

# 晚明的“农业炼丹术” ——以徐光启著述中“粪丹”为中心

Agricultural Alchemy in Late Ming Dynasty:  
An Investigation Oriented on Fendan in XU Guangqi's Writings

杜新豪 /DU Xinhao

(中国科学院自然科学史研究所, 北京, 100190)  
(Institute for the History of Natural Sciences, CAS, Beijing, 100190)

**摘要:**明代后期,伴随着人口激增与农业发展,对肥料的需求日益增加,肥料成为一种稀缺性资源。以徐光启为代表的士人综合炼丹术、“粪药说”等古老学说,研制出一种新型浓缩肥料“粪丹”,试图来缓解肥料供应的危机。本文详细梳理了晚明文献中关于粪丹的史料,分析粪丹的制造技术与理论来源,并讨论促使其出现的社会背景,对它为什么没有被成功应用在农业实践中进行初步解读。

**关键词:**粪丹 徐光启 炼丹 粪 肥料

**Abstract:** In Late Ming dynasty, with the development of agriculture and the increasing population, the demand of fertilizer was increasing and fertilizer was becoming a scarce resource in the society. In order to ease the crisis of fertilizer supply, scholars, with XU Guangqi as a representative, used ancient theories like alchemy and the theory of using dung as medicine to develop a new type of concentrated fertilizer Fendan. This paper reviews the historical materials about Fendan in the literature, and analyses the manufacturing technology and theoretical sources of Fendan, trying to explain the social background of its appearance. The paper also makes a tentative interpretation about why Fendan wasn't been used in agricultural practice at that time.

**Key Words:** Fendan; Xu Guangqi; Alchemy; Dung; Manure

中图分类号: N0 文献标识码: A DOI:10.15994/j.1000-0763.2015.06.011

珀金斯(Dwight H. Perkins)在《中国农业的发展(1368-1968)》中认为:在1957年之前,中国人口的增长与单位面积投入劳力的增加是农业产量得以增长的主要原因,而农业技术在这漫长的时期内却基本没有变化,技术对农业增产的贡献甚微。但他意识到在肥料技术领域似乎出现了某种程度的进步,并大加赞赏地认为:“豆饼中潜藏的肥料的发现,确实是技术普遍停滞景象中的一个例外”。<sup>[1]</sup>珀金斯并不知晓,中国早在明代就有一批学者在从事世界上最早对浓缩肥料——“粪丹”的尝试性研究工作,其在肥料技术史上的地

位要远远超过他所推崇的对豆饼中潜藏肥料的发现与饼肥的使用。然而由于这项技术几乎没有被应用于具体农业生产实践中,所以没有进入到经济史家的研究视野。同时,受辉格史观的影响,一项没被应用的、失败的技术发明也难以引起科技史家的兴趣,所以致使对这项技术创新并无专门、系统的研究成果。本文拟从技术史的视角对这项“失败”的技术发明进行审视与研究,厘清粪丹的制造技术及其思想理论来源,分析促使它出现的社会推动力,同时对其在农业生产中没有得到应用的原因进行简要分析。

基金项目:中国科学院科技史青年人才研教特别支持项目(项目编号:Y522021001)。

收稿日期:2014年1月9日

作者简介:杜新豪(1987-)男,山东临沂人,科学史博士,中国科学院自然科学史研究所助理研究员,研究方向为农史、环境史。

Email: duxh@ihns.ac.cn

曹隆恭、曾雄生、周广西等都曾对粪丹有所提及,周广西在《论徐光启在肥料科技方面的贡献》第二部分中论及徐光启研制的粪丹,认为徐氏的粪丹思想是受人医药方的影响,但并未对此进行进一步的解读与研究。

## 一、晚明文献中的“粪丹”

徐光启的《北耕录》是目前发现的唯一载有“粪丹”技术的文献,此书记录徐氏在天津垦种的心得,又兼及工艺之事,众人皆以为其已佚失。清康熙年间,徐光启后嗣徐春芳发现此书草稿,并将其呈给他的表叔许缙曾,许氏“择行楷数纸涂改无多、易于成诵者”装横成帙,称为《农书草稿》,其实此书便是徐氏的《北耕录》。([2], p.437) 此书中有八篇记载肥料与施肥方法,被胡道静誉为“古典农书论肥料学者,此称第一矣”,<sup>[3]</sup> 其中有三篇即是对“粪丹”这种不见于它处所载的技术做了详细的记载与说明。

