

11种野生百合杂交亲和性的初步研究

刘晓丽 李文媛 贾桂霞

(北京林业大学园林学院, 国家花卉工程技术中心)

摘要: 为使我国野生百合资源用于新品种培育中, 对收集的部分野生百合进行了自交、种间杂交及与栽培品种的杂交, 较为系统地评价了野生百合资源的亲和性。结果表明: 1) 野生百合自交亲和性普遍较好, 细叶百合、宜昌百合、岷江百合自交子房膨大率分别达到了100%、66.7%和11.1%。2) 以卷丹、泸定百合、岷江百合、兰州百合和青岛百合为母本时, 各杂交组合的子房平均膨大率分别达到了53.1%、50.0%、50.0%、45.2%和20.0%, 表现出了较高的亲和性; 以岷江百合、泸定百合和川百合为父本时, 杂交组合的子房平均膨大率分别达到了50.0%、35.0%和10.0%, 可作为杂交育种的亲本材料。3) 百合组的野生种与新铁炮百合和东方百合杂种系的品种有较高的亲和性; 卷瓣组的野生种与亚洲百合和新铁炮百合有较高的亲和性。4) 子房切片培养和胚珠培养的成功率、杂种苗的获得率及有胚率与前期子房的膨大率及子房膨大维持天数有一定的相关性, 说明子房膨大率可作为评价百合杂交亲和性的指标之一。

关键词: 野生百合; 子房膨大率; 杂交亲和性; 胚珠培养

中图分类号: S682.1 文献标志码: A 文章编号: 1000-1522(2012)03-0085-06

LIU Xiao-li; LI Wen-yuan; JIA Gui-xia. **Cross compatibility of 11 species of wild lilies.** *Journal of Beijing Forestry University* (2012) **34**(3) 85-90 [Ch, 20 ref.] National Engineering Research Center for Floriculture, College of Landscape Architecture, Beijing Forestry University, 100083, P. R. China.

In order to use wild lily resources for new cultivar breeding, the cross compatibilities of partial wild lilies were evaluated by self-crossing, inter-specific crossing and crossing between varied species and cultivars. Main results were obtained as follows: 1) the swollen fruit rates in selfing of *Lilium pumila*, *L. laucanthum* and *L. regale* reached 100%, 66.7% and 11.1% respectively. 2) When *L. lancifolium*, *L. sargentiae*, *L. regale*, *L. davidii* var. *unicolor* and *L. tsingtauense* were used as female parents, the average swollen fruit rates reached 53.1%, 50.0%, 50.0%, 45.2% and 20.0% respectively. While as male parents, the average swollen fruit rates of *L. regale*, *L. sargentiae* and *L. davidii* were 50.0%, 35.0% and 10.0% separately. The results indicated that these several species were valuable for lily cross-breeding. 3) The compatibilities between species belonging to Sec. *Leucolirion* and cultivars of Oriental hybrids and *Lilium* × *formolongi* and those between species belonging to Sec. *Sinomartagon* and cultivars of Asia hybrids and *Lilium* × *formolongi* were higher; 4) The relationship between swollen fruit rate and the survival rate of ovary slices and hybrid seedlings indicates that the swollen fruit rate can be used as one of standards to show the cross compatibility among lily crosses.

Key words wild lily; swollen fruit rate; cross compatibility; ovule culture

我国野生百合 (*Lilium brownii*) 资源极为丰富, 是世界百合起源的中心, 全世界约有百合属植物 98 种, 中国 49 种和 18 个变种, 其中有 36 个种和 15 个变种为中国特有种^[1]。20 世纪八九十年代, 黄济明^[2]、杨利平等^[3] 率先开展了野生百合的育种工

