

鲁 兵,王旭峰,胡 灿,等. 不同加载速度下脆熟期枣的压缩力学特性[J]. 江苏农业科学,2017,45(21):244-247.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2017.21.069

不同加载速度下脆熟期枣的压缩力学特性

鲁 兵^{1,2}, 王旭峰^{1,2,3}, 胡 灿^{1,2}, 张攀峰^{1,2}

(1. 塔里木大学机械电气化工程学院, 新疆阿拉尔 843300;

2. 新疆维吾尔自治区普通高等学校现代农业工程重点实验室, 新疆阿拉尔 843300; 3. 中国农业大学工学院, 北京 100083)

摘要:为减小新鲜灰枣和冬枣在采摘和运输过程中的机械损伤,对新疆脆熟期的灰枣和冬枣进行不同加载速度下的水平和竖直压缩试验,并运用 SPSS 和 Matlab 软件对试验数据进行处理。结果表明,加载速度对脆熟期灰枣和冬枣的水平和竖直压缩破裂力有显著影响($P < 0.05$),灰枣受水平压缩时,压缩破裂力随加载速度变化幅度较小,竖直压缩时,压缩破裂力与加载速度呈负相关关系;冬枣受水平和竖直压缩时,压缩破裂力均随加载速度的增大先增大后减小;在相同加载速度条件下,脆熟期灰枣和冬枣受水平与竖直压缩的压力-变形曲线的变化趋势相似,均没有明显的生物屈服点,但破裂力和破裂变形在数值上均有明显差异,表明其力学性能具有各向异性;在各种加载速度条件下,脆熟期灰枣、冬枣受竖直压缩破裂时的应变能比受水平压缩时的对应值大,脆熟期灰枣、冬枣受水平压缩破裂的最小应变能分别为 108.49、166.88 mJ,受竖直压缩破裂的最小应变能分别为 229.38、371.12 mJ,表明 2 种枣在竖直方向的抗压缩力学性能优于水平方向的抗压缩力学性能。

关键词:新疆红枣;脆熟期;加载速度;力学特性;应变能

中图分类号: TS255.3 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2017)21-0244-03

枣原产于我国,是鼠李科枣属植物的果实,在我国的栽培历史可追溯到几千年以前^[1-3]。除韩国种植有少量红枣之外,我国是红枣的主要种植地区,我国红枣产量占世界红枣总产量的 90% 以上。南疆地区日照时间长、空气透明度高、昼夜温差大等气候条件为红枣的优良品质的形成创造了基本条件^[4]。南疆脆熟期新鲜冬枣和灰枣因果皮薄、果肉脆、糖度高而广受消费者青睐。但是新鲜红枣在采摘和运输过程中容易形成机械损伤,不利于红枣的长期运输和储存。

近年来,国内外学者通过压缩、剪切、跌落试验以及有限元仿真等手段对石榴、油桃、苹果、荔枝、西瓜、龙眼、黄花梨等果品的力学特性展开了大量研究^[5-11]。研究结果表明,不同果品的力学性能差异明显,并且同一果品不同成熟阶段的力学性能也差异较大。脆熟期是新鲜灰枣和冬枣采摘食用的最佳时期,因此,本研究采用压缩试验探讨脆熟期灰枣和冬枣的力学特性,以期对灰枣和冬枣在采收和运输过程中降低损失提供参数依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

2015 年 10 月在塔里木大学现代农业工程重点实验室进行脆熟期灰枣和冬枣的压缩试验。试验材料取自新疆生产建

设兵团第一师阿拉尔市十团的典型矮化密植枣园和塔里木大学园艺站枣园,灰枣和冬枣样本分别从枣园不同株枣树的不同位置进行挑选。所选冬枣样本的纵径(果蒂与顶部连线方向的尺寸)为 29.11~34.43 mm,2 个腰径(经过纵径中点的水平平面内,2 个相互垂直方向的尺寸)分别为 27.29~31.82、29.42~33.92 mm,质量为 13.21~15.47 g;所选灰枣样本的纵径为 34.10~36.82 mm,2 个腰径分别为 19.77~23.75、21.28~24.87 mm,质量为 8.36~10.22 g。另外,所选红枣样本均无虫眼、畸形、表面损伤等现象。