徐光启记载了先前或同时代的曾任龙阳知县的王淦焯与徽州士人吴云将所炼制的粪丹,阐明他们所使用的原料及炼制方法,并对其功效及使用方法做了简单的叙述,原文兹录于下:

王淦焯传粪丹:干大粪三斗麻糝三斗或麻饼,如无,用麻子、黑豆三斗,炒一、煮一、生一 鸽粪三斗。如无,用鸡鹅鸭粪亦可 黑 礬六升 槐子二升 砒信五觔 用牛羊之类皆可,鱼亦可。猪脏二副,或一副,挫碎,将退猪水或牲畜血,不拘多寡,和匀一处入坑中,或缸内,泥封口。夏月日曝发三七日,余月用顶口火养三七日,晾干打碎为末,随子种同下。一全料可上地一顷,极发苗稼。([2], p.454)

吴云将传粪丹:于黄山顶上作过。麻饼二百斤,猪脏一两副,信十斤,干大粪一担,或浓粪二石,退猪水一担,大缸埋土中,入前料斟酌下粪,与水令浥之,得所盖定。又用土盖过四十九日,开看上生毛即成矣。挹取黑水用帚灑田中,亩不过半升,不得多用。([2], p.455)

同时,徐光启还记载了他本人在此基础上所研制的粪丹,详述其具体原料与制作方法:

自拟粪丹:砒一斤,黑料豆三斗。炒一斗,煮一斗,生一斗。

鸟粪、鸡鸭粪、鸟兽肠胃等,或麻糝豆饼等约三五石拌和,置砖池中。曝二十一日,须封密不走气,下要不漏,用缸亦好。若冬春月,用火煨七日,各取出入种中糞上,每一斗可当大粪十石。但着此粪后,就须三日后浇灌,不然恐大热烧坏种也。用人粪牛马粪造之,皆可。造成之粪就可

做丹头,后力薄再加药豆末。用硫黄亦似可,须试之。([2], pp.446-447)

从以上史料中可以看出,所谓粪丹即是利用植物、动物、矿物和粪便等按照一定比例混合所制成的复合肥料,配置所需要的原料大多是人畜粪便,麻子和黑豆等粮食作物,以及动物尸体、内脏、血水、退毛水等,有时还加以砒霜、黑矾之类的无机物。将这些原料经过密封、加热腐熟等处理,施用在田地中。古文献中与粪丹相类似的肥料的记载还有耿荫楼在《国脉民天》中记载的“料粪”,其制作方式如下:

每配一料,大黑豆一斗,大麻子一斗,炒半熟碾碎,加石砒细末五两,上好人、羊、犬粪一石,鸽粪五升,拌匀。遇和暖时,放瓷缸内封严密,埋地下四十日,取出,喷水令到晒至极熟,加上好好土一石拌匀,共成两石两斗五升五两之数,是全一料也。每地一小亩止用五斗,与种子拌匀齐下,耐旱杀虫,其收自倍。如无大麻子,多加黑豆、麻饼或小麻子或棉子饼俱可,如无鸽粪,鸡鸭粪亦可,其各色糠皮、豆渣俱可入粪,每亩止用五斗,一料可粪田四亩五分。第一年如此,第二年每亩用四斗,第三年止用三斗,以后俱三斗矣。如地厚再减,地薄再加,加减随地厚薄,在人活法为之。如无力之家,难辨前粪,止将上好土团成块,砌成窖,内用柴草将土烧极红,待冷,碾碎与柴草灰拌匀,用水湿遍,放一两日,出过火毒,每烧过土一石,加细粪五斗拌匀。<sup>[4]</sup>

耿荫楼与徐光启大约是同时代的人,徐光启的《北耕录》应是徐氏在天津屯垦之时所撰写,时间大约在1613-1621年,而耿氏的《国脉民天》写成于1630年,两书时间相差并不是很久,而徐氏的《北耕录》在清康熙年间之前只作为一沓被埋没的草稿而没有刊印出来,所以二人的新型复合肥料都应是独立研制的,并不存在参考与承袭的问题,这也似乎暗示着,高效复合肥料的研制在当时已是众多农学家所共同关注的重要议题。

