

甘蔗去皮与切断特性试验*

万鹏 赵伟松 龙超 蹇在庆

(华中农业大学工学院, 武汉 430070)

【摘要】以湖北省仙桃市产青皮甘蔗为试验材料,利用自制的刃口为15°的刀片和夹具在微机控制电子万能试验机上对青皮甘蔗茎秆节间和节点处去皮及切断特性进行了试验研究。试验结果表明:在对甘蔗茎秆的节间进行去皮时,刀片载荷呈现先增加后降低的变化趋势;在对甘蔗茎秆的节点进行去皮时,刀片载荷呈现先增加后降低再增加后降低的变化趋势;对甘蔗茎秆的节间和节点进行切断试验时,刀片载荷均呈增加的变化趋势。

关键词:甘蔗 去皮 切断 机械特性

中图分类号: S183; S566.1 文献标识码: A 文章编号: 1000-1298(2012)S0-0141-05

Experiment of Peeling and Cutting Characteristics for Sugarcane

Wan Peng Zhao Weisong Long Chao Jian Zaiqing

(College of Engineering, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China)

Abstract

The green-skinned sugarcane from Xiantao city in Hubei province was used as the test material. The peeling and cutting characteristics in the internode and node of the green-skinned sugarcane on the computer control electronic universal testing machine was studied with the home-made blade of 15° angle and the fixture. The test results showed that, when peeling the internode part of the sugarcane stalk, the blade load first increased and then decreased. When peeling the node part of the sugarcane stalk, the blade load first increased and then decreased, but it soon increased again and decreased after. When cutting off the internode and node parts of the sugarcane stalk, blade load showed an increasing trend.

Key words Sugarcane, Peeling, Cutting, Machine characteristics

引言

甘蔗食用时需人工去皮,费时费力,而且还会影响甘蔗的食用安全性。研究甘蔗去皮、切断的机械特性对于改变甘蔗的食用方式及食用安全性都具有积极作用。

甘蔗去皮、切断特性研究是甘蔗去皮、切断机械研制的理论基础,目前国内外学者的关注热点主要集中在甘蔗茎秆物理力学特性研究方面^[1-2],甘蔗机械的研究重点主要集中在甘蔗茎秆的切割机械研制方面^[3-8],对甘蔗去皮、切断特性研究不多^[9]。但国内外学者对小麦、玉米、棉花等秸秆的力学特性进行了较多研究,其研究方法思路可以为甘蔗去皮、

切断特性研究所借鉴^[10-16]。

本文以常见的青皮甘蔗为对象,对甘蔗茎秆在一定角度刃口刀片作用下去皮、切断变化规律进行研究,为甘蔗去皮、切断机械的研制奠定基础。

1 试验材料、设备与方法

1.1 试验材料

试验所用甘蔗为青皮甘蔗,采自湖北省仙桃市杨林尾镇,要求甘蔗茎秆通直、完整、无虫害。试验甘蔗的平均长度为2.00 m,甘蔗下段、中段和上段的平均直径分别为34.60、34.00、33.20 mm,平均节长分别为104.5、118.0、124.2 mm。试验时间为2012年2~4月。

收稿日期: 2012-07-09 修回日期: 2012-07-19

* 华中农业大学国家级大学生创新创业训练计划资助项目(1210504011)和华中农业大学大学生科技创新基金资助项目(11039)

作者简介: 万鹏,讲师,主要从事农产品加工技术与装备研究, E-mail: wanpeng09@mail.hzau.edu.cn

将甘蔗茎秆去顶叶、大叶、根须,清洗干净,然后平均分为上、中、下 3 段,再在每段的中间部位用钢锯截取甘蔗茎秆的节间和节点试样,其中节间试样不包括两端的节,节点试样以节为中心、在上下距离 2.5 cm 处截取。甘蔗茎秆取样示意图如图 1 所示。

