

# 芥菜型油菜多室角果的解剖特征及遗传分析

吕泽文,徐 平,张向向,文 静,易 斌,马朝芝,涂金星,傅廷栋,沈金雄\*  
(华中农业大学作物遗传改良国家重点实验室/国家油菜工程技术研究中心,湖北 武汉 430070)

**摘要:**采用石蜡切片、杂交和回交技术研究了芥菜型油菜多室材料 J163 角果的形态特征、单株产量性状构成和遗传控制机制。结果表明,J163 的角果由 4 心皮发育而来,4 个果瓣包围种子,2 个假隔膜平行,将角果分隔成 3 个腔室;假隔膜发育稳定,无假隔膜发育障碍或中途退化而形成多室与两室角果嵌合现象;尽管多室材料的千粒重和单株有效角果数均小于两室材料,但多室材料每角粒数和单株产量显著提高,说明多室性状(每角粒数多)有利于提高油菜产量;J163 多室性状受隐性核基因控制,无细胞质效应,J163 和两室材料 J248 间在多室位点上存在 2 对基因差异,但 J163 的多室性状基因是否为 2 对独立隐性基因还需进一步研究。上述结果也说明 J163 是新型芥菜型油菜多室材料。

**关键词:**芥菜型油菜;多室性状;角果形态;遗传;假隔膜;心皮;每角粒数;产量性状  
**中图分类号:**S565.403   **文献标识码:**A   **文章编号:**1007-9084(2012)05-0461-06

## Primary study on anatomic and genetic characteristics of multi-loculus in *Brassica juncea*

LV Ze-wen,XU Ping,ZHANG Xiang-xiang,WEN Jing,YI Bin,  
MA Chao-zhi,TU Jin-xing,FU Ting-dong,SHEN Jin-xiong\*

(National Key Laboratory of Crop Genetic Improvement/National Research Center of Rapeseed Engineering and Technology, Huazhong Agricultural University,Wuhan 430070,China)

**Abstract:** Multi-loculus trait of a newly discovered *Brassica juncea* material J163 was investigated by paraffin-cut section method and hybridizations. Anatomic characteristics showed that the multi-loculus siliques of J163 were developed from 4 carpels. In the silique, 4 petals surrounded the seeds, and 2 pseudo dissepiments paralleled,dividing the silique into 3 chambers. The middle chamber was larger than the other two. Two pseudo dissepiments were well developed with no obstacle nor degradation during silique filling period. No chimerism of multi-loculus and two-loculus siliques showed on single plants. Compared to bi-loculus materials, multi-loculus plants had both significantly higher seeds per silique and yield per plant, but lower thousand seeds weight and effective siliques per plant, which implied that multi-loculus with more seeds per silique was an effective trait to improve yields. Backcross and reciprocal cross results showed that the multi-loculus trait was controlled by recessive nuclear genes with no cytoplasmic effect. Differences were found on 2 pairs of genes on the multi-loculus loci between J163 and the bi-loculus material J248. It was not clear whether the 2 pairs of genes were genetically independent. However,it could be concluded that J163 was a new type of multi-loculus mustard.

**Key words:** *Brassica juncea*; Multi-loculus; Silique morphology; Heredity; Pseudo dissepiment; Carpel; Seed per silique; Yield traits

油菜品种角果室数通常为两个,每角粒数一般 15~20 粒,极少数品种超过 30 粒。在已发现或创

造的白菜型油菜<sup>[1]</sup>、甘蓝型油菜<sup>[2,3]</sup>和芥菜型油菜<sup>[4-6]</sup>多室(角果室数多于 2 个)角果材料中,其每

收稿日期:2012-07-12  
基金项目:国家 863 重大项目(2011AA10A104)  
作者简介:吕泽文(1986-),男,硕士,主要从事油菜育种研究,现在湖北省恩施州种子管理局工作  
\* 通讯作者:沈金雄(1964-),博士,教授,博士生导师,主要从事油菜生物技术及育种教学和研究,E-mail:jxshen@mail.hzau.edu.cn

