

营养元素循环和农业的持续发展

刘 更 另

(中国农业科学院, 100081)

摘 要

我国 2000 多年的历史证明: 农业可以持续发展, 从农业外部投入物质和能量, 是现代化农业生产力突破性进展的重要特征。单靠化肥引起许多土壤问题, 关系到人类健康, 生产使用有机肥料是一项重要的社会产业, 保证营养元素合理循环是农业生产持续发展的根本问题。

一、种植业、饲养业、沤制业相结合的我国传统农业, 反映了自然界营养元素循环的客观规律, 保证了我国农业持续发展

植物、动物和人类生长发育所必需的化学元素, 我们笼统地把它叫做“营养元素”。农业生产归根到底是这些营养元素的循环和能量的转化。植物利用太阳能和空气中的二氧化碳以及土壤中的水分、矿物质等合成人类生存所必需的各种有机物质。这个过程叫做“植物生产”。

植物生产是第一性的。没有植物生产就没有农业、没有财富、没有人类生存和繁衍的基础。

然而单靠植物产品, 不可能完全满足人类生长发育的需要。许多营养物质要靠动物产品来补充。动物生产实际上扩大了人类对植物利用的范围, 所以, 动物生产也是人类赖以生存的基础。

人和动物所不能利用的有机残渣包括人畜粪尿, 经过微生物腐解成有机肥料。这个过程叫做“有机肥料生产”^[1]。不生产、不使用有机肥料, 大量有机残渣得不到利用, 它将污染环境, 妨碍卫生。更重要的, 植物和土壤将得不到培育, 自然界营养元素的循环也完成不了, 这样给农业生产必然带来危害。把种植业、饲养业和沤制业紧密结合起来的我国农业, 反映了物质能量循环的客观规律, 反映了植物生产、动物生产、有机肥料生产三者之间相互依赖、相互促进的有机联系。几千年的历史证明: 这种农业是有生命力的。我国历代小麦、水稻亩产量提高的历史, 有力地证明了这一点。

表 1 表明: 从公元前二世纪到公元 13 世纪, 1500 年间, 小麦亩产一直稳定在 51.5—60.3 公斤范围以内, 没有下降。从 13 世纪到 20 世纪初, 小麦亩产量提高到 97 公斤, 接近 180%。水稻基数低, 公元前 2 世纪到 20 世纪初, 亩产量逐步提高到 196 公斤。增产接近 5 倍。上述我国农业的发展历史经验说明:

• 1. 施用有机肥料而且最大限度地利用农业本身养分的再循环在我国的粮食生产历史上有着极为重要的作用。

表 1 我国历代小麦、水稻亩产量*(公元前 221 年—公元 1911 年)
Table 1 Yields of wheat and rice in the past dynasties of China

朝代 Dynasty	产量 Yield (公斤/亩)	
	小麦 Wheat	水稻 Rice
秦代(公元前 221—206)	52.9	—
西汉(206—公元 25)	60.3	40.2
魏晋(220—317)	59.3	59.3
南北朝(386—589)	51.5	83.2
隋唐(581—907)	56.8	85.3
宋朝(960—1279)	52.0	104.0
元朝(1271—1368)	72.3	144.50
明清朝(1368—1911)	97.7	195.3

* 我国历史上的小麦、水稻单产,系根据历史文献记载,大多是由典型材料推算所得,不是某个朝代从开元到终结全国的完整的统计资料,它能说明当时农业生产水平。

2. 我国农民为了维持和提高农业产量发明和发现了一系列的耕作施肥措施,如采用休闲耕作法,增加豆科作物固氮以及扩大耕地面积等等措施,使我国的粮食单产不仅没有减少而且有缓慢增加,特别是小麦,从亩产 50—60 公斤提高到 97.5 公斤,经历了 2132 年的漫长时间;水稻亩产每提高 50 公斤平均需要 706 年时间。所以我国传统农业满足不了社会不断增长的需求。

