

花生种子挤压破碎机理的试验研究

吕小莲^{1,2}, 胡志超¹, 于向涛¹, 刘敏基¹, 于昭洋¹

(1 农业部南京农业机械化研究所, 江苏 南京 210014; 2 滁州学院 机械与电子工程学院, 安徽 滁州 239000)

摘要:为获取花生种子挤压破碎特性,降低对其机械化作业时的损伤,对花生主产区典型品种的花生种子进行了挤压破碎试验,分析了不同品种、不同含水率、不同挤压位置下花生种子的挤压破碎性能.试验结果表明:花生种子在不同含水率、不同挤压位置下所能承受的最大挤压力均有所不同,最终随含水率增加而降低,而在不同挤压位置条件下,同一含水率的种子所能承受的挤压力由大到小依次为腹面、侧面、顶面;不同品种花生种子在同一挤压位置下抗挤压破裂能力也有所不同,其原因均与种子自身的内部组成、外形尺寸等因素有关.

关键词:花生种子; 挤压破碎特性; 损伤机理

中图分类号:S226.4

文献标志码:A

文章编号:1001-411X(2013)02-0262-05

An Experimental Study on Squeeze Breaking Mechanism of Peanut Seeds

LÜ Xiaolian^{1,2}, HU Zhichao¹, YU Xiangtao¹, LIU Minji¹, YU Zhaoyang¹

(1 Nanjing Research Institute for Agricultural Mechanization Ministry of Agriculture, Nanjing 210014, China;

2 College of Machinery and Electronic Engineering, Chuzhou University, Chuzhou 239000, China)

Abstract: In order to master the squeeze breaking mechanism of peanut seeds and reduce the mechanical damage, the squeeze breaking property of the peanut seeds of different varieties, under different moisture contents and different squeeze locations have been analyzed through the squeeze breaking experiments with the particle strength test instruments. The mechanical properties of peanut seeds of different varieties, under different moisture contents and different squeeze locations were analyzed. The experimental results showed that the maximum squeeze force of peanut seeds under the different moisture contents and different squeeze locations had significant differences. The maximum squeeze forces of peanut seeds were reduced ultimately with the increase of the moisture contents, and the maximum squeeze force of peanut seeds under the different squeeze locations and the same moisture contents followed in an order of the ventral side, the side surface and the top surface. At the same squeeze location, the maximum squeeze force of different varieties were different, which was related to the internal composition and dimensions of peanut seeds.

Key words: peanut seed; squeeze breaking property; damage mechanism

花生既是我国重要的油料作物和优质蛋白质资源,也是重要的出口创汇产品.我国是世界上主要的花生生产和消费国,同时也是最大的花生出口国,其花生种植面积约占世界总面积的20%左右,居世界

第二位,总产量约占世界花生总产量的40%,居世界第一,年出口创汇达6.1亿美元^[1-2].自1998年以来,我国花生种植面积连续超过 4×10^6 hm²,预计到2015年,我国花生种植面积将达到 6×10^6 hm²以上

收稿日期:2012-08-02 网络出版时间:2013-01-24

网络出版地址:<http://www.cnki.net/kcms/detail/44.1110.S.20130124.1001.004.html>

作者简介:吕小莲(1974—),女,副教授,博士;通信作者:胡志超(1963—),男,研究员,博士,E-mail:zchu369@163.com

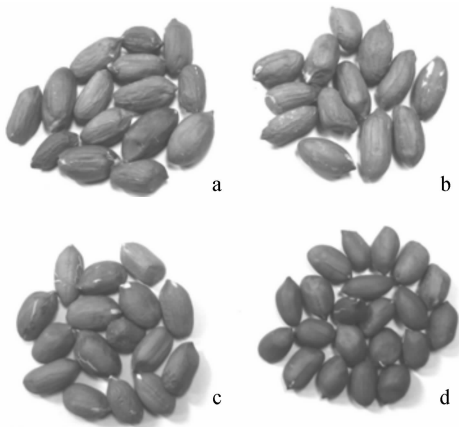
基金项目:国家公益性行业(农业)科研专项经费(200903053);江苏省博士后基金(1101050C);安徽省高校省级自然科学基金(KJ2012Z295)