作, 之后也有许多育种工作者对野生百合与栽培品种之间、栽培品种组内和组间杂交亲和性及克服受精前后障碍等进行了大量研究, 使我国百合育种工作得到了长足发展。

目前受精前后障碍是百合杂交育种中遇到的

收稿日期: 2011-06-29

基金项目: 国家自然科学基金项目(31071819)、北京市教育委员会产学研合作项目、“十一五”国家科技支撑计划项目(2009BADB8B04)。

第一作者: 刘晓丽。主要研究方向: 百合杂交育种。电话: 15210955283 Email: lxl69827076@163.com 地址: 100083 北京市清华东路 35 号北京林业大学园林学院。

责任作者: 贾桂霞, 教授, 博士生导师。主要研究方向: 观赏植物种质资源与遗传育种。电话: 13521615634 Email: gxjia@bjfu.edu.cn 地址: 同上。

本刊网址: <http://journal.bjfu.edu.cn>

关键问题。根据前人的研究成果,得知切割柱头、离体授粉、激素处理等方法克服受精前障碍的有效方法;但由于百合的遗传背景复杂,百合杂交亲和性受到亲本基因型、正反交、倍性等因素的影响,克服其受精障碍的方法也有很大差别。李悦等^[4]、谈小林等^[5]、屈云慧等^[6]、张彦妮等^[7]的研究发现:百合不同杂种系间一般存在较为严重的杂交障碍,同一杂种系内品种杂交的亲合性也因杂交组合的不同而存在很大差异。前人的杂交试验结果发现,除麝香百合(*Longiflorum hybrids*)杂种系的百合和亚洲百合(*Asiatic hybrids*)杂种系的百合杂交具有较好的亲和性,其他杂种系间的杂交都存在较为严重的杂交障碍,亚洲百合杂种系内的百合亲和性较高,以麝香百合杂种系的百合作为母本进行杂交结实率较高。向仕华等^[8]、周桂雪等^[9]对东方百合(*Oriental hybrids*)、亚洲百合品种不同倍性杂交亲和性的研究发现,四倍体的百合和二倍体的百合杂交,均以四倍体百合作为母本结实性较好。王丹菲等^[10]通过不同百合种间杂交亲和性的试验发现,柱头较长的‘Brunello’做母本时切割花柱的方法能够有效地克服其受精前障碍,而柱头较短的兰州百合(*L. davidii* var. *unicolor*)、渥丹(*L. concolor*)作为母本时以常规授粉的结实率较高。克服受精后障碍的方法主要有子房培养、子房切片培养、胚珠培养及胚培养等一系列的胚挽救措施。其中子房切片培养^[6]主要用于挽救处于早期发育阶段的幼胚(授粉后8~30 d),其出苗所需时间较长,出苗率也较低,胚乳培养和胚培养(授粉后40 d以后)^[11]则有较好的效果。

本试验利用收集的野生百合,采用不同授粉方式进行自交及与栽培品种进行杂交试验,评价野生百合的杂交亲和性,同时对种间杂交障碍的克服方法进行了研究。该工作对我国野生百合资源的利用提供科学依据,同时促进我国百合杂交育种工作的进一步开展。

1 材料和方法

1.1 试验材料

参与杂交的亲本包括野生百合及东方百合、亚洲百合和新铁炮百合(*Lilium × formolongi*)的品种。

野生百合共分为4个组:

1) 卷瓣组,川百合(*L. davidii*)、大花卷丹(*L. leichtlinii* var. *maximowiczii*)、卷丹(*L. lancifolium*)、兰州百合和细叶百合(*L. pumilum*);

2) 钟花组,毛百合(*L. dauricum*)和有斑百合(*L. concolor* var. *puchellum*);

3) 百合组,泸定百合(*L. sargentiae*)、岷江百合(*L. regale*)和宜昌百合(*L. leucanthum*);

4) 轮叶组,青岛百合(*L. tsingtauense*)。

亚洲百合杂种系品种有‘Cordelia’、‘Elite’、‘Evening Star’、‘Nove Cento’、‘Pollyanna’、‘Prato’、‘Renoir’等。

