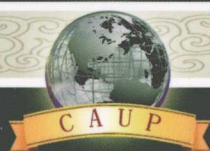


当代农业高新技术与理论专著



作物育苗制钵机与 移栽机试验研究

李成华 著



中國農業大學出版社

ZHONGGUONONGYEDAXUE CHUBANSHE

当代农业高新技术与理论专著

作物育苗制钵机与 移栽机试验研究

李成华 著



NLIC2970819325

中国农业大学出版社

• 北京 •

图书在版编目(CIP)数据

作物育苗制钵机与移栽机试验研究/李成华著. —北京:中国农业大学出版社,
2012. 7

ISBN 978-7-5655-0535-5

I. ①作… II. ①李… III. ①育苗—营养钵—种植机具—研究②栽植机—研究
IV. ①S223

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 087093 号

书 名 作物育苗制钵机与移栽机试验研究

Zuowu Yumiao Zhiboji yu Yizaiji Shiyān Yanjiu

作 者 李成华 著

策划编辑 宋俊果

封面设计 郑 川

出版发行 中国农业大学出版社

社 址 北京市海淀区圆明园西路 2 号

电 话 发行部 010-62818525, 8625

编辑部 010-62732617, 2618

网 址 <http://www.cau.edu.cn/caup>

经 销 新华书店

印 刷 涿州市星河印刷有限公司

版 次 2012 年 7 月第 1 版 2012 年 7 月第 1 次印刷

规 格 787×1 092 16 开本 15 印张 210 千字

定 价 50.00 元

责任编辑 洪重光

责任校对 陈 莹 王晓凤

邮政编码 100193

读者服务部 010-62732336

出 版 部 010-62733440

e-mail cbsszs @ cau.edu.cn

图书如有质量问题本社发行部负责调换

内 容 简 介

在分析作物育苗移栽技术工艺优势以及蔬菜育苗移栽特点的基础上,本书系统论述作物育苗所用营养基质压缩成钵、钵上精密播种育苗以及钵苗移栽机械装备的结构参数、性能参数和设计参数。

分析育苗基质成分组成对作物育苗过程中幼苗品质的影响,试验研究复合基质配比与营养基质压缩成型以及作物幼苗生长态势间的关系。在分析育苗基质压缩成型影响因素以及基质成型机理的基础上,研究制钵机结构参数和工作参数对压缩钵块质量的影响规律,仿真分析制钵机构的构成参数与机构动态运动特性间的关系,优化确定制钵机的合理设计参数。以倾斜圆盘气吹式播种器为育苗基质钵块上单粒精密播种装置,在理论分析气吹式排种装置工作特性的基础上,试验研究播种器结构参数和工作参数对播种性能的影响,为育苗基质钵块上精密播种装置的设计提供优化的参数。为保证育成作物钵苗在田间的高质量移栽,理论分析移栽机投苗装置的工作原理,试验研究移栽机结构参数和工作参数对钵苗移栽作业质量的影响,并采用机械优化设计的理论和方法,确定移栽机投苗装置的设计参数。采用机械虚拟设计理论和方法,建立挠性圆盘移栽装置的结构模型,进而仿真分析移栽装置结构参数对钵苗移栽过程中运动状态的影响,为移栽装置的设计提供了依据。

本书可作为农业机械化工程专业和有关作物育苗移栽机械装备研究设计人员的参考书,同时也可供从事作物育苗移栽机械生产企业工程技术人员参考。

前 言

机械化育苗是 20 世纪 70 年代末期发展起来的一种新的植物育苗方式,是利用专用的育苗机械设备,采用机械化精量播种方式,以流水线的生产方式形成植物苗培育的现代化育苗技术体系,目前已成为欧美发达国家专业化商品苗生产的主要方式。与传统的手工操作育苗方式相比,机械化育苗的优势主要体现在节约种子及培育优质壮苗、节省育苗费用、便于规范化管理以及制成钵苗便于运输和机械化移栽。特别是在欧美国家广泛应用的压缩营养基质成钵的育苗技术工艺,由于免去了育苗所用的传统塑料钵盘或钵盆而使育苗成本显著降低,同时更适合于机械化移栽作业。因此,开展育苗基质压缩成钵、钵上精密播种和育成钵苗移栽机械装备的研究,对于推动植物育苗移栽生产技术应用具有重要的意义。

