

中国化肥百年回顾

马常宝 杨帆 高祥照 陈守伦

全国农业技术推广服务中心, 北京 100026

20 世纪初 1901 年 化肥进入我国 拉开了我国应用化肥的序幕 到 20 世纪末 化肥在我国走过了它百年的历程 (1901 ~ 2000 年)。我国的化肥生产从无到有, 化肥应用从少到多, 有力地推动了我国农业的迅猛发展和经济建设的稳步前进, 为解决我国人民的温饱问题, 提高人民生活水平做出了巨大的贡献, 为推进我国经济的发展, 保障国家的安定团结发挥了重要的作用。

化肥走过的百年历程既展示了它的辉煌成效和杰出贡献, 也给我国的农业和环境留下了隐患; 既给我们提供了许多宝贵的经验, 也给我们留下沉重的教训。在 21 世纪 化肥将继续在推动我国农业和经济发展中产生更加深远的影响。详尽地回顾化肥在我国走过的百年历程, 使人们充分地认识化肥在农业生产中的卓著成效, 认识科学施肥技术为化肥合理使用所做的重要贡献和巨大的潜能, 认识盲目施肥遗留的隐患, 同时, 展望化肥行业的发展前景和科学施肥技术的发展趋势 推进 21 世纪化肥行业和农业的发展。

1 化肥百年历程回顾

1840 年, 德国科学家李比希在总结前人研究成果的基础上批判了腐殖营养学说, 提出了矿质营养学说。李比希矿质营养学说的创立, 为化肥工业的兴起奠定了理论基础。从 1843 年第一种人造肥料——过磷酸钙在英国投产以来的约一个半世纪中, 全世界已生产和施用了数十种含有单一的或两种以上的植物必需营养元素的化肥。特别是第一次世界大战以后, 化肥的生产和施用得到了迅速的发展, 为世界的农业作出了重要贡献。

我国的化肥应用大致分为三个阶段: 认识阶段、起步阶段和发展阶段。

1.1 认识阶段 (1901 ~ 1949 年)

1901 年氮肥从日本输入我国, 首先在台湾省甘蔗种植上施用。1905 年以后, 外商又陆续向我国大陆沿海地区销售化肥。1909 年, 清政府所设的北京农事试验场开始进行化肥的肥效试验。当时的氮肥增产率水稻为 20% 小麦为 30%。1936 ~ 1940 年 前中央农业实验所首次进行全国规模的氮、磷、钾三要素肥效试验, 当时称为地力测定。根据在 14 个省的 68 个试验点对 8 种作物所作的 156 个试验结果表明, 作物对氮肥的需要程度约占 80%。说明那时我国的耕作土壤普遍缺氮, 施用磷肥显著增产的占 20%, 钾肥一般无增产效果。尽管试验证明氮肥和磷肥的效果较为显著, 但由于我国当时几乎没有生产能力, 又由于经济水平的

限制,我国的化肥应用量很少,几乎完全依赖进口。

1.2 起步阶段 1950~1969年)

新中国成立后,我国的农业化学进入新的发展阶段,我国的化肥应用进入起步阶段。1950年,农业部召开第一次全国土壤普查工作会议。当时化肥的生产量和进口量很少,化肥的施肥量很低,1952年化肥施用量只有7.8万t。国内供应量的不足,使有机肥的施用仍占主导地位,1956年1月国家颁布了《农业发展纲要草案》,深耕改土,增施有机肥料是其中重要的一项。1957年,成立全国化肥试验网。1959~1962年,开展了全国规模的第二次氮、磷、钾三要素化肥肥效试验。试验结果表明,当时我国农田土壤约有80%缺氮、50%缺磷、30%缺钾。在50~60年代期间,化肥使用量缓慢增长,1962年使用量达63万t,主要是氮肥。60年代期间,我国各省市对磷肥的肥效开展了广泛的研究,为磷肥在我国的应用起到了重要的推动作用。

1.3 发展阶段(1970~2000年)

从20世纪70年代开始,无论是化肥生产、化肥使用还是施肥技术的研究与普及都得到前所未有的迅猛发展。

1971年化肥生产量为299万t(纯养分,以下均指纯养分),1980年已达1232万t,翻了两番,速度之快为世界罕见。1999年化肥生产量达到2938万t,是70年代初期的10倍,使我国一跃成为世界上最大的化肥生产国之一。与此同时,化肥生产厂家也在增加,据不完全统计,目前全国共有县级以上化肥厂1348个(不包含复混肥),其中氮肥厂731个,磷肥厂438个,钾肥厂5个,复合肥料厂46个。全国共有各种类型复混肥厂1000多个(1998年统计数据)。

伴随着化肥工业的发展,化肥的应用量也显著增加。1970年为351万t,1980年为1269万t,1990年为2590万t,1999年为4124万t,化肥应用绝对增长量为3773万t。90年代是化肥绝对增长量最大的阶段,达1500多万t。

在化肥产量和施用量增加的同时,我国的施用技术研究和成果推广也得到了进一步的发展。1981~1983年,进行第三次全国规模的化肥肥效试验。对其中4943个试验点的资料统计分析表明,肥效的总趋势是氮肥的肥效大于磷肥,磷肥的肥效大于钾肥。80年代以来对钾肥、微量元素肥料和复(混)合肥料肥效开展了深入的研究,大力推广了化肥深施技术、配方施肥技术、平衡施肥技术;开展了补钾工程、补锌工程,有力地带动并促进了我国复(混)合肥、钾肥、微肥的推广应用。

2 化肥在农业中的贡献

我国是个人口大国,吃饭问题始终是我国的头等大事。粮食产量是保障人民生活水平和社会安定的前提和基础。在百年的历程中,特别是80年代以后,化肥对我国农业的贡献尤为突出,使我国农业连年取得丰收,粮食总量增长,农产品品种增加,人民生活水平提高,向世人证明了,中国人可以用占世界9%的耕地养活占世界22%的人口。

2.1 保证农产品产量,解决温饱问题

化肥是农作物的“粮食”,作物产量高低与施肥量有着密切的关系。据1950~1970年统计,世界粮食增加1倍,提高单位面积产量增加占78%,在提高单位面积产量的增产中,肥料

的增产作用占 40%~70% 平均每 kg 化肥 纯养分 可增产粮食 10kg 左右。联合国粮农组织 (FAO) 对 41 个国家 18 年施用化肥效果进行了调查统计,41 万个试验点的平均结果表明:化肥的平均增产效果为 60%;对 1981 年开始布置的 52 个 10 年以上长期肥料定位试验点的试验资料统计,结果表明,施用化肥对粮食产量的贡献率,全国平均 40.8%,1950~1970 年我国化学肥料的施用量(纯养分)由 3.9 万 t 增加到 351 万 t 粮食总产量由 13 212.5 万 t 增加到 23 995 万 t,两者之间有着良好的相关性。从 70 年代开始,随着我国化肥应用量的增加,我国的粮食产量也迅速提高,1980 年 粮食总产量为 32 055 万 t;1990 年为 45 184 万 t;1999 年为 50 838 万 t。粮食总量的稳步增长,一方面解决了人民的温饱问题,降低了我国贫困人口数量 到 1999 年我国的贫困人口数量降低到 2 000 万左右;另一方面 粮食总量的增加促进了我国食品加工业、畜牧业等众多行业的发展。1952 年,我国人均消费猪肉为 5.9kg,1980 年为 11.2kg,1990 年为 16.6kg,1998 年达 32.4kg 人民的生活水平逐步提高,尤其是近二十年,生活水平上了一个新台阶。

