

卷丹小孢子母细胞减数分裂染色体行为的研究

刘晓丽, 贾桂霞

(北京林业大学园林学院/国家花卉工程技术中心, 100083 北京)

摘要: 本试验对引种于陕西汉中地区的三倍体卷丹的小孢子母细胞减数分裂进程、花粉生活力和可育性进行了分析。结果显示: 减数分裂时期与花蕾、花药长度及花药壁颜色呈现出一定的相关性, 处于减数分裂时期的卷丹花蕾长度在 2.5 ~ 3.2 cm 之间, 花药长度在 1.4 ~ 1.8 cm 之间; 从细线期到成熟花粉粒, 花药壁的颜色呈现出淡绿色 - 淡黄绿色 - 黄绿色 - 橘黄色的变化趋势, 花药内容物颜色也从透明逐渐变为粘稠的橘红色。减数分裂终变期染色体构型以三价体为主, 平均构型为: $11.6\text{ III} + 2\text{ II} + 1.1\text{ I}$, 可判断该种源地卷丹为同源三倍体。减数分裂中出现染色体不均等分裂、染色体落后、染色体桥及微核现象, 同时观察到成熟花粉粒大小差异较大, 极轴与赤道轴乘积在 $839.465 \sim 3327.907 \mu\text{m}^2$ 范围内, 趋于正态分布, 为三倍体卷丹花粉的高度不育提供了细胞学证据。以卷丹为母本与大花卷丹进行杂交, 得到一定数量的种子, 其中有胚率达到了 43.0%, 成苗率为 67.4%, 说明三倍体卷丹在百合育种中具有一定的价值。

关键词: 卷丹; 小孢子母细胞; 减数分裂; 三倍体育性

Chromosom Behavior of Pollen Mother Cell in Meiosis Process for *Lilium lancifolium*

LIU Xiao-li, JIA Gui-xia

(National Engineering Research Center for Floriculture/College of Landscape Architecture,
Beijing Forestry University, Beijing 100083)

Abstract: The meiosis process of pollen mother cell, the pollen grains vitality of *L. lancifolium* from Hanzhong district, Shanxi province, was observed. The results showed that the length of buds and anthers, and the color of the anther wall were related to the stage of the meiosis process. The length of buds and anther which were in the meiosis process were between 2.5 and 3.2 cm / 1.4 and 1.8 cm, respectively. The main chromosome configurations were trivalent in diakinesis stage, and the average configuration was $11.6\text{ III} + 2\text{ II} + 1.1\text{ I}$, which showed that the *L. lancifolium* was used in this experiment was autotriploid. The asymmetric division, chromosome lag, chromosome bridge, and micronucleus were present in distinct meiosis stages, which provided the cytological evidence for the low fertility of pollen grain. The prospect of application of triploid *L. lancifolium* in the Lily breeding was also discussed in this article.

Key words: *L. lancifolium*; pollen mother cell; meiosis; fertility of triploid

卷丹 (*L. lancifolium*) 是百合科百合属的多年生球根植物, 除原产日本的黄花卷丹 (*L. lancifolium* var. *flaviflorum* Stearn)、美丽卷丹 (*L. lancifolium* var. *splendens* Leich) 和原产于朝鲜的福氏卷丹 (*L. lanci-*

folium var. *fortunei* Hort)、重瓣卷丹 (*L. lancifolium* var. *flore-plena* Regel) 等变种为二倍体 ($2n = 2x = 24$) 外, 原种均为三倍体 ($2n = 3x = 36$)^[1], 在我国尚未发现有二倍体卷丹的分布。

收稿日期: 2011-12-16 修回日期: 2012-04-27 网络出版日期:
URL:

基金项目: 国家自然科学基金(31071819); 国家科技支撑计划(2009BADB8B04); 北京市教育委员会产学研合作项目(北京地区百合种球和切花产业化生产关键技术推广示范)