1.2 试验设备

试验设备采用 WD-D3 型电子万能材料试验机(购自上海卓技仪器设备有限公司),其有效测力范围为 10~5 000 N,试验加载速度的调节范围为 0.001~500 mm/min,精确度等级为 0.5 级,整个试验过程由计算机自动完成力与位移的数据采集,取点时间间隔为 0.02 s,压缩时万能试验机采用刚性平板压头,下压板固定不动,上压板以设定加载速度向下压缩;FA1104 电子天平(购自上海市安亭电子仪器厂),称量范围为 0~200 g;LINKS 电子数显游标卡尺(购自哈尔滨量具刀具集团有限责任公司),有效测量范围为 0~150 mm,测量精度为 0.01 mm。

1.3 试验方法

冬枣和灰枣果核呈长椭球状,且纵向两端有尖点,对红枣受压的内部应力分布有明显的影。因此,对冬枣和灰枣样本进行不同加载速度下的水平和竖直压缩试验,对灰枣进行加载速度分别为 35、40、45 mm/min 的单因素压缩试验,对冬枣进行加载速度分别为 40、45、50 mm/min 的单因素压缩试验^[12]。各取 60 个冬枣、灰枣样本,随机将冬枣和灰枣各分成 6 组,每组 10 个红枣,其中 3 组进行水平方向不同加载速度的重复压缩试验,另外 3 组进行竖直方向不同加载速度的重

收稿日期:2016-06-06

基金项目:塔里木大学现代农业工程重点实验室开放课题(编号:TDNG20160101);塔里木大学校长基金(编号:TDZKQN201510);塔里木大学研究生科研创新项目(编号:TDGRI201514)。

作者简介:鲁 兵(1991—),男,湖北黄冈人,硕士研究生,研究方向为农业装备研发。E-mail:1170027843@qq.com。

通信作者:胡 灿,硕士,讲师,研究方向为农业机械化工程。E-mail:hucanboy1@qq.com。

复压缩试验。

1.4 数据处理

本试验数据采用 SPSS 16.0 和 Matlab 软件进行处理和差异性分析。

2 结果与分析

2.1 加载速度对灰枣压缩破裂力的影响

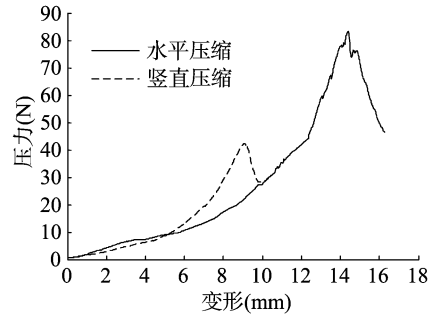
由表 1 可知,水平和竖直压缩时加载速度对脆熟期灰枣压缩破裂力影响的 P 值均 <0.05 ,因此,水平和竖直压缩时加载速度对灰枣压缩破裂力均有显著影响,且竖直压缩时加载速度对灰枣压缩破裂力的影响比水平压缩时明显。灰枣受水平压缩时,压缩破裂力随加载速度增加变化幅度较小;受竖直压缩时,压缩破裂力与加载速度呈负相关关系。

表 1 不同加载速度对灰枣压缩破裂力影响的显著性分析结果

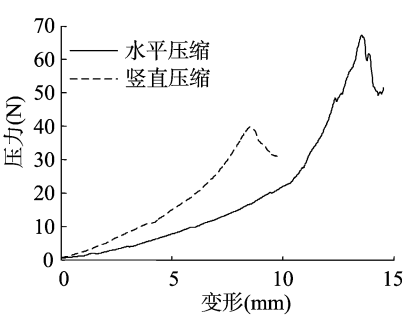
压缩方式	不同加载速度下的压缩破裂力(N)			P 值
	35 mm/min	40 mm/min	45 mm/min	
水平压缩	40.24	40.43	40.13	0.004
	41.37	39.72	38.78	
	39.23	39.77	39.48	
	40.16	41.76	39.14	
	39.37	40.14	38.43	
	40.28	40.78	40.16	
	42.87	39.27	39.35	
	40.74	38.65	38.49	
	41.23	39.10	38.79	
	41.76	38.75	39.23	
竖直压缩	83.09	67.02	50.71	4.2×10^{-30}
	84.27	67.34	49.62	
	81.47	65.24	50.55	
	82.35	66.43	50.68	
	84.10	65.78	50.24	
	84.38	67.54	49.42	
	82.17	67.39	49.13	
	81.29	64.82	48.79	
	80.73	67.75	49.41	
	80.46	65.27	50.86	

