

水稻钵育机械化 栽培技术研究

● 陈恒高 著

SHUIDAO BOYU
JIXIEHUA



东北林业大学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

水稻钵育机械化栽培技术研究/陈恒高著. —哈尔滨: 东北林业大学出版社, 2005.8

ISBN 7-81076-801-8

I. 水… II. 陈… III. ①水稻-机械化-栽培-技术-研究 ②水稻插秧机-研究 IV. ①S511-048 ②S223.91

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 005143 号

责任编辑: 戴 千

封面设计: 彭 宇



NEFUP

水稻钵育机械化栽培技术研究

Shuidao Boyu Jixiehua Zaipei Jishu Yuanjiu

陈恒高 著

东北林业大学出版社出版发行

(哈尔滨市和兴路 26 号)

哈尔滨市工大节能印刷厂印装

开本 850 × 1168 1/32 印张 5 字数 123 千字

2005 年 8 月第 1 版 2005 年 8 月第 1 次印刷

印数 1—1 000 册

ISBN 7-81076-801-8

S·436 定价: 15.00 元

前 言

本书详细论述了十几年来对水稻钵育生产机械化的研究成果。书中采用了试验、模型与理论相结合的方法，对水稻抛秧机和水稻植质钵育栽植机的工作机理以及主要参数进行了系统的研究，将研究理论转化为实际运用，并在生产中取得了良好的经济效益。

本书根据水稻钵育抛秧的要求对钵苗育秧技术研究进行了论述。对水稻盘育钵苗抛秧机械，采用模型模拟试验进行了探讨，结合实验研制出2SP-6型机械手式水稻抛秧机并对机械的总体设计方案、部件工作原理进行了论述。通过建立力学模型确定出机械手取秧挺杆与凸轮接触部分的最佳角度，根据数学计算确定出凸轮的曲线形状为“阿基米德”曲线，据此设计制造出机械手式抛秧机的核心部件——滚筒式机械手取秧、抛秧机构。

为了降低水稻生产成本，省去育秧过程中的“塑料钵育秧盘”，探讨了“机制钵苗”育秧技术与配套设备研制。对育秧中育秧载体水稻秧苗的生长特点进行了对比试验。对其配套制块机械的设计及其工作原理进行了论述。

在机制钵苗配套抛秧机的研制中，采用模型及台架实验的方法，确定出几种分秧机构的方案，通过对比实验，结合生产实际设计制造出2SP-10型机制钵苗抛秧机。对分秧机构中的核心部件“凸轮—齿板机构”的研究，采用建立力学模型方法，通过齿板尖端的平面运动轨迹与特点的分析，推导出它的运动速度和加速度，根据计算结果确定出凸轮—齿板机构的最佳参数。该成果1995年通过黑龙江农垦总局科技局的技术鉴定。

由于水稻生产面临着严重的取土资源短缺和自然环境受到破坏的问题，因此开辟了新的领域——“植质钵育栽培技术”。在

研究过程中，通过模拟试验、模型建立并结合实际设计制造出“水稻植质钵育秧盘”，通过育秧试验及对比确定出育秧盘和育秧苗床土最佳材料的配比。该项技术已于2002年申请了国家“发明专利”，目前正在受理中。

在植质钵秧播种机械的研究过程中，通过建立种子在吸孔附近的受力模型，对各因素对吸附力的影响进行了全面细致的分析，通过实验结合实际研制出“水稻植质钵育秧盘播种机”，并在2002年获国家“实用新型专利”一项。

对水稻植质钵育栽植机械的研究，采用台架和理论分析法，根据植质钵育秧的要求，研制出植质钵秧栽植机，并在2002年12月通过了黑龙江农垦总局科技局的技术鉴定，2003年获国家“实用新型专利”一项。

本书系统、全面地叙述了水稻钵育生产机械化，特别是利用水稻秸秆和稻壳作为原料制成育秧载体和育秧苗床土以及研制的水稻植质钵育栽植机械，填补了这一领域国际上的空白，对我国水稻绿色环保机械化生产具有推动作用。