[1-2]. 播种是花生机械化作业的重要环节之一,播种过程中由于种子间及种子与播种部件间的相互摩擦与挤压,使种子损伤破碎,造成种子无法发芽,从而降低了播种质量. 挤压损伤是花生种子损伤最常发生的方式,由于种子自身组成及组织结构的差异,不同条件下抵抗破碎的能力不同. 当同一种子在不同条件下进行挤压时,其损伤程度也会存在差异. 本文通过颗粒强度测定仪对不同品种、不同含水率花生种子在不同挤压位置的挤压破碎性能进行了研究,获得了花生种子在不同条件下的挤压损伤机理,从而为研制新型花生播种设备,减少花生种子的破碎提供参考依据.

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验所用花生种子选用花生主产区常用的品种,分别为海花、鲁花 11、白沙(小)和四粒红,如图 1 所示. 试验在农业部南京农业机械化研究所农产品加工实验室进行.



a:海花; b:鲁花 11; c:白沙(小); d:四粒红.

图 1 试验用花生品种

Fig. 1 The peanut varieties used in test

为获取不同含水率条件下花生种子挤压破碎特性,取其含水率(w)分别为:3.6% (处于低含水区,相当于干燥的种子)、7.8% (处于标准含水区,相当于播种条件下的种子)、13.3% (处于中含水区,相当于受潮的种子)、16.5% (处于中含水区,相当于低湿度的种子)和 25.4% (处于高含水区,相当于刚收获的种子),分别制备含水率不同试样,如图 2 所示.

1.2 试验设备与方法

试验中所需测试仪器分别为:KQ-1 型颗粒强度测定仪(云南省化工研究院),DGF30/7-IA 型电热鼓风干燥箱(南京实验仪器厂)、JY5002 电子天平(上海



图 2 制备的试验样品

Fig. 2 Test samples

良平仪器仪表有限公司). 在挤压破碎试验中,记录的主要数据是不同条件下挤压破碎的最大压力值. 试验时,将花生种子置于强度测定仪工作台面的合适位置,旋转测定仪手柄将上端压力杆旋下(压力杆压头采用球面,以避免挤压位置面积的不同对挤压力造成的影响),压住花生种子需挤压表面,持续施加压力直至花生种子破碎,记录种子破碎时的最大挤压力. 试验按含水率的不同,每个品种的花生种子的挤压试验分为 5 组,每组按挤压位置分别进行侧面、顶面及腹面挤压,每种挤压位置均测试 4 次,求取最大破碎挤压力的平均值.

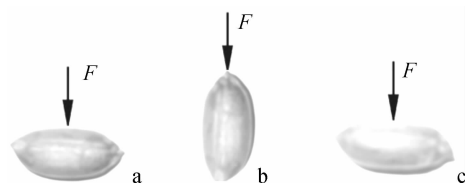
2 试验设计与结果

2.1 指标的确定

破碎挤压力是衡量种子强度的一个重要指标. 由于花生种子受自身组成及结构的限制,其 3 个面(腹面、侧面、顶面)的破碎挤压力的的大小均有所不同. 因此,试验中选定不同品种的花生种子在不同含水率及挤压位置条件下的最大破碎挤压力为测试指标.

2.2 试验设计

选取花生品种、挤压位置、种子含水率 3 个因素,把花生种子破裂时所受的最大挤压力作为试验指标,采用三因素随机区组试验^[3-5],每组试验重复 4 次. 挤压位置包括花生种子的腹面(平行于两子叶结合面)、侧面和顶面(有胚的一侧)3 种,如图 3 所示. 试验处理及结果如表 1.



a:侧面挤压; b:顶面挤压; c:腹面挤压.

