

对我国土壤肥料若干重大问题的探讨

赵秉强¹, 梅旭荣²

1. 中国农业科学院农业资源与农业区划研究所, 北京 100081
2. 中国农业科学院农业环境与可持续发展研究所, 北京 100081

[摘要] 土壤和肥料资源是保障粮食安全和人类赖以生存的环境的基础, 关系到农业与社会的可持续发展等若干重大问题。本文对我国耕地资源特征、利用方式及其演变, 农田养分平衡、化肥肥效与土壤肥力演化, 肥料技术升级, 土壤生物肥力等若干重要土壤肥料问题进行了探讨; 提出了发展新型肥料、加强土壤肥力长期监测、培育土壤生物肥力, 以及提高有机肥资源效率与安全利用研究等重大工程技术措施的建议。

[关键词] 土壤资源; 土壤肥力; 肥料; 长期肥料试验

[中图分类号] S158, F301.21

[文献标识码] A

[文章编号] 1000-7857(2007)08-0065-06

Discussion on Some Crucial Issues Related to Soils and Fertilizers in China

ZHAO Bingqiang¹, MEI Xurong²

1. Institute of Agricultural Resources and Regional Planning, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081, China
2. Institute of Agricultural Environments and Sustainability, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081, China

Abstract: The paper discusses some crucial issues related to soils and fertilizers in China including resources and utilization of arable lands, soil fertility evolutions, effects of fertilizers on crop yields, soil biological fertility, newly emerged fertilizers and so on, and puts forward some strategic proposals for developing newly emerged fertilizers, enhancing long-term soil fertility monitoring, building up soil biological fertility and the safe use of organic manure.

Key Words: soil resources; soil fertility; fertilizers; long-term experiments

CLC Numbers: S158, F301.21

Document Code: A

Article ID: 1000-7857(2007)08-0065-06

我国人口众多, 资源保障水平差, 农业技术、装备水平不高, 资源利用效率低且浪费严重, 极大地威胁着我们的粮食安全、生态安全和生存质量。土壤和肥料资源是保障粮食安全和人类赖以生存的环境的基础, 关系到农业与社会的可持续发展等若干重大问题。本文就我国土壤与肥料领域耕地资源、土壤肥力、肥料发展等若干重要问题进行讨论, 以期为实现国家粮食安全、

生态安全和资源保障提供研究思路。

1 我国耕地和农业土壤利用状况及其演变规律

1.1 耕地资源特征与存在的问题

1.1.1 耕地资源量大但人均耕地资源量小

国土资源部 1996 年土地资源调查结果^[1]显示: 我国土地面积为 950.7 万 km², 占世界的 7.2%, 居世界第

收稿日期: 2006-12-25

基金项目: 国家重点基础研究发展计划(973 计划)前期研究专项(2001CCB00800), 国家高技术研究发展计划(863 计划, 2001AA246023), 中国农业科学院杰出人才基金项目

作者简介: 赵秉强, 男, 北京中关村南大街 12 号中国农业科学院农业资源与农业区划研究所, 研究员, 研究方向为土壤肥力与肥料效益监测、植物营养与肥料; E-mail: bqzhao@163.com

梅旭荣(通讯作者), 男, 北京中关村南大街 12 号中国农业科学院农业环境与可持续发展研究所, 研究员, 研究方向为节水农业、生态农业; E-mail: meixr@cjac.org.cn

3 位;耕地面积为 13 003.9 万 hm^2 , 占世界的 9.5%。然而, 由于我国人口多 (占世界总人口的 21.2%)^[1], 人均土地面积 (0.784 hm^2) 和人均耕地面积 (0.106 hm^2) 分别只有世界平均水平的 33.6% 和 45%, 人地矛盾十分突出。

1.1.2 耕地后备资源严重不足

我国耕地垦殖率 (13.7%) 高于世界平均数 (10.2%) 3.5 个百分点, 全世界的耕地后备资源量约为现有耕地的 120%, 而我国只有 6%。全国宜农耕地后备资源量只有 0.1 亿 hm^2 ^[1], 可开垦为耕地的不到 0.07 亿 hm^2 , 耕地后备资源严重不足。

