

甘蔗茎外皮机械特性检测及像素分析

郭鑫, 计宏伟*, 张小川, 翁美娟, 王丹丹 (天津商业大学, 天津 300134)

摘要 [目的]更加精确地表征甘蔗茎外皮的机械特性。[方法]将传统拉伸试验与像素分析法相结合, 测算出不同组别甘蔗茎外皮试件的拉伸强度及弹性模量, 进而进行对比分析。[结果]研究表明, 4组试件的拉伸强度整体呈下降趋势, 经碱处理不带有甘蔗节的试件的拉伸强度最高, 而未经碱处理带有甘蔗节的试件, 其拉伸强度相对微弱; 较带有甘蔗节的试件而言, 不带甘蔗节的试件的弹性模量相对较大。[结论]综合来看, 碱处理可在一定程度上提高甘蔗皮的机械性能; 甘蔗节对甘蔗皮机械特性有所影响, 但影响较小。

关键词 像素分析法; 机械特性; 甘蔗茎外皮; 碱处理

中图分类号 S216.2 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2014)06-01797-03

Mechanical Properties Testing of Sugarcane Rind and Application of Pixel Analysis

GUO Xin, JI Hong-wei et al (Tianjin University of Commerce, Tianjin 300134)

Abstract [Objective] In order to characterize the mechanical properties of sugarcane rind more accurately. [Method] Combined traditional tensile test and pixel analysis method, the tensile strength and elastic modulus of sugarcane rind specimens was measured. And then a comparative analysis was conducted. [Result] The results showed that the tensile strength of four groups of specimens is on a decline curve. The tensile strength of the sugarcane rind without joints that treated with alkali is the highest. Without alkali treatment, the tensile strength of sugarcane rind with joints is relatively poorer. Compared with the specimens with joints, the elastic modulus of sugarcane rind without joints is relatively large. [Conclusion] Taken together, alkali treatment can improve the mechanical performance of the sugarcane rind to a certain degree, and the joints has an less effect on the mechanical properties of the sugarcane rind.

Key words Pixel analysis method; Mechanical property; Sugarcane rind; Alkali treatment

近年来, 甘蔗茎秆作为我国一种重要的农作物秸秆, 越来越受到人们的关注。因其具有来源广泛、价格低廉、可再生且再生周期短等优势, 可作为一种良好的代木纤维加以利用。而长期以来, 蔗渣仅作为制糖厂本身的燃料或当饲料使用, 虽也有企业用其来造纸, 但其利用率依然极低^[1-3]。

目前, 国内外一些学者致力于研究将玉米、棉秆等农作物秸秆作为一种增强性纤维材料添加到一些热塑性塑料中, 以代替木材材料制备木塑料制品^[4-9]。甘蔗皮纤维作为一种良好的木质化纤维, 在该方面的应用也同样具有较大的研究价值。因此, 检测甘蔗茎外皮的机械特性对其在该方面的应用具有指导意义。目前, 对农作物秸秆的机械特性的检测, 大多数都通过拉伸、弯曲、剪切等试验测得^[10-12], 有一定的局限性。刘逸平等采用 DIC 法分析了水稻茎秆的轴向应变, 并结合 Photoshop 软件对水稻茎秆横截面的几何特性进行了测算, 这种方法较传统的试验方法已较为可靠^[13]。近年, CCD 光学法与二维图像测量技术越来越多地应用于微细尺寸的精确测量^[13-14], 该技术具有非接触、自扫描、精度高等优势, 已在工业中得到了广泛的应用。

由于甘蔗具有甘蔗节这一特殊生理结构, 其对甘蔗皮的机械性能势必有所影响; 而且甘蔗皮在应用过程中, 大多需先经过碱处理^[15]工序来去除其内部的果胶、木质素等有机杂质及一些抽提物。因此, 为了更加精确地表征甘蔗皮的机

