



全国高等农业院校教材

机械化土壤耕作

● 沈昌蒲 主编

● 农学 农机 农田水利 农业土壤专业用



中国农业出版社

主编 沈昌蒲 (东北农学院)
主审 余友泰 (东北农学院)
钟树福 (江西农业大学)

前 言

534
7

为了促进我国机械化土壤耕作科学的顺利发展,本教材指出机械化土壤耕作应以土壤—作物—大气—机器系统,为评价良好耕层构造的标准,并着重就机械化土壤耕作的理论和实践两方面,进行了较系统、深入的阐述和介绍。

由于我国地域广阔,各地在土壤耕作中所用的术语不够统一,有的是同名异意,有的是同意异名,本书在统一术语方面作了一些努力。力求用统一的学术名词说明问题,将地方性术语标在括号内,以便于全国的信息交流。

本书由东北农学院余友泰教授和江西农业大学钟树福教授主审,他们对本书进行了详细审阅,从内容到文字,都提出了许多宝贵意见。1990年在《耕作学》教材编写组会议上,也对此书提出了宝贵意见,在此一并致谢。

由于著者水平有限,时间短促,错误和不妥之处在所难免,请读者在使用和阅读过程中不吝指正。

本书除可供高等农业院校的农学、农机、农田水利、农业土壤专业使用外,还可供农艺和农机技术人员参考。

主 编

目 录

前言

第一章 绪论	1
第一节 机械化土壤耕作的含义	1
第二节 机械化土壤耕作的优越性	2
第三节 我国机械化土壤耕作发展的简要回顾	3
第四节 我国机械化土壤耕作发展中的一些规律性问题	3
参考文献	5
第二章 机械化土壤耕作的基本原理	6
第一节 农艺和工艺相结合是机械化土壤耕作的根本依据	6
一、农艺和工艺的关系	6
二、精耕细作传统的科学化和机械化	8
三、加强农艺研究和工艺研究的结合,促进机械化土壤耕作的发展	9
第二节 农机具向土壤投入能量的转换和节能途径	10
一、农机具向土壤投入能量的转换	10
二、机械化土壤耕作的节能途径	11
第三节 机械化土壤耕作与土壤力学性质	13
一、土壤力学性质与土壤宜耕期	13
二、土壤力学性质与机械力的作用	15
第四节 土壤耕作与农艺系统	18
一、作物和土壤	18
二、气候和土壤	23
三、耕作层与耕层构造	31
四、土壤耕作与植物保护	41
参考文献	43
第三章 机械化土壤耕作类型	45
第一节 平翻耕法	46
一、平翻耕法的作业	46
二、平翻耕法的耕层构造	50
三、平翻耕法的基本作用	51
四、平翻耕法的作业成本	54
第二节 垄作和垄作耕法	54
一、常年保持垄形的垄作耕法	55
二、阶段性的垄作	62
第三节 深松和深松耕法	65
一、深松	65

二、深松耕法·····	70
第四节 少耕体系·····	77
一、保留翻地环节的少耕体系·····	78
二、免去翻地环节的少耕体系·····	81
第五节 免耕和免耕法·····	89
一、旱田免耕法·····	89
二、旱田免耕·····	96
三、稻田免耕·····	97
第六节 坡耕地防止水土流失的耕法·····	100
一、山地农田的抗冲耕法·····	101
二、漫岗丘陵耕地的抗蚀耕法·····	103
结语·····	108
参考文献·····	109
第四章 土壤耕作制·····	112
一、土壤耕作制的内容·····	113
二、土壤耕作制的作用·····	114
三、改革土壤耕作制的步骤和方法·····	118
附录1 保土耕作系统及其在美国的适用·····	121
附录2 美国密执安州的土壤耕作制·····	123
参考文献·····	125

第一章 绪 论

土壤耕作，是耕作制度的一个技术环节。机械化土壤耕作又是农业生产机械化的一个组成部分。在世界各国的农业生产机械化发展过程中，通常都是以人力、畜力难以完成、劳动强度大、费工多和作业时间紧迫的作业优先机械化。土壤耕作就是这样性质的作业之一。

第一节 机械化土壤耕作的含义

机械化土壤耕作，顾名思义，是以动力机及其配套机具，对土壤进行加工，创造适宜作物生长、能够高产、稳产、具有一定深度和良好构造的耕作层，用以协调土壤—植物（作物）—大气（气候）三者持续（SPAC）^①系统，并逐步形成土壤—作物—机器（SPM）^②系统。

机械化土壤耕作与非机械化土壤耕作（人力、畜力、驱动铁木结构的农具）的不同之处，是它马力较大，能及时、准确地创造适合作物生育的土壤环境。“机器是提高劳动生产率、即缩短为生产商品的必要劳动时间最有力的手段”。同时，机械化作业劳动生产率高，可替代出许多人、畜力，从而促进多种经营以及乡镇企业的发展。同时，也是改善农民生活和缩小工农差别的有力手段。毛泽东在50年代指出：“农业的根本出路在于机械化”，其深刻意义已被40多年来的农业生产实践所证实。

