

# 我国保护性耕作的发展与政策建议

卢彩云<sup>1</sup>, 罗锡文<sup>2,3\*</sup>, 李洪文<sup>1</sup>, 臧英<sup>2,3</sup>, 区颖刚<sup>2,3</sup>

(1. 中国农业大学工学院, 北京 100083; 2. 华南农业大学工程学院, 广州 510642; 3. 华南农业大学南方农业机械与装备关键技术教育部重点实验室, 广州 510642)

**摘要:** 保护性耕作是一项可持续农业技术, 以少免耕和作物残茬覆盖地表为主要特点, 为我国农业生产带来了显著的经济、环境、社会效益; 在我国农业生产转向大规模、高效率、智能化发展的背景下, 推动保护性耕作的深化发展, 有利于耕地保护、藏粮于地、藏粮于技等国家战略实施。本文从技术与机具研发、示范推广与能力建设、东北黑土区应用三方面, 全面回顾了我国保护性耕作的发展历程; 系统梳理了我国保护性耕作技术与机具的发展现状, 涵盖代表性技术模式, 地表秸秆及作物残茬处理、浅层土壤耕作、免少耕播种等关键机具; 深入分析了适宜的模式与机具、法律和政策的支持、规模化种植大户的带动等影响我国保护性耕作发展的主要因素。研究建议, 筹建国家级科技创新平台、整县推进高标准示范工程, 加强政策引导、高质量实施国家级行动计划, 持续开展保护性耕作技术宣传, 以促进我国保护性耕作技术及应用的稳健发展。

**关键词:** 保护性耕作; 机具; 技术模式; 耕地保护; 可持续农业

**中图分类号:** S344.0 **文献标识码:** A

## Progress and Suggestions of Conservation Tillage in China

Lu Caiyun<sup>1</sup>, Luo Xiwen<sup>2,3\*</sup>, Li Hongwen<sup>1</sup>, Zang Ying<sup>2,3</sup>, Ou Yinggang<sup>2,3</sup>

(1. College of Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083, China; 2. College of Engineering, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China; 3. Key Laboratory of Key Technology on Agricultural Machinery and Equipment, Ministry of Education, Guangzhou 510642, China)

**Abstract:** Conservation tillage is a technology regarding sustainable agricultural development, which features less or no tillage and crop stubble covering and has brought significant economic, environmental, and social benefits to China's agricultural production. As agricultural production in China develops toward the directions of large scale, high efficiency, and intelligence, promoting the development of conservation tillage becomes conducive to cultivated land protection, grain supply security, and agricultural technology improvement. This study reviews the development process of conservation tillage in China from the aspects of research and development of conservation tillage technologies and equipment, demonstration and ability construction, and utilization of black soil in Northeast China. It also summarizes the development status of conservation tillage technologies and equipment in China, involving representative technical models and key machines for surface straw and stubble treatment, shallow soil tillage, and no- or less-tillage sowing. The major factors that affect the development of conservation tillage in China are analyzed, including suitable model and equipment, support of laws and policies, and drive of large-scale planting households. Furthermore, suggestions are proposed to promote the rapid and stable development of conservation tillage in China. First, a national science and technology innovation

收稿日期: 2023-09-18; 修回日期: 2023-11-16

通讯作者: \*罗锡文, 华南农业大学工程学院教授, 中国工程院院士, 研究方向为农业工程; E-mail: xwlu@scau.edu.cn

资助项目: 中国工程院咨询项目“中国保护性耕作发展战略研究”(2022-XY-137)

本刊网址: www.engineering.org.cn/ch/journal/sscae

platform should be built and high-standard demonstration projects should be implemented by counties. Second, national action plans on conservation tillage should be implemented to strengthen policy guidance. Third, publicity of conservation tillage should be further strengthened.

**Keywords:** conservation tillage; machines; technical model; cultivated land protection; sustainable agriculture

### 一、前言

耕地是农业生产的基本要素，在保障粮食安全、促进农民增收方面发挥着重要作用<sup>[1-3]</sup>。运用法律、行政、经济、技术等手段和措施对耕地的数量和质量进行保护，既是耕地保护的主要内容<sup>[4]</sup>，也是农业发展的重要任务。然而，过度的人类活动改变了耕地生态环境，进一步引起耕地质量下降，使耕地系统安全面临严重威胁<sup>[5]</sup>。国家高度重视耕地保护，要求实行最严格的耕地保护制度，确保国家粮食安全<sup>[6]</sup>。

保护性耕作是一项可持续农业技术，以少免耕和作物残茬覆盖地表为主体，体现了如下基本原则：① 最小土壤扰动，即在满足农事作业的前提下，尽量减少机械对土壤的扰动，如通过少免耕播种在未翻耕的土壤中进行播种并免耕除草，可以减少径流和土壤侵蚀；② 永久性的地表残茬覆盖，通过将收获后的秸秆、根茬等作物残茬覆盖在地表来实现，地表覆盖物能够减少径流，缓解土壤侵蚀，增加土壤养分、土壤微生物活性和土壤结构稳定性；③ 种植作物多样化，通过作物轮作来实现，有助于保持根系形态、根系组成的多样性。在此基础上，整合可持续机械化作业、病虫害管理、水肥管理等技术，即形成可持续保护性农业生产系统<sup>[7-9]</sup>。保护性耕作可以缓解土壤因风蚀、水蚀造成的水土流失，通过秸秆覆盖增加土壤肥力，发挥保墒抗旱、节本增效等效能；降低地表风速30%~70%<sup>[10,11]</sup>，增加土壤体积含水率20%以上，提高水分利用效率5%以上<sup>[12]</sup>，增加土壤有机质10%以上。连续16年的保护性耕作定位试验表明，保护性耕作与翻耕相比增加土壤表层的有机碳积累约32.59%<sup>[13]</sup>。

保护性耕作技术在耕地保护中发挥着重要作用，2007年被美国农业工程学会评为改变世界的十大农业和生物工程成就之一<sup>[13]</sup>。经过30多年的系统研究，我国保护性耕作在技术研究与推广方面取得了一系列成果，技术模式、机具、运行机制等基本成熟。然而，保护性耕作是对传统耕作制度进行的

