

陈洋, 李剑飞, 蒙友波, 等. 喀斯特山区城市群耕地时空演变特征及驱动因素分析[J]. 沈阳农业大学学报, 2024, 55(5): 594-604.

CHEN Yang, LI Jianfei, MENG Youbo, et al. Study on temporal and spatial changes and influencing factors of cultivated land in karst mountainous urban agglomeration[J]. Journal of Shenyang Agricultural University, 2024, 55(5): 594-604.

## 喀斯特山区城市群耕地时空演变特征及驱动因素分析

陈洋<sup>1</sup>, 李剑飞<sup>2</sup>, 蒙友波<sup>1</sup>, 罗洁琼<sup>3</sup>

(1. 贵州省自然资源勘测规划研究院, 贵阳 550004; 2. 北京世纪国源科技股份有限公司, 贵阳 550004;

3. 南通大学交通与土木工程学院, 江苏南通 226019)

**摘要:**厘清城市化背景下喀斯特山区城市群耕地现状及影响因素, 对推进区域可持续发展和保障粮食安全具有重要意义。以黔中城市群核心经济区为例, 基于2010年、2020年耕地数据, 利用变化轨迹分析法、耕地指数、空间自相关和地理探测器等方法, 探究喀斯特山区城市群耕地时空演变特征及其驱动因素。结果表明: 从整体看, 黔中城市群核心经济区耕地分布表现为“中部贵阳市低, 周边高”的特点; 从县域看, 研究期内县域耕地分布均以300~500 km<sup>2</sup>为主。黔中城市群核心经济区耕地同时具有转出和转入的变化特征, 但耕地转出面积明显大于转入, 使得研究区耕地减少2 309.37 km<sup>2</sup>。黔中城市群核心经济区耕地转入、转出具有明显的空间集聚特征, 且均以高-高聚类为主。影响黔中城市群耕地时空分布的主要因素为经济因素, 但随着社会经济发展, 经济因素的影响程度有所降低, 影响因素逐渐趋于多元化。为最大程度控制黔中城市群耕地减少, 建议在发展经济的同时要合理规划土地利用, 保障耕地安全。

**关键词:**耕地; 时空变化; 影响因素; 喀斯特山区; 黔中城市群

中图分类号: K903

文章编号: 1000-1700(2024)05-0594-11

文献标识码: A

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



## Study on Temporal and Spatial Changes and Influencing Factors of Cultivated Land in Karst Mountainous Urban Agglomeration

CHEN Yang<sup>1</sup>, LI Jianfei<sup>2</sup>, MENG Youbo<sup>1</sup>, LUO Jieqiong<sup>3</sup>

(1. Guizhou Institute of Natural Resources Survey and Planning Research, Guiyang 550004, China; 2. Beijing Century Guoyuan Technology Co., Ltd., Guiyang 550004, China; 3. School of Transportation and Civil Engineering, Nantong University, Nantong 226019, China)

**Abstract:** To clarify the current situation and influencing factors of cultivated land in Karst Mountainous Urban Agglomeration under the background of urbanization, which is of great significance to promote regional sustainable development and ensure food security. Taking the core economic zone of the central Guizhou urban agglomeration as an example, based on the cultivated land data in 2010 and 2020, this paper uses the methods of change trajectory analysis, cultivated land index, spatial autocorrelation and geographical detector to explore the temporal and spatial evolution characteristics and driving factors of cultivated land in the karst mountainous urban agglomeration. The result show that on the whole, the distribution of cultivated land in the core economic zone of the central Guizhou urban agglomeration showed the characteristics of "low in central Guiyang and high in the surrounding areas"; from the perspective of county, the distribution of cultivated land in the county during the study period is mainly 300-500 km<sup>2</sup>. The cultivated land in the core

收稿日期: 2024-06-28

基金项目: 国家自然科学基金项目(42001239)

第一作者: 陈洋(1982-), 男, 高级工程师, 从事自然资源调查、监测和规划研究, E-mail: 365242960@qq.com

通信作者: 蒙友波(1986-), 男, 硕士, 高级工程师, 从事自然资源调查监测、耕地保护及信息化研究, E-mail: 553740371@qq.com

economic zone of the central Guizhou urban agglomeration has the characteristics of both transfer out and transfer in, but the area of cultivated land transferred out is significantly greater than that transferred in, which reduces the cultivated land in the study area by 2 309.37 km<sup>2</sup>. The transfer in and transfer out of cultivated land in the core economic zone of Central Guizhou urban agglomeration have obvious spatial agglomeration characteristics, and are mainly high-high cluster. The main factor affecting the temporal and spatial distribution of cultivated land in the urban agglomeration of Central Guizhou is economic factors, but with the development of social economy, the influence degree of economic factors has decreased, and the influencing factors gradually tend to be diversified. In order to control the reduction of cultivated land in the central Guizhou urban agglomeration to the greatest extent, it is suggested that the land use should be reasonably planned while developing the economy to ensure the safety of cultivated land.

**Key words:** cultivated land; temporal and spatial changes; influencing factors; Karst Mountain areas; central Guizhou urban agglomeration

粮食安全是“国之大者”，耕地是粮食生产的命根子<sup>[1]</sup>。改革开放以来，因经济和城镇化的快速发展，城市群、城市化的快速涌现，进一步导致我国耕地非农化、非粮化、边际化等问题加剧，耕地数量和质量出现明显下降<sup>[2-5]</sup>。为确保粮食安全，国家提出了一系列耕地保护要求和措施，优化耕地利用格局，统筹安排耕地利用时空秩序，推进耕地数量和质量保护。而耕地数量及质量与自然环境、经济社会发展阶段密切相关，特别是在耕地数量少、质量差的喀斯特山区，往往是保障发展与保护粮食安全的矛盾所在<sup>[6]</sup>。因此，在快速城市化背景下，厘清喀斯特山区城市群耕地现状，掌握其耕地的时空演变特征及驱动因素，对保障区域可持续发展和粮食安全具有重要意义<sup>[7-9]</sup>。

