

近 20 年关中西部耕地秋季撂荒 时空格局及其影响因素

张杰琳¹ 康鸳鸯² 陈义勋¹ 张 站¹ 连晶晶¹ 孙欣琪¹ 齐雁冰¹

(1.西北农林科技大学资源环境学院 陕西 杨凌 712100; 2.河南省国土空间调查规划院 河南 郑州 450053)

摘 要:近年来关中西部冬小麦收获后耕地撂荒现象(简称秋季撂荒)日益严重。以凤翔、岐山、扶风三县为例,选取 2000—2020 年间 9 个年份春季和秋季各 1 期 Landsat 影像,运用 CART 决策树分类法提取 9 个年份秋季耕地撂荒的时空变化特征,并通过实地问卷调查探究其影响因素及驱动机制。结果表明:研究区秋季耕地撂荒主要分布在凤翔县西南部、岐山县中部以及三县北部临近山区的地带,凤翔县中部和扶风县中部秋季撂荒程度较轻;2000 年以来研究区耕地秋季撂荒呈波动上升趋势,其中 2000—2007 年间撂荒面积逐步增加,2007—2013 年间有所回落,2013—2020 年间又迅速攀升,2020 年撂荒范围最广,撂荒率达 64.64%。近 20 a 研究区秋季撂荒地由小规模零星分布逐渐转为大规模集中分布。灌溉条件是研究区秋季耕地撂荒的主要影响因素,且影响程度逐年上涨;经济区位、耕作半径和交通条件对撂荒率也有一定的影响,但影响程度逐年减小;耕地边际化是驱动研究区农户选择秋季撂荒的根本原因,劳动力短缺是研究区秋季撂荒的主要原因,灌溉缺乏、积温不足和耕地细碎化等农业生产条件不足是研究区秋季撂荒的直接原因。

关键词:耕地秋季撂荒;时空格局;Landsat 影像;驱动机制;关中西部

中图分类号: S127 **文献标志码:** A

Spatio-temporal patterns and factors influencing farmland abandonment in autumn in Western Guanzhong during the last 20 years

ZHANG Jieli¹, KANG Yuanyang², CHEN Yixun¹, ZHANG Zhan¹, LIAN Jingjing¹, SUN Xinqi¹, QI Yanbing¹

(1. College of Natural Resources and Environment, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;

2. Institute of Spatial Survey and Planning of Henan Province, Zhengzhou, Henan 450053, China)

Abstract: In recent years, the abandonment of arable land after the harvest of winter wheat in the central and western regions of China (abbreviated as autumn abandonment) has become increasingly serious. Taking Fengxiang, Qishan and Fufeng counties as examples, this study selected one Landsat image in spring and autumn for nine years during 2000–2020 and used CART decision tree classification method to extract the temporal and spatial variation characteristics of cultivated land abandonment in autumn for selected nine years. A field questionnaire survey was conducted to explore its influencing factors and driving mechanisms. The results showed that the autumn cultivated land abandonment in the study area was mainly distributed in the southwest of Fengxiang County, the central part of Qishan County, and the area near the mountains in the north of the three counties. Since 2000, the fall abandonment of cultivated land in the study area had shown a fluctuating upward trend. The abandoned area gradually increased during 2000–2007, declined during 2007–2013, and rose rapidly during 2013–2020. In 2020, the area of abandonment was the widest, and the abandonment rate reached 64.64%. In the past 20 years, the autumn abandoned plots in the study area had gradually changed from a small-scale sporadic distribution to a large-scale concentrated distribution. Irrigation conditions were the main factors influencing autumn cultivated land abandonment in the study area, and the degree of influence increased year by year. Economic location, farming radius

收稿日期: 2022-04-09

修回日期: 2022-07-22

基金项目: 国家级大学生创新训练计划项目(S202010712104); 国家自然科学基金项目(42277310)

作者简介: 张杰琳(2000–),女,山西太原人,硕士研究生,研究方向为生态模拟与资源利用。E-mail: zhangjielin1027@nwfufu.edu.cn

通信作者: 齐雁冰(1976–),男,河南周口人,教授,主要从事资源环境监测与评价研究。E-mail: ybqi@nwsuaf.edu.cn

and traffic conditions also had a certain influence on the abandonment rate, but the degree of influence decreased year by year. The marginalization of arable land was the fundamental reason why farmers chose autumn abandonment in the study area. The shortage of labor was the main reason for abandonment in autumn in the study area. The lack of irrigation, insufficient accumulated temperature, and fragmentation of cultivated land were the direct causes of autumn abandonment in the study area.

Keywords: farmland abandoned in autumn; spatio-temporal pattern; Landsat images; influencing factors; western Guanzhong

伴随着我国改革开放和城镇化发展的快速推进, 非农就业机会增多、工资上涨, 务农机会成本上升, 大量农村劳动力析出向非农部门转移, 导致部分耕地被撂荒^[1]。2000 年以来, 我国耕地撂荒现象愈发严重^[2]。2000—2010 年各省撂荒记录均明显多于 1990—2000 年^[3]。2011 年全国耕地撂荒率约为 13.5%, 而到 2013 年则增加到 15.0%^[4]。在资本和技术要素投入有限的情况下, 耕地仍是粮食生产最重要的农业资源, 耕地面积变化严重影响着区域粮食产量^[5]。耕地撂荒不仅加剧了耕地资源浪费和人地矛盾^[6], 对区域粮食安全和农民增收产生威胁^[7], 同时也会带来一系列生态效应, 严重制约我国农村经济的可持续发展。尤其是 2020 年以后, 全球新冠肺炎疫情肆虐, 农产品贸易进口来源波动, 国际市场价格大幅上涨, 明显提高了中国农产品进口成本^[8], 给国内粮食生产提出了更高的要求。2022 年中央一号文件再次强调要“稳定全年粮食播种面积和产量”。因此, 开展耕地利用监测对于防止耕地撂荒及提高耕地利用效率和潜力具有重要意义。

耕地撂荒在过去半个多世纪呈全球性问题, 并受到高度关注^[4]。国内外既往研究主要集中于耕地撂荒的分类、分布特点、信息获取方法、驱动机制和生态效应^[9]。耕地撂荒的定义在学界内尚无统一标准, 基本可以概括为“农户在自然环境、社会经济等多重因素影响下, 未对耕地资源进行充分利用的行为”。按照耕地利用状态的差异分为显性撂荒和隐性撂荒; 根据耕地撂荒的时长分为全年性撂荒和季节性撂荒; 依照耕地的管理程度分为完全撂荒、半撂荒和过渡撂荒。耕地撂荒是城市化和工业化进程下的普遍现象^[10]。欧洲、美国、日本等发达国家和地区是最早产生耕地撂荒的地方^[11], 而中国耕地撂荒的研究起步较晚, 撂荒主要分布在我国西南部山地丘陵区^[4]。由于遥感影像具有覆盖范围广、更新频率快、获取成本低、能反映时空格局变化等优点, 已逐渐成为耕地撂荒的主要提取手段^[12]。不同地区耕地撂荒的驱动力不同, 但根本原因都在于务农机会成本上升带来的耕地边际化^[13], 部分地