机械化土壤耕作，除耕作机具直接作用于土壤的措施，如深耕、整地和中耕外，因其与播种和种植方式有密切联系，并可以联合形式来完成，故常把土壤耕作和播种、种植作为一个耕播系统来考虑。

如上所述，机械化土壤耕作，是用适宜的耕作机具，按一定的作业工艺来改善土壤环境，实现土壤耕作的农艺要求的手段。

农艺和工艺都是根据当地当时社会对农作物生产的需求，经过科学研究和社会资源的投入，通过生产实践，逐渐同步发展起来的。黑龙江省农场管理局王明尧认为，“农业生产的历史，从来就是农艺不断改革和工具不断革新的历史。”农艺和工艺的合理性和先进性，是社会科技水平和经济条件的具体体现。土壤耕作是种植业不可缺少，也非其它技术可以替代的作业，劳动强度大，占田间总作业量的比重大，是田间作业机械化发展过程中的优先项目。马克思在《资本论》中曾指出：“各个经济时代的区别，不在于生产什么，而在于怎样生产，用什么劳动资料去生产。”机械化土壤耕作可以几倍、几十倍地提高劳动生产率，而耕作质量更远非人、畜力所可比拟，故而在我国普遍推行田间作业机械化以来，土

① SPAC即soil—plant—atmosphere continuous

② SPM即soi—lplant—machinery

壤耕作机械深受农民的欢迎。

第二节 机械化土壤耕作的优越性

在土壤耕作机械化的实践中，可以将其优越性归纳为以下几个方面，以进一步说明土壤耕作机械化是应积极创造条件加速推广的重要项目。

一、劳动生产率极大提高

在以旱作为主的北方，如黑龙江省双城县，过去用人、畜力播种28万亩耕地需要40—50天，投放劳动日200个，现用机械化耕种，只需15天，15个劳动日；在相对地多人少的国营农场，因每个农业工人要负担几十亩至一百亩以上的耕地，更是没有机械化就难以种植。

二、能完成人、畜力所不能完成的作业

如深翻耕、深松是提高土壤抗旱、抗涝能力的有效措施，必须用机械动力机组完成。再如西北地区的畜力水平沟，耕深只有15cm，山西省水土保持研究所设计制造的，适合坡耕的，机械化丰产沟耕作法，一次要完成拦水埂和沟深40—50cm的作业，均非机械化莫办。

三、速度快，可抢农时

使用机械化进行土壤耕作，速度快、省农时，因而使作物能在适宜时间内完成阶段发育，增强抗御自然灾害能力和及时成熟。如东北地区秋耕、春耕，播种时间都很紧张，机械化作业为精耕细作提供了可能。在一年多熟地区，换茬时就迫切需要用机械作业抢收前茬，抢时间为后茬整地播种。

四、提高作物产量

快速有效的作业能及时协调土壤中有关的生产因素，提高产量。机械化土壤耕作虽不增加土壤中任何物质，但速度快、效率高，能不失时机地改善耕层构造，协调土壤中水、肥、气、热4个重要因素之间的关系，使其更适合作物生长发育，因而提高作物产量。在干旱地区，能蓄积雨水，防止土壤水分非生产性消耗；在低湿地区，能排除或深贮表层过多的水分；在盐碱或其它低产土地区，能防止盐碱向耕层集聚等等，都为作物增产提供了条件，一般有增产10%的效果。如改善了当地作物生育的障碍性因素，可能增产50%甚至100%。

五、减少生产成本

畜力耕作，一匹马日需2.5kg饲料粮，一年所需的精料所占耕地面积大大超过一人所需口粮所占面积，东北过去安排作物种植面积时，总要为一匹役马种1ha地谷子，才能提供足够的谷草喂马。黑龙江省农业机械研究所孔成东（1981年）在黑龙江省12个商品粮县调查，

机、畜共用的县，机耕费占总支出的9.7%，而役马的饲料、医疗费等占总支出的36.3%。基本机械化了了的县，机耕3项费用（作业费、油料费、维修费）占总支出的11%—20%。显然，机械化的生产成本比畜力低，且节约粮食。陈晃在湖南省的调查，1台乘坐式小型拖拉机相当于1头牛的价格，3头牛的功效，却只相当半头牛的作业成本。

六、促进农业技术改革的深入发展

为了发挥耕作机具的效率，传统耕作技术与机械化不相适应的需要突破传统的作业程序，进行相应的改革，这方面的例子是很多的。由于作业效率高，性能好，促进了多种经营和乡镇企业的发展。机械化土壤耕作能从种植业解放出大量劳动力，增加农民收入，都将从劳力和资金投入上为发展多种经营和乡镇企业提供必要的条件。

第三节 我国机械化土壤耕作发展的简要回顾

我国在40年代中期即已开始推行农业机械化事业，当时由于黑龙江省较早地建立了人民政权，而该省土地资源丰富，地块大，人少地多，粮食商品率高，具备了优先发展机械化农业的条件。该省于1948年就成套引进国外农业机械，先后建立国营农场和拖拉机站，为农民进行代耕。建国以后，这项工作就先后在全国各省展开，用以向农民示范和推广，从而探索我国农业机械化的道路。