1.1.3 耕地质量总体不高

我国耕地中, $6^\circ \sim 25^\circ$ 的坡地占耕地总量的 23.8%, 25° 以上的不宜开垦为农田的陡坡耕地占耕地总量的 4.5%。现有耕地中, 无限制因素、质量好的一等耕地占 41.33%, 存在限制因素、质量中等和差的耕地占 58.67%; 全国中低产田面积比例为 71.3%。根据全国土壤普查结果^[2], 全国中等含磷和缺磷耕地占统计面积的 80% 以上; 含钾中 (60~100 mg/kg)、低 (<60 mg/kg) 水平的耕地占统计面积的 49%。我国耕地开垦历史悠久, 耕地土壤有机质含量普遍不高, 全国土壤有机质含量水平分 6 个等级^[2], 水田和旱田有机质含量在 3 级及以下的分别占统计面积的 71.8% 和 83.03%。

1.1.4 耕地退化污染严重

我国的水土流失面积建国初期为 116 万 km^2 , 近几年发展到 163 万 km^2 , 1/3 的耕地受到水土流失的危害; 而土地沙化面积也由建国初期的 0.67 亿 hm^2 发展到今天的 0.87 亿 hm^2 。目前, 我国受工业“三废”、乡镇企业、农药污染的面积达 0.22 亿 km^2 , 占全国耕地面积的 16%; 酸雨危害遍及 22 个省份, 耕地受害面积达 300 万 km^2 ; 全国重金属污染的土壤超过 0.23 亿 km^2 。我国化肥消费占世界消费总量的 1/3, 每年的氮肥损失量近 1 000 万 t, 直接经济损失 50 亿美元, 导致水体和大气严重污染。

1.1.5 耕地流失严重

1949~1996 年的 47 年间, 全国城乡建设、农业结构调整及因灾弃耕等原因累计占用耕地 0.39 亿 km^2 , 平均每年占用耕地 82.2 万 km^2 ; 1997~2000 年期间, 年均减少耕地 45 万 km^2 。

1.2 耕地利用及其演变

1.2.1 利用方式

1996 年调查结果显示^[1], 我国土地总面积 9.52 亿 km^2 , 其中耕地、园地、林地、牧草地、居民点、交通用地、水域和未利用耕地分别占 13.68%, 1.06%, 23.94%, 27.99%, 2.53%, 0.58%, 4.45% 和 25.78%; 全国耕地总面积 13 003.92 万 km^2 (1996 年), 其中灌溉水田、望天田、水浇地、旱地和菜地的构成比例分别为 22.0%, 3.4%,

16.7%, 56.8% 和 1.1%; 耕地利用中 (2003 年), 粮食、棉花、油料和蔬菜占作物总播种面积的比例分别为 65.22%, 3.35%, 9.84% 和 21.59%。

1.2.2 作物布局

我国农作物布局特点是以粮食作物为主 (占 65%)^[3], 经济和蔬菜作物为辅 (占 35%)^[3]。演变趋势是粮食作物比例下降 (由 1949 年的 88.47% 下降到 2003 年的 65.22%), 经济作物和蔬菜比例提高 (由 1949 年的 11.53% 上升到 2003 年的 34.78%)。

1.2.3 利用强度

全国耕地复种指数整体呈上升趋势^[3], 由 1949 年的 128% 上升到 1998 年的 168%, 相当于增加了 0.34 亿 km^2 耕地, 增产 1.5 亿 t 粮食。

1.2.4 物质投入

全国化肥投入由 1949 年的 1 万 t 增加到 2003 年的 4 412 万 t; 有机肥料投入的养分量也由 1949 年的 428 万 t 上升到 2000 年的 1 828 万 t。但是, 有机肥料养分投入量占总养分投入的比例却由 1949 年的 99.9% 下降到 2000 年的 30.6%。有效灌溉面积由 1952 年的 0.2 亿 km^2 提高到 2003 年的 0.56 亿 km^2 ; 农机总动力由 1957 年的 121 万 kW 提高到 2003 年的 60 446.6 万 kW; 农村用电量由 1949 年的 0.5 亿 $\text{kW} \cdot \text{h}$ 上升到 2003 年的 3 432.9 亿 $\text{kW} \cdot \text{h}$ 。