在农业部“948”项目的支持下,沈阳农业大学于 2001 年从德国恩格机械设备公司引进了 Perfect300 育苗制钵机,从艾考德公司引进了三行半自动钵苗移栽机,并以引进的机械设备为基础,开展了相关的技术消化吸收和设备研制工作。经过近 5 年的研究和试验,完成了引进机械设备的研制。本书的主要内容是研究过程中有关机械设备试验和设计工作的综合。

全书共 7 章。第 1 章至第 2 章论述机械化育苗生产技术的优势和特点,分析已有育苗机械设备的组成和工作原理,进而阐述我国农业种植业生产中育苗移栽生产工艺中存在的问题。第 3 章分析机械化育苗基质的种类和特性,试验研究育苗基质的组成对机械化制钵性能的影响,并在试验确定基质成分对钵苗生长态势影响的基础上,优化基质成分的组合。第 4 章分析制钵机的工作性能与参数的关系,试验研究制钵机参数对制成钵块质量的影响,在制钵机构动态仿真分析的基础上,

确定制钵机构的优化参数。第5章在理论分析气吹式播种器工作原理和分种盘结构参数与播种性能关系的基础上,对钵上精密播种器的结构参数和工作参数进行试验研究,并通过播种试验确定播种器的优化参数。第6章至第7章分析钵苗移栽机投苗装置的工作原理,试验研究移栽机参数对钵苗移栽质量的影响,进而采用机械虚拟设计理论和方法,对移栽机进行建模和动态仿真分析,确定移栽机的优化设计参数。

感谢我的硕士研究生张伟、孙荣国和博士研究生高玉芝、王君玲,在引进设备的理论分析和试验研究中,他们承担了大部分的研究工作并出色地完成了各自的研究任务。本书是在项目试验研究技术报告的基础上经修改和补充而成的。

感谢农业部“948”项目办公室对研究工作的全力支持。在项目引进设备、试验研究、产品研制、结题验收的整个过程中,“948”项目办公室给予了及时的经费保障和必需的技术支撑。

由于本书内容涉及作物幼苗培育过程中的植物生理、育苗基质机械物理特性、机械设备结构参数分析、试验设计及统计分析、机械动态仿真和机械虚拟设计等方面,研究和分析过程中具有一定的难度,加上作者的学术水平有限,书中的错误和不当之处在所难免。恳请有关专家和读者不吝赐教,作者对此深表谢意!

李成华

于沈阳理工大学

2012年4月

目 录

1	植物机械化育苗在农业生产中的意义	1
1.1	机械化育苗的优势及意义	1
1.1.1	机械化育苗的优势	1
1.1.2	机械化育苗的意义	2
1.2	机械化育苗技术工艺的特点及要求	4
1.2.1	机械化育苗工艺	4
1.2.2	育苗技术特点及要求	4
1.3	国内外机械化育苗生产现状	6
1.3.1	机械化育苗生产现状分析	6
1.3.2	蔬菜育苗方式及特点	7
1.4	育苗机械主要类型及工作原理	9
1.4.1	制钵播种联合作业机组	10
1.4.2	制钵机类型及工作原理	12
1.4.3	钵上精密播种装置类型及工作原理	14
1.5	我国机械化育苗生产存在问题分析	17
2	蔬菜机械化栽植的作用及意义	20
2.1	蔬菜机械化栽植的作用及意义	20
2.1.1	机械化栽植的优势	21
2.1.2	机械化栽植的意义	22
2.1.3	机械化栽植技术工艺特点及要求	23
2.2	国内外蔬菜栽植机械化发展概况	23
2.2.1	栽植生产机械化发展状况	23
2.2.2	我国栽植机主要类型	28