较大变革，应用实施具有长期性，加之地域条件差异大、种植模式多、区域之间发展不平衡，制约了当前的全面发展水平。在我国农业生产转向大规模、高效率、智能化发展的背景下，保持连续稳定发展是新时期保护性耕作面临的迫切挑战。为此，本文围绕保护性耕作，分析发展历程、梳理发展现状、剖析主要因素，进而提出政策建议，以期促进技术示范与应用推广，完善技术创新和保障体系。

### 二、我国保护性耕作的发展历程

我国系统研究保护性耕作技术始于20世纪90年代初，主要在黄土高原一年一熟区开展应用，以抗旱增收、减少水土流失、实现可持续发展为目标，重在开展农机与农艺相结合的综合性试验<sup>[14,15]</sup>。立足地块小、拖拉机动力小、经济购买力弱等国情，逐步开展了适合旱作区的小型保护性耕作机具研究<sup>[16-19]</sup>。随着技术的不断发展，保护性耕作逐渐向华北一年两熟区、东北黑土区延伸，实施面积超过 $9.79 \times 10^6 \text{ hm}^2$ ；我国已是亚洲保护性耕作应用面积最大的国家<sup>[20]</sup>。从30年的发展历程看，保护性耕作在耕地保护与经济效益方面取得良好成效，在技术与机具研发、示范推广与能力建设、黑土地保护等方面取得了众多突破。

#### （一）保护性耕作技术和机具研发

保护性耕作技术和机具研发与应用推广区域的实际情况相适应。在水土流失严重、干旱缺水的黄土高原一年一熟区，主要针对国内无“机”可用，而国外相关机具大、重、贵且不适合小农户的问题，开展适合旱作区的免耕播种机、深松机、浅松机等机具研发。在华北一年两熟区，主要面向秋季玉米秸秆量大、含水率高、韧性强，机具作业困难等问题，研制玉米秸秆覆盖条件下的系列小麦免耕播种机<sup>[21]</sup>。在东北黑土区，考虑玉米免耕播种机作业速度提升后播种精度下降、种子破损严重的问题，开展玉米免耕高速精量播种机的研究。针对各

个区域的关键机具类型,通过明确机理、攻关技术、研制装备,为保护性耕作发展提供了装备支撑。

在明确机理方面主要取得了以下进展。解析了北方一熟区、两熟区的秸秆在不同触土部件作用下的受力、变形与运动特性,探明了秸秆在开沟器狭窄通道的堵塞过程,揭示了秸秆处理机构作用下的秸秆运移分布特征,据此建立了秸秆力学和运动学模型。探明了碎秆分布对各类耕作部件清秸、松土、种床构建的影响机理,揭示了不同种床“水-热-气”联动响应机制,提出了秸秆覆盖地“预制”带状清洁软种床技术方案。阐明了复杂机械载荷特性下不同深度土壤的变形行为、失效方式、迁移规律,解析了触土部件结构形式、运动方式与土壤松紧度的定量表征关系,明晰了“机-秆-土”耦合作用对播种质量的影响机理。解析了排种器内种子由“混沌无序”堆积到“均匀有序”单粒排出的动力学规律,明确了种子在种管内碰撞、落入种沟后弹跳及滚动的运动学特征。探明了播种过程中“排种、落种、定种”三阶段种子运动机理。

在攻关技术方面主要取得了以下进展。发明了秸秆促流、清秸软种床技术,实现机具防堵。发展了仿形窄开沟、一沟双行技术,解决了轻型机具免耕开沟入土难、复杂地表仿形难的问题,实现免耕仿形开沟<sup>[22]</sup>。优化了不同强度、多维度松土技术,实现土壤“全面或条带”“表层或深层”疏松<sup>[23]</sup>。提出了“促充稳携”精密排种、低位落种技术,实现玉米免耕高速精量播种。

在研制机具方面主要取得了以下进展。基于机理和技术研究成果,创制了我国第一代轻筒型免耕播种机、少耕整地机,成功应用大量秸秆覆盖条件下的小麦带状免耕播种机,形成带状旋耕、驱动圆盘切秆、条带粉碎3个系列<sup>[24-26]</sup>。融合夏玉米免耕播种技术,构建了华北两熟区周年保护性耕作技术模式。创制了气力式、机械式玉米免耕高速精量播种机,集成构建了东北黑土区机械化保护性耕作技术模式。

## (二) 保护性耕作示范推广与能力建设

主要通过示范工程、工程建设规划等方式,在西北、华北、东北等地区开展保护性耕作示范推广。同步建设技术保障与服务体系,提高装备支撑能力。

2002年是我国保护性耕作推广的重要节点。第一次保护性耕作现场会、保护性耕作示范工程的启动,为北京市和天津市、西北风沙源头区大面积实施保护性耕作创造了便利条件;在北京、内蒙古等18个省份建立了示范县,初步形成全国性的保护性耕作推广网络<sup>[27,28]</sup>。实施保护性耕作项目后,不仅改变了传统的耕作方式,而且以此为契机提高了农业机械的装备水平和科技含量,推进了农业现代化进程。相关技术的大范围推广,也在改善大气环境、促进农业可持续发展方面发挥了积极作用。

《保护性耕作工程建设规划(2009—2015年)》<sup>[29]</sup>提出,根据西北、华北、东北一熟区,黄淮海两熟地区的种植制度和自然生态条件等区域特点,划分6个保护性耕作工程建设重点区域,根据气候、土壤等特点分别构建区域适宜的保护性耕作技术模式;建设600个高标准和高效益保护性耕作工程区,总规模为 $2 \times 10^7$ 亩(1亩 $\approx 666.7 \text{ m}^2$ ),占项目总耕地面积的3.1%;基本形成我国保护性耕作支撑服务体系。通过项目建设与辐射带动,保护性耕作实施面积快速增长,达到项目覆盖区域的17%;节本增效显著,亩均降低生产成本15~30元,粮食平均产量提高5%以上;土壤有机质含量年均增加0.01%~0.06%;土壤含水率提高约15%,水土保持能力明显增强;土壤流失量、农田扬尘量分别减少40%~80%、50%。此外,实施了部门协作、科技支撑、社会化服务、培训宣传等配套措施,支持了保护性耕作技术示范推广的顺利实施。