## 二、“粪丹”思想的理论来源

“粪丹”一词由“粪”和“丹”组成,粪指的是农业所用之肥料,而丹则是古代道家炼制的“丹药”,从粪丹的词源即可看出它的出现与中国古代农学、医学及炼丹术,乃至道家学说和哲学思想

都有着密切的关系。

中国古代哲人十分推崇“天人合一”的理念，类比方法是士人们所青睐的一种思维方式，在医学领域，他们把人体比作小型宇宙或是比作井然有序的等级社会，把治病用的药材按照封建社会的等级分为君、臣、佐、使。同样在农学领域，士人也经常把土地比喻为个体的人，把种地称作“治地”，丰饶的土壤被视作机体健康的人，而贫瘠、生产力低下的土地便被视作“生病”了，从而需要使用肥料等“药物”来进行治疗。宋代农学家陈旉在此基础上更明确地提出用粪如用药的“粪药说”，陈旉认为：“土壤气脉，其类不一，肥沃磽确，美恶不同，治之各有宜也。……虽土壤异宜，皆可成就。”而治地的关键在于用粪调理，“皆相视其土之性类，以所宜粪而粪之，斯得其理矣。俚谚谓之粪药，以言用粪犹药也。”（[5]，pp.33-34）“粪药说”主张用粪肥像中医治病用药材一样：首先要对症下药，对不同类型土地需要用不同的粪肥，“地性有骀刚、坟壤、咸澇之异，故取用者亦有牛、羊、鹿、豕之不同，皆所以助其种之生气，以变易地气，则薄可使厚，过可使和，而稼之所获必倍常”；<sup>[6]</sup>其次，需要像对中药药材进行炮制那样来对粪肥进行处理，因为人的粪便在腐熟过程中会产生热量，不但会灼伤农作物，甚至会出现“损人脚手，成疮痍难疗”（[5]，p.45）的严重后果，宋代以后的农学家一般都建议施用前在粪屋、土坑或窖中先进行发酵；另外，还需要对粪肥的用量进行把握，不可多用，由于用粪过多而烧死作物或令作物徒茎叶繁茂而不结实的记载在史料中很常见。“粪药说”明确主张把为人治病的医药学引入为土地治疗的农学中，是促使“粪丹”思想出现的一个理论来源之一。

炼丹术是“粪丹”思想出现的另一个理论来源，炼丹术是由很早的采矿和冶金所脱离出来的一门学科，虽然大多内容在道教内部流传，但是它却对世俗科技产生了重要的影响，同时也对中国古代士人的思想产生很大的影响，促使他们用炼丹术的思想来探究外界事物，而粪丹的研制正是起源于“粪药说”和中国古代炼丹思想的结合。古代炼丹术有两种含义：一是炼制长生不老或包治百病的丹药，二是在贱金属中加入某些发酵的贵金属“酵母”，而使得贱金属变为昂贵的真金白银。传统肥料有体积大而单位面积含有的肥效较少的

缺点，这样每块田地就要使用很多的肥料，不但运输传统肥料会损耗农民的很多劳动，而且施肥过程也大大不便，这便促使古代农学家思考是否可以像炼丹术那样，通过特殊的配置过程来研制出极具肥效的“粪丹”，仅用一点便能起到很大的作用，于是他们便兢兢业业地投入到炼制高效肥料的实验中。粪丹炼制过程与炼丹术有很多相似之处，它们都需使用一定的设备，炼丹术用丹炉、丹鼎，而粪丹炼制需要缸、窖或砖池；都需要一些促使事物性质产生变化的“酵素”，如炼丹术中的丹砂、粪丹中的粪便由于热量大也很适合作为酵母，而动物的骨头因为具有“又云用牛马猪羊骨屑之，每一斗当粪百石，以壅水田”（[2]，p.443）这般强的肥效，也适合当做炼制粪丹的一种酵素或酵母，都需要对一定物质进行定量、配伍的融合，炼丹术也会用一些具体称重重量的不同物质来配合，如水银、雄黄等，而粪丹也是用鸽粪、豆饼、动物尸体之类的按比例配合；都需要对物质进行密封，用火加热等方式来进行催化，如炼丹术中就有“养火七日”、“酢煮”、“曝干七遍”等处理方式，而粪丹炼制中也有“火养三七日”、“晾干”、“火煨七日”等工序，甚至炼制粪丹对火候的要求也如炼制丹药一般，王淦焯传粪丹里提及的“顶口火”、“丹头”，本身就是炼丹术专有词汇。

