

赵昱茜,鲁春阳,文 枫,等. 我国耕地轮作休耕研究进展与展望[J]. 江苏农业科学,2022,50(19):1-9.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2022.19.001

我国耕地轮作休耕研究进展与展望

赵昱茜¹, 鲁春阳^{1,2,3}, 文 枫², 鲁铁定¹, 张 明¹, 多玲花¹

(1. 东华理工大学测绘工程学院,江西南昌 330013; 2. 河南城建学院测绘与城市空间信息学院,河南平顶山 467036;
3. 武汉大学测绘遥感信息工程国家重点实验室,湖北武汉 430079)

摘要:通过系统梳理总结我国耕地轮作休耕的可行性和重要性、休耕规模测算和布局优化、轮作休耕模式和影响因素等方面的研究现状,客观评价已有研究的成效、问题、重点和未来的研究趋势,以期深度推进耕地休养生息和农业可持续发展提供参考和依据。运用文献研究法、归纳总结法、对比分析法等,分析我国耕地轮作休耕的研究进展。结果表明,我国耕地轮作休耕应关注休耕后的潜在风险问题,亟需开展风险识别与风险规避机制研究;更加关注农户对耕地轮作休耕的认知问题,应开展耕地轮作休耕利益分配机制研究;为推进耕地轮作休耕制度化、规范化,应加快相应的法律法规体系构建研究;应探索轮作休耕地后期审核制度研究;为提高耕地轮作休耕绩效,开展轮作休耕后耕地的监督管护体系研究。未来要更加关注耕地轮作休耕在中观尺度和微观尺度层面产生的局地效应研究,为国家粮食安全和耕地保护提供参考和依据。

关键词:耕地;轮作休耕;模式;关键技术;研究进展;展望

中图分类号:F323.211 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2022)19-0001-08

党的十八届五中全会提出“探索实行耕地轮作休耕试点”,将重金属污染区、地下水漏斗区和生态严重退化区作为耕地轮作休耕重点区域。2016年,国务院发布《探索实行耕地轮作休耕制度试点方案》,划定河北、湖南、云南、甘肃、贵州、辽宁、吉林、黑龙江、内蒙古等省(区)为第1批试点,尝试构建耕地轮作休耕政策和制度体系。2019年,中央一号文件又将江苏、安徽、江西、山东、河南、四川、湖北、新疆等省(区)划为第2批试点。至此,我国共有17个省份被划为耕地轮作休耕试点。国外耕地轮作休耕工作起步较早。1933年,美国正式开始耕地休耕,并以此为中心出台相关配套法案,其规模最大的休耕项目是自1985年起实施的土地休耕保护储备计划(CRP),如今已经建立起系统化的休耕制度以及相应的法律法规体系。1992年,欧盟启动耕地休耕,形成了轮作休耕以及多年性休耕、强制休耕、无强制休耕等类型,并建立起相应的休耕补贴机

制。1970年,日本开始实施休耕,针对等别不同的耕地,构建管理休耕、轮种休耕、永久休耕等3种模式^[1]。总体来看,国外耕地轮作休耕具有规模动态调控、多主体协调、补助方式多元、形式多样、灵活弹性等特点,目标明确,并建立相应的法律法规以及配套措施。和国外相比,我国耕地轮作休耕的研究与实践起步较晚。20世纪80年代以后,中国台湾地区先后实施了“稻米生产以及稻田转作计划”“水旱田利用调整计划”等^[2]。近年来,学者们围绕耕地轮作休耕开展了一系列的研究,探索形成了地下水漏斗区-节水保水型休耕模式、重金属污染区-清洁去污型休耕模式、生态严重退化区-生态修复型休耕模式、撂荒严重区-流转+休耕模式以及耕作过度集约区-耕地地力保护型休耕等。针对休耕时间门体,主要有短期休耕、季节性休耕、长期休耕3种形式^[3]。为了调动休耕主体的积极性,提出现金直补、先建后补、粮食补助等补助方式,试点区域大多会将休耕补偿金额直补到耕地农户,即依据耕地的承包权进行补偿,主要补偿对象包括种粮大户、合作社等农业经营主体^[4]。本研究主要基于我国乡村振兴战略背景,系统梳理耕地轮作休耕的研究现状和实践特征,厘清当前研究的重点和难点,为进一步提升耕地轮作休耕绩效,推进耕地轮作休耕制度完善,保障国家粮食安全提供参考和借鉴。

收稿日期:2021-11-17

基金项目:河南省科技攻关计划(编号:192102310266);河南城建学院学术技术带头人项目(编号:YCJXSJDTR201803)。

作者简介:赵昱茜(1998—),女,河南平顶山人,硕士研究生,主要从事土地资源管理与城乡发展研究。E-mail:zhaoyuxi98@163.com。

通信作者:鲁春阳,博士,教授,硕士生导师,主要从事国土开发与区域规划研究。E-mail:luchunyang@hncj.edu.cn。

1 我国耕地轮作休耕可行性、重要性以及影响因素研究

1.1 耕地轮作休耕可行性

人多地少的基本国情决定了我国耕地轮作休耕尤为迫切,学者们从土地制度、粮食生产能力、国际粮食市场以及利益相关者认知等视角论证了我国耕地轮作休耕具有现实可行性,一直以来,用养结合是我国耕作管护的主要方法之一。我国耕地保护制度经历了“重数量—数量质量兼顾—数量、质量、生态并重”的演变历程^[5],根据《中国统计年鉴》(2020 年)可知,我国粮食总产量实现了“十七连增”,说明我国粮食生产能力得到大幅度提高,但人们对粮食产品的需求呈刚性增长态势,且需求类型日益多样化,这对我国耕地利用及管理提出了新的要求和挑战。

