

# 国内外施肥机械的发展概况及需求分析

白由路

(中国农业科学院农业资源与农业区划研究所, 北京 100081)

**摘要:** 肥料是农业生产的基础物资, 施肥机械是合理施用肥料的基本手段。本文分析了国外固体肥料施用机械的原理与发展情况, 包括离心圆盘式撒肥机、桨叶式撒肥机、锤片式撒肥机、液体肥料施肥机械、变量施肥机械、灌溉施肥机械的发展应用情况, 指出了大型化、智能化是目前国际施肥机械的发展方向。本文还分析了我国施肥机械的发展情况, 我国除撒肥机外, 很少有专用的施肥机械, 播种施肥机在我国发展很快, 主要有两大类, 一类是圆盘式小麦播种施肥机, 另一类是玉米播种施肥机。近年来灌溉施肥机械在我国发展很快, 但使用较少。由于我国农业高度分散和高强度开发, 施肥机械的研制难度大、成果转化率低。根据我国农业的发展趋势, 提高肥料利用率、减少肥料损失的施肥机械是发展的重点, 主要需求有肥料深施机械、追肥机械、变量施肥机械、近根施肥机械和液体肥料施肥机械等。

**关键词:** 施肥机械; 肥料; 变量施肥; 灌溉施肥

**中图分类号:** S224.2

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1673-6257 (2016) 03-0001-04

肥料是保证农业生产的基本物质资料, 全世界每年用于农业的各种化肥投入就有约 1.6 亿 t, 有机肥料更是不计其数。随着世界农业现代化的发展, 施肥的机械化、精准化、智能化成为了肥料施肥技术发展的趋势。2014 年我国用于农业的化学肥料有 5 995.94 万 t<sup>[1]</sup>, 有机肥料总养分量约 7 000 万 t<sup>[2]</sup>, 20 世纪 80 年代之前, 我国肥料的施用大部分是手工施肥, 手工施肥所带来的问题是显而易见的, 首先是手工施肥需要大量的劳动力, 随着我国农村劳动力的转移, 经常没有足够的人力进行施肥, 从而减少施肥次数, 影响肥料效果; 第二, 手工施肥一般都撒施到地表, 造成氮肥大量挥发、磷钾不能被作物吸收而浪费肥料。所以, 手工施肥不仅影响作物对养分的吸收, 影响肥料效果, 而且造成肥料浪费。同时, 手工施肥还影响环境。随着农业现代化程度的提高, 特别是我国农村劳动力的转移, 对施肥机械化的要求越来越高。本文对比国内外施肥机械发展的现状, 分析我国对施肥机械的需求, 旨在为我国施肥机械的发展提供参考。

## 1 国际施肥机械的发展与趋势

### 1.1 国际施肥机械的发展概况

#### 1.1.1 固体肥料施肥机械

1.1.1.1 有机肥施肥机械 有机肥是农业生产不可或缺的肥料, 特别是近年来, 随着人们对环境的重视, 有机肥料作为影响环境的废弃物必须要在土壤中分解。国外有机肥料主要是畜禽养殖过程中产生的畜禽粪便。国外很早就研制了简易的畜拉式堆肥撒布机<sup>[3]</sup>, 近年来, 国际上有机肥料的施用机械主要向着大型化和自动化方向发展。主要有以下几种:

##### (1) 离心圆盘式撒肥机

离心圆盘式撒肥机的主要工作原理是肥料经重力从肥料箱下落到高速旋转撒肥盘上, 利用撒肥盘所产生的离心力, 将肥料抛撒到田间。可设计为单盘或双盘, 工作效率高。该机型的缺点为沿横向与纵向分布不均匀。该机型的典型代表为法国格力格尔-贝松公司生产的 DPX Prima 撒肥机。该机的肥料箱体积最大为 2 100 L, 撒肥量为 3 ~ 1 000 kg/hm<sup>2</sup>, 可调<sup>[4]</sup>。

