

垄作 保护性耕作

王庆杰 何 进 主编

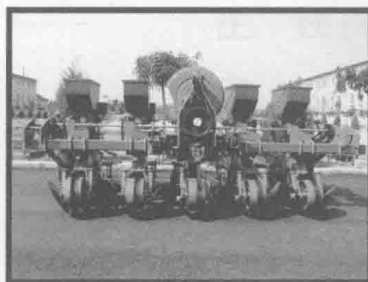


中国农业科学技术出版社

资助项目：公益性行业（农业）科研专项（200903009）
——“现代农业产业工程集成技术与模式研究”

垄作 保护性耕作

王庆杰 何 进 主编



中国农业科学技术出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

垄作保护性耕作 / 王庆杰, 何进主编. —北京:
中国农业科学技术出版社, 2013. 10
ISBN 978 - 7 - 5116 - 1312 - 7

I. ①垄… II. ①王…②何… III. ①资源保护 -
垄作 IV. S341.9

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 136147 号

责任编辑 徐 毅 姚 欢
责任校对 贾晓红

出 版 者 中国农业科学技术出版社
北京市中关村南大街 12 号 邮编: 100081
电 话 (010) 82106636 (编辑室) (010) 82109702 (发行部)
(010) 82109709 (读者服务部)
传 真 (010) 82106631
网 址 [http://www. castp. cn](http://www.castp.cn)
经 销 者 各地新华书店
印 刷 者 北京富泰印刷有限责任公司
开 本 787 mm × 1 092 mm 1/16
印 张 13.5
字 数 230 千字
版 次 2013 年 10 月第 1 版 2013 年 10 月第 1 次印刷
定 价 45.00 元

——版权所有·翻印必究——

《垄作保护性耕作》

编 委 会

主 编：王庆杰 何 进

主 任：李洪文

编 委：（以姓氏笔画为序）

王庆杰 王晓燕 刘安东 刘国平

李问盈 吴 波 何 进 张 旭

张祥彩 张 想 罗红旗 郑智旗

胡 红 徐迪娟

主 审：高焕文

前 言

传统农业机械化技术的发展是一把双刃剑：一方面，它减轻了农民的劳动强度，提高了劳动效率，增加了作物产量，保证了粮食安全；另一方面，农业机械化的发展使耕地退化、水土流失、产量低而不稳、农业经济效益差。因此，只有变革传统耕作的铧式犁翻耕、秸秆移除或焚烧等生产模式，才能促进农业的可持续发展。保护性耕作是对传统农业耕作制度的继承和发展，是耕作制度的发展趋势。以秸秆还田覆盖和少免耕播种为主要技术内容的保护性耕作技术，既能提高粮食产量，又能节约农业用水，降低生产成本；既能发展农业生产，又能保护生态环境，建设农业生态文明；既能立足当前农产品有效供给，又能培肥地力，保持农业可持续发展。因此，发展保护性耕作是我们的必然选择。

我国垄作种植模式主要分布在东北地区，总耕地面积 2 972.72 万 hm^2 ，其中，粮食播种面积 1 892.33 万 hm^2 ，是我国主要的粮食生产区之一。由于传统垄作每年翻耕起垄等机械作业的原因，导致作业成本升高，土壤退化严重，犁底层上移，耕层厚度减少，蓄水保墒能力下降。耕地资源的现状，影响了粮食稳产高产和农业的可持续发展。农业科研人员在长期田间试验的基础上，通过将保护性耕作技术与传统垄作等相结合，丰富发展了保护性耕作技术，形成了适合我国东北垄作区农业生产的垄作保护性耕作技术模式。垄作少免耕播种技术是将保护性耕作技术和传统垄作技术相结合的一项新型农业生产技术，其基本特征是在高于地面的秸秆覆盖的垄上免耕栽种作物的耕作方式，垄由高凸的垄台和低凹的垄沟组成，垄台一经形成后只是在播种过程中或中耕追肥时对其形状进行修复，作为作物的永久生长带，作业机具车轮则只在垄沟内行驶，可减少机具对作物生长带的压实。该项技术要求永久保持垄台，又有在作物播种前或者中耕时，对垄台进行少量修复。到目前为止，美国、澳大利亚、墨西哥、巴西等国家和地区都有一定面积的应用。