2.3	蔬菜栽植机主要类型	35
2.3.1	栽植机分类	35
2.3.2	栽植器工作原理及相应机型	36
2.4	我国蔬菜栽植机械化现状分析	42
2.4.1	育苗栽植机械化生产存在的问题	42
2.4.2	蔬菜栽植机械化的研究方向	44
3	复合基质配比与制钵性能试验研究	46
3.1	育苗基质特性要求	46
3.2	国内外机械化育苗基质种类	47
3.2.1	培养土	47
3.2.2	培养基质	47
3.3	复合基质配比对制钵性能影响的试验研究	48
3.3.1	材料及设备	49
3.3.2	试验因素与试验指标	49
3.3.3	试验指标测定及试验结果	51
3.4	试验结果分析	54
3.4.1	试验指标回归方程的建立	54
3.4.2	制钵性能影响因素分析	54
3.4.3	秧苗生长势试验结果	59
3.4.4	幼苗生长势指标分析	60
3.5	制钵性能指标参数优化	62
3.5.1	目标函数的确定	62
3.5.2	约束条件的确定	63
3.5.3	优化计算	63
3.6	试验研究结论	64
4	营养钵制钵机试验研究	66
4.1	制钵机构成及工作过程分析	66
4.1.1	制钵机构成	66
4.1.2	各部分功能	67
4.1.3	制钵机主要参数及调整	68

4.1.4	钵上精密播种器构成及性能	69
4.2	制钵机作业性能评价	70
4.2.1	制钵机工作的精密性	71
4.2.2	制钵机的高效实用性	71
4.2.3	制钵机需改进的问题	72
4.3	制钵质量影响因素试验研究	73
4.3.1	试验材料与试验方案	74
4.3.2	试验结果分析	77
4.3.3	V_I 速度下的数学分析	79
4.3.4	V_I 速度下影响因素的参数优化	88
4.3.5	V_{II} 速度下的数学分析	90
4.3.6	V_{II} 速度下影响因素的参数优化	97
4.4	制钵机构动态仿真研究	98
4.4.1	机构建模与装配	99
4.4.2	机构动态仿真分析	101
4.4.3	仿真结果分析	103
4.5	制钵机构仿真优化试验	106
4.5.1	试验因素与指标选取	107
4.5.2	试验结果分析	108
4.5.3	单因素效应分析	110
4.5.4	因素间交互作用分析	112
4.5.5	制钵机构参数优化	117
4.6	试验研究结论	119
5	精密播种器试验研究	121
5.1	播种器结构及工作原理	121
5.1.1	播种器结构及工作过程	121
5.1.2	播种器工作参数调整	122
5.1.3	齿式棘轮机构工作过程分析	124
5.2	精密播种器理论分析	125
5.2.1	气吹式播种器的理论研究	125

5.2.2	播种器工作过程分析	129
5.2.3	分种盘型孔结构设计	138
5.3	分种盘参数试验研究及优化	140
5.3.1	影响播种性能的单因素试验	140
5.3.2	播种性能正交试验	144
5.3.3	播种性能通用旋转组合试验	149
5.3.4	播种性能指标数学模型的建立	150
5.3.5	试验结果分析	152
5.3.6	分种盘参数优化	165
5.4	播种器工作性能试验	167
5.4.1	茄子播种试验	167
5.4.2	试验结果分析	170
5.5	试验研究结论	170
6	移栽机试验研究	172
6.1	移栽机结构及工作过程	172
6.2	移栽圆盘投苗原理分析	173
6.2.1	最佳投苗位置分析	173
6.2.2	挠性圆盘夹持角 δ 的确定	177
6.2.3	圆盘上点的运动方程	179
6.2.4	苗体运动分析	180
6.3	移栽机性能试验研究	181
6.3.1	移栽机性能评价指标	181
6.3.2	地轮与输送链轮传动比对栽植株距的影响	184
6.3.3	影响栽植质量的单因素试验	184
6.3.4	影响栽植质量的正交试验	187
6.4	移栽机二次回归通用旋转组合试验	190
6.4.1	试验材料及试验条件	190
6.4.2	试验因素与指标	190
6.4.3	试验方案及试验结果	191
6.4.4	试验指标数学模型的建立	194

6.4.5	单因素影响效应分析	198
6.4.6	双因素影响效应分析	203
6.4.7	移栽机参数优化	211
6.5	试验研究结论	214
7	挠性圆盘栽植器虚拟设计	216
7.1	模型的建立	216
7.2	模型仿真分析	217
7.3	圆盘轴倾角对钵苗转角及夹持力的影响	222
7.4	圆盘中心水平距离对钵苗转角及夹持力的影响	223
7.5	研究结论	224
参考文献		225

