



中国农业肥料利用现状、问题及对策

中国农业科学院农业资源与农业区划研究所 张树清

目前中国的科学施肥水平整体还不高,部分地区仍然存在盲目施肥现象,肥料资源浪费严重,农业生产成本增加,效益降低,导致农产品品质下降,污染环境,加速土壤质量衰退,直接影响粮食持续增产、农业提质增效、农民节本增收和农产品质量安全。因此,加快建立具有中国特色的科学施肥体系,提高肥料资源的利用率,是中国农业可持续发展的关键举措之一,也是构建节约型社会的具体体现。

一、肥料在农业发展中的重要地位

著名的育种学家,为“绿色革命”做出卓越贡献的诺贝尔奖金获得者 Norman E. Borlaug 于 1994 年在全面分析了 20 世纪以来农业生产发展的各相关因素之后断言:“20 世纪全世界作物产量增加的一半是来自化肥的施用”。据联合国粮农组织 (FAO) 的资料,化肥对粮食生产的贡献率占 40% 左右。根据全国化肥试验网的大量试验结果,施用化肥,可提高水稻、玉米、棉花单产 40%~50%,提高小麦、油菜等越冬作物单产 50%~60%,提高大豆单产近 20%。据推算在粮食总产中有 35%~45% 是施用化肥的作用。

1995~2004 年,近 10 年来中国化肥用量增加很快,化肥用量由 3 595 万 t (纯养分,下同) 发展到 4 636.8 万 t,增加了 1 041.8 万 t,即增加了 22.5%;但是,粮食产量由 46 500 万 t 只增加到 46 974.2 万 t,增加了 474.2 万 t,即增加了 1.0%。出现这一现象的原因是多方面的,除政策因素外,不合理的施肥无疑是重要的原因。

中国人口在逐渐增加,耕地由于非农业项目占用而逐渐下降,单位面积耕地的负载压力越来越大,使农业生产面临严峻挑战。1996~2004 年,人口由 10.4 亿增加到 13 亿,增加了 20%,年均增加 2 600 万人。而 1996~2004 年,耕地面积净减少 760 万 hm^2 ,人均耕地由 1996 年的 0.11 hm^2 下降到 2004 年的 0.09 hm^2 ,下降了 17%。按照 FAO 的统计资料,中国 2004 年谷物总产量达 4.1 亿 t,人均占有谷物 316.6kg,只相当于美国和法国的人均谷物占有量的 1/3 左右。按统计资料,2004 年中国粮食作物播种面积 1 亿 hm^2 ,与耕地面积 1.2 亿 hm^2 之比为 0.83,与农作物总播种面积 1.5 亿 hm^2 之比为 0.66。这就是说,为了解决粮食安全问题,中国绝

大部分耕地已经用于产量较高和需肥量较大的粮食作物。中国人多地少的基本国情和长期养分投入低于产出,导致土壤养分耗竭的特点决定了必须不断增加化肥的投入,丰富农业生产过程中物质和能量循环的内容,提高单位面积产量,提高耕地产出率,在今后相当长时期内,施肥仍将是农业持续发展的重要措施之一。

二、肥料资源利用现状与存在问题

2004 年,中国化肥产量已达 4 519 万 t (纯养分,下同),占世界总产量的 30% 以上,居世界第一位。化肥在农业生产成本 (物资费用加人工费用) 中占 25% 以上,占全部物资费用 (种子、肥料、机械作业、排灌等费用) 的 50% 左右,国家、地方和农民都为此付出了很大的代价。生产化肥消耗了大量能源和资金,进口化肥动用了大量外汇,农民用于购买化肥的资金,是农业生产物资中最大的一项。但是化肥未能物尽其用,其中用量最大的氮肥当季利用率只有 30%~35%,化肥的增产效果在一些地区出现了明显下降的趋势。中国有机肥料资源丰富,中国是世界上有机废弃物产出量最大的国家,每年大约 40 亿 t,其中畜禽粪便排放量 26.1 亿 t,人粪便 3.0 亿~3.5 亿 t,农作物秸秆 6.5 亿 t,废弃塑料 2.5 亿 t,蔬菜废弃物 1 亿~1.5 亿 t,城市生活垃圾 2.0 亿 t,城市污泥 0.25 亿 t,肉类加工厂 (包括肉联厂、皮革厂和屠宰场) 废弃物 0.5 亿~0.65 亿 t,饼粕类 0.25 亿 t。有机肥料资源利用率不足 40%。因此,提高肥料利用率的问题,受到普遍关注。肥料利用必须“开源”和“节流”并重,在增加生产、转化和进口,提高有效供应的同时,注意用好化肥,提高肥料利用率。这是一项系统工程,涉及肥料产、销、推、用各环节,不仅关系到农业的增产增收,而且是提高地力,保护环境,实现农业可持续发展的一项重要措施。为了充分发挥肥料在我国农业生产中的作用,必须认真分析当前肥料利用中存在的问题,从而有针对性地采取有效措施加以解决。