由于业务水平有限，书中难免存在错误之处，敬请读者批评指正。

著者

2005.1

目 录

1 绪 论	(1)
1.1 研究的目的是和意义	(1)
1.2 国内外研究概况	(3)
1.3 研究的主要内容和方法	(7)
2 水稻钵苗育秧技术及机械研究	(9)
2.1 钵苗育秧技术研究	(9)
2.2 钵苗播种技术与机械研究	(17)
2.3 苗床管理技术设计	(23)
3 水稻盘育抛秧机的设计	(28)
3.1 机械手式抛秧机设计	(28)
3.2 主要机构参数的确定	(33)
4 机制钵苗育秧与配套设备设计	(37)
4.1 机制钵苗移植技术的特点与优越性	(37)
4.2 机制钵苗的育秧技术	(41)
4.3 钵块的机制工艺与设备研制	(49)
4.4 机制钵苗的田间栽培技术	(55)
5 机制钵苗抛秧机械的设计	(62)
5.1 抛秧机的总体设计	(63)
5.2 分秧排序机构设计	(64)
5.3 自动排序机构的运动方程	(70)
5.4 定量抛秧机构设计	(73)
5.5 2SP-10 型水稻抛秧机主要技术参数	(74)
5.6 结 论	(75)
5.7 抛秧的水田管理技术	(76)

6 水稻植质钵育栽培技术与机械研究	(88)
6.1 概 述	(88)
6.2 水稻植质钵育秧盘的生产	(94)
6.3 集成型种盘的生产	(100)
6.4 水稻钵育秧播种	(103)
6.5 水稻植质钵苗移植技术	(127)
6.6 栽植机部分部件的使用与调整技术	(141)
结论	(147)
参考文献	(149)

1 绪 论

1.1 研究的目的是意义

水稻是我国人民的主要食粮，也是农民的主要经济收入来源。20 世纪 80 年代以前，我国为了解决温饱问题，对水稻品种选育及生产比较注重于产量，但对品质重视不够。因此，稻米品质普遍较差，80 年代以后，我国逐步重视发展优质稻生产，科研单位选育出一批优质稻品种。进入 90 年代，农业部和各省先后评选出一批部优和省优的优质稻品种，优质高产栽培和精加工技术也基本配套。优质稻生产发展很快，1999 年全国优质水稻面积为 1.5 亿亩^①，总产量约 6 000 万 t，分别占水稻种植总面积和总产量的 32% 和 30%。2000 年优质水稻面积达到 1.7 亿亩。但是，稻米品质差和劳动强度大、生产效率低仍是水稻生产中急需解决的问题。

随着生活水平的提高，我国人民对稻米品质的要求越来越高，特别是加入 WTO 之后，水稻生产急需全面改善稻米的品质和提高生产效率，提高在国际市场的竞争能力。在当前粮食生产数量相对充裕的有利时机，应全面开展对水稻品种的优化调整。“十五”期间，全国计划每年扩大优质稻栽培面积 1 500 万亩，到 2005 年面积发展到 2.5 亿亩，以促进我国水稻生产向优质、高

^① 亩不是法定计量单位，但为了叙述方便，本书中保留此单位。1 亩 = 0.067 hm²。——编者注

产、高效的方向发展，增加农民收入，提高稻米在国际市场上的竞争能力。

为了提高稻米的质量和生产率，我国早在 20 世纪 80 年代开始研究“水稻早育稀植、超稀植和钵育移植技术”，使水稻生产迈上了一个新台阶。在同等条件下，此项技术可以缩短水稻移植后的缓苗时间，将插秧时 5~6 d 的缓苗时间缩短为 1~2 d。因此，该项技术可以有效地提高水稻产量，并且可以大幅度地降低人们的劳动强度。

自早育稀植技术问世以来，经历了人工抛秧、机械散抛，存在的问题是均匀度差。为了克服抛秧均匀度和直立率低的缺点，各水稻高产区进行了很多探索，先后出现水稻抛秧、行抛、超稀摆栽机械，它们既发挥了盘育抛栽壮秧浅栽、全根下地缓苗快、分蘖多的优势，又避免了抛栽后稀密不均和东倒西歪的缺点。

