

# 结球甘蓝耐裂球研究进展

曾爱松<sup>1,2</sup>, 刘玉梅<sup>1</sup>, 方智远<sup>1</sup>, 严继勇<sup>2</sup>

(<sup>1</sup>中国农业科学院蔬菜花卉研究所, 北京 100081; <sup>2</sup>江苏省农业科学院蔬菜研究所, 南京 210014)

**摘要:**综述了国内外结球甘蓝裂球性状及鉴定方法的研究进展, 从裂球的遗传因素、叶片解剖特征、生理生化特性等方面分析了结球甘蓝裂球发生的原因, 并提出了防治裂球的栽培措施。

**关键词:**结球甘蓝; 裂球机理; 防治措施

## Research Progress of Head Splitting on Cabbage (*Brassica oleracea* L. var. *capitata* L.)

ZENG Ai-song<sup>1,2</sup>, LIU Yu-mei<sup>1</sup>, FANG Zhi-yuan<sup>1</sup>, YAN Ji-yong<sup>2</sup>

(<sup>1</sup>Institute of Vegetables and Flowers, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081;

<sup>2</sup>Institute of Vegetable Crops, Jiangsu Academy of Agricultural Sciences, Nanjing 210014)

**Abstract:** This paper summarized the studies on characteristics and identification methods of cabbage head-splitting worldwide. The genetic factor, morphological features, physiological and biochemical characters and so on, were all responsible for head splitting, and some cultural measures preventing from head splitting in cabbage are put forward.

**Key words:** Cabbage; Head splitting; Mechanism; Prevention measures

结球甘蓝 (*Brassica oleracea* L. var. *capitata* L.) 简称甘蓝, 是十字花科芸薹属甘蓝种中的一个变种。甘蓝营养丰富, 适应性和抗逆性均较强, 易栽培, 产量高, 耐贮运, 是全球广泛栽培的蔬菜作物之一<sup>[1]</sup>。甘蓝的主要食用器官是叶球, 在甘蓝叶球接近成熟或成熟后经常出现叶球开裂现象, 尤其是作为早春主要蔬菜的早熟春甘蓝, 裂球现象更为严重, 给生产者造成很大的经济损失。近年来, 由于出口和长途运输的需要, 要求生产上的甘蓝叶球必须美观、紧实、田间搁置期长, 这就要求必须降低或避免甘蓝裂球现象, 提高甘蓝品质, 使甘蓝生产能够根据市场需求分期上市, 提高生产者的种植效益。因此, 探讨裂球机理, 寻求防治裂球的措施, 选育和生产出优质耐裂球的甘蓝, 是当前甘蓝育种和生产的重要、突出的

目标。但因甘蓝裂球现象是一种受遗传、生理及环境等诸多复杂因子影响的过程, 这方面的研究相对较为滞后。国内外学者先后从遗传学、生理特性及球叶的解剖结构等方面对甘蓝的耐裂球机理进行了一些研究, 现对其综述如下, 以期为进一步深入开展耐裂球研究提供参考。

### 1 甘蓝结球机制

甘蓝为 2 年生草本植物, 完成一个生长发育周期 (从营养生长到生殖生长) 需要 2 年的时间。在适宜的气候条件下, 它于第 1 年生长出根、茎、叶等营养器官, 并且在叶球内贮藏大量的同化产物, 经过冬季低温完成春化阶段后, 至第 2 年春季通过长日照阶段, 然后形成生殖器官而开花结实, 完成从播种

收稿日期: 2010-06-24 修回日期: 2010-09-06

基金项目: 国家“863”项目 (2007AA10Z174, 2006AA100108); 国家“十一五”科技支撑计划项目 (2006BAD01A7, 2006BAD13B06); 农业部“948”项目 (2006-G-13A); 农业部蔬菜遗传与生理重点开放实验室项目; 农业部公益性行业专项 (nyhyzx07-007); 江苏省农业科技自主创新资金项目 [cx(09)604]

