

# 百合 32 个基因型的花粉生活力及其贮藏条件的研究

张艺萍, 吴丽芳, 王祥宁, 瞿素萍, 崔光芬, 夏 晶, 张世梅, 郭树华, 王继华

(云南省农业科学院 花卉研究所, 云南省花卉育种重点实验室, 云南省花卉工程技术研究中心, 云南 昆明 650205)

**摘要:** 花粉生活力是评估花粉细胞活性的依据之一, 其活力测定结果的准确性决定细胞学试验和杂交育种的成败。本研究以 32 个百合品种的花粉为试验材料, 采用染色法和花粉离体萌发法, 探讨了不同百合品种新鲜花粉生活力、萌发率的差异, 不同贮藏条件下同品种花粉生活力的差异。结果表明: 离体萌发法的测定结果更能反映花粉活力, Casa Blanca 的萌发率最高, 为 87.33%, Yelloween 的萌发率最低, 为 1.33%。对于相同的贮藏条件即室温贮藏来说, 因品种和贮藏时间的不同花粉生活力变化有明显差异, 总的趋势为随贮藏时间延长, 萌发率下降, 但不同基因型间下降速度不同。在冷藏条件下, 花粉萌发率随贮藏时间的推移总体也呈下降趋势, 但下降速度比室温贮藏的明显缓慢, 且不同品种的变化亦有所差别。

**关键词:** 花粉; 贮藏条件; 生活力; 萌发率

中图分类号: S682.2 文献标识码: A 文章编号: 1000-7091(2013)增刊-0167-05

## Research on Pollen Viability and Its Storage Conditions of 32 Lily Genotypes

ZHANG Yi-ping, WU Li-fang, WANG Xiang-ning, QU Su-ping, CUI Guang-fen,

XIA Jing, ZHANG Shi-mei, GUO Shu-hua, WANG Ji-hua

(Yunnan Flower Breeding Key Laboratory, Yunnan Flowers Engineering Technology Research Center,  
Flower Research Institute, Yunnan Academy of Agricultural Sciences, Kunming 650205, China)

**Abstract:** Pollen viability is to assess the activity of one of the basis of pollen cells. The activity assay results of cytological experiments and determine the accuracy of breeding success or failure. In this study, 32 lily cultivars as experimental materials, comparison of different varieties of fresh lily pollen viability, germination rate differences, and different storage conditions hereinafter pollen viability differences by staining method and in vitro pollen germination method. The results showed that: It is more accurate to pollen viability of in vitro pollen germination method. Germination rate of Casa Blanca is highest namely 87.33%, Yelloween is lowest namely 1.33%. To uniform storage dry condition in room, pollen viability of different lily cultivars is obvious different by different storage time. Germination rate decrease as extension as storage times, but rate of descend is different by different cultivars. Pollen germination rate decrease as extension as storage times in cold storage, but rate of descend is slower than in room storage.

**Key words:** Pollen; Storage conditions; Vitality; Germination rate

百合隶属于百合科(Liliaceae)百合属(*Lilium*) ,是目前国际市场上三大球根花卉之一<sup>[1]</sup>。近年来,我国切花百合种植面积迅速扩大,但是由于没有自主知识产权的品种,百合切花生产严重受制于国外企业。长期以来,我国百合的育种工作远远落后于荷兰、美国、日本等发达国家,特别是荷兰这一花卉育种大国,在长期的育种研究中已建立了一整套包括克服受精前、受精后障碍的完整的杂交育种

技术体系<sup>[2]</sup>,每年都有一批新品种推向市场。

当前育成的百合新品种中,大部分采用的是常规杂交育种方法,一部分为远缘杂交育种。远缘杂交是培育新品种的主要途径,而我国拥有丰富的野生百合资源,因此利用野生百合种质和国外的优良品种资源培育具有自主知识产权的百合新品种是一条可行的途径<sup>[3]</sup>。但在百合杂交过程中存在花期不遇和远缘杂交不亲和的难题,使得杂交的成功率