陈展图等认为,“1.2 亿 hm^2 耕地”是保证我国粮食安全的基础,原国土资源部公布的《关于第二次全国土地调查主要数据成果的公报》显示我国耕地面积共有 1.35 亿 hm^2 ,这也证实了我国耕地轮作休耕具有一定的空间^[1]。

我国每年粮食进口总量不断增加,但通过这种路径依赖满足我国粮食需求是难以为继的,这就要求水稻、小麦自给率保持在 100%,玉米自给率不低于 95%。由于资源禀赋的地区差异,各地休耕技术存在较大异质性,并形成不同的休耕地翻耕技术、培肥技术、休耕试验示范技术以及休耕时长安排等^[2]。如湖南重金属污染区大力开展治理式休耕,形成了“休治培”三融合休耕模式,有效降低稻米镉含量,明显改善土壤质量^[6]。湖南省长株潭地区土壤重金属污染治理过程中实施的“VIP + n”模式在国内广泛应用。

1.2 耕地轮作休耕重要性

一直以来,我国都是集约型农业发展模式,为了实现农产品产量快速提升,化肥农药大量投入使用,地下水过度开采,农业环境污染严重,耕地功能不断退化,农业资源环境承受巨大压力。各地区采取相应轮作休耕措施取得了显著成效,证实耕地轮作休耕有利于缓解耕地污染、农产品质量下降、功能退化、无序抛荒等问题^[7-8]。

陈展图等认为,耕地轮作休耕有利于改善生态环境,提升耕地生态价值^[1-13]。吉林省德惠市、公主岭市、四平市等地通过轮作休耕取得了良好的生态效

益,显著增加了土壤碱解氮和速效钾含量,提高了土壤速效磷含量。中国科学院东北地理与农业生态研究所的研究结果表明,经过耕地轮作休耕,农业土壤资源质量、耕地功能得到有效保护,示范区农业生产能力、经济效益、生态效益相比休耕前显著提高^[9]。

河北省实施“调、节、引、蓄、管”等措施,促成了“源头—田间—工程—管护”于一体的综合治理体系,建立地下水与耕地质量检测网络体系,逐步完善土水一体化监测网络体系和数据信息共享平台,为地下水、耕地质量以及农业生产效能进行动态监测和及时的信息反馈,为工作调整和完善提供参考信息^[10]。杨文杰等认为,小麦休耕后,化肥最终施用量降低 390 kg/hm^2 (折纯),农药使用量减少 7.5 kg/hm^2 ,减少化学投入品对土壤的污染^[4]。河北省景县参与“耕地季节性休耕试点”项目后减少 1 季小麦种植,全县节约地下水 1 950 万 m^3 /年。河北省沧州市通过开展“1 季休耕、1 季雨养”的耕地轮作休耕,实现节水(5 800 万 m^2)、节肥(1.27 万 t)、节约(0.18 万 t)。

湖南省为了推进重金属污染区耕地资源的修复及治理,实施创新技术模式,即“VIP + n”,遵循“品种变更选择—土壤调控—去除污染—保障安全”的基本治理思路,实行分区治理,形成“休治培”三融合休耕模式。经过治理式休耕,土壤酸化明显改善,有效态镉含量减少,一定程度上实现了对稻田镉污染的控制,为水稻安全生产提供了技术保障^[6,11]。

耕地轮作休耕有利于缓解耕地生产压力,提升耕地地力,促进耕地质量改善。云南省实行耕地休息保护与培肥地力结合模式,实现休耕的同时不减产,培肥耕地地力并促进畜牧业进一步发展。云南省文山壮族苗族自治州砚山县开展休耕工作以来,选择部分 2 季作物区连休 3 年,促进剩余劳动力种林或进城务工,根据当地土壤资源环境和气候转换作物品种,调整农业种植结构,推动生态农业发展^[4]。甘肃省永登县通过实践证明耕地休耕能够有效提升土壤有机质、有效磷、速效钾等养分含量,促使耕地地力恢复,土壤结构更加疏松透气^[12]。

江苏省在轮作区域内推行水稻和其他经济作物的轮作,2016 年试点推广面积为 7 533 hm^2 ,占总面积的 46%,提高了土壤质量和系统生产力,优化水稻种植生长环境,促进水稻品质、产量提升的同时实现农民增收^[13](表 1)。

表 1 江苏省主要休耕模式和成效

江苏休耕模式	实施路径及作用	成效
冬耕晒垡	解决土壤紧实、耕作层浅、作物根系难以下扎、土壤内有害物质累积等问题	试点区域生态经济社会效益综合提升 2% 左右
冬种绿肥	种植绿肥,适时将鲜草翻压入土,实现小肥换大肥,提高土壤有机质含量	江苏省试点区域土壤有机质含量提高 2.1% ~6.5%
种植豆类	将冬季单一种植绿肥改为多品种共同种植;在夏、秋季节间套种豆类作物	高淳区有“(梨树、茶、苗木)/(蚕豆、豌豆)”等间套作方式,改土增肥效果明显
增肥培肥	增施适量有机肥,粮食、蔬菜作物施用量分别至少 3 000、6 000 kg/hm ²	试点区域经济、社会、生态综合效益约提高 3%
用养结合	种植耗地作物时,同时采用水旱轮作、秸秆还田、间套养地作物、增施有机肥、合理轮耕等养地措施,实现耕地用养结合、“三效”并举的目的	

耕地轮作休耕有利于推进农业供给侧改革^[14-15]。耕地轮作休耕工作的开展有利于提升耕地质量,改善土壤环境,养护生态脆弱地区耕地,调整优势产区种植结构,促进农产品结构调整。对于库存减少也有积极的促进作用,粮食库存过多导致陈粮损耗增加、库存保管养护费用增加,导致国家财政压力加剧,甚至会因为抬高下游企业的生产成本使得整个农业产业链市场竞争力被削弱。

