

# 基于悬空压裂法的油菜角果抗裂角力测试试验

李耀明<sup>1,2</sup>, 朱俊奇<sup>1</sup>, 徐立章<sup>1,2</sup>, 赵湛<sup>1,2</sup>

(1. 江苏大学现代农业装备与技术教育部重点实验室, 镇江 212013;

2. 江苏省农业装备与智能化高技术研究重点实验室, 镇江 212013)

**摘要:** 为寻求出油菜角果不易炸裂的优良品种, 在分析已有油菜角果抗裂角力测试方法优缺点的基础上, 采用悬空压裂法在 WDW-300 型万能试验机上对不同品种油菜角果的抗裂角力进行了试验研究, 分析油菜品种、角果大小、角果含水率、角果成熟度等因素对油菜角果抗裂角力的影响。结果表明: 加载速度为 10 mm/min 时, 载荷随位移的增加先迅速上升, 在得到一个峰值力后瞬间下降, 呈曲线变化状态, 峰值即为角果的抗裂角力。试验测得了 28 个品种油菜角果抗裂角力范围为 0.898~3.035 N, 同一品种的油菜角果含水率越高, 角果尺寸越小时抗裂角力越小。油菜角果大小差异明显时, 同一品种角果尺寸大其抗裂角力大; 品种相同含水率不同时, 含水率大的角果抗裂角力大。该试验也为研究油菜角果抗裂角力提供了一种新的测定方法, 操作简单、快捷。

**关键词:** 含水率, 测试, 油菜角果, 悬空压裂法, 抗裂角力

doi: 10.3969/j.issn.1002-6819.2012.08.017

中图分类号: S220.1

文献标志码: A

文章编号: 1002-6819(2012)-08-0111-05

李耀明, 朱俊奇, 徐立章, 等. 基于悬空压裂法的油菜角果抗裂角力测试试验[J]. 农业工程学报, 2012, 28(8): 111-115.

Li Yaoming, Zhu Junqi, Xu Lizhang, et al. Experiment on strength of rapeseed pod dehiscence based on impending fracturing method[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2012, 28(8): 111-115. (in Chinese with English abstract)

## 0 引言

油菜是世界温带农业区最重要的油料作物, 收获前和收获时的裂果现象容易给生产造成严重损失<sup>[1-6]</sup>。由裂果造成的损失一般可占籽粒总产量的 8%~12%, 如收获延迟, 产量损失可能增加到 20%以上<sup>[7]</sup>, 所以油菜角果的抗裂角力研究对选育耐裂品种, 增强油菜品种的抗落粒性, 提高生产效率具有重要的价值。

国外学者对油菜角果的抗裂角力研究主要有 Kadkol<sup>[8]</sup>、Tys<sup>[9]</sup>、Szot<sup>[10]</sup>和 Rudko<sup>[11]</sup>等通过测定机械弯曲角果<sup>[12]</sup>所需要的能量大小鉴定角果的抗裂角力, 如 Rudko<sup>[11]</sup>等通过测定角皮与假膜分离所需外力来鉴定油菜角果抗裂角能力。该方法的优点是对单个角果进行测定, 不受角果形状、大小影响, 可以直接获得品种的抗裂角能力, 但该产品受专利权保护。目前国内对油菜角果的抗裂角力研究主要有谭小力等<sup>[13-15]</sup>通过拉裂法, 测定了 47 个甘蓝型油菜品种, 结果表明甘蓝型油菜角果的抗裂角力在 0.77~3.7 N 之间, 文雁成等<sup>[16]</sup>通过改进的随机碰撞法对 2008 年参加湖北省和全国长江中游地区油菜

品种区试的 50 份甘蓝型油菜进行了抗裂角性鉴定, 结果表明甘蓝型油菜角果的抗裂角指数在 0.020~0.470 N 之间<sup>[17]</sup>。拉裂法对油菜角果的抗裂角力研究虽能定量的测定油菜角果的开裂值, 但测定结果重复性不够理想, 人为因素影响大, 不同人测定同一品系时会得到不同的结果, 文雁成和胡琮等<sup>[18]</sup>的振动摇床法虽提出破裂标准, 从果柄处断裂到果喙的 1/2 或更多, 但评判角果开裂的误差比较大。

本文提出一种悬空压裂法进行油菜角果抗裂角力测定, 通过在万能试验机上压裂悬空放置的油菜角果测得不同品种油菜角果的抗裂角力大小。试验还从角果的品种、角果的尺寸、角果的成熟度及含水率等因素进行抗裂角力的比较研究, 以期对影响油菜角果抗裂角性的一些因素进行初步研究。