东方百合杂种系品种有‘Acapulco’、‘Bernini’、‘Nymph’、‘Siberia’、‘Sorbonne’等。

新铁炮百合杂种系的品种有‘Sakigake’、‘Shifta’、‘富田白光’、‘富田西尾’、‘雷山1号’、‘雷山2号’、‘雷山3号’、‘琼花1号’等。

杂交试验于2007年5月至2010年7月在北京林业大学北林科技温室及小汤山实验基地进行。温室白天温度20~25℃,夜间15~20℃,空气相对湿度为60%~70%。

1.2 试验方法

1.2.1 杂交组合选配

综合考虑供试材料的花型、花色、抗性、倍性及亲缘关系,选择以下杂交组合来研究野生百合与栽培品种之间的杂交亲和性。具体杂交组合见表1。

1.2.2 杂交方法

1) 去雄:在母本花蕾显色时进行,用锡箔纸包裹柱头以免其他花粉的污染。

2) 花粉的保存及生活力测定:采集的花粉在室内通风、阴凉条件下散粉24 h后,置于-20℃的冰箱内保存。采用离体萌发法对花粉生活力进行测试。2种萌发液配方分别为:蔗糖50 g/L+硼酸50 mg/L+氯化钙30 mg/L、蔗糖100 g/L+硼酸100 mg/L+氯化钙10 mg/L。

3) 授粉:一般在09:00—11:00进行,分别采用常规授粉、切割柱头授粉的方法。常规授粉即在柱头分泌黏液时将花粉直接涂抹于母本柱头;切割柱头授粉即在子房上部留5 mm花柱,涂抹母本花柱黏液后将父本花粉涂于切口处。

4) 授粉后管理工作:授粉后1周除去柱头上包裹的锡箔纸,做好一般的管理工作。并连续观察子房的发育状况,记录子房的膨大情况,统计膨大率。

子房膨大率 = 膨大子房数 / 授粉花蕾数 × 100%

5) 子房切片培养及胚珠培养:授粉后不同时期取膨大子房,在洗涤剂溶液中浸泡20 min,流水冲洗2~3 h后,用75%的乙醇消毒30 s,0.1%氯化汞溶液中消毒10~15 min,无菌水冲洗得到无菌外植体。无菌条件下将膨大子房切成厚约2~3 mm的薄片水平置放在培养基上。培养30 d后,将部分子房切片中的胚珠剥出,进行胚珠培养。培养基均采用B5+NAA 0.01 mg/L和MS+NAA 0.01 mg/L 2种,

培养条件为光照 1 000 ~ 1 200 lx, 温度(24 ± 1) °C。

2 结果与分析

2.1 花粉生活力测定

试验中发现,随着贮藏时间的延长,花粉萌发率呈下降趋势。不同百合花粉的耐储藏能力也不同,如岷江百合和宜昌百合的花粉在经过了近 1 年的贮藏之后,萌发率仍可超过 20%,在贮藏 3 个月内萌发率均可超过 70%,而‘Renior’、细叶百合的花粉在经过 3 个月左右的贮藏后,萌发率只能达到 10% 左右。萌发液蔗糖 50 g/L + 硼酸 50 mg/L + 氯

化钙 30 mg/L 较适合‘Renior’、兰州百合等花粉的萌发;萌发液蔗糖 100 g/L + 硼酸 100 mg/L + 氯化钙 10 mg/L 较适合岷江百合、宜昌百合、有斑白百合等花粉的萌发。‘白天堂’和‘白狐’的花粉在 2 种萌发液的处理中萌发情况均较好,所以杂交时尽量使用较为新鲜的花粉进行杂交,试验的父本花粉萌发率均在 10% 以上。

