

蔬菜自动嫁接技术研究： Ⅱ. 嫁接装置的结构设计与试验

张 铁 中^①

(机械工程学院)

摘 要 设计出蔬菜自动嫁接样机,它由控制、动力、执行 3 个部分组成,能完成砧木和穗木的自动输送、穗木的自动切削、砧木生长点的自动切除和插孔,以及砧木和穗木的自动接合等工作。首次设计出砧木生长点的自动切除和插孔机构。对机构的运动作了理论分析,指出了获得理想切削速度的条件。试验结果表明,嫁接样机符合设计要求。分析了产生嫁接偏差的原因,并提出了改进措施。

关键词 蔬菜; 自动嫁接; 样机设计; 样机试验

中图分类号 S616; S223

Studies on Techniques of Automatic Grafting of Vegetables: Ⅱ. Structural Design and Tests of Grafting Robot

Zhang Tiezhong

(College of Machinery Engineering, CAU)

Abstract A vegetable automatic grafting prototype is designed. It consists of control, power and execution parts. All of the following operations such as: automatic transportation of root stocks and scions, automatic cutting of scions removing and hole-making of growth points of root stocks and automatic connection of root stocks and scions can be carried out by that prototype. The automatic robot hand used for removing the growth points of root stocks and hold-inserting are firstly designed. The theoretical analysis of this mechanism is described and an ideal cutting speed is determined. The grafting test results show that the grafting prototype is compatible with the design requirements. The cause to make deviation in grafting is investigated, and the methods to solve this problem are put forward.

Key words vegetables; prototype design; prototype test

在文[1]的基础上,本文报道蔬菜机械自动嫁接样机的设计和试验。

收稿日期:1996-05-12

^①张铁中,北京清华东路 17 号中国农业大学(东校区)46 信箱,100083

1 自动嫁接样机的结构设计

1.1 设计目标

为了便于探讨机械嫁接的可能性和寻求较好的嫁接效果,样机设计的主导思想是:各动作机构的速度和动作范围可以随时进行调节,各个部分的动作也可以分别驱动。整机设计的目标如下:1)能满足目前种植规模为 0.13 hm^2 以上蔬菜专业户独自使用或几户共用的需要,也可用于蔬菜育苗中心;2)嫁接对象以保护地种植面积最多的黄瓜为主,也适用于种植面积和区域相对集中的西瓜栽培;3)嫁接效率应是手工嫁接的 4~6 倍。

1.2 总体结构

自动嫁接机的设计目标是:1)能在一定范围内实现砧木和穗木的自动送苗;2)能进行穗木的楔形断面的切削;3)能进行砧木和穗木的接合;4)能排出已经接合的嫁接苗。

整个嫁接系统由控制部分、动力部分和执行部分组成。嫁接苗尤其是黄瓜苗非常纤细嫩小,又要求整个嫁接过程快速、准确,不伤苗,传统的机械结构难于达到这些要求,所以采用压力空气为动力,各部动作由微机程序控制。

嫁接系统的结构组成如下。

1)砧木和穗木苗输送机构:两者由苗盘和回转机构组成,两盘各均布若干个托苗卡口,用来固定砧木和穗木苗,它们分别吊挂在 2 个圆盘上。回转机构能按要求准确实现送苗动作。

2)砧木夹持机构:能完成砧木生长点的切去、插孔和与穗苗接合所必需的夹持固定动作。

3)穗木夹持机构:作用是从送苗盘上夹取穗苗,并完成穗苗的楔形切削和穗苗与砧木的接合作。

4)穗苗切削机构:作用是切削穗木,并使之与砧木接合;由驱动部件和刀片组成,刀片的切削速度和切削角度可任意调节。

5)生长点切除和插孔机构:由驱动部件、生长点切除刀和插孔刀组成,能同时完成砧木的生长点切除和插孔工作。

6)接合机构:由驱动部件、砧木夹和穗木夹组成;当完成穗木楔形切削、砧木生长点切除和插孔动作之后,即完成砧、穗木的接合工作。

2 生长点切除和插孔部件的设计及运动分析

手工嫁接时,首先要用竹签剔去砧木的生长点,再把楔形竹签插入去除了生长点的两子叶中间。这一过程是插接法嫁接作业中较为重要的一环,约占嫁接 1 棵苗所花总时间的 40%。如何准确、快速地完成这个动作,是插接法机械自动嫁接研究中最关键的问题。