1. 化肥总量不足,品种结构不合理。从 20 世纪中叶开始,中国为促进农业发展,日益重视化肥的施用,尤其是近 20 年来,化肥施用量平均每年以 157.7 万 t 的速度递



增, 化肥施用总量由 1984 年的 1 482 万 t, 增加到 2004 年的 4 636.8 万 t, 约占世界化肥消费量的 30%, 居世界之首。2004 年比 2003 年增长 16% 以上, 其中钾肥增长幅度最大达到 52%。但是, 若按单位面积计算, 化肥施用量为 320kg/hm², 居世界的中上水平。

有关专家预测, 至 2030 年中国人口将达到 16 亿。按人均粮食占有量 400kg 计算, 粮食总产量应达到 6 400 亿 kg。即使按每公斤化肥(养分)增产 10kg 粮食计算, 单就粮食生产这一项就需要增加化肥 1 400 万 t。考虑到种植结构调整后经济作物施肥量的增加, 以及林业、草业和养殖业的用肥, 预计到 2030 年中国化肥需求总量将突破 6 000 万 t。

中国化肥除总量不足外, 品种结构也不尽合理。2004 年化肥总施用量的 4 636.8 万 t 中, 氮 2 831.4 万 t, 五氧化二磷 1 338.1 万 t, 氧化钾 467.3 万 t, 氮、磷、钾施用比例为 1 : 0.47 : 0.10, 钾肥明显不足。复合肥 1 203.8 万 t, 仅占化肥施用总量的 25%, 各种专用肥发展也很快。2004 年净进口化肥 1 243 万 t, 进口产品主要是钾肥、磷酸二铵和三元复合肥。在化肥生产中, 高浓度和复合肥料品种及产量逐年上升。在氮肥总量中, 高浓度尿素产量 60% 以上, 高浓度磷肥(磷铵、重钙、硝酸磷肥、氮磷钾复合肥)产量已上升到总产量的 45% 以上。

化肥品种结构不合理, 养分投入比例不平衡, 肥料利用率徘徊不前, 生产效益下降, 环境污染加重, 如环太湖、珠江三角洲地区由于氮肥利用率不足 30%, 导致大面积水域严重污染。据测算, 全国每年氮肥浪费造成损失高达 300 多亿元人民币。

2. 有机养分资源未能充分有效利用, 加重了环境污染。有机肥主要是指农业收获物中的养分通过各种形式重新用于农业生产的再循环或再利用部分。有机肥料资源量随着农业生产的发展而逐渐增加。中国是世界上农产品产量最多的国家, 农业废弃物的种类很多, 数量很大。据统计, 中国近几年来来自农业内部的基本资源(主要包括粪尿类、秸秆类、绿肥类、饼肥类)每年就高达 40 亿 t, 可提供粗有机物 7.08 亿 t, 氮、磷、钾养分 5 316 万 t(氮为 2 176 万 t, 五氧化二磷为 870 万 t, 氧化钾为 2 270 万 t)。此外, 还有城市生活垃圾、城市污泥、肉类加工厂废弃物等。近年来, 有机肥料的农业利用面临一系列新的问题和严峻的挑战, 种植业逐渐转向省工、省力、高效、清洁的栽培方式, 传统的有机肥积、制、保、用技术已不能适应现代农业的发展。目前, 中国实际用于农业的有机肥料数量折合养分约为

1 800 万 t 左右, 仅约占资源总量的 34%, 约占农田养分投入总量的 30%。未被利用的部分成为环境的重要污染源。例如, 中国农业科学院土壤肥料研究所对江苏、浙江、山东、北京、上海、天津等省、直辖市调查结果表明, 秸秆中约有 30% 被焚烧, 10% 左右丢弃在沟渠里; 畜禽粪便中约有 25% ~ 30% 进入水体; 城市生活垃圾和污泥, 通过填埋、焚烧和堆积直接进入环境, 这些均对环境造成严重威胁。

