

doi:10.6041/j.issn.1000-1298.2013.06.011

# 2BS-420型水稻植质钵育秧盘精量播种机\*

张欣悦<sup>1</sup> 李连豪<sup>1,2</sup> 汪春<sup>1</sup> 张伟<sup>1</sup>

(1. 黑龙江八一农垦大学工程学院, 大庆 163319; 2. 中国农业大学水利与土木工程学院, 北京 100083)

**摘要:** 设计了一种水稻植质钵育秧盘精量播种机, 对影响播种机播种精度的关键参数进行了试验和优化。该机每穴播种3~5粒, 一次作业能够完成覆底土、播种以及覆表土等播种作业。经过对该播种机的试验和检测表明: 播种均匀度达到98.2%, 空穴率为0.01%, 单粒率为零, 播种生产率为420盘/h, 各项指标均达到水稻植质钵育秧盘播种的要求。

**关键词:** 水稻 植质钵育秧盘 播种机 设计 试验

**中图分类号:** 223.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-1298(2013)06-0056-06

## Type 2BS-420 Precision Seeder for Rice Seedling-growing Tray Made of Paddy-straw

Zhang Xinyue<sup>1</sup> Li Lianhao<sup>1,2</sup> Wang Chun<sup>1</sup> Zhang Wei<sup>1</sup>

(1. College of Engineering, Heilongjiang Bayi Agricultural University, Daqing 163319, China

2. College of Water and Civil Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083, China)

**Abstract:** A kind of precision seeder for rice seedling-growing tray made of paddy-straw was developed. The key factors which had effect on seeder sowing accuracy were tested and optimized. The proposed seeder could sow 3~5 seeds in each holl and accomplish subsoil covering, seeds sowing, topsoil covering and other processes in one working time. The results showed that sowing uniformity was 98.2%, the ratio of cavity was 0.01%, single grain was 0, and seed production rate was 420 trays per hour, which met the requirements of rice seedling-growing tray made of paddy-straw seeding.

**Key words:** Rice Seedling-growing tray made of paddy-straw Seeder Design Test

### 引言

在现有的水稻生产技术中, 钵育栽植技术是增产效果最明显的方法之一。目前钵育栽植技术日本居于领先地位, 但其专属的塑料钵育秧盘、精量播种机和插秧机价格十分昂贵, 仅塑料钵育秧盘每公顷就需要近万元的投入, 在我国农户很难承受, 因此极大限制了推广范围和力度<sup>[1]</sup>。

为解决上述问题, 本文利用水稻秸秆制备植质钵育秧盘, 并研制与之配套的水稻植质钵育秧盘精

量播种机, 一次完成覆底土、压实、播种以及覆表土等作业, 减少作业成本和有效延长育秧时间<sup>[2]</sup>。

### 1 水稻植质钵育秧盘

水稻植质钵育秧盘是以水稻秸秆为主要原料, 添加水稻所需的营养剂压制而成。结合水稻农艺要求和后续机械化插秧的需要, 水稻植质钵育秧盘结构如图1所示。为了使秧苗有足够的生长空间, 经测定, 在同等深度和孔径(边长)的条件下, 方形孔空间是圆形孔的1.27倍, 因此水稻植质钵育秧盘育

收稿日期: 2012-11-18 修回日期: 2012-11-29

\* 国家农业科技成果转化资助项目(2009GB2B200101)、“十一五”国家科技支撑计划资助项目(2006BAD28B01-3)、黑龙江省重大推广专项资助项目(TA09Q406)、高等学校博士学科点专项科研基金资助项目(20112305120003)和农业部农产品质量监督检验测试中心博士后科研工作站(大庆)资助项目(LRB11-413)

作者简介: 张欣悦, 讲师, 主要从事水稻植质钵育机械化栽培技术研究, E-mail: lianhao8002@126.com

通讯作者: 汪春, 教授, 博士生导师, 主要从事大规模农业装备及技术研究, E-mail: wangchun1963@126.com

秧钵孔截面采用正方形,边长为18.0 mm,深度为17.8 mm,秧盘钵孔经纬排列,每盘共406穴(横向29行,长度为600 mm;纵向14列,宽度为280 mm)。钵孔交叉中心处为通孔,孔径为3 mm,通孔的作用是既可以与插秧机秧箱进给轮配合使用以便实现自动进给,又可以减轻植质钵育秧盘整体质量<sup>[3]</sup>。