1.2.5 耕地产出

我国粮食单产由 1950 年的 77 $\text{kg}/667\text{m}^2$ 提高到 2003 年的 288.8 $\text{kg}/667\text{m}^2$, 增长了 2.75 倍; 粮食总产由 1950 年的 1.321 4 亿 t 增加到 2003 年的 4.306 9 亿 t, 增长了 2.26 倍。人均粮食占有量由 1950 年的 241.6 kg 提高到 2003 年的 342 kg , 增长 41.6%。

2 土壤与肥料的本底值、生产作用与问题

2.1 农田土壤养分平衡

根据测算^[4], 建国后至 1970 年以前 (1949~1970 年), 我国每年农田氮素的收入量低于支出量, 为负平衡 (1949~1970 年总计收入氮素 9 489 万 t, 支出 12 200 万 t, 亏损 2 711 万 t); 之后 (1971~1993 年), 每年农田氮素的收入量高于支出量, 为赢平衡 (1971~1993 年总计收入氮素 40 493 万 t, 支出 26 014 万 t, 盈余 14 479 万 t)。1949~1993 年 45 年间, 我国农田氮素的收入和支出平衡盈余量达 11 768 万 t。但是, 化肥氮素的利用率比较低, 当季利用率只有 35% 左右, 在土壤中残留很少, 损失比较严重。不合理和过量施用氮肥, 造成了严重的环境污染。1995 年以后, 我国的化学氮肥用量每年都超过 2 000 万 t, 通过各种途径损失的氮量达到上千万 t, 直接经济损失超过 50 亿美元, 造成严重的水体和大气污染。

我国农田磷素收入和支出^[4], 1949–1965 年, 每年农田磷素收入量低于支出量, 为负平衡 (1949–1965 年总计收入磷素 1 263 万 t, 支出 1 465 万 t, 亏损 202 万 t); 之后 (1966–1993 年), 每年农田磷素收入量高于支出量, 为赢平衡 (1966–1993 年总计收入磷素 8 041 万 t, 支出 4 986 万 t, 盈余 3 055 万 t)。1949–1993 年 45 年间, 我国农田磷素的收入和支出平衡盈余量达到 2 853 万 t。最新研究成果表明^[5], 农田大量盈余磷素使土壤磷素含量过高, 也会大量淋洗而污染水体。但是, 根据全国土壤普查结果^[2], 我国中等含磷和缺磷耕地占统计面积的 80% 以上。

建国以来, 我国每年农田钾素收入与支出长期处于负平衡状态, 1949–1993 年 45 年间, 我国农田钾素累计亏损 6 554 万 t^[4]。根据国家土壤肥力与肥料效益长期监测网的研究结果^[5], 南方土壤缺钾已经比较普遍, 水田 3~5 年后不施钾肥, 产量明显下降; 北方土壤连续不施用钾肥 8~12 年后, 产量亦明显受到影响。根据全国土壤普查结果^[2], 我国含钾中 (60~100 mg/kg)、低 (<60 mg/kg) 水平的耕地占统计面积的 49%。

我国绝大多数耕地开垦历史悠久, 耕地土壤有机质含量虽然普遍不高, 但根据国内外长期肥料试验结果^[6]显示, 在施肥条件下, 农田土壤有机质含量不会有明显下降; 在施用有机肥料下, 土壤有机质会有所提高且保持较高水平。局部开垦历史较短的土壤 (如我国的东北黑土), 如果仅靠化学肥料而没有足量有机肥料的投入, 土壤有机质含量可能会有不同程度的下降。

2.2 我国耕地土壤养分背景值

根据我国第二次土壤普查结果显示^[2], 我国的耕地土壤养分情况如下。

2.2.1 土壤有机质

我国土壤有机质含量水平分为 6 个等级: 1 级 > 4%, 2 级 3%~4%, 3 级 2%~3%, 4 级 1%~2%, 5 级 0.6%~1%, 6 级 ≤ 0.6%。根据分级标准, 我国水田土壤有机质含量 1~6 级的比例分别为 9.20%, 19.00%, 38.16%, 29.18%, 3.76% 和 0.70%; 旱地土壤有机质含量 1~6 级的比例分别为 10.53%, 6.44%, 12.60%, 38.95%, 25.08% 和 6.40%。

