

木薯秸秆冲击韧性研究

Research on toughness of cassava stalk

李梦林¹ 王涛² 黄志刚¹ 闫梅³

LI Meng-lin¹ WANG Tao² HUANG Zhi-gang¹ YAN Mei³

(1. 北京工商大学材料与机械工程学院, 北京 100048;

2. 海南大学机电工程学院, 海南 海口 570228; 3. 北京理工大学机械与车辆学院, 北京 100081)

(1. School of Material and Mechanical Engineering, Beijing Technology and Business University, Beijing 100048, China;

2. Mechanical and Electrical Engineering College, Hainan university, Haikou, Hainan 570228, China;

3. School of Mechanical Engineering, Beijing Institute of Technology, Beijing 100081, China)

摘要:为了研究木薯秸秆冲击韧性的指标影响因素,利用 MW-4 木材万能试验机,并选取木薯秸秆的品种、放置时间、碰撞部位作为影响因素,对木薯秸秆进行正交冲击试验。结果表明:品种对冲击能量的影响最大,当品种为 SC6、放置 12 d、碰撞部位为上部时冲击能量最小;同时,品种对冲击韧性的影响也最大,冲击韧性最小的组合是品种为 SC6、放置 0 d、碰撞部位为下部;木薯秸秆下部的平均冲击能量和冲击韧性均大于上部的。

关键词:木薯; 秸秆; 冲击韧性; 影响因素

Abstract: In order to study the factors that influence the cassava stalk toughness, orthogonal experiments were used to test cassava stalk with MW-4 universal testing machine. And the influencing factors were selected, for cassava stalk variety, placed time, and colliding parts. The results show that: effect of varieties on the impact energy is the largest, while, the impact energy was the smallest when the variety is SC6, placed for 12 days, and the upper part collision site. Effect of varieties on the impact toughness is the largest. The impact toughness is the smallest when the variety is SC6, the moisture content is placed for 0 days, and lower part collision position. The average impact energy and impact toughness of the lower part of cassava stalk are higher than the upper part.

Keywords: Cassava; stalk; impact toughness; influencing factors

木薯是大戟科木薯属植物,呈灌木状,原产于亚马逊河流域,中国木薯的主产区为广西、广东、海南、云南、福建。它是世界三大薯类之一,有“淀粉之王”、“地下粮食”、“能源作物”之称^[1]。木薯用途广泛,可制成变性淀粉等应用于化工、

淀粉、酒精、医疗、食品等行业。木薯秸秆主要用于生产肥料、沼气、乙醇、饲料、栽培食用菌的培养基料等^[2]。随着木薯的战略地位不断提升,其利用率随之不断提高。在可再生能源方面木薯起着重要作用,要充分利用木薯秸秆,有必要研究其收割与粉碎力学特征,目前中国有学者进行了相关研究。如王涛等^[3-5]研究了木薯的拉伸强度、压缩强度等力学特性;陈丹萍^[6]研究了挖拔式木薯收获机的挖掘部件;张意松等^[7]对中国的木薯收获机采挖原理和结构进行了设计;孙佑攀^[8]对挖拔式木薯收获机及其夹持输送机构进行了研究设计;薛忠等^[9]研制了 4UMS-390 II 型木薯收获机。但迄今未见研究木薯秸秆冲击韧性的相关文献,本研究拟考察木薯秸秆冲击韧性的指标影响因素及冲击能量,拟为木薯秸秆切割机 and 粉碎机的设计研发提供理论基础,为设计出更节能经济的木薯收获机和秸秆粉碎机提供有益参考。

1 材料与方法

1.1 材料的采集与处理

木薯秸秆于 2013 年 12 月 22 日取自海口市美兰区海南大学实验田,选择生长正常、健壮、直径中等、成熟期的木薯若干株。分别根据各组试验的影响因素把木薯秸秆处理成长约 300 mm 符合相应要求的试样。为防止试验中偶然因素的影响,每组试验准备两个试样,并进行编号为 1、2、……、15、16。同时设计一个冲击能量和冲击韧性随含水率变化的单因素变量试验,对该组木薯秸秆试样编号为冲/上①、冲/上②、冲/上③、冲/上④、冲/下①、冲/下②、冲/下③、冲/下④。

