

南海出版公司

山东有机肥料

山东省土壤肥料工作站

主 编
副主编
编 著

侯小芳 阎鹏
郭跃升 卢桂菊 徐建堂
马洪翠 潘淑颖 泉维洁
弭云禄 侯小芳 阎鹏
卢桂菊 徐建堂 郭跃升
王健

审 稿

徐世良 苏廷兰

汇总测试人员

王同兰 苏廷兰 马洪翠
侯小芳 卢桂菊 潘淑颖
徐建堂 王健

数据统计人员

马洪翠 卢桂菊 潘淑颖
侯小芳

序

山东省的传统农业属于有机农业，以有机肥料结合用养兼顾的耕作制度，保持了古老农田土壤的地力常新。随着人口增长、人均占有耕地日益减少和工业技术的发展，传统的有机农业逐渐向现代化农业的方向演进。化学肥料等外加的能量和物质投入农田生态系统，实现了农田产出的大幅度增长。但是，一些地方片面依赖化学肥料，大量增施化肥而轻视有机肥料建设，不仅使生产成本大幅度上升，还给土壤生态系统带来养分失衡问题；同时滥施氮肥还会招致硝态氮、亚硝态氮大量形成；滥施磷肥不仅降低土壤锌的有效性，还可能造成镉污染等，对培肥土壤和农产品品质都会产生不利影响。因此，在大量增施化学肥料的今天，重视有机肥料的研究，促进有机肥料建设，使有机肥料和无机肥料协调发展、相互配合，对保持土壤生态平衡，持续增进肥力，不断提高农田产量，保证产品质量，实现农业的高产、优质、高效，均有巨大、深远的意义和作用。

历时5年的全省有机肥料资源及品质调查工作和《山东省有机肥料》的编纂，为促进有机肥料建设做了一件重要的基础工作，摸清和全面记述了有机肥料资源品种、数量、分布、品质，揭示了有机肥源的开发潜力和当前存在的问题，为有机肥料开发决策提供了依据，也为有机肥料的进一步试验研究提供了系统的参考资料。相信这本书的出版，会对有机肥料的发展起有益的推动作用。

郑守龙

1995年8月

前 言

根据国务院国发(1988)83号《关于重视和加强有机肥料工作》的指示和(1990)农(土肥)字第15号《全国有机肥料品质及其分布调查提纲》的通知精神,山东省土壤肥料工作站于1990年底开始组织全省有机肥料资源及品质调查工作,在123个县(市)普遍开展调查统计的同时,按生产区域和肥源状况确定了莱州、莱阳、文登、胶南、诸城、广饶、惠民、寿光、平原、济阳、阳谷、成武、曹县、嘉祥、桓台、平邑、临沂、莒县、滕州、邹城、鱼台、济南市历城区、淄博市张店区、泰安市郊区、兖州等25个县(市、区)开展全面的有机肥资源及品质调查。1992年底地、县级有机肥资源及品质调查工作全部结束。山东省土壤肥料测试中心对上千个有机肥料样品养分含量及组成进行了全面的测定,并汇总了地、县级有机肥料的调查结果。在此基础上,由10位同志参加编著了《山东省有机肥料》一书,这是山东省第一部关于省内有机肥料情况的系统专著。

本书介绍了山东省有机肥料的发展史和有机肥料使用现状;系统记述了全省有机肥料资源及分布,包括九大类,100多个有机肥料品种的资源量、分布状况、养分含量、施用方法和有关肥效试验;用试验研究结果论证有机肥料与无机肥料配合施用的作用和意义,以及有机肥料对培肥地力的重要作用,以期反映山东省有机肥料全貌和近年有机肥料工作。同时,也适当参考引入了省内外有关资料和论述,供读者借鉴。