2.2 优化农产品质量,提高人民的健康水平

在提高农产品产量的同时,合理施用化肥还改善了作物品质。肥料养分对品质的调控机理主要表现在营养元素的生理功能上,首先是影响与该元素有关的品质成分的含量。施氮肥可调控与作物品质有关的含氮化合物 NO_3^- - N、蛋白质、必需氨基酸和环氮化合物(VB 生物碱等)提高香稻的香味成分 2-乙酰-1 吡啉;施磷肥可提高作物品质成分正磷酸盐、磷脂、植酸、磷蛋白、核蛋白等含磷化合物含量 钙是植物的第二信使 钙肥可提高植物果胶、饲草和马铃薯块茎中钙含量 施硫可提高大豆、花生中胱氨酸、半胱氨酸、甲硫氨酸含量和葱蒜类的芥子油、葱油的含量 施锌可使 20 多种蔬菜吸锌高于普通施肥蔬菜的数倍至数十倍。肥料养分可促进其他营养品质的形成,如适量施钾可明显提高蔬菜、水果中糖分、Vc 含量 抑制单施氮肥的不良效应 降低硝酸盐含量 提高油料、糖料、纤维素类作物的品质和榨菜头中鲜味氨基酸和甜味氨基酸含量,降低苦味氨基酸含量;施磷促进作物体内贮存物质蔗糖、淀粉和脂肪的合成 适量施 B、Zn、Mn 肥可以提高瓜果蔬菜 Vc 和糖分,Fe、Mn、Zn 肥可使香稻米质改善。施 Ca 防治瓜、果的水心病、苦痘病、脐腐病等有明显改善作物外观品质的作用。

2.3 保障耕地质量,适应农业可持续发展的需要

耕地是人类赖以生存的基础,高质量的耕地是农业可持续发展的前提。我国是有着悠久传统的农业国家。过去农田养分主要依靠有机肥来供应。众所周知,农业生产是一个能量转化和物质循环的过程,同时又是一个开放系统,人们不断从系统中收获产品,将各种养分带出系统,随着世界人口的增长和人们生活水平的提高,要求从农业系统带出的产品量不断增加,若要保持系统的生产能力,即达到可持续发展的目标,则需要向系统投入一定的化学物质予以补偿,仅仅靠有机肥来维持内部物质循环的封闭式农业是不行的,必须从农业系统外投入物质和能量,扩大物质循环和能量转化的强度,才能实现农业的持续增产。因此,适当的化学品投入是必需的。问题的关键是提高投入效率,降低由此引起的副作用。由此可见,合理投入、提高效率是农业可持续发展的重要手段。1999 年美国 Noman E. Borlaug 提出只有“可持续发展的集约农业”才能解决 21 世纪人口增长对粮食和其他农产品的需求,施用化肥正好满足了这种要求。可见,化肥是可持续发展集约化农业不可或缺的生产资料。

1949~1999 年期间我国有机肥施用量增长 3 倍, 相比而言, 化肥施用量增长速度更快, 特别是在最近的 20 年中, 化肥的平均用量以每年 143 万 t 的速度递增, 1980 年, 化肥施用量 1 269 万 t, 1999 年达到 4 124 万 t。有机肥所占的比重不断下降, 化肥比重逐步提高, 为改善我国农田养分投入和产出的平衡作出了重大贡献。80 年代以前, 我国化肥投入不足, 土壤养分的消耗始终高于补给。50~60 年代表现得尤为突出, 原因在于, 解放后政府重视农业发展, 农民种田积极性增强, 作物产量大幅度提高, 但限于经济和技术条件, 化肥供应不能满足农业发展的需要。因此, 在这个时期被称为“掠夺式”经营。农田养分长期亏缺, 导致 70 年代中、后期土壤普遍缺氮, 大部分缺磷, 南方开始缺钾, 耕地质量下降, 制约我国农业可持续发展。进入 80 年代, 化肥比重超过有机肥, 这一状况逐渐改观。目前, 我国土壤缺磷状况有所缓和, 但土壤钾素的亏缺仍无根本性改变, 缺钾面积继续由南向北推进。化肥将会在很长一段时间内, 在补充和平衡土壤养分、保护耕地质量方面起重要的作用。

3 化肥带来的负面影响

化肥给农业带来的革命性变化和它为我国和世界农业所做的贡献是不容置疑的, 但片面强调和不合理应用也给农业生产和环境带来了一系列负面影响。主要体现在:

3.1 片面强调或忽略化肥的作用, 引发生态环境的破坏

化肥的突出作用, 使农民片面地认为化肥的施用量与它的产出一直成正比, 于是在我国部分地区出现过量施肥的现象。沿海部分地区氮肥亩施用量高达 30kg (15kg 左右为适宜量), 一方面造成资源浪费, 另一方面引发氮肥流失, 造成水体污染, 破坏生态环境。过量施用氮肥和磷肥造成水体富营养化、地下水污染严重等。中国农业科学院对某地区 14 个县市 69 个点调查结果表明, 该地区的农村和小城镇, 由于农用氮肥的大量施用而引起的地上水、饮用水中有半数以上超过饮用水硝酸盐含量的最大允许量 50mg/L, 高者达 300mg/L。我国 5 大湖泊的水体已不同程度受到污染, 就太湖水体污染富营养化而言, 23% 的氮素来自农田流失。中国农业大学对某大城市 80 个地下水样测定, 25% 水样中的硝酸盐含量超过国家饮用一级标准, 部分水样超过二级标准。忽视化肥的施用, 造成耕地用养结合失调, 退化、沙化严重, 是引发我国连续发生沙尘暴的重要原因之一。我国西北地区化肥投入量普遍偏低, 1999 年青海省平均每亩投肥仅有 8kg, 只占沿海某省投肥量的 1/9。