1.2 试验设备

木材万能试验机: MW-4 型, 济南试验机厂。

基金项目: 国家自然科学基金项目(编号: 51473006)

作者简介: 李梦林(1992-), 男, 北京工商大学在读硕士研究生。

E-mail: 1061897535@qq.com

通讯作者: 黄志刚

收稿日期: 2014-11-30

1.3 试验方法

单因素试验中只选取放置时间为变量,分别研究木薯秸秆上部和下部冲击韧性和冲击能量随含水率变化的规律。在单因素的基础上,选取木薯秸秆的品种、含水率、冲击碰撞部位作为主要影响因素,研究对木薯秸秆的冲击韧性指标的因素影响。根据考察的因素及水平来安排试验,结果选用 $L_{16}(4^2 \times 2^9)$ 正交表,安排三因素混合水平的正交试验。选用秸秆冲断时摆锤上升的高度作为试验测量指标。试验的影响因素为品种、含水率、碰撞部位。木薯秸秆的品种为华南 6 号、华南 7 号、华南 9 号、华南 10 号;由于试验设备有限,无法对木薯秸秆的含水率进行精确的测量,故本试验中的含水率以试样在通风干燥的实验室放置的天数为衡量标准,放置的天数越多,含水率越小。试验以刚从试验田取回的木薯秸秆为放置 0 d 的试样。碰撞部位分为上部和下部。

1.4 测试与计算方法

冲击试验机有摆锤、机身、支座、度盘、指针等几部分组成。试验时,将木薯秸秆试样安放于试验机的支座上,举起摆锤使它自由下落将试样冲断。若摆锤重力为 $G(N)$,冲击中摆锤的质心高度由 $H_0(cm)$ 变为 $H_1(cm)$,势能的变化为 $G(H_0 - H_1)$,它等于冲断试样所消耗的功 $W(J)$,由于试验机摆锤的摆长与度盘指针示数成正比,比例 $i=9$,故冲击试样吸收的功 $A_K(J)$ 为

$$A_K = W = \frac{iG(H_0 - H_1)}{100} = \frac{9G(H_0 - H_1)}{100} \quad (1)$$

式中的 H_0 和 H_1 可通过度盘得知。

试样的冲击韧性为

$$a_K = \frac{A_K}{A_0} = \frac{9G(H_0 - H_1)}{(D^2 - d^2)\pi/4} \quad (2)$$

式中:

a_K ——冲击韧性, J/cm^2 ;

A_K ——冲击试样吸收的功, J ;

A_0 ——试样冲断处的横截面积, cm^2 ;

D ——木薯秸秆的外径, mm ;

d ——木薯秸秆的内径, mm ^[10]。

2 结果与分析

2.1 单因素试验

木薯秸秆上部和下部的冲击能量和冲击韧性随含水率变化的单因素变量试验结果见图 1、2。

由图 1、2 可知:① 木薯秸秆下部的平均冲击能量和冲击韧性均大于上部的。原因是根部结构组织更加细密,抗冲击的能力更强。② 木薯秸秆上部的冲击能量和冲击韧性随含水率的减小变化不大,冲击能量在 4.617 43 J 附近波动,冲击韧性在 2.569 65 J/cm^2 附近波动;下部的冲击能量和冲击韧性随含水率的减小先增大后减小,冲击能量从 7.926 9 J 上升到 15.853 8 J 后下降到 4.359 8 J,冲击韧性从 2.926 9 J/cm^2

