


作物专用复混肥料农艺配方系列丛书

复合肥料

FUHE FEILIAO PEIFANG ZHIDING YUANLI YU SHIJIAN

配方制订原理与实践

沈 兵 著

 中国农业出版社



作物专用复混肥料农艺配方系列丛书

复合肥料配方制订 原理与实践

沈 兵 著



图书在版编目 (CIP) 数据

复合肥料配方制订原理与实践 / 沈兵著. —北京:
中国农业出版社, 2013. 9
(作物专用复混肥料农艺配方系列丛书)
ISBN 978-7-109-18358-2

I. ①复… II. ①沈… III. ①复合肥料-配制 IV.
①TQ444

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 220420 号

中国农业出版社出版

(北京市朝阳区农展馆北路 2 号)

(邮政编码 100125)

责任编辑 魏兆猛 黄宇

北京中科印刷有限公司印刷 新华书店北京发行所发行

2013 年 9 月第 1 版 2013 年 9 月北京第 1 次印刷

开本: 700mm×1000mm 1/16 印张: 10.75

字数: 190 千字

定价: 28.00 元

(凡本版图书出现印刷、装订错误, 请向出版社发行部调换)



内容简介

全书从复合肥生产企业的角度出发，建立了贯穿复合肥生产产前、产中、产后的农化服务体系。在产前过程中，系统探讨了区域配方和作物专用复合肥配方制订的主要方法，包括15-15-15延伸法、化肥区划法，采取了独创的适合企业特色的“4+X”试验设计对配方进行筛选调整；在配方的工业化过程中，重点研究配方的安全性和经济性，如物理化学性质的控制，填料的选择，工艺选择，微量元素及肥料增效剂的添加；在产后的推广应用中，采取等量、不等量、等价等灵活的示范设计，突出配方肥的增产、增收效果，通过建立农化服务专家网、培训网、试验示范网、测土推荐施肥网等技术普及手段，使配方肥尽快地为农户所接受。

本书可供配方肥料生产企业使用，也可为农业生产、技术推广部门人员和农业院校师生提供参考。

总 序

中国化肥产业也像世界化肥一样,经历了由低浓度向高浓度、由单质肥料向复合(混)肥料发展的过程,进入2000年以后,我国复合(混)肥料产业开始从通用型向作物专用型方向发展。我国复合(混)肥料发展起步于20世纪80年代,目前全国已取得复合(混)肥料生产许可证的企业有4000多家,生产工艺包括化成法、团粒法、高塔工艺、脱水干燥成粒、氢钾工艺、掺混(BB肥)工艺、挤压工艺等,实际年产量达6000余万t(实物),化肥复合化率达到32%以上。中国复合(混)肥料在2000年以前,几乎以“15-15-15”配方为主导,2000年之后虽然开始逐步生产不同配比的复合(混)肥料,但大部分企业主要还是根据工艺生产的方便性进行配方调整,比如高塔技术生产的高氮复合肥料、脱氯工艺生产的高磷复合肥料等,这些产品只能在一定程度上满足局部区域作物施肥需要,很难满足大范围、大区域的作物推荐施肥要求。同时,由于缺乏相应的农化服务技术指导,农民施用方法的不合理造成增产效果不明显。最近几年,我国复合(混)肥料产业向作物专用化方向发展的速度明显加快,每个企业都拥有多个甚至数十个复合(混)肥料配方。据不完全统计,目前全国复合(混)肥料配方总数超过2万个,数量多、配方乱、品种杂,大部分配方缺少规范,科学性不强。

本套丛书是“十一五”和“十二五”国家科技支撑计划系列课题“复合(混)肥养分高效优化技术研究与工艺(2006BAD10B03)”、“高效系列专用复合(混)肥技术集成及产业化(2006BAD10B08)”、“配方肥料生产及配套施用技术体系研究(2008BADA4B04)”及“复合(混)肥农艺配方与生态工艺技术研究(2011BAD11B05)”近10年来的科研成果总结。《中国作物专用复混肥料农艺配方区划》一书,从全国范围内的气候生态、土壤类型、作物分布、土壤肥力特征、作物营养规律、施肥技术、肥效反应等方面入手,系统研究了我国小麦、玉米、水稻、棉花、花生、大豆、油菜、马铃薯、甘蔗、果树、蔬菜等主要作物专用复混肥料农艺配方研制的原理和方法,研究提出不同区域主要作物专用复混肥料的农艺配方,为我国作物专用复混肥配方制订的规范化、科学化提供了理论依据和方法。《复合肥料配方制订原理与实践》一书,则是从

