.60	78.37
流入面积	619.10	486.61	12.67	184.47	1302.85
2015—2020 年	生产型农业景观	生活型农业景观	生态型农业景观	拓展型农业景观	流出面积
生产型农业景观	71 478.17	287.83	1 547.49	7.19	1 842.51
生活型农业景观	81.35	9 945.35	5.63	0.15	87.13
生态型农业景观	30.42	150.58	213 339.71	6.57	187.57
拓展型农业景观	0.76	3.32	0.36	2 091.98	4.44
流入面积	112.53	441.73	1 553.48	13.91	2 121.65

由表 4 可知, 农业景观不同功能类型之间流入、流出变化呈现了一定的方向性, 其中流出面积最大的是生产型农业景观, 主要流向生态型农业景观, 占总流出面积的 86.84%; 流入面积最大的是生态型农业景观, 占总流入面积的 73.22%. 总之, 石柱县研究时段内农业景观结构发生了较大变化, 生产型农业景观大规模缩减, 生活型农业景观大规模增长, 拓展型农业景观也呈增加趋势, 生态型农业景观也得到了 一定范围的扩展.

3.3 景观图谱分析

运用 ArcGIS 栅格计算方法, 通过变化图谱探讨农业景观利用变化图谱, 结果如表 5 和图 1 所示.

表 5 研究区农业景观格局变化图谱分析

图谱变化类型	占比/%	主要变化图谱演变类型	面积/hm ²
稳定型	87.250	生态—生态—生态—生态(3333)	197 577.70
		生产—生产—生产—生产(1111)	56 373.00
前期变化型	11.760	生产—生态—生态—生态(1333)	14 295.29
		生态—生产—生产—生产(3111)	14 191.70
持续变化型	0.033	生产—生态—生态—生活(1332)	26.95
		生态—生产—生产—生活(3112)	25.05
中间过渡型	0.282	生产—生产—生活—生活(1122)	309.14
		生活—生活—生产—生产(2211)	283.48
后期变化型	0.453	生产—生产—生产—生态(1113)	873.45
		生产—生产—生产—生活(1112)	209.80
反复变化型	0.222	生态—生产—生产—生态(3113)	571.38
		生态—拓展—生产—生态(3413)	55.49
总计	100.00		