2.2 4 种野生百合自交亲和性评价

从表 1 可看出:除卷丹外,野生百合的自交亲和性较好;细叶百合的子房膨大率达到了 100%,宜昌百合和岷江百合分别为 66.7% 和 11.1%。

表 1 野生百合自交亲和性比较

Tab. 1 Comparison of self-compatibilities for 4 lily species

自交组合	授粉花朵数	膨大子房数	子房膨大率/%	自交组合	授粉花朵数	膨大子房数	子房膨大率/%
宜昌百合自交	9	6	66.7	细叶百合自交	5	5	100.0
岷江百合自交	9	1	11.1	卷丹自交	15	0	0.0

试验中细叶百合自交采用常规授粉法,宜昌百合、岷江百合自交中,尝试了切割柱头授粉的方式,以常规授粉作为对照,结果常规授粉的方式未得到膨大的子房。说明在百合组中,种内杂交可能存在 S 基因控制的不亲和机制^[12],通过切割柱头的方式则可以避开柱头-花粉识别机制的作用^[13],而成功地克服了自交不亲和障碍。

卷丹自交未得到膨大的子房,可能因为卷丹为三倍体,配子形成过程中染色体分离紊乱,影响了其配子的活力。

2.3 野生百合种间杂交亲和性评价

表 2 显示:同为百合组的岷江百合和泸定百合,正反交子房膨大率分别达到了 100% 和 50%,均表现出较高的亲和性;在以卷丹为母本的杂交组合中,与同为卷瓣组的大花卷丹、兰州百合、细叶百合的子房膨大率也分别达到了 66.7%、82.4% 和 54.5%;不同组间的杂交却存在着较为严重的杂交障碍,除岷江百合和川百合、青岛百合和宜昌百合杂交得到了一定数量膨大的蒴果,其他组间杂交子房均未膨大。

2.4 野生百合与栽培品种之间杂交亲和性评价

从表 3 可以看出,卷瓣组的野生百合与亚洲百合和麝香百合杂种系具有较好的亲和性,而与东方百合则存在一定的杂交障碍。如卷瓣组野生百合作为母本与亚洲百合表现出较好的亲和性,如细叶百合 × ‘Renior’、兰州百合 × ‘Nove Cento’、兰州百合 × ‘Cordelia’、兰州百合 × ‘Renior’、卷丹 × ‘Renior’、卷丹 × ‘Cheops’,几个组合的子房膨大率分别达到了 15.4%、100.0%、80.0%、71.1%、

28.6%、33.3%,而在以亚洲百合为母本与卷瓣组的野生百合杂交中则得到膨大子房,表现出杂交障碍。这可能与亚洲百合的遗传背景较为复杂或者是与杂交组合的选配有关,所以在亚洲百合与野生百合杂交时应选择卷瓣组的百合做母本,以提高杂交的成功率。

表 2 野生百合之间亲和性比较

Tab. 2 Comparison of cross compatibilities among wild lilies

母本	父本	授粉花朵数	膨大子房数	子房膨大率/%
岷江百合	泸定百合	10	5	50.0
岷江百合	川百合	5	1	20.0
泸定百合	岷江百合	5	5	100.0
泸定百合	川百合	5	0	0.0
卷丹	大花卷丹	18	12	66.7
卷丹	兰州百合	17	14	82.4
卷丹	细叶百合	11	6	54.5
川百合	泸定百合	10	0	0.0
川百合	岷江百合	10	1	10.0
兰州百合	岷江百合	20	0	0.0
青岛百合	宜昌百合	4	1	20.0

百合组的野生百合与东方百合进行杂交时表现出较好的亲和性。以岷江百合为母本与‘Sorbonne’、‘Siberia’、‘Acapulco’的杂交组合子房膨大率分别达到了 80.0%、20.0% 和 50.0%,仅宜昌百合 × ‘Sorbonne’组合没有得到膨大的子房。而卷瓣组的兰州百合和川百合为母本分别与东方百合的‘Bernini’、‘Nymph’和‘Sorbonne’、‘Acapulco’、‘Siberia’进行杂交时,除兰州百合 × ‘Nymph’1 个组合的子房膨大率为 20.0% 外,其余组合均未得到膨大的子房,表现出了较为严重的杂交障碍。