1.3 耕地轮作休耕影响因素

尽管耕地轮作休耕有助于我国农业持续发展以及农业供给侧结构性改革,但耕地轮作休耕过程中仍受到诸多因素影响。一方面,由于受我国小农经济和土地细碎化使用模式的影响,农户拥有的地块较多、面积小且较分散,需要和大量农户进行协商,制度执行成本及后期监管成本较高。另一方面,法律体系和配套措施不完善也是当前我国推进耕地轮作休耕过程中面临的又一障碍。2016 年我国出台《探索实行耕地轮作休耕制度试点方案》;2019 年《中华人民共和国土地管理法》中增加了“引导因地制宜轮作休耕”的相关规定,但是当前仍没有形成较完善的相关法律制度,且相关研究不足^[16]。我国土地管理理念已经出现积极变化,耕地保护政策和制度也在不断调整,需要持续关注并加快出台耕地轮作休耕相关的法律制度以及配套措施安排,保证轮作休耕应有的法律地位,为耕地轮作休耕实施和监管提供法律支持^[1]。

同时,对相关利益主体界定不明晰,且收益分配机制存在缺陷。尽管谢花林等基于博弈论,采用动态博弈模型对我国农户和地方政府及地方政府和中央政府之间的利益博弈关系进行分析^[17],但我国小农化的特征以及“三权分置”的土地制度使得同一块耕地涉及到中央政府、各级地方政府、村集体、外出务工农户以及各种新型农业经营等主

体^[18],因此需要持续深化开展利益分配机制研究。实行耕地轮作休耕应重点关注并加强集体经济组织和承包权人对耕地资源的监管,建立公众参与的监管机制,提供经济补贴和财政刺激,提升监管参与主体的物质需要和精神满足感^[19]。

2 我国耕地轮作休耕关键技术研究

2.1 休耕地规模测算研究以及布局优化研究

如何确立轮作休耕规模、布局轮作休耕空间格局是实施轮作休耕的关键技术之一。目前我国各试点休耕规模的确定大多依赖于“自上而下”的休耕规模指标分配,且研究集中在国家、省域层面,县域层面休耕规模测算以及布局研究较少。考虑较多的影响因素包括粮食安全、生态安全等,而忽视了区域实际资源禀赋状况、耕地质量、生态状况、社会经济发展等区域条件。实践中不断出现盲目追求休耕指标、休耕区域错配等现象,导致休耕效益受损。因此,无论是宏观层面还是微观层面的休耕规模测算和布局研究都较迫切。

现有关于休耕规模测算的研究大多基于粮食安全、生态安全、社会经济发展以及人口结构变化。在测算方法上,以灰色预测法、趋势预测法、能值分析法、生态足迹方法等为主。龙玉琴等以各省(市、区)耕地资源禀赋为制约因素,以增量城镇用地区域配置的方法和原理为参考,通过灰色预测法、最小人均耕地面积模型、趋势预测法、熵权法等方法对粮食安全耕地休耕规模进行测算,发现 2018 年我国基于粮食安全的耕地休耕规模为 1 690.73 万 hm²,占全国耕地总规模的 12.55%^[20]。谭术魁等构建基于修生耕地压力指数的粮食主产区休耕最大规模测算模型和基于系统动力学的仿真模型,仿真预测不同人口政策效应情境下最大休耕规模及休耕规模弹性边界,发现休耕规模整体呈现扩张态势^[21]。杨

庆媛等以耕地生态系统脆弱性诊断为基础,采用灰色预测法得出贵州省黔西南布依族苗族自治州晴隆县 2015—2020 年可休耕耕地规模共计 13 540.05 hm²,占全县耕地面积的 37.18%^[22]。

对于石漠化地区,石飞等采用生态足迹法、能值分析法,对耕地能值生态足迹改进模型(EC 和 EF,简称“修正模型”)与耕地能值可持续指数(ESI_d)进行修正,可以更全面地反映整个耕地生态经济系统的可持续状态,并测算贵州省松桃苗族自治县 2016 年休耕面积范围值。按照全县平均统计(SCAL),全县休耕面积范围为 1 396.10 ~ 19 558.62 hm²,占总耕地面积的 1.88% ~ 26.34%;按照分乡(镇)统计(STL),全县休耕面积范围为 1 996.10 ~ 17 673.83 hm²,占总耕地面积的 1.88% ~ 23.8%^[23]。

如何优化轮作休耕空间格局一直是学者们关注的关键问题。当前我国耕地休耕时空配置需要解决 2 个关键问题:一是不同空间尺度的耕地休耕空间布局;二是不同区域的耕地休耕时间安排。如何有效构建综合模型、评价指标体系和划分评价等级标准是解决这 2 个关键问题的难点和重点^[24]。

休耕地布局优化受粮食安全、粮食市场、生态安全、耕地质量和社会经济的影响,同时也受休耕目标和人们实际需求的约束。当前已有的休耕地布局研究大多参考了土地整治时空配置、基本农田布局优化等相关方法,探究耕地总量约束下休耕地的时空布局^[10],完善轮作休耕时序安排和空间格局是目前急需解决的问题。

针对生态脆弱地区,向慧等围绕休耕的目标导向及约束条件,厘定休耕地空间配置的逻辑内涵,综合利用灰色预测模型 GM(1,1)、VSD 脆弱性评估框架和 GIS 空间分析等方法,通过休耕地初判、休耕地修正、休耕地优选 3 个步骤实现休耕地的分区布局,将晴隆县以村为单位的休耕分区布局划分为“三级五类”,落实休耕“保护区”,实行分区管护,同时结合石漠化治理措施降低水土流失发生率,优化生态环境^[5]。

重金属污染是我国耕地利用面临的主要问题。曾思燕等利用空间插值方法构建中国耕地表层土壤重金属污染的空间分布图,基于土壤重金属污染水平、土壤综合质量影响指数以及潜在生态风险,构建中国耕地表层土壤重金属污染状况数据库,从国家尺度上权衡土壤重金属污染导致的休耕空间