## 1 试验样品与方法

试验样品于 2010 年 10 月 20 日在江苏大学农机试验田种植, 在油菜成熟期于 2011 年 6 月 1 日选取生长良好、无虫害、无破损的油菜角果。每个品种分别随机选取直播 5 株、移栽 5 株, 每株在上、中、下位置各随机摘取 5 个完好的角果, 每个品种最终各取 150 个角果用保鲜袋装好, 贴上标贴。所试验的 28 个油菜品种如表 1 所示。

试验在 WDW-300 型万能试验机上进行(图 1), 采用 3 点弯曲变形法加载。连接有传感器的加载探头压裂油菜角果, 通过传感器接收压力信号。

从每个油菜品种的保鲜袋中各随机选取 5 个完好无损的角果, 每次将一个角果悬空放在悬梁支撑架上, 试

收稿日期: 2011-08-29 修订日期: 2012-03-12

基金项目: 国家科技支撑计划资助项目(2010BAD01B06)、江苏大学校基金资助项目(10JDG088)、江苏高校优势学科建设工程资助项目(苏财教(2011)8号)和江苏省农业装备与智能化技术研究重点实验室资助项目(BM2009703)

作者简介: 李耀明, 教授, 主要从事现代农业机械设计及理论研究。镇江江苏大学现代农业装备与技术教育部重点实验室/江苏省农业装备与智能化高技术重点实验室, 212013. Email: ymli@ujs.edu.cn

验时将油菜角果放于支撑架上, 支撑架跨度为 40 mm, 载荷  $F$  作用在跨度中点, 以 10 mm/min 的速度加载, 试验运行过程中, 角果尚未破裂时载荷力曲线不断上升, 当载荷力达到一定程度时, 角果会在该力作用下瞬间破裂, 并伴随着一声清脆的开裂声, 瞬间得到一个峰值力, 随后载荷力曲线迅速下降, 该峰值力即为角果的抗裂角力, 计算机动态显示油菜角果被压裂瞬间所需要的最大载荷 (N) 和载荷-位移曲线, 并自动记录角果开裂瞬间的最大峰值力等机械物理特性参数。每个品种做 5 次试验, 取平均值。

表 1 油菜品种  
Table 1 Rap varieties

序号	品种名称	序号	品种名称
1 号	宁油 12	15 号	苏油 4
2 号	宁油 14	16 号	镇油 5
3 号	宁油 16	17 号	沪油 17
4 号	宁油 18	18 号	史力丰
5 号	宁杂 11	19 号	史力佳
6 号	宁杂 21	20 号	华油 2790
7 号	NJ0801	21 号	红油 3
8 号	NJ0901	22 号	浙双 3
9 号	红油杂 2	23 号	浙双 8
10 号	华油杂 6	24 号	浙平 4
11 号	华油杂 10	25 号	秦优 9
12 号	华油杂 13	26 号	希望 98
13 号	中农油 6	27 号	丰油 701
14 号	苏油 1	28 号	中油 519

