

引用格式: 刘晓洁, 辛良杰, 麻吉亮, 等. 黑土地保护性利用技术模式的区域适宜性评估与推广机制研究. 中国科学院院刊, 2025, 40(11): 2049-2060, doi: 10.3724/j.issn.1000-3045.20250604004.

Liu X J, Xin L J, Ma J L, et al. Research on regional suitability assessment and promotion mechanisms of conservation—Based utilization models for black soil. Bulletin of Chinese Academy of Sciences, 2025, 40(11): 2049-2060, doi: 10.3724/j.issn.1000-3045.20250604004. (in Chinese)

黑土地保护性利用技术模式的区域适宜性评估与推广机制研究

刘晓洁¹ 辛良杰¹ 麻吉亮² 王宇先³ 张帆^{1*}

1 中国科学院地理科学与资源研究所 北京 100101

2 中国农业科学院农业经济与发展研究所 北京 100081

3 黑龙江省农业科学院齐齐哈尔分院 齐齐哈尔 161006

摘要 黑土地是优质稀缺的耕地资源, 是保障我国粮食安全的重要根基。但长期高强度的开发利用使东北黑土地出现了不同程度的退化, 直接影响到国家的粮食安全与生态安全。2015年以来, 我国启动并不断加强黑土地保护的强度, 研发并积极示范推广“梨树模式”“龙江模式”等技术模式, 保护绩效日益凸显。然而, 当前黑土地保护性利用技术模式区域面临适宜性边界不清与难以规模性推广双重困境, 为此, 文章构建了“技术-社会-经济-生态”四维协同的技术模式区域适宜性综合评估框架, 提出了由政府、科研机构、经营主体与市场攸关方协同参与的示范推广机制, 研判了未来发展方向与愿景, 以期为“十五五”时期国家粮食安全、生态环境保护和乡村振兴提供新思路, 并为农业绿色转型与城乡协调发展提供实践经验。

关键词 黑土地, 保护性利用, 技术模式, 适宜性评估, 推广创新

DOI 10.3724/j.issn.1000-3045.20250604004

CSTR 32128.14.CASbulletin.20250604004

近年来, 全球土壤退化问题日益严重, 联合国粮食及农业组织 (FAO) 2022 年发布了《全球黑土报告》, 明确将黑土列为急需重点保护的土壤类型^[1]。针对黑土地保护, 国内外研究与实践从农业技术、耕作

制度与管理机制等多维度, 逐步形成了以“减扰动、增覆盖、保肥力”为核心的保护性利用技术与模式^[2,3]。研究表明, 保护性利用技术是实现作物产量与土壤质量协同提升的关键路径, 其应用形式正从单一

*通信作者

资助项目: 国家重点研发计划 (2024YFD1500900)

修改稿收到日期: 2025 年 9 月 22 日; 预出版日期: 2025 年 11 月 15 日

技术向技术组合或技术模式演进^[4]。然而，当前黑土地保护性利用技术的推广仍面临显著挑战，突出表现为技术区域适宜性不足、农户接受度有限、成本投入压力大及技术集成度不高等问题^[5]。上述问题不仅制约了技术模式有效落地，也暴露出现有制度体系的短板，亟须推广机制创新与政策体系完善的协同推进^[6]。

作为世界主要黑土分布国家之一，中国黑土地是国家粮食产量的核心承载区，对稳定国内粮食供需格局具有基础性支撑作用^[7]，近年来中国黑土研究蓬勃发展，极大地丰富了世界黑土认知体系。鉴于此，本文梳理了我国黑土地保护制度与政策的发展特征，系统总结了黑土地保护关键技术与创新模式形成及面临困境，构建了基于“技术-社会-经济-生态”框架的技术模式区域适宜性综合评估体系，提出了由政府、科研机构、农户与市场多元主体协同参与的示范推广机制，研判了未来发展方向与愿景，以期“十五五”时期国家粮食安全、生态环境保护 and 乡村振兴提供新思路，并为农业绿色转型与城乡协调发展提供实践经验。

1 黑土地保护性利用的新阶段特征与困境

黑土地保护性利用是指通过集成工程、农艺、农机、生物等措施，保障黑土地总量稳定、功能提升、质量改善和产能可持续的综合路径。随着黑土地在国家粮食安全与生态保护体系中战略地位日益凸显，近10年我国已进入保护与利用并重的新阶段，呈现出政策体系化、技术模式多样化与试点示范推广化三大特征。

1.1 新阶段的特征

1.1.1 政策逐步体系化

历经10年发展，我国黑土地保护政策已构建起严密且全面的横纵双向框架体系。**横向来看**，基本具备了覆盖法律规范、规划引领、方案实施到政策补贴全环节的黑土地保护性利用链条；**纵向来看**，形成了国家-地方-县域三级贯通、紧密衔接的政策法规体系（表1）。通过横纵双向框架保护体系的加持，黑土地保护工作在法律和政策层面得到了全面保障，确保了黑土地的数量、质量和生态环境得到有效保护。

