

烟秆切割力影响因素试验研究

陈魁¹, 孙松林^{1,2*}, 李军政^{1,2}, 谭谦^{1,2}, 肖名涛^{1,2}, 李凯^{1,2}, 罗江河^{1,2}

(1.湖南农业大学工学院, 湖南 长沙 410128; 2.湖南省现代农业机械装备工程技术研究中心, 湖南 长沙 410128)

摘要:为了解影响烟秆切割力大小的因素,自制夹具,在万能试验机上对烟秆试样进行了单因素和多因素切割力测试。单因素试验结果表明:无论采用光刀片还是锯齿形刀片,以滑切方式切割的切割力最小;光刀片和锯齿形刀片滑切的切割力都与切割速度呈负相关,与切割角度和试样直径呈正相关。多因素试验结果表明:影响烟秆切割力的因素由大到小依次为切割速度、切割方式、切割角度、试样直径、切割刀片形式;最佳切割方案为滑切,切割速度为 300 mm/s,切割刀片为光刀,切割角度为 0°,试样直径为 26.5 mm。

关键词:切割力;切割速度;切割刀片;切割角度;试样直径;烟秆

中图分类号:S225.5

文献标志码:A

文章编号:1007-1032(2013)02-0213-04

Factors influencing cutting force in tobacco stem cutting tests

CHEN Kui¹, SUN Song-lin^{1,2*}, LI Jun-zheng^{1,2}, TAN Qian^{1,2}, XIAO Ming-tao^{1,2}, LI Kai^{1,2}, LUO Jiang-he^{1,2}

(1.College of Engineering, Hunan Agricultural University, Changsha 410128, China; 2.Modern Agricultural Machinery and Equipment, Hunan Engineering Research Center, Changsha 410128, China)

Abstract: To understand the factors affecting cutting force in tobacco stem cutting, single factor and multi-factor test were carried out on tobacco stem samples using the universal testing machine with a homemade fixture. The results of the single factor test showed that the cutting force with smooth blade or serrated blade in the way of slide cutting is the smallest; cutting forces in sliding cutting test using smooth blade and serrated blade are negatively related to the cutting speed, while positively related to the cutting angle and the diameter of the stem. The results of multi-factor test showed that cutting force in tobacco stem cutting was influenced mostly by cutting speed, followed by cutting way, cutting angle, stem diameter and cutting blades. The best program for tobacco stem cutting includes a slide cutting with cutting speed of 300 mm/s, a smooth blade with a cutting angle of 0° and a stem diameter of 26.5 mm.

Key words: cutting force; cutting speed; cutting blade; cutting angle; diameter of the sample; tobacco stems

烟草茎秆可以用来制作高密度纤维板、活性炭,或者用于造纸和提取化学原料等。目前,中国每年烟草茎秆的产量已达 200 多万 t^[1],机械化切割程度低,已经成为烟草茎秆进一步转化利用的制约因素之一。有关小麦^[2-3]、甘蔗^[4]、芦竹^[5]、牧草^[5]、水稻^[6]、玉米^[7]、苕麻^[8]、油菜秆^[9]、棉秆^[10-12]等农作物茎秆的力学特性研究,促进了相关切割机械的研制和应用。笔者自制烟秆试样夹具,在万能试验机上对烟秆试样进行切割试验,筛选最优切割参

数,以期为切割烟秆刀具、切割方式和装置的优化设计提供依据。

1 材料与方 法

1.1 材 料

2011 年 8 月下旬,在湖南农业大学烟草基地,选取烟叶收获后的通直、无虫害、无表皮损伤和明显的组织缺陷的健壮烟秆。

收稿日期:2012-11-27

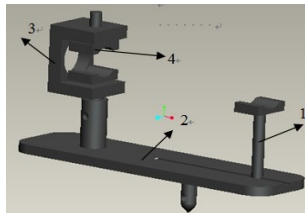
基金项目:中国烟草总公司重点项目(11-13Aa05)

作者简介:陈魁(1985-),男,湖南邵阳人,硕士研究生,主要从事农业机械设计与研究,chenkui1985888@163.com; *通信作者, hndssl@163.com

试件的制作参照文献[13~14]的方法。

1.2 仪器设备

试验在电子万能试验机上进行。试样夹具如图 1 所示,一端装在夹头 3 的圆口中,由夹紧上支座 4 夹紧,另一头由支撑架 1 支撑,通过旋转底座 2 来改变试样和切刀的相对角度。

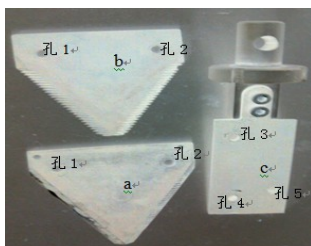


1 支撑架; 2 旋转底座; 3 夹头; 4 上支座。

图 1 试样夹具

Fig.1 Fixture for specimen

切割刀如图 2 所示,正切时,孔 1 对应孔 3,孔 2 对应孔 5;滑切时,孔 1 对应孔 3,孔 2 对应孔 4。



a 光刀; b 锯齿切刀; c 切刀架。

图 2 切割刀

Fig.2 Cutting blades

1.3 试验方法

试验操作参照文献[9]和[15]。切割试验台如图 3 所示,将烟秆试样一端通过夹具夹紧,另一端由活动支座支撑,形成双支撑剪切模式,通过调节夹具的安装位置来改变试样的切割角度。切割速度由万能材料试验机来调整。切割方式通过调节刀片安装角度来改变,当刀刃线与刀片运动方向垂直时为正切,当刀刃线与刀片运动方向成 30°时为滑切。

