

## 条播条灌播种机施水性能研究

尹丽娟 张淑敏 刘玉峰 鄂卓茂  
(中国农业大学机械工程学院) (中国农业大学车辆工程学院)

**摘要** 为解决旱区播种出苗保苗问题,设计研制了可一次性实现开沟、施肥、灌水、播种、覆土等联合作业的条播条灌播种机。就施水量的确定方法、水箱的配置、管道直径的确定等进行了讨论。试验结果证明,该机性能可靠,结构简单,是旱区保苗播种的理想机具。

**关键词** 播种机; 施水量; 水箱

**分类号** S 223.220.2

## The Researches on Watering Performance of Sowing and Watering Drill

Yin Lijuan Zhang Shumin Liu Yufeng E Zhuomao  
(College of Machinery Engineering, CAU) (College of Vehicle Engineering, CAU)

**Abstract** The Sowing and Watering Drill by which the combination working of furrowing, fertilizing, watering, sowing and covering can be completed was invented to ensure the germinating and growing of seed in drought. The way to choose the best quantum of water sprinkling, the disposition of the water tank, the diameter of water pipe is studied and determined. The experiment results indicated that this machine has some advantages such as high working reliability and simple structure.

**Key words** sowing and watering drill; quantum of water sprinkling; water tank

我国是一个缺水型农业大国,干旱严重影响我国的农业生产,是实现农业可持续发展的制约因素之一。1995年李岚清副总理针对我国国情提出利用农村大量保有的拖拉机在抗旱时节进行节水灌溉——采用行走式节水灌溉技术。根据这一指示精神中国农业大学行走式节水灌溉技术研究推广中心研制出了2BSF-6-II型条播条灌播种机,该机可一次性实现开沟、施肥、灌水、播种、覆土等联合作业,从而解决了干旱地区的保苗播种问题。

### 1 施水量的确定

#### 1.1 影响施水量的因素

种子播进土壤后,必须从土壤中吸收足够的水分才能萌发。当土壤墒情不好时,利用条播条灌播种机在播种的同时进行局部灌溉,即坐水播种,可以改善种床状况,满足种子发芽出苗对水分的需求。坐水播种每 $\text{hm}^2$ 施水量是保证种子发芽的基本条件,施水量过少,水渗下去没

收稿日期: 1999-07-30

农业部科研项目

尹丽娟,北京清华东路17号中国农业大学51信箱,100083

能与底墒相接, 易发生“吊干”现象, 使已萌发的幼苗逐渐枯萎; 施水量过大, 则湿润范围扩大, 同时蒸发损失加大, 扩散到距种子较远处土壤中的水分也增加, 造成水资源的浪费, 而且作业过程中的加水次数增加, 致使坐水播种成本增高。影响施水量的因素很多, 一般情况下应以满足种子发芽出苗和降低成本为前提, 根据种子在不同土壤中发芽出苗的要求、土壤的干燥程度及该地区气候状况确定施水量。

## 1.2 施水量的确定

衡量灌水质量, 应以种床湿润状况作为衡量指标。可以用湿润范围及种子处含水率或最大含水率(坐水播种土壤湿润状况参数)表示。由于旱田作物(如小麦)的发芽一般从第 7 d 开始, 此时坐水播种后土壤湿润状况参数变化程度趋于稳定, 因此可以用坐水播种后 7 d 的土壤湿润状况参数作为衡量指标<sup>[1]</sup>。

图 1 和图 2 分别示出了试验条件(中壤土, 土壤初始含水率为 9%)下种子处土壤含水率和湿润范围随时间的变化情况。

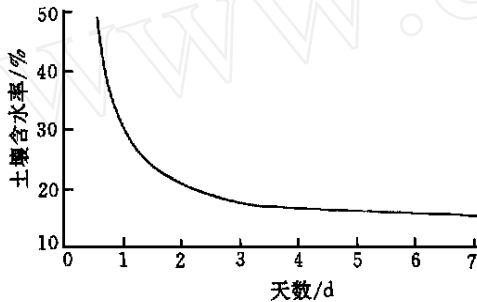


图 1 种子处土壤含水率随时间的变化

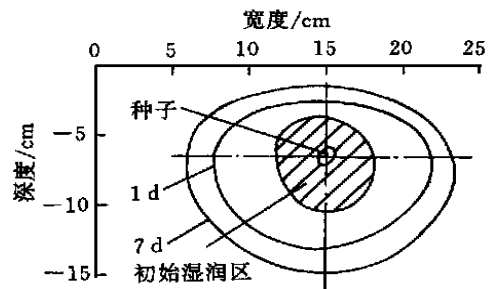


图 2 湿润范围随时间的变化

播种机施水后土壤的湿润范围与开沟器有很大关系, 如果开沟器设计不合理, 可能会使施水管被土壤堵塞。2BSF-6-II 型条播条灌播种机采用了一项专利技术——该课题组研制的鼠道式播种灌水开沟器。该开沟器的主要特点是在播种、施肥过程中, 在土层较深处开沟器所开暗沟内灌水, 施水于种子上方或中心部位, 这种施水方式既有利于种子的吸水萌发, 又可最大限度地防止水分蒸发, 保证有限的灌水量发挥最大的作用和达到最好的效果。