2.1 机构原理

机构原理如图 1 所示。图中:点 A 为可转动的支点;点 B 为可转动铰链;点 C 为砧木生长点切除刀刃;点 D 为砧

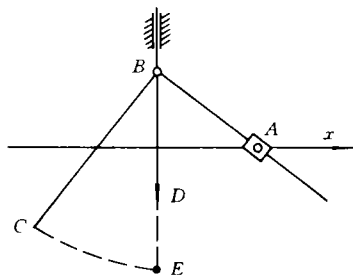


图 1 生长点切除与插孔机构示意图

木插孔刀刃;点 E 为砧木生长点。BD 在驱动部件的作用下向下移动时带动杆 ABC 作旋转运动,点 C 经过点 E 时将砧木生长点切除,点 D 继续下降,在点 E 切一楔形孔,整个动作完毕。

2.2 机构运动分析

由图 2 可知,点 C 作铅垂方向和水平方向的复合运动。我们希望刀刃端部点 C 在经过生长点 E 时速度达到最大,以保证砧木生长点能顺利脱离。在图 2 中:设 $\overline{OA}=a, \overline{BC}=l, \angle ABC=\theta$, 过点 O 和 A 作 x 轴,过点 O 和 B 作 y 轴;设杆 ABC 向下作切削运动。由于 v_A 沿杆 BA 方向, v_B 沿 BD 方向,所以由点 A 和 B 的速度方向可求出杆 ABC 的速度瞬心,进而可求出 v_C 。

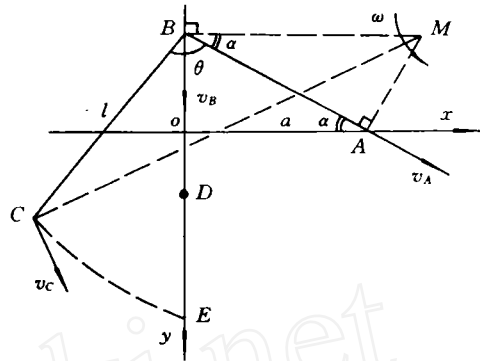


图 2 机构的运动分析

$\therefore \overline{AB} = a/\cos\alpha, \overline{BM} = \overline{AB}/\cos\alpha, \therefore \overline{CM} = \sqrt{\overline{BM}^2 + \overline{BC}^2 - 2 \overline{BM} \cdot \overline{BC} \cdot \cos(\alpha + \theta)}$ 。设杆 BD 以匀速 v 下降,则点 B 就以角速度 ω 绕速度瞬心 M 转动,所以有 $v = \omega \cdot \overline{BM} = \omega a/\cos^2\alpha$, 即 $\omega = v \cdot \cos^2\alpha/a$, 所以点 C 的速度

$$v_C = \omega \cdot \overline{CM} = (v \cos^2\alpha/a) [\overline{BM}^2 + \overline{BC}^2 - 2 \overline{BM} \cdot \overline{BC} \cdot \cos(\alpha + \theta)]^{1/2} = (v \cos^2\alpha/a) [(a/\cos^2\alpha)^2 + l^2 - 2(a/\cos^2\alpha)l^2 \cos(\alpha + \theta)]^{1/2} = [(v^2 l^2 \cos^4\alpha/a^2 + l^2 - 2(a/\cos^2\alpha)l^2 \cos(\alpha + \theta))]^{1/2} \quad (1)$$