目前，国内外学者已对耕地时空变化及影响因素开展了一系列研究。例如，崔岚等<sup>[10]</sup>研究了甘肃省2005-2019年耕地资源的变化及影响因素，认为粮食总产量对本省耕地资源面积变化的影响最显著；韦宇婵等<sup>[11]</sup>对鄂豫地区耕地变化时空特征和影响因素进行分析，认为鄂豫地区耕地的减少、平衡、增加空间差异显著，人口、固定资产投资与农业机械水平与耕地的空间变化呈正相关，地区生产总值则呈负相关；刘超等<sup>[12]</sup>分析了张家口市生态退耕前后的耕地变化及影响因素，认为张家口市退耕前，海拔和坡度是耕地转为其他用地的主导因素，退耕后，耕地转化的影响因素开始多样化。但以往研究多局限于省、地市、典型地区等，对于城市群这个特殊区域的研究较少。邓楚雄等<sup>[13]</sup>研究了长株潭城市群耕地数量时空变化及驱动因素，发现耕地数量相对变化率具有“市辖区>县级市>县”的特征，社会经济综合发展水平、农业科技创新与农业结构调整是驱动长株潭城市群地区耕地变化的主要因素；刘殿锋等<sup>[14]</sup>对中国城市群耕地变化的影响因素进行了分析，得出城市群耕地数量变化的尺度效应和地区分异特征显著，耕地变化与农业人口、工业经济、农业科技与呈正相关，建设用地扩张、经济全球化带来的外资增长呈负相关。但这些研究多集中于我国的东部和中部平原等地，对于具有特殊地貌的喀斯特地区城市群鲜有研究。

黔中城市群是我国西南地区典型的喀斯特山地城市群，喀斯特地貌面积达90%以上，具有“山多平地少、人均耕地少”的典型特征。黔中城市群作为贵州省经济文化集中区，自2010年“西部大开发”战略实施以来，城镇化、工业化加快推进，受此影响，耕地空间格局发生显著变化，城镇周边耕地流失加剧，2020年是贵州省“西部大开发”战略实施的第一个10年，研究该期间内城市群耕地的时空演变特征及驱动因素对区域可持续发展和耕地保护尤为重要。鉴于此，本研究以黔中城市群核心经济区耕地为研究对象，采用耕地指数、空间自相关和地理探测器等方法，定量分析2010-2020年来耕地的时空演变特征，揭示影响其变化的驱动因素，以期为该地区的耕地优化布局、耕地保护政策制定等提供参考依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 研究区概况

黔中城市群位于贵州省中部(图1)，其核心区包含贵阳、安顺、毕节、黔南、黔东南5个市州，涉及20个县(区)，总面积2.61万km<sup>2</sup>，是国家重点培育的区域性城市群<sup>[15]</sup>。2020年末，地区生产总值6 104.69

亿元,占全省的34.24%,年末常住人口1 052.40万人,占全省的27.28%<sup>[16]</sup>。以山地和丘陵地貌为主,生态环境脆弱,环境容量小<sup>[17]</sup>,可供开发利用的土地资源稀缺,耕地面积相对较小,截至2020年底,研究区耕地面积7 263.83 km<sup>2</sup>,仅占研究区总面积的27.76%。

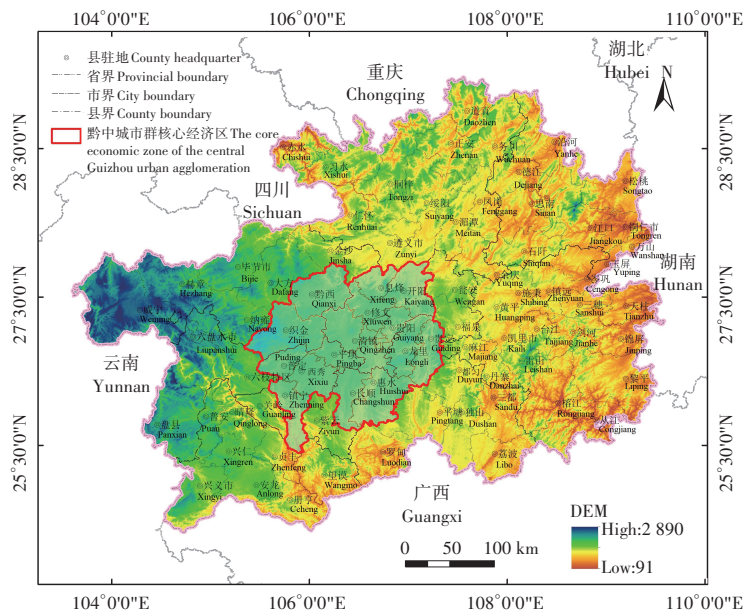


图1 研究区位置示意图

Figure 1 Location of the study area

## 1.2 数据来源

研究区主要数据来源:(1)以2010年和2020年高清卫片/航片为基础,分辨率为30 m,结合各土地利用类型的形状、纹理特征,以人机交互方式进行解译,得到2010年和2020年耕地、道路、河流和建设用地矢量数据。(2)DEM数据来源于地理空间数据云(<https://www.gscloud.cn>),空间分辨率为30 m,坡度由DEM计算而得;(3)降水和气温数据来源于国家青藏高原科学数据中心(<https://data.tpdc.ac.cn>),空间分辨率为1 km;(4)地区生产总值、农村常住居民人均可支配收入、年末常住人口等社会经济数据来自于2010年和2020年贵州省各市州统计年鉴。

## 2 研究方法

### 2.1 变化轨迹分析法

变化轨迹分析法可用于分析连续时间序列内土地利用的演变过程和变化趋势,能够最大程度地保障土地利用动态变化的完整性。计算公式为:

$$T_{ij} = (G_1)_{ij} \times 10^{n-1} + (G_2)_{ij} \times 10^{n-2} + \dots + (G_n)_{ij} \times 10^{n-n} \quad (1)$$

式中: $T_{ij}$ 为研究时段内各研究单元对应的变化轨迹代码; $n$ 为研究时间的节点数; $(G_n)_{ij}$ 为第 $n$ 个时间点对应的土地利用类型的轨迹代码<sup>[18]</sup>。

