

大蒜抽薹过程力学分析及抽薹定位钩改进对抽薹效果的影响

王崇华¹, 马瑞亮¹, 崇峻², 贾庆超³, 段新华⁴, 刘轶群⁵, 何永涛⁶, 陈世昌¹

(1. 河南农业职业学院 河南中牟 451450; 2. 济南华庆农业机械科技有限公司 济南 251004;
3. 郑州科技学院食品科学与工程学院 郑州 450064; 4. 开封市祥符区农业农村局 河南开封 475100;
5. 杞县土壤肥料工作站 河南杞县 475200; 6. 河南省广播电视学校杞县分校 河南杞县 475200)

摘要:针对钩提式抽薹装置断薹率高、找准植株中间位置效率低的问题,对抽薹装置上的金属钉进行了改进,将金属钉由尖头改进为钝头,并对扎薹和抽薹进行了力学分析,同时,开展了改进前后不同抽薹装置对抽薹效率、薹长、出薹率、产量和使用评价对比试验。结果表明,从抽薹过程来看,抽薹力度随时间变化呈“S”型曲线;抽薹装置改进后,钝头金属钉按压力比尖头金属钉按压力大 3.4 N,虽然改进后比较费力,但由于钩提式抽薹装置的作用力与反作用力设计,并未影响使用感受;抽薹装置改进后,找准蒜茎中部位置更加快捷,抽薹效率显著提高,达到 101.33 根·10 min⁻¹,比改进前提高 12.18%,出薹率达到 94.33%,比改进前提高 5.20%,达到极显著水平;蒜薹和蒜头产量分别为 141.87 和 1 692.43 kg·667 m²,与改进前相比无显著差异。总体来看,抽薹装置改进提高了抽薹效率和出薹率,且不会对蒜薹和大蒜产量造成影响,同时,抽薹过程的力学分析结果可为蒜薹抽提的机械化研究提供理论基础。

关键词:蒜薹;抽薹装置;金属钉;力度;产量

中图分类号:S633.4

文献标志码:A

文章编号:1673-2871(2025)03-147-08

Mechanical analysis of garlic bolting process and influence of bolting positioning hook improvement on bolting effect

WANG Chonghua¹, MA Ruiliang¹, CHONG Jun², JIA Qingchao³, DUAN Xinhua⁴, LIU Yiqun⁵, HE Yongtao⁶, CHEN Shichang¹

(1. Henan Vocational College of Agricultural, Zhongmu 451450, Henan, China; 2. Jinan Huaqing Agricultural Machinery Technology Co., Ltd., Jinan 251004, Shandong, China; 3. School of Food Science and Engineering, Zhengzhou University of Science and Technology, Zhengzhou 450064, Henan, China; 4. Kaifeng Xiangfu Agriculture and Rural Bureau, Kaifeng 475100, Henan, China; 5. Qixian Soil and Fertilizer Workstation, Qixian 475200, Henan, China; 6. Qixian Branch of Henan Radio and Television School, Qixian 475200, Henan, China)

Abstract: In response to the problems of high bolt breakage rate and low efficiency in locating the middle position of plants in the hook type bolting device, the metal nails on the bolting device were improved from pointed to blunt, and mechanical analysis was conducted on bolting and bolting. At the same time, comparative experiments were conducted on the efficiency, length, rate, yield, and usage evaluation of different bolting devices before and after the improvement. The results showed that from the perspective of the bolting process, the bolting intensity varied in an "S" - shaped curve with time. After the improvement of the bolting device, the fastening force of blunt metal nails was 3.4 N greater than that of pointed metal nails. Although the improvement was more laborious, the design of the action and reaction forces of the hook and lift bolting device did not affect the user experience. After the improvement of the bolting device, it became quicker to locate the middle position of garlic stems, and significantly increasing the bolting efficiency to 101.33 stems · 10 min⁻¹, which is an increase of 11.00 stems · 10 min⁻¹ compared to before. The bolting rate reached 94.33%, an increase of 5.20%

收稿日期:2024-06-24;修回日期:2024-11-04

基金项目:农业农村部大宗粮食加工开放课题(DZLS201704);河南省高等学校重点科研项目计划(22B550021);河南农业职业学院校级科研团队项目(HNACKT-2023-02)

作者简介:王崇华,男,讲师,主要从事大蒜生产技术的研究与推广工作。E-mail:645320876@qq.com

通信作者:陈世昌,男,教授,主要从事作物栽培及农村废弃物利用方面的研究。E-mail:hncsc@163.com

compared to before the improvement, reaching a highly significant level. The yields of garlic sprouts and garlic heads were $141.87 \text{ kg} \cdot 667 \text{ m}^{-2}$ and $1\ 692.43 \text{ kg} \cdot 667 \text{ m}^{-2}$, respectively, with no significant difference compared to before. Overall, the improvement of the bolting device has increased the efficiency and rate of bolting, without affecting garlic sprouts and garlic yield. At the same time, the mechanical analysis results of the bolting process can provide a theoretical basis for the mechanization research of garlic sprout extraction.

