

基于揉搓方法的板栗破壳性能的试验研究

张荣荣, 李小昱*, 王 为
(华中农业大学工程技术学院, 武汉 430070)

摘 要: 为了研究板栗揉搓破壳机理及破壳性能, 自行设计了基于揉搓破壳机理的破壳装置, 对一定大小等级的板栗进行了破壳试验。通过揉搓速度和定动齿板间距对板栗破壳率和破仁率两个指标影响的单因素试验可知, 板栗破壳率和破仁率均随着揉搓速度的增加而增加; 齿板间距过大或过小都会使板栗的破仁率增加, 齿板间距越小则板栗的破壳率越高。通过多因素正交试验和极差分析找出影响其破壳效果的主次因素分别为齿板间距和加载速度, 确定了板栗破壳的最佳速度和间距分别为: 20 mm/min、17.4 mm。

关键词: 板栗; 揉搓; 破壳性能

中图分类号: S664.2; S226.4

文献标识码: B

文章编号: 1002-6819(2007)5-0177-03

张荣荣, 李小昱, 王 为. 基于揉搓方法的板栗破壳性能的试验研究[J]. 农业工程学报, 2007, 23(5): 177-179.

Zhang Rongrong, Li Xiaoyu, Wang Wei. Experimental research on cracking performance of Chinese chestnut based on flexible rubbing method[J]. Transactions of the CSAE, 2007, 23(5): 177-179. (in Chinese with English abstract)

0 引 言

板栗是世界上重要的干果之一, 也是中国传统的农产品, 素有“木本粮食”、“干果之王”、“铁杆庄稼”之美称。自1985年至今, 中国板栗栽培面积由20万 hm^2 增加到近123万 hm^2 , 总产量由不到10万t提高到60多万t^[1,2], 产量发展极为迅速。然而, 板栗含水率高、呼吸作用强、霉类活性强、淀粉水解快、容易腐烂变质而不耐贮存, 那么只有大规模的深加工才会最终解决板栗的销路。因此, 板栗破壳作为板栗深加工中的一道首要工序变得尤为重要。

目前, 国内有各种类型的板栗机械破壳设备, 但多数破壳效率低, 且栗仁破损率高, 远远不能满足板栗深加工发展的需要。国内外对于杏核^[3-5]、松籽^[6-8]、澳洲坚果^[9]、榛子^[10]等坚果的力学特性及影响破壳效果的因素进行了大量的试验研究, 指出了含水率、加载方向等因素对坚果破壳力、变形量、破裂趋势以及整仁率等有一定的影响。史建军、吴子岳等^[11-13]对核桃破壳原理及力学特性进行了分析研究, 并与有限元结合, 找出了破壳时的最佳施力位置和方式。袁巧霞、陈红等^[14]通过对辊板式银杏脱壳装置的试验研究得出轧距过大过小均不利于脱壳, 轧距过大, 辊板对银杏核的挤压量未达到银杏核破壳时的临界压缩量的要求, 脱壳率下降; 轧距过小, 辊板对银杏挤压作用超过对银杏的摩擦撕裂作用, 破仁率增加。这些研究为各种干果破壳机械装备的设计提供了理论依据。然而关于板栗力学特性方面的研究几乎未见报道。

本研究基于揉搓破壳机理制作了一种揉搓破壳部件, 进行板栗破壳力学特性和性能的试验, 针对加载速度和揉搓齿板间

距与破壳性能的关系进行了分析。

1 试验设备与方法

1.1 试验设备

试验采用了自行设计的基于揉搓机理的破壳装置, 其材质为45号钢调质。破壳装置结构如图1所示, 主要由两块带齿的揉搓部件和一块定位挡板构成。图中1为固定齿板, 3为挡板。1、3下端通过螺栓固定在底座上, 动定齿板之间的间隙可以通过定齿板1的底座来调节。2为动齿板, 其上方柄把夹持在万能试验机上, 通过万能试验机来控制动齿板沿着挡板上下运动。