在技术支撑能力方面,建成国家保护性耕作工程技术中心(简称“技术中心”),完善了技术支撑服务体系。技术中心重点依托中国农业大学、部级农机推广和鉴定机构,聚合了省级农机农艺推广和试验鉴定部门的技术力量,设立了科研开发部、机具试验部、培训推广部等部门,牵引我国保护性耕作工程总体建设与技术模式的推广、普及与应用<sup>[30]</sup>。  
① 科研开发部以中国农业大学作为主要建设单位,发挥保护性耕作农艺模式、农机装备等方面的技术优势,旨在成为我国保护性耕作发展研究的骨干力量;重点开展技术模式研究、配套装备研发、农机农艺措施优化、实施效果监测等,合理配置观测、试验、信息处理设备,适时开展实验室能力建设。  
② 机具试验部依托农业农村部农业机械试验鉴定总站进行建设,配置各类测试和检验用仪器设备,



主要开展机具性能测试、质量检验、应用选型等。  
③ 培训推广部依托农业农村部农业机械化技术开发推广总站进行建设，配置各类图文资料与试验设备，主要开展相应推广机制研究、技术培训与宣传、标准制订与合作交流等。

### （三）保护性耕作的东北黑土区应用

东北平原是世界三大黑土区之一，涉及辽宁省、吉林省、黑龙江省、内蒙古自治区东部的部分地区。长期以来，由于土壤高强度利用导致的土壤侵蚀，东北黑土层的厚度和有机质含量都表现出下降趋势，不利于东北地区农业的可持续发展。东北黑土区具有冷凉的自然气候特点，全年积温低，保护性耕作起步较晚。目前，针对大区域的技术模式基本定型，关键装备的作业质量基本满足应用需求，具备了在适宜区域全面推广应用的基础条件，也在黑土地保护中发挥了重要作用。

《东北黑土地保护性耕作行动计划（2020—2025年）》<sup>[31]</sup>为相应保护与利用提供了直接政策支持：重点针对玉米开展保护性耕作应用，适当兼顾大豆、小麦等作物；增加地表秸秆覆盖率，提高土壤墒情和有机质含量；采用少免耕减少土壤扰动，提高土壤团粒结构稳定性，缓解水土流失；推广高性能免耕播种机具，提高播种质量和作物产量。到2025年，保护性耕作实施面积在东北地区适宜区域耕地总面积中的占比力争达到70%，形成较为完善的保护性耕作政策支持体系、技术装备体系、推广应用体系。

目前，东北黑土区的保护性耕作技术推广应用效果初显。2022年，黑龙江省保护性耕作面积为 $2.045 \times 10^7$ 亩，新增免耕播种机超过4700台，免耕播种机保有量达 $3.4 \times 10^4$ 台，保护性耕作推进县累计达14个（含新增3个）；吉林省保护性耕作面积为 $3.05 \times 10^7$ 亩，同比增长6.09%，免耕播种机保有量达 $3.5 \times 10^4$ 台；辽宁省保护性耕作面积为 $1 \times 10^7$ 亩；内蒙古自治区保护性耕作面积为 $1.44 \times 10^7$ 亩（含新增 $3.242 \times 10^6$ 亩），免耕播种机保有量超过8000台。

## 三、我国保护性耕作技术与机具发展现状

### （一）技术模式

近年来，我国保护性耕作技术发展较快，各地

区根据当地自然环境、农作物种植特点等，因地制宜发展保护性耕作技术模式，以留茬垄作少免耕、留茬覆盖少免耕、坡耕地免耕沟播、秸秆还田少免耕等为代表。

留茬垄作少免耕<sup>[32]</sup>在东北平原垄作区应用较广。经起垄机整地后，田间垄宽一般为70~100 cm，收获时将秸秆覆盖在地表，作物残茬保留至30 cm；来年春季采用免耕的方式进行播种，作业时需在垄的顶部避开上一年作物留下的残茬。

留茬覆盖少免耕<sup>[33]</sup>在东北地区的西部干旱风沙区、西北绿洲农业区、华北长城沿线等区域都有应用。东北地区的西部干旱风沙区采用免耕播种的作业模式，在作物收获时保留平均高度为30 cm的作物残茬，来年春季播种时一直保持田间秸秆覆盖的状态。西北绿洲农业区的种植模式则稍有不同，在收获时对前茬作物进行留茬和秸秆覆盖作业，也可将作物秸秆直接进行粉碎还田，来年春播时根据秸秆覆盖情况选用免耕播种或带状旋耕播种。华北长城沿线地区的作业模式中，收获时进行留茬作业并保持到来年春季，整地作业完成后采用少免耕、错行播种方式。

坡耕地免耕沟播<sup>[34]</sup>适用于西北黄土高原区。使用免耕沟播机进行贴墒播种，等到秋季作物收获时将秸秆直接还田，同时开展深松作业。

秸秆还田少免耕<sup>[35]</sup>在沿江及湿润地区应用较多，以黄淮海两茬平作区、南方湿润两熟或三熟区为代表。黄淮海两茬平作区在进行播种作业时，先种植小麦，来年收获时将小麦秸秆进行全量还田；随后使用免耕播种机进行玉米播种作业，收获时将玉米秸秆进行粉碎旋耕翻压；再继续播种小麦。南方湿润两熟或三熟区主要的农作物为水稻，在收获时将水稻秸秆粉碎后还田，后直接进行下一轮的水稻播种或抛秧作业，施行水旱轮作。

