

中国保护性耕作

农业部农业机械化管理司 编



中国保护性耕作

农业部农业机械化管理司 编

中国农业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

中国保护性耕作/农业部农业机械化管理司编. —北京:
中国农业出版社, 2008. 8
ISBN 978-7-109-12815-6

I. 中… II. 农… III. 资源保护—土壤耕作—中国
IV. S341

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 106477 号

中国农业出版社出版

(北京市朝阳区农展馆北路 2 号)

(邮政编码 100125)

责任编辑 刘博浩

中国农业出版社印刷厂印刷 新华书店北京发行所发行
2008 年 9 月第 1 版 2008 年 9 月北京第 1 次印刷

开本: 787mm×1092mm 1/16 印张: 15

字数: 336 千字 印数: 1~5 000 册

定价: 30.00 元

(凡本版图书出现印刷、装订错误, 请向出版社发行部调换)

《中国保护性耕作》编委会名单

主 任 张宝文
副主任 宗锦耀 马世青 高焕文
委 员 刘 宪 刘恒新 刘 敏 丁翔文 李洪文 赵秉强
张克诚 郝明德 许继光 王振帮 胡 伟 张文军
戴建功 赵淑华 曲 平 陈 巳 李国军 林建华
张开伦 胡玺贤 刘聚才 孙长保 赵晓俊
巴拉提·阿斯木
顾 问 路 明 洪绂曾

主 编 宗锦耀
副主编 刘 宪 刘恒新 李洪文
参与编写人员

农业部农业机械化管理局：范学民 李 燕 姚春生
李安宁 王甲云 刘云泽
李庆东

农业部农业机械试验鉴定总站：杨 林 刘 博
农业部农业机械化技术推广总站：郭建辉 张铁军 徐振兴
罗汉亚 张树阁 吴传云
中国农业科学研究院：赵秉强 张克诚 李香菊 魏守辉
王颖芬 许国庆 林治安 李秀英
李燕婷

中国农业大学：李问盈 陈 阜 王晓燕 张学敏 何 进
姚宗路 王庆杰 陈 浩 徐丽君

西北农林科技大学：郝明德

北京：翟津京

天津：张宝乾

河北：张连才 田继来

山西：许继光 韩战省

内蒙古自治区：郭 跃 刘晓民 路战远 张德健

辽宁：吕宏伟 杨文革

吉林：成 洪 徐 莉

黑龙江：李宪义 任晓东

江苏：范伯仁

山东：韩山盛 王佃学 董佑福 贺明荣 王空军

河南：程双进 涂步东 夏 放

四川：程少兰

陕西：王爱军 朱虎良

甘肃：曹新惠 卢明勇 安世才

青海：赵建青

宁夏：朱晓江 王洪兴

新疆：马俊贵

大连：张庆广

青岛：何 明

新疆生产建设兵团：胡 滨

黑龙江省农垦总局：李 俊

统 稿 李问盈 李洪文 范学民

审 稿 高焕文 胡南强 刘晓民

序

当前，世界粮食安全形势严峻，我国粮食安全面临新的挑战。保障粮食安全、建设生态文明、促进农业可持续发展，是农业生产发展面临的永恒主题。

保护性耕作是对传统农业耕作制度的继承和发展，是世界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。发展保护性耕作是我们的必然选择。

目前，全球已有 70 多个国家推广应用保护性耕作技术。美国、加拿大、澳大利亚、巴西、阿根廷等国的应用面积已占本国耕地面积的 40%~70%。20 世纪 90 年代初，我国开始试验示范保护性耕作技术。2002 年，国家财政设立专项资金，农业部开始实施保护性耕作示范项目。截至 2007 年底，实施保护性耕作的耕地面积已经达到 2 041 千 hm^2 (3 062 万亩)，免耕播种面积 9 204 千 hm^2 (1.38 亿亩)，机械化秸秆还田面积达到 21 826 千 hm^2 (3.27 亿亩)。经测算，2 041 千 hm^2 (3 062 万亩) 保护性耕作实施面积，年增产粮食 70 万 t 以上，节省灌溉用水 12 亿 m^3 ，节省用工 1.2 亿个，节约生产成本 9 亿元，节本增收总效益 15 亿元，减少水土流失 3 000 万 t，减少 CO_2 等温室气体排放量达 125 万 t。