收稿日期: 2013-09-07

基金项目: 国家高技术研究发展计划“863”项目(2011AA100208); 行业科技专项(200903020)

作者简介: 张艺萍(1977-),女,云南剑川人,副研究员,硕士,主要从事花卉抗病育种研究。

通讯作者: 王继华(1973-),男,云南文山山人,研究员,博士,主要从事花卉资源与育种研究。

非常低<sup>[4]</sup>。因此,直接用有活力的贮藏花粉授粉可克服花期不遇和远缘杂交的困难,这在育种工作中和种质资源利用方面有着重要的实用价值。

在百合花粉活力和贮藏方面已有人做过相关的研究,但仅局限于花粉活性测定方法、贮藏方法的比较,且只针对几个品种<sup>[5-10]</sup>。赵统利<sup>[8]</sup>对卷丹百合花粉几种活力测定方法进行了比较,结果表明,氯化三苯基四氮唑染色法(TTC法)和离体培养基培养法相对准确且简便易行。张永平等<sup>[5]</sup>以东方百合西伯利亚花粉为试材,采用TTC染色法和离体培养基萌发测定法,研究其生活力的变化规律,以及培养基中糖的种类和浓度、培养温度、硼酸、钙离子等因素对花粉萌发和花粉管伸长的影响。本研究以30个百合不同的基因型为试验材料探讨其花粉活力的差异,并筛选最佳的花粉贮藏方法,为提高百合远缘杂交成功率提供一定的参考。

## 1 材料和方法

### 1.1 试验材料

32个百合品种(东方百合10个:Cherbourg、Simplon、Janna、Star Gazer、Montezuma、Lombardia、Bernini、Casa Blanca、Rosato、Marco Polo;亚洲百合10个:Cordelia、Brunello、Toro、Elite、Lyon、Matrix、Navonna、Avelino、Gran Paradiso、Clair;LA系列3个:Ceb Dazzle、Royal Sunset、Birgi;铁炮百合2个:Gelria、Snow Queen;OT系列5个:Conca Dor、Manissa、Robinna、Yelloween、Verano;野生百合2个:*Lilium regale* Wilson、*Lilium davidii* var. *Unicolor*(Hoog) Cotton)的新鲜花粉。

### 1.2 试验方法

1.2.1 花粉采集 于晴天9:00-11:00采集32个百合品种的新鲜花粉(大约同时开放)置于培养皿中。

1.2.2 花粉处理 将所采集的新鲜花粉分为4份,分别置于室内自然温湿度条件、室内干燥器中(放有硅胶)、2~4℃及-20℃冰箱内干燥保存。

1.2.3 TTC染色法测定花粉活性 配置浓度为0.5%的TTC溶液,避光室温保存。将TTC溶液滴于双凹玻片的凹槽内,每个培养液4次重复(即2个载玻片)。用毛笔将花粉撒在溶液上面(花粉不易太多也不易太少)。将载玻片置于铺有湿滤纸的培养皿内,放入25℃的培养箱中,30 min后取出在显微镜下观察并照相(100×)。每个载玻片随机选3个视野,每个视野数100个形态较好的花粉,并数出被染色的花粉数,计算染色率。

1.2.4 醋酸洋红染色法测定花粉活性 配制浓度为1%的醋酸洋红溶液,将醋酸洋红溶液滴于双凹玻片的凹槽内,每个培养液4次重复(即2个载玻片)。用毛笔将花粉撒在溶液上面(花粉不易太多也不易太少),10 min取出在显微镜下观察并照相(100×)。每个载玻片随机选3个视野,每个视野数100个形态较好的花粉,并数出被染色的花粉数,计算染色率。

1.2.5 花粉萌发法测定花粉活性 配置花粉离体萌发的培养基10%蔗糖+0.002%硼酸(经前期试验确定)。将配好的培养基分别滴入双凹载玻片内,每个培养液4次重复(即2个载玻片)。用毛笔将花粉撒在培养基上(花粉不易太多也不易太少),再将载玻片放入带有湿滤纸的培养皿中,在25℃条件下恒温培养24 h后用显微镜观察花粉萌发情况并照相(100×),每个载玻片随机观察3个视野,每个视野数100个形态较好的花粉,统计时,花粉管长度达到花粉粒直径以上视为有生命力的花粉,计算花粉萌发的百分率。