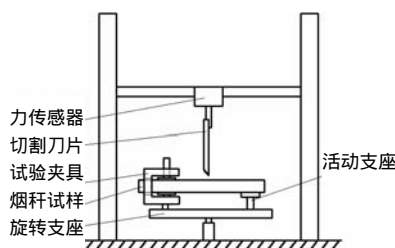


图 3 切割试验台

Fig.3 Test bed for cutting

每组试验准备 3 个相同的试验样本,分别测试试样的切割力大小,结果取 3 次测试切割力的平均值。

单因素试验^[16-17]:分别调整切割速度为 200、250 和 300 mm/s,以锯齿形刀和光刀按滑切形式测试切割试样的切割力;在得到切割方式以滑切为较优方式之后,保持切割速度为 300 mm/s,通过试样夹具旋转支撑架改变切割角度,分别测定切割角度为 0°(取切割面与试样轴心垂直)、20°、40°时,以锯齿形刀和光刀按滑切的形式测试切割烟秆的切割力;保持切割速度为 300 mm/s 不变,分别用光刀和锯齿刀对烟秆试样做滑切和正切试验。

多因素试验^[16-17]:由于各因素水平数不相同,采用拟水平正交法设计正交试验(表 1)。试验结果的计算: $K_i =$ 各因素在 i 水平所对应的切割力之和; $k_i = K_i/3$; 各因素的极差 $R = k_{\max} - k_{\min}$

表 1 试验因素及水平

序号	A	B/(mm·s ⁻¹)	C	D/(°)	E/mm
1	正切	200	锯齿	0	26.5
2	滑切	250	光刀	20	32.5
3	滑切	300	锯齿	40	38.5

A、B、C、D、E 分别为切割方式、切割速度、切割刀片、切割角度和试样直径。

2 结果与分析

2.1 切割速度对切割力的影响

表 2 数据表明,在滑切试验中,无论采用锯齿形刀片还是光刀切割试样,其切割力均随着切割速度的增大而减小,随着试样直径的减小而减小。

表 2 不同切割速度切割烟秆的切割力

试样直径/ mm	切割速度/(mm·s ⁻¹)	切割力/N	
		锯齿形刀	光刀
38.5	200	789.66	791.43
	250	757.36	749.86
	300	612.74	607.46
34.5	200	742.25	741.76
	250	623.74	620.31
	300	618.28	626.98
30.5	200	619.73	615.08
	250	543.64	543.71
	300	523.56	518.44
26.5	200	492.17	496.16
	250	468.12	464.22
	300	457.55	446.97

2.2 切割方式、切割刀片和试样直径对切割力的影响

由表 3 可知，保持速度一定，无论采用光刀片还是锯齿形刀片，都以滑切时的切割力最小。在同一形式刀片的切割作用下，无论是正切还是滑切，试样直径越小其切割力越小。在切割方式和切割速度确定的情况下，正切过程中光刀片切割比用锯齿形刀切割的切割力要小，滑切过程中采用锯齿形刀切割比光刀片切割的切割力要小，因而选用锯齿形刀滑切切割烟秆比较好，选用光刀滑切烟秆次之。

表 3 不同刀片和切割方式切割烟秆的切割力
Table 3 Cutting forces in tobacco stem cutting with different cutting blades

试样直径/ mm	切割方式	切割力/N	
		锯齿形刀	光刀
38.5	滑切	641.73	645.48
	正切	759.32	756.85
34.5	滑切	605.47	612.56
	正切	746.13	738.29
30.5	滑切	563.92	573.43
	正切	651.88	646.99
26.5	滑切	481.09	490.62
	正切	598.38	598.33

2.3 切割角度对切割力的影响

由表 4 数据可知 无论采用锯齿形刀还是光刀，切割角度越小，切割力越小，切割角度在 0°~20° 时对切割力的影响很小。

表 4 不同切割角度切割烟秆的切割力
Table 4 Cutting forces in tobacco stem cutting with different cutting angles

试样直径 /mm	切割角度/(°)	切割力/N	
		锯齿形刀	光刀
38.5	0	682.37	681.42
	20	654.86	679.73
	40	712.43	712.06
34.5	0	542.25	539.87
	20	543.71	544.88
	40	664.21	663.91
30.5	0	529.73	526.39
	20	537.87	537.64
	40	558.32	549.47
26.5	0	436.85	449.55
	20	438.12	443.86
	40	519.45	521.83

