

作物专用复混肥料农艺配方系列丛书

智能配肥

ZHI NENG PEI FEI SHENG CHAN SHE BEI YU JI SHU

生产设备与技术

张 竹 赵秉强 编著

中国农业科学技术出版社

作物专用复混肥料农艺配方系列丛书

智能配肥

ZHI NENG PEI FEI SHENG CHAN SHE BEI YU JI SHU

生产设备与技术

张 竹 赵秉强 编著

中国农业科学技术出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

智能配肥生产设备与技术 / 张竹, 赵秉强编著. —北京: 中国农业科学技术出版社, 2015. 8

(作物专用复混肥料农艺配方系列丛书)

ISBN 978 - 7 - 5116 - 1989 - 1

I. ①智… II. ①张…②赵… III. ①化学肥料 - 化工生产 - 化工设备②化学肥料 - 化工生产 - 生产技术 IV. ①TQ44

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 013509 号

责任编辑 贺可香

责任校对 贾晓红

出版者 中国农业科学技术出版社

北京市中关村南大街 12 号 邮编: 100081

电 话 (010) 82106638 (编辑室) (010) 82106624 (发行部)

(010) 82109703 (读者服务部)

传 真 (010) 82106650

网 址 <http://www.castp.cn>

经销者 各地新华书店

印刷者 北京富泰印刷有限责任公司

开 本 710 mm × 1 000 mm 1/16

印 张 15.75

字 数 300 千字

版 次 2015 年 8 月第 1 版 2015 年 8 月第 1 次印刷

定 价 28.00 元

编 著 者

主 编 张 竹 赵秉强

编著者 (按姓氏笔画排序)

王子华 方 昱 田 雪

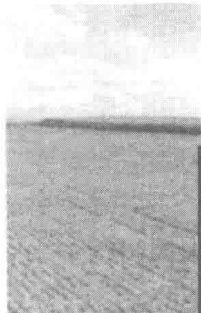
刘 明 李 荣 李燕婷

沈 兵 张 竹 张英强

张建君 林治安 徐国瑞

翁庆元 曹 妍 商照聪

潘翠红



内容简介

《智能配肥生产设备与技术》由“十一五”、“十二五”国家支撑计划复混肥机械设备项目主持单位秦皇岛三农现代化机械设备有限公司组织专家编写。全书共分十二章，阐述了智能配肥的原理及设备，生产相关设备具体结构及技术性能、对原料的要求，粉碎设备和物料筛分的原理及配肥生产中使用的筛分设备，物料粒度的测定方法，物料粉碎的原理及配肥生产中使用，常用输送设备（皮带输送机、螺旋输送机、刮板输送机、斗式提升机、垂直升降机）的原理及技术性能，料仓结构、防拱措施、所用料位计及表面处理方法，称重装置、控制仪表、传感器及喂料机构，包装、码垛设备、自动控制方式，配肥厂的计算机管理系统和互联网在配肥企业中的应用，粉尘、湿度对配肥生产的危害及配肥生产中所用的除尘、除湿、放爆设备，配方（BB）肥和配方（水溶）肥生产专用设备等内容。

本书可供配方肥生产企业及从事测土配方施肥相关部门的人员参考。

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 4 000 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 6 000 余万吨（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、乱、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与工艺（2006BAD10B03）”“高效系列专用复（混）合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定的规范化、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）系列肥料是按照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。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、配方肥制定依据等方面入手，制定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。为满足国家测土配方施肥技术的要求，课题承担单位研发了国内首台智能配肥设备，《智能配肥生产设备与技术》一书阐述了智能配肥的原理及设备，生产相关设备具体结构及技术性能、对原料的要求，计算机管理系统和互联网在配肥企业中的应用等内容。

本套丛书的成果，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。

本套丛书的研究成果，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，丛书中难免有错漏之处，敬请各位读者批评指正。