在我国实施保护性耕作过程中，农机农艺专家、各级农机管理部门和推广单位，积极开拓思路，创新模式，加强科学试验、示范和推广，坚持因地制宜、分类指导、突出重点、分步实施；坚持政府扶持与农民自愿相结合；突出技术创新和建立长效机制相结合；坚持农机与农艺相结合，有力地促进了保护性耕作技术的普及应用，取得了显著成效。

纵观世界各国保护性耕作的发展历史，回顾我国研究推广保护性耕作实践，证明了保护性耕作统筹农业稳产增产、节本增效、节能环保等环节，兼顾

经济、社会和生态等诸多效益，使农机和农艺、工程技术与栽培技术等要素紧密结合，突出体现了以人为本的根本原则和人与自然和谐相处的文明理念，是实现农业稳产增产的重要举措，是推进农业可持续发展、建设生态文明的有效途径，是落实科学发展观和构建和谐社会的必然要求。

《中国保护性耕作》一书的出版，是对我国保护性耕作实践的概括总结，是保护性耕作理论在我国的发展，凝聚了我国保护性耕作科研、推广和管理工作者的辛勤劳动，对进一步促进保护性耕作的推广应用具有重要作用。

张宝文

2008年6月

前 言

保护性耕作是以少免耕和作物残茬覆盖为主体的现代耕作技术，是美国在抗击 20 世纪 30 年代“黑风暴”灾难中产生的，随后几十年的试验研究表明，保护性耕作技术不仅能抵抗风蚀水蚀、保护土壤和环境，而且能显著提高旱作农业产量。60 年代后，加拿大、澳大利亚以及南美洲的巴西、阿根廷等国家借鉴美国发展保护性耕作的经验，结合本国实际加以应用，取得了良好的环境保护与节本增效收益，保护性耕作已成为这些国家的主流耕作技术。70 年代后，西欧各国也相继研究保护性耕作技术，在排水良好、质地较轻的土壤上取得良好效果。保护性耕作在亚洲和非洲的许多国家也有程度不同的发展。初步统计，全世界保护性耕作的推广面积近 2 亿 hm^2 。

保护性耕作技术之所以受到全世界的普遍关注，主要原因一是传统耕作翻转土壤、裸露休闲，容易引起风蚀和水蚀。二是传统耕作焚烧秸秆和过度耕作，导致耕地质量普遍下降。三是旱作农区，保护性耕作产量普遍高于传统耕作，特别是长期实行免耕覆盖后，土壤有机质增加、理化性状改善、蚯蚓和土壤微生物增加，更有利于作物稳产高产；四是保护性耕作的作业成本低于传统耕作。

然而，任何一种耕作方法都有其优点和不足之处。保护性耕作虽然具有许多优点，但是，由于田间有秸秆残茬覆盖，对播种技术要求比较高；取消翻耕一定程度上改变了病虫草害发生规律，有可能增加控制难度等等。必须通过研制质量可靠的保护性耕作机具，保障播种质量；掌握新的病虫草害发生规律，发展高效环保的病虫草防治技术。保护性耕作必须通过不断完善技术，扬长避短，克服其潜在的缺点，其效益才能充分发挥出来。

中国是一个具有悠久农耕文明历史的国家。历史上，广大农民创造了耕、耙、耨、中耕等一系列精耕细作措施来准备苗床、防除杂草、蓄水保墒和熟化土壤，保证了人畜力耕作时期较高的作物产量。但是，我国耕地质量总体不高，农田水土流失面积大，耕作耗能大、成本高等问题也比较普遍。从 20 世