### （二）关键机具

实施保护性耕作技术，需要依托相关机具。代表性的机具有地表秸秆及作物残茬处理机具、浅层土壤耕作机具、保护性耕作播种机具等。相关机具表现出智能化、大型化的发展趋势。

#### 1. 地表秸秆及作物残茬处理机具

传统上，在进行播种作业前进行翻耕，会造成地表土壤长期裸露并降低水分含量<sup>[36]</sup>，加重了风

蚀、水蚀等现象<sup>[18]</sup>。若采用保护性耕作模式，将秸秆覆盖在地表，不仅可以提高水分利用率，还能起到防治风沙<sup>[19]</sup>、改善土壤结构等作用<sup>[37]</sup>。在保护性耕作的过程中，需要采用相关机具对田间秸秆及作物残茬进行处理，以提高秸秆还田的作业质量，为后续的播种提供良好条件。

地表秸秆及作物残茬处理机具的主要部件是秸秆粉碎刀、根茬粉碎刀。机具在作业时，通过粉碎刀的高速转动，打击地表秸秆或作物根茬并砍切成短段状和纤维状，通常会抛撒秸秆；具有清秸效率高、单位时间内处理秸秆量大、维护价格低等优点<sup>[38]</sup>。根据作业形式的差别，可分为地表秸秆粉碎还田机具、作物根茬粉碎还田机具两大类。① 地表秸秆粉碎还田机具按照刀片作用的秸秆类型不同，可细分为旋转粉碎式、砍切粉碎式两类：前者应用范围较广，通过机具上高速旋转的刀片对地表秸秆进行高速切割，最终将地表秸秆粉碎成揉在一起的纤维状<sup>[39]</sup>；后者作业时安装压辊，将秸秆沿拖拉机行驶方向进行碾压，与偏心轮盘相连的切刀往复前进以将地表秸秆切成短段状。② 作物根茬粉碎还田机具主要处理播种前的玉米、棉花、高粱等根茬粗壮硬实的作物秸秆及其根茬。通过高速旋转的刀片切碎作物根茬，同时将地表土壤抛到机罩处；机罩能阻挡土壤抛撒且其形状具有引导作用，可加重被抛起土壤的碎裂程度并使其覆盖在地表秸秆上。

在地表秸秆和作物根茬的粉碎及抛撒处理方面仍存在很多问题，如秸秆经机具粉碎后长短不一、作业后地表秸秆均匀性较差等。在现有地表秸秆及作物残茬处理机具的基础上进行深入研究，开发多功能式或联合作业式机型，有利于减少机具作业次数、减轻田间土壤紧实度、提高综合耕作效率。

## 2. 浅层土壤耕作机具

浅层土壤耕作指在收获与下次播种期间，采用适宜的机具对地表下 10 cm 以内浅层土壤进行作业，属于少耕技术的一种<sup>[40]</sup>。进行浅层土壤耕作需要使用圆盘耙、弹齿耙、浅松机等机具。

圆盘耙根据耙耕作的原理，以成组的凹面圆盘为工作部件；作业时圆盘耙旋转前进，依靠自身重力和土壤的反作用力进入浅层土壤中；被作用的土壤沿圆盘耙片的凹面运动（先上升、后跌落），表现出碎土、翻土、覆盖等作用<sup>[41]</sup>。圆盘耙分为耙片、机架：前者有全缘与缺口两种类型，后者在切

碎土壤、切断作物残茬方面的效果较好。圆盘耙的耙组排列方式分为对置、偏置：前者在各个方向的受力较为均衡，作业时不易产生振动，作业后地表情况较好；后者的侧向受力情况较差，作业时难以达到平衡状态，仅适用于拖拉机单向转弯的情况。

弹齿耙作业后的地表较均匀，作业时耙齿进行上下往复运动，作用于表层土壤并进行土壤疏整，能够改善地况。在播种前使用弹齿耙作业，可有效提高种床质量，为后续的播种提供良好条件。弹齿耙的耙齿由条形弹簧钢制成，具有凿式、锄铲式等形式。机具作业时不翻抛土壤，所以作业后地表秸秆的覆盖量与作业前相近。

浅松机可实现碎土、平整地、去除杂草、改善播种质量<sup>[44]</sup>等功能，主要工作部件是深松铲，作业环境为地表以下 5~8 cm 处；作业后土壤及秸秆被分离至深松铲两侧，再由机具后方的镇压轮进行镇压，使作业后的种床平整且细碎。浅松机作业时不抛撒土壤，作业后的秸秆覆盖量与作业前相比差别很小。

国外浅层土壤耕作机具多由大型拖拉机牵引，机具的质量和占地面积均较大。国内耕地面积相对较小，大型机具的作业效果较差，故较多采用功能单一的悬挂式浅层土壤耕作机具。然而，此类机具对地况要求较高，若土壤含水率偏高可能粘连工作部件，增大拖拉机行进的阻力；若地表秸秆覆盖量大，会出现秸秆缠绕关键部件的情况，导致作业后地表不均匀性增加。

## 3. 保护性耕作播种机具

保护性耕作播种机具适用于免耕或少耕的作业环境，即田间通常留有一定程度的作物残茬，也将秸秆覆盖在地表。保护性耕作的播种效果取决于机具的防堵能力，田间秸秆的覆盖量将影响播种机的作业质量。按照防堵的技术形式，可将该机具分为重力切茬防堵、动力驱动防堵、秸秆流动防堵等类型。

重力切茬防堵技术的核心部件是圆盘开沟器，作业时开沟器底部接触土壤并保持高速旋转。圆盘开沟器质量较大，导致机具整体质量较大；在转动过程中切割地表秸秆及作物残茬，不会发生秸秆及残茬堵塞作业部件的现象；对表层土壤有一定的破碎作用，可为后续播种作业提供良好条件。为保证圆盘开沟器充分接触土壤，该类型的保护性耕作播

种机具需提供充足的正压力，因而播种单体质量较大，对种子与肥料的分施能力构成一定的影响。

动力驱动防堵技术多在秸秆覆盖量大、对农时要求高的一年两熟地区推广应用，对应的保护性耕作播种机具需配备较大的动力。使用该技术的机具防堵类型较多：在机具前方加装旋耕刀，作业时能够粉碎地表秸秆、作物残茬及表层土壤，进而实现防堵功能；在机具前方加装粉碎刀，具有较高的转速且不接触表层土壤，作业时粉碎并抛撒地表秸秆根茬以实现防堵。通过拖拉机后输出轴为切茬圆盘提供动力，相较于重力切茬防堵机具所需的正压力较小，防堵效果更好。

