

预切式蔗种的基本参数试验测定与研究

刘文亮, 刘 枫*, 文正彪, 李 健, 张 亮, 王新阳

(吉林省农业机械研究院, 长春 130022)

摘要: 本文通过对预切式青皮甘蔗种块的基本物理参数以及力学性质的试验研究, 得出甘蔗种块材料在各种载荷作用下极限强度, 为预切式甘蔗播种机设计时的甘蔗种基本物理参数需求和蔗种在播种机中的动力学机理研究提供参考。希望能够对甘蔗的机械化精量播种作业方式研究起到一定促进作用。试验测定的结果为: 基本物理参数: 甘蔗种块长度为 55~65 mm 的平均重量为 10.96 g; 直径 32.21 mm; 密度 1.05 g/mm³; 含水率 75.35%; 力学特性参数: 蔗皮、蔗芯轴向、径向拉伸强度为 43.9、1.2、1.2、0.3 MPa; 甘蔗秆轴向、径向压缩强度分别为 5.6、1.6 MPa; 甘蔗秆轴向、径向剪切强度分别为 1.0、0.7 MPa; 茎秆弯曲强度 8.7 Mpa。滑动摩擦角平均值为 30°~35°。

关键词: 甘蔗; 物理参数; 力学参数; 试验研究

中图分类号: S566.1

文献标识码: A

文章编号: 2096-5877(2020)03-0115-04

Experimental Measurement and Research on the Basic Parameters of Precut Sugarcane Seeds

LIU Wenliang, LIU Feng*, WEN Zhengbiao, LI Jian, ZHANG Liang, WANG Xinyang

(Jilin Academy of Agricultural Machinery, Changchun 130022, China)

Abstract: The basic physical parameters and mechanical properties of pre-cut sugarcane seed block were studied in this paper. The ultimate strength of sugarcane seed material under various loads was obtained, which provides a reference for the basic physical parameters of sugarcane seeds and the dynamic mechanism of sugarcane seeds in the pre-cutting sugarcane planter design. It is hoped that it can promote the study of mechanized precision sowing of sugarcane. The results showed that: basic physical parameters: the length of sugarcane seed block was 55~65 mm, the average weight was 10.96 g, the diameter was 32.21 mm, the density was 1.05 g/mm³, and the moisture content was 75.35%. Mechanical characteristic parameters: the axial and radial tensile strength of sugarcane skin and sugarcane core was 43.9, 1.2 and 0.3 Mpa, the axial and radial compression strength of the stalk were 5.6 and 1.6 Mpa. The axial and radial shear strength of the stalk were 1.0 and 0.7 Mpa, and the bending strength of stem is 8.7 Mpa. The average value of sliding friction angle is 30~35°.

Key words: Sugarcane; Physical parameters; Mechanical parameters; Experimental study

目前甘蔗的收获以及甘蔗去皮等技术已有很多研究, 并且取得良好的效果^[1-4], 但对甘蔗机械化播种技术的研究很少, 经查阅资料^[5-6]和实际探访农户得知, 目前还主要采用分段作业模式和半机械化联合作业模式。

分段作业模式为机械开沟+人工摆种+机械覆土, 这种模式每个环节都相对独立, 作业设备需要多次进地, 不仅效率较低, 而且易造成土壤压实, 从而影响土壤的通风透水性。半机械化联合作业模式则采用一台作业设备, 在完成开沟作业后, 由设备上的工作人员进行人工摆种, 再由设备后部的覆土机构进行覆土作业。

半机械化联合作业模式比分段作业模式有了较大提高, 但其作业过程中仍然存在人工辅助环节, 不仅浪费人力, 限制作业效率, 同时也给随车人员带来一定不安全性。一些科研单位正在进行甘蔗机械化精量播种设备的研发工作。而甘蔗种的各种性能参数会直接影响机械

收稿日期: 2018-12-10

基金项目: “十三五”国家重点研发计划项目(2017YFD0700800); 吉林省科技条件与平台建设计划项目(20170623039TC)

作者简介: 刘文亮(1983-), 男, 副研究员, 主要从事农业机械自动化研究。

通讯作者: 刘 枫, 男, 硕士, 正高级工程师, E-mail: 531845652@qq.com

化精量播种设备的设计参数。本文针对蔗苗的物理特性参数和力学特性进行测定试验,研究结果可为预切式甘蔗精量播种设备的设计以及预测和减少机械损伤提供依据和帮助。

1 蔗种基本物理参数

农业物料的形状、大小、体积等,在机械设计及产品分析中是不可缺少的最基本的原始数据和重要的工程参数。

1.1 形状尺寸

甘蔗茎秆基本呈圆柱形,每隔一段距离生长一个凸起的蔗节,甘蔗胚芽就在紧邻蔗节的芽胞内。截取蔗节两侧各 30 mm 茎秆作为胚芽的营养物质,以便为蔗种的发芽提供营养保障。所取的这段甘蔗茎秆作为蔗种。