作者简介: 刘晓丽, 硕士研究生。研究方向: 百合遗传育种。E-mail: lx69827076@163.com

通信作者: 贾桂霞, 博士, 教授, 博士生导师。研究方向: 观赏植物种质资源与遗传育种。E-mail: gxjia@bjfu.edu.cn

通常认为三倍体植物在减数分裂联会时会形成三价体、单价体甚至是多价体等二价体以外的构型^[2],导致染色体的分离发生紊乱,形成染色体数目从 $n \sim 2n$ 的配子^[3],其中含有完整染色体组(n 或 $2n$)的比例极低($1/2^n$),严重破坏了遗传物质的平衡,因此常常是高度不育的。但是由于雌、雄配子对额外染色体具有一定的忍耐性,所以三倍体的不育性也不是绝对的;不同植物中雌、雄配子对额外染色体的忍耐性又存在着很大的差异:如菜苔(*Brassica parachinensis*)^[4]、大白菜(*B. rapa*)额外染色体通过雌雄配子的传递率都较高^[5],而谷子(*Setaria italica*)额外染色体则更易通过雌配子传递给后代^[6]。在大麦(*Hordeum vulgare*)、菜苔、黄瓜(*Cucumis sativus*)等植物的育种中已利用三倍体与二倍体进行杂交获得了非整倍体后代^[7],特别是在大麦育种中已将其中的一种三体作为优势杂种的保持系^[3]。

虽然三倍体卷丹自交基本上不能结实,但是国际上近年来利用卷丹为亲本展开了一系列的杂交试验,发现其作为亲本与亚洲百合及卷瓣组的野生百合具有一定的亲和性,并获得了杂交后代;其中现代杂种百合系统中的火红杂种系(*L. Cardinal hybrids*)、中世纪杂种系(*L. Mid Century hybrids*)、曼杰勒斯杂种系(*L. × Manglesiis*)和玛格丽特杂种系(*L. × Margaret Johnson*)就是利用卷丹作为亲本培育而成的^[1],是卷丹应用于百合育种的重大突破。国内有关卷丹的杂交育种很少,仅沈阳农业大学雷家军等^[8]报道利用卷丹作为亲本与东方百合、亚洲百合、部分野生百合进行杂交并获得了一定数量的杂种后代,并发现与亚洲百合、卷瓣组的野生百合具有较好的亲和性,且将其作为母本结实更好,这可能与百合的胚囊发育类型属于贝母型有关^[9]。卷丹与其他野生百合相比具有植株强健、抗病和抗寒性强、适应性广等特点,是不可多得的育种材料。因此,有必要对其雄配子体的形成过程进行研究,为其作为父本时不易结实的情况提供细胞学上的依据。

本研究以从陕西汉中地区引种的卷丹为试材,对其小孢子母细胞减数分裂中染色体的行为和花粉的育性进行了观察;并以卷丹为母本与大花卷丹进行杂交,通过获得的种子数和有胚率等指标,研究其作为育种亲本的可能性,以指导卷丹在百合育种中的应用。

1 材料与方法

1.1 材料

试验以栽种于北林科技温室、于陕西汉中地区引种的卷丹作为试验材料。生长期间温室白天温度为 $20 \sim 25 \text{ }^\circ\text{C}$,夜间温度为 $15 \sim 20 \text{ }^\circ\text{C}$,空气相对湿度为 $60\% \sim 70\%$ 。

1.2 方法

1.2.1 花药形态特征与减数分裂不同阶段的关系 取 $2.5 \sim 3.0 \text{ cm}$ 的卷丹花蕾带回实验室进行水培,每隔 $2 \sim 3 \text{ h}$ 进行常规制片、镜检,记录花蕾、花药长度及花药壁、内容物颜色及其所处的发育阶段。

1.2.2 小孢子母细胞减数分裂染色体行为的观察 小孢子母细胞减数分裂的观察采用花药压片法进行。取不同发育时期的卷丹花药,用卡诺氏固定液(无水乙醇:乙酸(v/v) = $3:1$)固定 24 h 后,转入 70% 的乙醇中保存备用。压片时用蒸馏水洗去表面乙醇溶液、吸干水分后,用刀片、镊子挤出花药内容物涂于载玻片上,滴加 $1 \sim 2$ 滴醋酸洋红染液涂匀,染色 $50 \sim 90 \text{ s}$ 后盖上盖玻片(部分切片用卡宝品红染色),用滤纸吸除多余染液后置于 Leica DM LS2 光学显微镜下进行显微观察、摄影($40 \times$ 物镜下)。记录减数分裂中发生的染色体异常行为。