图 3 花生种子的受力位置

Fig. 3 Forcing locations of peanut seeds

表1 花生种子挤压破碎试验结果

Tab.1 Results of squeeze breaking experiments of peanut seeds

品种	挤压位置	含水率		最大挤压力/N				
		(w)/%	第1次	第2次	第3次	第4次	平均值	
海花	顶面	3.6	15.4	28.2	17.6	21.6	20.70	
		7.8	21.0	21.6	19.6	21.2	20.85	
		13.3	40.0	23.6	35.0	38.4	34.25	
		16.5	21.2	19.6	25.4	23.2	22.35	
		25.4	31.2	35.6	26.0	21.0	28.45	
	侧面	3.6	29.2	28.2	34.6	37.0	32.25	
		7.8	40.2	38.6	31.6	31.0	35.35	
		13.3	38.8	32.0	38.8	42.4	38.00	
		16.5	32.0	34.8	37.6	34.2	34.65	
		25.4	51.2	46.0	47.0	54.6	49.70	
	腹面	3.6	38.4	46.8	32.2	45.0	40.60	
		7.8	53.2	50.8	60.4	41.8	51.55	
		13.3	60.0	51.2	52.6	48.6	53.10	
		16.5	49.2	58.6	52.6	47.6	52.00	
		25.4	42.2	53.2	46.2	45.0	46.65	
鲁花11	顶面	3.6	17.0	22.2	20.0	19.8	19.75	
		7.8	28.0	25.8	26.6	27.0	26.85	
		13.3	19.0	22.6	40.8	28.6	27.75	
		16.5	15.4	14.0	34.0	21.8	21.30	
		25.4	20.4	23.8	25.8	22.0	23.00	
	侧面	3.6	26.2	17.6	30.0	27.4	25.30	
		7.8	35.6	27.8	34.2	43.0	35.15	
		13.3	49.2	38.2	35.8	37.0	40.05	
		16.5	37.8	33.0	41.2	37.8	37.45	
		25.4	37.8	40.6	43.2	42.0	40.90	
	腹面	3.6	45.2	40.8	46.0	44.8	44.20	
		7.8	46.6	42.8	43.4	47.0	44.95	
		13.3	43.0	47.0	48.8	55.2	48.50	
		16.5	35.6	39.0	44.4	47.6	41.65	
		25.4	44.2	34.8	39.8	42.8	40.40	
白沙(小)	顶面	3.6	15.8	17.8	17.8	23.4	18.70	
		7.8	18.0	22.8	22.0	27.8	22.65	
		13.3	24.8	33.8	43.6	29.8	33.00	
		16.5	34.6	32.0	35.0	39.6	35.30	
		25.4	35.2	40.4	40.2	34.0	37.45	
	侧面	3.6	34.8	29.0	41.8	53.2	39.70	
		7.8	57.0	49.8	45.0	60.2	53.00	
		13.3	45.8	34.6	46.8	36.8	41.00	
		16.5	38.2	41.8	43.6	39.4	40.75	
		25.4	39.2	39.0	34.8	36.2	37.30	
	腹面	3.6	49.0	48.8	45.0	51.8	48.65	
		7.8	45.0	57.2	66.0	51.8	55.00	
		13.3	47.6	41.8	52.0	40.8	45.55	
		16.5	40.8	45.0	37.8	48.8	43.10	
		25.4	47.2	36.2	42.0	44.4	42.40	
四粒红	顶面	3.6	19.8	24.0	20.0	19.6	20.85	
		7.8	25.0	26.8	23.0	24.2	24.75	
		13.3	24.2	28.6	27.0	23.8	25.90	
		16.5	27.8	25.0	31.8	25.2	27.45	
		25.4	30.0	28.2	29.2	29.2	29.15	
	侧面	3.6	48.8	47.0	51.2	40.2	46.80	
		7.8	37.8	41.8	37.6	36.8	38.50	
		13.3	31.4	27.2	39.2	29.8	31.90	
		16.5	35.2	30.2	31.6	22.8	29.95	
		25.4	25.8	33.2	30.0	25.6	28.65	
	腹面	3.6	40.0	47.8	53.2	41.8	45.70	
		7.8	55.8	43.6	52.8	54.0	51.55	
		13.3	42.6	40.8	37.6	34.8	38.95	
		16.5	32.8	42.2	41.6	36.6	38.30	
		25.4	35.2	32.6	39.2	38.2	36.30	