作者简介: 曾爱松, 实习研究员, 主要从事结球甘蓝裂球机理研究。E-mail: topzas@126.com

通讯作者: 刘玉梅, 博士, 研究员, 主要从事甘蓝类蔬菜遗传育种研究。E-mail: liuym@mail.caas.net.cn

到收获种子的生长发育过程<sup>[2-3]</sup>。甘蓝在长期的进化过程中形成了结球特性,按照其生长时期通常分为发芽期、幼苗期、莲座期、结球期和休眠期5个阶段<sup>[2]</sup>。甘蓝的结球是指当植株生长到一定阶段(完成莲座期)时,感受了某些环境条件,如温度、光照等,使体内的物质和激素水平发生变化而引起叶背细胞的加速分裂和伸长,从而迫使叶片直立和向内弯曲,加之内部的叶不断生长和充实进而形成叶球<sup>[4-5]</sup>。甘蓝的球叶是一种典型的变态器官,是甘蓝主要的储存营养器官,同时也是区别于其他物种形态上最重要的标志<sup>[6]</sup>。甘蓝叶球的形成从生长中期开始,初期生长慢,晚期生长快,直到收获时可食部分的重量继续增加,这时约占整个甘蓝重量的一半。叶球开裂发生在结球后期,此时球叶的密度(叶数、叶重)达到充分程度,外部球叶已接近成熟,生长缓慢,如果内层球叶继续快速生长,外部已充分成熟的叶片便会在机械力的作用下裂开<sup>[7]</sup>。

## 2 甘蓝裂球发生的时期与症状

甘蓝叶球开裂多发生在叶球生长后期,一些易裂品种从结球中后期即开始出现开裂。叶球开裂的发生部位、开裂形状和开裂方式多种多样。最常见的是叶球顶部开裂,有时侧面也开裂。裂口形状可分为纵裂、横裂和T形裂3种类型,不同品种间沿纵横两个方向扩展的速率和比率差异也很大。叶球开裂的程度,轻者仅叶球外面几层叶片开裂,重者可深至短缩茎。

## 3 影响甘蓝裂球的因素

### 3.1 遗传因素

为指导甘蓝耐裂球的抗性品种选育,国内外研究者陆续开展了甘蓝耐裂球的遗传研究。Chiang<sup>[8]</sup>早在1972年对甘蓝耐裂球遗传效应进行了分析,认为甘蓝裂球性至少由3对基因控制,基因作用大半是累加的,早开裂为不完全显性,狭义遗传力估算为0.47%。2009年,中国农业科学院蔬菜花卉研究所庄木等<sup>[9]</sup>对甘蓝耐裂球性状的配合力及其遗传力又进行了分析,证实基因加性效应和非加性效应对耐裂球性均起重要作用,且以加性效应为主。此外,有关学者对于施肥和采收期等栽培条件对甘蓝裂球的影响也进行了研究。结果表明,施肥及采收期对甘蓝的裂球性影响都不显著,而甘蓝品种间裂球性的差异却达到极显著水平,进一步证实了甘蓝裂球主要受遗传因素影响<sup>[10]</sup>。可见,甘蓝的裂球性主要

是由遗传因素引起,通过常规育种及生物技术辅助育种选育耐裂球亲本材料,应是选育耐裂球品种的关键所在。

### 3.2 形态解剖特征

对于甘蓝的形态解剖特征与裂球的关系,王丽娟等<sup>[11]</sup>、汝学娟等<sup>[12]</sup>用石蜡切片技术,证实甘蓝抗裂球品种与易裂球品种在解剖特征方面存在较大差异。其中耐裂球品种叶片表皮细胞壁较厚,叶肉细胞较小,排列整齐、紧凑,细胞间隙小;易裂球品种的叶片表皮细胞壁较薄,叶肉细胞较大且形状不规则,排列疏松,细胞间隙大。耐裂品种的表皮细胞排列紧密、间隙小、有弹性,抵抗细胞迅速膨胀所造成的膨压的能力则强,这与果实裂果方面的研究有异曲同工之处<sup>[13-14]</sup>。

近年来,植物叶表皮特征研究日益受到植物学家的重视,叶表皮特征的多样性被用在种间、属间的分类及同种植物间耐旱差异等性状的探讨上<sup>[15-18]</sup>。曾爱松等<sup>[19]</sup>运用扫描电子显微镜对耐裂球性不同的甘蓝球叶的叶表面微形态进行了比较观察,研究表明耐裂材料与易裂材料在球叶表面微形态上差异显著。耐裂材料的垂周壁上有明显的波状嵴,平周壁上有加厚的条纹状角质层纹饰,保卫细胞四周角质层褶皱较多、起伏较大,表皮上覆盖有大量的粉状或颗粒状蜡质。易裂材料的垂周壁呈沟槽状下陷,平周壁上角质层光滑,保卫细胞四周角质层较平坦。