企业生产的角度出发，确定配方制订的方法。在配方制订时同时满足工业和农业共用的高效、实用要求，并兼顾环境友好的原则，以“15-15-15”延伸法为主，根据中国生态区域和土壤养分供应特征，分别制订了早稻、双季稻、玉米、小麦的区域配方；在区域配方的范围内，根据作物营养特征和施肥习惯等制订作物专用配方；经济作物（果树、果菜、叶菜）系列肥料是根据营养阶段配置的均衡性、高氮钾型、高钾型等不同专用肥料配方，按照“4+X”试验设计进行配方的调整研究。丛书中的其他品种以15个典型农业省为单元的各省作物专用复混肥料农艺配方，从不同省份的气候特点、土壤类型、生态分区、土壤供肥、作物需肥规律、配方肥料制订依据等方面入手，提出了本省生态区域配方，按照养分归还法（养分平衡）、目标产量法或者大田试验结果，结合农户施肥习惯、土壤养分测定结果等，制订了本省的主要作物专用复混肥料配方，并编绘出配方区划图。

本套丛书所介绍的技术成果，在推动我国复混肥料生产向作物专用化方向发展，实现复混肥料配方规范化、科学化等方面，具有重要理论价值和实践意义，为推动我国复混肥料产业技术升级提供了理论和技术支撑。

本套丛书的出版，得到了国家科技支撑计划系列复合（混）肥料项目的资助，谨此表示衷心感谢！限于作者水平，丛书中错漏之处难免，敬请读者批评指正。

赵秉强

2013年7月

前 言

中国复合肥产业发展的历史并不很长，在发展现状中存在着配方制订的基础研究缺乏、方法不规范；农业配方设计不考虑工业化生产的可行性；工艺生产忽视农业要求和效果，致使产品的高效性和安全性不足；推广应用中农化服务组织体系不完善等问题。这些问题致使我国复合肥产业的发展处于落后状态。

复合化和专用化是近代化肥产品的重要发展趋势。化肥产品从单质向复合和专用发展的过程中，产品不仅加载了针对作物营养规律和土壤肥力特征，调节养分形态、比例的农艺技术，而且通过复合肥生产加载了工艺技术。与单质化肥相比，技术含量和资源投入都有所提升，继而复合肥的功能和作用也比单质肥发生了质的变化，这对产业化发展提出了新要求，复合肥配方的制订与实施是复合肥的核心。

复合肥配方制订必须满足工业和农业共用的高效、实用并兼顾环境友好的原则。根据生态区域和土壤养分供应特征制订了早稻区域4组配方、双季稻区域3组配方、玉米区域4组配方、小麦区域3组配方、棉花区域2组配方；在区域配方的范围内，根据作物营养特征和施肥习惯等制订作物专用配方，列举了在北方区域肥的基础上设计的5种小麦专用肥配方；经济作物（果树、果菜、叶菜）系列肥是按照营养阶段配置的均衡性、高氮钾型、高钾型等5组专用肥配方。氮素形态选择是高效配方设计的重要因素，在玉米、小麦、叶菜上，不同氮素形态复合肥玉米产量差别可达18%，白菜相差约在17%；施肥方法对配方制订的影响主要表现在氮素的处理上，不同土壤玉米高氮一次性施肥的效果不一样，施肥方法影响配方制订。

农艺配方的工业化过程是在满足农业配方安全高效的基础上,选择工艺、原材料、填料和辅助材料的过程。不同填料对复合肥产品的水溶性和肥效有一定影响,国产复合肥和进口复合肥在颗粒的紧密度、粒度、可溶物含量、溶解后 pH 的变化、溶解温度变化、电导率、养分形态等方面具有一定差距,这些差距决定了进口复合肥和国产复合肥的肥效不同。例如复合肥中缩二脲含量达到 1% 时,玉米的出苗率下降到 50% 左右,干旱条件下甚至下降到 15%,不同作物对缩二脲敏感程度不一样,但尿基复合肥在加工过程中必须控制缩二脲的含量。复合肥生产中加入微量元素锌被固定的数量大概在 27%,施肥后玉米苗期地上部分锌的吸收数量比对照增加约 50%,微量元素可以提高养分利用率,但也可能产生毒害。

