

三七种子的物理机械特性试验

任闯, 高筱钧, 苏微*, 王增垚, 赖庆辉

(昆明理工大学现代农业工程学院, 云南 昆明 650500)

摘要: 测定了不同含水率的三七种子的三轴尺寸、密度、内摩擦角、休止角以及在不同材料间的静、动滑动摩擦角和漂浮速度。结果表明: 三七种子长、宽、高范围分别为 5.2~7.2 mm、4.8~6.8 mm 和 4.0~6.0 mm; 平均直径为 5.62 mm, 球度为 90.86%, 近似球体; 三七种子的密度随含水率的下降逐渐减小, 且与含水率呈线性相关; 种子内摩擦角、休止角、滑动摩擦角皆随含水率下降呈先减小, 再增大, 后减小的趋势; 种子平均漂浮速度为 5.77~8.96 m/s, 平均漂浮速度与种子含水率呈正相关。

关键词: 三七; 种子; 物理机械特性

中图分类号: S567.23+6

文献标志码: A

文章编号: 1007-1032(2015)01-0109-04

Experimental study on physical and mechanical characteristics of *Panax notoginseng* seeds

Ren Chuang, Gao Xiaojun, Su Wei*, Wang Zengyao, Lai Qinghui

(Faculty of Modern Agricultural Engineering, Kunming University of Science and Technology, Kunming 650500, China)

Abstract: The three axis size, density, angle of internal friction, and angle of repose for *Panax notoginseng* seeds with different moisture content were measured as well as the angle of static sliding friction and dynamic sliding friction with different contact materials under various floating speed. The results showed that: length, width and height of *Panax notoginseng* seed is 5.8-7.2 mm, 4.8-6.8 mm and 4.0-6.0 mm, respectively; the average diameter is 5.62 mm and the sphericity is 90.86% indicating the *Panax notoginseng* seed can be approximate to sphere. The seeds density decrease linearly with the decrease of water content. As a decrease in moisture content, the angle of internal friction and the angle of repose firstly decreased and then increased to maximum value as well as the angle of sliding friction. The average floating speed is 5.77-8.96 m/s, which presents a linear positive correlation with the moisture content.

Keywords: *Panax notoginseng*; seeds; physical and mechanical characteristics

云南省三七(*Panax notoginseng* (Burk) F. H. Chen)种植面积已突破 2.0×10^4 hm^2 , 由于三七独特的药用功效, 种植面积及总产量逐年递增^[1]。

三七播种主要依靠人工点播, 播种量高达 300 万粒/ hm^2 , 劳动强度大, 用工成本高^[1], 因而研制适用于三七的精密排种机具意义重大。

目前对小粒径种子特性的研究主要集中于烟

草、蔬菜、油菜等^[2-7]。对三七种子的研究主要集中在生物学特性、化学成分、休眠、萌发、贮藏等方面^[8], 而对三七种子的物理机械特性的研究鲜有报道。笔者研究不同含水率的三七种子的机械物理特性, 包括三轴尺寸、密度、内摩擦角、休止角、滑动摩擦角和漂浮系数, 分析含水率对种子物理特性的影响, 以期对三七精密排种器的设计与试验研

究提供依据。

1 材料与方法

1.1 材料

采摘云南文山州三七种植基地的3年生成熟的三七果实。对三七果实去皮处理,得到新鲜的三七种子。

按照 GB/T5262—2008^[9]和 GB/T3543.6^[10]方法测定种子含水率。测得新鲜三七种子的含水率为74%,干燥后获得含水率为60%、50%、40%、30%、20%的三七种子。

1.2 试验仪器

主要仪器有电子天平(精度0.01 g)、游标卡尺(精度0.01 mm)、应变控制式直剪仪、休止角测定装置、斜面仪、动滑动摩擦角测定装置、PS-20型物料漂浮速度试验台。

1.3 方法

1.3.1 三轴尺寸的测量

选取200粒新鲜的三七种子,用游标卡尺测量每粒种子的长、宽、高。取三轴尺寸的算术平均值作为种子的平均直径,确定新鲜种子平均直径的分布。

1.3.2 密度的测量

采用天平量筒法^[11]测量种子的体积。计算种子的质量与体积的比值,即密度。

1.3.3 内摩擦角与休止角的测量

1) 内摩擦角的测量。内摩擦角反映散粒物料层间的摩擦特性和种子间的摩擦特性与抗剪强度,与物料的颗粒形状、大小、孔隙率和含水率有关。利用应变控制式直剪仪测量种子的内摩擦系数。

