

加工番茄果实采摘力测试分析

Test and Analysis on the picking force of processing tomato fruit

罗新豫^{1,2} 王吉奎^{1,2} 罗勇军^{1,2} 罗威^{1,2}

LUO Xin-yu^{1,2} WANG Ji-kui^{1,2} LUO Yong-jun^{1,2} LUO Wei^{1,2}

(1. 石河子大学机械电气工程学院, 新疆 石河子 832003; 2. 农业部西北农业装备重点实验室, 新疆 石河子 832003)

(1. College of Mechanical and Electrical Engineering, Shihezi University, Shihezi, Xinjiang 832003, China;

2. Key Laboratory of Northwest Agricultural Equipment of Ministry of Agriculture, Shihezi, Xinjiang 832003, China)

摘要:果实的采摘必须克服果柄与果实的连接力,为揭示番茄果实采摘力的大小及变化规律,试验测定番茄果实拉伸采摘力和扭转采摘力矩,得出成熟加工番茄拉伸采摘力大小与采摘作业时果实的运动方向有关。果实沿某一方向运动时,果柄受拉伸倾斜角度越大,采摘力越小,且番茄果实的采摘力与拉伸倾斜角线性相关,采摘果实时果实的不同运动方向,采摘果实做功相同;对于果柄粗短、刚度大的果实,扭转采摘果柄转角较小,果实容易采摘。

关键词:加工番茄;采摘力;测试;分析

Abstract: As fruit picking must overcome the connection force between fruit stalk and fruit, the tensile force and torsion moment of tomato picking were measured by test for revealing the size and its change of tomato fruit picking force during tomato fruit picking practice. The test results show that the size of the ripe processing tomato picking force is related to the movement direction of the fruit in picking operation. When the fruit is moving in a direction, the picking force is smaller with the tilting angle of the stalk being greater, the force of tomato fruit picking has a linear correlation to tensile inclination angle, and energy consumption of picking fruit is the same at different fruit moving directions. For the fruits with short and high stiffness stalks, the turning angle of stalk is small and the fruit is easy to be picked.

Keywords: processing tomato; picking force; test; analysis

番茄采摘必须克服番茄与果秧的连接力^[1-3],番茄果实与果秧通过果柄连接,果实连接在果柄末端的花萼上。果柄含有木质纤维,抗拉强度较大,花萼主要成分是木质素,随着

果实的成熟,花萼与果实的连接面逐渐老化,连接力降低,果实在外力作用下一般从花萼与果实的连接处脱落。果实的采摘力主要指果实在花萼处从果柄上分离的最大作用力,该力可以通过对果柄施加作用力测得。

目前对加工番茄(包括普通番茄)采摘力的研究主要有黄国伟等^[4]对番茄果实与茎秆分离力的影响因素进行了分析,得出不同类型的番茄品种、不同角度的拉力、不同质量等对果实与茎秆的分离力都有影响,且随着质量和角度的增加分离力逐渐增加,同一品种的番茄在径向拉伸时分离力最大。张进等^[5]以新疆大规模种植的加工番茄为对象,研究了加工番茄果茎分离力,得出不同番茄品种的果茎分离力不同,但差距不是很明显,番茄果茎分离力随着果实成熟度的增加而变小,随着重量的增大而增大,随着番茄长度的增加而减小。刘继展等^[6]对番茄果实果柄进行了折断和拉断试验,发现果梗均从离层处断裂,与拉断相比,折断方式更省力和易于实现机器人采摘。

现有研究主要对番茄果实拉伸采摘力的大小及影响因素做了试验和分析^[7-9]。因番茄果实的采摘可以通过拉伸和扭转的方式摘落^[10-12],本研究采用试验方法测定番茄果实拉伸和扭转采摘力的大小,并依据果柄受力与作用行程,采用积分的方法测算番茄采摘做功。以期研究结果有助于加工番茄采摘,对类似果蔬的机械化采摘机构研究提供一定的借鉴。