布局。该研究结果表明,我国耕地土壤总体上未受严重影响,重度超标占 1.71%,土壤重金属污染必须休耕的占全部耕地面积的 15.58%,且相对集中于河南省和湖南省^[25]。

2.2 休耕补偿关键技术研究

当前,我国试点区域采用的休耕补偿方式主要有现金直补、先建后补以及粮食补偿等,休耕补偿款组成部分依据各地实际情况有所不同,大致划分为农户收益补偿、治理补偿、管护补偿、试验示范展示补偿等。《试点方案》中按重金属污染区域、地下水漏斗区域、西北生态严重退化区域和西南石漠化区域四大区域划分了最高休耕补贴标准,具体分配方式由各省(市、区)自行确定,基本都是按照农户的直接经济损失进行补偿的。

从补偿主体看,主要补偿对象为农户和各农业经营主体(种粮大户、合作社、家庭农场等),依据休耕前土地经营权是否发生流转,休耕补偿对象也会出现变化:未发生流转时,补偿对象为拥有土地承包权的农户;发生流转时,补偿对象则为拥有土地承包经营权的农业经营主体^[4](表 2)。

从试点补偿运行情况看,各种补偿模式具有较强的地域性特征,模式之间差异化明显,普遍存在受偿主体动力不足、休耕参与主体与补偿对象错位、补助标准缺乏柔性、资金来源渠道单一、制度保障薄弱等问题^[26],导致各地区耕地轮作休耕推进受到阻碍,参与主体的响应程度和满意程度受到影响。且休耕补贴和其他农业补贴之间存在重复、交叉等现象,吴萍提出 2016 年我国为了提高农民种地积极性发放了农业支持补贴,但是休耕实施之后发放的补贴则主要支持农户不种地^[19]。

有些地区休耕补偿标准和市场相脱节。杨庆媛提出,2016 年西南石漠化地区休耕补助达到了 15 000 元/hm²,但 2017 年之后新增休耕地补助则减少为 7 500 元/hm²,导致参与主体心理落差大。此外,部分地区签订休耕协议最低年限为 3 年,休耕补助并没有随着物价、土地市场价格而上涨,群众参与休耕的热情一再降低,休耕工作开展受到不利影响。并建议参考土地流转的一般做法,根据物价变化,以 2017 年 7 500 元/hm² 休耕补助为基础,适当逐年提高补助金额,如每年增加 10% ~ 20%。补助方式上,在现金补助的基础上增加物质补助、技术补助等非现金补助,尽可能稳定农户预期,激励农户参与休耕的积极性^[27]。

表 2 典型试点地区休耕补偿主体、特征和模式

试点省份	补偿模式	地区分配方式	国家补偿标准 [元/(hm ² ·年)]	补偿对象
河北省	现金直补模式、 先建后补模式	对参与项目产生的损失、实施项目产生的损失等进行补偿	7 500	若休耕前土地经营权未发生流转,则以拥有土地承包权的农户为补偿对象;若休耕之前土地经营权已经发生流转,则以拥有经营权的农业经营主体为补偿对象,仅有休耕参与补助而无租金补助,农业经营主体需要主动支付租金给农户
贵州省	现金直补模式、 粮食补助模式	万山区依据 6:3:1 进行分配;六枝特区休耕直补 7 500 元/(hm ² ·年),管护补助 70 元/(人·d)	15 000	农户将耕地经营权转让给政府,得到相应的休耕补偿,政府随后将集中的耕地经营权统一流转给社会组织、专业公司等休耕经营主体,并支付合理的养护管理费用。休耕经营主体不需要支付给农户租金,因此补偿对象仍依据承包权进行确定
湖南省	现金直补模式	参与项目产生损失补偿 10 500 元/(hm ² ·年),第 1 年只休耕晚稻季按补偿的 60% 发放 6 300 元/(hm ² ·年)	19 500	补偿对象和贵州省相同,不同的是农户将经营权转让给了村民委员会。休耕地承包者在休耕期间仍按相关规定同等享受耕地地力保护补贴
云南省	现金直补模式、 先建后补模式	第 1 年项目启动落实补偿 6 000 元/(hm ² ·年),完成实施考核补偿 9 000 元/(hm ² ·年)	15 000	基本为拥有土地承包权的农户
甘肃省	现金直补模式	基本收益补偿和管护补偿	12 000	基本为拥有土地承包权的农户

注:国家补偿标准当中,湖南省 19 500 元/(hm²·年)已经包括治理费用,贵州省、云南省 15 000 元/(hm²·年)是 2 季作物补助,甘肃省 12 000 元/(hm²·年)则是 1 季作物补助。

为了调动微观主体的积极性,对农户的补偿措施主要有货币补偿、技术补偿和金融补偿,补偿形式和农户期望越相符,其对休耕政策满意度就越高^[28-32]。研究发现,经济发展相对滞后地区的农户更倾向于得到现金直补,部分土地质量较好地区的农户更倾向于通过种植获得收入,其年轻农户更倾向于接受金融贷款、技术指导等补偿方式^[32]。同时,刘振中等指出多样化的补贴模式和技术指导有利于防止大量农民离开农村而出现耕地荒废的现象^[33]。因此,各地方政府应依据当地社会经济发展条件、农户实际需求和期望获偿方式制定灵活、多样、弹性的补偿模式。

2.3 休耕监督管护机制研究

我国现行的耕地休耕监督管护机制主要依靠行政监督和管理,社会监督、市场机制仅发挥辅助作用,且社会监督主体表现出单一性、松散性、纵向性等特点^[34]。轮作休耕过程中普遍存在休耕地资格审查、技术路线不合理、补偿不及时到位、农户撂荒偷种、休耕效果评估不准确、成果巩固不及时等问题。我国台湾地区由于休耕政策缺乏配套的监督管护机制,导致复耕难度增加、土地资源闲置浪费情况恶化、农业生产指数明显下降^[27],必须引以为戒,加快构建多元化的休耕监督管护体系,对耕

