

美国现代农业技术



MEIGUO XIANDAI NONGYE JISHU

梁立赫 孙冬临 编著



MEIGUO XIANDAI
NONGYE JISHU

 中国社会出版社

美国现代农业技术

梁立赫 孙冬临 编著

 中国社会科学出版社

图书在版编目(CIP)数据

美国现代农业技术/梁立赫,孙冬临编著. —北京:中国
出版社,2009.10

ISBN 978-7-5087-2847-6

I. 美… II. ①梁…②孙… III. 农业技术—概况—美国—
现代 IV. S-171.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 172959 号

书 名: 美国现代农业技术
编 著: 梁立赫 孙冬临
责任编辑: 彭先芬

出版发行: 中国出版社 邮政编码:100032
通联方法: 北京市西城区二龙路甲 33 号新龙大厦
电话:(010)66080300 (010)66083600
(010)66085300 (010)66063678
邮购部:(010)66060275
电 传:(010)66051713

网 址: www.shcbs.com.cn
经 销: 各地新华书店

印刷装订: 北京华创印务有限公司
开 本: 145mm×210mm 1/32
印 张: 4.125
字 数: 92 千字
版 次: 2009 年 10 月第 1 版
印 次: 2009 年 10 月第 1 次印刷
定 价: 8.50 元

前 言

美国位于北美中部，南部以墨西哥为邻，北部与加拿大接壤，国土面积为 962 万平方公里，居世界第 3 位。

美国现有耕地面积达 19745 万公顷，占世界耕地总面积（150151 万公顷）的 13.15%，是世界上耕地面积最大的国家。美国现今人口约为 3 亿，其中农业人口约为 600 万。人均耕地 0.7 公顷，是世界人均耕地（0.23 公顷）的 2.9 倍。美国农业在国民经济中的地位，如果从传统观念看，即把农业仅仅局限于农业生产部门（农场生产），似乎作用很小。如在 1988 年时，美国农业生产总值为 1012 亿美元，在国民生产总值中仅占 2%。但是，如今的美国农业已实现供产销一体化，已建立一个完整的农业与有关的非农业部门的广泛协作与联合的“食品—纤维系统”。从这个观念看美国农业，它是美国经济中最大的部门，为近 1/4 的人提供就业机会，创造的产值在国民总产值中约占 1/5；其农产品出口创汇收入约占全国外汇收入的 1/5。美国的农业为工业和整个国民经济提供了大量的原料和广阔的销售市场。如以上述各种重要指标衡量，美国农业在国民经济中所占的比重大约在 1/5~1/2。美国不仅工业发达，在农业上也极为发达，其农业生产以高效率著称，而这主要归功于美国先进的现代农业技术。

由于农业生产技术以及相关技术的变化，美国农业在过去一百年当中一直在变化。总的说来，农场更大了，更加专业化了，劳动生产率和土地生产率提高了。1950 年，恩格尔系数（居民家庭食品消费支出占家庭消费总支出的比重）为 22%，80 年代为

16.45%，到2004年，这一数据已经降到9.15%。同期，农场家庭的平均收入从低于非农场家庭的收入上升到超过非农场家庭的收入。消费者必须支付农产品的实际价格下降了一半。另一方面，农场的数目减少了，一些传统的农场正处在消亡的边缘，务农人口占总人口的百分比大大地下降了，这些变化同技术的变化密切相关。

本书通过查阅并参考美国现代农业技术的相关书籍和期刊文章，以美国现代农业技术的发展状况、趋势以及主要技术成果等内容为主体，主要从耕作、化学、生物、电子信息4个方面来介绍美国的现代农业技术，而最后一章则在前几章介绍的基础上，系统总结了美国农业技术推广应用的宝贵经验，以供广大农民朋友了解。

