

三位一体视角下三峡库区耕地资源内外转换轨迹和特征 ——以江津区为例

文可可¹, 张仕超^{1,2}, 薛秀峰¹

(1.重庆师范大学 地理与旅游学院, 重庆 401331; 2.三峡库区地表过程与环境遥感重庆市重点实验室, 重庆 401331)

摘 要:耕地资源约束趋紧下,区域发展和多维消费需求取决于耕地数量、质量、生态“三位一体”保护,揭示变化耕地的转换轨迹及“数、质、生”特征是确保耕地得到有效三位保护的前提,也是未来耕地保护的施策重点。基于2009—2018年土地利用数据和耕地质量等级评价成果,采用土地利用转换矩阵和景观生态风险指数等方法,从耕地内部和外部变化两个方向切入,找出不同时段耕地内外转换的轨迹,解析转换水旱地的“三位”特征,探究了转换耕地的时空变化规律。结果表明:(1)耕地转换以外部转换为主,2009—2012年、2012—2015年、2015—2018年3个阶段均有发生,主要转换类型为耕地与城乡建设用地间的互转,内部转换仅发生在2015—2018年,旱地转水田和水田转旱地数量基本相当。(2)转换耕地质量总体偏高,其中转出旱地主要在10—11等,转出水田主要在8等,而转入旱地以8—12等为主,转入水田以8—9等为主。(3)转换耕地主要分布在低和较高生态风险区,其中旱地转出转入与水田转出均主要发生在低生态风险区,而水田转入主要发生在较高生态风险区。由此可见近10年来耕地转换轨迹从单一外部转换向内外多元地类转换,同时水田与旱地互转存在显著的阶段性,且低生态风险中高质量的耕地更易被转换。

关键词:耕地; 三位一体; 土地利用; 景观生态风险

中图分类号:F301.2

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2023)02-0175-11

Trajectories and Characteristics of Internal and External Transformation of Cultivated Land Resources in the Three Gorges Reservoir Area from the Perspective of the Trinity —Taking Jiangjin District as an Example

WEN Keke¹, ZHANG Shichao^{1,2}, XUE Xiufeng¹

(1.College of Geography and Tourism, Chongqing Normal University, Chongqing 401331, China; 2.Key Laboratory of Surface Process and Environment Remote Sensing in the Three Georges Reservoir Area, Chongqing 401331, China)

Abstract: Under the tightening constraints on cultivated land resources, regional development and multi-dimensional consumption demand depend on the ‘trinity’ protection of quantity, quality and ecology of cultivated land quantity. Revealing the transformation trajectory and morphogenetic characteristics of the changed cultivated land is the premise to ensure the trinity protection of cultivated land effectively, and it is also the focus of policy implementation for future cultivated land protection. Based on the land use data and cultivated land quality grade evaluation results from 2009 to 2018, we used methods such as land use conversion matrix and landscape ecological risk index to cut in from the internal and external changes of cultivated land to find out the trajectory of internal and external conversion of cultivated land in different periods, to analyze the ‘trinity’ characteristics of the conversion of paddy fields and dry lands, and to explore the temporal and spatial variation of the conversion of cultivated land. The results show that: (1) the conversion of cultivated

收稿日期:2022-02-10

修回日期:2022-03-10

资助项目:国家自然科学基金(41971244);重庆市科委自然科学基金面上项目(cstc2021jcyj-msxmX0696)

第一作者:文可可(1995—),女(布依族),贵州都匀人,硕士研究生,研究方向为耕地利用与保护。E-mail:624489353@qq.com

通信作者:张仕超(1986—),女,四川绵阳人,博士,教授,主要从事农业资源与环境研究。E-mail:lintualchao@126.com

<http://stbcj.paperonce.org>

land to external conversion as the main practice in 2009—2012, 2012—2015, 2015—2018 three stages occurred, the main conversion type was the transfer between arable land and urban and rural construction land; the internal conversion only occurred in 2015—2018, and the number of drylands to paddy fields and paddy fields to drylands was basically equal; (2) the quality of the converted cultivated land was generally high, among which the dryland was mainly grade 10—11, the paddy field was mainly grade 8, the dryland was mainly grade 8—12, and the paddy field was mainly grade 8—9; (3) converted cultivated land mainly distributed in low and high ecological risk areas, among which drylands transfer out and paddy fields transfer out mainly occurred in low ecological risk areas, while paddy fields transfer mainly occurred in high ecological risk areas. The conversion trajectory of cultivated land had changed from a single external conversion to an internal and external multiple land type conversion in the past 10 years. At the same time, there were significant stages in the mutual conversion of paddy fields and drylands, and high-quality cultivated land with low ecological risk was more likely to be converted.

Keywords: cultivated land; trinity; land use; landscape ecological risk

耕地不仅承载着粮食生产的基本功能,还有水土涵养、气候调节、农耕景观等生态功能,更是山、水、林、田、湖、草、沙生命共同体必不可少的重要组成部分^[1]。当前耕地保护面临重大形势,在气候变化与新冠疫情叠加影响之下,创新推动耕地保护发展显得更加重要。数量、质量、生态“三位一体”这一新的耕地保护理念提出,意味着耕地资源研究在强调数量变化的同时也需重视质量和生态的变化。即“三位一体”保护至少包括了耕地数量保护、质量保护和生态保护3个层面,耕地数量保护是耕地质量保护的前提,耕地质量保护是耕地数量保护的保障,耕地生态保护是耕地数量、质量保护的基础。耕地保护实质是数量质量生态协同。与此同时,耕地具有分区域、分类型和分结构的差异,在寻求耕地保护路径的过程中,不仅要重视耕地外部转换即耕地与其他地类,如林地、未利用地、城乡建设用地、草地、水域之间的转换,也应看到耕地内部转换即水田与旱地间的相互转换,重视内外耕地的数量增加,质量提升和生态管护。2021年国务院办公厅发布关于坚决制止耕地“非农化”行为的通知,提出监督耕地转为建设用地,即“非农化”,监督耕地变为林地、园地、草地及农业设施建设用地等,即“非粮化”,这一新政策的提出旨在更有效地加强耕地保护,严守耕地红线,因此研究耕地资源内外转换的轨迹及特征可以进一步推动耕地保护创新发展。

近年来,国内外学者对耕地保护的研究主要集中在耕地的空间分布^[2-3]、数质变化^[4-5]、保护补偿机制^[6-7]的探索,与国内不同的是国外耕地保护更注重景观生态功能并且国外大多以私人的农地保护协会为主体进行耕地保护,不受政府支配与农户保护标准的限制^[8],因其人少地多且土地大多为私人农地的特殊性,保护田园村落的风光风光及生态环境成为其耕

地保护的重要目标,Azadi^[9]提出建立耕地检测系统;Seaman等^[10]认为探讨私人土地间的保护对耕地保护的发展是十分有必要的;Zare等^[11]则对农户的耕地保护认知意愿及行为因素建模预测。国内研究从全国^[12]、省^[13]、市县等^[14]不同尺度通过空间计量回归分析^[15]、情景模拟^[16]、土地利用类型转换分析等^[17]方法研究耕地变化;梁鑫源等^[18]将城镇化率、农业人口密度等人文因素引入驱动因子探索三峡库区规模农地的时空变化特征及驱动机制;祖健等^[19]总结近10年来耕地保护所取得的成效及存在问题,提出分区分级的保护机制。

