

葫芦科营养钵苗单人操作嫁接机器人设计与试验*

褚佳 张铁中

(中国农业大学工学院, 北京 100083)

摘要: 基于葫芦科营养钵苗的“贴接法”嫁接技术,设计了由穗木夹持搬运机构、穗木切削机构、砧木夹持搬运机构、砧木旋切机构、嫁接夹自动排列输送机构、嫁接钵苗自动排列摆放机构组成的葫芦科营养钵苗单人操作嫁接机器人。通过试验得出,该机器人的理论嫁接速度可达440株/h,实际操作嫁接速度达到285株/h,嫁接成功率为92%,与同类型的双人操作营养钵苗嫁接机相比,人均作业效率提高36%。增加了嫁接钵苗的后续自动排列摆放机构,提高了嫁接生产自动化程度。

关键词: 嫁接机器人 葫芦科 营养钵苗 单人操作

中图分类号: TP242; S616; S723.1⁺34 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-1298(2014)S0-0259-06

引言

传统手工蔬菜嫁接栽培技术存在嫁接效率低、劳动强度大、嫁接苗成活率低等问题。为解决这些问题,嫁接机器人技术应运而生^[1-4]。进入21世纪,嫁接机器人技术在日本、韩国有了一定发展,并已应用于实际蔬菜育苗生产中,但此类嫁接机价格较为昂贵,并不适合一般农户和中小育苗基地^[2,5-9]。国内,中国农业大学率先研制出2JSZ-600型穴盘嫁接机以及BMJ-500型营养钵苗嫁接机^[10],此后,国内一些院校科研单位对蔬菜自动嫁接机装置也相继开展了研究。但到目前为止,国内外研制出的自动嫁接机基本上都需要2个人向机器供苗,机器的人均工作效率并不理想。

营养钵育苗是我国一些地区普遍采用的育苗方式^[11-12]。采用营养钵育苗方式的幼苗嫁接作业由于不用将苗从穴盘内取出,因而对根系损伤较小,利于嫁接后缓苗和生长;并可直接将钵苗移栽至大田,省工省力。

为进一步提高人均操作效率以及自动化水平,在前期研制的BMJ-500型嫁接机^[13-14]基础上,采用葫芦科的“贴接法”嫁接方式^[11,15],设计只需一个人就能进行砧木钵苗、穗木供苗和嫁接操作的高效单人葫芦科营养钵苗嫁接机。

1 系统组成及工作原理

葫芦科营养钵苗单人操作嫁接机器人主要由6部分组成,包括穗木夹持搬运机构、穗木切削机构、砧木夹持搬运机构、砧木旋切机构、嫁接夹自动排列输送机构以及嫁接钵苗自动排列摆放机构等,如图1所示。

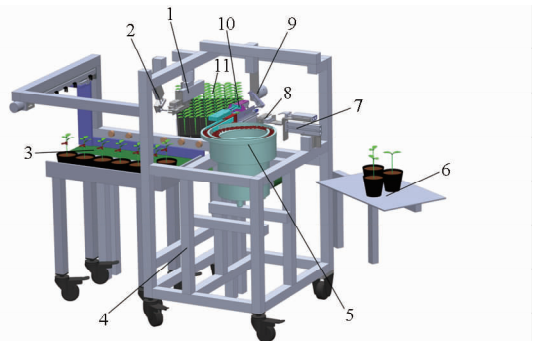


图1 嫁接机器人结构示意图

Fig.1 Structure diagram of grafting robot

1. 穗木夹持搬运机构 2. 穗木切削机构 3. 嫁接钵苗自动排列摆放机构 4. 机架 5. 振动送夹料盘 6. 砧木钵苗托盘 7. 砧木夹持搬运机构 8. 砧木固定机构 9. 砧木旋切机构 10. 自动送夹器 11. 穗木穴盘托盘

其工作过程如下:①穗木供苗切苗:由穗木穴盘托盘的穗木穴盘中取出穗木苗,放置于穗木夹持搬运机构上,随即该机构将穗木幼苗夹持并搬运到穗木切削机构,进行穗木的切苗处理。②砧木供苗搬

收稿日期:2014-07-30 修回日期:2014-08-25

* 国家高技术研究发展计划(863计划)资助项目(2012AA10A506-2)、公益性行业科技资助项目(201303014-09)和北京农业智能装备技术研究中心开放课题资助项目(KFZN2011W06)