地轮作休耕实施动态、滚动的调整管理。

刘彦伶等认为,贫困地区的休耕管护工作严重滞后,“休耕”耕地大多为“一丢了之”,不管、不闻、不问,时间少则 1 季,多则 1 年或几年,往往不是有计划进行,周期不规律,其间杂草丛生,有的甚至长出灌木,土壤肥力下降、质量变劣、耕性变差,再利用难度大。因此,需要在休耕期间加强管理,采取松土、有机培肥、地表覆盖等方式,也可以种植水保型牧草,实行农牧结合^[35]。

也有省份做得相对较好,河北省以强化地下水监管为核心,出台了《河北省地下水管理条例》,制定南水北调受水区地下水压采方案以及地下水压采效果评估方法等,严格管控地下水取水管理^[10],为完善漏斗区地下水动态检测工作,建立土水一体化检测网络体系和数据信息共享平台,对地区不同耕地的肥力变化起到良好的监督管控作用^[19]。

为了强化对农户行为的监管,防止耕地非农化及其开发利用新的边际土地,杨文杰等认为需要在现有休耕耕地质量检测指标的基础上增加休耕地生物量、水土流失等生态环境监测指标,应要求休耕主管部门对休耕地块进行统一的管理调控,统筹规划,以促进规模效应形成^[4]。

为了提高耕地休耕监督管护绩效,刘亚男等建

议运用行政、经济等手段建立更加完善的休耕管护监管制度,特别是奖惩制度,提高休耕管护主体的积极性和主动性;引导农民参与休耕监督管护,进行技术培训,配合政府提高监管质量;积极培育农业企业、合作社等新型农业经营主体,强化管护方和耕地、农户的联系^[36]。赵其国等指出,应增强对监督管护的技术支撑,监测水土资源、环境容量超载区发展状况和治理措施落实情况,形成资源环境承载能力监测预警机制^[2]。

3 我国耕地轮作休耕模式研究进展

总体来看,我国基本形成了地下水漏斗区-节水保水型休耕模式、重金属污染区-清洁去污型休耕模式、生态严重退化区-生态修复型休耕模式、耕作过度集约化区-耕地地力保护型休耕模式和耕地撂荒严重区-流转+休耕模式等,这些模式采用培肥技术、休耕时长安排、休耕地翻耕技术和试验示范等技术,但这些模式呈现出显著的差异性(表 3)^[3-4]。

表 3 我国耕地轮作休耕模式概况

省(市)	试点区域	休耕模式	适用范围	主要作用	实施途径
河北	地下水漏斗区	节水保水休养式休耕	地下水过度抽取引发的地面沉降,导致耕地生态环境恶化、地力下降,探索实行“1 季休耕、1 季雨养”的节水保水休耕模式	节水保水	1 季自然休耕,1 季雨养种植,种养结合模式
湖南	重金属污染区	清洁去污治理式休耕	针对采矿、工业发展等导致的土地污染问题,该模式核心目的是去污染,保证食品安全	土地污染治理	一边休耕,一边治理,一边培肥
	耕地撂荒区	耕地“流转+休耕”	大量农村人口迁出使得耕地撂荒,应通过合作社、农业企业、在村农户等将撂荒地流转过来,依据休耕政策,降低撂荒率,保护并提升耕地地力	减少耕地撂荒,提升耕地生产力	
云南	西南石漠化区	生态修复生态式休耕	针对土壤板结、盐碱化、石漠化和荒漠化导致的耕地利用、生态问题,该模式关键在于提高耕地质量,修复耕地生态环境	保护生态	实行耕地休息与培肥地力结合、免耕与少耕结合模式
贵州	西南石漠化区	生态修复生态式休耕	针对土壤板结、盐碱化、石漠化和荒漠化导致的耕地利用、生态问题,该模式关键在于提高耕地质量,修复耕地生态环境	保护生态	25°以下坡耕地和瘠薄地的 2 季作物区,连续休耕 3 年
甘肃	干旱半干旱区	生态修复生态式休耕	针对土壤板结、盐碱化、石漠化和荒漠化导致的耕地利用、生态问题,该模式关键在于提高耕地质量,修复耕地生态环境	保护生态	休耕与种植油料作物、绿肥种子等
黑龙江、内蒙古、吉林、辽宁、江苏	耕地过度集约化区	耕地地力保护式休耕	耕地长期超负荷运转、高复种指数致使地力严重退化。探索在保护地力的同时进行季节性休耕、循环休耕	恢复地力	循环休耕、季节性休耕为主,休耕季节种植绿肥作物

耕地轮作休耕模式受到区域自然地理环境、社会经济状况、人地关系、资源环境承载能力等因素影响。陈展图等的研究模式大多以宏观层面总结为主,微观层面需要进行更丰富的试验和深入研究,构建符合区域资源特征和问题解决需求的治理技术和耕地轮作休耕模式^[1,37]。陈展图等还提出针对地下水漏斗地区、地力透支地区进行节水保水休养型休耕,土地污染地区则主要开展清洁去污型休耕,生态退化地区、石漠化地区、北方干旱半干旱地区进行生态修复型休耕^[1];钱晨晨等提出连作障碍区、复种指数过高地区开展用养结合,保护和提升地力^[38]。在同一地区也应根据不同问题和需求分别进行土地修复整治,孙治旭认为,云南省轮作休

耕重点应集中在重金属污染区域、城郊蔬菜花卉种植区域、大棚设施覆盖区域和长期覆盖地膜区域,需要种植绿肥,清除大棚和地膜,以提高耕地质量和肥力^[39],陈展图等提出对于广西壮族自治区应同时开展重金属治理休耕、生态修复休耕、中低产田地力培肥休耕以及连作障碍区休耕^[40]。