3.2 不合理的施肥, 造成耕地质量和农产品品质下降

化肥的突出作用也是引发农民盲目施肥的又一重要原因。氮肥和磷肥的肥效在 70 年代前得到了充分的验证, 因此农民大量施用氮肥和磷肥, 造成施肥比例失调, 耕地地力下降。据湖北省调查资料, 近 10 年来有 67% 的耕地土壤有机质含量下降, 平均降幅为 20%, 且呈持续下降的趋势。施肥比例失调, 造成缺素面积日益增加, 1995 年钾素调查结果表明, 我国严重缺钾面积由 1985 年的 31% 增加到 1995 年的 56%, 几乎扩大了 1 倍, 约 50% 的耕地土壤中微量元素缺乏, 1995 年, 硼、锰、锌、铁的缺素面积达 23.6 亿亩 (次)。同时, 造成耕层变浅、耕性变差, 板结、保水保肥能力下降。施肥比例的不合理, 造成作物品质下降, 瓜果含糖量低, 适口性差, 棉麻纤维变短, 食品中有害的硝酸盐含量及重金属超标, 加工、贮藏性能差。京、沪、津等 7 城市 123 种市场主要蔬菜调查数据表明: 硝酸盐轻度污染的有 34 种, 占 27.6%, 中高度污染的占 72.4%。按世界卫生组织 (WHO) 和联合国粮农组织 (FAO) 规定推

算，已不允许食用的蔬菜品种有 33 个，占 26.8%。随着我国加入 WTO，农产品品质将是影响我国农产品在国际国内市场竞争地位、出口创汇的重要原因之一。

4 科学施肥技术的发展和推广对化肥应用的贡献

化肥在我国进入起步阶段后，我国的科技推广人员就进行了大量科学研究和推广应用工作，为推进化肥在我国的应用和充分发挥化肥肥效起到了重要的作用。1950 年，农业部召开第一次全国土壤普查工作会议，随后进行全国第一次土壤普查工作，摸清我国耕地类型、耕地养分状况等。1957 年成立了全国化肥试验网，试验了氮肥、磷肥的肥效。1959 ~ 1962 年，又开展了全国规模的第二次氮、磷、钾三要素化肥肥效试验，为氮肥和磷肥在我国大面积的推广应用起到了重要的推动作用和良好的示范窗口作用。随着化肥用量的增加，我国的耕地状况和水平发生了明显的变化。为了准确地了解耕地的养分状况、化肥施用后耕地养分变化情况，1979 年开展了第二次全国土壤普查工作，摸清了我国 20 年耕地养分变化状况，化肥施用对我国耕地质量的影响。两次全国土壤普查在摸清土壤资源基本情况的基础上，大力推广土壤改良技术，使 80% 的中低产田得到不同程度的改良，同时也为指导我国科学施肥提供了依据。1981 ~ 1983 年，我国又进行第三次全国规模的化肥肥效试验，检验氮、磷和氮、磷、钾协同效应。在此基础上，推广了配方施肥技术和平衡施肥技术，平衡施肥技术提高肥料利用率 5% ~ 10%，每亩提高粮棉产量 15 ~ 30 kg，亩节约成本 5 ~ 10 元。“八五”期间全国完成配方施肥面积累计达 33 亿亩（次），平均每年 6.6 亿亩（次），每年增产粮食 65 亿 kg。“九五”期间，农业部又大力推广了平衡施肥技术，实行“测、配、产、供、施”一条龙服务。2000 年全国共推广平衡施肥面积约 8 亿亩（次），重点推广面积 8 000 万亩（次）。同时，为配合各项技术的推广应用，相继启动并开展了补钾补素工程、平衡配套施肥试验示范工程、统测统配示范工程、精准农业示范工程等。

5 “十五”期间肥料工作畅想

20 世纪，尤其是后 40 年，化肥的作用充分地展示出来。进入 21 世纪，随着人口的增加，耕地的减少，化肥将继续发挥它无可替代的重要作用。肥料工作者需要在总结前人工作的基础上，取其精华，去其糟粕，不断进取，开拓创新。

5.1 引进并发展高精尖科学施肥技术，跟踪并追赶国际新潮流

高精尖技术是一个国家科技实力的具体体现。我国是农业大国，但农业发展水平还很低；施肥水平虽然有了较大的进步，但与发达国家相比，差距仍很大。需要我们积极引进国外先进技术，消化、吸收，并且发展，形成具有自己特色、适于本国需要的施肥技术，促进农业可持续发展。因此，“十五”期间，要进一步引进国际先进的科学技术，如“精准农业”，结合国内农业生产实践，形成具有自己特色的“精准农业模式”，建立精准农业试验示范区。同时，引进国际上比较先进和流行的灌溉施肥技术，提高肥料和水资源的利用率，保护生态环境。

5.2 组建“航空母舰”，发挥 $1+1>2$ 协同效应

在 20 世纪末期，我国大力推广了配方施肥技术、平衡施肥技术、平衡配套施肥技术、化肥深施技术、有机肥综合利用技术等，每项技术在特定的时期都发挥了重要的作用。随着农业生产水平的提高，单项技术的作用不再十分显著。为了充分发挥各项技术的协同作用，要

将各种施肥技术组装配套 组建土壤肥料“航空母舰”。“十五”期间要开展实施“沃土工程”项目 综合利用土、肥、水等各项技术 提高土、肥、水资源利用率 从而达到“合理利用资源，促进农业发展”的目标。“沃土工程”项目是将各项先进科学技术合理组装和配置 形成“航空母舰”充分发挥单项技术不能达到的 $1+1>2$ 的协同效应。

5.3 推广适宜的科学施肥技术，适应人民生活需要

随着人民生活水平的提高，老百姓更加注重生活质量，对农产品提出了更高的要求。无公害农产品、优质农产品、绿色食品等农产品的消费量逐年增加，市场前景广大。传统的施肥方式和肥料产品已经不再适应农业生产的需要，我们要积极调整工作重点，推广无公害农产品、优质农产品、绿色农产品、蔬菜和花卉等施肥技术 开发特种产品专用肥、商品有机肥、生物肥料、有机无机复混肥等 适应农业发展需求 适应市场需求 适应人民生活需要。

参考文献

- [1] 中国农业百科全书，农业出版社，1996
- [2] 全国农业统计提要，中华人民共和国农业部市场与经济信息司，2000
- [3] 全国农业统计提要，中华人民共和国农业部市场与经济信息司，1990
- [4] 农村经济资料手册，农业部综合计划司，1949~1990
- [5] 金继运，植物营养与肥料学报，1998,4(1):1~7

我国肥料科学研究与教育的发展

张福锁 毛达如 陈伦寿 曹一平 王兴仁

中国农业大学资源与环境学院, 北京 100094

肥料科学是植物营养理论、施肥技术、肥料产品开发和技术推广等多个方面的综合,其科学研究需要大量训练有素的专业人才。世界各国高层次人才的培养主要由高等院校来完成,与此同时高校还承担着国家和各层面的科研任务,所以肥料科学的教学必须与生产和科研实践相结合。在我国,与肥料科学有关的教学——科研体制的形成和发展已有百年的历史,本文只是对此作一个初步、简要的总结。了解历史是为了启迪未来,因此讨论的重点放在中华人民共和国成立后的 50 余年,特别是改革开放后的 25 年。由于施肥技术一直是我国肥料科学研究与教学的重点,因而也是本文讨论的主线。