作者简介:褚佳,博士生,主要从事生物生产自动化研究,E-mail:chujia_1117@126.com

通讯作者:张铁中,教授,博士生导师,主要从事生物生产自动化及机电一体化研究,E-mail:zhangtz56@163.com

送切苗:在完成砧木供苗后即可将砧木钵苗托盘中的砧木钵苗放置于砧木钵苗夹持搬运机构中,通过砧木固定机构、砧木旋切机构进行砧木子叶和生长点的切割处理。③砧木穗木贴合嫁接:砧木旋切机构将砧木切除一片子叶后,穗木夹持搬运机构将刚刚完成切苗、处在待命状态的穗木推送至贴合嫁接处与砧木贴合。④夹合固定:自动送夹器将由振动送夹料盘排列的嫁接夹送至砧、穗木贴合处,并使嫁接夹自动张开闭合,将贴合的砧木和穗木幼苗夹合固定在一起,完成嫁接作业。⑤回位排苗:砧、穗木搬运机构各自归位,等待下次作业;与此同时,已嫁接完成的钵苗被放置于嫁接钵苗自动摆放机构中的传送带上。⑥钵苗输送摆放:传送带将嫁接钵苗运送置嫁接钵苗放置区,通过位置传感器的检测,检测出嫁接钵苗需要放置的位置,由推送板将嫁接钵苗推送至苗钵收纳盘中的指定位置,规整摆放。⑦当苗钵收纳盘中的嫁接钵苗排列满之后,即可将其更新。

2 关键部件设计与分析

2.1 穗木夹持搬运机构

穗木夹持搬运机构的作用是完成对穗木苗的夹持和搬运,以保证穗木的正常切削并搬运至指定位置完成嫁接工作。目前国内外半自动嫁接机都设有砧木和穗木供苗台,由两人分别将砧木和穗木放到供苗台上,然后由搬运机械手从供苗台上将幼苗夹持搬运到切苗处、进行切苗嫁接。在一人操作的情况下,若沿用老方法设置供苗台将会使机器结构分布松散、给操作带来不便、降低工作效率。为此,本研究设计了集供苗台、搬运机械手于一身的穗木夹持搬运机构,结构如图2所示。主要包括:机架、旋转气缸、直推气缸、直推气缸连接板、穗木检测传感器、穗木夹持气爪、穗木切削支点等。

具体工作过程如图3所示:当操作人员将穗木放置于穗木固定支板的豁口处时,穗木检测传感器检测到穗木苗到位,随即穗木夹持气爪闭合夹持住穗木,旋转气缸旋转 90° 将穗木细苗旋转搬运至切苗处进行切苗(图3a)。当穗木苗切削完毕后,旋转气缸反向旋转 90° ,将已切削的穗木苗又旋回搬运置供苗处原位,然后直推气缸将穗木苗推送至嫁接处进入嫁接过程(图3b)。

根据工作环境及机构布局,选定直推气缸工作行程为 100 mm ;为保证完成穗木的夹持和搬运,穗木固定支板、穗木气爪和穗木切削支点的相对位置必须精确,经理论计算及试验分析,确定穗木固定支板上

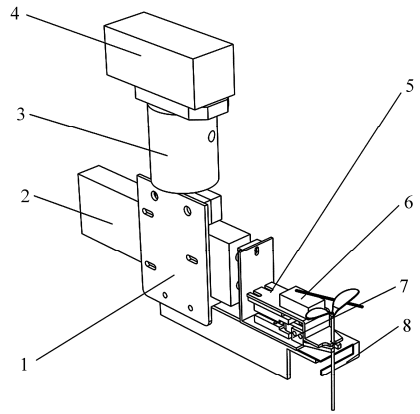


图2 穗木夹持搬运机构

Fig. 2 Scion pre-gripping and transporting unit

1. 机架 2. 旋转气缸 3. 直推气缸 4. 直推气缸连接板 5. 穗木固定支板 6. 穗木检测传感器 7. 穗木夹持气爪 8. 穗木切削支点

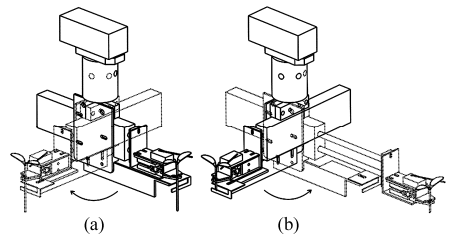


图3 穗木夹持搬运机构工作示意图

Fig. 3 Pre-gripping and transporting of scion

(a) 切削前穗木夹持搬运 (b) 切削后穗木搬运

表面高于夹持气爪上表面($3.5 \pm 0.5\text{ mm}$),夹持气爪上表面距离穗木切削支点上表面($10.5 \pm 0.5\text{ mm}$),穗木切削支点的开口为($7.5 \pm 0.5\text{ mm}$)。