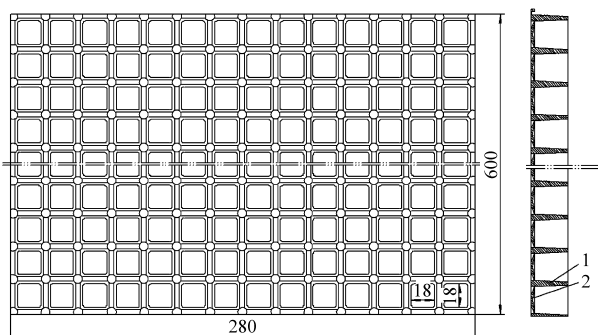


图1 植质钵育秧盘简图

Fig. 1 Diagram of seedling-growing tray made of paddy-straw

1. 秧盘立边 2. 秧盘底面

## 2 工作原理与结构参数

### 2.1 整机结构参数

水稻植质钵育秧盘精量播种机主要由机架、播种系统、动力传递系统、覆土系统及控制系统等组成(图2)。播种系统由往复式种箱、型板、推拉条、清种舌、翻板和毛刷轮等组成;动力系统由电动机、链轮、两级变速器、凸轮、四杆结构、齿条和推板等组成;覆土系统由表土箱、表土压实轮、底土箱、种子压实轮和毛刷等组成;控制系统由过载保护装置、行控开关等组成。根据农艺和动力需求,主要参数如表1所示。

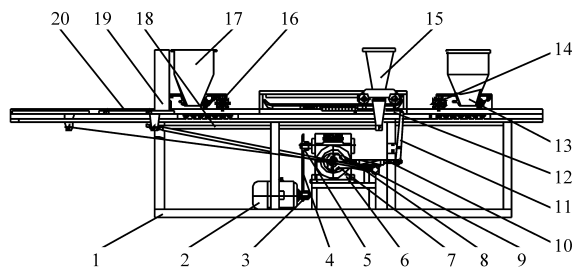


图2 播种机构简图

Fig. 2 Diagram of seeder

1. 机架 2. 电动机 3、5. 链轮 4. 传动链 6. 两级变速器  
7. 曲柄 8. 推盘连杆 9. 凸轮 10. 推杆 11. 摆杆 12. 翻板拉杆  
13. 表土箱 14. 种子压实轮 15. 种箱 16. 底土压实轮  
17. 底土箱 18. 种箱推杆 19. 秧盘止架 20. 推板

### 2.2 工作原理

水稻植质钵育秧盘精量播种机首先将植质钵育秧盘覆底土,经压实轮压实,底土厚度达到钵孔2/3

表1 主要参数

Tab. 1 Main parameters

参数	数值
外形尺寸(长×宽×高)/cm×cm×cm	2 640×640×1 020
电动机功率/kW	0.75
电动机转速/r·min <sup>-1</sup>	1 400
生产率/盘·h <sup>-1</sup>	420