注：1 为生产型，2 为生活型，3 为生态型，4 为拓展型。

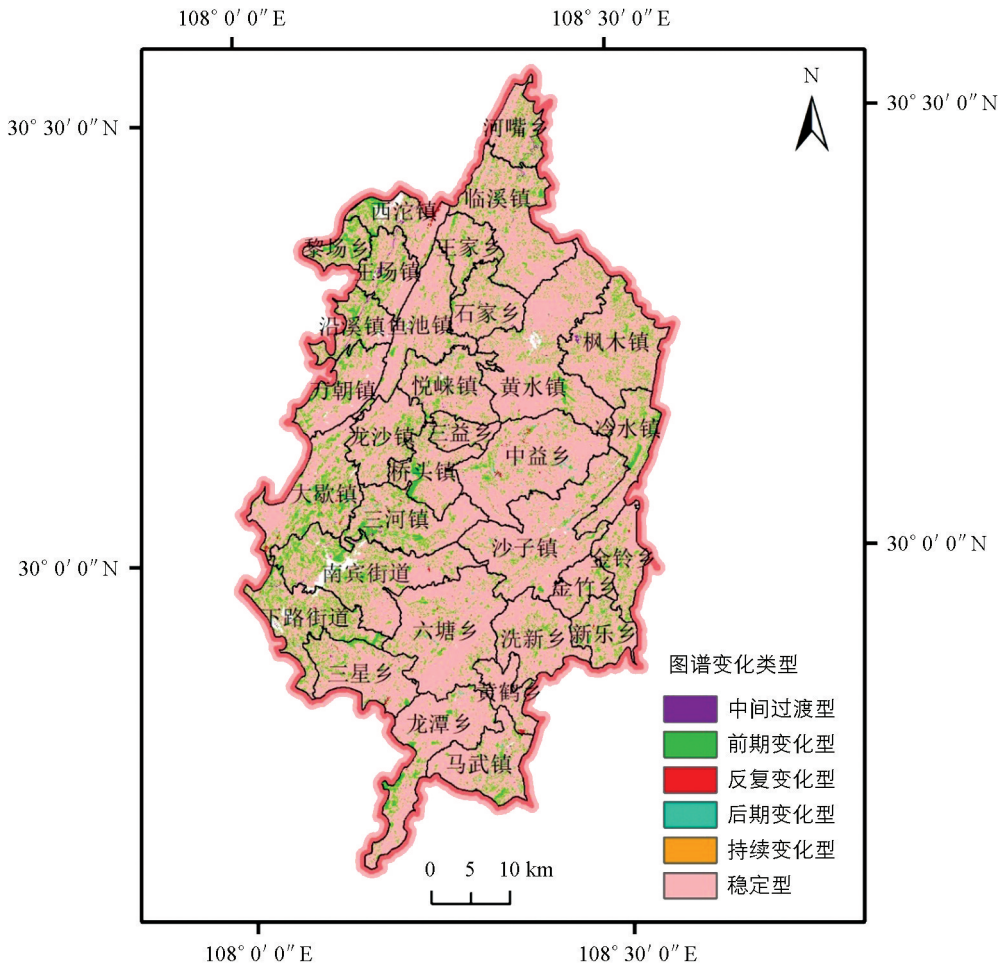


图 1 石柱县农业景观类型变化图谱分析

① 在 2005—2020 年间研究区农业景观变化模式以稳定型为主, 占比达 87.25%, 前期变化型图谱占比为 11.76%, 其余 4 种图谱面积占比为 0.99%。其中, 稳定型图谱以“生态—生态—生态—生态”和“生产—生产—生产—生产”图谱为主, 表明石柱县 2005—2020 年以生态型和生产型农业景观以为主。② 前期变化型图谱在 2005—2020 年占比达 11.76%, 图谱类型以“生产—生态—生态—生态”和“生态—生产—生产—生产”为主, 表明该时段存在生产型和生态型农业景观互转现象。③ 持续变化型图谱类型面积最少, 仅占 0.033%, 以“生产—生态—生态—生活”和“生态—生产—生产—生活”图谱为主, 说明石柱县在研究期内景观格局呈连续变化的可能性最小。④ 中间过渡型所占面积也较少, 仅为 0.282%, 其中“生产—生产—生活—生活”的面积最大, 占该变化类型的 52.16%; 再次表明生产型农业景观向生活型农业景观转化突出。⑤ 后期变化型图谱类型占总面积的 0.453%, 以“生产—生产—生产—生态”和“生产—生产—生产—生活”图谱为主。⑥ 反复变化型农业景观占总面积的 0.222%, 以“生态—生产—生产—生态”为主要变化类型, “生态—拓展—生产—生态”其次。

3.4 地形梯度分析

在定量分析农业景观图谱类型与地形梯度之间相互关系的基础上, 计算最大图谱演变类型的地形位分布指数, 探索不同地貌部位的自然因素和人类活动对农业景观类型的影响程度(表 6)。