表 3 野生百合与栽培品种之间杂交亲和性比较

Tab. 3 Comparison of cross compatibilities
between wild lilies and cultivars

母本	父本	授粉 花朵数	膨大 子房数	子房膨 大率 / %
细叶百合	‘Renior’	13	2	15.4
兰州百合	‘Cordelia’	10	10	100.0
兰州百合	‘Nove Cento’	10	8	80.0
兰州百合	‘Renior’	14	10	71.1
兰州百合	‘Evening Star’	10	0	0
兰州百合	‘Bernini’	10	0	0
兰州百合	‘Nymph’	10	2	20.0
卷丹	‘Renior’	7	2	28.6
卷丹	‘Cheops’	3	1	33.3
川百合	‘Sorbonne’	10	0	0
川百合	‘Acapulco’	10	0	0
川百合	‘Siberia’	10	0	0
岷江百合	‘Sorbonne’	5	4	80.0
岷江百合	‘Siberia’	5	1	20.0
岷江百合	‘Acapulco’	10	5	50.0
宜昌百合	‘Sorbonne’	10	0	0
兰州百合	‘White Heaven’	10	0	0
兰州百合	‘White Fox’	10	0	0
‘Evening Star’	卷丹	10	0	0
‘Prato’	卷丹	10	0	0
‘Pollyanna’	卷丹	10	0	0
‘Pollyanna’	兰州百合	10	0	0
‘Elite’	兰州百合	10	0	0
‘Evening Star’	兰州百合	10	0	0
‘Elite’	毛百合	20	0	0
‘雷山 1 号’	岷江百合	20	15	75.0
‘富田西尾’	岷江百合	20	10	50.0
‘富田白光’	岷江百合	15	10	66.7
‘Shifta’	泸定百合	20	8	40.0
‘雷山 3 号’	泸定百合	20	10	50.0
‘琼花 1 号’	泸定百合	20	10	50.0
‘富田西尾’	川百合	20	8	40.0
‘雷山 3 号’	川百合	20	2	10.0
‘Shifta’	川百合	20	0	0
‘雷山 1 号’	川百合	20	0	0
‘Sakigake’	有斑百合	20	4	20.0
‘雷山 2 号’	有斑百合	20	2	10.0
‘琼花 1 号’	有斑百合	20	0	0
‘富田白光’	有斑百合	15	0	0

在麝香百合杂种系与野生百合杂交时,以麝香百合杂种系的栽培品种作为母本表现出良好的亲和性。以新铁炮百合为母本与野生百合进行杂交时,不管是与百合组或是卷瓣组的野生百合都表现出较好的亲和性:以百合组的岷江百合和泸定百合为父本分别与‘雷山 1 号’、‘富田西尾’、‘富田白光’和‘Shifta’、‘雷山 3 号’、‘琼花 1 号’进行杂交,子房膨大率分别达到了 75.0%、50.0%、66.7% 和 40.0%、50.0%、50.0%;以卷瓣组的川百合和钟花组的有斑百合为父本分别与‘富田西尾’、‘雷山 3 号’和‘Sakigake’、‘雷山 2 号’进行杂交,子房膨大率分别达到了 40.0%、10.0% 和 20.0%、10.0%。但以兰州百合作为母本与铁炮百合‘White Heaven’、‘White Fox’杂交时,均未获得膨大的子房。

2.5 不同授粉方法对部分组合杂交亲和性的影响

从表 4 可以看出:切割柱头授粉可以较好地克服母本柱头较长的宜昌百合自交和以细叶百合为父本的杂交组合的受精前障碍。宜昌百合自交子房膨大率由常规授粉的 0 上升到了 77.8%,并收获了有胚种子;以细叶百合为父本分别与卷丹、‘Evening Star’、‘Prato’、‘Renior’切割柱头也都不不同程度地提高了杂交组合的膨大率,且‘Evening Star’×细叶百合、‘Prato’×细叶百合 2 个组合获得了有胚种子。而在青岛百合×宜昌百合、‘Renior’×兰州百合 2 个组合中,切割柱头授粉却表现出了一定的抑制作用。这可能与母本柱头的抑制因子或与父母本花柱长度存在差异有关,具体原因可以通过实验观察 2 种授粉方式下花粉在母株上的萌发情况来确定。