表1 2015—2025年我国黑土地保护政策体系

Table 1 Black soil protection policy system in China from 2015 to 2025

政策体系	具体内容	相关政策及措施
横向	法律规范	2022年6月,《中华人民共和国黑土地保护法》正式通过,为黑土地保护提供有利法律保障
	规划引领	2017年农业部、国家发展和改革委员会等6部门印发《东北黑土地保护规划纲要(2017—2030年)》,明确长期目标和任务
	方案实施	2021年农业农村部、国家发展和改革委员会、财政部等7部门联合印发《国家黑土地保护工程实施方案(2021—2025年)》,细化“十四五”期间任务和措施
	激励政策	1 政策补贴。2 表彰奖励机制。3 目标责任考核与政绩关联;部分黑土地重点保护区域将黑土地面积保有量、质量提升。4 监督与约束激励并行。5 建立合作与交流机制等
纵向	中央层面	《中华人民共和国黑土地保护法》明确国务院农业农村主管部门会同自然资源、水行政等有关部门的监管责任
	地方层面	黑龙江省、吉林省、辽宁省、内蒙古自治区人民政府承担属地保护责任,出台地方性法规与文件,明确本省(自治区)保护重点区域、目标和实施路径
	县域层面	县级以上地方人民政府建立黑土地保护议事协调机制,分解任务到乡镇、村屯;乡镇人民政府推广适宜耕地措施,督促履行保护义务

1.1.2 技术模式呈现多样化

自2015年实施国家黑土地保护工程及保护性耕作行动计划以来,科研与实践逐步探索形成了一批工程与生物、农机与农艺、用地与养地相结合的治理模式^[8]。**代表性模式包括:**以防风固土为核心、以免耕和秸秆覆盖还田为关键技术的“**梨树模式**”,以深耕培土为特色、以有机肥混合深翻还田结合玉豆轮作为关键技术的“**龙江模式**”,以玉米连作与秸秆一年深翻、两年归行覆盖还田的“**中南模式**”,以秋季秸秆还田、春季有机肥抛撒搅浆平地的“**三江模式**”^[9]等。经仔细梳理,当前针对黑土退化、土壤培育、产量提升等目标的技术模式共有52项,单项技术共有256项。

1.1.3 试点示范日趋推广化

自农业农村部启动黑土地保护利用试点示范工作以来,中央财政持续投入,在黑龙江、吉林、辽宁、内蒙古(以下简称“东北三省一区”)遴选具有黑土地类型、种植结构、气候条件代表性的区域,集中开展多种保护性利用技术模式的试点示范。2015年,首批试点在黑龙江、吉林、辽宁和内蒙古东北三省一区的17个县(旗、区)实施,各试点面积超10万亩以上,并系统监测土壤肥力、作物产量及水土流失等指标,科学验证技术有效性。进入“十四五”时期,保护性技术推广力度进一步增强。2021年,中国科学院联合东北三省一区启动“黑土粮仓”科技会战,开展科技攻关与关键技术示范推广^[10]。通过在农安、梨树、镇赉等地建设3个万亩级核心示范基地,同步推进30个千亩级辐射示范基地,形成了梯次推进的示范推广体系。《东北黑土地保护与利用报告(2023年)》显示,2020—2023年,东北地区黑土地保护性耕作实施面积从4 600万亩扩大至9 500万亩以上,高标准农田建设取得显著成效。当前,黑土保护性利用技术模式正在由点到面梯次铺开,已由单项技术实验转向技术模式示范验证与推广应用的新阶段。

1.2 黑土地保护性利用的双重困境

当前,我国黑土地保护性利用技术模式的推广应用面临两大核心困境,制约着保护工作的深化与成效。从技术本身来看,存在技术与小农户生产实践的“水土不服”问题;从推广过程而言,面临推广体系失灵与政策支持错位。

1.2.1 困境之一: 保护性利用技术模式具有较强的局地性

我国东北黑土区总面积约103万平方千米,各区域黑土问题成因、特征、程度均有明显差别。保护性利用技术模式由若干针对特定问题(如风蚀、水蚀、有机质下降、土壤障碍等)的单项技术组合而成^[11,12],其运行机制和有效性高度依赖区域自然条件和社会经济条件^[13]。以“梨树模式”为例,其核心的单项技术(如秸秆覆盖、免耕播种与条耕垄作等)及其配套运行机制(针对普通农户、合作社和大型农场等不同主体)均具有鲜明的地域特征^[14]。主流技术模式在科研机构主导、规模化经营主体参与的示范区内成效显著,但推广至普通农户生产单元时,常面临多重现实障碍。① **前期投入高**。购置免耕播种机等大型农具成本高昂。② **收益迟滞且没有达到预期**。秸秆覆盖还田的增产、提质效果通常需3—5年才显现,与农户追求当年收益最大化的经营目标相悖,导致其面临短期减产风险预期。③ **技术要求提升**。免耕、覆盖等技术对播种深度、病虫害防治等田间管理要求更高,与农户传统耕作习惯存在冲突,增加了学习与操作难度。④ **资源利用冲突**。秸秆常作为生活燃料、饲料或可售副产品,而“全量还田”模式限制了其利用,降低了农户参与意愿。

当前面临的关键挑战在于:“梨树模式”“龙江模式”等代表性模式的适用范围有多广?亟须厘清技术模式的适宜性边界,实现黑土退化分区与保护性利用技术的精准匹配,以解答技术如何与农户的现实困境相适应。

1.2.2 困境之二：保护性利用技术模式推广“落地难”

