

穴盘苗自动移栽机的发展现状与展望^{*}

曹卫彬 张振国 王 乔 张 鹏

(石河子大学机械电气工程学院, 新疆石河子 832000)

摘要: 本文针对目前新疆兵团大面积种植模式, 穴盘苗向大田移栽, 人工移栽成本高, 移栽周期长, 成熟期不一致, 不利于机械采收、移栽期间气候恶劣等一系列的问题, 对目前国内外主要的穴盘苗自动移栽机进行研究, 总结出国内外穴盘苗自动移栽机的发展现状, 并对穴盘苗自动移栽机未来的发展趋势进行了展望, 对新疆番茄、辣椒和棉花等经济作物大面积移栽具有良好的推动作用, 有利于增加团场职工的经济收入, 对新疆的农业经济发展具有十分重要的意义。

关键词: 穴盘苗; 自动移栽机; 发展现状; 展望

Development Status and Prospect of Plug Seedlings automatic transplanting machine

Cao Weibin, Zhang Zhenguo, Wang Qiao, Zhang Peng

(Machinery and Electricity Engineering College, Shihezi University, Shihezi 832000, China)

Abstract: In this paper, large-scale cultivation mode of Xinjiang Corps tomato plug seedlings big field transplanting, the high cost of artificial transplanting transplanting a long cycle, maturity is inconsistent, is not conducive to mechanical harvesting, transplanting during bad weather problems at home and abroad plug seedlings transplanting machine automatically, summed up the status at home and abroad plug seedlings automatic transplanting machine, and plug seedlings transplanting machine of the future development trend forecast, Xinjianga large area of the tomato, pepper and cotton and other cash crops, transplanting a good role in promoting, the increase in the income of the workers in the mission field, has great significance on the development of agricultural economy in Xinjiang.

Keywords: plug seedlings; automatic transplanting machine; development status; Prospect

引言

随着世界人口日益增加, 粮食和经济作物等农产品的需求量日渐增加, 世界各国对农业生产的发展都给予了极大的重视和关注。中国是世界上的农业大国, 农业机械化是我国农业现代化的重要组成部分, 我国在基本实现了耕作和收获作业的机械化后, 实现种植机械化正在成为农业机械化的一个重点领域。

穴盘育苗移栽技术是从 20 世纪 70 年代在欧美等农业发达国家率先发展起来的一种适合工厂穴盘苗生产的育苗移栽方式^[1], 与常规育苗移栽方式相比, 成本可降低 25%—40%, 具有出苗率高, 出苗整齐, 缓苗快, 病虫害少, 机械化程度高, 省工, 省时, 节约能源、种子和育苗场地, 便于

大规模管理, 保护和改善农业生态环境等各种优点。该技术代表了育苗移栽技术的发展方向, 受到了种植业者的欢迎。

新疆生产建设兵团自实行育苗移栽技术以来, 目前大部分地区仍是人工育苗移栽技术, 在移栽机械化方面起步还比较晚, 只是在部分地区引进移栽机。由于人工移栽劳动强度大、需劳动力多、效率低, 难以实现大面积、大规模移栽, 从而导致生产规模比较小、经济效益低下, 不利于穴盘苗移栽技术的推广应用, 移栽机械化程度比较低, 严重影响了新疆经济作物的发展。因此, 大力发展育苗移栽技术, 实现机械化移栽势在必行。

因此, 针对目前穴盘苗移栽中的人工移栽以及手工移栽器和半自动移栽机所存在的一些问题, 本论文将总结出国内外穴盘苗自动移栽机的

^{*}科技支疆项目 (2011AB025)

作者简介: 曹卫彬 (1959-), 男, 湖北谷城县人, 教授, 博士生导师, (E-mail)wbc828@163.com。

现状, 并对穴盘苗自动移栽机未来的发展趋势进行预测, 对新疆番茄、辣椒和棉花等经济作物大面积移栽具有良好的推动作用, 有利于增加团场职工的经济收入, 对新疆的农业经济发展具有十分重要的意义。

1 国内外技术现状

1.1 国外技术现状

国外发达国家的穴盘苗移栽技术起步较早, 栽植技术和设备的发展都比较快。近 20 年, 国外对移栽机的研究已进入自动化阶段。现阶段, 穴盘苗自动移栽机的实现方式主要有两种: 一种是依托现有工业机器人为主体的穴盘苗移栽机; 另一种是具有独立机电系统的穴盘苗移栽机^[2]。