表 4 不同授粉方式对部分杂交组合亲和性的影响

Tab. 4 Effects of different pollination methods on the compatibility of varied combinations

杂交组合(♀×♂)	授粉方式	授粉花朵数	子房膨大 率 / %	子房膨大维持 时间 / d	收获有胚 种子数	有胚率 / %
宜昌百合自交	常规授粉	5	0			
	切割花柱	9	66.7	105 ~ 110	422	29.7
青岛百合×宜昌百合	常规授粉	2	0			
	切割花柱	2	50.0	90 ~ 110	28	25.9
卷丹×细叶百合	常规授粉	16	0			
	切割花柱	11	54.5	30 ~ 35	0	0
‘Evening Star’×细叶百合	常规授粉	2	0			
	切割花柱	2	50.0	40 ~ 45	13	2.5
‘Prato’×细叶百合	常规授粉	10	0			
	切割花柱	10	80.0	40 ~ 45	8	0.6
‘Renior’×细叶百合	常规授粉	5	0			
	切割花柱	3	66.6	30 ~ 35	0	0
‘Renior’×兰州百合	常规授粉	15	33.3	30 ~ 35	0	0
	切割花柱	10	0			

2.6 子房发育时期及不同培养基对子房切片培养的影响

不同杂交组合的子房切片在培养中萌发率差异较大。在杂交试验中,亲和性表现较强的组合其子房切片培养的成活率也较高,如‘富田白光’×岷江百合和岷江百合×‘Sorbonne’(表5)。一些不膨大的杂交组合如‘Pollyanna’×兰州百合、‘Pollyanna’×卷丹、川百合×‘Siberia’等在早期进

行子房切片培养,但子房接种后萎蔫,或者子房壁形成愈伤、生根。有的杂交组合虽然授粉后子房会不规则膨大,但膨大维持时间较短,造成所取的胚龄较小,如‘雷山2号’×有斑百合、‘富田西尾’×川百合、兰州百合×新铁炮混合花粉杂交组合,在子房切片培养过程中切片过早萎蔫,胚珠膨大迟缓,萌发率很低而不能成苗。

表5 不同时期子房取材及不同培养基对部分杂交组合子房切片培养的影响

Tab.5 Effects of different time of ovary and varied media on ovary slice culture

杂交组合(♀×♂)	子房膨大率/%	培养基	授粉后时间/d					
			5~10		15~20		25~30	
			子房切片数	含成活胚珠的子房切片数	子房切片数	含成活胚珠的子房切片数	子房切片数	含成活胚珠的子房切片数
‘富田白光’×岷江百合	66.7	B5	10	2	10	5	10	10
		MS	10	2	10	7	10	10
‘Shifta’×泸定百合	40.0	B5	10	3	10	6	10	9
		MS	10	0	10	5	10	7
岷江百合×‘Sorbonne’	80.0	B5	10	2	10	5	10	10
		MS	10	3	10	6	10	10
兰州百合×‘新中心’	80.0	B5	20	2	30	16	30	20
		MS	20	0	30	18	30	24
兰州百合×‘歌德利亚’	100.0	B5	20	0	30	25	30	21
		MS	20	0	30	24	30	27

此外对大多数组合而言,在授粉后子房发育的早期(授粉后10~20 d),子房切片适宜的培养基为B5培养基,而随着子房发育的继续进行,子房切片培养方法对培养基的要求不是那么严格,在MS和B5培养基中生长情况差异不大。其原因可能是由于胚在发育早期主要通过胚柄从珠心及胚囊组织中吸收营养,对外界条件较为敏感^[14],也可能是MS