目 录

第一章 有机肥料在农业生产中的地位及其发展历史·····	(1)
第一节 有机肥料在农业生产中的地位与作用·····	(1)
第二节 我国传统农业与有机肥料发展历史·····	(5)
第三节 有机肥料应用现状·····	(11)
第二章 有机肥料的种类、资源及分布·····	(21)
第一节 有机肥料的种类和数量·····	(21)
第二节 山东省有机肥料分布状况·····	(24)
第三章 有机肥料与土壤培肥·····	(44)
第一节 有机肥料与土壤物理性质·····	(44)
第二节 有机肥料与土壤化学性质·····	(48)
第三节 有机肥料与土壤微生物和土壤酶·····	(54)
第四章 有机肥料与无机肥料的配合施用·····	(56)
第一节 有机肥料与无机肥料配合施用的肥效·····	(56)
第二节 有机肥料与无机肥料配合施用的土壤培肥效应·····	(61)
第五章 人畜禽粪尿·····	(67)
第一节 人粪尿·····	(67)
第二节 家畜粪尿·····	(73)
第三节 家禽粪尿·····	(101)
第四节 其他粪尿·····	(111)
第六章 堆沤肥·····	(116)

第一节	高温堆肥	(118)
第二节	沤肥	(131)
第三节	沼气肥	(133)
第七章	秸秆及秸秆还田	(143)
第一节	秸秆资源与利用现状	(143)
第二节	秸秆直接还田技术	(150)
第三节	秸秆直接还田的土壤效应	(157)
第四节	秸秆直接还田的产量效应	(165)
第五节	秸秆还田推广技术及对策	(168)
第八章	饼肥及糟渣肥	(172)
第一节	饼肥	(172)
第二节	糟渣肥	(181)
第九章	土杂肥	(186)
第一节	土肥	(186)
第二节	泥肥	(190)
第三节	草木灰及肥水	(195)
第四节	淡海水养殖场淤泥	(198)
第十章	绿肥	(202)
第一节	山东绿肥发展概况	(202)
第二节	山东绿肥资源	(204)
第三节	绿肥在农业生产中的作用	(209)
第十一章	海肥	(216)
第一节	植物性海肥	(216)
第二节	动物性海肥	(222)
第三节	矿物性海肥	(226)
第十二章	泥炭肥料与腐殖酸类肥料	(229)
第一节	泥炭肥料	(229)
第二节	腐殖酸类肥料	(232)

第十三章 城镇废弃物的农业利用	(246)
第一节 城镇生活垃圾的农业利用现状.....	(246)
第二节 城镇垃圾堆肥的性质和施用.....	(249)
第三节 城镇生活垃圾堆肥生产.....	(255)
第四节 城镇污水的农业利用.....	(263)
第五节 城镇污泥的农业利用.....	(273)
第六节 城镇垃圾农用的现状和建议.....	(278)
第十四章 山东省有机肥料品质分级与	
有机肥料发展规划	(281)
第一节 有机肥料品质分级.....	(281)
第二节 山东省有机肥料工厂化生产.....	(292)
第三节 山东省有机肥料发展规划.....	(297)
附 录	(302)
有机肥料水分测定.....	(302)
有机肥料有机物总量测定.....	(305)
有机肥料粗灰分测定.....	(306)
有机肥料全氮测定.....	(308)
有机肥料全磷测定.....	(311)
有机肥料有效磷测定.....	(314)
有机肥料全钾测定.....	(317)
有机肥料有效钾的测定.....	(320)
有机肥料全量微量元素测定.....	(322)
含大量泥土有机肥料中有效微量元素的测定.....	(328)
有机肥料全量钙、镁、硫、硅、氯、钠元素的测定	(335)
城镇垃圾农用控制标准.....	(344)
农用污泥中污染物控制标准.....	(346)
参考文献	(349)

