

不同倒伏状态甘蔗扶起过程的试验

牟向伟, 解福祥, 区颖刚, 龚剑华

(南方农业机械与装备关键技术省部共建教育部重点实验室, 华南农业大学 工程学院, 广东 广州 510642)

摘要: 设计了分蔗靴-螺旋滚筒-拨指链组合式扶蔗器. 将甘蔗按照倒伏状态分类, 与拨指链式扶蔗器一起进行实验室对比扶蔗试验, 研究扶蔗器对不同倒伏状态甘蔗的扶起效果. 结果表明: 对于倒伏角小于 30° 、侧偏角大于 15° 的严重倒伏甘蔗, 组合式扶蔗器扶起后甘蔗的倒伏角为 $61.4 \sim 75.5^\circ$, 效果明显优于拨指链式扶蔗器; 对于倒伏角大于 30° 、侧偏角大于 15° 的一般倒伏甘蔗, 2 种扶蔗器的扶蔗效果一致, 扶起后甘蔗的倒伏角为 $69.4 \sim 76.8^\circ$.

关键词: 甘蔗; 倒伏; 扶起; 扶蔗器

中图分类号: S225.53

文献标识码: A

文章编号: 1001-411X(2010)03-0098-04

Experiments of Lifting Process for the Lodged Sugarcane

MOU Xiang-wei, XIE Fu-xiang, OU Ying-gang, GONG Jian-hua

(Key Laboratory of Key Technology on Agricultural Machine and Equipment, Ministry of Education,
College of Engineering, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China)

Abstract: The divider-spiral roller-finger chain combined sugarcane-lifter was designed to study the lifting effect for various lodged sugarcane. In accordance with the classification for different lodged status of sugarcane, the comparison experiments were done for sugarcane lifting with finger-chain type and divider-spiral roller-finger chain combined sugarcane-lifters. The experimental results showed that the lifting effect of combined sugarcane-lifter was better than that of the finger-chain type sugarcane-lifter for heavily lodged sugarcane (the lodged angle was less than 30° and the side-angle was greater than 15°), and the lodged angle after lifting was $61.4 - 75.5^\circ$. Meanwhile, the two devices could perform a good lifting effect for the general lodged sugarcane (the lodged angle was greater than 30° and the side-angle was greater than 15°), and the lodged angle after lifting was $69.4 - 76.8^\circ$.

Key words: sugarcane; lodge; sugarcane-lifting; sugarcane-lifter

我国甘蔗种植受地域影响, 倒伏严重^[1], 对甘蔗整秆式机械化收获造成很大影响^[2-3]. 根据文献[4-5]可将甘蔗的倒伏状态设定为倒伏角 θ 和侧偏角 ψ . 其中, θ 为甘蔗轴线与地面之间的夹角, 主要用来判断甘蔗的倒伏程度; ψ 为甘蔗轴线在地面上的投影与机器前进方向所在直线的夹角, 主要用来判

断侧倒伏的情况. 根据倒伏角大小将倒伏甘蔗分为严重倒伏(倒伏角为 $0 \sim 30^\circ$)、一般倒伏(倒伏角为 $30 \sim 60^\circ$)和轻微倒伏(倒伏角为 60° 以上)3 类, 广东湛江蔗田调查表明, 3 类倒伏甘蔗分别占总甘蔗量的 20%、50% 和 30% 左右; 根据侧偏角大小将倒伏甘蔗分为顺向倒伏(侧偏角为 $0 \sim 30^\circ$)、侧顺向倒伏(侧

收稿日期: 2009-06-15

作者简介: 牟向伟(1982—), 男, 博士研究生; 通信作者: 区颖刚(1947—), 男, 教授, 博士, E-mail: ouying@scau.edu.cn

基金项目: “十一五”国家科技支撑计划资助项目(2006BAD11A07-2); 国家自然科学基金(50875091); 广东省科技计划项目(2007A020300010-2); 农业科技成果转化基金(2008GB2E000235)