40多年来，我国农业机械化从无到有，从小到大，获得了很大的进展。至1982年全国农机总动力保有量达到2.65亿kW，各种马力级动力机总数达到683万台；实现机械化土壤耕作的耕地面积占总耕地面积达46.7%。在很大程度上改善了农业生产条件，提高了农业生产率，获得当前我国农村经济发展的大好形势。这同我国农机工业迅速发展，农艺和农机的科学研究、技术推广，以及农艺、农机队伍壮大是分不开的。

在取得农机化巨大成就的同时，也走过一些弯路。在党的十一届三中全会以前，对在中国这样一个发展中国家实现农业机械化的长期性、艰巨性和复杂性认识不足，急于求成地提出了脱离我国实际的“高速度”和“高指标”的要求，1959年提出我国农业机械化要“4年小解决，7年中解决，10年大解决”。“文化大革命”的10年动乱，我国国民经济濒临崩溃的边缘，到1978年还提出要1980年基本实现农业机械化而奋斗的口号，于是狠抓农机工业，大量机器向农村盲目投放，在一定程度上破坏了农村经济和农业生产机械化的健康发展。

第四节 我国机械化土壤耕作发展中的一些规律性问题

党的十一届三中全会后纠正了在农机发展中“左”的错误，总结了在我国推行农业机械化的一些规律性问题。

1. 农业机械化对促进农业生产有许多方面的作用，但机械化只是发展农业生产的工具，而不是目的。因此用机器代替劳、畜力，用物化劳动代替活劳动，只有被置换出来的劳动力从事新的生产，创造出更大的社会价值，机械才有经济效益。通过农村体制改革和

农村产业结构的调整，从农业生产中分离出大批劳动力，投入第二、三产业，农田劳动力减少了，对农业机械化的要求就迫切起来。农业机械化的发展必然是自下而上地“农民要机械化”，而不可能是自上而下地“要农民机械化”。由于全国农村经济发展的不平衡，不可能全国各地“齐步走”，必须因地制宜逐步推行。

2. 从人力耕作发展到畜力耕作是农业生产的一大飞跃，耕作深度，质量都有很大的改进，也提高了单位面积的产量。同样，从畜力耕作发展到机械耕作又是农业生产的一大飞跃。40年来，我国从引进国外农具，到根据我国农业生产条件自行设计和制造适合我国土壤耕作机具，推动了我国土壤耕作技术的改进和创新。因为农业是国民经济的基础，农业技术现代化关系到我国农业以至整个国民经济的发展前途。学习外国经验，吸收外国农业机械化方面好的东西，为我所用，可以少走弯路，加快发展。但向外国学习和引进一些先进经验和机具，不能照搬，更不可盲目引进。土壤耕作技术决定于各国气候地理和经济条件、多种自然和社会因素，不可能一样，就更更要特别强调因地制宜这一原则。

3. 有了机具并不等于就是机械化了，更不能认为有了拖拉机，机械化问题就不大了。农民说“化不化，全在机后挂不挂”。重动力机，轻作业机，即“重头轻尾”是我国土壤耕作机械化长期存在的问题。良好的耕法没有符合农艺要求的精良的配套机具，就难以提高耕作效率。当前，我国农业生产要由劳动密集型向技术知识密集型转化，在土壤耕作方面，要在继承我国优良传统的基础上，创造出适合耕作技术要求的配套机具，走具有我国特色的土壤耕作机械化的道路。

4. 我国是世界农业最早的发祥地之一。我国土壤耕作的农艺和农具曾先后传播至中亚、西亚和西欧，为世界所称道，它对农业生产和人类文明做出的贡献，有人认为并不比中国的“四大发明”逊色。如华北地区畜力牵引的木架铁铧的耩就有播种箱、输种管和开沟器的结构。18世纪欧洲仿制了我国的耩车，并在此基础上制做出播种机的雏型。这些非机械化的土壤耕作技术和人、畜力农具，仍深刻影响着我国近代农业生产的进展。恩格斯曾指出“今天被认为是合乎真理的认识，都有它隐蔽着的，以后会显露出错误的方面。同样的，今天已被认为是错误的认识，也有它符合真理的方面”。土壤耕作是复杂的，SPM系统中的重要一环，对它的认识也是不断地深入的。今天推动机械化土壤耕作发展的因素，正是来自传统土壤耕作农艺和相应农具在满足农艺要求中存在的问题。因此在研究机械化土壤耕作时，需要研究、分析和继承非机械化土壤耕作农艺和工艺的精华部分，改革受时代限制不科学的部分。