深度;在底土上播种,每钵孔播种3~5粒,经种子压实轮压实;覆表土,经毛刷刷除多余表土,使表土厚度(距植质钵育秧盘上表面)为1~2 mm,然后送到温室进行育秧。

当连续工作中相邻植质钵育秧盘发生堵塞时,此时控制系统中的过载保护装置立即关闭电源,使植质钵育秧盘精量播种机停止运转,避免对整机的损坏。

## 3 主要工作部件设计

### 3.1 播种装置

水稻植质钵育秧盘精量播种机采用型孔板作为囊种部件,配合种箱往复匀速运动(相对于型孔板的往复直线速度均为0.35 m/s,经试验验证,种箱往复直线速度对播种精度影响较小)和翻板转动来实现精量播种,其工作原理如图3所示。作业时,将水稻植质钵育秧盘放置在推板凹槽,稻种加入到种箱内。电动机的动力经链轮带动曲柄和凸轮转动,曲柄的旋转运动经推盘连杆拉动推板在机架上直线往复运动,不断将植质钵育秧盘送入型孔板下方。种箱连杆同步拉动种箱通过拉条与型孔板接触配合关系使种箱在型孔板上直线往复运动,在固定齿条的控制下,与固定齿条啮合的齿轮转动,带动毛刷轮转动,将种箱内的种子利用毛刷轮充填至型孔板的型孔内。凸轮推动推杆并驱动摇杆摆动,使推拉条作直线往复移动,经转轴使翻板(图4)转动,将翻板上侧的导向槽位于型孔下侧,种子被封堵在型孔内侧,将其封闭,清种舌位于型孔内部。当推板和种箱反向移动时,翻板反向转动,使导向槽脱离与型孔的封堵配合,型孔内的种子下落,在导向板导向下准确地投入到型孔板下部的植质钵育秧盘的钵孔内,完成一个播种作业。清种舌可将型孔内的种子全部清出,从而能够保证播种精度。

#### 3.1.1 型孔板

型孔板位于种箱的下端,采用四氟乙烯材料加工而成<sup>[4-6]</sup>。经过试验可知,为了保证植质钵育秧盘每个钵孔中播种达到3~5粒,型孔板的型孔形状、型孔直径以及型孔深度是影响播种精度的主要因素,因此在设计型孔板结构前,需要首先确定型孔

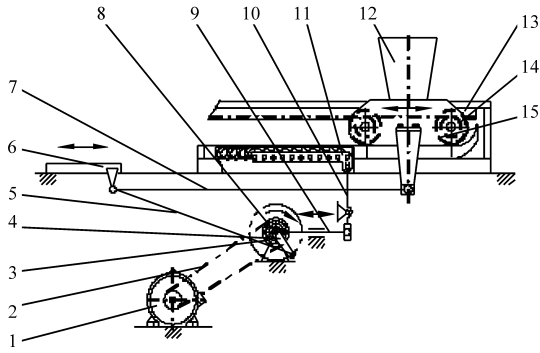


图3 播种装置结构

Fig. 3 Diagram of seeding device

1. 电动机 2. 传动链 3. 主动轴 4. 曲柄 5. 推盘连杆 6. 推板 7. 种箱连杆 8. 凸轮 9. 推杆 10. 摇杆 11. 型孔板和推拉条 12. 种箱 13. 齿条 14. 齿轮 15. 毛刷轮

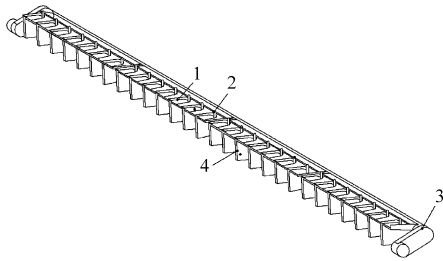


图4 翻板装置结构示意图

Fig. 4 Diagram of turning board

1. 翻板 2. 清种舌 3. 转轴 4. 导向板

形状、型孔直径以及型孔深度。

### (1) 型孔形状确定

为了研究型孔形状对播种性能的影响,采用正三角形、正方形和圆形3种常见孔进行试验,通过前期试验发现,对于常用的水稻品种垦鉴稻5、V7(表2),在正三角形边长、正方形边长和圆孔直径为8.0~11.5 mm型孔板播种均匀度最佳(此时,不考虑播种量,只考虑均匀度),因此本次试验取正三角形边长、正方形边长和圆孔直径均为8.5 mm,其在型孔板上的分布如图5所示。

表2 2种水稻种子的几何尺寸

Tab. 2 Geometry of two kinds of rice seeds mm

参数	水稻品种	
	垦鉴稻5	V7
长	8.90	8.84
宽	3.41	3.13
厚	2.39	2.21

注:表中数据为品种各取样1000粒的平均值。

种子由毛刷自左向右刷下,试验结果方差分析如表3所示。由方差表可知,显著性水平选 $\alpha = 0.01$ 时, $F > F_{0.01}(2, 34) = 5.31$ ,除了随机因素的干扰外,3类型孔的稳定性存在显著差异,从3个水平的均值可得圆形孔的稳定性明显好于方形和三角