2.2.2 土壤全氮

土壤全氮含量分为 6 个等级: 1 级 > 0.2%, 2 级 0.15%~0.2%, 3 级 0.1%~0.15%, 4 级 0.076%~0.1%, 5 级 0.05%~0.076%, 6 级 ≤ 0.05%。根据分级标准, 我国水田土壤全氮含量 1~6 级的比例分别为 13.28%, 25.92%, 39.67%, 14.45%, 5.21% 和 1.46%; 旱地土壤全氮含量 1~6 级的比例分别为 11.08%, 8.47%, 16.68%, 21.70%, 28.40% 和 13.66%。

2.2.3 土壤速效磷

土壤速效磷含量分为 6 个等级: 1 级 > 40 mg/kg, 2 级 20~40 mg/kg, 3 级 10~20 mg/kg, 4 级 5~10 mg/kg, 5 级 3~5 mg/kg, 6 级 ≤ 3 mg/kg。根据分级标准, 我国水田土壤速效磷含量 1~6 级的比例分别为 2.10%, 5.46%, 16.88%, 35.37%, 24.59% 和 15.59%; 旱地土壤速效磷含量 1~6 级的比例分别为 2.84%, 5.31%, 14.61%, 28.67%, 26.57% 和 21.99%。

2.2.4 土壤速效钾

土壤速效钾含量分为 6 个等级: 1 级 > 200 mg/kg, 2 级 150~200 mg/kg, 3 级 100~150 mg/kg, 4 级 50~100 mg/kg, 5 级 30~50 mg/kg, 6 级 ≤ 30 mg/kg。根据分级标准, 我国水田土壤速效钾含量 1~6 级的比例分别为 3.96%, 6.94%, 22.27%, 43.98%, 16.68% 和 6.18%; 旱地土壤速效钾含量 1~6 级的比例分别为 20.17%, 16.76%, 30.10%, 26.17%, 4.85% 和 1.96%。

2.2.5 土壤 pH 值

土壤 pH 值分为 7 个等级: 1 级 ≤ 4.5, 2 级 4.6~5.5, 3 级 5.6~6.5, 4 级 6.6~7.5, 5 级 7.6~8.5, 6 级 8.6~9.0, 7 级 > 9。根据分级标准, 我国水田土壤 pH 值 1~7 级的比例分别为 1.02%, 22.47%, 39.68%, 24.34%, 11.93%, 0.56% 和 0.00%; 旱地土壤 pH 值 1~7 级的比例分别为 0.36%, 4.64%, 17.65%, 23.60%, 48.92%, 4.77% 和 0.06%。

2.3 农田化肥肥效演变

20 世纪 70 年代我国开展的长期肥料试验证明^[6-7], 在我国的主要类型土壤上, 氮、磷化肥具有普遍的增产效果。不施氮肥, 一开始产量就较低, 说明了氮肥的普遍重要性。但缺少磷肥配合下, 氮肥偏施短期内可获得较高产量, 但随后产量明显下降, 说明了磷肥的重要性。北方土壤富钾, 持续几年乃至十几年钾肥不显效或显微效, 之后, 钾肥增产效果显著; 南方土壤相对缺钾, 试验开始 3~5 年钾肥不显效或显微效, 但 3~5 年后, 钾肥逐渐显效。要获得持续高产, 必须有氮、磷、钾化肥配合。在不长的时间内 (10~20 年), 氮、磷、钾化肥配合施用, 可获得持续高产。但我国在集约农作下, 施用化肥高产到底能持续多久, 尚需更长时间的试验来说明。氮、磷、钾化肥与有机肥配合, 可以获得比氮、磷、钾化肥更高的产量。磷肥具有明显的累积增产效应, 氮肥则很小甚至没有。

随着我国氮、磷、钾化肥的大量施用和单产水平的不断提高, 有机肥施用相对比例的下降, 我国土壤中微量元素硫和微量元素在不同地区也出现不同程度的缺乏。研究表明^[4], 我国目前有超过 18 个省 (直辖市、自治区) 硫肥有效, 南方、北方均有增产报道。微量元素锰、锌的缺乏主要分布在我国东部石灰性土壤上, 硼、钼缺