从农学方面来说，粪丹是在先前肥料制造技术的基础上发展起来的，其制造方法与浓缩肥料的思想显然受到堆沤肥技术的影响。堆沤肥是一种由诸种物质、堆积腐败而成的肥料，只要是一切可以利用的植物、动物和矿物可以腐烂发酵以供当做肥料的都可利用。堆沤肥至迟在南宋就已开始应用于农业，陈旉的《农书》便记载这种肥料及其所用的物质，称“凡扫除之土，烧燃之灰，簸扬之糠粃，断稿落叶，积而焚之，沃以粪汁，积之既久，不觉其多。”（[5]，p.34）堆、沤肥通过对肥料进行腐熟、发酵等处理，极大地提高了肥效。虽然此类造肥技术早已有之，但复杂配方浓缩肥料的炼制却当从明代袁黄开始，袁黄于万历年间在北直隶宝坻任县令时期，撰写《劝农书》，书中提及熟粪法，自称此法也是得自于古书，他建议用火煮粪，这样可使作物耐旱，具体方法是：把各种动物的骨头和粪便同煮，牛粪便加入牛骨煮，马粪加入马骨同煮，人粪便可以加入人的头发代替骨头来煮；第二步是把田内的土壤晒干后，

把用鹅肠草、黄蒿、苍耳子草三种植物烧成灰,拌入到土中;然后在土上撒入煮的熟粪水,晒干后用些粪土盖之。在这种田地里的庄稼很是丰收,能达到“其利百倍”的效果,据说可以达到亩收三十石的高产。([7], pp.7-8)袁黄的熟粪法比堆沤肥制作有两大进步:首先,它引入了几种具体的制作物质,而堆沤肥的配方比较杂乱,任何有肥力的东西都可以利用;其次,袁氏用火来人为地对肥料进行加热,提高了温度,缩短了成肥的时间,使得原本需要三到五个月腐熟的肥料可以随时煮随时使用。在明代,还有一种液态浓缩肥料,称之为“金汁”,制作方法和熟粪法大致相同,但这种肥料制作过程比较繁琐,须数年而成。毫无疑问,粪丹就是在堆沤肥、熟粪法与金汁的基础上制成的更高效的肥料,只是粪丹在师承的同时又有了些进步,不但有了具体的配比材料,还对各种原料有了严格的定量。

从上文叙述中可以看出,徐氏书中记载的“粪丹”在思想上显然受到前人的许多影响,其中作为最典型的代表当属陈旉与袁黄,陈、袁二人不但皆为著名农学家,而且皆受到道家思想的影响,陈旉自称“西山隐居全真子”,并在序言中多次提及精通炼丹术的葛洪与陶弘景;袁黄对道家术数极为精通,并撰写了内丹术的著作《摄生三要》及《祈嗣真诠》,所以他们有了把农学与炼丹术融合的尝试,徐光启正是在此基础上又进一步,融合“粪药说”、炼丹术以及古代农家者流的农学思想,制造出“粪丹”这种新型肥料的。

### 三、粪丹出现的社会背景

粪丹出现在明代后期是有特殊背景,它不是由个别农学家心血来潮而研制的新奇玩意,而是由当时强烈的社会需求所推动。面对明代后期社会生齿日繁而地不加广的现象,如何从有限的土地上取得更多的收获就变成社会各界所面临的重要议题,为了增加粮食产量,农民开始加大对肥料的投入,使得肥料成为一种稀缺的资源,而传统肥料自身的缺点在此时也有了被修正的必要和契机,炼制粪丹正是士人层面对这些社会问题的一种尝试性应对措施。

宋代以降,江南地区就走上了—条精耕细作的农业发展道路,其中肥料技术扮演了重要的角

色。从南宋《陈旉农书》中就可以看到当时人们对肥料积攒的用心,元代《王祿农书》中记载了苗粪、泥粪、火粪等众多南方肥料,还提出了“惜粪如惜金”的概念。明清时期的肥料技术在前代的基础上有了更大的突破,甚至有学者认为从明代中期到清代中前期江南地区出现了一场“肥料革命”。<sup>[8]</sup>