景观生态风险评价作为度量和评估生态环境及其质量演化的一种重要手段^[20],能从自然和生态两个方向选取评价的指标作为因子,在适宜尺度下构建最适合的评价模型,从而通过定量评估的方式了解在人为与自然双重因素的影响下景观格局和生态间的负面影响产生的可能与损失,近年来众多学者对景观生态风险评价工作有了许多进展^[21-22]。于婧等^[23]通过景观生态风险评价对山水资源型城市景观生态风险空间分布特征进行分析构建生态安全格局并提出生态保护对策;王杰云等^[24]通过对袁州区景观生态风险时空分布特征进行分析,揭示了城镇扩张和生态风险之间的耦合联系。

可见,现有研究未凸显分类型(水田旱地)、分结构(质量等级)耕地的差异性,主要关注耕地本身变化,侧重耕地资源与其他土地利用类型的互转(外部转换)强调耕地资源外部转换格局机理与数质特征,而很少关注耕地内部变化,内部转换格局机理与数质生特征研究更少,极少提及水田与旱地的互转(内部转换)。

三峡库区大多为贫困山区,立地条件差,人多地少,三峡工程蓄水后,低海拔区耕地淹没,高海拔区耕地部分被建设用地占用,耕地总量减少,但承载人口增多,人

地矛盾尖锐导致三峡库区耕地“三位”一体保护压力大,耕地作为生态文明建设的空间载体一旦遭到破坏不仅自身生态功能大大降低和退化,三峡库区乃至长江流域都会受到剧烈影响,因此坚持严格的耕地保护制度,加强数量、质量、生态“三位”一体保护势在必行。因此以江津区为研究区,基于 2009 年、2012 年、2015 年、2018 年 4 期土地利用数据和耕地质量等级评价成果,采用土地利用转换矩阵和景观生态风险指数等方法,从耕地内部和外部变化两个方向切入,找出不同时段耕地内外转换的轨迹,解析转出转入水旱地的数量、质量和生态特征,探究转换耕地的时空变化规律。

1 研究区概况

江津区(28°28′—29°28′ N, 105°49′—106°38′ E)位于重庆西南部,面积 3 217.80 km²,共辖 27 个乡镇(街道),地势呈南高北低,长江横贯东西。地形以丘陵兼低中山为主,属亚热带季风性湿润气候,气候温和且四季分明,降雨量充沛。土壤类型有水稻土、冲积土、紫色土和黄壤土,富硒资源充足,主要作物包括玉米、水稻、花椒、柑橘。2019 年区内农村人口 77.05 万人,占全区总人口的 51%;农村常住居民人均可支配收入 18 248 元,增长 9.3%;全年农业总产值 103.7 亿元,增长 7.7%,总量居全市第一,农林牧渔增加值 1 821 万元,增长 4.8%,现已成为重庆市城乡统筹发的示范基地,并获得全国农业产业化示范基地、统筹城乡集中示范区,建成高标准基本农田 2 466.67 hm²,全区耕地保有量和基本农田保有量分别为 1.142×10⁵ hm², 8.66×10⁴ hm²。研究区土地利用类型分为水域、旱地、水田和其他地类(图 1)。其中,其他地类涉及城乡建设用地、林地、草地、未利用地。

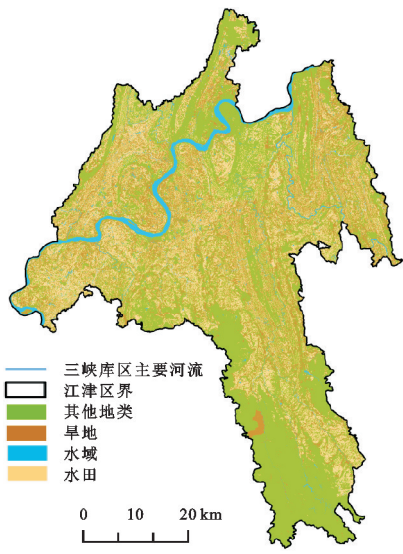


图 1 江津区土地利用类型

2 数据来源和研究方法

2.1 数据来源

本次研究主要涉及数据包括江津区土地利用现状数据、耕地质量等级评估数据、社会经济统计资料。其中江津区 2009 年、2012 年、2015 年、2018 年土地利用现状数据和质量等级评估数据来自重庆市江津区规划和自然资源局;江津区 SRTM 90 m Digital Elevation Data 来源于国家地理信息中心(<http://www.ngcc.cn/ngcc/>);经济统计资料来源于 2010—2021 年江津区统计年鉴。

2.2 研究方法

2.2.1 土地利用转移矩阵 为了更准确地揭示土地利用动态变化的方向过程,土地利用需定量地分析不同土地利用类型之间相互转换的数量和比率。转移矩阵(Land use conversion matrix, LUCM)将土地利用变化类型的转移面积按矩阵或表格的形式列出,它既可以反映研究期初、研究期末的土地利用类型结构,同时还反映研究时段内各地类的转移变化情况,以掌握研究期内各土地利用类型的转出去向与来源构成^[23]。目前,转移矩阵广泛采用二维矩阵的形式^[24],其数学形式见公式(1)。

$$S_{ij} = \begin{bmatrix} S_{11} & S_{12} & S_{13} & \cdots & S_{1n} \\ S_{21} & S_{22} & S_{23} & \cdots & S_{2n} \\ S_{31} & S_{32} & S_{33} & \cdots & S_{3n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ S_{n1} & S_{n2} & S_{n3} & \cdots & S_{nn} \end{bmatrix} \quad (1)$$

式中:S 为面积;n 为土地利用类型数;i, j 分别为研究期初与研究期末的土地利用类型。

2.2.2 景观生态风险指数的构建 已有研究结果表明^[25-26],土地利用变化能够直接反映区域中各种潜在的生态影响及其空间异质性,土地利用强度的变化及利用类型的转变将会直接影响区域生态风险的强度,因此,在缺少长时间序列生态监测数据的情况下,从土地利用变化及景观格局特征角度构建生态风险指数能够有效反映区域生态状况及空间分异情况^[27]。为此,借鉴前人研究,根据景观平均斑块面积大小和研究区面积构建渔网,采用等间距网格采样法,将单位网格作为风险指数评价的样本单元,计算每一个网格中的生态风险指数值,从而对研究区进行土地利用生态风险评价,最后利用克里斯金插值得到研究区整体生态风险水平^[28]。本文依据景观干扰度、景观脆弱度、景观损失度指数构建景观生态风险指数(表

1),公式如下^[28]:

$$ERI_i = \sum_{k=1}^N \frac{A_{ki}}{A_k} R_i$$
 (2)