乏主要在东部包括石灰性和酸性土壤上。

2.4 农田土壤肥力演化

2.4.1 养分平衡

根据我国 20 世纪 70 年代开展的长期肥料试验^[6-7], 每季作物可以投入 150 kg/hm² 的氮肥。氮素是平衡有余的, 再增加氮素投入, 环境风险增大; 每季作物至少投入 45 kg/hm² 的磷肥(P₂O₅), 才达到磷素表现平衡; 每季作物投入 50~70 kg/hm² 的钾肥(K₂O), 土壤钾素是亏缺的。

2.4.2 土壤肥力变化

长期肥料试验的结果^[6-7]显示, 长期持续不施肥, 土壤有机质稍有下降; 投入化肥, 土壤有机质可保持原有水平或稍有增加; 有机无机肥配合, 土壤有机质增加明显。长期不施氮肥, 土壤全氮多数是下降的; 单纯投入化肥氮素, 土壤全氮增加不明显; 施用有机肥或化肥与有机肥配合, 土壤全氮有明显增加。不施磷的土壤, 速效磷下降很快, 持续 10 年左右的监测中, 平均每年下降超过 1 mg/kg; 每季作物施磷 45~75 kg/hm², 土壤速效磷可维持原有水平或表现出明显增加; 化肥与有机肥配合使用, 土壤速效磷含量有明显的增加。不施钾肥, 土壤速效钾含量下降; 每季作物施 60~120 kg/hm² 左右的钾肥, 土壤速效钾可维持原有水平; 化肥与有机肥配合, 土壤速效钾多表现为增加。长期施用氮、磷、钾化肥, 微量元素得不到补充, 土壤有效态微量元素呈下降趋势, 长期得不到补充, 有可能成为新的限制因子。施用有机肥可使土壤微量元素得到补充, 维持或提高土壤有效态微量元素的含量。

2.4.3 施肥与环境

氮肥利用率低 (我国氮肥的当季利用率为 35% 左右), 在土壤中不易残留, 容易损失, 因此, 氮肥使用不合理和用量过大都会对环境造成比较大的负面影响。磷肥的当季利用率也比较低 (我国磷肥的当季利用率为 15%~20%), 但其在土壤中移动较慢, 未被当季利用的磷肥会大量累积在土壤中, 形成后效。但是, 最新研究成果表明^[5], 农田大量盈余磷素而使土壤磷素含量过高, 也会大量淋洗而污染水体。适量施用有机肥, 有利于土壤培肥和提高化肥利用率; 但是, 过量施用, 土壤中的氮、磷等养分富集, 也会造成大量氮、磷的淋失而污染环境。

2.5 土壤退化与污染问题

我国的水土流失在不断加剧, 面积由建国初的 116 万 km² 扩大到近几年的 163 万 km², 1/3 的耕地受到水土流失的危害。土地沙化也由建国初期的 0.67 亿 km² 发展到今天的 0.87 亿 km²。随着工业发展、农药使用量的不断增加, 我国土壤污染面积不断加大, 受污工业“三废”、农药和重金属污染的耕地超过 0.33 亿 hm², 酸

雨危及耕地面积达 266.67 万 km²。

3 提高土壤肥料资源利用率的若干重大技术

3.1 新型肥料研发

3.1.1 施肥增产

肥料投入占农业全部物资投入的 1/2。20 世纪粮食单产的 1/2、总产的 1/3 来自化肥的贡献。如果停止施用化肥, 全球作物产量将立即减产 50%。肥料是保障粮食安全的战略物资。

3.1.2 新型肥料

长期以来, 普通化肥的低利用率以及由此带来的高环境风险一直是困扰全球的重大问题^[8]。世界各国都在积极探索提高肥料利用率、遏止环境污染的方法和途径。世界现代肥料产业经历了 3 次变革^[8]; 20 世纪 60 年代之前, 主要生产单质低浓度化肥; 60~80 年代, 发达国家发展高浓度化肥和复合肥; 最近 20 年, 以缓/控释肥料为代表的新型肥料成为发达国家肥料研究与开发的热点。缓/控释肥料最大的特点是力求做到养分释放与作物吸收同步, 简化施肥技术, 实现一次性施肥满足作物整个生长期的需要, 肥料损失少、利用率高且环境友好。世界各国都逐渐认识到, 提高肥料利用率的最有效的措施之一是研制新型缓/控释肥料。20 世纪 80 年代以来, 美国、日本、欧洲、以色列等发达国家将提高肥料利用率的重点放在新型缓/控释肥料的研制上, 力求从改变化肥料自身的特性大幅度地提高肥料的利用率。缓/控释肥料被誉为是 21 世纪肥料产业的重要发展方向。