纪 70 年代开始,我国科技工作者进行保护性耕作技术试验,但由于只重视农艺技术研究,忽视农机具研究,加上认识不足,相关条件限制,推广应用面积并不大。进入 20 世纪 90 年代以来,农机系统根据我国广大农村地块小、拖拉机动力小、经济购买力弱等有别于美国、加拿大、澳大利亚等国的国情,积极开展了适合旱作地区的轻型免耕播种机、深松机、浅松机和适合一年两熟高产地区的免耕播种机创新研究,保护性耕作技术的效益得以体现,应用面积快速增长。尤其是 2002 年以来,国家将保护性耕作技术列入农业部示范项目,累计投入上亿元资金,保护性耕作技术的示范推广步伐明显加快。

当今世界科学技术发展日新月异,新技术、新装备、新材料不断涌现,我国传统的精耕细作技术在新形势下不断被赋予新的内涵,保护性耕作技术就是对传统耕作方法的继承和发展,是现代意义上的精耕细作。面对新时期中国农业承载的责任,正如 2005 年中央一号文件所指出的,需要“改革传统耕作方法,发展保护性耕作”,来应对日益严峻的粮食和环境安全压力、资源与能源危机,在建设新农村、保障粮食安全等重大问题上,发挥重要作用。

《中国保护性耕作》一书,总结了近年来我国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,可以作为广大保护性耕作技术试验研究人员、技术推广人员、采用保护性耕作技术的合作组织、农机大户、种粮大户等学习与参考书籍,也可作为各级领导、科学技术工作者了解保护性耕作技术的参考。

《中国保护性耕作》由农业部农业机械化管理司组织,由中国农业大学(农业部保护性耕作研究中心)、中国农业科学研究院、农业部农业机械试验鉴定总站、农业部农业机械化技术推广总站、山西省和内蒙古自治区等北方 15 省市农机管理和推广部门专家编写。内容包括保护性耕作技术的起源与发展、保护性耕作技术的效益机理、保护性耕作关键技术、保护性耕作典型技术模式及推广应用等。

受编者水平所限,书中错误和不足在所难免,欢迎广大读者提出批评意见。

编 者

目 录

序 前言

第一章 保护性耕作的起源与发展	1
第一节 保护性耕作的概念与内容	1
一、保护性耕作的概念	1
二、保护性耕作的基本技术内容	3
第二节 保护性耕作的起源	4
一、“黑风暴”的肆虐及免耕法的产生	4
二、当代美国耕作体系的分类	5
第三节 国外保护性耕作的发展与现状	6
一、美国的保护性耕作	8
二、澳大利亚的保护性耕作	12
三、加拿大的保护性耕作	16
四、拉丁美洲的保护性耕作	17
五、前苏联及其他国家的保护性耕作	20
第四节 我国保护性耕作的发展与成效	21
一、我国北方旱区农业生产条件与存在问题	21
二、我国保护性耕作技术的研究与发展	22
三、我国保护性耕作的效益	23
四、我国保护性耕作的示范推广	24
五、我国保护性耕作试验研究与示范的结论	25
第二章 我国区域种植制度与保护性耕作	27
第一节 我国区域种植制度特点	27
一、区域种植制度总体概况	27
二、主要区域种植制度特点	28
第二节 区域种植制度发展趋势	38
第三节 区域保护性耕作技术需求	42
一、我国的主要保护性耕作技术	42
二、我国保护性耕作技术应用面临的主要问题	45
三、保护性耕作发展的技术对策	46