Key words: Garlic bolt; Bolting device; Metal nails; Strength; Yield

蒜薹是大蒜抽薹时从中抽出的花茎,具有较高的营养价值,是蒜农增产增收的主要来源^[1-5]。如果蒜薹不及时从蒜茎中抽出,不但会消耗植株过多的养分,蒜薹的纤维组织含量增多,组织老化,降低蒜薹的营养与食用价值,同时,蒜薹还会与大蒜争抢养分,阻止蒜头后期膨大,从而严重影响大蒜产量。为了保证蒜薹和蒜头产量与品质,要及时采收蒜薹。目前,农民一般采用人工采收扎薹法,即用左手握住总苞下部,拉直蒜薹,右手使用抽薹装置,在假茎基部离地面 7~10 cm 位置,以金属钉垂直刺入,扎断蒜薹,然后把蒜薹抽出。用此法采收的蒜薹无划伤,断面齐,商品价值高;蒜薹采收后大蒜假茎不倒伏,叶片完整,蒜头产量高。但在蒜薹的抽提过程中要始终保持弯腰姿势来找准大蒜直径中部位置,个别难以抽薹者,还需用抽薹工具上的金属钉在假茎梢部 2~3 个叶鞘顶端划开,才能顺利抽出,劳动强度大,工作效率低^[6]。

目前,我国关于蒜薹抽提的研究较少,仍处于起步阶段,已研究的抽薹装置和抽薹机械实用性不强或未见推广^[7-17]。影响蒜薹抽出实现机械化的因素很多,第一,由于蒜种的个性化差异,光照以及肥料施用的均匀程度等条件的影响,同一地块的蒜薹并非适合同时收获,一般人工需要采收多轮才能将蒜薹采摘干净;第二,大蒜植株个体差异和人为因素的影响,即使两株长势基本相同的大蒜,相同的扎薹位置和抽薹力度,也会出现抽断和抽出两种结果;第三,大蒜种植密度很大,株距一般仅为 10~15 cm,其间被叶片填充,这就要求扎薹装置必须小型化,否则会对叶片造成伤害并影响扎薹装置找到扎薹位置的效率;第四,抽薹过程包括下部按扎和上部抽提,并同时配合进行。因此,基于人工抽薹原理的蒜薹机械研究十分必要^[18-19]。

大蒜提质增效项目课题组(以下简称本课题组)于 2018 年对传统抽薹装置进行了改进,由按扎式改进为钩提式,极大提高了人工抽薹效率并减轻了劳动强度,但仍然存在找准蒜茎中部位置效率不高和断薹率较高的问题^[20-21]。为了解决以上问题,本课题组对扎薹装置金属钉进行了改进,对抽薹过

程进行了力学分析,并进行了抽薹装置改进前后抽薹效果对比试验,为蒜农进行蒜薹生产提供参考,并为基于人工抽薹原理的机械化研究提供理论基础。

1 材料与方 法

1.1 材料与设 计

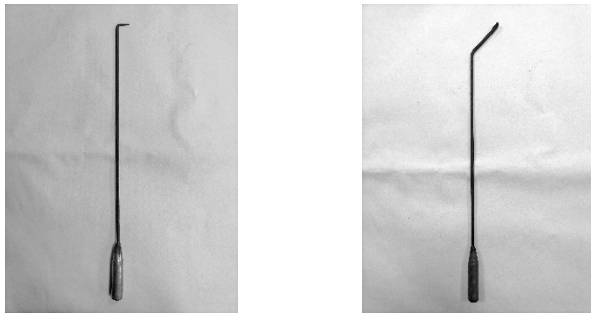
试验于 2023 年 10 月 3 日至 2024 年 5 月 10 日在河南省中牟县韩寺镇郭辛庄村进行。供试品种为农民自留异地交换紫皮大蒜蒜种,抽薹装置定位钩由河南农业职业学院机电工程学院改进并提供。试验田耕层(0~20 cm)土壤质地为壤质潮土,土壤有机质含量(w ,后同) $31.7 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、全氮含量 $1\ 127.33 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、碱解氮含量 $415.67 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、速效磷含量 $12.85 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、速效钾含量 $233.76 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。选用复合肥(N、P₂O₅、K₂O 质量比 15:15:15)作为试验用肥,基施 $750 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$,返青期追施 $300 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$,抽薹期追施 $300 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。

试验采用单因素完全随机区组设计,2 个处理,3 次重复,共 6 个小区。其中,CK 为未改进的抽薹装置,T1 为改进后的抽薹装置。采用第 4 与第 5 片叶之间居中的抽薹高度(离地面 7~10 cm)。2023 年 10 月 3 日开沟播种,行距 15 cm,株距 11 cm,小区面积(3.0 m×7 m) 21.0 m^2 。2024 年 5 月 10 日收获。另设置 10 垄蒜田,每垄 4 行,行长 50 m,10 名农民抽薹并进行评价,作为抽薹评分使用。

1.2 抽薹装置存在问题及改进

1.2.1 存在问题分 析 现有钩提式蒜薹提取装置是在农民普遍采用的按扎式蒜薹提取装置的基础上改进而成(见图 1-a、图 1-b),操作方式从按扎式改进为钩提式,其原理由费力杠杆形式改进为作用力与反作用力的形式(见图 2-a、图 2-b)。两种抽薹装置手柄长约 80 mm,金属杆长 400~500 mm,同时,钩提式抽薹装置金属钉与金属杆间距为蒜茎一半,金属杆弯折部分靠住蒜茎的同时,金属钉即对准蒜茎中间位置,节省了找到蒜茎中间位置时间。该设计极大降低了蒜薹采收的劳动强度及缩短劳动时间,受到蒜农的欢迎^[22]。