以上方法克服了田间调查的粗放、易受环境条件影响的缺点,从细胞学的深层次鉴定品种间的耐裂球差异,为进一步从细胞学水平上研究影响甘蓝裂球的原因及机理提供了理论基础。但此方法只能鉴定细胞学结构差异明显的品种,而且只能进行定性观察,不能定量检测。

### 3.3 水分条件

水是植物细胞中的重要组成成分,与植物的生长发育密切相关;细胞生长的动力膨压就是通过水分关系的平衡建立起来的。曾爱松等<sup>[20]</sup>对耐裂球性不同的甘蓝结球过程中球叶水分含量动态进行了测定,结果表明,整个结球期易裂材料含水量高于耐裂材料。在甘蓝生长后期,外部球叶接近成熟,生长缓慢,而内层球叶继续快速生长;土壤水分不足时,突然降雨或灌大水,易吸水材料内部球叶产生的膨压大于不易吸水材料,从而造成易裂材料裂球能力高于耐裂材料。尤其在甘蓝结球后期,叶球组织脆嫩,细胞柔韧性小,一旦土壤水分供应不均衡,就会造成叶球开裂。因此,在甘蓝结球后期要调节好肥

水供应,土壤不可过干、过湿。

### 3.4 矿质营养

钙是细胞壁重要的组成成分之一,钙与果胶分子上的负电单元形成离子键,参与细胞壁构建和组织力学性能的形成<sup>[21-24]</sup>。对于钙与甘蓝裂球之间的相关性,曾爱松等<sup>[20]</sup>进行了研究。结果表明,甘蓝结球始期至中后期,耐裂材料总钙含量高于易裂材料,且总钙含量与裂球指数呈显著负相关,说明甘蓝总钙含量与甘蓝裂球性之间有密切关系。同时,对耐裂球性不同甘蓝材料球叶细胞  $\text{Ca}^{2+}$  进行的定位研究发现,耐裂材料与易裂材料细胞内  $\text{Ca}^{2+}$  区域运动的空间趋势相同,但是耐裂材料的  $\text{Ca}^{2+}$  区域分布的空间性变化要比易裂材料慢;从总钙含量及  $\text{Ca}^{2+}$  定位变化来看,结球期的总钙含量及细胞内  $\text{Ca}^{2+}$  定位分布的空间性变化共同影响着结球甘蓝的生理代谢及裂球程度。

钾是植物体内多种酶的生理活化剂,适宜的  $\text{K}^+$  浓度有助于叶片同化产物的增加,以及蛋白质、类脂、纤维素的形成,从而为果实发育提供充足的结构组建物质,增强耐裂能力。曾爱松等<sup>[20]</sup> 研究表明,在甘蓝整个结球期,材料间粗纤维及钾含量变化趋势基本一致,但是耐裂材料钾含量高于易裂材料。相关试验表明,增施钾肥,可以减少活性氧的产生,降低丙二醛(MDA)含量,从而延缓作物过早衰老死亡。低钾条件下超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化氢酶(CAT)、过氧化物酶(POD)等酶的活性显著下降,使自由基的产生与清除反应之间的平衡被打破,导致膜脂过氧化作用加强,积累大量的MDA,造成膜的伤害,这说明钾对自由基伤害有保护作用<sup>[25]</sup>。尤其在甘蓝结球后期,如果叶球能保持较高的钾含量,则能够增加承受膜损伤所带来伤害的能力,减少裂球。

### 3.5 内源激素

内源激素在果实生长发育过程中起着重要调控作用,尤其是 IAA、 $\text{GA}_3$ 、ZR 和 ABA 表现最为明显<sup>[26-28]</sup>。曾爱松等<sup>[29]</sup> 研究表明,在甘蓝整个结球期,耐裂材料各个时期的 IAA、 $\text{GA}_3$  含量均高于易裂材料。尤其在结球后期,较高的 IAA、 $\text{GA}_3$  使耐裂材料外部叶球继续保持较高的生活力,能够承受内部叶球较大的生长应力,从而降低了裂球潜力。因此,在甘蓝生长期适量喷施生长素,可减轻裂球发生。