由于本书作者的水平有限，书中难免存在错误和疏漏。如有错误，请各位读者给予批评指正。

目 录

第一章 美国的农业耕作技术	1
第一节 农业保护性耕作技术	1
第二节 农业机械技术	8
第三节 节水灌溉技术	16
第二章 美国的农业化学技术	25
第一节 肥料农药技术	25
第二节 土壤改良技术	44
第三章 美国的农业生物技术	54
第一节 农业生物技术概况	54
第二节 生物育种技术	61
第三节 生物农药技术	66
第四章 美国的农业信息技术	73
第一节 农业信息技术概况	73
第二节 遥感、地理信息及 GPS 技术	79
第三节 计算机及网络技术	95
第五章 美国农业技术的教育、科研和推广模式	99
第一节 农业技术教育	99
第二节 农业技术研发	107
第三节 农业技术推广	113
参考文献	123

第一章 美国的农业耕作技术

第一节 农业保护性耕作技术

一、保护性耕作模式及应用

（一）保护性耕作模式

保护性耕作是一种既古老又现代的耕作方式，其实质就是改善土壤结构，减少水蚀、风蚀和养分流失，保护土壤，减少地面水分蒸发，充分利用宝贵的水资源；减少劳动力、机械设备和能源的投入，提高劳动生产率，达到农业高效、低耗、可持续发展的目的。在农业生产中因其独特的生态保护作用，保护性耕作已经在全世界范围内得到广泛应用，被视为一项重要的可持续农业技术。

在世界范围内首先开始研究耕地的保护问题的是美国，这一研究的起因与 20 世纪 30 年代的“黑风暴”事件不无关系。

1934 年 5 月 12 日，一场巨大的风暴席卷了美国东部与加拿大西部的辽阔土地。风暴从美国西部土地破坏最严重的干旱地区刮起，狂风卷着黄色的尘土，遮天蔽日，向东部横扫过去，形成一个东西长 2400 公里，南北宽 1500 公里，高 3.2 公里的巨大的移动尘土带，当时空气含沙量达 40 吨/立方公里。风暴持续了 3 天，掠过了美国 2/3 的国土，3 亿多吨土壤被刮走，风过之处，水井、溪流干涸，牛羊死亡，人们背井离乡，一片凄凉。这一现

象在当时被称为“黑风暴”事件。这种“黑风暴”事件，以后在美国又发生过若干起，主要是由于美国拓荒时期开垦土地造成植被破坏引起的。

“黑风暴”现在也称沙尘暴，这种现在人们已经习以为常的自然现象，在当时却引起了世界的震惊。人们开始认识到，尽管传统的人力、畜力耕作在促进粮食生产和增加农民收入方面发挥了一定的积极作用，但所造成的生态环境破坏也日益显现出来。因此，对保护性耕地的研究也正式起步。

总体来讲，美国的耕作模式可分为两类。

第一类为传统耕作和少耕。传统耕作主要是采用铧式犁等农具进行全幅宽耕作，在播前或播种时进行翻耕加表土耕作，作业后小于 15% 的秸秆残茬覆盖地面；而少耕是在播前或播种时进行 1 次或多次条带表土作业，作业后有 15%~30% 秸秆残茬覆盖地上，主要用农药或中耕来控制杂草和病虫害。

第二类为保护性耕作，是采用铧式犁传统耕作多年后，探索、发展出的新耕作种植作业方式。20 世纪 50 年代，美国的机械化免耕技术逐步形成，到了 60 年代，成功开发了免耕播种机和除草剂，保护性耕作开始在美国全国范围内大面积推广。美国对保护性耕作的定义是：为了减少水土侵蚀，保证在播种后地表作物残茬覆盖率不低于 30%，主要用农药或中耕来控制杂草和病虫害的任何形式的耕作技术。保护性耕作包含覆盖耕作、免耕和垄耕三种。

覆盖耕作是全幅宽耕作，在播前或播种时进行 1 次或 1 次以上条带表土作业，作业后仍然有 30% 以上作物残茬覆盖地上。需要指出的是，覆盖耕作的一个明确意义是要进行耕作，并非不耕作，只是这种耕作是有别于传统耕作方式的，是用保护性耕作机