5. 在我国多种多样的农业生产条件下，对农机动力的马力级要求不能一样。一般中、大型拖拉机（50—80马力），可完成深翻20—25cm或深松20—40cm作业，机组总工作幅宽，较省油料，在较大地块（10—150亩）上经济效益较高，应作为农村土壤耕作的主要动力。大型国营农场为提高作业效率还需要100—160马力的大型拖拉机。小型拖拉机（12—24马力）田间作业效率虽然较低，耕深也较浅，作业幅仅20—40cm，并有耕作—耱压实两耱的缺点，但它机型小，机动灵活，回转半径小，适合分散的小型地块，加之价格低廉，农民买得起，比饲养牲畜省力省钱，还能进行运输和许多非田间作业。因此在实行联产承包责任制后，各家各户经营农业地块小，大中型拖拉机难以施展，小拖拉机蓬勃发展，发挥了很大作用。现全国各县都有千台至万台的拥有量，深受农民的欢迎。但在土地

连片，逐步实行统种分管和适度规模经营后，为了满足土壤耕作的农艺要求，农村将转向添购中、大型拖拉机。

参 考 文 献

- [1] 马克思和恩格斯全集23卷，北京：人民出版社，1972：441
- [2] 资本论，马克思1卷，北京：经济科学出版社，1987：151
- [3] 水田耕整机备忘录，陈晃，北京：农业机械，1989，No. 6：2—3
- [4] 积极发展农业机械化、为促进农业生产和农业现代化而奋斗，邹家华，南京：中国农机化，1989，No. 12：2—6
- [5] 关于发展农业机械化的途径及其规律性的探讨，余友泰，重庆：科学技术文献出版社，余友泰农业机械化 and 农业现代化论文选集，1989年1月：71—77

第二章 机械化土壤耕作的基本原理

农业生产的实质是通过作物的光合作用，对气候资源和土地资源的加工。机械化土壤耕作，则是通过农具对农田土壤的加工。机械化土壤耕作不同于以人畜力为动力的土壤耕作，因为它对土壤的控制和管理作用比以人畜为动力的大得多，也深刻得多。原苏联土壤学家和耕作学的创始人威廉斯有句名言：“没有不良的土壤，只有不良的耕种方法”。他所指的耕种方法也包括土壤耕作在内。通过国内外土壤耕作方法的发展和多样化，也证明土壤耕作可能使土壤环境变好，也可能使土壤环境变坏，才需要改进。因此，如何使机械化土壤耕作在其对土壤加工过程中创造持续的、适合各种作物生长的土壤环境，使土壤环境向好的方向发展，并且节省能源和降低作业成本，就应了解机械化土壤耕作的基本原理。

机械化土壤耕作的基本原理概括起来有如下两点。①农田土壤在自然力作用下呈现出自上而下的层次结构，从而导致土壤的水、肥、气、热的层次梯度。这种层次的土壤结构和土壤因素的梯度，有时对作物生育是有利的，有时是不利的。通过机械化土壤耕作，要创造出有利于作物生育的土壤层次结构——耕层构造，形成良好的土壤水、肥、气、热的梯度。②良好的耕层构造（以土壤密度梯度或孔隙梯度、三相比梯度为指标）应在不同土类农田中，具有充分协调多变气候对土壤的影响，以满足各类作物生育对土壤生活因素的要求。因此，良好的耕层构造不是一成不变的，也不应该是一成不变的。机械化土壤耕作，创造良好的耕层构造，它和农业生态系统一样，也是一个多目标、多因素、多变量的系统，既土壤—作物—大气—机器系统（SPAMC）的复杂系统。

本章阐述机械化土壤耕作的基本原理，即在上述两点基础上，分别从农具与土壤关系、气候与土壤关系、作物与土壤关系给以系统地分析，作为各种土壤耕作类型（第三章）和土壤耕作制（第三章）的评价标准。同时，掌握此基本原理可以因地制宜地、独立地进行不同耕作方法的研究和推广，也可创造性地为适合当地SPAMC系统，提出新耕法和恰当的土壤耕作制。

第一节 农艺和工艺相结合是机械化土壤耕作的根本依据

从我国机械化土壤耕作发展的过程来看，首先是要在各省不同气候、土壤以及不同作物种类组成的耕作制度条件下，搞机械化土壤耕作的试点县，以期通过实践，不断总结如何改进土壤耕作的农艺和农机具的作业工艺以充分发挥机械化的综合效益，然后逐步扩大机械化作业的范围并加以推广。

一、农艺和工艺的关系

土壤耕作是随着气候、土壤状况和作物产量要求不断变化的一项非常活跃的技术。土

壤耕作农艺一开始就先要建立SPAC系统，根据这一系统的要求，制造出相应的工具。如在我国原始农业时期，制造出耒耜；进入封建社会后出现了三角形犁铧的铁犁，后来又加上犁壁；16世纪的欧洲，为了使土层翻转，制造了铧式犁，等等。从人的思维程序来看也是先有土壤耕作的农艺要求，而后构思农具的结构和参数，继而根据工艺原理，设计制造出相应的农具。因为土壤耕作的农艺要协调、控制和适应复杂的土壤—作物—气候持续系统。它在耕作制度中与其它技术环节共同力求缩小或减缓地质大循环，扩大和稳定生物小循环，达到生态平衡。所以土壤耕作的农艺和农机的工艺之间，农艺经常处于主导地位。如过去我国引进外国的农机具时，就必须按着它们的农艺进行耕作。如引进的农机具与我国的农艺比较符合，就可以复制引进的农机具。如果与我国的农艺不符合，或改造引进的农机具，或将其淘汰。铧式犁的引进与我国大部分地区原有的农艺相似，因而被广泛复制，而铧式犁与我国东北地区的农艺极不一致，经过一阶段的试验和实践，只能部分采用。有人认为：“目前水稻推广稀植壮秧，而插秧机要求密植，强求农艺适应农机，就如削足适履。农机应与农艺相适应。”