式中:ERI_i为第*i*个样本的生态风险指数;A_{ki}为第*k*个样本区内景观类型*i*的面积;A_k为第*k*个样本的面积;R_i为景观损失度指数。

表 1 景观格局指数相关公式与解释

指数	相关公式与解释
景观优势度指数(D _i)	$D_i = \frac{Q_i + M_i}{4} + \frac{L_i}{2}$,景观结构中一种或几种景观组分对景观的影响重要程度
景观破碎度指数(C _i)	$C_i = \frac{N_i}{A_i}$,反映了景观空间结构的复杂性,在一定程度上反映了人类对景观的干扰程度,值越低表明景观内部异质性高
景观分离度指数(N _i)	$N_i = L_i \cdot \frac{A}{A_i}, L_i = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{n_i}{A}}$,指某一景观类型中不同斑块数个体分布的分离度,值越大斑块分散度就越高
景观干扰度指数(S _i)	$S_i = aC_i + bN_i + cD_i$,用来表示区域生态受到人类行为干扰活动的程度,C _i 为景观破碎度指数,N _i 为景观分离度指数;D _i 为景观优势度指数,根据前人研究成果,分别赋予a=0.6,b=0.3,c=0.1的权重 ^[27]
景观脆弱度指数(F _i)	表示生态系统是否容易受到外界干扰指数,值越高越容易受到干扰即脆弱性强。本文经过归一化处理对6种景观类型脆弱度指数赋值为未利用地6,水域5,耕地4,草地3,林地2,建设用地1,得到景观脆弱度指数F _i ^[27]
景观损失度指数(R _i)	$R_i = S_i \cdot F_i$,表示不同景观类型在受到外界(自然、人为)干扰时自身产生的损失度

注:Q_i=斑块*i*出现的样方数/总样方数;M_i=*i*的斑块数目/总斑块数;L_i=*i*斑块的面积/总样方面积;n_i=不同景观类型下*i*的斑块数;A_i=不同景观类型*i*的总面积;A=总景观面积。

3 结果与分析

3.1 耕地内外转换的轨迹

提取耕地内外转换图斑,并借助 ArcGIS 10.2,利用空间分析法,获得土地利用转移矩阵,计算不同土地利用类型在不同时期内的增减率及转换贡献率,识别内外转换主要类型即耕地内部水旱地间的相互转换与耕地外部和其他土地利用类型间的转换,揭示内外转换轨迹,结果显示:(1) 外部转换而言,耕地与城乡建设用地间的相互转换为主要转换类型贯穿3个不同时段,且该类型转换面积也在随着时间的增长而增长,其次为耕地与林地间的转换该类型仅存在于2015—2018年时段(图2)。(2) 内部转换最早发生在2015—2018年时段,为同时段内外转换类型中占比最多(图2)。(3) 在2009—2012年、2012—2015年、2015—2018年3个时段中转换类型数量随着时间的增长而递增,转换类型呈现多样化。(4) 空间分布上,外部转换中耕地与城乡建设用地2009—2012年时段主要分布在德感街道办事处、双福街道办事处、珞璜镇,2012—2015年主要分布在支坪街道办事处、珞璜镇、德感街道办事处、双福街道办事处,2015—2018年全区皆有分布,转换发生地点由经济欠发达地区转为全区分布;内部转换除南部四面山镇少量分布外,全区皆有分布(图3—4)。

3.2 转换耕地的数量特征

提取耕地内外转换图斑,并借助 ArcGIS 10.2,利用

空间分析法,获得土地利用转移矩阵,计算不同土地利用类型在不同时期内的增减率及转换贡献率,识别内外转换主要类型,揭示内外转换轨迹,结果显示:(1) 近年来耕地内外转换均存在,耕地外部转换在2009—2012年、2012—2015年、2015—2018年3个阶段均有发生,但耕地内部转换集中发生在2015—2018年。(图3—4)。(2) 耕地外部转换而言,转为旱地的地类主要涉及城乡建设用地、林地、水域、草地、未利用地。转为水田的地类也涉及城乡建设用地、林地、水域、草地、未利用地,其他地类对水田贡献率在2009—2015年时段均为0%,2015—2018年地贡献率依次为34.33%,39.40%,23.92%,12.43%,9.29%。从去向来看,转出旱地和转出水田在2009—2012年和2012—2015年主要转为城乡建设用地,而在2015—2018年,转出旱地和转出水田不仅涉及城乡建设用地,还涉及林地、水域、草地、未利用地,转换类型呈多样化,但主要类型为旱转林(占旱地外部转换的61.68%)、其次旱转建设用地(占旱地外部转换的30.10%),水转林(占水田外部转换的59.44%)、水转建设用地(占水田外部转换的33.59%)(图2)。(3) 耕地内部转换而言,水田转旱地和旱地转水田均主要发生在2015—2018年,分别占总转出的35.21%、36.68%,其中水转旱对转入旱地的贡献率占38.95%,旱转水对转入水田的贡献率分别为37.65%,37.74%(图2)。(4) 外部转换中主导转换类型——水旱地→城乡建设用地在3个时段分布显著,其中在2009—2012年主要分布在德感街道办事处、双福街

道办事处、珞璜镇,2012—2015 年主要分布在支坪街道办事处、珞璜镇、德感街道办事处、双福街道办事处, 2015—2018 年全区皆有分布,转换发生地点由经济欠发达地区转为全区分布(图 3—4)。