具来完成，所用机具主要有：圆盘犁、表土耕作机、凿型犁、少耕机、联合作业机等。

免耕是指从农作物收获后到再种植土地休闲时，不进行任何的耕作与地表处理（即零耕作），或仅为了打破犁底层、疏松土壤、增加雨（雪）水入渗与蓄积、防止连年作业造成土壤板结所实施的动土量很小的一种条状耕作，动土在行宽的 $1/3$ 。实际上，条状耕作占的比例更多些，完全免耕（即零耕作）是很少的。所用机具有：少耕机、条状耕作机、施肥机等。

垄耕与免耕作业相同，仅在播种季节进行起垄，垄面上种植作物，垄沟秸秆覆盖，中耕修复垄形，所用机具有：条播耕作机和施肥机等。

（二）美国保护性耕作应用

美国保护性耕作是通过一套操作性很强的作物残留物管理（CRM）来实现的。CRM 可以改进土壤质量，减慢了土壤有机质分解为二氧化碳的速度，减少了导致全球温室效应的二氧化碳的排放。CRM 可以提高水质，通过使养分和农药留在地里供作物利用，减少它们进入表层水和地下水。

此外，美国农业部自然资源保护局（NRCS）的作物残茬管理调查收集了大量关于作物种植、不同耕作方式的残余物水平等信息，以及美国每个农业县的耕地数据。NRCS 和其他保护性组织经常性地收集准确的耕作信息并评估不同作物适合的耕作方法。评估的内容包括：农业耕作对水环境的污染、天气和土壤因素对耕作的影响、作物轮作与休闲情况、水蚀与风蚀影响、杂草控制情况、土壤肥力变化情况等。利用这些准确信息统筹规划，指导农民耕作，帮助农民避免盲目生产，规避市场风险。

事实上，最初进行的保护性耕作实践并不顺利，有不少人认

为“免耕的设想，既大胆又荒谬，它意味着农作物的生产过程将像历史所记载的那样古老，又像化学农业和飞机播种那样新鲜”。但是，农业科研工作者及一些具有创新意识的农民却认为“不要很长时间，免耕制就不再仅仅停留在试验阶段了”，并且认为“免耕制是自杂交玉米以来农业生产上最重要的进展”。比如，在1997年5月的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。”通过对免耕制的评价，可以说，保护性耕作已经在农业生产中发挥了显而易见的作用。

根据美国保护性耕作信息中心（CTIC）统计，1963年美国保护性耕作的推广面积仅占耕地的1%，到1979年上升到16%，在采取了一系列鼓励政策和措施后，到2004年，保护性耕地面积已经占到总种植面积的40.7%，为 45.57×106 公顷，其中免耕占22.6%，为 25.25×106 公顷；垄耕占0.8%，为 0.89×106 公顷；秸秆覆盖耕作占17.4%，为 19.43×106 公顷。

二、保护性作业机械

在美国，保护性作业机械分为保护性耕作机具和免耕播种机两大类，因此，谈到保护性耕作机具，并不包括免耕播种机。保护性耕作机具的研制与使用被放在很关键的位置，与免耕播种机具有同等重要的作用。这不仅在于使用该类机具有助于防止秸秆对免耕播种机的堵塞，更在于其对土壤的综合功效有利于作物的生长，是保护性耕作技术实施的重要环节。约翰·迪尔公司是美国乃至世界上最大的农业机械生产企业，生产的机具有多种类型与规格，下面我们就以约翰·迪尔公司的产品为例，介绍美国的保护性作业机械。

