

蔬菜自动嫁接技术研究^①：

Ⅲ. 生长点切除机构的优化设计

张铁中^② 徐丽明 方贤法

(中国农业大学机械工程学院)

摘要 根据砧木生长点切刀轨迹参数方程,通过计算机模拟计算和绘图,分析了各结构参数对切刀轨迹的影响,确定了各参数合理的取值范围,从而为自动嫁接机砧木生长点切除机构的合理设计提供了依据。

关键词 蔬菜; 嫁接; 嫁接机; 优化设计

中图分类号 S616; S223

Studies on Techniques of Automatic Grafting of Vegetables:

Ⅲ. Optimal Design for Removing Growth Points of Root Stocks

Zhang Tiezhong Xu Liming Fang Xianfa

(College of Machinery Engineering, CAU)

Abstract Based on the equation of knife orbit of the growth points of root stocks, the effects of every structure parameter on knife orbit are analyzed by using computer simulation and graphing. The rational limitations on each parameter are analysed, which can be used for the design of automatic hand for removing the growth points of root stocks.

Key words vegetables; grafting; grafting robot; optimal design

由笔者的前文^[1]可知,当切除砧木生长点的刀臂与滑杆夹角 $\theta=90^\circ$,滑杆处于水平位置时,刀刃点 C 通过生长点 E ,且切削速度达到最大;但是,要顺利切除砧木的生长点,除了切除速度之外,点 C 的轨迹也非常重要。这是因为砧木生长点处在2片子叶根部与茎秆端部的交汇处,如果刀刃的运动轨迹不理想,砧木生长点便切除不干净,或者把茎秆切除过多或损伤子叶。笔者试图通过对刀刃轨迹的分析和对砧木生长点切除机构结构尺寸的优化,以期获得理想的生长点切除效果。

1 切刀轨迹分析

如图1所示, BC 是刀臂,其长度为 l ,点 A 为可转动支点,坐标原点 o 至点 A 的距离为 a , AB 与刀臂 BC 构成的夹角为 θ ,滑杆 AB 与 x 轴的夹角为 α 。

为便于分析,设 θ 在 90° 附近变化,即设 $\theta=90^\circ+\varphi(-20^\circ<\varphi<20^\circ)$, φ 的变化使 $\theta<90^\circ$ 时 φ

收稿日期:1997-08-10

①北京市科技攻关项目

②张铁中,北京清华东路17号中国农业大学(东校区)46信箱,100083

为负,使 $\theta > 90^\circ$ 时 φ 为正), 则刀刃点 C 的运动轨迹为

$$\begin{cases} x = -l \sin(\alpha + \varphi) \\ y = -l \cos(\alpha + \varphi) + a \tan \alpha \end{cases}$$

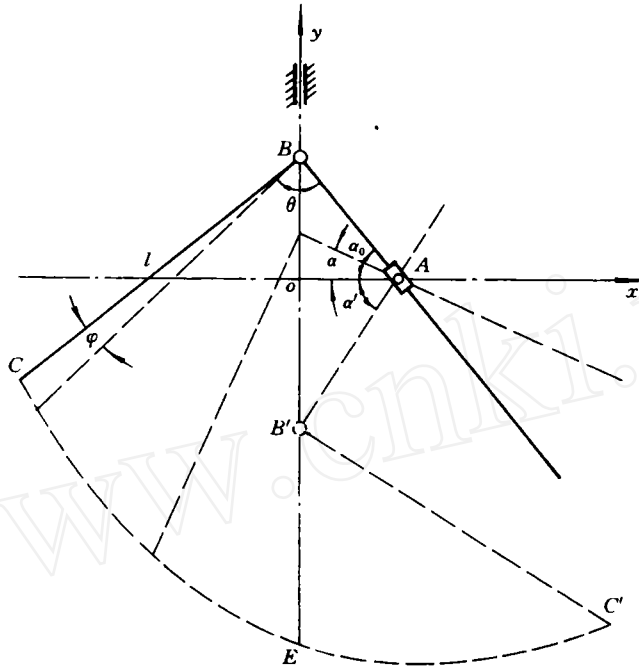


图1 砧木生长点切除机构与切刀轨迹示意图

可以看出,影响切刀运动轨迹的参数有3个,即刀臂长 l 、支点距离 a 和滑杆夹角 $(90^\circ + \varphi)$ 。

首先分析 α 角的变化范围。设切刀处于初始位置时滑杆 AB 与 x 轴的夹角为 α_0 ,切刀处于终止位置时该夹角为 α' (参见图1),可知 $\tan \alpha_0 = y_B/a$, $\tan \alpha' = y_{B'}/a$ 。此2式相减,得 $\tan \alpha_0 - \tan \alpha' = (y_B - y_{B'})/a$; 设气缸行程为 $(y_B - y_{B'}) = d$, 以此代入,得 $\tan \alpha_0 - \tan \alpha' = d/a$, 所以 $\alpha' = \arctan(\tan \alpha_0 - d/a) = \arctan(y_B/a - d/a)$ 。可知 α 的变化范围是 $\alpha_0 \sim \alpha'$, 分别与 y_B , a 和 d 的大小有关。

