

水稻植质钵盘机械 精量播种技术研究

衣淑娟 陶桂香 著



Research on Technology of Mechanical Bowl-tray Rice
Precision Seeder



科学出版社

水稻植质钵盘机械精量播种 技术研究

衣淑娟 陶桂香 著

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书在系统分析国内外水稻植质钵盘精量播种装置研究现状的基础上,针对寒地水稻钵育技术的要求,以水稻芽种物理特性为基础,通过理论与试验相结合的方法,对机械式水稻植质钵盘精量播种装置机理与参数进行了研究与探索。从水稻芽种物理特性入手,利用第二拉格朗日方程、高速摄像技术及试验手段对该装置的工作特性进行了系统研究,这些研究工作作为样机研制奠定了基础。

本书可作为农业机械化工程和有关机械设计及理论专业研究生的教学参考书,同时可供从事农业机械设计制造的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

水稻植质钵盘机械精量播种技术研究 / 衣淑娟, 陶桂香著, —北京: 科学出版社, 2015

ISBN 978-7-03-045759-2

I. ①水… II. ①衣… ②陶… III. ①水稻—播种机—研究 IV. ①S223.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 227816 号

责任编辑: 丛楠 韩书云 / 责任校对: 何艳萍

责任印制: 徐晓晨 / 封面设计: 图阅盛世

科学出版社出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

北京康华虎彩印刷有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2015 年 11 月第 一 版 开本: 720×1000 B5

2015 年 11 月第一次印刷 印张: 9 3/4

字数: 222 000

定价: 65.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

前 言

秧盘育秧因具有能够从根本上缓解中国寒地的低温、返青慢等不利因素影响的特点而成为寒地水稻育秧的主导方向。其中,平盘育秧因具有早期育苗、秧根盘结、秧苗齐壮等优点,应用较广且目前已实现机械化。但是,在机械插秧过程中,由于平盘育秧的无穴结构需要将秧针对盘结的秧根进行机械性分割,会对秧苗及秧根在一定程度上造成不可避免的损伤,进而需要5~7天的缓苗期;比较而言,钵盘育秧则具有钵穴之间不牵连,有效防止病害蔓延,且栽植时不伤根系等优点,可减少缓苗期,提高亩产量。在设备选用上,日本的钵盘育秧机械化技术相对成熟,但其设备价格高,不适合大面积推广。目前,国内钵盘精量播种机根据其工作原理的不同主要分为气吸式、机械式两种,气吸式主要依靠气力控制吸种(取种),机械式主要利用机械装置和稻种自重完成播种。目前,对于钵盘精量播种机的研究取得了一定的进展,国内专家和学者进行了大量的试验研究,结果表明现有机型仍存在的问题,如播种率低、损伤率高等问题。为此,本书以进一步提高机械式水稻植质钵盘精量播种装置播种性能为目标,运用理论和试验相结合的方式对机械式水稻植质钵盘精量播种装置进行研究,以提高作业精度,增强设备的可靠性,为钵育技术的推广应用提供有力的技术支撑。这将对“‘十二五’期间,全国水稻栽植机械化水平达到45%,水稻生产综合机械化水平超过70%和在东北地区率先实现水稻生产全程机械化”宏伟目标的实现产生积极的推动作用和深远的现实影响。

全书由7章组成,主要可分为以下几个部分。

第一部分由第1、2章组成。本部分在调研国内外水稻植质钵盘技术研究现状的基础上,以黑龙江省常用水稻品种为研究对象,对影响播种的水稻芽种物理特性进行研究,并通过对比分析确定了本书研究机械式水稻植质钵盘精量播种装置所需的试验材料。

第二部分由第3章组成,本部分包含以下主要内容:①运用微分方程,建立了充种过程稻种运动模型,并归类总结了充种过程中稻种可能的运动情况,获得了充种过程中稻种运动轨迹及影响充种性能的主要因素,并根据生产中常用的型孔尺寸及稻种的物理特性确定了种箱运动速度的取值范围。②根据充种过程理论研究结果,选取型孔直径、型孔厚度、种箱速度3个因素进行了单因素试验研究,确定了较佳尺寸。选取型孔直径、型孔厚度、种箱速度3个因素