(一) 保护性耕作机具

从使用功能来看,美国的保护性耕作机具主要可分为4种类型:深松除草整地类、条状少耕类、切茬碎土类和联合作业机型(复式作业)。

1. 约翰·迪尔 2210 型松土除草机

该机是在机架上安装有弧形铲,铲头为箭铲式,与铲柄组装,根据松土范围铲头设计有宽、窄两种形式。铲柄做成向前弧形,有利于减少土壤阻力;同时有弹性势能蓄积,具有浮动功能,遇过硬点可避让,起到保护作用。弧形铲有两种形式:一种为上端与机架固定连接,用弹簧限位;另一种制成S弧形,利用钢本身的弹性变形特性。机架整体设计强度高,采用液压系统调整耕作深度和运输时工作机构的升降。弧形铲沿机架前后错位等间隔排列,相邻铲间距为60~70厘米,整体为30~35厘米,耕作深度约为15~20厘米。作业时,箭铲可将杂草和作物根系切断,同时松土。在机器的后部设置钢丝梳齿,起到梳理碎秸秆与土壤的作用,使土壤细碎,耕过地表平整,秸秆分布均匀。该机为牵引式,与大功率拖拉机配套使用。

2. 约翰·迪尔 2100 型条状少耕机

该机机架前部设置有大直径圆盘切刀,与之正对后部安装了凿型深松铲。圆盘切刀直径60厘米,厚5厘米,切割深度可调,一般为15厘米。圆盘切刀的主要功能是切割地表残留物和地表以下作物主根系,防止对后部凿型深松铲的堵塞。相邻深松铲间距约为70厘米,耕作深度为25~40厘米可调,铲头有多种规格形式,可根据土壤硬度、作业宽度(松土范围)选择使用。在圆盘切刀和凿形深松铲与机架的连接中都安装有弹簧,起到调节压力作用。该机为后三点悬挂机型,作业动土量很小,主要功能为

打破犁底层、疏松土壤、增加雨（雪）水入渗与蓄积，防止连年作业造成土壤压实与板结。该机可与其他保护性耕作机具配合使用，也可作为免耕的一个操作环节独立使用。

3. 圆盘犁

圆盘犁的作用主要是将秸秆和土壤切碎，作业过程中对土壤有翻动作用，翻后的土壤将部分秸秆覆盖压实，既减少了地表秸秆覆盖量有利于免耕播种机通过，又易于秸秆腐烂分解，同时在休闲期保持部分秸秆覆盖地表使风不易将其吹走。圆盘犁的犁片直径约 40 厘米，制成中部内凹的勺形，犁片间距约 20 厘米，两组犁片呈前后镜像 V 形对称布置，前组犁片 V 形夹角为 18 度，后组夹角为 20 度，其综合效果更有利于切茬碎土和翻动土壤。圆盘犁一般为牵引式，采用液压系统调整工作深度和运输时工作机构的升举。

4. 联合作业机型

联合作业机型的结构主要是圆盘犁与耢型深松机的组合，其功能也是此两种机具的组合。联合作业机型可以减少作业次数，降低作业成本。

（二）免耕播种机

免耕播种机的主要功能是保证作业过程中机具不被地表残留物堵塞，能够按照农艺要求正常的播种。机具的关键技术是由开沟、播种、覆土、镇压和防堵塞等机构所构成组件的组合设计；设计与制造要点是该组件的各机构能够联合作用完成免耕播种功能所具有的结构形式、整体布局 and 关键零件的制造工艺与加工质量。免耕播种机有两类机型：小麦和玉米免耕播种机。约翰·迪尔公司的免耕播种机开沟、播种、覆土、镇压和防堵塞等机具的组件布局有 3 种结构形式。

1. 第一种组件结构。

该结构形式是用在玉米免耕播种机上，组件由连接架、种箱、排种器、波纹圆盘切刀、双圆盘开沟器、播种限深轮和 V 形镇压轮构成，以四连杆机构与主机架固连构成播种单体，作业时可对地仿形。波纹圆盘切刀正对双圆盘开沟器并靠近设置在前方，主要功能是将地表作物秸秆与杂草切断，防止其对机具的堵塞，同时对硬实土地有切土开沟作用。播种限深轮紧靠双圆盘开沟器两侧设置，对其起到限深作用；限深高度可调整，与靠镇压轮限深的机型比较，这种设置限深准确、可靠，播种深度一致性好。V 形镇压轮的作用是覆土与镇压，其压力可调。在波纹圆盘切刀前侧方主机架上还安装有双圆盘施肥开沟器，可实现种侧施肥。排种器、排肥器的转速通过地轮、链轮与链条按相应传动比传递。