在支点距离 a 一定的情况下,初始角 α_0 取决于 y_B 的高度,在 y_B 和 a 一定的情况下,终止角 α' 取决于插接行程 d ; 因此,插接行程 d 越大, α 的变化越大,而 a 越大, α 则越小。

确定 α_0 的大小应考虑到插接行程的长短,以及机构之间、机构与苗之间不发生碰撞和干涉,并且应在切刀整个轨迹的 $1/3 \sim 2/3$ 处切削生长点。

2 机构尺寸优化

从切刀轨迹运动方程可知 l , a 和 φ 是影响切刀运动轨迹的参数,若只通过算式运算来确定理想的运动轨迹所对应的参数是很麻烦的,而利用计算机模拟运算则可以大量、快速、形象地绘出各种不同参数组合下切刀的运动轨迹,直观判断出轨迹是否理想,分析各参数取值大小对切刀轨迹的影响,从而确定出较为理想的参数值。

具体优化计算过程是:首先在 l , a 和 φ 中确定2个参数使其固定不变,然后改变另一个参数的取值,并用计算机画出所对应的轨迹曲线图,然后进行分析比较。

2.1 刀臂长度对切刀轨迹的影响

图2(a)是当 a 和 φ 一定、刀臂长度 l 不同取值时切刀的运动轨迹。显见增大 l 值,可以使刀刃在接近生长点时切削轨迹变得比较平缓,有利于切除生长点;但是, l 增大,会引起整个机构增大。另外, l 过长会使刀臂刚度下降,在受到生长点反力时容易产生偏滑,使切削质量下降。因此,在保证有较为理想的切削轨迹的条件下, l 越小越好。

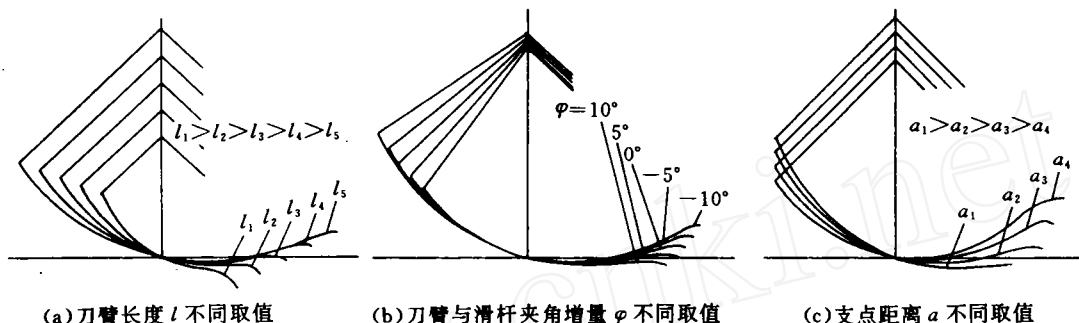


图2 参数 l 、 $\Delta\theta$ 和 a 取值不同时切刀的运动轨迹

2.2 刀臂与滑杆夹角增量对切刀轨迹的影响

图2(b)是当 l 和 a 一定、 φ 不同取值时切刀的运动轨迹。可以看出: φ 为负值且绝对值越大,轨迹越理想;但 φ 的负值增大,刀刃初始位置下降,容易造成切刀在还未作切削运动时就与砧木发生干涉,另外也使切刀在切削生长点时的速度偏低,造成切削质量下降。因此,在保证有较理想的切刀轨迹的条件下, φ 的绝对值应取得小一些。

2.3 支点距离对切刀轨迹的影响

图2(c)是当 l 和 φ 一定、 a 不同取值时切刀的运动轨迹。可以看出,支点距离 a 的变化对轨迹曲线影响较大; a 越小,轨迹越理想,但是 a 值过小,在机构上难以实现。所以,在保证有较理想的切刀轨迹的条件下, a 应取较大的值。

通过计算机模拟计算,明确了 l 、 φ 和 a 对切刀轨迹的影响,大致确定出这3个参数比较合理的取值范围。在此范围内,固定2个参数,再改变另1个参数的取值,同时考虑到具体结构实现上的条件和有无各种干涉,确定出该参数值。这样几经反复,最后确定 l 、 φ 和 a 的数值。

3 结 论

1) 刀臂长度 l 、支点距离 a 和刀臂与滑杆的夹角($90^\circ + \varphi$)是影响切刀运动轨迹的3个主要参数。

2) 确定滑杆与 x 轴(水平轴)初始夹角 α_0 的大小时应考虑插接行程和机构之间不发生干涉,并且应使切刀在整个运动轨迹的 $1/3 \sim 2/3$ 处切削生长点。

3) 在保证有较为理想的切刀运动轨迹的条件下, l 应取较小值, φ 的绝对值应取较小值, a 应取较大值。

参 考 文 献

- 1 张铁中. 蔬菜自动嫁接技术研究:Ⅱ. 嫁接装置的结构设计与试验. 中国农业大学学报, 1996, 1(6): 30~33