### 2.2 耕地指数

采用耕地指数识别黔中城市群核心经济区耕地空间分布格局,能够有效反映耕地的密集程度<sup>[19]</sup>。计算公式为:

$$P = \frac{S_i}{S} \quad (2)$$

式中: $S_i$ 、 $S$ 分别为研究时段内某一县域耕地面积和研究区总面积。

### 2.3 空间自相关

空间自相关可以描述研究区耕地在空间上的集散程度,包括全局自相关和局部空间自相关。全

局空间自相关是从区域总体反映耕地的集散程度,采用Globe Moran's  $I$ 指数判断,用 $I_G$ 表示。局部空间自相关可反映区域耕地集聚的空间位置,采用Local Moran's  $I$ 指数判断,用 $I_L$ 表示<sup>[20]</sup>。计算公式为:

$$I_G = \frac{n \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} (y_i - \bar{y})(y_j - \bar{y})}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})} \quad (4)$$

$$I_L = \frac{(y_1 - \bar{y})}{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2} \sum_{j=1}^n w_{ij} (y_j - \bar{y}) \quad (5)$$

式中: $n$ 为耕地的数量; $\bar{x}$ 为耕地面积平均值; $x_i$ 和 $x_j$ 分别表示不同地块 $i$ 和 $j$ 的耕地面积; $w_{ij}$ 为空间权重矩阵;Moran's  $I$ 值域为 $[-1,1]$ , $I$ 值越接近1,表明耕地面积在空间上的集聚效应越显著,越接近-1,则表明耕地面积在空间分布上的趋异性越显著<sup>[21]</sup>。

### 2.4 地理探测器

地理探测器是一种统计学方法,可用于探测自然和社会经济条件对耕地空间分布的影响因子及程度<sup>[22]</sup>。本研究主要利用其因子探测和交互探测分析黔中城市群核心经济区耕地时空变化的影响因素。计算公式为:

$$q = 1 - \frac{1}{M\sigma^2} \sum_{a=1}^N M_a \sigma_a^2 \quad (6)$$

式中: $q$ 为影响因子的解释程度,值域为 $[0,1]$ ,值越大说明该影响因子对耕地的空间分布影响越大; $N$ 为全区的单元数; $M_a$ 为层 $a$ 的单元数; $\sigma_a^2$ 和 $\sigma^2$ 分别为层 $a$ 和全区的方差<sup>[23]</sup>。

综合考虑前人研究成果,根据研究区数据获取和实际情况,从自然和人文2个方面共选取11个影响因子,以分析黔中城市群核心经济区耕地的时空分布的影响因素(表1)。

表1 耕地时空分布影响因子

Table 1 Impact factors of temporal and spatial distribution of cultivated land

影响因素 Influence factor	影响因子 Impact factor	变量符号 Variable symbol
自然因素 Natural factors	地形 Terrain	海拔/m Altitude $X_1$
	气候 Climate	坡度/(°) Slope $X_2$
		年均降水/mm Annual average precipitation $X_3$
		年均气温/°C Annual average temperature $X_4$
人文因素 Humanistic factors	建设用地面积占比/% Proportion of construction land area $X_5$	
	经济 Economy	地区生产总值/万元 Gross regional product $X_6$
	人口 Population	农村常住居民人均可支配收入/元 Per capita disposable income of rural permanent residents $X_7$
		年末常住人口/人 Year end permanent population $X_8$
		距道路的距离/m Distance from the road $X_9$
	区位 Location	距河流的距离/m Distance from the river $X_{10}$
		距居民点的距离/m Distance from residential areas $X_{11}$

### 3 结果与分析

#### 3.1 耕地的空间分布与区域差异

2010年、2020年黔中城市群核心区耕地面积分别为9 573.20 km<sup>2</sup>和7 263.83 km<sup>2</sup>,研究期内,共有2 309.37 km<sup>2</sup>耕地流失。由图2可知,研究区耕地整体表现为“中部贵阳市低,周边高”的特点。由表2可知,2010年研究区耕地面积为700 km<sup>2</sup>以上的县域共有4个,分别为织金县、黔西市、西秀区和开阳县;耕地面积为500~700 km<sup>2</sup>的县域为3个,分别为镇宁县、惠水县和清镇市;耕地面积为300~500 km<sup>2</sup>的县域共8个,分别分布在安顺市、黔南州和贵阳市;耕地面积为100~300 km<sup>2</sup>的县域仅乌当区1个;耕地面积为100 km<sup>2</sup>以下的有4个,分别为云岩区、南明区、观山湖区和白云区,均为贵阳市中心。2020年耕地有所减少,700 km<sup>2</sup>以上的县域仅织金县和黔西市,较2010年减少了西秀区和开阳县;500~700 km<sup>2</sup>的县域有3个,分别为西秀区、惠水县和开阳县;300~500 km<sup>2</sup>的县域为7个,也主要分布在安顺市、黔南州和贵阳市,但县域有所不同;100~300 km<sup>2</sup>的县域较2010年增加了修文县、花溪区和龙里县,均主要分布在贵阳市市中心邻近区域,受经济发展的快速影响,林地和建设用地的增加侵占耕地,使得耕地有所减少;100 km<sup>2</sup>以下的县域未发生变化。

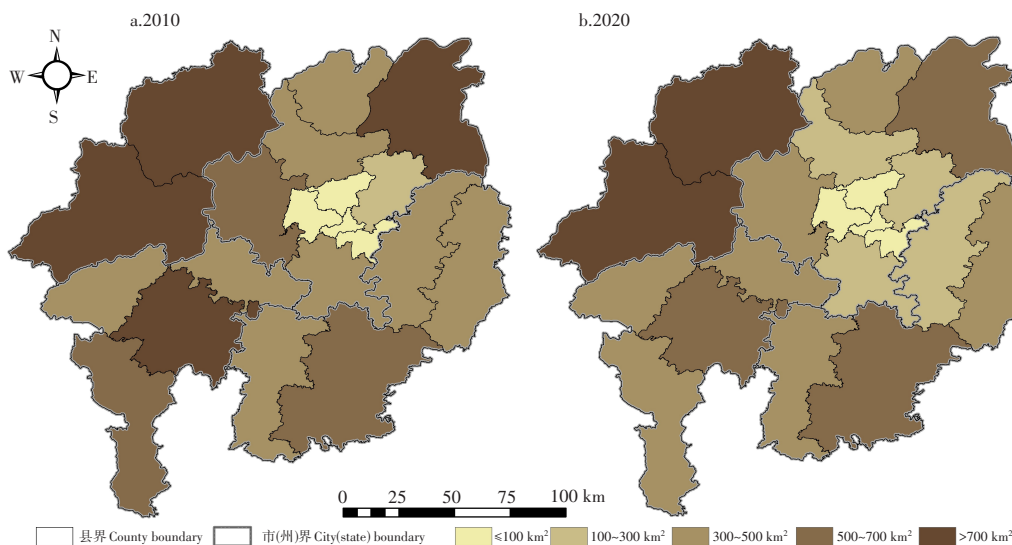


图2 黔中城市群核心经济区耕地分布

Figure 2 Distribution of cultivated land in the core economic zone of central Guizhou urban agglomeration