所谓摆栽，就是利用钵苗按一定行、株距人工摆插，使钵苗土坨表面与泥面平齐，栽深 1.5 cm 左右，并把原有移栽密度缩小 1/3，包括秧盘在内的生产费用也相应减少 1/3，能显著提高单产。据各地对比试验，摆栽比抛栽增产 6%~8%，虽然又恢复了弯腰作业，每个工作日只能摆栽 2 亩左右，但为了提高产量，稻农还是欢迎的。黑龙江省在总结几年来摆栽经验的基础上提出了以“中早品种，塑盘早育，超稀摆栽，叶龄调控”为主要内容的高产栽培模式，并在适宜地区大力推广。吉林省的 200 多万亩钵苗移栽田 90% 采取摆栽。盘锦市 1998 年钵盘育苗栽培面积达 90 万亩，其中摆栽的达 90% 以上。

近几年水稻生产有了很大发展，仅黑龙江省水田面积就达 2 000 万亩。但是由此引发了盘育秧用苗床土采集困难和严重破坏生态环境的问题，而且矛盾日益加剧。育秧用的苗床土按农艺要求必须是草炭土，目前此土多采掘于优质良田、林带的表土、山坡的植被、草地、湿地，造成这些地方的植被资源的破坏，而

且在短时期内不容易恢复，如此年复一年地采下去，最终势必导致生态系统的严重破坏，而且由于资源的日渐枯竭，将直接影响水稻的种植。

此外，每年水稻收获后大量水稻秸秆和脱粒后水稻的稻壳，由于不能及时和妥善处理而造成许多不良后果。如水稻秸秆只有很少一部分被造纸厂收购，绝大部分被人们扔在田间，但为了不妨碍下一年的继续生产，人们不得不采取焚烧的方法处理。这不仅造成了大量的自然资源的浪费，而且污染环境，更严重者会引起火灾，直接危害人们的生命和财产安全。而对稻壳粉的处理更是令人担忧，每年水稻产区大量的稻壳被抛扔在野外的路边、地头，由于此种物质在几年内不会自然腐烂或分解，又不像稻草那样易于燃烧，而且由于是散状物质，点燃后极易被风吹散，形成火种，同样会引起火灾，造成不堪设想的灾难和损失。所以说，必须发展一种既不破坏生态环境又有利于水稻生产机械化的高效育秧产业化生产技术，从根本上改变了抛秧、插秧所存在的取土难、破坏自然环境的缺点，使水稻生产实现“机械化、绿色化”的重大变革。

1.2 国内外研究概况

随着科学技术的不断发展，水稻早熟、高产品种不断涌现，特别是水稻“早育稀植”、“钵育稀植”技术及机械的研究成果的出现，使过去那种单元形式的水稻生产不断系统化，推动了水稻全程机械化生产技术的发展。将过去的单纯人工和半机械化水稻种植模式逐渐发展为从整地、育秧、播种、施肥、移植、灌溉到收获、脱粒、烘干、贮藏机械化。水稻生产采用机械化，既可以节省人力、降低劳动强度，又可以使生产形成规模，达到优质、高产、低消耗，提高综合经济效益的目的。

1.2.1 国外概况

(1) 国外水稻生产技术比较先进的是日本和韩国。现以韩国为例对水稻生产技术状况作一介绍。韩国水稻生产的耕地和整地主要采用耕翻—旋耕—耙平—灌水—平整的作业工艺。主要作业机械有犁（铧犁、栅条犁、双向犁、驱动圆盘犁）和旋耕机等。近年来，有些水稻产区为简化作业方式，推广使用 V 型梁驱动圆盘犁，而旋耕机的使用在减少。这种机械采用了后掠式 V 型传动机梁，能够较好地解决侧向力的平衡问题。我国也有这类整地机械，但传动梁都是一字型直梁，V 型梁驱动圆盘犁值得我们借鉴。

(2) 生产该机的永晋机械株式会社（釜山市东莱区）是生产水田耕整机具的专业厂，产品几乎囊括韩国使用的双向栅条犁、驱动圆盘犁和旋耕机等各种耕整地机械，配套动力从 5 马力^①到 80 马力形成系列。该社对开发中国市场有兴趣，也愿意在中国寻找合作生产伙伴。