械特性, 笔者将对经过碱处理和未经碱处理以及带有甘蔗节和不带甘蔗节的甘蔗皮进行拉伸试验, 并应用 MiVnt-2K 显微图像分析系统进行数据处理, 结合像素分析法来测量试件的横截面积, 从而测算出甘蔗皮试件的拉伸强度和弹性模量, 进而做出对比性分析。

1 材料与方法

1.1 材料 原材料: 甘蔗茎外皮, 市售, 自然风干。主要试剂: NaOH, 分析纯, 天津市元立化工有限公司。主要仪器: AG-1C50KN 电子万能试验机, 日本岛津公司; USS-900DS-CL CCD 相机, 美国 UNIQ VISION 公司; MiVnt-2K 显微图像分析系统, 北京市科仪电光仪器厂。

1.2 试样的制备 在已风干的甘蔗茎外皮中任意选取较为平整、边缘无缺陷、长度和宽度为 120 mm × 10 mm 的试样 12 个, 其中不带有甘蔗节的 6 个, 带有甘蔗节(甘蔗节尽量在试件的中部位置)的 6 个。分别取不带甘蔗节和带有甘蔗节的试样各 3 个, 用浓度为 1% 的 NaOH 溶液浸泡 4 h 后清洗至中性, 自然风干备用。用砂纸将试件内表面及侧边打磨平整, 使之尽量符合试验要求。

将 12 个试样分为 4 组, 即碱处理无甘蔗节的 3 个为第 1 组, 分别编号 1-1、1-2、1-3; 碱处理有甘蔗节的 3 个为第 2 组, 分别编号 2-1; 2-2; 2-3; 未用碱处理无甘蔗节的 3 个为第 3 组, 分别编号 3-1、3-2、3-3; 未用碱处理有甘蔗节的 3 个为第 4 组, 分别编号 4-1、4-2、4-3。

2 结果与分析

2.1 甘蔗皮试件的拉伸试验 通过电子万能试验机对 4 组甘蔗皮试件进行拉伸试验, 试验时试件的夹距为 80 mm, 拉伸速度为 (5 ± 1) mm/min。试验得到 4 组试件拉断时所承受的最大载荷及伸长量如表 1 所示。由于甘蔗茎外皮是一种活性生物材料, 故测得的试验结果存在一定的离散性。

基金项目 2012 年国家质检总局科技计划项目(2012IK212); 国家自然科学基金项目(11372222)。

作者简介 郭鑫(1990-), 女, 内蒙古锡林浩特人, 硕士研究生, 研究方向: 生物质材料及性能。* 通讯作者, 教授, 博士, 从事生物质材料与复合材料力学行为研究。

收稿日期 2014-02-03

表1 4组甘蔗皮试件断裂时的最大载荷及伸长量

试件编号	最大载荷 P//N	伸长量//mm
1-1	553.094	1.822
1-2	381.938	1.919
1-3	455.250	2.023
2-1	610.625	2.710
2-2	313.906	1.442
2-3	489.938	2.702
3-1	376.656	1.323
3-2	358.688	1.710
3-3	511.031	2.139
4-1	272.906	0.941
4-2	479.531	1.908
4-3	289.188	1.104