我们赞成从农业以外投入物质能量,扩大物质循环的内容。否则,农业的发展满足不了社会上不断增长的需求。例如从西汉到清末,两千多年,小麦单产提高不到 80%,水稻单产最高不到 200 公斤。然而人口从 5000 万增加到 45000 万,整整增加了 8 倍,人口给农业带来了很大的压力。

在欧洲发展农业的技术路线与我国不同,在种植制度上除去实行“三圃制”,利用谷类作物、中耕作物、饲料作物轮作换茬,利用土地休闲制来恢复地力,以维持较高的产量以外,从 18 世纪开始,还施用了南美的“鸟粪”和“硝石”,用来提高农业生产。18 世纪中叶在欧洲建立了第一个化肥厂,生产过磷酸钙,从农业外部引进物质投入。

二、李比希的“矿质营养学说”、“归还定律”是营养元素循环的理论基础,它开拓了广阔的应用前景

1840 年,世界著名的科学家、农业化学的奠基者尤·李比希发表了名著《化学在农业和生理学上的应用》^[4]。在这本书里,李比希满腔热情地总结描写了中国农民施用有机肥料的经验。创立了“矿质营养学说”、“归还学说”。有力证明了土壤中能使植物生长发育的是“矿质营养元素”。

“矿质营养学说”和“归还定律”为施用矿质肥料提供了理论基础。在这个学说的指引下,欧洲市场上出现了磷矿粉 [$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$]、钾矿石粉 (KCl)、硝石 (KNO_3)、芒硝 (NaNO_3)、石灰石粉 (CaCO_3)、石膏 (CaSO_4) 等商品肥料,大大地提高了各种农作物的单位面积产量。英国的劳斯 (Lawes) 和基尔伯特 (Gilbert) 为了验证沙苏耳 (Saussure)、包森加特 (Boussingault)、李比希 (J. Liebig) 等科学家关于植物营养方面的理论,并向农民展示各种矿质肥料和厩肥的增产效果,在英国洛桑实验站布置了世界上有名的长

期肥料实验。在法国的格里昂 (Grignon) (1875)、美国的依里洛依 (Illinois) (1876)、德国的来比锡 (1857)、哥廷根 (Göttingen) (1873)、丹麦的阿斯科夫 (Askov) (1894)、俄罗斯的莫斯科 (1912) 以及荷兰、芬兰、挪威、奥地利等国都布置了各式各样的长期肥料实验。这些实验具体设计虽各有不同, 其中有一个共同的目的是比较厩肥和矿质肥料的效果, 研究施肥对提高土地生产力的作用。与此同时, 劳斯在英国建立了第一个过磷酸钙肥料工厂。随着化学肥料的推广使用, 加速了欧洲“休耕轮作制”到“四区轮作制”的过渡, 扩大了农业系统中物质循环, 促进了农业革命性的发展。

三、世界长期实验的结果为西方现代化农业提供了依据。这种农业极大地提高了农业生产率

根据英国洛桑实验站 110 年肥料实验结果^[5], 施用厩肥的处理, 其大麦籽实产量比无肥区增产 2.38 倍, 茎叶产量增加 2.63 倍。施用氮磷钾化肥处理其籽实比无肥区增加 1.47 倍, 茎叶增加 1.78 倍。单独施用磷钾肥和无肥区相比, 籽实和茎叶仅增加 25—27%。

一百多年的长期实验还证明一点, 在不施肥的条件下, 每公顷能获得 880 公斤的收成 (即每亩 58.7 公斤)。特别值得注意的是厩肥的后效。从 1852 年到 1872 年, 连续 20 年, 每年每公顷施厩肥 35 吨, 1872 年以后不再施肥, 观测厩肥后效。其结果 1872 年到 1961 年 90 年间, 无肥 (对照) 区大麦籽实产量平均每公顷 800 公斤 (折合每亩 53.3 公斤), 而厩肥 (后效) 区达 1520 公斤 (折合每亩 101.2 公斤), 厩肥 (后效) 区比对照区增产 90%。有力地说明了厩肥的优越性。

