



农业资源与环境学报

中文核心期刊
中国科技核心期刊

JOURNAL OF AGRICULTURAL RESOURCES AND ENVIRONMENT

欢迎投稿 <http://www.aed.org.cn>

黄河中下游地区耕地轨迹演变及驱动机制研究——以河南省为例

耿艺伟, 陈伟强, 张锋, 马月红

引用本文:

耿艺伟, 陈伟强, 张锋, 等. 黄河中下游地区耕地轨迹演变及驱动机制研究——以河南省为例[J]. 农业资源与环境学报, 2021, 38(2): 249–258.

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.13254/j.jare.2020.0216>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

河南省近十年来土壤侵蚀时空变化分析

黄硕文, 李健, 张欣佳, 邓联文, 张金萍

农业资源与环境学报. 2021, 38(2): 232–240 <https://doi.org/10.13254/j.jare.2020.0258>

京津冀潮白河区域2001—2017年耕地利用变化时空特征分析

苏锐清, 曹银贵, 王文旭, 邱敏, 宋蕾

农业资源与环境学报. 2020, 37(4): 574–582 <https://doi.org/10.13254/j.jare.2019.0266>

基于人地关系的干旱区耕地流转空间分异特征与驱动机制的地理探测

王琪, 王永生, 杜国明, 刘兆军

农业资源与环境学报. 2021, 38(2): 241–248 <https://doi.org/10.13254/j.jare.2020.0204>

常州市钟楼区耕地产能空间分布与影响因素分析

朱新帅, 王博宇, 黄克龙, 曹天邦

农业资源与环境学报. 2020, 37(5): 672–680 <https://doi.org/10.13254/j.jare.2019.0297>

基于力学平衡模型的耕地多功能演变及其协调性分析——以珠江三角洲为例

余富祥, 胡月明, 刘振杰, 李波, 王璐

农业资源与环境学报. 2019, 36(6): 728–737 <https://doi.org/10.13254/j.jare.2018.0302>



关注微信公众号, 获得更多资讯信息

耿艺伟, 陈伟强, 张锋, 等. 黄河中下游地区耕地轨迹演变及驱动机制研究——以河南省为例[J]. 农业资源与环境学报, 2021, 38(2): 249–258.

GENG Yi-wei, CHEN Wei-qiang, ZHANG Feng, et al. Evolution and driving mechanisms of cultivated land trajectories in the middle and lower reaches of the Yellow River: A case study on the Henan Province[J]. *Journal of Agricultural Resources and Environment*, 2021, 38(2): 249–258.



开放科学 OSID

黄河中下游地区耕地轨迹演变及驱动机制研究 ——以河南省为例

耿艺伟, 陈伟强*, 张锋, 马月红

(河南农业大学资源与环境学院, 郑州 450002)

摘要:为探究黄河中下游地区耕地轨迹演变规律,以河南省沿黄地区和非沿黄地区为例,运用变化轨迹方法、景观格局指数和 Logistic 回归模型进行耕地轨迹演变及其驱动机制的对比分析。结果表明:沿黄地区耕地扩张和缩减幅度高于非沿黄地区,扩张型耕地在沿黄地区主要沿黄河两岸分布,非沿黄地区分布均匀。非沿黄地区缩减型耕地向各行政区的中心集聚,沿黄地区缩减型耕地明显向郑州集聚。耕地是河南省优势景观类型,沿黄地区扩张型耕地和缩减型耕地聚集程度和连通性高于非沿黄地区,但连通聚集增长率低于非沿黄地区。Logistic 分析表明,沿黄地区与非沿黄地区的耕地轨迹转化驱动因素略有差异,沿黄地区耕地的扩张对黄河水的依赖性强,非沿黄地区受经济发展和社会生活的影响较大。缩减型耕地在沿黄地区和非沿黄地区的驱动因子基本一致,区别主要在于贡献率的不同。研究结果为保障国家粮食安全及黄河流域高质量发展提供理论依据。

关键词:河南省;黄河;耕地轨迹;驱动力;Logistic 回归模型

中图分类号:F323.21;F224 文献标志码:A 文章编号:2095-6819(2021)02-0249-10 doi: 10.13254/j.jare.2020.0216

Evolution and driving mechanisms of cultivated land trajectories in the middle and lower reaches of the Yellow River: A case study on the Henan Province

GENG Yi-wei, CHEN Wei-qiang*, ZHANG Feng, MA Yue-hong

(College of Resources and Environment, Henan Agricultural University, Zhengzhou 450002, China)

Abstract: To explore the evolution trajectories of cultivated land in the middle and lower reaches of the Yellow River (considering the areas along the Yellow River and areas located away from the Yellow River within the Henan Province as research areas), a comparative analysis of the evolution trajectories and their driving mechanisms was carried out using the change trajectory method, a landscape pattern index and a Logistic regression model. The results showed that the instances of expansion and shrinkage of cultivated land along the Yellow River were more frequent than those in the areas located away from the Yellow River. Reduced levels of cultivated land in areas located away from the Yellow River were typically found toward the centers of their respective administrative regions. Meanwhile, along the Yellow River, reduced levels of cultivated land tended to be concentrated in the Zhengzhou region. Cultivated land was the dominant landscape type in Henan Province. The expansion and shrinkage of the accumulation and connectivity of cultivated land in the areas along the Yellow River were higher than in the areas located away from the river; However, the growth rate of connected agglomeration was lower in the areas along the Yellow River. Logistic regression analysis showed that the driving factors of cultivated land trajectories in areas along the Yellow River were slightly different to those of areas located away from the river. The expansion of cultivated land in areas along the Yellow River

收稿日期: 2020-04-25 录用日期: 2020-05-25

作者简介: 耿艺伟(1998—), 女, 河南商丘人, 硕士研究生, 从事土地资源管理研究。E-mail: GYWstudygyw@163.com

*通信作者: 陈伟强 E-mail: chwqgis@163.com

基金项目: 国家自然科学基金青年科学基金项目(41901259)

Project supported: The Young Scientists Fund of the National Natural Science Foundation of China(41901259)

<http://www.aed.org.cn>

was highly dependent on the water of the Yellow River, while the expansion of cultivated land in areas located away from the river was affected more by economic development and social life. These factors had different contributions to the shrinkage of cultivated land in two areas. This research provides a theoretical basis for ensuring national food security and responding to the high-quality development of areas surrounding the Yellow River.