区还存在气候地形不利^[14]、地块破碎化严重^[15]、灌溉设备缺乏^[16]等生产条件的阻碍。

综观既往耕地撂荒研究, 主要侧重于坡耕地占比大、农业生产条件差的山区丘陵地区^[17]。近年来, 随着我国进入城镇化的中期加速阶段, 平原地区的耕地撂荒现象已初露端倪, 然而关于平原地区的耕地撂荒问题却鲜有报道。廖平等^[18]对成都平原龙门山镇的 5 个村庄调查发现, 撂荒地占耕地面积的 5.45%。相比山区丘陵地带, 平原地区耕地质量较优, 耕作条件良好, 单位面积产量更高, 往往是区域粮食主产地, 对粮食安全的影响更深, 更需要对其撂荒问题作深入研究。此外, 既往研究多集中于全年性撂荒, 对季节性撂荒的研究较少, 张天柱等^[17]运用 CART 决策树分类法计算河北省高碑店市的撂荒面积, 发现该地区以季节性春季撂荒为主。马尚杰等^[19]基于改进多元纹理和光谱融合的分类方法提取安徽省霍邱县冬季撂荒的分布范围, 结果显示, 该地 2016 年和 2017 年冬季撂荒率分别为 12.36% 和 35.06%。季节性撂荒同样会造成耕地资源的浪费, 其对全年粮食产量的影响不容小觑。

关中平原是陕西省农业生产条件最优越的地区, 是国家确定的陕西省粮食生产基地, 面积约 3.6 万 km², 粮食产量达全省的 70% 以上^[20], 对陕西省粮食产量具有重要贡献。然而在近期的实地调研中发现, 关中平原西部存在严重的冬小麦收获后放弃种植夏玉米而致使耕地撂荒的现象。为详细了解该区域近 20 a 来耕地利用季节性撂荒的时空变化特征, 本文以陕西省关中平原西部凤翔县、岐山县和扶风县为研究区, 选取 2000、2002、2003、2007、2009、2013、2015、2018、2020 年每年春、秋两期的 Landsat TM/ETM+/OLI 影像, 运用 CART 决策树分类法, 提取 20 a 来关中西部秋季耕地撂荒的分布范围, 并通过实地调研、景观格局分析、缓冲区分析等方法探究关中西部耕地撂荒的时空格局演变特征和影响因素, 为提高关中西部耕地利用率提供科学的理论依据, 同时为防止耕地撂荒进一步扩大及促进关中平原农业经济可持续发展提供指导。

1 研究区概况与数据来源

1.1 研究区概况

选取关中平原西部的凤翔县、岐山县和扶风县作为研究区(图1,见233页)。关中平原位于陕西省中部,气候类型为暖温带半湿润大陆性季风气候。关中平原土壤肥沃,光照充足,热量充沛,年均温度 $6\sim 13^{\circ}\text{C}$,年均降水量 $500\sim 700\text{ mm}$,积温 $3\ 500\sim 4\ 500^{\circ}\text{C}$,可满足农作物一年两熟的种植需要。根据降水量和气候特征,关中平原分为东部和西部,由于东部大部分地区已将传统的小麦/玉米轮作转变为设施农业、果树、花卉等,因此本文将研究区聚焦为仍然保留小麦/玉米轮作的西部扶风、岐山和凤翔三县。粮食生产体系以冬小麦/夏玉米二元轮作为主,其中冬小麦一般在每年10月初播种,次年6月中上旬收获,夏玉米在冬小麦收获后直接播种,同年9月底或10月初收割。

1.2 数据来源

1.2.1 遥感影像数据 本文所用的数据来源于美国地质调查局(USGS)(<http://glovis.usgs.gov/>)提供的Landsat TM/ETM+/OLI影像,空间分辨率30 m。受云雾天气影响,无法在保证影像质量的前提下获取每年的连续数据,因此,根据影像质量从每3年中选取1~2年,最终确定为2000、2002、2003、2007、2009、2013、2015、2018、2020年共9个年份。本文中耕地秋季撂荒是指春季影像中有冬小麦种植而秋季无夏玉米生长的耕地,为对比提取出研究区秋季耕地撂荒范围,每年选取两期影像。根据研究区小麦/玉米的生长周期,每年两期影像的成像时间分别定在春季2—5月和秋季7—9月。2—5月的影像可以有效提取出冬小麦的分布情况,7—9月的影像可以分辨出夏玉米的分布情况。此外,针对影像中部分地物类型难以识别的情况,采用Google Earth高清历史影像数据用来辅助训练样本和验证样本的选择。

1.2.2 统计数据 统计数据来源于《中国县域统计年鉴》^[21]和《全国农产品成本收益资料汇编》^[22],包括研究区生产总值、规模以上工业企业个数、陕西省小麦玉米成本利润率和单位面积物质与服务费用及人工成本,用于分析2000—2020年研究区不同县域经济发展状况和关中西部小麦、玉米的成本及收益变化情况。

1.2.3 调研数据 为详细了解农户耕地秋季撂荒的直接主观原因,于2021年3月中旬赴关中西部凤翔县、岐山县和扶风县进行实地调研。随机均匀地

选取24个村庄(图1),对农户展开问卷调查。内容围绕耕地利用现状、农业生产条件和劳动力特征三方面,具体包括当地主要种植作物类型及时期、农田基础设施条件、农业劳动力数量、劳动力平均年龄、人均耕地面积、耕地平均产出、机械化水平、耕作成本、农业补贴政策、家庭收入占比、土地流转等情况。平均每个村子走访3~4户农户,最终回收有效问卷62份。用于分析农户角度下关中西部秋季耕地撂荒的驱动机制。

2 研究方法

2.1 数据预处理

2.1.1 遥感影像预处理 对原始遥感影像依次进行辐射定标、FLAASH大气校正、几何校正和图像裁剪。几何校正中,统一2020年2月12日的影像为基准影像,确保误差小于半个像元。由于Landsat 7 ETM+的机载扫描行校正器(SLC)于2003年发生故障,之后的影像存在条带现象,采用ENVI landsat _gapfill进行插值修复后再做处理。

2.1.2 地理空间数据预处理 对遥感影像中凤翔县、岐山县和扶风县的乡镇区域进行数字化,得到乡镇区域矢量文件。考虑到20年长时间跨度里城镇在不断发展的现实情况,分别提取出2000年春季和2020年春季两期影像的乡镇范围shp文件。根据研究区面积大小,在乡镇、道路、居民点及水系的矢量文件基础上,分别生成不同等级的缓冲区矢量图,其中乡镇缓冲区距离为1、5、10 km,道路缓冲区距离为50、100、200 m,居民点缓冲区距离为100、200、500 m,水系缓冲区距离为50、100、200 m。

2.2 CART决策树分类及精度验证

本文采用CART决策树法对预处理后的遥感影像进行地物分类:在ENVI 5.3中逐期导入预处理后的影像,分别进行ISODATA非监督分类和缨帽变换,计算NDVI值和二阶概率统计滤波,并依次勾画训练样本和验证样本。将以上4个结果与原影像进行波段组合得到新图像,根据训练样本自动提取分类规则,运行决策树模型得到分类结果。