农化服务是连接配方制订、工业化生产和推广应用产业三大过程的桥梁,农化服务网络建设由三级培训网、基础研究试验网、推荐施肥示范网、专家服务网四大相互依赖的网络综合组成,其中的专家服务网是其他三大网络建设的基础。

通过对近 5 年 29 个区域配方肥和作物专用肥在全国各地 195 个大田试验结果的统计分析,与习惯施肥相比,增产和平产比率大于 91%,养分表观利用率达到 61.8%。解析北方区域配方肥 16-16-8 产品开发应用的全过程,研究归纳了农化服务在产业链条中的重要作用,进而肯定了农化服务在复合肥配方制订、工业化生产、推广应用、信息反馈和配方调整整个产业中的连接和贯穿作用。

本书对中国复合肥产业发展模式的探索,是以中国—阿拉伯化肥有限公司十年发展为案例,具有一定的独特性,可以作为不同类型的企业如复混肥、BB 肥等企业的参考。由于作者的知识所限,不妥之处在所难免,一些细节也缺乏斟酌,不足之处敬请读者指正,以便再版修订。

本书是“十一五”国家科技支撑计划“高效系列专用复(混)合肥技术集成及产业化”(2006BAD10B08)、“十二五”国家科技支撑计划“复合(混)肥农艺配方与生态工艺技术研究”(2011BAD11B05)的科研成果的结晶,同时,本书的撰写得到了中国农业大学张福锁教

授、曹一平教授，吉林农业大学高强教授，华南农业大学樊小林教授，南京农业大学徐阳春教授，中国农业科学院的赵秉强研究员，中国—阿拉伯化肥有限公司的方勇、王金铭、杜显兰、张兵印、王连军、王礼龙、徐川，中国—阿拉伯化肥有限公司农化服务中心的贾可、张天山、李平远、朱彦峰、曲艳娣等同事的大力支持，在此一并致谢！

沈 兵

2013年5月

目 录

总序
前言

第一章 复合肥发展的历史与现状	1
一、复合肥发展的背景	1
二、中国复合肥产业发展模式研究进展	9
第二章 复合肥配方制订的原理和技术	23
一、复合肥配方制订的原则和分类	23
二、复合肥配方制订的影响因素	25
三、复合肥配方设计	34
四、配方氮素形态的选择与搭配	40
五、施肥方法对配方设计的影响	47
六、小结	51
第三章 农艺配方的工业化生产及安全保障	53
一、农艺配方工业化生产的步骤	53
二、工业化实现的关键环节	55
三、填料的选择及影响	58
四、国内外复合肥料化性质的差异	63
五、复合肥中添加微量元素的效果研究	70
六、复合肥生产安全性指标的研究	73
七、小结	76
第四章 配方复合肥的应用和配方调整	78
一、企业农化服务的基本内容	78
二、三级培训网络建设	80

三、基础研究试验网建设与实践	83
四、推荐施肥及示范推广网建设与实践	91
五、专家服务网络的建设	98
六、小结	99
第五章 配方复合肥应用的实践检验	101
一、北方区域配方肥配方的设计	103
二、北方配方肥的工业配方实现	133
三、北方配方肥的推广应用	137
四、北方配方肥的田间试验设计和区域配方调整	143
五、小结	146
第六章 结论与讨论	147
一、主要结论	147
二、复合肥配方及产业发展研究展望	149
三、复合肥新产品类型	152
参考文献	155

第一章 复合肥发展的历史与现状

一、复合肥发展的背景

从2005年开始,全球化肥出现紧张局面,能源涨价导致欧美国国家化肥生产开工率不足,与此同时,全球粮食库存持续下降和生物能源发展又导致需求旺长。众多研究表明,化肥供需紧张的局面持续到2009年。在供需紧张和成本的双重拉动下,2007年下半年化肥价格又一次剧烈增长,2008年年初(2月)与2007年年初相比,全球氮肥价格增长均超过50%,钾肥价格增长了150%以上,而磷肥价格甚至增长了200%以上。复合肥的推广应用对提高化肥利用率,降低化肥使用量,减轻资源和环境压力具有重要的意义。