1 肥料科学研究的发展

我国肥料科学研究及为之服务的教学可大致分为四个发展时期:

1.1 以寻找最小养分为主要目的的肥料效应试验时期

这一时期大致在 20 世纪初到 1949 年中华人民共和国成立。我国有文字记载的施肥实践可以上溯到公元前 16 至 8 世纪周朝的“除草肥田”但化肥的施用和施肥技术的研究则始于 20 世纪初^[1]。1905 年中国首次进口化肥(当时称为“人造肥料”)与此同时开展了一些肥料效应试验,主要由农业研究单位和农业院校教师来完成,其主要目的是寻找我国农田土壤的“最小养分”。例如,1902 年保定直隶农事试验场进行的小麦有机肥、磷肥及山芋钾肥试验;1917 年原中华农学会与德国爱礼司肥料公司合作开展的肥料试验;1914~1920 年在广东和 1927~1928 年在苏杭等地进行的氮磷钾肥试验;1933~1936 年彭加元等的硫酸铵和有机肥对稻米产量、品质影响试验等。1939~1940 年,前中央农业试验所张乃凤、姚归耕等在全国 14 省 68 个试验点不同土壤和作物上所布置的肥料三要素地力测定,是我国化肥网试验的先导。初步查明我国多数农田普遍缺氮、磷次之、钾基本不缺。其后孙羲、黄瑞采、斐保义、何文骥等也进行了一些化肥和有机肥试验。这一时期的肥料试验虽然数量和规模有限,但却对了解土壤肥力和合理施肥及后来的施肥技术研究起到了积极的推动作用。

与施肥技术研究相比,施肥教学的发展较为滞后。解放前虽然有 23 所综合大学设有农学院^[2],但没有植物营养和施肥技术专业。当时,由于我国大多数农民几乎没见过和不施用化肥,教学的一项重要任务就是以李比希的矿质营养学说和西方施用化肥的生产实践为依据,宣传化肥的性质和作用,强调有机肥与无机肥配合施用的重要性^[3]。

1.2 以作物需肥特征为主要依据的作物施肥时期

这一时期大致为 1949 年至 20 世纪 80 年代初。解放后，随着农业生产的迅速发展，我国施肥水平，特别是化肥施用量的逐年增加，农民的施肥技术水平亟待提高，这使得施肥技术研究和推广得到迅速发展。全国及各省、县级农业科学研究和技术推广单位相继建立，一般都设有土壤肥料研究所或工作站，与此同时，各农业大专院校也设有土壤农业化学系或教研组。它们对肥料知识的普及、施肥技术的研究和推广起到了重要作用。这一时期的研究成果以中国农业科学院土壤肥料研究所组织全国科研单位和高等院校协作进行的有机肥、化肥多点定位试验最具代表性。

其间科研和教学的一个重要特点是以作物为中心，将作物需肥特性作为施肥的主要依据，并特别重视学习和总结农民的施肥经验，但对定量化施肥技术研究却涉及甚少。例如，60 年代初，前北京农业大学等我国重点农业院校单独或协作编写的农业化学总论和作物施肥法等教材，主要讲授肥料性质、作物营养特性及常规施肥技术，例如如何根据冬小麦等作物营养生长和产量形成的关系及需肥特点进行施肥调控等。教学中引导学生学习农民的经验如小麦专家刘应祥据‘驴耳朵、马耳朵、猪耳朵’等叶片形态进行氮肥调控的经验水稻专家陈永康据叶色“三黄三黑”的变化规律进行氮肥调控的经验等。这些农学理论和专家经验对指导农民合理施肥和科学研究起到了重要作用。

1.3 以效应函数为主要定量方法的配方施肥时期

这一时期大致在 20 世纪 80 年代初至 90 年代中后期。其间定量化施肥是施肥技术的核心，推荐施肥方法从以专家和农民经验为主的定性阶段走向以田间生物效应为基础的定量化阶段^[4]。

“文革”后特别是改革开放以来我国在施肥技术的研究内容、方法及教材改革上与发达国家进行了交流和相互学习。1984 年前北京农业大学、河北农业大学等几所高等农业院校协作编写的新教材《农田施肥原理与实践》^[5]，在国内施肥法教学上，首次提出了施肥的基本原理和效应函数经济计量施肥法，即在肥料田间试验的基础上，通过回归分析建立施肥模型，再用边际分析方法确定最高产量和经济最佳施肥量。后来这一方法在我国教学和科研领域得到了广泛认可。

这一时期，我国以肥料效应函数法为主要手段进行施肥技术研究的实例不胜枚举，其中比较典型的是中国农业科学院、中国农业大学、江苏农业科学院、南京土壤所等单位协作在 1980~1985 年进行的国家“七五”技术攻关项目——黄淮海平原施肥技术的研究^[6]，其推荐施肥技术和研究方法在国内有相当大的影响。

20 世纪 90 年代以后，随着化肥特别是氮肥施用量的增加，我国曾多次举办全国或国际植物营养培训班和平衡施肥学术讨论会，加强平衡施肥理论和技术的研究，推广配方施肥技术；以平衡施肥为主要科技含量的肥料新产品开发在一些研究单位和农业院校也陆续展开。与此同时在教学上逐渐与国际接轨，加强了对本科生、研究生的植物营养理论教学。

1.4 以节肥增效为主要效益目标的农田养分综合管理时期

化肥的施用对我国农业生产发展作出了巨大的贡献，但因肥料施用不合理、区域间分配失调和有机物料管理、利用不当等带来的负面效应也日趋严重。仅以氮肥为例，目前我国每

年的氮素损失相当于 1 900 多万 t 尿素 价值达 380 多亿元^[7]。氮肥施用量比发达国家为防止化肥对水质污染而设置的安全上限 (225kg/hm²) 还高出近 45 %。在这种情况下, 必须进一步拓宽和发展传统的施肥技术模式, 建立养分资源的概念, 将土壤、肥料和环境中的所有可能提供的养分均作为养分资源, 以农业可持续发展为目标, 以施肥为主要手段, 对农田养分进行综合管理^[8, 9]。它包含以下基本含义:

(1)对肥料效益不能只考虑作物产量、产品质量和肥料经济效益, 还应考虑施肥对土壤肥力、环境和食品安全的影响。

(2)要实现肥料综合效益目标, 不仅要研究肥料的施用技术, 还要注意施肥技术与其他各项农业管理措施的配合, 发挥其综合作用。

(3)将节肥增效作为农田养分综合管理的核心目标。通过提高土壤养分的生物有效性、挖掘作物营养高效基因潜力和加强有机物质中矿质养分的再循环和再利用, 控制化肥施用量, 充分发挥化肥的增产、培肥土壤、改善产品质量和环境保护的积极作用, 尽可能减少或消除其因不合理施用而带来的负效应。