我国垄作保护性耕作技术的研究起步较晚，现在还处于初级阶段，但在东北地区的垄作保护性耕作模式研究与机具开发已经取得了一系列成果。田

间试验研究表明,垄作保护性耕作技术有利于提高春季播种时播种带的地温,能有效增加土壤水分,改善土壤结构,减轻土壤侵蚀和减缓土地退化,有利于降低机具作业成本,减少作业功耗,在我国辽宁垄作区具有较大的推广发展潜力。为系统地介绍垄作保护性耕作技术,特编撰此书。

《垄作保护性耕作》一书,总结了近年来垄作保护性耕作技术模式试验研究、机具开发创新、效果监测以及示范推广等方面的成果和经验,可以作为广大垄作保护性耕作技术试验研究人员、技术推广人员、采用垄作保护性耕作技术的合作组织、农机大户、种粮大户等的学习与参考书籍,作为各级领导、科技工作者了解垄作保护性耕作技术的参考。全书共分4篇:第一篇系统地介绍了垄作保护性耕作技术的概念和国内外的发展现状及经验;第二篇详细介绍了国内外的垄作保护性耕作机具结构及其特点;第三篇主要研究了采用垄作保护性耕作技术后对土壤理化、作物产量以及经济效益的影响;第四篇主要介绍了垄作保护性耕作的推广和应用情况。

本书第一章、第二章由中国农业大学王庆杰和吴波编写,第三章由中国农业大学何进、罗红旗和辽宁省农业机械化研究所张旭编写,第四章、第五章由中国农业大学王庆杰、王晓燕和黑龙江省农业机械研究院刘国平编写,第六章、第七章由中国农业大学何进和郑智旗编写,第八章由北京农业职业学院机电工程学院徐迪娟编写,第九章、第十章由辽宁省农业机械化技术推广站刘安东和中国农业大学李问盈编写,第十一章由北京农业职业学院机电工程学院徐迪娟和中国农业大学张想编写,第十二章由中国农业大学何进和胡红编写,第十三章由中国农业大学李问盈和张祥彩编写。全书由王庆杰、何进统稿。

本书由中国农业大学高焕文教授主审,从全书章节的设计到用词、用句都体现了高焕文教授的严谨治学态度,在此表示衷心感谢。书稿编写过程中得到了农业部保护性耕作研究中心所有教师和研究生的大力帮助,在此一并表示感谢!

垄作保护性耕作的研究主要集中在我国东北地区,试验时间较短,许多问题还处于初步研究阶段,某些观点可能存在争议。由于编者水平所限,书中不足之处甚至错误在所难免,欢迎广大读者提出批评意见。

编者

2013年8月

目 录

第一篇 绪 论

第一章 垄作保护性耕作概述	(3)
一、东北垄作区农业发展中存在的问题	(3)
二、垄作保护性耕作概述	(6)
三、垄作保护性耕作技术的优势	(18)
第二章 国外垄作保护性耕作的发展经验	(20)
一、美国垄作保护性耕作	(20)
二、澳大利亚垄作保护性耕作	(22)
三、墨西哥垄作保护性耕作	(23)
四、印度垄作保护性耕作	(25)
五、巴西垄作保护性耕作	(26)
六、法国垄作保护性耕作	(27)
七、加拿大垄作保护性耕作	(29)

第二篇 垄作保护性耕作机具

第三章 垄作免耕播种机	(35)
第一节 国外垄作免耕播种机的研究现状	(35)
一、国外垄作播种机的装置研究	(35)
二、垄作播种机	(38)
三、国外垄作免耕覆盖施肥播种机特点	(39)
四、我国垄作免耕覆盖施肥机研制技术路线	(40)
第二节 国内玉米垄作免耕播种机	(41)
一、驱动圆盘玉米垄作免耕播种机	(41)