角粒数多在 30 粒左右,最多可达到 43 粒。显然,多室材料的显著特征是角果粒数多于普通两室材料。

油菜角果腔室形成与假隔膜形成密切相关。已有研究表明,白菜型油菜多室材料假隔膜在发育中可能会退化,致使多室植株上会同时生长两室角果和多室角果。芥菜型油菜多室材料的假隔膜发育是否具有类似白菜型油菜发育特点,以及芥菜型多室单株是否存在多室和两室角果嵌合现象有待研究。此外,在目前发现的油菜多室材料中,何余堂<sup>[1]</sup>分析认为,白菜型多室性状受 1 对隐性基因控制,且多室性状无胞质效应;赵文路<sup>[7]</sup>利用由青海省农林科学院春油菜所提供由甘×白、甘×芥杂交创建的甘蓝型多室油菜,其多室性状分别来源于白菜型多室油菜和芥菜型多室油菜,通过甘蓝型多室油菜为父本与普通两室甘蓝型油菜杂交,分析发现在  $F_2$  群体中两室与多室比率接近 3:1,因而合成的甘蓝型油菜多室性状由 1 对隐性基因控制。Katiyar 等<sup>[4]</sup>通过研究,认为芥菜型油菜多室性状为 2 对隐性基因控制,而赵洪朝等<sup>[8]</sup>分析认为,芥菜型油菜的多室性状受 1 对隐性基因控制。本研究以新近发现的一个芥菜型多室材料 J163 为研究对象,通过其子房不同发育时期的细胞学切片观察,研究假隔膜的发育和形成特点,分析多室性状的遗传规律和产量贡献,从而为油菜高产育种提供参考。

## 1 材料和方法

### 1.1 材料

芥菜型油菜多室材料 J163 和两室材料 J248、J268、J189 均由华中农业大学油菜研究室杂优组提供,分别经连续多代自交,遗传稳定。

### 1.2 方法

组织解剖学观察:以多室材料 J163 和两室材料 J248 为研究对象。初花期,在同一个花序上从大到小取花蕾,最小的花蕾肉眼可见。将这些处于不同发育阶段的幼蕾,去萼片、花瓣和雄蕊,参照李和平<sup>[9]</sup>描述的方法进行固定、脱水、透明、浸蜡、包埋、切片(Thermo 公司的 HM360 全自动轮转切片机)、脱蜡、透明和染色,在 Nikon ECLIPSE 80i 显微镜下镜检,选取清晰切片拍照保存。

角果性状调查:成熟前调查亲本、 $F_1$ 、 $F_1'$ 、 $F_2$  及  $BC_1$ 、 $BC_2$  群体所有单株的角果性状,计算多室、两室角果株数。多室与两室产量性状考察群体为  $BC_1$ ,在该群体中分别随机选取生长正常的 5 株多室单株

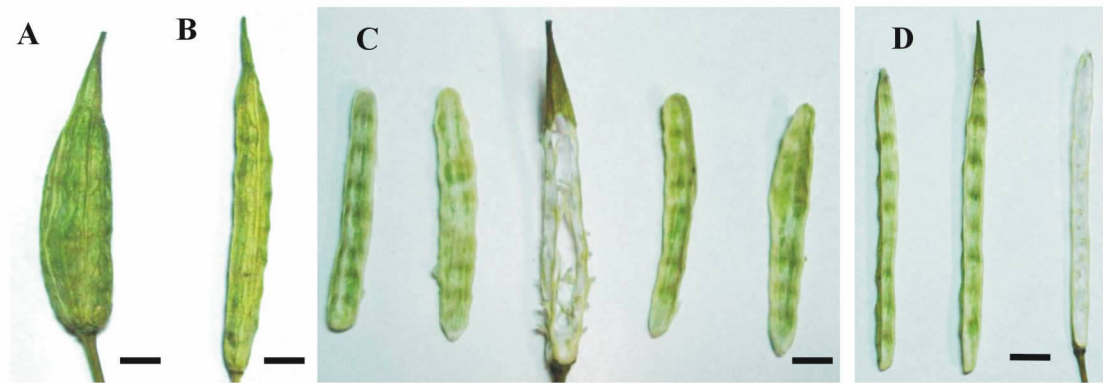
和两室单株,考查单株产量构成因素如千粒重、每角粒数和有效角果数等性状,并对这些性状进行显著性分析(q 法)。