分类结果精度验证方面,通过勾选与训练样本不重叠的验证样本数据集,利用地面真实感兴趣区进行混淆矩阵分析,最后由总体精度进行分类效果描述。

2.3 景观格局分析

景观格局反映了地物在空间上的分布特征以及受人类活动影响的程度,通常由景观指数定量描述。利用Fragstats 4.2软件计算景观指数,指标选择如下:斑块数量(NP)、斑块密度(PD)、景观形状指

数(LSI)、平均斑块面积(PAMN)、斑块面积标准差(PASD)、平均形状指数(SIMN)、聚合度(AI), 以上指标分别表征了研究区秋季耕地撂荒斑块的破碎程度、形状复杂程度、形状规则程度和聚集程度, 具体指标含义及计算公式参考文献 [23]。

3 结果与分析

3.1 遥感影像分类及精度验证结果

根据地块的光谱和纹理特征, 将影像地物分为耕地、林地、水域、建设用地和裸地 5 种类型。其中, 地块形状特征呈现为耕地却没有作物种植的地块划入裸地。对于特征模糊的地块, 辅以 Google Earth 高清历史影像进行目视解译, 对分类效果不理想的影像多次分类。结果显示所有年份和日期的影像分类均获得了较高精度, 影像总体精度均大于 85% (表 1), 表明分类结果可靠, 可以进行后续分析。

3.2 秋季耕地撂荒时空变化分析

研究区 2000—2020 年耕地秋季撂荒分布变化见图 2。秋季撂荒现象较为严重, 连片密集地分布在凤翔县西南部、岐山县中部以及三县北部临近山区的地带, 凤翔县中部和扶风县中部秋季撂荒程度较轻。近 20 a 来研究区秋季撂荒率变化呈波动上升趋势(图 3), 其中 2000、2009、2013 年秋季撂荒率相对较低, 撂荒率最小值为 2000 年 24.07%, 而 2002、2003、2007、2015、2018、2020 年秋季撂荒率较高, 均高于 30%, 撂荒率最大值为 2020 年 64.64%。2015—2020 年秋季撂荒率持续上升, 平均增幅 19.16%, 撂荒趋势加重。

3.3 秋季耕地撂荒空间格局分析

2000—2020 年, 研究区秋季撂荒耕地整体上破碎化程度减小, 聚集程度增大, 撂荒地形状趋于简单且呈几何分布(表 2, 见 234 页)。斑块数量和

斑块密度变化表明研究区秋季撂荒分布有明显的聚集性特征, 总是发生在相邻近的区域, 同时反映出研究区内各乡镇村落的撂荒程度差异较大, 存在季节性撂荒高发区。平均斑块面积于 2015—2020 年骤增, 说明撂荒地开始由小规模零星分布向大规模集中分布转变。斑块面积标准差整体处于较大水平, 2015—2020 年快速上升, 同样说明研究区不同区域内秋季撂荒规模差异显著, 既有零星散落在田野地头的零散地块(扶风县中部), 也有连片密集的大规模耕地撂荒(凤翔县西南部、岐山县中部)。景观形状指数变化程度较小, 变化趋势与撂荒率相反, 说明近年来研究区秋季撂荒地破碎化程度降低, 边界复杂程度降低, 形状更加规则化, 同时反映出越来越多的大片、整块耕地被撂荒, 季节性撂荒现象严重。

3.4 秋季耕地撂荒影响因素分析

研究区距各影响因素不同距离内的耕地秋季撂荒率变化见表 3(见 234 页)。在经济区位方面, 随着耕地到县城距离的增加, 研究区秋季撂荒率整体呈现先增大后减小的变化趋势, 表明县城经济发展对周边农村就业的带动作用在一定距离范围内随着距离的增加而减弱, 经济区位并非耕地撂荒的主要影响因素。在耕作半径和交通条件方面, 多数年份中的撂荒率均随着耕作半径或距道路距离的增加而增大, 且标准差在近 3 a 中均有所减小, 说明地块距农村居民点或道路的距离是耕地撂荒的重要影响因素, 但近年来影响程度有所减弱。在灌溉条件方面, 除 2009 年外, 其余年份均明显呈现出撂荒率随距水系距离的增加而增加的特征, 且 2000—2020 年不同水系距离内撂荒率的标准差显著增加, 说明灌溉条件是影响研究区秋季耕地撂荒的主要因素, 且影响程度逐年增强。

表 1 影像成像时间及分类精度

Table 1 Image acquisition time and classification accuracy

年份 Year	成像日期 Imaging date		卫星 Satellite		分类精度 Classification accuracy / %	
	时期 1 Period 1	时期 2 Period 2	时期 1 Period 1	时期 2 Period 2	时期 1 Period 1	时期 2 Period 2
2000	0511	0730	Landsat 5	Landsat 5	90.7	91.0
2002	0330	0829	Landsat 5	Landsat 7	88.1	90.1
2003	0112	0909	Landsat 5	Landsat 5	90.0	89.8
2007	0201	0930	Landsat 5	Landsat 5	86.6	90.1
2009	0520	0723	Landsat 5	Landsat 5	91.7	90.6
2013	0320	0819	Landsat 7	Landsat 8	92.7	87.7
2015	20141228*	0724	Landsat 8	Landsat 8	90.7	87.1
2018	0222	1004	Landsat 8	Landsat 8	92.0	91.8
2020	0212	0907	Landsat 8	Landsat 8	90.2	91.5

注: * 受云雾覆盖影响, 2015 年春季的影像质量较差, 选择 2014 年 12 月影像替代。

Note: * Affected by cloud cover, the image quality in spring 2015 was poor, and the image in December 2014 was selected instead.

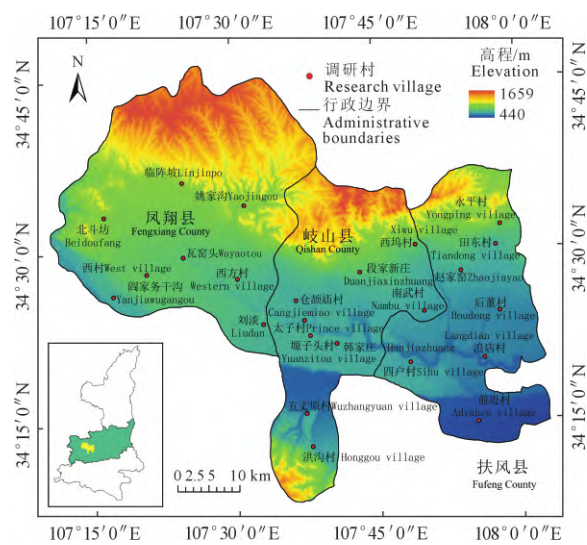


图 1 研究区地理位置

Fig.1 Study area location

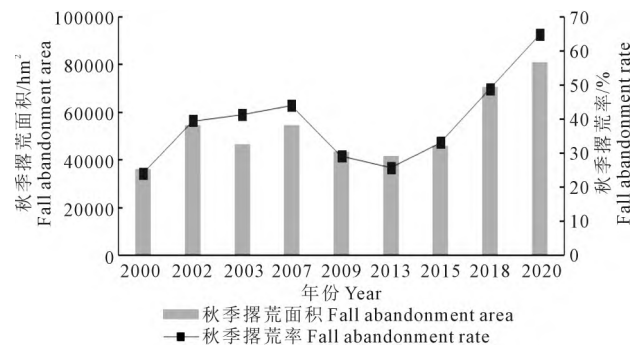


图 3 2000—2020 年研究区耕地秋季撂荒率变化趋势

Fig.3 Changes of cultivated land abandonment rate in autumn in the study area from 2000 to 2020