2.2 像素分析法测定甘蔗皮试件的横截面几何参数 将拉伸试验后的试件在不同位置截取3段,得到3个横截面,用细砂纸将横截面打磨平整,以保证采集图像时更易识别横截

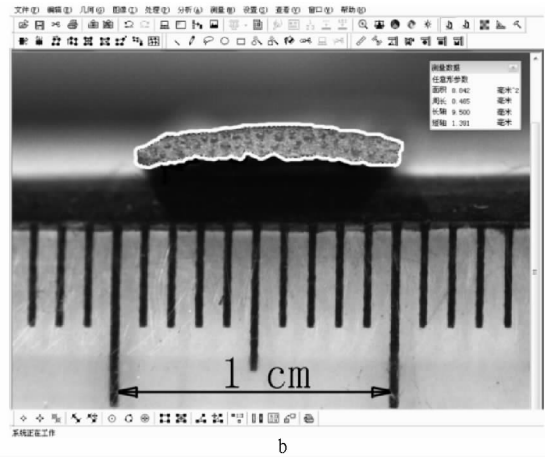
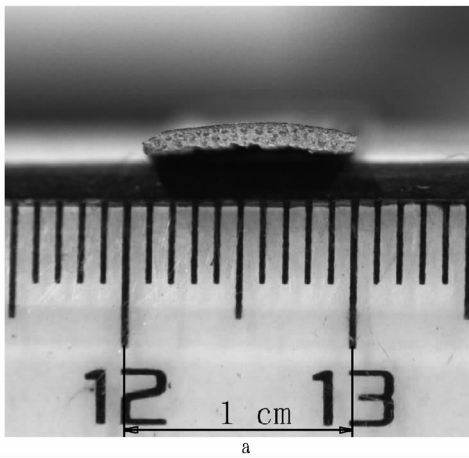


图1 甘蔗皮试件横截面图像的采集及其测量

表2 4组甘蔗皮试件横截面测量数据

试件编号	横截面积 A//mm ²	宽度 b//mm	厚度 h//mm
1-1	5.829	8.933	0.647
1-2	6.444	9.947	0.553
1-3	5.829	10.093	0.553
2-1	9.171	9.360	0.887
2-2	6.713	9.800	0.640
2-3	7.094	9.067	0.773
3-1	6.263	9.553	0.700
3-2	5.469	9.080	0.700
3-3	7.048	9.787	0.840
4-1	5.540	10.033	0.647
4-2	7.533	9.527	0.900
4-3	7.009	10.133	0.767

2.3 抗拉强度的测算 根据拉伸试验结果及 MiVnt 分析软件所测得的结果,按式(1)求取试件的抗拉强度,计算结果见表3,根据计算结果绘制柱形图见图2。

$$\sigma_t = P/bh \quad (1)$$

式中, σ_t 为试件的拉伸强度(N/mm²), P 为试件断裂时所承受的最大载荷(N), b 为试件宽度(mm), h 为试件厚度(mm)。

面的范围,也可使图像更加清晰。

试验时,配以 75 mm ZOOM 镜头的高分辨率 CCD 相机与计算机相连,由专业软件控制,图像以灰度图的形式显示。在采集区域内放置水平标尺,并保持标尺与待测的横截面基本在同一平面内,如图 1a 所示。调节 CCD 相机焦距和光圈直至图像清晰,并使图像尽可能充满控制软件的图像显示区域。之后用 MiVnt 显微图像分析系统对试件的横截面积进行测算,如图 1b 所示。首先对尺寸进行标定,即图中标注的 1 cm 的实际长度共有 460 个像素,如此便得到每个像素代表的实际尺寸为 10 mm/460pixel = 0.021 7 mm/pixel,用该数据对软件进行设置后,再选中测算工具勾选图中的白色区域即可得到横截面积值。再分别测出每个试样的宽度和厚度值,对每个试件的 3 组几何数值分别求取算数平均值即为该试件的横截面积、宽度、厚度,如表 2 所示。

表3 拉伸强度计算结果

编号	拉伸强度//MPa	编号	拉伸强度//MPa
1-1	95.70	3-1	56.33
1-2	69.44	3-2	56.43
1-3	81.57	3-3	62.16
2-1	73.55	4-1	42.04
2-2	50.05	4-2	55.93
2-3	69.90	4-3	37.21

