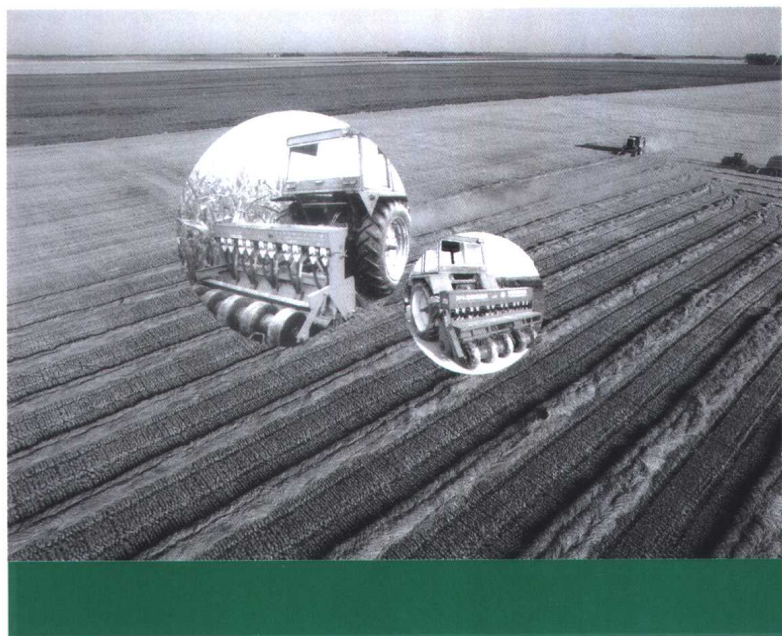


高焕文 主编 李问盈 副主编

保护性耕作 技术与机具



Chemical Industry Press



化学工业出版社
三农读物出版中心

保护性耕作技术与机具

高焕文 主 编

李问盈 副主编



化学工业出版社
三农读物出版中心

· 北 京 ·

(京) 新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

保护性耕作技术与机具/高焕文主编. —北京: 化学
工业出版社, 2004. 3
ISBN 7-5025-5280-4

I. 保… II. 高… III. ①资源保护-土壤耕作-技术
②资源保护-土壤耕作-耕整地机具 IV. S341②S222

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 020455 号

保护性耕作技术与机具

高焕文 主 编

李问盈 副主编

责任编辑: 侯玉周

文字编辑: 王清颖

责任校对: 顾淑云 于志岩

封面设计: 蒋艳君

*

化学工业出版社 出版发行
三农读物出版中心

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

发行电话: (010) 64982530

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销

北京云浩印刷有限责任公司印刷

三河市前程装订厂装订

开本 720 毫米×1000 毫米 1/16 印张 17 字数 301 千字

2004 年 4 月第 1 版 2004 年 4 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-5280-4/S·135

定 价: 28.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

内 容 提 要

我国从20世纪90年代开始进行保护性耕作的系统试验和机具开发,经过10多年的努力,已获得初步成功,并在山西、河北、内蒙古、辽宁等10多个省、市、区示范推广。本书主要内容包括:保护性耕作的概念、原理,国内外发展形势与经验;不同地区的保护性耕作农艺体系以及秸秆与地表处理、免耕施肥播种、深松、杂草控制等关键作业技术;免耕播种机、深松机、浅松机及其他配套机具;保护性耕作的生态效应、产量与土壤效应测试,经济效益计算等。全书内容紧密结合实际,主要内容来自第一手试验研究资料。全面地反映了我国保护性耕作的情况。

本书可供相关技术与管理人员,各级农业和农机的管理、推广与科研人员,科研院所研究人员及大专院校师生参考阅读。

序

我国北方旱地农业区传统上一直采用铧式犁翻耕、地表裸露休闲的耕作方式。翻耕在提高农业产量中曾经一度发挥了很好的作用。但随着产量提高、耕作强度增大，传统耕作方式的问题也日益暴露出来。翻耕使旱作农区的土壤失去植被保护，导致风蚀、水蚀加剧，成为引发沙尘暴的重要因素，使河流浑浊、耕地资源与土壤不断退化，化肥的需要量越来越大，严重制约了农业的可持续发展。因此，试验推广适合我国北方旱地农业的新型耕作技术，对促进农业综合生产能力的提高、资源和环境的保护，具有十分重要的现实作用和长远意义。