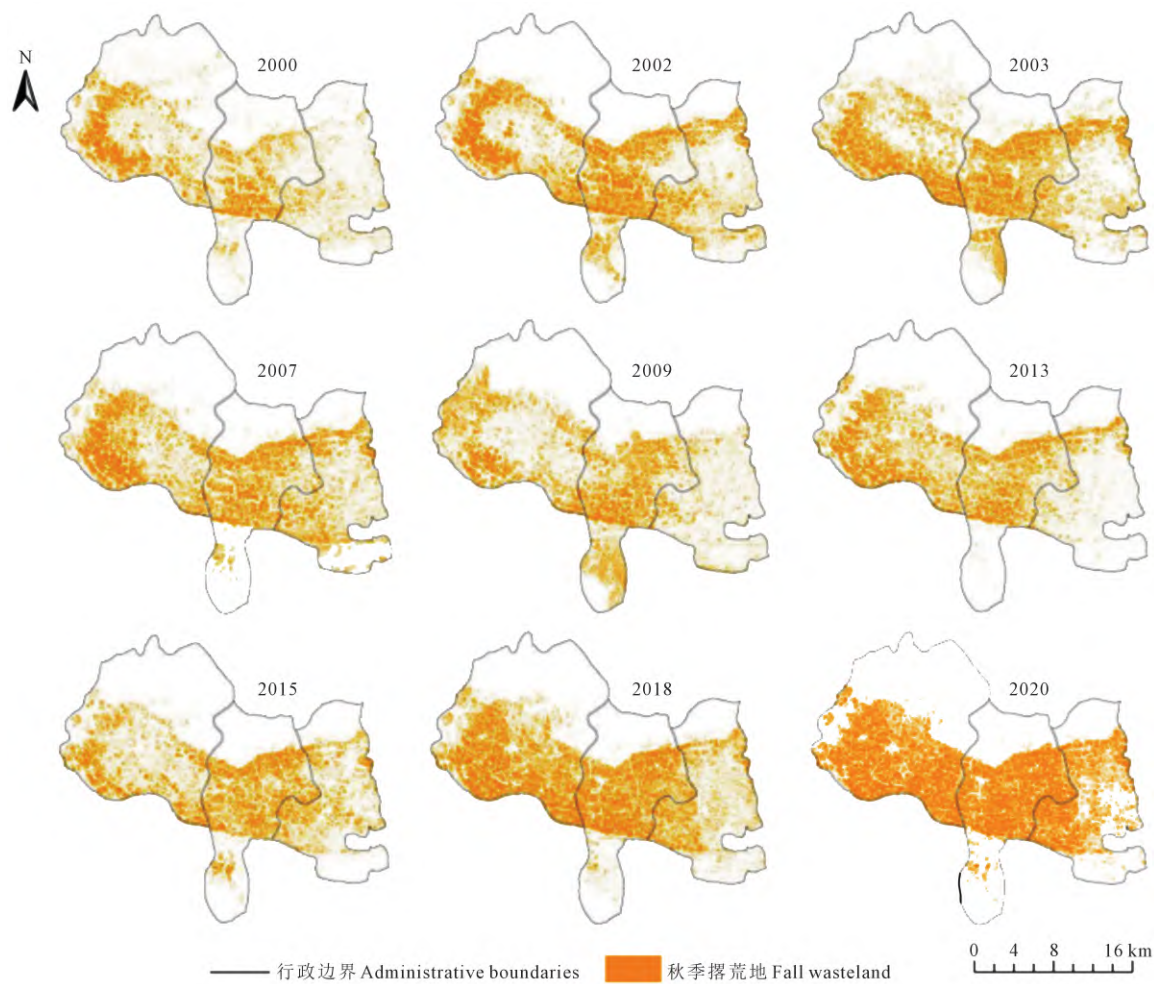


图 2 2000—2020 年研究区耕地秋季撂荒分布

Fig.2 Spatial distribution of cultivated land abandoned in autumn in the study area from 2000 to 2020

表 2 研究区 2000—2020 年秋季撂荒耕地景观格局指数

Table 2 Landscape pattern index of abandoned cultivated land in autumn from 2000 to 2020 in the study area

年份 Year	斑块数量/个 Number of patches (NP)	斑块密度 Patch density (PD) /(No · hm ⁻²)	平均斑块面积 Mean patch size (PAMN) /hm ²	斑块面积标准差 Patch size standard deviation(PASD)	景观形状指数 Landscape shape index(LSI)	聚合度 Aggregation Index(AI) /%
2000	26749	72.7344	1.3749	4143.5770	179.8022	71.9735
2002	19786	36.3197	2.7533	3064.9509	158.8349	79.6742
2003	24879	53.5655	1.8669	3407.9185	168.0341	76.7120
2007	28912	52.9275	1.8894	3462.9850	189.0237	75.8213
2009	35073	80.6101	1.2405	2648.6713	215.6104	69.0805
2013	23886	57.1569	1.7496	2529.0274	172.2678	74.8263
2015	25688	55.7103	1.7950	1680.9578	183.7074	74.4304
2018	18154	25.6718	3.8953	4386.0238	166.2775	81.3315
2020	9547	11.7366	8.5204	5041.4667	114.6372	88.0305

表 3 研究区距各影响因素不同距离内的耕地秋季撂荒率/%

Table 3 Cultivated land abandonment rate in autumn within different distances from various influencing factors in the study area

年份 Year	县城缓冲距离 County buffer distance/km			标准差 Standard deviation	农村居民点缓冲距离 Rural settlement buffer distance/m			标准差 Standard deviation	道路缓冲距离 Road buffer distance/m			标准差 Standard deviation	水系缓冲距离 Water buffer distance/m			标准差 Standard deviation
	1	5	10		100	200	500		50	100	200		50	100	200	
2000	28.15	19.70	26.65	3.68	27.38	26.96	27.91	0.39	28.44	25.72	24.21	1.75	14.20	13.84	14.55	0.29
2002	48.86	31.99	37.24	7.05	41.44	42.89	44.65	1.31	42.78	41.04	40.13	1.10	24.99	25.00	27.12	1.00
2003	46.79	33.00	40.12	5.63	45.19	44.80	43.44	0.75	49.18	54.11	66.83	7.43	23.11	25.45	27.76	1.90
2007	42.93	38.47	43.73	2.31	39.25	42.82	45.89	2.72	37.52	39.13	40.68	1.29	22.43	26.87	30.50	3.30
2009	20.99	16.39	25.48	3.71	27.86	30.37	33.48	2.30	23.74	22.87	22.71	0.45	24.82	23.55	23.52	0.61
2013	25.20	24.56	27.66	1.34	20.99	25.10	29.73	3.57	16.38	17.74	18.97	1.06	14.99	16.68	18.03	1.24
2015	42.53	33.45	32.82	4.44	34.30	35.94	38.37	1.67	33.37	31.37	29.75	1.48	16.28	19.58	22.06	2.37
2018	57.96	53.88	53.59	2.00	53.36	55.18	55.37	0.91	37.25	40.39	42.90	2.31	26.21	29.95	33.29	2.89
2020	69.33	71.16	71.68	1.01	72.58	72.43	71.12	0.65	59.21	59.15	60.46	0.60	41.43	45.08	48.83	3.02
平均 Average	42.53	35.84	39.89		40.26	41.83	43.33		36.43	36.84	38.52		23.16	25.11	27.29	

