

农业生产中的 若干土壤学与 植物营养学问题

洪庆文 黄不凡 主编

科学出版社

农业生产中的若干土壤学 与植物营养学问题

洪庆文 黄不凡 主编

科学出版社

1994

(京)新登字 092 号

内 容 简 介

土壤是植物营养和农业生产的基础。本书主要论述我国农业生产持续发展中所涉及的若干土壤学与植物营养学问题。

全书共分六部分,环绕土壤合理利用与改良、土壤水分与节水农业、耕地资源评价与作物生产潜力、植物营养与施肥、肥料资源的合理开发与利用、土壤生物与土壤生态系统等问题进行了较深层次的科学探讨,本书从学科发展与农业宏观研究的角度考虑问题,给人们留下深刻印象。此类研究专集,目前尚属少见。全书观点鲜明,资料翔实,针对性强,很有参考价值和科学指导意义。

本书可供各级农业部门、农业科研单位和高等农业院校的科技人员、研究生、博士生,以及行政管理人员参阅。

农业生产中的若干土壤学 与植物营养学问题

洪庆文 黄不凡 主编
责任编辑 梁淑文 潘秀敏
科学出版社 出版

北京东黄城根北街 16 号
邮政编码: 100717

瑞丰印刷制本有限公司印刷
新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1994 年 11 月第 一 版 开本 787×1092 1/16

1994 年 11 月第 一 次印刷 印张: 19 3/4

印数: 1-1000 字数: 459 000

ISBN 7-03-004318-9/S·139

定价: 27.00 元

《农业生产中的若干土壤学与植物营养问题》编辑委员会

主 编：洪庆文 黄不凡
副主编：张辛未 李学柱
顾 问：陆发熹
编 委：洪庆文 黄不凡 张辛未 李学柱 郑炜萱
 陈志雄 刘腾辉 黎立群 邓邦权 郑德邻
 叶汉峰 邬伯良
作 者：(按姓氏笔划排列)
 方世经 邓邦权 申集勋 叶其樑 刘子潘
 刘腾辉 刘名杰 刘启泉 吕禄成 邬伯良
 李小娟 李昌南 李学柱 李培才 杨珍基
 吴阿姣 吴惠就 张辛未 张秉刚 张淑光
 宋昌臣 陈 平 陈志雄 周大卓 郑德邻
 郑炜萱 郑玉祥 洪庆文 唐广悦 黄不凡
 黄福庆 郭媛娟 梁绮韶 雷启新 谭学奇
 潘玉生 黎立群

赞助者：香港瑞丰印刷制本有限公司

序

为了满足我国 11 亿多人口对粮食、棉花、植物油及其他农副产品的社会需求，必须深入研究和解决许多农业科学问题，土壤学和植物营养学就是其中的两个重要问题。

一个国家自然资源（这里主要指土地资源、水资源、肥料资源等）的丰缺，它们的配置与开发利用是否合理等等，无疑，将对整个农业持续增长及国民经济的协调发展有着巨大的影响。某一地区的农业生产发展目标、结构优化和增产途径，无不与该地区的土壤属性和植物营养问题息息相关。在某个特定的农业区域范围内，不同的土壤类型以及某些植物营养元素对不同作物的作用机制和增产效果，也不完全相同。因此，针对全国范围内农业上的共同问题和某个特定农业区域的地区性问题，开展土壤学和植物营养学问题的研究，对于提高农业生产水平和农业科学水平无疑是非常重要的。

建国以来，我国对土壤学和植物营养学问题已开展了广泛而深入的研究，取得了可喜的成绩，对我国农业生产水平的提高和农作物的持续增产起着重要的作用。但是，科学技术是不断进步的，科研成果是不断更新的，农业生产中的新情况、新问题和新经验更是不断涌现的。随着我国人民生活水平的不断提高，对农产品的品质和自然环境的保护等提出了新的要求；随着人口的不断增加和耕地资源的不断减少，在更有效的发挥土壤生产潜力、合理开发利用我国有限的土地资源以及增加农产品的产量等方面也提出了更高的要求，所有这些，使土壤学和植物营养学目前正面临着许多新的研究课题，它的任务更加繁重，重要性也更加突出了。

《农业生产中的若干土壤学与植物营养学问题》一书正是在这种形势下出版的。读完全部书稿后，高兴地看到，本书文章所涉及的问题都是土壤学和植物营养学的重要问题，本书的作者在解决上述任务的研究中已迈出了可喜的一步。

我国人口众多，土地资源不足，部分土地发生退化，人口的增长和城市、工业用地的增加，使土地资源问题更为突出。本书作者针对这个带有根本性的重大问题，对我国的土地资源和作物生产潜力以及土壤的合理利用改良等作了深入的研究，取得了丰硕的成果。我国干旱、半干旱地区面积大，水资源不足，节水农业的重要性也因此而日见突出，本书对此也有专门的研究和论述。此外，本书对肥料资源的合理开发与利用、科学施肥、土壤生物和土壤生态系统等重要的农业生产问题，都有一定深度的论述。