Keywords: Henan Province; Yellow River; farmland track; driving force; Logistic regression model

耕地是粮食生产的根基所在,粮食安全是社会稳定的“压舱石”。国家和区域间的社会经济发展目标与制度措施改革促进土地利用发生剧烈转型,其中耕地最为频繁。据测算,2020年中国粮食缺口达1亿t以上^[1]。中国耕地资源面临巨大压力^[2]。黄河流域是我国重要经济产业开发地带,资源、能源聚集基地和重点生态功能屏障^[3],因此,黄河在社会经济发展和生态文明建设的顶层设计中具有至关重要的地位。习近平总书记在《在黄河流域生态保护和高质量发展座谈会上的讲话》中确定黄河流域在我国经济社会发展及生态安全方面的国家战略地位,指出河南段在整个黄河流域生态保护中任务最重、困难最多,同时河南沿黄生态廊道的建设又是最有条件、最富前景的。因此,对比研究河南省沿黄与非沿黄地区耕地变化轨迹动态演变及其驱动机制,探索沿黄地区耕地轨迹的特殊性,对于河南省推进生态保护与粮食安全及黄河高质量发展具有重要意义。

近年来,众多学者针对耕地变化^[4-5]、耕地保护^[6-7]、耕地集约利用^[8-9]以及耕地流转^[10-11]等展开了大量研究,研究区域主要在经济发达和沿海的地区。耕地不仅是景观类型中最常见的一种,也是区域生态系统的主要单元,其变化深刻影响着区域景观发展方向。随着时间推移和人类社会活动的加剧,黄河沿岸耕地景观格局发生了巨大变化。众多学者从黄河流域生态治理、土地利用变化等方面进行研究,程舒鹏等^[12]分析了黄河下游土地利用/覆被变化(LUCC)以及影响因素,刘璐璐等^[13]将黄河源区与长江源区的土地利用/覆被变化进行了对比。但针对耕地这一特定土地利用类型的研究较少,尤其是黄河中下游地区河南省沿黄与非沿黄地区的对比研究尚未涉及,大多数土地利用变化研究运用传统的转移矩阵等方法,不能完整地反映土地类型演变过程,而变化轨迹分析可以详细完整表征景观格局在时间维度上的动态演变,体现景观细微的变化过程。鉴于此,本研究将河南省划分为沿黄地区和非沿黄地区,运用变化轨迹分析、景观格局指数和 Logistic 回归模型等方法分析两类地区耕地轨迹动态演变和驱动机制,以期对河南省分类指

导两类地区耕地的科学布局提供思考。

1 材料与方法

1.1 研究区域概况

黄河中下游流域包括内蒙古、陕西、山西、河南、山东,而河南是黄河流域的第一人口大省和全国的第五经济大省。黄河流域的河南段流经8个地市(图1),面积达57 217.09 km²,占黄河流域面积的5%,占河南省总面积的21.6%。这8个地市经济总量达河南省的53.1%。研究区土地利用类型主要是耕地。黄河流域河南段属于山地和平原过渡河段,具有特殊地理环境条件,河道形态多元复杂,其河道最宽、面积最大、悬差最大。河南省水土流失严重,尤其是黄河流域,径流量不断减少,水土流失面积达60%,造成严重生态环境问题。

1.2 数据来源

本研究所使用的遥感影像和DEM数据来自中国科学院数据云地理空间(1980、1990、1995、2000、2005、2010、2015年七期),运用ERDAS Imagine 9.1对其进行几何校正等预处理。依据LUCC分类标准,将

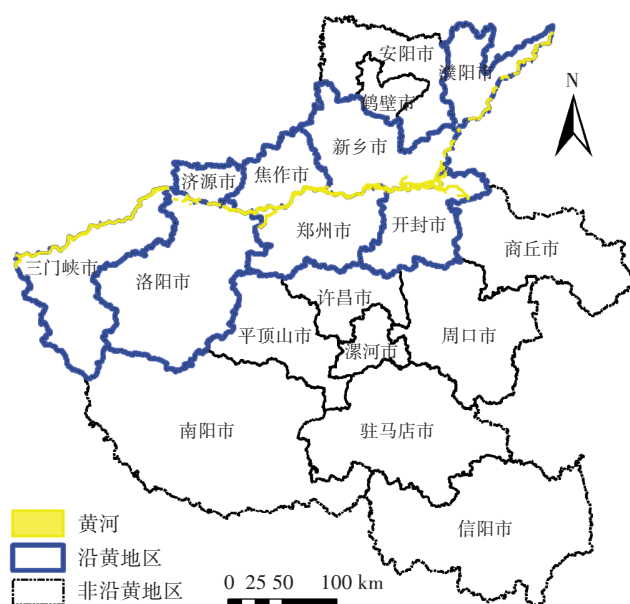


图1 河南省研究区图

Figure 1 Map of Henan Province research area

土地利用类型划分为耕地、林地、草地、水域、建设用地和未利用土地6大类^[14]。利用 ArcGIS 10.2 人机交互法修正,将土地利用类型重新分类为耕地与非耕地两类。结合实地数据及 Google Earth 获取 500 个样本进行精度验证,分类结果精度均在 90% 以上, Kappa 系数高于 0.85,精度满足大尺度的研究需要^[15]。驱动力分析数据来源于 1990—2015 年《河南统计年鉴》和河南省各地市统计年鉴。

1.3 研究方法

1.3.1 变化轨迹分析

变化轨迹分析完整表征景观格局在时间维度上的动态演变,可呈现景观细微的变化,有利于深入探讨景观动态演变规律^[15-16]。轨迹代码由不同时相上像元的土地利用类型代码值叠加所得,轨迹类型的数量取决于土地利用类型数目(n)和时间节点的个数(m),记作 n^m 。本研究使用代码 1 和 2 表示耕地和非耕地,像元上各时间节点代码叠加值为该像元转化轨迹代码。公式如下:

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

式中: T_{ij} 代表第 i 行、第 j 列的代码值; n 代表选取的影像个数; $(G_1)_{ij}$ 、 $(G_2)_{ij}$ 、 $\cdots$ 、 $(G_n)_{ij}$ 表示土地利用类型的

代码值。

本研究时间序列有 7 个时间点,耕地轨迹变化类型共有 $2^7=128$ 种。为细致反映耕地景观演变的动态特征,耕地变化轨迹归纳为表 1。

1.3.2 耕地转化轨迹景观格局指数

利用 Fragstats 4.2,选取斑块占景观面积比例 PLAND (Percentage of landscape)、散布与并列指数 IJI (Interspersion and juxtaposition index)、面积加权平均斑块分维指数 FRAC-AM (Area weighted mean fractal dimension index)、斑块结合度 COHESION、面积加权欧式最邻近距离 ENN-AM (Area weighted mean euclidean nearest neighbor distance) 进行景观格局分析(表 2)。