随着江南地区施肥的精细化和肥料技术的进步,施肥次数越来越多,农民不但会在种植大田作物之前的土地上先施用底肥,在作物生长的过程中施加追肥(接力)也成为惯例,而且在有些地区追肥有时还不止施一遍。同时,明清时期,江南地区桑、棉等获利甚大的商业作物排挤着传统作物水稻的种植空间,纺织业的发达使得桑争稻田、棉争粮田的现象愈演愈烈,在有些地区甚至百分之九十的耕地都被用来种植棉花,而粮食却只能依靠外地输入,<sup>[9]</sup>据李伯重估计,棉对肥料的需求量并不少于水稻,而桑树对肥料的需求量则是水稻的好几倍。<sup>[10]</sup>加上明末时候还没有像后期那样拥有大量的来自满洲的大豆和豆饼被运输来以供应江南农业生产,豆饼价格又很昂贵,所以江南农人特别是财力不足的“下农”经常陷入肥料缺乏中。多方搜集肥料一直是明末江南农民日常生活中的重要活动。明末清初的《沈氏农书》在按照月份所进行的农事中,就充满“翻泥”、“翻田泥”、“窖垃圾”、“窖磨路”、“买粪”、“窖花草”、“买粪谢桑”、“挑河泥”、“租窖各镇”、“换灰粪”等涉及肥料的农事安排,可见其对肥料搜集的艰辛。<sup>[11]</sup>即使在这种强度积肥的情况下,肥料的需求依然得不到满足,而导致有些地区地力在逐渐下降,嘉庆时,松江人钦善的《松问》中记载:“八十以上老农之言曰:‘往昔肱苗,亩三石粟;近日肱苗,亩三斗谷。泽革内犹是,昔厚今薄,地气使然’,”<sup>[12]</sup>其实这就是因为肥料不足所导致的地力下降,也即是清人所言的“暗荒”。

同时,华北农业生产在明代也有一定程度的进步。特别是明代中叶以后,随着社会的稳定与人口的增长,人地矛盾开始凸显,两年三熟制开始在华北逐渐形成。两年三熟制比起一年一熟制对土地所造成的压力要大,显然需要补充更多的肥料来恢复地力。当时华北有些地区施肥量也较大,如“北京城外,每亩用粪一车”、“京东人云,不论大田稻田,每顷用粪七车”、“山东东昌用杂

粪，每亩一大车，约四十石”、“济南每亩用杂粪三小车，约十五六石”、“真定人云：每亩壅二三大车”。（[2]，pp.441-444）在华北的某些地区，还形成了高超的用肥技术，如徐光启笔下记载的山西，“山西人种植勤用粪，其柴草灰谓之灰。大粪不可多得，则用麦秸及诸康穗之属，掘一大坑实之，引雨水或河水灌满沤之，令恒湿。至春初翻倒一遍，候发热过，取起壅田”。（[2]，p.446）新作物棉花也在明代引入到华北，并得到迅速的扩展，如明末山东，棉花“六府皆有之，东昌尤多，商人贸于四方，其利甚博”。<sup>[13]</sup>而河北等地也在明末广泛种植棉花，即使是比较落后的地区，如冀州和滦州，也都在嘉靖和万历年间开始植棉。<sup>[14]</sup>棉花比起其他旱地作物需要投入更多的肥料，尤其是在漫长的开花与吐絮期。华北的棉花施肥技术相当先进，多用熟粪壅棉田，这样能使得“势缓而力厚，虽多无害”，甚至比当时的南方更先进，因为“南土无之（熟粪），大都用水粪、豆饼、草蓂、生泥四物”。（[2]，p.416）作物轮作制度的变化与新经济作物的种植，大大加剧了华北对肥料的需求，由于肥料不足，陈年炕土、多年墙壁甚至熏土肥料等养分少得可怜的东西都被拿来用做肥料，可见华北地区对肥料的缺乏程度。

南北方同时对肥料的缺乏是导致以徐光启为代表的士人学者试图发明高效肥料的原因之一，另一个重要的原因则是传统肥料的弊端越来越凸显出来。传统肥料体积大，肥料所含的肥效不高，导致每亩地需要很多肥料，运输起来极为麻烦。如“南土壅稻，每亩约用水粪十石”，（[2]，p.441）按明清一石等于今120市斤，那么明清一亩稻地就需要1200市斤的水粪，即使按照对明清江南普通农户经营规模最模糊的估计“人耕十亩”的标准来计算，即便采用最落后的三年一壅的原则，每个劳动力每年也得把4000市斤的肥料运送到田中，这需要极大的劳动消耗。所以历代耕织图里都把施肥当做农作的重要一环，历代为淤荫图所题的诗词里都感慨运、施肥的劳累，南宋皇帝就曾为淤荫图题诗曰：“敢望稼如云，工夫盖如许”，<sup>[15]</sup>由于挑粪、施肥工作的艰辛，所以经常会出现靠近村落的农田使用粪肥多，而有些离居处较远的田地由于人力成本的稀缺而不得不少施肥甚至近于抛荒的现象，即俚语所谓的“近家无瘦田，遥田不富人”。对这种现象，徐光启也有认识，他认