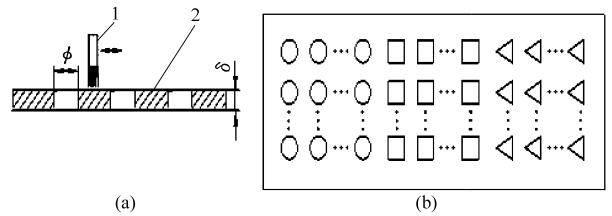


图5 型孔形状及分布示意图

Fig. 5 Sketch of shape and distribution of seed cells

(a) 型孔板形状 (b) 型孔分布

1. 毛刷 2. 型孔板

表3 型孔形状方差分析

Tab. 3 AOV of seed cell shape

组	穴孔样本数	求和	平均	方差	误差	$F$
正方形	12	414	34.5	44.57806		
三角形	12	342	28.5	111.2079		
圆形	12	476	39.66667	36.82424		
差异源	SS	df	MS			
组间	749.5556	2	374.7778	5.837352	0	5.3120
组内	2118.712	33	64.20339		6.542	29
总计	2868.267	35				

注:数据统计过程中,钵孔中含有3~5粒种子为合格统计量,含有1~2粒种子、0粒种子(空穴)及多于5粒(不含)种子为不合格统计量。

形,因此型孔板上型孔形状确定为圆形。

### (2) 孔径和孔深

由工作原理可知,水稻稻种是在相互挤压下进入到型孔中的,通过大量试验观察发现,在挤压作用下,每个型孔中2粒稻种横向上、下紧密排列,再加上稻种由型孔直接排到秧盘钵孔中,因此稻种上、下层厚度略高于型孔深度并不影响播种质量,基于以上考虑,型孔板深度在3~4 mm即可。

依据植质钵育栽植技术要求,植质钵育秧盘播种时孔穴中种子为3~5粒即可(当孔穴中种子全是3粒时为最佳状态)。根据理论分析,3粒种子在型孔中的极限分布如图6所示。对图6分析可知

$$\cos\theta = \frac{L}{2R} \quad (1)$$

式中  $\theta$ ——水稻轴心线与型孔直径间夹角

$L$ ——稻种平均长度

$R$ ——型孔板型孔孔径

推导得

$$R = \frac{L}{2\cos\theta} \quad (2)$$

常用水稻品种垦鉴稻5的平均长度为8.9 mm,水稻轴心依据植质钵育栽植技术的要求,植质钵育秧盘播种时线与型孔直径间夹角 $\theta$ 一般取 $30^\circ$ ,故 $R = 10.5$  mm,即型孔板型孔最小允许型孔直径。

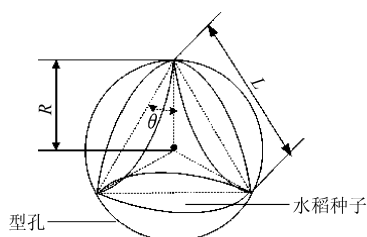


图 6 型孔内 3 粒种子极限分布

Fig. 6 Limit distribution of three seeds

孔穴中有 3~5 粒种子均为合格,根据前面分析当  $R=8.0 \sim 11.0$  mm 时播种均匀度最佳,因此型孔板型孔直径应在 10.5~11.0 mm 即可。

为了最终确定型孔板型孔的孔深和直径,需要对其进行显著性分析、正交试验因素水平、试验结果及方差分析,如表 4~6 所示。

表 4 型孔板正交试验因素水平

Tab. 4 Factors and levels of orthogonal designs of cell plate

水平	因素	
	型孔直径 a/mm	型孔深度 b/mm
1	10.5	3.0
2	10.8	3.5
3	11.0	4.0

表 5 型孔板正交试验结果

Tab. 5 Test results for orthogonal designs of cell plate

编号	因素				合格率
	A	B	空列	空列	
1	1	1	1	1	0.98
2	1	2	2	2	0.95
3	1	3	3	3	0.92
4	2	1	2	3	0.98
5	2	2	3	1	0.79
6	2	3	1	2	0.68
7	3	1	3	2	0.52
8	3	2	1	3	0.49
9	3	3	2	1	0.48