第一章 有机肥料在农业生产中的地位及其发展历史

第一节 有机肥料在农业生产中的地位与作用

一、有机肥料是种植业生产的重要组成部分

农业是培育植物、动物、微生物以供给人类生活资料的最基本的社会产业，是国民经济结构的重要组成部分之一，也是国民经济发展的基础。从广义上讲，农业生产包括植物生产、动物生产和有机肥料生产三大基本内容，这三者既密切相关，又相辅相成。植物生产是最基本的，又称其为第一生产。在这个过程中，植物通过光合作用将太阳能转化为有机化合物的化学能。动物生产是依赖植物生产的有机物质作为基本的食物来源和生息场所而进行的。人和动物不能直接利用的有机残体，在自然条件下或经人为培制，经过微生物的作用变为有机肥料，这就是有机肥料生产。所以说，植物生产、动物生产是有机肥料生产的前提。另一方面，有机肥料施入农田后，经过分解和代谢产生的物质和能量通过植物吸收，又进入植物生产和动物生产过程。土壤及其营养状况又是植物生产和动物生产最基本的条件，没有有机肥料，植物和土壤就得不到营养和培育，必然要影响到农业生产的发展和生态环境的改善。总之，植物生产、动物生产和有机肥料生产一环扣一环，缺一不可。

当前人类面临着人口增加、资源短缺和环境恶化的挑战，随着人口的增加和经济的发展，对农产品的需求量也越来越大。但

是，从全球范围来看，有限的耕地逐年减少，土壤肥力下降，农业生态环境趋向恶化。1993年，世界人口为55亿，粮食产量为18.73亿t，平均每人340kg。据联合国调查报告称，“部分国家粮食供应情况在恶化，45个国家的情况还很糟，由于灾害、战乱等原因，饥饿在扩大……世界人口以每年1.84%的速度增加”。我国人口与土地的矛盾更加尖锐，1994年，我国人口约有12亿，粮田面积1.08亿公顷，平均每人占有耕地1.5亩，不足世界每人平均（5.5亩）的1/3。而且我国耕地每年平均减少500万~700万亩，每年增加1400万左右人口。大量使用化肥农药，以及工业“三废”不合理的排放使农业生态环境污染，生态平衡的破坏导致的水土流失、农田沙化、盐渍化，这些都严重制约着农产品产出量。面对这一严峻挑战，人类要生存和发展，就必须不断提高单位面积农田的产出量，同时要防止农业发展带来的能源危机和土壤环境污染，其出路就是发展持续农业，合理利用和保护土壤资源，通过增施有机肥料，提高土壤的生产力，是持续农业的重要内容之一。

二、有机肥料是一项重要的资源

有机肥料同石油、煤炭、矿石一样是社会的财富和资源。我国幅员辽阔，有机肥料资源十分丰富。据调查统计，目前使用的农家肥料有14类100多种。其中，人粪尿就是一项巨大的肥源。我国有9亿农村人口，平均每人每天排粪尿以0.5kg计，则全年能积攒人粪尿16000万t。再以牲畜粪尿来说，一头猪一年所排的粪尿，结合垫料可沤制2000~2500kg优质厩肥，其中含有机质11%~12%，氮0.45%，五氧化二磷0.19%，氧化钾0.60%，够一亩地全年用肥量。全国目前有猪、牛、羊、马等牲畜7亿多头，家禽近40亿只，这些畜禽年产粪便10多亿t。我国每年生产粮食约4亿多t，可生产5亿多t秸秆，按所含养分计算，这些秸秆含有氮280多t、磷57万t、钾570多万t，相当于90年代初我国年

产化学氮肥的 1/3、化学磷肥的 2 倍、化学钾肥的 50 倍。绿肥中含有农作物所必需的各种养分，据实验证明，种好 1 亩绿肥，所固定的氮素相当于 40~50kg 标准氮肥。

有机肥料资源品种多，数量大，分布广泛，积制、施用方法简单，且有养分全、肥效长、适用范围广等优点。但也存在积造、运输、施用劳动强度大，养分供给迟缓、速效养分含量低的缺点。