为：“田附郭多肥饶，以粪多故。村落中居民稠密处亦然”。<sup>[16]</sup>明清两代传统肥料价格的高昂，加之粪肥运输对人力要求过于苛刻，所以导致肥料危机与地力下降，如《补农书》中云：“但近来粪价贵，人工贵，载取费力……”，正是造成这些弊端的原因。虽然大豆、麻等榨油后的枯饼是一种重要的肥料，具有单位体积含养分多的特点，包含比其他肥料多很多的对作物生长十分重要的氮肥，而且可以快速地施用到土壤中，堪称现代化肥发明前最先进的肥料。豆饼具有替代传统肥料的优势，但其价格不菲，一般有雄厚资本的“上农”才可以用得起，而贫农只能赊欠来使用，或利用其他肥料代替，明代的《便民图纂》中的下壅图附的竹枝词中就显示了豆饼等的昂贵，诗曰：“稻禾全靠粪浇根，豆饼河泥下得匀。要利还须着本做，多收还是本多人”。<sup>[17]</sup>而且豆饼可以作为家畜的饲料甚至在荒年可以当做贫人的食物，这样尽管豆饼具有比传统肥料更好的肥效，但是由于经济原因而不能成为传统肥料的代替品，肥料危机和传统肥料的自身缺点，使得士人们思索如何能制取既肥效高且体积小，而且价格也可以接受的高效肥料，粪丹正是在这种背景及社会需求下出现的。

#### 四、粪丹在农业实践中应用失败及其原因分析

以徐光启为代表的关注农学的士大夫们倾注了大量心血来研制粪丹这种新型浓缩肥料，使其具有相当高的肥效，据徐光启称用王龙阳（即王淦焯）炼制的粪丹来施肥，每亩仅用成丹一升即足够，这可比同时期江南稻田施肥的亩用水粪十石的庞大数量要少得多。但即便有这样的显著优势，粪丹似乎也并没有被投入到实际使用中，更遑论取代传统肥料，其制法和工艺仅仅在徐光启的草稿中存有吉光片羽，后来的农学家甚至没有人记录或提及过粪丹。传统肥料依旧处在供应危机中，小农依然“惜粪如金”地收集着一切可以当做肥料的东西。粪丹的方法虽然没有被下层农民所接受而用在大田作物的种植中，但是其主要方法与思想却在上层士人的层面流传，在清代观赏花卉的谱录中，很多处都与粪丹类似的浓缩肥料思想的体现，如《艺菊新编》中的酿粪部分与《艺菊琐言》中的肥料部分都记载了与粪丹制作方法类似的制肥法。