保护性耕作是以大量秸秆残茬覆盖地表、尽量减少耕作、用除草剂控制杂草的新型旱地耕作技术。在一定程度上说，保护性耕作是向自然的一种回归，它放弃了多年来成为习惯、认为土地就必须翻耕的做法，更加充分地利用自然保护土地、恢复地力。在实现旱地增产增收的同时，又有效地减少水土流失、抑制农田扬沙，培肥土壤，实现农业可持续发展。目前在美国、加拿大、澳大利亚、巴西等国家，保护性耕作技术得到快速推广，并在引导着传统耕作技术的革命。

然而，改变一种千百年来约定俗成的模式殊非易事，既要有观念的更新，更要有新技术的支撑。在我国应用保护性耕作技术，需要大力研究开发适合我国条件的中小型保护性耕作机具及杂草控制技术。中国农业大学农业部保护性耕作研究中心的研究人员从1991年开始进行保护性耕作田间试验和机具开发，十余年来取得了出色的成果，受到了农民群众的普遍欢迎，也得到了政府和专家的肯定。其成果已在山西、河北等十多个省、市、区示范推广。

《保护性耕作技术与机具》一书，是该研究中心的研究人员从农机农艺结合的角度对多年来保护性耕作技术在我国试验、示范、推广进行的总结。希望该书的出版能使更多的人了解保护性耕作，能帮助从事保护性耕作试验和推广的科技和管理人员把保护性耕作组织、实施得更好，为资源环境保护、农民增产增收和农业可持续发展做出更大贡献。

中国工程院院士

江楚华

2004年1月14日

前 言

我国是世界上主要干旱国家之一，旱地农业面积占全国总耕地的 72%，主要分布在内蒙古、甘肃、辽宁、宁夏、河北、山西、陕西等地。存在的问题是旱灾频繁、土地贫瘠、产量低而不稳，风蚀沙化与水土流失严重。造成这些问题有多方面原因，农业耕作失当是重要的一条。运走或烧掉秸秆、铧式犁翻耕、地表裸露休闲的传统耕作方法，虽然对提高作物产量有相当作用，但会使土壤失去植被保护，风蚀、水蚀加剧，环境破坏，土壤退化。因此，试验推广适合旱地农业的新型耕作技术、提高抗旱增产能力、保护资源和环境就十分必要。

我国保护性耕作的系统试验和机具开发从 20 世纪 90 年代开始，经过十多年时间，已取得重大进展，受到了农民群众的欢迎，也得到了政府和专家的肯定，并先后获得山西省科技进步奖和国家科技进步二等奖，现已在山西、河北、内蒙古、辽宁、陕西、甘肃等十多个省、市、区示范推广。但是，总体上保护性耕作在我国还是新事物，许多科技工作者和群众对此并不了解，系统介绍和指导实施保护性耕作的专著也比较缺乏。

本书是对十余年来我国保护性耕作试验、示范、推广的初步总结。主要内容包括：保护性耕作的概念、原理，国内外发展形势与经验；不同地区的保护性耕作作业工艺体系以及秸秆与地表处理、免耕施肥播种、深松、杂草控制等关键作业技术；免耕播种机、深松机、浅松机及其他保护性耕作配套机具；保护性耕作的生态效应、产量与土壤效应测试及经济效益计算等。本书的特点是：结合我国实际提出的保护性耕作技术体系与机具，能适合我国及发展中国家地块小、经济欠发达的特点，既能保护资源环境，又能提高产量。

保护性耕作试验研究得到了农业部、科技部、山西省人民政府和澳大利亚国际农业研究中心的资助。在课题的研究与试验推广中，山西省农机局及其下属临汾、寿阳农机局，河北省农机局及其下属张北、丰宁农机局和中国农科院土肥所等单位，完成了大量的工作，没有他们的合作，保护性耕作试验研究不可能取得今天的成就。在此，谨向他们表示诚挚的谢意！中国农业大学保护性耕作研究中心的廖植樨、王兴文、陈君达、王耀发、周兴祥、邓健、孙建华、毛宁、王树东、杜远超等同志以及参加课题的研究生一直在试