培养基中较高的 NH_4^+ 影响了幼胚的正常发育。这与Wang等^[15]对*L. longiflorum*×*L. lophophorum* var. *linearifolium*杂种幼胚适宜培养筛选的结果一致。子房切片经30 d培养后,剥离部分组合的胚珠进行胚珠培养,得到杂种苗,结果见表6。

表6 部分杂交后代胚珠培养出苗结果比较

Tab.6 Comparison of hybrid seedlings obtained by ovule culture

杂交组合(♀×♂)	子房膨大率/%	胚珠数	成苗数	杂交组合	子房膨大率/%	胚珠数	成苗数
岷江百合×‘索蚌’	80.0	50	7	‘琼花1号’×泸定百合	50.0	50	1
‘雷山1号’×岷江百合	75.0	80	11	‘Shifta’×泸定百合	40.0	80	13
‘富田白光’×岷江百合	66.7	80	30	‘富田西尾’×川百合	40.0	50	3
岷江百合×泸定百合	50.0	50	1	‘雷山2号’×有斑百合	10.0	50	4
‘雷山3号’×泸定百合	50.0	50	5	‘雷山3号’×川百合	10.0	50	1

大多数杂交组合子房切片培养和胚珠培养的成功率及杂种苗的获得率与前期子房的膨大率有一定的相关性(表5、6),证明以子房膨大率的高低作为杂交组合是否亲和的标准是可行的。

3 结论与讨论

1) 野生百合自交表现出了较好的亲和性,与杨利平等^[16]关于野生百合的传粉生物学研究结果差异较大,其认为多数野生百合自花授粉存在自交障

碍。本试验中野生百合自交结实较好的原因可能与使用的是异株混合花粉有关。种间杂交及与栽培品种的杂交试验中发现:野生百合组内杂交表现出较高的亲和性;卷瓣组的野生百合与亚洲百合杂种系和麝香百合杂种系的栽培品种表现出较好的亲和性,钟花组的野生百合与东方百合杂种系和麝香百合杂种系的栽培品种表现出较好的亲和性,但同时正反交又有明显的差异。这与国内外百合杂交育种中报道的组间杂交存在严重的杂交障碍、组

内杂交亲和性与基因型密切相关结论一致;因此认为在以后的杂交育种中,可以将性状差异与亲缘关系相结合并借鉴已有的杂交试验,选择适宜的杂交组合以提高育种的成功率。

2) 以卷丹、泸定百合、岷江百合、兰州百合和青岛百合为母本的杂交组合的子房平均膨大率分别达到了 53.1%、50.0%、50.0%、45.2% 和 20.0%,表现出较高的亲和性;以岷江百合、泸定百合和川百合为父本的杂交组合的子房平均膨大率分别达到了 50.0%、35.0% 和 10.0%。由此可以看出,以上几种野生百合在改良栽培品种的杂交育种中具有较高的利用价值和潜力,是杂交育种的优良亲本。张朝君等^[17]对 OT 型百合和 O 型百合正反杂交试验中也发现正反杂交结实率有一定差异,认为以 O 型百合作为父本结实性较好,所以选择合适的父母本对获得杂交后代也至关重要。

3) 切割柱头授粉的方法从应用于百合杂交育种以来,已经成功地克服了许多组合的杂交障碍,被认为是最有效地克服百合杂交受精前障碍的方法^[11-12];但其受基因型的影响较大,不同组合效果差异较大。本试验中也发现切割柱头的方法对克服不同杂交组合的受精前障碍作用差异较大,应根据父母本的雌蕊结构选择合适的授粉方法。