粪丹没有流传在文献学上可能归咎于《北耕录》存于徐光启长房孙所,陈子龙等在整理《农政全书》时没有将其收录,直至清康熙年间才被发现,这可能是粪丹没有流传的文本原因之一。<sup>[3]</sup>但作为一种制作高效肥料的方法,粪丹没有被应用在农业实践中应该是受到多方面条件所制约的。阻碍粪丹在实践中发挥作用的原因首先应该是经济问题,制造粪丹需要极多的原料,如猪脏,还需要极高的条件,如“火养三七日”、“用火煨七日”等,小农没有足够的原料和燃料,这些要求都难以做到;其次,为了保存肥效,粪窖或大缸是制造粪丹的重要器具之一,但这种设备都是大型的,在当时的条件下,小农由于受经济条件所限,也难以办到;<sup>[18]</sup>再次,农民在技术上喜欢因陋就简,而制造粪丹的程序及其繁琐、复杂,从制作到使用需要花费大量的精力与时间,这些原因都使得粪丹与实践所脱节,而仅仅停留在学者士人思辨的层面上,其思想仅在精细的名贵花卉的培育上略有体现。同时,粪丹的失败或许也可以从其技术的本身来寻找原因,首先粪丹是种浓缩肥料,肥力巨大,徐光启在制造粪丹时建议“着此粪后,就须三日后浇灌,不然恐大热烧坏种也”,<sup>( [2], p.447 )</sup>农学家尚且如此慎重,普通百姓更是无法预料使用后浇水不及是否会烧坏庄稼;其次粪丹是种肥,在种子上或播种时直接施肥的农法在《汜胜之书》与《齐民要术》等早期时代大受欢迎,主要是为了保证出苗,但此种方法在后世逐渐不受重视,因为后来的施肥不只是为了出苗,而主要是为了保持农作物的后期生长,明代后期,全国作物以水稻为主,宋应星曾提及:“今天下育民人者,稻居什七”,<sup>[19]</sup>水稻在育秧前需要用粪来壅秧田,但是很少用种粪,这也是粪丹没得到利用的原因之一;再次,宋代以降,农学家在施肥方法上一直坚持的是还原论的原则,主张不同的作物对肥料应有着不同的需求,在施肥时应该因地制宜,陈勇就认为:“土壤气脉,其类不一,肥沃磽确,美恶不同,治之各有宜也。”<sup>( [5], p.33 )</sup>王祯也认为擅于种庄稼的人在施肥时应“相其各处地理所宜而用之”,<sup>[20]</sup>而粪丹则主张用综合论的方法来制作对一切土质的田地都可用的“万能肥料”,这在当时也不容易被农家所接受,或许这也是导致粪丹思想没有被流传和应用的原因之一。

## [参考文献]

- [1] 德·希·珀金斯. 中国农业的发展(1368-1968) [M]. 宋海文等译, 上海: 上海译文出版社, 1984, 90.
- [2] 朱维铮、李天纲主编. 徐光启全集 [M]. 第五册, 上海: 上海古籍出版社, 2010.
- [3] 胡道静. 徐光启农学三书题记 [J]. 中国农史, 1983 (6): 48-52.
- [4] 耿荫楼. 国脉民天 [M]. 续修四库全书976子部·农家类, 上海: 上海古籍出版社, 2002, 620-621.
- [5] 陈勇著、万国鼎校注. 陈勇农书校注 [M]. 北京: 农业出版社, 1965.
- [6] 吴邦庆撰、许道龄校. 畿辅河道水利丛书 [M]. 北京: 农业出版社, 1964, 520.
- [7] 郑守森、况清楷、翟乾祥校注. 宝坻劝农书·渠阳水利·山居琐言 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2000.
- [8] 李伯重. 江南农业的发展: 1620-1850 [M]. 王湘云译, 上海: 上海古籍出版社, 2007, 53-57.
- [9] 魏丕信. 18世纪中国的官僚制度与荒政 [M]. 徐建青译, 南京: 江苏人民出版社, 2003, 147.
- [10] 李伯重. 发展与制约—明清江南生产力研究 [M]. 台北: 联经出版事业股份有限公司, 2002, 310.
- [11] 张履祥辑补, 陈恒力校释, 王达参校、增订. 补农书校释(增订本) [M]. 北京: 农业出版社, 1983, 11-24.
- [12] 贺长龄. 皇朝经世文编 [M]. 第一函, 卷二十八, 光绪己亥年, 中西书局校阅石印本.
- [13] 陆弢等纂修. 嘉靖山东通志 [M]. 卷5 嘉靖十二年, 山东省图书馆藏明嘉靖版本.
- [14] 黄宗智. 华北的小农经济与社会变迁 [M]. 北京: 中华书局, 2000.115.
- [15] 王红谊主编. 中国古代耕织图 [M]. 下册, 北京: 红旗出版社, 2009, 355.
- [16] 朱维铮、李天纲主编. 徐光启全集 [M]. 第六册, 上海: 上海古籍出版社, 2010, 137.
- [17] 邝璠著, 石声汉、康成懿校注. 便民图纂 [M]. 北京: 农业出版社, 1982, 6.
- [18] 曹隆恭. 肥料史话(修订本) [M], 北京: 农业出版社, 1984, 61.
- [19] 宋应星著、钟广言注释. 天工开物 [M]. 广州: 广东人民出版社, 1976, 11.
- [20] 王祯撰, 缪启愉、缪桂龙译注. 东鲁王氏农书译注 [M]. 上海: 上海古籍出版社, 2008, 64.

[责任编辑 王大明]