从耕地轮作休耕实施效果来看,重金属污染区轮作休耕模式有利于改种作物和品种、改良土壤、科学灌溉、控制吸收、“VIP+n”创新污染治理模式等;地下水漏斗区采取季节性休耕与周年休耕的模式,节水保水目标基本实现;连作障碍区实施轮作和休耕措施,包括冬种绿肥模式、冬耕晒垡模式、种植豆类模式和增肥培肥模式,地力可以得到有效保

护和提高。湖南省、河北省和江苏省 3 个典型地区实施相应的休耕模式后成效显著^[41]。

现有模式存在一些不足之处,如同一类型的耕地因为所处区域不同其适用的轮作休耕模式和技术也应进行相应的调整,通过田间试验以及调查研究,设计和选择“最适”“最优”的模式^[4]。吴萍指出,应对技术模式的长期稳定性及其对生态环境的影响进行深入研究,广泛利用卫星遥感技术收集耕地质量、面积等相关信息,逐步完善实时动态监测系统^[19]。同时,针对重金属污染治理设计的技术路径仍然较单一,主要以农艺调控、边生产边修复为主,随后应采取综合性方法进行深度试验,如进行作物品种选择、化学微生物等多方式调控对重金属污染地区进行治理和修复^[9]。不仅重金属污染治理模式要做到“休、治、培”并行,各模式都应促进耕地休耕和综合整治协同推进,实现以治理为主的积极休耕^[42]。尽管西南喀斯特等地区的轮作休耕模式多种多样,但试点规模较小,难以实现大范围推广,应考虑结合当地气候资源、生态环境等条件发展具有当地特色的多熟或多收型种植模式^[35,43]。

4 结论与展望

综上,我国学者围绕耕地轮作休耕取得了一系列研究成果。学者们就耕地轮作休耕的可行性、重要性、影响因素、关键技术和模式初步构建了相应的理论体系。学者们从土地制度、粮食生产能力、国际粮食市场和利益相关者认知等视角对可行性进行论证,并基于各试点初步进行耕地轮作休耕之后取得的成效证实耕地轮作休耕的重要性,在推进过程中需要重点关注我国耕地利用细碎化、小农化国情对耕地轮作休耕的影响,应结合土地数字化技术减少制约因素产生的影响。

同时,在耕地轮作休耕规模测算、布局优化、补偿机制和监督管理等方面形成相应的理论体系和技术体系。目前我国耕地轮作休耕规模测算研究主要集中在国家和省域层面,县域层面的研究较少,从粮食安全、生态安全、资源承载能力、社会经济条件和人口结构等角度出发,结合资源环境承载力理论、地域分异规律等理论,采用灰色预测法、趋势预测法、能值分析法、生态足迹法等方法进行研究。休耕地布局优化以规模测算为基础,结合休耕目标和区域实际需求,以土地生态学理论、人地关系理论、可持续发展理论等为理论支持,借鉴土地

整治时空配置、基本农田布局优化等有益思路,强化对休耕地定量、定位、定序的“三定”调控。我国休耕补偿方式主要有现金直补、先建后补和粮食直补等,具体分配方式由各地方政府自行决定,需依据农户经济损失确定补偿标准。休耕补偿机制的建立可以参考生态补偿、退耕还林(还草)等相关补偿理论。补偿方式、标准和农户期望的符合程度对农户响应度、满意度有直接影响。我国耕地轮作休耕监督管理当前是以行政监管为主导,社会监督和市场机制为辅助。目前,各试点推进耕地轮作休耕过程中普遍存在监督管理缺乏的问题,贫困地区休耕监管工作严重滞后,应运用行政、经济、技术等手段及时进行弥补修整,避免出现复耕难度增加、土地资源闲置浪费等问题。

总体上看,我国耕地轮作休耕研究和实践仍处于初步阶段,关于耕地轮作休耕中不同主体利益分配机制、潜在风险、相关法律法规等研究仍较薄弱。因此,为提升耕地轮作休耕绩效,下一步应开展以下方面的研究工作:第一,耕地轮作休耕潜在风险及规避机制研究。尽管我国已有大部分研究论证了耕地轮作休耕在我国的可行性、重要性,但是由其带来的风险仍不可忽视。虽然我国粮食产量实现“十七连增”,且保持较高自给率,但考虑到我国人口众多、国外粮食市场波动等情况,如何弥补休耕造成的粮食产量减少、平衡国内粮食供需是耕地轮作休耕推进过程中必须解决的关键问题。同时,休耕过程中一旦出现监督管理等环节的缺失会导致复耕难度增加、农业资源浪费等,使得耕地轮作休耕的开展得不偿失。因此,必须建立健全耕地轮作休耕风险预警机制、风险应对机制等,以实现耕地轮作休耕的最终目的,为耕地轮作休耕落实提供保障。第二,耕地轮作休耕利益分配机制研究。目前我国耕地轮作休耕补偿相关研究是以农户为主体,对各类新型经营主体等利益相关者和利益分配机制方面的研究较薄弱。由于我国小农化特征使得耕地轮作休耕牵扯到较多利益主体,利益分配是否公平合理、是否达到各主体预期标准都会对其响应度、满意度产生影响。因此,需要建立由中央财政转移支付,地方财政配套的中央地方休耕财政合理分担机制,以此为基础构建科学、动态、弹性的利益分配体系,以利益激励为核心,提高利益主体的接受度、响应度,增强各利益主体之间的协调性,寻求多主体的“意愿要求最大公约数”,完善耕地轮作