2. 第二种组件结构。

该结构形式是用在小麦免耕播种机上，组件由光面圆盘切刀（单圆盘开沟器）、播种限深轮、覆土轮和镇压轮构成以单臂结构与主机架铰接，单臂结构上安装了弹簧实现对地仿形。该组件的结构特点是：圆盘切刀既起到切割秸秆与杂草的作用，又是单圆盘开沟器。圆盘切刀直径约 45 厘米，厚 5 厘米，加大直径且与播种限深轮前后轴心分离布置有利于切割，对地压力通过调整弹簧工作高度来实现。圆盘切刀与前进方向有 7 度斜角，切割时加大了开沟宽度，便于种子落入种沟内；排种管下部与圆盘刀紧贴合布置，减少挂草与阻力，同时可顺利排种。由于种沟窄，用窄覆土轮和单镇压轮即可完成覆土与镇压。该机为种肥混施，通过控制排肥量来避免烧种现象。

3. 第三种组件结构。

该结构形式是用在小麦免耕播种机上，组件前部在机架上安

装了小波纹（窄槽）圆盘切刀，紧靠圆盘设置凿型开沟器。开沟器将圆盘刀切割的沟进一步扩宽，同时可施液态氮肥。在组件后部设置了大波纹（宽槽）圆盘切刀，大波纹（宽槽）圆盘切刀两侧安装有拨草轮；拨草轮与前进方向成一定角度，作业时向侧后方拨草，防止秸秆拥堵。大波纹（宽槽）圆盘切刀后是双圆盘开沟器、播种限深轮和 V 形镇压轮，构成和布置与组件第一种形式相同。第三种组件结构形式采用设置两个波纹圆盘切刀二次切割，双圆盘开沟器开沟播种，行间拨草轮拨草的方案，是一种强化措施，保证了在大秸秆量下播种小麦不发生堵塞。

第二节 农业机械技术

一、发展现状与特点

（一）农机技术的现状

美国的农机化发展支持体系主要由政府农业主管部门、农业大学、农机生产制造企业或公司、农场主和农机协会办的专业化服务公司以及财政、银行等 4 个层次组成，它们之间的分工合作任务明确，依靠政策法规和市场经济规律调整各企业之间的经济利益。

第一层次，美国政府和各州府的农业部门设置农机官员，主要职责是贯彻执行国家和各州的有关农业政策法规、协调各有关方面的关系，下达必要的项目计划。第二层次，每个州的农业大学均设置农业工程学学科，其主要职责是承担培养农机化专业人才、技术培训、科研、新技术新机具试验示范等，所需经费开支一般由政府（包括州政府）扶持或由企业资助解决。第三层次，

农机制造企业（公司）主要生产市场需要的各种农机设备，对象是农场主和专业服务公司。第四层次，银行部门主要为农机企业、农场主提供必要的流动资金和购机资金贷款。由于各个环节均与个人的利益紧紧挂在一起，这样，农场主或专业服务公司对农机产品质量和性能的要求心中有数，反过来说，生产企业就必须提供性能优良、质量可靠的产品。

从整体上看，美国的农业机械化程度已达 80% 以上，农机化技术装备种类繁多，已形成完整体系，有力地促进了整个农业生产的现代化进程。在发展和应用农业科技包括农机化技术方面，农业部设立大型科研和实验基地。为了发展农业技术推广工作，由联邦政府、州政府和学校三方组成推广人员，负责农业、农机、水利、林业技术推广，实现了农业教学、研究、推广的有机结合；科研成果转化率既高又快，这是农业快速发展的一条成功的经验；美国农产品加工业发达，产供销一体化使产品的加工成为产品上市前一个重要的环节，对各种奶制品、肉类、蔬菜、水果、粮食等，美国的初加工和深加工技术都非常先进。在组织形式上，美国有专业的食品加工协会和企业。如 Eugeneshaw 食品加工和包装协会代表了美国 500 多家食品加工厂和 300 多家加工、包装设备生产厂，生产的设备向 240 个国家出口；有集生产与加工销售为一体的企业，如花生加工场和肉类加工场，都是农场自己生产的原料并直接加工销售，减少了中间环节，保证了质量，增加了效益。