秸秆流动防堵技术的适用范围较小，在秸秆覆盖少的地区有较多应用；其原理是利用机具作用于地表秸秆时产生的秸秆流动，将地表秸秆分流，进而避免堵塞作业部件。还需要添加额外的部件以产生充足的秸秆流动性，常用的方式是在机架上按一定顺序加装相同的开沟器。该方式需要保证各个开沟器的间距足够大，以使地表秸秆能够顺利通过；若秸秆量较大，可在开沟器前方安装清秸轮，防止秸秆缠绕关键部件。

近年来，研究人员结合以往的数据开展分析并提出了多种新型装置，通过仿真方法优化结构参数，经由田间作业验证实际防堵效果；从材料方面着手改进机具，使用更先进的加工工艺制作关键部件，也在一定程度上提高了防堵装置的作业质量。整体来看，我国成功研发出适合实际需求的保护性耕作机具，能够适应大部分地区的耕作条件，但也存在一些技术性问题：部分经济作物的保护性耕作技术与机具的自主研发不够深入，表层土壤耕作机具关键部件的结构原理、运动轨迹、作业效果的关联性等深层次课题有待研究，秸秆还田机抛撒秸秆的运动轨迹、作业后秸秆覆盖的均匀性等未能实现有效控制。此外，与进口的免耕播种机相比，国产机具播种效率较低、出苗质量不高，关键部件的制作材料、加工方式、装配要求等亟待提高。

## 四、影响我国保护性耕作发展的主要因素

梳理我国保护性耕作的发展历程和现状可以发现，推广应用过程中仍存在一些突出问题，如区域发展不平衡、顶层协同设计缺乏、专用装备水平不

高、扶持政策的系统性不佳、农民对保护性耕作的认知不足。整体上，影响我国保护性耕作发展的主要因素可分为适宜的模式与机具、政策和法律的支持、规模化种植大户的带动三方面。

### （一）适宜的模式与机具

适宜的技术模式和配套的机具是保护性耕作顺利实施的前提和基础，我国一直重视相关研发工作。在技术模式构建方面，重点针对西北黄土高原一年一熟区、华北一年一熟区、东北一年一熟区，适当兼顾黄淮海一年两熟区，开展了充分的试验研究。根据不同地区的气候、种植制度、土壤与保护性耕作需求，因地制宜提出了具有区域适应性的保护性耕作技术模式；形成了以东北黑土区、西北黄土高原区为应用代表，具有多种类型的保护性耕作技术体系，在相应地区都得到了示范推广。提出的技术模式不仅符合可靠先进的农艺要求，而且适合机械化作业，体现了农机和农艺的融合。

在机具研发方面，形成了与技术模式配套、种类多样的保护性耕作机具设计方案，体现了保护性耕作的突破性进展<sup>[42]</sup>。例如，针对土壤压实与地表不平的问题，创制了全面浅松、带状少耕、可调翼深松等不同强度的多维深松机具；针对秸秆堵塞机具和播种质量差的问题，研发了秸秆还田机、轻简型免耕播种机、带状免耕播种机，适应不同秸秆覆盖条件下的免少耕播种需求。这些机具为保障保护性耕作发展提供了坚实基础。

### （二）法律和政策的支持

保护性耕作革新了传统耕作的翻耕概念，以免少耕、秸秆覆盖的方式进行作业。这一新的耕作制度能否被广大农民接受和认可，是其发展面临的重要挑战。我国自1992年开始系统研究保护性耕作技术与装备以来，农业、财政、发展和改革等部门高度重视保护性耕作发展，在政策支持方面做出了积极行动。曾有11次中央一号文件明确提出实施保护性耕作，行业主管部门启动了《保护性耕作示范工程建设规划》《东北黑土地保护性耕作行动计划（2020—2025年）》等系列示范项目或计划；2022年颁布了《中华人民共和国黑土地保护法》。这些法律政策的实施，提高了农民对保护性耕作的认识和参与度；一系列补贴政策增强了农民抵抗农业风



险的能力,提高了农民应用保护性耕作技术的积极性。可以认为,法律和政策支持是促进我国保护性耕作技术推广应用和发展完善的重要原因之一。

### (三) 规模化种植大户的带动

规模化种植是一种先进的农业生产方式,由农业机械作业代替人工劳动以实现规模化生产,在提高生产效率的同时,能够降低农业生产成本、增加粮食产出。通过增加农民的非农就业时间、促进劳动力向非农产业转移的形式,增加农民的非农收入<sup>[43]</sup>。

农民是保护性耕作的直接实施者,对新技术的认可程度决定了该技术的推广速度<sup>[44]</sup>。农民对新事物的认可程度受多重因素影响,通过规模化种植大户的示范带头作用来提高农民对新技术的直观认识,是新技术推广的重要方式。我国注重规模化种植大户的带动作用,联合管理部门、科研单位、企业、农民、社会团体等各方力量,建设包含县级、乡级在内的多级高标准示范田,构建“梨树模式”“龙江模式”等区域适宜的保护性耕作模式,培养规模化种植大户;通过现场会、培训会等方式演示农机、农艺相关的技术措施,培训相应操作规程,带动周边农户积极采用该项技术,进而实现更大范围的辐射推广。

## 五、我国保护性耕作政策建议

### (一) 筹建国家级科技创新平台,整县推进高标准示范工程

我国农业生产正在朝着大规模、高效率、智能化方向发展,大型保护性耕作机具的研发、高标准农田建设等将是保护性耕作的发展重点。

建议加强顶层设计,整合省级研究所/院/中心等保护性耕作创新优势平台,筹建国家级保护性耕作装备创新研发中心(联盟);建设国家战略科技力量,有组织地推进科研创新,开展基础理论和应用理论研究,解决制约保护性耕作发展的“瓶颈”技术,研发高质量专用装备,支持保护性耕作技术稳健发展和推广应用。