验研究的第一线拼搏，付出了艰辛劳动，做出了重要贡献。在此一并表示深深的感谢！

全书共8章，第1章和第8章的8.3由高焕文编写，第2章至第4章由李问盈编写，第7章及第8章的8.1、8.2由王晓燕编写，第5章和第6章由王世学、李洪文编写。高焕文、李问盈统稿。

保护性耕作在我国试验示范推广的时间不长，许多问题还处在试验研究阶段，有些观点还在争论之中。加之本书编写匆忙，书中可能存在一些缺点与不足，请读者给予谅解和指正。

编者

2004年1月

目 录

第1章 保护性耕作的原理与发展	1
1.1 保护性耕作概念与基本原理	1
1.1.1 概述	2
1.1.2 研究保护性耕作的意义	3
1.1.3 保护性耕作的基本技术内容	4
1.1.4 保护性耕作的效益	5
1.1.5 保护性耕作减少土壤水蚀的原理	6
1.1.6 保护性耕作减少土壤风蚀的原理	7
1.1.7 保护性耕作的增产原理	10
1.1.8 保护性种植与保护性农业	15
1.2 国外保护性耕作的发展经验	15
1.2.1 美国的保护性耕作	16
1.2.2 加拿大的保护性耕作	19
1.2.3 澳大利亚的保护性耕作和固定道耕作	20
1.2.4 拉丁美洲的保护性耕作	25
1.2.5 前苏联及其他国家的保护性耕作	28
1.3 中国保护性耕作的试验研究	29
1.3.1 中国早期采用保护性耕作的问题	30
1.3.2 保护性耕作在我国的试验研究	30
1.3.3 中国保护性耕作体系的特点	33
1.3.4 中国北方的保护性耕作类型区	35
第2章 保护性耕作的关键技术	40
2.1 秸秆覆盖技术	40
2.1.1 秸秆残茬的覆盖形式	40
2.1.2 秸秆残茬覆盖方式的选择	41
2.1.3 秸秆粉碎处理	43
2.2 表土处理技术	43
2.2.1 表土处理的作用	44
2.2.2 表土处理工艺选择与作业要求	45

2.3 免耕施肥播种技术.....	48
2.3.1 保护性耕作地表状况及其对播种作业的影响.....	48
2.3.2 免耕施肥播种技术.....	49
2.3.3 免耕施肥播种的注意事项.....	53
2.4 深松技术.....	54
2.4.1 深松的作用.....	54
2.4.2 深松技术选择.....	55
2.5 喷药技术.....	57
2.5.1 常用除草剂的使用方法及注意事项.....	58
2.5.2 常见病虫害的喷药防治.....	62
2.5.3 喷药技术要求及其注意事项.....	66
2.6 机械除草.....	68
2.7 拌种.....	69
2.7.1 农药拌种的选择原则.....	69
2.7.2 常用的拌种药剂及使用方法.....	70
2.7.3 药剂拌种的注意事项.....	71
2.8 田间管理.....	72
第3章 不同地区保护性耕作的工艺体系	75
3.1 一年一熟黄土高原区保护性耕作工艺体系.....	76
3.1.1 冬小麦保护性耕作技术工艺体系.....	76
3.1.2 春玉米保护性耕作工艺体系.....	79
3.2 一年一熟冷凉风沙区保护性耕作工艺体系.....	83
3.2.1 谷黍保护性耕作工艺体系.....	84
3.2.2 中耕作物保护性耕作工艺体系.....	89
3.3 一年一熟灌溉区保护性耕作技术工艺体系.....	92
3.4 一年两熟区保护性耕作技术工艺体系.....	92
3.4.1 北京郊区一年两熟区免耕碎秆覆盖体系.....	93
3.4.2 河北小麦-玉米两茬平作免(少)耕碎秆覆盖体系.....	101
3.4.3 山西省小麦-玉米两茬平作旋耕碎秆覆盖体系.....	105
3.5 东北高寒易旱区垄作保护性耕作技术工艺体系	109
3.5.1 少耕留茬覆盖体系	110
3.5.2 免(少)耕整秆覆盖体系	112
第4章 免耕播种机.....	113
4.1 国外免耕播种机的发展现状	113
4.2 免耕播种机关键部件设计	119