在已高度机械化的国家，农户拥有较多耕地，必须采取机械化土壤耕作，从市场选购耕作机具，因此生产什么农机具，就用什么农机具。魁帕斯认为，“在小生产时农机具只供应当地有限的市场，农机具制造者和购买者之间密切配合。而现时常常是农机具设计人和使用人之间联系不多，生产出的农机具只有农民购买得多，才是好农具。”由此可见，先进的土壤耕作技术离不开机械化所提供的机具条件；先进的机械化土壤耕作农具没有先进的农业技术为之提供参数，它的设计和制造就没有依据。农机具是工具，只有在劳动者和劳动对象之间传导，才能发挥作用。土壤耕作技术和农机具二者之间相互依赖，相辅相成，有着不可分割的辩证关系。

但是农艺与农机之间既有联系，也会产生矛盾。农机具不仅单纯取代劳、畜力，它也是一个复杂的系统，涉及多个学科，多个生产部门，存在着生产流水线，批量生产的固定性和使用上的广泛性。同时还要考虑动力机和作业机的配套，作业时的能量消耗，直接成本和作业速度，以及作业进程中的组织，与其它田间作业配合，等等。而土壤耕作的农艺具有地域性、季节性、多样性和灵活性。这样常常使农机具的设计和制造跟不上农艺的发展，使土壤耕作停留在劳、畜力作业阶段。为了实现农业机械化，提高劳动生产率，在出现农艺和农机矛盾时，应由双方共同来排除。如在山东省条播玉米时的人工间苗作业，每亩需0.5个工，人工费2.50元，且进度迟缓。而间苗作业的机械化，不如人工间苗能留大去小，留壮去弱，最终使玉米苗等距。山东省改革了农艺，采取机械化原茬（贴茬）精量点播；代替了原来机械化灭茬、条播和人工间苗3项作业，每亩用工量由0.5个减至0.05个，人工费由2.50元降至0.27元，种子费由8元降至3元，油料费由0.99元降至0.39元，而玉米产量增加34.2%。又如东北地区在垄上种植玉米，完成播种要有6道工序，用6个人来完成开穴（刨垅）、施有机肥（把粪）、穴灌水（座水）、播种（点种）、培土（培坑）和镇压（踩格子）。其间因人的体力不同，开穴深浅不一等等，至使出苗不整齐。如用机械化作业，有可能使幼苗整齐一致，作业迅速，争取农时。但如按原作业程序来设计机械农具，则机具结构将极其复杂，即使能制造，作业中也极易出现故障。在这种情况下必须改革农艺，为机械化创造便利条件，并使改革后的农艺比劳动播种更科学，更能发挥精耕细作的优良传

统。吉林省榆树县分解了人力播种玉米的程序，在前一年秋季撒粪，以机械化农具倒垄夹粪，随之镇压，取代了人工把粪；秋季形成新垄，促进茬体蓄水保墒，代替了次年提水、送水、穴灌水。次年垄上开窄沟机械化精量点播，3道工序即可一次完成。我国南方水稻插秧机定型已近30年，但是插秧面积停滞不前，其主要原因是栽培方法多变，行、穴距不定型，这又说明农艺和农机必须结合的重要性。

在农业机械化发达的国家，为了发挥机械化的作用，对不相适应的某些农艺也在做相应的改革。如美国在甜菜种植中，甜菜的间苗曾经遇到困难，因为甜菜一粒种球可以长出几株幼苗，拔掉几株留下单株，会损伤单株根系。为了克服间苗的困难，培育了单粒种子果球的品种。这些例子又是要农艺服从工艺，以工艺为主导。现时的农艺和工艺，各自都还有很大的发展潜力。在二者相互促进不断改革和深化的过程中，必须导致机械化耕作推动农业生产不断进步和发展。

二、精耕细作传统的科学化和机械化

精耕细作是中国传统农业的主要特点。精耕细作不是单指土壤耕作的精细，而是包括全部增产技术措施在内的总称。它的精神实质是尽一切力所能及的办法来提高农业生产。它的可贵之处是生产者的高度积极性，以人为的努力达到增产的目的。长期以来，为我国农业生产积累了宝贵的经验，包括农业基本建设、耕作方法、优良品种、精细田间管理等等。

