

油茶鲜果穿刺力学特性试验研究*

邓勇杰^{1,2}, 胡淑芬^{1,2}, 赖曲芳¹, 刘斌^{1,2}, 肖本贵^{1,2}, 谢思萌¹, 张庐陵¹, 曹昕奕^{1,2}

(1.江西农业大学工学院, 江西南昌 330045; 2.江西省现代农业装备重点实验室, 江西南昌 330045)

摘要:针对油茶果破壳后茶籽、茶壳不易清选的问题,为探索弹簧压缩针插壳式油茶籽壳清选方法的可行性,探究了茶籽与茶壳在不同穿刺深度和不同穿刺部位条件下的穿刺力学特性,以及不同弹力下的弹簧压缩针对茶籽与茶壳插取效果的影响。穿刺力学特性试验选用含水率在55%~65%之间的赣无系列油茶鲜果为研究对象,使用的是装有单根穿刺针的质构仪,研究了不同穿刺深度(1 mm、1.5 mm、2 mm)和不同穿刺部位(茶壳内、外侧的头部、腰部、尾部;茶籽的内侧、外侧)对茶籽与茶壳的穿刺力以及被插取效果的影响。插取试验采用自制弹簧压缩针对油茶鲜果的茶籽与茶壳进行插取实验,研究不同弹簧压缩力(8 N、10 N、12 N)的弹簧压缩针对茶籽与茶壳插取效果的影响。穿刺力学特性试验结果表明:油茶鲜果茶壳的刺破力小于其茶籽,更易于被弹簧压缩针插取;茶壳最大穿刺力位于茶壳内侧头部,茶籽最小穿刺力位于其内侧;茶壳最大穿刺力位置的穿刺力平均值小于茶籽最小穿刺力位置的穿刺力平均值;穿刺深度在2 mm时,茶壳被插取效果最佳。插取试验结果表明:使用2/3压缩行程时弹簧压缩力为10 N的弹簧压缩针插取油茶鲜果籽壳时,茶壳被插取率为98%,茶籽被插取率为2%。弹簧压缩针插壳式油茶籽壳清选方法可行。以上研究结果将为针辊插壳式油茶籽壳清选装置选取弹簧压缩针弹力提供技术参考。

关键词:茶籽;茶壳;穿刺力学特性;弹簧压缩针;插取效果

中图分类号:S3

文献标志码:A

文章编号:1672-3872(2021)14-0000-04

Experimental Study on Puncture Mechanical Properties of Fresh *Camellia Oleifera* Fruit*

Deng Yongjie^{1,2}, Hu Shufen^{1,2}, Lai Qufang¹, Liu Bin^{1,2}, Xiao Bengui^{1,2}, Xie Simeng¹, Zhang Luling¹, Cao Xinyi^{1,2}

(1.College of Polytechnics, Jiangxi Agricultural University, Jiangxi Nanchang 330045;

2.Key laboratory of Modern Agricultural Equipment, Jiangxi Province, Jiangxi Nanchang 330045)

Abstract: In order to solve the problem that the seed and shell of *Camellia oleifolia* fruits are not easy to separate, the feasibility of separating *Camellia oleifolia* seeds and shells by inserting a spring compression needle into the shell is explored, the puncture mechanical properties of *Camellia oleifolia* seeds and shells are explored under different puncture depths and locations, and the influence of spring compression needle under different elastic forces on the separation effect of *Camellia oleifolia* seeds and shells is investigated. In the experiment of puncture mechanical properties, the fresh *Camellia oleifolia* fruits with water content between 55% and 65% were selected as research objects, and the effects of different puncture depth (1 mm, 1.5 mm and 2 mm) and different puncture locations (head, loin, and tail on the inner and outer sides of the shell; the inner and outer sides of the seed) on the puncture force and separation effect of *Camellia oleifolia* seeds and shells were studied by using a texture analyzer equipped with a single spring puncture needle. The self-made spring compression needle was used to conduct experiments on the seeds and shells of *Camellia oleifolia* fresh fruits, and the influence of spring compression needle with different spring compression forces (8 N, 10 N, 12 N) on the separation effect of *Camellia oleifolia* seeds and shells was studied. The experimental results of puncture mechanical properties showed that the puncture force required by *Camellia camellia* fresh fruits shells was less than that of seeds, and they were easier to be punctured by spring compression needle. For shells, the head on the inner side of shells require the most puncture force, and for seeds, the inner side of seeds require the least puncture force. The mean value of the maximum puncture force required by shells is less than the mean value of the minimum puncture force required by seeds. The best effect was achieved when the puncture depth was 2 mm. The experiment results showed that the extraction rate of tea shell and tea seed was 98% and 2% when the spring compression needle with 2/3 compression stroke and the spring compression force of 10 N was used to extract fresh camellia fruits. The method of separating *Camellia camellia* seeds and shells with spring compression needle is feasible. The above research results will provide technical reference for the selection of spring compression needle elasticity in the spring needle puncture type camellia shells and seeds separation device.