甘蔗品种采用青皮甘蔗,样品取回后,去毛根、去茎秆上的枯叶并用水清洗干净外表皮。为防止水分丢失,采用保鲜膜将不用的蔗种包裹住。采用随机抽样的方法对蔗种通直、无虫害的甘蔗进行切割。测量使用的主要工具为直尺、千分尺、电子数显卡尺。

蔗种以带有一个节为试验样本,用钢锯截取,不同高度处的直径有较大差异,采用茎秆的不同部位进行取样,经多次测量取平均值,随机测量后蔗种的几何参数平均值如表 1 所示。

表 1 蔗种参数平均值 mm

品种	甘蔗种子长度	茎秆直径
青皮	58.49	32.21

1.2 质量和密度

农业物料的质量、比重和体积是机械设计及产品分析不可缺少的基本原始数据,对机械储存仓和青储仓设计以及种子纯度测定和成熟度评定都需要质量和体积的数据。

甘蔗的密度在常温常压的实验室进行测定,使用的仪器有精度为 0.01 g 的电子秤、精度为 5 mL 大量筒和精度为 1 mL 小量筒、小刀、锯子、剪刀等。测量密度时,用电子秤测出长度为 55 ~ 65 mm 的重量,再用悬浮法读出甘蔗的排水体积,由甘蔗的质量和体积算出甘蔗的密度。甘蔗密度可用下式求出。

$$\rho_s = \frac{m_s \rho_l}{m_{s,1} - m_{o,1}}$$

式中, ρ_s 为甘蔗密度; m_s 为甘蔗质量; $m_{o,1}$ 为容器和液体质量之和; $m_{s,1}$ 为容器浸液和浸入物

料质量之和; ρ_l 为液体的密度。

经 5 次测量后取平均值,结果如表 2 所示。

表 2 蔗种质量、密度平均值

品种	质量(g)	密度(g/mm ³)
青皮	10.96	1.05

1.3 含水率

农业物料含水率有两种表示方法,即湿基表示法(wet basement, w.b)和干基表示法(dry basement, d.b)。湿基表示法是以农业物料质量为基准计算的,干基表示法是以农业物料中固体干物质为基准计算的。通常农业物料含水率,一般采用湿基含水率。可由下式表示:

$$Mw = \frac{m_w}{m_w + m_s} \times 100\%$$

式中, Mw 为湿基含水率; m_w 为物料中所含水的质量; m_s 为物料中所含干物质的质量。

含水率的测定采用常压恒温烘干法,用电子秤测出甘蔗种子的鲜重,然后把甘蔗放入烘箱,在 100℃ 下烘干 5 h 至恒定质量,再测出烘干后甘蔗的干重,由鲜重和干重算出含水率。重复 3 次,测量后取平均值,结果见表 3。

表 3 蔗种含水率平均值

品种	鲜重(g)	干重(g)	含水率(%)
青皮	470.73	116.01	75.35

2 蔗种力学特性参数

农业物料大部分是多相、非均匀、各项异性的材料,都是有活性的,都参与代谢活动。其中固体物料的应力应变规律、冲击、蠕变、松弛和流变等特性,散粒体的摩擦、黏附、变形等特性都可以为设计制造相关物料的采收、包装、运输、加工和质量检测等各种机械设备和系统提供依据。在研究农业物料的特性时完全用理论与计算方法是比较困难的,通常采用试验和总结经验的方法进行^[6]。

2.1 蔗种拉伸、压缩、弯曲、剪切

甘蔗茎秆是各向异性、非匀质、非线性的材料甘蔗种子的力学特性按木材的力学特性参数测定方法进行^[2]。测试在南京欧熙科贸有限公司生产的微机控制物性分析仪 RTC(拉伸、压缩、剪切等集成平台)上进行。

测定甘蔗种子的应力-应变关系曲线时应取茎秆、蔗皮、蔗芯三种试验样本,采用传统的

工程材料试验方法,防止夹具脱落在试样两端可包裹少许纱布,依照应力-应变关系提供试验数据。拉伸强度的变化通常是甘蔗中含水量与纤维成分的容积密度综合影响的结果,一般与纤维成分干物质密度成正比,与含水率成反比;压缩时破坏类型取决于茎秆的直线性以及长度和直径的比值,当长度和直径的比值大时一般是弯曲破坏。Dogherly^[7]研究小麦秸秆的物理参数特性,试验结果表明小麦秸秆的成熟度、含水率、温度对拉伸、剪切有不同程度的影响。Crook