进行多因素试验,依据二次正交旋转组合设计的试验方法,建立了各因素对性能指标的回归方程,探讨了各因素对性能指标的影响规律。通过回归分析,得出了影响性能指标的主次因素。采用主目标函数法,运用 Matlab 进行优化求解,确定了比较理想的结构参数。

第三部分由第 4 章组成。本部分包含以下主要内容:①运用第二拉格朗日方程构建了播种装置投种过程动力学模型并进行了仿真分析,获得了翻板角位移、角速度、角加速度和稻种相对于翻板的位移、速度、加速度与时间的关系曲线,以及稻种与翻板分离过程的运动位移、速度与稻种初始位置的变化曲线。②基于机械式水稻植质钵盘精量播种装置投种机理,利用速度、加速度合成定理构建了播种装置投种过程稻种运动模型并进行了仿真,获得了稻种与翻板分离前后的运动规律,稻种垂直位移取值范围,以及稻种与翻板的分离条件。

第四部分由第 5、6 章组成。本部分包含以下主要内容:①利用高速摄像技术对稻种运动过程进行了观察分析,获得了投种过程稻种运动规律,以及凸轮转速对稻种运动规律的影响,确定了稻种垂直位移取值范围,并与理论模型仿真得出的不同稻种与翻板分离前后的运动轨迹、速度图进行对比分析,证明了理论模型的有效性。②根据播种装置充种、投种过程的理论、试验研究结果,选取秧盘钵孔与型孔中心距、稻种垂直位移、凸轮转速 3 个因素,进行单因素试验研究,确定了较佳尺寸。根据单因素试验结果,选取秧盘钵孔与型孔中心距、稻种垂直位移、凸轮转速 3 个因素进行多因素试验,依据二次正交旋转组合设计的试验方法,建立了各因素对性能指标的回归方程,探讨了各因素对播种性能指标的影响规律。通过回归分析,得出影响播种性能指标的主次因素。采用主目标函数法,运用 Matlab 进行优化求解,确定了比较理想的结构参数,进一步提高了水稻植质钵盘精量播种装置的播种性能。

第五部分由第 7 章组成。本部分对前几章的研究结果进行了总结。

本书由黑龙江八一农垦大学衣淑娟、陶桂香共同编写。具体分工如下:第 1 章、第 2 章、第 6 章、第 7 章由衣淑娟编写;第 3 章、第 4 章、第 5 章由陶桂香编写。

在本书的编写过程中,得到了毛欣、韩霞、刘英楠等同事和李衣菲、李云飞、王睿晗等研究生的大力支持,在此对他们深表谢意。

由于作者水平有限,书中不足之处在所难免,恳请各位读者批评指正。

衣淑娟 陶桂香

2015 年 7 月

目 录

前言

1 引言	1
1.1 研究背景	1
1.2 水稻植质钵盘精量播种装置研究现状	2
1.3 主要研究内容	10
1.4 本项目的特色与创新之处	12
1.5 小结	12
2 水稻芽种物理特性研究	13
2.1 试验材料及其芽种制备	13
2.2 水稻芽种含水率测定	14
2.3 水稻芽种物理特性研究	15
2.4 小结	24
3 机械式水稻植质钵盘精量播种装置充种机理与参数研究	26
3.1 机械式水稻植质钵盘精量播种装置充种原理	26
3.2 机械式水稻植质钵盘精量播种装置充种机理研究	26
3.3 机械式水稻植质钵盘精量播种装置充种性能试验研究	35
3.4 小结	58
4 机械式水稻植质钵盘精量播种装置投种机理研究	59
4.1 机械式水稻植质钵盘精量播种装置投种工作原理	59
4.2 机械式水稻植质钵盘精量播种装置投种过程的动力学分析	59
4.3 机械式水稻植质钵盘精量播种装置投种过程中稻种运动学分析	73
4.4 机械式水稻植质钵盘精量播种装置投种过程中稻种与翻板分离条件分析	83
4.5 小结	89
5 基于高速摄像技术的机械式水稻植质钵盘精量播种装置投种过程分析	91
5.1 试验设备	91
5.2 试验材料、条件与拍摄参数	92
5.3 高速摄像观察分析	92