表2 黔中城市群核心经济区耕地分布

Table 2 Distribution of cultivated land in the core economic zone of central Guizhou urban agglomeration

耕地面积/km <sup>2</sup> Cultivated land area	县域 County	
	2010	2020
≤100	云岩、南明、观山湖、白云 Yunyan,Nanming,Guanshanhu,Baiyun	云岩、南明、观山湖、白云 Yunyan,Nanming,Guanshanhu,Baiyun
100~300	乌当 Wudang	乌当、花溪、修文、龙里 Wudang,Huaxi,Xiuwen,Longli
300~500	花溪、修文、息烽、平坝、长顺、普定、龙里、贵定 Huaxi,Xiuwen,Xifeng,Pingba,Changshun,Puding,Longli, Guiding	清镇、息烽、平坝、长顺、普定、镇宁、贵定 Qingzhen,Xifeng,Pingba,Changshun,Puding,Zhenning, Guiding
500~700	清镇、惠水、镇宁 Qingzhen,Huishui,Zhenning	开阳、西秀、惠水 Kaiyang,Xixiu,Huishui
>700	开阳、西秀、织金、黔西 Kaiyang,Xixiu,Zhijin,Qianxi	织金、黔西 Zhijin,Qianxi

为进一步了解黔中城市群耕地的空间密集程度,分别计算 2010 年和 2020 年黔中城市群核心经济区耕地指数,在 ArcGIS 10.7 中利用自然间断点法对耕地指数进行分级。由图 3 可知,黔中城市群核心经济区西北部县域的耕地分布较东南部更为密集,且 2010 年耕地较 2020 年更为密集。由表 3 可知,2010 年耕地指数大于 39% 的县共有 10 个,主要分布在中部、北部、西北部以及西部连片区域,占研究区县域数量的 50%,最高的为黔西市(46.03%),耕地指数在 30%~39% 的县共 3 个,分别为白云区、乌当区和镇宁县;耕地指数为 20%~30% 共 6 个,主要分布在研究区的南部、中部和东部区域;耕地指数在 20% 以下的仅云岩区 1 个,为 13.15%,这主要是因为云岩区为省会贵阳市的中心,主要以建设用地为主。2020 年耕地分布密集程度明显降低,耕地指数大于 39% 的仅黔西市(39.03%),相对于 2010 年减少 9 个县;耕地指数为 30%~39% 的共 6 个,主要分布在西部和东北部区域;耕地指数为 20%~30% 的 7 个,主要分布在南部、东部以及北部区域;耕地指数在 20% 以下的共 6 个,较 2010 年增加 5 个,分别为南明区、观山湖、乌当区、白云区、龙里县,均分布与贵阳市市中心及邻近区域,其中,云岩区的耕地指数最低,为 5.82%,较 2020 年下降一半,这些区域耕地密集程度明显下降的主要原因仍归结于经济的快速发展,使得适应其发展的建设用地大量增加。

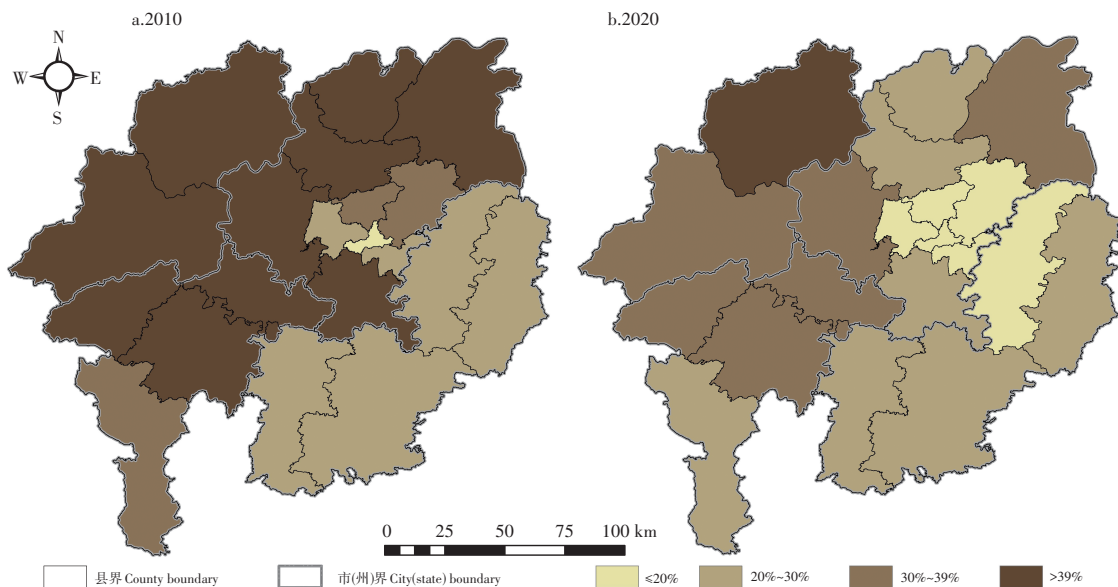


图3 黔中城市群核心经济区耕地指数分布图

Figure 3 Distribution map of cultivated land index in the core economic zone of central Guizhou urban agglomeration

表3 黔中城市群核心经济区耕地指数分布

Table 3 Cultivated land index in the core economic zone of central Guizhou urban agglomeration