三、有机肥料是一项重要的社会产业

有机肥料资源的特点决定了只有将其作为重要的社会产业才能利用好。有机肥料分布广，无论城市和乡村，每一企业和公共场所，甚至每个家庭和社会成员都涉及到它。所以解决好有机肥料问题要求农业部门、工矿企业、城建部门、运输部门等各方面配合，在政府专门机构的管理下，把有机肥料的生产、使用作为一项重要社会产业来抓，将有机肥料积施由过去的部门行为变为政府行为，有机肥料才能发展。有机肥料资源数量十分庞大，从总体上说，目前它的积攒、处理、沤制、运输和施用操作方法还停留在非常原始的水平上，因此，只有把有机肥料作为社会产业，投入经费扶持，有机肥料生产所需的基本设施、作业机具、运输工具才能得到解决，有机肥料生产专业化、商品化才有可能实现。发展有机肥料产业，还必须有政策的扶持。有机肥料体积大、肥效慢、用工多，积制和施用有机肥料实际劳动价值不高，加以有机肥料不足所引起的后果不像干旱、虫害那样易于被人们立即觉察，因此，在商品经济发展的形势下，农民不愿在有机肥料上多投劳力是很自然的。所以，应该在政策和法规中明确规定有机肥料生产的主要内容、保证措施，以法来保证有机肥料的生产 and 施用，规范农民有机培肥土壤的生产行为。总之，有机肥料是一项重要的社会产业，增积、增施有机肥是传统农业的主要内容之一，也是现代农业持续发展的需要。增加有机肥料的投入，也是对土地资源最有效的保证。所以，抓好有机肥料是利在现今、造福后

代的社会产业。

四、有机肥料的特点与培肥土壤作用

有机肥料是含有大量有机成分（包括植物残体、动物残体和微生物）和无机物的混合物，主要指人畜禽粪尿、土杂肥、堆沤肥、城市垃圾、污泥、作物秸秆和绿肥等。

有机肥料含有植物所需要的大量营养成分和有机质。以猪粪为例，含有全氮 2.91%，全磷 1.33%，全钾 1.00%，有机质 77%；鸡粪中全氮 2.82%，全磷 1.22%，全钾 1.40%，有机质 63.3%。有机肥料含有各种微量元素。例如，畜禽粪便中含硼 21.7~24.0mg/kg、锌 29~290mg/kg、锰 143~261mg/kg、钼 3.0~4.2mg/kg、有效铁 29~290mg/kg。由于有机质阳离子交换量大，其养分不易流失；同时，这些吸附着的养分很容易分解而被植物吸收。有机肥料中还含有糖类、脂肪、酶、氨基酸等各种有机物质。植物生理学证明，植物能直接吸收某些有机氮素和某些可溶性糖。有机肥料中的糖类给土壤中微生物的繁殖生长提供了能量，某些微生物利用这些能量，可使某些养分从不可给态转化成为可给态。有机肥料中的酶能提高土壤酶的活性和生物繁殖转化能力，从而提高土壤的吸收性能、缓冲性能和抗逆性能。

有机肥料可以有效地改良土壤的物理性状和耕性。有机肥料中的有机胶体有利于土壤颗粒胶结形成稳定的团粒结构，增强土壤保水、保肥、透气和调温能力。长期施用有机肥料使耕层质地适中，松紧度适宜，土壤的耕性得到改善。良好的土壤物理性状又能增强土壤微生物的活性，提高土壤的供肥性能。

有机肥料能促进土壤有机质的积累与更新，降解土壤中有毒物质，减少污染，净化环境，保证生态。有机肥料与化肥配合施用，不仅可以缓解化肥氮磷钾比例失调与化肥总量不足的矛盾，还可以提高化肥利用率，增加有机肥料中养分的释放。

增施有机肥料是改良旱、涝、盐碱、风沙、瘠薄等不良土壤

的有效措施之一。土壤有机质含量增加，通过改善土壤结构，调节土壤水分和空气，降低旱、涝危害程度。在盐渍土上，一方面通过增加土壤有机质，改善表层土壤结构及其他物理性状，抑制返盐；另一方面，增施有机肥料（覆草、种绿肥等）可以有效地抑制土壤蒸发，减轻盐渍程度。所以，在农田基本建设中，都应把增施有机肥料作为主要内容之一。