1.2.3 花粉大小和生活力测定 采用离体萌发法和醋酸洋红染色法测定新鲜花粉的生活力。离体萌发中所用的萌发液有两种,一种为 10% 蔗糖(w/v) + 100 mg/L 硼酸 + 10 mg/L 氯化钙,另一种为 5% 蔗糖(w/v) + 50 mg/L 硼酸 + 30 mg/L 氯化钙。后置于铺有湿润滤纸的培养皿中在 $25 \text{ }^\circ\text{C}$ 下进行培养, $3 \sim 5 \text{ h}$ 后统计萌发率,以花粉管超过花粉粒长径为萌发标准,每个处理观察 3 个视野,每个视野花粉粒不低于 100 个。醋酸洋红染色法:用 0.1% 的醋酸洋红染液对新鲜花粉进行染色,染成红色的记为有活力的花粉,观察 3 个视野,每个视野花粉粒不低于 100 个,统计有生活力的花粉所占的百分率。同时用画图软件对花粉粒的极轴及赤道轴的长度进行测量,以其两者乘积(μm^2)作为衡量花粉粒大小的指标。(椭圆形面积 = $\pi/4$ 长轴长 \times 短轴长)

1.2.4 卷丹与大花卷丹的杂交试验 以卷丹作为母本与大花卷丹采用常规授粉方法进行杂交,授粉后 20 d 统计膨大率,授粉后 100 d 取成熟蒴果,统计有胚种子数及有胚率。授粉后 $45 \sim 85 \text{ d}$ 取膨大蒴果将胚珠剥离接入蔗糖 30 g/L + NAA 0.01 mg/L 的 MS 培养基中,先在黑暗条件下培养 14 d 左右待其

萌发后再转移到光照 1000 ~ 1200 lx 16 h, 统计杂种的出苗率。

2 结果与分析

2.1 减数分裂时期与花部形态特征的关系

将 2.5 ~ 3.0 cm 的花蕾取回置于培养皿中进行水培, 每隔 2 ~ 3 h 取花药制片观察。结果显示从细线期开始到四分体时期所需要时间在 50 h 左右; 其中细线期所占的时间最长, 大约为 24 h 左右, 中期 I、中期 II 持续时间分别为 2 h 左右。花蕾、花药的长度及花药壁的颜色与减数分裂时期存在一定的相关性。如表 1 所示, 处于减数分裂时期的卷丹花蕾长度在 2.5 ~ 3.2 cm 之间, 花药长度在 1.4 ~ 1.8 cm 之间。从细线期到成熟花粉粒, 花药壁的颜色呈现出淡绿色-淡黄绿色-黄绿色-橘黄色的变化趋势, 花药内容物颜色也从透明逐渐变为粘稠的橘红色。同一花药不同部分的小孢子母细胞处于不同的分裂时期, 其中与花丝连接的基部细胞分裂进程较尖部早, 存在不同步现象。

表 1 花蕾和花药长度及花药颜色与减数分裂时期的关系

Table 1 The relationship between the morphological characteristics of buds/anthers and the stages of meiosis

花蕾长度 (cm)	花药长度 (cm)	花药壁颜色 Colour of anther wall	花药内容物颜色 Colour of anther container		减数分裂时期 Meiosis stage
			物颜色	物颜色	
2.5 ~ 3.0	1.4 ~ 1.7	淡绿色	透明	透明	细线期、偶线期、粗线期
			淡黄绿色	淡黄色	双线、终变期、中期 I
			黄绿色	黄色	中期 I、末 I、前期 II、中期 II、后期 II、末期 II
2.8 ~ 3.2	1.6 ~ 1.8	黄色-橘黄色	橘红色	橘红色	游离小孢子、成熟花粉粒

2.2 卷丹小孢子母细胞减数分裂的过程

在减数分裂过程中可以观察到卷丹的体细胞数目为 36 条 ($2n = 3x = 36$), 为三倍体; 其减数分裂属于连续型, 在末期 I 和末期 II 均会形成细胞板。

2.2.1 减数第 1 次分裂染色体的行为 小孢子母细胞进入减数分裂后, 细胞体积明显增大, 染色质开始凝聚, 到细线期可看到细线结构 (图版 I-1), 局部

可见着色较深的染色粒。在偶线期联会复合体开始形成, 但在形态上与细线期难以区别。进入粗线期, 染色体明显凝聚变粗, 但仍为细线状, 早双线期的染色体多聚集在一起不易分辨其价体形式及构型 (图版 I-2), 随着双线期的进行, 同源染色体相互排斥, 交叉明显并开始端化, 同时染色体剧烈缩短变粗。终变期染色体收缩到最大程度, 并分散在细胞内, 是染色体计数和观察价体形式与构型的最好时期。