##### (2) 桨叶式撒肥机

该类型撒肥机的工作原理是车箱中的肥料通过输送机构, 输送到抛撒部位, 抛撒部位是一个高速旋转的桨片, 肥料输送到高速旋转的桨片时, 桨片

收稿日期: 2016-02-24; 最后修订日期: 2016-03-16

基金项目: 国家科技支撑计划项目 (2015BAD23B02)。

作者简介: 白由路 (1961-), 男, 河南温县人, 博士, 研究员。长期从事植物营养与施肥技术研究。E-mail: baiyoulu@caas.cn。

将肥料旋转撞击,抛撒到田间。该机的缺点与圆盘式撒肥机相同,沿横向与纵向分布不是均匀的。其代表机型为法国库恩公司的 ProPush 2000 系列撒肥机,它是以结构简单为设计宗旨:液压推进的方式取代了刮板链条,减少了运动部件,卸料更快速,使用寿命长。肥箱最大装载 15.3 m<sup>3</sup>,用于拖运和抛撒肉牛场及奶牛场的固态物料,包括堆肥,厩肥,垫床废料和粪肥,ProPush 采用全部由钢材焊接而成的箱体,坚固的聚乙烯底板和侧板,背向式的液压油缸和可拆卸的抛撒器<sup>[5]</sup>。

### (3) 锤片式撒肥机

该机是一种侧式抛肥机,其抛撒器采用锤片式,当物料运送至卸料口时,高速运动的锤片将物料撕裂、粉碎,并自下而上将物料抛出,它可以抛撒堆肥、厩肥、泥浆、垫料等。该类型撒肥机典型代表是库恩公司生产的 ProTwin 8150 型侧式抛撒机。它采用双搅龙设计,能将物料均匀而连续地送至出料口。左侧搅龙把物料向前送至锤片式的出料口,右侧略高的搅龙把物料推向后方,同时保持为左侧搅龙送料。当物料进入锤片式出料口时,每个抛撒锤片都快速抽击物料,进行分离、粉碎,从下往上,均匀、定量地抛撒<sup>[6]</sup>。

1.1.1.2 液体肥料施肥机械 这里指的液体肥料施肥机是直接液体肥施入土壤的机械,包括有压液氨和无压的尿素硝酸铵溶液。美国的液体肥料发展较早,特别是液氨。很早美国就研制了液氨施肥机械。其组成主要由液氨罐、排液分配器、液肥开沟器及操纵控制装置组成。液氨通过加液阀注入罐内。排液分配器的作用是将液氨分配并送至各个施肥开沟器。排液分配器内的液氨压力由调节阀控制。施肥开沟器为圆盘-凿铲式,其后部装有直径为 10 mm 左右的输液管,管的下部有两个出液孔。镇压轮用来及时压密施肥后的土壤,以防氨的挥发损失<sup>[7]</sup>。主要代表机型有 John Deere 公司生产的 2510 L 型液体肥料施肥机,该机展宽 20.1 m (66 ft),肥料筒容积 9 085 L (2 400 gallons),注肥深度 50.8 cm (20 in)<sup>[8]</sup>。

1.1.1.3 变量施肥机械 20 世纪 80 年代以后,随着精准农业技术的发展<sup>[9]</sup>,信息技术与传统施肥技术相结合,出现了变量施肥技术及其设备。目前根据变量施肥机的工作原理可分为两类,一类是基于 3S 技术的变量施肥机<sup>[10]</sup>,另一类是基于传感器技术的变量施肥机<sup>[11]</sup>;根据肥料的种类,可分为固

体肥料变量施肥机和液体肥料变量施肥机。

基于 3S 技术的变量施肥机是在地理信息系统 (GIS)、全球卫星定位系统 (GPS) 和遥感技术 (RS) 的支持下,通过预先置入施肥机上的施肥图,在 GPS 的指导下,调节施肥量的大小,对固体肥料,变量机构大部分采用转动式,通过液压马达驱动排肥器,以达到变量施肥的目的,对于液体肥料,一般采用流量倍速管组合的方式达到变量施肥的控制。而基于传感器的变量施肥机则通过安装在施肥机的实时传感器,测定作物需肥量的多少,然后通过控制变量机构,达到变量施肥的目的。