黑土地保护性利用技术模式的推广机制是一个包含多主体、多环节的过程，且每个主体目标不同，具有复杂性和动态性的特征（图1）。当前保护性利用技术推广落地难的核心，不仅在于技术熟化度或经营主体承接能力，更深层源于我国自上而下的农业技术推广体系仍存在结构性缺失和功能性障碍。主要表现为：① **基层推广能力薄弱**。例如，县、乡级的农业技术推广站普遍面临人员老化、经费短缺、技术更新滞后等问题，难以有效承担复杂技术模式的“最后一公里”指导与服务，导致国家政策与基层实践出现“断层”。② **存在研发与需求脱节难题**。例如，科研主体多聚焦技术有效性与前沿性，常脱离成本、效益、可操作性等市场实际需求，更多关注长期生态效益；而一线的农业经营主体（如农户、家庭农场、合作社、规模经营者等）则更重视技术的增产增收效果及其经济效益^[15]。③ **存在激励机制失准的现象**。例如，现有补贴政策多以实施面积为依据，简单普惠，缺乏与保护效果（如土壤有机质提升率）挂钩的精准激励机制。这种“重推广、轻效果”的补贴方式，难以有效激发经营主体持续、高质量地应用保护性技术的内在动力^[16]。因此，破

解“落地难”瓶颈，迫切需要从政府治理层面入手，重构以效果为导向的推广服务体系和政策激励体系。

科学研究与农业实践确定的52项技术模式与256项单项技术均根植于黑土，在局地发挥了明显正向作用，但向外推广落地难。原因不仅是技术模式自身创新性、集成性等特征，更在于农业生产系统是由自然、社会、经济、生态及环境等方面组成的复合系统，既要求解决定性、定量、定位问题，又要体现多层次、多因素的特点。

2 破解之维：技术模式区域适宜性评估

开展技术模式的区域适宜性评估，应尊重自然规律、经济规律和社会发展规划，根据土壤、生产、生态不同问题与目标指向和承载对象，以单要素评价为基础，量化要素间的协同作用与拮抗作用，明晰技术模式自身特性与现有区域农业生产系统的约束，将两者契合，以破解技术模式“画地为牢”、推广不力的困局。

2.1 总体思路

区域适宜性指特定技术、措施或资源配置方案在目标区域内的适应性、可行性与有效性^[17]。现有区域



图1 黑土地保护性利用技术模式的多主体推广框架

Figure 1 Multi-agent promotion framework for black soil conservation techniques

适宜性评估多集中在自然环境条件的匹配度分析，强调技术与区域间的“理论适应性”^[18,19]，但往往忽视“能不能用好、愿不愿使用”等关乎技术落地的问题^[20]。黑土地保护性利用技术不仅要“适配土地”，更要“扎根农田”，服务于国家粮食安全的根本目标。基于此，本文提出构建以“技术-社会-经济-生态”为核心的四维综合评估框架，该框架在单一维度适宜性判别的基础上，着重识别多维度间的耦合与协调关系（图2）。

2.2 评估流程

评估流程主要包括5个环节：① **确立评估目标和指标体系**，从自然基础、技术特性、经济效益、生态影响和农户接受度等多个维度建立评估框架。② **开展区域分区与分类**，根据土壤类型、地形地貌、气候条件、农业发展模式等核心要素，划分具有代表性的地理单元。③ **开展微观调研与实地验证**，通过基层实地调研，补充并修正评估的初步结果，提升结果的地域适配性。④ **引入第三方机构参与评估**，保障方法设计的科学性、数据处理的规范性与评估结果的客观性。⑤ **综合研判与路径提炼**，结合数据分析和调研结果，对各项技术在不同区域的适宜性进行综合判断，提炼适配区域推广的技术路径。

2.3 评估指标体系

评估指标体系涵盖**技术适宜性**、**社会接受度**、**经济可行性**与**生态承载力**4个核心维度。**技术适宜性**主要衡量区域自然条件对技术实施的约束程度，以及技术本身的可集成性与操作性，可通过有机肥施用比例、灌溉水有效利用系数等指标表征。**社会接受度**则从社会行为逻辑出发，强调经营主体的主动采纳意愿与持续参与行为，揭示技术推广的社会基础与动力机制。**经济可行性**主要评估技术在现实经营条件下的成本效益，结合生产要素配置与长期成本效益比等指标，衡量技术提升农业经济效益的潜力。**生态承载力**则关注技术对黑土生态系统的压力调节与功能提升效果，评估其在土壤肥力改善、生物多样性恢复与水土保持及污染防治等方面的实际效果，衡量对黑土地可持续利用的支撑能力。

3 技术模式的示范推广

黑土地保护性利用技术模式的推广不仅取决于技术本身，更依赖于系统化、创新性的推广机制。其核心在于构建多方主体协作互补的闭环系统，机制创新体现在对黑土地退化问题的精准应对，通过精准应对退化问题、提供定制化技术支撑、强化政策激励与市