3.5 秋季耕地撂荒驱动机制分析

3.5.1 耕地边际化 耕地边际化是研究区秋季撂荒的根本原因。研究区耕作类型为一年两熟,主要复种类型为冬小麦-夏玉米,然而部分地区只种植冬小麦、不种植夏玉米,6—10 月耕地处于闲置状态,秋季撂荒现象严重。实地调研发现,农户选择秋季撂荒的根本原因为种植玉米的投入产出比低下、利润为负值,在这种情况下,一部分农户将土地流转出去种植经济作物,另一部分农户则选择季节性撂荒。统计陕西省近 20 a 来小麦、玉米的成本利润率(图 4)发现,2010 年二者的利润率开始下降,并于 2013 年跌入负值,玉米利润率在 2014—2018 年后缓慢回升,但仍旧低迷,小麦利润率稳定在 -10%左右。2014 年以前,小麦和玉米的利润率相差甚少,2014 年以后,玉米的利润率持续远低于小麦,导致研究区 2015 年以后秋季撂荒率不断上升。尽管近年来小麦的利润率也不尽人意,但小麦耐旱易耕,主要用于农户自给自足以保证耕地不完全荒芜,因此大部分农户选择继续小麦耕种而放弃玉米种植,导致秋季撂荒。

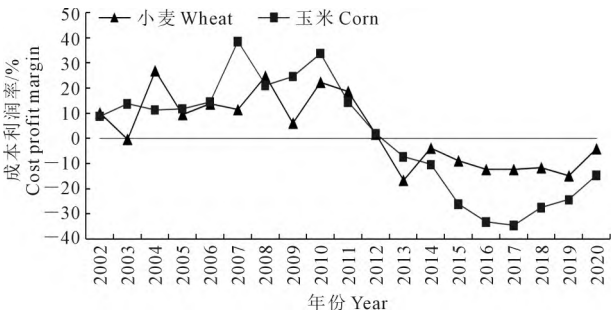


图 4 2002—2020 年陕西省小麦、玉米成本利润率变化

Fig.4 Changes in cost profit margin of wheat and corn in Shaanxi Province from 2002 to 2020

3.5.2 农村劳动力短缺 实地调研中发现,农村劳动力短缺是研究区秋季撂荒的主要原因。研究区中农村青壮年大量涌入城镇非农部门,村中留下老人、妇女和儿童,常驻人口仅占总人口的 1/3,农民需要尽可能地提高劳动生产率来弥补劳动力缺口,大面积采用机械化种植是提高劳动生产率的主要途径。然而在 2002—2020 年,陕西省小麦和玉米的物质与服务费用增加了约 3 倍,人工成本增加了约 6 倍,劳动力成本快速上涨。尤其是 2002 年玉米的

人工成本和物质与服务费用不相上下,而到2020年已是其物质与服务费用的2倍有余。2010—2020年间,玉米人工成本比小麦高出40%左右(图5a)。在农村老龄化的背景下,农民趋向于减少劳动力成本较高的玉米的种植面积,导致季节性撂荒。统计凤翔县、岐山县和扶风县近年来的地区生产总值(2013—2019年)和规模以上工业企业个数(2000—2019年)发现(图5b、c),凤翔县和岐山县城镇化水平较高,优良非农就业机会更多,更容易吸引年轻人离开农村,从而导致撂荒现象的发生。这与遥感影像提取出的秋季撂荒分布结果相一致,即凤翔县、岐山县秋季撂荒耕地分布集中,扶风县秋季撂荒现象较轻。

3.5.3 农业生产条件不足 农业生产条件不足是致使研究区秋季撂荒的直接原因,包括灌溉少、温度低和耕地细碎化。实地调查发现,研究区北部农户普遍存在灌溉条件较差的问题,这些地区没有专门的农田水利设施,需要从其他村子引水管或从水电站水库抽水,极大地增加了种植成本,进一步挤压了种植利润。另外,研究区夏秋季多发干旱,而玉米生长过程需水量较大^[24],曾发生过玉米旱死在农

田里的现象。西北部的山区地带由于温度较低,有效积温少,作物成熟周期长,夏玉米无法成熟,当地农民每年仅种一季作物,同样产生秋季撂荒现象。家庭联产承包责任制下的耕地细碎化增加了农民在多个地块间的通勤成本,限制了农业机械的使用,包括地块面积太小无法使用机械、地块零碎机械频繁掉头消耗时间动力,降低了农业生产效率,进一步增加了农业经营成本,为追求利益最大化,农民会自动放弃细碎地块的耕作,从而产生撂荒现象。土地流转被认为是能缓解耕地撂荒的有效政策^[25],然而调研发现,土地流转只对农业生产条件较优地区的耕地撂荒起到有效缓解作用,对于干旱严重和积温过低等生产条件较差地区的耕地,由于存在劣势且耕地利用价值较低,很少有公司或个人有承包意愿,因此这些耕地仍不可避免地撂荒。

4 讨论

过去20年间,关中西部耕地秋季撂荒率呈波动上升趋势,经历了三个变化阶段:2000—2007年秋季撂荒率由24.07%增加至43.97%,2007—2013年降至25.75%,2013—2020年又迅速上涨至64.64%。