遗传研究中群体构建:2008 年 9 月底在武汉(E114.31, N30.52)播种 4 个材料,2009 年 3 月按多室×两室方式配制正反交组合,获得正反交  $F_1$ 、 $F_1'$  种子。2009 年 5 月将  $F_1$ 、 $F_1'$  种子播种于甘肃和政(E103.31, N35.43),正反交  $F_1$  和  $F_1'$  均套袋自交,组合 J163×J248  $F_1$  和  $F_1'$  选取部分单株/分枝与多室亲本 J163 回交。2009 年 9 月收获  $F_2$ 、 $F_2'$  以及  $BC_1$  种子并播种于武汉,2010 年 4-5 月调查群体中多室和两室单株分离情况,并查看是否存在多室角果嵌合现象(即同一植株上出现两室角果和多室角果)。同时,对组合 J163×J248 的  $F_1$  与 J163 回交所得的  $BC_1$  继续回交,轮回亲本为多室亲本 J163,2010 年 5 月将收获的  $BC_2$  种子播种于甘肃和政,调查  $BC_2$  群体的角果性状,记录相关数据。

## 2 结果与分析

### 2.1 多室角果的形态特征及性状表现

成熟期芥菜型油菜多室角果外形比两室材料的角果显得短、粗(图 1A、C),它由 4 个果瓣组成,而两室材料角果由 2 个果瓣组成(图 1B、D)。多室角果长度为 4.3~5.0cm,平均 4.6cm;而两室角果长 4.7~5.4cm,平均 5.1cm;多室材料角果每角籽粒数为 28.0~34.0,平均 31.8 粒,而两室材料每角粒数为 24.0~29.0,平均 26.4 粒。多室材料每角粒数比两室材料多 5.4 粒,两者间差异达到极显著水平;多室材料的千粒重比两室小 0.12g(多室千粒重为 1.70~2.30g,平均为 2.18g;两室材料千粒重为 1.9g~2.5g,平均为 2.30g),但差异未达显著水平;多室材料单株角果总数在 428.0 至 439.0 之间,平均 434.6 个,两室材料单株角果总数在 448.0 至 463.0 个之间,平均为 454.3 个,两者间差异达显著水平;多室材料的单株粒重在 20.23~34.88g,平均为 30.35g,而两室材料单株产量在 20.43~33.57g,平均为 27.15g,两者间差异达显著水平。多室材料的 4 个果瓣中,中间果室的 2 个果瓣略大于两侧果室的 2 个果瓣。从整个 J163 群体植株的角果来看,不存在多室和两室并存情况,说明多室角果假隔膜发育稳定,不存在退化现象。一般多室材料的角果在植株上的分布密度小于两室材料。



注:A、C 为多室角果;B、D 为两室角果。标尺为 5mm  
Note: A and C are multi-loculus; B and D are bi-loculus. Bar = 5mm

图 1 多室角果和两室角果比较

Fig.1 Comparison of multi-loculus and bi-loculus

2.2 多室角果的发育特点及假隔膜发育过程

从蕾期到开花期,多室花蕾的长度比两室花蕾稍短,但外径大于两室花蕾;多室花蕾的子房明显粗,但其花柱的长度小(图 2)。



注:A 为两室雌蕊;B 为多室雌蕊  
Note: A is bi-loculus; B is multi-loculus

图 2 两室材料和多室材料的雌蕊形态比较  
Fig.2 Morphology of pistils

依据子房大小将其发育大致分为初期、早期、中期和后期四个时期,对不同时期的多室和两室子房进行半薄切片观察,显示多室材料子房由 4 个心皮发育而成,2 个近似平行存在的假隔膜将子房内腔分隔成 3 个腔室,中间的腔室比两侧的腔室大,中间的腔室着生 2 排胚珠,两侧的腔室各着生 1 排胚珠,其假隔膜的横切面呈“II”(图 3E-H);而两室材料子房由 2 个心皮发育而成,1 个假隔膜将子房内腔分隔成 2 个大小基本相等的腔室,两个腔室各着生 1 排胚珠,假隔膜横切面呈“I”型(图 3A-D)。