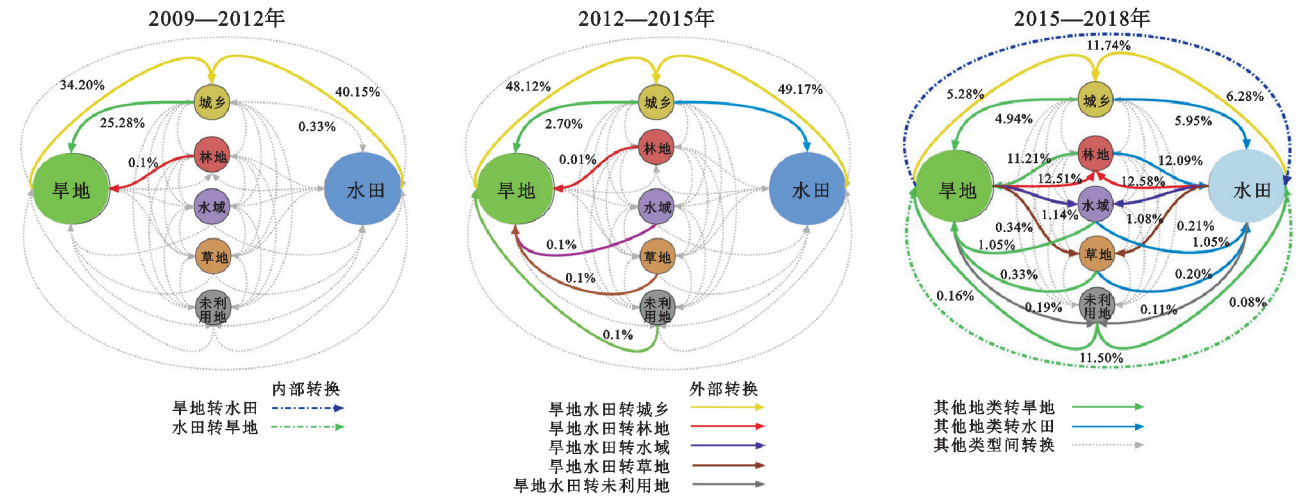


图 2 2009—2018 年江津区耕地内外土地类型转换轨迹

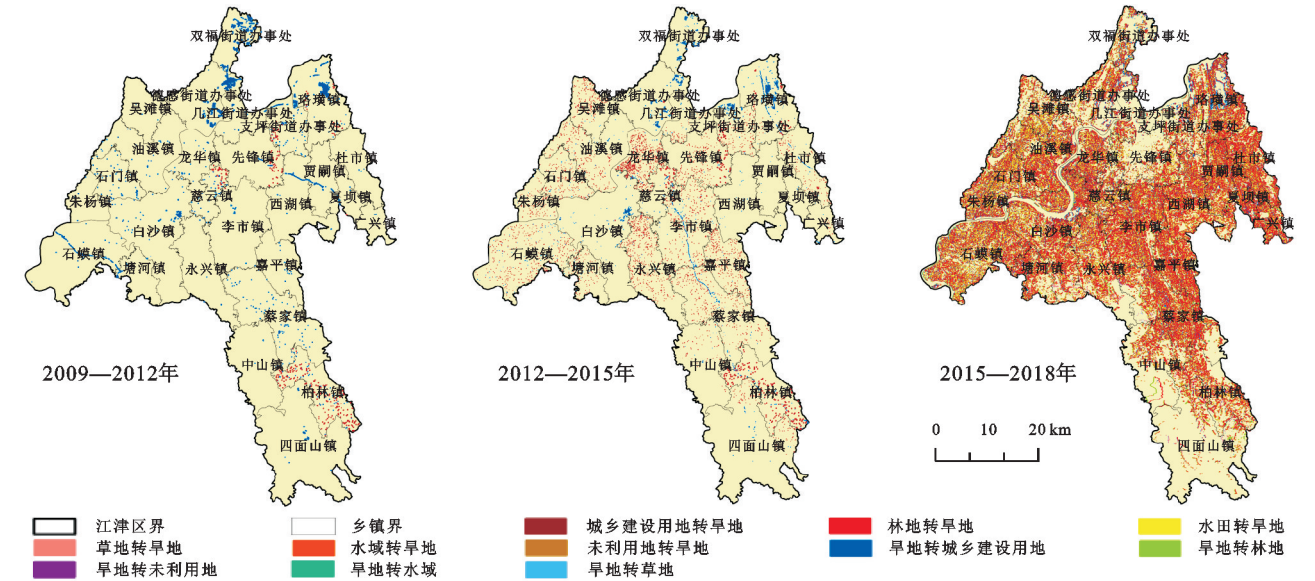


图 3 2009—2018 年旱地内外转换空间分布(分时段)

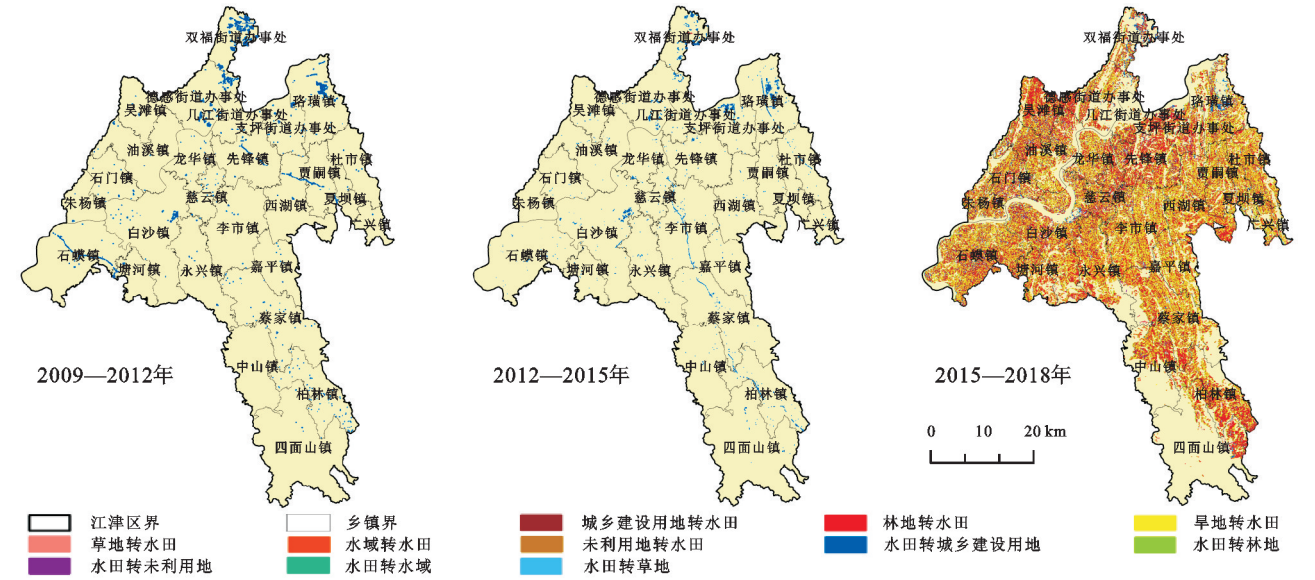


图 4 2009—2018 年水田内外转换空间分布(分时段)

3.3 转换耕地的质量特征

基于耕地质量等级评估数据,借助 ArcGIS 10.2 获得利用等别下耕地内外转换的表格数据,识别转换耕地的质量等别(表 2—4)。

(1) 耕地外部转换而言。① 旱地转出以城乡建设用地为主,2009—2012 年时段转换质量等别为 11 等;2012—2015 年时段平均质量等别为 10 等;2015—2018 年时段平均质量等别为 10 等,同时新增旱地转入为未利用地、草地、水域、林地,旱地质量等级转换由单一城乡建设用地类型向多元化转变。(2) 转入旱地的质量等级在 2009—2012 年与 2012—2015 年时段以林地和城乡建设用地为主要转化类型主要集中在 8—12 等地,2015—2018 年时段新增未利用地、草地、水域转旱地,平均质量等别为 10 等;(3) 转入转出水田皆以城乡建设用地的转换为主,2012—2015 年时段城乡建设用地转为水田质量等别皆为 8—9 等;2015—2018 年时段新增未利用地、水域、草地、林地转水田平均等分别为 11 等、10 等、11 等、9 等;2009—2012 年时段水田转为城乡建设用地质量等别以 8 等为主,2012—2015 年时段为 9 等,2015—2018 年时段新增水田转未利用地、草地、水域、林地平均质量等别皆为 9 等,水旱地转换趋势一致,

相比之下水田整体转换质量等级更高。

(2) 耕地内部转换而言,2015—2018 年时段旱地转换为水田的质量平均等别为 10 等,其中以 9—10 等地转换面积最多;水田转为旱地的质量平均等别为 9 等,以 8—9 等地转换面积最多,由于江津区水田整体质量等级高于旱地,整体上旱转水时质量等级下降而水转旱时提升。