目前,变量施肥机在世界各大公司都有生产,美国的 AGCO 公司<sup>[12]</sup>、John Deere 公司<sup>[8]</sup>、CASE 公司<sup>[13]</sup>、Micro - Trak 公司<sup>[14]</sup>、Mid - Tech 公司<sup>[15]</sup>、Trimble 公司、Agleader 公司<sup>[16]</sup>,加拿大的 Agtron 公司<sup>[17]</sup>,欧洲的 AMAZONE 公司<sup>[18]</sup>、RDS 公司、AMASAT 公司,日本的 Hatsuta 公司等生产与变量施肥有关的整机或控制设备及信息技术设备等<sup>[19]</sup>。

1.1.1.4 灌溉施肥机械 灌溉施肥是将肥料通过灌溉水带入农田的施肥方式。目前国际上以以色列的技术较为先进,其主要原理是通过一定的设备把液体肥料带入灌溉水中,以灌溉水为载体,把肥料带入农田。这些设备主要有压差溶肥罐、文丘里注肥器、电动注肥泵、比例注肥泵等。近年来,在此基础上又进行很多现代化的改进,形成了一系列的自动施肥机等设备,该设备的主要代表型号是以色列 Netafim 公司的系列产品<sup>[20]</sup>。

## 1.2 国际施肥机械的发展趋势分析

### 1.2.1 大型化

从国际上施肥机械的发展情况看,大型的施肥机械一直是施肥机市场的主体。这主要是为了适应大型农场高效率施肥的需求,目前,无论固体肥料施肥机,还是液体肥料施肥机,作业幅宽均要 15 m 以上,动力要均在 150 kW 以上。虽然也有小型施肥机械的发展,但均作为园林机械或家庭庭院作业的工具。

### 1.2.2 智能化

随着信息技术的发展,施肥机械也开始向着自动化、智能化方向发展,在田间作业的移动式施肥机中,大部分采用了精准变量施肥技术,而灌溉施肥的施肥机中,智能化程度越来越高。向着无人值守的方向发展。

## 2 我国施肥机械的发展概况

### 2.1 施肥机械的发展现状

我国施肥机械发展始于 20 世纪 60 年代中期, 随着我国化肥工业的发展, 华北、西北、东北等地相继出现了许多犁播、耙播、施肥联合作业的机具<sup>[21-22]</sup>, 20 世纪 80 年代以后, 随着联产承包的发展, 大型的施肥机械一度近乎消失, 这个时期出现了一些小型的施肥机械, 且大部分是与播种机联合使用。

近年来, 随着农村劳动力的转移和农业机械化水平的提高, 我国施肥机械得到了很大发展, 如上海世尔达推出的 2F 系列施肥机, 结合我国农业生产的实际, 借鉴了圆盘式撒肥机特点, 可适用于颗粒状化肥、结晶状化肥以及颗粒状有机肥的施肥作业。该机设计简单紧凑、操作方便、性能稳定可靠, 其稳定高效的产品性能, 可以在每年有限的作业季里以最高的效率完成肥料的均匀施撒, 为用户节省宝贵的时间及人力成本<sup>[23]</sup>。施肥播种一体机在我国已有很长的历史, 目前, 我国生产的播种施肥机种类繁多, 归纳起来, 大约可分两大类: 一类是圆盘式小麦播种施肥机, 根据不同厂家的生产型号不同, 一般播幅为 12~24 行不等, 该机也可以用于免耕播种; 第二类是玉米播种施肥机, 该机一般为 2 行或 3 行, 施肥方式主要是条施到玉米种子的侧位。近年来, 随着我国节水灌溉技术的发展, 很多公司研制生产了水肥一体化的施肥机械。

### 2.2 我国施肥机械发展的特点

由于我国农业高度分散, 机械化程度低, 国内基本上没有专门的施肥机械生产厂家, 目前市场上的施肥机械也大部分是小型的兼用型机械, 如用于小麦、玉米等作物的播种施肥机等。纵观我国目前施肥机械的发展现状和过程, 有以下几个特点:

#### 2.2.1 研究成果的市场化率低

针对我国施肥机械的研究不少, 但市场化率极低, 如我国从 21 世纪初就有多个部门从事变量施肥机的研制<sup>[24-26]</sup>, 目前也没有市场化生产, 吉林省农科院研制了玉米高构架跨行自走式施肥喷药机, 还没有进入市场。这有两方面的原因, 一是生产企业不愿承担市场风险, 不愿对施肥机械进行推广; 二是研究成果还没有熟化到应用阶段, 企业不愿承担从成果到产品的放大成本。