(一) 世界复合肥发展趋势

1. 以作物需求为主导的发展方向 纵观世界化肥产业发展情况,近20~30年来,世界肥料的消费与生产发展趋势表明,发达国家已由施用单一养分的化肥转向包含多种营养物质的复合、混合肥料,大部分磷肥以复合肥料的形式施用。如今复合肥料的产品和技术已是衡量一个国家化肥工业发达程度的重要方面。例如,美国和英国销售的化肥79%为复合肥料,日本、法国、德国和其他西欧国家也都为60%~80%,拉美的委内瑞拉、哥伦比亚等国,亚洲的韩国和泰国等复合肥料的使用也分别到达化肥消耗量的70%~75%(表1-1)。美国复混肥料的中小型厂有近万个,其中5000多个厂生产原装肥料混合肥(BB肥)。日本佐贺县的一个厂就有许多复混肥的配方、品种和规格,其中2/3是属于粉状或颗粒状的掺混型肥料(周秀如等,1991;奚振邦,1995)。美国混合肥料的应用可追溯到100多年前,在20世纪80年代就已形成庞大的工业体系,生产了约150多个混合肥料品种,占肥料总销量的76%,虽然混合肥料供应养分总量有所增加,但是由混合肥料所供应的氮和钾都趋于下降,1960年混合肥料所供应的氮、磷、钾分别为总量的37%、79%和87%,而1982年分别为21%、88%和46%,美国氮肥和钾肥的复合化率下降是因为氮肥和钾肥作为追肥的比例增加,也就是氮、钾后移。说明欧美等发达国家的化肥已经走向了复合化和特殊配比的复合化的道路。

表 1-1 世界部分国家化肥复合化率的比较

	美国	英国	日本	法国	德国	泰国	委内瑞拉	哥伦比亚	尼日利亚	中国
复合化率 (%)	75~80	75~80	60~80	60~80	60~80	>70	>70	>70	>70	32

2. 世界上两种复合肥产业模式 世界上发达国家化肥产业已经走向技术成熟阶段,但随着发展衍生出了两种产业模式,一种是欧式的化学法复合肥模式。近些年来在西班牙、英国、意大利、法国、德国等西欧发达国家,虽然化肥消费总量呈下降趋势,但其单位面积施肥量(N+P₂O₅+K₂O)仍然较大,为144kg/hm²,仅次于中国的246kg/hm²,而且化肥养分的复合化程度仍在不断提高。据上述5国2000年统计,在消费的化肥中,氮、磷、钾肥的平均复合化率分别为21.04%、87.49%和67.38%。其中氮肥的复合化程度低于磷、钾肥。这是因为有些作物,特别是大田作物,磷、钾的大部分是以复合肥的形态作底肥施用,而氮肥只有一部分以复合肥形态作底肥,其他部分则以单质肥的形态作追肥,以便对复合肥的养分供应作进一步调控。这表明,为了满足作物不同生育期的养分需要,复合肥要与单质化肥配合施用,实行“施肥套餐”。因此,虽然化肥的复合化程度需要不断提高,但并非越高越好。在一个相当长的历史时期内,肥料的养分复合化程度没有必要,也不可能达到100%。

另一种模式是以美国为典型的物理法掺混模式,北美地区掺混肥在复混肥产业中的比例越来越大。掺混肥,即BB肥(Bulk Blend Fertilizer),主要是指散装高浓度干粒掺混肥。它具有成本低、养分浓度高(总养分可达57%~59%),其养分配比可依据土壤、作物特点灵活调控,能使施肥水平进一步提高,因而在发达国家得到迅速发展。美国散装化肥和液体化肥在逐年增加。20世纪90年代末,固体、袋装化肥销售量降至总量的10%,散装肥和液体肥则分别上升到50%和40%。BB肥中10%~15%为袋装,以适应潮湿多雨地区和园艺、花卉、草坪及出口的需要。由于机械化施肥技术和灌溉施肥技术的发展,液体复合肥在液体肥料和复合肥料中占有相当大的比例,分别是液体肥料和复合肥的37.8%和16.2%。目前美国已有约5000家BB肥厂,占二次加工肥料厂的90%,平均每家年加工肥料量约300~5000t(Samuel L, 1985)。

3. 世界复合肥产业组织模式 在化肥复合化程度不断提高和复合肥比例逐渐扩大的同时,目前发达国家的复合肥工业几乎都建立了以科学技术为主导,以农化服务推动化肥产业的复合肥产业发展模式。