在此时终变期观察到三价体、二价体和单价体, 以三价体所占比例最大 (图版 I-3 ~ 6)。试验中观察到 12 III、10 III + 2 II + 2 I、11 III + 1 II + 1 I、11 III + 3 I 4 种构型, 共统计了 169 个处于终变期的细胞, 4 种构型所占比例分别为: 64.5% (109/169)、7.7% (13/169)、26.0% (44/169) 和 1.8% (3/169), 平均构型为: 11.568 III + 0.414 II + 0.468 I。中期 I 时三价体、二价体聚集在赤道板周围, 部分单价体游离于赤道板外 (图版 I-7)。

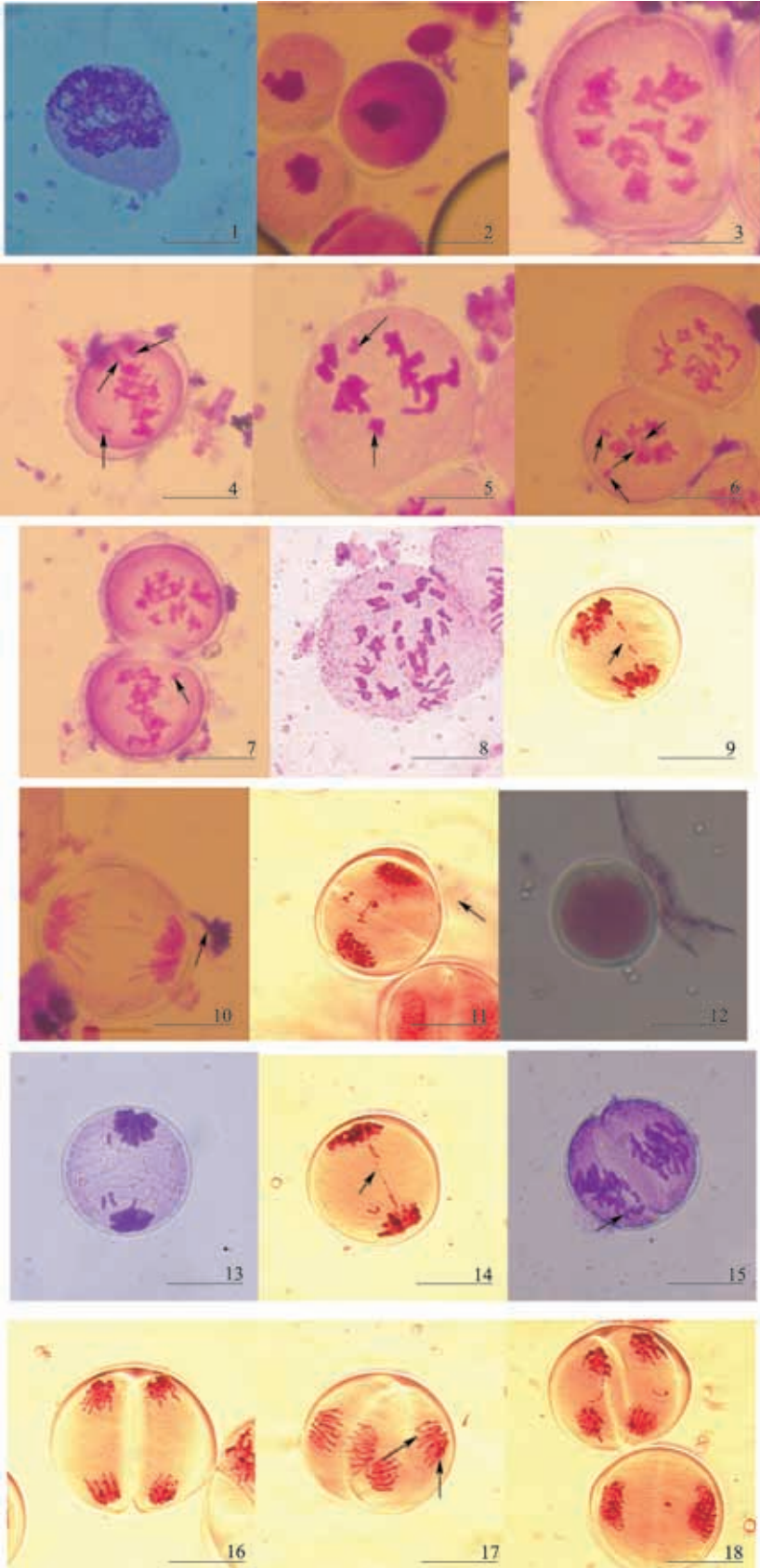
后期 I 联会的同源染色体在纺锤丝的牵引下向细胞两极移动, 其中三价体以 1:2 的比例随机分离, 单价体则随机移向细胞一级, 移向两级的染色体数目大致相等, 很少出现极端不平衡的现象 (图版 I-8)。同时在此时期观察到染色体落后 (图版 I-9)、染色体桥 (图版 I-10) 和微核等异常现象, 随着减数分裂的进行, 部分落后染色体会最终到达细胞两极, 有的滞留在细胞板处形成微核 (图版 I-11), 有的则消失于细胞质中。同时还观察到极少数的无核细胞 (图版 I-12), 如表 2 所示在减数分裂后期 I 和末期 I 分别有 61.0% 和 40.0% 的细胞存在 0 ~ 6 条不等的落后染色体。