5.4 小结	112
6 机械式水稻植质钵盘精量播种装置播种性能试验研究	114
6.1 试验装置和方法	114
6.2 主要评定指标	114
6.3 单因素试验结果与分析	116
6.4 多因素试验研究	120
6.5 性能指标优化	135
6.6 验证试验	138
6.7 小结	138
7 结论及展望	140
7.1 结论	140
7.2 展望	142
参考文献	143
后记	149

1 引 言

1.1 研究背景

中共中央、国务院 2012 年一号文件《关于加快推进农业科技创新持续增强农产品供给保障能力的若干意见》^[1]提出：要积极推广精量播种、化肥深施、保护性耕作等技术，加强农机关键零部件和重点产品研发，支持农机工业技术改造，提高产品适用性、便捷性、安全性。目前作为世界上最大的水稻生产国，我国水稻生产综合机械化水平已达 58%，其中机械化耕作和收获水平分别达 85%和 60%，而机械化种植水平仅达 20%^[2]，且地区间发展极不平衡，成为了制约水稻生产综合机械化水平提高和实现水稻生产全程机械化的瓶颈。

秧盘育秧因具有能够从根本上缓解我国寒地的低温、返青慢等不利因素影响的特点而成为寒地水稻育秧的主导方向，尤其在我国东北地区农作物生育期较短的自然条件下，水稻欲取得高产必须先育秧^[3-7]。秧盘育秧根据使用秧盘不同，可分为平盘育秧与钵盘育秧。其中平盘育秧因具有早期育苗、秧根盘结、秧苗齐壮等优点，应用较广且目前已实现机械化。但是，在机械插秧过程中，由于平盘育秧的无穴结构，需要将秧针对盘结的秧根进行机械性分割，会对秧苗及秧根在一定程度上造成不可避免的损伤，进而需要 5~7 天的缓苗期。钵盘育秧则具有钵穴之间不牵连，有效防止病害蔓延，根系壮，且栽植时不伤根系等优点，可缩短缓苗期，提高亩^①产量，但目前应用较多的钵盘是聚氯乙烯回收料经吸塑制成，该钵盘所育钵苗移栽形式主要以抛秧为主，在抛秧过程中存在秧苗不均匀、秧钵入土浅、易倒伏、抛秧初直立苗仅占 10%~15%（经 5~7 天缓苗期后方可全部直立）、延长缓苗期等缺点^[8-13]。日本的钵育机械化技术相对成熟，但引进其设备价格高，尤其是秧盘及其相配套的摆栽机价格昂贵^[14]。针对这一问题，在汪春教授的带动下，黑龙江八一农垦大学植质钵育创新团队以稻草为基本原料，研发了以水稻植质钵育秧盘、型孔转板式水稻植质钵盘精量播种机及植质钵育栽植机 3 项技术为

① 1 亩≈666.7m²

核心的水稻植质钵育苗栽植技术^[15-23],并自 2006 年起在黑龙江垦区的部分农场和地方部分农村进行了试验示范,取得了良好的效果,亩增产 15%~20%。实践证明,该项技术具有早期育苗、秧根盘结、秧苗齐壮、带钵移栽,移栽时不断根、无植伤、无缓苗期等特点。同时,钵盘以稻草为主要原料,可随秧苗被移入土壤一次性利用,达到秸秆还田的目的。

作为水稻植质钵育苗栽植技术的核心设备之一——植质钵盘精量播种机具有适应性强的鲜明特性。它既能用于钵盘播种,又能用于平盘播种。同时,该设备还具有机构简单、造价低和生产率高等特点。通过试验示范表明,该装置不仅能够解决气吸式播种装置对不同稻种播种参数设置差异较大,无法满足不同品种的水稻植质钵盘播种要求等问题,而且能克服其他机械式播种装置夹种率高的问题。为此,本项目以进一步提高机械式水稻植质钵盘精量播种装置播种性能为目标,运用理论和试验相结合的方式对机械式水稻植质钵盘精量播种装置进行研究,以提高作业精度,增强设备的可靠性,为钵育技术的推广应用提供有力的技术支撑。这将对“‘十二五’期间,全国水稻栽植机械化水平达到 45%,水稻生产综合机械化水平超过 70%和在东北地区率先实现水稻生产全程机械化”^[24]宏伟目标的实现产生积极的推动作用和深远的现实影响。