基金项目:国家自然科学基金项目(32060362);国家重点研发计划子课题(2018YFD1000603-3);江西省重点研发计划项目(20192BBF60049)

作者简介:邓勇杰(1997—),男,江西南昌人,硕士研究生,研究方向为农业工程。

通信作者:张庐陵(1964—),男,江西赣州人,工学博士,副教授,研究方向为材料科学与工程。

Keywords: *Camellia camellia* seeds; *Camellia camellia* shells; Puncture characteristics; Compression needle; Separation effect

0 引言

油茶(*Camellia oleifera*)是中国特有的木本油料植物,属山茶科(Theaceae)山茶属(*Camellia* L.)常绿小乔木或灌木^[1]。油茶果由茶籽与茶壳组成,如图1所示。茶籽可榨取茶油^[2],而茶壳不含油脂,与茶籽混合不利于茶油的榨取,因此采收后需要脱壳和清选处理。在茶油的生产加工过程中,油茶果壳与茶籽分选是一项必不可少的工艺。由于破壳后的茶壳与茶籽尺寸大小与比重相似,故使用机械方法分选出的茶籽中混杂着部分茶壳^[3],从而影响茶油的出油率和品质。清选方式有风选、浮选、筛选、色选、对辊清选等^[4-7]。风选是利用悬浮速度的不同分离物料^[5],但油茶鲜果茶壳和茶籽的密度很接近,风选不能有效分离;浮选是利用一定含水率的茶壳和茶籽在水中的浮力和密度不同,搅拌籽壳混合物,待分层后取走浮在水面上方的茶壳和劣质、霉变的茶籽,以实现油茶籽、壳的分离^[6],但油茶果的含水率是不断变化的,而油茶籽、壳密度又与水相近,有部分合格的油茶籽也会上浮,因此分层效果不明显;筛选是利用茶籽、茶壳形状和尺寸差异来实现分离,但脱壳后,大多数中、小茶壳和大、中茶籽在尺寸上很接近,用振动筛、滚筒筛等多级、多孔不同筛选方式进行筛选,效果都不理想^[7-9];色选是利用相机采集的物料图像,经过图像处理软件分析处理,判定各个通道内当前下落物料的属性,并由气动喷吹、分选拨片摆动等方式,实现籽壳分离;对辊清选是根据茶壳、茶籽形状特点采用齿、光辊对辊进行清选,该方法虽然有一定的清选率,但齿、光辊吃籽、伤籽率很高,且齿辊吃籽后容易堵塞齿辊,从而影响清选效果^[13]。当前研究学者对油茶籽壳清选的研究主要围绕其装置展开,即通过优化装置结构和参数来提高清选效果,而对茶籽、茶壳的穿刺力学特性及插取清选原理的研究相对较少。针对以上问题,拟探索弹簧压缩针插壳式油茶籽壳清选方法可行性、探究茶籽与茶壳在不同穿刺深度和不同穿刺部位条件下的穿刺力学特性,以及不同弹力下的弹簧压缩针对茶籽与茶壳插取效果的影响。

