

开发缓释控释肥料 提高化肥利用率

武志杰*

周健民

(沈阳应用生态研究所 沈阳 110015) (南京土壤研究所 南京 210008)

摘要 分析了我国化肥生产与应用存在的主要问题,概述了国内外新肥料研究与开发动态,阐明了新型肥料的研究方向和重点。

关键词 缓释肥料,控释肥料

1 化学肥料对世界农业的贡献

肥料是农业生产最重要的生产资料之一。1840年德国化学家李比希(J. V. Liebig)提出植物矿质营养理论后,经过半个多世纪,化学肥料已发展为比较完善的技术系统和产业体系,成为推动世界农业生产发展的强大力量。马克思曾说:“李比希的新农业化学比所有经济学家加起来还重要。”据联合国粮农组织(FAO)估计,施用化肥可提高粮食作物单产55%—57%,提高总产30%—31%。美国著名的作物育种学家、诺贝尔奖获得者 Norman E. Borlaug 在全面分析本世纪影响农业生产的各种因素后认为,全世界农作物产量增加的一半得益于化肥的施用。我国化肥网数据表明,在多年平均亩施化肥10公斤左右时,可提高单产40%—60%,提高总产35%左右。因此,在一定程度上可以认为,肥料问题就是粮食问题。要解决中国的粮食问题,首先应该解决肥料生产及施用中存在的问题。

2 我国化肥生产与施用存在的主要问题

尽管化肥在促进我国粮食增产上起到了举足轻重的作用,但和发达国家相比仍存在着相当大的差距。1984—1994年期间,我国化肥使用量增加近1倍,然而粮食产量仅增长了9.1%。我国氮肥当季利用率仅为30%—35%,远低于世界发达国家的40%—50%。1952—1996年,我国的肥粮比(单位肥料增加的粮食量)由16.1下降为2.4。农田氮素损失率为30%—50%,通过淋溶、挥发等途径每年损失化学氮约900万吨,价值约400亿元,并造成严重的环境污染。130多个大型湖泊中已有60多个遭到包括富营养化在内的严重污染,其中云南滇池的污染最为严重;京、津、唐地区69个乡镇地下水、饮用水中硝酸盐含量有半数以上超标。究其原因:

2.1 化肥养分释放的“非可控性”

我国化肥生产品种单一,以低浓度单质速溶化肥为主,氮肥中低浓度速溶碳酸氢胺占48%左右,高浓度尿素占43%左右,效果较好的复混肥只占化肥总产量的10%左右。低浓度单

* 沈阳应用生态研究所副研究员
收稿日期:1999年7月26日

质速溶化肥养分释放速度太快,不能根据作物生长需要加以控制,作物来不及吸收,造成损失。大量的科学研究表明,肥料利用率低下,特别是氮肥中氮素不能为作物充分利用,加快了土壤微生物对肥料的分解,也加快了养分的转化、挥发、淋失及物理化学固定等。因此,减缓、控制肥料的溶解和释放速度,已成为提高作物对肥料利用效率的有效途径之一。

2.2 化肥品种结构的“非协调性”

我国化肥生产及施用一直是以氮肥为主,磷、钾所占的比重较小。从化肥的生产比例来看, $N:P_2O_5:K_2O=1:0.3:0.01$,而我国农业生产所需的比较合理的氮、磷、钾肥料比例为 $N:P_2O_5:K_2O=1:0.4-0.6:0.2-0.3$ 。由于长期缺钾、少磷,影响农作物的养分平衡,导致化肥利用率低下。中国农业科学院土壤肥料研究所金继运等对中国 17 个省 104 个土壤样品的测试结果表明,缺氮的占 96%,缺磷的占 97%,缺钾的占 59%,缺锌的占 37%,缺硫的占 22%,缺硼的占 21%,缺钼的占 18%,缺钙的占 17%,也有一些土壤缺乏铜、锰、铁等微量元素。然而,我国目前还没有专门生产钙、镁、硫肥,微肥的生产也不能满足市场的需求。

2.3 化肥施用的“非平衡性”