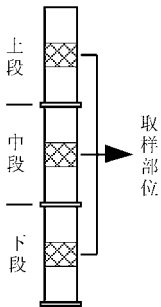


图 1 甘蔗茎秆取样示意图

Fig. 1 Sampling schematic of sugarcane stalk

1.2 试验仪器设备

在试验过程中,采用游标卡尺测量甘蔗试样的直径及节间长度等数据,利用 RG - M3005 型微机控制电子万能试验机(深圳市瑞格尔仪器有限公司生产,规格 5 kN)对甘蔗茎秆进行去皮及切断试验。为了进行试验,设计并制作了能安装于电子万能试验机上的专用去皮及切断刀片和夹具,同时为了满足刀片的强度需要,在加工过程中需要对刀片及夹具进行淬火处理。刀片及夹具的结构如图 2 所示。

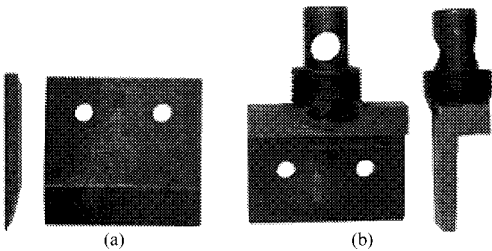


图 2 去皮和切断试验刀片及夹具

Fig. 2 Peeling and cutting test blade and fixture

(a) 刀片 (b) 夹具

1.3 试验方法

去皮试验时,将甘蔗试样两端处理平整,并在甘蔗端面将甘蔗表皮分成 4 部分。利用夹具将去皮刀片安装在万能试验机上,再将甘蔗试样的茎秆垂直放置于万能试验机的试验台表面,并使刀片对准甘蔗茎秆表皮的待切部分。启动万能试验机,利用万能试验机的压缩模块进行试验,以 30 mm/min 的速度进行匀速加载,使刀片沿着甘蔗表皮垂直切入甘蔗内部。由于甘蔗试样表皮层的厚度为 2 ~ 3 mm,为了实现机械去皮并尽量减少甘蔗果肉损失,同时保证刀片切入时切下的甘蔗皮不会因受刀片推挤作用而折断,刀片在垂直于甘蔗半径方向上距离甘蔗表面 5 mm 的地方切入甘蔗茎秆。试验过程中,为

了避免刀具切入较深时夹具对去皮过程产生干扰,设置刀片在去皮时的行程为 28 mm。甘蔗试样的去皮部位及去皮示意图如图 3 所示。

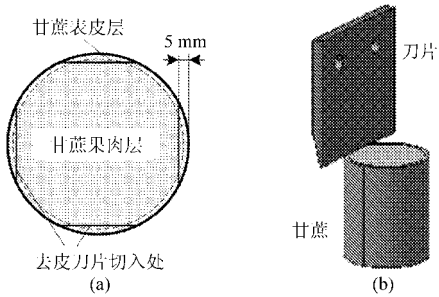


图 3 甘蔗去皮部位及去皮试验示意图

Fig. 3 Peeling parts of sugarcane and schematic of peeling test

(a) 去皮部位 (b) 去皮试验

切断试验时,将甘蔗试样横放于万能试验机的试验台表面,并使切断刀片对准甘蔗茎秆的中间部位,启动万能试验机,利用万能试验机的压缩模块进行试验,以 30 mm/min 的速度进行匀速加载,使刀片垂直切入甘蔗茎秆内部。为了避免刀具切入较深时夹具对甘蔗切断过程产生干扰,设置刀片在切断时的行程为 30 mm。