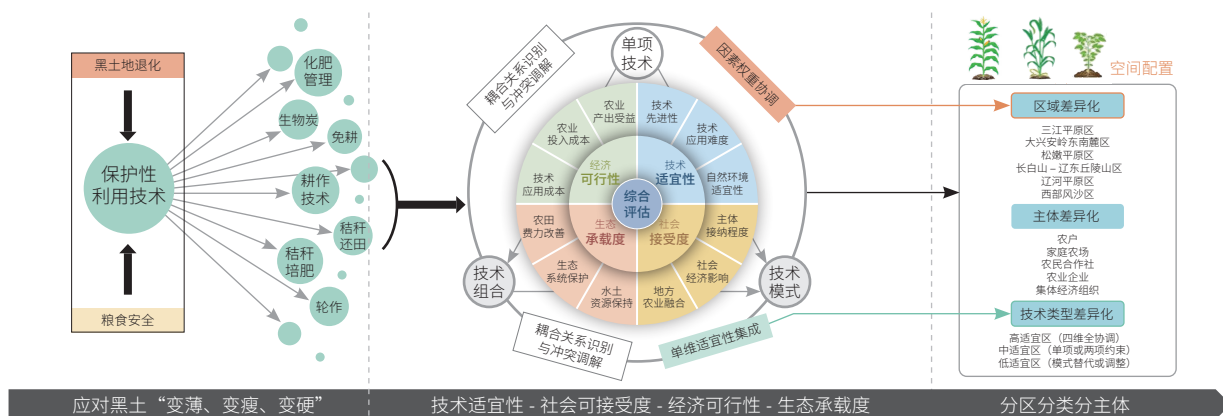


图2 黑土地保护性利用技术模式的技术-社会-经济-生态适宜性评估框架

Figure 2 Techno-socio-economic-ecological suitability assessment framework for black soil conservation techniques

场驱动，确保技术模式适宜区域差异并有效落地。

3.1 推广阶段划分

黑土地保护性利用技术模式的系统推广，需依托多主体协同合作，并构建完善的推广机制以应对黑土退化问题。该推广过程可分为技术模式选择与优化、试验验证、示范与推广及政策激励与市场驱动等阶段（图3）。**技术模式选择与优化阶段**，推广机制需根据不同区域的黑土退化类型及地域特点，对技术模式进行筛选和优化，以提升其技术效果和区域适配性。**试验验证阶段**则通过精准试验设计和数据采集技术，实时评估推广机制对技术模式的实施效果，并据此动态调整或改进。**示范与推广阶段**，融合“智慧农业”理念，利用大数据分析辅助决策，确保技术模式的广泛应用和可复制性。**政策激励与市场驱动阶段**，通过拓展市场化路径等多样化激励措施，推动技术应用的标准化和产业化进程。

在推广方式上，地方政府与科研单位正不断探索多元化的手段体系。**线下渠道**，通过建立农业科技示

范基地、组织现场观摩会等方式，推动农户与技术的“面对面”接触；**线上渠道**，充分利用数字化手段，例如，公益直播、短视频推送与公众号运营等，强化技术传播与认知引导，有效提升农民群体的认知度与接受度。通过持续优化推广机制，拓展服务路径，促进黑土地保护性利用技术模式的推广从“技术试验”向“融合示范”迈进。

3.2 推广多方主体识别

黑土地农业技术推广实行国家农业技术推广机构与农业科研单位/学校、普通农户、家庭农场、农业合作社、涉农企业、农垦集团、农民技术人员等相结合的推广体系，具有主体多元、产学研融合等特征。就多元主体而言，有3类人群至为关键：① **普通农户**，以稳定或提高农作物产量、增加家庭收入为主要目标。② **家庭农场**，旨在改善土壤结构、增强保水保肥能力，进而提升农产品产量与品质。③ **农业合作社**，通过组织成员统一采购农资、实施技术指导与销售农产品，旨在降低个体生产成本，实现规模化效