我国是世界上施用氮肥最多的国家,但是缺少与其它肥料的科学配方,实际施用的氮磷钾比例为 $1:0.43:0.16$,而世界平均氮、磷、钾化肥的施用比例为 $1:0.4:0.26$ 。尽管近年来我国中、微量元素的施用面积逐渐扩大,但离实际需要施用的面积仍有很大差距。施锌、硼面积分别占缺锌、硼面积的 2.2%和 1.6%。

2.4 施肥方法的“非科学性”

由于我国农村广阔、分散,基层管理者和农民的科学文化素质较低,被国家列为农业重点推广的“优化配方施肥技术”只应用了 0.43 亿公顷,占总播种面积的 30%,而且逐年减少。另外,我国从上到下,肥料的生产、销售与指导科学施肥的农业部门呈三权分割状态,给农民实行科学施肥带来了诸多不便:或买不到所需的肥料,或只有好的施肥建议而无对路的产品。因此,研制和生产便于农民使用、配方合理的新型肥料品种具有重要意义。

2.5 化肥宏观分配的“非公平性”

一段时间以来,我国化肥的分配采用与上交商品粮油挂钩的奖励政策,这对于鼓励农民多生产粮油确实起到了积极的作用。但长此以往,就会出现使化肥过多地投放到高产地区的问题。目前的情况是,沿海各省、城市周围、交通沿线、老商品粮基地施肥量过高,而边远地区施肥量低,化肥供应不足。据对 30 个省、区统计,其中山东、河南、江苏、四川、河北、湖北、安徽、广东、湖南、广西等 10 个省、区施肥量占全国总量的 60%,超过氮肥适宜用量的播种面积占总播种面积的 26%,而一些能充分发挥肥效的、肥料报酬高的中低产地区却未能施用到足够的化肥。

3 国内外新肥料研究开发动态及趋势

3.1 国外新肥料研究开发趋势

近几十年来,世界各国在化肥(主要是氮肥)的生产和施用中几乎同时出现一种相似的现象,1984—1994 年间,化肥施用量增加了 90.7%,而粮食产量仅增加了 9.1%。这些现象引发了人们对施肥的经济效益、资源有效利用及其环境问题的反思。

反思之一就是试图研制一种能够缓慢释放或按作物需肥规律供给养分的缓释肥料(我国一般称为长效肥料)或控释肥料。一般来说,农作物对养分的吸收速度,在一个生长期中,大体

呈S形,即开始较慢,随后大大加快,以后又逐渐变慢。如果某种肥料能够按作物的这种需肥规律供给养分,释放出的养分很快被作物吸收,那么肥料养分损失就会大大降低,利用率就会大大提高。这就是缓释、控释肥料的最终目标。自1924年脲醛肥料取得专利以来,75年来,缓释肥料已有长足进步,近年又发展到可控释放肥料(Controlled availability fertilizers, CAFS),而且有一部分已在农业生产中实际应用。特别是70年代以后,国外进行了大量研究,现在市场上以商业产品销售的缓释/控释肥料已达数十种。如日本生产的“Nutricote”CAFS、“Meister”CAFS可控释氮素100—360天,控释量80%,氮素利用率达60%—70%,具有特定温度-释放速度变化规律,其氮素释放不受土壤类型、含水率、PH值、微生物等复杂环境因素影响。在多种作物上试验表明,一次底施,平均较尿素四次施用的增产幅度还高。这种农艺与工艺相结合的高新技术肥料,可较好地控制肥料养分释放速度,被誉为肥料工业的一次革命,并被称为是“21世纪的肥料”。目前,美国、日本、西欧缓释肥料生产厂有39家,年产量50万吨,相当于化肥用量的1%左右,并正以3%—5%的速度递增,其价格是普通肥料的3—9倍。

缓释/控释、复合高效和环境友好是世界肥料发展的总趋势,全营养控释肥料是肥料科学的最终目标。美国、日本及西欧各国,正致力于应用现代技术,促进生产、研究(平衡施肥)和施用的结合,发展高浓度优质专用复合肥(在发达国家占肥料品种的80%,在中国不到10%)和缓释、控释性肥料。