试验时,设定预压正应力为200 kPa,分别在50、100、150、200 kPa 4个等级的正压力条件下逐级实施直剪切,过程参考GB/T4934.1—2008^[12]。

2) 休止角的测量。休止角反映散粒物料的内摩擦特性、散落性能,与物料的形状、尺寸、质量、表面特性、含水率、堆积密度等有关。用注入法测量种子的休止角^[13]。

1.3.4 滑动摩擦角的测量

1) 静滑动摩擦角的测量。滑动摩擦角反映散粒物料与接触固体相对滑动时,散粒物料与接触面间的摩擦特性。摩擦角的测量参照文献[14]进行。

每粒种子测量3次,取其平均值。每种含水率下,共计测量20粒种子。

2) 动滑动摩擦角的测量。动滑动摩擦系数反映物料流动性能的好坏。自制动滑动摩擦系数测定装置主要由万能试验机(最大试验力2 kN 精度0.1 N)、定滑轮、装满种子的容器组成^[7]。动滑动摩擦角的测量参照文献[15]进行。

1.3.5 漂浮速度的测定

物料漂浮速度是指在只受物料自身重力和垂直向上的空气浮力条件下,能使物料处于悬浮状态时的空气气流速度,它可为气吸式精密排种器的设计、种子的分级、清选提供重要的参数依据^[16]。利用PS-20型物料漂浮速度试验台测量种子的飘浮速度。

取不同含水率的三七种子样本分批试验。调整叶片开角旋钮使试验样本集中漂浮在可视区的某一刻度范围内,读取样本较为集中的区间值,通过记录压力计的差值可以获得此时试验区内的压强差,进而求得样本的漂浮速度。

2 结果与分析

2.1 三七种子的三轴尺寸

三七种子长、宽、高三轴尺寸的分布如图1所示。种子长度为5.2~7.2 mm,宽度为4.8~6.8 mm,高度为4.0~6.0 mm。经计算,三七种子的球度为90.86%,可近似将三七种子作为球体^[17]。