2.2 穗木切削机构

穗木切削机构主要用于对穗木夹持搬运机构搬运至切削处的穗木苗进行切削。其核心结构包括切刀气缸、刀柄、刀柄连接块、切刀以及穗木夹持搬运机构中的穗木切削支点等。切削过程如图4所示:当穗木苗由穗木夹持搬运机构搬运到待切削位置后,切削机构在切刀气缸的快速推动下将架于穗木切削支点处的穗木茎秆斜切,切除部分自由掉落,切刀气缸缩回。

穗木切削支点的开口大小影响穗木茎秆的切削

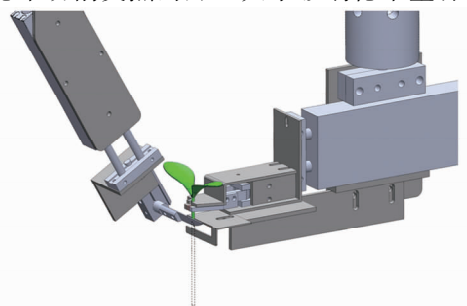


图4 穗木切削过程示意图

Fig. 4 Cutting of scion

质量:开口太小,不利于切刀进退;开口太大,穗木茎秆容易弯曲,影响切苗质量。理论上,开口大小 w 与切刀宽度 b 以及穗木预定切留角度 φ 间存在关系

$$w \geq b \cos \varphi \quad (1)$$

切刀选用普通 11 号手术刀片,宽度为 8.0 mm,穗木预定切留角度 30° ,由式(1)计算出穗木切削开口大小的理论值为 7.0 mm,因此确定穗木切削支点开口大小为 (7.5 ± 0.5) mm。

2.3 砧木夹持搬运机构

葫芦科砧木苗嫁接的关键是生长点能否准确切除。因此,本文砧木夹持搬运机构由两部分组成,分别是砧木固定装置和砧木钵苗搬运装置。如图 5 所示,主要由各直推气缸、砧木定位支板、砧木夹持气爪等组成。

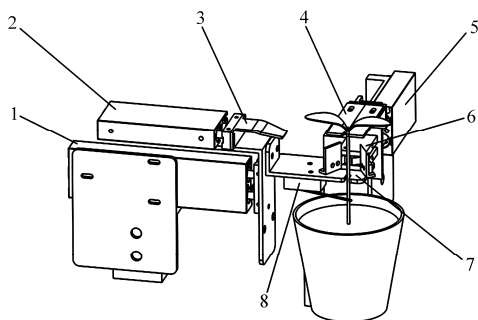


图 5 砧木夹持搬运机构

Fig. 5 Stock pre-gripping and transporting unit

1. 砧木搬运气缸 2. 砧木切苗支点气缸 3. 砧木切削支点
4. 砧木上定位支板 5. 砧木上定位支板连接气缸 6. 砧木夹持气爪
7. 砧木下定位支板 8. 砧木检测传感器

砧木夹持搬运机构主要完成对钵苗砧木的定位夹持、搬运以及砧木切削夹持。其主要工作过程如图 6 所示。当砧木上苗时,将茎秆上端两子叶根部卡于砧木上定位支板的豁口处,茎秆下端卡于砧木下定位支板的豁口处,砧木检测传感器检测到砧木就位后,夹持气爪闭合夹持住砧木,随后砧木上定位支板连接气缸带动砧木定位支板后退,与砧木分离,砧木搬运气缸伸出将砧木钵苗推送到砧木切苗位置,随即砧木切苗支点气缸伸出使砧木切苗支点抵住砧木生长点下方茎秆,准备进入砧木切削环节。

根据工作环境以及机构布局,选定砧木搬运气缸的行程为 90 mm,砧木切苗支点气缸的行程为 50 mm,砧木上定位支板连接气缸的行程为 30 mm。

2.4 砧木旋切机构

砧木旋切机构的作用是完成对砧木的削切,保证切除砧木生长点。采用旋切方式,有利于砧木生长点的切除,又能使另一片子叶完整保留。旋切机构主要由旋转气缸、刀片以及各连接件组成。