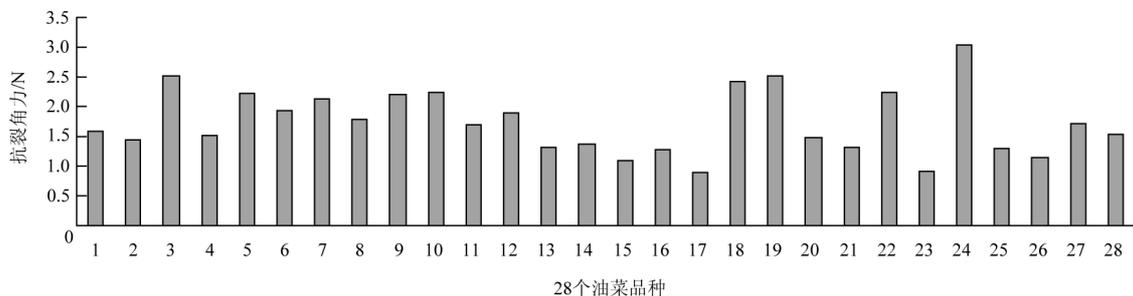


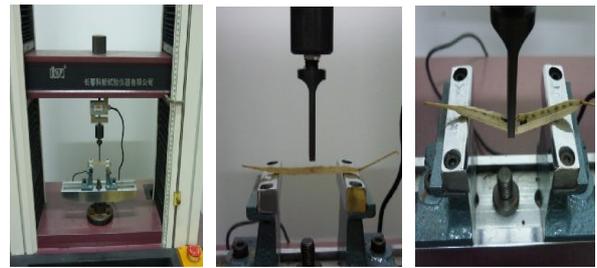
图 2 28 个品种的油菜角果抗裂角力比较图

Fig.2 Comparison of the strength of 28 varieties of rapeseed pod dehiscence

## 2.2 油菜角果大小差异对油菜角果抗裂角力的影响

每个品种的油菜角果在随机选取中, 存在角果大小差异。选取 5 号品种 (宁杂 11) 做分析试验。从 5 号品种中选取 3 个尺寸大的角果, 再选取 3 个尺寸小的角果, 大号角果体积 (长度为 71 mm, 宽度为 4.94 mm, 厚度为 2.77 mm), 含水率为 8.76%, 小号角果体积 (长度为 59mm, 宽度为 3.26 mm, 厚度为 1.85 mm), 含水率为 8.68%, 油菜角果大小差异如图 3 所示。

由试验测得大尺寸角果抗裂角力平均值为 2.093 N, 小尺寸角果抗裂角力平均值为 1.13 N。试验发现, 同一品种的油菜角果尺寸大的要大于角果尺寸小的抗裂角力, 图 4a、b 表明, 油菜角果的大小影响其抗裂角力, 在同一株油菜上角果尺寸大的不易破裂, 角果尺寸小的更易破裂。



a. 压裂前 b. 压裂瞬间 c. 压裂后  
图 1 悬空压裂油菜角果的试验装置及试验过程

Fig.1 Device and process of rape pod impending fracturing test

## 2 结果与分析

### 2.1 试验结果

如图 2 所示, 在万能试验机上采用悬空压裂法测得 28 个品种油菜角果的抗裂角力大小在 0.898~3.035 N 之间。试验结果显示 24 号品种 (浙平 4 号) 抗裂角力最大, 为 3.035 N, 最不易破裂; 17 号品种 (沪油 17) 抗裂角力最小, 为 0.898 N, 最容易破裂。图 2 为 28 个油菜品种角果的抗裂角力大小比较图。

由于同一时间摘取的油菜角果在存在角果大小差异、成熟度不同、含水率不同、摘取部位不同等因素, 故对角果大小差异、成熟度不同、含水率不同等因素对油菜角果抗裂角力的影响<sup>[19]</sup>进行试验研究十分必要。



图 3 油菜角果大小比较

Fig.3 Comparison of rape pod sizes

### 2.3 油菜角果成熟度及含水率对油菜角果抗裂角力的影响

不同油菜品种在同一时间种植, 由于品种不同, 其成熟时间不同。且油菜是无序开花, 即使是同一品种, 其成熟度也不完全一致 (图 5), 造成同一品种的油菜在成熟季节, 大部分角果呈现枇杷黄色为成熟状态, 但仍然有部分角果呈现青绿色为不成熟状态。

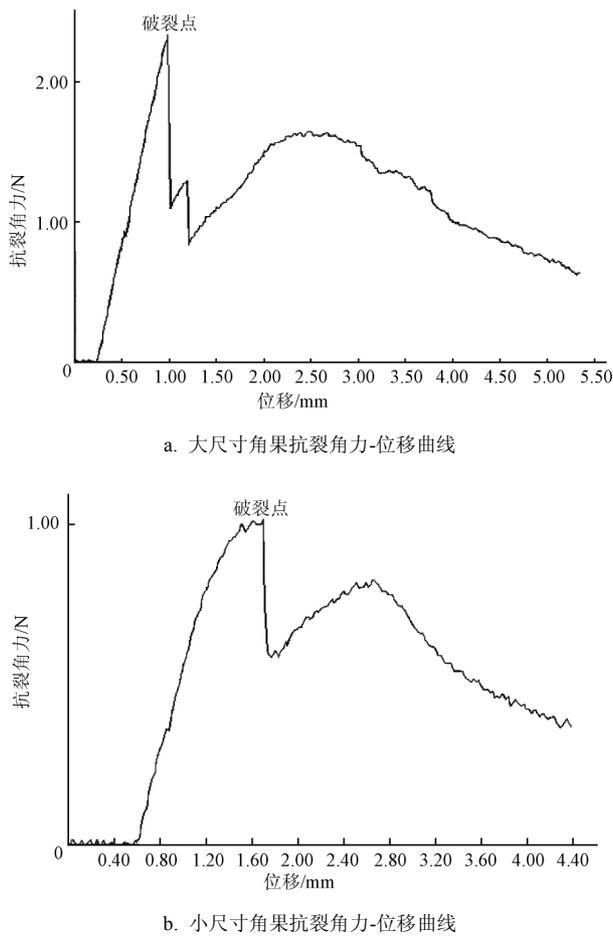


图 4 不同尺寸角果抗裂角力-位移关系曲线

Fig.4 Relationship of strength of dehiscence and the displacement of rapeseed pod of different sizes