蒜茎表皮组织呈纤维状,现有抽薹装置金属钉



a. 按扎式抽薹装置
a. Pressing and tying bolt device
b. 钩提式抽薹装置
b. Hook lifting bolt device

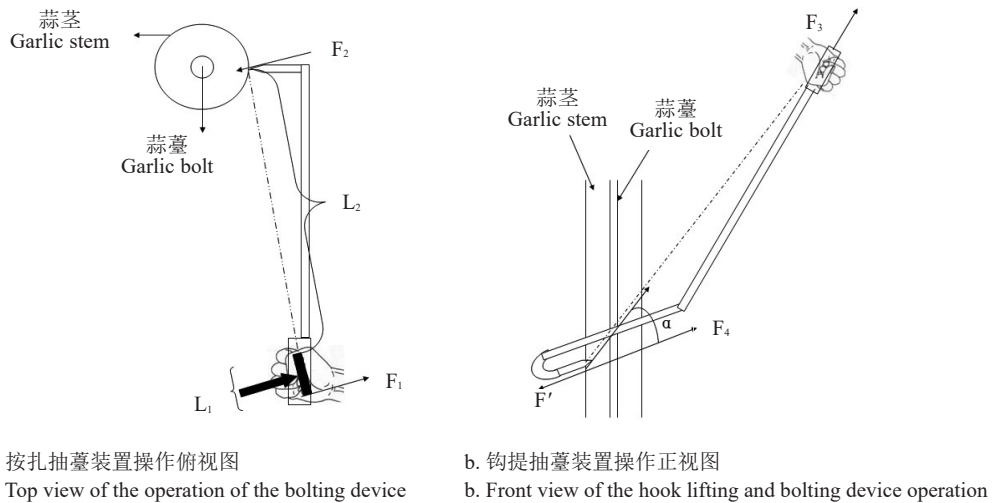
图1 抽薹装置实拍图

Fig. 1 Actual shooting of the bolting device

头部为针型,较尖锐,金属钉与蒜茎表皮接触时易扎、拉入表皮,在没有对准蒜茎中部的情况下,需要将金属钉推出表皮再进行二次定位,浪费了时间,造成了抽薹装置找准蒜茎中部位置的效率不高。

已有抽薹装置金属钉根部直径约为 2 mm,远小于蒜薹直径,而头部又较尖,在金属钉扎入蒜茎之后,存在不能将蒜薹扎断的可能性。在蒜薹没有被扎断的情况下进行抽薹,除了蒜薹与蒜茎内部的摩擦力外,还需增加将蒜薹拉断的力,这就很容易从蒜茎外部将蒜薹拉断,从而造成断薹率较高的问题。

1.2.2 抽薹金属钉改进 该试验采用回钩式蒜薹提



a. 按扎抽薹装置操作俯视图
a. Top view of the operation of the bolting device

b. 钩提抽薹装置操作正视图
b. Front view of the hook lifting and bolting device operation

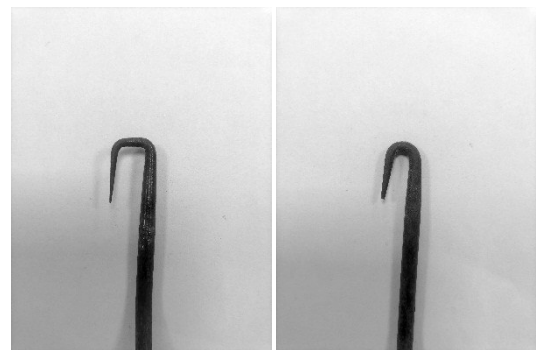
注: F_1 、 F_2 、 F_3 、 F_4 、 F' 、 L_1 、 L_2 分别为按扎力、蒜薹扎断力、钩提拉力、蒜薹钩断力、蒜茎阻力、按扎力臂、扎断力臂。

Note: F_1 , F_2 , F_3 , F_4 , F' , L_1 and L_2 are pressing force, breaking force of garlic bolt, hook pulling force, garlic bolt breaking force by hook, garlic stem resistance, arm of pressing force, and garlic stem resistance arm, respectively.

图2 抽薹装置原理图

Fig. 2 Principle diagram of bolting device

取装置,试验前对回钩式蒜薹提取装置上的金属钉进行了改进,改进前后对比见图 3-a、图 3-b 和图 4。根据测算,蒜薹直径一般在 0.7~4 mm 之间,增加金属钉粗度,能够在按扎时更大程度地破坏蒜薹。改进前后金属钉长度不变,均为 2 cm;金属钉后部直径由 2 mm 增加到 4 mm,金属钉整体由锥形改进为圆柱形,整体变粗,使金属钉头部未将蒜薹扎断时,尽量通过金属钉后部能将蒜薹挤断;金属钉前部由针尖形状改进为平头形状,直径 1 mm,尖头容易使蒜薹提取装置扎入蒜茎,不利于找准蒜茎中间位置,使用平头形状时,金属钉头部在未使用拉力时,不易进入蒜茎,使抽薹装置找准蒜茎中部的回旋余地更大。



a. 改进前
a. Before imporvement
b. 改进后
b. After improvement

图3 抽薹金属钉改进前后对比实拍图

Fig. 3 Comparison of actual photos of bolt metal nails before and after improvement