偏角为 $30 \sim 60^\circ$) 和侧向倒伏(侧偏角为 $60 \sim 90^\circ$) 3 类. 目前国内外扶蔗器主要有螺旋式和拨指链式 2 种^[6-8]. 本课题组此前设计了拨指链式扶蔗器^[9-10], 但对严重倒伏甘蔗的扶起效果不能满足甘蔗整秆收获的要求, 在此基础上结合文献^[11], 改进设计了分蔗靴-螺旋滚筒-拨指链组合式扶蔗器. 通过对比试验研究改进的组合式扶蔗器与拨指链式扶蔗器对于不同类别倒伏甘蔗的扶起效果, 重点分析组合式扶蔗器对于严重倒伏甘蔗的扶起过程.

1 材料与方法

1.1 材料及试验设备

试验用甘蔗取自华南农业大学宁西实验基地, 品种为 YT(粤糖)79-177, 2 年生宿根蔗, 土槽土壤和试验用甘蔗的基本物理参数如表 1 所示.

表 1 土壤与甘蔗的基本参数

Tab.1 The parameter of soil and sugarcane

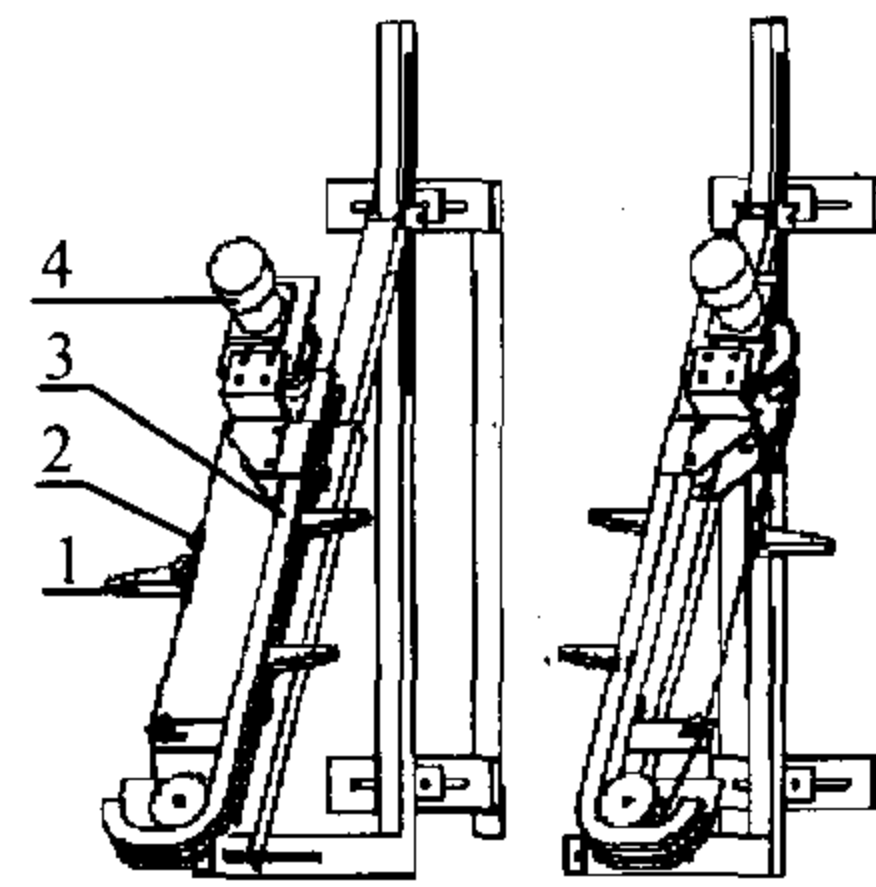
材料	湿溶重/($\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$)	湿基含水率(w)/%
土壤	1.22	28.66
甘蔗		52.56

试验在华南农业大学土槽实验室进行. 将甘蔗按试验要求埋在土槽土壤中. 分别将拨指链式扶蔗器和组合式扶蔗器悬挂在台车上, 由液压设备提供动力, 进行扶蔗试验. 高速摄影试验采用日本 PHOTRON 公司生产的 FASTCAM-Super 10 KC 型高速摄影仪, 其记录速度最高可达 3 000 帧/s(FPS), 记录容量为 128 M.