由于本书作者遍布祖国的四面八方，他们在科研部门、农业生产部门和教学单位辛勤耕耘了 30 余载，对所从事的土壤农化专业具有坚实的专业知识和丰富的工作经验，深刻了解本专业存在的科学问题和生产问题，因此他们所写的文章，大多针对性较强，能从整个学科的高度和农业生产发展的角度来观察问题和分析问题，既有深度，又有广度，科学性和生产性都较强，这是本书的特点之一。

本书的作者都是同窗学友，他们抱着促进科学发展、提高农业生产的共同目的，在编写本书的过程中，彼此相互交流，切磋讨论，取长补短，对本书内容的充实和质量提高也起了有益的作用。这是本书另一可喜特色。

当然，本书也有可进一步充实提高之处。个别文章论述的问题有较明显的地区局限性，有的问题由于研究时间较短或当前学科发展水平所限，不可能作出更深入的或准确无误的阐述。但是，作为一种科学研究和理论的探索，它可以作为一个良好的开端，今后是可以通过不断的深入研究和实践来逐步完善的。

总之，《农业生产中的若干土壤学与植物营养学问题》一书的出版，是当前研究水平和认识水平的反映。希望本书的出版，对当前农业生产和土壤科学的研究能起一定的促进作用。相信这也是本书作者们所殷切期望的。

陆发熹 1994年3月 于广州

前 言

土壤学和植物营养学是直接影响着农业生产的两门极其重要的学科，要持续地提高农业生产水平，就必须不断地提高土壤学和植物营养学的科学水平。

我国对土壤学和植物营养学已进行了长期而广泛的研究，并取得了许多重大成果，对农业生产起了很好的推动作用。但是，科学的不断发展，人民生活水平的不断提高，必然对农业生产提出更高的要求。许多新的农业生产问题和科学问题正在不断涌现，等待着这方面的科技工作者去研究、去解决。

我们的工作岗位遍布祖国各地，从事农业生产、科研和教学工作都已达 30 余载，深刻了解当前本学科所面临的新问题和解决这些问题的重要性，并已对此进行了多年的试验研究，积累了许多珍贵的资料，深信如果我们从各自多年研究的领域出发，发挥自己的特长，针对当前存在的农业生产问题，将多年研究的成果和经验加以总结，编辑成书，与全国同行相互交流，当能对农业生产和科研的发展起着有益的作用。

本书主要论述六个方面的问题：

1. 土壤的合理利用与改良。2. 耕地资源评价与作物生产潜力。3. 土壤水分与节水农业。4. 植物营养与施肥。5. 肥料资源的合理开发与利用。6. 土壤生物与土壤生态系统。

这些都是当前农业生产中存在的重要问题。由于所涉及的内容非常广泛，限于我们的研究领域和本书的篇幅所限，不可能全面而系统地探讨，只能择其重要者加以论述。

我们都是同窗学友，在本书的编写过程中，抱着促进科学发展，提高农业生产的共同目的，彼此密切交流，相互切磋，取长补短，力求使本书能够反映当前的研究水平和认识水平。但由于我们工作在不同地区，作者们所处的角度也有不同，有些论述可能有一定的地区局限性，加之水平所限，缺点在所难免，衷心希望读者批评指正。

在本书的出版过程中，得到叶汉峰（叶炫球）先生及叶其櫟先生的大力支持帮助，使本书得以顺利出版，在此特致以深切的谢意。

编 者

1994 年 4 月

目 录

序

前 言

我国农业生产中若干土壤学与植物营养学问题概述..... (1)

土壤合理利用与改良问题

我国盐碱土的类型、特征及其利用改良 (19)

低产水稻土的利用与改良 (42)

黄棕壤的利用与改良 (54)

赤红壤的利用与改良 (69)

砂姜黑土的合理利用与改良 (83)

红壤地区的水土流失与防治 (91)

耕地资源评价与作物生产潜力问题

我国耕地资源的类型及其分布特点..... (103)

耕地资源与粮食作物生产..... (110)

耕地资源与经济作物生产..... (124)

耕地、人口、粮食与土地承载力的关系..... (132)

土壤水分与节水农业问题

我国水资源的时空分布状况与特点..... (139)

农田土壤湿度的空间变异与土壤水分平衡..... (142)

中子探管法测水的方差分析及其应用..... (147)

根层边界的水分通量 (158)

土壤水分平衡与节水农业..... (162)

植物营养与施肥问题

水稻的氮素营养及氮肥施用技术..... (173)

小麦氮磷钾素营养及其施肥技术..... (185)

棉花营养与合理施肥..... (195)

油菜的花而不实症与硼素营养..... (204)

柑桔大小年结果问题与营养施肥..... (212)

肥料资源的合理开发与利用问题

我国肥料生产结构的特点及其变化趋势..... (231)

不同地区化肥资源的合理配置·····	(236)
改进施肥技术, 提高化肥利用率·····	(241)
有机肥料的合理开发与利用·····	(247)
有机肥在培养地力中的地位与作用·····	(259)