长期以来, 我国肥料产业的关键技术、工艺和设备主要依靠国外引进。近 20 年来, 我国新型肥料产业化的关键技术明显落后于发达国家。我国以占世界 10% 的耕地, 消费了世界 30% 的化肥, 但新型控释肥料在中国的消费量却不足世界的 5%。目前, 我国的肥料利用率平均低于发达国家 10~20 个百分点。在 2 000 多万 t 的氮肥消费中, 有 1 000 多万 t 被损失掉, 直接经济损失达 400 亿元, 同时又带来严重的环境污染。我国是一个肥料资源强度约束型的国家, 人均磷、钾矿产资源为世界平均的 39% 和 7%, 大量依赖进口。按目前的开采速度, 我国的磷矿资源 50 年内、钾矿资源 15 年内将被耗竭, 肥料资源危机迫在眉睫。应积极开展新型肥料的研制, 肥料产业实施质量替代数量发展战略^[8], 在不增加或少量增加化肥用量的前提下, 通过提高效率, 保证我国的粮食安全。

3.2 施肥技术升级

随着 3S(GIS, GPS, RS) 技术在农业领域的不断应用, 农田养分精准管理和施肥技术在发达国家发展很快。通过 GIS, GPS, RS 和自动化控制技术的应用, 按照

田间每一操作单元上的具体条件,可以相应地调整投入物资的施入量,达到减少浪费、增加收入和保护农业资源和环境质量的目。目前,在美国 10% 的农场中建起了精确农业。1998 年的调查结果表明,美国有 30% 的农户希望应用 GPS 技术进行土壤取样;35% 的农户希望应用田间制图技术;29% 的农户希望提供变量控制的应用技术。

近年来,我国有关科研单位也开展了关于土壤养分、水分精确管理及变量施肥、精量播种等方面的研究工作,但是,我国的农田精准施肥技术与发达国家相比还存在很大差距。因此,应针对我国农业的特点,应用 3S 技术,研究我国农业生产体制下的土壤养分等作物生长要素的时空变异及肥料等投入的精确控制技术,形成有中国特色的精确养分管理与施肥技术体系,改造传统粗放低效的农田养分管理和施肥技术,推动施肥技术升级。

3.3 土壤生物肥力培育

土壤生物肥力^[9]是指生活在土壤中的生物有机体促进和满足植物生长、繁殖和优良品质所需的营养需求的能力,并且这一生物学过程对土壤的物理学和化学过程可以产生积极影响。土壤生物是土壤生态系统中极其重要和最为活跃的部分,在土壤养分转化循环、系统稳定性和抗干扰能力,以及土壤可持续生产力中占据主导地位。1 g 土壤包含上万个不同的生物种、数十亿个微生物,微生物量达到 0.5~0.7 t/hm²。土壤动物也是陆地生态系统中生物量最大的动物,90% 以上的昆虫生活在土壤中。土壤生物在土壤中形成庞杂的食物网,联成无数个生物反应器,调节土壤养分的生物化学循环和结构的形成过程,是植物营养元素重要的储存库和转运站,植物吸收氮、磷的 50% 以上来自微生物。土壤生物是土壤中有生命的成分,对土壤扰动和污染反应极为敏感,土壤生物是评价土壤污染与扰动极其重要的指标。土壤的生物多样性及合理种群结构,在维持土壤生态系统平衡、土壤退化修复中亦具有十分重要的作用。土壤生物及其过程一旦受到严重干扰和损害,土壤养分转化循环的生物化学过程受阻,资源转化和利用效率下降,土壤退化和环境功能衰退,病虫害加剧,影响到土壤的持续利用及农业可持续发展。保护土壤生物和改善土壤生物肥力,是耕地质量保育和建设的基础与核心。

现代集约农业,依赖于发展灌溉、大量投入农用化学品、发展机械化、高产品种、单一种植、提高用地强度等,对农田生态系统的干扰越来越强烈,导致土壤生物种群破坏、数量减少、生物多样性下降,工业排放“三废”大量进入农田污染土壤,加剧了这一过程,土壤生态系统遭到严重损伤。最近 50 年,全球约有 30% 的耕