1 植物机械化育苗在农业生产中的意义

机械化育苗是 20 世纪 70 年代末期发展起来的一种新的植物育苗方式,目前已成为欧美发达国家专业化商品苗生产的主要方式。机械化植物育苗是指用草炭、蛭石、珍珠岩等轻基质作育苗基质,利用专用的育苗机械设备,采用机械化精量播种方式,一次形成植物苗培育的现代化育苗技术体系(王化,1986)。资料表明,美国蔬菜商品苗约有 70% 为机械化专业生产,德国蔬菜商品苗约 80% 由专业育苗生产商提供。植物育苗机械化生产工艺使手工操作的小规模分散育苗方式走向育苗生产商品化的道路,并且规模不断发展,成为农业生产机械化水平较高的欧美国家植物育苗的主要方式。

1.1 机械化育苗的优势及意义

1.1.1 机械化育苗的优势

与传统的手工操作育苗方式相比,机械化育苗的优势主要体现在下述方面。

(1) 节约种子及培育优质壮苗

精量播种装置是机械化育苗设备中的关键部件,它使得每穴(或每钵)播种量为一粒种子成为可能。这不但节约了大量种子,同时也使得每一株苗得到营养钵全部的营养成分供给。由于机械化育苗采用基质作为幼苗生长的载体,其理化性能与养分供给适于幼苗生长,故所培育的秧苗长势优良,符合优质壮苗的量化指标。

(2) 节省育苗费用

与常规传统手工育苗方式相比,机械化育苗过程中的基质混拌、装

盘、精量播种、淋水、覆土等系列作业一次完成,实现自动化生产,每小时可播 500~800 盘(穴盘育苗),只需 4 人作业,每穴的播种单粒率达 95% 以上,成苗率在 80% 以上。节省人工,提高生产效率,提高育苗的质量,使得育苗的生产成本降低。

(3) 便于规范化管理

机械化育苗是集约化、规范化、规模化培育种苗的生产方式,育苗的环境能得到有效调控,增强育苗过程中抵御自然灾害的能力(王耀林, 2000),所培育的秧苗生长整齐一致,能按时按量地向植物种植者提供抗逆性强的优质壮苗。

(4) 适于运输和机械化移栽

采用机械化育苗方式培育出的秧苗形状一致,其幼苗呈上大下小倒锥形标准的“塞子苗”或以营养土或基质压成块状所育的“土钵苗”。因基质轻、吸水力强、不散坨、护根性好,能适应远距离运输。带钵秧苗机械化移栽到田间后缓苗快,成活率高。

1.1.2 机械化育苗的意义

在植物育苗移栽生产生产工艺中,育苗生产机械化随着农业种植业生产机械化水平的提高而发展壮大。特别是伴随着种植业生产方式的转变和农作物种植品种结构的调整,种植业对植物育苗生产方式提出新的要求。机械化育苗生产的意义主要体现在下述方面。

(1) 传统育苗方式已不适应现代设施园艺生产的发展

由于改革开放和农村种植业结构的调整,我国设施园艺栽培发展非常迅速,生产面积迅速扩大,其栽培的作物品种以各类蔬菜为主,分布在全国各地(王耀林, 2000)。但长期以来,传统落后的手工育苗方式影响着育苗生产的发展,“家家种大棚,户户育菜苗”的传统育苗方式仍没有改变,全凭经验和简陋的机械设备育苗,难以克服不利自然条件的影响,费时、费工、占地多、风险大,秧苗质量差,常因育苗技术不佳导致育苗失败而贻误农时,给生产造成难以弥补的损失。传统低水平的育苗方式与迅速发展的设施栽培不相适应,已经极大地制约了设施园艺向高产高效方向发展。因此,提高育苗技术水平、发展机械化育苗技术已成为设施