耕地指数/% Cultivated land index	县域 County	
	2010	2020
≤20	云岩 Yunyan	云岩、南明、观山湖、乌当、白云、龙里 Yunyan, Nanming, Guanshanhu, Wudang, Baiyun, Longli
20~30	南明、观山湖、龙里、贵定、长顺、惠水 Nanming, Guanshanhu, Longli, Guiding, Changshun, Huishui	花溪、修文、息烽、贵定、长顺、惠水、镇宁 Huaxi, Xiuwen, Xifeng, Guiding, Changshun, Huishui, Zhenning
30~39	乌当、白云、镇宁 Wudang, Baiyun, Zhenning	清镇、开阳、西秀、平坝、普定、织金 Qingzhen, Kaiyang, Xixiu, Pingba, Puding, Zhijin
>39	花溪、清镇、修文、息烽、开阳、西秀、平坝、普定、织金、黔西 Huaxi, Qingzhen, Xiuwen, Xifeng, Kaiyang, Xixiu, Pingba, Puding, Zhijin, Qianxi	黔西 Qianxi

### 3.2 耕地时空变化特征

3.2.1 耕地数量结构变化特征 由上述分析可知,2010–2020年耕地数量和密集程度都出现明显的下降,为进一步了解耕地减少的去向,采用变化轨迹分析法获取2010–2020年黔中城市群核心经济区耕地转入和转出的情况(表4)。由表4可知,研究期内,耕地的变化同时具有转出和转入的特征,转入与转出的比例分别为21.53%和40.23%,转出的量明显大于转入,耕地面积出现了明显的减少。从变化类型看,研究区耕地的转入主要来源于林地,转入比例为13.33%,而耕地转出也主要转向于林地,转出比例为30.23%,这主要受研究期内实行的退耕还林政策的影响。

表4 2010–2020年黔中城市群核心经济区耕地数量结构变化

Table 4 Change of cultivated land quantity structure in the core economic zone of central Guizhou urban agglomeration from 2010 to 2020

转换方向 Transfer direction	轨迹代码 Track code	变化类型 Change type	变化面积/km <sup>2</sup> Change area	变化比例/% Change proportion
耕地转出 Cultivated land transfer out	12	耕地→林地 Cultivated land→forest land	2 928.89	30.23
	13	耕地→草地 Cultivated land→grassland	3.92	0.04
	14	耕地→建设用地 Cultivated land→construction land	834.51	8.61
	15	耕地→水域 Cultivated land→water	92.16	0.95
	16	耕地→未利用地 Cultivated land→unuse land	38.47	0.40
	合计 Total		9 689.53	40.23
耕地转入 Cultivated land transfer in	21	林地→耕地 Forest land→cultivated land	984.13	13.33
	31	草地→耕地 Grassland→cultivated land	291.69	3.95
	41	建设用地→耕地 Construction land→cultivated land	124.68	1.69
	51	水域→耕地 Water→cultivated land	27.27	0.37
	61	未利用地→耕地 Unuse land→cultivated land	160.81	2.18
	合计 Total		7 380.16	21.53

3.2.2 耕地空间变化分布特征 为更好反映黔中城市群核心经济区耕地变化的空间分布特征,将耕地变化类型分为转入转出。由图4可知,研究区耕地变化类型以转出为主,且耕地转出具有明显的空间集聚特征,主要集中在贵阳市市中心以及其他县域的城区区域。耕地转入主要集中在黔西、织金、开阳等西北部和东北部县域,东南部、南部区域分布较为分散。

3.2.3 耕地变化过程集聚特征 为进一步探究黔中城市群核心经济区耕地变化类型的空间集散特征,采用全局Moran's *I*分析耕地变化类型的集散程度。结果显示,耕地转入的Moran's *I*指数为0.030,*Z*值为162.46,耕地转出的Moran's *I*指数为0.015,*Z*值为78.22,表明耕地转入、转出在空间上均存在显著的集聚特征,且耕地转入的集聚程度明显高于耕地转出。

进一步采用局部莫兰指数识别耕地变化类型的高低聚类情况。由图5可知,耕地转出的空间集聚类型主要以高-高聚类为主,占集聚类型的70.97%,主要分布在贵阳市市中心地域、毕节市织金县、

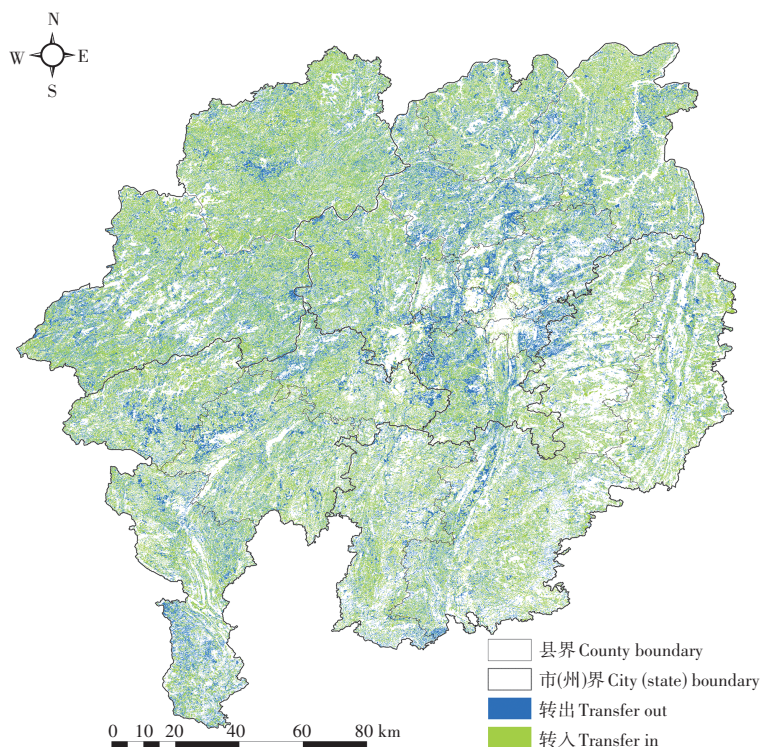


图4 黔中城市群核心经济区耕地变化类型分布

Figure 4 Distribution of cultivated land change types in the core economic zone of central Guizhou urban agglomeration