赵秉强

2014 年 10 月

目 录

第一章 配方肥及其生产技术	(1)
第一节 概述	(1)
一、配方肥的由来	(1)
二、配方肥给农业生产带来的变化	(1)
第二节 智能配肥生产对原料的要求	(2)
一、粒状配方肥——掺混肥对原料的要求	(2)
二、粉状配方肥——水溶肥对原料的要求	(7)
第三节 配方肥的配制与生产	(8)
一、配方肥的基本生产原理	(8)
二、配方肥生产的选料技术	(11)
第四节 配方肥生产的工艺	(16)
一、颗粒配方肥——掺混肥	(16)
二、粉状配方肥——水溶肥	(18)
第二章 物料的粉碎与筛分	(21)
第一节 物料的粒度及测定	(21)
一、目数	(21)
二、粉碎度测定	(22)
三、粗细度测定	(22)
第二节 粉碎	(23)
一、粉碎的目的及方法	(23)
二、粉碎工艺	(24)
三、粉碎机的分类	(25)
第三节 筛分	(34)
一、筛分的目的及方法	(34)
二、筛分工艺	(34)

三、筛分机的分类	(36)
第三章 输送提升设备	(39)
第一节 皮带输送机	(39)
一、原理	(39)
二、分类及适用范围	(39)
第二节 螺旋输送机	(42)
一、原理	(42)
二、分类及适用范围	(42)
第三节 刮板输送机	(43)
一、原理	(43)
二、分类及适用范围	(44)
第四节 斗式提升机	(44)
一、原理	(44)
二、分类及适用范围	(44)
第五节 垂直升降机	(46)
一、原理	(46)
二、分类及适用范围	(46)
第四章 料仓	(47)
第一节 物料流动与料仓	(47)
一、物料流动形式	(47)
二、料仓的种类和结构	(48)
第二节 防拱破拱措施	(52)
一、静态拱的形成	(52)
二、防拱破拱措施	(52)
第三节 料仓中的料位器	(56)
一、用途	(56)
二、分类	(57)
第四节 表面处理	(58)
一、碳钢	(58)
二、不锈钢	(60)
三、特殊处理	(61)

第五章 自动称重装置	(63)
第一节 称重装置分类	(63)
一、定量包装秤	(63)
二、配料秤	(68)
第二节 控制仪表	(72)
一、控制仪表的工作原理	(73)
二、控制仪表的主要功能	(73)
三、称重仪表的保养与维护	(74)
第三节 称重传感器	(76)
一、传感器的分类	(76)
二、称重传感器的主要技术参数	(79)
三、称重传感器的数量与几何排列	(80)
四、传感器量程的选择	(81)
五、传感器的组合方式	(81)
第四节 喂料机构	(83)
一、重力式喂料	(83)
二、螺旋喂料	(84)
三、皮带喂料	(86)
四、振动喂料	(87)
第六章 混合机	(89)
第一节 卧式双螺带混合机	(89)
一、原理	(89)
二、结构	(90)
三、技术参数	(90)
第二节 双轴桨叶混合机	(91)
一、原理	(91)
二、结构	(91)
三、技术参数	(92)
第三节 立式混合机	(93)
一、原理	(93)
二、结构	(93)
三、技术参数	(94)
第四节 滚筒混合机	(95)

一、原理	(95)
二、结构	(95)
三、技术参数	(96)
第五节 圆锥混合机	(96)
一、原理	(96)
二、结构	(96)
三、技术参数	(97)
第六节 混合质量的评定	(98)
一、影响混合质量的因素	(98)
二、混合质量的测定方法	(101)
第七章 包装与码垛	(103)
第一节 包装装置	(103)
一、概述	(103)
二、定量包装秤的技术性能及要求	(103)
三、定量包装秤的一般故障、处理方法及维护	(105)
四、预制袋包装	(106)
五、自制袋包装	(109)
第二节 装箱(袋)装置	(110)
一、工作原理	(110)
二、产品特点	(111)
三、工作流程	(111)
四、技术参数	(111)
第三节 机器人码垛成套设备	(112)
一、工作原理	(112)
二、技术参数	(113)
三、使用须知	(113)
第八章 智能控制技术在配方肥生产及管理中的应用	(115)
第一节 配方肥生产中的自动控制	(115)
一、生产工艺对控制系统的要求	(115)
二、自动控制方式	(116)
第二节 厂区计算机管理	(118)
一、构成及性能	(118)
二、选型	(121)