2.3 各因素的方差分析

用 PASW 统计分析软件对花生种子挤压试验结果作方差分析(表 2)^[4-6],由分析结果可知:花生种子承受的最大挤压力方差分析模型极显著,显著水平小于 0.05,a(品种)、b(挤压位置)、c(种子含水率)、a 与 b 交互作用相、a 与 c 交互作用相、b 与 c 交互作用相、a 与 b、c 交互作用相对于花生种子最大挤压力均有显著作用,是影响花生种子最大挤压力的主要因素,挤压位置对最大挤压力起最显著的作用,其次是品种和含水率的大小。

表2 花生种子承受最大挤压力方差分析¹⁾

Tab.2 Variance analysis of the maximum squeeze breaking forces on the peanut seeds

变异来源	自由度	离均差平方和	均方	F	P
总和	59	23 107.436	391.651	14.954	0.000
a	3	1 142.064	380.688	14.536	0.000
b	2	15 338.956	7 669.478	292.841	0.000
c	4	777.971	194.493	7.426	0.000
a × b	6	372.432	62.072	2.370	0.032
a × c	12	1 537.635	128.136	4.893	0.000
b × c	8	1 350.747	168.843	6.447	0.000
a × b × c	24	2 587.631	107.818	4.117	0.000

1) a 为品种,b 为挤压位置,c 为种子含水率。

3 结果分析

3.1 品种对最大挤压力的影响

由图 4 可知,当花生种子挤压位置及含水率相同时,不同品种的花生种子的最大挤压力不同。含水率对不同品种的花生种子的影响不同,当含水率、挤压位置相同时,海花的最大挤压力略大于鲁花 11 的最大挤压力,白沙(小)的最大挤压力略大于四粒红的最大挤压力;在腹面挤压时,随着含水率的增加,海花、鲁花 11 最大挤压力的下降幅度小于白沙(小)与四粒红。分析可知,花生种子的内部组织结构对其最大挤压力有较大的影响。选择的 4 个花生品种中,海花与鲁花 11 种子的内部组织结构较为相近,它们的籽粒外形较大,内部组织结构疏松,两片子叶间隙大,结合力较小,因而最大挤压力也较为接近;白沙(小)与四粒红籽粒外形较小,内部组织结构相对紧密,两片子叶间隙小,结合力较大,它们的结构组织与海花与鲁花 11 存在较大差异,因此最大挤压力也与之存在一定的差异。

