

BAOHUXING GENGZUO JISHU

农业机械化丛书



保护性耕作

李问盈

李洪文 主编

陈 实

技术

黑龙江科学技术出版社

农业机械化丛书

保护性耕作技术

李问盈 李洪文 陈 实 主编

黑龙江科学技术出版社

中国·哈尔滨

图书在版编目(CIP)数据

保护性耕作技术/李问盈,李洪文,陈实主编. —哈尔滨:
黑龙江科学技术出版社,2009.2
(农业机械化丛书)
ISBN 978-7-5388-5889-1

I. 保… II. ①李…②李…③陈… III. 农业机械化-土
壤耕作 IV. S233.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 194587 号

责任编辑 苏凤霞

封面设计 刘 洋

农业机械化丛书

保护性耕作技术

BAOHUXING GENGZUO JISHU

李问盈 李洪文 陈实 主编

出 版 黑龙江科学技术出版社

(150090 哈尔滨市南岗区湘江路 77 号)

电话 (0451)53642106 电传 53642143(发行部)

印 刷 哈尔滨市工大节能印刷厂

发 行 全国新华书店

开 本 850×1168 1/32

印 张 6

字 数 150 000

版 次 2009 年 3 月第 1 版·2009 年 3 月第 1 次印刷

印 数 1-5 000

书 号 ISBN 978-7-5388-5889-1/S·724

定 价 12.00 元

《保护性耕作技术》

编委会

- 主 任 任晓东
- 副 主 任 陈 实 魏成礼 宋文学 高 岩
- 顾 问 高焕文(中国农业大学)
- 主 编 李问盈(中国农业大学)
李洪文(中国农业大学)
陈 实(黑龙江省农机推广总站)
- 副 主 编 王晓燕(中国农业大学)
- 参编人员 何 进(中国农业大学)
张学敏(中国农业大学)
胡立峰(中国农业大学)
王庆杰(中国农业大学)
吴红丹(中国农业大学)
刘 昆(黑龙江省农机推广总站)
崔宏磊(黑龙江省农机推广总站)
于 芳(哈尔滨市农机推广站)
曲伟军(鹤岗市农机技术推广站)
刘 宝(尚志市农机推广站)
魏成礼(黑龙江省农机推广总站)
高 岩(黑龙江省农机推广总站)

前 言

保护性耕作的研究起源于 20 世纪 30 年代的美国,现已为世界许多国家所接受。我国是典型的旱作农业大国,在传统的耕作制度下,由于土壤的过度耕作和地表裸露,造成耕地退化,土壤水蚀、风蚀严重,生态环境恶化,产量低而不稳。特别是近年来北方沙尘暴、沙漠化越来越严重,造成巨大损失,极大地制约了经济发展。

农业部农机化管理司针对这一严峻形势,从 20 世纪 60 年代开始引进研究保护性耕作技术。中国农业大学、西北农林科技大学会同澳大利亚专家在山西等地连续进行了 9 年实验研究,形成了一套先进成熟的技术。近几年列入国家重点项目在全国示范推广,面积达 2 667 万公顷,试点县市区 160 多个。实践表明,这种耕作方式明显减少了风对土壤的侵蚀,增加了雨水积蓄,可以培肥土壤,改善土壤结构,大大缓解了传统耕作对生态环境破坏的压力,尤其适用于干旱、半干旱地区。因此改进传统的耕作技术,推广以秸秆覆盖和减少耕作为主要措施的保护性耕作技术,对防止水土流失,增加土壤肥力,改善生态环境,提高农业生产效益以及我国农业的持续发展有重要意义。

连续几年以来,保护性耕作的示范推广工作得到党中央国务院及有关部门的高度重视和关注。每年的中央一号文件都将“改革传统耕作方法,发展保护性耕作”列为提高农业综合生产能力的一项重要措施。《国务院关于做好建设节约型社会近期重点工作的通知》(国发〔2005〕21 号)确定“编制《保护性耕作示范工程建设规划》”。2005 年 4 月,有国家发改委、农业部、科技部、水利部和建设部等国家五部委联合发布的《国家节水技术政策大纲》提出,要“积极推广保护性耕作技术,加强保护性耕作技术中秸秆残茬覆盖处理、机械化生物耕作、化学除草剂施用三个关键技术的研究