(4)农田综合管理必然涉及区域和全国范围的养分资源宏观调控和土壤养分及肥料效应的长期监测。对于我国这样一个幅员辽阔、生态条件复杂、历史悠久的农业大国来说, 尤其如此。

基于上述认识, 我国近期的肥料科学研究和教学得到了全面发展, 广度和深度有了新的提高。例如, 在施肥技术研究上, 中国农业科学院和中国农业大学等长期合作进行的国家科技攻关项目——黄淮海平原施肥技术专题研究, 在“八五”期间, 推荐施肥量的确定除将土壤养分肥力作为主要依据外, 还考虑到气候年型对施肥量的影响; 除将主要作物产量、品质 and 经济效益作为施肥决策的主要效益目标外, 还考虑到土壤养分的持续变化及施肥对土壤残留 NO₃⁻ - N 等环境因素的影响^[10]。在“九五”期间则进一步将“养分资源持续高效利用新技术系统”的建立和应用作为技术目标。通过多学科协作, 研究了田块级土壤养分的空间变异与推荐施肥的关系, 对我国条件下“精确施肥”的途径进行了探索^[11]对亩产吨粮模式或更高产条件下节肥省水的农业技术整合及农田养分综合管理技术体系的建立进行了初步尝试。中国农业大学与德国霍恩海姆大学长期合作, 1990~1992年, 有农学、土壤、施肥、机械、农经等学科师生参加, 对北京北纬 40°机械化吨粮生产综合技术进行了研究^[10]。1998年又以京郊 200 亩生产田为试验基地, 对“华北平原作物高产及高生产力条件下环境承受的可持续农业”进行研究, 这次共有植物营养、土壤、农药、农学、生态、信息、农经、蔬菜等 8 个专业的专家、研究生参加。与此同时, 高等院校与地方科研、生产和技术推广部门紧密配合, 形成了施肥技术与推广的新局面, 例如中国农业大学负责的国际引进项目“土壤、植物测试推荐施肥”研究^[12]因有全国 18 个科研、高校和技术推广部门参加, 扩大了先进技术的推广面积和推广效果, 而地方承担的果树营养和烟草施肥等项目, 因与中国农业大学等高等院校合作得以在“根际生态理论”和“作物库-源养分调控理论”等方面取得突破, 并在关键技术上取得重大进展^[13]。

2 肥料科学教育的发展

肥料科学教育(主要是学科建设和人才培养)的发展与我国社会、经济和农业的发展过

程紧密联系，大致可分为以下三个阶段：

2.1 1949年中华人民共和国成立前从属于综合大学农学院阶段

解放前，我国农民很少施用化肥，到1949年全国化肥年施用量只有7.8万t。施肥技术研究也刚刚起步。全国191所高校中，23所设有农学院，其中5所大学农学院设有与肥料学有关的农化系，它们是前北京大学农学院农化系（1910）、中央大学农学院农化系（1932）、浙江大学农学院农化系（1939）、西北农学院农化系（1939），但没有直接服务于植物营养和施肥技术研究的系、教研组。在校学生一般没有机会和可能将肥料科学研究的专题作为教学实践内容。当时从事土壤和肥料科学研究的科学家，多在美国等西方国家学习过植物营养理论和施肥技术，其中不少人是后来农业教育的先驱，成为解放后我国肥料科学教学—科研体制的奠基人。

这一时期肥料科学教育的主要特点是基本上没有独立的专业体制，我国第一个也是唯一的土壤肥料系于1946年建立于北京大学农学院，因此人才培养数量有限。新中国成立时我国培养的土壤肥料学人才只有约200人^[14]。

2.2 1949~1966年“文革”前建立农业院校土壤农业化学专业阶段

解放后，工农业生产迅速发展，百废待兴，国家急需高层次专业人才。在这种情况下，学习前苏联的模式，在高等教育中将原来综合大学的农学院分离出来。1952年，教育系统重组，合并为30个独立的农业大学、学院或有关院校。“文革”前全国共有25个农业化学系或专业，并开设了有关肥料科学的专业课程，如农业化学总论、作物施肥法、农业化学研究法和土壤农化分析等多门主课。前苏联曾派遣多名专家来华讲学，并对我国土壤学、农业化学等教材建设作出过重要贡献。

在教学中加强了实践教学，如在前北京农业大学土化系的大学本科教育中，学生入学第一年进行农事实践教学，学生边参加农业生产实践，边在教师指导下学习专业知识和农民的生产经验。在专业课和专业基础课教学中，组织学生进行土壤调查、施肥情况调查、地学现场教学等，毕业前一年，分组参加教师的科学研究实践并写出毕业科研论文或生产实践总结。几十年过去了，学生农事实习和毕业科研实习的传统一直延续了下来。

学习前苏联教育模式的优点是满足了社会上对专业人才需求量迅速增长的需要。据统计^[2]，1949年全国农业院校大学生仅为10726人，研究生20人，1957年分别增长到36189人和183人。其后有了进一步发展，据统计^[14]，仅1961~1962年二年培养的土壤农化专业本科生就有1919人。这些人受过良好的专业训练，理论联系实际，成为后来专业科研和教学的骨干。

2.3 1976年“文革”后成立资源与环境学院（或系）阶段

在10年“文革”期间，特别是1970年以前，中国高校的教学和科研几乎都中止了。1976年后，特别是改革开放后，我国农业院校的教学、科研步入正轨，并吸取了西方发达国家的先进经验。

这一阶段的第一个特点是拨乱反正，专业教育得到迅速恢复。至1986年全国共有24个土壤农业化学系或专业，进入人才培养的盛期。据统计，1978~1993年共培养土壤农化专科生12689人，平均每年培养804人。与此同时，专业教育得到了加强，当时彭克明、裴保

义组织全国 14 个院校编写的《农业化学总论》在肥料科学教学和教材改革中起到了承上启下的作用。第二个特点是改革开放，深化教学改革。其间有大批学生出国留学，国际间教学、科研的交流也得到加强。留学生或出国进修的教师学成回国后，在党和政府的倡导和支持下，对现有的教学科研体制进行了深刻改革。例如原北京农业大学土化系与德国霍恩海姆大学等进行了植物营养和施肥技术的协作研究，并多次邀请植物学家马斯耐尔和巴波等世界著名教授来中国进行植物营养的讲学，国内听讲学员多为高校教师，共 300 余人。对当时植物营养理论和施肥技术的教学改革起到积极推动作用。