等^[8]研究了不同品种冬小麦的麦秆和根部的抗倒伏特性,根据弯曲试验测定了小麦秸秆的抗弯强度和弹性模量。

采用三点弯曲法进行茎秆的弯曲试验,取下部支点的间距为10 mm,试验样本与支点之间接触的部位涂一层石蜡减少摩擦。加载速率每次试验设定为5 mm/min,并且每个随机样本抽样的甘蔗样本重复3次,取平均值记录。综合结果平均值如表4所示。

表4 青皮甘蔗力学特性参数

试验样本号	材料强度(MPa)								
	蔗皮轴向 拉伸强度	蔗皮径向 拉伸强度	蔗芯轴向 拉伸强度	蔗芯径向 拉伸强度	茎秆轴向 压缩强度	茎秆径向 压缩强度	茎秆轴向 剪切强度	茎秆径向 剪切强度	茎秆抗 弯强度
1	49.1	2.0	1.2	0.4	4.8	1.6	1.0	0.6	8.9
2	44.3	1.6	1.2	0.4	5.0	1.6	0.9	0.6	9.3
3	50.3	1.9	1.1	0.2	4.8	1.7	1.1	0.7	9.1
4	41.8	2.0	1.1	0.4	5.3	1.3	1.0	0.7	7.8
5	44.4	2.2	1.1	0.3	5.2	1.8	1.0	0.8	9.3
6	44.1	2.0	1.3	0.4	6.2	1.5	1.1	0.7	8.4
7	47.3	2.1	1.2	0.3	6.1	1.1	1.2	0.9	8.2
8	29.9	2.0	1.3	0.4	5.4	1.9	0.9	0.7	8.5
9	38.3	1.4	1.1	0.3	6.5	1.8	0.9	0.9	9.3
10	48.1	2.5	1.2	0.4	6.6	1.7	1.0	0.9	7.8
平均值	43.8	1.2	1.2	0.3	5.6	1.6	1.0	0.8	8.7
标准差	5.5	0.3	0.1	0.1	0.2	0.2	0.1	0.1	0.5
变异系数(CV%)	12.5	25	8.3	3.3	3.5	12.5	10.0	12.5	5.74

2.2 甘蔗摩擦学特性参数

甘蔗种子与板材表面之间的摩擦特性可以用滑动摩擦角、滚动稳定角来表述,甘蔗间的内摩擦特性用休止角、内摩擦角表述。滑动摩擦角、滚动稳定角都是反映物料与接触固体表面间的摩擦性质,这些摩擦性能是选择农业机械、农产品加工机械设备技术的主要依据^[9]。因此甘蔗在箱体板之间的摩擦特性对确定和选择使用板材的参数,使之能有效完成预定加工工艺是十分重要的。Gupta R K^[10]通过试验测出葵花籽壳以及籽仁在不同板材表面之间的摩擦特性,在同一含水率的情况下,籽壳的静、动摩擦系数都比籽仁的系数要小,测得籽壳和籽仁的摩擦系数最大的是在橡胶面上,然后为胶合板面、中碳钢面、镀锌板面、铅板面以及不锈钢面。

试验原理:将甘蔗种放入倾斜工作台上并进行受力分析。当甘蔗茎秆在斜面上静止时,如果忽略空气阻力,它所受的力包括重力,支持

力N,静摩擦力f与重力mg垂直于斜面的分力之比为静摩擦系数。

需要测量种子与某种板材的静摩擦系数时^[11],把样品板放在倾斜支架进行固定,种子放在水平支架上然后缓慢放下倾斜支架,直到种子瞬间滑落,在甘蔗种子滑落瞬间根据动力原理有:

$$f = F = mg \sin a; N = mg \cos a; F = \mu N;$$

所以,静摩擦系数

$$\mu = f/N = mg \sin a / mg \cos a = \tan a$$

根据原理图,测出试验台的H₁、H₂的高度,通过换算得出h₂的高度,并测量h₁的长度,最后利用公式计算得到静摩擦系数。

$$\tan a = \frac{h_2}{\sqrt{h_1^2 - h_2^2}}$$

根据试验原理经5次重复测得甘蔗种子的滑动摩擦角数据平均值如表5所示。

由表4可知,蔗皮的轴向拉伸强度比蔗皮径

表5 滑动摩擦角

品种	接触表面	滑动摩擦角(°)平均值
青皮甘蔗	不锈钢	30

向,蔗芯轴向、径向拉伸强度要大很多,蔗皮的轴向拉伸强度最大,约为44 MPa;最小的是蔗芯径向拉伸强度(0.3 MPa),蔗芯的径向拉伸强度是蔗皮轴向拉伸强度的1/100,这说明甘蔗同一组织不同方向上不同组成部分上拉伸强度差异较大。茎秆轴向压缩、剪切都远大于茎秆径向压缩和剪切,这是因为甘蔗茎秆主要由糖分液体和维管束组成,经轴向刨切观察茎秆维管束与茎秆轴向大致平行,当切割刀片沿着甘蔗径向切入甘蔗茎秆时,切割刀片需要克服表皮阻力才能进入甘蔗茎秆内部,所以会先逐渐增加,中间需克服蔗芯处维管束的阻力会减小阻力。当刀片沿着轴向进入茎秆后,刀片是按维管束的方向进行移动,刀片上主要的载荷是克服维管束之间的合力,越往后切,由于维管束具有单向纤维的特点,当刀片进入后会随着刀片的前进的方向自动开裂,载荷就会逐渐降低。蔗皮、蔗芯的在轴向方向拉伸也是由于维管束的作用,虽然维管束有了一定的木质化,而且维管束之间有糖分液体等基本组织链接,所以蔗皮、蔗芯的轴向拉伸强度远大于径向拉伸强度。当压缩时,维管束在径向受压时起不了支撑作用,所以茎秆轴向压缩强度远大于径向压缩强度。根据甘蔗的表皮摩擦特性,由表5可知在设计甘蔗种箱时,应将种箱的倾角大于30°因为对于预切式甘蔗在种箱中会有很多糖分液体,会阻止甘蔗种的下滑。

3 结 论

(1)对具有代表性的青皮甘蔗种(带有节55~65 mm)几何参数测定,当含水率在75.35%的蔗种下测定,蔗种平均值重10.96 g,直径平均值为32.21 mm,密度平均值为1.05 g/mm³。

(2)对物理力学特性进行测定,研究表明甘蔗的不同部位力学特性参数存在差异,不同组成部分及同一组成部分的拉伸强度差别也较大,并且多次测量,确定各部分力学特性参数值的大小,对以后建立参数模型具有重要意义,青皮甘蔗的蔗皮、蔗芯轴向、径向拉伸强度为43.9、1.2、1.2、0.3 MPa;茎秆轴向、径向压缩强度为5.6、1.6 MPa;茎秆轴向、径向剪切强度为1.0、0.7 MPa;茎秆弯曲强度8.7 Mpa。

(3)对带有甘蔗节的蔗种进行滑动摩擦角的测定,确定摩擦角应该大于30°,为以后设计种箱的倾角提供参考数值。

参考文献:

- [1] 周金伟,刘庆庭,武涛,等.甘蔗收割机配对刀片相对位置对切口的影响[J].农机化研究,2018,40(8):111-117.
- [2] 罗菊川,区颖刚,刘庆庭.甘蔗尾茎力学特性试验[J].农机化研究,2016,38(7):220-223.
- [3] 侯露,邹展曦,何胜创,等.甘蔗种植机切种控制系统设计[J].甘蔗糖业,2015(3):59-65.
- [4] 孙秀花,梁式,胡珊珊.基于柔性化的小型甘蔗收获机的仿真技术[J].机械设计与制造,2005(7):62-64.
- [5] 刘海清.我国甘蔗产业现状与发展趋势[J].中国热带农业,2009(1):8-9.
- [6] 罗全,赵明,李会校.甘蔗不同播种方式对产量的影响[J].广西农业机械化,2017(2):22-24.
- [7] O'Dogherty M J. A study of the physical and mechanical properties of wheat straw[J]. AgricEngngrest, 1995, 62: 133-142.
- [8] Crook M J, Ennos A R. Stem and root characteristics associated with lodging resistance in four winter wheat cultivars journal of Agricultural sciences[J]. Cambridge, 1994, 123: 167-174.
- [9] 马云海,张金波,吴亚丽.农业物料学[M].北京:化学工业出版社,2015:987-989.
- [10] Gupta R K, Das S K. Physical properties of sunflower seeds [J]. Journal of Agricultural Engineering Research, 1996, 66(1): 1-8.
- [11] 文正彪,刘枫,张苏,等.参种静摩擦系数刚度系数测量[J].农业与技术,2017,37(21):4-6,14.

(责任编辑:王昱)