2.2 加载速度对冬枣压缩破裂力的影响

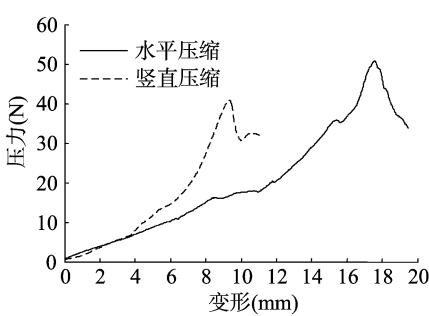
由表 2 可知,冬枣受压缩的平均破裂力随加载速度的增大表现为先增大后减小。水平和竖直压缩时,加载速度对冬枣平均压缩破裂力影响的 P 值均 <0.05 。因此,水平和竖直压缩时加载速度对冬枣的平均压缩破裂力均有显著影响 ($P<0.05$),且加载速度对竖直压缩时平均破裂力的影响比水平压缩时明显。



a.加载速度为35 mm/min



b.加载速度为40 mm/min



c.加载速度为45 mm/min

图1 不同加载速度下灰枣受压缩的压力-变形曲线

表 2 不同加载速度对冬枣压缩破裂力影响的显著性分析结果

压缩方式	不同加载速度下的压缩破裂力(N)			P 值
	40 mm/min	45 mm/min	50 mm/min	
水平压缩	66.29	86.05	78.34	1.2×10^{-6}
	64.34	85.18	77.85	
	63.26	84.64	79.47	
	66.73	87.13	76.93	
	65.48	85.43	78.42	
	64.39	84.59	79.17	
	63.89	84.27	77.49	
	64.26	86.27	79.42	
	66.37	84.36	78.39	
	65.29	85.43	78.27	
竖直压缩	79.79	110.18	101.74	2.5×10^{-26}
	81.38	105.37	100.91	
	78.24	107.39	99.14	
	79.49	109.47	98.74	
	80.21	110.37	100.47	
	80.73	106.48	99.74	
	81.47	107.79	100.49	
	78.39	105.93	100.76	
	78.63	109.47	101.55	
	81.49	108.37	102.13	

2.3 灰枣受压缩的压力-变形曲线分析

对灰枣进行不同加载速度下的水平和竖直压缩试验,分析不同加载速度下灰枣受压缩的压力与变形之间的变化规律。由图 1 可知,对灰枣进行水平和竖直方向压缩时,其压力-变形曲线的变化趋势基本相似。在不同加载方向和不同加载速度条件下,灰枣受压缩的压力-变形曲线均没有明显的生物屈服阶段,各种情况下压力均随变形量的增大直接增大到压力的最大值。当压力达到最大值时灰枣发生压缩破裂,此时对应的压力值为灰枣在该种压缩条件下的压缩破裂力。灰枣受压缩到达破裂力之后,压力随变形的增加急剧减小,表明灰枣受外力压缩破坏时呈现脆性,没有延展性。在相同加载速度条件下,灰枣受水平压缩的破裂力和破裂变形均与受竖直压缩产生的对应值存在明显差异,表明灰枣的抗压缩性能具有各向异性。在压缩变形的初始阶段,水平和竖直压缩的压力随变形变化的斜率相近,当变形达到一定程度后,水平压缩的压力随变形变化的斜率大于竖直压缩时压力随变形变化的斜率,这反映在初始压缩变形之后,灰枣水平方向的弹性模量大于竖直方向的弹性模量。