在试验过程中,每个角度刀片对同一部位的 2 份甘蔗试样进行检测,每份甘蔗试样测 2 次,取 4 次检测的平均值作为甘蔗茎秆的受力变化。

2 试验结果及分析

2.1 刀片结构对去皮及切断的影响

刀片在甘蔗茎秆进行去皮及切断试验时的载荷变化与刀片的结构有关。刀片在去皮及切断试验过程中的受力状况如图 4 所示。

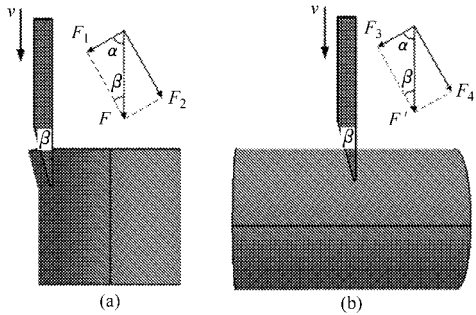


图 4 甘蔗去皮及切断过程力学分析示意图

Fig. 4 Mechanical analysis schematic of peeling and cutting process of sugarcane

(a) 去皮试验 (b) 切断试验

当刃口角度为 β 的刀片以一定的速度 v 向下运动,在载荷 F 的作用下对甘蔗进行去皮操作时,刀片不仅要克服甘蔗纤维结构的阻力,将甘蔗皮与甘蔗茎秆分开,同时还需要将甘蔗皮进行剥离,而剥离甘蔗皮所需的作用力为

$$F_1 = F \sin \beta$$

(1)

刃口角度 β 越小, F_1 也越小,即刀片在剥离甘蔗皮过程中所需作用力越小,则对甘蔗进行去皮的作用力越大。

对甘蔗进行切断试验时,甘蔗平放于试验台表面,当刀片以速度 v 向下运动,在载荷 F' 的作用下进入甘蔗内部,刀片不仅要 will 甘蔗纤维束切断,同时还需将切断的甘蔗茎秆分开,而将甘蔗茎秆分开所需作用力为

$$F_3 = F' \sin \beta$$

(2)

刃口角度 β 越小, F_3 值也越小,即刀片在分开切断的甘蔗茎秆过程中所需作用力越小,则对甘蔗进行切断的作用力越大。

由甘蔗进行去皮及切断试验的受力分析可知,在一定载荷下,刃口角度越小,刀片对甘蔗进行去皮及切断时的作用力越大,因此,在选用去皮及切断刀片时,应尽量选用刃口角度小的刀片。为满足刀片强度及加工要求,本文设计并加工角度为 15° 、长、宽及厚度分别为52、50、4 mm的刀片进行去皮及切断试验。

2.2 去皮试验

对甘蔗茎秆的上、中、下3段节间和节点试样进行去皮试验,刀片所受载荷与位移的关系如图5所示。

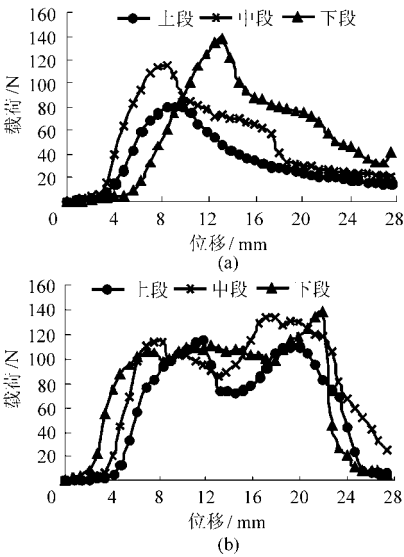


图5 甘蔗试样去皮时载荷-位移变化曲线
Fig.5 Peeling load – displacement changes of sugarcane samples
(a) 甘蔗节间 (b) 甘蔗节点

由图5可知,对甘蔗茎秆上、中、下3段节间试样进行去皮试验时,刀片载荷随着刀片切入甘蔗皮位移的增加均呈现先增加后降低的变化趋势,且对甘蔗茎秆下段试样进行去皮时刀片所受载荷最大,

中段试样次之,上段试样最小。这是由于甘蔗茎秆由纤维管束和糖分液体构成,纤维管束与茎秆轴几乎平行,当刀片沿着甘蔗表皮切入甘蔗茎秆时,刀片需要克服表皮阻力进入甘蔗茎秆内部,所以刀片载荷逐渐增加;当刀片切入甘蔗茎秆后,刀片沿着纤维管束进行移动,刀片载荷主要克服纤维管束之间的结合力,同时由于纤维管束具有单向纤维的特点,当刀片切入时能顺着刀片移动方向自动裂开,所以刀片载荷逐渐降低。而甘蔗茎秆上、中、下3段节间试样纤维束的木质化程度依次增加,故去皮试验时刀片载荷也依次增加。