地严重退化,生产力急剧下降。土壤生物肥力的研究在国外越来越受到重视^[9],认为土壤生物多样性和生物肥力是农业可持续发展的“根”(世界粮农组织 FAO, 2002)。

4 重大工程技术措施与政策建议

4.1 发展新型肥料

据预测,我国 2030 年化肥需求量在 6 600 万 t 以上,目前每年再增加 2 500 万 t 化肥供应量,国家还需增加投资约 1 500 亿,每年多耗费外汇 15 亿美元,农民购买化肥需增加 1 000 亿元开支,社会、经济所付代价十分巨大。2030 年要使全国 1 亿 hm² 耕地平均施肥水平达 660 kg/hm²^[8],这是很难达到的,也是土壤、环境难以承受的。未来肥料研究的重点应当是如何提高效率与利用率,而不是继续大幅度提高施肥水平。所以,要更新观念、打破传统,力争在未来 30 年我国肥料产业实施质量替代数量发展战略^[8],化肥供应量力争控制在 5 000 万 t 以内。通过研制新型肥料,在不增加或少量增加化肥用量的前提下,提高肥料利用效率,保证我国的粮食安全。

4.2 开展长期土壤肥力监测与预警

土壤肥力长期监测研究是农业生产和农业科学的一项重要基础性野外试验工作。世界上许多国家,如英国、美国、前苏联、德国、印度等国家拥有历史长达 50 年以上的定位试验^[6],其中英国洛桑试验站的长期定位试验始于 1843 年,距今已有 160 多年的历史。目前世界上超过百岁的长期定位试验不下 10 个。这些长期定位试验的研究结果促进了世界化肥工业的兴起和发展,为西方国家的现代农业生产方式,即以单一种植、化肥、机械和农药为四大支柱的现代农业生产方式的建立和发展奠定了实践基础。英国洛桑的经典长期肥料试验被誉为是全世界的瑰宝,美国把 1876 年建立的 Morrow 长期定位试验视为国家发展的里程碑。

我国借鉴国外经验,从 20 世纪 50 年代开始曾几度布置长期肥料试验^[6],但由于种种原因没能坚持下来。现存的长期肥料试验主要是 20 世纪 70 年代后期建立的,1987 建设的“国家土壤肥力与肥料效益长期监测基地网”是目前保护得最为完整、覆盖面最大、具有网络试验特征的大型长期肥料试验群^[6]。我国长期土壤肥力监测研究目前面临的最大问题是缺少经费和队伍不稳定,不少试验正在被迫关闭或丢弃。国家应对保护完整的、有代表性的大型长期定位监测研究平台给予重点支持和保护,使之像英国洛桑试验站和美国的 Morrow 长期试验一样,受到国家的高度重视,成为国家科技创新体系重要的基础条件平台。

4.3 加强土壤生物肥力的研究与建设

我国的土壤肥力建设偏重于化肥投入,忽视生物肥力的培育。我国占世界 10% 的耕地却消费了世界 30% 的化学肥料,单位耕地面积的化肥投入量是世界平均用量的 2.8 倍;每年农药(成药)用量超过 130 万 t,单位面积用量为世界平均用量水平的 3 倍,农药污染的农田面积达 0.09 亿 km²。多年来,工业“三废”的无序排放和污灌面积的急剧扩大,导致我国重金属污染面积超过 0.2 亿 km²。土壤大量施用化肥、农药和其他含有重金属的化学物质,使土壤生物系统遭到严重干扰和破坏,导致土壤生物群落破坏、数量锐减和多样性下降,影响养分的生物化学转化过程,导致土壤质量退化、肥料利用率低、土传病虫害加剧,造成严重的资源浪费、环境污染和农产品质量下降,威胁国家粮食安全和农业可持续发展。加强对土壤生物系统的保护和开展土壤生物肥力培育,是我国耕地质量建设、保育和实现农业可持续发展的当务之急。

4.4 加强有机肥料资源高效与安全利用问题的研究

4.4.1 有机肥料产品升级

我国有机肥资源量每年约有 40 亿 t,其中含有氮、磷、钾养分 5 300 万 t。但是,我国目前利用的农业有机养分资源只有总量的 1/3。有机肥资源利用率低对农村生态环境带来严重威胁。作物秸秆中,20% 被焚烧,10% 被丢弃;畜禽粪便约有 25%~30% 进入水体,造成严重的水源污染。对传统有机肥料产品进行升级改造,开发替代产品,提高有机废弃物资源化利用水平,是国内外新型肥料研究的重要方向。