在稳定粮食生产的前提下,遴选有条件的地区,整县推进高标准保护性耕作科技示范工程,建立集农艺、工程、信息、装备等技术于一体的保护与可持续利用示范区;循序渐进并逐步扩大

实施面积,在条件成熟的地区组织整县、整乡、整村推进。

### (二) 加强政策引导,高质量实施国家级行动计划

在《东北黑土地保护性耕作行动计划(2020—2025年)》的基础上,结合我国不同地区的自然条件、地理与人文环境,制定国家保护性耕作行动计划。围绕玉米、大豆、水稻、小麦、油菜等作物生产,在东北、华北、西北、华南、华中等适宜地区开展保护性耕作研究与推广应用,实现保护耕地、提升粮食产量的目标。重点在黄河流域、长江流域等易受水蚀的区域实施保护性耕作,减少水土流失;在长城沿线易受风蚀的区域实施保护性耕作,减少农田扬尘。建议在第三轮土地承包的合同中,明确耕地保护要求,尤其在土壤肥力低、易受侵蚀的北方地区,要求实施类似于保护性耕作的相关技术,以实现耕地用、养结合。

在《东北黑土地保护性耕作行动计划(2020—2025年)》实施结束后,建议继续滚动实施为期5~10年的东北黑土区保护性耕作行动计划,配套政策支持;制定与《中华人民共和国黑土地保护法》配套的实施细则;建立多部门政策协调机制,成立耕地保护协作组,协调不同区域耕地工程实施,减少项目技术内容之间的矛盾(如秸秆覆盖还田补贴与秸秆离田或翻埋补贴冲突的问题)。

### (三) 持续开展保护性耕作技术宣传

保护性耕作技术包含农业、机械、推广等方向,其推广应用过程涉及多个农业技术部门。大量的市县两级农机和农艺部门有待整合和加强,以克服农业和农机部门对保护性耕作认识不足、专业技术人员老龄化以及经验无法传承、农机部门内专业技术人员和推广人才缺乏等问题。合作社是社会化服务的核心力量、保护性耕作技术推广的主体,而对该技术的理解不深入影响了推广成效,也是制约保护性耕作发展的重要因素之一。建议精准开展保护性耕作多年应用成效的宣传,通过培训和示范,带动形成一支技术过硬、饱含热情的保护性耕作技术人才队伍;有力实施补贴政策,短期内提高农民采用保护性耕作技术的意愿,长期内培养农民采用保护性耕作技术的习惯。

### 利益冲突声明

本文作者在此声明彼此之间不存在任何利益冲突或财务冲突。

**Received date:** September 18, 2023; **Revised date:** November 16, 2023

**Corresponding author:** Luo Xiwen is a professor from the College of Engineering, South China Agricultural University, and a member of Chinese Academy of Engineering. His major research field is agricultural engineering. E-mail: xwluo@scau.edu.cn

**Funding project:** Chinese Academy of Engineering project “Study on the Development Strategy of Conservation Tillage in China” (2022-XY-137)

### 参考文献

- [1] 刘慧芳, 毕如田, 郭永龙, 等. 基于形态-结构-功能多维评价体系的耕地保护分区研究 [J]. 农业机械学报, 2021, 52(2): 168–177, 354.  
Liu H F, Bi R T, Guo Y L, et al. Protection zoning of cultivated land based on form-structure-function multidimensional evaluation system [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2021, 52(2): 168–177, 354.
- [2] 肖萍. 区域土地可持续发展研究 [D]. 合肥: 安徽农业大学 (硕士学位论文), 2007.  
Xiao P. Study on the sustainable development of regional land [D]. Hefei: Anhui Agricultural University (Master's thesis), 2007.
- [3] 郭孟洁, 李建业, 李健宇, 等. 实施16年保护性耕作下黑土土壤结构功能变化特征 [J]. 农业工程学报, 2021, 37(22): 108–118.  
Guo M J, Li J Y, Li J Y, et al. Changes of soil structure and function after 16-year conservation tillage in black soil [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2021, 37(22): 108–118.
- [4] 潘洪稳. 浅谈耕地保护的重要性 [J]. 信息化建设, 2016 (2): 187.  
Pan H W. On the importance of cultivated land protection [J]. Informatization Construction, 2016 (2): 187.
- [5] 周浩, 胡凌, 陈竹书. 基于量子遗传投影寻踪的长株潭地区耕地系统安全评价 [J]. 农业机械学报, 2022, 53(8): 268–274, 302.  
Zhou H, Hu L, Chen Z S. Evaluation on cultivated land system security in Chang-Zhu-Tan region based on quantum genetic projection pursuit method [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2022, 53(8): 268–274, 302.
- [6] 陈彬文. 粮食安全: 重在保护耕地与农民种粮积极性 [J]. 农村经济, 2004 (12): 28–30.  
Chen B W. Food security: Focusing on protecting cultivated land and farmers' enthusiasm for growing grain [J]. Rural Economy, 2004 (12): 28–30.
- [7] 朱勇, 李建业, 张程远, 等. 长期保护性耕作对坡耕地黑土有机碳组分的影响 [J]. 农业工程学报, 2023, 39(10): 103–111.  
Zhu Y, Li J Y, Zhang C Y, et al. Effects of long-term conservation tillage on black soil organic carbon components in sloping farmland [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2023, 39(10): 103–111.
- [8] 何进, 李洪文, 陈海涛, 等. 保护性耕作技术与机具研究进展 [J]. 农业机械学报, 2018, 49(4): 1–19.  
He J, Li H W, Chen H T, et al. Research progress of conservation tillage technology and machine [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2018, 49(4): 1–19.
- [9] Chatterjee R, Acharya S K. Dynamics of conservation agriculture: A societal perspective [J]. Biodiversity and Conservation, 2021, 30(6): 1599–1619.
- [10] He J, Wang Q J, Li H W, et al. Effect of alternative tillage and residue cover on yield and water use efficiency in annual double cropping system in North China Plain [J]. Soil and Tillage Research, 2009, 104(1): 198–205.
- [11] 孙悦超, 麻硕士, 陈智. 保护性耕作农田和柠条带状配置草地防风蚀效果的风洞测试 [J]. 农业工程学报, 2017, 33(11): 140–146.  
Sun Y C, Ma S S, Chen Z. Wind tunnels test on anti-wind erosion effect of conservation tillage farmland and caragana collocated with grassland in strip [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2017, 33(11): 140–146.
- [12] 齐智娟, 宋芳, 张忠学, 等. 保护性耕作对寒地黑土土壤水热效应与玉米产量的影响 [J]. 农业机械学报, 2022, 53(12): 380–389.  
Qi Z J, Song F, Zhang Z X, et al. Effects of different conservation tillage methods on soil hydrothermal condition as well as maize yield in cold black soil region [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2022, 53(12): 380–389.
- [13] Ogle T D, Gustafson R J, Pickett L K, et al. Ten agricultural and biological engineering achievements that changed the world [J]. Resource: Engineering and Technology for Sustainable World, 2007, 14(4): 2–7.
- [14] 李友军, 付国占, 张灿军. 中国保护性耕作 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2008.  
Li Y J, Fu G Z, Zhang C J. China conservation tillage [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2008.
- [15] 魏小波. 免耕播种机开沟圆盘制造工艺研究及性能试验 [D]. 北京: 中国农业大学 (博士学位论文), 2006.  
Wei X B. Study on the manufacturing process of disc opener on the no-till planter and capacity test [D]. Beijing: China Agricultural University (Doctor's dissertation), 2006.
- [16] 高焕文, 李问盈, 李洪文. 中国特色保护性耕作技术 [J]. 农业工程学报, 2003, 19(3): 1–4.  
Gao H W, Li W Y, Li H W. Conservation tillage technology with Chinese characteristics [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2003, 19(3): 1–4.
- [17] 王长生, 王遵义, 苏成贵, 等. 保护性耕作技术的发展现状 [J]. 农业机械学报, 2004, 35(1): 167–169.  
Wang C S, Wang Z Y, Su C G, et al. Development and application of protective farming technique [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Machinery, 2004, 35(1): 167–169.
- [18] 张永斌. 陕西旱地保护性耕作技术模式研究 [D]. 杨凌: 西北农林科技大学 (硕士学位论文), 2010.  
Zhang Y B. Study of conservation tillage technology model in Shaanxi [D]. Yangling: Northwest A&F University (Master's thesis), 2010.
- [19] 鲁向晖, 隋艳艳, 王飞, 等. 保护性耕作技术对农田环境的影响研究 [J]. 干旱地区农业研究, 2007, 25(3): 66–72.  
Lu X H, Sui Y Y, Wang F, et al. The conservation tillage technique and its influences on farmland environment [J]. Agricultural Research in the Arid Areas, 2007, 25(3): 66–72.
- [20] 农业农村部农业机械化推广司. 2021年全国农业机械化统计年报 [R]. 北京: 农业农村部农业机械化推广司, 2022.