子房发育初早期,两个心皮连接处的内表皮细胞向内腔生长,形成突起的分生组织,为假隔膜的初期结构,相对生长,在两个组织的内表皮细胞之间存在一条缝隙(图 3A);突起顶端为分生组织(图 4 箭

头所指的分生细胞 MC 处)。多室子房切片可以看出,包围侧向腔室的两个心皮长度小于包围中间腔室的两个心皮。同一个侧向腔室心皮的两个突起相互连接相对生长,形成假隔膜的初期形态,此细胞组织与侧向心皮共同包围一个侧向腔室(图 3E、F)。

在子房发育中期已形成假隔膜的初期形状,两突起顶端分生组织继续生长,且顶端分生组织向两侧也形成突起,此组织为胚珠的前期结构(图 3G)。

在子房发育后期,假隔膜顶端相连接处的外表皮细胞消失,突起相连部分的分生组织细胞相融合形成一个整体,最终发育成一层假隔膜。普通两室油菜和多室油菜的假隔膜的发育过程基本一致。

2.3 多室性状的遗传规律

在 3 组多室与两室材料正反交组合中,643 个 F<sub>1</sub> 和 F<sub>1</sub>' 单株中没有出现多室角果,全部表现为两室角果,且角果室数也未因正反交方式不同而受影响(表 1),说明多室性状受隐性核基因控制,且无细胞质效应。

表 1 不同组合果室性状 F<sub>1</sub> 的表现  
Table 1 Performances of loculus characteristics in F<sub>1</sub> generation

组合 Combination	世代 Generation	两室单株 Bilocular plants	多室单株 Multi-locular plants
J248 × J163	F <sub>1</sub>	100	0
J163 × J248	F <sub>1</sub> '	112	0
J268 × J163	F <sub>1</sub>	124	0
J163 × J268	F <sub>1</sub> '	105	0
J189 - 10 × J163 - 4	F <sub>1</sub>	89	0
J163 - 4 × J189 - 10	F <sub>1</sub> '	113	0

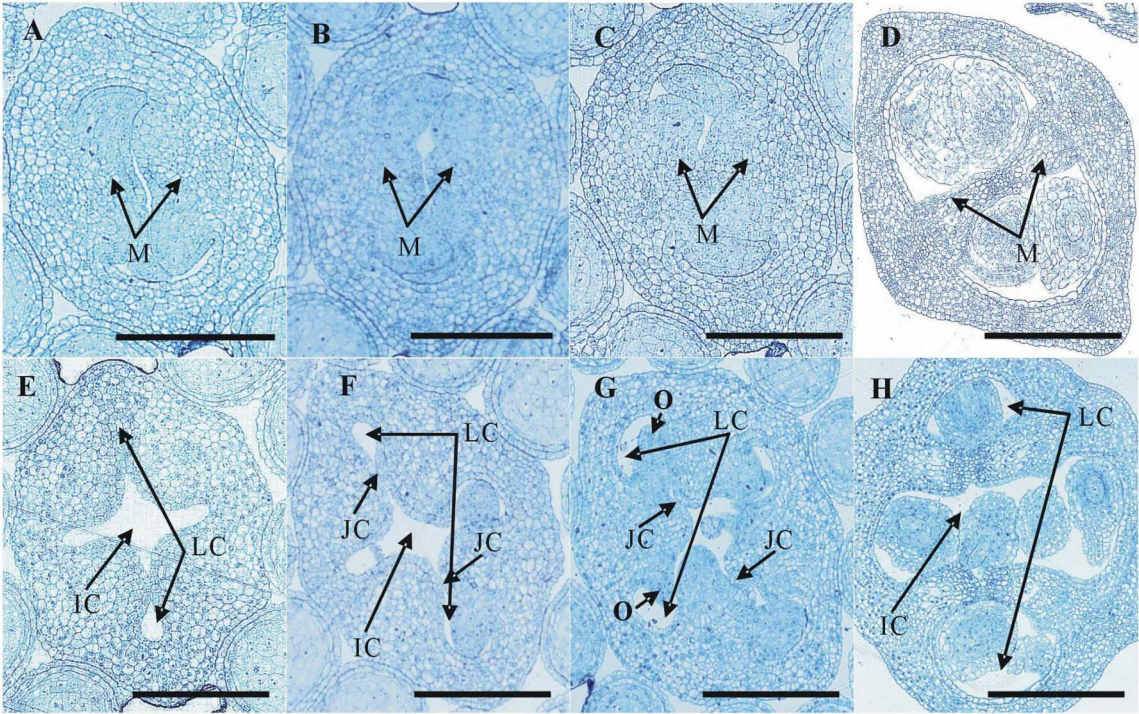
注:J248、J268、J198 - 10 为芥菜型两室油菜,J163 为芥菜型多室油菜  
Note:J248,J268 and J198 - 10 were bi-loculus mustard;J163 was multi-loculus mustard