表 6 石柱县地形位梯度上最大图谱变化类型及分布指数

地形位等级	前期变化型		后期变化型		中间过渡型		反复变化型		持续变化型		稳定型	
	最大图谱变化类型	分布指数	最大图谱变化类型	分布指数	最大图谱变化类型	分布指数	最大图谱变化类型	分布指数	最大图谱变化类型	分布指数	最大图谱变化类型	分布指数
1	1333	1.92	1113	0.41	1122	12.34	3113	0.09	1332	1.36	1111	2.59
2	1333	2.16	1113	0.83	1122	7.01	3113	0.31	1332	2.92	1111	2.77
3	1333	1.80	1113	1.26	2211	2.26	3113	0.73	1332	2.59	1111	2.39
4	1333	1.42	1113	1.32	2211	1.97	3113	1.05	1332	1.84	3333	0.67
5	3111	1.28	1113	1.28	1122	0.57	3113	1.28	3112	1.58	3333	0.89
6	3111	1.23	1113	1.21	2211	0.84	3113	1.29	3112	1.08	3333	1.06
7	3111	0.86	1113	0.99	2211	0.43	3113	1.22	3112	0.78	3333	1.20
8	3111	0.86	1113	0.75	3344	0.60	3113	1.04	3112	0.36	3333	1.30
9	3111	0.58	1113	0.46	3344	0.95	3113	0.65	3112	0.13	3333	1.39
10	3111	0.26	1113	0.21	3344	2.03	3113	0.23	3221	0.08	3333	1.46

注: 1 为生产型, 2 为生活型, 3 为生态型, 4 为拓展型。

由表 6 分析可以得出 6 种类型的等级位区域。① 稳定型: “生产—生产—生产—生产”变化模式主要分布在 1~3 级, 说明生产型农业景观的优势分布区集中在低等级位区域。 “生态—生态—生态—生态”图谱的优势分布区为 6~10 级, 4~5 级为“生态—生态—生态—生态(3333)”的劣势分布区, 说明生态型农业景观主要分布在中高等级位区域。② 前期变化型: “生产—生态—生态—生态(1333)”在地形位等级 1~4 级的分布指数较大, 分布优势度均大于 1, 且在 2 级地形位分布优势度最大, 指数为 2.16, 说明在退耕还林政策驱动下, 将长江上游生态屏障区的耕地进行退耕, 减少对石柱县长江上游生态系统的干扰, 有利于保护区域生态系统的安全。 5~10 级地形位最大变化图谱类型是“生态—生产—生产—生产(3111)”, 随着地形梯度上升该图谱的分布指数下降, 且在 10 级下降至最低, 为 0.26, 表明该变化图谱随着地形位增加, 生产型农业景观在高等级位呈劣势分布。③ 后期变化型: “生产—生产—生产—生态(1113)”变化模式的优势分布区为 3~6 级, 1~2 级和 7~10 级为劣势分布区, 说明中低和中高地势区是生产型农业景观向生态型农业景观转化的主要区域, 也说明生产型农业景观主要分布在低等级位区。④ 中间过渡型: “生产—生产—生活—生活(1122)”变化模式的优势分布区为 1~2 级, 5 级为劣势分布区; “生活—生活—生产—生产(2211)”变化模式的优势分布区为 3~4 级, 6~7 级为劣势分布区;

“生态—生态—拓展—拓展(3344)”变化模型分布在 8~10 级,分布指数随着地形梯度升级而上升,8~9 级为劣势分布区,10 级为优势分布区,说明生产型农业景观转化为生活型农业景观主要发生在人类活动频繁的低海拔区域,生活农业景观向生产型农业景观转化主要发生在中级梯度地区,随着人们生活和社会经济的发展,高级地形梯度的生态型农业景观向拓展型农业景观转化. ⑤ 反复变化型:“生态—生产—生产—生态”变化模式的优势分布区为 4~8 级,分布指数都在 1 以上,1~3 级和 9~10 级是生态型农业景观向生产型农业景观转化的劣势分布区. ⑥ 持续变化型:“生产—生态—生态—生活(1332)”的优势分布区在 1~4 级,说明在中低地势区也存在以耕地或坑塘水域为主的生产型农业景观及以林地或草地为核心的生态型农业景观之间的相互转化. “生态—生产—生产—生活(3112)”的优势分布区在 5~6 级,分布指数随地形梯度上升而下降;7~9 级为“生态—生产—生产—生活(3112)”劣势分布区. 10 级最大变化图谱为“生态—生活—生活—生产(3221)”,但为劣势分布区.