1.2 水稻植质钵盘精量播种装置研究现状

目前,已被报道的水稻植质钵盘精量播种装置根据工作原理的不同,主要分为气吸式、机械式两种。

1.2.1 气吸式水稻植质钵盘精量播种装置

气吸式水稻植质钵盘精量播种装置的工作原理主要是利用气力控制吸种(取种)和播种(放种)。目前气吸式水稻植质钵盘精量播种装置主要有吸针式、滚筒式和振动吸盘式 3 种类型。

1.2.1.1 吸针式水稻植质钵盘精量播种装置

其结构如图 1-1 所示,一般采用往复摆动式机构带动吸嘴。该播种装置具有结构

简单、播种精度高等特点, 该类播种装置在国外应用较多, 如美国的 Blackmore System、Speedling System、Hamilton、van Dana 等精密播种装置; 韩国大东机电株式会的 Helper 精密播种装置、Gro-Mor 持式和手动式针式播种装置; 英国 Hamilton 公司的手动、针式播种装置等。该播种装置作业质量较好, 功能全, 自动化程度较高, 但主要用于蔬菜温室播种, 且每穴 1~5 粒^[25-27]。国内外学者为研究播种装置播种机理, 提高播种装置播种性能, 进行了大量的理论与试验研究^[28-33]。例如, 意大利 Guarella 等用安装不同型号吸嘴的吸盘对花卉种子进行了试验与理论研究, 找到了不同吸嘴及最适合的工作气压; 土耳其学者 Barut 以吸孔的形状、线速度、真空度、排种盘上吸孔面积和稻种的千粒重为变量进行了大量试验, 得出充种率随线速度增大而下降; 宋建农等通过对稻种进行受力分析, 获得了稻种被吸附的理论临界气流速度, 并通过试验得出该播种装置满足杂交稻芽种超低播量和低伤种率的要求; 张晓慧通过试验研究提出气针端面角越小, 吸附性能越好, 空穴率随着气针端面角的减小而降低, 但重播率随之上升, 在气针端面角相同的情况下, 尺寸与千粒重较小的稻种播种效果较好; 王丽君通过正交试验分析了吸嘴孔径、真空度和播种速度等因素对播种机工作性能指标的影响情况, 得出了影响因素的主次顺序, 找出了较优因素水平组合。

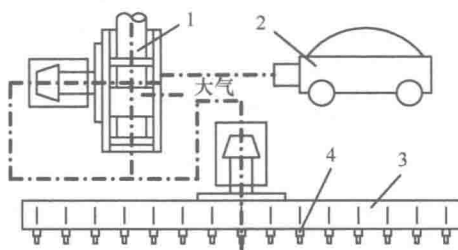


图 1-1 吸针式水稻值质钵盘精量播种装置结构示意图

1. 电磁换向阀; 2. 真空泵; 3. 真空室; 4. 吸嘴

1.2.1.2 滚筒式水稻植质钵盘精量播种装置

其结构如图 1-2 所示, 该播种装置能实现连续播种, 具有播种精度好、生产率高、同流水线保持同步、筒内气体流场稳定、真空度低、耗气量小等优点, 在水稻、玉米、大豆、蔬菜和花卉秧盘育秧精密播种设备中均有应用^[34-36]。例如,