安顺市镇宁县以及黔南州惠水县,其次分布较多的为高-低聚类,主要分布在毕节市织金县和黔西市。耕地转入的空间集聚类型也主要以高-高聚类为主,占集聚类型的83.44%,主要分布在毕节市织金县、黔南州惠水县以及贵阳市开阳县,安顺市普定县、黔南州贵定县也有大量分布,其次分布较多的为高低聚类,主要分布在毕节市的黔西市。总的来看,转出的高-高聚类主要分布在各县域的城区临近区域,而转入的高-高聚类则主要分布在耕地本底较大的县域。

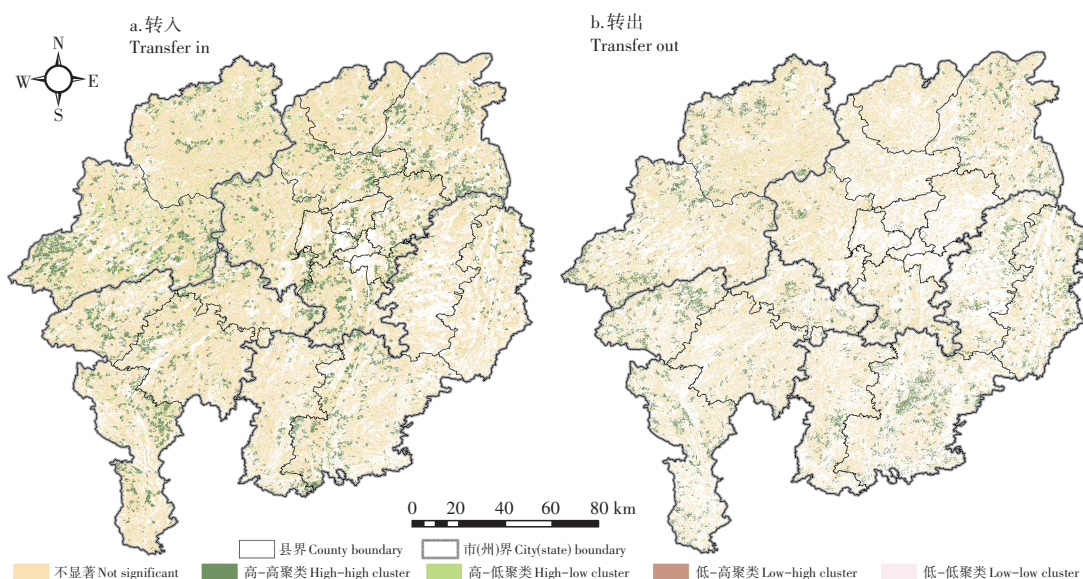


图5 黔中城市群核心经济区耕地变化的空间集聚类型分布

Figure 5 Distribution of spatial agglomeration types of cultivated land change in the core economic zone of central Guizhou urban agglomeration

### 3.3 耕地时空变化影响因素

3.3.1 主要影响因子分析 利用地理探测器计算各影响因子对黔中城市群核心经济区耕地空间分布影响能力值 $q$ (图6),除2020年距河流的距离外,其余影响因子均通过1%水平显著性检验。其中,2010年各影响因子对黔中城市群核心经济区耕地空间分布影响程度依次为:农村常住居民人均可支配收入( $X_7$ )>距河流的距离( $X_{10}$ )>年末常住人口( $X_8$ )>距居民点的距离( $X_{11}$ )>地区生产总值( $X_6$ )>建设用地面积占比( $X_5$ )>海拔( $X_1$ )>年均降水( $X_3$ )>年均气温( $X_4$ )>坡度( $X_2$ )>距道路的距离( $X_9$ );2020年各影响因子对黔中城市群核心经济区耕地空间分布影响程度依次为:地区生产总值( $X_6$ )>建设用地面积占比( $X_5$ )>年末常住人口( $X_8$ )>年均气温( $X_4$ )>农村常住居民人均可支配收入( $X_7$ )>海拔( $X_1$ )>年均降水( $X_3$ )>距道路的距离( $X_9$ )>距居民点的距离( $X_{11}$ )>坡度( $X_2$ )>距河流的距离( $X_{10}$ )。

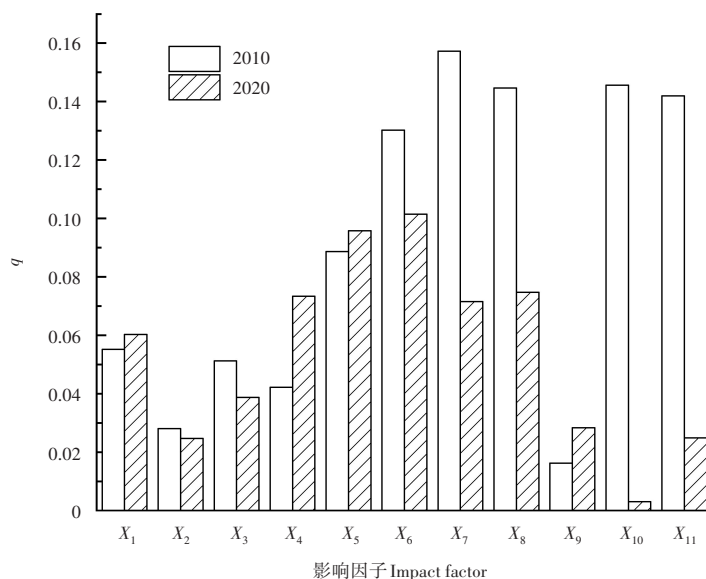


图6 2010—2020年耕地空间分布影响因子探测结果

Figure 6 Detection results of impact factors of cultivated land spatial distribution from 2010 to 2020

2010年与2020年耕地均主要分布在高程900~1 800 m,坡度为6~25°,说明高程( $X_1$ )和坡度( $X_2$ )是驱动耕地分布的主导因子;由于年均降水( $X_3$ )与年均气温( $X_4$ )在此期间空间格局未发生较大的变化,对耕地的空间分布变化的影响较为稳定;研究期内,黔中城市群核心经济区域城镇化程度不断提高,建设用地面积占比由4.02%增加到7.44%,而耕地转为建设用地的面积占耕地转出的8.61%,表明建设用地增加的部分大多来自于耕地,由此看出建设用地面积占比( $X_5$ )是黔中城市群耕地时空变化的主要驱动力;同时期,研究区地区生产总值由1 555万元增加到6 104万元,增加5倍以上,农村常住居民人均可支配收入由4 903万元增加到15 253万元,增加了3倍以上,年末常住人口由865万人增加到1 052万人,表明研究期内黔中城市群核心经济区经济与人口快速增长,进一步深化了对耕地空间变化的驱动程度。而受县县通高速、村村通等一系列政策的实施影响,研究内道路用地、居民点以及水域的增加,加大了耕地的通达性,也在一定程度上驱动了耕地的时空变化。