二、2BML-2 (Z) 型驱动直刀破茬式垄作免少耕播种机	(47)
三、条带旋耕玉米垄作免耕播种机	(52)
四、2BG-2 型玉米垄作免耕播种机	(60)
五、2BJM-4 型免耕精量播种机	(62)
六、2BJM-4 型灭茬播种联合作业机	(63)
七、其他玉米垄作免耕播种机	(65)
第四章 深松机	(69)
一、深松的作用与机理	(69)
二、深松作业的技术要求	(71)
三、深松机的类型	(72)
第五章 中耕起垄机	(76)
一、中耕起垄的作用	(76)
二、中耕起垄机技术要求	(78)
三、中耕起修垄机类型	(78)
第六章 秸秆还田机	(82)
一、秸秆还田的作用	(82)
二、秸秆粉碎还田机作业的要求	(83)
三、秸秆还田机发展现状	(83)
四、秸秆粉碎还田机的主要存在问题及发展趋势	(88)
五、玉米联合收获机配套的秸秆粉碎机	(89)
第七章 杂草与病虫害防治	(91)
一、杂草病虫害防治注意事项	(92)
二、喷药机	(93)
三、机械除草	(98)
四、拌种	(98)
五、田间管理	(101)

第三篇 垄作保护性耕作的土壤理化、 作物产量以及经济效益

第八章 辽宁垄作保护性耕作试验研究	(107)
一、苏家屯试验区基本情况	(107)
二、试验设计	(108)

三、试验内容	(109)
四、田间测试项目、方法和仪器	(110)
五、土壤物理特性	(113)
六、土壤化学特性研究	(142)
七、不同垄作模式对玉米生长的影响	(145)
八、不同垄作模式对作物产量的影响	(150)
九、不同处理模式的经济效益	(153)
十、不同处理模式的水分利用效率	(156)
第九章 黑龙江垄作保护性耕作研究	(159)
一、研究背景	(159)
二、试验区基本情况与试验设计	(160)
第十章 吉林垄作保护性耕作	(168)
一、研究背景	(168)
二、试验区基本情况与试验设计	(169)
三、玉米垄侧栽培技术效果	(169)
四、玉米垄侧栽培技术特点	(171)
五、玉米垄侧栽培技术流程	(172)
六、玉米垄侧栽培技术注意事项	(176)
七、玉米垄侧栽培技术应用实例	(177)

第四篇 垄作保护性耕作技术推广与应用

第十一章 东北垄作区典型技术模式	(181)
一、传统垄作模式	(181)
二、高留茬覆盖模式	(182)
三、碎秆覆盖苗带少耕播种垄作技术模式	(183)
四、整秆覆盖少耕播种技术模式	(185)
第十二章 垄作保护性耕作技术推广机制	(186)
一、垄作保护性耕作的应用特点	(186)
二、建立垄作保护性耕作技术推广长效机制	(187)
三、垄作保护性耕作推广原则	(189)
四、垄作保护性耕作推广步骤	(189)
五、垄作保护性耕作推广方法	(191)

第十三章 垄作保护性耕作应用实例	(193)
一、阜新蒙古族自治县平安地镇八家子村	(193)
二、保护性耕作的带头人——张兴雅	(194)
三、一个种粮大户的自述	(196)
四、辽宁阜新蒙古族自治县泡子农场	(199)
五、内蒙古赤峰市松山区	(200)
参考文献	(202)