荷兰 Visser 公司、澳大利亚 William 公司、英国 Hamilton 公司、美国 Blackmore 公司的产品主要是滚筒式精密播种装置；美国 Marksman 公司的产品为小滚筒播种装置。国内外学者为研究播种装置播种机理，提高播种装置播种性能，进行了大量的理论与试验研究^[37-43]。例如，Karayl 等通过试验建立了玉米、棉花、大豆、西瓜等种子的千粒重、投影面积等物理特性与吸室真空度的数学模型；Singh 等以气力播种装置为主要研究对象，以播种装置的结构、工作参数为影响因素，分析了吸种精度的影响规律，建立了相应的数学回归模型；为了解决气吸式播种装置吸孔被堵塞的问题，庞昌乐运用理论与试验相结合的手段，分析了影响吸播种性能的因素，实现了软盘的对穴播种，防止了吸孔堵塞，提高了播种装置吸播种性能；王朝辉采用振动模态理论、两相流仿真分析、高速摄像和试验研究相结合的方法，进行了气吸滚筒式超级稻育秧播种装置的基础理论及试验研究；董永鹭进行了气吸滚筒式超级稻育秧播种装置种盘振动的基础理论及试验研究，探讨了激振力加载位置、激振力大小、种盘倾角对稻种在吸附区域分布规律的影响，分别采用正交试验设计、ANSYS 有限元分析和高速摄像技术全面分析了气吸式播种装置种盘的工作过程，探讨了气吸滚筒式播种装置种盘振动机理；赵湛为分析工作参数对气吸滚筒式播种装置吸种性能的影响，建立了稻种和滚筒的三维模型，得到稻种吸附瞬态运动轨迹，揭示了稻种被吸孔吸附机理，指出了播种装置的吸种性能随滚筒转速的提高而降低，随负压差的升高而增强。

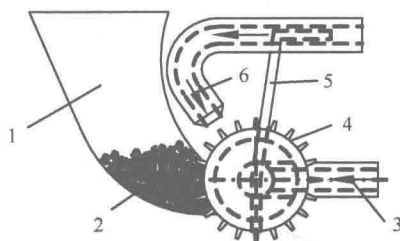


图 1-2 滚筒式水稻植质钵盘精量播种装置示意图

1. 稻种箱；2. 搅拌器；3. 吸风管；4. 排种滚筒；
5. 投种吹风管；6. 清种吹风管

1.2.1.3 振动吸盘式水稻植质钵盘精量播种装置

其结构如图 1-3 所示，该播种装置主要依据散粒体动力学理论而设计，其结

构包括气力吸盘、风道和振动台台面等。其工作原理：稻种在振动种盘内产生向上的抛掷运动而相互分离，呈“沸腾”状态，往复式驱动机构将真空负压吸盘送至振动种盘上方适当位置时完成吸种过程，当驱动机构运动至育秧盘上方适当位置后阻断负压气源，稻种靠自身重力和离心力离开吸种孔，落入与之相对应的育秧盘孔穴中，实现育秧盘的连续对靶播种。

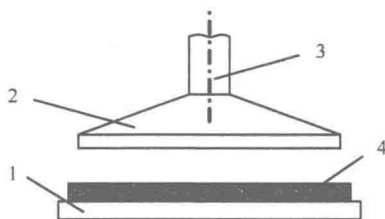


图 1-3 振动吸盘式水稻植质钵盘精量播种试验台示意图

1. 振动台台面；2. 气力吸盘；3. 风道；4. 稻种

国内外学者为研究播种装置播种机理，提高播种装置播种性能，进行了大量的理论与试验研究^[44-55]。例如，Jafari 等在 1994 年对发芽的种子利用气吸式播种装置进行了大量系统的试验，提出影响播种装置吸种能力的主要结构参数；刘彩铃运用流体动力学原理对水平吸盘式水稻育秧精密播种装置的吸种理论进行研究，建立了压力梯度力、吸种最小真空度和吸种最大真空度的数学模型，提出影响播种装置吸种能力的主要结构参数及影响结果；邱冰针对吸盘式的不足之处，将机械式激振结构改为电磁式激振机构，提高吸种效果，进一步完善了气吸式精密播种装置的设计理论；张敏为分析吸盘式水稻育秧播种装置工况参数和吸孔结构参数对稻种吸附性能和吸孔堵塞的影响，运用 ANSYS12.0、Fluent 软件对 3 种形式的吸孔在不同边界条件下的气流场进行仿真分析，获得了吸孔孔径对吸孔吸种空穴率和重吸率的影响，以及减少吸孔堵塞的方案；李耀明针对播种装置振动台面的振动频率和气力吸种部件进行了深入研究，认为播种装置内部吸盘携种传送的行程较大，充压吸种、卸压排种的时间较长，工作效率低，对气源功率和播量的依赖性很大，易产生气力不足、空穴率上升的情况，反之则重播率高，对气源压力和流量的实时控制较复杂，影响吸种合格率；汪春为控制流场的稳定性，在吸盘内部设计了带有窗型孔的内隔板，并对该播种装置进行了试验研究，得出了最佳结构参数组合；周海波采用振动原理，研制了一种电磁振动种室和气动振盘相结合的振动式精密播种