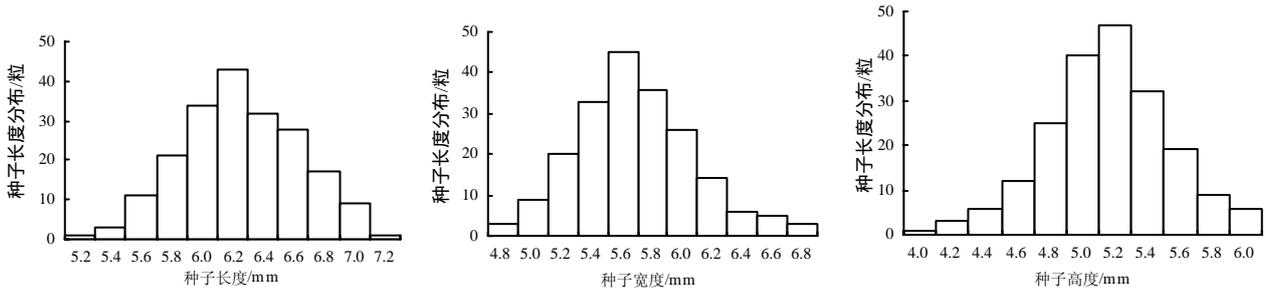


图1 三七种子的三轴尺寸分布

Fig.1 Three axis size distribution of *Panax* seeds

三七种子的平均直径分布如图 2 所示。种子的平均直径为 5.62 mm，标准差为 0.33，直径呈正态曲线分布。

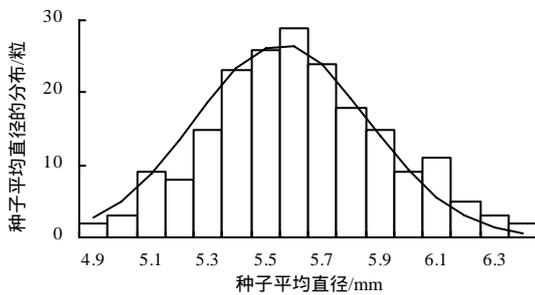


图2 三七种子平均直径分布

Fig. 2 Average diameter distribution of *Panax* seeds

三七种子平均直径随含水率的降低而略有减小，在仅考虑含水率影响的情况下，得种子直径与含水率的关系为： $D=5.362+0.536M$ 。

式中： D 为直径； M 为种子含水率；相关系数 $R=0.9956$ 。

2.2 三七种子的密度

三七种子密度与含水率的关系如图 3 所示。种子的密度随含水率上升而增大。含水率在 20%~60% 时，种子的密度范围 $929 \sim 1132 \text{ kg/m}^3$ 。仅考虑种子含水率对种子的影响，可以得到相应的线性拟合方程： $\rho=799.4+557M$ 。

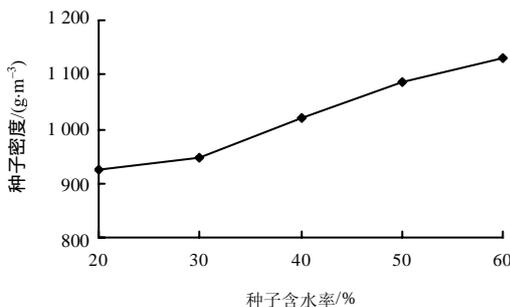


图3 不同含水率的种子密度

Fig.3 Seed density with different moisture content

式中： ρ 为种子密度； M 为种子含水率；拟合相关系数 $R=0.9908$ 。

2.3 三七种子的休止角与内摩擦角

三七种子的休止角、内摩擦角均随含水率下降呈先减小，再增大，后减小的趋势。

由图 4 可知，含水率由 60% 降至 40% 时，休止角由 34.8° 减小到 30.4° ，内摩擦角从 27.9° 下降到 25.4° ；含水率由 40% 降至 30% 时，休止角由 30.4° 增大到 31.9° ，内摩擦角从 25.4° 上升到 26.9° ；含水率由 30% 降至 20% 时，休止角由 31.9° 减小到 30.8° ，种子的内摩擦角度由 26.9° 下降到 26.5° 。

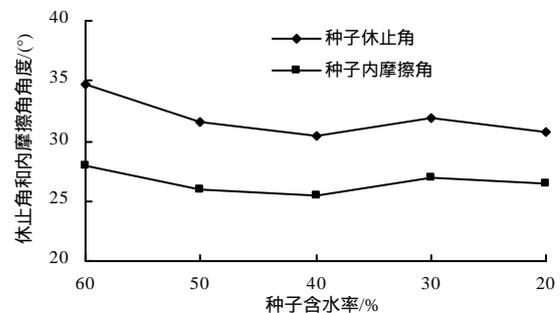


图4 不同含水率种子的休止角和内摩擦角

Fig. 4 Repose angle and the internal friction angle with different moisture content

随着含水率的降低，含水率对应的休止角与内摩擦角间的差值逐渐减小。含水率从 60% 降到 20%，休止角与内摩擦角之间的差值由 6.8° 降到 4.3° ，含水率越低，休止角与内摩擦角的差值越小，主要由于种子含水率减小，种子间的粘聚力减小，进而休止角与内摩擦角间的差值减小。

2.4 三七种子的滑动摩擦角

不同含水率的三七种子与不锈钢、有机玻璃、塑料和橡胶的静滑动摩擦角如图 5 所示。种子与橡

胶的静滑动摩擦角最大,其次是有机玻璃和塑料,与不锈钢间的静滑动摩擦角最小。

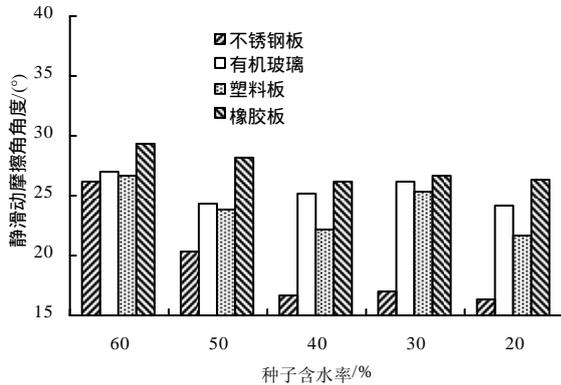


图5 不同含水率种子与各材料间的静滑动摩擦角

Fig.5 Static sliding friction angle for different material with different moisture content