土壤生物与土壤生态系统问题

土壤微生物在农田生态和植物营养中的地位与作用·····	(267)
土壤生态系统中的物质能量循环与转化·····	(272)
不同林型生态对土壤水、热状况的影响·····	(276)
城市污水灌溉对农田生态的影响·····	(287)
蚯蚓粪便利用与其对地力的影响·····	(294)

我国农业生产中若干土壤学与植物营养学问题概述

一个国家要国泰民安、经济繁荣、社会进步，关键取决于能在何种程度上发挥国民经济重要部门之一——农业现代化及其基础地位的作用。然而，现代农业又是一个开放性的复杂的巨系统，需要土地资源、水资源、能源、肥料资源、良种资源等科技贮备的密切配合。本专集所讨论的农业生产中若干土壤学和植物营养学问题，就是这个复杂巨系统中子系统分支里一些饶有兴趣的问题，它是本书各作者在各自的工作岗位上，从事教学、科研、生产的主要研究成果之结晶。尽管它只是我国农业生产中的一些侧面，但正是这些侧面，构成了我国农业生产发展中一个十分重要的支柱。离开了这个重要支柱，现代农业的发展要获得长足进步是很难想像的。

一、土壤合理利用与改良问题

从资源可否替代的角度看，土地是人类劳动的对象和重要的生产资料，这在目前生产力发展水平条件下，土地资源仍然是养育人类、难以替代的极宝贵的农业自然资源之一。与之相伴生的土壤学，则是一门实践性、理论性和针对性很强的应用科学。在当今该门学科发展进程中，重要土壤基本性质的阐明，整治河山，改良土壤，减轻水土流失，保持生态平衡，合理利用与配置土壤资源，做到充分用地、积极养地、用养结合，把农田耕作土壤越种越肥，往往能在农业发展中起巨大的持续增产稳产作用。而上述种种土壤学问题的深入研究与逐步解决，既有赖于合理利用和配置土壤资源，又必须依靠研究方法与技术不断改进，才能满足农业生产不断增长的需求。从这种意义上说，这也是我们土壤科学研究工作者的共同任务。

从注重资源实用价值上看，农田土壤的合理利用与改良，向来就是与当地的作物布局、肥料资源、土壤条件、环境因子以及它们所产生的综合经济效益息息相关。直到今天，各种改良土壤的方法和经验层出不穷。但是，不少土壤科学家认为，应用某种模式模拟的改良方法只能起参考作用，最终改土培肥方案的确定，还是要靠熟习当地农业情况的专业人员与农民的结合。我们和当地农民讨论这个问题时，有人认为影响改良效果的因子太多，因子之间很复杂难控制，认为实用起来很多问题不易解决；还认为：家庭经营的田块小，影响改良效益的社会因素时时干扰，更使问题复杂化；但也有许多种田能手对这件工作充满信心，认为中、低产土壤一经改良，会创造出更为可观的经济收入。

从本专集的特点看，尽管它所论述的盐碱土、黄棕壤、赤红壤、砂姜土、低产稻田土壤改良等等，并非这些土类中的全部，只限于其中的一些侧面；然而它却在合理改良利用这些耕作土壤的过程中，积累了许多带有普遍实用意义与科学价值的东西，通过因地制宜的运用这些措施，从长远来讲，有可能结出更加丰硕的果实。

1. 水稻土

它是在我国耕作历史悠久，水稻栽培面积广大，长期的间歇性淹水，形成的独特成土条件下的一个土壤类型。据统计，在全国现有水田耕地分布状况中，长江中下游地区的水田面积最大，占全国水稻面积的 50.5%，稻谷亩产量 392 公斤；华南区和西南区的水田面积居中，分别占全国水稻面积的 18.9% 和 20.1%，稻谷亩产量分别为 322 公斤和 403 公斤；东北区和华北区的水田面积不大，分别占全国水田面积的 3.5% 和 6.1%，稻谷亩产量分别为 302 公斤和 396 公斤；西北地区的水田面积最小，不到 477 万亩，仅占全国水田面积的 1% 左右，但这个地区的昼夜温差大，形成的碳水化合物多，单产高，平均稻谷亩产量达到 424 公斤。就粮食生产而言，它以占不到全国二分之一的粮田耕地面积，生产了占全国三分之二以上的粮食产量，养育了全国 57% 以上的人口，人们不难看出，水稻栽培在我国粮食和农业生产发展中具有的重要地位和作用。但是，我们也清楚地看到，全国水稻生产发展是不平衡的，高产地区的水稻单产平均七八百公斤，而低产地区的水稻单产平均只有一二百公斤，甚至一百公斤以下。因此，如果把占全国 26% 的低产稻田土壤都利用改良好，其经济效益和社会效益一定会是很可观的。由于形成这些水田低产的因子不一，所以，改良利用的措施也不完全相同。例如，通过土壤普查，湖南省发现常年产量低于当地平均产量 20% 以上的低产水稻土有 1300 多万亩，占全省水田面积的 33%，主要障碍因子是一些冷、浸、粘、板、瘦及其它有毒物质的危害。广东省低朗渍水地区的低产稻田约有 100 万亩左右，占该地区稻田面积的 37%；其主要障碍因素有三：一渍害；二过酸，土壤 pH4—4.5；三缺素，土壤有效磷、锌、钼的含量低，影响稻苗发棵与结实；而广泛分布于石灰岩地区的石灰性水稻土，则又是桂西南地区低产水田中的一种特殊类型，仅桂林地区就有 83 万亩之多，占该区水田面积的 25.4%。此种土壤呈碱性反应，pH 值一般在 7.8—8.5 之间，碳酸盐含量高，一般为 5—20%，高者达 30% 以上；究其成因，主要是人类长期大量施用石灰，在土壤 pH 值比较高，CO₂ 分压低，通透性不良的条件下，碳酸钙在土壤剖面上部积累的结果。此外，长期引灌含钙量高的溶洞水，每年每亩又带入碳酸钙 100 公斤左右，同样也会导致土壤石灰性。这种类型的低产水稻土，容重大，通透性差，犁底层石灰结核多，甚至有的还形成硬盘层，根系很难往下深扎，水稻产量低，一般不到 200 公斤；研究这些低产稻田的障碍因子而加以人工改良，不仅是发展水稻生产的需要，也是这些地区农村经济脱贫致富的一项重要措施。他们一般采用的改良办法是：排除渍水，增施有机肥料，配合施用氮磷钾肥，平均每亩可增产稻谷 70 公斤，高者达 120 公斤以上。