据以万国鼎为首的我国古农学家的考证，精耕细作奠基于战国时代，因那时已出现了铁制犁，农户可以独立经营农业生产，因而激发了生产的积极性。在秦汉至南北朝时期，犁耕已较为普遍，并创造了畜力耨耩器一耨车等农具，各地因地制宜地出现了不同的耕法。唐犁已基本把我国旧有犁的构造定型了。宋代，长江流域已形成了稻麦两熟制，并有耖、碌碡等表土耕作农具。此外，还有兴修了水利、对不同土类分别采用不同的农业技术，等等，精耕细作的内容是非常丰富的。在精耕细作发展过程中，人们逐渐掌握了自然规律，利用这些自然规律更加激发和发展了人同自然作斗争的主观能动性，树立了“人定胜天”的指导思想。

自战国至明、清，我国先后撰写了300多本农书，建立了在当时生产力条件下精耕细作的理论体系。系统阐述了土壤、作物、气候之间的辩证关系。也正是在这些经验指导下的各项技术措施使我国农业几千年来土壤肥力，能保持经久不衰。

1949年以来，党和政府提出要继承我国农业精耕细作的优良传统，并使其进一步科学化和现代化。因为精耕细作的传统经验是在过去自给自足的小农经济、生产力水平低和缺乏强大工业基础上取得的，必然带有一定的时代局限性。因劳、畜力动力小，自制的木铁农具结构比较简单，性能比较单一，就不得不多投入劳动力，以多项作业，多次作业来达到所期望的土壤耕作的农艺要求，同时，在此基础上，也便于采取多种见缝插针的间套种方式。但是在继承和发扬精耕细作优良传统的精神实质时，一方面要以现代科学在理论上加以开发，同时也要对受时代限制的固有耕作技术加以现代化。在这方面我们已取得了一些进展。例如机械化土壤耕作已能创造比较均匀一致的土壤环境，使每个植株都获得类似的生育因素，而不需要费力费时地“管理到棵上”。华北地区已实现机械化的地方，把小麦套种玉米改为小麦复种玉米，获得比套种还多的产量；东北地区淘汰了过去主要耕种技术之

一出苗不齐的畜力“扣种”，实现了若干世纪以来强调深耕而未能实现的深翻和深松技术，人们从“三犁、三耢、耕三耙四锄八遍”的多次作业中解放出来。“现在世界上一些工业发达国家正在用电子、材料、能源和生物工程等高新技术，调整工业企业结构，已取得明显效果；把它们应用于农业生产必将产生巨大影响。我们要接受这个挑战，把各学科的新技术、新成就运用到农业生产中来，把我们的精耕细作传统提高到一个新的水平”。

三、加强农艺研究和工艺研究的结合，促进机械化土壤耕作的发展

现在人们公认，到下个世纪，哪个产业用上了新的科技成就，它就将是兴旺发达的部门。当前在农业科学领域中也正在酝酿着许多新的课题。如由“平面农业”走向“立体农业”；由“工业化、化学化”农业走向“生物化”农业。在农业机械方面，包括土壤耕作机械也由牵引农具向高效能、全悬挂液力驱动，由机械控制向电子监控和自动化发展。在农艺和工艺两方面都有了很大发展。近年来我国在农艺和工艺革新方面，也已取得明显进步。有时是在原有机具基础上，改进、提高或创造新农艺，如便于使用插秧机，改田间育苗为工厂化育苗。有的为适应新农艺改革农具，如中耕机一般是浅耕灭草，要使它深耕蓄水，就要把中耕机改成长拉杆，短横梁，单翼犁要有长齿，短齿铧，以确保松土灭草不伤苗。总之新农艺将引导产生新问题。为了促进机械化土壤耕作发展，必须注意以下问题。

1. 我国在土壤耕作农艺要求和机具作业工艺的研究都已有20—40年的历史。总结过去的经验和教训，在改进或研究新耕作方法和设计制造新机具时，农艺研究者和农机研究者以密切配合，共同探讨是保证顺利获得进展的关键。农艺工作者在探讨新的或改进土壤耕作农艺过程时，要为其机械化提供必要的参数和程序，农机工作者在设计制造过程中，要提出为便于制造和使用机具对农艺作适当修改的设想，经过农艺和工艺二者间这样反复的相互适应，然后才能确定可行的新农艺和保证这个新农艺的机具设计。70年代黑龙江省在研究旱田深松耕法时，就组织了高等农业院校和科研部门的农艺与农机科技人员和农业生产第一线人员成立“深松耕法试验研究小组”，取得了较好的结果。后来东北农学院研究稻田深松耕法，黑龙江省农科院研究低湿地和台田深松耕法，都是由农艺和农机两方面人员组成课题组，相互渗透，融为一体，从提出农艺方案到样机制成只用了3年多的时间。同样，在新机具批量生产和推广中，也都需要农技人员和农机人员的密切合作，才能顺利进行。