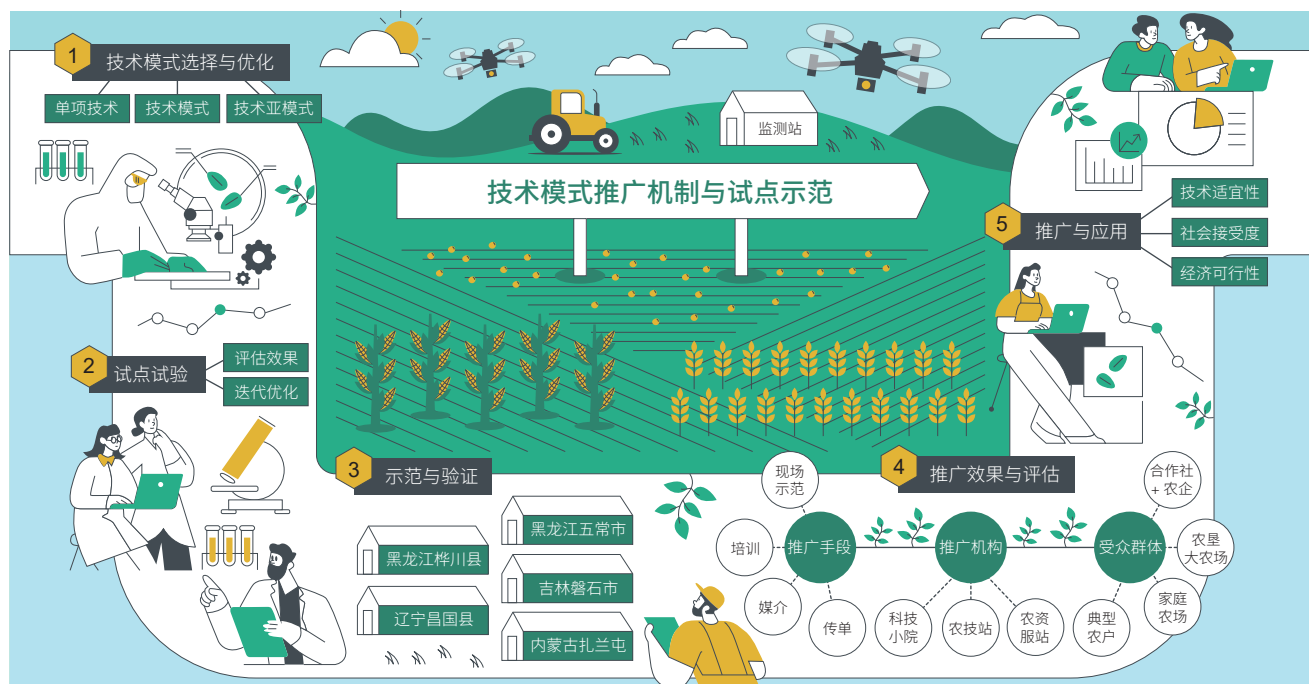


图3 黑土保护性利用技术模式推广机制与试点示范

Figure 3 Promotion mechanism and pilot demonstration of black soil conservation techniques patterns

益；规模经营主体作为农业生产主力，其核心目标在于通过技术应用实现土地的规模化、集约化经营，追求经济效益最大化。

3.3 典型案例：多主体联动协同推广

黑土地保护性利用技术模式的推广创新与示范成效依赖多方主体的密切合作。农户的技术接受度和参与度直接影响推广效果^[21]，其不仅受经济激励影响，还需考量其在不同退化环境中的适宜能力，推广机制需根据农户需求，提供定制化的技术支持和培训。技术支持机构和科研单位在提供针对黑土地特性的技术方案、土壤改良措施与精准施肥技术等方面发挥关键作用，保障技术模式本身的可行性和有效性^[22]。在保护性耕作和生态农业技术推广中，政府通过政策激励和资金支持驱动技术采纳，并在监管环节承担主导职责。市场主体则基于需求驱动促进技术模式的实际应用和长效发展，尤其在设备更新和大规模机械化作业中扮演关键作用^[23]。

“梨树模式”是多方联动的典范。该模式依托“政府主导、合作社执行、社会力量参与”的一体化经营体系，构建了“现代农业生产单元+双保全统+社会化服务”的多元协同机制。截至2023年，梨树县已建成各级示范基地逾1 000个，推广面积突破2万公顷，为黑土地保护性利用技术的推广提供了可复制、可推广的实践路径^[24]。

3.4 强化推广的政策保障与制度创新

为实现保护性耕作技术从“示范盆景”向“推广风景”的转化，政府角色需由“指导者”转向“赋能者”与“保障者”，运用精准政策工具激发多元主体参与动力。具体路径包括：① 建立效果导向的精准补贴机制。改革当前以面积为依据的“一刀切”补贴模式，构建“基础补贴+绩效奖励”的复合激励体系。补贴标准应与可量化的保护效果（如土壤有机质含量提升、耕层厚度增加）挂钩，并依托高分辨率遥感监测、长期定位观测、样点调查等数据手段，确保补贴

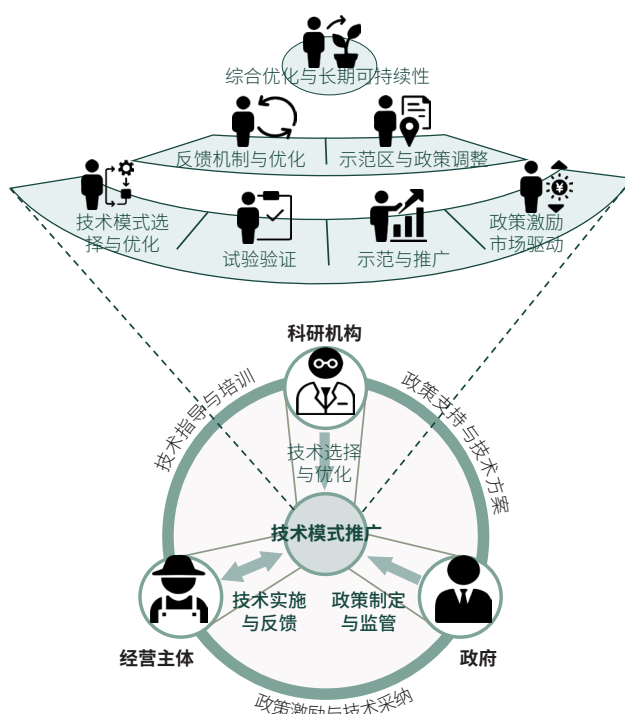


图4 黑土地保护性利用技术模式推广机制

Figure 4 Promotion mechanism of black soil conservation techniques patterns

依据真实、透明和可核查。对连续3年以上采用核心技术（如秸秆覆盖还田）的经营主体，给予额外“长期实践激励”，以补偿其短期效益损失。只有在基础数据精准获取与动态监测的支撑下，才能真正实现精准补贴，避免“重形式、轻实效”。② 创新农业金融支持工具。针对保护性耕作农机具购置成本高的瓶颈，推动政府与金融机构合作，开发专项低息/免息贷款、融资租赁等金融产品。同时，探索设立政策性农业保险，为采用新技术可能面临的短期减产风险提供保障，降低经营主体风险负担。③ 重塑基层农技推广体系。加强县乡级农技推广服务中心能力建设，改革人员考核机制。考核核心应由行政任务转向技术采纳率、农户满意度及实际增产增效成果。鼓励科研院所专家、推广人员与新型经营主体（合作社、家庭农场等）组建“技术服务联盟”，提升服务实效。④ 探索生态价值实现机制。积极推动将黑土地保护纳入国家