典型潜育性水稻土、全层潜育性水稻土、脱潜育性水稻土、次生潜育性水稻土、潜潜育性水稻土等，都是我国南方常见的一类低产土壤；这类低产水稻土，多分布于河流下游冲积平原河网地区或湖区周围地下水位较高的地区，例如，鄱阳湖区、洞庭湖区的这种潜育化的水稻土面积均在 120 万亩以上，约各占湖区水田面积的 15% 左右。这类土壤的养分含量有三个明显的特点：一是土壤全量养分贮量丰富，无论是土壤有机质，还是氮磷钾全量的丰度都比非潜育化水稻土为佳；二是土壤各层养分分布较均匀；三是土壤矿化度低，有效养分偏少，除水解性氮略高外，速效性磷和速效性钾的含量都很低，在强还原条件下，潜育层氧化铁以游离态为主，占氧化亚铁含量的 27.1%—30.8%，无定

形态占 18.9%—19.7%，分别比潜育性水稻土高出 0.2—0.7 倍和 1.2—1.4 倍；强潜育型水稻土 pH 值低，表现出强酸性反应，有机碳在耕层潜育层中有富集作用，潜育性愈强，其积累量明显增加。针对以上特点，主要应采取以下措施：

(1) 开沟排水，降低地下水位，改善土壤的通透性能。

(2) 合理轮作，尤其在种植一季双季稻后，泡水过冬，土壤长期浸水的水田，宜改水稻连作为水旱轮作，改深水灌溉为湿润灌溉，改冬泡为晒冬，改水耕为干耕，逐渐消除青泥层。

(3) 合理施肥，增加土壤供应养分的能力，例如，鸭屎泥田冬干后，不仅耕层结构变坏，形成大量僵泥块，而且速效磷急剧减少，因而施磷肥有很好的效果；又如，紫色页岩发育而成的紫泥田，石灰岩地区的灰泥田以及滨海盐土的稻田都是缺锌的，可将锌肥与磷肥配合施用，才能同时发生增产作用。

(4) 广开门路，采用综合措施，因地制宜种植水生植物，发展渔业和畜牧业多种经营，搞活农村经济。

很明显，在全国水稻栽培面积相对稳定的情况下，若通过以上综合改良措施，将现有低产田上的水稻单位面积产量，提高到目前中产田的水平；再将中产田的水稻单位面积产量，提高到高产田的水平。那么，按照农作物生产潜力计算公式进行预测，到本世纪末，在全国目前水稻总产量 1830 亿公斤基础上，尚有 330 亿公斤的潜力。但是，水稻生产潜力容量的地区分布很不平衡，从横向比较，以长江中下游地区的潜力最大，为 232.8 亿公斤，占全国水稻生产潜力总量的 70.5%；西南区和华南区居中，分别为 33.6 亿公斤和 36.4 亿公斤，各占全国水稻生产潜力总量的 10.2% 和 11.0%；华北区和东北区的生产潜力比较接近，分别为 10.3 亿公斤和 12.4 亿公斤，各占全国水稻潜力总量的 3.1% 和 3.8%；西北地区的生产潜力较小，为 4.6 亿公斤，只占全国水稻生产潜力总量的 1.4% 左右。无疑，以上这些科研成果，将为我国制定不同类型地区水稻生产发展远景规划，提供具有科学决策参考意义的理论依据。

2. 盐碱土

严格说，它是一种土壤退化现象。据不完全统计，目前我国有内陆盐碱地 7500 万亩，荒漠盐渍土 340 万亩，滨海盐碱土 1500 万亩左右。当然，并非所有的盐碱地都是低产土壤，在一些轻度盐碱地上种植较耐盐碱的作物如棉花、向日葵、高粱等，只要经营管理得法，还是可以获得良好经济效益的。