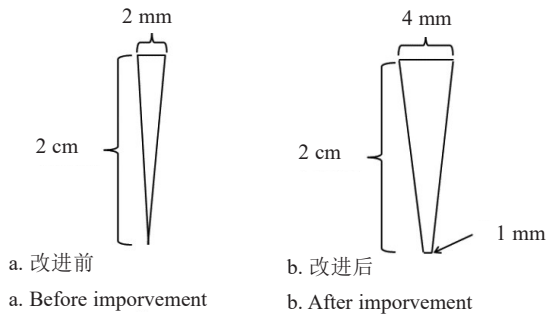


图4 抽薹金属钉改进前后对比示意图

Fig. 4 Comparison diagram of bolt metal nails before and after improvement

1.3 测定项目和方法

1.3.1 抽、扎薹力度 同时采用两台山度 SH-500 数显式推拉力计,推拉力计均连接电脑,使用 SD-TEST 软件收集受力数据,每 0.1 s 收集 1 次。小区选取连续 10 株大蒜,带回实验室,固定好大蒜植株,将呢绒草一端用透明胶带粘到蒜薹薹苞下部的花茎上,另一端拴在拉力计上,蒜茎下部开孔的同时上提拉力计,将蒜薹抽出的同时,提取抽薹拉力数据;调整好扎薹位置及角度后,推拉力计安装平推接头,直接按在扎薹金属钉上,将金属钉按进蒜茎的同时,提取扎薹推力数据。

抽薹过程受力分析均使用改进后抽薹装置,其中拉力为正值,推力为负值。

1.3.2 抽薹效率 每小区抽取 10 min,计算蒜薹

根数。

$$\text{抽薹效率}/(\text{根} \cdot 10 \text{ min}^{-1}) = \frac{(\text{抽薹总数} - \text{抽断数}) \times 10}{\text{抽薹时间}(\text{min})}$$

1.3.3 蒜薹长度 每小区选取连续 10 根蒜薹,用直尺量取长度,量取范围为从花茎扎断处至薹苞。

1.3.4 出薹率 各小区连续抽 100 根蒜薹,并计算出薹率。

$$\text{出薹率}/\% = \frac{(\text{抽薹总数} - \text{抽断数})}{\text{抽薹总数}} \times 100$$

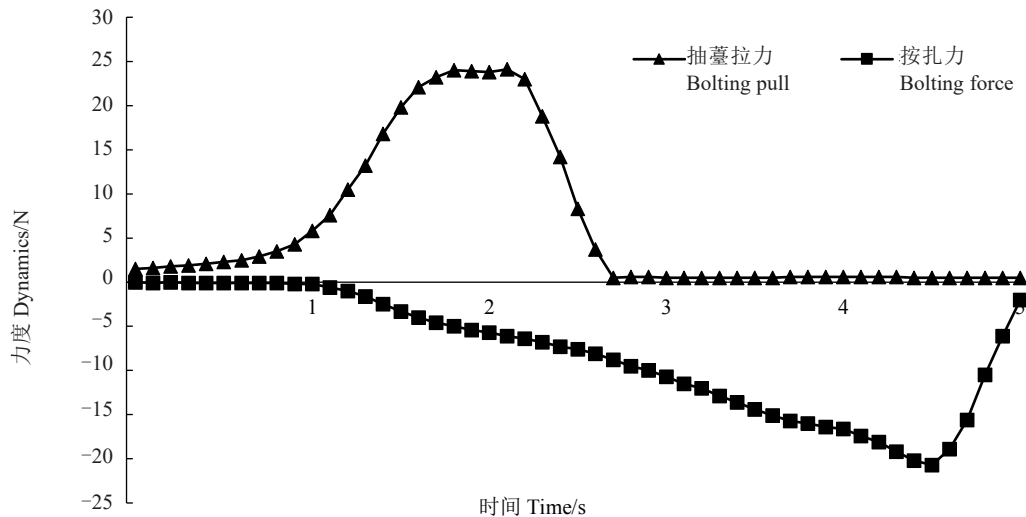
1.3.5 使用评价 使用评价采用随机区组设计。10 位评价员提前熟练掌握 2 种蒜薹抽薹装置后进行抽薹试验,每位评价员负责抽 1 垄大蒜,每处理抽薹时间为 0.5 h,抽薹后评价每种处理是否有差异。标度类型为 9 分制评分法:非常不喜欢=1,很不喜欢=2,不喜欢=3,不太喜欢=4,一般=5,稍喜欢=6,喜欢=7,很喜欢=8,非常喜欢=9。

1.3.6 计产 蒜薹产量与大蒜产量均在田间使用台秤进行田间实收测产,其中蒜薹抽提分 4 次进行采收并计算总产量,蒜头一次性收获并计产。

$$\text{产量}/(\text{kg} \cdot 667 \text{ m}^2) = \frac{\text{小区产量}(\text{kg}) \times 667}{\text{小区面积}(\text{m}^2)}$$

1.4 数据分析

采用 Excel 2003 软件进行数据整理和绘图,采用 DPS 7.05 软件进行数据方差分析,使用邓肯法进行样本间差异显著性分析。



注:受力分析图均为选取一次抽薹受力数据,经多次试验,均符合以上规律。下同。

Note: The force analysis chart is based on the force data of selecting one bolt, and after multiple experiments, it conforms to the above rules. The same below.