整体来看,经济是影响黔中城市群核心经济区耕地空间分布的最主要因素,其中,区位因素在早期的影响能力较为显著,但随着社会发展与农业科技进步,区位因素的影响能力逐渐弱化,到2020年均均在3%以下,距河流的距离( $X_{11}$ )低于1%。2010-2020年,除海拔( $X_1$ )、年均气温( $X_4$ )、建设用地面积占比( $X_5$ )的影响能力有提升外,其余因子的影响能力均有不同程度的降低,且影响因子间的差异也不断缩小,表明随着社会经济的发展,耕地空间分布的影响因素趋于多元化。

3.3.2 交互因子探测分析 交互因子探测结果表明(图7),2010年、2020年各影响因子间的交互作用均为增强关系,说明各影响间的交互作用能够强化对黔中城市群核心经济区耕地空间分布的影响能力。2010年,农村常住居民人均可支配收入( $X_7$ )与其他各因子交互影响能力 $q$ 值均在0.199以上,且与

建设用地面积占比( $X_5$ )交互影响值最高(0.282),2020年农村常住居民人均可支配收入( $X_7$ )与年末常住人口( $X_8$ )交互影响能力 $q$ 值最高(0.241),其次为地区生产总值( $X_6$ )与年均降水( $X_3$ )(0.221),进一步阐明了经济水平是影响黔中城市群核心区经济区耕地空间分布的主要因素。与2020年相比,2010年各因子之间的交互影响能力更为显著, $q$ 值高于0.20的占35%,2020年高于0.20仅占7%,且2020年大多数交互影响能力值有所降低,但也在一定程度上说明了各影响因子在不同时期均对黔中城市群核心经济区的空间分布有所影响。

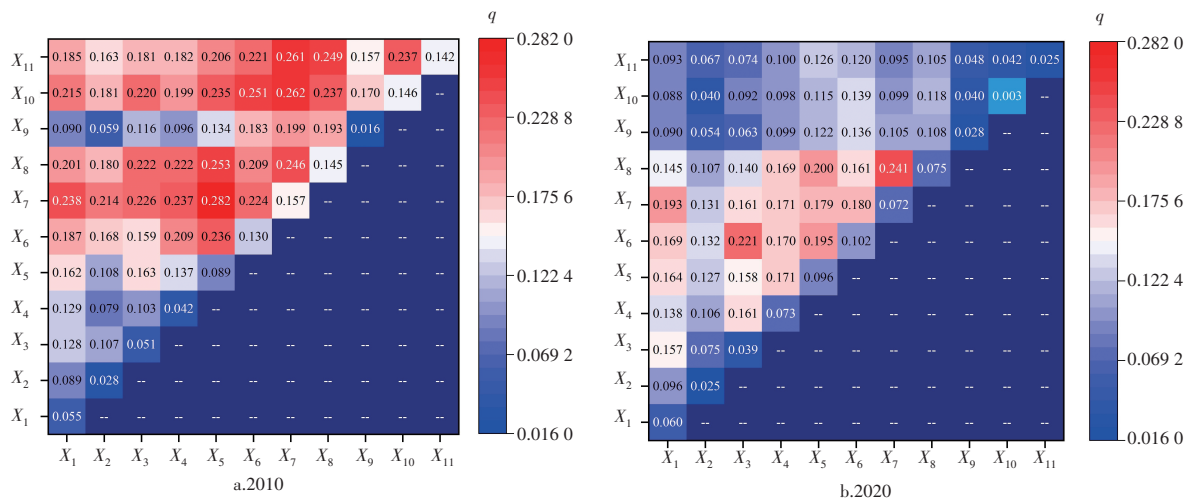


图7 2010-2020年黔中城市群核心区经济区耕地空间分布因子交互探测结果

Figure 7 Interactive detection results of cultivated land spatial distribution factors in the core economic zone of central Guizhou urban agglomeration from 2010 to 2020

### 4 讨论与结论

本研究对2010-2020年黔中城市群核心区的耕地时空分布特征及影响因素进行了分析,发现研究区耕地整体表现为“中部贵阳市低,周边高”的特点,这与贵州省的耕地空间格局有所不同<sup>[6]</sup>,同时,近10年来,研究区耕地不断减少,此结果与袁承程等<sup>[24]</sup>从全国层面的研究结果一致。研究利用地理探测器对耕地时空变化的影响因素进行了分析,发现人文因素对黔中城市群耕地时空变化的影响力明显高于自然因素,且经济因素的影响程度最大。对比其他学者关于城市群、城市圈耕地变化影响因素的研究,与本研究有所不同,申杨等<sup>[25]</sup>认为建设占用和生态占用是影响武汉城市圈耕地变化的主要因素,可从政策规划、空间规划等多措并举加强耕地资源保护与利用。当前贵州省已从不同层面出台一系列政策加强耕地保护、减少耕地流失,取得了一定成效,但耕地减少的现象仍有发生。因此,笔者认为针对黔中城市群耕地减少的情况,需因地制宜解决问题,农民作为耕地的直接播种者和利益相关的直接群体,只有保障农民的经济收入,才能留住农村劳动力,需从根源上解决黔中城市群耕地减少的问题,最大程度做好耕地保护。如完善农业补贴制度,按照“谁种粮、谁受益”的原则,对进行实际种粮的农户依据其实际种植的情况发放补贴,取消非粮种植农户的补贴,同时充分发挥地方政府主导作用,多方式、多渠道提高农民粮食销量,保障农民种粮收入,提高农户种粮积极性<sup>[26]</sup>;以市场化为导向,助力农户将粮食作物由初加工向精深加工发展,提升粮食作物附加值,提升农户收入<sup>[27]</sup>。