一般地讲，土壤盐分的积聚具有以下三个特点：

(1) 盐分消长的季节性变动规律，十分明显，即旱季积盐，雨季脱盐；黄淮海一带的农民形象地把这种积盐季节和脱盐季节性变化规律描绘为“七月八月地如筛，九月十月又上来”。

(2) 表土层的盐分含量高，容易危害作物发芽和出苗；0—10 厘米表层内土壤含盐量一般在 0.229%—0.516% 之间，尤以 0—5 厘米积盐最多，平均达 0.557% 以上，此时棉花不能正常出苗。

(3) 盐分在土壤剖面中的分布呈“牵牛花状”，而在一个较大的区域范围内又呈“斑块状”分布，农民叫它“花碱地”，其中大部分盐碱地的含盐量并不太高，有 60% 左右是

轻盐碱地。

针对以上特点，究竟应当采用哪些改良措施呢？概括地说，主要有以下几个方面：

(1) 种稻改碱，淋洗与抑制表层盐分的积累。在有水源保证条件下，种稻改良盐碱地一般都能减少总盐量的 20%—80%，土壤脱盐效果显著。各地实践证明，种稻前后相比较，在整个剖面中以表层脱盐率最高，为后作播种创造一个淡化层，有利于作物生长，这也是我国改良盐碱地的传统措施之一；重要问题是如何改善灌区排水条件，北方滨海地区，降雨量少，蒸发量大，自然淋盐慢，因此结合灌溉洗盐或种稻压盐进行排水排盐，效果较好；而且北方滨海地区有旱作，有稻作、也有水旱轮作，所以地下水位要求控制较深，旱季要在 1.5—2.0 米以下；南方滨海地区，降雨多、蒸发小，自然淋盐较快，返盐季节短，加之多以双季稻为主，故地下水位深度和末级排水深度可控制在 50—60 厘米之间。此外，灌水排盐的效果，还决定于地下水的流向流速，要重视田间排灌工程设施的配套建设，要先通后深，有排盐出路；怎样进一步巩固脱盐效果，避免稻田回旱一年两年或三年时间内，盐分有回升现象的发生？则又是水旱轮作调控水盐动态过程中，需要着重研究解决的新课题，特别对那些盐碱土地带插花种稻的农田更是如此。

(2) 调控水盐运行，减轻或避免次生盐渍化的发生。它要求井渠沟结合，尽管机井抽排条件下的洗盐，可加速水盐在土体中的运动，促进土壤脱盐，但竖井排水与地下水位控制标准应从严要求。例如，70 年代中期，宁夏银川平原引黄灌区采用井渠沟站结合，充分发挥排水设施功能，起到了良好的作用。目前，竖井抽水只考虑抽水时间，每段抽水 25—30 天，而没有密切联系地下水控制标准，造成动力浪费；在灌溉期，一方面应控制地下水位，同时也可将明沟水、地下水用于灌溉，尽量减少引水，既利于提高排水效益，发挥机电排除地面积水的作用；还有利于保证明水不过冬，调控地下水埋深与矿化度，起到减轻或避免次生盐渍化的发生。另外，浅井结合暗管排渍，可把水多、气少、缺磷、多盐碱的冷板田改良成为结构疏松、水肥气热协调、适宜作物生长的高产土壤；这套措施，特别对江南低洼圩区的低产田改良尤为重要。

(3) 躲盐巧种，提高棉花等经济作物的抗盐能力。棉花是比较耐盐碱的作物，其耐盐碱性因盐碱类型而有差异。在硫酸盐—氯化物盐化潮土上，当 0—5 厘米含盐量 0.516%，0—10 厘米含盐量 0.373% 的情况下，棉花可出苗 70%；在苏打盐化潮土上，因盐分组成中含有较多的重碳酸钠，碱性大，对棉花幼芽及根系可产生直接伤害，尽管其相应表土层的含盐量（分别为 0.502% 及 0.363%）与硫酸盐—氯化物盐化潮土的含盐量相近似，但棉花的出苗率只有 5% 左右；在这样两种土壤上，只要采用一些开沟起埂、育苗移栽、躲盐巧种的配套措施，便可使棉花渡过出土保苗关，待雨季一到，棉苗迅速生长，从而获得较高的棉花产量。由此证明，只要在灌排条件逐步得到改善的情况下，运用这套综合栽培技术在盐碱地上发展棉花，确实是一条利用与改良相结合的有效措施，能收到投资少、见效快的效果。

(4) 调整农业布局，促进盐碱土地区农林牧业协调发展。目前，盐碱土地区的棉花、向日葵、红麻等经济作物发展很快，粮食作物中夏熟作物面积不断增加，秋熟作物面积减少，带来的问题是复种增加，绿肥减少，休闲减少，杂粮减少，饲料缺乏，一些耐盐度高的豆科牧草得不到推广普及。各地研究结果认为：盐碱土地区的农业结构应由单纯的粮食生产逐步向种植业、养殖业、土壤管理为特征的集约农业发展，种树种草，拓宽

生产门路，搞活地区经济，尤其对那些半农半牧区的轻度—中度盐碱滩地扩大种植紫花苜蓿、草木樨、花柴等；在较重盐碱荒地上种马蔺、花柴等有很大效果，一般平均每亩可产干草 230 公斤及紫花苜蓿种籽 0.7 公斤。