欲使 v_C 最大,则将式(1)对 α 求一阶导数,使 $\{[v^2 l^2 \cos^4\alpha/a^2 + l^2 - 2v^2 l \cos^2\alpha \cos(\alpha + \theta)/a]^{1/2}\}' = 0$, 则有 $(-l^2 \cos^3\alpha \sin\alpha/a^2 - l \cos\alpha \sin\alpha \sin(\alpha + \theta)/a) [\cos^4\alpha \cdot l^2/a^2 + 1 - 2l \cos^2\alpha \cos(\alpha + \theta)/a]^{-1/2} = 0$, 所以

$$\sin\alpha \cos\alpha [l^2 \cos^2\alpha/a^2 + l \sin(\alpha + \theta)/a] = 0 \quad (2)$$

在式(2)中, $\therefore -90^\circ < \alpha < 90^\circ, \therefore \cos\alpha \neq 0, \therefore \cos^2\alpha > 0; \therefore 0 \leq (\alpha + \theta) \leq 180^\circ, \therefore \sin(\alpha + \theta) \geq 0, \therefore [l^2 \cos^2\alpha/a^2 + l \sin(\alpha + \theta)/a] > 0$; 所以只有当 $\sin\alpha = 0$ 即 $\alpha = 0$ 时,式(2)等于零, v_C 有最大值。

由此可知,当 $\theta = 90^\circ$ 时,为使点 C 切削速度的最大值出现在点 E,要求 $\alpha = 0$, 即杆 AB 处于水平位置时,点 C 恰过点 E。

3 样机性能试验

对嫁接样机的嫁接性能进行了试验,结果如表 1 所示。

表 1 嫁接试验结果

| 穗砧木 | 试验株数 | 嫁接偏差次数 | | | | 成功率/% | | |
|--------|------|--------|------|------|------|-------|------|------|
| | | 穗木未夹正 | 砧木歪斜 | 切苗歪斜 | 插孔歪斜 | 插孔闭合 | 部分嫁接 | 综合嫁接 |
| 穗木(黄瓜) | 50 | 5 | | 8 | | | 74 | 56 |
| 砧木(南瓜) | 50 | | 6 | | 5 | 1 | 76 | 56 |

改进后的机械装置在以下方面的功能得到了确认,并达到了预计的设计要求:完成砧木和

穗木的自动送苗,进行穗苗的自动切削,自动完成切除生长点和砧木插孔,进行砧木和穗木的自动接合,自动排出已接合的嫁接苗。

由表1可见,砧木成功率为76%,穗木成功率为74%,综合嫁接成功率(砧木成功率×穗木成功率)为56%。成功率不高的主要原因是:1)砧木茎秆本身歪斜造成插孔偏斜(12%);2)砧木本身虽未歪斜,但切除生长点后发生端部偏斜,造成插孔偏斜(10%),或砧木插孔闭合(2%);3)穗木未被完全送入穗木夹内(10%);4)穗木虽被送入穗木夹内,但切削后发生偏斜,造成接合失败(16%)。

为予改进,可采取如下措施:改进结构,提高砧木和穗木的夹持精度;设法消除穗木切削后的偏斜现象;嫁接苗尤其是砧木苗的茎秆形状对插接的效果影响很大,因此,培育出标准的嫁接苗是完成自动嫁接的十分关键的工作;进一步优化生长点切除装置的结构参数,改善切除生长点后的表面状况,以减少插孔偏斜现象。

4 结 论

1)设计制作的嫁接样机能进行自动送苗、自动切除砧木生长点、自动切削穗苗以及砧、穗木自动接合,经试验其主要特性得到了确认。

2)所设计的能一次完成生长点切除和砧木插孔机构,解决了机械自动嫁接直插法的关键问题。

3)对生长点切除和插孔机构的运动分析表明,切削刀杆夹角为 90° 时,生长点刀刃切削速度与滑杆所处位置有关,当滑杆处于水平位置时,刀刃速度达最大。

4)经试验样机综合嫁接成功率为56%。为进一步提高综合嫁接成功率,需在标准化育苗、砧木和穗木的夹持结构方面作进一步改进。

参 考 文 献

- 1 张铁中.蔬菜自动嫁接技术研究:Ⅰ.嫁接苗特性试验与机械设计方案选择.中国农业大学学报,1996,1(6):26~29