实践证明，施用有机肥料能改善农产品品质，提高农产品的商品率，同时又降低了成本，这对于发展高产、优质、高效农业有重大意义。

第二节 我国传统农业与有机肥料发展历史

一、我国传统农业的特点

我国是世界上著名的农业古国，有上万年的农业发展史。神农，是我国传说中的“三皇”之一，他作为“始耕田者”的“田祖”、“先农”，一直受到中华民族的崇奉。我国的原始农业产生于神农“尝草别谷”的母系氏族公社时期，并且形成了黄河流域与长江流域两大农业耕作区。例如，在黄河流域河北武安磁山遗址出土的距今约7400年前的谷粟粉末，长江流域浙江余姚河姆渡遗址出土的距今约7000年的炭化稻谷，为迄今我国发现的最早的农作物遗存。到了神农“教民农作”的父系氏族公社时期，在黄河流域和长江流域农业区开始了由生荒耕作向熟荒耕作的转变，农业由母系氏族公社时期的“刀耕”向父系氏族公社时期的“耜耕”过渡。说明早在七八千年前，我国已经有了相当成熟的原始农业。

奴隶社会土地制度的建立（井田制），牛耕的发明，和农业生产工具的改进与创造，使我国的农业生产进一步发展。夏、商时期，已由撂荒制（生荒制）演进为爰田制（熟荒制），以放火烧荒

的草木灰补充土壤养分。周代又根据土壤肥力的高低，在爰田制中进一步分化出不易制、一易制和再易制，即连年种和隔年种以及隔二年种。至战国时期，《孟子·万章下》中已有大田施肥的论述。

从战国时期开始建立了封建土地所有制，在我国历史上一直延续了两千多年。春秋时期我国出现铁制农具，牛耕普遍实行。在漫长的封建社会中，虽然我们的祖先所创造的许多农业科技文明曾一度领先于世界，在某一历史阶段农业生产有较大的发展，但总的来说，由于封建制度束缚了生产力的发展，致使我国农业生产发展十分缓慢，并形成了自身特有的根深蒂固的一些特点，这些特点一直影响到今天。

我国传统农业特点之一是重农思想。“民以食为天”（出自宋文帝的《劝农诏》）恰当地表述了农业的重要性，是我国古代重农思想最具代表性的口号。我国古代把农业视为国富民足之本，政治安定之本，富国强兵之本，食衣来源之本，有丰富的重农思想和理论，也不乏重农的事迹，一些有作为的政治家大力推行重农政策，使农业得到了较大发展，出现了为史学家所称道的“盛世”局面。

我国传统农业的特点之二是自给自足、封闭型、小规模、分散式经营。这种农业生产方式，在某种程度上适应我国人多地少、土地分散、自然条件复杂、交通不便的特点。它能多途径地利用自然资源，在一定范围内发挥了土地资源的潜力，在不同程度上做到了因地制宜。几千年来，这种农业创造了许多农作物和畜禽品种，在不同地区、不同条件下总结出来了许多行之有效的耕作和栽培方法，在小面积上创造了优质的农作物品种和畜产品，获得了比较高的经济利益。但是，这种自给半自给的自然经济条件下所产生的农业，不讲劳动效益，不计生产成本，不讲究产品质量，不重视产品竞争能力，不注意市场信息，没有商品观念，缺

乏竞争机制，形不成规模效益，不能充分利用自然资源，显然不适应商品化、社会化和社会主义市场经济发展的要求。这种以落后的手工工具，单薄的人畜动力，粗放的自然肥料为物质基础的封闭式循环传统农业，不从农业以外投入新的物质和能量，不利于推广实施科学技术，不能满足农畜产品高产、优质的需要。在自然经济条件下发展起来的农业技术，反映了长期以来积累的许多对农业生产实践的认识，也反映了某些具体的规律性，具有简单实用的特点。但是，这些技术是建立在狭隘经验基础上的，有很大的局限性。