近 10 多年来，我国农业院校的专业学科进一步拓宽，到现在为止，我国的农业大学多以原来的土壤和农业化学专业为基础，成立了资源与环境学院或系，这是更大的学科群。与之相适应的课程设置也发生了变化。以中国农业大学为例，该院成立于 1992 年，下设土壤和水科学、植物营养、土地资源与管理、农业气象、生态、环境科学和环境工程等系。现有大学本科 5 个专业，8 个硕士点，4 个博士点，一个博士后流动站。在校本科生 500 余人，硕士研究生 90 余人，博士研究生 50 余人。开设的必修和选修课本科 65 门，研究生 68 门，其中有 40% 的课程与肥料科学有不同程度的联系，因而大大开拓了学生的专业知识视野。该院植物营养系于 1992 年在国内首先成立，它在发挥资源与环境学院学科群优势的同时，保持和加强了肥料科学的专业特点。教学改革后另一特点是加强了研究生培养和实验室及教学基地的建设。对研究生除进行更深入的植物营养理论、施肥技术和研究方法教学外，还要结合教师承担的科研项目确定论文题目，承担国家科学技术攻关、自然科学基金项目和国际合作项目的具体工作。学生要认真作开题报告、科研进展报告和毕业论文报告，博士生在读期间还必须发表一定数量的论文。鼓励学生参加国内外科研交流，仅植物营养系近 10 年来国内外学者来校作学术报告就有 100 多次，研究生本人的专题报告也多达 588 人次。

要搞好教学和完成各项科研任务就必须有良好的教学、科研设备。现在中国农业大学资源与环境学院共有 3 个部级重点实验室，4 个定点教学和科研基地。学院成立以来共承担的国家部级科研项目 200 多个，获国家和部级奖励 26 项。出版专著 40 余部，学术论文近 1 000 篇。国内其他资源与环境学院关于植物营养和施肥技术的科研和教学情况不尽其详，表 1 只是网上初查结果。从中可以看到近年全国与施肥技术有关的教学、科研迅速发展的形势。

当前的教学科研体制改革，既不是解放前综合大学教学体制的机械重复，也不是“1952 年教育系统重组”，而是吸收了解放前综合大学教育模式有利于拓宽学生知识领域和加深基础课优点及“文革”前教育模式对专业教育突出、有利于专业人才培养的长处，在新的改革开放形势下，坚持和发扬我国教学与科研和生产实践相结合的优良传统，特别是利用高校承担各项科研任务及国际交流的有利条件，加强了对学生，特别是研究生的培养。使我国肥料科学在教学和科研相结合上达到前所未有的高度，使人才培养发生了质的升华。当然，我们还存在不少问题，如教学、科研条件需要进一步改善，各种关系需要进一步理顺，国外有更多的先进经验需要学习等。今后我们要把各项工作做得更扎实，更能经得起历史的考验。

表1 我国其他一些农业大学资源与环境学院(系)的教学和科研情况

名 称	学科建设和课程设置	人才培养	科研项目 and 成果
西北农林科技大学资源与环境学院	有植物营养、土壤学 2 个博士授权点,植物营养、土壤、水土保持、环境科学、生态学 5 个硕士授权点、5 个固定科研教学基地	已培养博士、硕士和本科生 5 000 余人	先后承担国家和省部级科研任务 150 多项,取得 100 多项重大科研成果
华中农业大学资源与环境与农业化学系	有土壤学、植物营养学、农业环境保护三个硕士点,土壤学、植物营养学两个博士点和农业资源利用一级学科授权点,农业资源利用博士后科研流动站。农业部亚热带土壤资源与环境重点实验室	目前,在校学生 728 人,其中博士研究生 23 人,硕士研究生 60 人,本科生 546 人,全日制成教生 99 人	亚热带土壤资源与环境重点实验室,在 1998 ~ 2000 年,共承担国家自然科学基金、“九五”攻关、“973”等国家项目 45 项
西南农业大学资源与环境学院	有土壤学博士授予权点和博士后流动站。一个博士点、六个硕士点。20 多个专业实验室以及国家紫色土壤肥力与肥料效益监测基地等	目前,在校学生 711 人,其中博士 16 人,博士后 6 人,硕士研究生 26 人,已培养本科生和研究生 3 500 多人	自 1992 年以来,获得科技成果 30 多项。出版专著教材 15 部,科技论文 300 多篇,与许多个国家有广泛的学术交流
南京农业大学资源与环境学院	现有植物营养学、土壤学等三个博士点,植物营养、土壤学、环境科学等 5 个硕士点,有农业资源与生态环境研究所,植物营养等研究室等	现有在校本科生 700 多人,其中研究生 170 多人	在理论研究方面成果卓著。每年有 5 项以上国家自然科学基金项目,在应用方面,研制开发的植物钾肥,促根剂已得到大面积推广
沈阳农业大学土地与环境学院	有土壤学博士点 1 个,土壤学植物营养学与施肥和微生物学 3 个硕士点:农业资源利用,博士后流动站 1 个等	共培养本科生 1 370 人,硕士 101 人,博士 20 人,博士后研究员 2 人,在校中有博士 17 人	近十年来,完成科研课题 20 项,目前主持项目 20 余项。
东北农业大学资源与环境学院	设有土壤、植物营养、应用微生物、生态、环保和气象等 6 个学科,一个研究所、一个测试中心和试验工厂		“九五”期间承担科研 34 项,20 项获国家和省部奖,与许多国家和地区合作科研进行学术交流
山东农业大学资源与环境学院	设有土壤与水科学、植物营养、土地资源管理、环境科学等 4 个系。有专用肥厂	在校本科、专科生 500 多人,已毕业计 3 000 多人	目前承担的各类科研项目 40 多项。

3 结语

(1)我国肥料科学研究有近百年的历史,经历了肥料效应试验、作物合理施肥、定量化配方施肥和养分资源综合管理等四个发展时期,今后要结合我国生产条件复杂、农民科学技术水平较低的特点,积极学习国外先进技术,将全国或区域养分管理与农田养分平衡研究相结合,应用技术研究与应用基础研究相结合,提高新型肥料的科技含量与加强对农民的技术指导和培训相结合,以节肥高效为核心目标,对农田养分进行综合管理。

(2)我国肥料科学教育经历了解放前综合大学农学院,“文革”后农业院校土壤农化专业改革开放后拓宽为资源与环境学院(或系)等三个发展阶段,始终坚持了教学为科研服务,教

学与生产劳动相结合的正确道路。在新的形势下,要发扬不同历史时期的优良传统,学习国外先进经验,加强学术交流,进一步拓宽本科生的知识领域,提高研究生的科研能力。

(3)百年历史证明,坚持三个结合,即专业教学与科学研究和生产实践相结合;专业发展与加强基础理论学习和发挥学科群优势相结合;学习国外先进经验与中国国情相结合,是我国肥料科学教育的成功经验。

(4)高校具有便于学科群协作、研究生相对集中、基础研究能力较强的优势,今后应加强对农业高校科研和教学,特别是肥料科学研究的支持力度,在生产和科研实践中造就专业人才。