装置,以及气力式双层滚筒精密播种装置的秧盘连续输送与穴孔同步精准播种对中的控制系统,实现播种的精确控制,解决了秧盘育秧精密播种同步对中的难题;赵立新为提高气吸式播种装置的吸种性能,在激振的条件下使稻种在稻种盘内产生抛掷运动,从理论上分析并得出了使稻种产生向上抛掷运动的条件;张广智就气吸式水稻植质钵盘精量播种装置机理进行了理论分析和试验研究,建立了吸嘴前稻种在气流作用下的受力模型,并通过试验获得了最佳结构参数组合。

1.2.2 机械式水稻植质钵盘精量播种装置

机械式水稻植质钵盘精量播种装置的工作原理是利用型孔在种群中取种、充种、清种和卸种等环节由机械装置和稻种自身重力来实现。目前,机械式水稻植质钵盘精量播种装置主要以外槽轮式、型孔轮式、抽板式、型孔转板式为核心工作部件,其中外槽轮式属于撒播或条播,型孔轮式、抽板式、型孔转板式属于穴播。

1.2.2.1 外槽轮式水稻植质钵盘精量播种装置

其结构如图 1-4 所示,工作时槽轮旋转,稻种靠重力充满槽轮凹槽,并被槽轮带着一起旋转进行强制播种,具有通用性好、播量稳定、调节方便、结构简单等优点。由于该播种装置在播种过程中槽轮凹槽强制播种,使稻种流呈脉动,播量有脉动现象,排种均匀性较差,受机器振动影响较大。

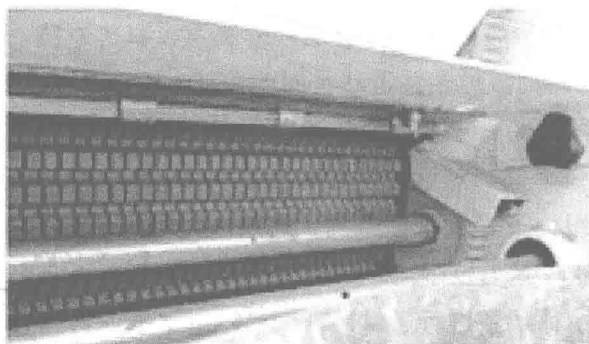


图 1-4 外槽轮式水稻植质钵盘精量播种装置示意图

1.2.2.2 型孔轮式水稻植质钵盘精量播种装置

其结构如图 1-5 所示, 该播种装置根据稻种的形状和尺寸等因素, 设计出各种窝眼, 其随型孔轮一道转动, 经过刮种器时, 窝眼内多余的稻种被刮去, 留在孔内的稻种由弧形的护种板遮盖, 当转到下方出口时, 稻种靠自身重力落入种沟内。

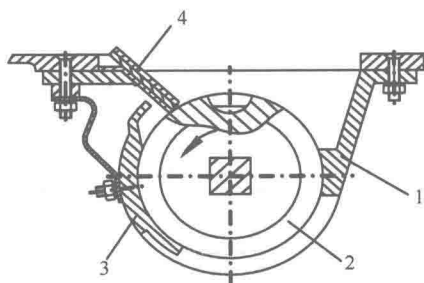


图 1-5 型孔轮式水稻植质钵盘精量播种装置示意图

1. 壳体; 2. 窝眼轮; 3. 护种板; 4. 刮种器

1.2.2.3 抽板式水稻植质钵盘精量播种装置

其结构如图 1-6 所示, 主要部件是一块有眼孔的抽板。抽板在曲柄连杆机构带动下往复运动, 当抽板上的眼孔和底板上的眼孔相对时, 稻种靠自身重力落入穴盘种穴中。在实际应用中根据穴盘孔数和稻种粒径可选换抽板和底板。