注：A 角果成熟度高、B 角果成熟度低。

图 5 不同成熟度的油菜角果

Fig.5 Different maturity rape pod

不同成熟度的角果含水率不同，成熟度低的角果含水率高，含水率的高低直接影响油菜角果抗裂角力大小。选取 1 号品种（宁油 12）做分析试验。试验取成熟度高的油菜角果 3 个（呈枇杷黄色、完全成熟）和成熟度低的油菜角果 3 个（呈青绿色、未完全成熟）。2 种不同含水率的油菜角果保证角果大小一致（宽度约为 5.24 mm、厚度约为 3.21 mm）。试验数据如表 2。

表 2 不同含水率角果的抗裂角力

Table 2 Strength of rapeseed pod dehiscence of different moisture content

品种	含水率/%	抗裂角力/N
宁油 12	16.04	2.616±0.48
宁油 12	8.54	1.673±0.17

分析试验表明，同一品种的油菜角果在成熟度和含水率不同的情况下，角果的抗裂角力大小明显不同，成熟度高、含水率低的角果抗裂角力小，表现为更易破裂（图 6a、b）。由于油菜角果成熟度越高、含水率越低时，油菜角果的脆性表现得更好，在太阳光的照射下更易炸裂。油菜角果成熟度越低、含水率越高时，油菜角果的韧性表现的更为强烈，不易炸裂。

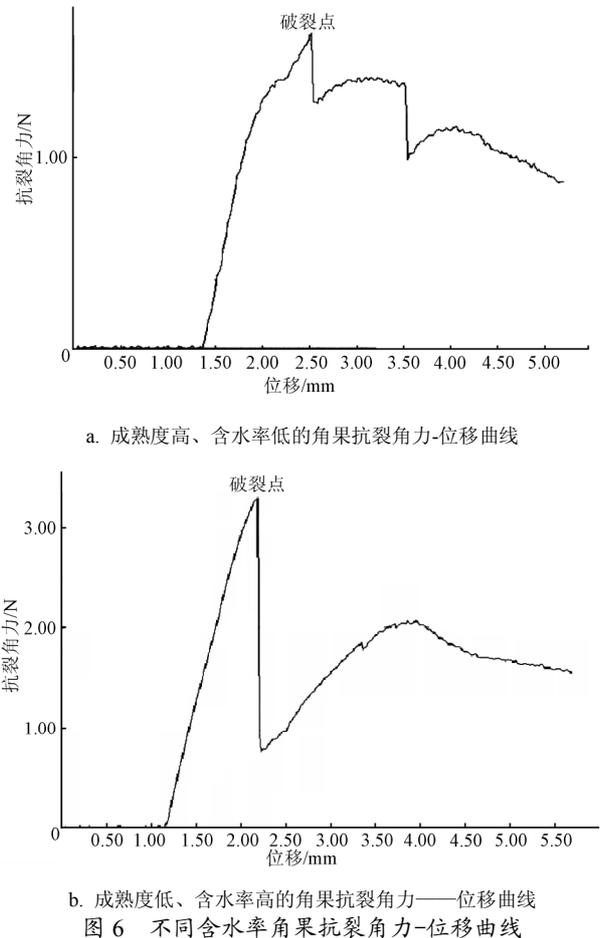


图 6 不同含水率角果抗裂角力-位移曲线

Fig.6 Relationship of strength of dehiscence and the displacement of rapeseed pod of different moisture content

### 3 成本分析及应用前景

本文提出的基于悬空压裂法的油菜角果抗裂角力测试是在 WDW-300 型万能试验机上进行，对适合机械化生产的油菜抗裂角性品种的选择具有参考价值，试验对 28 个品种的油菜角果抗裂角力进行了测量和分析，每个品种的油菜角果测量时间耗时约 10 min，试验可一人单独完成，操作方便，成本较低，对研究适用于机械化收获的不易炸裂的优良品种筛选具有重要的价值。