1.3.3 Logistic 回归模拟

本研究采用二分类 Logistic 回归模型,该模型基于抽样数据阐明自变量 X_n 与因变量 y 的出现概率,探测驱动因子对耕地演化过程的影响强弱^[17]。第 n 个案例的自变量 $n=(x_{1n}, x_{2n}, \dots, x_{kn})$,二分类因变量 y_n 取值为 0 或 1 时,事件发生条件概率为:

$$P_n=P(y_n=1 \mid x_{1n}, x_{2n}, \dots, x_{kn}) \quad (2)$$

表 1 耕地轨迹变化类型

Table 1 Change types of cultivated land track

轨迹类型 Track type	特征 Feature	轨迹代码 Track code
恒定耕地	研究时间段内土地利用类型一直为耕地	1111111
恒定非耕地	研究时间段内土地利用类型一直为非耕地	2222222
扩张型耕地	当前时间点的耕地由前一时间节点的非耕地变化形成	2111111、2211111、2221111、 $\cdots$
缩减型耕地	当前时间点的非耕地由前一时间节点的耕地变化形成	1222222、1122222、1112222、 $\cdots$
间歇型耕地	研究时间段内土地利用类型在耕地与非耕地之间不断变化	1212121、1221212、2121212、 $\cdots$

表 2 景观格局指数

Table 2 Landscape pattern index

指数 Index	公式 Formula	描述 Description
斑块占景观面积比例 PLAND	$PLAND=\sum_{j=1}^n a_{ij}/A \times 100\%$	A 为景观斑块总数; a_{ij} 为斑块 ij 的面积
散布与并列指数 IJI	$IJI=\frac{-\sum_{k=1}^m \left[\left(\frac{e_{ik}}{\sum_{k=1}^m e_{ik}} \right) \ln \left(\frac{e_{ik}}{\sum_{k=1}^m e_{ik}} \right) \right]}{\ln(m-1)} \times 100\%$	e_{ik} 为与类型 k 的斑块相邻的斑块边长
面积加权平均斑块分维指数 FRAC-AM	$FRAC-AM=\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \left[X_{ij} \left(a_{ij} / \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n a_{ij} \right) \right]$	a_{ij} 为斑块 ij 的面积; AM 为面积权重均值, X_{ij} 为斑块指数值
斑块结合度 COHESION	$COHESION=\left[1-\left(\sum_{j=1}^n P_{ij} / \sum_{j=1}^n P_{ij} \sqrt{a_{ij}} \right) \right] \times \left[1-\frac{1}{\sqrt{A}} \right]^{-1} \times 100\%$	P_{ij} 为斑块 ij 周长; a_{ij} 为斑块 ij 面积; A 为景观斑块总数
面积加权欧式最邻近距离 ENN-AM	$ENN-AM=\sum_{j=1}^n \left[h_{ij} \left(a_{ij} / \sum_{j=1}^n a_{ij} \right) \right]$	a_{ij} 为斑块 ij 的面积; h_{ij} 为斑块 ij 与其最邻近斑块之间的距离

$$P_n = \frac{\exp(\alpha + \beta_1 x_{1n} + \beta_2 x_{2n} + \cdots + \beta_k x_{kn})}{1 + \exp(\alpha + \beta_1 x_{1n} + \beta_2 x_{2n} + \cdots + \beta_k x_{kn})} \quad (3)$$

式中： α 为截距； β 为斜率；当自变量为 $x_{1n}, x_{2n}, \dots, x_{kn}$ 时，景观类型转变概率 P_n 取值范围为0~1之间。

二分类 Logistic 回归模型为：

$$\text{Logit}(P_n) = \ln\left(\frac{P_n}{1 - P_n}\right) = \alpha + \beta_1 x_{1n} + \beta_2 x_{2n} + \cdots + \beta_k x_{kn} \quad (4)$$

依据数据科学性与可获取性，本研究从自然地理基底、经济发展水平、社会生活状况方面选取了10个耕地轨迹变化的驱动因子为自变量，见表3。对因变量随机抽样，使每种变化类型数量相等，从而保证相同预测精度。分别在扩张型耕地和缩减型耕地中各取8 000个有效抽样点，将自变量属性值提取至抽样点。空间自相关效应会对模型结果造成误差，以30 m×30 m栅格数据为基础数据源，利用ArcGIS的重采样，选择300 m×300 m、350 m×350 m、400 m×400 m、500 m×500 m、600 m×600 m五个模拟尺度，据ROC值选择最佳拟合尺度。

2 结果与分析

2.1 耕地轨迹时空变化分析

2.1.1 耕地轨迹时间变化

经统计，1980—2015年的35年间，河南省非沿黄地区耕地占比从69.64%降至67.30%，沿黄地区耕地占比从57.59%降至54.95%，非沿黄地区耕地占比大于沿黄地区，两地区耕地占比均呈下降状态。恒定耕地是河南省主要景观类型，占比为52.80%。沿黄地区间歇型耕地占研究区面积的11.82%，并逐年增加，河南省沿黄地区的耕地处于不断扩张和缩减交互变

化的过程。河南省沿黄地区与非沿黄地区的扩张型耕地与缩减型耕地的占比变化如图2所示。沿黄地区扩张和缩减型耕地占比均高于非沿黄地区，沿黄地区耕地扩张和缩减交错的幅度均强于非沿黄地区。

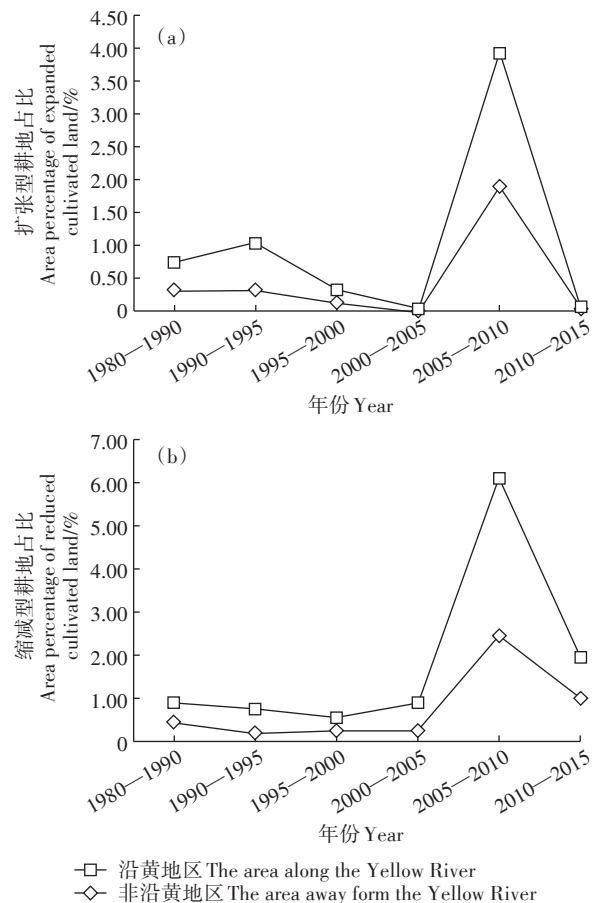


图2 河南省耕地轨迹时间变化
Figure 2 Temporal variations of cultivated land trajectory in Henan Province