参考文献

- [1] 陶勤南主编.肥料试验与统计分析.中国农业出版社,1997,272~275
- [2] 袁嗣良,中国的农业教育.研究与推广-现状与前景,左天觉、段志煌主编.中国农业.中国农业大学出版社,1998,230~244
- [3] 陈恩凤.我国战时肥料问题.陈恩凤文集.辽宁科技出版社,1990,141~155
- [4] 毛达如主编.植物营养研究方法.北京农业大学出版社,1994,43~45
- [5] 陈伦寿,李仁岗主编.农田施肥原理与实践.农业出版社,1984
- [6] 杨守春主编.黄淮海平原主要作物优化施肥和土壤培肥技术.中国农业科技出版社,1991,1~26
- [7] 朱兆良.我国氮肥的使用现状、存在问题和对策.见李庆逵,朱兆良,于天仁主编.中国农业持续发展中的肥料问题.江西科技出版社,1998,38~49
- [8] 张福锁,王兴仁,王敬国.提高作物养分资源利用效率的生物学途径.北京农业大学学报,1995,21(增),104~110
- [9] 王兴仁,曹一平,毛达如.作物施肥综合调控系统的建立与应用.北京农业大学学报,1995,21(增)1~6。
- [10] 毛达如,梁振兴,王树安,H. Marschner主编.冬小麦-夏玉米高产高效生产系统.中国农业大学出版社,1996,25~48
- [11] 黄绍文,金继运.土壤特性空间变异研究进展.土壤肥料,2002,(1):8~14
- [12] 陈新平,李志宏,王兴仁,张福锁.土壤、植株快速测试推荐施肥技术体系的建立与应用.土壤肥料,1999,(2):6~8
- [13] 张福锁,申建波.根际微生态系统理论构想与研究思路商榷.见冯峰,张福锁,杨新泉编著.植物营养研究-进展与展望.中国农业大学出版社,2000,72~81
- [14] 毛达如,曹一平.中国土壤科学五十年的人才培养.第七届中国土壤学会代表大会学术会议论文,1995

化肥百年后展望

许秀成

郑州乐喜施磷复肥技术研究推广中心 郑州 450002

1 施用化肥百年历程证明，大量施用化肥，对农业增产发挥了巨大的作用

1901 年氮肥首次从日本输入我国，在台湾省甘蔗种植上施用。为此，2000 年是我国使用化肥的第 100 周年。100 年来，我国化肥生产与消费从一无所有到双双世界夺冠。当今，与世界科学技术超级大国美国相比，我国已是世界化肥超级大国。表 1 列出了我国肥料生产与消费在世界的排序及与美国的比较^[1]。

表 1 我国肥料生产与消费在世界的地位 (1998)

比较项目	世界排序	为美国的/%	(中/美,万 t)(折纯)
化肥总产量	1	113	(2 786/2 452)
氮肥总产量	1	149	(2 108/1 413)
尿素总产量	1	511	(1 196/233)
化肥总消费	1	177	(3 508/1 977)
氮肥总消费	1	199	(2 245/1 128)
尿素总消费	1	650	(1 199/186)

大量施用化学肥料，对农业增产发挥了巨大的作用。1999 年的统计资料表明，我国在世界总土地面积 7.2% 的国土上，以 8.9% 的世界总耕地，除生产出世界粮食总产量的 21.2% 养活占世界 21.2% 的人口外。还生产了占世界总产量 40% 的蔬菜及瓜类，37% 的烟叶，36% 的花生，26% 的禽蛋、肉类，25% 的茶叶，24% 的籽棉，23% 的油菜籽及芝麻，21% 的皮棉，13% 的水果，9% 的坚果及 7% 的糖。我国花生、芝麻单产为世界平均的 2.1 倍，籽棉为 1.95 倍，谷物为 1.6 倍，块茎作物为 1.45 倍，糖料作物为 1.3 倍。现在我国绝大多数人民丰衣足食。这是我国政治、经济、科学技术多方面原因综合的结果，但大量施用化学肥料起了不可替代的作用^[2]。

2 化肥仍在壮年时代

人在百年后，意味着将离开人间，但百年后的化肥仍将处于“壮年”时代。笔者在“人口·粮食·化肥”一文中，论述了化学肥料使用的发生、发展与消退是与各国人口的增长、稳定、缓

慢减少相一致的^[3]。人口的过度增长给地球带来巨大的压力——资源过快的消耗、环境污染加重、人们生活水平难以提高。控制人口增长日益受到大多数国家的重视。1990年至1995年期间 全世界人口年增长率小于0.2%或人口减少的国家达34个 其中26个为欧洲国家。而同期欧洲国家的肥料消费量也由2 638.3万 t减少至2 436.2万 t,1998~1999年度进一步减少至2 415.6万 t。

根据人口中、长期预测，世界大多数国家都将经历一个人口高峰后，再缓慢下降的过程。日本将于2007年达人口高峰(12 778万人)随后 每年以0.2%的速度减少；我国人口控制目标预测值 2030年达人口高峰为16亿；据奥地利人口学家预测，世界人口高峰在2080年，达106亿 到21世纪末会降至103.5亿人。表2列出了世界及我国人口的统计值与预测值^[4]。

表 2 世界及中国人口统计值与预测值				单位 亿人
年份	世界	中国	中国/世界	备注
1970	36.943	8.299	0.225	统计值
1980	44.482	9.871	0.222	
1990	52.839	11.433	0.216	
1999	59.783	12.668	0.212	
2030	85	16(最大)	0.188	预测值
2050	94	15.6	0.166	
2080	106(最大)			
2100	103.5			

由表2可知 在21世纪内，世界人口还要增加40多亿 我国还要增加3亿。笔者曾计算，为使人均年占有粮食377kg、棉花3.7kg、油料17kg、糖料22kg、瓜菜160kg、水果30kg。并假设生产上述作物所需的氮70%来自化肥，氮肥利用率为35% 所需的磷50%由化肥提供 磷肥利用率为20% 所需的钾40%来自化肥，钾肥利用率为50%。并考虑到牧草、饲料、水产养殖、速生林木、花卉、苗圃、景观草坪、运动场地增加的用肥量占肥料总消费量的30%。则每增加1亿人口 需多生产317万 t N、174万 t P₂O₅、159万 t K₂O。即需增加化肥消费量650万 t N+ P₂O₅ + K₂O^[5]。

另据1999年出版的《土壤肥力与肥料》预测，世界人口2000年为60亿、2025年为90亿、2050年为110亿。95%的人口增加来自发展中国家，主要是非洲。据此，提出了至2060年全球食品生产规划，如表3所示^[6]。

表 3 全球食品生产规划						单位 百万 t
产 品	1980	2000	2020	2040	2060	2060/2000
小麦	441	603	742	861	958	1.59
稻米	249	368	480	586	659	1.79
粗粮	741	1 022	1 289	1 506	1 669	1.63
畜产品	82	108	138	163	183	1.69
乳制品	470	613	750	877	997	1.59
蛋白饲料	36	52	65	76	85	1.63