油菜角果易裂角性极不利于机械化收获,限制着生产效率的进一步提高<sup>[20]</sup>，因此通过在 WDW-300 型万能试验机上采用悬空压裂法对不同品种的油菜角果抗裂角力进行分析，可方便快捷的选出优良的油菜品种，适用于机械化生产并可减少收获中的损失有着十分重要的理论意义和实际意义。

## 4 结 论

1) 通过试验发现:油菜品种、角果尺寸、成熟度、含水率均对角果抗裂角力产生影响。试验测得28个品种油菜角果的抗裂角力范围为0.898~3.035 N,其中浙平4油菜角果抗裂角力最大,为3.035 N,最不易破裂,沪油17抗裂角力最小,为0.898 N,最容易破裂,角果尺寸大时其抗裂角力大,成熟度越高含水率越低的油菜角果,其抗裂角力越小,越容易破裂。

2) 试验中油菜角果的抗裂角力不仅与其品种有关,还与角果大小、角果成熟度及角果含水率有关。

3) 试验采用基于悬空压裂法的油菜角果抗裂角力测试,角果破裂评判标准明确、人为影响因素小,为油菜角果抗裂角力试验研究提供了一种新的途径。

### [参 考 文 献]

- [1] Morgan C L, Child R. Genetic variation for pod shatter resistance among lines of oilseed rape developed from synthetic *B.napus*[J]. *Field Crops Research*, 1998, 58(2): 153—165.
- [2] Child R D, John N C K, Ulvskov P, et al. Ethylene biosynthesis in oilseed rape pods in relation to pod shatter[J]. *Journal of Experimental Botany*, 1998, 49(322): 829—838.
- [3] Chandler J, Corhesier L, Spielmann P, et al. Modulating flower-ing time and prevention of pod shatter in oilseed rape[J]. *Mol Breeding*, 2005, 15(1): 87—94.
- [4] Liljegren S J, Roeder A H K, Kempin S A, et al. Control of fruit patterning in *Arabidopsis* by INDEHISCENT[J]. *Cell*, 2004, 116(6): 843—853.
- [5] Moore R C, Grant S R, Purugganan M D. Molecular population genetics of redundant floral: regulatory genes in *Arabidopsis thaliana*[J]. *Mol Biol Evol*, 2005, 22(1): 91—103.
- [6] Dinneny J R, Yanofsky M F. Drowning lines and borders: how the dehiscent fruit of *Arabidopsis* is patterned[J]. *BioEssays*, 2005, 27(1): 42—49.
- [7] Ostergaard L, Kempin S A, Bies D, et al. Pod shatter-resistant Brassica fruit produced by ectopic expression of the fruitfull gene[J]. *Plant Biotechnology Journal*, 2006, 4(1): 45—51.
- [8] Kadkol G P, Burrow R P, Halloran G M. Evaluation of Brassica genotypes for resistance to shatter. I .Development of a laboratory test[J]. *Euphytica*, 1984, 33(1): 63—73.
- [9] Tys J. An evaluation of the mechanical properties of winter rape siliques in respect of their susceptibility to cracking 1985, 304(1): 185—194.
- [10] Szot B, Tys J. Metodyka badań mechanicznych wlas ciwo s ci luszczyn I lodyg rzepaku .1987, 321(1): 193—202.
- [11] Bruce DM, Farrent J W, Morgan C L, et al. Determining the oilseed rape pod strength needed to reduce seed loss due to pod shatter[J]. *Biosystems Engineering*, 2002, 81(2): 179—184.
- [12] 何余堂, 李殿荣. 甘蓝型杂交油菜抗裂角性的初步研究[J]. *陕西农业科学*, 1996, 3(1): 30—31.
- He Yutang, Li Yidian. Hybrid rape crack Angle of the preliminary research[J]. *Shanxi agricultural science*, 1996, 3(1): 30—31. (in Chinese with English abstract)
- [13] 谭小力, 张洁夫, 杨莉, 等. 油菜角果裂角力的定量测定[J]. *农业工程学报*, 2006, 22(11): 40—43.
- Tan Xiaoli, Zhang Jiefu, Yang Li, et al. Rape pod crack of wrestling quantitatively[J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE)*, 2006, 22(11): 40—43. (in Chinese with English abstract)
- [14] 郑少清, 朱成, 曾广文. 油菜角果开裂敏感性形成的研究[J]. *浙江大学学报: 农业与生命科学版*, 1999, 25(5): 462—466.
- Zhen Shaoqing, Zhu Cheng, Zeng Wenguang. Rape pod of the formation of the cracking sensitivity[J]. *Journal of Zhejiang University, Agriculture and Life Sciences*, 1999, 25(5): 462—466. (in Chinese with English abstract)
- [15] 李会珍, 唐桂香, 张国庆, 等. 甘蓝型油菜裂果抗性研究进展[J]. *中国油料作物学报*, 2003, 25(1): 89—91.
- Li Huizhen, Tang Guixiang, Zhang Guoqing, et al. Brassica napus l. pod crack Angle sex research progress[J]. *Chinese Journal of Oil Crop*, 2003, 25(1): 89—91. (in Chinese with English abstract)
- [16] 文雁成, 傅廷栋, 涂金星, 等. 油菜抗裂角品系筛选及分析[J]. *作物学报*, 2008, 34(1): 163—166.
- Wen Yancheng, Fu Tingdong, Tu Jinxing, et al. Rape crack angle strain screening and analysis[J]. *Journal of Oil Crop*, 2008, 34(1): 163—166. (in Chinese with English abstract)
- [17] 文雁成, 傅廷栋, 马朝芝, 等. 影响甘蓝型油菜角果抗裂特性的因素分析[J]. *中国油料作物学报*, 2010, 32(1): 25—29.
- Wen Yancheng, Fu Tingdong, Ma Chaozhi, et al. Effect of rapeseed silique shatter resistance factor analysis[J]. *Chinese Journal of Oil Crop*, 2010, 32(1): 25—29. (in Chinese with English abstract)
- [18] 彭鹏飞, 李云昌, 胡琼, 等. 油菜抗裂角性状的鉴定与品系(种)筛选[J]. *中国油料作物学报*, 2008, 30(增刊): 171—174.
- Peng Yunfei, Li Yunchang, Hu Qiong, et al. Rape crack angle character identification and strain screening[J]. *Chinese Journal of Oil Crop*, 2008, 30(Supplement): 171—174. (in Chinese with English abstract)
- [19] 郑少清, 朱成, 曾广文. 油菜角果开裂敏感性形成的研究[J]. *浙江大学学报: 农业与生命科学版*, 1999, 25(5): 462—466.
- Zhen Shaoqing, Zhu Cheng, Zeng Guangwen. Rape pod of the formation of the cracking sensitivity[J]. *JZUS, Agriculture and Life Sciences*, 1999, 25(5): 462—466. (in Chinese with English abstract)
- [20] 文雁成, 傅廷栋, 涂金星, 等. 油菜抗裂角性研究进展[J]. *植物遗传资源学报*, 2009, 10(1): 140—145.
- Wen Yancheng, Fu Yandong, Ma Chaozhi, et al. Research progress of rapeseed resistance angle[J]. *Journal of Plant Genetic Resources*, 2009, 10(1): 140—145. (in Chinese with English abstract)