表 6 型孔板正交试验方差分析

Tab. 6 AOV of orthogonal designs of cell plate

因素	偏差平方和	自由度	方差	F	显著性
型孔直径	3 257.052	2	1 628.526	15.132	** *
型孔深度	272.239	2	136.119	1.265	
误差	215.237	4	53.809		

经过方差分析,型孔直径是极显著因素,型孔深度是不显著因素。

### 3.1.2 翻板和清种舌

为了避免机械伤种现象发生,播种装置设计了翻板式结构(图 4),工作状态如图 7 所示。翻板表面采用橡胶覆盖,翻板在推拉条的作用下在型孔板

下垂直缓慢开闭,能够有效地避免机械磕种。由于种子经浸种催芽处理,含水率很大,型孔板内易出现空穴,而导致育秧盘穴内也出现空穴,为此在翻板上设计了清种舌,清种舌为橡胶圆柱形,随翻板一起运动,能够有效地清除粘连和架空的种子,从而很好地解决空穴问题,提高播种合格率。

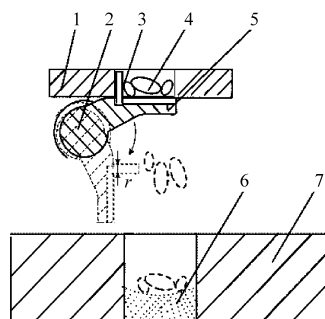


图 7 翻板工作状态示意图

Fig. 7 State sketch of turning board

- 1. 型孔板 2. 推拉条转轴 3. 清种舌 4. 种子 5. 翻板 6. 底土 7. 水稻植质钵育秧盘

根据以往试验,清种舌在保证一定强度的前提下,外形尺寸越小对播种质量影响也越小。为进一步研究清种舌安装位置对播种质量的影响,安排了 2 种安装位置试验,如图 8 所示。试验表明,当清种舌安装在型孔左侧位置时播种精度明显好于安装在型孔中间的位置(表 7)。

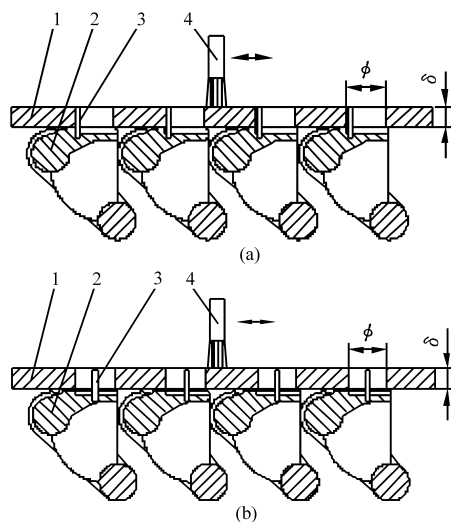


图 8 型孔板结构位置试验

Fig. 8 Experimental sketch of cell plate position

- (a) 安装在型孔左侧 (b) 安装在型孔中间
- 1. 型孔板 2. 转轴 3. 清种舌 4. 毛刷

表 7 清种舌不同安装位置播种精度试验结果

Tab. 7 Test results of seeding accracy in different cell plate positions

清种舌安装位置	3~5 粒百分率/%
型孔左侧	96.3
型孔中间	53.2

### 3.1.3 优化

从经济性和加工工艺考虑,一般选用深度较小的型孔板,因此基于以上考虑,型孔板孔径的深度确定为3.0 mm。

通过2种水稻品种在孔深3.0 mm条件下不同孔径投种概率试验比较(表8),选择 $R = 10.5 \sim 11.0$  mm,即可满足播种精度要求。从加工工艺角度考虑,选择 $R = 10.7$  mm。

清种舌采用天然橡胶制成,圆柱形,直径为1.0 mm,长度为3.0 mm,安装在型孔板植质钵育秧盘直线移动方向的左侧。

表8 不同稻种在不同型孔直径投种概率对比

Tab.8 Postural probability of different rice seeds and different cell sizes

型孔直径 /mm	水稻品种					
	V7			垦鉴稻5		
	0~2粒	3~5粒	>5粒	0~2粒	3~5粒	>5粒
<10.5	0.725	0.074	0.202	0.650	0.058	0.292
10.5~11.0	0.023	0.920	0.057	0.016	0.931	0.053
>11.0	0.232	0.006	0.762	0.249	0.011	0.740