图5 蒜薹抽提过程受力分析图

Fig. 5 Force analysis of garlic stalk extraction process

2 结果与分析

2.1 抽薹和扎薹过程受力分析

由图 5 可知,从整个抽薹过程来看,抽薹拉力早于按扎力开始作用,抽薹拉力降为 0 N 的时间早于按扎力降为 0 N 的时间;按扎力在整个抽薹过程中呈现出逐渐增大,而后急速减小;抽薹拉力在抽薹过程中呈现出缓慢增大,而后急速增大,当达到最大值后急速减小;其中抽薹拉力峰值出现在按扎力峰值之前,这是因为在抽薹拉力达到峰值之后,

蒜薹才开始向上移动,此时下部抽薹装置按扎力继续增大,起到固定大蒜植株的作用。

2.2 抽薹力度随时间变化分析

根据抽薹过程中蒜薹在蒜茎内的运动过程,对抽薹力度随时间的变化作散点图并进行线性拟合。由图 6 可知,假定抽薹力度随时间变化呈“凸抛物线”型曲线,整个抽薹过程中蒜薹受力效应函数为 $Y=-0.048 4X^2+1.764 9X$, $R^2=0.500 3$,拟合效果一般;由图 7 可知,假定抽薹力度随时间的变化呈现“S”型曲线,整个抽薹过程中蒜薹受力效应函数