英国布洛德巴克 (Broadbalk) 1852 年到 1978 年连作小麦实验。每公顷施用厩肥 35 吨, 其小麦产量相当于每公顷施用 N 素 144 公斤, P 素 35 公斤, K 素 90 公斤的处理, 尚未计算厩肥的后效。这些实验证明以下几点:

(一) 单靠化肥, 不施有机肥, 作物也可以高产, 并持续百年而不衰。

(二) 在施用化肥的基础上单一作物连作也可以获得高产, 冬小麦亩产可保持 350 公斤, 玉米可达到 500 公斤。

(三) 长期施用化肥并不破坏土壤, 也不影响农产品中蛋白质含量。

这几条结论成了西方现代化农业的科学依据, 形成以农药、化肥、机械和单一种植“四大支柱”为格局的西方农业。这种农业以大规模经营、大机器作业、大区域专业化、大批量生产、长距离运输为其特点, 极大地提高了劳动生产率和单位面积产量。

四、西方农业的缺陷, 它将给人类带来灾难性影响

西方农业所造成的食物单一化, 食品营养元素的贫瘠化, 膳食中营养物质的不平衡性, 其对人类健康所造成的灾难性影响, 更应该引起世界各国决策部门高度的重视。

科学证明: 人体所需要的化学元素绝大部分来自土壤通过膳食获得。许多元素, 过去认为对人体是有毒的, 现在发现在微量情况下都是人体所必需的。例如 Hg、Se、Co 就是这样。

美国第一个医学诺贝尔奖金获得者, A. 卡列尔 (A. Carrel) 写道^[6], 化学肥料只能提高作物的产量, 却无法补充土壤中枯竭的“全部元素”, 因此影响食物的营养价值。现在已是 80 年代, 化学肥料用量更高, 食物的营养价值比 30 年代的差远了”。美国另一个医生黎可斯 (Nichole. J.) 行医多年, 自己忽然得了心脏病, 多方治疗, 走了许多弯路, 最后

走上改变食物的道路,恢复了健康。他以自己亲身的体会著书立说,他的结论是:“只有肥沃的土壤,才有人类永久的财富”。法国农学家沃辛(A. Voisin)说:“化学肥料的施用,是人类近代史上最伟大的发明之一。但是,如果我们只考虑利用,而不考虑保持土壤及其产品的生物品质,势必把人类引上灾难的道路”。英国霍华特(Howard A)^[1]是“有机农业”的创始人之一,他主张施用有机肥料维护地力。他说:“没有良好的土壤,就没有人类健强的身体”。日本倡导“自然农业”(Natural Agriculture)^[2]的福岗先生也认为“没有肥沃的土壤,就没有营养丰富的农产品,也就没有健康的身体”。美国著名医生雪耳顿(Shelton)说^[3]:“我们要改善食物营养,一定要包括改良土壤在内”。

美国前总统卡特就眼看到现在“石油农业”所引起的严重后果,主张积极研究“有机农业”。

1983—1984年,美国农学会、作物学会、土壤学会的理事长联名发出呼吁:“今天的农业是否继续沿用现行的生产方式,还是引用‘有机农业’的生产方式,或者把两者结合起来?这是今天以及我们的子孙面临的重大问题”。最后说:“我们需要一个生产丰富而又能持续发展的农业,让我们子孙后代分享土地给他们的赏赐吧!”

五、人类有智慧有力量解决农业面临的问题

西方现代化农业所造成的食物单一化,食品营养元素的贫瘠化以及膳食中营养分的不平衡性,与长期以来以蛋白质为中心的营养学理论是分不开的。恩格斯曾经说过:“蛋白质是生命存在的形式”^[4],科学证明,除了蛋白质和维生素是人类生长发育所不可缺少的营养物质以外,人体需要的化学元素共有54种,这些元素,绝大部分来自土壤,通过膳食获得。这里产生一个问题,植物所包含的元素一般只有16种,如何满足人体对54种元素的需要,中国传统习惯有两条主要经验。一是提倡肉食,杂食;二是提倡用有机肥,特别是用人畜粪尿培肥土壤,使许多营养元素循环利用^[5]。