拨指链式扶蔗器的参数设定为前进速度 0.25 m/s、下链轮转速 250 r/min、扶蔗器导轨偏角 10° 、扶蔗器导轨倾角 60° ; 组合式扶蔗器的参数设定为前进速度 0.25 m/s、下链轮转速 250 r/min、螺旋转速为 125 r/min、扶蔗器导轨偏角 10° 、扶蔗器导轨倾角 60° .

1.2 扶蔗器的改进设计

室内试验表明, 拨指链式扶蔗器(图 1)对于一般倒伏状态甘蔗有良好的扶起效果, 但对于严重倒伏的甘蔗扶起效果不理想. 主要原因是拨指在最低点时仍有一定的离地高度, 致使拨指与严重倒伏的甘蔗相对距离较大, 无法有效接触甘蔗. 因此, 应加装分蔗器, 将甘蔗向上提升.

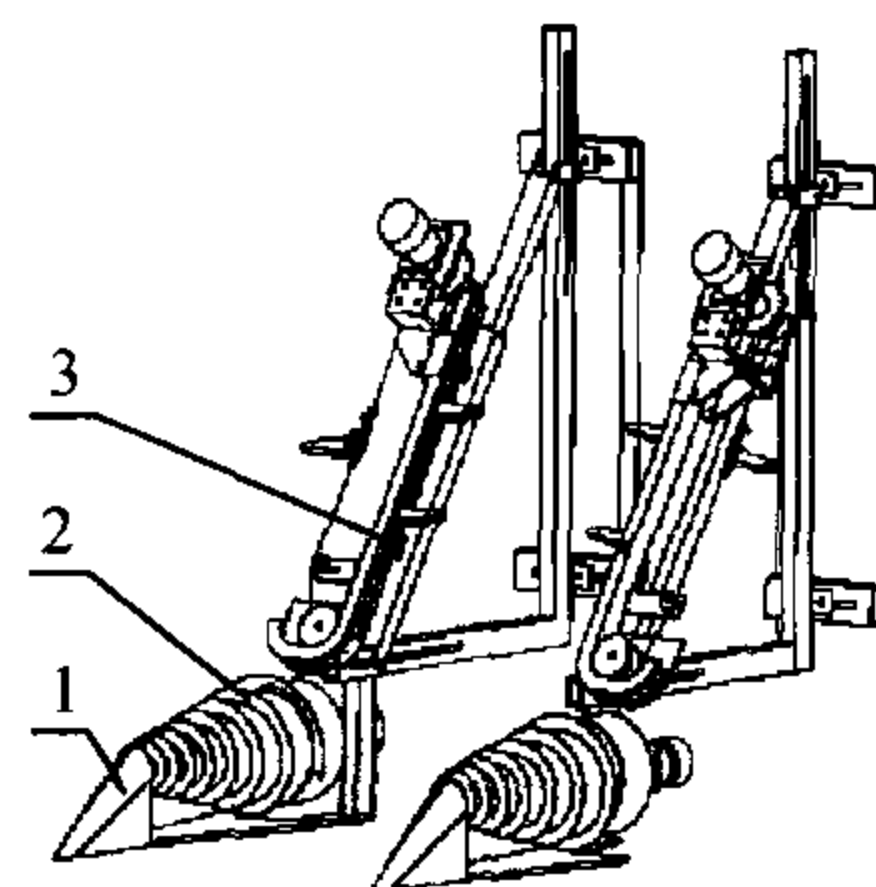


1: 拨指; 2: 链条; 3: 导轨; 4: 液压马达.