2.4 冬枣受压缩的压力-变形曲线分析

由图 2 可知,在不同加载速度的压缩条件下,冬枣受水平和竖直压缩的压力-变形曲线均没有生物屈服阶段,压力均随着变形的增加直接增大到冬枣的破裂力,增大到破裂力之后,随着变形的增大压力急剧减小,也表明冬枣受压缩载荷时呈现脆性,没有延展性。并且相同加载速度条件下,冬枣受水平压缩和竖直压缩产生的破裂力与破裂变形在数值上也存在明显的差异,表明冬枣的抗压缩性能具有各向异性。另外,在压缩变形的初始阶段,在相同加载速度条件下水平压缩的压力-变形曲线与竖直压缩的压力-变形曲线基本重合。但随

着变形的逐渐增大,水平压缩的压力-变形曲线与竖直压缩的压力-变形曲线在变化程度上出现差异。从图 2-a 可以看出,经过初始变形之后,冬枣受水平压缩的压力随变形变化的斜率大于受竖直压缩的压力随变形变化的斜率,表明初始变形之后,冬枣水平方向的弹性模量大于竖直方向的弹性模量。从图 2-b 和图 2-c 可以看出,初始变形之后,冬枣受竖直压缩的压力随变形变化的斜率大于受水平压缩的压力随变形变化的斜率,表明初始变形之后,冬枣竖直方向的弹性模量大于水平方向的弹性模量。

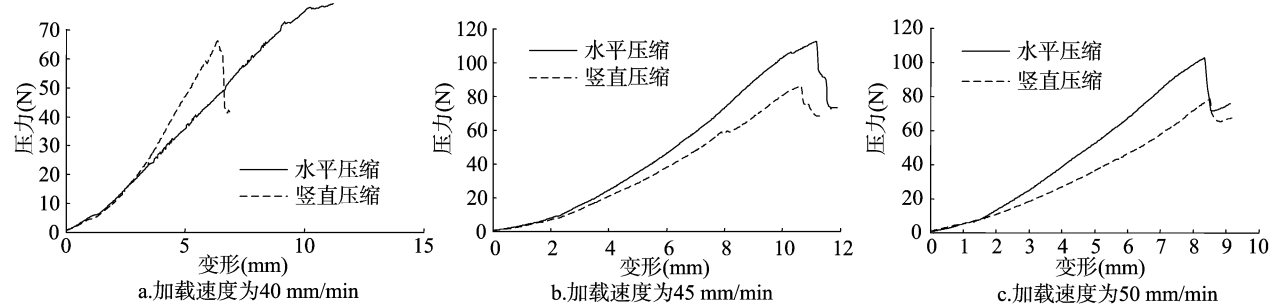


图2 不同加载速度下冬枣受压缩的压力-变形曲线

2.5 灰枣和冬枣的抗挤压性能分析

应变能是指物料受到外力作用时,发生应力和应变而贮存于变形体内的能量。计算灰枣和冬枣受压缩破裂时的应变能,能够反映灰枣和冬枣的极限抗挤压能力^[13]。运用公式(1)计算出枣受压缩的应变能,具体表现为压力-变形曲线图中曲线与坐标轴围成的面积,如图 3 所示。

$$E = \int_0^D F dx. \tag{1}$$

式中: E 为红枣受压缩破裂时的应变能, mJ ; D 为红枣受压缩破裂时的变形量, mm ; F 为压缩红枣时各时刻的压力, N 。

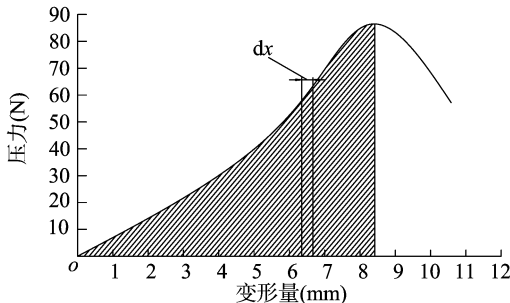


图3 应变能的数学表示

根据公式(1)运用 Matlab 计算图 1、图 2 中各种压缩条件下灰枣和冬枣受压缩破裂时对应的应变能。由表 3 和表 4 可知,在相同加载速度的压缩条件下,灰枣和冬枣受竖直压缩破裂时的应变能均大于受水平压缩破裂时对应的应变能,表明灰枣和冬枣竖直方向的抗压缩力学性能优于水平方向的抗压缩力学性能。灰枣受水平、竖直压缩破裂时的最小应变能分别为 108.49、229.38 mJ ,冬枣受水平、竖直压缩破裂时的最小应变能分别为 166.88、371.12 mJ 。