### 3.6 粗纤维

双子叶植物细胞壁大约含有 30% 纤维素、30% 半纤维素、35% 果胶和 5% 蛋白质。这些成分与联

键构成了细胞壁机械性能的基础物质,也是组织强度的重要物质基础。其含量以及连接方式决定了细胞壁的组织强度,表现出器官的机械强度。许多研究证实:植物细胞壁结构中多糖成分越高,细胞抵抗压力的强度也越大<sup>[30-31]</sup>。曾爱松等<sup>[20]</sup> 在对耐裂球性不同甘蓝材料粗纤维含量动态的研究中发现,整个结球期,材料间粗纤维含量变化趋势基本一致,耐裂材料粗纤维含量高于易裂材料。以上研究表明,甘蓝球叶的粗纤维与甘蓝叶球开裂存在显著的相关性,这为下一步更为微观的细胞骨架系统的研究提供了重要理论依据。

## 4 甘蓝裂球性鉴定

在实际的育种及生产实践中,一般都在甘蓝适收期后,再延长 3~5d,调查植株裂球情况,根据此时的裂球率作为甘蓝裂球性的鉴定指标。裂球率虽然能较为简单、直观地鉴定甘蓝的裂球性,但并不能全面地表达甘蓝材料的裂球程度及裂球特征。因此,许忠民等<sup>[32]</sup> 根据甘蓝植株的田间裂球性状,制定了甘蓝植株的裂球分级:0 级:叶球表面光亮,球叶完好,无裂球;1 级:裂深 0.1~0.5cm,裂宽 0.1~3.0cm,裂弧长 0.1~15.0cm;3 级:裂深 0.51~1.0cm,裂宽 3.1~6.0cm,裂弧长 15.1~18.0cm;5 级:裂深 1.1~1.5cm,裂宽 6.1~9.0cm,裂弧长 18.1~21.0cm;7 级:裂深 1.51~2.0cm,裂宽 9.1~12.0cm,裂弧长 21.1~24.0cm;9 级:裂深  $\geq 2.1$ cm,裂宽  $\geq 12.1$ cm,裂弧长  $\geq 25.1$ cm。同时,他们初步提出了甘蓝叶球成熟后晚收 10d 作为耐裂性鉴定时期,根据叶球的裂球指数对甘蓝叶球耐裂球性划分成高耐裂球、耐裂球、中耐裂球和易裂球 4 个不同的等级标准。

## 5 裂球的防治措施

### 5.1 选育耐裂球品种

在育种工作中,广泛搜集、筛选耐裂球种质资源,选育耐裂品种是解决裂球问题最根本的途径。在实际生产中,一种是品种本身表现抗裂,在甘蓝品种中,一般尖头型和扁球型品种不易裂球,圆头型品种易裂球,但有些圆球品种表现非常耐裂。除考虑当地消费者习惯外,还应选择耐裂球品种栽培。另一种是避裂,使其成熟期避开当地的阴雨季节,减少成熟期裂果。甘蓝的早熟品种在春季生长成熟后,或早、中熟品种在秋冬栽培时,定植过早,不及时采收,都可严重引起裂球;晚熟品种则相对不易裂球。

## 5.2 科学浇水,合理施肥

在甘蓝生产中,需要加强土壤的选择与改良,调节肥水供应。尤其在结球后期不可过干、过湿,土壤相对含水量应保持在75%~85%;避免干旱后大水漫灌造成土壤水分急剧变化而诱发裂球大量产生。在叶球生长前期,控制氮肥,增施钙肥,提高叶球中的钙素含量,减轻裂球的发生。

## 5.3 喷施化学药物和生长调节剂

虽然有关喷施化学药物和生长调节剂对甘蓝裂球性的影响尚无报道,但从以上的研究报道及甘蓝裂球机理可以看出钙、钾、激素等与甘蓝的裂球性存在明显相关性,所以在甘蓝的栽培生产中适量喷施钙、钾、激素等可减少裂球的发生。