图 1 拨指链式扶蔗器的设计图

Fig. 1 Design sketch of finger-chain type sugarcane-lifter

改进设计的分蔗靴-螺旋滚筒-拨指链组合式扶蔗器如图 2 所示, 简称组合式扶蔗器, 主要由靴式分蔗器(简称分蔗靴)、变螺距圆锥形螺旋滚筒^[8](简称螺旋滚筒)和拨指链式扶蔗器组成. 其工作原理是由分蔗靴将倒伏缠绕在一起的甘蔗分离, 并向上推扶至螺旋滚筒, 通过变螺距叶片的旋转将甘蔗提升至拨指处, 由拨指接住甘蔗向上扶起. 分蔗靴的三角形底板贴地运行, 能够保护螺旋滚筒, 避免螺旋滚筒与地面接触, 降低机器前进的阻力.



1: 靴式分蔗器; 2: 变螺距圆锥形螺旋滚筒; 3: 拨指链式扶蔗器.

图 2 分蔗靴-螺旋滚筒-拨指链组合式扶蔗器

Fig. 2 Design sketch of divider-spiral roller-finger chain combined sugarcane-lifter

主要设计参数为(1)靴式分蔗器: 底板为等腰三角形, 底边长度 250 mm、高 846 mm, 靴由半圆锥和契形体组成, 靴中心线与底板夹角 30° 、靴中心线最高点至底板间距 200 mm; (2)螺旋滚筒: 长度 500 mm、大端直径 250 mm、小端的直径 50 mm、变螺距 30 ~ 100 mm、螺旋叶片的高度 30 mm.

1.3 对比扶蔗试验

按照倒伏角和侧偏角将甘蔗分成不同的倒伏状态, 利用 2 种扶蔗器进行对比扶蔗试验. 倒伏甘蔗的倒伏角取 $0 \sim 15^\circ$ 、 $15 \sim 30^\circ$ 、 $30 \sim 45^\circ$ 、 $45 \sim 60^\circ$ 等 4 个水平, 倒伏甘蔗的侧偏角取 $0 \sim 15^\circ$ 、 $15 \sim 30^\circ$ 、 $30 \sim 45^\circ$ 、 $45 \sim 60^\circ$ 、 $60 \sim 90^\circ$ 等 5 个水平. 试验中埋设甘蔗

采取垄作形式,垄高 200 mm. 每组试验重复 10 次,取平均值.

1.4 高速摄影对比试验

用高速摄影仪拍摄 2 种扶蔗器对倒伏角为 15 ~ 30° 的严重倒伏甘蔗的扶起过程,分析 2 种扶蔗器的扶蔗效果. 试验选择的记录速度为 125 帧/s (FPS),将拨指第 1 次与甘蔗接触的时刻定义为 $t=0$ 时刻.

2 结果与分析

2.1 2 种扶蔗器的扶蔗试验结果

由表 2 可知,对于倒伏角小于 15°、侧偏角大于 15° 的严重倒伏甘蔗,组合式扶蔗器可以产生一定的扶蔗效果,扶起后甘蔗的倒伏角为 61.4 ~ 74.4°,而拨指链式扶蔗器无法产生扶蔗作用;对于倒伏角为

表 2 不同倒伏状态甘蔗扶蔗试验结果¹⁾

Tab. 2 The result of sugarcane-lifting for different lodged sugarcane

(°)

倒伏甘蔗的 侧偏角/(°)	倒伏角 0 ~ 15°		倒伏角 15 ~ 30°		倒伏角 30 ~ 45°	倒伏角 45 ~ 60°
	拨指式	组合式	拨指式	组合式		
0 ~ 15	无效果	无效果	无效果	无效果	无效果	无效果
15 ~ 30	无效果	61.4 ± 1.2	64.7 ± 3.9	66.7 ± 0.8	69.4 ± 1.5	73.5 ± 1.4
30 ~ 45	无效果	67.3 ± 0.5	66.3 ± 2.6	71.8 ± 0.4	74.3 ± 0.6	74.2 ± 0.8
45 ~ 60	无效果	69.5 ± 1.2	68.7 ± 3.8	74.5 ± 0.2	75.9 ± 1.0	76.7 ± 0.3
60 ~ 90	无效果	74.4 ± 0.1	75.1 ± 0.4	75.5 ± 0.7	76.8 ± 0.1	76.8 ± 0.1