3 结论

加载速度对脆熟期灰枣和冬枣水平压缩与竖直压缩的压

表 3 不同压缩条件下灰枣压缩破裂时的应变能分析结果

压缩方向	不同加载速度下压缩破裂时的应变能(mJ)		
	35 mm/min	40 mm/min	45 mm/min
水平	108.49	123.85	125.53
竖直	323.63	229.38	311.80

表 4 不同压缩条件下冬枣压缩破裂时的应变能分析结果

压缩方向	不同加载速度下压缩破裂时的应变能(mJ)		
	40 mm/min	45 mm/min	50 mm/min
水平	166.88	376.07	274.24
竖直	483.01	530.89	371.12

缩破裂力均有显著影响($P < 0.05$),且灰枣和冬枣受竖直压缩时加载速度对破裂力的影响比受水平压缩时明显。另外,灰枣受水平压缩时,压缩破裂力随加载速度变化幅度较小,受竖直压缩时,压缩破裂力与加载速度呈负相关关系;冬枣受水平和竖直压缩时,压缩破裂力均随加载速度的增加表现为先增大后减小。

在相同加载速度条件下,灰枣和冬枣受水平压缩与竖直压缩的压力-变形曲线的变化趋势相似,均没有明显的生物屈服阶段,但灰枣和冬枣的压缩力学性能均具有各向异性。

在相同加载速度条件下,灰枣和冬枣受竖直压缩破裂时的应变能比受水平压缩破裂时的应变能大,表明灰枣和冬枣竖直方向的抗压力学性能优于水平方向的抗压力学性能。灰枣受水平、竖直压缩破裂时的最小应变能分别为 108.49、229.38 mJ ,冬枣受水平、竖直压缩破裂时的最小应变能分别为 166.88、371.12 mJ 。

参考文献:

[1] 刘小丹,张淑娟,贺虎兰,等. 红枣微波-热风联合干燥特性及其品质的影响[J]. 农业工程学报,2012,28(24):280-286.
[2] 娄正,刘清,师建芳,等. 红枣气体射流冲击干燥收缩特性研究[J]. 农业机械学报,2014,45(增刊1):241-246.

滕志军,曲兆强,张 力,等. 基于改进 ZigBee 路由算法的温室大棚在线监测系统[J]. 江苏农业科学,2017,45(21):247-251.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2017.21.070

基于改进 ZigBee 路由算法的温室大棚在线监测系统

滕志军¹, 曲兆强¹, 张 力¹, 吕金玲¹, 薛永久², 李冠男²

(1. 东北电力大学信息工程学院, 吉林吉林 132012; 2. 国网吉林省电力有限公司, 吉林长春 130021)

摘要:为实现温室大棚的智能化和实时监测的目的,结合 ZigBee 技术,设计了一种基于 ZigBee 技术的温室大棚远程监测方案。由于 ZigBee 树型路由算法存在路径选择不优的问题,进一步提出一种适用于温室大棚实时监测系统的 ZigBee 路由优化算法。该算法并不特定选择下一跳节点,而是根据一跳范围内邻居节点到目的节点的剩余跳数这一优先权来限制剩余跳数较多的邻居节点作为被选节点,从而降低节点转发跳数,提高系统的实时性。多次仿真结果表明,改进算法在节点跳数、端到端的延时及可靠性方面均有一定程度的改善。

关键词:农业信息化; ZigBee 技术; 机会路由算法; 智能温室大棚; 实时监测; 节点; 仿真

中图分类号: S126; S625.5 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2017)21-0247-05