三七种子与不同材料的动滑动摩擦角如图6所示,与静滑动摩擦角相似。

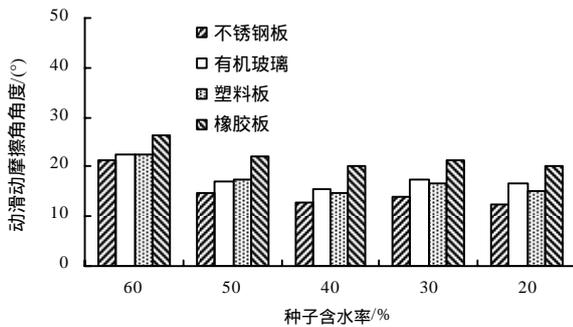


图6 不同含水率种子与各材料间的动滑动摩擦角

Fig.6 Dynamic sliding friction angle for different material with different moisture content

相同含水率、相同接触材料时,静滑动摩擦角大于动滑动摩擦角。不锈钢的静滑动摩擦角与动滑动摩擦角间的差值最小,相差约 4° ;有机玻璃的摩擦角差值最大,相差约 8° 。

2.5 三七种子的漂浮速度

当三七种子含水率为20%、30%、40%、50%、60%时,漂浮速度分别为4.61~6.92、5.26~7.92、6.16~8.51、7.14~9.32、7.87~10.05 m/s。种子的含水率为20%时,平均漂浮速度为5.77 m/s;含水率为60%时,平均漂浮速度为8.96 m/s。三七种子的平均漂浮速度随含水率的增大而增大,且与种子的含水率呈线性相关, $v=4.203+787M$ 。

式中: v 为种子的漂浮速度; M 为种子含水率;相关系数 $R=0.9984$ 。

参考文献:

- [1] 崔秀明.三七实用栽培技术[M].福州:福建科学技术出版社,2013:3-4.
- [2] 梅婷,谢方平,李旭,等.小粒径作物种子气力式排种器适应性试验[J].湖南农业大学学报:自然科学版,2014,40(2):216-220.
- [3] 刘剑锋,谢方平,梅婷,等.烟草包衣种子的物理特性研究[J].湖南农业大学学报:自然科学版,2011,37(5):173-175.
- [4] 夏红梅,李志伟,牛菊菊,等.气力滚筒式蔬菜穴盘播种机吸排种动力学模型的研究[J].农业工程学报,2008,24(4):141-146.
- [5] 任述光,吴明亮,官春云,等.油菜免耕直播联合播种机抛土性能研究[J].湖南农业大学学报:自然科学版,2013,39(5):543-548.
- [6] 张桂花,汤楚苗,熊远福,等.包衣稻种物理特性的测定及其应用[J].湖南农业大学学报:自然科学版,2004,30(1):68-70.
- [7] Paksoy M, Aydin C. Some physical properties of edible squash (*Cucurbita pepo* L.) seeds[J]. J Food Eng, 2004, 65(2): 225-231.
- [8] 李晓琳,邵爱娟,陈敏,等.三七种子研究进展[J].种子,2011,30(7):63-66.
- [9] GB/T5262—2008 农业机械试验条件测定方法的一般规定[S].
- [10] GB/T3543.6—1995 农作物种子检验规程 水分测定[S].
- [11] 周祖镔.农业物料学[M].北京:农业出版社,1994.
- [12] GB/T4934.1—2008 土工试验仪器剪切仪[S].
- [13] 张民,姚珺,李明.种子休止角与静滑动摩擦系数测量仪[J].农业装配与车辆工程,2012,50(11):42-45.
- [14] 张琴,丁为民,邓丽君,等.芡实机械脱壳中的摩擦特性试验研究[J].农业工程学报,2013,29(1):56-63.
- [15] 黄会明.桔楼籽粒的物理机械特性研究[D].杭州:浙江大学,2006.
- [16] 高连兴,张文,杜鑫,等.花生脱壳机脱出物的漂浮系数试验[J].农业工程学报,2012,28(2):289-292.
- [17] 姜苗.云南核桃热风干燥特性及其传质模拟[D].昆明:昆明理工大学,2013.

责任编辑:罗慧敏

英文编辑:吴志立