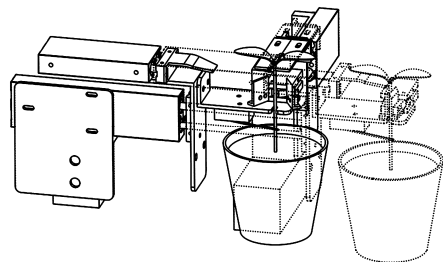


图 6 砧木夹持搬运过程示意图

Fig. 6 Pre-gripping and transporting of stock

砧木切削过程如图 7 所示。切刀在旋转气缸的带动下切除砧木一片子叶及生长点。能否干净利索地切除一侧子叶和生长点又不损伤另一片子叶对嫁接质量至关重要。图 8 所示为砧木切削过程的几何模型。

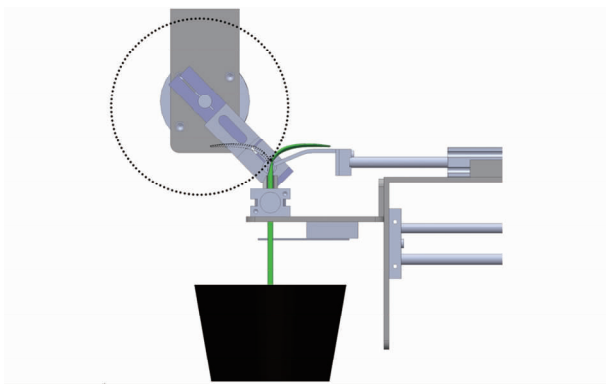


图 7 砧木切削过程示意图

Fig. 7 Cutting of stock

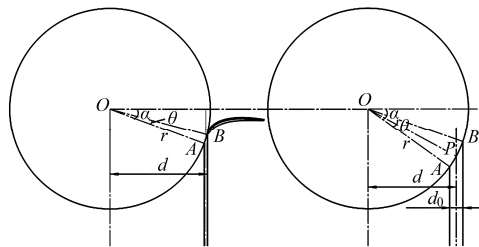


图 8 砧木切削几何模型

Fig. 8 Modeling of stock cutting

图 8 中,旋转切刀的旋转中心设为 O ,其距砧木茎秆中心轴的距离为 d ,该距离亦是安装旋转切刀机构时以砧木茎秆为基准时的水平安装尺寸。另设切刀切完砧木后与砧木茎秆相交的 2 点分别是 A 和 B ,理论上 \widehat{AB} 为砧木茎秆被切的形状,为便于计算,将弦 AB 与竖直方向的夹角 β 设定为砧木的切角。于是可得

$$\beta + \frac{\pi - \theta}{2} + \left[\frac{\pi}{2} - (\alpha - \theta) \right] = \pi \quad (2)$$

$$d = r \cos \left(\alpha - \frac{\theta}{2} \right) \quad (3)$$

式中 α ——线段 OA 与水平方向的夹角
 θ ——圆心角 $\angle AOB$

r ——切削旋转半径

由式(2)可知

$$\beta + \frac{\theta}{2} = \alpha \quad (4)$$

即 $\beta = \angle POX$, 也就是说砧木最终的留切角度 β 等于生长点 P 与切刀旋转中心 O 所构成的水平夹角 $\angle POX$ 。于是可知, 在旋转切削过程中, 砧木茎秆所切留的角度与旋转切削机构相对于砧木茎秆的安装位置有关, 而与茎秆直径 d_0 并无关系。于是可根据预定的砧木留切角度来确定旋转切削机构的安装尺寸。根据机构空间及位置关系, 初步选定 r 为 70 mm, 砧木茎秆留切角预设设为 30° , 这样由式(3)和(4)可得 $d = 60.6$ mm, 即旋转切削机构的旋转中心相对于砧木茎秆轴心的水平安装尺寸为 60.6 mm, 由此再可计算得出其相对于砧木生长点的垂直安装尺寸为 35 mm。另外, 为利于切削, 刀片安装时必须与弦 AB 的方向一致, 即与 AB 共线, 则要求在安装刀片时, 要求刀片垂直于径向。

为便于实际切削的调整, 在理论参数基础上, 对切削机构进行可自由调整的设计, 如图 9 所示, 该旋转切削机构在径向、切刀角度等参数上可自由调节, 方便实际切削过程的调整。