休耕落实效果和社会效益。第三,耕地轮作休耕法律法规研究。我国耕地轮作休耕仍然停留在政策层面,还没有建立起相应的法律体系。根据国外实践经验,立法能够有效促进耕地轮作休耕制度规范化、长期化、稳定化,为工作推进、监督管理等环节提供强大的法律保证。同时,法律出台能够为耕地轮作休耕长期规划、与农业长远发展布局相结合提供条件。我国需要尽快围绕耕地轮作休耕建立相应的法律法规体系,完善配套政策,明确各行为主体责任,且和现有土地相关制度相容,为耕地轮作休耕长期规划、休耕地审核、利益分配、休耕实施、监督管理等各个环节提供法律保障,为农户选择休耕提供一定时间内的稳定保证,促进政府公信力提升。第四,耕地轮作休耕地审核研究。休耕地生态状况、生产条件、规模、时空布局等都需要在休耕工作开展初期进行审核,可以参照美国环境效益指数(EBI),建立休耕效益评价体系,纳入生态环境相关指标,确定最需要休耕的土地以及休耕效益最大的土地,保证休耕效益最大化的主线贯彻始终。因此,建立耕地轮作休耕审核体系,确定并鼓励最具有休耕价值的土地率先休耕,兼顾粮食安全和生态安全。第五,耕地轮作休耕监督管理体系研究。监督管理不仅是对耕地轮作休耕实施过程进行监督,更是对参与主体的行为进行监管,健全的监督管理机制有利于修正休耕的落实路径,最大化压缩公共权力可能出现腐败的空间,为休耕过程的调整提供信息,保证复耕有良好的条件。但我国目前阶段的监督管理主体单一,方式呆板,配套检测体系和信息收集技术支持不足,甚至部分地区监督管理机制缺乏。应加强环境监测系统建设,促进主体多元并融入多样化的监管方式,制定奖惩措施,激发参与主体监管的主动性。

参考文献:

- [1] 陈展图,杨庆媛. 中国耕地休耕制度基本框架构建[J]. 中国人口·资源与环境,2017,27(12):126-136.
- [2] 赵其国,滕应,黄国勤. 中国探索实行耕地轮作休耕制度试点问题的战略思考[J]. 生态环境学报,2017,26(1):1-5.
- [3] 苏康传,杨庆媛,张忠训,等. 中国耕地差异化休耕模式及技术措施探讨[J]. 农业工程学报,2020,36(9):283-291.
- [4] 杨文杰,巩前文. 国内耕地休耕试点主要做法、问题与对策研究[J]. 农业现代化研究,2018,39(1):9-18.
- [5] 向慧,杨庆媛,陈展图. 基于推拉理论的中国休耕制度国情分析[J]. 农村经济,2019(7):34-40.
- [6] 赵其国,沈仁芳,滕应,等. 中国重金属污染区耕地轮作休耕制度试点进展、问题及对策建议[J]. 生态环境学报,2017,26(12):2003-2007.
- [7] 寻舲,宋彦科,程星月. 轮作休耕对我国粮食安全的影响及对策[J]. 农业现代化研究,2017,38(4):681-687.
- [8] 黄国勤,赵其国. 轮作休耕问题探讨[J]. 生态环境学报,2017,26(2):357-362.
- [9] 江娟丽,杨庆媛,童小蓉,等. 我国实行休耕制度的制约因素与对策研究[J]. 西南大学学报(社会科学版),2018,44(3):52-57.
- [10] 赵其国,沈仁芳,滕应,等. 我国地下水漏斗区耕地轮作休耕制度试点成效及对策建议[J]. 土壤,2018,50(1):1-6.
- [11] 黄毅,邓志英. 我国重金属污染区耕地轮作休耕存在的问题及对策——以湖南省为例[J]. 环境保护,2019,47(13):22-26.
- [12] 杨春雪,鲁学文,童永贞,等. 永登县耕地休耕模式试验初探[J]. 农业科技与信息,2021(2):39-42.
- [13] 黄国勤,赵其国. 中国典型地区轮作休耕模式与发展策略[J]. 土壤学报,2018,55(2):283-292.
- [14] 何蒲明,贺志锋,魏君英. 基于农业供给侧改革的耕地轮作休耕问题研究[J]. 经济纵横,2017(7):88-92.
- [15] 陈展图,杨庆媛,童小蓉. 轮作休耕推进农业供给侧结构性改革路径研究[J]. 农村经济,2017(7):20-25.
- [16] 方润. 耕地保护视阈下轮作休耕的法律表达[J]. 南京农业大学学报(社会科学版),2020,20(3):111-122.
- [17] 谢花林,金声甜. 基于利益博弈视角下的重金属污染区耕地休耕问题研究[J]. 生态经济,2018,34(7):190-195.
- [18] 杨庆媛,信桂新,江娟丽,等. 欧美及东亚地区耕地轮作休耕制度实践:对比与启示[J]. 中国土地科学,2017,31(4):71-79.
- [19] 吴萍. “三权分置”与耕地轮作休耕的实现[J]. 内蒙古社会科学(汉文版),2018,39(5):55-61.
- [20] 龙玉琴,王成,杨庆媛,等. 基于粮食安全与生态安全的省域耕地休耕规模测算[J]. 西南大学学报(自然科学版),2019,41(1):51-59.
- [21] 谭木魁,韩思雨,张路. 粮食安全视角下粮食主产区耕地休耕规模及动态仿真研究[J]. 中国土地科学,2020,34(2):9-17.
- [22] 杨庆媛,毕国华,陈展图,等. 喀斯特生态脆弱区休耕地的空间配置研究——以贵州省晴隆县为例[J]. 地理学报,2018,73(11):2250-2266.
- [23] 石飞,杨庆媛,王成,等. 基于耕地能值-生态足迹的耕地休耕规模研究——以贵州省松桃县为例[J]. 生态学报,2021,41(14):5747-5763.
- [24] 石飞,杨庆媛,王成,等. 世界耕地休耕时空配置的实践及研究进展[J]. 农业工程学报,2018,34(14):1-9.
- [25] 曾思燕,于昊辰,马静,等. 中国耕地表层土壤重金属污染状况评判及休耕空间权衡[J/OL]. 土壤学报:1-13. (2021-04-01) [2022-05-23]. <https://kns.cnki.net/kcms/detail/32.1119.P.20210331.1104.006.html>.
- [26] 谭永忠,赵越,俞振宇,等. 代表性国家和地区耕地休耕补助政策及其对中国的启示[J]. 农业工程学报,2017,33(19):249-257.
- [27] 陈展图,杨庆媛. 云南省石漠化区耕地休耕对策研究[J]. 中国岩溶,2019,38(3):458-465.