1.2.6 数据统计分析 对试验数据进行方差分析,新复极差法进行多重比较。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同基因型百合新鲜花粉生活力的差异

取当日散出的花粉采用TTC染色法、醋酸洋红染色法、离体萌发法进行生活力测定,由表1可以看出,花粉活力依品种而异,从测定方法来看,离体萌发法的测定结果更能反映花粉活力。Casa Blanca的萌发率最高,为87.33%,Yelloween的萌发率最低,为1.33%。OT系列的品种Conca Dor、Manissa、Verano、Robinna花粉活力较弱。方差分析结果表明,不同百合品种之间花粉生活力存在显著差异( $F > F_{0.05}$ ),这反映出花粉生活力是由不同基因型的遗传特性决定的<sup>[11]</sup>。亚洲系百合的花粉生活力平均为23.00%,东方系百合的花粉生活力平均为67.53%,LA系百合的花粉生活力平均为64.00%,野生百合的花粉生活力平均为22.78%,OT系百合的花粉生活力平均为23.13%,铁炮系百合的花粉生活力平均为24%。因此,东方系百合做父本有利于提高杂交的成功率。

### 2.2 常温条件贮藏不同基因型百合花粉生活力的变化

从表2可以看出,同样室温贮藏,因品种和贮藏时间的不同花粉生活力变化有明显差异,总的趋势为随贮藏时间延长,萌发率下降,但不同基因型间下

降速度不同。亚洲系百合贮藏 21 d 之后大多数丧失了花粉活力,仅有 Lyon、Toro、Clair 的萌发率为 12.33% 9.33 12.67。东方百合则保持了较好的花粉活力,仅有 Janna、Bernini、Rosato 丧失了花粉活力。2 个野生百合贮藏 21 d 之后仍有花粉活力,而 OT 系百合、LA 系百合、铁炮百合完全丧失了花粉活力。因此 2 个野生百合品种 *Lilium regale* Wilson、*Lilium davidii* var. *Unicolor*( Hoog) Cotton 可以作为父本进行杂交,有望获得新种质。