据有关调研资料,BASF、美国嘉吉、加钾、IMC、澳大利亚CSBP、挪威海德鲁等国外主要大型肥料企业都在研发、农化服务等方面不仅具备企业自身的特点,而且这些大型企业在复合肥产业方面拥有以下几个方面的共同特点,并形成了他们的优势和风格:①重视研发工作,设立独立的研发机构以及

农业研究基地；②以科学技术为主导，融肥料生产、肥料营销和对农民售后服务为一体的完善的农化服务体系；③注重品牌形象的建设，不断通过研发与农化服务提升品牌影响力。

国外肥料企业提供农化服务的基本模式如图 1-1，从图中可以看出，整个化肥企业是以总经理负责，以生产、销售和市场开发为一体的一个完备体系。其中，肥料生产企业的市场开发部门通过肥料肥效试验、现场交流和示范推广进行肥料的推广和宣传工作，其后通过专家系统指导农场主科学施肥。土壤测试提供的土壤有效养分量是推荐施肥必需的，而肥料企业的中心实验室负责土壤测试和肥料质量的监控。市场开发部通过肥料试验和专家系统得到目前市场上所需肥料的种类和数量信息进行产品配方，结合新品开发室的研究结果进行配方和生产工艺的集成交给总工程师，进入生产流程制成目前市场上所需要的复合肥料。生产部门生产出来的肥料交到销售部门结合市场开发进行推广示范，这样肥料的配方得到不断的循环改进，使整个企业更加适合于各地生产需要，在占领市场的同时不断扩大市场份额。

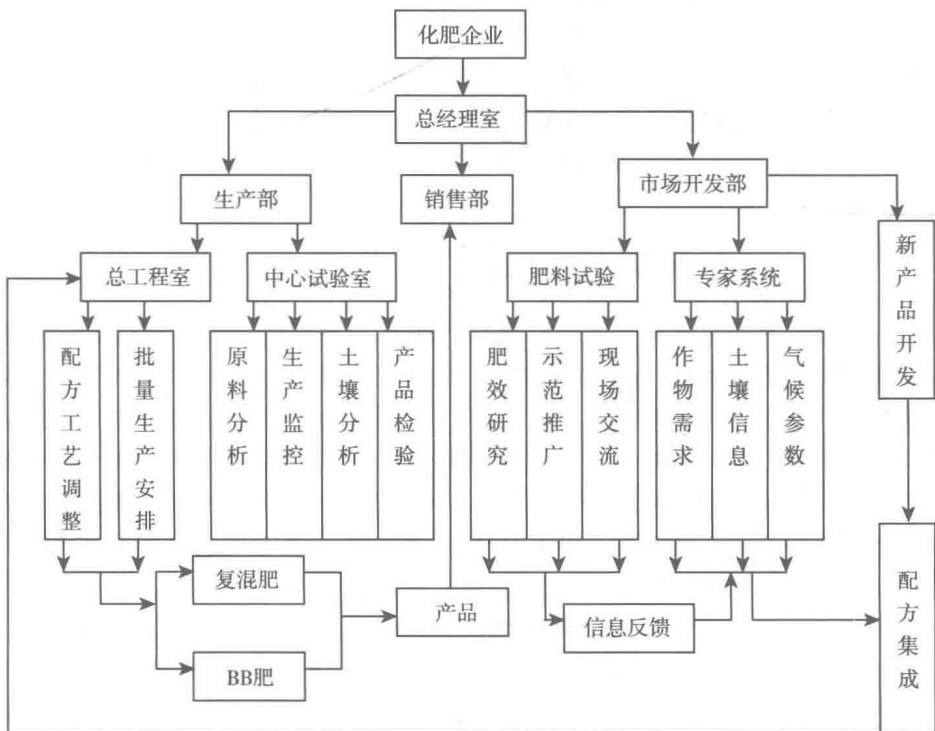


图 1-1 国外肥料企业农化服务的模式

澳大利亚 CSBP 公司以复合肥的生产和供应为主要业务（也有尿素、氯化钾和硫酸钾等），已开发或进口经营共七大类系列产品，分别适合于不同地区

和不同作物。其系列肥料产品的开发源于大量田间试验研究的结果，为开发适合于当地的肥料品种和养分配方，CSBP 肥料公司一个世纪以来在结合田间试验研究结果的基础上，通过肥料生产与进口适合于西澳农业生产需要的化肥，在西澳的农业生产中一直扮演重要角色。在 1967—1970 年，CSBP 启动了全国的土壤肥力研究计划，在全西澳进行了一系列田间试验并持续 10 年时间将结果用于改进和校验土壤测试服务。这些有效的服务使公司稳定占领了西澳的肥料市场。