J163 与 J248 杂交组合 F<sub>2</sub>、F<sub>2</sub>' 群体中两室角果单株与多室角果单株的分离比约为 15: 1;而在 BC<sub>1</sub>



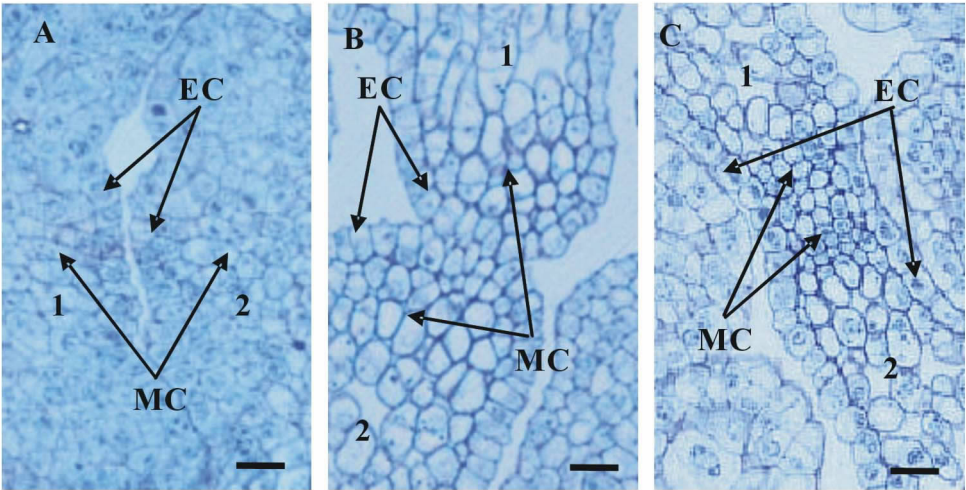
和 BC<sub>1</sub>' 群体中,两室角果和多室角果单株的分离比约为 3: 1(表 2)。在 F<sub>2</sub> 和 F<sub>2</sub>' 群体中,只有多室角果单株和两室角果单株,没有出现多室角果嵌合现象。结合正反交 F<sub>2</sub> 和 BC<sub>1</sub> 群体两室角果单株和多

室角果单株的分离比,推测 J163 和 J248 在控制芥菜型油菜多室角果性状的基因位点上存在 2 对隐性核基因差异(命名为控制两室角果性状的基因 *Mc1Mc2*,控制多室角果的基因 *mc1mc2*)。



注:A-D 为两室子房切片,E-H 为多室子房切片。A、E 为子房发育初期;B、F 为子房发育早期;C、G 为子房发育中期;D、H 为子房发育后期。A-D 中的箭头所指为两端分生组织(M);E-H 的箭头所指分别为中间腔室(IC)、侧向腔室(LC)、胚珠(O)和连接处(JC)。标尺 500μm  
Note:A-D:Bi-locular ovary paraffin sections; E-H:Multi-locular ovary paraffin sections. A,E:The initial stage of ovary development; B,F:The early stage of ovary development; C,G:The medium stage of ovary development; D,H:The late stage of ovary development. M,meristem; arrows in E-H indicate intermediate chamber (IC), lateral chamber (LC), ovules (O) and junction (JC). Bar =500μm