第一篇 绪 论

第一章 垄作保护性耕作概述

一、东北垄作区农业发展中存在的问题

我国是主要的干旱国家之一。干旱、半干旱及半湿润偏干旱地区的面积占国土面积的 52.5%，遍及昆仑山、秦岭、淮河以北的 16 个省、市、自治区。目前，旱作农业的面积约 3 300 万 hm^2 。旱农地区的主要问题：一是旱灾频繁、土壤瘠薄、产量低而不稳；二是水土流失、沙尘暴猖獗、焚烧秸秆造成大气污染。东北垄作区为典型的旱作农业区，主要包括东北中东部的三江平原、松辽平原、辽河平原和大小兴安岭等区域（图 1-1），涉及黑龙江、吉林、辽宁和内蒙古自治区（以下称内蒙古）东部的 261 个县（场），总耕地面积 2 972.72 万 hm^2 ，其中，粮食播种面积 1 892.33 万 hm^2 ，是我国主要的粮食生产区之一。区内东部以平原、缓坡丘陵为主，海拔 200 ~ 1 200m，土壤肥沃，以黑土、草甸土、暗棕土为主。西部地形以漫岗丘陵为主，间布沙地、沼泽，土壤以栗钙土和草甸土为主。本区气候属温带半干旱和湿润偏旱气候类型，年降水量 300 ~ 900mm，气温低、无霜期短，种植制度为一年一熟，主要作物为玉米、大豆、小麦、水稻，是我国重要的商品粮基地，机械化程度较高。

垄作法是一种在东北地区行之有效并沿用至今的增温抗旱防涝耕作法，约创始于西周时期，初步发展于春秋战国，大发展于秦汉至隋唐五代，到宋元明清达到成熟阶段，并一直延续至今，中国东北至今仍是普遍实行垄作的地区。传统垄作制，垄高 20 ~ 30cm，宽 45 ~ 70cm。一般常采用两种播种方式，一种是起垄垄上播种，即在垄台上开沟播种；另一种方法是换垄播种，即用犁铧破开垄台、把土分向两侧、两侧播种后，在把垄沟内的土壤覆向种床，旧垄变沟、旧沟成垄、换垄播种，一般换一次垄后，可连续两年原垄播种。与平作相比，垄作栽培地面呈波浪形起伏状，地表面积比平作增加 25% ~ 30%，增大了接纳太阳辐射量，白天垄上温度比平作高 2 ~ 3℃，夜间垄作散热面积大，土壤湿度比平作低，增大了土壤日夜温差；在雨水集中



图 1-1 东北地区地图

季节，垄台与垄沟位差，便于排水防涝；地势低洼地区，垄作可改善农田生态条件；垄作还因地面呈波状起伏，增加了阻力，能降低风速，减少风蚀。宁夏自治区农业科学院试验表明，垄作比平作增产 10% ~ 15%，土壤风蚀量减小 90% 以上；垄作在作物基部培土，能促进根系生长，提高抗倒伏能力。

虽然传统垄作具有诸多优点，但由于其长年深翻、深耕，起垄作业，形成了坚实的“犁底层”，造成土壤透气、透水性差，土壤结构破坏严重，不能充分体现出垄作的优点，而且我国东北地区冬季和春季风大，而此时地表处于裸露状态，风沙大，风蚀严重，造成土壤肥力下降。这种传统的耕作方式不利于农业的可持续发展，主要表现为以下几个方面。

（一）传统垄作土壤水分损失严重

传统的垄作方式是在对土壤精耕细作的基础上进行的，土壤水分损失严重，造成春季播种困难，影响正常的农业生产，虽然有一些地区采用收获后不翻耕、保持垄形并留高茬覆盖，但是在春季播种前仍然进行全面旋耕灭茬，尽管在冬春季节起到了保护土壤、减少风蚀的作用，但全面旋耕后原垄被破坏，土壤水分严重损失，播种后地表没有明显垄形，甚至有些地区播种时种子播在垄沟（图 1-2），只是在中耕施肥时再进行扶垄，如辽宁阜新地区。因此，传统垄作不能充分体现垄作的优势，而且有可能由于水分损失严重影响种子发芽。