2. 尚无适当机具的情况下，研究劳、畜力土壤耕作农艺时要有预见性地为以后的机械化创造条件，如便于扩大耕幅，更换机械动力等。

多熟制土壤耕作机械化是一个比较复杂的问题，尤其是间作套种。各地有不同的间套作的作物组合、带距、行距和种植密度，还有许多不统一的争议。榆次市张庆公社郝村大队1974—1976年在麦播中使用东方红-75拖拉机作业，仔细分析了机械化作业应达到的以下要求：一要麦田保持适当比例；二要保证玉米株数不能比全种玉米（实种）减少太多；三要玉米长高时，复种作物有较正常的生长环境；四要便于拖拉机和农具进地作业；五要协调麦田宽度与机具工作幅呈整数倍关系。经过反复研究最后确定以带距3.3m（一丈）、三七占地方式能较好地协同上述5个方面要求，而实现了麦播作业的机械化。我们的经验是在多熟制研究中要加入机械化这一约束条件，促使多熟制方式早日定型。首先考虑适应多熟制要求的机械化方式，把多熟制和机械化两步合成一步走。

3. 在研究设计新的机械化土壤耕作技术时, 必须深入全面考虑, 认真反复论证。因为一旦付诸农业生产, 就应保持它在一定时期内的稳定性, 从而构成一个具有中国特色的高度机械化农业生产格局。农艺的轻易变更必将造成混乱, 使机械化一筹莫展。因此要制止“年年搞新套套”的打乱仗和短期行为。当然这个稳定只是相对的, 它在不同气象年份中接受检验, 并随着科技进步不断有所改进和创新。

4. 作物增产是多种农业技术综合作用的结果。而在这些农业技术要求中, 往往出现相互矛盾的现象, 就需要从便于机械化和获得较大经济效益的角度加以权衡和取舍。在现已成熟的农业技术中可舍去一项虽可增产但难以机械化的技术, 而以另一项易于机械化的农业技术代替, 同样可以达到增产、增收的目的。例如作初间苗是较难实现机械化的一项作业, 可以精选种子保证发芽率和苗齐苗壮, 以机械化精量点播而舍去间苗作业。又如谷子苗小要间寸留苗, 间苗很费工, 是限制其种植面积的重要原因之一。有人设想将各种肥料使其大粒化, 就可精量点播, 当然是否可行, 还需进一步研究。

5. 对一个成功但很复杂的农业技术, 可将其作业程序分解, 重新组合成便于机械化的作业程序。如前已述, 东北地区人、畜力种植玉米要有 6 道作业程序, 现将坐水和把粪两项作业在其它作业完成, 其余开沟、播种、覆土、镇压 4 项可用播种机一次完成, 就大大简化也加快了玉米播种作业。同样, 也可将几项单一作业结合起来, 在不超负荷情况下, 进行联合作业, 既节能节时, 也减少机组进地次数。黑龙江省国营农场在铧式犁侧面安装由 7 个小圆盘组成的合墒器, 起到随翻随把的作用, 既提高了整地质量, 又减少了翻地后的整地次数, 还起到保墒作用。由此可见, 在以较大机械动力代替人、畜力进行土壤耕作过程中, 固有农艺的分解和综合是机械化土壤耕作中一项宝贵的成功经验。

6. 在相对人少地多的国营农场, 必须有配备成套机械, 才能发挥农场较大规模生产的优越性。而在广大农村, 农户占有土地面积很小, 作物种类较多, 农艺更是多种多样, 就“不必强调机械化或过分强调劳动生产率, 而以调整农产品价格来增加劳动产值。也不必强调农机具的高、精、尖, 只要农机具性能和可靠性好, 农民能用的好, 用得起, 因增添了机具, 得到效益, 才有兴办机械化的积极性。”在达到一定的经营规模, 并有了足够资金积累时, 才能因势利导逐步提高机械化程度。

第二节 农机具向土壤投入能量的转换和节能途径

一、农机具向土壤投入能量的转换

机械化土壤耕作是转换化学能(油料)为机械能, 并以机械能形式投入土壤。但在拖拉机起动后, 有多少机械能转移到土壤, 要根据农机具作业断面上的总比阻和作业速度以及农机具的重力而定。如东方红-75 拖拉机牵引铧式犁翻地, 拖拉机因本身零件的滚动、传动和摩擦大约消耗 15 马力, 如果翻地以二速顺利进行, 则投入土壤约为 60 马力。也就是在五铧耕幅 1.75m、耕深 20cm 的土壤断面 350cm² 以承受 60 马力(44kW) 平均 cm² 承受 0.17 马力(0.12kW)。

这些能量投入土壤, 使土壤颗粒和团块按农具工作部件的形状和刃部锋利程度改变, 原来的接触状态, 产生土壤变形和位移, 从而改变土壤三相比(固相、液相和气相), 使土

壤中水、肥、气和热的状态产生变化。诸如毛管孔隙增多或减少，孔隙、孔径增大或缩小，水分在毛管孔隙中的水势，增大或缩小。这些变化，引起土壤空气对流的方向和速度，土壤热量传递的速度、土壤微生物活性、以至土壤有机质的矿化和腐殖化。适宜的水、肥、气、热组合，促进了根系吸收土壤因素。所以，机械向土壤投入能量，直接转移至土壤颗粒和团块的变形和位移，由此再转换为土壤水、肥、气、热的动能。