第三章 保护性耕作效益机理	49
第一节 保护性耕作生态环境保护机理	49
一、水蚀	49
二、风蚀	52
第二节 保护性耕作改善作物生长环境机理	56
一、保护性耕作的保水效益	56
二、保护性耕作对土壤质地的改善	61
第三节 保护性耕作节能节本机理	63
一、保护性耕作节能机理	63
二、保护性耕作节本机理	64
第四节 保护性耕作增产增效机理	65
一、保护性耕作的增产机理	65
二、保护性耕作技术的增收机理	69
三、个别减产现象的原因分析	70
第四章 保护性耕作关键技术	71
第一节 秸秆残茬管理技术	71
一、秸秆残茬的覆盖形式	72
二、秸秆残茬覆盖形式的选择	72
三、秸秆粉碎处理技术要求	73
四、秸秆粉碎还田机	74
第二节 免少耕施肥播种	78
一、保护性耕作播种作业的特殊性及其对机具的要求	78
二、表土耕作	79
三、免耕施肥播种机关键技术	85
四、免耕施肥播种机	105
第三节 深松	121
一、深松的作用	121
二、深松技术及其选择原则	121
第四节 杂草、病虫害防治技术	124
一、保护性耕作农田杂草、病虫害发生特点	124
二、保护性耕作农田杂草防治	127
三、保护性耕作农田病虫害防治技术	138
第五节 土壤肥料管理与作物栽培	149
一、保护性耕作可持续土壤肥力管理	149
二、保护性耕作作物施肥与栽培技术	158

第五章 保护性耕作典型技术模式	168
第一节 黄土高原一年一熟区典型技术模式	169
一、黄土高原区一年一熟冬小麦保护性耕作技术模式	169
二、黄土高原区一年一熟玉米保护性耕作技术模式	170
三、黄土高原一年一熟谷子(黍子)一豆类轮作技术模式	172
第二节 华北及黄淮海一年两熟区典型技术模式	173
一、河北一年两熟保护性耕作技术模式	174
二、北京郊区一年两熟保护性耕作技术模式	176
三、山东省一年两熟保护性耕作技术模式及工艺流程	179
四、河南省一年两熟保护性耕作技术模式	179
第三节 农牧交错区典型技术模式	179
一、保护性耕作典型技术模式	180
二、技术要求	181
第四节 东北垄作区典型技术模式	186
第五节 西北绿洲农业区典型技术模式	188
一、保护性耕作典型技术模式	188
二、技术要求	189
三、技术应用特点	190
第六章 保护性耕作技术的推广应用	192
第一节 保护性耕作技术的推广机制	192
一、保护性耕作技术的应用特点	192
二、建立保护性耕作技术推广的长效机制	193
第二节 保护性耕作技术推广的原则和程序	194
一、保护性耕作推广的基本原则	194
二、保护性耕作技术推广的程序	195
三、保护性耕作推广程序的灵活应用	196
第三节 保护性耕作技术推广的主要方法	197
一、大众传播法	197
二、集体指导法	199
三、个别指导法	200
第四节 保护性耕作技术工艺模式的选择	201
一、技术工艺模式选择的原则	201
二、技术工艺模式选择的具体要求	202
第五节 配套机具的确定	203
一、免耕播种机的选用原则	203
二、机具的推广与使用	205

第六节 保护性耕作技术推广应注意的问题.....	207
一、强化示范项目带动作用	207
二、重视利益驱动机制的作用	207
三、加强对保护性耕作效果的监测	208
四、重视传统机具的更新和淘汰	208
第七节 保护性耕作技术推广应用实例	208
一、规模经营、农场应用实例	208
二、农户应用实例	215
三、牧户草地应用实例	225

第一章 保护性耕作的起源与发展

第一节 保护性耕作的概念与内容

一、保护性耕作的概念

1. 保护性耕作的定义 保护性耕作的前身叫“免耕法”，随着推广面积的扩大和研究不断深入，发现免耕只能适应部分土壤和自然条件，保护性耕作的最大功能是保水、保土，故 1980 年以后称为保护性耕作。国际上的一般定义为：“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”。

2002 年我国农业部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，用作物秸秆覆盖地表，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”。

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三次革命后的一次重大变革。在此次变革前，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产出率。但是人类和自然之间的矛盾也愈来愈突出。比如最基本的耕翻作业，通过机械作用翻转土层，除掉地面残茬、杂草，疏松土壤等，创造出良好的种床，有利于播种和作物生长，但同时也破坏了对地面的保护，导致土壤水分大量蒸发，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，是机械化耕作由单纯改造自然和利用自然到与自然协调发展农业生产的革命性变化。