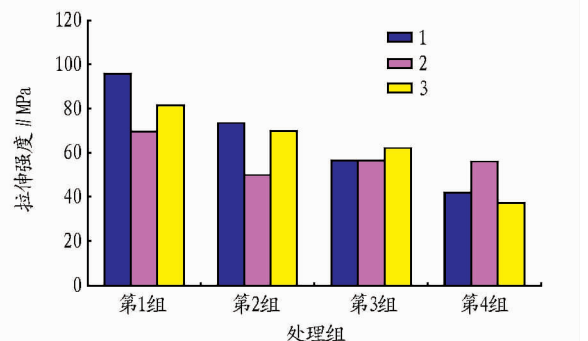


图2 拉伸强度测试结果

2.4 弹性模量的测算 根据拉伸试验数据及所求得的试件的横截面积,绘制应力—应变曲线,由该曲线求得试件的弹

性模量,结果见表4,并绘制柱形图如图3所示。

表4 弹性模量计算结果

编号	弹性模量//GPa	编号	弹性模量//GPa
1-1	5.57	3-1	5.79
1-2	4.20	3-2	5.47
1-3	4.70	3-3	5.57
2-1	3.35	4-1	4.67
2-2	3.60	4-2	4.44
2-3	3.51	4-3	3.79

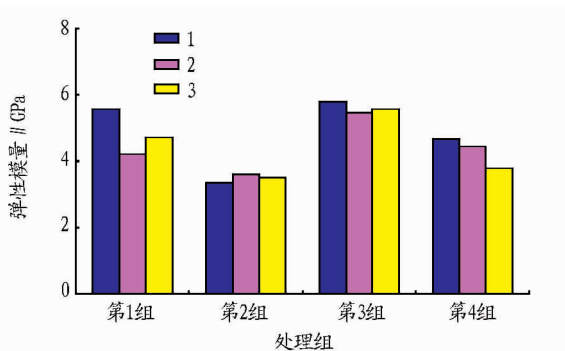


图3 弹性模量测试结果

由于甘蔗皮是一种活性的生物材料,所以其拉伸强度及弹性模量的测量结果存在一定的离散性,但从图2、3中不难看出,这种离散性并不影响数据的整体趋势。由图2可以明显看出,4组甘蔗茎外皮试件的拉伸强度整体呈递减趋势,第1组经碱处理且不带甘蔗节的试件的拉伸强度是最高的,最大值达到95.70 MPa;第4组未经碱处理带有甘蔗节的试件的拉伸强度相对较差,最大值也只有55.93 MPa。从图中还可以看出,虽然1、3两组不带有甘蔗节的试件分别比2、4两组带有甘蔗节的试件的拉伸强度要高,但差距不是很大,其平均值分别相差17.73 MPa和13.25 MPa。由图3可以看出,1、3两组试件的弹性模量相对较高,而2、4两组试件的弹性模量则偏低,且第1、2组,及第3、4组试件间的差距也不是很大,其平均值相差在13 GPa左右。

上述拉伸强度及弹性模量的变化趋势的出现,可能是由于碱处理不仅将甘蔗皮中的果胶、蜡质、灰分等成分去除,且脱除了部分的木质素及半纤维素,从而使得甘蔗皮的强度得以提高;而甘蔗节中的木质素含量相对最高,虽经过碱处理有部分脱除,但其含量仍然比其他部位的要高,因此造成节

部的强度下降;在拉伸试验的过程中,带有甘蔗节的2组试件的断裂位置均为甘蔗节处,这也得以验证上述分析。

综合各组甘蔗皮试件的拉伸强度及弹性模量来看,第1组经碱处理不带有甘蔗节的试件的综合性能最为优异。

3 结论

应用MiVnt显微图像分析系统能够较为精确地测算出甘蔗茎外皮试件的横截面几何参数,结合实际拉伸试验,可以得到材料相对较准确的机械性能。碱处理可以在一定程度上提高甘蔗茎外皮的机械性能,可作为一种增强改性方式。甘蔗节对试件的机械性能有所影响,但影响不是很大,在实际应用过程中可以不作为考虑因素。