(3) 空间分布上旱地外部转换在 2015—2018 年时段主要分布在慈云镇、贾嗣镇、西湖镇、李市镇,2012—2015 年时段主要分布在龙华镇、先锋镇、支坪街道办事处、李市镇,2009—2012 年时段主要分布在双福街道办事处,先锋镇、德感街道办事处、柏林镇、慈云镇;水田外部转换在 2015—2018 年时段主要分布在慈云镇、白沙镇、龙华镇、李市镇,2012—2015 年时段主要分布在支坪街道办事处、珞璜镇、白沙镇、双福街道办事处,2009—2012 年时段主要分布在双福街道办事处、珞璜镇、德感街道办事处;内部转换中旱地转水田主要分布在李市镇、慈云镇、永兴镇、贾嗣镇,水田转旱地主要分布在李市镇、广兴镇、永兴镇、吴滩镇,水旱地间的相互转化在全区皆有分布以中部江津农业园区范围最为显著。

表 2 2009—2018 年耕地土地利用类型转换质量等级分布

土地转换 类型	6 等		7 等		8 等		9 等		10 等		11 等		12 等	
	总分/hm ²	类分/%	总分/hm ²	类分/%	总分/hm ²	类分/%	总分/hm ²	类分/%	总分/hm ²	类分/%	总分/hm ²	类分/%	总分/hm ²	类分/%
水转城	79	14	121	21	109	19	122	22	63	11	46	8	25	4
城转旱	0	0	0	0	1	2	9	14	14	23	7	11	31	50
旱转城	0	0	57	10	54	10	83	15	107	19	121	22	131	24

注:旱转城为旱地转城乡建设用地、旱转草为旱地转草地、旱转水域为旱地转水域、旱转林为旱地转林地、旱转未为旱地转未利用地;城转旱为城乡建设用地转旱地、草转旱为草地转旱地、水域转旱为水域转旱地、林转旱为林地转旱地、未转旱为未利用地转旱地,水田同理。总分为耕地总体质量等级在各类型分布情况,类分为旱地各类型中质量等级的分布情况,下表同。

表 3 2012—2015 年耕地土地利用类型转换质量等级分布

土地转换 类型	6 等		7 等		8 等		9 等		10 等		11 等		12 等	
	总分/hm ²	类分/%	总分/hm ²	类分/%	总分/hm ²	类分/%	总分/hm ²	类分/%	总分/hm ²	类分/%	总分/hm ²	类分/%	总分/hm ²	类分/%
城转旱	0	0	5	1	86	11	201	26	299	38	181	22	13	2
旱转城	0	0	0	0	15	3	112	26	114	27	159	37	26	7
林转旱	0	0	0	0	7	14	16	32	14	28	12	24	1	2
城转水	0	0	0	0	14	47	16	53	0	0	0	0	0	0
水转城	0	0	26	3	398	42	382	40	131	14	11	1	0	0

3.4 转换耕地的生态特征

基于提取的内外转换耕地图斑,借助 Fragstats 和 ArcGIS 10.2 软件计算不同年份景观格局指数构建耕地转换图斑的生态风险指数,采用克里斯金插值法得到 2009 年—2018 年生态风险指数空间分布,通过自然断点法将生态风险分为 5 个等级^[29-31],即 I 低生态风险区(ERI≤0.1)、II 较低生态风险区(0.1<

ERI≤0.2)、III 中生态风险区(0.2<ERI≤0.3)、IV 较高生态风险区(0.3<ERI≤0.4)、V 高生态风险区(ERI>0.4),识别区域内生态风险的时空变化揭示土地利用生态风险的时空分异(图 5)。从时间分布来看 2009 年—2018 年生态风险均值分别为 0.16,0.20,0.15,整体生态风险指数呈现先上升后降低趋势,高生态风险区由东北部及南部地区向腹地转移,最后在

北部扩散;2009—2012 年高生态风险区集中在东北

龙华镇为中心向四周扩散,2015 年—2018 年高生态

部及南部柏林镇,2012 年—2015 年高生态风险区以

风险区缩小并聚集在西北部地区。

表 4 2015—2018 年耕地土地利用类型转换质量等级分布

土地转换 类型	6 等		7 等		8 等		9 等		10 等		11 等		12 等	
	总分/hm ²	类分/%	总分/hm ²	类分/%	总分/hm ²	类分/%	总分/hm ²	类分/%	总分/hm ²	类分/%	总分/hm ²	类分/%	总分/hm ²	类分/%
水转城	66	4	513	33	353	23	270	17	160	10	186	13	7	0
城转水	0	0	53	4	229	16	193	13	736	50	151	10	108	7
水转林	34	1	497	17	425	15	576	20	541	18	751	26	106	3
林转水	49	2	48	2	145	5	1157	44	324	12	267	10	663	25
水转水域	18	1	130	8	720	45	441	28	151	10	17	1	107	7
水域转水	30	2	61	4	292	18	443	28	393	25	216	14	144	9
水转草	0	0	4	1	38	13	50	17	144	49	48	17	7	3
草转水	0	0	53	19	37	13	80	29	39	14	15	5	56	20
水转未	4	3	4	3	37	25	39	26	49	34	13	9	1	0
未转水	0	0	0	0	0	0	21	19	54	49	35	32	0	0
水转旱	156	8	585	29	482	24	299	15	445	22	21	2	0	0
旱转城			15	0	283	4	1477	21	2335	33	2674	37	399	5
城转旱			47	2	201	7	299	11	1749	65	190	7	215	8
旱转林			9	0	242	4	826	14	1360	23	2360	41	995	18
林转旱			60	2	67	2	944	28	1000	30	839	25	424	13
旱转水域			5	0	74	5	349	22	556	36	502	32	65	5
水域转旱			0	0	237	17	249	17	403	28	407	28	134	10
旱转草			0	0	4	1	26	6	68	15	220	48	136	30
草转旱			0	0	32	7	106	23	121	27	124	27	69	16
旱转未			0	0	8	3	40	16	60	24	101	40	42	16
未转旱			0	0	42	20	39	18	54	25	49	23	30	14
旱转水			59	1	371	9	679	16	953	23	1097	26	981	25