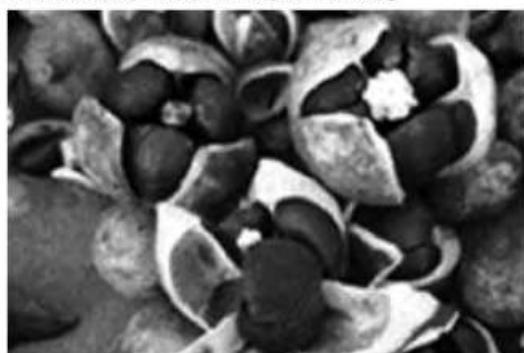


图1 油茶果

Fig.1 *camellia oleifera* fruit

1 材料与仪器

1.1 试验材料

试验选用含水率在55%~65%之间的赣无系列油茶鲜

果为研究对象。

1.2 试验仪器

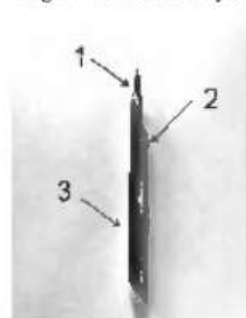
试验仪器为TMS-Pro质构仪(美国FTC公司),如图2所示:精度为 $\pm 1\%$,量程在0~1 000 N;MS-100型卤素灯水分测定仪(上海佳实电子科技有限公司):精度为0.002 g;万泰电子天平WT20002(苏州恒锦机电科技有限公司):精度为0.01 g;标康BK-305机械型游标卡尺(标康科技有限公司):精度为0.01 mm,量程为0~300 mm;自制弹簧压缩针选取2/3压缩行程时弹力分别为8 N、10 N、12 N的3种规格,如图3所示。



1.机架;2.加载装置附带力感单元;3.穿刺针头;4.底座;5.计算机。

图2 TMS-Pro 质构仪

Fig.2 Texture analyzer



1.针头;2.压缩部位;3.压缩弹簧。

图3 自制压缩针

Fig.3 Self-made compression needle

2 方法与结果

2.1 不同穿刺深度下茶籽与茶壳被插取试验

试验于2020年10月15日在江西农业大学农产品物料特性研究室进行,油茶鲜果采摘到试验时间为7天。将油茶鲜果破壳后,随机挑选100组品质良好且无腐败的茶籽与茶壳进行试验,分别将茶籽与茶壳固定于质构仪底座上。以针头直径为2 mm,加载速率60 mm/min,加载深度分别为1 mm、1.5 mm和2 mm以及探头量程1 000 N的穿刺程序对其进行穿刺插取试验。以茶籽或茶壳被穿刺并且固定在针头上视为插取成功,记录其穿刺插取率。茶籽与茶壳被插取数据如图4所示。结果表明,穿刺深度在2 mm时,茶籽与茶壳均会被插取。为了达到茶壳被插取、茶籽不被插取的清选效果,后续试验以穿刺深度为2 mm

时的穿刺力作为试验对比依据。

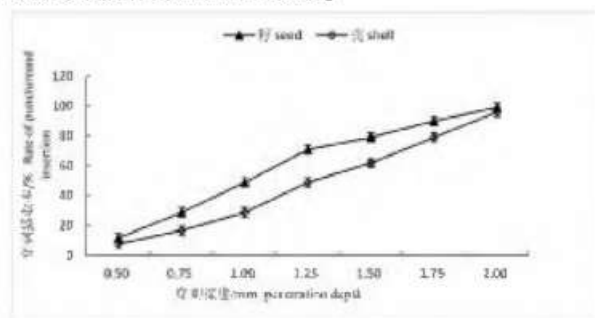


图4 不同穿刺深度油茶籽壳插取率

Fig.4 Seed shell interlude rates at different puncture

2.2 不同穿刺位置对茶籽与茶壳穿刺力的影响

2.2.1 茶壳最大穿刺力位置

试验于2020年10月16日在江西农业大学农产品物料特性研究室进行,油茶鲜果采摘到试验时间为8天。挑选品相良好且无腐败的油茶鲜果进行破壳,随机取20组茶壳,切成头部、腹部、尾部3段,如图5所示,分别固定于质构仪底座上,以针头直径为2 mm、加载速率60 mm/min、加载深度2 mm、探头量程1 000 N的穿刺程序对茶壳内、外两侧不同部位进行穿刺试验,记录其穿刺力大小。试验数据如图6所示,结果表明:茶壳内侧穿刺力普遍大于茶壳外侧穿刺力,且茶壳头部穿刺力>腹部穿刺力>尾部穿刺力。为了达到茶壳被插取、茶籽不被插取的清选效果,后续试验选取茶壳最大穿刺力位置(茶壳内侧头部)的穿刺力与茶籽最小穿刺力位置的穿刺力进行比较。