其中以工业机器人为主体的穴盘苗自动移栽机是比较简单的实现移栽作业的机械。该类型的移栽机主要利用工业机器人的机械本体和控制器, 并安装能完成移栽的取苗装置、视觉传感器等元件, 来组成一个移栽机器人系统。

1987 年美国奥本大学 KUTZ 应用 CAD 二维软件研究设计了一种移栽机器人。该机器人的取苗机构是一个并行夹取式夹持器, 由 1 个气缸和 1 个并行的夹取抓手共同组成。其机械手只有张开和合拢两种原始状态, 这两个位置的距离差约为 20mm, 两个夹片各长 3mm。当夹取穴盘苗时, 每个夹持片转动 3mm, 对基质施加 4N 左右的力, 以保证能够机械手夹持住基质而又不伤害到苗。在苗盘相邻的情况下, 在 3.3 分钟内能完成 36 株幼苗的移植, 移栽后苗的成活率高达 96%^[3]。



图 1 苗圃植物移栽机器人的夹取装置

Fig.1 Nursery plants transplanting robot gripping device

美国伊利诺伊大学教授 K. C Ting 教授开发了一种气压针式取苗机构。该机构是由两个倾斜的针状夹持器和一个电容性的近程式传感器共同组成。每根针都是由一个双动空气气缸驱动, 针的位置和角度可根据穴盘和穴盘苗的不同而进行相应的调节, 电容式近程传感器可调节感应距离, 保证夹持器紧紧地夹住穴盘苗而不伤害穴盘苗。在移栽过程中, 针在一侧缩进, 接近穴孔后, 针状夹持器开始伸展, 穿入到穴盘基质中。幼苗从育苗盘移植到穴盘时, 单株苗移栽的时间为 2.6~3.25 秒^[4]。



图 2 SNS 夹取器

Fig.2 SNS gripping device

另外以独立机电系统为主体的自动移栽机, 通常由机械部分和控制部分两部分组成的移栽机械。并且随着软件工程不断的发展, 其性能和智能水平也在不断提高。对于以独立机电系统为主体的穴盘苗自动移栽机, 目前大多采用以下两种方式:

1) 以单片机作为控制系统的主要部分, 采集传感器的检测信息, 控制电气液动力传动装置来驱动取苗放苗投苗等移栽机构完成相应的移栽工作。

2) 采用 PLC 可编程控制器来实现相应的信息检测和动力驱动工作^[2]。

1995 年日本的 PT6000 型移栽机器人是第一台能够识别有无缺苗的移栽机器人。该机工作时, 穴盘苗输送系统将穴盘苗移动至夹取装置的下方, 经光电传感器自动检测。当穴孔内无缺苗时, 夹取装置将穴盘苗抓起, 用机械手带动到指定位置, 夹取装置释放穴盘苗, 然后输送带将植入穴盘的穴盘苗移走。另外其控制部分采用自诊断装置和单触式控制面板, 智能化程度在当时已经相当高。

韩国Ryu设计了一种由气动系统驱动的取苗机构。该装置的取苗机构由气动卡盘、夹取指、步进电机和气缸组成。其取苗机械手由步进电机带动旋转，并根据穴盘苗的方位确定针状夹取指的位置，避免抓取时对穴盘苗叶片的伤害。气缸可以推动夹取指插入苗盘的基质中，然后通过气动卡盘的开关来实现对穴盘苗的夹取、保持和投放^[5]。

2002年韩国Choi等人开发了一种新的用于蔬菜移栽的取苗装置。该取苗装置是由夹取指针、轨迹发生器和指针驱动器组成。该装置用23天的番茄苗做实验，该装置每分钟能移栽30个番茄苗，移栽成功率高达97%^[6]。



图3 夹取装置原型图

Fig.3 Gripping device prototype map

目前欧美一些发达国家(如美国、澳大利亚、荷兰和日本)依靠其本身的技术与资金方面的优势,已成功研制出多种类型的穴盘苗自动移栽机,并广泛用于生产实践,其工作效率高、可靠性强,受到广大农户的欢迎。

澳大利亚Transplant Systems公司生产的XT616型移栽机是茶树穴盘苗专用移栽机。XT616型移栽机的优势主要体现在3个方面:采用PLC可编程控制器实现对驱动装置(步进电机、气缸)的控制;通过简单的更改程序,便可调整机械手末端的动作幅度;配有多种不同规格的机械手末端执行器,以适应不同规格的穴盘苗移栽,提高了移栽本体的利用率、输送平台可折叠,可充分节省空间及成本。该移栽机体积相对较小,可靠性和灵活性都比较高,适用于大型育苗生产线和中小育苗户^[7]。