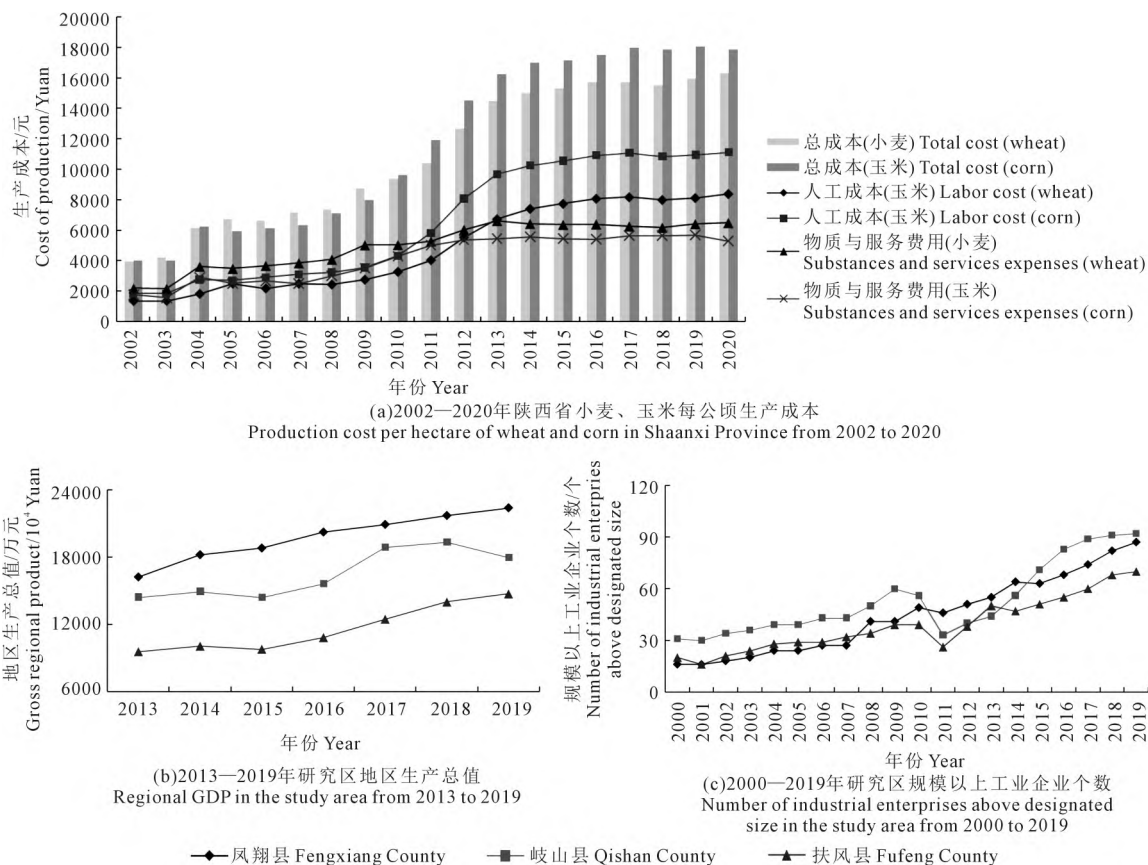


Fig.5 Crop production cost and economic level in the study area

该变化曲线与王珂等^[26]研究结果略有不同,是由所选研究区域、遥感影像、分类方法和分类策略都存在较大差异引起的,但均指出关中西部耕地秋季撂荒现象的严重性。2000—2007 年,秋季撂荒面积持续上涨,劳动力骤减是这一阶段撂荒加重的直接原因。研究区农村青壮年从 1995 年开始陆续进城务工,21 世纪初农村劳动力急剧减少,留守村中的老人由于体力原因不得不放弃耗工费力的玉米种植,致使大片耕地秋季撂荒。同时,20 世纪 90 年代至 21 世纪初关中气象干旱频发^[27],1999 年属于极端干旱年^[28],对夏玉米种收造成了极大影响,导致农民放弃玉米种植。2007—2013 年秋季撂荒面积有所缩减,主要受到三方面影响:其一,2006 年我国全面免征农业税,农民土地经营成本下降,农业收益增加,撂荒意愿减少^[29],推动部分农民增加农业生产投入,重新种植夏玉米。其二,研究区 2006 年开始引进新型玉米联合收获机^[30],收割是玉米生产过程中劳动强度最高的部分,机械化有效降低了劳动力成本,改善了玉米生产条件,同时陕西省玉米成本利润率 2006—2010 年均处于较高水平,吸引了农民种植玉米;其三,2008 年的金融危机导致大量农民工工资下降、离岗失业而返乡务农,陕西省受金融危机影响的农民工占其总人数的 10%^[31]。返乡民工填补了农村劳动力缺失的空白,秋季撂荒面积减少。这一阶段中,2013 年秋季撂荒率低至 25.75%,是由于 2013 年研究区出现冬春连旱现象,导致夏粮欠收减产,为弥补夏粮减产带来的损失,政府带动农民积极播种秋粮作物,以秋补夏,玉米种植面积有所扩大。2013—2020 年秋季撂荒面积不断增加,这是因为自 2013 年开始,陕西省玉米成本利润率首次跌入负值,玉米生产利润急剧下降。此外,2015 年以来研究区 7—8 月干旱频发,对玉米生产的数量和质量造成一定影响,继续种植夏玉米耗费大量人力财力,且不会获得盈余,因此更多的农户从自身利益出发选择放弃玉米耕种,秋季撂荒面积显著扩增。

耕地撂荒受自然、经济、社会、政策等多种因素共同影响,实地调研结果表明,关中西部秋季撂荒的主要影响因素为灌溉条件,且影响程度逐年增加,这是因为研究区夏秋季节降水稀少,易发干旱,加上研究区的农田水利设施大部分修建于 20 世纪 80 年代,不少设施已因年久失修而停用,而夏玉米属于高耗水作物,因此灌溉条件是制约关中西部秋粮播种面积的主要因素,这与王容^[20]等的研究结论一致。经济区位、耕作半径和交通条件对撂荒率也

有一定的影响,但近年来影响越发微弱,这与张天柱^[17]等的研究结果一致。耕地边际化、劳动力短缺和农业生产条件不足共同驱动着农户选择秋季撂荒,其中耕地边际化是驱动关中西部农户选择秋季撂荒的根本原因。21 世纪以来,城镇化的快速推进带动第二、三产业迅猛发展,大量工作环境、工作薪资均优于务农的非农就业机会涌现,加上城镇优越的医疗、教育和住房保障条件,越来越多的农村青年为追求更好的生活水准选择进城务工,务农机会成本上升,农村劳动力持续减少,导致劳动力成本不断攀升。同时,随着经济社会的发展,农资价格持续上涨,农产品价格却受到国家调控而长期保持稳定,农业生产利润被一再压缩,农民有选择地对耕地进行边际化处理,最终产生撂荒。土地流转虽然能对研究区的秋季撂荒起到缓解作用、优化耕地配置,却无法改变农业生产条件差的耕地的撂荒,这与邵景安等^[25]的研究结果一致。

5 结 论

基于遥感影像信息提取和实地问卷调研,本文分析了 2000—2020 年关中西部凤翔县、岐山县和扶风县耕地秋季撂荒的时空格局演变及影响因素。近 20 a 来,研究区耕地秋季撂荒率呈波动上升趋势,2020 年达到最高值 64.64%,对关中平原区域粮食安全产生了一定的威胁。秋季撂荒范围主要集中在凤翔县西部、西南部,岐山县中部、北部和扶风县北部,撂荒地逐渐由小规模零星分布转向大规模集中分布。耕地边际化是导致研究区秋季撂荒的根本原因,农村劳动力短缺是主要推动力,农业生产条件不足是直接原因,包括灌溉条件不足、有效积温较低和耕地破碎化严重。政府未来须加强耕地利用监管、改善农田水利设施,以减缓秋季撂荒继续扩大的趋势;同时完善土地流转市场,在稳定粮食产量的前提下调整种植业结构,提高优质耕地的利用效率与潜力。