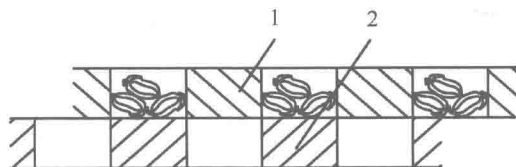


图 1-6 抽板式水稻植质钵盘精量播种装置示意图

1. 抽板; 2. 底板

1.2.2.4 型孔转板式水稻植质钵盘精量播种装置

其结构如图 1-7 所示,主要部件是型孔、翻板。稻种靠自身重力完成充种,当型孔内充入一定量稻种,翻板在拉杆的带动下转动,在摩擦力、重力、惯性力等作用下,稻种与型孔、翻板发生相对运动,当翻板转过一定角度,稻种在翻板上运动到一定程度后,稻种与翻板发生分离,分离后,稻种在自身重力的作用下,以一定的初速度、沿一定的轨迹下落,最后落入秧盘穴,完成播种装置投种过程。

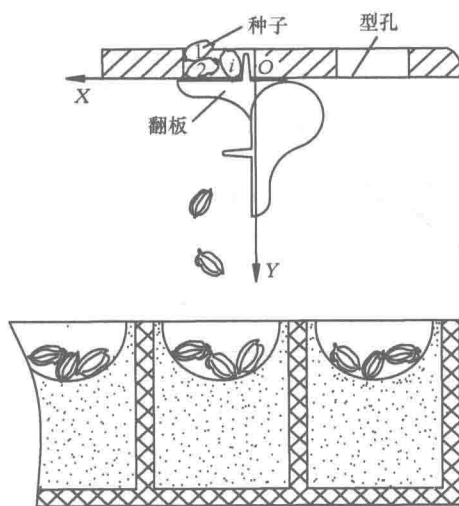


图 1-7 型孔转板式水稻植质钵盘精量播种装置示意图

国外学者对该播种装置的研究主要集中在日本,如井关、久保田、日清、三菱等株式会社都有自己的育秧播种设备,其自动化程度高,但主要用于蔬菜、花卉温室育秧,且其配套设备价格昂贵,综合使用成本高^[56-62]。国内相关研究虽起步较晚,但成果较多^[63-71]。例如,为了解决穴盘播种质量与生产效率问题,王立臣在原有平盘插秧播种机的基础上,研制出 2ZBZ-600 型水稻穴(平)盘播种设备,并指出播种装置中槽轮凹槽强制排种,排量有脉动,排种均匀性较差且受机器振动影响较大;王冲对投种过程中稻种运动规律、投种机理等进行了理论分析,把投种过程分为及时投种、延迟投种和强制投种,推导出每个过程中排种器各参数与穴盘运动速度间的关系式,并对投种过程进行了高速摄像分析,建立了型孔长