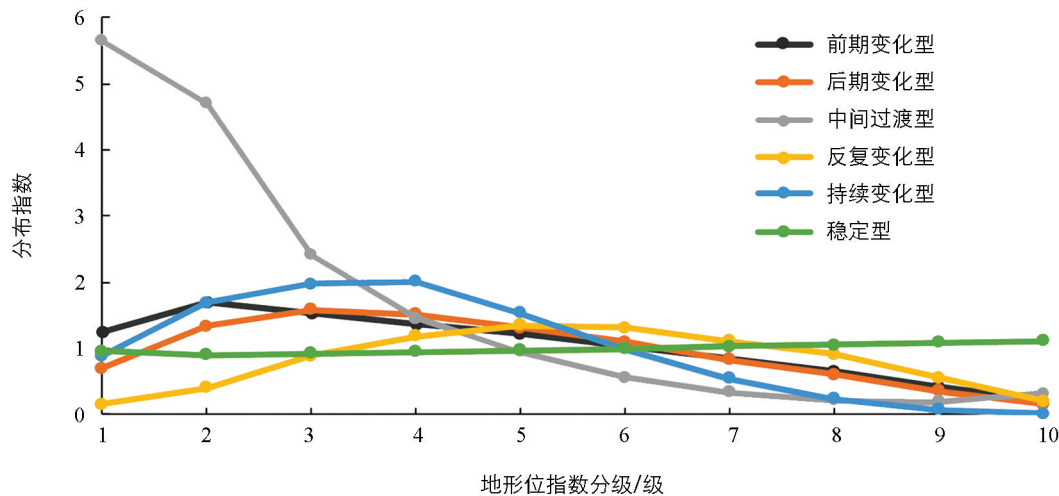


图 2 石柱县地形位梯度上各图谱的分布指数图

从各地形位图谱类型分布指数的分析可知(图 2),前期变化型、中间过渡型的变化趋势相似,地形位等级 1~2 是优势分布区,分布指数均大于 1,且在 2 级时最大,之后随级别增加而减少,但中间过渡型在 9~10 级呈现一个略微增长趋势.持续变化型、后期变化型的分布趋势相似,分布指数在 1~3 级时出现持续增长,之后随着级别增加而减少.反复变化型的分布指数在 1~6 级时一直呈现增加趋势,在 6 级时最大,之后呈现减少趋势,且在 4~8 级时都大于 1,说明其分布具有明显的区域特征.稳定型分布的地形位指数相对稳定,在 1~3 级呈现上升趋势,之后呈现一定的下降曲线变化,在 5 级接近于 1,随后又呈上升态势.

4 农业景观格局演变影响因素分析

石柱县农业景观格局演变影响因素分析研究结果见表 7—表 9. 在 2005—2010 年的农业景观驱动模型中, Hosmer-Lemeshow(HL)指标检验模型的拟合效果较好(显著水平 $sig=0.623$, 大于 0.05),模型较为稳定(表 7). 根据显著水平和 Wald 统计量,可知农业人口、与农村居民点的距离、农民人均纯收入、第一产业产值比例等因素对这一阶段景观演变的影响最大. 同时,环境因素中的坡度对农业景观变化的影响较大,其中坡度的解释变量参数估计值 β 为负,说明农业景观变化概率与坡度的大小呈负相关,坡度越大时农业景观的变化率越小;与农村居民点距离的解释变量参数估计值 β 也为负,说明与农村居民点距离越近时变化越大. 因此,人类活动对农业景观变化有重要的影响作用. 由此可见,第一个阶段石柱县农业景观格局演变的主要驱动力为社会因素(农业人口)、经济因素(农村居民点的距离、农民人均纯收入)、产业因素(第一产业产值比例)和环境因素(坡度).