究；加强适用于不同地区的保护性耕作机具的研制与产业化”。农业部农机化管理司把“推广保护性耕作”作为工作重点，全力组织开展保护性耕作推广工作，不断总结经验，拓展思路，努力开创保护性耕作示范推广新局面。这些充分说明，这项技术的重要作用已得到国家的充分认可。作为农机技术工作者和广大农民朋友，要充分认识到由此所带来的机遇和肩负的责任，扎实推进这项工作，为开展保护性耕作做出自己的贡献。

党的十七届三中全会提出深化农村改革发展现代农业，农业机械化是农业现代化的重要手段和标志，是实现农业生产保护性耕作技术的关键。借鉴国外先进的技术和经验，根据我国实际情况，通过技术创新，依靠科学进步，大力发展和推广适合我国国情的保护性耕作技术势在必行，对我国加快新农村建设实现新的跨越有着十分重要的现实意义和长久持续发展的历史意义。

保护性耕作是以保水保土为核心的少耕免耕、残茬覆盖、生物覆盖和作物轮作相结合的技术体系，是针对旱区缺雨少水、蒸发严重、土地贫瘠、产量低而不稳、水土流失严重、难以持续发展的局面而提出的一种保水保土、增产增收的新型耕作技术。

本书图文并茂，技术新颖，主要介绍以机械化作业为手段所实施的保护性耕作技术，其中包括、方法、经验、理论、试验、规则以及各种新式机具，还包括保护性耕作的概念、起源、发展、国内外现况，保护性耕作技术原理，保护性耕作技术体系等。可以说是用于教学和各级政府推广保护性耕作技术一本好的实用参考书。愿它能对广大农机技术科研、推广的学者和干部，以及广大的农民朋友有所帮助。

由于时间仓促，错误在所难免，敬请读者多提宝贵意见。

高焕文

目 录

保护性耕作技术概论

- 保护性耕作的概念 (1)
- 保护性耕作的起源 (5)
- 保护性耕作的国际实践 (7)
- 我国保护性耕作技术与推广 (30)

保护性耕作效益机理

- 保护性耕作生态环境保护机理 (38)
- 保护性耕作改善作物生长环境机理 (50)
- 保护性耕作节能节本机理 (62)
- 保护性耕作增产增效机理 (63)

北方一年一熟地区保护性耕作关键技术与机具

- 秸秆残茬覆盖技术 (74)
- 免(少)耕播种技术 (83)
- 深松 (122)
- 杂草、病虫害防治技术 (128)

北方一年一熟地区保护性耕作典型技术模式

- 黄土高原一年一熟区典型技术模式 (154)
- 农牧交错区典型技术模式 (161)
- 东北垄作区典型技术模式 (172)
- 西北绿洲农业区典型技术模式 (175)
- 配套机具的确定 (180)





● 保护性耕作的概念

* 保护性耕作的概念

保护性耕作起源于美国,并在国际旱作农业国家得到普遍应用。国际上一般对保护性耕作的定义为: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。

保护性耕作的前身叫“免耕法”,随着研究的深入和推广范围的扩大,发现免耕只能适应部分土壤和自然条件,加之该耕作技术对保护土壤有利,故 1980 年以后改称保护性耕作(Conservation tillage)。

* 我国保护性耕作定义

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,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。

* 保护性耕作的基本原理

耕作的目的是为作物生长创造良好的土壤环境。保护性耕作



取消铧式犁翻耕,实行免(少)耕,即除草可以喷除草剂,化肥可以深施;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,主要靠下面4条途径:

(1)根系松土 作物的根系腐烂后,留下大量孔道,时间越长,通道越多。但一经翻耕,全部破坏。

(2)蚯蚓松土 蚯蚓不断挖掘孔道,疏松土壤,创造良好的耕层(图 1-1)。

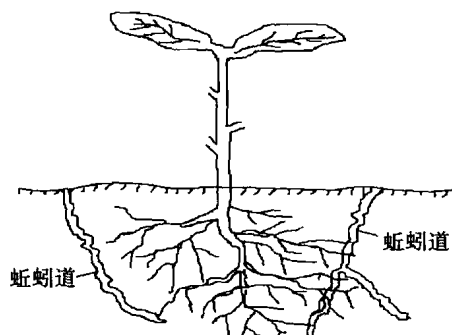


图 1-1 作物根系与蚯蚓疏松土壤

(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。

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,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。

※保护性耕作的基本内容

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(图 1-2),有无合适的免耕施肥播种机是实行保护性耕作的关键。免耕播种机要有很好的防堵性能,入土性能,种肥分施性能及良好的覆土镇压功能。