表 1 不同方法测定 32 个基因型百合新鲜花粉生活力

Tab.1 The viability of fresh pollen in 32 lily genotype by different assays

编号 No.	百合基因型 Lily genotype	测定方法 Assay		
		TTC 染色法 TTC coloration	醋酸洋红染色法 Aceto-carmin coloration	离体萌发法 Germination <i>in vitro</i>
1	Cordelia	50.67 ± 3.38hij	57.33 ± 0.88e	5.67 ± 1.45jklmn
2	Brunello	68.00 ± 4.16ef	84.33 ± 2.19c	9.00 ± 1.73jklm
3	Matrix	73.67 ± 5.36cde	88.67 ± 0.88abc	11.00 ± 2.52j
4	Elite	55.67 ± 2.03h	57.67 ± 0.88e	6.00 ± 0.58jklmn
5	Lyon	58.00 ± 0.58gh	57.00 ± 0.58e	57.67 ± 0.88d
6	Navonna	21.67 ± 1.76o	27.00 ± 0.58i	4.00 ± 0.58jklmn
7	Toro	79.00 ± 4.73bcd	86.67 ± 2.91bc	47.00 ± 0.58ef
8	Avelino	33.67 ± 1.45mn	23.67 ± 1.20ij	10.33 ± 3.76jk
9	Gran Paradiso	42.33 ± 0.88kl	23.33 ± 1.20ij	25.67 ± 1.45i
10	Clair	72.33 ± 0.88de	43.33 ± 1.20g	53.67 ± 4.48de
11	Casa Blanca	91.33 ± 0.88a	93.33 ± 1.20a	87.33 ± 1.45a
12	Cherbourg	79.67 ± 5.21bc	87.67 ± 1.45bc	79.67 ± 5.21b
13	Simplon	56.00 ± 3.21h	77.67 ± 0.88d	32.33 ± 4.98h
14	Montezuma	70.33 ± 1.86ef	78.00 ± 0.58d	71.33 ± 1.45c
15	Janna	77.67 ± 1.76bcd	90.00 ± 2.89ab	9.33 ± 0.33jkl
16	Star Gazer	53.33 ± 1.45hi	53.67 ± 1.86e	51.00 ± 1.15e
17	Lombardia	46.67 ± 1.86ijk	43.67 ± 1.86fg	47.33 ± 1.20ef
18	Bernini	64.33 ± 1.76fgh	13.67 ± 1.86l	7.00 ± 1.15jklmn
19	Rosato	53.00 ± 1.15hi	43.67 ± 1.86fg	38.33 ± 3.48gh
20	Marco Polo	83.00 ± 1.15b	83.67 ± 1.86c	66.00 ± 2.65c
21	<i>Lilium regale</i> Wilson	45.00 ± 1.15jkl	53.67 ± 1.86e	43.00 ± 1.15fg
22	<i>Lilium davidii</i> var. <i>Unicolor</i> ( Hoog) Cotton )	83.00 ± 1.15b	93.67 ± 1.86a	85.00 ± 2.31ab
23	Ceb Dazzle	22.00 ± 1.53o	20.33 ± 1.86jk	3.33 ± 0.88klmn
24	Birgi	13.33 ± 1.20p	17.00 ± 1.53kl	3.00 ± 0.58lmn
25	Royal Sunset	33.00 ± 1.15mn	48.67 ± 1.20f	33.00 ± 1.15h
26	Conca Dor	2.00 ± 0.58q	5.67 ± 1.86m	2.00 ± 0.58mn
27	Manissa	14.67 ± 1.86p	7.00 ± 1.53m	4.67 ± 1.45jklmn
28	Verano	14.00 ± 2.08p	8.33 ± 0.88m	4.00 ± 0.58jklmn
29	Yelloween	57.33 ± 1.33h	45.00 ± 2.52fg	1.33 ± 0.33n
30	Robinna	27.67 ± 1.67no	35.00 ± 2.52h	7.00 ± 1.15jklmn
31	Snow Queen	9.00 ± 1.15p	14.00 ± 1.53l	5.00 ± 1.15jklmn
32	Gelria	39.00 ± 1.53lm	70.67 ± 0.58e	25.33 ± 1.45i

注: 同列中不同字母表示在 0.05 水平上差异显著。  
Note: The different letters in the same column indicated significant difference at 0.05 level.

2.3 冷藏条件下贮藏不同品种花粉生活力的变化  
将贮藏 7 21 35 50 d 的冷藏花粉分别进行生活力测定。由表 2 可见,花粉萌发率随贮藏时间的推移总体也呈下降趋势,但下降速度比室温贮藏的明显缓慢,且不同品种的变化亦有所差别,表现为:生活力一直呈下降趋势,如 Cordelia、Lyon、Avelino、Gran Paradiso、Clair、Casa Blanca 等 17 个品种;生活力在贮藏 21 d 左右基本稳定不变,而后下降,如 Ma-

trix、Elite、Navonna、Janna、Bernini、Birgi 等 7 个品种。  
2.4 不同贮藏条件对花粉生活力的影响  
由图 1 可见,贮藏期同为 21 d 室内自然放置的花粉已失去了发芽能力,平均萌发率仅为 4.38%;室内干燥器中存放的,Cherbourg 萌发率较高为 46.67%,Casa Blanca 其次,萌发率为 37%,平均萌发率为 11.52%;冷藏保存的萌发率下降很少,萌发率最高的品种是 Cherbourg,为 76.33%,平均萌发率

表 2 不同百合基因型在不同贮藏条件下的花粉萌发率

Tab. 2 The pollen germinating rates in vary genotypes of lily in different storage conditions