3. 平衡施肥尚未真正实现, 施肥效益下降。施肥不平衡包括地区间不平衡、作物间不平衡和养分间不平衡 3 个方面。地区间施肥不平衡, 是指东部地区, 特别是东部经济发达地区施肥量过高, 按耕地面积计, 东部地区的施肥量, 要高于西部欠发达地区 1 倍以上。作物间施肥不平衡, 是指对经济价值高的作物过量施肥。据对北京市的调查, 蔬菜的施肥量大约为粮食作物的 10 倍, 1996 ~ 2000 年, 包括化肥和有机肥的每公顷年平均施肥量(养分)为: 保护地蔬菜 3 649kg(其中有机肥养分 2 525kg), 露地蔬菜 2 796kg(其中有机肥养分 1 841kg)。而粮食作物的每公顷年平均施肥量: 冬小麦 381kg, 夏玉米 312kg, 春玉米 470kg, 水稻 309kg。养分间不平衡, 是指普遍重视施用氮、磷化肥, 轻视钾肥施用, 忽视中微量元素施用。目前, 土壤钾素缺乏严重, 尤其是粮田多年不施钾肥, 或少量施钾肥, 根据中国第二次土壤普查资料。全国缺乏各种微量元素的面积合计为 15 733 万 hm²。缺乏中量元素的面积合计为 6 000 万 hm²。

不平衡施肥和过量施肥带来了以下一些问题: 一是施肥地区间不平衡, 作物间不平衡, 影响到地区间和作物间的均衡增产, 肥料利用率降低, 同时增加了环境污染的风险。据中国农业科学院土壤肥料研究所对京、津和河北省 13 个县 69 个地下水和饮用水样的测定, 硝酸盐含量超标的已达 50% 以上。二是过量施用氮肥对农产品的品质带来不良影响。

4. 新型肥料研发进展缓慢, 科技含量不高。中国自 20 世纪 80 年代末 90 年代初开始, 进行了叶面肥料、微生物肥料、缓/控释肥料, 以及有机废弃物产业化的研究与开发, 取得一些进展。例如, 已开发出多元素营养型叶面肥、含有机酸或氨基酸叶面肥等, 并在蔬菜上广泛应用。但目前市场上出现的所谓新型肥料, 多数科技含量不高, 增产效果不稳定, 甚至没有增产效果。例如微生物肥料存在缺少高效菌株、作用机理不清、发酵工艺落后等问题。在缓/控释肥料方面, 至今尚未形成规模产业, 主要问题是成本高, 效果不十分显著, 在包膜选材、工艺上缺乏深入的研究; 在有机废弃物产业化方面, 尤其是大、中型畜禽养殖场粪便利用



上, 缺乏一套包括脱水、发酵除臭等处理的投资少、效率高的工艺技术及相应的设备。

5. 土壤肥料基础研究薄弱, 施肥的盲目性大。近10年来, 由于农业结构的调整, 农业生产条件的更新变化, 原有的施肥技术指标体系已不能有效地指导当前的农业生产。但是, 目前新的科学施肥体系基础研究十分薄弱。20世纪80年代初, 全国化肥试验网在全国不同土壤类型、不同农业耕作制度下建立的100多个肥料长期定位试验, 由于经费等原因, 至今仅有10多个试验在坚持工作。全国规模的肥效试验和肥料长期定位试验是一项十分重要的基础性工作。缺乏这些信息的积累和延续, 必将导致肥效不清、投肥方向不明, 加剧盲目施肥的发生。其次, 中国20世纪80年代初进行的第二次全国土壤普查和第三次全国性的肥料效益试验距今已经20多年, 其间中国土地的利用方式和强度, 种植制度、耕作措施、作物产量、社会对农产品的需求等均发生了很大的变化。与此同时, 局部的工作也显示出土壤肥力和肥料施用效益发生了很大变化。因此, 目前就全国而言, 存在着土壤肥力不清, 肥料效益不明, 施肥存在很大的盲目性。