我国传统农业特点之三是用地和养地结合，并形成了完备的有机农业技术和体系。它重视积施有机肥料，广辟有机肥源，积累了丰富的积肥施肥技术，讲求精耕细作，合理轮作，实行间作套种，注意配置绿肥和豆科作物。这种以有机肥料为主要投入的有机农业，是我国封建社会农村自然经济的产物，既有生产成本低，无污染，充分利用资源，维持地力常新，具备一定自我运转发展活力，有利于社会经济稳定的一面；又有劳动强度大，技术发展滞后，生产方式狭隘，物质循环封闭，效益缓迟，生产率不高，与市场经济发展不相适应的一面。

二、我国古代有机肥料的发展历史与成就

我国施用有机肥料的历史悠久，历代劳动人民在漫长的农业生产实践中积累了宝贵经验，取得了很大成就。

远古时代，农业耕作粗放，“火耕水耨”所残留的草木灰等留在地里，已起到肥料作用。我国最早为农田施肥，大约始于殷商时代，相传伊尹创造区田法，“教民粪种”；殷商甲骨文中已有“𦍋”（屎）、“𦍋”（壅）等字，并有施肥可以增产的卜辞；《诗经》中有“荼蓼朽止，黍稷茂止”的诗句，说明我国早在 3000 多年前就已经为农田施肥了。

春秋战国时期，随着生产力的发展，“一易之地”和“再易之

地”(熟荒制)逐渐消失,确立了一熟制,并在公元前7世纪开始出现黍稷和麦复种制度,因此,施肥受到普遍重视,许多文献中就此都有记述。《孟子·万章下》说:“百亩之粪,上农夫食九人;上次食八人;中农夫七人……”《荀子·富国篇》说:“掩田表亩,刺草殖谷,多粪肥田,是农夫众庶之事也。”战国时的《周礼》提出“土化之法”,主张利用肥料改造土壤,其中所提“粪种”,就是用各种牲畜粪来提高土壤肥力,如“骍刚”(赤刚土)用牛粪,“赤缙”(赤黄土)用羊粪,开创了因土施肥的先河。

西汉时期,农学家氾胜之在《氾胜之书》中提出:“凡耕之本,在于趋时,和土,务粪泽,早锄早获。”总结了“区田法”,开始应用种肥、基肥和追肥技术。东汉思想家王充在《论衡·率性篇》中指出,对瘠薄的土地要通过深耕、细锄、多施粪肥等措施改良土壤,在汉代的《礼记》和西晋的《广志》里都记载了利用绿肥的情况。北魏著名农学家贾思勰在《齐民要术》中总结出“粪大水勤”的耕作原则和造肥方法,提到:“凡美田之法,绿豆为上,小豆、胡麻次之。”还记载了各种农作物与绿肥轮作的方法。

宋元时期,由于开荒,耕地面积扩大,农民积肥、造肥和施肥技术又有所发展。尤其是南宋农学家陈旉在有机肥料的理论与实践上做出了重要贡献。他在《农书》中提出了“地力常新”的理论,即主张用地与养地相结合,采用施肥措施来保持和提高地力。陈旉在《农书》中设专篇阐述肥料,提出建造“粪屋”(粪池)来积保肥料。王桢在《农书·粪壤篇》里也总结了积肥和施肥技术,记述了多种粪肥以及沤肥、堆肥等积制方法。南宋时期,由于粪肥需要量大,积肥的人日益增多,粪肥成为商品,出现了专门经营肥料的专业户。

明清两代随着农业生产的发展,肥料的积造、施用达到了新的水平。著名科学家徐光启在《农政全书》中主张根据作物不同情况和按农田的肥瘠程度来确定施肥量。徐氏还在《粪壅规则》中

记载了各地造肥、施肥的不同特点。明代袁了凡在《宝坻劝农书》中也记述了苗粪、草粪、大粪、毛粪、灰粪等多种粪肥。当时还有用乌柏、油麻、豆楂、酒糟、豆屑等制造的饼肥。明末清初的《沈氏农书》对施肥论述颇多，把基肥称为“垫底”，称追肥为“接力”，还总结出看苗施肥的技术。清代的《知本提纲》和《授时通考》中对有机肥料的分类、积制和施用有精辟的论述。