参考文献

- [1] 宗闪闪. 甘蔗皮纤维的提取及纤维的性能研究[D]. 苏州: 苏州大学, 2010.
- [2] 李坚. 生物质复合材料学[M]. 北京: 科学出版社, 2008.
- [3] 高振华, 邸明伟. 生物质材料及应用[M]. 北京: 化工工业出版社, 2008.
- [4] CHIOU K C, CHANG F C. Reactive compatibilization of polyamide-6 (PA6)/polybutylene terephthalate (PBT) blends by a multifunctional epoxy resin[J]. Journal of Polymer Science Part B: Polymer Physics, 2000, 38(1): 23.
- [5] LEE B J, MCDONALD A G, JAMES B. Influence of fiber length on the mechanical properties of wood-fiber/polypropylene prepreg sheets[J]. Mat Res Innovat, 2001, 4: 97-103.
- [6] CANCHÉ-ESCAMILLA G, RODRIGUEZ-LAVIADA J, CAUCH-CUPUL J I, et al. Flexural, impact and compressive properties of a rigid thermoplastic matrix/cellulose fiber reinforced composites[J]. Composites Part A: Applied Science and Manufacturing, 2002, 33(3): 539-549.
- [7] PICKERING K L, ABDALLA A, JI C, et al. The effect of silane coupling agents on radiata pine fibre for use in thermoplastic matrix composites[J]. Composites Part A: Applied Science and Manufacturing, 2003, 34(10): 915-926.
- [8] 蒋永涛, 李大纲, 吴正元, 等. 稻壳/HDPE木塑复合材料蠕变性能的研究[J]. 包装工程, 2008, 29(8): 4-6.
- [9] 李大纲, 周敏, 范丽君. 塑木复合材料与木材主要力学性质的比较研究[J]. 包装工程, 2004, 25(3): 152-153.
- [10] 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.
- [11] 尹秋, 王涛, 魏静, 等. 香蕉秸秆力学特性试验[J]. 广东农业科学, 2013(14): 114-115.
- [12] 谭露露, 王春耀, 李彦峰, 等. 棉秸秆力学性能测试试验研究[J]. 新疆农业科学, 2013, 50(8): 1513-1518.
- [13] 刘逸平, 林侠, 何庭蕙, 等. 基于图像分析法的水稻茎秆力学性能测量与分析[J]. 实验力学, 2012, 27(4): 421-427.
- [14] 米红林. 基于CCD光学方法的纸浆模塑材料的厚度检测[J]. 包装工程, 2012, 33(19): 139-141.
- [15] 薛娜. 甘蔗渣/废旧塑料袋复合材料的开发研究[D]. 昆明: 昆明理工大学, 2006.

(上接第1791页)

- [10] 卫生部食品卫生监督检验所. GB/T 5009.6-2003 食品中脂肪的测定[S]. 中华人民共和国卫生部, 2004: 43-46.
- [11] GB 5009.4-2010 食品安全国家标准 食品中灰分的测定[S]. 中华人民共和国卫生部, 2010: 1-4.
- [12] 卫生部食品卫生监督检验所, 天津市卫生防疫站, 等. GB/T 5009.13-2003 食品中铜的测定[S]. 中华人民共和国卫生部, 2004: 99-104.
- [13] 上海市食品卫生监督检验所, 中国预防医学科学院营养与食品卫生研究所, 等. GB/T 5009.15-2003 食品中镉的测定[S]. 中华人民共和国卫生部, 2004: 111-120.

- [14] GB 5009.33-2010 食品安全国家标准 食品中亚硝酸盐与硝酸盐的测定[S]. 中华人民共和国卫生部, 2010: 1-15.
- [15] 刘潇威, 买光照, 李凌云, 等. NY/T 761 蔬菜和水果中有机磷、有机氯、拟除虫菊酯和氨基甲酸酯类农药多残留检测方法测定[S]. 中华人民共和国农业部, 2008: 1-33.
- [16] 薛晓珍, 杨莲. 新疆枸杞的营养与利用价值[J]. 中国食物与营养, 2007(8): 49-50.
- [17] 苟金萍, 张艳, 程淑华, 等. NY/T 1051-2006 绿色食品 枸杞[S]. 中华人民共和国农业部, 2006: 1-7.