2. 秸秆残茬覆盖

收获后秸秆和残茬留在地表作覆盖物,是减少水土流失、抑制扬沙的关键。但是,秸秆量大或堆积,将严重影响播种机的通过性和播种质量。因此,必要时应对秸秆进行粉碎、撒匀等处理。



3. 杂草及病虫害控制

图 1-2 小型免耕播种机在小麦茬地上播种

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,打破犁底层。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。

✱ 保护性耕作是一次新的农业革命

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越来越突出。如耕翻作业翻埋地面残茬、杂草、创造疏松的土壤环境固然有利于播种,但同时也破坏了对地表土壤的保护,导致土壤风蚀、水蚀加剧;旋耕碎土平地,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。耕作强度越大,土壤偏离自然状态越远,自然本身的保护功能、营养恢复功能就丧失越多,要维持这种状态的代价就越大。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(少)耕播种,以保留土壤自我保护功能和营造功能,是机械化耕作由单纯改造自然到利用自然,进而与自然协调发展农业生产的革命性变化。

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,一般农业机械化考虑最多的是提高

劳动生产率和土地生产率,只要农业生产任务按时完成,增产增收了,农业机械化就完成任务了。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,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最重要的手段之一,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、用油,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双重任务的转折点,是一场机械化耕作技术的革命。

●保护性耕作的起源

保护性耕作起源于美国。

美国中西部年降雨量在 300~700 毫米之间,19 世纪末,随着加利福尼亚发现黄金,美国拉开了西部大开发的序幕,鼓励移民大面积开荒种地,大量饲养牲畜。拖拉机翻耕把数千万公顷干旱半干旱草原变成粮田,耕翻后多次耙压碎土、裸露休闲,获得了几十年不错的收成。但到了 20



图 1-3 美国 20 世纪 30 年代“黑风暴”

世纪 30 年代,持续干旱加上大风,裸露疏松的农田难以抵挡大风的袭击,成千上万吨表土被刮走,沙尘遮天蔽日,形成了震惊世界的“黑风暴”(图 1-3)。

1934 年 5 月 11 日起,一场典型的“黑风暴”从土地植被破坏



严重的美国西部刮起,持续 3 天,形成东西长 1 200 公里,南北宽 1 140 公里,高 3 000 多米的巨大尘土带,横扫美国 2/3 国土,把 3 亿多吨土壤卷进大西洋。太平洋大量农田上 5.08~30.48 厘米肥沃表土全部丧失,变成一片沙漠。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(我国称为沙尘暴)。在此期间,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 死亡于沙尘暴引起的肺炎。到 1934 年末,人们彻底绝望了,太平洋南部各州,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 1 200 万吨的沙土刮到芝加哥,相当于芝加哥每人 4 吨尘土。

在当时美国最好的土地中,有 667 万公顷曾经是肥沃的农田,由于一味追求利润,不适当耕作而被无可挽回地毁坏;另外有 883 万公顷遭到严重破坏,还有 667 万公顷受到严重威胁。1935 年,美国全国土壤侵蚀调查发现,独立战争(1775~1783 年)时期,美国平均表土大约 22.86 厘米厚,1935 年只有大约 15.24 厘米,在不到 200 年的时间里,损失了大约 1/3 的表土。这其中大部分表土的损失是在西部土地的大开发期间发生的。美国的研究部门在有关地区设置了上百个观测站,通过调查研究,人们发现“黑风暴”是人类自己造成的,是由于在西部的开发中,对土地毁灭性的开发利用,改变了土地生态系统的结构和功能,使生态平衡遭到了破坏,诱发出自然的惩罚。

“黑风暴”灾难引起了人们的反思,美国人终于明白是自己错误的耕作方式招来了严重后果,并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,免耕播种机械开发成功。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,为广大农户和科技人员采用免耕技术提供了重要参考。1988年开始,美国以秸秆残茬覆盖量为主,重新定义了传统耕作、少耕和保护性耕作,用保护性耕作代替了免耕的提法。1994年美国联邦立法,规定高侵蚀土地(HEL)必须采用保护性耕作。进入20世纪90年代,美国的保护性耕作得到进一步加强。