图3 不同时期子房石蜡切片  
Fig. 3 Ovary paraffin sections of bi-loculus and multi-loculus in different stages



注:A 子房发育初期,两端分生组织之间的缝隙;B 子房发育中期,两端分生组织已连接;C 子房发育后期,两端分生组织已完全融合;数字 1、2 表示两端分生组织。箭头所指分别为分生细胞(MC)和表皮细胞(EC)。标尺 50μm  
Note:A:Gap between both ends of the meristem is at the initial stage of ovary; B:Both ends of the meristem connect at the medium stage; C:Both ends of the meristem at the late stage. Number 1 and 2 are ends of the meristem. The arrows indicate meristematic cells(MC) and epidermal cells(EC); Bar =50μm

图4 子房假隔膜横切面局部图  
Fig. 4 Transverse section of pseudo-septum in ovary

表 2 J163 和 J248 组合角果室数性状在 F<sub>2</sub> 和 BC<sub>1</sub> 世代的分离表现  
Table 2 Performances of loculus characteristics of siliques in F<sub>2</sub> and BC<sub>1</sub> generations of the combination between J163 and J248

组合 Combination	世代 Generation	植株总数 Total No. of plants	两室单株 Bi – locular plants	多室单株 Multi – locular plants
F <sub>1</sub> 自交 F <sub>1</sub> selfing	F <sub>2</sub>	228	214	14
F <sub>1</sub> × J163	BCF <sub>1</sub>	461	336	125
F <sub>1</sub> ’ 自交 F <sub>1</sub> ’ selfing	F <sub>2</sub> ’	147	138	9
F <sub>1</sub> ’ × J163	BCF <sub>1</sub> ’	173	127	46

表 3 J163 和 J248 组合 F<sub>2</sub> 和 BC<sub>1</sub> 世代观察值的卡平方测验  
Table 3 Chi – square test in F<sub>2</sub> and BC<sub>1</sub> populations of J163 and J248

世代 Generation	项目 Item	观察值(O) Observed plants	两室与多室理论比值 Theoretic ratio	理论值(E) Theoretic plants	O – E	χ <sup>2</sup> c	χ <sup>2</sup> <sub>0.05,1</sub>
F <sub>2</sub>	两室 Bi – loculus	214	15:1	213.7	-0.25	0.004 7	3.84
	多室 Muti – loculus	14		14.25	0.25		
	总和 Total	228		228	0		
BC <sub>1</sub>	两室 Bi – loculus	336	3:1	346.75	10.75	1.045	3.84
	多室 Muti – loculus	125		115.25	-9.75		
	总和 Total	461		461	0		
F <sub>2</sub> ’	两室 Bi – loculus	138	15:1	137.81	-0.19	0.011	3.84
	多室 Muti – loculus	9		9.19	0.19		
	总和 Total	147		-9.19 147	0		
BC <sub>1</sub> ’	两室 Bi – loculus	127	3:1	129.75	2.75	0.078	3.84
	多室 Muti – loculus	46		43.25	-2.75		
	总和 Total	173		173	0		

对 F<sub>2</sub> 和 BC<sub>1</sub> 群体两室角果和多室角果性状分离比进行卡方测验(表 3),结果表明,F<sub>2</sub>、F<sub>2</sub> ’ 的 χ<sup>2</sup> c 分别为 0.004 7 和 0.011,均小于 χ<sup>2</sup><sub>0.05,1</sub> = 3.84,说明 F<sub>2</sub> 和 F<sub>2</sub> ’ 角果性状分离比符合 15: 1 的分离期望值,从而证实 J163 与 J248 在角果室数基因位点存在 2 对基因差异,多室性状受 2 对隐性基因 *mc1mc1mc2mc2* 控制。BC<sub>1</sub> 和 BC<sub>1</sub> ’ 的 χ<sup>2</sup> c 分别为 1.045 和 0.078,也均小于 χ<sup>2</sup><sub>0.05,1</sub> = 3.84,BC<sub>1</sub> 和 BC<sub>1</sub> ’ 的田间实测分离比符合 3: 1 的期望值,也证实了控制 J163 和 J248 在角果果室性状基因位点存在 2 对独立遗传基因差异,并且两室性状对多室性状为显性。