3.2 我国新肥料研究进展

60年代末,南京土壤研究所在我国最早开始长效氮肥的研究。最初的目的仅仅是为了解决碳酸氢铵挥发问题。首先研制成功了碳酸氢铵粒肥。以后又研制成功以钙镁磷肥为主要包膜材料的长效碳铵和长效尿素,并对其释放特性、供氮过程以及稻-麦轮作下的生物学效应进行过系统研究。在某些地区的研究表明,水稻氮素利用率可达74%,小麦可达63%,分别优于日本的硫衣尿素(SCU)和异丁叉二脲(IBDU)。此后,又有许多科研单位开展了这方面的研究。在研制的产品中,沈阳应用生态研究所和广州化肥厂等单位研制的长效碳铵、长效尿素和涂层尿素,郑州工业大学磷复肥研究所研制的包裹型长效肥(商品名:乐嘉施)得到大面积推广使用。其中,乐嘉施经 ^{15}N 示踪法研究表明,其氮素利用率有所提高,较普通尿素的35.49%提高到43.26%,多种作物增产率在5%左右,产品已进入国际市场,双氰铵复合长效碳铵被列为“九五”重点推广项目。长效肥料的价格一般高于普通肥料10%—15%。但到目前为止,我国还没有可控释放肥料的问世,这无疑将影响我国下世纪肥料工业和农业的国际竞争力。

中国科学院在新肥料研制、应用、开发及机理方面的研究均处于国内领先地位。南京土壤研究所长期对我国土壤性质与肥料高效利用进行综合研究,在土壤氮、磷、钾、硫、微量元素循环和施肥基础理论研究方面一直处于国内领先地位。近年来,针对国外肥料发展动向及国内需求,先后研制成功具有国际同类水平的“全营养高浓度固体叶面肥”、“抗倒伏多功能稻麦专用肥”等一批相关的系列肥料品系。最近正从事控释胶粘肥料的基础研究和新型多功能硝化抑制剂的筛选工作,并取得了可喜的进展。沈阳应用生态所针对我国化肥利用率低的问题,采用生物化学途径,集中力量研制长效、增效、多元有机-无机专用肥料,已获国家发明专利20余项。陆续推出了氢脲长效尿素、双氰铵长效碳铵等有影响的缓效氮肥,已列为国家重点推广项目,并实现了工业化规模生产,现已累计推广近2600万亩(1公顷=15亩),其中长效碳铵获中国科学院科技进步奖特等奖,并获国家科技进步奖二等奖(肥料方面所获国家最高奖)。现在正着

手进行控释肥料的研究工作。石家庄农业现代化所参与推广的涂层尿素正在我国北方推广、应用,获得广泛好评。另外,山西煤化所、生态环境中心和贵阳地化所等单位,也开发出了腐殖酸尿素、木质素尿素和多元矿质钾肥等一些新肥料。

4 对策

4.1 研究方向

一般而言,提高肥料利用率的方法与途径主要有以下四种:一是利用植物营养分子生物学技术,选育具有营养高效型的作物品种;二是合理分配肥料和改进施肥技术;三是充分发挥农田养分再循环作用,提高有机肥利用效率;四是对肥料本身进行改性,开发更适应作物生长需求的新型肥料。其中,对肥料本身进行改性,开发缓释、控释肥料,是最为快捷方便、最能从根本上解决肥料损失问题的有效措施。

目前,随着化肥用量的不断增加,在农产品追求产量与质量并重,以及环境友好的多重目标要求下,肥料的改性问题就显得更为重要。开发缓释、控释肥料,提高肥料利用率,减少环境污染,是简单易行的措施,非常适合中国的国情。我国化肥利用率低于发达国家的原因之一,就是发达国家所采取的系列科学施肥技术在中国难以奏效。我国农民的教育水平低,农户土地面积小而分散,种植体系复杂,机械化程度低,农化服务体系难以建立和到位,配方施肥和其它技术措施很难为农民提供方便的服务。另外,在经济发达地区,农民已不愿在追肥等农艺操作上花费太多的时间和精力。因此,急需一种集配方施肥、控释技术为一体的物化肥料产品。新型控释复合肥料的出现,不仅能提高肥料利用率,保证粮食安全,减少环境污染,也满足了农民的实际需求。可控释放肥料一次施用,就能满足作物一生的需要,有些新肥料,还兼有杀虫和除草等功能,可大大减轻农民的劳动强度,必将受到广大农民的欢迎。