经过数10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。

● 保护性耕作的国际实践

任何一项革命性的新型农业技术,它的产生和发展都是有时代性的,有其强烈的社会、生态和经济原因。保护性耕作技术最早出现在美国,由于20世纪30年代的黑风暴,美国在50年代逐步形成机械化免耕技术,60年代欧洲、加拿大等机械化发达国家开始研究采用免耕技术,70年代澳大利亚、拉丁美洲开始采用。经过半个世纪,美国、澳大利亚、加拿大等国家保护性耕作稳步发展,拉丁美洲国家突飞猛进,保护性耕作已经成为这些国家的主体耕作技术。



✧ 美国的保护性耕作

美国保护性耕作的发展与应用

美国的保护性耕作由“黑风暴”而起,经过半个多世纪的努力,从最初的免耕法上升到保护性耕作,为世界可持续农业的发展奠定了良好地基础。

20 世纪 30 年代,黑风暴促使人们对耕作方法进行反思,40~60 年代,进行保护性耕作技术的试验与研究;70~80 年代,一批企业开始商业化生产免耕播种机,加速保护性耕作的推广;90 年代以后,保护性耕作得到大面积推广,应用面积不断增加,其中免耕面积增加更快。1990 年开始每两年进行一次全国保护性耕作应用情况调查,调查报告显示更多的农民开始选择保护性耕作。

半个多世纪过去了,大量的试验和生产实践证明,保护性耕作不仅是抑制沙尘暴,减轻水土流失的重要技术,同时还是一项优良的旱地农业增产技术,以及减少作业次数,降低生产成本的先进耕作技术。

美国保护性耕作信息中心(CTIC)发布近年来的保护性耕作面积见表 1-1。

表 1-1 保护性耕作及其他耕作方式在美国的应用(1990~2004 年)
(每种耕作方式种植的百万公顷数及所占百分比)

年份	1990	1992	1994	1996	1998	2000	2002	2004
保护性耕作——种植后覆盖大于 30%								
免耕	6.84	11.37	15.74	17.36	19.34	21.12	22.38	25.25
	6.0%	9.9%	13.7%	14.8%	16.3%	17.5%	19.7%	22.6%
垄作	1.21	1.38	1.46	1.38	1.42	1.34	1.13	0.89
	1.1%	1.2%	1.3%	1.2%	1.2%	1.1%	1.0%	0.8%
秸秆覆盖	21.57	23.19	22.99	23.27	23.43	21.65	18.21	19.42
	19.0%	20.2%	20.0%	19.8%	19.7%	18.0%	16.0%	17.4%
合计	29.62	35.90	40.19	42.01	44.19	44.15	41.72	45.57
	26.1%	31.4%	35.0%	35.8%	37.2%	36.7%	36.6%	40.7%

续表

年份	1990	1992	1994	1996	1998	2000	2002	2004
其他耕作方式——种植后覆盖少于 30%								
少耕 15%~30% 覆盖	28.73 25.30%	29.70 25.90%	29.62 25.80%	30.27 25.80%	31.61 26.20%	24.81 20.60%	25.94 22.80%	24.12 21.50%
作物残茬处 理耕作方式 合计	58.36 51.30%	65.60 57.30%	69.81 60.80%	72.28 61.50%	75.80 61.50%	68.96 67.20%	67.66 59.40%	69.69 62.20%
传统耕作 0~15%覆盖	55.32 48.70%	48.89 42.70%	45.08 39.30%	45.16 38.50%	42.94 36.20%	51.44 42.70%	46.26 40.60%	42.25 37.70%
美国种植总 面积	113.68	114.49	114.89	117.44	118.73	120.39	113.88	111.94

资料来源:保护性耕作技术信息中心(CTIC)。

国家作物残茬管理调查:

到 2004 年底,美国的保护性耕作面积达到 4 557 万公顷,其中垄作保护性耕作面积和秸秆覆盖保护性耕作面积分别保持在 100 万公顷和 2 000 万公顷左右,而免耕面积则从 1990 年的 684 万公顷增加到 2004 年的 2 525 万公顷,加上播种后有 15%~30% 残茬覆盖的少耕技术应用面积,总计达到 6 969 万公顷,占种植总面积的 62.2%。

美国保护性耕作涉及的作物包括玉米、小麦、大豆等常规作物,以及棉花、蔬菜、马铃薯、西红柿等经济作物。

图 1-4 所示为近年来美国不同保护性耕作的应用面积比较。图 1-5 所示为近年来美国保护性耕作面积变化情况。图 1-6 所示为近年来美国保护性耕作面积中免耕的面积。图 1-7 所示为免耕模式在不同种植作物的百分比。