3 讨论

高产是油菜遗传育种研究的首要目标。油菜单株产量构成因素包括单株角果总数、每角粒数和千粒重。前人研究表明,这三个因素均与单株产量显著正相关,其中以单株角果数、每角粒数对产量<sup>[10~12]</sup>以及单株产量的杂种优势贡献最大<sup>[13,14]</sup>。宋稀等<sup>[15]</sup>分析发现,高密度种植模式下,每角粒数、主花序有效角果数、单株有效角果数等与小区产量都有显著或极显著的相关关系,对小区产量的直接作用大小顺序为:每角粒数 > 单株有效角果数 > 千粒重。因此,他们建议高密度种植下油菜的选育重点应放在有效角果数(主花序有效角果数及结角密

度)和每角粒数等性状上。祝利霞等<sup>[16]</sup>通过对近 20 年来中国冬油菜区域试验新品种的产量性状分析,认为增加每角粒数是冬油菜遗传改良的重点之一。从前人及我们的研究结果来看,尽管多室材料的千粒重和单株有效角果数不及两室材料,但多室材料每角粒数和单株产量均显著高于两室材料,说明多室材料对产量增加的贡献来源于每角粒数的增加。因此,在油菜高产遗传改良中,研究利用多室性状无疑具有十分重要的意义。

何余堂等<sup>[1]</sup>对白菜多室油菜的子房切片发现,其子房是由 4 个心皮组成,假隔膜是十字交叉状生长,将子房分隔成大小均匀的 4 个腔室,子房横切面假隔膜呈“+”型,但在后期发育过程中多室角果发育可能受到外界环境因素的影响,部分角果的假隔膜退化使四室的角果最终发育成两室的角果,从而出现两室角果和多室角果的嵌合植株。甘蓝型油菜多室材料为三棱油菜<sup>[2]</sup>,其子房横切面隔膜为“Y”型,假隔膜将子房内腔分割为 3 室。代秉勋等<sup>[3]</sup>对阜油 5 号进行多项特殊处理后在后代中发现重花瓣多心皮和普通多心皮突变体。重花瓣三心皮油菜的角果由 3 个果瓣和 3 个线状果瓣组成,线状果瓣由一层假隔膜连接,将角果分成 3 室,每角粒数明显增多。

本研究通过子房石蜡切片观察发现,芥菜型多室油菜子房由四个心皮组成,其两个近似平行的假隔膜将子房分隔成 1 大 2 小的 3 个腔室(肉眼易认

为是4室),子房的横切面假隔膜呈“II”型,2个假隔膜在子房发育初期就已经形成了,伴随子房发育,假隔膜也逐渐发育成熟。同时发现芥菜型多室油菜子房横切面呈椭圆型,2个中间心皮长度大于侧向心皮,使形成的中间腔室要明显大于两侧腔室,推测是由于同一侧向心皮的假隔膜初期的突起顶端分生组织相邻较近,并相联结生长,故形成芥菜型多室油菜“II”型假隔膜。通过对比发现,白菜型多室油菜子房的横切面几乎呈一个圆形,构成子房的4个心皮长度大小均一,形成的4个果室的大小一致。在多室角果中着生3~4列籽粒,每角粒数显著多于两室角果,如果多室角果室的大小没有同比例增大,势必会影响籽粒的生长。在营养条件或其他环境条件的影响下使植株的生长受到抑制,角果发育过程受阻,为保证籽粒的生长获得足够的空间,白菜多室油菜角果假隔膜退化形成2个大小一致的果室<sup>[1]</sup>。总结前人和本实验切片研究结果发现,多室油菜角果明显比两室粗大,角果内着生3~4排籽粒,每角粒数显著增加,同时也发现角果腔室为3室的油菜其遗传稳定性好,并且在生长过程中,假隔膜生长稳定,没有出现发育退化的现象。