4.2.1	窄沟型及开沟器	119
4.2.2	种肥分施要求及其可调式种肥分施装置	122
4.2.3	免耕播种机防堵性能分析和防堵装置设计	125
4.2.4	免耕播种机的仿形	132
4.2.5	免耕播种机的覆土镇压	136
4.2.6	免耕播种机组纵向操纵稳定性分析	137
4.2.7	地轮	139
4.2.8	免耕播种机的动力性	140
4.2.9	小麦免耕播种机的播种质量	141
4.3	小麦免耕播种机	142
4.4	玉米免耕播种机	151
4.5	小杂粮及牧草免耕施肥播种机	156
第5章	深松机与表土作业机	158
5.1	深松机	158
5.1.1	深松作业的特点	158
5.1.2	深松作业的作用与机理	158
5.1.3	深松作业的技术要求	159
5.1.4	深松机的结构类型	160
5.2	浅松机	163
5.2.1	浅松作业的主要功能	163
5.2.2	1QJ-120 型浅松机	164
5.2.3	1QJ-120 型浅松机除草性能试验	170
5.3	耙与旋耕机	172
5.3.1	耙	172
5.3.2	旋耕机	174
第6章	其他保护性耕作机具	177
6.1	秸秆粉碎还田技术与机具	177
6.2	与联合收割机配套的秸秆粉碎抛撒装置	183
6.3	根茬粉碎还田机	185
6.3.1	玉米根茬分布和秸秆切断速度	186
6.3.2	根茬处理技术发展概况	187
6.3.3	根茬处理机具	187
6.4	喷粉喷雾机	191
6.4.1	常用喷药机械的分类和工作原理	191
6.4.2	推荐的喷药机械及其性能特点	194

第7章 保护性耕作生态效应与测试	197
7.1 减少风蚀与农田扬沙测试	197
7.1.1 农田土壤风蚀研究的意义	197
7.1.2 保护性耕作的生态效应	198
7.1.3 农田风蚀观测设备及方法	199
7.1.4 保护性耕作防治农田风蚀的试验研究	202
7.1.5 野外风洞试验研究	207
7.1.6 地表覆盖状况及其他参数测定	210
7.2 减少水蚀及径流、入渗测试	212
7.2.1 自然降雨径流试验	213
7.2.2 人工模拟降雨径流试验	222
7.2.3 降雨入渗测定	225
第8章 保护性耕作产量、土壤效应测试及经济效益计算	229
8.1 保护性耕作产量效应与作物测试	229
8.1.1 保护性耕作的产量效应	229
8.1.2 保护性耕作产量效应测试	230
8.2 保护性耕作的土壤效应与土壤水肥结构测试	235
8.2.1 保护性耕作的土壤水分测试	235
8.2.2 保护性耕作的土壤温度	240
8.2.3 保护耕作与土壤养分	242
8.2.4 保护性耕作的杂草病虫害调查	245
8.3 保护性耕作经济效益计算	251
8.3.1 农机户经济效益计算	252
8.3.2 农户经济效益计算	254
8.3.3 机械化农场经济效益计算	260
参考文献	261

第1章 保护性耕作的原理与发展

1.1 保护性耕作概念与基本原理

保护性耕作是人类由不耕作到刀耕火种，由刀耕火种到汉代发明铧式犁进入传统人畜力耕作，由传统人畜力耕作到传统机械化耕作后的又一次革命。前三次革命，人类都是通过耕作干预自然，带来农业生产的一次次飞跃。特别是机械化的发展，人类掌握了强有力的耕作工具，成为自然的主人，可以随意改变土地的原有状态，提高劳动生产率和土地生产率。但是人类和自然的矛盾也愈来愈突出。比如耕翻作业除掉地面残茬、杂草固然有利于播种，但同时也破坏了植被对地面的保护，导致土壤风蚀、水蚀加剧；旋耕切碎土壤，创造了松软细碎的种床，但同时又消灭了土壤中的蚯蚓与生物，使土壤慢慢失去活性。耕作强度愈大，土壤偏离自然状态愈远，自然本身的保护功能、营养恢复功能就丧失愈多，要维持这种状态的代价就愈大。近几十年来，我国机械耕作活动增强，农产品产量大幅度上升，但河流泛滥、沙尘暴猖獗、土壤退化、作业成本上升也是不争的事实。保护性耕作取消铧式犁翻耕，在保留地表覆盖物的前提下免耕播种，以保留土壤自我保护机能和营造机能，是农业生产由单纯改造自然、利用自然到与自然协调发展的革命性变化。