从空间分布来看,较低风险区和低风险区分布广

泛。低风险区主要集中在南部四面山镇、中山镇、蔡家

镇、双福街道办事处,该区域林地、草地分布广泛,建设

有国家级 5A 旅游景区,生态保护措施完善,受外界毁损

程度较小;高风险区主要在珞璜镇、柏林镇、龙华镇、双

福街道办事处等区域。耕地、林地、草地较多,但因推动

经济发展,大量耕地、林地转换为城乡建设用地破坏景

观生态稳定性受外界损毁程度较大。总体来说 2012—

2015 年时段高生态风险区呈现显著聚集性与江津区农

业园区发展密切相关,江津现代农业园区核心区域位

于龙华镇及慈云镇,在地方政府推动下对园区基础设

施建设的规划和建设投入都会对当地生态稳定性造成

一定影响,景观干扰度和损失度提高进而形成高生

态风险区,然而在园区建成后发展规模化的特色产业

及对当地生态进行维护和绿植,使其在 2015—2018

年时段出现高及较高生态风险区向周边分散现象。

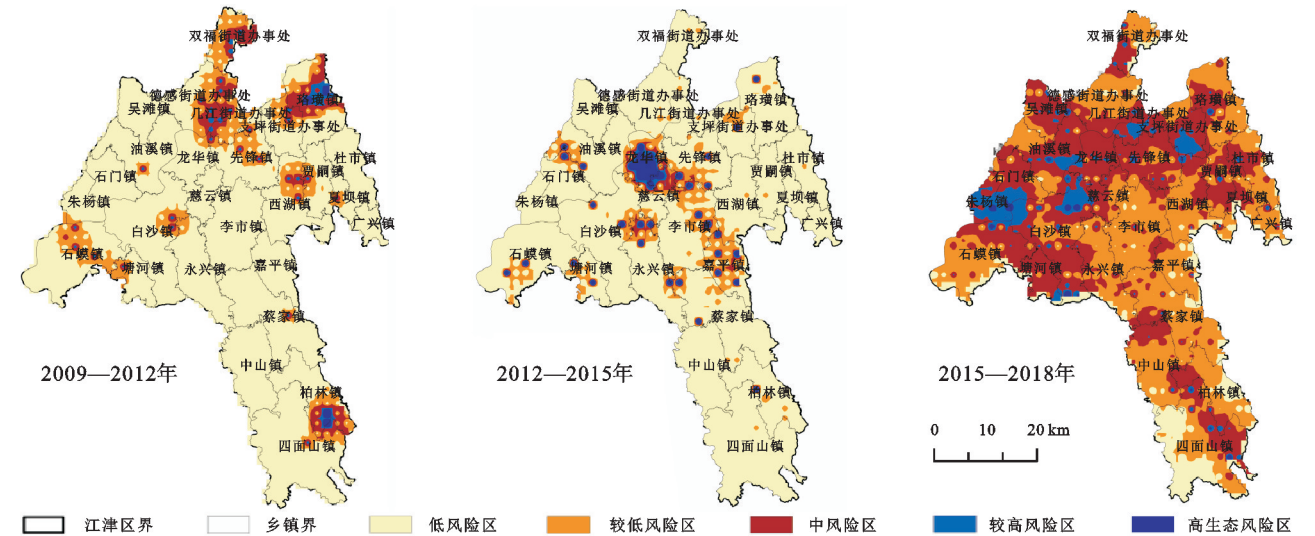


图 5 2009—2018 年江津区内外转换耕地地图斑生态风险分布

3.5 转换耕地的综合特征

将2009—2012年、2012—2015年、2015—2018年3个阶段内外转换耕地的质量图斑与生态风险图斑进行叠加分析,得到不同时段转入转出旱地水田数量质量生态分布情况(图6)。结果显示:(1)旱地转出在2009—2012年与2012—2015年时段主要分布在低生态风险区且质量等级以9—11等为主,2015—2018年时段在不同生态风险区皆有分布且质量等级都以9—11等居多;而转入旱地的分布情况与旱地转出情况相似。(2)水田转出在2009—2012年时段主要分布在低和较高生态风险区且质量等级8—9等为主,2012—2015年时段主要分布在低和中生态风险区,其中低生态风险区的水田质量以7—9等为主,分布于中生态风险区水田质量则以8—9等为主,2015—2018年时段在不同生态风险区皆有分布且质量等级都以9—11等居多;转入水田仅存在于2012—2018年时段。2012—2015年时段少量城乡建设用地转换为水田,主要发生在中生态风险区质量分布在8—9等,2015—2018年时段在不同生态风险区皆有分布且质量等级都以9—12等居多。(3)将耕地内部转换与质量和生态结合可知耕地质量的变化与所处的生态风险区及耕地的转换类型相关。因江津区旱地质量等级总体低于水田,在发生转换的过程中受到转入转出土地类型的影响,旱地质量等级普遍较低且以中等地为主,水田则以中高等地为主。城乡建设用地转为耕地的过程在人类活动调节下从无序向有序稳健发展,使生态系统内部稳定性提高,大多出现在低及较低生态风险区且质量等级也以中高等级为主,而未利用地、水域、草地等与耕地间的转化使耕地质量等级普遍处于11—12等的中等地,体现出耕地质量等级的提升除了保护原始生态,维持土壤特性外人为活动的耕作和施肥也有着重要作用。

4 讨论

耕地是国家粮食生产安全的根本保障,是农业发展和农业现代化的根基和命脉,是促进农村改革发展稳定的基石,也是生态建设的空间要素之一。三峡库区地块破碎、耕地分散,其大部分耕地为坡耕地,资源禀赋较差,因此人地矛盾十分突出。如何落实“三位一体”耕地保护与现代化农业发展相结合对三峡库区农业产业发展都发挥着至关重要的作用。

通过研究发现,数量特征上江津区耕地外部转型以城乡建设用地为主,并随着时间推移转移类型多样化,同时存在耕地内部间相互转换现象,这与罗晓虹

等^[32]得出2005—2015年水田主要转向建设用地,且转出面积大于转入面积,水田的总面积持续减少的研究结果相似。质量特征上本文基于提取的耕地内外转换图斑,立足耕地质量等级评价成果,剖析耕地内外部转换过程中耕地质量等级发生的变化,发现外部转换中旱地转入转出的质量等级总体低于水田转入转出的质量等级,内部转换中旱地转为水田质量等级以9—11等级为主,集中在江津区中部地区。水田转为旱地质量等级以8—10等地为主,集中在江津区中西部地区。龚竹娟^[33]在对三峡库区万州区耕地质量研究中发现耕地质量与土壤类型、地貌类型、植被因素及经济因素之间有密切联系。而水田大多位于地势低平地区,蓄水能力强。其土壤质地、剖面结构使得水田整体质量等级更高,同时也促使大量旱改水措施出现。生态特征上借鉴现有研究通过景观格局指数构建景观生态风险指数。景观格局指数能反映景观空间结构的复杂性和异质性,也是研究景观功能和动态的基础。景观格局及其变化本身也是自然的和人为的多种因素相互作用所产生的一定区域生态环境体系的综合反映。贾艳艳等^[34]将生态系统服务价值评估和景观生态风险评估的有机结合得出皖南山区和大别山区域是高价值—低风险区的主要集聚区,以林地、草地景观为主,高生态风险区域代表着未来该区域生态系统服务价值最可能呈现减小态势。本文通过对江津区耕地生态风险评价可知,江津区西北部为生态高风险聚集区,南部和北部为低生态风险聚集区,高风险区域的主要转化类型是城乡建设用地与耕地之间的转化,耕地质量相对较高。说明城镇化建设的推进使大量林地、草地、耕地转为城乡建设用地,这导致景观结构单一,并使高生态风险区逐步扩大。近几年江津区实行地方旱改水及水改旱的土地政策使得部分高质量水田和旱地进行改土后,在人为干扰下导致耕地的易损程度加剧,从而导致生态稳定性降低、生态风险等级提高,这也侧面印证了高生态风险区中存在大量高质量耕地。此外本文将耕地的生态条件与耕地质量进行联合考虑对不同生态风险等级下的耕地质量变化,立足于三位一体保护,多方面寻找耕地变化的原因,多角度探究耕地保护的方向。但由于数据获取困难,在生态指标的选择上仅讨论了景观格局指数的选取,未考虑耕地周边环境因素,加之受到篇幅限制,未能深入探讨耕地内外转换变化的驱动机制,在未来的工作中会完善因子选取,进一步剖析三峡库区水田旱地发展未来趋势。