碳汇交易体系。通过科学核算保护性耕作的固碳减排效益，生成可交易的“碳票”，使实施保护的经营主体获得可兑现的生态收益。

4 展望与愿景

黑土地保护性利用不仅关乎农业自身发展，更与消除贫困与饥饿、保障人类健康福祉、保护陆地生态与应对气候变化等联合国可持续发展目标（SDGs）有着紧密联系（图5）。

（1）**气候韧性：抵御灾害能力增强。**黑土地保护性利用是实现农业稳产增产、农业减排目标、增强系统气候适应能力、推动绿色低碳转型的关键路径。未来应系统推进“减缓-适应”双向协同策略：技术上，推广固碳农艺技术路径；制度上，构建以绿色、生态、低碳为导向的农业补贴制度，为经营主体参与减排提供政策激励与经济支持。预计到2030年，预计黑土地单位面积碳储量将年均提升0.3吨/公顷，农业碳排放强度降低5%—10%，典型区域农田对极端天气的抵御能力提升30%以上。

（2）**粮食安全：土壤质量与粮食产能双重提升。**



图5 黑土地保护性利用对

联合国可持续发展目标（SDGs）的贡献

Figure 5 Contributions of black soil conservation techniques to sustainable development goals (SDGs)

东北黑土区贡献了全国约1/4的粮食产量和1/3的粮食调出量，是保障国家粮食安全的“稳定器”和“压舱石”^[25]。为此，需严格落实耕地红线制度和耕地用途管控，加强高标准农田建设，同步发展智能农业与数字农业等管理体系建设，推动耕地资源利用模式由传统经验依赖型向技术驱动型转变。在保护性利用技术的深入优化与广泛推广条件下，东北黑土区耕地有机质含量将年均提升0.05个百分点以上，保墒能力提升10%以上，主要作物单产有望提高8%—12%，预计到2030年，粮食总产有望稳定在年产1.4亿吨以上。

（3）**生态服务：多维功能恢复与增强。**受高强度农业开发、不合理耕作和气候因素叠加影响，黑土地生态系统逐渐退化，亟须系统性治理与功能重构^[26]。**技术路径上**，需推广增施有机质、减少农药化肥依赖等技术方式，强化黑土保育与修复技术攻关。**制度保障上**，应建立“耕地休养生息制度”和生态补偿机制，完善生态产品价值实现机制和财政引导政策。预计到2030年，典型黑土区土壤侵蚀强度将下降30%以上，单位耕地生态服务价值提升不低于20%，实现与农业产出效益的双向协同增长。

（4）**人类福祉：农村生计同步改善。**黑土地保护性利用与农村生计改善和居民福祉提升紧密相关，其在营养供给、保障农村就业和传承农耕文明等方面有重要潜力^[27]。黑土地保护与修复，农民是最重要的参与者与受益者。通过引导农民着力发展绿色农业、生态农业与乡村特色农业，鼓励发展基于黑土地资源的乡村旅游、特色手工艺等融合型产业，引导农民加强农村生态环境建设和公共服务建设，满足农民多样化和多层次的物质经济和精神文化生活需求，推动黑土地乡村振兴与人类福祉提升。预计到2030年，黑土区绿色与有机农产品占比将提升至25%以上，多元融合型产业将带动农村新增就业人口超50万人，农业经营体系将实现从“分散生产”

向“专业托管”与“市场联结”转型。

5 结语

当前,中国黑土地退化态势严峻,亟待实施保护性利用技术以保障国家粮食安全、驱动农业绿色转型并促进生态可持续发展。应对此挑战,需对黑土地保护性利用技术模式开展涵盖技术、经济、社会 and 生态维度的综合评估。同时,创新技术的推广应着重提升农民参与度和社会支持度,以增强技术接受度和推广效能。未来黑土地保护的有效路径在于政策引导、技术创新与社会力量协同发力,方能实现“点状试验”向“面上铺开”的实质性跨越,筑牢中国粮食安全根基,为全球土地可持续利用贡献中国智慧与实践经验。