1) 甘蔗倒伏角小于 30° 时,2 种扶蔗器的试验结果不同,试验结果记录 2 组,分别记为“拨指式”和“组合式”;甘蔗倒伏角大于 30°,扶蔗器试验结果一致,记录 1 组;扶蔗器无法扶起甘蔗的情况,记为“无效果”.

15 ~ 30°、侧偏角大于 15° 这种严重倒伏的甘蔗,组合式扶蔗器扶蔗结果为 66.7 ~ 75.5°,拨指链式扶蔗器的扶蔗结果为 64.7 ~ 75.1°. 此时组合式扶蔗器的扶蔗效果优于拨指链式扶蔗器.

对于倒伏角大于 30°、侧偏角大于 15° 的一般倒伏甘蔗,2 种扶蔗器扶起后甘蔗的倒伏角一致,扶起后甘蔗的倒伏角为 69.4 ~ 76.8°.

对于侧偏角小于 15°、倒伏角为 0 ~ 60° 的顺向倒伏的甘蔗,2 种扶蔗器都无法接触到甘蔗,不能产生扶蔗效果.

观察图 3 可得出拨指链式和组合式扶蔗器在可以产生扶蔗效果的情况下,均具有以下特点:当倒伏甘蔗的倒伏角一定时,甘蔗扶起后的倒伏角随着倒伏甘蔗的侧偏角的增大而增大,侧偏角越大扶蔗效果越好;当倒伏甘蔗的侧偏角一定时,甘蔗扶起后的倒伏角随着倒伏甘蔗的倒伏角的增大而增大,倒伏角越大扶蔗效果越好.

2.2 2 种扶蔗器高速摄影试验结果

观察图 4a 可以得出拨指链式扶蔗器接触甘蔗时,由于拨指尖与甘蔗的相对距离较大,拨指无法有效地插入到甘蔗下部起到支撑作用,而且此时拨指处于圆弧轨道旋转打开阶段,容易将甘蔗弹起, t 为 0.072 和 0.240 s 甘蔗 2 次被处于圆弧轨道的拨指弹起并回落,这个阶段甘蔗始终处于不稳定状态,影响最终的扶蔗效果. 直到 t 为 0.456 s 甘蔗被进入直线