图5 茶壳不同部位分布图

Fig.5 Different parts of the shell are distributed

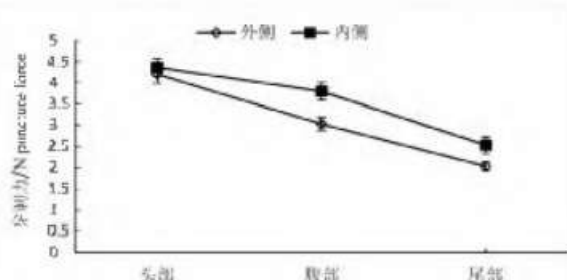


图6 茶壳不同穿刺位置穿刺力平均值

Fig.6 Average puncture force of shell at different puncture locations

2.2.2 茶籽最小穿刺力位置

试验于2020年10月16日在江西农业大学农产品物料特性研究室进行,油茶鲜果采摘到试验时间为8天。挑选品相良好且无腐败的油茶果进行破壳,随机取20个茶籽分别固定于质构仪底座上,以针头直径为2 mm、加载速率60 mm/min、加载深度2 mm、探头量程1 000 N的穿刺程序对茶籽内、外侧进行穿刺试验,如图7所示,记录穿刺深度为2 mm的穿刺力,并用水分测定仪测量茶籽含水率。试验数据如图8所示,结果表明:茶籽外侧穿刺力普遍大于茶籽内侧,且随油茶籽含水率增大而增大。由此可以得出结论:茶籽穿刺位置不同,其穿刺力也不同,且茶籽穿刺力随其含水率增大而增大,茶籽最小穿刺力位于其内侧。为了达到茶壳被插取、茶籽不被插取的清选效果,后续试验选取茶籽最小穿刺力位置(茶籽内侧)的穿刺力与茶壳最大穿刺力位置(茶壳内侧头部)的穿刺力进行比较。



图7 茶籽内侧、外侧示意图

Fig.7 Schematic diagram of the inside and outside of seeds

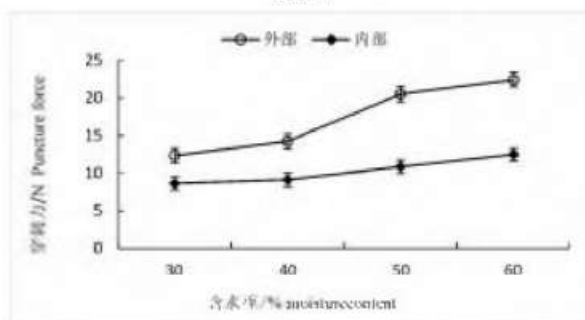


图8 茶籽不同含水率籽下内外侧穿刺力平均值

Fig.8 The average value of puncture force inside and outside of seeds with different moisture content

2.3 茶籽与茶壳最小穿刺力差值

试验于2020年10月17日在江西农业大学农产品物料特性研究室进行,油茶鲜果采摘到试验时间为9天。挑选品相良好且无腐败的油茶果进行破壳,随机取100组茶籽与茶壳,分别固定于质构仪底座上,以针头直径为2 mm、加载速率60 mm/min、加载深度2 mm、探头量程1 000 N的穿刺程序,分别在茶壳内侧头部与茶籽内侧进行穿刺试验,记录穿刺深度2 mm的穿刺力,并用水分测定仪记录其含水率。前期实验得出:最小油茶籽、壳穿刺力差值=茶籽内侧穿刺力-茶壳内侧头部穿刺力。实验结

果数据如图9所示,结果表明:茶壳最大穿刺力位置(茶壳内侧头部)的穿刺力平均值小于茶籽最小穿刺力位置(茶籽内侧)的穿刺力平均值,且随着茶籽与茶壳含水率增加其差值逐渐增大。

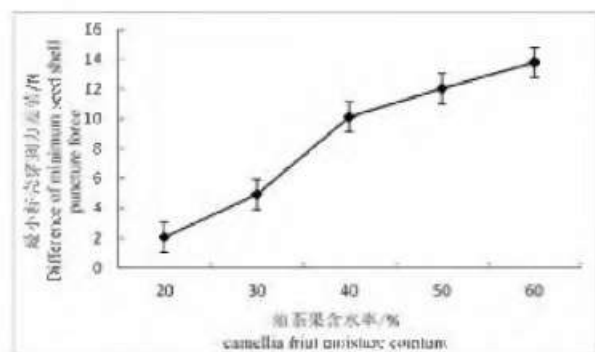


图9 籽壳不同含水率下穿刺最小差值平均值

Fig.9 Mean value of minimum difference of puncture under different water content of seed shell