参考文献

- Food and Agriculture Organization of the United Nations. Global Status of Black Soils. Rome: FAO, 2022.
- Wang C, Sun H F, Zhang X X, et al. Effects of conservation tillage practices on rice yields and greenhouse gas emissions: Results from a 10-year *in situ* experiment. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 2025, 381: 109474.
- Li Y S, Guo L J, Wu M Q, et al. Effects of long-term conservation tillage on soil aggregate carbon fractions and microbial characteristics under rice-oilseed rape rotation systems. *Applied Soil Ecology*, 2025, 206: 105848.
- Xing S K, Zhang G H, Zhang N, et al. How straw return approaches affect runoff and sediment in croplands of different degradation degrees in the black soil region of China. *Journal of Hydrology*, 2025, 653: 132786.
- 敖曼, 张旭东, 关义新. 东北黑土保护性耕作技术的研究与实践. *中国科学院院刊*, 2021, 36(10): 1203-1215.
Ao M, Zhang X D, Guan Y X. Research and practice of conservation tillage in black soil region of Northeast China. *Bulletin of Chinese Academy of Sciences*, 2021, 36(10): 1203-1215. (in Chinese)
- 李文欢, 王桂霞. 社会资本、技术认知对黑土区农户保护性耕作技术采纳行为的影响. *中国生态农业学报(中英文)*, 2022, 30(10): 1675-1686.
- Li W H, Wang G X. Effects of social capital and technology cognition on farmers' adoption of conservation tillage in black soil areas. *Chinese Journal of Eco-Agriculture*, 2022, 30(10): 1675-1686. (in Chinese)
- Yang J, He J H, Jia L, et al. Integrating metagenomics and metabolomics to study the response of microbiota in black soil degradation. *Science of the Total Environment*, 2023, 899: 165486.
- 杜国明, 姚鑫, 臧雷振. 东北黑土区耕作制度演变及其影响因素. *中国生态农业学报(中英文)*, 2025, 33(4): 646-655.
Du G M, Yao X, Zang L Z. Evolution of farming system and its influencing factors in the black soil region of Northeast China. *Chinese Journal of Eco-Agriculture*, 2025, 33(4): 646-655. (in Chinese)
- Liu S K, Wu B Y, Niu B, et al. Regional suitability assessment for different tillage practices in Northeast China: A machine learning aided meta-analysis. *Soil and Tillage Research*, 2024, 240: 106094.
- 高雅丽. 中科院与黑龙江省签署“黑土粮仓”科技会战框架协议. *中国科学报*, 2021-07-12(001).
Gao Y L. The Chinese Academy of Sciences and Heilongjiang Province sign framework agreement on science and technology campaign for “Granary of Black Soil”. *China Science Daily*, 2021-07-12(001). (in Chinese)
- 张娜丽, 澹腾辉, 郭忠录, 等. 东北黑土带典型农田土壤质量退化评价. *水土保持研究*, 2025, 32(3): 130-139.
Zhang N L, Tan T H, Guo Z L, et al. Soil quality degradation evaluation of typical farmland in the black soil belt of Northeast China. *Research of Soil and Water Conservation*, 2025, 32(3): 130-139. (in Chinese)
- Liu S Y, Fan R Q, Yang X M, et al. Decomposition of maize stover varies with maize type and stover management strategies: A microcosm study on a Black soil (Mollisol) in Northeast China. *Journal of Environmental Management*, 2019, 234: 226-236.
- 朱张羽, 方华军, 沈菊培, 等. 东北典型黑土区土壤有机碳结构特征及其影响因素. *生态学报*, 2024, 44(21): 9815-9825.

- Zhu Z Y, Fang H J, Shen J P, et al. Characteristics of soil organic carbon structure in the black soil region in Northeast China and its influencing factors. *Acta Ecologica Sinica*, 2024, 44(21): 9815-9825. (in Chinese)
- 14 田芷源, 卢慧中, 马瑞, 等. 东北黑土区耕地侵蚀退化空间分异特征. (2024-10-23). <https://hfggab0461aaf3bb24cdbsouvb55bxxxub6u9ufhaz.libproxy.ruc.edu.cn/urlid/32.1119.P.20241022.1655.002>.
- Tian Z Y, Lu H Z, Ma R, et al. Spatial differentiation characteristics of soil erosion and degradation in black soil cropland of Northeast China. (2024-10-23). <https://hfggab0461aaf3bb24cdbsouvb55bxxxub6u9ufhaz.libproxy.ruc.edu.cn/urlid/32.1119.P.20241022.1655.002>. (in Chinese)
- 15 杨肖丽, 马豪壹, 张瑞龙. 农户土壤质量认知与施肥行为研究——以辽宁省北镇市葡萄种植户为例. *土壤通报*, 2022, 53(2): 290-300.
- Yang X L, Ma H Y, Zhang R L. Soil quality cognition and fertilization behavior of farmers—Based on the survey of grape planters in Beizhen, Liaoning Province. *Chinese Journal of Soil Science*, 2022, 53(2): 290-300. (in Chinese)
- 16 Batas M A A, Flor R J, Khumairoh U, et al. Understanding smallholder farmers' perceptions of agroecology. *NPJ Sustainable Agriculture*, 2025, 3: 13.
- 17 Liu S K, Wu B Y, Niu B, et al. Regional suitability assessment for different tillage practices in Northeast China: A machine learning aided meta-analysis. *Soil and Tillage Research*, 2024, 240: 106094.
- 18 蒋发辉, 钱泳其, 郭自春, 等. 基于Meta分析评价东北黑土地保护性耕作与深耕的区域适宜性: 以作物产量为例. *土壤学报*, 2022, 59(4): 935-952.
- Jiang F H, Qian Y Q, Guo Z C, et al. Evaluating the regional suitability of conservation tillage and deep tillage based on crop yield in the black soil of Northeast China: A meta-analysis. *Acta Pedologica Sinica*, 2022, 59(4): 935-952. (in Chinese)
- 19 Shimizu T, Kikuchi Y. Regional suitability for energy carriers in Japan considering socioeconomic conditions and environmental performance. *Journal of Cleaner Production*, 2021, 318: 128461.
- 20 张杭杭, 邢颖, 乐立. 城乡建设用地增减挂钩拆旧建新区域适宜性评价研究——以贵州省都匀市为例. *国土与自然资源研究*, 2015, (4): 42-45.
- Zhang H H, Xing Y, Le L. A research on the regional suitability evaluation of demolition and reconstruction based on the increase and decrease in the urban and rural construction land—Taking Duyun, Guizhou as an example. *Territory & Natural Resources Study*, 2015, (4): 42-45. (in Chinese)
- 21 马丽. 新时期农户种粮积极性及其影响因素——基于黑豫鲁晋四省农户调研数据的实证分析. *农业经济与管理*, 2021, (5): 94-108.
- Ma L. Current situation and influencing factors of farmers' enthusiasms in growing grain in new period—Empirical analysis based on survey data of farmers of four provinces of Heilongjiang, Henan, Shandong and Shanxi. *Agricultural Economics and Management*, 2021, (5): 94-108. (in Chinese)
- 22 牛子昂, 唐子涵, 吕晓. 央地协同视域下中国黑土地保护政策实践与提升策略. *农场经济管理*, 2025, (2): 11-14.
- Niu Z A, Tang Z H, Lv X. Policy practices and improvement strategies for Black Soil conservation in China from the perspective of central-local collaboration. *Farm Economic Management*, 2025, (2): 11-14. (in Chinese)
- 23 韩洪云, 杨增旭. 农户农业面源污染治理政策接受意愿的实证分析——以陕西眉县为例. *中国农村经济*, 2010, (1): 45-52.
- Han H Y, Yang Z X. An Empirical analysis of farmers' willingness to accept agricultural non-point source pollution control policies: A case study of Meixian County, Shaanxi Province. *Chinese Rural Economy*, 2010, (1): 45-52. (in Chinese)
- 24 张银平, 王振伟, 刁培松, 等. 生态沃土机械化耕作对两熟区土壤理化特性的短期影响. *农业机械学报*, 2018, 49(12): 45-55.
- Zhang Y P, Wang Z W, Diao P S, et al. Short-term effects of mechanical and ecological tillage pattern on physical and chemical characteristics of soil in arid area. *Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery*, 2018, 49(12): 45-55. (in Chinese)
- 25 廖晓勇, 姚启星, 万小铭, 等. 黑土粮仓全域定制模式的理论基础与技术路径. *地理学报*, 2022, 77(7): 1634-1649.