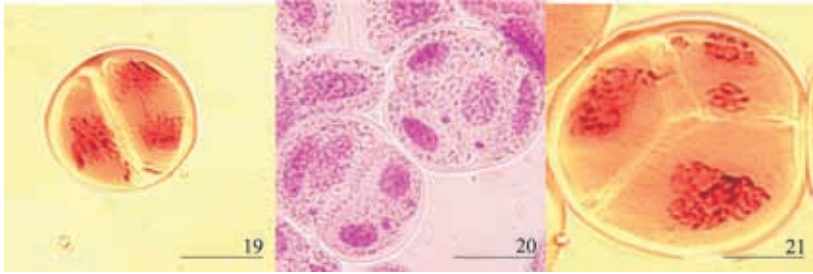
末期 I 染色体到达两极后又聚集在一起, 并逐渐解螺旋化, 同时进行胞质分裂形成细胞板, 成为 2 个子细胞, 此时期也观察到染色体落后 (图版 I-13)、染色体桥 (图版 I-14) 和微核等异常现象。

2.2.2 减数第 2 次分裂染色体的行为 前期 II 染色体重新凝缩, 中期 II 染色体重新排列在 2 个赤道板上, 仍观察到有极少细胞的个别染色体游离于赤道板外 (图版 I-15), 后期 II 两条姐妹染色单体在纺锤丝的牵引下向 2 个子细胞的两极移动, 但二分体中移向两极的染色体有的在同一平面上, 最终形成平面四角形的四分体 (平行纺锤体) (图版 I-16); 有的则不在同一平面上, 最终形成三角锥形的四分体 (垂直纺锤体) (图版 I-17), 两种情况所占的比例分别为 64.8% 和 35.2%。在此时期也观察到了染色体落后 (图版 I-18)、染色体桥 (图版 I-19) 等异常现象。末期 II 染色体

逐渐解螺旋化,随着胞质分裂的进行,大部分细胞都能够形成四分体,但可见部分细胞中含有微核(图版 I-20)在后期II至末期II的部分细胞中观察到2个子细

胞减数分裂存在着不同步性(图版 I-19)。最后大多数细胞都能形成正常的四分体,仅有极少数的三分体存在(图版 I-21)。





图版 I 卷丹小孢子母细胞减数分裂过程及染色体的异常行为

Fig. 1 The meiosis process of pollen mother cell of *L. lancifolium* and the abnormal behavior of chromosome during the meiosis