六、保证营养元素合理循环是农业生产的根本问题之一

营养元素循环和有机肥料的生产、使用是一项重要的社会产业,它关系到农业的持续发展,关系到国家民族的繁荣与昌盛。

1988年,国家统计局根据统计材料,无可辩驳地证明了我国化肥施用水平大大超过了世界的平均水平。提出多施有机肥料、调整肥料结构,作为国家一项重大国策,希望能引起全社会和决策部门的重视。

有机肥料有很大的优越性。它含有植物所需要的大量营养成分和有机质。例如猪粪含有全氮2.91%、全磷1.33%、全钾1.00%、有机质77%;鸡粪中含有全氮2.82%、全磷1.22%、全钾1.40%、有机质68.3%。有机肥料中的养分有两个重要的特点:一是因为有机质吸附量大,许多养分不易随水流失;二是这种吸附的养分很容易分解被植物利用。不仅如此,有机肥中还含有各式各样的微量元素。例如畜禽粪便中含硼21.7—24毫克/公斤、锌29—290毫克/公斤、锰143—261毫克/公斤、钼3.0—4.0毫克/公斤。由于有机肥料中养分比较完全,这就为农作物高产、优质提供了保证条件。

施用有机肥料还可以改良土壤的物理、化学和生物特性,培肥土壤、提高地力,给土壤增加了许多有机胶体,大大增加了土壤的吸附表面,促使土壤颗粒胶结起来形成稳定的团粒结构,从而提高土壤保水、保肥、通气的性能以及调节土壤温度的能力。根据我们在河

北褐土上的观测,每亩施用猪粪 2000 公斤,增加了土壤保持能力 3.8%,减少水分蒸发 14.3%,在早晨,可以提高土壤温度 2.2℃,在中午气温很高时,又可以降低土壤温度 1.9℃。在湘南几种典型红壤上,施用有机肥料可以提高透水性,在花岗岩红壤上,施用有机肥的处理比对照水分渗透率提高 1.28 倍。

种植绿肥是增加有机肥料、提高土壤肥力的有效措施。农民历来重视绿肥。绿肥含有农作物所需要的多种养分。豆科绿肥能固定空气中的氮素,十字花科绿肥能活化土壤中的磷素,还有一些绿肥能富集空气中、土壤中的钾素,从而改善土壤中钾素供应状况。种好一亩绿肥,可供 2—3 亩用肥需要,可增产粮食 75—100 公斤。如果全国种植豆科绿肥 1 亿亩,其所固定的氮素,相当于 400—500 万吨标准肥。绿肥根系可以疏松土壤、改善土壤通气状况,还可以减少地面径流,防止水土流失,固定沙丘减少风蚀、水蚀等危害。许多绿肥营养丰富,是发展畜、禽的好饲料。

这些都说明,有机肥料确实有它的特殊功能,它关系到土壤肥力和农业发展。我们常谈论的,人类赖以生存的土壤资源,实际上就是有机肥料培育起来的那个肥土层最为宝贵。

哪里有农业和畜牧业,哪里就有有机肥料及其资源。农业生产越发展,农畜产品越丰富,有机肥料的资源就越来越多,施用有机肥料需要也就越来越迫切。因此,有机肥料的问题是一个万古千秋都存在而经常作用的问题。有机肥料问题处理得好,它能营养作物、培肥土壤、给社会创造财富,保证农业持续发展。反之,这些残渣废物到处堆放,它将污染环境,妨碍卫生,影响人畜健康。集中必要的人力、财力、物力做好有机肥料的工作,是非常必要的。

有机肥料及其资源分布最广,无论南方和北方,无论山丘和平原,无论城市和乡村,每一个机关和学校、工厂和街道,以及每一个家庭都有垃圾、残渣处理问题,因此解决有机肥料的问题,需要全社会重视,要求农业部门、城建部门、环卫部门、运输部门各方面配合。这些都说明有必要成立专门机构,把有机肥料生产、使用作为社会一项重要产业来抓,这样有机肥料的事业才能发展,土壤肥力才能提高,农业生产才能前进,城乡面貌才能改观。