- Liao X Y, Yao Q X, Wan X M, et al. Theoretical basis and technical path of the regional all-for-one customization model of black soil granary. *Acta Geographica Sinica*, 2022, 77(7): 1634-1649. (in Chinese)
- 26 杨一单, 姚成胜, 刘伟芳. 中国粮食安全系统转型的时空特征及驱动因素. *地理学报*, 2024, 79(9): 2372-2388.
- Yang Y D, Yao C S, Liu W F. Spatio-temporal evolution characteristics and driving factors of food security system transformation in China. *Acta Geographica Sinica*, 2024, 79(9): 2372-2388. (in Chinese)
- 27 刘武仁, 郑金玉, 罗洋, 等. 东北黑土区玉米保护性耕作技术模式研究. *玉米科学*, 2007, 15(6): 86-88.
- Liu W R, Zheng J Y, Luo Y, et al. Study on technique model of conservative tillage in maize in north-east of China. *Journal of Maize Sciences*, 2007, 15(6): 86-88. (in Chinese)

Research on regional suitability assessment and promotion mechanisms of conservation

—Based utilization models for black soil

LIU Xiaojie¹ XIN Liangjie¹ MA Jiliang² WANG Yuxian³ ZHANG Fan^{1*}

(1 Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research,
Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China;

2 Institute of Agricultural Economics and Development, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100081, China;

3 Qiqihar Branch, Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Qiqihar 161006, China)

Abstract Black soil represents a high-quality and scarce arable land resource, serving as a critical foundation for ensuring food security in China. However, prolonged development and utilization have resulted in varying degrees of degradation of black soil in Northeast China, directly affecting national food security and ecological stability. Since 2015, China has initiated and progressively intensified efforts in black soil protection. Technical models such as the “Lishu Model” and the “Longjiang Model” have been developed, demonstrated, and promoted, leading to increasingly significant conservation outcomes. Nevertheless, current technical models for black soil protection face dual challenges: unclear suitability boundaries and difficulties in large-scale implementation. To address these issues, this study constructs a comprehensive evaluation framework for model suitability based on four-dimensional collaboration among technology, society, economy, and ecology. Additionally, it proposes a demonstration and promotion mechanism involving collaborative participation from government, research institutions, business entities, and market stakeholders. The study further analyzes future development directions and prospects, aiming to provide innovative strategies for national food security, ecological environment protection, and rural revitalization during the “15th Five-Year Plan” period. These findings also offer practical insights into the green transformation of agriculture and the coordinated development of urban and rural areas.

Keywords black soil, protective utilization, technical framework, suitability assessment, innovative approaches

刘晓洁 中国科学院地理科学与资源研究所研究员。主要研究领域:可持续食物系统与政策、资源安全与可持续发展等。
E-mail: liuxj@igsnr.ac.cn

LIU Xiaojie Ph.D. in geography, Professor of Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, Chinese Academy of Sciences (CAS). Her research focuses on resources, sustainable food systems and policy, resource security and sustainable development, etc. E-mail: liuxj@igsnr.ac.cn

张帆 中国科学院地理科学与资源研究所副研究员。主要研究领域:资源环境与政策、区域可持续发展等。
E-mail: zhangf.ccap@igsnr.ac.cn

ZHANG Fan Ph.D. in engineering, Associate Professor of Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, Chinese Academy of Sciences (CAS). His research focuses on resources, environment and policy, regional sustainable development, etc. E-mail: zhangf.ccap@igsnr.ac.cn

■责任编辑:张帆

*Corresponding author