栽培中必须解决的关键问题。

(2) 机械化育苗的发展促进种植制度的改革和进步

机械化育苗技术的发展促使作物移栽种植面积增加,露地直播面积减少。种植实践证明,购买商品苗直接定植,虽然较露地直播增加成本约 20%,但是可实现管理规范,而且种植密度有保障,节省劳力,能增产 20%,作物生长整齐一致,便于机械化作业和采收。同时,育苗移栽种植工艺可以提前农产品的收获期,使得农产品在市场上具有更高的价格优势,为提高种植业的经济效益提供了有利的条件。

(3) 发展机械化商品苗生产是设施园艺发展的必然趋势

随着我国农村产业结构的调整,各地都在积极调整种植结构,发展适度规模经济作物种植,引进先进科技成果,加强科技投入,提高农产品市场竞争力。这给机械化育苗和秧苗商品化生产带来新的契机和发展机遇。目前全国从事轻基质育苗的生产商有近百家,但育苗的经营规模普遍偏小,每个育苗商提供的商品苗销量不超过千万株(王耀林,2000)。在欧美育苗生产机械化发展水平较高的国家,育苗公司承担着商品苗的培育及到田间种植地的运输,这极大地方便了种植农户,同时也体现了大农业生产的专业化。机械化育苗生产方式推动了育苗产业的发展,使育苗生产实现了专业化和商品化,经营规模越来越大。

(4) 机械化商品育苗是农业生产发展的必然要求

我国约有 4 000 万个蔬菜种植农户,其所用的蔬菜秧苗大多为自己培育。由于育苗设施简陋,育苗方法和手段落后,一方面导致种子浪费,另一方面秧苗质量不能保证,不利于集约化管理和提高蔬菜质量(田吉林,2000)。我国蔬菜苗的年需求量约为 4×10^{12} 株,发展商品苗生产具有巨大的市场潜力。从国外商品苗生产的发展历程看,要想使我国的蔬菜育苗形成产业,依靠传统的育苗生产方式和方法无法满足实际生产需求。另外,随着蔬菜生产及销售市场化体系的建立,季节差价越来越小,种植者对依靠栽植长龄大苗以解决早熟及提高种植效益的观念逐渐淡化。机械化育苗生产可使秧苗根系活力好,缓苗快,能获得较长的采收期和更高的产量,适应我国设施园艺快速发展的需要,具有广阔的应用前景。

1.2 机械化育苗技术工艺的特点及要求

随着农业种植业技术的发展,现代育苗方式多种多样。由于育苗方式的不同,相应的育苗工艺具有很大差别。现代育苗的主要特征是育苗生产和经营的专业化和规模化,同时育苗生产部门也实行高度分工和专业化合作。

目前在欧洲和美洲农业生产机械化水平较高的一些国家中,不但有许多大型专业化育苗农场,生产秧苗作为商品出售,而且有规模很大的种子公司、培养土配制公司和营养钵制造公司等。育苗农场可以从这些公司中买到所需的种子、培养土或营养钵等,这样就简化了育苗生产者的育苗程序。大型专业化育苗农场的育苗程序一般包括培养土配制、制营养钵、播种、移苗、成苗等阶段(王化,1986)。

1.2.1 机械化育苗工艺

现代机械化育苗所采用的方式在不同的国家具有一定的差异,但大致的工艺过程如图 1-1 所示。

1.2.2 育苗技术特点及要求

现代机械化育苗经营管理的主要特点是育苗规模大,大批量专业化生产,育苗工效高,周期短,秧苗的质量高。例如,一个每年能培育几亿株蔬菜秧苗的大型蔬菜育苗企业,其管理人员只有 20 人左右(陈殿奎,1990)。所以现代蔬菜大规模育苗的农场或企业,其育苗作业已实现机械化甚至自动化操作。

目前蔬菜机械化育苗一般采用营养钵盘或营养钵块作为秧苗生长载体,结合精密播种流水线生产。在机械化育苗生产流水线操作过程中,必须符合秧苗生长和发育要求的生物学条件,为保证育成秧苗的质量和一致性,每一个育苗钵中填充的培养土或培养基质的体积和营养成分应均匀一致,播种的深度应适宜。根据不同植物育苗的技术要求,机械化育苗生产流水线的构成和种类虽然很多,但对育苗流水线作业有以