- I-1: 细线期; I-2: 早双线期; I-3: 终变期染色体构型 12 III; I-4: 终变期染色体构型 11 III + 3 I; I-5: 终变期染色体构型 11 III + 1 II + 1 I; I-6: 终变期染色体构型 10 + 2 II + 2 I (下) (I-4 ~ 6 箭头示单价体、二价体); I-7: 中期 I 单价体游离于细胞板外(下); I-8: 后期 I 三价体以 1:2 的比例随机分离; I-9: 后期 I 染色体落后(箭头示落后染色体); I-10: 后期 I 染色体桥; I-11: 末期 I 落后染色体滞留在细胞板处(箭头示落后染色体); I-12: 后期 I - 二分体时期无核细胞; I-13: 末期 I 落后染色体; I-14: 末期 I 染色体桥; I-15: 中期 II 部分染色体未排列在赤道板上(箭头示游离单价体); I-16: 后期 II 平行纺锤体; I-17: 后期 II 垂直纺锤体; I-18: 后期 II 落后染色体; I-19: 后期 II 染色体桥及不同步性; I-20: 四分体及小孢子中的微核(箭头示微核); I-21: 三分体。注: 标尺为 20 μm
- I-1: Leptonema; I-2: Diplonema; I-3: Chromosome configuration at diakinesis stage 12 III; I-4: Chromosome configuration at diakinesis stage 11 III + 3 I; I-5: Chromosome configuration at diakinesis stage 11 III + 1 II + 1 I; I-6: Chromosome configuration at diakinesis stage 10 + 2 II + 2 I (bellow), (I-4 ~ 6 monoivalent and bivalent marked by arrows); I-7: Monoivalent disperses out of cell plate at metaphase I (bellow); I-8: Trivalent separate randomly by 1:2 at anaphase I; I-9: Chromosome lagging at anaphase I (lagging chromosomes marked by arrows); I-10: Chromosome bridges at anaphase I; I-11: Lagging chromosomes lingering at cell plate at telophase I (lagging chromosomes marked by arrows); I-12: Cells are lack of a nucleus during anaphase I and dyad; I-13: Lagging chromosomes at telophase I; I-14: Chromosome bridges at anaphase I; I-15: Partial chromosomes dispersed out of cell plate at metaphase II (monoivalent out of cell plate marked by arrows); I-16: Parallel spindle at anaphase II; I-17: Vertical spindle at anaphase II; I-18: Lagging chromosomes at anaphase II; I-19: Lagging chromosomes and asynchronism at anaphase II; I-20: Micronucleus presented at tetrad and gametes (marked by arrows); I-21: Triad. Note: Scale is 20 μm

从表 2 中统计数据可知,后期 II 和末期 II 分别有 40.0% 和 43.2% 的细胞存在 0~5 条不等的落后染色体。这些染色体随着减数分裂的进行或正常进入下一个分裂相,或滞留在细胞板处形成微核,或消失在细胞质中,造成了遗传物质分配的不平衡,可能是影响三倍体育性的原因之一。

2.3 花粉生活力测定

在显微镜下观察到卷丹花粉的大小和形态不一,其中饱满成熟花粉粒为椭球形至球形,干瘪的花粉粒为梭形。

对两种萌发液条件下培养的花粉萌发进行观察,各统计了 5 个视野,每个视野不少于 150 个花粉粒,重复 3 次,均未观察到有萌发的花粉粒。

醋酸洋红染色法测定花粉生活力,共统计了 523 个花粉粒的染色情况,有 66.9% (350 个) 的花粉被染成红色(图 2)。干瘪的花粉粒均未被染色,占未被染色花粉粒总数的 15.0% (26/173)。由于大多数花粉为椭球形,因此采用花粉粒极轴长和赤道轴长的乘积作为花粉大小的衡量标准。结果显示

表 2 减数分裂中异常染色体的频率

Table 2 The frequency of abnormal chromosome behavior in meiosis

分裂期	观察细胞数	含有落后染色体细胞数	含有染色体桥细胞数	落后染色体平均数/细胞
Mitotic phase	No. of cells observed	No. of cells containing lagging chromosomes	No. of cells containing chromosome bridge	Average No. of lagging-chromosomes per cell
后期 I	123	75	9	1.46(0-5)
末期 I	160	64	8	1.92(0-6)
后期 II	120	48	3	0.77(0-5)
末期 II	148	64	1	0.76(0-3)

每细胞所含的平均落后染色体条数 = Σ (落后染色体数 \times 细胞数) / 细胞总数; 括号内为细胞内所含落后染色体条数。

Average lagging chromosome number per cell contained = Σ (number of lagging chromosomes \times number of cells containing lagging chromosome) / number of cells observed; the number of lagging chromosomes is displayed in the bracket

干瘪花粉粒的平均大小为 $1026.153 \mu\text{m}^2$ ($839.465 \sim 1364.157 \mu\text{m}^2$), 未被染色的饱满花粉粒平均大小为 $1505.587 \mu\text{m}^2$ ($1019.257 \sim 2076.391 \mu\text{m}^2$), 被染成红色花粉粒平均大小为 $1912.776 \mu\text{m}^2$ ($1257.061 \sim 3327.907 \mu\text{m}^2$)。如图 1 所示, 花粉粒的大小呈现出近似于正态分布的趋势, 其中以大小分布 $1550 \sim 1850 \mu\text{m}^2$ 的所占比例最大, 达到了 44.9%, 这与同源三倍体产生各种类型的非整倍体配子的理论分布趋势相似。由于花粉粒的大小应该与其所含的遗传物质的多