在我国数千年的古代农业实践中，劳动人民发现、开辟了众多种类的有机肥料，其中大部分至今仍然施用。汉代《汜胜之书》即有溷肥（圈厕中的粪尿）、厩肥（牲畜粪肥）、蚕粪、碎骨等。陈旉《农书》分别叙述了大粪、鸡粪、火粪、泥粪、草粪、苜蓿以及草木灰、马蹄角灰、洗鱼水、淘米泔水、稻麦糠、豆箕等多种有机肥。

实行农牧结合，是我国传统农业的特点之一。我国自汉代起即重视养猪积肥。《汜胜之书》所提到的“溷中熟粪”，即指猪圈中沤制的粪肥。明清时期更是提倡养猪积肥，《宝坻劝农书》和《沈氏农书》中对此都有记述。

绿肥是我国农村历来广泛采用的有机肥料。南北朝时，绿肥已有绿豆、小豆、胡麻、大麦、苜蓿等。到明清时，绿肥品种更多。北魏《齐民要术》等著作都叙述了绿肥与农作物轮作耕作制度。

我国古代劳动人民创造发明了许多积制肥方法。汉代《汜胜之书》提出对种麻要“以溷中熟粪粪之”。《齐民要术》和陈旉《农书》中也提出“熟粪”的概念和积制技术，知道施用生粪能危害庄稼的道理。例如，贾思勰在《齐民要术》中总结出的“踏粪法”，实际就是民间所创造的垫圈积肥的方法。踏粪法积制容易，方法简单，制成快，肥效高，直到今天仍沿用此法。元代王桢在《农书·粪壤篇》记叙了河泥与大粪搅拌腐熟的方法。明清时代造肥技术不断发展，袁了凡在《宝坻劝农书》中记载了踏粪法、窖

粪法、蒸粪法、煨粪法、酿粪法、煮粪法等六种方法。明代科学家徐光启和袁了凡在他们的著作中还记述了“粪丹”制造方法。粪丹是一种人工制造的有机肥料与无机肥料相结合的综合性肥料，其中既有麻渣、豆饼、鸟粪和鸡鸭粪等，也有砒霜、硫磺、黑矾等无机物。

我国古代对施肥技术十分重视，随着社会的进步，农业生产的发展，施肥技术也不断提高和改进。陈旉《农书》提出“择地得宜，用粪得理”，是农业生产的基本原则。“用粪得理”就是科学施肥，对用肥量，施肥时期和方法必须依实际而定，适宜合理。据此，陈旉提出了“粪药”的理论，即主张用粪如用药，像对症下药一样，针对土质的性质和作物长势情况下肥。元代的王桢和清代的陈扶瑶等也都提出了合理施肥的原则和理论，总结了科学的施肥方法。

合理施肥，首先要“精察施粪之方，深得土化之要”（《知本提纲》），经过调查研究，摸清土壤性质，然后确定施肥措施。我国农业生产条件和土壤类型千差万别，施肥必须因地制宜。王桢《农书·粪壤篇》说：“凡区宇之间，善于稼者，相其各处地理，所宜用之，庶得乎土化渐渍之法，沃壤滋生之效，俾业擅上农矣。”《知本提纲》总结了我国历史上因地制宜施肥的经验，提出了“三宜”即“时宜、土宜、物宜”的原则。“时宜”就是根据时令寒热不同，施肥要各应其候。例如，春天宜施人粪、牲畜粪；夏天宜施草粪、泥粪；秋天宜施火粪；冬天宜施骨鲞、皮毛粪。“土宜”就是因土施肥，如阴湿地宜用火粪；砂土地宜用草粪、泥粪等。“物宜”一是因作物制宜，二是因肥料制宜。

在我国长期的农业生产实践中，形成了比较完善的施肥方法，这就是今天人们仍然沿用的基肥、追肥和种肥等方法，在我国诸多部农业史籍和著作中对这些方法都有精辟的论述。

元代还创造了一种下粪耨种的方法，把播种和施肥工序合一；