(3) 水稻移栽在韩国水稻生产中耗工较多，约占 30%，而且劳动强度大。韩国从 1970 年开始引进毯状苗育秧及机械化插秧技术，插秧机以四行步行机为主，近年来八行乘坐式高速插秧机也得到了推广，但步行机仍占总拥有量的 60%。目前开发了一种新的水稻栽植机，该机是在四行步行插秧机底盘上改装的，结构和作业动作类似于日本的水稻钵苗摆栽机，但是用来拔插格盘大秧的，其育秧盘是在普通平盘里加塑料隔槽（格槽宽约 1 cm，方向与秧盘短边平行）。作业时，将露出格底的秧根切掉，整盘上机，最大可移栽苗高 25 ~ 35 cm 的秧苗。据介绍，该机适合在温度较低的地区使用，这种栽植方式的最大优点是秧苗分蘖

^① 马力不是法定计量单位，但为了叙述方便，本书保留此单位。1 马力 = 735.499 W。——编者著

特别旺盛。从其适应秧苗及切根的要求上看,类似我国晚稻的洗根大苗移栽,对解决我国南方晚稻机械化移栽的难题将有积极意义。

(4) 近年来,韩国为了提高生产效率和降低成本,在较大的家庭农场推广水稻直播技术。据介绍,1999年韩国推广水稻直播面积为水稻总种植面积的7%,并有进一步扩大的趋势。经韩国京畿道农业技术学院的对比试验表明,直播稻与插秧稻相比,产量相差约3%,均为 6 t/hm^2 左右,收割期约推迟7d,播种成本可节约40%。韩国的直播技术可分为旱直播与水直播。旱直播使用小麦播种机,一机两用;水直播,一是使用弥雾机喷种撒播,二是使用专用水直播机。LG公司研制的水稻直播机,采用四轮驱动插秧机底盘,排种器为可调对插齿形槽轮式,该排种器在大播量时呈条播状,在中小播量时呈穴播状,这种排种器在日、韩及欧美播种机上大量使用,但我国尚未使用,应引进并与我国广泛使用的外槽轮式排种器进行对比研究。

1.2.2 国内概况

1.2.2.1 机械耕整地技术

水田机械耕整在于恢复和提高土壤肥力,使耕深层达18~25cm,满足耕层深浅一致、犁底层土壤疏松、蓄水保墒、地表平整等农艺要求,按土壤比阻、田块大小等选择机型,并配套耕整地机具,一般情况下,除低洼漂垡等水田在秋季难以作业的地块外,都要进行秋翻,利于通风透气和晒垡,改善土壤理化性能和水分状况,为泡田耙地创造良好条件。在该技术实施上我们主要采用了各种中、小型耕耘机械,收到了很好的效果。

1.2.2.2 钵盘育苗机械化技术

钵盘育苗机械化技术改变了传统平盘育苗方式,从根本上缓解了我国北方寒冷地区低温、返青慢等不利因素的影响。用塑料

钵盘育苗带土移栽，秧苗质量好，低节位分蘖多，成穗率高，使水稻稳产高产，是北方水稻生产的最佳栽培方式。

我国从 20 世纪 80 年代中期开始应用该技术，当时绝大多数都是用人工或者用简易播种器进行手工作业，效率低，无法满足规模作业的需求。为使育苗实现机械化作业，各地高校和科研部门设计出水稻穴盘育苗设备。特点是作业效率高，播量均匀，深浅一致，作业质量好，一次即可完成软塑穴盘的输送、铺底土、播种、覆表土和洒水等整个育苗作业过程，生产效率和播种质量大幅度提高，为该项技术的机械化作业提供了有利条件。

1.2.2.3 水稻钵育抛（摆）秧技术

钵盘育苗以其明显的增产优势为我国广大农民所接受。但在钵苗移植机械化作业上，可供选择的机具很少。从 20 世纪 80 年代末至 90 年代中期，我国在这方面的技术是走过了两条路：一方面从国外（日本）引进成套技术与机械；另一方面是国内各大专院校和科研部门自行研制。比较有代表性的机械有中国农业大学研制的 2ZPY 水稻系列抛秧机和黑龙江八一农垦大学研制的 2SP-10 型水稻抛秧机。2SP-10 型系列水稻抛秧机作业效率可达到 10~15 亩/h，是人工插秧的 10~20 倍。对于大地块规模作业效果更为突出。此外，和人工插秧相比，抛秧作业栽秧及时，返青快，增产效果明显。