## Experiment on strength of rapeseed pod dehiscence based on impending fracturing method

Li Yaoming<sup>1,2</sup>, Zhu Junqi<sup>1</sup>, Xu Lizhang<sup>1,2</sup>, Zhao Zhan<sup>1,2</sup>

(1. Key Laboratory of Modern Agricultural Equipment and Technology, Ministry of Education, Jiangsu University, Zhenjiang 212013, China;  
2. Jiangsu Province Agricultural Equipment and Intelligent High Technology Laboratory, Zhenjiang 212013, China)

**Abstract:** For exploring the pod not easy to burst, on the basis of advantages and disadvantages of the existing test method of the strength of rapeseed pod dehiscence, experiment on the strength of different varieties of rapeseed pod dehiscence based on the impending fracturing rape pod method in WDW-type 300 was conducted, and effects of rapeseed varieties, pod size, pod moisture content, pod maturity on the strength of dehiscence were analyzed. The results showed that the load was expressed in a single peak curve with the peak of the strength of rapeseed pod dehiscence as the displacement increased when the loading speed was 10 mm/min. The strength of 28 varieties of rapeseed pod dehiscence was between the range of 0.898-3.035 N. The higher moisture content of the same kind of rape pod, the smaller the strength of rapeseed pod dehiscence when the rapeseed pod is smaller. When the rape pod had significant difference in the size, the strength of rapeseed pod dehiscence increased with the increasing pods size. When the varieties of the rapeseed pod dehiscence is the same, the strength of rapeseed pod dehiscence increased with the increasing moisture. This research provides a new method for measuring the strength of rapeseed pod dehiscence easy and fast.

**Key words:** moisture, content, testing, rape pod, impending fracturing method, the strength of dehiscence