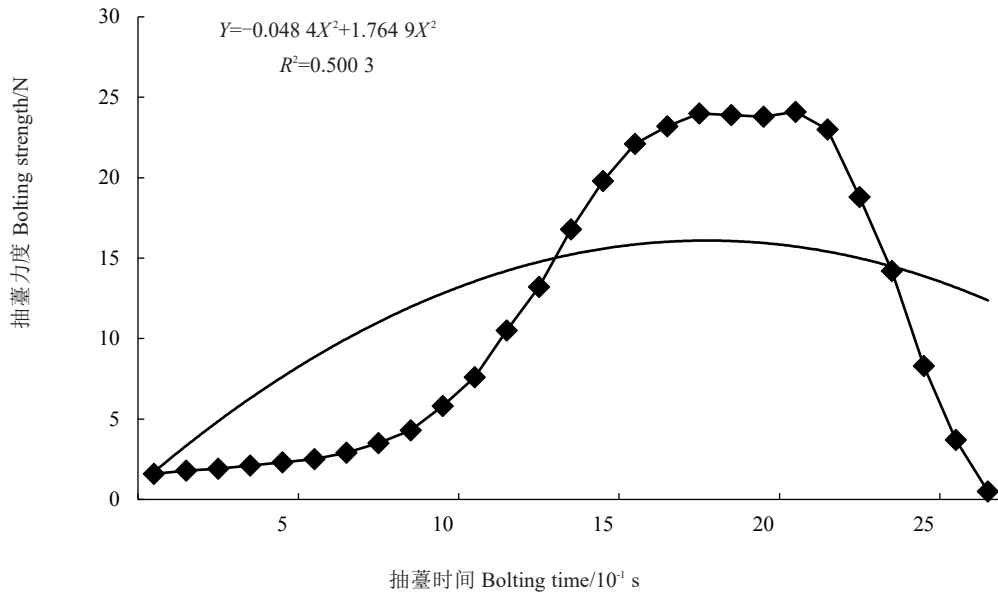


图 6 抽薹力度随时间变化凸抛物线型曲线
Fig. 6 Convex parabolic curve of bolting strength with time

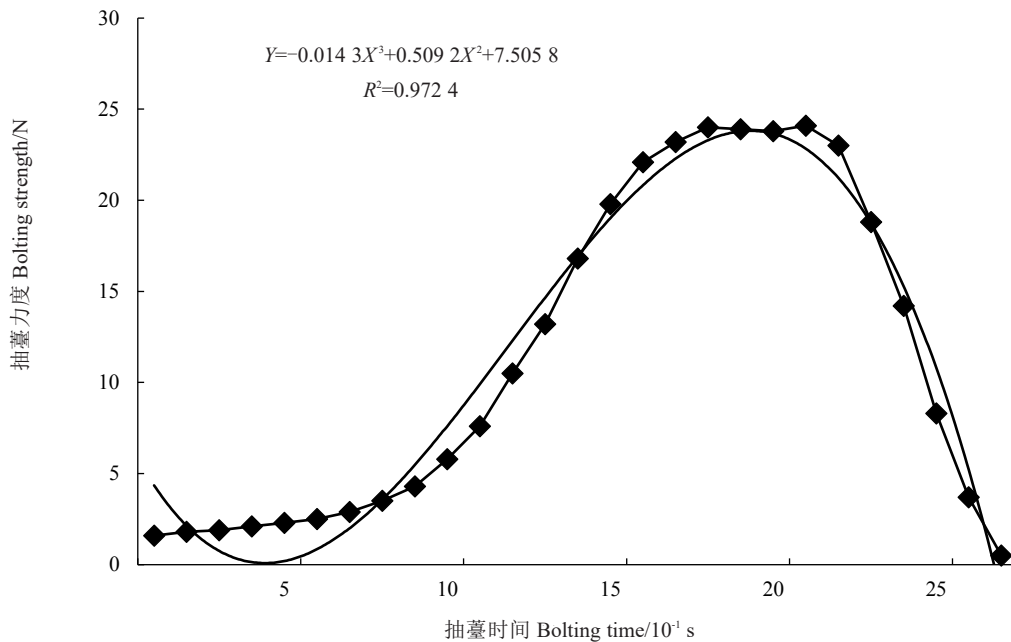


图 7 抽薹力度随时间变化 S 型曲线
Fig. 7 S-shaped curve of bolting intensity over time

为 $Y=-0.014 3X^3+0.509 2X^2-3.649 4X+7.505 8, R^2=0.972 4$, 拟合效果较好。

经分析, 蒜薹受力分为3个阶段。第一阶段: 抽薹装置从找准位置到钉扎入蒜茎, 在此阶段蒜薹受力逐渐增大; 第二阶段: 从钉扎入蒜茎直至将蒜薹扎断, 在此阶段蒜薹受力呈急剧增加并达到最高点; 第三阶段: 从蒜薹被扎断直至被抽出, 此阶段对蒜薹抽出的阻力主要为内径苞叶与蒜薹之间的摩擦力, 且两者接触面积急剧减小, 因此蒜薹受力呈急剧减小的趋势直至降低为0 N。图

6~7 中抽薹力达到最高时, 有一个降低后又增大的过程, 抽薹拉力的降低是在人工抽薹过程中, 为了防止某些蒜薹被抽断而采取的一个收力动作。

2.3 抽薹装置改进前后扎薹受力分析图

由图8可知, 尖头金属钉和钝头金属钉在从扎进蒜茎直至完全进入蒜茎并破坏蒜薹, 扎薹受力均呈现出先逐渐增大, 当达到最大值后急速下降的趋势; 其中尖头金属钉最大作用力为8.5 N, 钝头金属钉最大作用力为11.9 N, 钝头金属钉作用力比尖头金属钉大3.4 N。

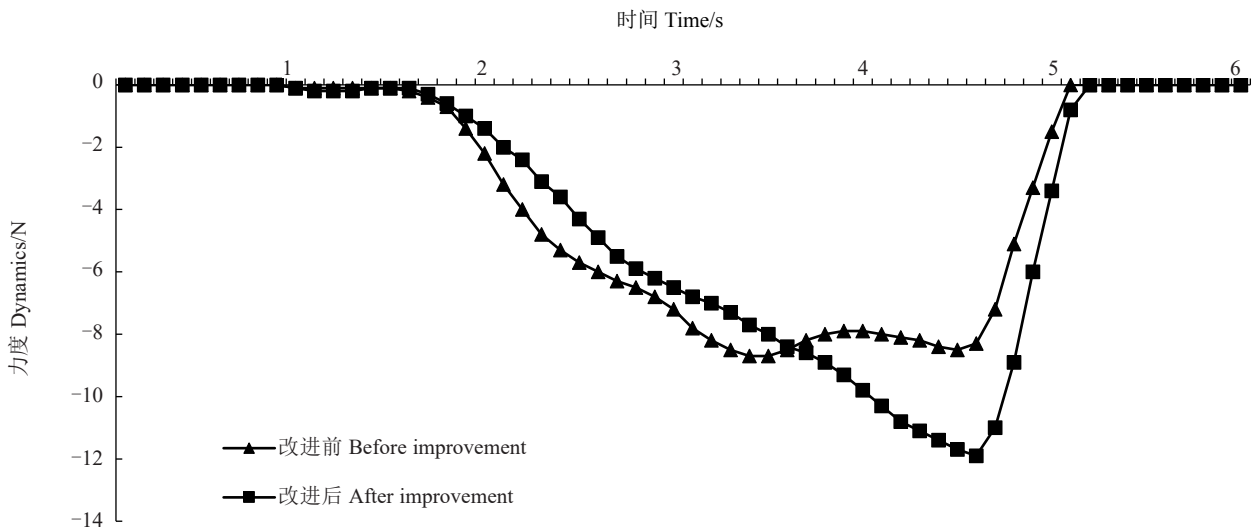


图8 抽薹装置改进前后扎薹受力分析图

Fig. 8 Analysis of bolting force before and after improvement of bolting device

2.4 不同处理对抽薹的影响

抽薹效率是指单位时间内蒜薹提取根数, 根数越多, 抽薹效率越高, 单位面积上的蒜薹提取所用时间越短。薹长是衡量蒜薹产量和外观品质的重要指标, 也是判断抽薹难易程度的重要依据, 蒜薹越长, 说明抽提时开孔位置越低, 蒜薹越短, 说明开孔位置越高。出薹率是指蒜薹被成功抽出的根数与抽薹总数之比, 出薹率越高, 断薹率越低, 蒜薹产量越高, 同时也是蒜薹外观的重要指标, 断薹会直接影响消费者的购买欲。由表1可知, T1与CK相比, 抽薹效率提高达到显著水平, 但未达到极显著水平, T1和CK抽薹效率分别为101.33根·10 min⁻¹和90.33根·10 min⁻¹, 抽薹效率提高12.18%; T1与CK相比, 薹长无显著差异; 出薹率之间差异达到极显著水平, 其中T1出薹率为94.33%, 比CK出薹率89.67%提高5.20%。这说明抽薹金属钉改进后能显著提高抽薹效率和蒜薹出薹率。