- Department of Agricultural Mechanization Management, Ministry of Agriculture and Rural Affairs. 2021 national agricultural mechanization statistical annual report [R]. Beijing: Department of Agricultural Mechanization Management, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, 2022.
- [21] 姚宗路, 王晓燕, 李洪文, 等. 2BMD-12 型小麦对行免耕施肥播种机改进与试验研究 [J]. 干旱地区农业研究, 2005, 23(5): 46-51.  
Yao Z L, Wang X Y, Li H W, et al. Modification and experiment on 2BMD-12 row-controlled no-till wheat drill [J]. Agricultural Research in the Arid Areas, 2005, 23(5): 46-51.
- [22] 于丽娟, 高焕文. 旱地小麦免耕播种开沟器的研制 [J]. 北京农业工程大学学报, 1994, 14(4): 49-54.  
Yu L J, Gao H W. Experimental research on furrow opener for wheat no-till sowing in dryland [J]. Journal of Beijing Agricultural Engineering University, 1994, 14(4): 49-54.
- [23] 孔德军, 高焕文, 张永康, 等. 保护性耕作条件下浅松作业的试验 [J]. 农业机械学报, 2006, 37(5): 48-50, 79.  
Kong D J, Gao H W, Zhang Y K, et al. Experimental study on topsoil cultivator under conservation tillage [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2006, 37(5): 48-50, 79.
- [24] 魏延富, 高焕文, 李洪文. 三种一年两熟地区小麦免耕播种机适应性试验与分析 [J]. 农业工程学报, 2005, 21(1): 97-101.  
Wei Y F, Gao H W, Li H W. Experiment and analyses of the adaptabilities of three wheat no-tillage drills on corn stubble in the areas with two ripe crops a year [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2005, 21(1): 97-101.
- [25] 李洪文, 王晓燕, 李兵, 等. 小麦对行免耕播种机试验研究 [J]. 农机化研究, 2004, 26(5): 179-181.  
Li H W, Wang X Y, Li B, et al. A new-concept of no-till row-follow wheat planter [J]. Journal of Agricultural Mechanization Research, 2004, 26(5): 179-181.
- [26] 马洪亮, 高焕文, 李洪文, 等. 斜置驱动圆盘免耕播种机设计与试验 [J]. 农业机械学报, 2006, 37(5): 45-47, 66.  
Ma H L, Gao H W, Li H W, et al. Design and experiment of no-till planter with oblique driven disc [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2006, 37(5): 45-47, 66.
- [27] 徐文修. 新疆绿洲耕作制度演变规律及棉花生产可持续发展研究 [D]. 保定: 河北农业大学 (博士学位论文), 2008.  
Xu W X. Study on the secession pattern of oasis farming system and the sustainable development strategy of cotton production in Xinjiang [D]. Baoding: Hebei Agricultural University (Doctoral dissertation), 2008.
- [28] 吾斯曼·萨吾提. 阿克苏地区夏玉米机械化保护性耕作技术体系研究 [D]. 乌鲁木齐: 新疆农业大学 (硕士学位论文), 2008.  
The study on summer corn mechanization conservation tillage technology system in Akesu [D]. Urumqi: Xinjiang Agricultural University (Master's thesis), 2008.
- [29] 洪鑫. 吉林省农户黑土地保护性耕作技术采纳行为研究——基于农户分化视角 [D]. 长春: 吉林农业大学 (硕士学位论文), 2021.  
Hong X. Study on adoption behavior of conservation tillage technology on black land in Jilin Province [D]. Changchun: Jilin Agricultural University (Master's thesis), 2021.
- [30] 保护性耕作工程建设规划 (2009—2015 年) [EB/OL]. (2009-06-25)[2023-10-15]. [http://www.moa.gov.cn/nybg/2009/djiuq/201806/t20180608\\_6151425.htm](http://www.moa.gov.cn/nybg/2009/djiuq/201806/t20180608_6151425.htm).
- Conservation tillage project construction planning (2009—2015) [EB/OL]. (2009-06-25)[2023-10-15]. [http://www.moa.gov.cn/nybg/2009/djiuq/201806/t20180608\\_6151425.htm](http://www.moa.gov.cn/nybg/2009/djiuq/201806/t20180608_6151425.htm).
- [31] 国家黑土地保护工程实施方案 (2021—2025 年) [EB/OL]. (2021-06-30)[2023-10-15]. <http://www.moa.gov.cn/ztl/gdzbhys/htdbhly/202108/P020210804604124115741.pdf>.  
National black land protection project implementation plan (2021—2025) [EB/OL]. (2021-06-30)[2023-10-15]. <http://www.moa.gov.cn/ztl/gdzbhys/htdbhly/202108/P020210804604124115741.pdf>.
- [32] 林静, 刘艳芬, 李宝筏, 等. 东北地区垄作免耕覆盖模式对土壤理化特性的影响 [J]. 农业工程学报, 2014, 30(23): 58-64.  
Lin J, Liu Y F, Li B F, et al. Effect of ridge-till and no-till mulching modes in Northeast China on soil physicochemical properties [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2014, 30(23): 58-64.
- [33] 汤秋香, 谢瑞芝, 章建新, 等. 典型生态区保护性耕作主体模式及影响农户采用的因子分析 [J]. 中国农业科学, 2009, 42(2): 469-477.  
Tang Q X, Xie R Z, Zhang J X, et al. Analysis of conservation tillage pattern and the factors influencing farmers adoption in typical ecological region in China [J]. Scientia Agricultura Sinica, 2009, 42(2): 469-477.
- [34] 闫小丽, 薛少平, 朱瑞祥. 陕北长城沿线风沙区留茬固土保护性耕作技术模式研究 [J]. 西北农林科技大学学报 (自然科学版), 2009, 37(2): 100-104, 111.  
Yan X L, Xue S P, Zhu R X. Conservative tillage for soil conservation with stubble in sandstorm area along the Great Wall in North Shaanxi Province of China [J]. Journal of Northwest A&F University (Natural Science Edition), 2009, 37(2): 100-104, 111.
- [35] 汪一凡. 我国南方湿润地区保护性耕作研究 [D]. 武汉: 华中师范大学 (硕士学位论文), 2015.  
Wang Y F. Conservation tillage technology research in Southern humid area of China [D]. Wuhan: Central China Normal University (Master's thesis), 2015.
- [36] 杨陆强, 高彦玉, 朱加繁, 等. 保护性耕作技术与配套机具 [J]. 农机化研究, 2018, 40(4): 263-268.  
Yang L Q, Gao Y Y, Zhu J F, et al. Conservation tillage technology and related equipment [J]. Journal of Agricultural Mechanization Research, 2018, 40(4): 263-268.
- [37] 许艳, 张仁陟, 张冰桥, 等. 保护性耕作对黄土高原旱地土壤总磷及组分的影响 [J]. 水土保持学报, 2016, 30(4): 254-260.  
Xu Y, Zhang R Z, Zhang B Q, et al. Effects of conservation tillage on soil total phosphorus and phosphorus fractions of dry land in the loess plateau [J]. Journal of Soil and Water Conservation, 2016, 30(4): 254-260.
- [38] 郑侃, 陈婉芝, 杨宏伟, 等. 秸秆还田机械化技术研究现状与展望 [J]. 江苏农业科学, 2016, 44(9): 9-13.  
Zheng K, Chen W Z, Yang H W, et al. Research status and prospect of mechanization technology of straw returning to field [J]. Jiangsu Agricultural Sciences, 2016, 44(9): 9-13.
- [39] Johnson J, Acosta-Martinez V, Cambardella C, et al. Crop and soil responses to using corn stover as a bioenergy feedstock: Observations from the northern US corn belt [J]. Agriculture,