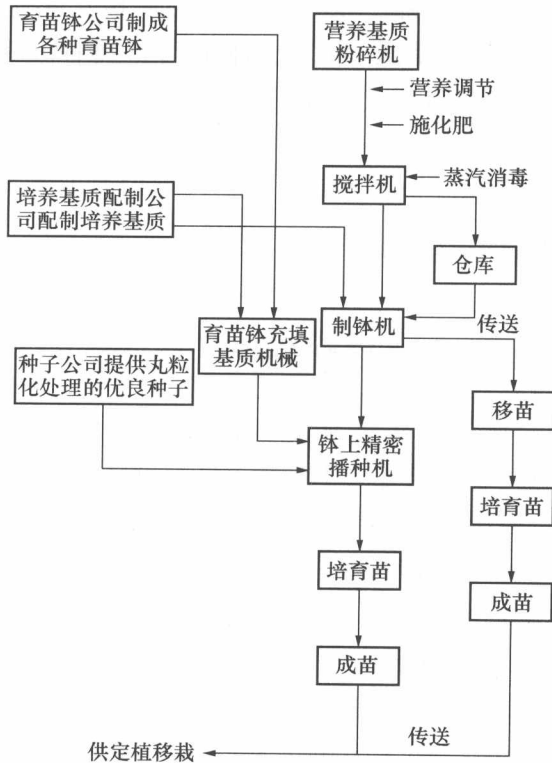


图 1-1 机械化育苗工艺流程图

下几方面的共同要求。

①一个育苗钵中要求能育成一株健壮的秧苗,因此必须应用生命活力强的种子,并播在育苗钵体中适当的位置。在设计育苗播种流水生产线时,不仅应能适用于未催芽种子的播种,也要能适用于已催芽种子的播种。

②为了提高机械化育苗生产的经济效益,应尽可能实现机械化和自动化操作,减少操作过程中的人力手工劳动,以减少人为的操作误差。同时,育苗生产线由专人操纵和专人负责,保证育苗生产的质量稳定性。

③育苗生产流水线应适用于各种型式的育苗载体,包括不同形状的营养钵体和育苗钵盘等,同时还要适用于不同种类的作物种子以及培养基质种类。

④育苗生产流水线各部分设备及装置必须相互配套,例如营养钵体成型、育苗秧盘盛装营养基质、育苗载体上精密播种及种子覆盖等必须相互配合。同时要求育苗生产流水线结构灵活可调,以使其具有广泛的适应性。

1.3 国内外机械化育苗生产现状

1.3.1 机械化育苗生产现状分析

尽管我国对农作物机械化育苗移栽技术的研究早在 20 世纪 50 年代末至 60 年代初就已经开始,但当时人们只注意到了育苗移栽的优点,忽视了经济效益,更没有科学地分析育苗移栽机械化生产过程中的多种技术难题,造成机械化育苗移栽技术的应用进展缓慢。近年来,人们对植物育苗移栽技术有了进一步认识,开始了主要针对经济作物育苗移栽技术及其机械化生产装备的研究。但由于我国地域辽阔,自然条件千差万别,各地的生产条件和生产环境各不相同,加之各地经济发展水平不一致,所以到目前为止,育苗移栽技术总体上基本处于小规模手工操作状态。如四川、贵州等地由于土地连片面积小,实现大型机械化育苗移栽有一定的困难,因此多采用单家单户式的土块育苗、人工栽植方式;而东北等大型农场多采用工厂化营养钵育苗和机械化栽植工艺(耿端阳, 2001)。

最近十余年间,蔬菜机械化育苗技术在欧美农业生产机械化水平发展较高国家得到迅速普及,应用面积最大的是美国,其次是意大利、法国、西班牙、英国、荷兰等国家。机械化育苗技术的应用,推动了育苗产业的发展,使蔬菜育苗生产进一步走向了专业化和商品化,经营规模越来越大。例如美国加州的绿心公司(Greenheart Transplant Farms)、萨利纳斯公司(Salinas Transplant Co.)、种植者(Grower Transplant Co.)等育苗公司,荷兰的范德贝克洛姆公司(Van Der Bekerom)和贝克砍普公司(Beekehkamp)等育苗公司以及意大利的瑞斯特亚(Resteya)种苗公司,商品苗年产量均达到 2.5×10^9 株以上。美国蔬菜商品苗已经有