海德鲁公司为了扩大肥料市场，公司化肥部与总部脱离并于 2004 年 3 月 25 日正式注册组建成新的化肥公司——Yara。Yara 设在德国的海德鲁农业研究中心，制订了详细的农民技术决策指导服务计划并设有网站。借助于这个服务计划，农民可以确定最佳施肥量和高效地利用肥料。

目前几乎所有发达国家都建立了以科学技术为主导，融肥料生产、肥料营销和对农民售后服务为一体的农化服务系统，该系统对复合肥，特别是 BB 肥的发展起到了重要作用。例如，美国 IMC 农业商务公司有自己的肥料二次加工厂、营销网络和农户科学施肥服务系统，BB 肥生产厂家从化肥生产企业获得粒度均匀、不易结块的化肥作为制造 BB 肥的原料，根据农户土壤测试结果和专家意见，提出 BB 肥配方，在方圆 24~40km 范围内，直接为农户提供商品肥料，甚至施肥机具。在农化服务系统中，肥料的生产、营销和施用之间形成了相互依存、相互促进的良性互动机制，而我国尚无一家企业形成完备的体系（王寿延，1999）。

（二）我国复合肥发展的历史与现状

我国复合肥产业发展主要经历了两个时期，1998 年以前为计划经济阶段，1998 年以后为市场经济全面发展阶段。20 世纪 50 年代初，在世界高浓度化肥和复合肥料起步之时，上海化工研究院进行了湿法磷酸、热法磷酸、磷酸一铵（MAP）、磷酸二铵（DAP）、硝酸磷肥以及重过磷酸钙等产品的研制和中间试验工作，先后取得了成果，并于 20 世纪 60 年代建设了硝酸磷肥、湿法磷酸和磷酸二铵生产装置。1966 年，中国石化南京化学工业有限公司建成了中国第一个年产 3 万 t DAP 的工业化生产装置，从而揭开了中国磷酸二铵生产的历史。80 年代以后一方面通过自身优势和引进技术建设大、中型磷酸二铵装置。如铜陵化工、大化集团、中国—阿拉伯化肥、贵溪化肥、红河磷肥等 11 个磷酸二铵装置。另一方面，自主研发建设中、小型磷肥厂，如利用稀磷酸二铵料浆浓缩工艺建设的 73 套年产 3 万 t 和 2 套年产 6 万 t 的磷酸铵装置。1979 年起，上海化工研究院采用团粒工艺，先后开发出尿素—过磷酸钙系、尿素—磷酸二铵系、氯化铵—过磷酸钙系、氯化铵—磷酸二铵系、硝酸铵—过磷酸钙系

等多种复合肥料的生产技术。90年代以后，由于受到进口复合肥料的冲击，加之国家农资政策的调整，国有大型磷复肥企业纷纷调整思路，大规模生产高浓度复合肥料。

在这一阶段化肥流通体制虽然经历了计划管理阶段、“双轨制”阶段、“专营制”阶段和“放松管制”阶段，但总体上仍对化肥产品实行统购统销，复合肥的生产、销售、推广由工业、商业、农业部门分别负责，尚未形成完整的产业链条。在1999年以前国内复合肥品种绝大部分都是以15-15-15通用型为主。这有两方面的原因，一方面当时高浓度复合肥的主要生产工艺是氨化造粒，15-15-15生产技术成熟、产品质量可靠、各种工艺参数都已获得，生产方便。另一方面，由于20世纪90年代化肥实行计划经济，肥料的研究、生产、推广相互脱节，很多从事化肥生产的企业对土壤特点、作物特性、施肥原理并不清楚，所有产品由国家统购统销，化肥企业对复合肥配方优化没有积极性，复合肥企业还没有制定配方和复合肥推广应用的概念。另外，15-15-15由于覆盖面广，使用方法简便等优势已经在农民心目中占有极高的地位，自然受到化肥生产企业的青睐。