条播条灌播种机坐水播种时, 种沟内所灌水通过入渗及入渗后的再分布, 转化为土壤水分, 这种转化过程受土壤性质、开沟深度、回土及覆土状况、大气蒸发能力、土壤初始含水率和灌水量的影响。灌水深度和相应的土壤含水率的关系根据数值模拟结果制成图表来确定<sup>[1]</sup>。单位沟长所需灌水量的经验公式为

$$q = sh$$

式中:  $q$  为单位沟长所需灌水量,  $\text{mL} \cdot \text{cm}^{-1}$ ;  $s$  为开沟宽度,  $\text{cm}$ ;  $h$  为种沟中灌水深度,  $\text{cm}$ 。

在试验中土壤初始含水率为 9%, 单位沟长灌水量为  $50 \text{ mL} \cdot \text{cm}^{-1}$ , 灌水 7 d 后土壤含水率可达 15% 以上, 种子出苗良好。一定播种速度  $v$  下的施水量

$$Q = 100qv$$

式中:  $Q$  为施水量,  $\text{mL} \cdot \text{s}^{-1}$ ;  $v$  为播种机行驶速度,  $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ 。

## 2 施水装置的确定

施水装置由水箱、快速接头、分水器及水管组成。水箱置于拖拉机驱动轮正上方,既可增加拖拉机的附着力,又可提高水位;利用水位压差自动施水,可节省动力,简化结构,降低成本。

### 2.1 水箱容积的确定

水箱是条播条灌播种机的重要部件,为提高作业效率,保证加水在地头进行,水箱容积应稍大些,但考虑到小四轮拖拉机承载能力及纵向稳定性等因素的限制,水箱容积不宜过大。可按下述经验公式计算

$$V = BLQ_{\max}/66\ 667$$

式中:  $V$  为水箱容积,  $\text{m}^3$ ;  $B$  为播种机组的作业宽度,  $\text{m}$ ;  $L$  为地块的长度,  $\text{m}$ ;  $Q_{\max}$  为最大灌水量,  $\text{m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$ 。

根据在安徽、河北和山东等省调查的实际情况,取作业幅宽  $B = 1.2\ \text{m}$ ,  $L = 150\ \text{m}$ ,  $Q_{\max} = 120\ \text{m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$ , 计算出水箱容积  $V = 0.32\ \text{m}^3$ 。

### 2.2 水箱的配置

考虑到播种机为全悬挂配置,播种施肥为2套独立的机构,机具自身较重,在播种机上配置水箱会使播种机整体重量过大,整机重心过度后移,导致拖拉机操纵性能和安全性能下降,因此本机在拖拉机上配置2个水箱,分别置于后轮上部,其重心在后轮轴上方。为保证机组的操纵性能和安全性能,需对整台机组的横向和纵向稳定性进行计算。

#### 2.2.1 横向稳定性计算

由于拖拉机、播种机、水箱及供水部件都是对称布置,所以,机组的几何中心即为其重心,如图3所示,  $A$ 、 $B$ 、 $C$  点分别为拖拉机、播种机和水箱的重心。

按水箱使用重量,根据力矩平衡方程在其静态下计算倾翻角(不考虑水的流动,机具的摆动和轮胎的变形)。

$$\alpha = \arctan \left[ \frac{l(G_t + G_d + G_w)}{G_t h_A + G_d h_B + G_w h_C} \right]$$

式中:  $G_t$ 、 $G_d$ 、 $G_w$  分别为拖拉机、播种机和水箱的使用重量,  $\text{N}$ ;  $h_A$ 、 $h_B$ 、 $h_C$  分别为各自重心高度,  $\text{mm}$ ;  $l$  为机组重心线至拖拉机后轮中心的距离,  $\text{mm}$ 。