6. 科学施肥知识普及不足, 对肥料的认识上存在诸多误区。随着生活水平的提高, 人们对于食品安全和环境质量给予了高度的关注。但是由于科学知识普及不足, 许多人对植物营养的基本原理和肥料的基本知识缺乏了解, 认识上存在诸多误区, 影响肥料科学的普及和科学施肥的实现。社会上和宣传中常见的误解包括: 一是把有机肥与化肥对立起来, 认为有机肥生产的农产品一定好于化肥生产的农产品。实际上有机肥和化肥都是重要养分资源, 只要应用合理, 均可以提高产量、改善品质、提高土壤肥力和生产力、改善环境; 如果应用不合理, 有机肥同样可以减少产量和收益、降低农产品品质、影响土壤和环境质量。二是把铵态氮、硝态氮和尿素态氮对立起来, 认为施用硝态氮一定会加重蔬菜硝酸盐含量和引起地下水硝酸盐污染。实际上, 在旱田好气条件下, 施入土壤的铵态氮、尿素氮, 甚至以有机肥施入的氮都会很快转化为硝态氮, 所以无论以什么形式施入氮肥, 旱地耕层土壤氮的主要形态就是硝态氮。因此, 认为施用硝态氮必定引起蔬菜和地下水硝酸盐提高, 限制施用硝态氮肥甚至硝酸磷肥的做法是不科学的。三是认为化肥使用造成土壤板结和生产力下降。目前有科学根据的造成土壤板结的化肥只有含有硫酸根的肥料, 如硫酸铵。这种肥料如果大量用于含活性钙较多的土壤上, 可以生成硫酸钙, 引

起土壤板结。其他肥料均不存在土壤板结的问题。国内外大量的肥料长期定位试验和生产实际已经证明, 科学利用化肥与有机肥一样可以提高地力和土壤生产力, 改善环境, 提高农产品品质。

三、提高肥料资源利用率的对策建议

1. 加强宏观调控, 建立提高肥料利用率组织体制。科学施肥, 提高肥料资源利用率是一项系统工程。各级党和政府应充分认识其在促进粮食增产、农业增效、农民增收以及改善生态环境、提高农产品质量、促进农业可持续发展的重要作用, 必须从源头抓起, 加强宏观调控。协调、组织财政、科技、农业、教育、环保、销售、贸易、化工等部门力量, 制定提高肥料利用率的行动计划和方案。在优质复混肥、配方专用肥料方面, 做好生产、科研、销售、示范推广等方面的组织工作, 一抓到底。改变过去部门、系统条块分割状况, 加强各方面工作紧密配合, 解决肥料利用率不高的问题。

2. 完善基础设施, 扎实推进测土配方施肥技术工作。党中央、国务院领导多次做出批示, 要把科学施肥作为提高农业综合生产能力, 促进农业增效、农民增收的重大措施来抓。实践证明, 测土配方施肥是推进科学施肥的突破口, 使用配方肥, 既能满足生产的需要, 又能降低生产成本, 还能减少氮肥过量施用, 有效缓解当前化肥供需矛盾, 缓解化肥涨价的压力, 减少农业面源污染, 促进生态环境保护。

针对测土配方施肥中测土、配方、施肥技术指导等环节的公益性和配方肥生产、供应等环节的经营性, 应建立测土配方施肥技术研发体系、示范推广体系、生产供应体系和指导服务体系。建立“测、配、产、供、施”一条龙的科学施肥服务体系, 提高肥料利用率, 降低生产成本, 惠及广大农民。

3. 大力推广有机肥资源高效利用技术。针对规模化畜禽养殖业的迅速发展和作物秸秆的过剩, 利用“3S”应用信息和数据库等技术, 构建数字化有机肥资源、分布管理和面源污染监测平台, 形成有机肥科学施用决策系统和环境评估预警系统; 推广规模化养殖场畜禽粪无害化、资源化与产业化技术; 建立有机肥商品化生产和施用质量标准体系; 综合利用农作物秸秆, 实现有机养分再循环, 实现有机废料资源的科学管理与合理高效使用, 减轻对环境的压力。

4. 加快新型缓/控释肥料研制与示范推广。研制低成本、高性能包膜材料研制和高效缓/控释作物环境友好型专用肥料, 制定缓/控释肥料环境评价和质量标准; 在肥料浪费比较严重的地区和作物上推广新型缓/控释肥料生产和



使用技术，实现节本增效，为无公害农业的可持续发展，提高中国肥料和农产品的国际竞争力提供技术支撑。

5. 集成和提升优势农作物高效和环保施肥技术。在中国主要优势农作物（专用小麦、专用玉米、水稻、高油大豆、棉花、“双低”油菜、“双高”甘蔗、柑橘、苹果、蔬菜等）产区，制定和推广优质高效持续高产和环保的养分资源精准管理战略；推广集成和的优势农作物优质高效持续高产和环保的施肥技术，以及适合优势农产品主产区的作物专用肥生产技术。