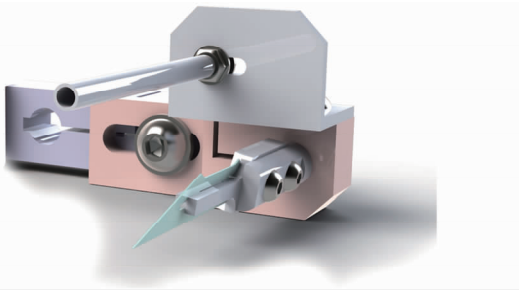


图9 可调旋转切削部件

Fig.9 Adjustable stock rolling-cutting unit

2.5 嫁接夹自动排列输送机构

嫁接夹自动排列输送机构包括振动送夹料盘和自动送夹器两部分。其中自动送夹器为其核心部件, 主要作用是将由振动送夹料盘振动所排列整齐的嫁接夹自动送出, 并经由排夹机构的协同动作使嫁接夹自动张开并闭合以保证顺利完成嫁接过程。如图 10 所示, 自动送夹装置主要包括送夹气缸、送夹推杆、送夹滑槽和压夹滑块推块等。

自动送夹的过程如图 11 所示: 送夹推杆在送夹气缸的推动下, 将嫁接夹经由送夹滑槽推出, 与此同时, 两侧的压夹滑块推块在送夹气缸与连接件的带动下伸出, 并在斜面配合的作用下, 压夹滑块压向内侧, 使嫁接夹张开; 随后送夹气缸带动送夹推杆及压夹滑块推块退回, 嫁接夹在弹簧的作用下闭合并夹合砧穗木, 2 个压夹滑块也在嫁接夹回闭的过程中

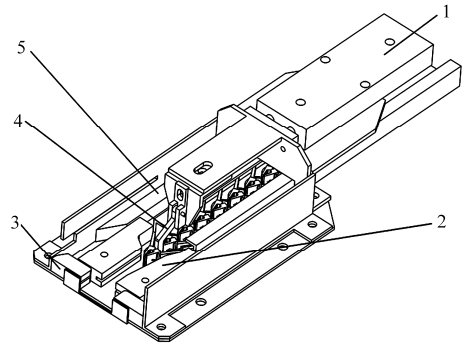


图10 自动送夹器

Fig.10 Clip auto-sending unit

1. 送夹气缸 2. 送夹滑槽 3. 压夹滑块 4. 送夹推杆 5. 压夹滑块推块

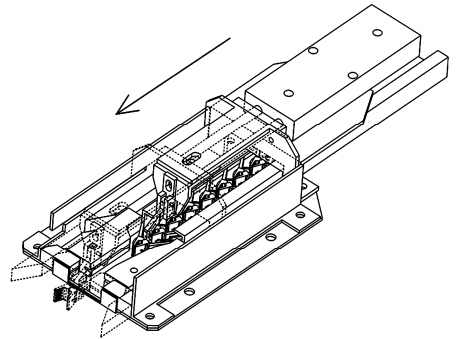


图11 自动送夹过程示意图

Fig.11 Auto-sending of clips

返回原位。

当砧木和穗木都处理完毕被搬送至嫁接区域时, 嫁接夹在自动送夹器的作用下推出并夹合砧穗木, 与此同时, 砧木子叶辅助拨杆也在送夹气缸和连接滑块的作用下产生扶持砧木子叶的动作, 使嫁接顺利完成, 如图 12 所示。

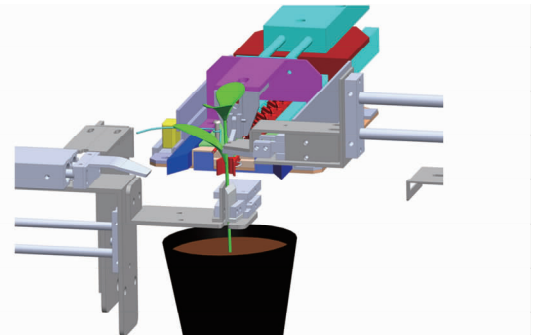


图12 嫁接过程示意图

Fig.12 Grafting of scion and stock

2.6 嫁接钵苗自动排列摆放机构

嫁接钵苗自动排列摆放机构的作用是将已经嫁接完成的营养钵苗自动进行排列放置, 以减少人工放置的过程。如图 13 所示, 它主要由推送线性模组、苗钵横向位置传感器、苗钵推板、苗钵纵向位置传感器、苗钵传送带和苗钵收纳盘等组成。