4) 果实发育过程中的形态变化一般是由受精后种子产生的生长素的刺激而发生的^[18],也可能是由异种花粉刺激造成的,具体可以通过对杂交组合的受精及胚的发育进行解剖观察来进一步确定;但从本试验中对授粉后的子房进行切片和胚珠培养来看,子房切片的成活率、胚珠培养的出苗率及有胚率都与杂交组合的子房膨大率及子房膨大维持天数呈现出一定的相关性,这也说明了子房的膨大率可以作为评价百合杂交亲和性的指标之一。这与罗建让等^[19]的研究结果一致,但同时结合李英等^[14]、樊金萍等^[20]的研究结果及课题组的试验认为:结合子房膨大维持时间可以更准确地判断其亲和性;以亚洲百合或卷瓣组野生百合为母本的组合,子房膨大天数能够维持在 35~40 d 以上就可以认为其具有较高的亲和性。

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] 黄济明.王百合×大卫百合种间远缘杂种的育成[J].园艺学报,1982,9(8):51-57.
- [3] 杨利平,马宪红,丁冰,等.百合花卉种间杂交种的培育[J].东北林业大学学报,1997,25(1):29-32.
- [4] 李悦,李艳菊,穆鼎.3个东方百合品种生物学特性观察及杂交亲和性研究[J].西北林学院学报,2008,23(3):105-109.
- [5] 谈小林,崔光芬,郑思乡,等.百合不同离体授粉方法的杂交结实研究[J].西北农业学报,2011,24(1):270-274.
- [6] 屈云慧,熊丽,吴学蔚,等.百合不同远缘杂交基因型对胚挽救效果的影响[J].西南农业学报,2007,20(4):711-715.
- [7] 张彦妮,钱灿.不同杂交组合和授粉方法对百合结实率的影响[J].安徽农业科学,2010,38(10):5062-5064.
- [8] 向仕华,郑思乡,赵雁,等.不同倍性东方百合杂交后代染色体数目观察[J].云南农业大学学报,2007,22(5):631-634.
- [9] 周桂雪,李克虎,张线线,等.亚洲百合品种倍性划分与性及其杂交研究[J].园艺学报,2011,38(4):733-739.
- [10] 王丹菲,赵珺,雷家军.百合种间杂交亲和性的研究[J].沈阳农业大学学报,2006,37(1):26-30.
- [11] 谢松林,王仙芝,牛立新,等.百合种系间杂交障碍的克服及3种幼胚离体方法的比较研究[J].西北植物学报,2010,30(8):1573-1578.
- [12] TUYL J M. Application of *in vitro* pollination, ovary culture, ovule culture and embryo rescue for overcome ingincongruity barriers in interspecific *Lilium* crosses [J]. *Plant Science*, 1991, 74:115-126.
- [13] ASCHER P D. Special stylar property required for compatible pollen tube in *Lilium longiflorum* Thunb [J]. *Bot Gaz*, 1975, 136:317-321.
- [14] 李英,王文和,赵剑颖,等.百合‘白天使’与山丹远缘杂交胚胎发育的细胞学研究[J].园艺学报,2010,37(2):256-262.
- [15] WANG J, LI H, BAO M Z. Production of interspecific hybrids between *Lilium longiflorum* and *L. lophophorum* var. *linearifolium* via ovule culture at early stage [J]. *Euphytica*, 2009, 167:45-55.
- [16] 杨利平,张敦方,高亦珂.10种百合属植物的传粉生物学[J].植物学研究,1998,18(1):63-67.
- [17] 张朝君,郑思乡,许超. OT 型百合与 O 型百合远缘杂交试验[J].贵州农业科学,2010,38(4):17-18.
- [18] 郝瑞娟,穆鼎,张檀,等.百合品种杂交的初步研究[J].西北林学院学报,2005,20(3):87-89.
- [19] 罗建让,牛立新,张延龙,等.百合野生种及品种交配亲和性的研究[J].西北农业学报,2006,15(2):112-116.
- [20] 樊金萍,王洪亮,车代弟.百合远缘杂交胚胎发育情况的研究[J].中国林副特产,2005(2):5-7.

(责任编辑 李 雯)