1.2.2.4 水稻机械行抛栽技术

该技术是在水稻栽植机械化经过了机插、机抛、机摆等技术之后推出的一种新型水稻栽植技术，它是在水稻抛、摆秧技术的基础上，通过改进完善后开发出来的一种新型栽植技术，并保存了抛秧技术所具有的优点。从根本上改变了抛秧作业出现的均匀度差、不成行、不便管理等方面的不足，解决了水稻钵盘育苗成行机械化作业问题，是水稻栽培技术的一项新突破，为我国水稻栽植机械化生产开辟了一条新途径。

1.3 研究的主要内容和方法

1.3.1 水稻钵苗育秧技术及机械研制

水稻钵苗育秧技术及机械研制的内容包括水稻钵苗育秧技术的特点及育秧方法的理论，育秧机械的设计方案及其结构原理。

1.3.2 水稻盘育抛秧机的设计

水稻盘育抛秧机的设计内容包括机械手式水稻钵苗抛秧机总体方案设计，纵向进给机构、横向进给机构设计方法。通过力学模型建立，对机械手凸轮—伸缩杆机构进行了理论分析，确定出凸轮的曲线形状，并根据实验设计出机械手挺杆与凸轮接触部分的合理夹角。

1.3.3 机制钵苗育秧与配套设备设计

机制钵苗育秧与配套设备设计的内容包括机制钵苗的优势、设计特点、钵块的结构形式、制块机研制特点及其工作原理。

1.3.4 机制钵苗抛秧机械的设计

机制钵苗抛秧机械的设计的内容包括 2SP-6 型水稻机制钵苗抛秧机总体方案设计，通过实验台对分秧机构各种方案的对比实验，确定出齿板—偏心凸轮机构的分秧部件，并通过模型建立及理论分析法求出双齿板尖端运动方程，进而确定出齿板的主要参数。通过几何作图求出齿板运动轨迹，建立了齿板分秧过程的函数关系。

1.3.5 水稻植质钵育栽培技术与机械研究

水稻植质钵育栽培技术与机械研究的内容包括水稻植质育秧钵盘材料与形状研究, 水稻植质钵育秧盘播种机械的试验研究。通过数学模型的建立, 计算出气吸式播种机吸种盘穴孔的形状及其吸孔直径与吸种量之间的关系, 构建起水稻植质钵育种盘生产模式, 对植质钵育栽植机总体方案研制、双向螺旋轴的设计、纵向进给机构、秧盘横向定位支撑切割机构的设计进行了详细地论述并得出结论, 为环保型水稻机械化生产奠定了理论基础。

2 水稻钵苗育秧技术及机械研究

2.1 钵苗育秧技术研究

2.1.1 水稻钵育秧的特点

2.1.1.1 秧苗素质好

自 20 世纪 80 年代中期初水稻专家开始共同就“水稻塑钵盘育秧技术”进行了探讨和相关的实验,并取得可喜的成果。由于塑料育秧盘上的穴孔分布均匀,而且各孔型大小、形状相同,交错排列,钵体营养成分和数量相同。又因每个钵体内的播种量基本一致,所以,钵苗在育苗成长过程和移植过程中,都比常规旱育苗根系发达,扎根快,无缓苗期素质优越。具体表现如下:

(1) 秧苗粗壮,均匀一致。因每穴苗所占营养面积相同,受光相同,所以秧苗粗壮一致。百苗干重比普通旱育苗多 12.9% 左右。

(2) 根系发达,比同龄普通旱育大苗的根数多 28.6%。

(3) 移栽过程中不伤苗,不伤根,不易漂秧,立苗度可达 80% 左右。少量倒苗待 2~3 d 能自行立起。

(4) 无缓苗期,因为在移植中,根系毫无损伤而且移植前经过炼苗,抛秧后入土、遇水,便迅速扎根生长,不存在旱育移植的那种缓苗后才返青的过程。

2.1.1.2 生育快,分蘖早,分蘖多,质量高

实验表明,由于钵体内含丰富的营养,移植时就苗齐、苗

壮、根系发达。移植过程中，茎、根又毫无损伤，所以抛入田间后，改善了秧苗的生活条件，秧钵根系遇到泥、水后便很快就伸展开了，吸水、吸肥能力均比普通早育苗强。移植后 20 d 的生长量（株高 × 茎数），比普通早育大苗多 82.7%。