3.2 挤压位置对最大挤压力的影响

由图 5 可知,不同挤压位置下的同一花生种子的最大挤压力存在不同,腹面承受的挤压力最大,侧

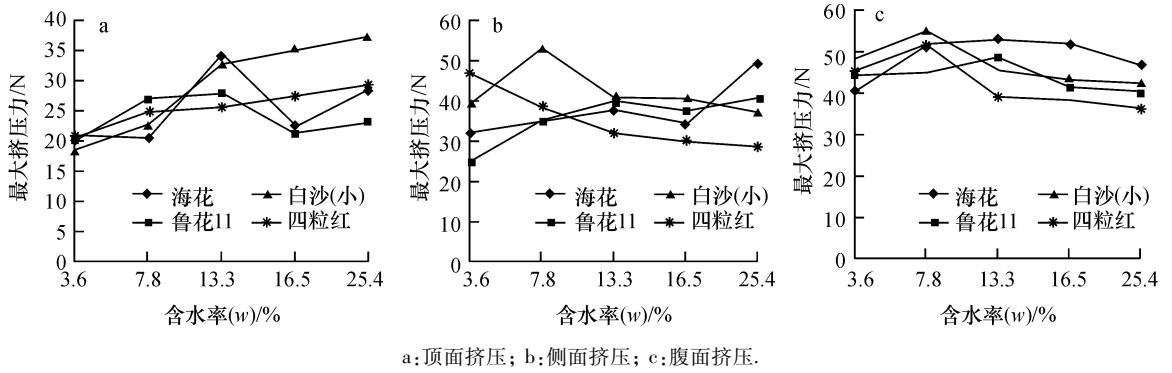


图4 不同挤压位置下花生种子含水率与最大挤压力的关系

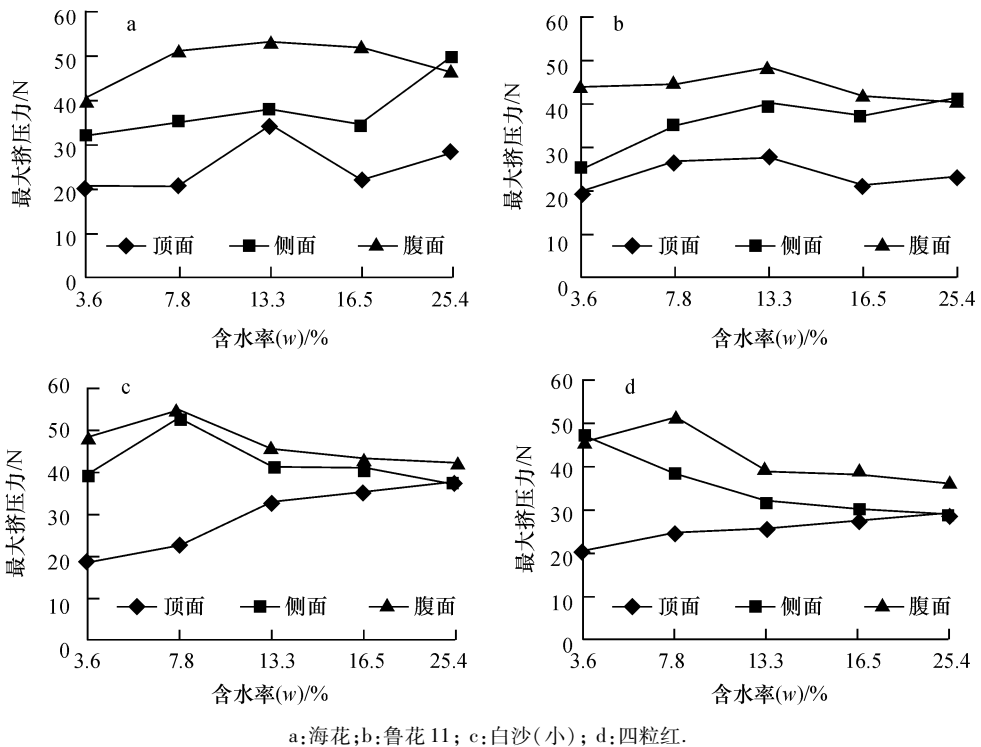
Fig. 4 Relationship between moisture contents and the maximum squeeze forces of peanut seeds at different squeeze locations

面次之,顶面最小.花生种子由种皮和胚组成,胚由子叶、胚芽、胚根和胚轴组成,由于花生子叶大,因此通常将其分为种皮、子叶和胚(包括胚芽、胚根、胚轴)3部分,种子腹面的种皮下是子叶,子叶形成了种子腹面的框架结构,而胚则被包裹其中.由于子叶具有坚硬的角质外层,该层充满蛋白质及胶体状态的碳水化合物,组织紧密,不易被破坏,且子叶由大量的蛋白质、油脂等物质组成,使得花生种子腹面组织较为坚韧、硬度较大、抗破碎能力较强,试验中对种子腹面挤压时,受力部位主要是子叶,因此可以承受较大的挤压力.对侧面挤压时,受力部位主要是子叶和胚,由试验结果可知挤压破碎一般是沿着种子2片子叶间的中缝破裂,将子叶及其间的胚挤压破裂

为2部分,由于花生种子2片子叶间存在间隙,结合力不强,且胚是种子结构中强度及结合力最弱的部分^[7-11],很容易在种子产生裂纹之前受到破坏,这样的组织结构使得侧面的坚韧性及硬度均比腹面弱.当花生种子顶面受到挤压时,受力部位主要是胚、子叶,花生种子顶面部分种皮以下是被子叶包裹的胚,受力时2片子叶挤压裂开,其间的胚从两子叶中脱落出来,因此顶部承受最大挤压力的能力相对其他2面均较弱.因此,应尽量避免种子顶部受力,而使种子的受力面在腹面或侧面.