图 1-2 传统播种机播种后地表状况

（二）秸秆焚烧危害大

传统耕作在整地作业前，为了降低作业难度，将田地中的秸秆进行焚烧，危害很大。一是造成了生物资源的浪费，秸秆除了作为燃料、饲料和肥料外，还可用于种植食用菌、造纸和生产新型墙体材料，可以说，秸秆是个宝；二是导致了大气环境的严重污染，焚烧秸秆会导致空气中总悬浮颗粒数量明显升高，焚烧产生的滚滚浓烟中含有大量的 CO 、 CO_2 等有毒、有害气体，对人体健康带来不利影响；三是焚烧秸秆还会使土壤表面温度增高，烧死大量的土壤微生物，土壤水分也会损失 65% ~ 80%，使土壤板结、不耐旱，吸水保墒能力大幅度下降；四是焚烧秸秆极易诱发火灾事故，严重的烟雾还可能影响空中飞机和高速公路上汽车的安全行驶等，每年夏秋季节因秸秆焚烧而引发烧毁庄稼、树木、农舍以及引起飞机航班晚点、延误的事故屡有发生。

（三）肥力下降

传统耕作由于作物收获后将大部分秸秆从田地移走或将其焚烧，导致返回到田地里的秸秆量变少，不利于土壤从秸秆中吸取养分，不能及时补充养分损失，另外，由于过度耕作，加大了土壤中碳的消耗，破坏了土壤结构，也会造成土壤中养分减少。

（四）土壤侵蚀严重

风蚀沙化则是我国东北旱区近年来更为突出的问题，由于过度的开垦及不适当的耕作方式，植被破坏，土地沙漠化越来越快，沙尘暴发生的频率越来越高（图 1-3）。水土流失、生态恶化的原因，除大量开荒、林草植被减少外，还和耕作方式不当、管理粗放密切相关。如旱地采用焚烧秸秆、铧式犁翻耕、土地裸露休闲等，就是不恰当的方式。翻耕可以



图 1-3 内蒙古近年沙尘暴

可以疏松土壤、翻埋肥料杂草，再经过碎土平地，创造良好的种床，但地表疏松裸露、蒸发与径流大、风刮起沙、水冲土流，是导致沙尘暴猖獗、荒漠化加剧的重要原因。

（五）生产成本低，生产效率低，经济效益差

传统垄作生产工序烦琐，机具简单，生产效率低，作业成本高，以辽宁省苏家屯地区为例，其生产工序包括收获后的秸秆搬运（150 元/hm²）、春季旋耕灭茬（225 元/hm²）、播种（300 元/hm²）、喷药（150 元/hm²）、中耕追肥（225 元/hm²）、收获（600 元/hm²）等多项作业，仅田间作业成本即达到 1 650 元/hm²（不包括种子、化肥、农药等），按平均产量 9 750 kg/hm² 计算，扣除田间作业费，种子、化肥、农药等生产资料费以及查苗、间苗等人工费用，每年的纯收入只有 6 000 元/hm² 左右，这种高投入、高产、低收入的状况不适应农民增收的要求。

因此，为了控制沙尘暴、保护生态环境，提高土壤肥力，改变旱区面貌，在大力推行退耕还林还草的同时，需要大力发展能保护农田、减少农田扬沙、减少土壤水蚀、降低作业成本的保护性耕作法，发展机械化可持续旱地农业。