## 5.4 及时采收

在雨季来临或大雨之前,适时提前采收,以减少裂球数量。甘蓝在冬季生产中,对于冬季气温较高地区,成熟叶球在田间越冬时,可割取外叶,减缓叶球内部叶片的生长,或采取切根的方法和菜农常用的“扭伤”处理。

## 6 研究展望

甘蓝裂球是一种受遗传、生理及环境等诸多复杂因子影响的过程,而且叶球的开裂主要是由品种遗传特性决定的,所以目前克服裂球的最有效办法是选育和选用优良的耐裂球甘蓝品种。因此,做好甘蓝耐裂球鉴定研究尤其是多抗性鉴定研究,是非常紧迫而具实用性的一项工作。现代分子生物技术飞速发展,将打开甘蓝裂球研究的新局面,深入开展甘蓝耐裂球性的分子标记、基因定位及耐裂基因的转化,将是今后研究工作的重点。

### 参考文献

- [1] 满红,张成合,柳霖坡,等. 结球甘蓝二、四倍体间杂交三倍体的获得及细胞学鉴定[J]. 植物遗传资源学报,2005,6(4): 405-408
- [2] 陆幅一. 蔬菜栽培生态生理[M]. 杨凌:西北农业大学出版社,1986
- [3] 方智远,孙培田,刘玉梅,等. 甘蓝栽培技术[M]. 北京:金盾出版社,2008
- [4] 大竹良知. 温度对大白菜叶的外部形态的影响[J]. 园学杂,1981,50(2):199-207
- [5] 张振贤. 白菜、甘蓝的结球机制[J]. 山东农业大学学报,1988,19(30):97-103
- [6] 李家文. 中国的白菜[M]. 北京:农业出版社,1984
- [7] 日本农山渔村文化协会. 蔬菜生物生理学基础[M]. 北京:农业出版社,1985

- [8] Chiang M S. Inheritance of head splitting in cabbage(*Brassica oleracea* L. var. *Capitata* L.) [J]. Euphytica, 1972, 21(3): 507-509
- [9] 庄木,张扬勇,方智远,等. 结球甘蓝耐裂球性状的配合力及遗传力研究[J]. 中国蔬菜,2009(2):12-15.
- [10] 秦智伟,王丽娟,王超,等. 甘蓝(*Brassica oleracea* var. *capitata*)裂球性研究[J]. 东北农业大学学报,1994,25(4):344-346
- [11] 王丽娟,秦智伟. 春甘蓝裂球性的解剖特征[A]. 园艺学进展,1994:581-582
- [12] 汝学娟,李成琼,宋洪元,等. 甘蓝叶片组织结构与裂球关系探讨[A]. 中国十字花科蔬菜研究进展,2008,80-84
- [13] 田玉命,韩明玉. 油桃果实细胞组织结构与裂果的关系[J]. 西北农业学报,2000,9(1):108-110
- [14] 辛艳伟,集贤,刘和. 裂果性不同的枣品种果皮及果肉发育特点观察研究[J]. 中国农学通报,2006,22(11):253-257
- [15] 郭敏,强科斌,张晓庆,等. 华扁穗草叶片的形态解剖结构观察[J]. 甘肃农业大学学报,2007,42(1):82-87
- [16] 徐根娣,邵邻邦,郝朝运,等. 我国特有植物七子花叶表面和花粉的扫描电镜观察[J]. 浙江师范大学学报:自然科学版,2006,29(4):443-447
- [17] 宋玉霞,郭生虎,马洪爱,贺兰山15种旱生灌木叶表皮扫描电镜观察[J]. 西北植物学报,2003,23(7):1283-1287