2.4 多因素试验结果

采用 Spss 软件分析各因素的交互作用，得知各因素间交互作用不明显。正交试验结果见表 5。

表 5 正交试验结果
Table 5 Results of orthogonal test for cutting force

试验号	因素					切割力/N
	A	B	C	D	E	
1	1	1	1	1	1	638.49
2	1	2	2	2	2	568.76
3	1	3	1	3	3	624.62
4	2	1	1	2	2	646.81
5	2	2	2	3	3	615.33
6	2	3	1	1	1	407.53
7	2	1	2	1	3	502.12
8	2	2	1	2	1	448.96
9	2	3	1	3	2	505.29
10	1	1	1	3	2	765.57
11	1	2	1	1	3	571.76
12	1	3	2	2	1	486.35
13	2	1	2	3	1	498.64
14	2	2	1	1	2	484.37
15	2	3	1	2	3	459.57
16	2	1	1	2	3	509.54
17	2	2	1	3	1	479.75
18	2	3	2	1	2	430.29
K ₁	3 655.5	3 561.2	6 542.3	3 034.6	3 084.0	
K ₂	5 988.2	3 168.9	3 101.5	3 120.0	3 401.1	
K ₃		2 913.7		3 489.2	3 282.9	
k ₁	609.26	593.53	545.19	505.76	514.00	
k ₂	499.02	528.16	516.92	520.00	566.85	
k ₃		485.61		581.53	547.16	
极差	110.24	107.92	28.27	75.77	52.85	
最优	A ₂	B ₃	C ₂	D ₁	E ₁	最优 B ₃ A ₂ D ₁ E ₁ C ₂

通过对比，得出最优方案应为 B₃A₂D₁E₁C₂。显然，最优方案在上述试验中没有出现，与它比较接近的是第 6 号试验。在第 6 号试验中，只有切割刀片不是处在最好水平，而且切割刀片对切割力的影响是 5 个因素中最小的；因此，选出的较优方案合乎实际。对第 6 号试验方案继续试验，得切割力 F = 403.28 N，比第 6 号试验得出的结果更好，即最优方案为：切割方式为滑切，切割速度为 300 mm/s，切割刀片为光刀，切割角度为 0°，试样直径为 26.5 mm。

3 结 论

1) 多因素正交试验结果表明：影响烟秆切割力

的主要因素大小依次为切割速度、切割方式、切割角度、切割刀片的形式和试样直径。其最优方案为：切割方式为滑切，切割速度为 300 mm/s，切割刀片为光刀，切割角度为 0° ，试样直径为 26.5 mm。

2) 单因素试验结果表明：在一定工作情况下选择滑切方式时切割力最小，而选择不同的齿形对切割力的影响很小；无论采用锯齿形刀还是光刀，切割角度越小，切割力越小，切割角度在 $0^\circ \sim 20^\circ$ 对切割刀的影响很小。

3) 单因素试验和多因素试验的结果相一致，体现了试验结果的可靠性高。

参考文献：

- [1] 张承龙. 烟秆的资源化利用技术现状及其前景[J]. 再生资源研究, 2002(1): 38-39.
- [2] 胡婷, 付志一, 焦群英. 小麦茎秆抗弯性能研究[J]. 农业工程学报, 2006, 22(10): 31-35.
- [3] 郭翠花, 高志强, 苗果园. 不同产量水平下小麦倒伏与茎秆力学特性的关系[J]. 农业工程学报, 2010, 26(3): 151-155.
- [4] 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.
- [5] 廖宜涛, 廖庆喜, 田波平, 等. 收割期芦竹底部茎秆机械物理特性参数的试验研究[J]. 农业工程学报, 2007, 23(4): 124-129.
- [6] 段传人, 王伯初, 王凭青. 水稻茎秆的结构及其性能的相关性[J]. 重庆大学学报: 自然科学版, 2003, 26(11): 38-40.
- [7] 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.
- [8] 苏工兵, 刘俭英, 王树才, 等. 苕麻茎秆木质部力学性能试验[J]. 农业机械学报, 2007, 38(5): 62-65.
- [9] 吴明亮, 官春云, 汤楚宙, 等. 油菜茎秆切割力影响因素试验[J]. 农业工程学报, 2009, 25(6): 141-144.
- [10] 李明, 汤楚宙, 谢方平, 等. 毛桃苗力学特性试验研究[J]. 农业工程学报, 2005, 21(3): 29-33.
- [11] 李明, 汤楚宙, 谢方平, 等. 苗木嫁接机器人切割机构模拟试验[J]. 农业工程学报, 2008, 24(6): 129-132.
- [12] 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.
- [13] GB/1927-1943-91, 国家木材物理力学性质试验方法[S].
- [14] GB/T15780-1995, 国家竹材物理力学性质试验方法[S].
- [15] 汤楚宙. 水稻联合收割机原理与设计[M]. 长沙: 湖南科学技术出版社, 2002.
- [16] 陈魁. 试验设计与分析[M]. 北京: 清华大学出版社, 2005.
- [17] 李志西. 试验优化设计与统计分析[M]. 北京: 科学出版社, 2010.

责任编辑: 罗慧敏
英文编辑: 罗维