参 考 文 献:

- [1] 郭贝贝,方叶林,周寅康. 农户尺度的耕地撂荒影响因素及空间分异[J]. 资源科学, 2020, 42(4): 696-709.
GUO B B, FANG Y L, ZHOU Y K. Influencing factors and spatial differentiation of cultivated land abandonment at the household scale [J]. Resources Science, 2020, 42(4): 696-709.
- [2] 周丁扬,吴建桥,文雯等. 粮食主产区河南省耕地撂荒特征与影响因素分析[J]. 农业机械学报, 2021, 52(8): 127-137.
ZHOU D Y, WU J Q, WEN W, et al. Abandonment characteristics and influencing factors of cultivated land abandonment in major crop-producing areas [J]. Transactions of the Chinese Society for

- Agricultural Machinery, 2021, 52(8): 127-137.
- [3] 张学珍 赵彩杉 董金玮 等. 1992-2017年基于荟萃分析的中国耕地撂荒时空特征[J]. 地理学报, 2019, 74(3): 411-420.
ZHANG X Z, ZHAO C S, DONG J W, et al. Spatio-temporal pattern of cropland abandonment in China from 1992 to 2017: a meta-analysis[J]. Acta Geographica Sinica, 2019, 74(3): 411-420.
- [4] 李升发 李秀彬. 耕地撂荒研究进展与展望[J]. 地理学报, 2016, 71(3): 370-389.
LI S F, LI X B. Progress and prospect on farmland abandonment[J]. Acta Geographica Sinica, 2016, 71(3): 370-389.
- [5] 李雨凌 马雯秋 姜广辉 等. 中国粮食主产区耕地撂荒程度及其对粮食产量的影响[J]. 自然资源学报, 2021, 36(6): 1439-1454.
LI Y L, MA W Q, JIANG G H, et al. The degree of cultivated land abandonment and its influence on grain yield in main grain producing areas of China[J]. Journal of Natural Resources, 2021, 36(6): 1439-1454.
- [6] LANA-RENAULT N, NADAL-ROMERO E, CAMMERAAT E, et al. Critical environmental issues confirm the relevance of abandoned agricultural land[J]. Water, 2020, 12(4): 1119.
- [7] 陈诗波 谭鑫 余志刚 等. 粮食主产区耕地隐性撂荒的形式、成因及应对策略[J]. 农业经济与管理, 2016(4): 43-51.
CHEN S B, TAN X, YU Z G, et al. Forms causes and coping strategies of recessive abandoned in major grain-producing areas[J]. Agricultural Economics and Management, 2016(4): 43-51.
- [8] 李先德 孙致陆 贾伟 等. 新冠肺炎疫情对全球农产品市场与贸易的影响及对策建议[J]. 农业经济问题, 2020(8): 4-11.
LI X D, SUN Z L, JIA W, et al. Impacts of COVID-19 on global agricultural market and trade and its countermeasures[J]. Issues in Agricultural Economy, 2020(8): 4-11.
- [9] 段亚明 周洪 刘秀华 等. 中国耕地撂荒的研究进展与展望[J]. 江苏农业科学, 2018, 46(13): 13-17.
DUAN Y M, ZHOU H, LIU X H, et al. Research progress and prospect of abandonment of China's cultivated land[J]. Jiangsu Agricultural Sciences, 2018, 46(13): 13-17.
- [10] RUDEL T K, COOMES O T, EMILIO M, et al. Forest transitions: towards a global understanding of land use change[J]. Global Environmental Change, 2005, 15(1): 23-31.
- [11] QUEIROZ C, BEILIN R, FOLKE C, et al. Farmland abandonment: threat or opportunity for biodiversity conservation? A global review[J]. Frontiers in Ecology and the Environment, 2014, 12(5): 288-296.
- [12] 陈航 谭永忠 邓欣雨 等. 撂荒耕地信息获取方法研究进展与展望[J]. 农业工程学报, 2020, 36(23): 258-268.
CHEN H, TAN Y Z, DENG X Y, et al. Progress and prospects on information acquisition methods of abandoned farmland[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2020, 36(23): 258-268.
- [13] STRIJKER D. Marginal lands in Europe—causes of decline[J]. Basic and Applied Ecology, 2005, 6(2): 99-106.
- [14] 施厚军 兰安军 易兴松 等. 岩溶槽谷区撂荒耕地空间分异特征及其驱动因子[J]. 浙江农业学报, 2021, 33(6): 1049-1061.
SHI H J, LAN A J, YI X S, et al. Spatial differentiation characteristics and driving factors of abandoned cultivated land in karst trough valley[J]. Acta Agriculturae Zhejian gensis, 2021, 33(6): 1049-1061.
- [15] 王亚辉 李秀彬 辛良杰. 耕地地块细碎程度及其对山区农业生产成本的影响[J]. 自然资源学报, 2019, 34(12): 2658-2672.
WANG Y H, LI X B, XIN L J. Characteristics of cropland fragmentation and its impact on agricultural production costs in mountainous areas[J]. Journal of Natural Resources, 2019, 34(12): 2658-2672.
- [16] 罗雅红 龚建周 李天翔 等. 基于MaxEnt模型提取撂荒耕地——以四川省武胜县为例[J]. 农业资源与环境学报, 2021, 38(6): 1084-1093.
LUO Y H, GONG J Z, LI T X, et al. Extraction of abandoned farmland based on MaxEnt model: a case study of Wusheng County, Sichuan Province[J]. Journal of Agricultural Resources and Environment, 2021, 38(6): 1084-1093.
- [17] 张天柱 张凤荣 黄敬文 等. 工业化区域撂荒耕地空间格局演变及影响因素分析[J]. 农业工程学报, 2019, 35(15): 246-255.
ZHANG T Z, ZHANG F R, HUANG J W, et al. Spatial pattern evolution of abandoned arable land and its influencing factor in industrialized region[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2019, 35(15): 246-255.
- [18] 廖平 邓立. 成都平原耕地抛荒情况的调研与思考[J]. 四川农业科技, 2015(10): 5-7.
LIAO P, DENG L. Investigation and thinking on abandoned cultivated land in Chengdu Plain[J]. Sichuan Agricultural Science and Technology, 2015(10): 5-7.
- [19] 马尚杰 裴志远 王飞 等. 基于GF-1影像的沿淮地区冬季耕地撂荒遥感调查应用[J]. 农业工程学报, 2019, 35(1): 227-233.
MA S J, PEI Z Y, WANG F, et al. Application on remote sensing survey of abandoned farmlands in winter along the Huaihe River based on GF-1 image[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2019, 35(1): 227-233.
- [20] 王容 李贤 黄毅祥 等. 关中原西部耕地季节性撂荒的农户行为机理研究[J]. 水土保持研究, 2022, 29(2): 372-379.
WANG R, LI X, HUANG Y X, et al. Behavior mechanism of farmers' seasonal abandonment of cultivated land in the west part of Guanzhong plain[J]. Research of Soil and Water Conservation, 2022, 29(2): 372-379.
- [21] 国家统计局农村社会经济调查司. 中国县域统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社, 2000-2021.
Department of Rural Social and Economic Survey, National Bureau of Statistics. China county statistical yearbook[M]. Beijing: China Statistics Press, 2000-2021.
- [22] 国家发展和改革委员会价格司. 全国农产品成本收益资料汇编[G]. 北京: 中国统计出版社, 2000-2021.
Price Department of National Development and Reform Commission. Compilation of national agricultural products cost and benefit data[G]. Beijing: China Statistics Press, 2000-2021.
- [23] 郑新奇 付梅臣. 景观格局空间分析技术及其应用[M]. 北京: 科学出版社, 2010: 92-144.
ZHENG X Q, FU M C. Landscape pattern spatial analysis technology and its application[M]. Beijing: Science Press, 2010: 92-144.