表3 耕地轨迹变化驱动因子

Table 3 Driving factors of cultivated land track change

驱动因素 Driving elements	驱动因子 Driving factors	因子描述 Factor description
自然地理基底	距离黄河的距离	计算基年期各因子到黄河的距离，按自然断点将到黄河的距离由远到近分级赋值为1~10
	距离区域中心的距离	计算基年期各因子到各地市政府的距离，按自然断点将到区域中心的距离由远到近分级赋值为1~10
经济发展水平	高程	将DEM数据进行重采样得到高程数据图层
	GDP(万元)	将基年期GDP数据按市级行政区赋值
	全社会固定资产投资额(万元)	将基年期全社会固定资产投资额数据按市级行政区赋值
	建设用地面积(km ²)	将基年期建设用地面积数据按市级行政区赋值
社会生活状况	二三产业占比(%)	将基年期二三产业占比数据按市级行政区赋值
	人口密度(人·km ⁻²)	将基年期人口密度数据按市级行政区赋值
	在岗职工平均工资(元)	将基年期在岗职工平均工资数据按市级行政区赋值
	农民人均纯收入(元)	将基年期农民人均纯收入数据按市级行政区赋值

2.1.2 耕地轨迹空间变化

基于变化轨迹方法,利用 ArcGIS 得到河南省沿黄与非沿黄地区耕地轨迹演变图(图3)。恒定耕地分布均匀,扩张型和缩减型耕地分布在恒定耕地和恒定非耕地边缘。河南省缩减型耕地主要向区域中心集中,非沿黄缩减型耕地向各行政区的中心集聚,沿黄缩减型耕地明显向郑州市集聚,从各时期看也是以区域中心逐年外延。沿黄地区扩张型耕地分布在黄河两岸,而非沿黄地区分布均匀(图4)。郑州市、新乡市缩减型和扩张型耕地面积均较大,分别为 1 310.03、

619.46 km²和 485.64、298.83 km²。这两个地市位于中原经济区,缩减面积是扩张面积的 2 倍多,主要是由于的城镇扩张占用的地类 80% 来源于耕地,并且境内工业众多,大量耕地被占用,耕地不断缩减。郑州的耕地扩张主要来自黄河湿地的滩涂^[18],新乡市主要是通过强力推进节约用地对耕地进行开发整理,使耕地面积不断增加。

2.2 耕地转化轨迹景观格局分析

PLAND 值反映区域优势景观类型。由表 4 可知,非沿黄地区恒定耕地 PLAND 值大于沿黄地区,表明

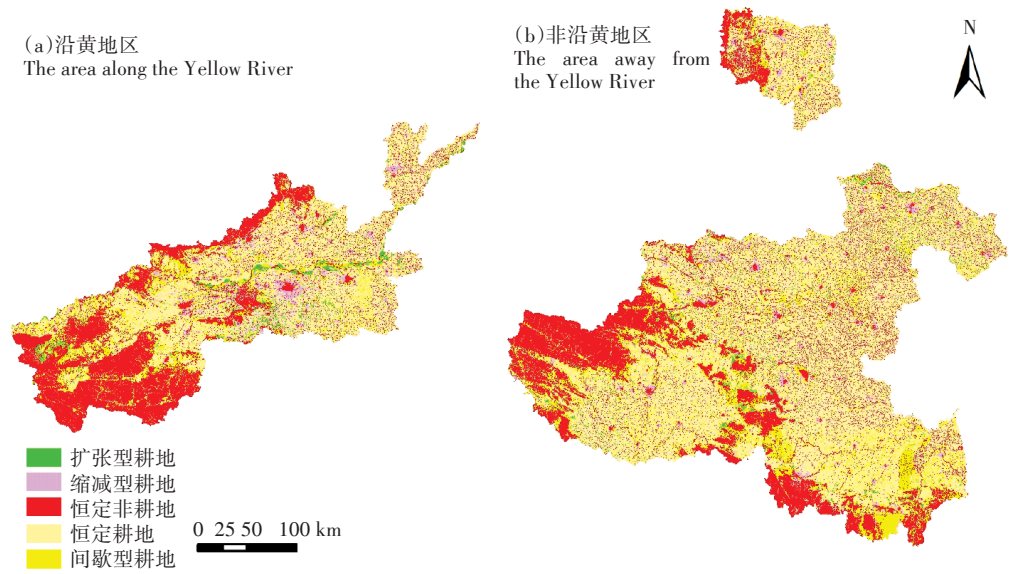


图3 河南省耕地轨迹演变图

Figure 3 Evolution of cultivated land trajectory in Henan Province

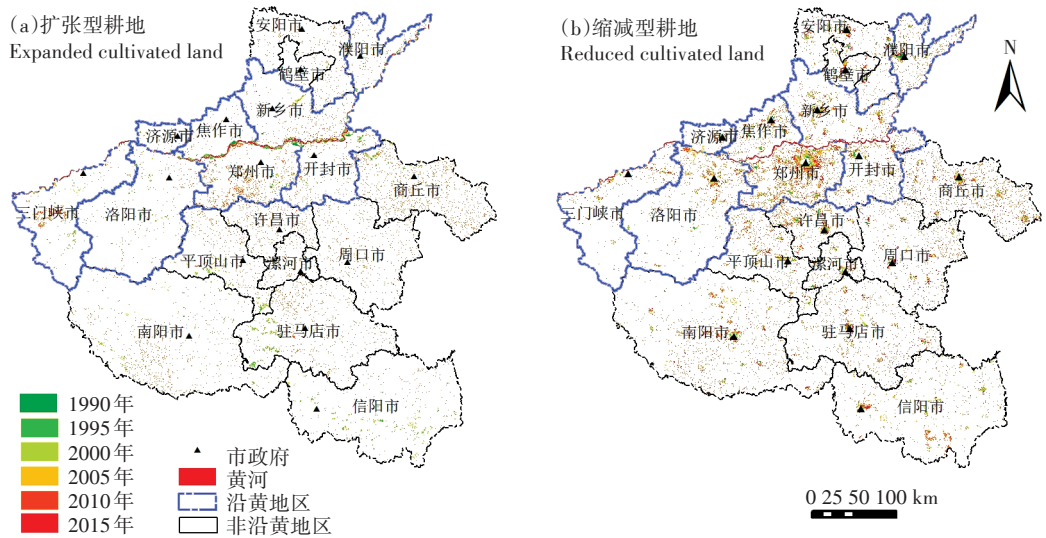


图4 河南省耕地轨迹空间变化

Figure 4 Spatial changes of cultivated land trajectory in Henan Province

表4 耕地转化轨迹景观格局指数

Table 4 Landscape pattern index of farmland transformation track

轨迹类型 Track type	PLAND/%		FRAC-AM		IJI/%	
	沿黄地区 The area along the Yellow River	非沿黄地区 The area away from the Yellow River	沿黄地区 The area along the Yellow River	非沿黄地区 The area away from the Yellow River	沿黄地区 The area along the Yellow River	非沿黄地区 The area away from the Yellow River
恒定耕地	46.48	59.03	1.32	1.35	86.08	90.36
缩减型耕地	6.56	4.71	1.14	1.12	75.54	74.95
扩张型耕地	3.47	2.73	1.12	1.10	81.18	80.66
恒定非耕地	31.67	22.41	1.26	1.20	82.09	92.73
间歇型耕地	11.82	11.12	1.16	1.16	89.84	87.81