40 多年来，同土壤盐渍化作斗争的实践经验与研究证明，防治土壤盐渍化必须遵循因地制宜，实行区域综合治理的原则。例如，山东省禹城县多年来坚持了以增产粮棉油及重点改造中低产田，着重全面安排农林牧渔业生产；一年之内就新挖、疏浚干、支、斗、农四级沟渠 198 条，全长 159 公里；开挖鱼塘、蟹池 44 个共 250 亩；造台田 400 亩；整平土地 5500 亩，搬动土方 205 万米³；新植林网 235 条，总长 551 公里，植树 234 万株；他们先易后难，连片治理，开发一片，完善一片，见效一片，经过调整农业布局，去年获得了农林牧渔业协调发展的显著效果。

3. 砂姜黑土

主要分布于黄淮海地势浅平低洼、排水不畅的地带，大部均已垦殖为农田，全国约有 6000 万亩左右。这种土壤的障碍低产因子是僵、粘、板、瘦；遇水极粘，见风便干，失水后容易形成坷垃，难耕难耙，肥力较低，产量不高。近 20 年来，随着农田基本建设的开展，修建排水系统和发展井灌，初步解除了砂姜黑土地春旱秋涝的威胁，一些农业改良措施已逐步配起套来，取得良好效果。

(1) 垄作植棉，增温促早发，防止棉棵早衰。棉田垄作栽培是指在平作栽培基础上，事先于棉播的行间用犁破沟，而将窄行扶为垄背，每一垄台种两行棉花，主要优点：起垄种的棉花，靠垄两侧棉苗根域范围内的土壤温度较平作为高，对促进棉苗早扎根、早出土、早发棵有良好影响是其一；进入花铃盛期，正逢该地区雨季来临，垄作便于排除棉田渍涝；同时，干旱年景垄作又便于棉田中、后期灌水，促铃增重，早吐絮、早摘花是其二；垄作有利于产生田间棉株中、下部的微气候环境，减轻底部果枝上的烂铃是其三。1978 年山东省济宁地区 10 多万亩棉田普遍推广了这项增产措施，简而易行，省工省力，效果显著，很受农民欢迎。

(2) 套种绿肥，增施磷钾肥，防止棉株蕾铃脱落。棉田套种草木樨或怪麻等速生绿肥后，在绿肥与棉苗共生期间会使棉花的光照时数和发棵性状受影响；一般说，株高 50 厘米的怪麻对棉苗的一日光照时数可减少 5 时 55 分，怪麻每增高 19 厘米，棉苗的受光时数便减少约 2 小时；不过遮光天数短（约 10—15 天），而且是光照强度较弱的一段时间，棉苗尚能通过翻压绿肥之后较为通风透光的宽行间及扩大了土壤营养供应状况而得到补偿；所以绿肥收刈后棉株生长稳健，能增加单株成铃数，减少脱落率，从而提高了棉花的产量。另外，田间试验还证明，增施磷钾肥后，棉花的幼蕾量与结铃量均较对照为高，单独施氮肥的霜后花较对照区减少 2.5%，籽棉增产 4.1%；氮磷混施的霜后花减少 6%，籽棉增产 12.5%；氮钾混施的霜后花减少 7.9%，籽棉增产 23.2%；氮磷钾混施的霜后花减少 11.8%，籽棉增产 26.8%。

(3) 农牧结合，牛粪还田，提高农田土壤有机质含量。黄淮平原素有棉麦套种的丰富经验，农民也有利用麦秸、棉籽饼粉碎后去饲喂南阳黄牛的习惯，据试验，一亩半地麦秸加 1500 公斤棉饼，掺合少量精饲料，可喂养一头役肉兼用的黄牛，每头黄牛的经济纯收入约 1500 元，牛粪还可肥田，若连续施用 10 年后，可使中低产农田土壤的有机质

含量，提高到同类高产农田土壤有机质的含量水平。实践证明，这种模式，对于活跃砂姜黑土地区的农村经济是十分有益的。

4. 黄棕壤茶园、桑园土壤改良问题

此类土壤多分布于气候温和，雨量充沛，空气湿润的长江中下游北亚热带地区，从镇江至南京一带的镇宁丘陵山区，发育于黄土性母质的棕壤上，现已建有桑园 1000 余亩；皖南山区种茶历史悠久，茶园面积达 90 余万亩，多属坡耕地。土壤粘粒与粉砂含量较高，有机质含量低，夏秋季当田间持水量在 60% 以下时，表土易板结，而雨季潮湿时，土壤又容易溶烂成浆，通透性能差，既不耐肥又不保肥，因受粘粒淋溶下渗的影响，心土层往往形成“粘盘层”，不透水，不蓄水，阻碍茶树根系下扎。每当雨季降雨量大时，坡地径流量加大，常常引起水土流失；有的桑园茶园垦殖 4—5 年后，即出现桑根茶根裸露地表，使茶树、桑树早衰低产。因此，在改良这些坡耕地茶园桑园时，必须从以下方面做起：