6. 推广减少环境污染的合理施肥技术与措施。科学施用氮肥、磷肥的目的是减少氮素、磷素损失，控制可能造成的环境面源污染。加大科学施肥技术普及培训力度，提高农民科学种田水平，推广氮肥深施、秋施或混施技术、水稻一次性施肥技术、以水带氮技术，提高氮肥利用率；推广以轮作周期为单位施用磷肥、水溶性磷肥和有机肥配合施用、氮肥和磷肥混合集中施用技术，节约磷肥资源，提高磷肥的利用率，达到增产效果。推广行之有效的科学施肥实用技术，如秋灌溉施肥技术，坐水施肥技术，喷灌、滴灌施氮肥、微肥技术。

7. 建立土壤肥料资源高效利用基地网络。加强和完善国家土壤肥力监测基地建设，实时掌握全国和各地区土壤养分和生产力状况；建立和加强国家肥料效益试验网，实时掌握全国和各主要农区主要作物对氮磷钾和中微量元素肥料的反应和施肥的增产效益。借助于信息技术、数据库技术、网络技术等，逐步建立国家和地方不同级别的土壤肥力和肥料资源监测管理网络和全国土壤肥料信息化管理数据库和信息

管理中心，形成全国性的土壤肥料信息交流和管理系统。实现肥料资源在全国和区域范围内的合理配置与高效利用，提高中国农产品国际竞争力，保护土地资源和生态环境。

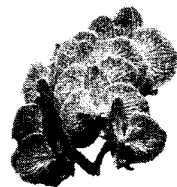
8. 建立农田养分信息化决策系统和精准平衡施肥技术体系。应用信息技术，实现土壤肥力和植物营养状况等信息的快速采集、传输、处理和应用；明确不同经营方式和不同种植制度下土壤养分变异规律及其对作物产量、品质，以及单位面积产出率的影响；结合中国国情，应用GIS、GPS、RS等技术，在充分了解土壤养分变异的情况下，因地制宜地根据田间每一操作单元的具体情况，精确准确地调整各种养分的投入量，针对规模经营和分散经营两种基本经营模式，分别建立切实可行的养分精准管理和精准平衡施肥技术，实现肥料资源的最大限度的合理施用和有限耕地资源生产潜力的最大发挥，获取最大的经济效益，改善环境质量，保持农业可持续发展。

9. 制定肥料资源优化配置与使用的技术政策。加强有关肥料的技术政策研究，制定东部与中西部不同农业区肥料配置的调控技术政策，肥料配置优先在粮食、经济作物上，完善不同农业区主要作物的测土推荐施肥标准，建立不同农业区主要作物科学施肥体系，评估肥料的经济、社会和生态效益；充分利用有机肥资源的收集、处理和还田等新技术开发的政策，结合国家对合理使用肥料资源与平衡增产的总体要求，提出全国肥料资源优化配置与使用的系列技术政策依据，供有关部门制定相关政策、法规时参考。

（收稿日期：2006-06-15 作者为副研究员 北京 100081）

· 征订启事 ·

欢迎订阅《中国农业资源与区划》



《中国农业资源与区划》杂志是中国农业科学院农业资源与农业区划研究所、全国农业资源区划办公室、中国农业资源与区划学会联合主办的指导性与学术性相结合的综合性刊物。主要宣传农业资源开发利用与保护治理、农业计划、农业发展规划、农业投资规划、农村区域开发、商品基地建设等方面的方针政策；介绍农业资源调查、农业区划、区域规划、区域开发、农村产业结构布局调整、农村经济发展战略研究、持续农业等方面的经验、成果和国外动态以及新技术、新方法的应用；探讨市场经济发展和运行机制与农业计划和农业资源区划的关系和影响；推动农业计划和农业资源区划学术理论发展；普及有关基础知识。

本刊面向从事农业调查和区划、农业发展计划、规划的干部、科技人员、大专院校师生及广大农村干部。□

《中国农业资源与区划》为双月刊、国内外公开发行，大16开本，64页，邮局发行，邮发代号：2-732。每册定价5.00元，全年每套30元。

订阅者可通过邮局汇款到北京海淀区中关村南大街12号，《中国农业资源与区划》发行组，邮编：100081。或通过银行汇款，开户行：农行北京北下关支行，账号：050601040011896。单位：中国农业科学院农业资源与农业区划研究所。电话：(010)68919647 68919637 68919628 68919632，传真：68919647 68919637。