有机肥料的生产使用是一项经济效益、社会效益都很高的产业。以城市粪便垃圾做例子:生产一吨合成氨(5 吨标准氮肥)要花 1 吨石油,如果把这吨石油用来运输有机肥料,那么可以运 200 吨粪便垃圾到 40 公里范围内,供 100 亩土地使用,平均每亩可增产粮食 75—100 公斤,那么 1 吨石油可增产粮食 7500—10000 公斤。第 2—3 茬还可以收到 3000—4000 公斤的后效。1 吨石油生产的标准氮肥,平均可增产 5000—10000 公斤粮食,但是质量差、后效低,而且很不稳产。如果每吨有机肥混合 10 公斤化学氮肥,那么 200 吨有机肥可供 200 亩土地使用,这样可以增产粮食 10000—15000 公斤,及后效 3000—4000 公斤,很明显化学肥料和有机肥料混合施用能收到更好的效果。

我国政府非常重视有机肥料。经常号召“要重视有机肥料”,“以有机肥料为基础”,强调说:“有机肥料比无机化学肥料优胜十倍。”虽然如此,许多人在认识上没有把有机肥料看成是农业生产的组成部分和必要环节。工作上没有把有机肥料的生产使用作为一项重要产业来对待。从中央到地方,没有专门的管理机构,从城市到乡村也没有经常的专业队伍。对增施有机肥料培养地力的大问题,在经济上没有必要的扶持,在政策上没有明确

的规定。几十年来是一般号召多,群众运动多,喊一阵、抓一阵、放一阵。在技术上有有机肥料的积累、保存、使用还停止在非常原始的水平上,一切操作靠手工劳动,肩挑背扛。这种落后的生产方式,几千年没有改进。

1988年12月13日,国务院就“关于重视和加强有机肥料工作”发布了专门指示,分析了当前有机肥料使用量减少,绿肥作物种植面积下降,大中城市粪便垃圾很少利用的原因。并提出一系列的改进措施。我们希望这些措施,落到实处,持之以恒,则农业幸甚,国家幸甚。

参 考 文 献

- [1] 恩格斯, 1955: 《自然辩证法》。256页,人民出版社。
- [2] 李比希(刘更另译), 1983: 《化学在农业和生理学上的应用》。37, 43, 48—52页,农业出版社。
- [3] 刘更另, 1988: 有机肥料的生产使用是一项社会产业。中国农业科学,第21卷1期,第5页。
- [4] 刘更另, 1989: 中国粮食生产和平衡施肥。《国际平衡施肥学术讨论会论文集》, 16—21页。
- [5] 沈善敏, 1984: 国外长期肥料实验(一)(二)(三),土壤通报,第15卷2期85—90页,第3期134—138页,第4期184—185页。
- [6] Carrel A., 1985: 《Man the Unknown》Harper & Brothers, New York.
- [7] Fukuoka M., 1985: The natural way of farming, the theory and practice of Green philosophy. Japan publication. Tokyo & New York.
- [8] Haword A., 1956: The Soils and Health, Devin-Adair New York.
- [9] Shelten H. M., 1969: The Hygienic System V. II 5th Ed Dr. Shelten health School. San Antonio Texas.

RECYCLING OF NUTRIENT ELEMENTS AND DEVELOPING OF SUSTAINABLE AGRICULTURE

Liu Gengling

(Chinese Academy of Agricultural Sciences, 100081)

Summary

More than 2000-year history of agriculture in China has demonstrated that the grain yield could be sustained and the soil productivity could be maintained and gradually improved through recycling the nutrient elements and raising the efficiency of organic manure. The input of non-agricultural material and energy is a most effective way to increase the crop yield and is one of important characteristics of modern agriculture. But there is a tendency in some regions that the farmers prefer only chemical fertilizer. The long-term application of sole chemical fertilizers will cause many soil problems and exert a bad influence on crop quality and human health. Particular attention should be given to the development, production and application of the organic manures, so as to solve the problem of organic manures, to improve soil properties and to develop sustainable agriculture.