表1 不同处理对抽薹效果的影响

Table 1 Effects of different treatments on bolting efficiency

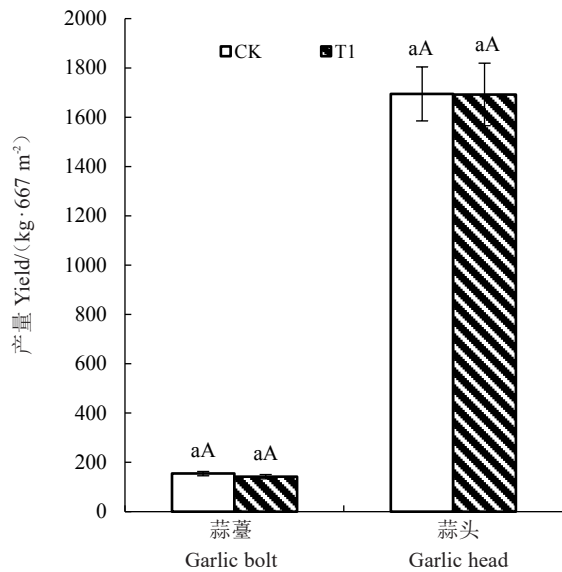
处理	抽薹效率 Bolting efficiency/ (No. · 10 min ⁻¹)	薹长 Bolt length/ cm	出薹率 Bolting rate/ %
CK	90.33±3.055 1 bA	28.59±0.210 3 aA	89.67±1.527 5 bB
T1	101.33±3.785 9 aA	28.19±0.256 3 aA	94.33±0.577 4 aA

注: 同列数据后不同小写字母表示在0.05水平差异显著, 不同大写字母表示在0.01水平差异极显著。

Note: Different lowercase letters after the same column indicate significant difference at 0.05 level, and different uppercase letters indicate extremely significant difference at 0.01 level.

2.5 不同处理对蒜薹和大蒜产量的影响

由图9可知, CK与T1蒜薹产量分别为154.31和141.87 kg·667 m², 两处理间无显著差异, CK与T1蒜头产量分别为1 694.34和1 692.43 kg·667 m², 两处理间亦无显著差异。由此可知, 抽薹金属钉改



注:不同小写字母表示在 0.05 水平差异显著,不同大写字母表示在 0.01 水平差异极显著。下同。

Note: Different lowercase letters indicate significant difference at 0.05 level, and different uppercase letters indicate extremely significant difference at 0.01 level. The same below.

图 9 不同处理对蒜薹和大蒜产量的影响

Fig. 9 Effects of different treatments on garlic bolt and garlic yield

进后,虽然对蒜茎造成了更大破坏,但不会影响蒜薹产量以及后期蒜头的膨大。

2.6 不同处理评价结果

从不同评价员对不同抽薹处理的评价结果来看(图 10),CK 与 T1 相比差异极显著。CK 总分仅为 5.4 分,T1 总分为 8.0 分,打分结果提高 2.6 分。这说明抽薹金属钉改进后,明显提高了抽薹装置的舒适度,使用者对改进后抽薹装置评价较高。

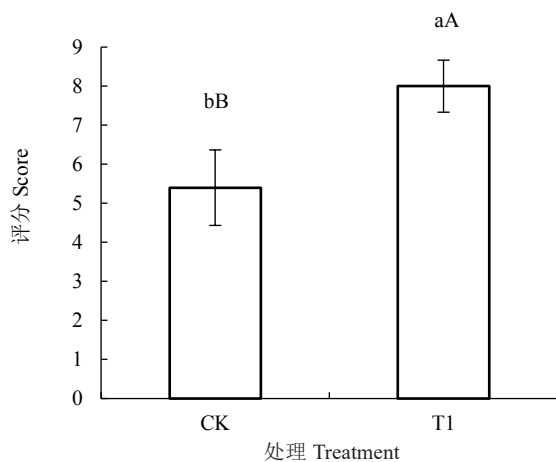


图 10 不同处理评分

Fig. 10 Different processing scores

3 讨论与结论

笔者所使用的钩提法由扎薹法改进而来。本试验结果表明,抽薹装置金属钉由尖头改进为钝头,其按扎推力明显增大,钝头金属钉作用力比尖头金属钉大 3.4 N,但由于抽薹方法从按扎式改进为钩提式,即由费力杠杆模式改变为作用力与反作用力模式,作用力的增大并未对抽薹带来明显影响。杨静等^[23]、黄治军^[24]研究表明,蒜薹抽提力随着时间的增加呈逐渐增大并最终达到最大值。笔者对抽薹拉力和按扎推力的全过程进行了力学分析,发现抽薹过程随时间变化是一个作用力先增大再急剧增大,当增加到最高值以后又急剧减小,直至降低为 0 N 的过程;扎薹过程是一个随时间变化,作用力稳定增加,当达到最高值后又急剧减小的过程。对抽薹力随时间变化进行了拟合分析,发现整个抽提过程蒜薹受力随时间变化呈“S”型曲线。这与人研究结果不同,可能是本试验采用了完全人工模拟,而前人采用万能试验机进行模拟试验所导致的。

从本试验结果来看,改进后抽薹效率为 101.33 根·10 min⁻¹,比改进前提高 12.18%;抽薹效率显著提高。这是因为改进后抽薹装置金属钉为钝形,头部直径增加,当金属钉与蒜茎表皮接触时不易扎入表皮,不需要再进行二次定位,从而减少了金属钉对准蒜茎中部的操作时间。抽薹装置改进后,出薹率为 94.33%,比抽薹装置改进前提高 5.20%,达到极显著水平,这是因为改进后金属钉整体直径增加,变粗变钝,使金属钉将蒜薹扎断的概率更大,从而提高了出薹率。