三、配方肥厂厂区集散控制	(122)
第三节 互联网在智能配肥企业的应用	(125)
第九章 除尘、除湿与防爆	(127)
第一节 除尘	(127)
一、粉尘	(127)
二、粉尘对生产的影响	(127)
三、除尘目的	(128)
四、除尘的措施	(129)
第二节 除湿	(132)
一、湿度对生产的影响	(132)
二、除湿的目的	(132)
三、除湿的措施	(133)
第三节 防爆	(136)
一、配方肥生产中常见的爆炸源	(136)
二、防爆措施	(136)
第十章 对辊挤压造粒	(140)
第一节 工作原理	(140)
第二节 分类	(141)
一、ZLB 型对辊挤压	(141)
二、ZLT 型挤压	(142)
第三节 影响造粒质量的因素	(143)
一、原料特性	(143)
二、原料粒度	(143)
三、温度	(144)
第十一章 智能配方 (BB) 肥生产专用设备	(145)
第一节 智能技术在配方 (BB) 肥生产中的应用	(146)
一、测土配方施肥专家咨询推荐系统	(146)
二、生产过程控制系统	(153)
三、机器人码垛系统	(155)
第二节 智能配方 (BB) 肥设备分类	(155)
一、移动式	(155)
二、静态皮带式	(160)

三、动态皮带式	(163)
四、动态失重式	(165)
第十二章 配方(水溶)肥智能化生产的专用设备	(169)
第一节 行业背景	(169)
第二节 智能技术在水溶肥生产中的应用	(170)
一、测土配方施肥专家咨询推荐系统	(170)
二、生产过程自动控制系统	(170)
第三节 设备分类	(174)
一、预制袋	(174)
二、自制袋	(176)
附录一 《GB 21633—2008 掺混肥料(BB肥)》	(178)
附录二 《HG/T 4365—2012 水溶性肥料》	(191)
附录三 《NY 1107—2010 大量元素水溶肥料》	(215)
附录四 《测土配方施肥——配肥服务点技术规范》	(223)
附录五 农业机械推广鉴定证书	(230)
附录六 三部委文件	(233)
参考文献	(237)

第一章 配方肥及其生产技术

第一节 概 述

一、配方肥的由来

我国配方肥的生产起步于 20 世纪 80 年代末, 80 年代初加拿大政府赠给我国一套配方肥装置, 由原商业部建厂安装于广州黄埔港, 1988 年投产, 由我国农资公司与广东省农资公司联营, 以进口尿素、磷酸二铵、颗粒状氯化钾为原料, 生产单一标准配方肥, 并提供水稻、柑橘、荔枝、香蕉、甘蔗等作物施用的特定配方, 生产的产品在广东省颇受欢迎。

1988—2004 年, 我国配方肥发展缓慢, 市场消费所占的比例也较低。2004 年统计结果显示, 我国配方肥生产企业近 100 家, 但规模不大, 年总产量仅为 50 多万吨, 配方肥产量在全国化肥总量中所占的比例不足 3%, 与农业发达国家相比有很大的差距。主要原因是: ①配方肥的生产需要原料化肥的颗粒大小基本一致, 否则掺混后稍有震动, 配方肥容易分层, 在装卸、运输和施用过程中产生离析现象, 导致配方肥养分分布不均, 对施用效果产生影响; ②许多农民及化肥生产经营者对配方肥还有认识上的误解, 认为化学法生产的复合肥肥效优于物理法生产的配方 (BB) 肥, 但农业试验已经表明, 等养分、等形态下用不同方法生产的复混肥, 在施肥方法相同时肥效相同。