1 材料与方法

加工番茄的种类较多,但各种番茄与果柄的连接方式和成熟后的属性基本相似,因此,本试验仅选取一种番茄作为试验对象。在机械化采摘过程中,果实相对果秧发生位移、扭转和翻滚,使果柄对果实的作用力表现为果柄在花萼处对果实进行拉伸、扭转和弯折作用,在这些力的作用下果柄在花萼处断裂,果实完成采摘。由于果柄柔软,果柄对花萼的拉伸和弯折作用相似,所以弯折作用可以看作垂直拉伸,即

基金项目:国家自然科学基金项目(编号:51465052)

作者简介:罗新豫,男,石河子大学在读硕士研究生。

通信作者:王吉奎(1970—),男,石河子大学教授,博士。

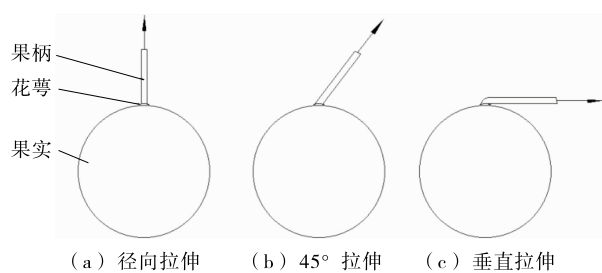
E-mail: shzwjk@126.com

收稿日期:2018-01-03

果柄对花萼的拉伸作用力方向垂直于果柄。由此可以得出果实的采摘力可以分为果柄对果实(花萼)的拉伸采摘力和扭转采摘力。

1.1 拉伸采摘

试验番茄:新番36号,石河子垦区,试验前将带果实的整株番茄秧从田间带回实验室,试验时再将带果柄的成熟果实从果秧茎秆上剪下,样品存放时间不超过24 h。试验分3组,每组拉伸方向分别为径向拉伸(0° 拉伸)、倾斜 45° 拉伸和垂直拉伸(90° 拉伸),每组取试验样本15颗,分组测试果实从果柄上摘落所需的拉伸采摘力。果柄拉伸方向见图1。

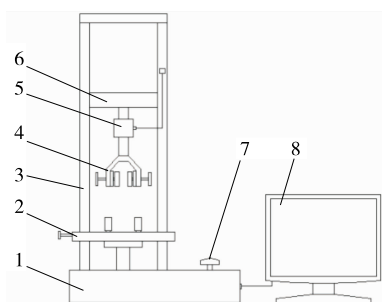


图中箭头表示拉伸作用力方向

图1 拉伸方向

Figure 1 Stretch direction

微机电子万能试验机:HY0580型,上海衡翼精密仪器有限公司,量程 $0 \sim 5\,000\text{ N}$,试验速度范围 $0.001 \sim 500.000\text{ mm/min}$,有效行程 $0.01 \sim 400.00\text{ mm}$,数据的采集和处理由计算机自动完成。试验于2017年8月在石河子大学机械电气工程学院农机试验准备室进行,测试时果实按试验要求用卡具固定,试验机夹具夹持果柄向上拉伸。采摘力测试现场见图2。



1. 底座试台 2. 卡台 3. 立柱 4. 卡钳 5. 传感器 6. 滑块
7. 启动按钮 8. 电脑

图2 采摘力测试

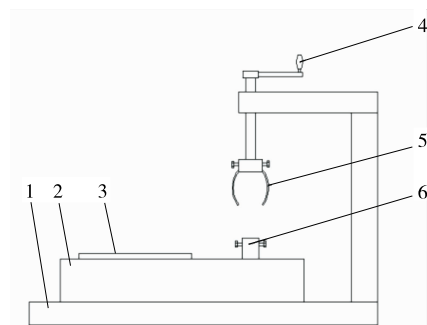
Figure 2 Picking force test

1.2 扭转采摘

试验仪器和果秧分离扭力的测量见图3。

果实夹持夹具和数显式扭矩测量仪:HT-10型,爱德堡仪器有限公司,精度 $0.001\text{ N}\cdot\text{m}$,量程 $0.001 \sim 1.000\text{ N}\cdot\text{m}$ 。

试验用材料、样品的制作与拉伸力测试相同,选取带果柄成熟番茄果实10颗进行试验。试验时果实用卡具夹住,果柄固定在扭矩测量仪扭力测试接头上,转动果实夹具即可得出果实采摘扭矩,扭矩测量仪可以显示记录扭矩值。