李娜等^[25]、袁志华等^[26]研究表明,不同采收方式及植株叶片损伤程度与鳞茎平均质量之间具有关联机制,破坏性越大,蒜头平均质量越小。从本试验结果来看,金属钉改进增粗后,并未造成蒜薹和蒜头产量下降;金属钉改进后,后端仅从直径 2 mm 增加到直径 4 mm,扎薹过程中,虽然金属钉改进后对蒜茎造成的破坏更大,但不足以影响蒜头产量的形成,这可能是未造成大蒜产量显著下降的原因。

从评价结果来看,评价人员对金属钉改进后的评价较高,这是因为钝头金属钉相对尖头金属钉,在金属钉和蒜茎组织接触后,不容易进入蒜茎,从而减少了对准蒜茎中部的时间。另外,金属钉材质较硬,蒜茎组织较软,其增加的作用力仅为 3.5 N 左右,且使用钩提式抽薹方式,抽薹过程是一个作用

力与反作用力的关系,评价人员基本感觉不到比改进前更费力。

综上所述,可得出以下结论:

(1)抽薹装置金属钉由尖头改进为钝头,能提高抽薹效率和出薹率,降低了劳动强度,缩短了劳动时间,且不会影响蒜薹与蒜头产量。

(2)抽薹力度随时间变化呈“S”型曲线,为实现抽薹机械化提供了理论基础。

(3)将蒜薹收割分解为抽薹和扎薹两个过程,并对抽薹过程和扎薹过程进行了力学分析,为蒜薹抽提机械化提供了思路。

参考文献

- [1] 肖小勇,李崇光.我国大蒜出口的“大国效应”研究[J].国际贸易问题,2013(8):61-71.
- [2] 陈晓鑫,王孟伟,白丽,等.中国大蒜出口增长的驱动因素研究[J].中国瓜菜,2023,36(10):153-160.
- [3] 王慢慢,侯翠红,黄玉芳,等.河南大蒜主产区施用专用肥对大蒜产量和品质的影响[J].中国瓜菜,2020,33(10):45-50.
- [4] 王萍,李文.渭北旱作区春菜豆套种大蒜复种甘蓝高效集雨栽培模式[J].中国瓜菜,2023,36(6):142-145.
- [5] 李娜,张仰猛,周进,等.蒜薹采收方式及植株叶片损伤程度对鳞茎均重的影响[J].中国农机化学报,2021,42(10):7-14.
- [6] 刘冰江.大蒜高效栽培[M].北京:机械工业出版社,2019.
- [7] 林悦香,尚书旗,杨然兵.大蒜生产机械的现状与发展[J].农机化研究,2012,34(3):242-245.
- [8] 冯芮,李超,徐洪岑,等.蒜薹机械化收获技术现状分析[J].中国农机化学报,2021,42(2):37-44.
- [9] 崔志超,刘先才,陈永生,等.我国大蒜全程机械化生产现状、问题与对策[J].中国农机化学报,2023,44(6):239-243.
- [10] 朱新华,赵洲,郭文川.面向采摘机械手的蒜薹力学特性试验研究[J].中国农业大学学报,2016,21(7):98-104.
- [11] 苗锁成,邱海红,马之平,等.钳式蒜薹提取器:CN201620087559.7[P].2016-06-29.
- [12] 苗锁成,邱海红,马之平,等.蒜薹提取器[J].科技资讯,2016,14(16):183.
- [13] 刘平义,刘琦,李海涛,等.双圆盘蒜薹提取装置:CN201510598749.5[P].2017-01-11.
- [14] 刘平义,芮成杰,李海涛,等.双圆锥蒜薹提取装置:CN201610024294.0[P].2016-1-14.
- [15] 西北农林科技大学.一种蒜薹自动采收机械装置:CN201310643811.9[P].2017-04-26.
- [16] 刘成良,贡亮,苑进,等.农业机器人关键技术研究现状与发展趋势[J].农业机械学报,2022,53(7):1-22.
- [17] 周浩,唐昀超,邹湘军,等.农业采摘机器人视觉感知关键技术研究[J].农机化研究,2023,45(6):68-75.
- [18] 耿令新,李洋,张利娟,等.低损采摘蒜薹的微幅振动特性试验研究[J].河南科技大学学报(自然科学版),2023,44(4):30-40.
- [19] 耿令新,卢富运,张利娟,等.基于人工抽薹原理的蒜薹采摘机设计与试验[J].农业机械学报,2021,52(11):115-124.
- [20] 乔立娟,郭佳皓,赵帮宏,等.山东省大蒜全程机械化生产效率评价及推进策略研究[J].中国瓜菜,2022,35(7):110-115.
- [21] 王崇华,周云帆,王喜枝,等.一种回钩式蒜薹提取装置:CN201720761415.X[P].2017-12-29.
- [22] 王崇华.抽薹装置定位钩改进减小蒜薹抽提力提高效率[J].农业工程学报,2019,35(1):46-51.
- [23] 杨静,张少强,马兆毅,等.人工收薹原理下蒜薹收获机的设计[J].机械研究与应用,2024,37(4):70-74.
- [24] 黄治军.大蒜抽薹机理与调控技术研究[D].山东泰安:山东农业大学,2011.
- [25] 李娜,张仰猛,周进,等.蒜薹采收方式及植株叶片损伤程度对鳞茎均重的影响[J].中国农机化学报,2021,42(10):7-14.
- [26] 袁志华,陈翠娟,李华朴,等.蒜薹拉伸特性研究[J].湖北农业科学,2015,54(10):2401-2403.