2.4 压缩针插取试验

试验于2020年10月17日在江西农业大学农产品物料特性研究室进行,油茶鲜果采摘到试验时间为9天。挑选品相良好且无腐烂的油茶果进行破壳,随机取100组茶壳与茶籽,分别固定于质构仪底座上,选用2/3压缩行程时弹簧压缩力为8 N、10 N、12 N的弹簧压缩针分别固定于质构仪上,以加载速率60 mm/min、加载深度2 mm、探头量程1 000 N的穿刺程序,对100组茶壳与茶籽进行穿刺,以茶籽或茶壳被穿刺并且固定在弹簧压缩针头上视为插取成功,记录茶籽与茶壳被插取百分比。试验数据如图10所示,结果表明:弹簧压缩针油茶籽壳有较好的清选效果,且2/3压缩行程时弹簧压缩力为10 N的弹簧压缩针插取油茶籽壳效果最佳,茶壳被插取率为98%,茶籽被插取率为2%。

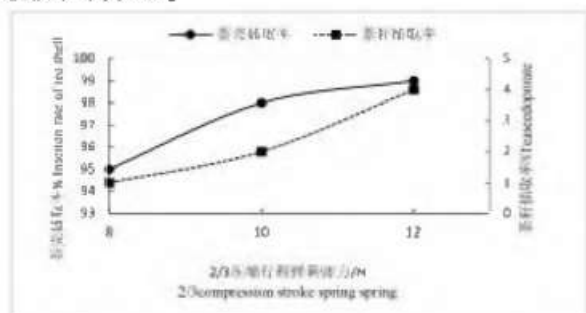


图10 不同弹簧力下插取效果

Fig.10 Fixed effect under different spring force

3 结论

本试验探究了含水率在55%~65%之间的赣无系列油茶鲜果的茶籽和茶壳在不同穿刺深度、不同穿刺部位条件下的穿刺力学特性,以及不同弹力下的弹簧压缩针对于茶籽与茶壳插取效果的影响。1)穿刺力学特性试验结果表明:油茶鲜果茶壳的刺破力比茶籽小,更易于被弹簧压缩针插取;茶壳最大穿刺力位于茶壳内侧头部,茶籽最小穿刺力位于其内侧;茶壳最大穿刺力位置的穿刺力平均值小于茶籽最小穿刺力位置的穿刺力平均值;穿刺深度在2 mm时,茶壳被插取效果最佳。2)插取试验结果表明:选用2/3压缩行程时弹簧压缩力为10 N的弹簧压缩针插取油茶鲜果籽壳时,茶壳被插取率为98%,茶籽被插取率为2%。弹簧压缩针插壳式油茶籽壳清选方法可行。以上研究结果将为针棍插壳式油茶籽壳清选装置选取弹簧压缩针弹力提供技术参考。

参考文献:

- [1] 吴杨,姚小华,何正盛,等.光对油茶光合作用及生长发育影响的研究进展[J].浙江大学学报(农业与生命科学版),2021,47(2):147-157.
- [2] 姚小华,王开良,罗细芳,等.我国油茶资源与技术现状及产业化发展对策[C]//中国粮油学会第三届学术年会论文集(下册).中国粮油学会,2004:6.
- [3] 刘滨凡,战廷文,王怀宇.风吸式多功能坚果脱壳机的研制[J].森林工程,2005,21(2):10-12.
- [4] 兰峰,苏子昊,邹和东.油茶果脱壳清选技术进展[J].南方林业科学,2020,48(4):46-51.
- [5] 周敬东,黄云朋,李敏慧,等.一种基于CCD相机的通道式油茶果色选机系统[J].中国农机化学报,2015,36(5):128-133.
- [6] 兰峰,崔勇,苏子昊,等.油茶果脱壳清选机的研制与试验[J].农业工程学报,2012,28(15):33-39.
- [7] 彭阳生,莫如春.油茶栽培及茶籽油制取[M].北京:金盾出版社,2006.
- [8] 兰峰,刘涛,苏子昊,等.油茶果脱壳清选成套设备的研究[J].中国农机化学报,2016,37(11):85-93.
- [9] 兰峰,黎子明,李奇,等.油茶果脱壳初清筛的设计试验[J].南方农机,2017,48(9):33-35.
- [10] 葛小乐,刘胜荣,李占福,等.玉米色选机滑板结构参数对落料均匀性影响的研究[J].黄山学院学报,2020,22(5):27-31.
- [11] 张德高,刘敏基,谢煥雄.农产品光电色选原理及色选机国内外研究发展现状[J].保鲜与加工,2020,20(3):233-237.
- [12] 汤景宇,吴昊,徐克生,等.油茶果壳籽清选技术装备研究分析[J].林业机械与木工设备,2019,47(7):4-10.
- [13] 李明真.油茶果清选机的结构拓扑优化设计研究[D].天津:天津科技大学,2019.