1. 底座 2. 扭矩测量仪 3. 显示面板 4. 摇柄 5. 夹持器
6. 卡夹

图3 果秧分离扭力的测量

Figure 3 The measurement of fruit separation torsion

2 结果与分析

2.1 拉伸采摘力

拉伸采摘力测试结果见图4。

对于试验样品,由试验可得采摘力与拉伸作用力方向有关,径向拉伸果柄采摘力最大为 22.13 N ,平均值为 13.766 N ; 45° 拉伸果柄时采摘力最大为 15.58 N ,平均值为 9.435 N ;垂直拉伸果柄采摘力最大为 9.74 N ,平均值为 4.765 N 。

对拉伸力和位移曲线进行积分运算可得拉伸采摘番茄果实所做的功。去除异常数据后,经计算径向拉伸、 45° 拉伸和垂直拉伸做功分别为 $0.021, 0.020, 0.021\text{ J}$,由此可以得出拉伸方向对果实采摘做功影响不大。

(1) 由试验观察可知,果柄倾斜拉伸果实时,花萼受果柄弯折作用,果柄的一侧受挤压,另一侧受拉伸作用,受拉伸一侧花萼产生应力集中,花萼易开裂,致使果实采摘力减小,且随着果柄倾斜角度越大采摘力越小。由此可以得出,果实从果秧上摘落时的采摘力与果柄的作用力方向有关,果柄拉伸倾斜角度越大,采摘力越小。

由试验知,当拉伸角度为 $0, \pi/4, \pi/2$ 时,平均拉伸采摘力为 $13.76, 9.43, 4.76\text{ N}$;由拉伸角度和采摘力的散点图可以看出,拉伸角度与平均拉伸采摘力线性相关。由此可以得出,拉伸采摘力与拉伸角度的回归方程:

$$F = -5.73x + 13.82, \quad (1)$$

式中:

F ——平均采摘力, N ;

x ——拉伸角度, $(^\circ)$ 。

经显著性检验,在 $\alpha=0.02$ 水平平均采摘力 F 与拉伸角度 x 之间线性回归显著,故可用式(1)表达平均采摘力 F 与拉伸角度 x 之间的相关关系。

(2) 随着拉伸倾斜角度的增大,拉伸采摘力减小,但拉伸采摘做功变化不大,主要是拉伸位移随拉伸角度的增大而增大。

(3) 实际果实采摘作业时果秧相对静止,果实在外力作用下远离果秧,连接果秧和果实的果柄受力,果实在花萼处与果柄分离,实现采摘。果实的运动方向对果实采摘难易程度有重要影响,运动方向垂直于果柄方向最有利于采摘。这