非沿黄地区耕地比例高于沿黄地区;但非沿黄地区缩减型和扩张型耕地的PLAND值均低于沿黄地区,尤其是缩减型耕地,表明沿黄地区耕地缩减幅度更大;间歇型耕地PLAND值在沿黄地区高于非沿黄地区,表明沿黄地区耕地扩张缩减变化交替程度高于非沿黄地区。IJI值表示斑块总体散布与并列状况。沿黄地区扩张型和缩减型耕地IJI值比非沿黄地区高,表明其空间关联程度高;从生态意义讲,河南省沿黄地区耕地转化轨迹对黄河水的依赖性很高。FRAC-AM值可以反映景观变化轨迹的复杂性和稳定性等特性,其越接近1代表形状越简单。缩减型耕地FRAC-AM值大于扩张型耕地,说明河南省耕地缩减概率大于耕地扩张,耕地面积总体呈减少状态。非沿黄地区的扩张和缩减型耕地变化轨迹相对沿黄地区较平缓。

通过Fragstats 4.2得到沿黄地区与非沿黄地区耕地转化类型空间景观指数(图5和图6)。河南省沿黄地区与非沿黄地区扩张型耕地的3个指数变化略有差异,但其聚集程度整体呈提升状态。沿黄地区扩张型耕地的聚集程度变化没有非沿黄地区大,但是指数值一直高于非沿黄地区,同时IJI值高于非沿黄地区,表明沿黄地区扩张型耕地聚集程度高于非沿黄地区。沿黄地区耕地的扩张对黄河的依赖程度高,使耕地的扩张向黄河集聚。缩减型耕地呈相同变化趋势,表明沿黄地区的建设用地扩张快,占用耕地的面积高于非沿黄地区,沿黄地区的缩减型耕地在空间上的聚集程度高于非沿黄地区。

2.3 耕地转化轨迹驱动力分析

2.3.1 驱动因子选择

耕地景观动态演化是由自然基底因素和外部动力因素相互作用、相互影响的结果^[19-20]。固有耕地资源和区位因素为耕地景观演化提供基础与支撑;经济社会发展水平和社会生活状况等则通过城镇化发展、

产业互动等方式为耕地景观动态演变提供驱动力。

(1)自然地理基底:选择距黄河的距离、距离区域中心距离、高程作为自然环境基底驱动因子。河流为作物生长提供重要水源,距离黄河越近,耕地灌溉越便利,但也可能受到洪涝灾害的影响导致耕地缩减。到区域中心距离反映基础设施建设和城镇发展对耕地变化的影响,距离区域中心越近,土地开发利用程度越高,大量耕地资源被剥离,由于我国严格的耕地保护制度和耕地动态平衡是通过耕地占补平衡制度实施,补充耕地主要在距离区域中心较远的区域,距离区域中心越远,耕地越扩张。高程代表不同地区的空间特征,反映区域差异因素,高程越高的地区耕地缩减幅度越大。

(2)经济发展水平:选择GDP、全社会固定资产投资额、建设用地面积以及二三产业占比作为经济发展水平驱动因子。GDP和全社会固定资产投资额越高,区域经济水平越高,固定资产投资的规模越大、结构越完善、发展越快,经济系统对耕地的压力越大,导致耕地缩减加速。建设用地面积及二三产业占比表征城镇扩张和产业互动对耕地的影响,建设用地面积越大,城镇化水平越高,城镇扩张占用耕地越多,导致耕地缩减越严重;二三产业占比越高,农业产值占比越低,耕地缩减越明显。

(3)社会生活状况:选择人口密度、在岗职工平均工资以及农民人均纯收入作为社会生活状况驱动因子。人口密度的增高会使与人类生活密切相关的用地需求不断增长,进而使得城镇及农村居民点外延不断扩大,使周边耕地被加速占用。在岗职工平均工资越高,城镇居民生活水平越高,对耕地的依赖性减弱甚至脱离农业生产,造成耕地缩减。农民人均纯收入越低,对耕地的依赖性越强;相反,农民生活水平相应提高,对耕地的需求减少,就会造成耕地的缩减。

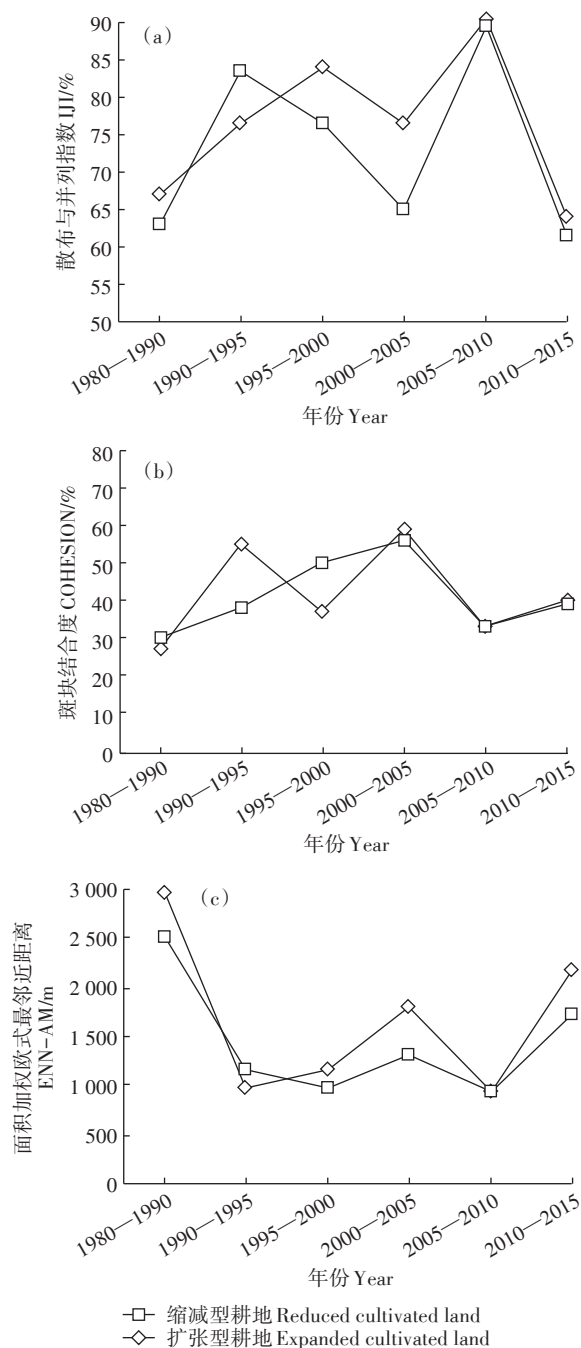


图5 沿黄地区耕地转化类型空间景观指数

Figure 5 Spatial landscape index of cultivated land conversion types in the area along the Yellow River