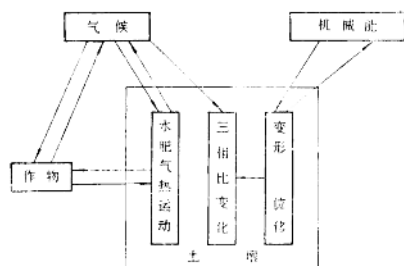


图 2-1 农机具向土壤投入能量的转换模式示意图

土壤原本有各种形态的能量存在。而这些能量与作物生育需要摄取的能量，有时超过，有时不足，或某些充足，另一些不充足。土壤中积存的能量，就反映为土壤生产力。因此在栽培作物时，有时需要，有时不需要投入能量。机械化耕作就是向土壤投入能量的方式之一。由于影响土壤能量的因素包括有生命的和无生命的很多因素，关系也极为复杂，现时尚难作精确的定量测定，图 2-1 只是定性地表示向土壤投入能量的转换途径。

由此可见，机械化土壤耕作的实质，尽管有多种不同说法，若从能量转换途径来看，最基本的是改变了不同层次或部位土壤的孔隙状况，即耕层构造状况。它是机具向土壤投入能量的结果。农艺工作者重视这一结果是否适合作物生育，农机工作者重视获得同样结果，如何降低功率消耗。前国际土壤耕作组织 (ISIRO) 领导人 H. Kuipers 认为“恰当地阐述耕作机具对耕层构造的改变，对于耕作作用进行更好的了解和分类是一个有价值的贡献。”他还设想，“在农业系统工程中，引入土壤动力学的研究，以利于阐述一个土体有关应力状态和不同土壤变化的模式。由于土壤种类多而且条件不一，作业过程中或作业前后，耕层构造的细微变化难以重视，观察起来也比较困难。所以土壤动力学倾向于用简单的工具和试验装置把力的一般形式与田间实测的用力数学模型联系起来，是现时研究工作的一个进展。”土壤动力学现已成为土壤学和农业机械学的一个边缘学科，对这门新学科的深入研究无疑将有助于机械化土壤耕作的发展。

二、机械化土壤耕作的节能途径

能源问题是当今世界的三大问题之一(另外两个是人口增长和自然资源的破坏)，各项农田机械化作业都需要消耗能量，都应力求减少这种消耗。因为土壤耕作在全部田间作业中所占比例最大，尤应着重加以考虑。黑龙江省国营农场车广才报道为例，“3 000 万亩耕地，仅土壤耕整地作业，每年需油料 60 000t，价值 2 400 万元”，如能节省 10%，每年即减少

6 000t油料。“美国每英亩^①供油10加仑^②，他们认为每英亩节约1—2加仑，1 000万英亩，每年可节能1 000万加仑。”尽管我国和世界石油埋藏量还比较丰富，但毕竟是不可更新的资源。因此世界各国都在研究机械化土壤耕作节能问题。

(一) 耕作机组节能 拖拉机的比油耗(每千瓦小时所需燃油数量)一般为250—280g,不同功率和结构重量,比油耗相差很大。从表2-1可见,功率和结构重量大的,比油耗较小。

表 2-1 几种拖拉机的功率和比油耗

拖拉机型号	功率(kW)	比油耗(g/kWh)	牵引力(N)	结构重量(kg)
东方红-12	7.35	258	4940—3250	610
东方红-35	25.76	264	7350	1500
东方红-75	55.2	271	29400	5748
龙江-80	58.8	258	39200	4700

农具作业项目不同,耗油量差异很大。即使同一作业,不同的机型和机组作业面积,耗油定额也不一样。从表2-2中可见,东方红-75翻地的耗油定额最高;3种拖拉机进行播种作业,东方红-75机组作业面积4800—5098亩,油耗0.25 kg/亩,铁牛-55的机组作业面积比东方红-75少一半,但油耗定额并未减少一半,东方红-28仅高于铁牛-55。由此可见,如地块较大,以大型拖拉机作业可明显节省油料。

表 2-2 3种拖拉机的耗油定额

拖拉机种类	作业种类	机组作业面积(亩)	耗油定额(kg/亩)
东方红-75	翻地	4 800—5 098	0.84
	耙地	19 000—28 000	0.34
	播种	4 800—5 098	0.25
	平川	18 000—19 600	0.30
	追肥	4 500—5 098	0.23
铁牛-55	播种	2 300—2 800	0.15
	平川	7 000—8 000	0.20
	追肥	2 500—2 600	0.26
东方红-28	播种	2 364—2 636	0.20
	中耕	7 300—7 800	0.26

(二) 减少作业次数 关于作业次数问题,沅胜之早在农公元1世纪就已提出:“及时耕,一而当四,和气去耕,四不当一,”意思是说,在宜耕状态时耕作,一次即可达到多次作业的质量要求,否则就事倍功半。例如耕翻后,如不及时进行整地,堡条干硬后,再用圆盘耙把碎就很难,往往需要若干次才行,这就大大浪费了油料。多年来机耕的实践已证明深耕20cm以上,深耕效果可保持1—2年。因而在多熟区,可利用深耕的后效无需每

① 1英亩=6.070亩

② 1加仑=4.546升