保护性耕作对农民本身将带来观念上、生活质量上的革命性变化。1997年5月美国保护性耕作信息中心年会上，一位免耕农民的妻子巴巴拉·弗瑞安西斯（Barbara Francis）说：“除电的应用外，免耕法是对我的生活质量改善最大的事情”。

对农业机械化工作来说，以往农业机械化谈论最多的是提高劳动生产率和土地生产率，只要农业生产任务按时完成、增产增收，农业机械化就完成了任务。没有认识到农业机械化与资源与环境保护密切相关，机械化可以破坏环境也可以保护环境。深耕深翻、开荒种地，发展了生产，也带来水土流失、环境恶化的问题，引起人们对机械化的质疑。但是，机械化也是治理环境的最重要手段之一，如机械化秸秆还田减少秸秆焚烧导致的大气污染、覆盖减耕节约农业用水、保护性耕作治理沙尘暴等。因此，发展保护性耕作，

可以认为是机械化由单纯承担生产任务向承担生产和环保任务的转折点，是一场机械化耕作技术的革命。

1.1.1 概述

(1) 保护性耕作的起源

20 世纪初，随着加利福尼亚发现黄金，美国拉开了西部大开发的序幕。机械化翻耕土地，加快了土地开发，获得了几十年不错的收成。然而，由于植被破坏，导致了一场震惊世界的灾难。1931 年开始，持续的干旱使疏松的地表在狂风袭击下，大量表土被吹走，沙尘吹进人的眼睛、鼻孔，人们呼吸困难；几千年才形成的十几厘米沃土，瞬间被吹得无影无踪。1935 年 5 月一场典型的“黑风暴”，从土地植被严重破坏的美国西部刮起，连续 3 天，横扫美国 2/3 国土，把 3 亿多吨土壤卷进大西洋。仅这一年美国就毁掉 300 万公顷耕地，冬小麦减产 510 万吨。这就是震惊世界的美国黑风暴（见图 1-1），我国称为沙尘暴（见图 1-2）。在此后很长一段时期内，人们生活极其困难，食品奇缺；牲畜缺少草料，瘦弱不堪。大量的动物直接死于沙尘暴，肠胃内充满了沙土。沙尘暴还导致大范围的肺炎，堪萨斯州死亡的人口，1/3 死于沙尘暴引起的肺炎。到 1935 年末，人们彻底绝望了，大平原南部各州，超过 1/4 的人离开家园，远走他乡，寻求生路。东海岸的各大城市，如纽约、芝加哥都遭受了沙尘暴的袭击，每年有 1200 万吨的沙土刮到芝加哥，相当于芝加哥每人 4t 尘土。经过多年的磨难，美国人终于明白是自己错误的耕种方式招来的严重后果。经过数十年的长期努力，保护性耕作法在美国和世界上其他国家试验研究成功。在美国等许多国家保护性耕作不仅和植树种草措施一起，有效地扼制了沙尘暴再度猖獗。同时也成为减少径流、减少蒸发、改善土壤结构、提高土壤肥力、节约生产成本和增加作物产量的一项先进旱地农业生产技术。



图 1-1 美国 20 世纪 30 年代黑风暴

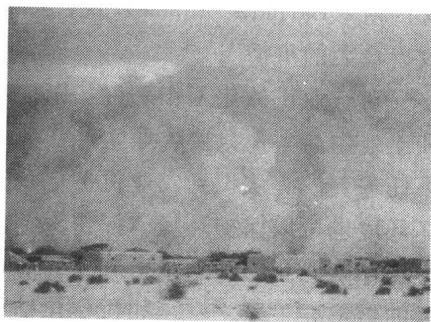


图 1-2 我国近年出现的沙尘暴

(2) 保护性耕作的定义

国外定义为：“用大量秸秆残茬覆盖地表，将耕作减少到只要能保证种子发芽即可，主要用农药来控制杂草和病虫害的耕作技术。”保护性耕作的前身称为“免耕法”，随着研究的深入和推广的扩大，发现免耕只能适应部分土壤和自然条件，1980年以后改称保护性耕作法。由于该耕作法有利于保护土壤，所以称为保护性耕作。