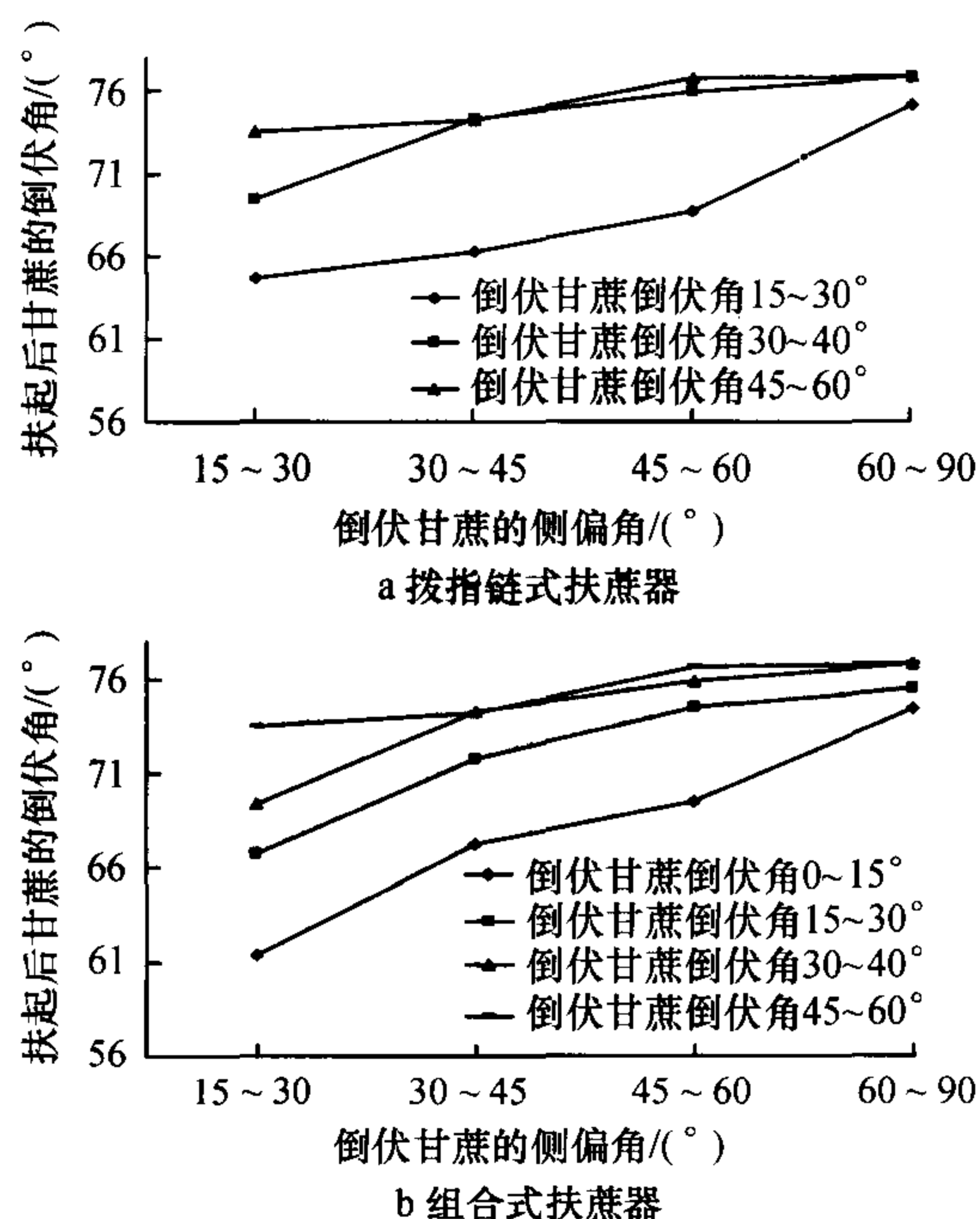


图 3 不同扶蔗器的扶蔗结果

Fig. 3 Sugarcane-lifting result of the different sugarcane-lifters

轨道的拨指托住,才被稳定扶起.

观察图 4b 可以看出,组合式扶蔗器首先由分蔗靴和螺旋滚筒提升甘蔗, $t=0.157$ s 时,甘蔗被螺旋滚筒提升到与拨指交界处; $t=0.285$ s 时,拨指与甘蔗接触,可以插入到甘蔗下部托住甘蔗,这个过程甘蔗处于稳定上升状态; $t=0.308$ s 时,甘蔗被直线轨道中的拨指接住并稳定扶起.