从农业机械化角度来看，以往农业机械化考虑最多的是提高劳动生产率和土地产出率，农业机械化的任务就是按时按质完成农业生产任务、实现增产增收。没有认识到农业机械化和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，但也带来水土流失、环境恶化等问题，引起人们对机械化的质疑。但是，机械化也是治理环境、恢复生态、实现可持续发展的最重要手段之一，如机械化秸秆还田既能提高土壤有机质，又能减少秸秆焚烧导致的大气污染；覆盖减耕可节约农业用水、节能减排；保护性耕作治理沙尘暴等等。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重大变革。

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，一位实行免耕的农民的妻子巴巴拉·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”。

2. 保护性耕作的“耕作”原理 众所周知，千百年来，土壤耕作一直是农业生产的主要任务之一，尤其是翻耕，承担着农业生产必须的疏松土壤、翻理杂草等任务。但是，取消铧式犁翻耕、尽量减少耕作却是保护性耕作的基本特征之一，那么，在保护性耕作条件下，如何完成疏松土壤、除草等农业生产的基本任务呢？

（1）除草。可以喷除草剂，也可以机械除草。保护性耕作发展初期，除草剂是控制杂草的唯一手段，加拿大就曾因除草剂价格高，保护性耕作的发展速度受到较大影响。近年来，注意到药害残留及生产成本等因素，美国、加拿大等国开始重视机械除草。

（2）施肥。目前农业生产中大量使用化肥。传统耕作中，化肥一般施撒在地表，随翻耕与土壤混合。实施保护性耕作后，由于取消了铧式犁翻耕，就需要在播种的同时将化肥施入土中，这样，还可以减少一次施肥作业。

（3）疏松土壤。保护性耕作并不是不需要疏松土壤，但可以通过下列4种途径实现：

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

②蚯蚓松土。秸秆覆盖还田使得土壤有机物增加，土壤中的蚯蚓数量会不断增加，而蚯蚓会不断挖掘形成孔道，疏松土壤，创造良好的耕层（图1-1）。

③结构松土。保护性耕作增加土壤团粒结构，有利形成稳定疏松的耕层，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。

通过以上根系腐烂、蚯蚓增加、结构改善和胀缩等实现土壤中水、肥、气、热的交换流通，满足作物生长需要。

由此可见，保护性耕作的“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，

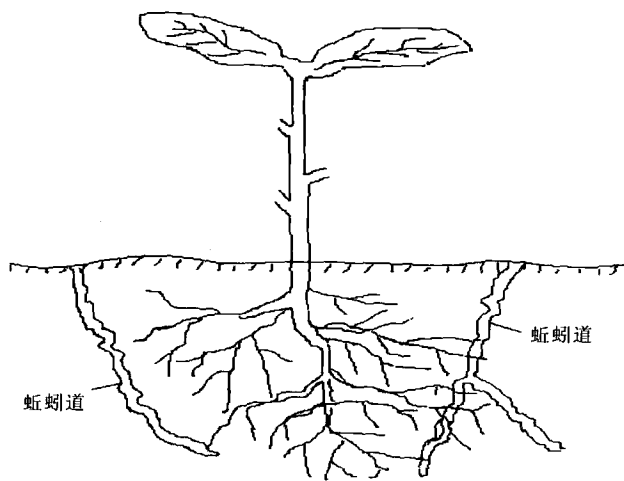


图1-1 作物根系与蚯蚓疏松土壤

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。

二、保护性耕作的基本技术内容

机械化保护性耕作有四项基本技术内容：

- ① 秸秆残茬覆盖。
- ② 免耕施肥播种。
- ③ 杂草和病虫害防治。
- ④ 深松与表土作业。

1. 秸秆残茬覆盖 前茬作物收获后秸秆和残茬要留在地表作覆盖物，这是减少水土流失、抑制扬沙的关键，也是保护性耕作技术的第一项基本技术内容。所以要考虑保留多少秸秆、秸秆如何处理及秸秆在地表的分布等问题。一般情况下秸秆覆盖愈多，覆盖效果愈好，但过多的秸秆覆盖或秸秆堆积，将严重影响播种质量。目前，一般标准为播种后地表保留 30% 以上的秸秆覆盖即可，同时要求覆盖均匀。