- 2013, 3(1): 72–89.
- [40] 李问盈, 李洪文, 陈实. 保护性耕作技术 [M]. 哈尔滨: 黑龙江科学技术出版社, 2009.
- Li W Y, Li H W, Chen S. Conservation tillage technology [M]. Harbin: Heilongjiang Science and Technology Press, 2009.
- [41] 李宝筏. 农业机械学 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2003.
- Li B F. Agricultural machinery [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2003.
- [42] 郑华平. 保护性耕作措施的综合效应研究及其生态与经济效益评价 [D]. 兰州: 甘肃农业大学 (博士学位论文), 2004.
- Zheng H P. Study on synthetical effects of the conservation tillages and its ecological economic benefits [D]. Lanzhou: Gansu Agricultural University (Doctoral dissertation), 2004.
- [43] 高名姿, 孙玮, 曹蕾. 农业机械化、规模经营与农民增收——基于江苏省种植类家庭农场的抽样调查证据 [J]. 中国农机化学报, 2022, 43(12): 206–214, 220.
- Gao M Z, Sun W, Cao L. Agricultural mechanization, large-scale farming and income increasing of farmers: Based on a sample survey of family farms in Jiangsu Province [J]. Journal of Chinese Agricultural Mechanization, 2022, 43(12): 206 – 214, 220.
- [44] 谢春香. 试论农机推广中与农民的有效沟通 [J]. 农机推广与安全, 2006 (2): 43–44.
- Xie C X. On effective communication with farmers in agricultural machinery extension [J]. Agricultural Technology & Equipment, 2006 (2): 43–44.