为解决测土配方施肥技术到位率低的问题, 项目实施过程中, 一些地区借鉴发达国家的经验, 开发智能配肥设备, 建立配肥站, 将施肥配方转化成配方肥提供给农民, 大大提高了测土配方施肥技术成果的到位率和应用率。

二、配方肥给农业生产带来的变化

(一) 农作物产量提高

配方肥提高农作物产量有三种形式: 一是调肥增产: 在合理施用有机肥料的前提下, 不增加化肥投入量, 只调整氮、磷、钾等养分配比平衡供应,

使农作物单产在原有基础上,最大限度地发挥其增产潜能,起到增产、增收作用。二是减肥增产:在高肥高产地区,通过农田土壤有效养分的测试,掌握土壤供肥状况,减少化肥投入量,科学调控农作物营养均衡供应,达到增产或平产的效果,节约生产成本。三是增肥增产:有针对性地增加土壤稀缺的肥料种类;在低肥瘠土区通过增加肥料用量来提高作物产量,增加收入。

(二) 农作物抗逆性提高

测土配方施肥不仅直接表现在作物增产效应上,还体现在培肥土壤、提高土壤肥力,改善土壤的理化性质,使土壤生态得以保护。生产实践表明,农作物的许多病害是由于偏施肥料而引起的,尤其是偏施氮肥。采用测土配方施肥可以调控土壤和作物的营养,起到防治农作物病害的作用。另外,在缺硼土壤上配合施用硼肥后,对防治棉花“蕾而不花”、油菜“花而不实”、小麦“亮穗”等生理病症均有明显效用。此外,还能提高农作物的耐旱、耐寒、抗冻性能,特别是磷、钾肥对提高农作物的抗逆性作用最大。

(三) 农作物品质提高

过去我国农田大多偏施氮肥,呈现“氮多、磷少、钾缺”的状况,致使土壤养分失调,因为农作物产量受“最小养分律”的制约,导致肥多却不增产,还使农产品质量降低,导致“瓜不甜、果不香、菜无味”。采用测土配方施肥可以调整化肥施用比例,消除土壤中的养分障碍因子,协调养分,提高产品的品质。

(四) 节约资源和保护环境

化肥是资源型产品,化肥生产必须消耗大量的天然气、煤、石油、电力和有限的矿物资源。节省化肥施用就是节约资源。此外,还能降低农村的面源污染,减少水体的富营养化和减少农产品硝酸盐含量超标的问题。

第二节 智能配肥生产对原料的要求

智能配肥生产的产品主要分为三种类型:掺混肥、水溶肥、自配肥。其中掺混肥执行标准《GB 21633—2008 掺混肥料(配方(BB)肥)》;水溶肥执行标准《NY 1107—2010 大量元素水溶肥料》《HG/T 4365—2012 水溶性肥料》;自配肥是用户根据不同土壤自己配肥,暂无相关标准;故本节着重介绍掺混肥和水溶肥对原料的要求。

一、粒状配方肥——掺混肥对原料的要求

影响掺混肥不同原料相容匹配与否的因素有来自物理方面和来自化学方

面的。

(一) 物理相容性

影响物理相容性的因素有原料的粒径、外形和相对密度，其中，粒径最为重要，可以通过测定 SGN 值和 UI 值来加以控制。

SGN 是 SIZE GUIDE NUMBER 的英文缩写，即平均主导粒径，是指根据质量分数 50% 以上所在两筛间的物料的平均粒径，反映的是主导粒径的大小，不同原料的 SGN 值一般为 280 ~ 340 比较合适，越接近越适合匹配。

UI 是 UNIFORMITY INDEX 的英文缩写，即均匀度指数，反映的是粒径的均匀度，数值越大，均匀性越好，至少超过 40 才可以接受，不同物料掺混时，UI 值差别最好不要超过 15%。