刘宇乐,姜宛彤,苏文欣,等.丛枝菌根真菌调控植物耐盐碱机制研究进展[J].江苏农业科学,2022,50(19):9-17.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2022.19.002

丛枝菌根真菌调控植物耐盐碱机制研究进展

刘宇乐,姜宛彤,苏文欣,吕亚茹,王菲,严俊鑫

(东北林业大学园林学院,黑龙江哈尔滨 150040)

摘要:土壤盐碱化已经成为我国乃至全球备受关注的土壤环境问题之一。盐碱胁迫会对植物造成渗透胁迫、离子胁迫、氧化胁迫以及高 pH 值伤害,严重威胁植物的生长。国内外研究结果表明,丛枝菌根真菌(AMF)可以通过与植物根系形成共生关系来促进植物生长,提高植物的经济价值和产量。近年来研究发现,丛枝菌根真菌侵染植物使其耐盐碱性也得到明显提高。基于此,本文从丛枝菌根真菌缓解氧化胁迫、缓解渗透胁迫、调节离子平衡、促进养分吸收、调节植物激素、增强光合作用、改善土壤环境以及调控转录因子表达等方面对其提高植物抵抗盐碱胁迫的生理和分子机制进行了综述,并在此基础上提出了展望,以期探索 AMF 提高植物的耐盐碱机制以及加强盐碱土的综合治理提供一定的科学依据。

关键词:丛枝菌根真菌;盐碱胁迫;菌根共生;耐盐碱性

中图分类号:Q945.78;S182 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2022)19-0009-09

目前,土壤盐碱化已经成为我国乃至全球备受关注的土壤环境问题之一。根据联合国粮农组织的不完全统计,目前全球盐碱土地的面积约为 9.5

亿 hm^2 ,其中我国约为 9 900 万 hm^2 ,约占全球盐碱土地的十分之一,严重威胁着植物的正常生长和经济的可持续发展^[1]。根据盐碱地不同盐分的差异,人们将盐碱胁迫分为以 NaCl 、 Na_2SO_4 为主的中性盐胁迫和以 NaHCO_3 、 Na_2CO_3 为主的碱性盐胁迫^[2]。随着土壤盐碱化和次生盐碱化程度的不断加剧,如何增强植物的耐盐碱性、加强土壤盐碱化的治理以及盐碱土的综合开发已经成为现代生态发展的重大课题。

收稿日期:2021-11-24

基金项目:国家自然科学基金(编号:31800546)。

作者简介:刘宇乐(1998—),女,山东烟台人,硕士,主要从事园林植物逆境生理研究。E-mail:lyl3102@163.com。

通信作者:严俊鑫,博士,副教授,主要从事园林植物逆境生理研究。E-mail:yanjunxin@163.com。

[28]俞振宇,谭永忠,吴次芳,等.基于兼业分化视角的农户耕地轮作休耕受偿意愿分析——以浙江省嘉善县为例[J].中国土地科学,2017,31(9):43-51.

[29]谢花林,程玲娟.地下水漏斗区农户冬小麦休耕意愿的影响因素及其生态补偿标准研究——以河北衡水为例[J].自然资源学报,2017,32(12):2012-2022.

[30]刘卫柏,杨胜苏,李中,等.重金属污染治理试点地区农户对耕地休耕政策的满意度及其影响因素[J].经济地理,2021,41(1):158-164.

[31]龙玉琴,王成,邓春,等.地下水漏斗区不同类型农户耕地休耕意愿及其影响因素——基于邢台市 598 户农户调查[J].资源科学,2017,39(10):1834-1843.

[32]李佳欣,杨庆媛,胡涛.休耕政策的农户满意度及其影响因素分析——以甘肃省环县为例[J].地域研究与开发,2019,38(2):158-162,168.

[33]刘振中,刘瑾,周海川.耕地轮作休耕制度试点的若干问题与对策[J].中国经贸导刊,2016(26):18-19.

[34]谢花林,翟群力,卢华.我国耕地轮作休耕制度运行中的监督机制探讨[J].农林经济管理学报,2018,17(4):455-462.

[35]刘彦伶,李渝,秦松,等.西南喀斯特生态脆弱区实行轮作休耕问题探讨——以贵州省为例[J].中国生态农业学报,2018,26(8):1117-1124.

[36]刘亚男,杨庆媛,童小容.休耕地管护中利益主体的博弈分析[J].西南师范大学学报(自然科学版),2019,44(4):49-56.

[37]王茂林.美国土地休耕保护计划的制度设计及若干启示[J].农业经济问题,2020,41(5):119-122.

[38]钱晨晨,黄国勤,赵其国.中国轮作休耕制度的应用进展[J].农学报,2017,7(3):37-41.

[39]孙治旭.关于云南省实行耕地轮作休耕的思考[J].环境与可持续发展,2016,41(1):148-149.

[40]陈展图,杨庆媛.广西实行耕地轮作休耕制度研究[J].桂海论丛,2018,34(6):69-76.

[41]黄国勤,赵其国.中国典型地区轮作休耕模式与发展策略[J].土壤学报,2018,55(2):283-292.

[42]邹学荣,杨庆媛,陈展图.美国休耕制度及其对中国耕地休耕制度构建的启示[J].中国农业资源与区划,2018,39(7):78-84.

[43]黄国勤,赵其国.江西省耕地轮作休耕现状、问题及对策[J].中国生态农业学报,2017,25(7):1002-1007.