度与排种器等相关参数间的限制关系式,提出顺利投种的条件,并应用 Matlab 建立了排种器充种单粒率和空穴率的改进的 BP 神经网络预测模型,采用 Levenberg-Marquardt 训练方法对建立的网络进行训练、仿真预测,结果表明:利用改进的 BP 神经网络对排种器充种性能进行预测是可行的,可为排种器的优化设计及工作参数的选择提供依据,从而减少了试验时间和成本;毛艳辉在稻种特征分布规律分析的基础上,结合育秧播种的农艺要求,设计了一种水稻植质钵盘精密播种机,并对其有关机理及播种关键部件进行了理论分析和试验研究,通过对 5 种不同型式的型孔试验指标进行比较发现,V 型孔的播种效果是最好的;赵镇宏、宋景玲针对型孔板刷轮式苗盘精播装置建立了不同状况下的数学模型,利用理论与试验相结合的方法研究了型孔板孔径、刷种轮直径、种箱移动速度等参数对布种、清种的作用,指出排种时,尽管活动布种板型孔直径大于稻种直径,但稻种中一旦混入尺寸大于型孔尺寸的稻种或杂物,这些稻种或杂物将卡在型孔中,不能靠自身重力排出,影响播种质量,同时利用活动型孔板回移复位的结构特点,分析了稻种顺利排出而不被回位型孔板干涉所需最少时间条件,在此基础上优化设计了固定型孔板型孔直径;张文毅设计了一种链板式精密播种装置,链条速度和充种时间都可以根据不同的稻种而从优选择,确保了稻种能够填满播种板的容种孔,提高每穴播种量精确度;宋景玲设计了适合于刷轮式苗盘精播装置的强制排种机构,投种器采用伸缩结构,保证了播种的准确率。

综上所述,水稻植质钵盘精量播种装置的研究取得了一定的成果。但是以往的播种装置都是针对于塑料钵盘,该盘以聚氯乙烯为原料,育秧时需要的苗床土短时间内恢复困难,对资源环境造成了一定的破坏,而且育秧后的移栽技术仍摆脱不了抛秧或摆栽等诸多问题,综合经济效益与社会效益不高,不利于水稻种植的长久发展。从日本引进的树脂钵育秧盘可以与专属配套的插秧机联合使用,实现摆栽。但专属的秧盘成本太高,而且适合移植摆栽的插秧机也需要从日本进口,价格昂贵,不适合我国大面积水稻种植推广应用。为了解决上述问题,黑龙江八一农垦大学植质钵育创新团队以稻草为基本原料,研发了以水稻植质钵育秧盘、机械式水稻植质钵盘精量播种机及植质钵育栽植机 3 项技术为核心的水稻植质钵育栽植技术。实践证明,该项技术具有早期育苗、秧根盘结、秧苗齐壮、带钵移栽,移栽时不断根、无植伤、无缓苗期等特点。同时,钵盘以稻草为主要原料,可随秧苗被移入土壤一次性利用,达到秸秆还田的目的。为进一步提高机械式水稻植质钵育精量播种装置的播种性能指标,本书主要解决以下问题:①获得黑龙

江省常用水稻品种物理特性，通过对比分析，获得本书研究所需的基本数据；②根据水稻植质钵盘精量播种装置的工作原理，构建充种过程稻种运动模型，揭示播种装置充种机理，获得最佳结构参数；③根据水稻植质钵盘精量播种装置的工作原理，构建投种过程播种装置理论模型、稻种运动模型，揭示播种装置投种机理，获得最佳结构参数。这些问题的解决将为提高水稻植质钵盘育苗技术奠定理论基础，相关成果的应用将有助于水稻增产和提升水稻全程生产机械化水平，提高生产效率，降低劳动投入，促进农民增收。

1.3 主要研究内容

1.3.1 水稻芽种物理特性研究

对现有水稻品种进行调查，选取黑龙江省种植面积广、种植收益高的水稻品种，利用千分尺、电子天平、剪切仪、斜面试、休止角测定仪、万能试验机、高精度显微镜等仪器对水稻芽种的几何尺寸、千粒重、内摩擦角、休止角、自流角、硬度等进行测定，获得不同品种水稻芽种物理特性的变化规律，并进行对比分析，确定本书研究机械式水稻植质钵盘精量播种装置所需的试验材料及其物理特性。

1.3.2 机械式水稻植质钵盘精量播种装置充种机理与参数研究

充种是投种的基础，提高播种装置充种性能是提高投种率的前提，研究重点是：确定影响充种率的关键因素，确定最佳结构参数。解决这些问题需进行以下方面的研究。

(1) 理论研究

基于机械式水稻植质钵盘精量播种装置的特点，构建充种过程稻种运动模型，根据稻种可能的充种情况，确定影响充种过程的关键因素及种箱速度取值范围。该问题的解决揭示了充种机理，为装置充种过程试验研究中参数的选择及其取值范围的确定提供理论依据。