1998年，国家颁布了《关于深化化肥流通体制改革的通知》，文件指出，化肥生产和流通主要矛盾和问题是“现行的管理模式不能适应市场供求形势的变化，生产和经营企业亏损严重；经营环节较多，费用较高；价格形成机制不灵活，难以发挥调节市场的作用；进口代理机制不完善；市场秩序不规范”，进一步深化化肥流通体制改革，建立适应社会主义市场经济要求、在国家宏观调控下主要由市场配置资源的化肥流通体制。在这之后，化肥市场逐渐放开，肥料流通和生产企业如雨后春笋般的涌现，以中国—阿拉伯化肥有限公司为代表在1999年率先生产各种类型的专用复合肥，其他如山东鲁西化工、云南红河磷肥厂、山东红日集团、四川什邡荃峰实业总公司、湖北洋丰集团等也都开始转向高浓度复合肥料的生产。1999年初全国取得复合肥料生产许可证的企业计2240家，年总生产能力3000万t。

随着市场经济的发展，国家对化肥产品经营实行相对宽松的管理政策，企业自负盈亏。复合肥企业面临前所未有的压力和挑战，经营主体和经营模式呈现多元化趋势，在化肥流通领域参与市场竞争的主要实体有：中农公司，该公司正在大力整合和发展农资连锁经营网络；中化公司，正在实行产销一体化经营的发展战略，并与各地各级供销社农资公司、农业系统“三站”、生产企业组建自己的化肥销售公司，如泸天化有限责任公司和四川天华股份有限公司共同出资成立的九禾公司等。另外，还有大量个体经营者通过挂靠、租赁、承包、代销等形式进入化肥经营领域，直面农民消费者（中国市场学会，中国商业联合会课题组，2006）。同时复合肥企业也开始从事复合肥配方的开发与研

制工作,中国—阿拉伯化肥有限公司在中国农业科学院研究基础上,于1999年在国内复合肥行业率先自主开发出16-16-8等区域和各种作物专用复合肥,从此彻底改变了15-15-15通用型复合肥作为主流产品的复合肥产品格局。截至目前,国内复合肥市场上各类专用型复合肥几乎覆盖中国主要土壤类型和作物。

当前我国化肥发展仍以高浓度、复合化、专用型为主导方向。高浓度可以节省储藏、运输和施用过程的费用;复合化是为了弥补长期以来使用单质肥料造成的养分不平衡问题,也是为了适应劳动力减少、农业生产简化的需求,使肥料中含有氮、磷、钾多种养分,除了可以节省储运和施用过程的费用外,复合肥的养分形态及配伍合理,一次性施肥即可供给作物所需的全部或大部分养分,作物生长过程中,复合肥所富含的氮、磷、钾及微量元素等养分配合可产生协同效应,促进作物对养分的吸收利用,提高肥效利用率10%以上(林葆,2004;方天翰等,2003),但由于不同作物的营养特点和使用地区的土壤养分状况之间的差异,在复合肥的基础上配制出来专门适用于不同作物或者区域的肥料,这种肥料具有较强的针对性,是体现现代化农业发展的一种产品。而在发展大量元素复合肥料的过程中,部分中、微量元素的不平衡问题出现,有报道表明(陈嘉桢译《磷肥手册》,1999;江善襄主编《磷酸、磷肥和复合肥料》,1999),复合肥料中配加钙、镁、硫和微量元素等,除了补充营养元素以外,还可作为土壤调节剂,以维持适宜的土壤pH,使营养元素能被植物有效利用并增强作物的抗病、虫害能力。刘文等(2003)报道,在甜菜施肥中增加镁盐,可显著提高甜菜中的糖分含量,达7%以上。魏孝荣等(2005)研究表明,种植玉米施入含有锌、锰的复合肥可显著提高玉米的净光合速率。王彩萍等(2005)也报道,增施锌肥能够显著提高玉米的产量。因此,在专用型复合肥料的发展中根据作物需求添加中微量元素是进一步完善复合肥料的必由之路。

马骥等(2006)统计,自1980年至今,我国复合肥的施用量增加了近40倍,复合化率增长了23个百分点,而2003—2005年三年间国内复合肥表观消费量即增长300万t,增长率达30%以上。在众多类型的肥料的选择中,复合肥正日益受到农民用户的青睐,复合化已成为化肥发展的必然趋势。

(三) 中国复合肥产业问题

复合肥料的发展是伴随着现代农业集约化程度的提高而进行的,随着作物产量的增加和缺素种类的增加,单质肥料的使用品种和数量也随之增加。如果继续沿用一季作物多次施用不同单质肥料,不但增加劳动力成本,而且各地市场供应也很难满足农业需要,多种元素配合在一起的复合肥的出现,解决了这