二、垄作保护性耕作概述

保护性耕作是人们遭遇严重水土流失和风沙危害的惨痛教训之后，逐渐研究和发展起来的一种新型土壤耕作模式。20 世纪 20 ~ 30 年代，美国利用大型机械大面积、多频次翻耕农田，由于气候持续干旱，土地沙化严重，发生了震惊世界的“黑风暴”。1931 年从美国西部干旱地区刮起的“黑风暴”横扫美国大平原，厚达 5 ~ 30 cm 的表土被吹走，30 万 hm² 农田被毁；1935 年的第二次“黑风暴”横扫美国 2/3 国土，3 亿 t 表土被卷进大西洋，毁掉耕地 300 万 hm²，造成当年全美冬小麦减产 510 万 t，南部各州约 1/4 的人口迁移。1935 年美国成立了土壤保持局，组织土壤、农学、农机等领域专家，开始研究改良传统翻耕耕作方法，研制深松铲、凿式犁等不翻土的农具，推广少耕、免耕和种植覆盖作物等保护性耕作技术。50 ~ 70 年代，许多地区的研究应用证实了保护性耕作对减少土壤侵蚀有显著效果，但也出现因技术应用不当导致作物减产的现象，使保护性耕作技术推广较慢。80 年代以来，随着耕作机械改进、除草剂的商业化生产以及作物种植结构调整，保护性耕作推广应用步伐加快，目前，美国有近 60% 的耕地实行各种类型的保护性耕作，其中，采用作物残茬覆盖耕作方式的占 53%，采用免耕方式的占 44%。

从 20 世纪 60 年代开始，前苏联、加拿大、澳大利亚、巴西、阿根廷、墨西哥等国家纷纷学习美国的保护性耕作技术，在半干旱地区广泛推广应

用。其中,澳大利亚从80年代开始大规模示范推广覆盖耕作(深松、表土耕作、机械除草)、少耕(深松、表土耕作、化学除草)、免耕(免耕、化学除草)等保护性耕作技术模式,全面取消了铧式犁翻耕的作业方式,目前,北澳大利亚州(北澳)90%~95%的农田、南澳大利亚州(南澳)80%的农田、西澳大利亚州(西澳)60%~65%的农田实行了保护性耕作。加拿大从60年代开始引进保护性耕作技术,80年代开始大规模推广,目前,已有80%的农田采用了高留茬、少免耕等保护性耕作技术模式。以巴西、阿根廷为代表的南美洲保护性耕作应用面积也超过70%,主要是为了降低生产成本和增加农民收入。欧洲保护性耕作应用面积也达到14%以上,主要是为了减少土壤水蚀,降低生产成本。2001年10月初,FAO(Food and Agriculture Organization)与欧洲保护性农业联合会在西班牙召开了第一届世界保护性农业大会,提出全面推进保护性耕作发展的倡议。目前,保护性耕作在北美、南美、澳洲、欧洲、非洲、亚洲推广应用总面积达到了25.35亿亩(1亩 $\approx 667\text{m}^2$,全书同),显示出良好的生态经济效果和发展前景。

20世纪70年代末,我国开始引进和试验示范少免耕、深松、秸秆覆盖等单项保护性耕作技术,但受技术、机具及社会经济发展水平等因素的限制,这些技术只在部分地区进行小规模的示范试验,推广应用面积不大。20世纪90年代以来,随着现代农业技术的进步,保护性耕作研究与示范工作发展速度加快。在西北旱区,以少免耕播种和地表覆盖为主体的保护性耕作技术得到推广应用;在华北灌溉两熟区,小麦秸秆还田及夏玉米免耕覆盖耕作技术得到了大力发展;在东北一年一熟旱作区,玉米垄作少耕及留茬覆盖耕作技术开始一定规模的示范应用;在南方稻麦两熟及双季稻区,也开展了以少免耕覆盖轻型栽培为主要形式的保护性耕作技术示范工作。进入21世纪,保护性耕作技术与示范推广工作得到各级政府高度重视。2002年起中央财政设立专项资金,每年投入3000万元,开始有组织有计划地加大保护性耕作示范应用力度,通过技术培训、宣传咨询、作业补贴与样机购置等形式,开展保护性耕作示范工程建设。截至2007年年底,中央财政累计投入1.7亿元,加上地方投入,保护性耕作技术已在我国北方15个省(市、区)的501个县设点示范,实施面积3000多万亩,涉及400多万农户。

从近5年的保护性耕作示范工程实施情况看,尽管仍存在一些问题,但总体实施成效还是很明显的,得到了项目区农民的认同和当地政府的重视。其技术效果主要体现为:减轻农田水土侵蚀,通过农田免耕和秸秆覆盖有效