选择原料时，SGN 值和 UI 值要全面考虑，力求所有原料在两方面均更加接近，必要时采用筛分预处理进行选择。

1. SGN 值计算方法

称取一定质量的某种原料样品进行筛分后分别称量，计算出筛上物的质量占样品总量的比例和相邻两筛子间筛网孔径的差值，根据 50% 以上的筛上物所在两筛的孔径及其筛上物比例进行计算。

SGN 值 X_{BI} 以粒径的 100 倍表示，按式 (1-1) 计算

$$X_{BI} = d \times 100 \times \frac{\omega_s - 50}{\omega_s - \omega_l} + d_s \times 100 \quad (1-1)$$

式中：

d ——两相邻筛间孔径差，单位为毫米 (mm)；

ω_s ——两相邻筛中小孔径筛以上 (含该小孔径筛) 各筛上物质量和占总量的质量分数，%；

ω_l ——两相邻筛中大孔径筛以上 (含该小孔径筛) 各筛上物质量和占总量的质量分数，%；

d_0 ——两相邻筛中小孔径筛直径，单位为毫米 (mm)。

表 1-1 举例说明 SGN 值的计算方法：

SGN 值计算：

若 50% 以上在 +4 和 +5 之间，那么， $X_{BI} = 75 (+5 - 50) / (+5 - +4) + 400$

若 50% 以上在 +5 和 +6 之间，那么， $X_{BI} = 65 (+6 - 50) / (+6 - +5) + 335$

若 50% 以上在 +6 和 +7 之间，那么， $X_{BI} = 55 (+7 - 50) / (+7 - +6) + 280$

若 50% 以上在 +7 和 +8 之间，那么， $X_{BI} = 44 (+8 - 50) / (+8 - +7) +$

236

若 50% 以上在 +8 和 +9 之间, 那么, $X_{B1} = 36 (+9 - 50) / (+9 - +8) +$

200

若 50% 以上在 +9 和 +10 之间, 那么, $X_{B1} = 30 (+10 - 50) / (+10 - +9) +$

170

若 50% 以上在 +10 和 +12 之间, 那么, $X_{B1} = 30 (+12 - 50) / (+12 - +10) + 140$

若 50% 以上在 +12 和 +14 之间, 那么, $X_{B1} = 22 (+14 - 50) / (+14 - +12) + 118$

若 50% 以上在 +14 和 +16 之间, 那么, $X_{B1} = 18 (+16 - 50) / (+16 - +14) + 100$

表 1-1 掺混肥料某原料筛分结果

泰勒筛系数	+4	+5	+6	+7	+8	+9
标准筛系, d_0/mm	4.75	4.00	3.35	2.80	2.36	2.00
筛上物比例 (质量分数), $\omega/\%$	0	3.5	25.3	71.0	94.2	98.4
泰勒筛系数	+10	+12	+14	+16	+16	
标准筛系, d_0/mm	1.70	1.40	1.18	1.00	筛底	
筛上物比例 (质量分数), $\omega/\%$	99.7	99.91	99.95	99.96	0.04	

表 1-1 实例中, 质量分数超过 50% 以上原料的粒径在目数为 +6 和 +7 的筛子之间, 其 SGN 值为:

$$X_{R1} = \frac{0.55 \times 100 \times (71.0 - 50)}{71.0 - 25.3} + 2.80 \times 100 = 305.3$$

即产品的主导平均粒径 3.05mm。

2. UI 值计算方法

称取一定质量的某种原料样品进行筛分后分别称量, 计算出筛上物的质量占样品总量的比例和相邻两筛子间筛网孔径的差值, 根据 95% 和 10% 以上的筛上物平均粒径之比进行计算。

UI 值 X_{B2} 以粒径之比的百分数表示, 按式 (1-2) 计算:

$$X_{B1} = (S/L) \times 100 \quad (1-2)$$

式中:

S——小颗粒粒径, 是指 95% 以上的颗粒所在筛间的平均粒径, mm;

L——大颗粒粒径, 是指 10% 以上的颗粒所在筛间的平均粒径, mm。