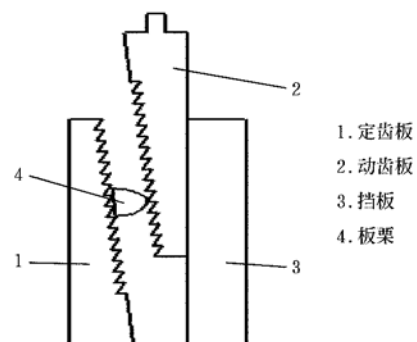


图1 破壳试验装置

Fig. 1 Cracking test equipment

1.2 试验材料

试验采用江西资溪板栗, 随机抽取250颗板栗, 其中半球形板栗占80%。而且, 基于机器视觉技术的农产品形状分级的广泛应用, 为板栗形状的分选创造了条件。因此本试验选用单粒重在6~8g之间, 形状比例较大的半球形板栗。用恒温干燥箱在65℃下干燥30min。

1.3 试验方法

1.3.1 试验指标

主要试验指标为板栗破壳率 η_1 和破仁率 η_2 , 其中破壳板栗是指板栗壳被揉搓破裂, 破仁是指破壳板栗的栗仁产生裂痕或

收稿日期: 2006-05-09 修订日期: 2006-07-16

项目基金: 华中农业大学科研专项

作者简介: 张荣荣(1980-), 女, 江苏徐州人。武汉 华中农业大学工程技术学院, 430070。Email: zhrr1981@yahoo.com.cn

*通讯作者: 李小昱, 教授, 博士生导师。武汉 华中农业大学工程技术学院, 430070。Email: lixiaoyu@mail.hzau.edu.cn

破碎。

$$\eta_1 = \frac{N_0 - N_1}{N_0} \times 100\%; \quad \eta_2 = \frac{N_p}{N_0 - N_1} \times 100\%$$

式中 N_0 ——板栗样品个数; N_1 ——未破壳个数; N_p ——破仁个数。

1.3.2 试验设计

根据有关文献^[15], 板栗大小仅是影响破壳力的因素。同时, 在试验前期的预试验中研究了板栗大小对破壳率和破仁率的影响, 结果表明板栗的大小对这两个指标的影响不显著。因此, 本试验仅对加载速度和间距对破壳率和破仁率的影响进行研究。

试验分两步进行:

1) 单因素试验: 通过固定其他因素, 变动一个因素的试验方法进行单因素试验。研究板栗加载速度和定动齿板间距对板栗破壳性能指标的影响规律。单因素试验中每个因素水平下各取 20 粒板栗进行试验。

2) 正交试验: 根据单因素试验对破壳性能指标的影响规律进行正交试验。试验选用 $L_9(3^4)$ 正交试验表^[16], 共进行 9 组试验, 每组试验中各取板栗 20 粒。选取加载速度与齿板间距为试验因素 A、B, 且分别取 3 个因素水平进行双因素正交试验。其中加载速度分别为 20、30、40 mm/min (记为 A_1 、 A_2 、 A_3); 齿板间距的大小根据板栗的物性参数(厚度范围为 17.5~18.5 mm, 平均厚度为 18.1 mm)选为 18.1 mm、17.4 mm、16.7 mm (记为 B_1 、 B_2 、 B_3)。

2 试验结果及分析

2.1 单因素试验

2.1.1 揉搓速度对破壳率、破仁率的影响

为了研究加载速度对板栗破壳性能的影响, 其他因素不变, 加载速度分别取 10、20、30、40、50 mm/min 5 个因素水平进行单因素试验。

由图 2 可知, 板栗的破壳率随着加载速度的增大而增加, 同时板栗的破仁率也随之增加。动齿板向下运动的速度增大, 使得板栗在此方向上所受的强度增加, 因此板栗壳的破裂也变得比较容易。但是速度的增大也使得破壳元件对板栗的揉搓作用增强, 在提高破壳能力的同时破仁率也随之增加。而且, 在加载速度大于 20 mm/min 时破仁率的增加趋势明显大于破壳率的增加。

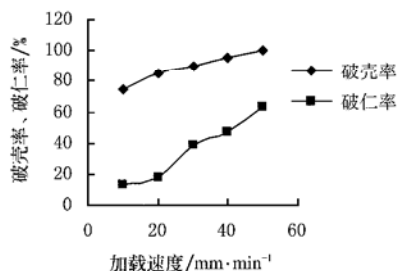


图 2 破壳率、破仁率与速度的关系

Fig. 2 Influences of the speed on the cracking rate and crushing rate

通过对不同加载速度下板栗破壳率、破仁率的试验数据进行回归分析, 分别得出破壳率、破仁率与加载速度的关系为:

$$\eta_1 = 0.6v + 71 \quad (R^2 = 0.973)$$

式中 η_1 ——破壳率, %; v ——速度, mm/min。

$$\eta_2 = 1.3032v - 2.926 \quad (R^2 = 0.9695)$$

式中 η_2 ——破仁率, %; v ——速度, mm/min。

对破壳率回归方程进行显著性检验, 可知 $F = 108.000 > F_{0.01}(1, 3) = 34.1$, 说明回归方程极其显著, 即破壳率与加载速度有关; 对破仁率回归方程进行显著性检验, 可知 $F = 95.479 > F_{0.01}(1, 3) = 34.1$, 说明回归方程极其显著, 即破仁率与加载速度有关。

2.1.2 间距对破壳率破仁率的影响

为了研究间距对破壳率和破仁率的影响, 在速度等其他因素一定的情况下改变间距的大小。该单因素试验中采用的板栗厚度尺寸范围为 16.5~17.5 mm, 平均厚度为 17.0 mm, 65℃下干燥 30 min。间距分别取 15.6、16.3、17.0 mm。

由图 3 可知, 在板栗的揉搓破壳试验中, 齿板间距减小, 则破壳率升高。因为间距越小, 板栗受到揉搓元件的挤压作用越强, 有利于板栗壳的破裂。然而, 板栗破仁率却不随间距的增大或减小呈现出线性变化, 间距过大或过小都会造成破仁率的增加。间距过大, 半球形板栗在揉搓元件中随着速度而呈现滑动和转动趋势, 造成其本身所受挤压作用增强, 从而造成破仁率增大; 间距过小, 板栗本身所受挤压作用强, 也容易造成对栗仁的损伤。间距值为 16.3 mm, 即略大于栗仁厚度时, 板栗在揉搓元件间既受到一定的挤压作用力, 又不会产生较大滚动, 板栗在撕搓作用下破壳, 且对栗仁的损伤也较小。

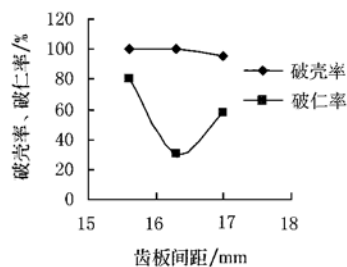


图 3 脱壳率、破仁率与间距的关系

Fig. 3 Influences of the space on the cracking rate and crushing rate

2.2 破壳性能指标的正交试验分析

板栗破壳性能指标正交试验安排及结果如表 1 所示。该试验属于多指标正交试验, 为便于分析采用加权评分法将两个性能指标化为综合加权计算指标^[17]。根据生产经验和各性能指标的重要性, 确定破壳率、破仁率的权值分别为 1、-1。据此将得到的综合加权计算指标值 y_i 列入表 1。

利用极差分析法对综合加权指标进行分析得到: 影响破壳性能的主次因素为 B、A, 最优组合为 A_1B_2 。即当速度为 20 mm/min, 间距为 17.4 mm 时板栗破壳效果最好。

表1 破壳性能正交试验方案与结果
Table 1 Design and results of orthogonal test
of cracking performance

试验号	试验因素		试验指标/%		综合加权 指标 y_i /%
	A /mm · min ⁻¹	B /mm	破壳率	破仁率	
1	20	16.7	90	44.44	45.56
2	20	17.4	85	17.64	67.36
3	20	18.1	60	25	35
4	30	16.7	100	50	50
5	30	17.4	90	33.33	56.67
6	30	18.1	60	33.33	26.67
7	40	16.7	100	55	45
8	40	17.4	95	42.11	52.89
9	40	18.1	70	42.85	27.15
K_{j1}	49.31	46.85			
K_{j2}	44.45	58.97			$\sum K_j = 270.87$
K_{j3}	41.68	29.61			
R_j	7.63	29.36		主要因素: B、A	
优水平	A ₁ B ₂				

3 结论与讨论

1) 揉搓速度对破壳性能指标影响的单因素试验结果表明, 板栗的破壳率随着加载速度的增大而增加, 同时板栗的破仁率也随之增加。但当速度大于 20 mm/min 以后, 破仁率的增加趋势明显大于破壳率的增加。