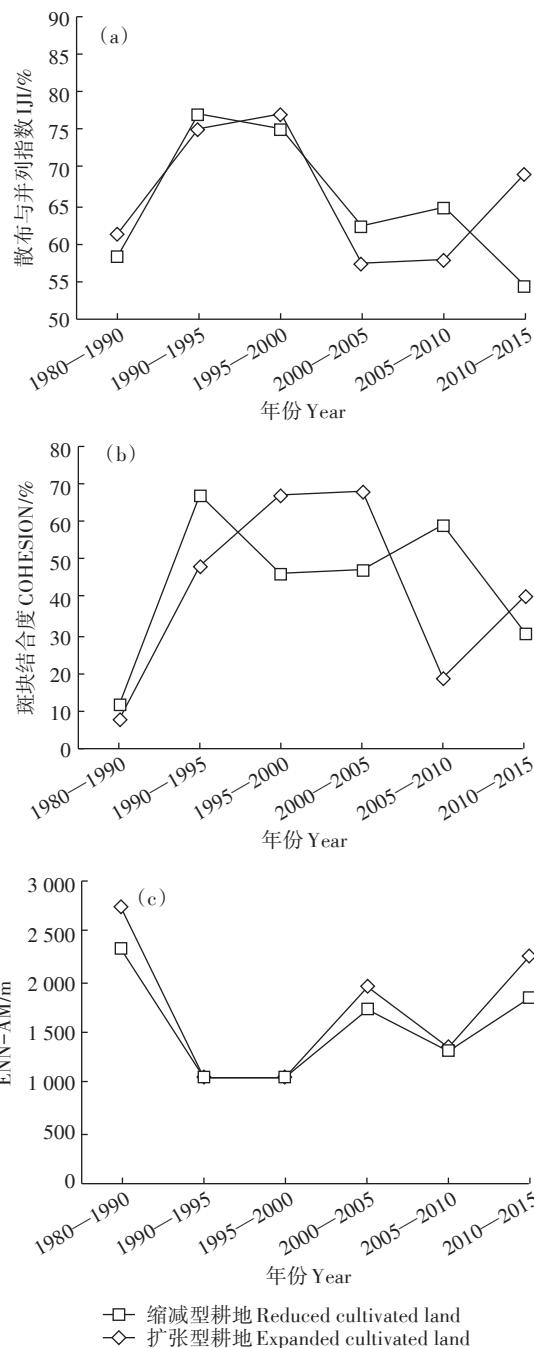


图6 非沿黄地区耕地转化类型空间景观指数

Figure 6 Spatial landscape index of cultivated land conversion types in the area away from the Yellow River

2.3.2 耕地转化轨迹驱动力分析

河南省多种耕地轨迹演变类型共同构成耕地的复杂空间格局,其中扩张型耕地与缩减型耕地轨迹动态变化最明显,对整体格局和未来经济社会发展影响最大,因此对扩张型耕地和缩减型耕地展开进一步驱动力研究。回归模型拟合结果易受共线性影响,自变量间存在共线性,会降低回归模型科学性。若方差膨

胀因子 $VIF > 10$ 且容许值 $TOL < 0.1$, 自变量存在共线性。经检验,变量之间不存在共线性。测算耕地转化轨迹 5 种不同尺度,找出最佳拟合尺度。经计算,400 m×400 m 尺度的 ROC 值为 5 个尺度中最高,拟合度为 0.755,即 $ROC > 0.7$,说明模型通过检验,该模型可用于河南省沿黄地区耕地轨迹的驱动机制探究。

Wald χ^2 统计量表示模型解释变量的相对权重,

回归系数正负代表对河南省沿黄地区耕地转化轨迹的驱动方向。将各轨迹类型前四的Wald χ^2 统计量及其参数进行整理,河南省耕地转化轨迹驱动因子回归结果见表5和表6。

(1)扩张型耕地轨迹驱动力。1980—2015年研究期间,沿黄地区受距黄河的距离、距区域中心的距离、高程和人口密度等自然地理基底的影响较多。黄河是沿黄地区主要淡水来源,耕地对水资源有极强依赖性,高密度人口使8个地市在整个流域中用水占比极高,水资源开发利用程度直接影响扩张型耕地轨迹变化。从高程上看,河南省地势较低的平原适宜农业生产,高程越低,耕地扩张越明显。非沿黄地区受人口密度、二三产业占比、在岗职工工资和距区域中心距离等经济和社会因素的影响较多。二三产业占比和在岗职工工资越低,该区产业互动和居民生活水平越差,对耕地依赖性强,造成耕地不断扩张。距区域中心的

距离和人口密度均对两地区有驱动作用,人口变动和城镇化对耕地有双重压力,伴随人口的增加,人类对耕地的需求日益扩大,扩张型耕地不断增加。人口密度小、距区域中心远的地区耕地面积不断扩张。

(2)缩减型耕地轨迹驱动力。1980—2015年研究期间,缩减型耕地轨迹受距区域中心距离、高程、全社会固定资产投资额、二三产业占比和农民收入等因素的影响较多。沿黄与非沿黄地区所受驱动因素基本一致,区别主要来自贡献量的不同。其中,越深入城镇中心,距区域中心越近,人口密度越大,经济发展水平也越高,大量耕地和其他土地转化为建设用地,导致越来越多的耕地趋向缩减。山区不适宜农业发展,高程越高,耕地缩减量越多。黄河两岸是产业能源聚集地带,沿黄地区的二三产业多于非沿黄地区,使沿黄地区缩减型耕地受二三产业占比的驱动作用较强。行政单元内全社会固定资产投资额的提高代

表5 河南省沿黄地区耕地轨迹转化驱动因子回归结果

Table 5 Driving force regression results of farmland trajectory transformation along the Yellow River in Henan Province