2002年我国农业部为了使广大农民容易理解，按照保护性耕作的内涵和目标，将其定义为“对农田实行免耕、少耕，并用作物秸秆覆盖地表，以减少风蚀、水蚀，提高土壤肥力和抗旱能力的先进农业耕作技术。”

(3) 保护性耕作的耕作原理

保护性耕作取消了铧式犁翻耕、尽量减少耕作，喷除草剂除草，深施化肥；对于疏松土壤，实现土壤中水、肥、气、热的交换流通，满足作物生长需要，则主要依靠如下四条途径。

① 根系松土。作物的根系腐烂后，留下大量孔道，时间愈长，通道愈多。但一经翻耕，就全部破坏。

② 蚯蚓松土。蚯蚓不断挖掘孔道可疏松土壤、创造良好的耕层（见图 1-3）。

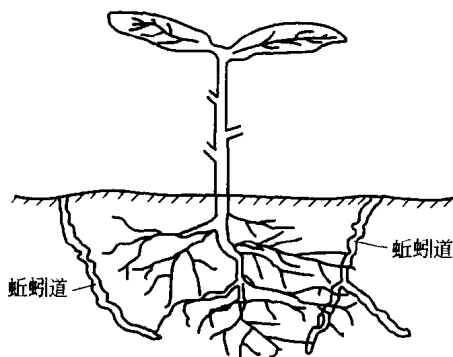


图 1-3 作物根系与蚯蚓孔道

③ 结构松土。保护性耕作增加土壤团粒结构，有利于形成稳定疏松的耕层，且不容易压实、回实。

④ 胀缩松土。土壤冬冻春融、干湿交替，使土壤趋向疏松、孔隙度增加。

由此可见，保护性耕作与传统耕作截然不同。传统耕作依靠机械、物理的外力手段，可以立即疏松土壤。但疏松后的土壤会不断被压实或自然回实，需要经常进行耕作，才能保持疏松的状态。

保护性耕作的松土则不需外力，是缓慢的、自然进行的过程。但疏松的土壤形成后，可自然恢复、保持疏松，不需要再耕作。相反，其间如进行翻耕、旋耕等作业，还将阻碍、甚至破坏土壤疏松的过程。

1.1.2 研究保护性耕作的意义

我国是主要的干旱国家之一。干旱、半干旱及半湿润偏旱地区的面积占国土面积的 52.5%，分布在昆仑山、秦岭、淮河以北的 16 个省、市、自治

区，目前旱作农业的面积约 3300 万公顷。

旱区农业持续发展有如下两个主要问题。一是降雨少、气温低、土壤贫瘠、自然条件恶劣，产量低而不稳，农民生活贫困。近几年的持续干旱，造成北方大幅度减产。如山西 2000 年因干旱全省粮食减产 30% 以上，河北有些已经脱贫的县区，因为干旱大幅度减产，又返回贫困。2002 年全国又有 2300 万公顷农田受旱，没有重大的改革，旱区农民难以脱贫致富。二是水土流失和风蚀沙化十分严重。以山西为例，每年随雨水流入黄河、海河的泥沙量达 4.56 亿吨，其中带走有机质 508 万吨，氮、磷肥料 30 万吨，相当一年化肥施用量的 25%。大量水土流失不仅导致土壤肥力下降，而且蚕食耕地，土石山区耕层变薄，黄土高原被冲得沟壑纵横、支离破碎，加剧了“旱、薄、粗、穷”的局面。

风蚀沙化则是我国北方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，土地沙漠化愈来愈快，沙尘暴发生的频率愈来愈高。据统计，我国发生沙尘暴次数逐年上升，20 世纪 50 年代 5 次，60 年代 8 次，70 年代 13 次，80 年代 14 次，90 年代 23 次。尤其是 2000 年春季，北方连续 10 次出现大范围的沙尘暴天气，横扫了大半个中国，严重影响了工农业生产和城乡人民群众的生活。沙漠化面积已经占国土面积的 28%，而且还以每年 2460km² 的速度迅速扩展。

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、土地裸露休闲的传统耕作，就是不恰当的方式。翻耕可以疏松土壤、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。据调查，影响京津地区的沙尘暴，70% 左右沙尘来自于内蒙古、山西、河北以及京津周边干旱裸露的农田。为了控制沙尘暴、保护生态环境、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、减少土壤水蚀的保护性耕作法，发展机械化可持续旱地农业。