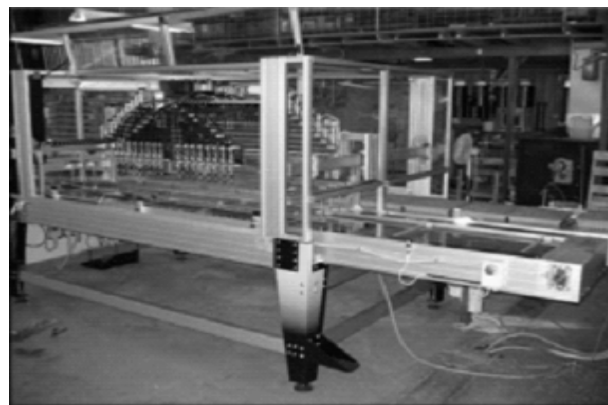


图4 XT616型移栽机

Fig.4 XT616 transplanting machine

美国RAPID Automated Systems公司的RTW型移栽机的片状夹持具,该装置的主要部件由片状夹指、楔形块、喷水管组成。该片状机械手通过气压驱动可以较好的实现穴盘苗的夹持。该装置具有结构简单,轻巧灵活,可靠性高等优点。

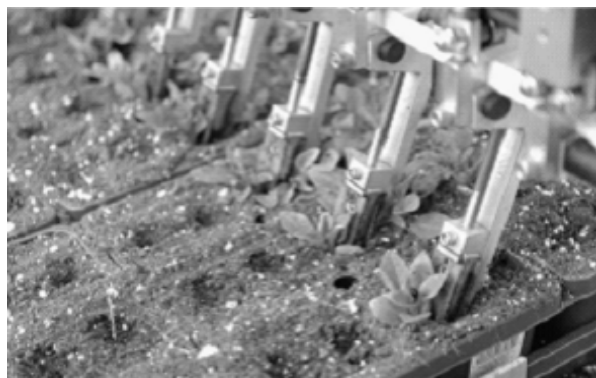


图5 RTW-500S2+移栽机的片状夹持具

Fig.5 RTW-500S2+ transplanting machine sheet gripper tools

综上所述,国外移栽作业的穴盘苗移栽机型比较多,自动化程度很高,适应大面积作业的自动移栽机也得到了快速发展,但是由于其通用性比较差,整体结构复杂,控制部分也很复杂,并且价格昂贵,难以适应我国中小规模农户的需求。

1.2 国内技术现状

国内的穴盘育苗技术研究时间还不是很长,穴盘苗自动移栽机的研究还刚刚起步,相比国外成熟的技术体系还有很大的差距。穴盘苗移栽机械分为田间露地移栽机械、温室内移栽的棚室移栽机械以及用于将穴盘秧苗植入花盆的自动移栽机械手。常见的田间露地移栽机机型主要包括:钳夹式移栽机、链夹式移栽机、挠性圆盘式移栽机、吊杯式移栽机、导苗管式移栽机、输送带式

移栽机、空气整根营养钵育苗移栽机。这些机型均应用于钵苗移栽,对于穴盘苗移栽均需要手工取苗、投苗,机械化程度低。目前,国内对穴盘苗自动移栽机的研究主要是集中在对温室内移栽的棚室移栽机械以及用于将穴盘苗植入花盆的自动移栽机械手的研究,还未涉足到适合大田作业的不需手工取苗投苗的穴盘苗全自动移栽机械的研究,仅有少数农业科研院校对穴盘苗移栽机进行了探索性的研究。

1996年吉林工业大学范云翔等研制出一种空气整根气吸式秧苗全自动移栽机。该机采用吸力较大的气缸投苗机构,投苗过程中穴盘苗与运动部件不直接接触,伤苗率相对较低。其移行机构由步进电机驱动,位置精度较高,由单片机来控制,整机可靠性较强。但该设备只适用于水稻秧苗,若用于移栽蔬菜和花卉等幼苗,则易使其茎秆折断^[9]。

2003年,中国台湾吕英石等人研制的可调整花卉穴盘苗假植机构假植爪动作的流程图,当假植爪位于原点时之状态为假植爪整体上升、夹取爪打开、并且位于穴盘上方。当要夹取穴盘苗时则假植爪整体往下降至定点后夹取,动作完成后。假植爪往上升移动至生长盘位置上方,假植爪下降将穴盘苗植入生长盘中,然后爪打开并同时上升,再借着气压缸回到原点,如此完成单一循环的假植作业^[10]。