#### 2.2.2 施肥机械应用难度大

我国农业高度分散, 作物种植密度大, 如小

麦、水稻等作物的追肥, 基本上所有的机械都不能深入田间, 机械施肥就更加困难。近年来, 农业科研部门提出的根际施肥、近根施肥、根区施肥等技术, 由于施肥机械的应用难度很大, 生产企业没有足够的研究队伍, 使得施肥技术也很难提高。

## 3 我国施肥机械的需求分析

在整个肥料的生产、施用过程中, 一直是肥料生产适应施肥机械, 如目前肥料的生产基本上是以颗粒为主, 即使颗粒肥料影响肥效, 也不得不这样做。如钙镁磷、有机肥等, 粉状的效果要优于颗粒, 但是, 由于没有与之相适应的施肥机械, 这些肥料也不得不做成颗粒状。随着我国现代农业的发展, 为了减少肥料对环境的影响, 施肥机械化、自动化是我国农业发展的重要趋势, 主要有以下几方面:

### 3.1 肥料深施机械

对于肥料而言, 基本上都要求深施, 特别是氮肥, 如果施肥在地表, 就会造成大量的氨气挥发, 不仅影响到肥料的利用率, 同时还影响大气环境。对于基肥而言, 一般采用先撒施到地表, 然后再翻耕到土壤中, 这样撒肥机即能满足要求。近年来, 保护性的耕作增多, 土壤不再翻耕, 所以在对土壤扰动较小的情况下, 把肥料施入 15~20 cm 的土层中, 必须要机械的配合。因此, 保护性耕作越多, 这样的施肥机械需求也越多。

### 3.2 追肥机械

我国农业基本上都有追肥的习惯, 尽管目前我国也在发展一次施肥的缓控释肥料, 但比例不到肥料的 5%, 大部分的小麦、玉米、水稻在生产过程中需要追施一至两次肥料。虽然有一些小型的追肥机具, 也是人力驱动, 费工费力, 使用起来受到很大限制。目前我国追肥基本上是靠手工进行的, 且只能撒施到地表, 严重影响肥料的利用率和环境, 所以开发适全我国农村的作物追肥机械十分必要。

### 3.3 变量施肥机械

变量施肥在国外已经受到重视, 我国也进口了很多变量施肥机械, 但是, 由于其中的软件大部分是英文界面, 再则缺乏必要的技术支撑, 我国引进的变量施肥机大部分用于了恒量施肥。随着我国农业适度规模经营的发展, 对变量施肥的要求也会越来越高, 开发和研制国产的变量施肥机械和技术支撑软件, 对我国施肥技术的改进与升级很有必要。

### 3.4 近根施肥机械

植物根系在土壤中是不能自由移动的, 所以, 只有距离植物根系近的养分才能很快被植物吸收。对于施肥而言, 就是要近根施肥, 如果能把肥料施在植物根区, 肥料的利用率会大大提高, 损失率也会大大降低。这就需要特定的施肥机械来完成, 如小麦播种时, 将肥料施于种子下方 10 ~ 15 cm 处, 小麦根系生长后, 则会将肥料包含在根区内, 显著提高肥料利用率, 减少肥料损失。

### 3.5 液体肥料施肥机械

我国目前已在生产尿素、硝酸溶液。同时液氨的其它功能, 如提高土壤 pH 值、消毒、杀虫也正在被人们重新认识, 这类肥料也有可能再度兴起, 所以, 开发用于大田的液体肥料施肥机械也具有广阔的前景。