（二）美国农业机械化发展的主要特点

从 1946 年，美国的农业开始步入全盘机械化时期。当前，美国的农业耕作已经进入了全盘的机械化、自动化时期。不但大田谷物生产已全部机械化，而且那些机械化难度大的待业和作

业，如马铃薯、甜菜等的收获，番茄、葡萄等水果的采摘也都实现了机械化。此外，畜禽养殖业的机械化程度也很高。

1. 机械数量增长幅度不大，而马力却越来越大。作为最早实现农业机械化的国家，美国的拖拉机市场在 20 世纪 70 年代末 80 年代初就已经饱和，每年销售的拖拉机主要用于保有量的更新换代。因此，自 20 世纪 90 年代以来，美国每年的拖拉机销售量均保持在 10 万台以上，总数量则一直保持在 480 万台左右。拖拉机按功率大小分为 29.4 千瓦以下、29.4 千瓦~73.5 千瓦和 73.5 千瓦以上三个层次。与 1997 年的数据相比，2002 年，三个层次对应的增长率分别为 -2.76%、3.39% 和 21.27%，可见，小功率的拖拉机数量为负增长，而大功率拖拉机数量则增长幅度很大。因此，虽然美国拖拉机的总保有量一直比较稳定，但总功率却越来越大。

2. 大力发展大功率、高速度的农业机械。如果按 1000 公顷可耕地平均拥有的农业机械数量计算，美国拥有的数量与其他农机化先进国家相比，并不算高。究其原因日本采用的是以小功率为主的农机发展模式，而美国是发展大功率、高速度的农机发展模式。

3. 在一些过去认为无法实现的机械化作业上实现了机械化操作。如马铃薯、甜菜、棉花、加工用的番茄、葡萄及其他水果等都实现了机械采收。

4. 在畜禽饲养方面，尤其是养鸡、养牛实现了自动化和工厂化。由于采用机械饲养管理畜禽，极大地提高了劳动生产率。在美国，一个农业劳力采用先进的机械设备，可照料 6 万~7 万只鸡、5000 头牛。

二、发展趋势

美国的农业在 20 世纪 40 年代就已经实现了从耕地、耙地、播种、施肥，除草到收获、加工全过程的机械化。目前全国的农机生产、科研部门正在研究推广把卫星通信、遥感技术、电子计算机等高新技术应用到拖拉机等农机具上，实现拖拉机等农机具的无人驾驶、自动操作、自动监控，使各种农业机械能更准确、迅速地实现耕地、播种、施肥、除草、除病虫害等作业。美国的农机技术在不断发展，其主要发展趋势有以下三点。

（一）控制性能更优

控制性能是大型农用设备的主要性能指标。随着技术的不断改进，美国正从液压机械或手动控制向电子控制过渡，现在一些基本的控制已实现了电子化。比如，威克斯公司就能提供一套系统，根据设备行走速度自动调整切头的高度和速度，既减少了工作人员的劳动强度，又提高了生产效率。又比如，威克斯公司为下一代农机设计的 EMV 系统，有在工作中随着收割条件的不断变化而改变阀的控制特性，比现用的系统效率更高。电子化的另一大优势是生产厂家能根据不同用户的特殊要求而定做专用阀（硬件变化不大）。另外，新型农机还将配有多种实时诊断元件。在过去，农场主通常要等到某些元件出现故障后才去维修；现在，利用先进的诊断技术，农场主能够准确地预见到将要出现的故障，从而采取相应措施，预先进行维护，提高设备运转率。

（二）效率更高

用户的最终要求是效率更高而作业成本更低。制造、加工及生产的效率，直接影响到主机成本。以艾伦斯公司的产品为例，该公司选用了伊顿公司直角静液驱动桥，大大减少了液压系统的