3.3 种子含水率对最大挤压力的影响

由图5可知,不同含水率条件下,花生种子的最大挤压力有显著的差别.选定的4个品种的花生种子



a:海花;b:鲁花11;c:白沙(小);d:四粒红.

图5 不同品种花生种子含水率与最大挤压力的关系

Fig. 5 Relationship between moisture contents and the maximum squeeze forces of different varieties of peanut seeds

在不同挤压位置下,通常随着含水率的增加,最大挤压力先是有所增加,当含水率达到一定值后则开始下降.但不同挤压位置的最大挤压力随含水率的变化过程略有不同.由分析可知,这与花生种子结构组织有较大的关系,当含水率较小时,种子结构组织较脆,组织间结合韧性较差,种子承受的最大挤压力较小,易破裂;随着含水率增加,在一定范围内,种子结构组织塑性增强,结合力增加,韧性较好,种子的最大挤压力增大,不易破裂;当含水率继续增大时,组织结合力相对减小,种子承受的最大挤压力减小,易破裂.

综上所述,品种、挤压位置、含水率对花生种子的最大挤压力均有显著的影响.品种对最大挤压力的影响,是种子自身组织结构的原因,对于组织结构紧密,组织间结合力较大的品种其所承受的挤压力相对较大;挤压位置对于最大挤压力的影响最大,花生种子腹面所承受的挤压力大于侧面、顶面,因此为防止种子破损应尽量避免其侧面尤其是顶面受压;含水率对于最大挤压力的影响对于不同品种的花生种子略有不同,但随着含水率的增加最终均呈下降趋势.

4 结论

(1)花生品种对种子所能承受的最大挤压力有一定的影响.不同品种花生种子抵抗挤压破碎的能力不同,在相同含水率、相同挤压位置时,海花的最大挤压力通常略大于鲁花11的最大挤压力,白沙(小)的最大挤压力通常略大于四粒红的最大挤压力,这与种子内部组织结构、形状大小等因素有较大的关系.

(2)花生种子由于挤压位置的不同所能承受的最大挤压力有较大差异,由于种子自身结构的特点,

挤压面的不同,承受挤压力的种子结构及组织也不同,由试验结果可知,种子腹面承受的破碎挤压力最大,侧面次之,顶面最小.

(3)花生种子的含水率对其承受的最大挤压力有一定影响,由于不同品种的种子自身结构存在差异,因此影响效果有所不同.通常情况下最大挤压力随含水率的增加先是有所增加,当达到一定值后则开始随着含水率的增加而有所降低.

参考文献:

- [1] 张智猛,胡文广,许婷婷,等.中国花生生产的发展与优势分析[J].花生学报,2005,34(3):6-10.
- [2] 尚书旗,王方艳,刘曙光,等.花生收获机械的研究现状与发展趋势[J].农业工程学报,2004,20(1):20-25.
- [3] 刘红力,张永丽,高连兴,等.花生脱壳力学特性试验[J].沈阳农业大学学报,2006,37(6):900-902.
- [4] 盖钧镒.试验统计方法[M].北京:中国农业出版社,2000.
- [5] 包研科,李腕绢.数理统计与MATLAB数据处理[M].沈阳:东北大学出版社,2008.
- [6] 刘红力.花生脱壳特性与损伤机理研究[D].沈阳:沈阳农业大学,2007.
- [7] GUZEL E. Research on the fatigue behavior for peanut shelling[J]. J Food Eng, 2005, 35(67): 373-378.
- [8] 包秀辉,喻杰,高连兴.花生米静压破损试验研究[J].沈阳农业大学学报,2008,39(4):506-508.
- [9] FASINA O O. Physical properties of peanut hull pellets[J]. Bioresour Technol, 2008, 99(5): 1259-1266.
- [10] 张永丽,刘红力,高连兴,等.玉米种子剪切破碎的试验研究[J].农机化研究,2007(5):136-138.
- [11] 李心平,高连兴,马福丽.玉米种子脱粒特性的试验研究[J].农机化研究,2007,142(2):147-149.

【责任编辑 霍欢】