- [18] 王任翔,周巧劲,李光照,等. 蜘蛛抱蛋属植物叶表皮微形态的扫描电镜观察[J]. 广西植物,2007,27(1):40-43
- [19] 曾爱松,刘玉梅,方智远,等. 甘蓝耐裂球性与叶表面微形态及细胞组织结构的关系研究[J]. 华北农学报,2009,24(增刊):41-45
- [20] 曾爱松,刘玉梅,方智远,等. 甘蓝裂球性与相关生理指标含量及Ca<sup>2+</sup>分布的关系研究[J]. 园艺学报,2009,36(增刊):1970
- [21] Huang X M, Wang H C, Gao F F, et al. A comparative study of the pericarp of litchi cultivars susceptible and resistant to fruit cracking[J]. J Hort Sci Biotech, 1999, 74:351-354
- [22] Huang X M, Li J G, Wang H C, et al. The relationship between fruit cracking and calcium in litchi pericarp[J]. Acta Horticulturae, 2001, 558:209-216
- [23] Huang X M, Yuang W Q, Wang H C, et al. Linking cracking resistance and fruit desiccation rate to pericarp structure in litchi (*Litchi chinensis* Sonn.) [J]. J Hort Sci Biotech, 2004, 79: 897-905
- [24] 黄旭明,袁炜群,王惠聪,等. 抗裂性不同的荔枝品种果皮发育过程中钙的分布动态研究[J]. 园艺学报,2005,32(4): 578-583
- [25] 刘咏梅,谈锋,王鹏. 低钾对番红花叶片中SOD、CAT、POD酶活性和MDA的影响[J]. 西南师范大学学报:自然科学版,1999,24(1):116-119
- [26] 邱燕萍,陈洁珍,欧良喜,等. 糯米糍荔枝裂果与内源激素变化的关系[J]. 果树科学,1999,16(4):276-279
- [27] 陈善波,廖明安,邓国涛,等. 早蜜梨果实生长发育期间内源激素含量变化的研究[J]. 北方园艺,2007(11):1-3
- [28] 刘丙花,姜远茂,彭福田,等. 甜樱桃红灯果实发育过程中果肉及种子内源激素含量变化动态[J]. 果树学报,2008,25(4):593-596
- [29] 曾爱松,刘玉梅,方智远,等. 甘蓝结球过程中内源激素含量与裂球性关系[J]. 中国蔬菜,2009(20):11-16
- [30] 李建国,黄辉白. 荔枝理化性质和果皮解剖结构与裂果性的关系[J]. 华南农业大学学报,1995,16(1):84-89
- [31] 钟伟良,袁炜群,黄旭明,等. 荔枝果皮对外源钙和蔗糖吸收及向细胞壁沉着的研究[J]. 果树学报,2006,23(3):350-354
- [32] 许忠民,张恩慧,程永安,等. 春甘蓝耐裂球性鉴定方法及标准研究初报[A]. 中国十字花科蔬菜研究进展,2008:76-79