2. 免耕播种施肥 与传统耕作不同，实施保护性耕作时，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（图 1-2），有无合适的免耕施肥播种机是能否顺利实施保护性耕作技术的关键。对免耕播种的要求是能够在秸秆覆盖和免耕条件下顺利播种，且播种质量满足农艺要求。要求免耕播种机具有良好的防堵通过性能、破茬入土性能、大量施肥、深施肥及良好的覆土镇压功能。



图 1-2 小型免耕播种机在小麦茬地上播种

3. 杂草及病虫害控制 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地关键。我国北方旱区由于低温和干旱，总体上杂草和病虫害危害不会太严重，但仍然需要实时观察，发现问题，及时处理。杂草用喷除草剂、机械或人工除灭，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，还是有机械松土的必要，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。根据土壤情况，一般 2~3 年深松 1 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。

第二节 保护性耕作的起源

一、“黑风暴”的肆虐及免耕法的产生

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,大量的荒原、草地被开垦成粮田。尤其是随着拖拉机的问世,机械化翻耕土地,加快了土地开发,加大了对土地的耕作强度,美国农业也获得了几十年不错的好收成。然而,由于植被破坏,人类对土地的掠夺性开发,导致了一场震惊世界的灾难发生。从 1931 年开始,持续的干旱、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 cm 沃土,瞬间被吹得无影无踪,这种现象被称之为“黑风暴”。

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,形成东西长 1 200km,南北宽 1 140km,高 3 000 多米的巨大尘土带(图 1-3),横扫美国 2/3 国土,把 3 亿多 t 土壤卷进大西洋。仅这一年美国就毁掉 300 万 hm^2 耕地(图 1-4),冬小麦减产 510 万 t。“黑风暴”肆虐期间,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“黑风暴”,肠胃内充满了沙土。“黑风暴”还导致大范围的肺炎,堪萨斯州死亡的人口,1/3 死亡于“黑风暴”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、芝加哥等都遭受了“黑风暴”的袭击,每年有 1 200 万 t 的沙土刮到芝加哥,相当于芝加哥每人 4t 尘土。公路上的沙土经常导致车祸发生,清理道路沙土不得不动用铲车(图 1-5)。

“黑风暴”灾难惊醒了人们,经过多年的磨难和反思,美国人终于明白是自己错误的耕种方式招来的严重后果,并由此推动了各种保土保水耕作方法的研究。1943 年美国爱德华·福尔克勒(Edward Faulkner)在他著名的“犁耕者的愚蠢”(Plowman's Folly)一书中,尖锐地指出了传统翻耕的问题和实行免耕作业的必要性。通过农民和专家共同努力,一种新的耕作方法——免耕法诞生了。1951 年,美国的巴若恩斯(K. C. Barrons)等发表



图 1-3 美国 20 世纪 30 年代黑风暴

了免耕技术实施成功的报道“The Successful application of no-tillage techniques”。随着化学除草剂阿特拉津(Atrazine)、百草枯(Paraquate)的发明以及免耕播种机械的开发成功。1961 年美国肯塔基州的亨瑞和劳伦斯(Herry and Lawrence)创建了世界上第一个机械化免耕农场。1966 年美国阿里斯·查尔默斯(Allis Chalmers)农机公司批量生产出缺口圆盘式免耕播种机。1973 年费力普和杨(Philips and Young)出版了“免耕农业”(No-Tillage Farming)一书,是继“犁耕者的愚蠢”后,又一部里程碑式的著作,为广大