而对甘蔗茎秆上、中、下3段节点试样进行去皮试验时,刀片载荷随着刀片切入甘蔗皮位移的增加均呈现先增加后降低再增加后降低的变化趋势,且对甘蔗茎秆上、中、下段试样进行去皮时刀片所受载荷相差不大。这是由于甘蔗茎秆纤维管束在节点处结合更加紧密,刀片去皮切入茎秆时纤维管束的分布与节间试样相似,刀片所需载荷先逐渐增大再逐渐降低;当刀片开始切入甘蔗茎秆节点时,由于甘蔗茎秆节点处纤维管束密集排列,刀片去皮所遇阻力增加,故刀片载荷会呈现再增加后降低的趋势。

2.3 切断试验

对甘蔗茎秆的上、中、下3段节间和节点试样进行切断试验,刀片所受载荷与位移的关系如图6所示。

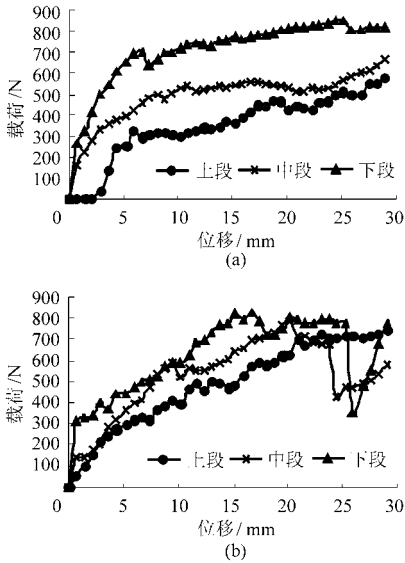


图6 甘蔗试样切断时载荷-位移变化曲线
Fig.6 Cutting load – displacement changes of sugarcane samples
(a) 甘蔗节间 (b) 甘蔗节点

由图6可知,对甘蔗茎秆上、中、下3段节间试样进行切断试验时,刀片载荷随着刀片切入甘蔗皮位移的增加均呈增加的变化趋势,且对甘蔗茎秆下

段试样进行切断时刀片所载荷最大,中段试样次之,上段试样最小。这是由于切断试验主要是对甘蔗茎秆纤维管束进行切断,故刀片所遇阻力较大;同时由于甘蔗纤维管束并行排列,刀片在进行切断时,刀片对接触到的纤维管束进行切断,对未接触到的纤维管束有挤压作用,故刀片所遇阻力会一直增加;当刀片进入甘蔗茎秆内部时,刀片不仅要甘蔗纤维束切断,同时还需将切断的甘蔗茎秆分开,而在甘蔗茎秆完全切断分开之前,刀片会受到甘蔗茎秆的摩擦阻力作用,刀片切入甘蔗茎秆越深,所受摩擦阻力越大,因此刀片载荷会逐渐增大。对甘蔗茎秆节间试样进行切断时,同时由于甘蔗茎秆上、中、下3段木质化程度依次增加,故切断时刀片载荷依次增加。

而对甘蔗茎秆上、中、下3段节点试样进行切断试验时,刀片载荷随着刀片切入甘蔗皮位移的增加均呈增加的变化趋势,且对甘蔗茎秆上、中、下段试样进行去皮时刀片所载荷相差不大。这是由于甘蔗茎秆纤维管束在节点处结合更加紧密,且刀片对甘蔗节点处的纤维管束在切断的同时,对未切断的纤维管束有压缩作用,故刀片所遇阻力会一直增加,

刀片载荷会逐渐增大。当甘蔗节点结构所受压力增大到一定数值时,会发生破裂,此时,载荷-位移变化曲线会出现突然下降的变化趋势。

3 结论

(1) 对甘蔗茎秆进行去皮及切断操作时,应尽量选用刃口角度小的刀片。

(2) 对青皮甘蔗节间部分进行去皮试验时,刀片载荷呈现先增加后降低的变化趋势,且甘蔗茎秆下段试样去皮时刀片所载荷最大,中段试样次之,上段试样最小;对节点部分试样进行去皮试验时,刀片载荷呈现先增加后降低再增加后降低的变化趋势,且对甘蔗茎秆上、中、下段试样进行去皮时刀片所载荷相差不大。