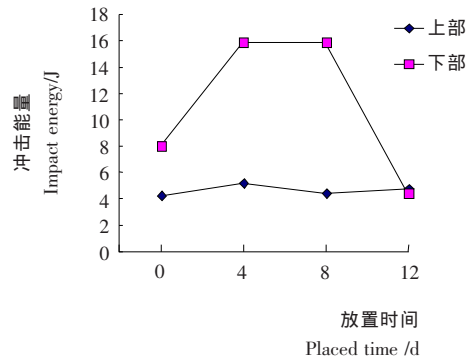


图 1 冲击能量随放置时间的变化
Figure 1 Impact energy along with the change of placed time

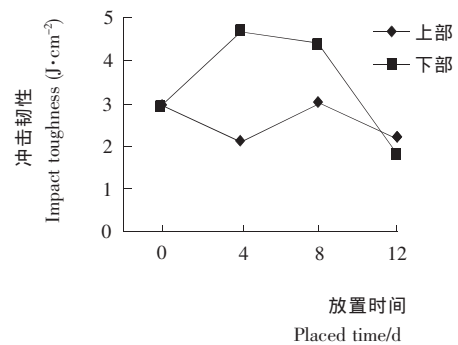


图 2 冲击韧性随放置时间的变化
Figure 2 Impact toughness along with the change of placed time

上升到 4.693 1 J/cm^2 后下降到 1.846 7 J/cm^2 。原因是含水率越小,秸秆木质结构越坚硬,抗冲击能力更强。

2.2 正交试验

根据正交试验表中设计的试验顺序依次进行各组试验。试验因素水平表见表 1,试验方案与结果见表 2。

表 1 因素水平表

Table 1 Test factor in the level of the table

水平	A 品种	B 放置时间/d	C 碰撞部位
1	SC6	0	上部
2	SC7	4	下部
3	SC9	8	
4	SC10	12	

由表 2 可知:① 对木薯秸秆冲击能量影响的主要因素次序为 $A > B > C$,最优水平组合为 $A_1 B_4 C_1$,即品种为 SC6、放置时间 12 d、碰撞部位为上部。② 对木薯秸秆冲击韧性影响的主要因素次序为 $A > B > C$,最优水平组合为 $A_1 B_1 C_2$,即品种为 SC6、放置时间 0 d、碰撞部位为下部。

表 2 试验方案和结果
Table 2 Test program and results

序号	A	B	C	外径/ mm	内径/ mm	截面积/ cm ²	冲击能量 A _k /J	冲击韧性 a _k /(J·cm ⁻²)
1	1	1	1	13.20	8.800	0.759 9	0.792 69	1.043 2
2	1	2	1	13.40	8.000	0.907 1	3.567 11	3.932 2
3	1	3	2	13.50	4.800	1.249 8	3.170 76	2.537 0
4	1	4	2	16.98	9.940	1.487 7	3.963 45	2.664 1
5	2	1	1	18.65	11.930	1.613 2	4.756 14	2.948 3
6	2	2	1	20.30	13.900	1.718 2	7.926 90	4.613 5
7	2	3	2	23.15	13.050	2.870 1	6.341 52	2.209 5
8	2	4	2	21.40	10.200	2.778 3	7.134 21	2.567 9
9	3	1	2	19.95	9.870	2.359 6	7.134 21	3.023 5
10	3	2	2	20.22	9.220	2.542 1	7.926 90	3.118 2
11	3	3	1	17.52	9.480	1.704 1	9.115 94	5.349 5
12	3	4	1	16.61	8.770	1.562 0	6.341 52	4.059 9
13	4	1	2	23.96	0.040	4.506 5	25.554 22	5.670 5
14	4	2	2	22.10	9.780	3.083 2	15.824 65	5.132 6
15	4	3	1	15.53	7.570	1.443 4	7.926 90	5.491 7
16	4	4	1	11.53	5.510	0.805 3	3.170 76	3.937 6
<hr/>								
	<i>k</i> ₁	2.873 50	9.559 32	5.449 75				
	<i>k</i> ₂	6.539 69	8.811 39	9.631 24				
冲击能量	<i>k</i> ₃	7.629 64	6.638 78					
	<i>k</i> ₄	13.119 13	5.152 49					
	<i>R</i>	10.245 63	4.406 83	4.181 50				
	<i>k</i> ₁	2.544 13	3.171 38	3.921 99				
	<i>k</i> ₂	3.084 80	4.199 13	3.365 41				
冲击韧性	<i>k</i> ₃	3.887 78	3.896 93					
	<i>k</i> ₄	5.058 10	3.307 38					
	<i>R</i>	2.513 98	1.027 75	0.556 58				