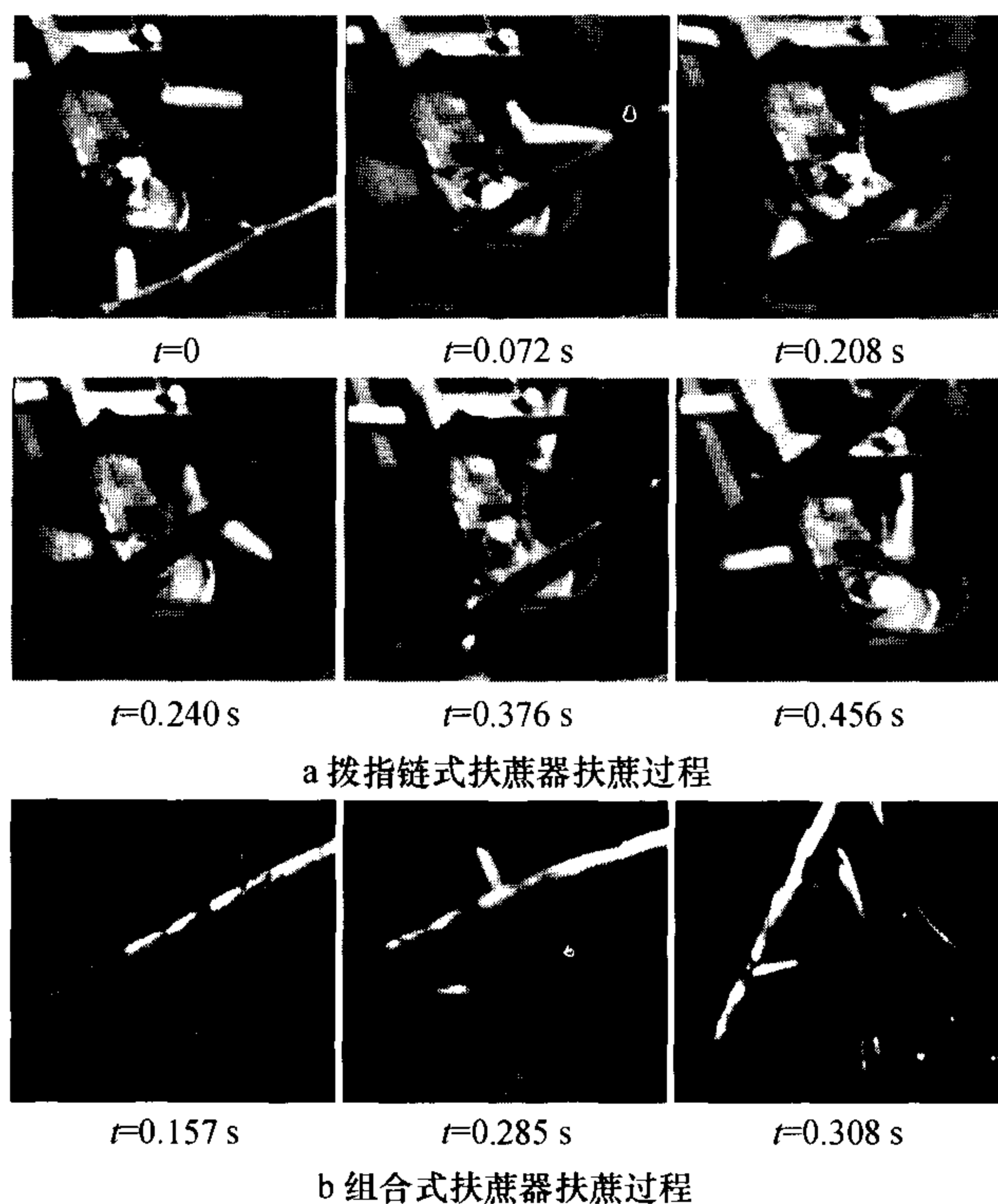


图4 高速摄影试验结果

Fig. 4 Sugarcane-lifting result in high-speed photographs

3 结论

1) 对于倒伏角小于 15° 、侧偏角大于 15° 的严重倒伏甘蔗, 拨指链式扶蔗器无法扶起甘蔗的原因是拨指到达最低点时仍具有一定的离地高度, 不能有效接触到严重倒伏的甘蔗, 而组合式扶蔗器的分蔗靴是贴地行走, 可以将甘蔗向上推扶, 再通过螺旋滚筒将甘蔗提升至拨指处, 由拨指接住并扶起。对于倒伏角为 $15^\circ \sim 30^\circ$ 、侧偏角大于 15° 这种严重倒伏的甘蔗, 拨指链式扶蔗器的拨指在圆弧轨道接触到甘蔗, 但此时拨指处于旋转打开的阶段容易将甘蔗弹起。因此对于严重倒伏的甘蔗分蔗靴和螺旋滚筒对甘蔗的提升作用对于改善扶蔗效果具有重要作用。