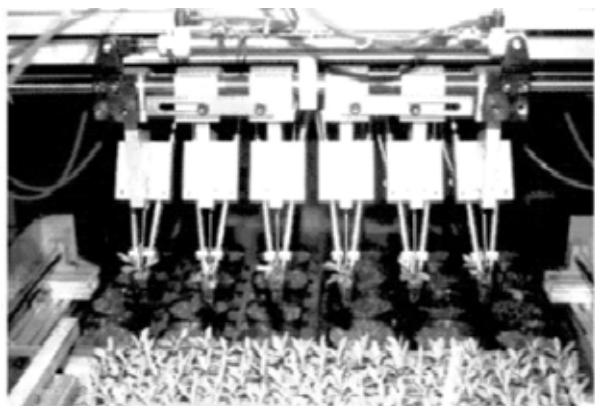


图6 气压式可调整花卉秧苗移栽机

Fig.6 Pneumatic adjustable flower seedlings transplanting machine

2005年中国农大孙刚对生菜自动移栽机进行了初步探索,设计了一种龙门式的移苗装置,用气爪作为执行部件,采用运行 $\mu C/OS-II$ 嵌入式操作系统的16位微控制器作为核心的控制系统^[11]。其研究的自动移苗机能按照编程的路径和方式可以完成规定的移栽,但是还不能克服幼苗的柔韧性等问题,气爪抓取的精确率和成功率需要进一

步的提高。因为只是初步探索,所以在移苗手爪、移苗机构的设计和机构的稳定性等方面还需要完善。同时,中国农业大学强丽慧的浮板蔬菜生产自动移苗装置是移苗机构中直接与苗接触的部分。由它来具体执行拔苗、栽苗作业。移苗装置由移苗气缸、移苗针、可调角度连接件、移苗针固定架等组成。拔苗时,移苗气缸伸出,移苗针以 30° 扎入基质中。之后,机械臂缩回,并向栽苗位置移动。在这个过程中移苗装置起到搬运苗的作用。栽苗时,移苗气缸缩回,移苗针随之缩回,苗栽入孔穴中。

由于取苗机构是实现全自动移栽的重要部件之一,其主要功能是驱动取苗机构的移栽机械手按照一定的路径从穴盘中取出穴苗,并夹带穴苗至栽植器接苗口处投苗,其作为取苗和投苗的直接设备,是区分全自动移栽和半自动移栽的关键。因此,一部分高校对穴盘秧苗移栽机的取苗机构这一关键部件进行了专门研究。

此外,还有部分人专门针对穴盘苗移栽机的控制系统进行了研究,作出了一定程度的改进和优化。

2007年,沈阳农业大学的田素博等人设计了一种基于PLC的穴盘苗移栽机械手控制系统。其中,穴盘苗移栽机械手的工作过程是:“定位—抓取—定位—投放”,能实现穴苗单线往复移栽,由气力驱动系统、夹持机构、控制系统及秧和花盆输送装置4个工作机构协同配合实现这一系列连续动作。其控制系统由PLC、行程开关等组成。结果表明,该控制系统的设计合理,性能可靠^[12]。

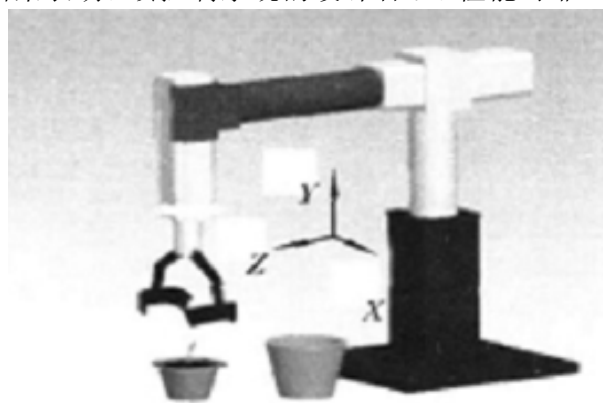


图7 基于PLC的穴盘苗移栽机机械手示意图

Fig.7 PLC plug seedlings transplanting machine manipulator schematic

2009年,刘凯等人研究了PLC在穴盘苗移栽机器人控制系统中的应用。所涉及到的穴盘苗移栽机器人由输送带、视觉相机、三维运动平台和

机械手组成。研究中通过 2 台 PLC 的合理组合和程序的设计,实现了多电机控制系统的架构,为移栽机器人各机构平稳、有序运行提供了软件基础。该控制系统整体布局合理,稳定性好,程序设计方法简单易行,提高了控制系统的柔性和可靠性,较好地兼顾了精度和成本^[13]。