2) 动定齿板间距对破壳性能影响的单因素试验结果表明, 对于厚度范围为 16.5~17.5 mm, 其平均厚度为 17.0 mm 的半球形板栗, 当破壳间距取为 16.3 mm 时破壳率为 100%, 破仁率最低。间距大于 16.3 mm 时破壳率稍低, 同时间距大于或小于 16.3 mm 时破仁率都会增加。

3) 正交试验的结果表明, 对于厚度范围为 17.5~18.5 mm, 平均厚度约为 18.1 mm 的半球形板栗, 其最佳的破壳间距为 17.4 mm, 略大于栗仁的厚度。同时其最佳破壳速度为 20 mm/min。

采用湖北神农板栗进行破壳试验, 其加载速度和间距对破壳率和破仁率影响的试验结果符合上述规律。但是由于板栗为

生物材料, 易受其他因素影响, 对于不同品种板栗破壳效果的最优因素组合还需进一步研究。

[参 考 文 献]

- [1] 王 薇. 中国栗子与核桃生产概况[J]. 中国食品工业, 1996, (6): 42-44.
- [2] 唐时俊, 王小明, 李昌珠, 等. 板栗贮藏保鲜新技术的研究[J]. 中国南方果树, 2001, (6): 38.
- [3] 周祖锔, 郭其泰. 杏核物理特性的实验研究[J]. 北京农业工程大学学报, 1995, 15(1): 31-34.
- [4] Kubilay Vursavus, Faruk Ozguven. Mechanical behaviour of apricot pit under compression loading [J]. Journal of Food Engineering, 2004, 64: 307-314.
- [5] Aydin C. Physical properties of almond nut and kernel[J]. Journal of Food Engineering, 2003, 60: 315-320.
- [6] 杨志良, 周玉林, 等. 松籽几何、力学特性及崩壳方式的研究[J]. 东北重型机械学院学报, 1991, 15(1): 24-29.
- [7] 栾玉振, 袁明月. 松籽壳体的几何特性和压缩破坏的试验研究[J]. 试验技术与试验机, 1991, 38(4): 13-15.
- [8] Vursavus K, Ozguven F. Fracture resistance of pine nut to compressive loading[J]. Biosystems Engineering. 2005, 90(2): 185-191.
- [9] Gilberto C Braga, Sandra M Couto, Tetuo Hara, et al. Mechanical behavior of Macadamia nut under compression loading[J]. J Agric Engng Res, 1999, 72: 239-245.
- [10] Guner M, Dursun E, Dursun I G. Mechanical behavior of hazelnut under compression loading[J]. Biosystems Engineering, 2003, 85(4): 485-491.
- [11] 吴子岳. 核桃剥壳的力学分析[J]. 南京农业大学学报, 1995, 18(3): 116-123.
- [12] 吴子岳. 棉核桃剥壳取仁机械的研究[J]. 农业工程学报, 1995, 11(4): 164-169.
- [13] 史建新, 赵海军, 辛动军. 基于有限元分析的核桃脱壳技术研究[J]. 农业工程学报, 2005, 21(3): 185-188.
- [14] 袁巧霞, 陈 红, 刘清生. 辊板式银杏脱壳装置的试验研究[J]. 农业机械学报, 2004, 35(3): 181-183.
- [15] 杨雪银. 基于有限元方法的板栗破壳机理的研究[D]. 武汉: 华中农业大学图书馆, 2005.
- [16] 任露泉. 试验优化设计与分析[M]. 北京: 高等教育出版社, 2003.
- [17] 王延耀, 张 岩, 尚书旗, 等. 气爆式花生脱壳性能的试验研究[J]. 农业工程学报, 1998, 14(1): 222-227.

Experimental research on cracking performance of Chinese chestnut based on flexible rubbing method

Zhang Rongrong, Li Xiaoyu*, Wang Wei

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

Abstract: In order to study the flexible rubbing mechanism and cracking performance of Chinese chestnut, the cracking experimental research which was for a certain size was done, using a flexible rubbing device based on flexible rubbing mechanism. The single factor test was about the effects of speed and space on cracking rate and crushing rate. The results indicate that Chinese chestnut cracking rate and crushing rate both increase as speed increases. The crushing rate increases when space is too small or too big, and the cracking rate is high when space is small. The main factors which influence the cracking performance were found out by the orthogonal test and the range analysis. The results indicate that space is a primary factor and speed is secondary, and the optimal speed and space are as follows: 20 mm/min, 17.4 mm.

Key words: Chinese chestnut; flexible rubbing; cracking performance