(1) 坡地改梯田，保持茶园桑园水土。坡地改梯田是我国农民传统的宝贵经验，亦是山地丘陵地区发展农业生产的重要改土措施之一。修建梯田式桑园茶园，可以全部制止或大大减弱地表径流和水土流失。因此，在建设新的桑茶园或改造旧桑茶园时，应结合坡度大小，因地制宜地修筑土坎或石坎。20 度以上的陡坡地，有条件的应尽量修石坎，坚固耐用，梯面较宽，土层较厚，控制水土流失效果好；缺点是耗工量大，成本高。据测定，修石坎后地表径流泥沙含量比对照区降低 5.9 克/公斤，增加土壤自然含水量 3.8%—5.0%。

(2) 间作绿肥，覆盖地面，增肥保土。一般在桑叶或春茶采摘后，在行间种夏绿肥、绿豆、扒豆、羊角豆，每亩可产鲜绿肥 500—750 公斤；冬绿肥苕子、蚕豆或箭舌豌豆，每亩可产鲜绿肥 1000 公斤，高的可达 1500 公斤以上。由于新垦茶桑园土壤未熟化而缺磷，因此当播种绿肥时，每亩施入过磷酸钙 15—20 公斤（与有机肥混施），或以磷肥拌种，可以提高绿肥鲜草产量 17%—32%。与此同时，绿肥还有遮阴调温，减少土壤水分蒸发，提高茶树桑树抗旱防冻能力的作用。

(3) 深施有机肥，深翻行间土壤，活化土层。茶树桑树都是多年生深根采叶作物，要求土层深厚疏松，有机质含量高，保水保肥能力强。深翻可选择在坡改梯田的桑园或茶园更新时进行，重修剪的衰老茶园桑园，可在剪后于当年 10 月至 11 月安排深翻，但深翻位置应离开树体主根 23 厘米以外进行。深翻结合重施基肥，效果更佳。

二、土壤水分与节水农业问题

迄今为止，水资源仍是农业生产中仅次于耕地资源、肥料资源而且又是不断更新循环再利用的重要资源。同时，它又是土壤水的重要给源。发展农业不仅应当讲究科学用水、合理用水，提高水的利用率；而且更要重视水资源的涵养回补和节约用水。

40 多年来，我国的供水能力增长了近 4 倍，达到 4600 亿米³，但仍满足不了城乡工农业和国民经济发展的需要。到本世纪末，预计全国需水总量将达 6400 亿米³。其中，农村用水占 80.7%，农田灌溉用水占 75.3%；人畜饮用水占 3.4%；草场牧业及其他用水

占2%左右。目前,我国农田的灌溉面积已达到6.73亿亩,占总耕地面积的45%;年平均灌溉面积增长率为3.5%,稍高于全国粮食的年平均增长率。灌溉农田上生产的粮食、棉花、油料产量;均占这些作物全国总产量的三分之二以上。特别是北方地区冬小麦、玉米、水稻栽培面积的迅速扩大,同农田水利灌溉事业的相应发展是息息关联着的。建国初期,全国农田灌溉面积只有2.4亿亩,旱作物的水浇地面积仅4800万亩;与50年代初期相比,两者分别增加了1.8倍和6.1倍。许多省、市、自治区都建设了一批水利工程,发展了灌溉农业,增产效果十分显著。例如,北京潮河灌区比非灌区的粮食单产高出1.1倍,内蒙古河套灌区比非灌区的粮食单产高出0.9倍,宁夏卫宁灌区比非灌区的粮食单产高出2.3倍,甘肃靖会电灌区比非灌区的粮食单产高出2.4倍,陕西泾惠灌区比非灌区的粮食单产高出1倍,辽宁浑沙灌区比非灌区的粮食单产高出1.1倍,河北滦河下游灌区比非灌区的粮食单产高出1.9倍,浙江温黄平原灌区比非灌区的粮食单产高出1.9倍,江西赣抚平原灌区比非灌区的粮食单产高出1.2倍,山东产芝灌区比非灌区的粮食单产高出0.7倍,河南人民胜利渠灌区比非灌区的粮食单产高2.1倍,湖南欧阳海灌区比非灌区的粮食单产高出1.1倍,四川都江堰灌区比非灌区的粮食单产高出0.4倍。当然,发展灌溉,有利于农业增产;然而,水资源总是有限的,运用科学技术提高水资源的利用效率才是硬功夫,无论在灌溉农业还是在旱作农业上都是如此。

很显然,节水农业的重点地区在干旱、半干旱地带。这些地区的农田水分很难平衡,其蒸散总量常常大于作物生育期间的降水总量,土壤供水往往不能满足作物生长的需求;供水不足和土壤水分亏缺是主要矛盾。对秋播作物来说,在秋旱严重的年景或无灌溉条件的情况下,势必造成难于播种,即便种了下去,也难发芽出苗。对春播作物来说,在底墒不足的情况下,如何能在翌年播种前设法增加土壤有效水的供应储量,则是旱地农业土壤水分管理的重要目标之一。