本研究所用芥菜型多室材料基因型可能为 *mc1mc1mc2mc2*,而两室材料基因型可能为 *Mc1Mc1Mc2Mc2*,2对非等位基因之间具有重叠作用,这一结果与赵洪朝等<sup>[8]</sup>分析认为他们所研究的芥菜型油菜材料多室角果性状受1对隐性基因控制完全不同;Choudhary等<sup>[6]</sup>曾报道其研究的芥菜型油菜多室性状受2对隐性核基因控制,我们结果可能与他们的结论一致,但Choudhary等所用芥菜型多室材料角果室数为四室。故而,本研究所用材料与国内外报道的芥菜型油菜多室角果材料完全不同。但因本研究仅对J163和J248两个材料的杂交及回交后代进行分析,所揭示的仅是这两个材料在多室位点上遗传差异,有关J163多室性状的遗传控制机制有待进一步研究。

致谢:本研究石蜡切片观察得到华中农业大学李和平教授的帮助,在此谨表谢意!

参考文献:

[1] 何余堂,龙卫华,胡进平,等.白菜型油菜角果多室性状的遗传及解剖学研究[J].中国油料作物学报,2003,25(1):1-4.

[2] 朱彦涛.甘蓝型三棱角油菜新材料的遗传与选育研究初报[J].西北农业学报,2005,14(1):23-26.

[3] 代秉勋,李加纳,沈显生,等.多心皮油菜的植物学特征及意义[J].作物研究,2004,(1):45-47.

[4] Katiyar R K,Chamola R,Chopra V L.Tetralocular mustard, *Brassica juncea*:New promising variability through interspecific hybridization[J].Plant Breeding,1998,117:398-399.

[5] 赵洪朝,杜德志,刘青元,等.芥菜型多室油菜的主要性状表现[J].西北农业学报,2003,12(3):62-64.

[6] Choudhary B R,Solanki Z S.Inheritance of silique locule number and seed coat colour in *Brassica juncea*[J].Plant Breeding,2007,126:104-106.

[7] 赵文路.种间杂交创建的甘蓝型多室油菜的多室等位性研究及其不育材料JN55A不育类型的鉴别[D].西宁:青海大学,2007.

[8] 赵洪朝,杜德志,刘青元,等.芥菜型油菜多室性状的遗传研究[J].西北农林科技大学学报,2003,31(6):90-92.

[9] 李和平.植物显微技术(第二版)[M].北京:科学出版社,2009.

[10] Pradhan A K,Sodhi Y S,Mukhopadhyay A,et al. Heterosis breeding in Indian mustard (*Brassica juncea* L. Czern & Coss):analysis of component characters contributing to heterosis for yield[J].Euphytica,1993,69:219-229.

[11] 杨安中,彭春华.油菜单株产量与若干农艺性状的相关分析[J].安徽农学通报,2006,12(2):33-34.

[12] 戚存扣,浦惠明,张洁夫,等.甘蓝型油菜品种间籽粒产量及产量性状杂种优势分析[J].江苏农业学报,2003,19(3):145-150.

[13] 沈金雄,傅廷栋,杨光圣,等.甘蓝型油菜杂种优势及产量性状的遗传改良[J].中国油料作物学报,2005,27(4):5-9.

[14] 沈金雄,傅廷栋.我国油菜生产、改良与食用油供给安全[J].中国农业科技导报,2011,13(1):1-8.

[15] 宋 稀,刘凤兰,郑普英,等.高密度种植专用油菜重要农艺性状与产量的关系分析[J].中国农业科学,2010,43(9):1 800-1 806.

[16] 祝利霞,张冬晓,傅廷栋,等.20年来中国冬油菜新品种产量和抗病性状分析[J].中国农学通报,2010,26(24):375-380.

(责任编辑:郭学兰)