据此计算得到本机倾翻角  $\alpha = 32.2^\circ$ ; 基本满足安徽、河北和山东等省的坡地使用要求。

#### 2.2.2 纵向稳定性计算

后悬挂农具降低了拖拉机的纵向稳定性,尤以运输状态最为危险。为了保证运输时拖拉机的稳定性和操纵性,悬挂农具的重量不宜过大,其极限重量常用下式计算<sup>[2]</sup>:

$$G_{\max} = 0.4G_t a/b$$

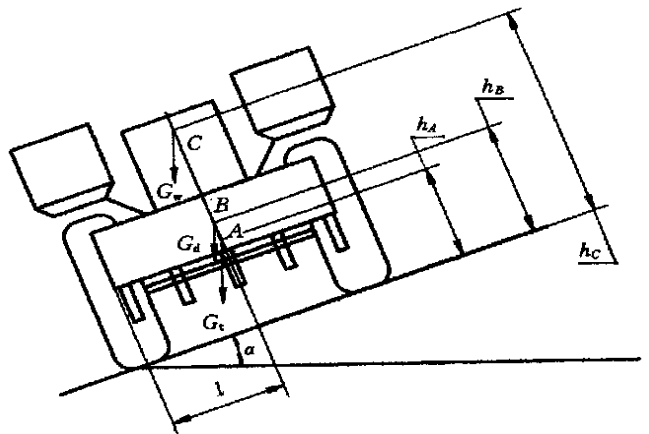


图3 机组横向稳定性的受力分析

式中:  $G_{max}$  为悬挂农具的极限重量, N;  $a$  和  $b$  分别为拖拉机重心和所悬挂农具重心到驱动轮支承点间的水平距离, mm。

为了防止拖拉机悬挂机组上坡时向后翻倾, 必须验算机组处于最大爬坡角  $\beta_{max}$  时前轮的载荷<sup>[2]</sup>, 图 4 示出机组上坡时的受力情况。最大爬坡角<sup>[2]</sup>

$$\beta_{max} = \arcsin \left[ \frac{F - (F_{f1} + F_{f2})}{G_t + G_d + G_w} \right]$$

式中:  $F$  为驱动轮的切向力, N;  $F_{f1}$  和  $F_{f2}$  为前后轮的滚动摩擦阻力, N。在最大爬坡角时, 前轮载荷

$$P_1 = \left[ (G_t a - G_d b) \cos \beta_{max} / c \right] - \left[ (G_d h_A + G_a h_B + G_w h_C) \sin \beta_{max} / c \right]$$

其中:  $c$  为拖拉机前后轮中心距离, mm。在最大爬坡角时, 前轮的载荷  $P_1$  应大于不带水箱和农具时前轴静载荷的 20%。

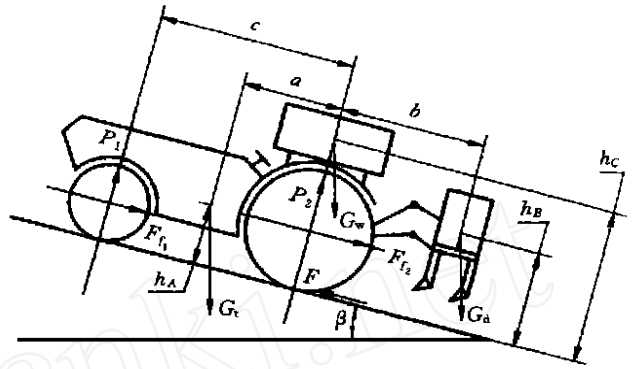


图 4 机组纵向稳定性的受力分析

### 2.3 分水管直径的确定

分水管直径的选择首先考虑保证所要求的灌水量, 同时要考虑经济性, 并尽量减轻管道重量。根据流体力学有关知识, 圆形小孔自由出流的流量公式<sup>[3]</sup>为

$$Q = \frac{\mu}{4} \pi d^2 (2gH_0)^{1/2}$$

式中:  $\mu$  为孔口流量因数;  $d$  为水管直径, mm;  $H_0$  为作用水头, mm。若不考虑沿程损失, 则分水管直径

$$d = \left[ \frac{4Q}{\pi \mu (2gH_0)^{1/2}} \right]^{1/2}$$

## 3 结束语

2BSF-6-II 型条播条灌播种机已于 1998 年 12 月通过农业部的鉴定。经各试验点试验证明: 行走式节水灌溉是旱区实现保苗播种的有效途径; 2BSF-6-II 型条播条灌播种机是抗旱、保苗的理想配套机具, 在我国旱区有广阔的应用前景; 应进一步研究不同作物生长期的需水规律, 对水资源进行优化分配, 把有限水用在作物生长的关键时期(播种、苗期), 充分发挥非充分灌溉的效果。

## 参 考 文 献

- 1 郭维东 坐水播种时耘层土壤水分运动规律的研究: [学位论文] 沈阳: 沈阳农业大学, 1999
- 2 中国农业机械化科学研究院 农业机械设计手册(上册). 北京: 机械工业出版社, 1988 56, 57
- 3 刘国喜 流体力学及流体机械 长春: 吉林科学技术出版社, 1990 110, 111