嫁接钵苗自动排列机构的工作过程如下: 当钵

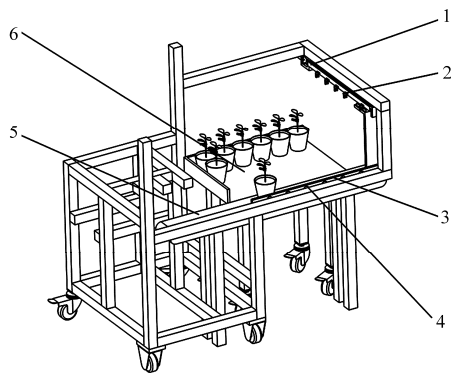


图 13 嫁接钵苗自动排列摆放机构

Fig. 13 Grafted-seedling bowl auto-arranging unit

1. 推送线性模组 2. 苗钵横向位置传感器 3. 苗钵推板 4. 苗钵纵向位置传感器 5. 苗钵输送带 6. 苗钵收纳盘

苗嫁接完成后,由人工放置于苗钵输送带上,苗钵输送带将嫁接苗钵输送至苗钵收纳盘附近,苗钵纵向位置传感器检测到嫁接苗钵后通过控制系统的识别判断嫁接钵苗应该推送的位置,然后在推送线性组和苗钵推板的作业下推送至苗钵收纳盘中的指定位置。依靠苗钵横向位置传感器和纵向位置传感器的联合作用使嫁接钵苗在苗钵收纳盘中形成若干行列的规整摆放;当苗钵收纳盘中的嫁接钵苗充满之后,即可将其更新。

3 试验与分析

为确定整机工作性能参数,分别对切削、嫁接、钵苗自动排列进行相关试验。

3.1 砧穗木切削试验

试验所选取的对象分别为:砧木选用白籽南瓜,穗木选用津春4号黄瓜。分别随机选取100株砧木苗和穗木苗进行切削试验。试验结果如表1所示。

表 1 砧穗木的切削成功率

Tab. 1 Stock and scion cutting success rate

材料	试验株数/株	切削成功株数/株	切削成功率/%
砧木	100	96	96
穗木	100	100	100

由于穗木切削机构的特殊设计,即设计了穗木切削支点,因此在实际切削过程中,不论是生长状况如何的穗木苗,都能较成功的进行切削,试验中穗木切削成功率为100%证明了这一点。而对于砧木而言,采用旋切的方式,其切削效果会受到砧木子叶展开程度的影响,这与实际试验过程也相符,在本试验的100株砧木苗中,切削不成功的4株便是由于子叶展开过于平展并向下弯曲导致的。

此外,在进行砧木供苗时可将两片子叶进行适当的梳整以便于砧木子叶的切削。另外,在对穗木

进行切削时,如果穗木茎秆在切口附近弯曲过大,容易造成切削后进行贴合时贴合失败,不利于嫁接作业的顺利进行。在上穗木苗时可手工将穗木苗进行适当的捋直,以便嫁接作业顺利进行。

3.2 嫁接性能试验

嫁接性能指标分别是嫁接速度和嫁接成功率。选用白籽南瓜和津春4号黄瓜分别作为砧木和穗木,分别进行3组试验,为便于比较,前2组各选取100株幼苗进行试验,第3组采用不上苗空运行试验。试验结果如表2和表3所示。

表 2 嫁接机的嫁接速度

Tab. 2 Grafting velocity of grafting machine

嫁接参数	第1组	第2组	第3组
试验株数/株	100	100	50
总时间/s	1267	1260	409
嫁接速度/(株·h ⁻¹)	284	286	440

表 3 嫁接机的嫁接成功率

Tab. 3 Grafting success rate

试验组号	试验株数/株	嫁接成功株数/株	嫁接成功率/%	切削不合格/株	接合失败/株	上夹失败/株
1	100	90	90	5	2	3
2	100	95	95	3	1	1
合计	200	185	92	8	3	4