1.1.3 保护性耕作的基本技术内容

机械化保护性耕作的基本技术包括：免耕施肥播种、秸秆残茬管理、杂草及病虫害防治、深松与表土作业等四项内容。

(1) 免耕播种施肥

与传统耕作不同，保护性耕作的种子和肥料要播施到有秸秆覆盖的地里，有些还是免耕地，所以必须使用特殊的免耕施肥播种机（见图 1-4），有无合适的免耕施肥播种机是能否采用保护性耕作的关键。该机要有很好的

防堵性能、入土性能、大量施肥、深施肥及良好的覆土镇压功能。

(2) 秸秆残茬管理

收获后秸秆和残茬留在地表做覆盖物，是减少水土流失、抑制扬沙的关键。但是，秸秆堆积或地表不平，将严重影响播种质量。因此，需要对秸秆进行粉碎、撒匀等处理。

(3) 杂草及病虫害防治

实施保护性耕作后的土壤环境变化，一般会导致草虫病害的增加。因而，能否成功地控制草虫病害，往往成为保护性耕作能否成功的关键。我国北方旱区由于低温和干旱，总体上杂草和病虫危害不会太严重，但仍然需要实时观察，发现问题及时处理。杂草通过喷除草剂、机械或人工等方式除灭，病虫害主要靠农药拌种预防，发现虫害后喷洒杀虫剂。

(4) 深松与表土作业

保护性耕作主要靠作物根系和蚯蚓等生物松土，但由于作业时机具及人畜对地面的压实，还有机械松土的必要，特别是新采用保护性耕作的地块，可能有犁底层存在，应先进行一次深松，打破硬底层。在保护性耕作实施初期，土壤的自我疏松能力还不强，深松作业也有必要。根据情况，一般2~3年深松一次，直到土壤具备自我疏松能力，可以不再深松。但有些土壤，可能一直需要定期松动。深松作业是在地表有秸秆覆盖的情况下进行的，要求深松机有较强的防堵能力。



图 1-4 小型免耕播种机在
小麦茬地上播种

1.1.4 保护性耕作的效益

根据中国农业大学等单位在山西 10 余年的系统试验，保护性耕作与传统翻耕相比有以下三方面效益。

(1) 社会效益

减少径流（水分流失）60%、水蚀（土壤流失）80%左右；减少风蚀（农田扬沙）60%，抑制沙尘暴；不烧秸秆、减少大气污染。

(2) 生态效益

休闲期土壤贮水量增加 14%~17%，水分利用效率提高 15%~19%；提高土壤肥力，土壤有机质年提高 0.03%~0.05%，速效氮和速效钾提高。

(3) 经济效益

提高小麦、玉米产量 13%~17%；减少作业工序，降低作业成本

10%~20%；增加农民收入 20%~30%。

目前，保护性耕作已在山西、河北、内蒙古、辽宁、陕西、甘肃等 13 个省、市、自治区开始试验、示范、推广。图 1-5~图 1-8 所示分别为在山西、河北、辽宁和内蒙古实施保护性耕作的情况。



图 1-5 山西免耕覆盖小麦长势



图 1-6 河北小型深松机作业



图 1-7 辽宁免耕覆盖玉米长势



图 1-8 内蒙古免耕播种玉米

1.1.5 保护性耕作减少土壤水蚀的原理

土壤水蚀是导致大量泥沙冲入江河湖泊，污染水源、破坏生态、土壤退化乃至江河泛滥的重要原因。山西水土保持研究所 1981 年在中阳县进行了 9 次径流观测，观测结果显示，当降雨量 330.3mm 时，在 16°坡地上传统耕作农田水分流失 970t/hm²，冲走表土 254t/hm²，相当于冲走 20mm 表土。为测定保护性耕作对土壤水蚀的影响，中国农业大学等单位在山西寿阳建立了天然降雨径流及土壤水蚀试验区，装置了 6 套翻斗式径流及土壤水蚀测试仪、自动化数据采集仪和微型气象站。对秸秆覆盖、土壤压实、耕作方法三因素构成的五种处理进行了径流和土蚀的同步监测。部分测试结果见表 1-1。从测试结果可见，在暴雨情况下，典型的保护性耕作（免耕、覆盖、不压