- measures of recycling methods and resource reuse of residual film in cotton fields of Xinjiang[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2019, 35(16): 1-13.
- [10] 赵岩, 郑炫, 陈学庚, 等. CMJY-1500 型农田残膜捡拾打包联合作业机设计与试验[J]. 农业工程学报, 2017, 33(5): 1-9.
ZHAO Y, ZHENG X, CHEN X G, et al. Design and test of CMJY-1500 type plastic film residue collecting and balling machine[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2017, 33(5): 1-9.
- [11] 谢建华, 张凤贤, 陈学庚, 等. 弧形齿滚扎式残膜回收机的设计及参数优化[J]. 农业工程学报, 2019, 35(11): 26-37.
XIE J H, ZHANG F X, CHEN X G, et al. Design and parameter optimization of arc tooth and rolling bundle type plastic film residue collector[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2019, 35(11): 26-37.
- [12] 罗威, 王吉奎, 罗新豫, 等. 夹指链式残膜回收装置仿形及收膜机构的改进设计与试验[J]. 农业工程学报, 2017, 33(22): 27-35.
LUO W, WANG J K, LUO X Y, et al. Improved design and experiment of profiling and recycling plastic film mechanism for clamping finger-chain type device of recycling residual plastic film[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2017, 33(22): 27-35.
- [13] 李东, 赵武云, 辛尚龙, 等. 农田残膜回收技术研究现状与展望[J]. 中国农机化学报, 2020, 41(5): 204-209.
LI D, ZHAO W Y, XIN S L, et al. Current situation and prospect of recycling technology of farmland residual film[J]. Journal of Chinese Agricultural Mechanization, 2020, 41(5): 204-209.
- [14] 孙岳, 简建明, 田玉泰, 等. 残膜回收机旋转式起膜装置起膜机理分析与试验[J]. 农业机械学报, 2018, 49(S1): 304-310.
SUN Y, JIAN J M, TIAN Y T, et al. Analysis and experiment of filming mechanism of rotary film-lifting device of residual film recycling machine[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2018, 49(S1): 304-310.
- [15] 周鑫城. 链齿耙式残膜回收机的设计及试验研究[D]. 乌鲁木齐: 新疆农业大学, 2021.
ZHOU X C. Design and experiment test of chain-rake type residual film recycling machine [D]. Urumqi: Xinjiang Agricultural University, 2021.
- [16] 赵攸乐, 张学军, 靳伟, 等. 链齿耙式耕层残膜回收机捡拾机构的设计[J]. 农机化研究, 2019, 41(2): 119-122, 127.
ZHAO Y L, ZHANG X J, JIN W, et al. Design of pick-up mechanism for the chain-teeth-rake topsoil incomplete plastic film recycling machine[J]. Journal of Agricultural Mechanization Research, 2019, 41(2): 119-122, 127.
- [17] 杨松梅. 随动式棉田残膜回收机设计及关键技术研究[D]. 长春: 吉林大学, 2020.
YANG S M. Design and key technology research of passive cotton field residual plastic film recycling machine[D]. Changchun: Jilin University, 2020.
- [18] 李斌, 王吉奎, 胡凯, 等. 残膜回收机顺向脱膜机理分析与试验[J]. 农业工程学报, 2012, 28(21): 23-28.
LI B, WANG J K, HU K, et al. Analysis and test of forward film removing mechanism for polythene film collector[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2012, 28(21): 23-28.

(上接第 237 页)

- [24] 杨丽, 刘海军, 唐晓培. 气候变化对河北省宁晋县夏玉米产量的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2022, 40(1): 113-122.
YANG L, LIU H J, TANG X P. Effects of climate change on yield of summer maize in Ningjin County of Hebei Province[J]. Agricultural Research in the Arid Areas, 2022, 40(1): 113-122.
- [25] 邵景安, 张仕超, 李秀彬. 山区土地流转对缓解耕地撂荒的作用[J]. 地理学报, 2015, 70(4): 636-649.
SHAO J A, ZHANG S C, LI X B. The role of rural farmland transfer in preventing farmland abandonment in the mountainous areas[J]. Acta Geographica Sinica, 2015, 70(4): 636-649.
- [26] 王珂, 孙景妍, 张杰琳, 等. 基于 GEE 的陕西关中西部耕地季节性撂荒时空变化特征[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2022, 50(10): 106-115.
WANG K, SUN J Y, ZHANG J L, et al. Spatiotemporal variation of seasonal abandoned farmland in the Western Guanzhong Plain of Shaanxi based on GEE[J]. Journal of Northwest A&F University (Natural Science Edition), 2022, 50(10): 106-115.
- [27] 李红梅, 范建忠. 关中夏玉米生育期气象干旱特征分析[J]. 陕西气象, 2015(4): 1-5.
LI H M, FAN J Z. Analysis of meteorological drought characteristics in maize growth period in Guanzhong in summer[J]. Journal of Shaanxi Meteorology, 2015(4): 1-5.
- [28] 李凤, 李毅, 于强, 等. 1961-2019 年陕西省极端旱涝事件的时空演变规律[J]. 陕西气象, 2020(6): 23-29.
LI F, LI Y, YU Q, et al. Spatio-temporal evolution of extreme drought and flood events in Shaanxi Province from 1961 to 2019[J]. Journal of Shaanxi Meteorology, 2020(6): 23-29.
- [29] 邹伟, 吴群, 曲福田. 免征农业税对农户土地利用行为的影响——基于 14 省 25 县(市) 496 农户的调查[J]. 资源科学, 2008, 30(6): 932-938.
ZOU W, WU Q, QU F T. Influence of agricultural tax exemptions on farmers' land use behavior: based on a survey of 496 farmers in 25 counties (cities) in 14 provinces[J]. Resources Science, 2008, 30(6): 932-938.
- [30] 李林义, 康卫斌. 凤翔县破解玉米机械化收获瓶颈[J]. 农机科技推广, 2011(9): 34.
LI L Y, KANG W B. Fengxiang county breaks the bottleneck of maize mechanized harvesting[J]. Agriculture Machinery Technology Extension, 2011(9): 34.
- [31] 许定国, 袁浩. 金融危机下陕西农民工的就业问题探析[J]. 经济研究导刊, 2009(15): 113-114.
XU D G, YUAN H. An analysis of the employment of migrant workers in Shaanxi under the financial crisis[J]. Economic Research Guide, 2009(15): 113-114.