由表2可见,该嫁接机的平均嫁接速度为285株/h,与同类型的双人操作BMJ-500型营养钵苗嫁接机(嫁接速度为420株/h)相比,人均作业效率提高36%。而通过试验可知,当不上苗进行机器空动作的试验组中,其操作速度可达440株/h,即该机的理论嫁接效率可达440株/h。在试验的上苗操作作业中,由于只有一个人操作机器穗木苗和砧木苗的上苗工作,两作业操作会有一定时间的耽误,因此嫁接机的嫁接效率会因人而异。若由较为熟练的人员进行操作,其嫁接效率会达到一个较高的水平。

由表3可知,嫁接机的平均嫁接成功率为92%。嫁接失败的主要原因是因砧穗木的长势不好导致的切削不合格,接合时切削面的吻合度不够以及嫁接夹的不合格导致的上夹失败。以上试验的失败数中,切削不合格主要是由于几株砧木苗的生长状况不佳导致的砧木切削不合格,接合失败主要是由于穗木苗茎秆的过度弯曲导致,而上夹失败则主要是因为试验过程中出现了不合格的嫁接夹导致的。因此,对于机器嫁接来说,嫁接苗的生长状况较为重要,建议选用生长状况良好、符合嫁接条件的嫁接苗进行嫁接。另外,机器长时间动作后刀片会沾上汁液,建议定时清洁。

3.3 钵苗自动排列试验

本系统对嫁接完成的钵苗设计了自动排列放置机构,并对自动排列放置机构的排列精度、工作效率进行试验。

经试验,单次钵苗排列放置最长耗时(即将嫁接钵苗摆放至最远位置处装置再次复位所需的时间)为 8.5 s,而通过之前试验可知该嫁接机的嫁接速率为 12.6 s/株,即单次钵苗排列放置的最长时间小于平均一株苗嫁接所需要完成的时间,也就是说该装置可进行连续作业,且不影响正常嫁接流程。