2.3 验证实验

分别以试验因素组合为 A₁B₁C₁ 和 A₁B₁C₂ 进行验证实验,结果表明组合 A₁B₁C₁ 的冲击能量为 0.702 73 J,冲击韧性为 1.093 2 J/cm²;组合 A₁B₁C₂ 冲击能量为 0.947 44 J,冲击韧性为 0.942 6 J/cm²。可以看出,组合 A₁B₁C₁ 的冲击能量最小,组合 A₁B₁C₂ 冲击韧性最小。研究具有可行性。

3 结论

通过正交试验,综合评价木薯秸秆的冲击韧性和冲击能量的影响因素及影响程度。试验数据显示品种对木薯秸秆的冲击能量和冲击韧性影响最大,含水率次之,碰撞部位最小;当木薯品种为 SC6、含水率为放置 12 d、碰撞部位为上部时冲击能量最小;当品种为 SC6、含水率为放置 0 d、碰撞部位为下部时冲击韧性最小。同时表明,木薯秸秆冲击能量和

冲击韧性由下至上逐步增强。

该试验研究得出了不同因素对冲击能量和冲击韧性的影响,以及不同因素共同影响下冲击能量值和冲击韧性值。通过对木薯秸秆冲击韧性的测定及规律性研究,进一步对木薯秸秆的力学特性参数进行了补充,研究结果可为木薯秸秆切割机和粉碎机器的设计研发提供理论基础,同时,还能综合考虑所设计的机器的实用性和经济性提供有益参考。

本试验主要对木薯秸秆冲击韧性的力学特性的规律性进行了研究,对其机理研究不够,下一步将对木薯秸秆组织内部进行系统、深入的机理研究。

参考文献

- 文玉萍. 我国木薯产业的发展趋势与市场分析[J]. 热带农业科学, 2014, 34(5): 81~85.

(下转第 189 页)

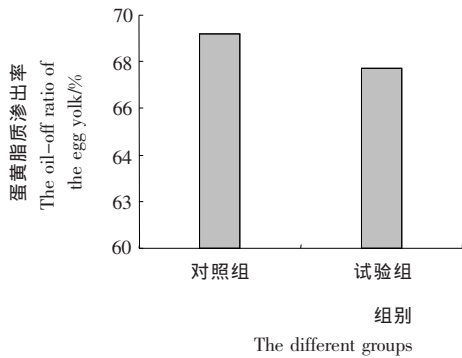


图 5 试验组和对照组蛋黄脂质渗出率的比较

Figure 5 Comparison of the oil-off ratio of egg yolk in different groups

表 2 咸蛋感官综合评定结果

Table 2 Comprehensive sensory evaluation of salted eggs (n=10)

组别	蛋白 (总分 35)	蛋黄 (总分 35)	总体口感 (总分 30)	综合得分 (总分 100)
对照组	28	32	25	85
试验组	32	33	28	93

更换盐水后,则使蛋白的盐分含量不再上升,保持在合适的口感范围内,而蛋黄则继续腌制,从而使蛋黄与对照组的差异不明显。综合来看,试验组蛋白口感适宜、蛋黄与对照组较为接近,综合感官评分高于采用传统方法腌制的对照组的咸蛋。

3 结论

分两阶段使用不同浓度的盐水腌制咸鸭蛋,可以达到降低蛋白盐分含量的目的。第一阶段使用较高浓度(20%左右)的盐水腌制 15~20 d,快速使蛋清达到适宜的咸度(盐分含量在 3.5%左右),再换用低浓度(3.5%)的盐水继续腌制,可以使蛋清的盐分含量不再上升,而使蛋黄继续腌制,即盐分继续在向蛋黄渗透,蛋黄脱水作用继续进行,至达到松沙出油的理想状态。