随着人们生活水平及生活质量的日益提高,对生产的农作物尤其是蔬菜的种类品质提出了更高的要求,因此对温室大棚远程监测的方法应运而生^[1-3]。但是,温室大棚里栽种的大都是反季节的农作物,只有对温室的环境进行相对严格的监测,才能保证农作物的品种及产量,使农作物能够更好地适应环境生长,因此对温室环境的监测就显得非常重要^[4-7]。对温室环境进行监测的方法有很多,如现场实时人工监测、远程无线监测和有线自动监测等^[8-10]。但上述方法要么存在抗干扰性不好、功耗很大等缺点;要么存在成本高、铺设困难等缺点,越来越不能满足人们的需求。ZigBee 技术是一种新兴的短距离无线传感网络通信技术,因其低功耗、短距离等优点应用于各个领域。但是 ZigBee 路由算法在数据传输时未考虑邻居节点,数据传输的路径不是最优的。目前,国内外专家学者主要是对 LEACH 算法进行优化,很少对 ZigBee 树型路由算法进行优化。因此,本研究在基于 ZigBee 技术的温室大棚远程在线监测系统的基础上,提出了一种改进的 ZigBee

路由优化算法,通过降低节点的转发跳数来延长网络的使用寿命、提高网络的实时性。

1 系统的总体设计方案

基于 ZigBee 技术的温室大棚远程在线监测系统主要由监测终端、4G 无线通信模块及上位机软件 3 部分组成,系统总体结构如图 1 所示。

监测终端是系统设计的关键技术,主要负责温室大棚环境数据的采集,如温度、湿度、二氧化碳浓度及光照度等,该模块主要由温湿度传感器、光照度传感器、二氧化碳浓度传感器、ARM 微处理器、供电模块及相应的接口电路组成。采集节点将采集到的温室大棚环境参数经过 ZigBee 路由器无线传输到 ZigBee 协调器上,经过串行通信 UART 连接到 ARM 处理器上,环境数据用 ARM 处理器处理,通过高速率的 4G 无线模块远程传输到远程监测中心。其中,节点的能耗问题是必须考虑的关键技术,为了尽可能降低节点消耗的能量,本研究主要采取 2 种措施:一是采用太阳能光伏板、充放电控制器、蓄电池三者相结合对系统进行供电;二是优化 ZigBee 路由算法,降低节点转发跳数,不但可降低网络的能耗,还可以提高在线监测系统的实时性。

远程监测中心的计算机、手机或平板等智能设备,对通信

收稿日期:2017-04-10

基金项目:国家自然科学基金(编号:51277023)。

作者简介:滕志军(1973—),男,吉林吉林人,博士,教授,研究方向为无线通信技术。E-mail:753731087@qq.com。

[3] 闫忠心,鲁周民,刘 坤,等. 我国红枣资源加工利用研究现状与展望[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版),2010,38(6):102-108.

[4] 罗华平,卢启鹏,丁海泉,等. 新疆红枣品质近红外光谱在线模型参数的实验研究[J]. 光谱学与光谱分析,2012,32(5):1225-1229.

[5] Shafie M M, Rajabipour A, Castro - Garcia S, et al. Effect of fruit properties on pomegranate bruising[J]. International Journal of Food Properties, 2015, 18(8):1837-1846.

[6] Polat R, Aktas T, Ikinici A. Selected mechanical properties and bruise susceptibility of nectarine fruit[J]. International Journal of Food Properties, 2012, 15(6):1369-1380.

[7] Lu R, Srivastava A K, Ababneh H A A. Finite element analysis and experimental evaluation of bioyield probes for measuring apple fruit

firmness[J]. Transactions of the ASABE, 2006, 49(1):123-131.

[8] 陈 燕,蔡伟亮,邹湘军,等. 荔枝鲜果挤压力学特性[J]. 农业工程学报,2011,27(8):360,362-364.

[9] 王 芳,王春光,杨晓清. 西瓜的力学特性及其有限元分析[J]. 农业工程学报,2008,24(11):118-121,插 2.

[10] 卿艳梅,李长友,曹玉华,等. 龙眼力学参数测试与分析[J]. 农业机械学报,2010,41(8):131-134.

[11] 王剑平,王 俊,陈善锋,等. 黄花梨的撞击力学特性研究[J]. 农业工程学报,2002,18(6):32-35.

[12] 吴德光,蒋小明. 农产品压缩试验研究及其应用(I)——压缩试验方法[J]. 云南农业大学学报,1990,5(3):171-176.

[13] 丁为民,邓丽君,李毅念,等. 不同成熟度芡实的力学性能试验分析[J]. 农业工程学报,2012,28(19):241-247.