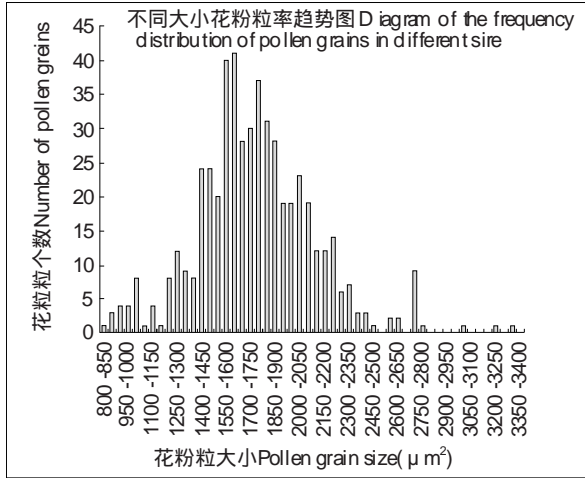


图 1 不同大小花粉粒出现频率的分布趋势图
Fig. 1 The frequency distribution of pollen grains in different size

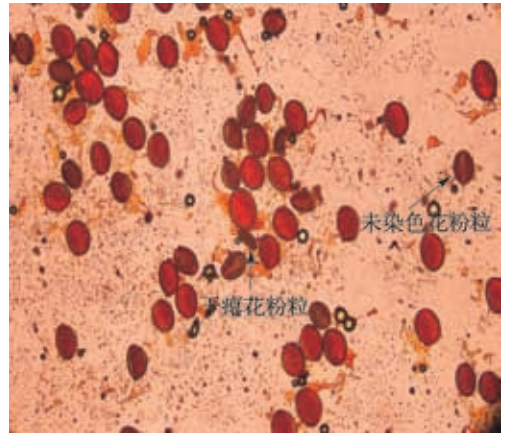


图 2 花粉染色情况
Fig. 2 The vitality of pollen grains tested by staining with acetocarmine

少有一定的关系^[10], 所以认为不同大小花粉粒出现频率的分布趋势也可以作为非整倍体配子出现的佐证。

2.4 卷丹与大花卷丹的杂交试验

如表 3 所示, 在以卷丹为母本与大花卷丹的杂交试验中, 子房膨大率和有胚率分别达到了 61.1% 和 43.0%。结合减数分裂中染色体的分离情况和花粉活力测定结果来看, 确实存在含有非整倍体染色体数目的配子参与受精的可能性, 需要通过对杂种后代进行进一步的细胞学鉴定来确定卷丹卵细胞的染色体数。

表 3 卷丹与大花卷丹杂交结实及成苗情况

Table 3 The fecundity and the offspring survival ability of *L. lancifolium* × *L. lancifolium* var. *maximowiczii*

授粉花朵数 No. of flowers pollinated	子房膨大数 No. of ovaries enlarged	培养胚珠数 No. of ovules nurtured	有胚胚珠数 No. r of ovules containing embryo	有胚率 (%) Ovules containing embryo	萌发率 (%) Ovules germinated	成苗数 No. of successful seedlings	成苗率 (%) Successful seedlings
18	11	389	490	43.0	76.3	262	67.4

3 讨论

在对卷丹小孢子母细胞减数分裂过程的观察中发现, 花蕾、花药的长度及花药颜色与减数分裂的进程有密切的相关性, 观察减数分裂应取长度在 2.5 ~ 3.2 cm 的花蕾。若材料较少或要确定各个时期在整个减数分裂中所占的比例, 可以对花蕾进行水培, 隔一定的时间取材压片。

试验中观察到终变期染色体的平均构型为: $11.568\text{III} + 0.414\text{II} + 0.468\text{I}$, 所以认为该种源的卷丹为同源三倍体。而梅芳等^[2]在对神农架卷丹的核型研究中认为其为异源三倍体, 这可能与不同来源的卷丹的

遗传背景存在一定的差异及与本试验采用的判断依据不同有一定的关系, 但是以减数分裂中同源染色体联会的情况来判断多倍体的类型还是有一定的科学依据的^[11]。

许多研究认为, 多倍体的不育性主要是由于减数分裂中染色体行为异常^[12-14] 如不均等分离、染色体落后染色体桥等引起的配子染色体数目失衡引起的。在本研究中也后期 I、末期 I、后期 II 和末期 II 时期观察到了落后染色体、染色体桥、微核等异常现象, 表明卷丹形成的配子多为非整倍体。在后期 I 和二分裂时期观察到无核细胞的存在, 说明可能形成含有 $2n$ 染色体的配子; 另外在后期 II 观察到纺