参考文献

- 1 郑玉铺,刘树滔,陈躬瑞,等. 超声波技术在咸蛋腌制中的应用及其机理初探[J]. 福州大学学报,1996,24(3):71~74.
- 2 李祥睿,陈洪华. 新型咸蛋腌制方法研究[J]. 食品科技,2008(2):63~66.
- 3 武秀香,岑宁,杨章平. 咸蛋快速腌制工艺有关问题探讨[J]. 中国家禽,2011,33(3):56~57.
- 4 刘良忠,姜春杰,文友先,等. 缩短咸蛋加工时间及改善咸蛋品质的研究[J]. 食品科技,2003,24(1):36~37.
- 5 王晓拓,高振江. 脉动压技术腌制鸡蛋工艺优化[J]. 食品科学,2010,31(8):97~101.

- 6 王石泉,王树才,张益鹏,等. 超声波—脉动压联用快速腌制咸鸭蛋的工艺参数优化[J]. 农业工程学报,2013,29(23):286~292.
- 7 李雪斌,伍广,江章应,等. 改善咸蛋品质加工技术的研究[J]. 大众科技,2009(1):143~144.
- 8 吴玲,孙静,乐立强,等. KCl 部分替代 NaCl 腌制咸蛋效果的比较研究[J]. 食品科学,2011,32(13):5~10.
- 9 刘国庆,江力,钱晓勇,等. 咸鸭蛋快速腌制工艺优化研究[J]. 食品科学,2008,29(12):234~237.
- 10 曾舟,马美湖,何兰,等. 不同腌制添加剂对咸蛋腌制效果的影响[J]. 中国食品学报,2012,12(10):140~148.
- 11 吴玲,马美湖. 咸蛋低盐腌制与品质提高技术的研究进展[C]//马美湖. 第八届中国蛋品科技大会论文集. 武汉:武汉亿城文化用品有限公司,2009:475~481.
- 12 宋淼泉. 低盐度咸鸭蛋的腌制方法,中国:200710070546.4 [P]. 2008-01-23.
- 13 刘华桥. 一种盐分适宜的咸鸭蛋腌制方法,中国:200710052651.5 [P]. 2008-01-09.
- 14 张广志. 低盐蛋白咸蛋的腌制工艺,中国:200410044971.2 [P]. 2005-12-14.
- 15 Thammarat K, Soottawat B, Wonnop V. Changes in chemical composition, physical properties and microstructure of duck egg as influenced by salting[J]. Food Chemistry, 2009, 112(3):560~569.
- 16 荣建华,张正茂,冯磊,等. 咸蛋盐水腌制动力学研究[J]. 农业工程学报,2007,23(2):263~266.
- 17 荣建华,张正茂,韩晓,等. 腌制过程中咸蛋品质变化的动态分析[J]. 华中农业大学学报,2006,25(6):676~678.
- 18 Lai K M, Chi S P, Ko W C. Changes in yolk states of duck egg during long-term brining[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 1999, 47(2):733~736.

(上接第 92 页)

- 2 陈汉东. 木薯秸秆综合利用技术应用浅析[J]. 广西农业机械化, 2011(5):26~28.
- 3 闫梅,王涛,李梦林. 木薯秸秆力学特性测试仪设计与试验[J]. 中国农机化学报,2013,34(4):78~82.
- 4 杨望,杨坚,郑晓婷,等. 木薯力学特性测试[J]. 农业工程学报, 2011(S2):50~54.
- 5 闫梅,王涛,李梦林. 木薯块根切割力学特性研究[J]. 食品与机械,2013,29(4):88~91.
- 6 陈丹萍. 挖掘式木薯收获机挖掘部件研究[D]. 海口:海南大学, 2012.
- 7 张意松,黄晖,崔振德. 国内木薯收获机采挖原理和结构设计[J]. 热带农业工程,2012(5):17~20.
- 8 孙佑攀. 挖掘式木薯收获机及其夹持输送机构的研究[D]. 海口:海南大学,2012.
- 9 薛忠,黄晖,李明,等. 4UMS-390 II 型木薯收获机的研制[J]. 农机化研究,2010(8):79~81,85.
- 10 刘鸿文,吕荣坤. 材料力学实验[M]. 第二版. 北京:高等教育出版社,2002.