从宏观上讲,干旱与洪涝都是一种自然气象灾害现象,但它们均须通过土壤水分的持续干枯或者超饱和状态去危害农作物的生长,常常造成大范围内的毁灭性灾害;这已不是单靠一门土壤科学所能解决得了的问题。但灾退之后,洼地排渍与旱地保墒,又紧紧和土壤水分问题联系在一起。因此,研究土壤—气候—植物生态系统中的水分循环与平衡及其调控问题,很有普遍意义。

从微观上讲,同样也可以在一个小范围内研究农田水分的循环问题。从这种观点出发,作者在华北平原的河南省封丘地区,针对封丘地区的农田土壤水分平衡问题进行了长期的系统的定位研究;一方面分析研究了田间土壤湿度的空间变异,揭示了土壤湿度的空间分布是有结构的,而且这种结构是稳定的;这就为选定田间监测点的土壤湿度使之愈接近总体平均值,缩小误差范围,提供了科学依据;另一方面,又采用中子探管法测定土壤含水量的误差分析,根层边界的水分通量问题等等进行了较深层次的试验研究。据此,着重提出了黄淮海平原的节水农业问题,启示人们清楚地看到,尽管黄淮海平原原有充足的光热资源,但由于水资源不足而限制了农业的发展,解决水资源不足的途径不外从开源与节流两方面入手,实行节水农业,才是提高单位水量粮食产出量的最佳模式。如果条件满足,那么,该地区内小麦生产在目前4630万吨的基础上,尚有811万吨的潜力;玉米生产在目前2808万吨的基础上,尚有1048万吨的潜力;水稻生产在目前496万吨的基础上,尚有103万吨的潜力;大豆生产在目前266万吨的基础上,尚有230万吨

的潜力；薯类及其他粮食作物生产在目前 1848 万吨的基础上，尚有 1153 万吨的潜力；棉花生产在目前 272 万吨的基础上，尚有 28 万吨的潜力；油料作物生产在目前 477 万吨的基础上，尚有 335 万吨的潜力。应该说，这是我们应当力求实现的最佳产量目标模式之一。

此外，田间试验研究结果还表明：

(1) 作物根层水分的补给，消耗与储存，是影响农业水分平衡的重要因素。实际上，整个根层水分处于动态过程之中，其补给量均受降水、灌溉水、深层水向上的毛管补给水，以及水分的消耗量、深层渗漏量、径流量等因素的综合影响和制约。

(2) 采用中子探管法监测土壤含水量，其测定结果与经典的重量法结果近似，而且它的误差比重量法小，不搅动土层，快速简便，计时准确性高，是农田土壤水分平衡定量研究中一种很有效的监测工具。

(3) 近十年来，华北平原推行井灌井排后，地下水位波动急剧频繁，尽管地下水位较浅时，根层边界有向上水流发生，而且在附近抽水灌溉引起水位下降情况下，也有短暂的向下水流发生，从而减少深层水分对作物的供应补给；但抽水灌溉量远远大于深层水的补给量，这是值得注意的。

(4) 利用 8 巴吸力对应的含水量，可以求出土壤破碎模数转折湿度的近似值，其误差估计 $< 2\%$ ，可以作为土壤适耕下限的一个参数。与此同时，在节水农业的普及推广过程中，比较可行的有效措施是：采用秸秆、地膜覆盖农田以减少水分蒸发；施加吸水剂、土壤改良剂以提高土壤的持水能力；合理的中耕保墒以提高土壤接纳雨水的的功能，或减缓土壤蒸发；在有条件的地方，还可以采用管道输水或渠道衬垫，地下灌溉或局部灌溉，以及滴灌等等办法来减少水面或土壤表面的水分蒸发。当然，以上措施的推广应用，很大程度上还取决于农民手中的经济状况，农用工业物资的支农状况，以及推广应用之后的经济效益。

三、植物营养与施肥问题

从施肥角度讲，决定不同时期、不同土壤、不同作物平均产量的主要条件，是作物营养的供应水平。

我国素有施用有机肥料的优良传统，大面积农耕地区范围内，土壤久耕不衰，同几千年来持续不断地大量施用各种有机肥料，逐步恢复与保持地力无不息息相关。然而，当今世界化肥工业的迅速发展，为各国农业持续增长提供了越来越有利的物质保证与支持基础。就目前我国肥料中的氮磷钾养分供给量而言，有机肥料约提供 $1/3$ 的氮素， $3/5$ 的磷素， $9/10$ 以上的钾素；化学肥料则相应地提供 $3/5$ 的氮素， $2/5$ 的磷素，不到 10% 的钾素。这样，便构成了氮素的供应以化肥为主，磷钾素营养的供应以有机肥为主的结构模式。看来，在今后很长一段时期内，这种基本趋势不会有很大变化。

目前，我国平均每亩播种面积上的化肥施用量水平，大大超过了世界平均水平，按纯养分计算，已达到 9 公斤以上。若按人均化肥占有量相比较，则又略低于世界人均化肥占有量的水平而略高于日本、印度、印度尼西亚的人均占有量水平。根据全国化肥试验网长期田间定位试验研究结果表明：不同地区、不同土壤、不同作物施用氮磷钾的增