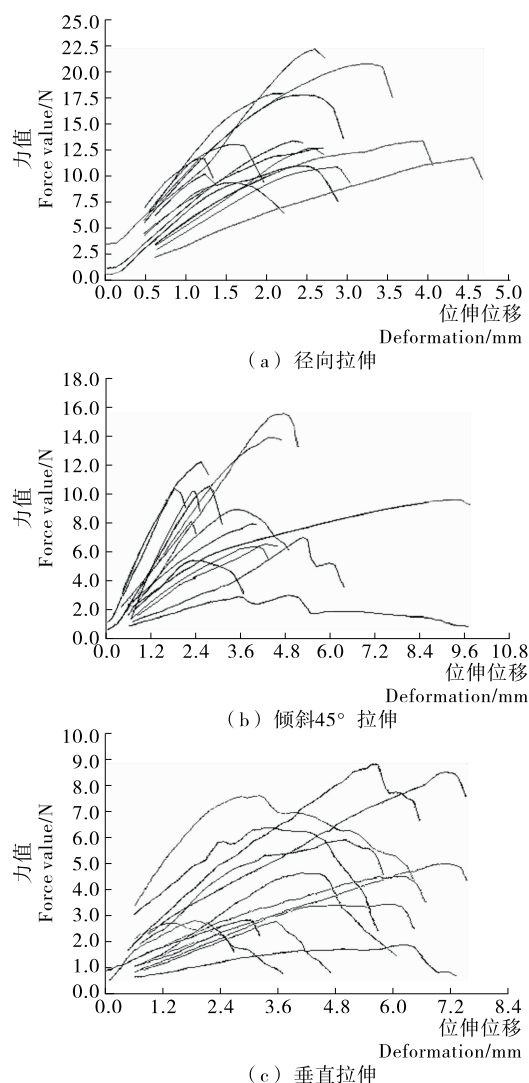


图4 采摘力

Figure 4 Picking force

曲线表示果实从花萼处脱离果柄过程中果柄受力值与果柄拉伸位移的关系,每一条曲线对应一个试验果实的拉伸过程,曲线最高点的值表示最大采摘力

也适用于与番茄相似的果蔬采摘。

2.2 扭转采摘力

由试验可知,在成熟期扭转采摘番茄果实,扭矩大小为 $0.014\ 6\sim 0.024\ 2\ \text{N}\cdot\text{m}$,平均值为 $0.019\ 1\ \text{N}\cdot\text{m}$ 。

经试验观察,采摘力个体差异较大的主要原因有:

(1) 果柄直径。若番茄果柄粗短,则其刚度大,扭转采摘时转过的角度小,果实容易采摘,反之则由于扭转角度过大,不易采摘果实。

(2) 试验样本个体尺寸大小。一般情况下样本体积大,则果柄粗,花萼大,果柄与果实连接面积大,使扭转采摘力矩增大。

(3) 果实和果柄的含水率。若果实在成熟期间水肥充足,则成熟后的果实及果柄含水率高,花萼老化成度低,果实与果柄的连接强度高。

本试验仅对成熟番茄扭矩做了测试,实际上番茄不同成

熟期果柄与果实的连接力强度不同,采摘扭矩亦应该不同。另外,由于条件所限,试验未能测得扭转采摘扭矩值与果柄扭转角度的关系,因此不能得出扭转采摘做功。

3 结论

(1) 成熟加工番茄采摘力大小与采摘作业时果实的运动方向有关,果实沿某一方向运动时,果柄受拉伸倾斜角度越大,采摘力越小,且番茄果实的采摘力与拉伸倾斜角线性相关。

(2) 以不同方向拉伸采摘果实,番茄果实采摘做功基本相同。

(3) 对于果柄粗短、刚度大的果实,扭转采摘时转过的角度小,果实容易采摘。

参考文献

- [1] 朱兴亮,李成松,坎杂,等.加工番茄果秧分离技术和发展现状分析[J].河北科技大学学报,2013,34(5):399-402.
- [2] 毕新胜,肖彬彬,张进,等.加工番茄回转滚筒式果秧分离机构参数正交试验优化[J].农业机械学报,2012,43(8):94-98.
- [3] 李成松,坎杂,谭洪洋,等.加工番茄果秧分离装置运动过程分析[J].农业机械学报,2012,43(4):66-69.
- [4] 黄国伟,毕新胜,肖彬彬,等.番茄果实与茎秆分离力的影响因素分析[J].食品与机械,2013,29(3):187-190.
- [5] 张进,毕新胜,肖彬彬,等.加工番茄果茎分离力研究[J].安徽农业科学,2012,40(8):5 051-5 053.
- [6] 李景彬,刘富强,坎杂,等.番茄收获机抛秧装置运动学分析与仿真[J].农机化研究,2016(12):25-29.
- [7] 吕胜权.加工番茄不同受载时的机械损伤机理研究[D].石河子:石河子大学,2014.
- [8] 徐鑫,吴越,陶阳,等.樱桃番茄真空渗透预脱水工艺优化[J].食品与机械,2017,33(5):198-203.
- [9] 周军平,郝朝会,杨学军,等.番茄收获机喂入机构运动特性分析与参数优化[J].农业机械学报,2013,44(增刊2):76-79.
- [10] 刘继展,李萍萍,李智国,等.面向机器人采摘的番茄力学特性试验[J].农业工程学报,2008,24(12):66-70.
- [11] 陈明昌,魏敏,刘巧,等.番茄收获机测产装置的设计[J].食品与机械,2014,30(5):151-153.
- [12] 李智国,刘继展,李萍萍,等.机器人采摘中番茄力学特性与机械损伤的关系[J].农业工程学报,2010,26(5):112-116.