注:在室内进行,风速小于0.8 m/s,稻种经浸种催芽处理,含水量不大于16%,每种孔径空穴样本数为406穴。

## 3.2 动力传递系统

电动机额定功率为0.75 kW,转速为1 200 r/min。两级变速器是由链轮、两对锥齿轮来实现2级和2个方向的转换,最后输出轴转速为840 r/min。推盘连杆和推杆主要完成动力向推板和种箱的传递,完成推盘板和种箱的往复运动,完成播种过程。曲柄、凸轮和摆杆主要是将动力传递给推拉条,然后传递给翻板和清种舌,实现翻板和清种舌上、下垂直开闭。

## 4 试验检测

2012年10月24日在海南省三亚市林旺镇试验基地对设计的2BS-420型水稻植质钵育秧盘精量播种机各项性能进行试验检测。

### 4.1 试验材料和方法

#### 4.1.1 试验材料

试验用种为垦鉴稻5,该品种由黑龙江八一农垦大学水稻培育中心提供,试验用种经过脱芒、盐水选种、消毒和催芽等处理,含水率为15%,千粒质量24.2 g。

底土需经过1 mm细筛,与壮秧剂等辅助肥料搅拌均匀;底土要有一定的含水率,判断方法是抓把底土,用力握紧,然后扔到地面(依靠重力),底土分为均匀2~3块为宜;底土准备好后用塑料布

盖好备用<sup>[7]</sup>。表土需要经过2 mm细筛,无秸秆残渣即可。

植质钵育秧盘以水稻秸秆为原料压制,每盘共406穴。

#### 4.1.2 试验方法

试验材料准备完毕后,将2BS-420型水稻植质钵育秧盘精量播种机开动15 min左右进行磨合<sup>[8]</sup>,同时将植质钵育秧盘整理擦放在推板凹槽处,待播种机稳定后把试验用种放在种箱中,把底土和表土分别放在底土箱和表土箱中。首先4~5盘只覆盖底土,检测覆底土质量;接着4~5盘覆底土和播种,检测播种质量;最后,4~5盘覆底土、播种和覆表土,检测覆表土质量。

### 4.2 检测工具

钢卷尺(5 m),盘秤(分度值为20 g),电子秒表(精度为0.01 s),GSI-200型电子天平,101-1型干燥箱(分度值为5℃)等。

### 4.3 主要检测指标

(1)充土均匀度:水稻植质钵育秧盘覆完底土后,底土高度大于穴深2/3的穴数占水稻植质钵育秧盘总穴数的百分比,有

$$C = \frac{C_1}{406} \times 100\%$$

式中  $C$ ——充土均匀度,%

$C_1$ ——底土高度大于穴深2/3的穴数

(2)播种均匀度:水稻植质钵育秧盘播完种后,内含3~5粒种子的总穴数占水稻植质钵育秧盘总穴数的百分比,有

$$B = \frac{B_1}{406} \times 100\%$$

式中  $B$ ——播种均匀度,%

$B_1$ ——内含3~5粒种子的总穴数

检测结果如表9所示。

表9 检测结果

Tab.9 Test results

参数	检测结果
每秧盘用土质量/kg	0.47
充底土均匀度/%	95.6
充底土空穴率/%	0.18
播种均匀度/%	98.2
播量稳定性变异系数/%	3.1
播种空穴率/%	0.01
单粒率/%	0
压实均匀度/%	98.7
空压率/%	0.2
每秧盘所用种子质量/g	30.8
播种生产率/盘·h <sup>-1</sup>	420

## 5 结论

(1)对水稻植质钵育集成式精量播种机进行了整机设计,该机一次作业能够完成覆底土、播种以及覆表土等播种程序。

(2)对影响播种性能的关键部件和参数进行了设计和讨论,并对型孔板的型孔形状、型孔直径、孔深进行了试验,确定了参数范围并进行参数优化。

(3)为了避免继续磕籽和空穴现象设计了翻板式结构,能够有效地避免机械磕种问题,在翻板上设计了清种舌部件,很好地解决空穴问题,提高了充种率与投种率,并对清种舌不同位置对播种质量进行了试验研究,确定了清种舌安装位置。