表 7 2005—2010 年农业景观的 Logistic 回归模型相关系数

第 1 阶段 2005—2010 年, $HL=6.218$, $sig=0.623$, $df=8$, 卡方临界值=15.507						
自变量	参数估计 β	标准误差 SE	统计量 $Wald$	自由度 df	显著水平 sig	发生比率 $Ex(\beta)$
X_3 坡度	-0.017	0.007	7.134	1	0.008	0.983
X_7 农业人口	0.000	0.000	26.254	1	0.000	1.000
X_{13} 农民人均纯收入	0.001	0.000	9.067	1	0.003	1.001
X_{20} 与农村居民点的距离	-0.002	0.000	24.153	1	0.000	0.998
X_{24} 第一产业产值比例	0.009	0.003	7.499	1	0.006	1.009
常量	-4.344	1.241	12.260	1	0.000	0.013

表 8 2010—2015 年农业景观的 Logistic 回归模型相关系数

第 2 阶段 2010—2015 年, $HL=11.791$, $sig=0.161$, $df=8$, 卡方临界值=15.507						
自变量	参数估计 β	标准误差 SE	统计量 $Wald$	自由度 df	显著水平 sig	发生比率 $Ex(\beta)$
X_2 高程	-0.002	0.000	59.119	1	0.000	0.998
X_3 坡度	0.068	0.000	47.928	1	0.000	0.934
X_{13} 农民人均纯收入	0.001	0.000	24.356	1	0.000	1.001
X_{19} 与公路的距离	0.000	0.000	4.583	1	0.032	1.000
X_{20} 与农村居民点距离	-0.003	0.001	32.919	1	0.000	0.997
X_{24} 第一产业比例	0.023	0.005	22.194	1	0.000	1.023
X_{26} 第三产业比例	-0.049	0.024	4.378	1	0.036	0.952
X_{27} 建设用地比例	0.210	0.059	12.824	1	0.000	1.234
X_{28} 森林覆盖率	0.034	0.011	9.370	1	0.002	1.034
常量	-7.357	1.329	30.632	1	0.000	0.001

表 9 2015—2020 年农业景观的 logistic 回归模型相关系数

第 3 阶段 2015—2020 年, $HL=10.714$, $sig=0.218$, $df=8$, 卡方临界值=15.507						
自变量	参数估计 β	标准误差 SE	统计量 $Wald$	自由度 df	显著水平 sig	发生比率 $Ex(\beta)$
X_3 坡度	-0.021	0.007	9.649	1	0.002	0.979
X_6 户籍人口	0.000	0.000	14.566	1	0.000	1.000
X_7 农业人口	0.000	0.000	10.861	1	0.001	1.000
X_{11} 人均粮食产量	-0.001	0.001	5.340	1	0.021	0.999
X_{12} 年末耕地面积	0.000	0.000	9.079	1	0.003	1.000
X_{14} 农村经济总收入	0.000	0.000	7.334	1	0.000	1.000
X_{19} 与公路的距离	0.000	0.000	8.642	1	0.036	1.000
X_{20} 与农村居民点的距离	-0.003	0.000	50.521	1	0.000	0.997
X_{23} 在校学生人数	0.000	0.000	16.932	1	0.000	1.000
X_{28} 森林覆盖率	0.039	0.007	31.016	1	0.000	1.040
常量	-1.854	0.634	8.563	1	0.003	0.157

在 2010—2015 年农业景观驱动模型中, HL 指标检验模型的拟合效果较好($sig=0.161$, 大于 0.05), 模型稳定, 结果可靠(表 8). 根据显著水平和 $Wald$ 统计量, 可知在农业景观格局演变过程中, 环境因素因素中的高程和坡度对农业景观格局演变的影响最大; 人文因素中的经济因素(农民人均纯收入、与公路的距离、与农村居民点的距离)、产业因素(第一产业比例、第三产业比例、建设用地比例)对农业景观格局演变的影响较大. 由此可见, 相较于 2005—2010 年, 主要影响因素稍有差异. 环境因素、经济因素、社会因素、产业因素和政策因素依然是共同促使农业景观格局演变的重要因素, 但该时期环境因素的作用大于人文因素的作用.