4.4.2 有机肥料使用安全性

通常的观点认为,有机肥料是安全的。一些西方发达国家的有机农业实践中,提倡使用有机肥料而拒绝化学肥料。国内在制定绿色食品的肥料标准中也规定只准施用有机肥料和微生物肥料。然而,有机肥料与化学肥料一样,使用不当和过量施用,同样会带来硝酸盐淋失、温室气体排放等生态风险。因此,西方一些发达国家通过立法的形式控制和指导农田有机肥料的使用。我国是传统有机肥料使用大国,传统观点还是有机肥料多多益善,鼓励农民多施有机肥料,但却没有通过立法来控制和指导有机肥料的使用。近年来,我国有机肥料在城郊和保护地农业中出现无节制施用的现象,并且我国规模化养殖业迅速发展,畜禽粪便中重金属、抗生素等含量增加,有机肥料质量的安全性也存在隐患,因此,加强有机肥料安全性研究和管理已迫在眉睫。

5 结论

我国是一个人均耕地资源量小、耕地后备资源严

重不足、质量总体不高和耕地退化污染严重的国家。作物布局以粮食为主,经济作物和蔬菜作物为辅;复种指数高,用地强度大。农业生产大量依靠灌溉和农业化学品投入维持,肥料利用率低下,造成面源污染严重。未来肥料产业应实施质量替代数量发展战略,大力发展高效环境友好型肥料,推行农田投入品精准管理技术;通过提高效率,满足需要,保障国家粮食安全;重视培育土壤生物肥力,发挥土壤生物在保护和提高耕地质量中的核心作用;推进有机肥料产品升级,科学利用和发展有机肥料;加强土壤质量长期监测预警工作,实现农业可持续发展。

参考文献(References)

- [1] 李元. 中国土地资源[J]. 北京: 中国大地出版社, 2000.
LI Yuan. Land resources of China [J]. Beijing: Land Publisher of China, 2000.
- [2] 全国土壤普查办公室. 中国土壤普查数据 [R]. 北京: 中国农业出版社, 1997.
Soils Surveying Office of China. Data of soils survey of China[R]. Beijing: Chinese Agricultural Press, 1997.
- [3] 王宏广. 中国耕作制度 70 年 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2005.
WANG Hongguang. Seventy-years development of farming systems in China [M]. Beijing: Chinese Agricultural Press, 2005.
- [4] 沈善敏. 中国土壤肥力[M]. 北京: 中国农业出版社, 1998.
SHEN Shanmin. Chinese Soil Fertility[M]. Beijing: Chinese Agricultural Press, 1998.
- [5] Rothamsted Research. Annual report 2004-2005 [R]. UK: Rothamsted Research, 2005.
- [6] 赵秉强, 张夫道. 我国的长期肥料定位试验研究[J]. 植物营养与肥料学报, 2002, 8(增刊): 3-8.
ZHAO Bingqiang, ZHANG Fudao. A review of studies of long-term fertilizer experiments in China [J]. Plant Nutrition and Fertilizer Science, 2002, 8 (Supplement): 3-8.
- [7] 林葆, 林继雄, 李家康. 长期施肥的作物产量和土壤肥力变化[J]. 植物营养与肥料学报, 1994, 1(1): 6-18.
LIN Bao, LIN Jixiong, LI Jiakang. The changes of crop yields and soil fertility with long-term fertilizer application [J]. Plant Nutrition and Fertilizer Science, 1994, 1(1): 6-18.
- [8] 赵秉强, 张福锁, 廖宗文, 等. 我国新型肥料发展战略研究[J]. 植物营养与肥料学报, 2004, 10(5): 536-545.
ZHAO Bingqiang, ZHANG Fusuo, LIAO Zongwen, et al. Research on development strategies of fertilizers in China [J]. Plant Nutrition and Fertilizer Science. 2004, 10 (5): 536-545.
- [9] ABBOTT L K, MURPHY D V. Soil Biological Fertility[M]. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2003.

(责任编辑 李慧政)