因变量 Dependent variables	自变量 Independent variables	回归系数 <i>r</i>	标准误差 SE	Wald χ^2	自由度 <i>df</i>	显著性水平 <i>Sig</i>	发生概率 <i>exp(r)</i>
扩张型耕地	距黄河距离	-0.147	0.013	265.477	1	<0.001	0.853
	距区域中心距离	-0.078	0.022	102.910	1	<0.001	0.922
	高程	-0.033	0.000	37.981	1	<0.001	0.967
	人口密度	-0.001	0.001	14.547	1	<0.001	0.998
	常量	17.488	3.550	24.268	1	<0.001	
缩减型耕地	高程	0.003	0.000	167.903	1	<0.001	1.003
	距区域中心距离	-0.007	0.001	156.428	1	<0.001	1.007
	二三产业占比	0.337	0.025	140.602	1	<0.001	1.384
	农民收入	0.201	0.018	121.151	1	<0.001	1.223
	常量	12.053	1.024	4.021	1	<0.001	

表6 河南省非沿黄地区耕地轨迹转化驱动因子回归结果

Table 6 Driving force regression results of farmland trajectory transformation away from the Yellow River in Henan Province

因变量 Dependent variables	自变量 Independent variables	回归系数 <i>r</i>	标准误差 SE	Wald χ^2	自由度 <i>df</i>	显著性水平 <i>Sig</i>	发生概率 <i>exp(r)</i>
扩张型耕地	人口密度	-0.005	0.000	115.070	1	<0.001	0.995
	二三产业占比	-0.202	0.021	93.866	1	<0.001	0.798
	在岗职工工资	-0.009	0.001	55.325	1	<0.001	0.991
	距区域中心距离	-0.094	0.016	33.740	1	<0.001	0.911
	常量	29.721	4.874	11.549	1	<0.001	
缩减型耕地	高程	0.004	0.000	190.474	1	<0.001	1.004
	距区域中心距离	-0.012	0.001	106.996	1	<0.001	0.988
	农民收入	0.031	0.004	75.556	1	<0.001	1.031
	全社会固定资产投资额	0.022	0.014	71.597	1	<0.001	1.023
	常量	17.22	2.726	5.622	1	<0.001	

表城镇化水平的增加,意味着会有更多农村人口向城镇迁移,导致建设用地等非耕地面积的增加。研究区未来应努力挖掘城市自身潜力,促进城乡多元发展,减少耕地占用,控制耕地缩减幅度。

3 讨论

河南省耕地景观动态演化在自然因素和社会经济因素的驱动作用下逐步形成耕地减少的格局,未来耕地可能会继续减少。自然地理基底、社会生活和经济发展三个子系统具有多因素的复杂性和非线性的相互作用,因此需全面探索耕地缩减的动因,从而提升内生发展动力。目前,河南省耕地保有量主要通过占补平衡来实现,但过多强调占补平衡可能会带来假象的平衡^[21],耕地质量之间的差异难以用数量去弥补。河南省沿黄地区和非沿黄地区的扩张、缩减型耕地动态演变规律不尽相同,未来河南省耕地保护可以从两类地区分类考虑耕地保护机制。沿黄地区经济发展普遍高于非沿黄地区,尤其是郑州、洛阳、新乡作为中原经济区重要城市,建设用地和工业用地需求持续增加,使得大量耕地资源被剥离,未来应开发原有耕地发展潜力,控制缩减型耕地缩减速度。扩张型耕地应充分依靠紧邻黄河的区位优势,提高土壤肥力。此外,黄河虽然为耕地提供灌溉资源,但洪期地下水位上升、土壤盐碱化等灾害也会导致耕地缩减造成土壤养分流失,影响作物产量。因此要加强农田防护林、水利工程建设等防灾减灾工作。

本研究对河南省沿黄地区与非沿黄地区耕地轨迹的演变格局和驱动机理,以及耕地与黄河流域之间的联系进行分析,但侧重于研究影响耕地景观动态演变的自然地理基底和社会经济因素,对于政策调控的影响未予考虑,以后的研究中应综合选取驱动因子。

4 结论

(1)1980—2015年的35年间,沿黄地区耕地扩张和缩减幅度高于非沿黄地区。扩张型耕地在沿黄地区主要分布在黄河两岸,在非沿黄地区分布较为均匀;非沿黄地区缩减型耕地主要向区域中心集中分布,而沿黄地区的缩减型耕地从整体来看,不仅向各行政区的中心集聚,而且以郑州为中心呈集聚趋势。

(2)耕地是河南省优势景观类型。沿黄地区的扩张型耕地和缩减型耕地聚集程度和连通性高于非沿黄地区,但连通聚集增长率低于非沿黄地区。河南省耕地整体呈缩减状态,沿黄地区的缩减幅度高于非沿

黄地区。

(3)沿黄地区与非沿黄地区的耕地轨迹转化的驱动因素略有差异。扩张型耕地在沿黄地区受自然地理基底影响较大,并且耕地的扩张对黄河水的依赖性很高,非沿黄地区受经济发展和社会生活的影响较大;缩减型耕地在沿黄地区和非沿黄地区的驱动因子基本一致,主要受距区域中心距离、高程、全社会固定资产投资额、二三产业占比等因素的影响,区别主要体现在贡献率的不同。

参考文献:

- [1] 张凤荣. 从疫情应对看耕地保护与生态优先的关系[N]. 中国自然资源报, 2020-03-13(3版). ZHANG Feng-rong. The relationship between farmland protection and ecological priority is seen from epidemic response[N]. China Natural Resources News: 2020-03-13(3rd Edition).
- [2] 马歆, 郑潇潇, 王韵, 等. 中原经济区耕地压力时空演变及驱动因素研究[J/OL]. 中国农业资源与区划: 1-10(2020-03-11). <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.3513.s.20200311.1526.006.html>. MA Xin, ZHENG Xiao-xiao, WANG Yun, et al. Study on the spatial-temporal evolution of cultivated land pressure and its driving factors in central plains economic region[J/OL]. Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning: 1-10(2020-03-11). <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.3513.s.20200311.1526.006.html>.
- [3] 陆大道, 孙东琪. 黄河流域的综合治理与可持续发展[J]. 地理学报, 2019, 74(12): 2431-2436. LU Da-dao, SUN Dong-qi. Development and management tasks of the Yellow River basin: A preliminary understanding and suggestion[J]. Acta Geographica Sinica, 2019, 74(12): 2431-2436.
- [4] 王凤娇, 梁伟, 傅伯杰, 等. 近年来的黄土高原耕地时空变化与口粮安全耕地数量分析[J]. 干旱区地理, 2020, 43(1): 161-171. WANG Feng-jiao, LIANG Wei, FU Bo-jie, et al. Spatial and temporal changes of cultivated land and quantitative analysis of ration safe cultivated land on the Loess Plateau in recent years[J]. Arid Land Geography, 2020, 43(1): 161-171.
- [5] 史洋洋, 吕晓, 郭贯成, 等. 基于GIS和空间计量的耕地利用转型时空格局及其驱动机制研究[J]. 中国土地科学, 2019, 33(11): 51-60. SHI Yang-yang, LÜ Xiao, GUO Guan-cheng, et al. Study on the temporal and spatial pattern of farmland transformation based on GIS and spatial measurement and its driving mechanism[J]. China Land Science, 2019, 33(11): 51-60.
- [6] 蒋瑜, 濮杰, 朱明, 等. 中国耕地占补平衡研究进展与述评[J]. 资源科学, 2019, 41(12): 2342-2355. JIANG Yu, PU Li-jie, ZHU Ming, et al. Progress and review of the research of farmland requisition-compensation balance in China[J]. Resources Science, 2019, 41(12): 2342-2355.
- [7] 匡兵, 卢新海, 韩璟. 政策工具如何影响中国耕地保护效果[J]. 中国人口·资源与环境, 2019, 29(11): 111-119. KUANG Bing, LU Xin-hai, HAN Jing. How does policy tools affect China's cultivated land