作者: [曾爱松](#), [刘玉梅](#), [方智远](#), [严继勇](#), [ZENG Ai-song](#), [LIU Yu-mei](#), [FANG Zhi-yuan](#),  
[YAN Ji-yong](#)

作者单位: [曾爱松, ZENG Ai-song \(中国农业科学院蔬菜花卉研究所, 北京, 100081; 江苏省农业科学院蔬菜研究所, 南京, 210014\)](#), [刘玉梅, 方智远, LIU Yu-mei, FANG Zhi-yuan \(中国农业科学院蔬菜花卉研究所, 北京, 100081\)](#), [严继勇, YAN Ji-yong \(江苏省农业科学院蔬菜研究所, 南京, 210014\)](#)

刊名: [植物遗传资源学报](#) **ISTIC|PKU**

英文刊名: [JOURNAL OF PLANT GENETIC RESOURCES](#)

年, 卷(期): 2011, 12(2)

## 参考文献(32条)

1. 许忠民;张恩慧;程永安 [春甘蓝耐裂球形鉴定方法及标准研究初报](#) 2008
2. 钟伟良;袁炜群;黄旭明 [荔枝果皮对外源钙和蔗糖吸收及向细胞壁沉着的研究](#)[期刊论文]-[果树学报](#) 2006(03)
3. 李建国;黄辉白 [荔枝理化性质和果皮解剖结构与裂果性的关系](#)[期刊论文]-[华南农业大学学报](#) 1995(01)
4. 曾爱松;刘玉梅;方智远 [甘蓝结球过程中内源激素含量与裂球形关系](#)[期刊论文]-[中国蔬菜](#) 2009(20)
5. 刘丙花;姜远茂;彭福田 [甜樱桃红灯果实发育过程中果肉及种子内源激素含量变化动态](#)[期刊论文]-[果树学报](#) 2008(04)
6. 陈善波;廖明安;邓国涛 [早蜜梨果实生长发育期间内源激素含量变化的研究](#)[期刊论文]-[北方园艺](#) 2007(11)
7. Huang X M;Yuang W Q;Wang H C [Linking cracking resistance and fruit desiccation rate to pericarp structure in litchi \(Litchi chinensis Sonn.\)](#) 2004
8. Huang X M;Li J G;Wang H C [The relationship between fruit cracking and calcium in litchi pericarp](#) 2001
9. Huang X M;Wang H C;Gao F F [A comparative study of the pericarp of litchi cultivars susceptible and resistant to fruit cracking](#) 1999
10. 曾爱松;刘玉梅;方智远 [甘蓝裂球形与相关生理指标含量及Ca<sup>2+</sup>分布的关系研究](#) 2009(增刊)
11. 曾爱松;刘玉梅;方智远 [甘蓝耐裂球形与叶表面微形态及细胞组织结构的关系研究](#)[期刊论文]-[华北农学报](#) 2009(增刊)
12. 辛艳伟;集贤;刘和 [裂果性不同的枣品种果皮及果肉发育特点观察研究](#)[期刊论文]-[中国农学通报](#) 2006(11)
13. 田玉命;韩明玉 [油桃果实细胞组织结构与裂果的关系](#)[期刊论文]-[西北农业学报](#) 2000(01)
14. 汝学娟;李成琼;宋洪元 [甘蓝叶片组织结构与裂球关系探讨](#) 2008
15. 王丽娟;秦智伟 [春甘蓝裂球性的解剖特征](#) 1994
16. 秦智伟;王丽娟;王超 [甘蓝\(Brassica oleracea var. capitata\)裂球形研究](#) 1994(04)
17. 王任翔;周巧劲;李光照 [蜘蛛抱蛋属植物叶表皮微形态的扫描电镜观察](#)[期刊论文]-[广西植物](#) 2007(01)
18. 宋玉霞;郭生虎;马洪爱 [贺兰山15种旱生灌木叶表皮扫描电镜观察](#)[期刊论文]-[西北植物学报](#) 2003(07)
19. 徐根娣;邵邻相;郝朝运 [我国特有植物七子花叶表面和花粉的扫描电镜观察](#)[期刊论文]-[浙江师范大学学报\(自然科学版\)](#) 2006(04)
20. 邱燕萍;陈洁珍;欧良喜 [糯米糍荔枝裂果与内源激素变化的关系](#)[期刊论文]-[果树科学](#) 1999(04)
21. 刘咏梅;谈锋;王鹏 [低钾对番红花叶片中SOD、CAT、POD酶活性和MDA的影响](#) 1999(01)
22. 黄旭明;袁炜群;王惠聪 [抗裂性不同的荔枝品种果皮发育过程中钙的分布动态研究](#)[期刊论文]-[园艺学报](#) 2005(04)

23. [郭敏;强科斌;张晓庆](#) [华扁穗草叶片的形态解剖结构观察](#)[期刊论文]-[甘肃农业大学学报](#) 2007(01)
24. [庄木;张扬勇;方智远](#) [结球甘蓝耐裂球性状的配合力及遗传力研究](#)[期刊论文]-[中国蔬菜](#) 2009(02)
25. [Chiang M S](#) [Inheritance of head splitting in cabbage \(Brassica oleracea L. var. Capitata L.\)](#)[外文期刊] 1972(03)
26. [日本农山渔村文化协会](#) [蔬菜生物生理学基础](#) 1985
27. [李家文](#) [中国的白菜](#) 1984
28. [张振贤](#) [白菜、甘蓝的结球机制](#) 1988(30)
29. [大竹良知](#) [温度对大白菜叶的外部形态的影响](#) 1981(02)
30. [方智远;孙培田;刘玉梅](#) [甘蓝栽培技术](#) 2008
31. [陆帼一](#) [蔬菜栽培生态生理](#) 1986
32. [满红;张成合;柳霖坡](#) [结球甘蓝二、四倍体间杂交三倍体的获得及细胞学鉴定](#)[期刊论文]-[植物遗传资源学报](#) 2005(04)

本文链接: [http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical\\_zwyczyxb201102023.aspx](http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_zwyczyxb201102023.aspx)