在 2015—2020 年农业景观驱动模型中, HL 指标($sig=0.218$, 大于 0.05)模型拟合效果好(表 9), 模型结果可靠. 根据显著水平和 $Wald$ 统计量, 在农业景观格局演变过程中, 自然因素中的坡度对农业景观演变的影响较大; 人文因素中的经济因素(农村经济总收入、与公路的距离、与农村居民点的距离)、社会因素、政策因素、产业因素对农业景观格局演变具有重要的影响力. 相较于上两个阶段, 文化因素成为 2015—2020 年农业景观变化的重要推动因素.

5 结论与建议

5.1 结论

本文以石柱县 2005—2010 年、2010—2015 年和 2015—2020 年 3 期土地利用变更数据为基础, 开展农业景观格局时空变化规律分析, 并进一步挖掘其影响因素, 得出以下结论:

1) 石柱县以生态型和生产型农业景观为主. 2005—2020 年生产型农业景观持续下降, 生活型和拓展型农业景观呈增长趋势, 生态型农业景观呈波动变化趋势. 生产型农业景观的优势分布区集中在低等级位区域, 生态型农业景观的优势分布区在高等级地形位区域, 而生活型农业景观优势分布区在中低等级地形位区域, 即人类活动的聚集区域, 说明人类活动对农业景观分布具有影响作用; 拓展型农业景观的优势分布区域随着时间推移逐渐由中低等级区域向较高地形位区域拓展.

2) 研究区内农业景观以稳定型和前期变化型为主, 主要分布在中低、中高地形梯度区, 其图谱以“生态—生态—生态—生态”“生产—生产—生产—生产”“生产—生态—生态—生态”“生态—生产—生产—生产”为主. 稳定型变化在 1~3 级、6~10 级为优势分布区. 前期变化型、中间过渡型、持续变化型、后期变化型在中低地形梯度区为优势分布区, 反复变化型在 1~6 级为优势分布区.

3) 研究区农业景观格局在经济、社会、文化、产业、政策等因素驱动下, 格局发生转化, 具体为生产型农业景观向生活型、拓展型、生态型农业景观转化, 生态型农业景观也呈现向拓展型、生产型农业景观转化, 表现了石柱县山区农业景观格局演变独特的地域性特征.

4) 环境、社会、经济、产业、文化和政策等因素均对农业景观格局的演变产生影响, 其中环境因素中的坡度是导致农业景观格局演变的主要驱动因素; 社会因素中的农业人口对农业景观格局演变具有显著的驱动作用; 经济因素中的区位条件(与公路的距离、与农村居民点的距离)等对农业景观格局演变具有特别重要的驱动影响; 农民人均纯收入、农村经济总收入等经济因素对农业景观格局演变也具有重要的驱动作用; 政策因素中的森林覆盖率对农业景观演变具有较强的驱动作用; 产业因素中第一产业产值比例、第三产业产值比例和建设用地比例对农业景观格局演变作用显著, 其中第一产业产值比例对农业景观格局的演变影响最为突出; 文化因素对农业景观格局的演变影响较弱.

5.2 建议

石柱县农业景观格局是长期适应西南山区独特地形地貌结构的产物, 景观利用图谱反应了农业景观利用类型的动态变化过程, 其在不同地形梯度下的分布指数反应了在自然环境影响下人类活动对农业景观利用的差异性. 地形因素决定了山地农业景观利用结构的空间配置, 同时政策制度、人口因素、农业生计模式变化、经济发展、产业推动是石柱县农业景观格局和景观利用图谱空间特征形成的核心动力. 结合景观

功能视角研究农业景观格局演变特征,未来应进一步优化和调整农业景观结构。具体来讲,主要可以从以下几个方面进行优化调整:

1) 针对不同地形梯度区域进行不同功能景观的调整与优化。石柱县农业景观在人类活动频繁的低海拔地区生产型农业景观向生活型农业景观转化显著,在地形梯度区域生态型农业景观向拓展型农业景观转化,因此在石柱县农业景观格局优化上,应当针对不同地形梯度区域的农业景观结构进行调整和优化。在低地形位上应减少生产型农业景观的流失,缓解生产型农业景观的破碎化现象,增加生产型农业景观的连续性和完整性;在中低、中高和高等级地形位上,应严禁损毁生态型农业景观等行为,坚决禁止陡坡地开垦,并结合石柱县地形梯度分析结果针对性地进行分区分景观管控,保证生态型农业景观的涵养水源,缓解水土流失的生态功能,增加农业景观斑块的连续性和完整性,确保区域物种的生物多样性,降低农业景观的脆弱性。

2) 引导政府科学制定农业景观各类型的供需规模和时序,尤其需要调整以建设用地为核心的生活型农业景观用地的供给规模和时序,达到供需总体平衡,服务于国家的宏观调控政策。在农业景观总量调控平衡的基础上,使农业景观利用结构趋于合理。结合现实需要科学制定石柱县生产型和生活型农业景观的年度用地计划,不断优化农业景观结构,保证农业景观资源的合理分配,满足社会基本需求,适应国家宏观调控的趋势与导向。科学划分各类农业景观功能区,加强对各类农业景观功能区的用途和空间管控。

3) 提高农民可持续发展的景观保护意识。生态文明建设是我国重要的战略决策,保护生态环境并确保耕地系统生态安全不仅关乎人们福祉,更关乎民族的未来。农民是农业景观保护的重要主体,也是实现乡村振兴的重要支柱和基石的,但部分农民可能并不理解农业景观保护的深刻内涵和重要意义。因此,应当从石柱县农业景观演变驱动力出发,提高石柱县农民可持续发展意识和农业景观保护意识。① 要改变研究区农民传统的经济思想,减少建设用地和生活型农业景观对生产型农业景观的占用,培养农民对生产型农业景观的管护和保护意识;② 应当以县政府为主体,地方乡镇为二级单位,地方村委会为具体执行单位,对农民的农业景观保护意识进行宣传教育,并对农业景观保护知识进行教育和培训,强调农民在农业景观保护中的主体作用,使农民转变观念,更加积极、深入、全面地参与到农业景观保护中;③ 充分调动农村地区各类人才参与农业景观保护,充分发挥科技人才在农业景观保护中的支撑作用。

参考文献:

- [1] 鲁莎莎,刘彦随,秦凡.环渤海地区农业地域功能演进及其影响因素[J].地理学报,2019,74(10):2011-2026.
- [2] 黄孟勤,李阳兵,冉彩虹,等.三峡库区腹地山区农业景观格局动态变化与转型[J].地理学报,2021,76(11):2749-2764.
- [3] FU B J, HU C X, CHEN L D, et al. Evaluating Change in Agricultural Landscape Pattern between 1980 and 2000 in the Loess Hilly Region of Ansai County, China[J]. Agriculture, Ecosystems & Environment, 2006, 114(2-4): 387-396.
- [4] 王立国,贾国栋,秦乾翔,等.旅游发展下乡村休闲农业景观格局演变及其驱动力研究[J].地理科学进展,2023,42(8):1556-1572.
- [5] 许丽,胡春元,赵海燕,等.半干旱丘陵区农业景观空间格局研究——以内蒙古和林格尔县胜利营乡为例[J].水土保持研究,2002,9(3):201-203.
- [6] 傅伯杰.黄土区农业景观空间格局分析[J].生态学报,1995,15(2):113-120.
- [7] 金桂梅,袁锋.喀斯特地貌单元中休闲农业景观格局分析与生态设计[J].云南地理环境研究,2016,28(5):49-53,77.
- [8] 郭玉,孙天旭,董丽洁,等.山东省滨海湿地景观格局演变及其生态环境效应遥感分析[J].湿地科学,2023,21(6):850-859.
- [9] 黄孟勤,李阳兵,李明珍,等.三峡库区人类活动强度与景观格局的耦合响应[J].生态学报,2022,42(10):3959-3973.
- [10] 江娟丽,杨庆媛.山区农业景观演变驱动力的理论分析与实证研究——以石柱县为例[J].西南大学学报(社会科学

版), 2023, 49(2): 139-152.