- protection?[J]. *China Population, Resources and Environment*, 2019, 29(11):111-119.
- [8] 马聪, 刘黎明. 不同经济发展水平地区耕地利用集约度比较[J]. 资源科学, 2019, 41(12):2296-2306. MA Cong, LIU Li-ming. Cultivated land use intensity in regions with different economic development levels[J]. *Resources Science*, 2019, 41(12):2296-2306.
- [9] 张荣天, 陆建飞. 长江经济带耕地集约利用多尺度时空特征与影响因素分析[J]. 农业工程学报, 2019, 35(24):271-278. ZHANG Rong-tian, LU Jian-fei. Multi-scale spatiotemporal characteristics and influencing factors of intensive use of cultivated land use in the Yangtze River economic belt[J]. *Transactions of the CSAE*, 2019, 35(24):271-278.
- [10] 邓楚雄, 刘唱唱, 孙雄辉, 等. 异质典型县域耕地流转绩效评价及差异分析[J]. 经济地理, 2019, 39(8):192-199. DENG Chu-xiong, LIU Chang-chang, SUN Xiong-hui, et al. Evaluation and difference analysis of cultivated land transfer maturity in typical heterogeneous counties[J]. *Economic Geography*, 2019, 39(8):192-199.
- [11] 杨钢桥, 张超正, 文高辉. 耕地流转对农户水稻生产技术效率的影响研究——以武汉都市圈为例[J]. 中国人口·资源与环境, 2018, 28(5):142-151. YANG Gang-qiao, ZHANG Chao-zheng, WEN Gao-hui. Impact of cultivated land transfer on rice farmers' technical efficiency: A case study in Wuhan metropolitan area[J]. *China Population, Resources and Environment*, 2018, 28(5):142-151.
- [12] 程舒鹏, 张燕青, 张祺, 等. 黄河下游滩地土地利用/覆盖现状及影响因素分析[J]. 北京大学学报(自然科学版), 2019, 55(3):489-500. CHENG Shu-peng, ZHANG Yan-qing, ZHANG Qi, et al. Land use/cover and influence factors in the lower Yellow River[J]. *Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Pekinensis*, 2019, 55(3):489-500.
- [13] 刘璐璐, 曹巍, 邵全琴. 近30年来长江源区与黄河源区土地覆被及其变化对比分析[J]. 地理科学, 2017, 37(2):311-320. LIU Lu-lu, CAO Wei, SHAO Quan-qin. Different characteristics of land covers changes in the source regions of the Yangtze River and the Yellow River in the past 30 years[J]. *Scientia Geographica Sinica*, 2017, 37(2):311-320.
- [14] 肖建设, 乔斌, 陈国茜, 等. 黄河源区玛多县土地利用和生态系统服务价值的演变[J]. 生态学报, 2020, 40(2):510-521. XIAO Jian-she, QIAO Bin, CHEN Guo-xi, et al. Land use change and evolution of ecosystem services value in Maduo County of source region of the Yellow River[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2020, 40(2):510-521.
- [15] 赵锐锋, 王福红, 张丽华, 等. 黑河中游地区耕地景观演变及社会经济驱动力分析[J]. 地理科学, 2017, 37(6):920-928. ZHAO Rui-feng, WANG Fu-hong, ZHANG Li-hua, et al. Dynamic of farm land landscape evolution and its socioeconomic driving forces in the middle reaches of Heihe River[J]. *Scientia Geographica Sinica*, 2017, 37(6):920-928.
- [16] 李云龙, 韩美, 孔祥伦, 等. 近30年来黄河三角洲耕地轨迹转化及驱动力研究[J]. 中国人口·资源与环境, 2019, 29(9):136-143. LI Yun-long, HAN Mei, KONG Xiang-lun, et al. Study on transformation trajectory and driving factors of cultivated land in the Yellow River Delta in recent 30 years[J]. *China Population, Resources and Environment*, 2019, 29(9):136-143.
- [17] 郎文婧, 李效顺, 卞正富, 等. 徐州市区土地利用格局变化分析及其空间扩张模拟[J]. 生态与农村环境学报, 2017, 33(7):592-599. LANG Wen-jing, LI Xiao-shun, BIAN Zheng-fu, et al. Analysis of changes in land use pattern in Xuzhou City and simulation of its spatial expansion[J]. *Journal of Ecology and Rural Environment*, 2017, 33(7):592-599.
- [18] 孟天醒. 郑州黄河湿地土地利用/覆被变化及其生态效应[D]. 郑州:河南农业大学, 2017. MENG Tian-xing. The change of land use and cover and ecological effects of Zhengzhou Yellow River wetland[D]. Zhengzhou: Henan Agricultural University, 2017.
- [19] 张英男, 龙花楼, 戈大专, 等. 黄淮海平原耕地功能演变的时空特征及其驱动机制[J]. 地理学报, 2018, 73(3):518-534. ZHANG Ying-nan, LONG Hua-lou, GE Da-zhuan, et al. Spatio-temporal characteristics and dynamic mechanisms of farm land functions evolution in Huang-huai-hai Plain[J]. *Acta Geographica Sinica*, 2018, 73(3):518-534.
- [20] 孙晓兵, 孔祥斌, 张青璞, 等. 基于指标综合特征的耕地遗传质量和动态质量评价[J]. 农业工程学报, 2020, 36(22):254-265, 349. SUN Xiao-bing, KONG Xiang-bin, ZHANG Qing-pu, et al. Valuation of inherent quality and dynamic quality of cultivated land based on comprehensive characteristics of indexes[J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2020, 36(22):254-265, 349.
- [21] 关小克, 王秀丽, 任圆圆, 等. 黄河沿岸不同生态功能区耕地整治与优化调控研究[J]. 农业机械学报, 2020, 51(12):175-183, 237. GUAN Xiao-ke, WANG Xiu-li, REN Yuan-yuan, et al. Regulation and optimization of cultivated land in different ecological function areas along Yellow River[J]. *Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery*, 2020, 51(12):175-183, 237.