表 3 数据表明,2060 年世界食品生产与 2000 年相比还需增加 60%~80%。即使达到这种生产水平,2060 年非洲仍有 4.15 亿人面临饥饿。因为 2060 年非洲人口预计为 23 亿,而 1999 年非洲人口仅为 7.7 亿。因此,21 世纪人口增长对粮食需求的压力仍是巨大的。据中国农科院土壤肥料研究所金继运、林葆研究员介绍,著名的育种学家,为“绿色革命”作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 世纪农业生产发展的各相关因素之后,断言“本世纪 20 世纪)全世界作物产量增加的一半是来自化肥的施用”美国科学家 R.G.Hoef 于 1990 年研究后认为,如果立即停止使用氮肥,全世界农作物将会减产 40%~50% 据美国经济学家估计 美国作物单产增长中,50%~60% 是施化肥的结果;据联合国粮农组织 (FAO) 的资料,发展中国家施肥可提高粮食作物单产 55%~57% 总产 30%~31% 在我国 据估算 1986~1990 年粮食总产中有 35% 左右是施用化肥的结果。世界范围的经验证明,施肥,尤其是施用化肥,不论是在发达国家还是在发展中国家都是最快、最有效、最重要的增产措施^[7]。

在 21 世纪,世界人口增长对粮食需求的压力仍很大。可以预见,在整个 21 世纪化学肥料的使用仍将是不可替代的农作物增产的重要措施之一。

3 对于化肥的回顾

化肥工业诞生于 19 世纪中叶,这是基于德国化学家李比希科学的确立了“能为植物吸收的养分是矿物质”。由于不断的种植作物,土壤中矿物质养分势必引起耗损,如不把作物从土壤中摄取的那些养分归还给土壤,则土壤将会变得十分贫瘠,甚至颗粒无收^[8]”。这种“归还学说”是使用化肥的理论基础。该学说促使了 1842 年在英国用骨粉和硫酸制造过磷酸钙,建立了首批磷肥厂;1861 年德国发现盐矿,并从盐水中提取氯化钾,建成世界第一座钾肥厂;1913 年德国工业合成氨成功,开辟了氮肥工业的广阔前景。人类开始使用化肥使农作物增产。

在 20 世纪中叶以前,世界耕地面积与人口同步增长,粮食供应的增长几乎完全依赖于耕地面积的扩大。但自 1950 年以后,耕地面积的扩大逐步低于人口的增长率,施用化肥成为作物增产的重要措施。1950 年至 1986 年 世界人口由 25.2 亿增加至 49.4 亿 增长了 96% 同期谷物生产由 6.24 亿 t 增加至 16.15 亿 t 增长了 1.66 倍,这主要得力于肥料使用量,由 1 400 万 t 增加至 1.31 亿 t 增长了 8.36 倍 (日本地球白皮书,1988)^[9]。世界化肥生产与消费在经历了将近 40 年的快速增长后,进入 20 世纪 90 年代,处于相对稳定阶段。1989~1991 年 3 年平均,世界化肥年产量为 14 833.4 万 t 年消费量为 13 865.3 万 t,而 1998~1999 的产量为 14 725.3 万 t 消费量为 13 735.5 万 t。即 90 年代,世界化肥年产量,年消费量分别下降了 0.7%、0.9%^[10]。

假若将 20 世纪看成为世界化肥生产与消费快速成长的“青少年时代”。那么,21 世纪化肥行业将进入“壮年时代”——仍发挥着不可替代的作用,但不可能再快速增长。

美国国际肥料开发中心 (IFDC) 高级经济师 B. L. Bumb 考虑了当今经济、技术、政策的变化趋势及食品需求,养分的利用和损失,以及非化肥资源提供的养分各因素,预测了 2020 年世界不同地区对 N、P₂O₅、K₂O 的需求 如表 4 所示^[11]。

表 4 2020 年世界不同地区预期肥料需求养分

单位: 百万 t

地 区	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
北美	14.0	6.0	6.0
西欧	10.0	4.0	4.5
东欧	5.0	2.5	2.6
欧亚大陆	10.5	7.0	6.5
大洋洲	1.2	1.5	0.5
非洲	5.4	2.6	1.3
拉丁美洲	7.0	5.0	4.2
亚洲	62.2	27.4	11.1
总计	115.3	56.0	36.7

与 1998/1999 年度相比, 22 年肥料消费平均年增长率为 1.8% (其中 N 1.4%、P₂O₅ 2.7%、K₂O 1.9%)。而 1960~1975 年世界化肥大发展阶段, 平均年增长率为 22%。

中国化工信息中心高恩元通过分析化肥对粮食的增产作用, 人口增长对粮食的需求及各种相关因素对化肥施用的影响, 预测 2010 年我国需要化肥 4 800~5 000 万 t。若以 4 900 万 t 计, 与 1994 年全国化肥消费量为 3 318 万 t 相比, 16 年平均年增长率为 2.5%^[12]。

笔者亦曾根据我国人口的增长率, 曾预测了至 2030 年 (我国人口高峰年) 与 1994 年相比我国氮肥生产平均年增长率维持 1.5%, 便能满足我国氮肥需求的 100%; 磷肥生产平均年增长率维持 3%, 可满足我国磷肥需求的 85% (15% 依赖进口); 而钾肥生产平均年增长率应维持 7.5% 才能满足钾肥 30% 的自给率。

4 对化肥发展未来的预测

21 世纪科学技术梦幻般的超常发展, 使人们很难以常规思维去预测未来 100 年内的变化, 而一夜之间自然的或人为的突发事件又可能改变人类社会的一切。因此, 我们没有必要刻意去描绘百年内化肥究竟会发生什么变化。而应探讨某些变化, 以求适应这些变化, 使我们避害趋利。例如: 如何预测对化肥的需求? 未来化肥的发展方向是什么? 中国化肥如何走向世界? 根据笔者有限的知识, 试图讨论这些问题如下。

4.1 在预测 21 世纪化肥需求时, 宁可将我国化肥的需求预测得低一些, 以有利于保护我国的资源 (矿产及能源), 保护现有化肥企业

联合国粮农组织 联合国工业发展组织 在 20 世纪 80 年代和 90 年代均对 2000 年世界化肥进行过预测, 但每次预测均将指标降低。例如 80 年代的预测为 3 亿 t, 90 年代预测降为 1.8 亿 t~1.9 亿 t, 而 1998/99 年度世界化肥实际消费量仅为 1.38 亿 t。高恩元的调查发现, 若根据原化工部“九五”计划的安排, “九五”末基本作到氮肥自给、立足国内, 依此原则考虑到 2010 年化肥需求量为 5 500 万 t 至 5 700 万 t, 施用比例以 1:0.42:0.30 计, 则 2010 年需氮肥 3 179 万 t 至 3 295 万 t, 需磷肥 1 367 万 t 至 1 416 万 t, 需钾肥 953 万 t 至 988 万 t。仅以氮肥为例, 1995 年我国氮肥产量为 1 916 万 t, 15 年要增加 1 263 万 t 至 1 379 万 t 氮, 若开工率按 90% 计算, 15 年内要建成 57~62 个年产 30 万 t 合成氮厂, 这样的建设速度显然