[11] 王云, 周忠学. 城市化对都市农业景观的影响——以西安市长安区为例 [J]. 中国生态农业学报, 2014, 22(5): 610-617.

[12] 彭建, 吕慧玲, 刘焱序, 等. 国内外多功能景观研究进展与展望 [J]. 地球科学进展, 2015, 30(4): 465-476.

[13] 刘渺渺, 梁冠敏, 肖瑶, 等. 闽三角林地景观结构与功能连接度的空间耦合关系 [J]. 生态学报, 2023, 43(24): 10464-10479.

[14] 赵显彬. 全域旅游视角下旅游景观廊道功能研究 [J]. 美与时代(上), 2023(9): 88-90.

[15] 黄钰雯, 刘黎明, 夏哲一, 等. 农业景观美学价值的内涵及在“美丽乡村”建设中的提升策略 [J]. 小城镇建设, 2023, 41(7): 28-34, 53.

[16] 张娇娇, 胡伟艳, 李梦燃. 农地景观文化功能需求及影响因素研究——基于计划行为理论拓展视角 [J]. 资源开发与市场, 2018, 34(7): 925-929.

[17] 张全景, 欧名豪, 王万茂, 等. 从土地环境解读我国的土地问题 [J]. 地理与地理信息科学, 2004, 20(5): 45-49.

[18] 金鉴明, 汪俊三. 金鉴明院士: 三峡库区必须进行生态修复与屏障建设 [J]. 中国三峡, 2009(11): 20-25.

[19] 王剑, 田阡. “重庆石柱黄连生产系统”的中国重要农业文化遗产特性研究 [J]. 遗产与保护研究, 2019, 4(1): 44-52.

[20] 李波. 中国的农业生物多样性保护及持续利用 [J]. 农业环境与发展, 1999, 16(4): 9-15.

[21] 孙玉芳, 李想, 张宏斌, 等. 农业景观生物多样性功能和保护对策 [J]. 中国生态农业学报, 2017, 25(7): 993-1001.

[22] 梁发超. 农业景观分类探讨及其应用——以北京市峪口镇为例 [J]. 土壤, 2017, 49(2): 408-413.

[23] 王亚娟, 米文宝, 李建华, 等. 宁夏中部干旱带农业景观格局变化研究 [J]. 水土保持研究, 2013, 20(4): 203-206, 319.

[24] 梁发超, 刘黎明, 双文元, 等. 基于自然适宜性的农业生产景观分区与调控——以湖南省长沙县金井镇为例 [J]. 土壤, 2015, 47(1): 142-147.

[25] 廖克, 秦建新, 张青年. 地球信息图谱与数字地球 [J]. 地理研究, 2001, 20(1): 55-61.

[26] 张莹, 叶宝鉴, 朱志鹏, 等. 福建省土地利用格局的地形梯度效应分析 [J]. 中国农学通报, 2022, 38(11): 96-105.

[27] 喻红, 曾辉, 江子瀛. 快速城市化地区景观组分在地形梯度上的分布特征研究 [J]. 地理科学, 2001, 21(1): 64-69.

[28] 廖艳梅, 兰安军, 尹林江, 等. 贵州省不同地形与地貌的土地利用变化分异特征 [J]. 济南大学学报(自然科学版), 2021, 35(6): 552-565.

[29] 王思楠, 李瑞平, 韩刚, 等. 基于遥感数据对毛乌素沙地腹部旱情等级的景观变化特征分析 [J]. 干旱区地理, 2018, 41(5): 1080-1087.

[30] 孙才志, 闫晓露. 基于 GIS-Logistic 耦合模型的下辽河平原景观格局变化驱动机制分析 [J]. 生态学报, 2014, 34(24): 7280-7292.

[31] 吴健生, 王政, 张理卿, 等. 景观格局变化驱动力研究进展 [J]. 地理科学进展, 2012, 31(12): 1739-1746.

责任编辑 夏娟