锤体定位发生了异常,出现了平行纺锤体,也为 $2n$ 配子的形成提供了可能。同时,花粉粒的大小差异较大,且其大小分布趋势与非整倍体配子出现的理论概率具有相同的趋势,所以认为也可以作为非整倍体配子出现的间接证据。

在用离体萌发法进行的花粉生活力测定试验中,两种萌发液条件下均未观察到萌发的花粉,这与雷家军等^[8]在卷丹与栽培品种百合杂交时测得的萌发率(13.8%)不符,可能与试验材料存在一定的差异有关或者是选用的培养液不适宜卷丹花粉的萌发。醋酸洋红染色法测定花粉生活力有69.0%的花粉被染成红色,与随后杂交试验中有胚率的结果相对应,同时不同大小花粉粒的分布趋势也可以作为非整倍体配子出现的佐证,至于峰值不在中间的原因可能与样本的大小及配子对不同数目的额外染色体的忍受力不同有一定的关系,需要对杂种后代的染色体遗传规律进行进一步的研究加以确定。在雷家军等^[8]的杂交试验中卷丹与多丽安娜和布鲁拉诺两个亚洲百合正反交都获得了有胚种子并且有胚率远远大于0.0488% ($2 \times 1/2^{12}$ 即同源三倍体产生整倍体配子 n 、 $2n$ 配子的理论值)^[3]。在本研究中以卷丹为母本与大花卷丹杂交有胚率达到了43.0%,这都说明有部分含有非整倍染色体数目的卵细胞也参与了受精作用。而杂交试验中所用的父本大花卷丹为二倍体,具有良好的育性,其作为父母本与亚洲百合都表现出了较好的亲和性,所以认为杂种后代若为非整倍体,额外染色体应来自母本^[15]。认为对卷丹小孢子母细胞的减数分裂行为的观察、花粉生活力及其大小的测定能够较为简便地为其在杂交育种中的价值提供细胞学的证据。同

时若能在卷丹杂交后代中筛选出不同类型的倍性后代,则会对基因在染色体上的定位应用及多倍体在百合杂交育种中的应用具有重大的意义。

参考文献

- [1] 龙雅宜,张金政,张兰年.百合-球根花卉之王[M].北京:金盾出版社,2004
- [2] 梅芳,李晓玲,张德春.神农架卷丹染色体核型分析[J].江苏农业科学,2011,39(3):217-218
- [3] 黄建华.三体与三倍体的辨析[J].生物学通报,2011,46(1):22-23
- [4] 张成合,王东平,申书兴.菜苔部分初级三体的选育与细胞学鉴定[J].中国农业科学,2003,36(6):681-684
- [5] 申书兴,李振秋,张成合.大白菜3号、6号双三体及其初级三体的鉴定[J].园艺学报,2002,29(5):438-442
- [6] 王润奇,高俊华,王志兴.谷子三体系列的建立[J].植物学报,1994,36(9):690-695
- [7] 桑丹,刘畅,王娟,等.大白菜结球甘蓝5号和8号单体异附加系的筛选和鉴定[J].植物遗传资源学报,2008,9(4):571-520
- [8] 雷家军,林翼飞.卷丹与亚洲百合和东方百合种间杂交[J].东北林业大学学报,2009,37(12):37-38
- [9] 周仪,蒋瑞彬.百合胚囊的发育(贝母型)——植物学显微摄影彩色照片系列之二[J].生物学通报,2002,37(8):56
- [10] Bretagnolle F, Thompson J D. Gametes with the somatic chromosome number: mechanisms of their formation and role in the evolution of autopolyploid plants [J]. New Phytologist, 1995, 129: 1-22
- [11] 陈瑶.天然三倍体枇杷小孢子母细胞减数分裂研究[D].重庆:西南大学,2008
- [12] 李雪,陈丽梅,杜捷,等.兰州百合小孢子母细胞减数分裂异常现象的观察[J].西北植物学报,2003,23(10):178-179
- [13] 王恒昌,何子灿,李建强,等.秤锤树的核型研究及其减数分裂过程的观察[J].武汉植物学研究,2003,21(3):198-202
- [14] 何丽霞.黄牡丹花粉母细胞减数分裂过程的细胞遗传学观察[J].兰州大学学报,2004,40(6):78-82
- [15] 雷家军,阮冰洁.大花卷丹与亚洲百合、东方百合种间杂交及胚培养研究[J].东北农业大学学报,2011,42(4):66-71