目前国内所研制的温室内穴盘苗自动移栽机总体上存在着:柔性和可靠性差;定位精度不高,控制性能不稳定,智能化程度较低;作业效率不高,稳定性差等问题。因此,对于田间露地穴盘苗全自动移栽,除了要解决以上温室内穴盘苗自动移栽机所存在的一些问题之外,还要考虑大面积作业环境的复杂多变性,在兼顾效率和成本的前提下,去完善整个移栽系统的作业可靠性和稳定性。此外,大面积作业穴盘苗全自动移栽机相对于温室内的穴盘苗自动移栽机,除了要完成取苗以及放苗的移栽作业过程以外,还需完成栽植作业要求,因此,如何借鉴并优化现有的各种应用于钵苗移栽的田间露地移栽机的栽植部件,来实现大田秧苗全自动移栽机取放投的全程作业要求,也是需要考虑的关键问题之一。

3 结论

新疆生产建设兵团是我国主要农业种植区,针对新疆大面积种植棉花、番茄、线辣椒等作物

的育苗移栽技术的逐渐推广,目前新疆大部分地区仍是人工育苗移栽,在移栽机械化方面起步较晚,只是在部分地区开始引进移栽机,且所投产的移栽机均需要人工取苗喂苗。到目前为止,兵团仍以人工移栽为主。为了促进新疆生产建设兵团穴盘育苗移栽技术的推广,实现新疆生产建设兵团育苗机械移栽一体化,推动新疆种植业的发展,迫切需要研制出一种穴盘苗自动批量取投放移栽机来代替人工取苗投苗放苗,以便减轻劳动强度、解放劳动力、提高移栽效率和移栽质量,实现移栽机的全自动化,推动兵团经济跨越式发展。这不仅能满足新疆生产建设兵团对穴盘秧苗移栽技术发展的需求,还能很好地解决国内穴盘秧苗移栽机需要人工取苗喂苗所带来的劳动强度大、辅助用工多、作业效率低、难以满足规模化生产的需求等问题。

因此,为适应我国农业生产自动化和智能化需求,研究设计出性价比高、稳定性好、易于扩展以及具有良好开发环境的穴盘苗自动移栽机,来完成预定的取放投苗等移栽作业要求,以便减轻劳动强度,提高移栽效率,实现移栽机的全自动化。这对发展穴盘苗移栽技术,促进新疆生产建设兵团甚至全国农业机械化和自动化水平的提高具有十分重要的意义。

参考文献:

- [1] 王荣华,邱立春,田素博. 我国穴盘苗机械化生产的现状与发展[J]. 农机化研究, 2008,(07).
- [2] 丁文芹,毛罕平,胡建平,刘发. 穴盘苗自动移栽机的结构设计及运动仿真分析[J]. 农机化研究, 2011,(10):75-77,137.
- [3] L.J.Kutz. Robotic transplanting of bedding plants[J]. Transactions of the ASAE, 1987, 30(3):586-590.
- [4] K.C.Ting. Robot workcell for transplanting of seedlings .Part II: end-effector development [J]. Transactions of the ASAE, 1990, 33(3):1013-1017.
- [5] K.H. Ryu. Development of a robotic transplanter for bedding plants[J]. Agric. Engng. Res, 2002, 78(2):141—146.
- [6] W.C.Choi. Development of a seedling pick-up device for vegetable transplanters[J]. Transactions of the ASAE, 2002, 45(1):13—19.
- [7] <http://www.transplantsystems.com.au>
- [8] <http://www.rapidautomated.com/transplanter>
- [9] 范云翔. 温室全自动移栽机的研究开发[J]. 农业工程学报, 1996, 12(2):111-115.
- [10] 吕英石, 李新涛, 陈昱全, 郑经伟. 可调整式花卉穴盘苗假植机构之研究. 农业机械学刊, 2003, 1(4):11-24.
- [11] 孙刚, 张铁中, 郑文刚, 等. 生菜自动移苗机的研究[C]. 中国农业工程学会, 2005:298-301.
- [12] 田素博, 邱立春, 张诗. 基于 PLC 的穴盘苗移栽机械手控制系统设计[J]. 沈阳农业大学学报, 2007, 38(1):122-124.
- [13] 刘凯, 辜松. PLC 在穴盘苗移栽机器人控制系统中的应用[J]. 农机化研究, 2009, (12):179-180, 203.