(3) 对青皮甘蔗节间部分试样进行切断试验时,刀片载荷呈增加的变化趋势,且对甘蔗茎秆下段试样进行切断时刀片所载荷最大,中段试样次之,上段试样最小;对节点部分试样进行切断试验时,刀片载荷呈增加的变化趋势,且对甘蔗茎秆上、中、下段试样进行去皮时刀片所载荷相差不大。

参 考 文 献

- 刘庆庭,区颖刚,卿上乐,等.甘蔗茎秆在扭转、压缩、拉伸荷载下的破坏试验[J].农业工程学报,2006,22(6):201~204.
Liu Qingting, Ou Yinggang, Qing Shangle, et al. Failure tests of sugarcane stalks under torsion, compression and tension load [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2006, 22(6): 201~204. (in Chinese)
- 刘庆庭,区颖刚,袁纳新.甘蔗茎在弯曲荷载下的破坏[J].农业工程学报,2004,20(3):6~9.
Liu Qingting, Ou Yinggang, Yuan Naxin. Bending load induced failure forms of sugarcane stalks [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2004, 20(3): 6~9. (in Chinese)
- 刘庆庭,区颖刚,卿上乐,等.甘蔗茎秆切割力试验[J].农业工程学报,2007,23(7):90~94.
Liu Qingting, Ou Yinggang, Qing Shangle, et al. Cutting force test of sugarcane stalk [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2007, 23(7): 90~94. (in Chinese)
- 区颖刚,张亚莉,杨丹彤,等.甘蔗生产机械化系统的试验和分析[J].农业工程学报,2000,16(5):74~77.
Ou Yinggang, Zhang Yali, Yang Dantong, et al. Test and analysis on sugarcane mechanization system [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2000, 16(5): 74~77. (in Chinese)
- 刘庆庭,区颖刚,卿上乐,等.甘蔗茎秆切割力的计算[J].农业机械学报,2006,37(9):89~92.
Liu Qingting, Ou Yinggang, Qing Shangle, et al. Cutting force calculation of sugarcane stalk [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2006, 37(9): 89~92. (in Chinese)
- 刘庆庭,区颖刚,卿上乐,等.光刃刀片切割甘蔗茎秆破坏过程高速摄像分析[J].农业机械学报,2007,38(10):31~35.
Liu Qingting, Ou Yinggang, Qing Shangle, et al. High-speed photography analysis on the damage process in cutting sugarcane stalk with smooth-edge blade [J]. Transactions for the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2007, 38(10): 31~35. (in Chinese)
- 唐忠,李耀明,徐立章,等.单茎秆切割试验台的设计与试验[J].农机化研究,2009,31(12):141~143.
Tang Zhong, Li Yaoming, Xu Lizhang, et al. The design and test of single stem cutting test-bed [J]. Journal of Agricultural Mechanization Research, 2009, 31(12): 141~143. (in Chinese)
- 向家伟,杨连发,李尚平.小型甘蔗收获机切割器试验研究[J].农业工程学报,2007,23(11):158~163.
Xiang Jiawei, Yang Lianfa, Li Shangping. Experimental investigation of the base cutter for minitype sugarcane harvester [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2007, 23(11): 158~163. (in Chinese)