(4)对水稻植质钵育精量播种机进行了检测,各项指标均达到设计技术标准。

## 参 考 文 献

- 王智才. 建设现代农业 加快推进农业机械化[J]. 农业机械学报, 2004, 35(3): 154 ~ 157.  
Wang Zhicai. Construction of a modern agriculture and boosting of farm mechanization[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2004, 35(3): 154 ~ 157. (in Chinese)
- 周海波, 马旭, 姚亚利. 水稻秧盘育秧播种技术与装备的研究现状及发展趋势[J]. 农业工程学报, 2008, 24(4): 301 ~ 306.  
Zhou Haibo, Ma Xu, Yao Yali, et al. Research advances and prospects in the seeding technology and equipment for tray nursing seedlings of rice [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2008, 24(4): 301 ~ 306. (in Chinese)
- 刘恒新, 范伯仁, 陈立丹, 等. 日韩水稻生产机械化发展情况考察报告[J]. 北方水稻, 2007(2): 73 ~ 77.  
Liu Hengxin, Fan Boren, Chen Lidan, et al. Investigation report on rice mechanical production development in Japan and Korea situation [J]. North Rice, 2007(2): 73 ~ 77. (in Chinese)
- Kitagawa H, Ogura A, Tasaka K, et al. One-man rice transplanting technology of long-mat seedling culture system [Z]. WRR, 2004: 43, Japan, 2004.
- 李耀明, 徐立章, 向忠平, 等. 日本水稻种植机械化技术的最新研究进展[J]. 农业工程学报, 2005, 21(11): 182 ~ 184.  
Li Yaoming, Xu Lizhang, Xiang Zhongping, et al. Research advances of rice planting mechanization in Japan[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2005, 21(11): 182 ~ 184. (in Chinese)
- 小林悦男, 小田富広, 重光裕昭. ドラム揺動式播種装置: 日本, 8322332A[P]. 1996-12-10.
- 王立臣, 刘小伟, 魏文军, 等. 2ZBZ-600型水稻播种设备的试验与应用[J]. 农机化研究, 2000(1): 70 ~ 72.  
Wang Lichen, Liu Xiaowei, Wei Wenjun, et al. Test and application on 2ZBZ-600 riceseeding equipment[J]. Agricultural Machinery Research, 2000(1): 70 ~ 72. (in Chinese)
- 李志伟, 邵耀坚. 电磁振动式水稻穴盘精量播种机的设计与试验[J]. 农业机械学报, 2000, 31(5): 32 ~ 34.  
Li Zhiwei, Shao Yaojian. Study and test of electromagnetic vibrating type rice seeder for hill seedling nursery box[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2000, 31(5): 32 ~ 34. (in Chinese)
- 张军昌, 闫小丽, 薛少平, 等. 秸秆粉碎覆盖玉米免耕施肥播种机设计[J]. 农业机械学报, 2012, 43(12): 51 ~ 55.  
Zhang Junchang, Yan Xiaoli, Xue Shaoping, et al. Design of no-tillage maize planter with straw smashing and fertilizing[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2012, 43(12): 51 ~ 55. (in Chinese)
- 刘曙光, 尚书旗, 杨然兵, 等. 油菜育种播种机自动供种系统设计[J]. 农业机械学报, 2011, 42(7): 91 ~ 95.  
Liu Shuguang, Shang Shuqi, Yang Ranbing, et al. Design of automatic supplying seed system for plot seeder of rape[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2011, 42(7): 91 ~ 95. (in Chinese)
- 宋鹏, 张俊雄, 李伟, 等. 精密播种机工作性能实时监测系统[J]. 农业机械学报, 2011, 42(2): 71 ~ 74, 79.  
Song Peng, Zhang Junxiong, Li Wei, et al. Real-time monitoring system for accuracy of precision seeder[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2011, 42(2): 71 ~ 74, 79. (in Chinese)