从整体看,黔中城市群核心区经济区表现为“中部贵阳市低,周边高”的特点;从县域看,2010年、2020年县域耕地分布均以300~500 km<sup>2</sup>为主,且主要分布在安顺市、黔南州和贵阳市,但2020年与2010年相比县域有所不同。

2010-2020年,黔中城市群核心区经济区耕地变化同时具有转出和转入的特征,但耕地转出的量明显大于转入,使得研究区耕地减少2 309.37 km<sup>2</sup>。从变化类型看,耕地主要与林地发生转移,林地转入耕地的比例占耕地转入的13.33%,耕地转出为林地的比例占耕地转出的30.23%。

从耕地变化的空间分布看,耕地转入、转出具有明显的空间集聚特征,且均以高-高聚类为主,耕地转入主要分布在毕节市织金县、黔南州惠水县以及贵阳市开阳县,耕地转出主要分布在贵阳市市中心地域、毕节市织金县、安顺市镇宁县以及黔南州惠水县。

2010-2020年,黔中城市群核心区耕地变化的主要影响因子有人均可支配收入、地区生产总值、年末常住人口等,人文因素影响明显高于自然因素,且经济因素的影响程度最大。随着社会经济发展,经济因素的影响程度有所降低,影响因素逐渐趋于多元化。

#### 参考文献:

- [1] 常 钦. 守好种好“饭碗田”[N]. 人民日报,2023-09-08(018).
- [2] 魏 慧,吕昌河,尹 旭. 青藏高原耕地的空间分异及其影响因素[J]. 地理科学,2023,43(3):379-387.
- [3] 张中秋,张裕凤,张 翔. 北部湾城市群耕地集约利用空间异质性及影响因素分析[J]. 农业资源与环境学报,2024,41(4):757-768.
- [4] 郎宛琪. 浅谈当前耕地保护所面临的形势和问题[J]. 中国土地,2021(3):20-21.
- [5] 安 悦,谭雪兰,李印齐,等. 洞庭湖地区耕地功能时空演变特征及影响因素研究[J]. 地理科学,2022,42(7):1272-1282.
- [6] 李 亮,周 磊,郝建贺,等. 党的二十大背景下的农业现代化竞争力研究—以江苏南京为例[J]. 智能化农业装备学报(中英文),2023,4(4):49-56.
- [7] 周 浩,覃 湘,王亚星,等. 40年来洞庭湖流域耕地利用变化及其水分平衡效应[J]. 长江流域资源与环境,2024,33(4):822-832.
- [8] 刘洪彬,高嘉鞠,吴梦瑶,等. 东北三省黑土区耕地数量时空格局变化及其驱动机制研究[J]. 沈阳农业大学学报,2022,53(4):444-453.
- [9] 张平平,高 蕾,鲁成树,等. 安徽省耕地资源利用变化对粮食安全影响实证分析[J]. 沈阳农业大学学报(社会科学版),2021,23(4):436-441.
- [10] 崔 岚,蔡为民. 2005—2019年甘肃省耕地资源变化及其影响因素分析——基于灰色关联度模型[J]. 东南大学学报(哲学社会科学版),2021,23(增刊1):23-26.
- [11] 韦宇婵,张丽琴. 鄂豫地区耕地资源变化时空特征及其影响因素[J]. 水土保持通报,2019,39(2):293-300.
- [12] 刘 超,霍永伟,许月卿,等. 生态退耕前后张家口市耕地变化及影响因素识别[J]. 自然资源学报,2018,33(10):1806-1820.
- [13] 邓楚雄,李晓青,向云波,等. 长株潭城市群地区耕地数量时空变化及其驱动力分析[J]. 经济地理,2013,33(6):142-147.
- [14] 刘殿锋,周泊远,何建华,等. 空间交互视角下中国城市群耕地变化影响因素分析[J]. 农业工程学报,2019,35(16): 274-283.
- [15] 王 媛,周长威. 黔中城市群景观生态安全格局构建[J]. 生态与农村环境学报,2019,35(9):1111-1117.
- [16] 向 征,高海丽. 黔中城市群水资源空间均衡状态分析[J]. 人民长江,2023,54(9):106-113.
- [17] 周长威,陈祁蔚. 黔中城市群生态旅游资源开发适宜性评价[J]. 湖南科技大学学报(自然科学版),2022,37(1):109-117.
- [18] 杨玉钱,彭双云,吕铭皓,等. 1990—2020年滇中城市群耕地非农化时空变化特征及驱动机制[J]. 水土保持学报,2024,38(3):239-251.
- [19] 李 丹,杨 光,倪春迪,等. 松嫩平原北部耕地空间分布及其变化特征[J]. 环境工程,2019,37(4):186-191.
- [20] 陈 磊,邱茹梦,李 川. 成都平原耕地非粮化时空演变特征及驱动因素[J]. 热带地理,2023,43(12):2406-2417.
- [21] 杜婉婷,李淑杰,曹竞文,等. 多尺度下的珲春市耕地质量空间自相关分析[J]. 东北师大学报(自然科学版),2018,50(4): 134-141.
- [22] 王劲峰,徐成东. 地理探测器:原理与展望[J]. 地理学报,2017,72(1):116-134.
- [23] 卫新东,关嘉敏,冯小龙,等. 秦岭陕西段耕地质量时空变化特征及其驱动力[J]. 地球科学与 环境学报,2023,45(2): 350-361.
- [24] 袁承程,张定祥,刘黎明,等. 近10年中国耕地变化的区域特征及演变态势[J]. 农业工程学报,2021,37(1):267-278.
- [25] 申 杨,龚 健,李晓丹,等. 武汉城市圈耕地利用变化驱动机制研究[J]. 中国土地科学,2023,37(8):123-133.
- [26] 陈 浮,刘俊娜,常媛媛,等. 中国耕地非粮化空间格局分异及驱动机制[J]. 中国土地科学,2021,35(9):33-43.
- [27] 李俊甫,房阿曼,吴克宁,等. 河南省耕地“非粮化”空间分异特征及其驱动因素分析[J/OL]. 中国农业资源与区划, <https://link.cnki.net/wlid/11.3513.S.20240419.1122.003>.

[责任编辑 李 薇]