- 9 邓志文,邓海华,刘洪山. 甘蔗茎皮硬度研究现状及电测技术[J]. 广东农业科学,2009(8):52~55.
Deng Zhiwen,Deng Haihua,Liu Hongshan. Research status of sugarcane rind hardness and its electrical measurement method [J]. Guangdong Agricultural Sciences,2009,(8):52~55. (in Chinese)
- 10 袁红梅,郭玉明,李红渡. 小麦茎秆弯折力学性能的试验研究[J]. 山西农业大学学报,2005,25(2):173~176.
Yuan Hongmei,Guo Yuming,Li Hongdu. Studies on bending mechanical properties of wheat stalk [J]. Journal of Shanxi Agricultural University,2005,25(2):173~176. (in Chinese)
- 11 李小城,刘梅英,牛智有. 小麦秸秆剪切力学性能的测试[J]. 华中农业大学学报,2012,31(2):253~257.
Li Xiaocheng,Liu Meiyong,Niu Zhiyou. Test of shear mechanical properties of wheat stalks [J]. Journal of Huazhong Agricultural University,2012,31(2):253~257. (in Chinese)
- 12 高梦祥,郭康权,杨中平,等. 玉米秸秆的力学特性测试研究[J]. 农业机械学报,2003,34(4):47~49,52.
Gao Mengxiang,Guo Kangquan,Yang Zhongping, et al. Study on mechanical properties of cornstalk [J]. Transaction of the Chinese Society for Agricultural Machinery,2003,34(4):47~49,52. (in Chinese)
- 13 陈玉香,周道玮,张玉芬,等. 玉米茎秆剪切力研究[J]. 作物学报,2005,31(6):766~771.
Chen Yuxiang,Zhou Daowei,Zhang Yufen, et al. Shearing force of maize stem [J]. Acta Agronomica Sinica,2005,31(6):766~771. (in Chinese)
- 14 吴子岳,高焕文,张晋国. 玉米秸秆切断速度和切断功耗的试验研究[J]. 农业机械学报,2001,32(2):38~41.
Wu Ziyue,Gao Huanwen,Zhang Jinguo. Study on cutting velocity and power requirement in a maize stalk chopping process [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery,2001,32(2):38~41. (in Chinese)
- 15 杜现军,李玉道,颜世涛,等. 棉秆力学性能试验[J]. 农业机械学报,2011,42(4):87~91.
Du Xianjun,Li Yudao,Yan Shitao, et al. Mechanics characteristics of cotton stalks [J]. Transaction for the Chinese Society for Agricultural Machinery,2011,42(4):87~91. (in Chinese)
- 16 李玉道,杜现军,宋占华,等. 棉花秸秆剪切力学性能试验[J]. 农业工程学报,2011,27(2):124~128.
Li Yudao,Du Xianjun,Song Zhanhua, et al. Test of shear mechanical properties of cotton stalks [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering,2011,27(2):124~128. (in Chinese)
-

(上接第 119 页)

- 7 高焕文,李洪文,李问盈. 保护性耕作的发展[J]. 农业机械学报,2008,39(9):43~47.
Gao Huanwen,Li Hongwen,Li Wenying. Development of conservation tillage [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2008, 39(9):43~47. (in Chinese)
- 8 张亮亮. 玉米植株在切碎装置中的运动规律研究[D]. 淄博:山东理工大学,2011.
Zhang Liangliang. Research on the motion law of maize plant in corn stalk chopper [D]. Zibo: Shandong University of Technology,2011. (in Chinese)
- 9 贾洪雷,马成林,李慧珍,等. 基于美国保护性耕作分析的东北黑土区耕地保护[J]. 农业机械学报,2010,41(10):28~34.
Jia Honglei, Ma Chenglin,Li Huizhen, et al. Tillage soil protection of black soil zone in northeast of china based on analysis of conservation tillage in the United States [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2010, 41(10):28~34. (in Chinese)
- 10 毛罕平,陈翠英. 秸秆还田机工作机理与参数分析[J]. 农业工程学报,1995, 11(4):62~66.
Mao Hanping, Chen Cuiying. Design and experiment on combined-harvester [J]. Transactions of the CSAE, 1995, 11(4):62~66. (in Chinese)
- 11 张道林,孙永进,赵洪光,等. 立辊式玉米摘穗与茎秆切碎装置的设计[J]. 农业机械学报,2005,36(7):50~52.
Zhang Daolin, Sun Yongjin, Zhao Hongguang, et al. Design and experiment on combined-harvester [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2005, 36(7):50~52. (in Chinese)
- 12 于磊,李其昀,石风刚,等. 立式茎秆还田机切碎性能影响因素的研究[J]. 山东理工大学学报,2009,7(4):70~72.
Yu Lei, Li Qiyun, Shi Fenggang, et al. Experimental investigations on cutting effect of the maize stalk chopper with vertical shafts [J]. Journal of Shandong University of Technology, 2009, 7(4):70~72. (in Chinese)