盘育钵苗抛入田间后，钵体入土深度只有 1.0 cm 左右。而普通早育秧至少需要插入 2 ~ 3 cm，否则易倒苗和漂秧。正因为钵苗入土浅，所以有利于分蘖。其分蘖期提早 2 ~ 11 d，分蘖部位低 2 ~ 3 节，分蘖数量多 34.8% ~ 42.9%。

由于盘育钵苗分蘖早，节位低，数量多，因此有效穗数多。抽穗期和成熟期各提早 2 ~ 3 d，比早育手插秧增产 5.6% ~ 10.5%。

2.1.1.3 省工、省力、省时、成本低

人工抛秧，3 个劳动力一天可抛 1 hm²，工效比人工插秧明显提高。人工抛秧有利于提高工效，减轻劳动强度，能大大缩短移植时间，保证农时，不会延误水稻生长的高产期。

经实验对比，从育秧的角度来看，盘育钵秧苗所需要的育秧面积是本田面积的 1/23，普通早育一般为本田面积的 1/100。从成本计算来看，每公顷需要塑料盘 600 只，合人民币 450 元，有效期为 3 年，每年折合人民币 150 元的秧盘费用，这是比普通早育多支出的费用。每公顷所育秧苗的用种量、农药、化肥比早育秧可以节省 23 元左右，每公顷移植时还可以节省人工费 270 元。

2.1.2 抛秧育秧盘的种类和结构设计

随着抛秧栽培的发展和抛秧机械程度的提高，抛秧育秧盘的种类就自然形成了两大类，即人工抛秧用秧盘和机械用秧盘。这两类秧盘圆锥形钵穴孔的尺寸相似，只是在排列方式和外形结构尺寸上各有特点。

2.1.2.1 人工抛秧用育秧盘

各地区所制造的人工抛秧盘的规格各不相同，穴孔数量分别有 490 个、561 个、572 个。穴孔尺寸上有大有小。排列方式也各有差异，图 2-1 为其中的一种。其穴数为 561 个穴孔，长度为 603 mm，宽为 326 mm，高为 16 mm。另外一种形状与此相同，尺寸为长 572 mm，宽 366 mm，高为 16 mm，穴孔数为 570 个。两者的锥孔均为上口 $\Phi 18.50$ mm，下口 $\Phi 11.00$ mm，高 16.00 mm，锥底孔 $\Phi 3.00$ mm，塑料厚度 0.22 mm。

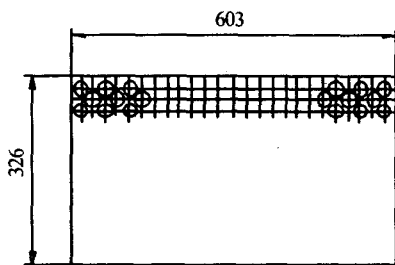


图 2-1 手抛秧盘示意图

2.1.2.2 机用抛秧盘

机械抛秧育秧有三种形式：一种是采用机械压制钵块，抛秧时将散乱的秧苗转入机械中通过排序进行抛秧；第二种采用普通育秧盘进行育秧，抛秧时将秧苗散乱地置入抛秧机的分秧机构中，通过排序进行抛秧；第三种是采用特制育秧盘（秧盘两边开出长孔），抛秧时将整体秧盘放在抛秧机的托板上，由抛秧机取出第一排的第一株秧苗抛到田间，再通过横向进给移动秧盘将第二株送到取秧位置，依次抛完第一排后，秧盘通过纵向进给机构送进，使第二排到达前排位置，保证抛秧时取苗的连续性和准确度。黑龙江八一农垦大学自 1986 年起先后对上述三种抛秧方式的制钵机械、育秧盘形状、育秧、抛秧机械进行了系统的研究，通过实验对机械抛秧盘的盘体规格、锥孔排列和整体结构提出了以下要求：

(1) 每一横排的钵孔数量必须相等，而且横向间距必须与机械横向进给同步；