#### 参考文献:

- [1] <http://data.stats.gov.cn/workspace/index;jsessionid>.
- [2] <http://city.zynews.com/jinriyaowen/zixun/2015/0317/18702.html>.
- [3] 李洁, 吴明亮, 汤远菊, 等. 有机肥施肥机械的研究现状与发展趋势 [J]. 湖南农业大学学报, 2013, 39 (1): 97 - 100.
- [4] <http://fgglge.nongji1688.com/sell/index.php?itemid=5391998>.
- [5] [http://www.nongji360.com/company/shop2/product\\_1938\\_422218.shtml](http://www.nongji360.com/company/shop2/product_1938_422218.shtml).
- [6] [http://www.nongji360.com/qudaotong/shop2/product\\_345183\\_88973.shtml](http://www.nongji360.com/qudaotong/shop2/product_345183_88973.shtml).
- [7] 谢天铤. 浅述液体化肥的施肥机械 [J]. 化工进展, 1990, 6: 16 - 18.
- [8] [https://www.deere.com/en\\_US/products/equipment/nutrient\\_application/nutrient\\_applicators/25101/25101.page](https://www.deere.com/en_US/products/equipment/nutrient_application/nutrient_applicators/25101/25101.page).
- [9] Reetz H F. Site specific nutrient management systems for 1990s [J]. Better Crops with Plant Food, 1994, 78 (4): 14 - 19.
- [10] Hummel J W, Gaultney L D, Sudduth K A. Soil property sensing for site - specific crop management [J]. Computers and Electronics in Agriculture, 1996, 14: 121 - 136.
- [11] Hassan S, Chattha A, Qamar U, et al. Variable rate spreader for real - time spot - application of granular fertilizer in wild blueberry [J]. Computers and Electronics in Agriculture, 2014, 100: 70 - 78.
- [12] <http://www.applylikeapro.com/brands/terraGator>.
- [13] <http://www.caseih.com.cn>.
- [14] <http://www.micro-trak.com>.
- [15] <http://www.midtechserices.com/products.aspx>.
- [16] <http://www.agleader.com>.
- [17] <http://www.agtron.com/en/products/>.
- [18] 宋毅, 殷华, 刘晓婧. 从法国 SIMA - SIMAGENA 展会看欧美农业装备技术创新走势 [J]. 世界农业, 2013, 4: 149 - 154.
- [19] 段洁利, 李君, 卢玉华. 变量施肥机械研究现状与发展对策 [J]. 农机化研究, 2011, 5: 245 - 248.
- [20] <http://www.irrigation.com.cn/maker/netafim/ntj-inlineure-spreader.html>.
- [21] 张波屏. 我国施肥机械的发展概况 [J]. 粮油加工与食品机械, 1989, (5): 1 - 6.
- [22] 张波屏. 我国施肥机械的发展概况 (续) [J]. 粮油加工与食品机械, 1989, (6): 1 - 4.
- [23] <http://www.shanghai-star.com>.
- [24] 伟利国, 张小超, 苑严伟, 等. 2F - 6 - BP1 型变量配肥施肥机的研制与试验 [J]. 农业工程学报, 2012, 28 (7): 14 - 18.
- [25] 陈书法, 赵真, 封成龙, 等. 液压变量施肥控制系统的设计与试验 [J]. 机械设计与制造, 2012, 12: 257 - 259.
- [26] 朗春玲, 王金武, 王金峰, 等. 深施型液体变量施肥控制系统 [J]. 农业机械学报, 2013, 44 (2): 43 - 62.

#### Analysis of the development and the demands of fertilization machinery

BAI You-lu (Institute of Agricultural Resources and Regional Planning, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081)

**Abstract:** Fertilizers play a vital role in agriculture. The fertilization machinery is the basic implement for rational application of fertilizer. It was analyzed the principle and development of application machinery for solid fertilizer (centrifugal disc spreader, blade type spreader, hammer distributor fertilization machines), liquid fertilizer, variable rate application and fertigation. It is pointed out that the large scale, intelligence machines are the developing direction of the international fertilizer machinery. Development of fertilizer applicators in China was also analyzed. The common machines for fertilizers were the spreaders. Seeding and fertilizing machines in China were developing in recent years. Disc type seeding and fertilizing machines for wheat and corn seeding and fertilizing machine were the two main types. In recent years, fertigation was developing very fast in China. Because of high dispersion and high strength development, the utilization of mechanical fertilization is difficult for small scale management, and the technical transformation rate is lower. According to the developing trends of China's agriculture, to improve the fertilizer utilization rate, reduce the loss of the nutrients, the development of fertilization machines will be focus on deep application, top-dressing fertilization, variable rate application, nearing root application and liquid fertilizer and so on.

**Key words:** fertilization machinery; fertilizer; variable rate fertilization; fertigation