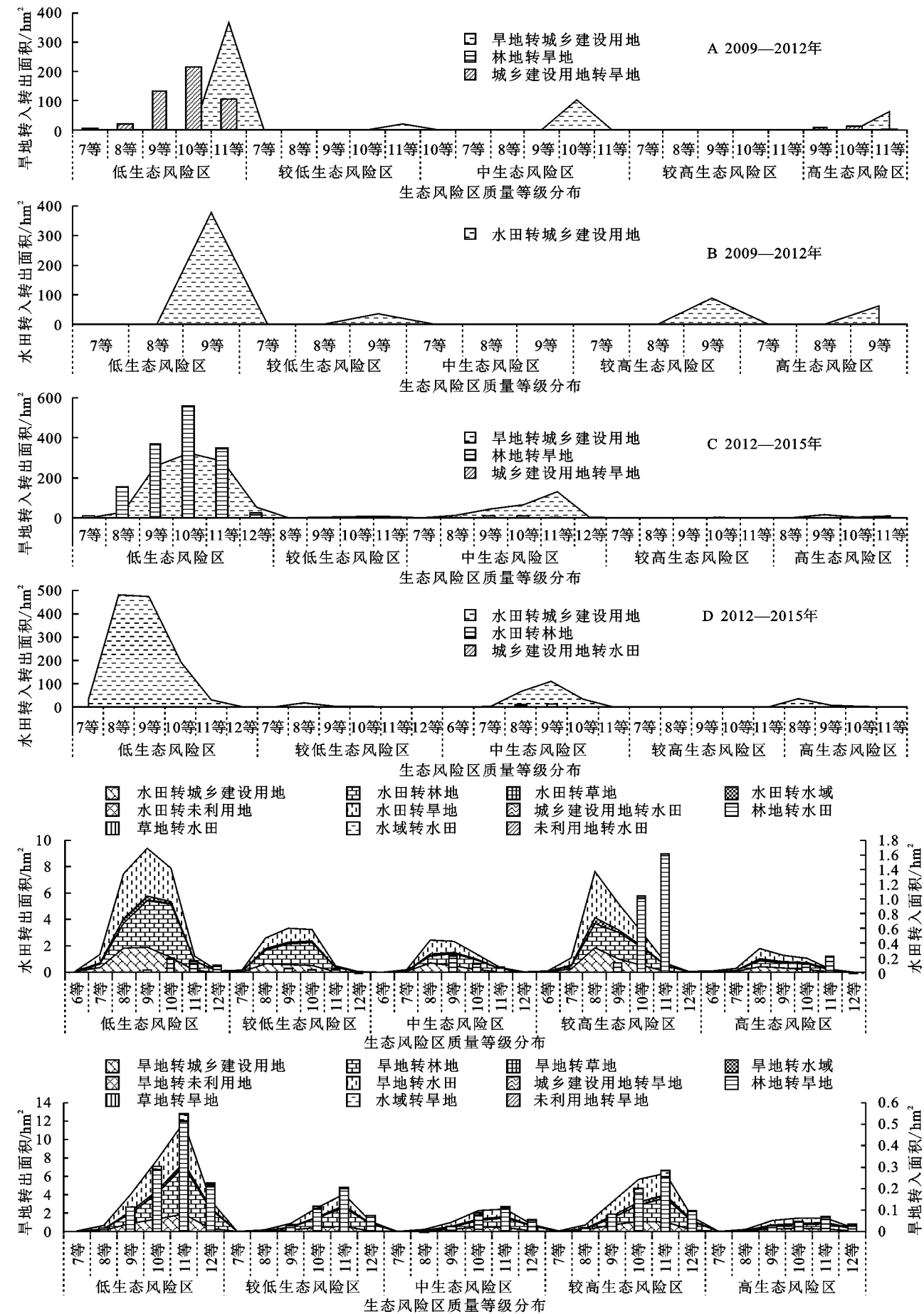


图 6 2009—2018 年质量联合生态旱地水田转入转出面积分布

针对三峡库区生态位的特殊性,通过厘清耕地与其他土地利用类型转型轨迹、质量转变特征、生态风险演变特征,将数量、质量、生态三者相结合,从“三位一体”视角下提出差别化保护的参考建议:(1)首先,政府应加强对水田的管控,做到减少建设用地对耕地的占用并且避免大量水改旱现象的出现,稳定一定数量的水田面积。其次,维持水田蓄水性强的优势,同时因地制宜做好排涝工作,加强农民地力保护意识宣传工作,应在严格水田数量保持的同时,保护好优质耕地,防止优质耕地退化或被占用。最后,对于耕地质量等级相对较低的区域,应实施土壤改良和地力培肥,实施测土配方施肥、化肥农药减施增效、秸秆综合利用和畜禽粪污循环利用、土壤污染防控等措施,强化耕地的质量保护。(2)针对旱地保护时,不能为了追求高质量水田而盲目进行旱改水工作,应根据旱地耐旱能力强且多处在坡度较大的丘陵地形区的特点种植适宜的农作物,同时政府应加强招商引资及主体耕作意识避免大量旱地撂荒情况出现。(3)针对旱地水田的转换,政府应根据江津当地的特色农业产业发展及气候条件状况因地制宜对旱地和水田实行差异化保护和利用而不盲目改造,充分考虑旱地和水田的灌排条件、土体结构、土壤质地等差异性和旱改水条件的适应性,将破碎分散的田块改造成集中的规模化水田,从而促进主体耕作的积极性,缓解耕地占补平衡的难题。(4)实施耕地多功能管理,重视城乡居民、区域发展对乡村景观、生态调节等非生产功能需求,建立耕地多功能价值显化机制提起农民参与耕地保护的动机,将耕地保护与空间规划与生态保护修复、市场调控等进行联动。

5 结论

(1) 2009—2018年江津区耕地外部转换以城乡建设用地与耕地间的互转为主;空间分布上,旱地与其他类型转换由南北两端向中东部转移,水田则由北部向中部转移。时间上,耕地与城乡建设用地间的转换逐年增加。数量上,水转旱对转入旱地的贡献率占38.95%,旱转水对转入水田的贡献率为37.65%。

(2) 发生外部转换的耕地质量总体偏高。转入旱地以林地和城乡建设用地为主,质量等级主要集中在8—12等,转出旱地以城乡建设用地为主,质量等级集中在10—11等。转入转出水田皆以城乡建设用地为主,质量等级以8—9等为主。相比于旱地高质量转出低质量转入的情况,水田转入转出的土地质量相当,可

以体现出当地对水田的保护意识要强于旱地。

(3) 耕地内部转换中,旱地转为水田的质量等级以9—10等为主;水田转为旱地的质量等级以8—9等为主。2015年起耕地间的内部转换在全区皆有分布。

(4) 转换耕地主要分布在低生态风险区和较高生态风险区。旱地转入转出主要分布在低生态风险区,且质量等级以9—11等为主。水田转出分布在低生态风险区,质量等级以8—9等为主;水田转入仅存在于2012—2018年时段,分布在较高生态风险区,质量等级以9—12等为主。

参考文献:

- [1] 鲍家伟,巴彦淖尔:探索耕地“三位一体”保护的有效路径[J].中国土地,2021(4):53-54.
- [2] 于东升,潘贤章,迟文峰.20世纪80年代末以来中国土地利用变化的基本特征与空间格局[J].地理学报,2014,69(1):3-14.
- [3] 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.
- [4] 李植,李山.“增减挂钩”占补耕地数量质量综合平衡模型研究与应用[J].水土保持通报,2020,40(2):218-221,231.
- [5] 欧阳玲,王宗明,贾明明,等.基于遥感的吉林省中西部耕地数量和质量空间格局变化分析[J].农业工程学报,2016,32(13):234-242.
- [6] 曹瑞芬,张安录,万珂.耕地保护优先序省际差异及跨区域财政转移机制:基于耕地生态足迹与生态服务价值的实证分析[J].中国人口·资源与环境,2015,25(8):34-42.
- [7] 孙晶晶,赵凯,牛影影.构建粮食主产区耕地保护经济补偿机制的关键问题:基于河南滑县473份农户调研数据[J].中国生态农业学报,2018,26(1):146-155.
- [8] 张欣欣.农地流转对农户耕地保护行为的影响研究[D].银川:宁夏大学,2018.
- [9] Azadi H. Monitoring land governance: Understanding roots and shoots[J]. Land Use Policy, 2020,94(C):104530.
- [10] Seaman A N, Farmer J R, Chancellor H C, et al. Conserving nostalgia: exploring private land protection patterns [J]. Journal of Environmental Studies and Sciences, 2019, 9(1):122-132.
- [11] Zare M, Panagopoulos T, Loures L. Simulating the impacts of future land use change on soil erosion in the Kasilian watershed, Iran[J]. Land Use Policy, 2017, 67:558-572.
- [12] 黄海潮,雷鸣,孔祥斌,等.中国耕地空间格局变化及其生态系统服务价值响应[J].水土保持研究,2022,29(1):339-348.
- [13] 杨媛媛,姚尧,郝帅.基于GWR模型的贵州省耕地集约利用水平时空变化特征及影响因素分析[J].水土保持研究,2022,29(1):326-332,338.

[14]

李丽清.桂林市耕地时空变化特征及驱动力分析[J].国土资源情报,2021(6):18-26.

[15]

刘永强,龙花楼.黄淮海平原农区土地利用转型及其动力机制[J].地理学报,2016,71(4):666-679.

[16]

刘强,杨众养,陈毅青,等.基于 CA-Markov 多情景模拟的海南岛土地利用变化及其生态环境效应[J].生态环境学报,2021,30(7):1522-1531.

[17]

金贵,吴锋,李兆华,等.快速城镇化地区土地利用及生态效率测算与分析[J].生态学报,2017,37(23):8048-8057.

[18]

梁鑫源,李阳兵.三峡库区规模农地时空变化特征及其驱动机制[J].地理学报,2018,73(9):1630-1646.

[19]

祖健,郝晋珉,陈丽,等.耕地数量、质量、生态三位一体保护内涵及路径探析[J].中国农业大学学报,2018,23(7):84-95.

[20]

李青圃,张正栋,万露文,等.基于景观生态风险评价的宁江流域景观格局优化[J].地理学报,2019,74(7):1420-1437.

[21]

Mo W B, Wang Y, Zhang Y X, et al. Impacts of road network expansion on landscape ecological risk in a megacity, China: A case study of Beijing[J]. Science of the Total Environment, 2017,574:1000-1011.

[22]

潘竟虎,刘晓.疏勒河流域景观生态风险评价与生态安全格局优化构建[J].生态学杂志,2016,35(3):791-799.

[23]

于婧,汤昇,陈艳红,等.山水资源型城市景观生态风险评价及生态安全格局构建:以张家界市为例[J].生态学报,2022,42(4):1290-1299

[24]

王杰云,罗志军,齐松.城镇空间扩张与景观生态风险的耦合关联:以江西省袁州区为例[J].水土保持研究,2021,28(5):142-151.

[25]

彭建,党威雄,刘焱序,等.景观生态风险评价研究进展与展望[J].地理学报,2015,70(4):664-677.

[26]

刘军,张武文,蓝登明,等.牙克石市五九煤矿土地利用及景观格局变化研究[J].内蒙古农业大学学报:自然科学版,2015,36(3):70-77.

[27]

常小燕,李新举,刁海亭.矿区土地利用时空变化及重心转移分析[J].内蒙古农业大学学报:自然科学版,2021,42(2):41-48.

[28]

吕乐婷,张杰,孙才志,等.基于土地利用变化的细河流域景观生态风险评估[J].生态学报,2018,38(16):5952-5960.

[29]

田鹏,李加林,史小丽,等.浙江省土地利用格局时空变化及生态风险评价[J].长江流域资源与环境,2018,27(12):2697-2706.

[30]

侯蕊,李红波,高艳丽.基于景观格局的武汉市江夏区土地利用生态风险评价[J].水土保持研究,2021,28(1):323-330,403.

[31]

杜军,赵胜朝,邱士可,等.2000—2015 年豫西黄土丘陵区土地利用变化及景观生态风险评价[J].水土保持研究,2021,28(1):279-284,291.

[32]

罗晓虹,王莹燕,王舒,等.1990—2015 年三峡库区重庆段水田时空分布及演变特征[J].中国农业资源与区划,2022,43(1):71-80.

[33]

龚竹娟.三峡库区万州耕地质量特征及空间分异研究[D].重庆:西南大学,2016.

[34]

贾艳艳,唐晓岚.长江流域安徽段生态系统服务价值与景观生态风险时空演变及其关联分析[J].南京林业大学学报:自然科学版,2022,46(3):31-40.

(上接第 174 页)

[16]

化祥雨,金祥荣,吕海萍,等.高质量发展耦合协调时空格局演化及影响因素:以浙江省县域为例[J].地理科学,2021,41(2):223-231.

[17]

崔丹,卜晓燕,徐祯,等.中国资源型城市高质量发展综合评估及影响机理[J].地理学报,2021,76(10):2489-2503.

[18]

钟锦玲,周兴,李文辉.广西高质量发展与土地资源可持续利用的耦合协调性[J].水土保持通报,2021,41(3):247-257.

[19]

乔美华.环境规制、空间溢出与经济高质量发展:基于中国省级面板空间杜宾模型的经验研究[J].生态经济,2021,37(4):147-155.

[20]

雒占福,李兰,高旭,等.基于生态城市理念的兰州—西宁城市群高质量发展与生态环境耦合协调研究[J].水土保持研究,2021,28(2):276-284.

[21]

刘琳轲,梁流涛,高攀,等.黄河流域生态保护与高质量发展的耦合关系及交互响应[J].自然资源学报,2021,36(1):176-195.

[22]

韦福巍,黄荣娟,朱慧芳.省级区域旅游产业—社会经济—生态环境耦合协调度空间相关性研究:以广西为例[J].西北师范大学学报:自然科学版,2017,53(4):116-123.

[23]

熊小菊,廖春贵,胡宝清.广西西江流域经济—社会—生态系统协调发展研究[J].人民长江,2019,50(4):86-93.

[24]

贾清显,朱芳阳.多重机遇叠加下广西生态经济系统可持续发展情景模拟研究[J].生态经济,2017,33(12):83-86.