2) 对于倒伏角大于 30° 、侧偏角大于 15° 的一般倒伏甘蔗, 由于甘蔗离地高度增大, 超过了螺旋滚筒的高度, 滚筒不再接触甘蔗, 同时也避免了处于圆弧轨道的拨指接触甘蔗, 而是由处于直线轨道的拨指接住甘蔗向上扶起, 所以 2 种扶蔗器的扶蔗效果一致。因此, 可以将分蔗靴和螺旋滚筒设计为易拆卸式的, 田间工作时可以视实际倒伏情况决定是否安装。

3) 对于侧偏角小于 15° 的倒伏甘蔗扶蔗效果差的原因是此时甘蔗倒伏接近扶蔗器的中心线, 由于两拨指之间存在一定的间距, 这种情况下拨指无法接触到甘蔗, 因此无法产生扶蔗作用。

4) 倒伏甘蔗的侧偏角 ($15^\circ \sim 90^\circ$) 越大, 扶蔗效果越好, 这是因为扶蔗器可以较早接触甘蔗, 对甘蔗产生一个向前向上推扶的作用, 甘蔗易于被拨指接住; 倒伏甘蔗的倒伏角越大扶蔗效果越好则是因为甘蔗与拨指接触时, 拨指处于直线轨道的稳定运行状态, 此时甘蔗弹跳幅度小, 易于扶起。

5) 严重倒伏的甘蔗在扶起过程中受到拨指的击打和推扶, 作大幅度的弹跳和翻转运动, 推断会有折断的情况发生, 但是在试验中较多出现的是甘蔗根部土壤被严重破坏, 而较少出现甘蔗折断的现象。主要原因是在土槽模拟甘蔗种植时, 将土壤压实也无法达到田间土壤的坚实度, 较为疏松的土壤缓冲了扶蔗器对甘蔗的冲击力。因此有必要进行田间试验来研究扶蔗过程甘蔗的折损情况。

参考文献:

- [1] 吕勇, 杨坚, 乔艳辉. 甘蔗收割机械的发展概述[J]. 南方农机, 2006(5): 26-27.
- [2] 邓劲莲, 李尚平, 杨家强. 倒伏甘蔗扶起过程的动态仿真分析[J]. 机械设计与制造, 2003(2): 26-28.
- [3] 刘楚强. 整秆式甘蔗收获机的研发现状及展望[J]. 广西蔗糖, 2002(4): 21-22.
- [4] 宋春华. 螺旋式甘蔗扶起机构的试验研究[D]. 广州: 华南农业大学工程学院, 2003.
- [5] 李志红. 甘蔗收获机圆弧轨道式柔性夹持输送机理研究[D]. 广州: 华南农业大学工程学院, 2006.
- [6] 高建民, 区颖刚. 甘蔗螺旋扶起机构的理论研究及虚拟样机仿真[J]. 农业工程学报, 2004, 20(3): 1-5.
- [7] BILL K, KEN B. They are all crazy-100 years of mechanical cane harvesting[M]. Brisbane: Canegrowers, 1993.
- [8] SCHEMBRI M, CARSON C A. The challenge of harvesting green cane[J]. International Cane Energy News, 1997(7): 2-6.
- [9] 牟向伟, 区颖刚, 张杨. 拨指链式扶蔗器的试验[J]. 农业机械学报, 2009, 40(8): 49-53.
- [10] 张杨, 区颖刚, 牟向伟. 甘蔗收割机拨指式扶起机构的运动仿真[J]. 农机化研究, 2008, 30(4): 29-31.
- [11] 解福祥, 区颖刚, 刘庆庭. 整秆甘蔗收割机组合式扶起装置运动学分析[J]. 农机化研究, 2009, 31(5): 27-30.

【责任编辑 周志红】