4 结论

(1) 设计了基于单人供苗操作的营养钵苗的嫁

接机器人,克服了以往机型须由两人供苗操作的缺点。

(2) 摒弃了机构桌面固定式的操作平台,采用型材框架悬挂组合式结构,使机构的安装、调整及操作十分方便。

(3) 该嫁接机器人的嫁接成功率达到 92%,实际嫁接效率为 285 株/h,比同类型的双人供苗嫁接机的人均工作效率提高 36%。

(4) 设计了嫁接钵苗自动排列放置机构,省去了人工摆放作业、提高了工作效率和嫁接生产自动化水平。

参 考 文 献

- 邢国明,李丽君. 茄果类蔬菜嫁接栽培研究进展[J]. 沈阳农业大学学报, 2000, 31(1): 144 - 146.
Xing Guoming, Li Lijun. Advances in the research of cultivation of grafting aubergin and fruit vegetable[J]. Journal of Shenyang Agricultural University, 2000, 31(1): 144 - 146. (in Chinese)
- 辜松,江林斌. 国内外蔬菜嫁接机的发展现状[J]. 东北农业大学学报, 2007(6): 847 - 851.
Gu Song, Jiang Linbin. Development of domestic and foreign vegetable grafting robot[J]. Journal of Northeast Agricultural University, 2007(6): 847 - 851. (in Chinese)
- 宋永海. 黄瓜嫁接技术[J]. 现代农业科技, 2010(20): 145 - 147.
Song Yonghai. Grafting techniques of cucumber[J]. Modern Agricultural Sciences and Technology, 2010(20): 145 - 147. (in Chinese)
- 陈亚丽,朱为民,刘龙洲. 嫁接技术在葫芦科作物中的应用[J]. 长江蔬菜, 2012(6): 6 - 10.
Chen Yali, Zhu Weimin, Liu Longzhou. Research progress of grafting technology and automation for watermelon seedling nursery[J]. Journal of Changjiang Vegetables, 2012(6): 6 - 10. (in Chinese)
- Tian Subo, Xu Dongei. Current status of grafting robot for vegetable[C] // 2011 International Conference on Electronic and Mechanical Engineering and Information Technology, 2011, 4: 1954 - 1957.
- Lee J, Kubota C, Tsao S J, et al. Current status of vegetable grafting: diffusion, grafting techniques, automation[J]. Scientia Horticulturae, 2010, 127(2): 93 - 105.
- 王锋锋,刘明刚,吴晓峰,等. 国内外苗木嫁接机器人研究现状及发展趋势[J]. 林业机械与木工设备, 2011, 39(1): 16 - 18.
Wang Fengfeng, Liu Minggang, Wu Xiaofeng, et al. Development trend of domestic and foreign seedling grafting robots[J]. Forestry Machinery and Woodworking Equipment, 2011, 39(1): 16 - 18. (in Chinese)
- 张品端. 日本的蔬菜嫁接机器人[J]. 机器人技术与应用, 1997(5): 11 - 14.
Zhang Pinduan. Vegetable grafting robots in Japan[J]. Robot Technique and Application, 1997(5): 11 - 14. (in Chinese)
- 姜凯,郑文刚,张骞,等. 蔬菜嫁接机器人研制与试验[J]. 农业工程学报, 2012, 28(4): 8 - 14.
Jiang Kai, Zheng Wengang, Zhang Qian, et al. Development and experiment of vegetable grafting robot[J]. Transactions of the CSAE, 2012, 28(4): 8 - 14. (in Chinese)
- 张铁中. 2JSZ-600型蔬菜自动嫁接机[J]. 农村百事通, 2000(21): 42.
- 樊丽. 几种瓜果类蔬菜的嫁接方法[N]. 山西科技报, 2003-5-27(5).
- 杨喜田,霍利娜,赵宁,等. 种基盘苗与营养钵苗根系生长和形态的差异[J]. 中国水土保持科学, 2009(5): 48 - 51.
Yang Xitian, Huo Lina, Zhao Ning, et al. Differences of root growth and morphology of seed-base seedling and container seedling[J]. Science of Soil and Water Conservation, 2009(5): 48 - 51. (in Chinese)
- 闫俊杰. 营养钵苗嫁接机器人的研究[D]. 北京: 中国农业大学, 2004.
Yan Junjie. Study on grafting robot for nutritional bowl seedling[D]. Beijing: China Agricultural University, 2004. (in Chinese)
- 赵颖,孙群,张铁中. 营养钵茄苗嫁接机器人机械系统设计与实验[J]. 农业机械学报, 2007, 38(9): 94 - 97.
Zhao Ying, Sun Qun, Zhang Tiezhong. Mechanical system design of grafting robot for nutritional bowl eggplant seedlings[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2007, 38(9): 94 - 97. (in Chinese)
- 段永安,段永峰. 不同嫁接方法对黄瓜生长的影响[J]. 现代农业科技, 2012(7): 116 - 117.
Duan Yong'an, Duan Yongfeng. Effects of different grafting methods on the growth of cucumber[J]. Modern Agricultural Science and Technology, 2012(7): 116 - 117.

Design and Experiment on Automatic Grading Machine for Kiwi

Zuo Xingjian Wu Guangwei

(Beijing Research Center for Intelligent Agriculture Equipments, Beijing 100097, China)

Abstract: The kiwifruit automatic grading machine is an important machine for postharvest processing of kiwifruit. A set of practical automatic kiwi fruit grading machine was designed based on technologies of mechanical separation and conveyance, image capture and processing as well as intelligent control. This set of equipment mainly consisted of material storage bin, single-line positioning system, image capture system and grading executive system. And it also has programs of image capture, image processing, grade determination and human-machine interaction for the host computer as well as control programs for the slave computer. By testing, this machine was capable of grading by three features of size, shape and surface defect and their grading accuracy could reach to 88.9%, 91% and 94%, respectively. And the accuracy of integrated grading could reach to 86%.

Key words: Kiwi Grading Image processing BP neural network

~~~~~  
(上接第 264 页)

## Design and Experiment of Vegetable Grafting Robot Operated by One-person for Cucurbitaceous Seedlings Cultivated in Humus Pots

Chu Jia Zhang Tiezhong

(College of Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083, China)

**Abstract:** To improve the grafting rate and automation of grafting robot used currently in seedling production, a high-efficiency vegetable grafting robot operated by one-person for cucurbitaceous seedlings cultivated in humus pots was designed based on splice grafting method. The machine consisted of six units, i. e. , a scion gripping and transporting unit, a scion straight-cutting unit, a stock gripping and transporting unit, a stock rolling-cutting unit, a clip auto-arranging and sending unit and a grafted-seedling bowl auto-arranging unit. Experiments were conducted in laboratory and field. Results showed that the success rate of grafting was 92% and the practical grafting rate was 285 plants per hour (with the theoretical grafting rate of 440 plants per hour). Under the same success rate of grafting, the grafting rate of this machine was 36% higher than the grafting machine for cucurbitaceous seedlings cultivated in humus pots operated by two persons.

**Key words:** Grafting robot Cucurbitaceous Seeds in humus pot One-person operation