该领域的技术前沿是环境友好控释肥料,可使肥料的释放速度与作物的需肥规律相一致,氮素利用率可达 60%—70%;肥料施用技术的前沿——3S 移动变量施肥技术是通过 RS(Remote Sensing)和 GPS 技术确定每个施肥点的准确位置,应用 GIS 技术和平衡施肥模型精确决定每个施肥位点上的施肥量,再将需要的肥料通过施肥机具自动施入农田,可以达到最佳的施肥效果。另外,速溶性肥料与节水灌溉相结合的水肥灌溉技术,与农药、生长调节剂相结合的种子包衣肥料,与有机废弃物资源化相结合的有机-无机复合肥料都具有广阔的发展前景。我国 30%的氮肥用于水稻,利用效率只有 30%。其氮素损失中的 30%是经稻田水面挥发的。因此,抑制稻田水面氨挥发具有重要意义,利用分子膜技术抑制稻田氨的水面挥发也是当前研究的一个热点。

综上所述,考虑到我国跨世纪农业可持续发展及 21 世纪 16 亿人口粮食安全的需求,同时考虑 21 世纪全球化知识经济的挑战,特别是我国加入 WTO 后国外农产品对我国市场的冲击,应选择能大力促进“两高两优”(高产、高效,优质、结构优化)农业发展,增强我国农业科技储备,提高农业科技创新水平,促进农业科技产业化的缓释、控释复合肥料技术和精确施肥技术,进行长期的定向研究和发展,形成系统的肥料创新体系,以对我国农业科技水平的提高和农业高新技术产业化不断做出基础性、前瞻性、战略性的重大贡献,这也是 21 世纪我国肥料科学的主要研究方向和任务。

4.2 开发重点

(1)在现有长效碳铵、长效尿素、涂层尿素的基础上,研制新型缓释氮肥、复混肥及专用肥,

重点筛选新型高效抑制剂,研究不同土壤及作物的供肥及需肥规律,确定肥料配方;(2)研制环境友好控释尿素、控释复混肥及专用肥和控释胶粘复混肥,重点研究环境友好控释材料、亲水性高分子材料性能和控释肥料生产工艺;(3)开发稻田抑氨分子膜,重点开展稻田分子膜的自然物质提取和生物化学合成技术研究,深入探讨成膜物质分子结构、分子取向以及分子排列与抑制氨挥发效果的关系。为了方便应用,可研制含分子膜的水稻专用肥料,使其随施肥而扩散于水面;(4)重点剖析 3S 精确施肥技术机理,结合中国国情,开发适合我国农户小规模生产的精确施肥技术;(5)结合设施农业和节水灌溉研究,开展水肥耦合灌溉技术研究;(6)关注与农药、生长调节剂相结合的种子包衣肥料研究,以及与有机废弃物资源化相结合的有机-无机复合肥料研究。

参考文献

- 1 林葆,李家康. 当前我国化肥的若干问题与对策. 磷肥与复肥, 1997, 2: 1—23.
- 2 武志杰. 我国化肥生产、应用的问题与对策. 科技导报, 1997, 9: 37—39.
- 3 O. P. 英格尔斯塔德编. 现代施肥技术, 北京: 化学工业出版社, 1985, 352—377.
- 4 A. Shaviv and R. L. Mikkelsen. Controlled-release fertilizers to increase efficiency of nutrient use and minimize environmental degradation — A review, Fertilizer Research, 1993, 35: 1—12.

———— * ————— * ————— * —————

* 简讯 *

中国科学院第六届青年科学家奖揭晓

本刊讯 1999 年度中国科学院青年科学家奖颁奖仪式于 6 月 10 日举行, 共有 40 位青年学者荣获第六届青年科学家奖。荣获基础研究奖一等奖的是曹道民、孙昌璞、麻生明、郭正堂、孙航、成会明、陈建敏等 7 人; 荣获二等奖的是白中治、马余刚、赵红卫、魏龙、韩金林、韦大明、王琛、董显林、朱敏、夏汉平、陈文、潘永信、孙青原、刘海燕、蒋华良、张润志、胡志红(女)、梁惊涛、徐军、张健、唐志敏、陈卫东、叶甜春等 23 人。荣获高新技术开发奖一等奖的是孙凝晖等 3 人。

(晓春)