编号 No.	百合基因型 Lily genotype	室温贮藏 Natural condition in room				冷藏 Dry condition in cold storage			
		1 d	7 d	14 d	21 d	7 d	21 d	35 d	50 d
1	Cordelia	8.33 ± 0.88	6.00 ± 0.58	0	0	13.00 ± 1.15	9.67 ± 0.88	7.00 ± 0.58	0
2	Brunello	18.33 ± 0.88	12.33 ± 0.33	6.67 ± 0.33	0	2.00 ± 0.58	0	0	0
3	Matrix	14.67 ± 1.86	7.33 ± 0.67	3.67 ± 0.33	0	17.67 ± 1.76	17.00 ± 1.15	12.33 ± 1.20	8.33 ± 0.33
4	Elite	5.33 ± 0.33	2.67 ± 0.33	0	0	13.67 ± 1.45	11.67 ± 0.88	9.00 ± 0.58	0
5	Lyon	55.33 ± 0.33	37.33 ± 0.67	27.33 ± 0.67	12.33 ± 0.88	66.33 ± 0.88	54.33 ± 0.88	44.00 ± 0.58	38.33 ± 0.33
6	Navonna	3.00 ± 0.58	0	0	0	11.33 ± 0.88	10.00 ± 0.58	6.67 ± 0.88	0
7	Toro	43.00 ± 0.58	22.00 ± 0.58	16.33 ± 0.88	9.33 ± 0.88	36.67 ± 2.91	31.00 ± 1.15	23.00 ± 0.58	18.67 ± 0.33
8	Avelino	11.00 ± 0.58	5.67 ± 0.33	2.67 ± 0.33	0	26.33 ± 0.88	17.67 ± 0.88	13.00 ± 1.15	8.33 ± 0.33
9	Gran Paradiso	27.33 ± 0.88	8.33 ± 0.33	4.33 ± 0.33	0	34.67 ± 0.88	26.33 ± 0.88	18.67 ± 0.33	13.67 ± 0.33
10	Clair	47.33 ± 0.88	38.00 ± 0.58	26.67 ± 0.33	12.67 ± 0.33	66.33 ± 0.88	56.33 ± 0.88	42.00 ± 0.58	39.33 ± 0.33
11	Casa Blanca	87.00 ± 1.15	68.33 ± 0.33	47.67 ± 0.33	25.00 ± 0.58	92.00 ± 1.15	66.33 ± 0.88	57.33 ± 0.67	46.00 ± 1.00
12	Cherbourg	74.00 ± 2.08	56.33 ± 0.88	36.67 ± 0.33	14.67 ± 0.33	86.00 ± 1.15	76.33 ± 0.88	67.00 ± 0.58	56.33 ± 0.33
13	Simplon	33.33 ± 2.03	27.00 ± 0.58	11.67 ± 1.20	5.00 ± 0.58	36.67 ± 0.88	25.67 ± 1.45	22.67 ± 0.88	18.67 ± 0.33
14	Montezuma	63.67 ± 1.76	47.33 ± 0.33	25.33 ± 1.45	13.67 ± 0.33	72.00 ± 0.58	55.67 ± 1.45	46.33 ± 0.33	34.33 ± 0.33
15	Janna	13.00 ± 1.15	5.67 ± 0.33	0	0	12.67 ± 0.88	10.33 ± 0.88	8.67 ± 0.33	0
16	Star Gazer	51.67 ± 0.67	31.33 ± 0.88	11.67 ± 0.33	6.67 ± 0.33	61.00 ± 0.58	55.67 ± 1.45	42.33 ± 0.67	28.67 ± 0.33
17	Lombardia	41.00 ± 0.58	22.00 ± 0.58	12.67 ± 0.33	7.67 ± 0.33	62.00 ± 1.15	52.33 ± 0.88	38.33 ± 0.33	33.67 ± 0.33
18	Bernini	4.00 ± 0.58	0	0	0	14.67 ± 1.20	13.33 ± 0.33	0	0
19	Rosato	38.00 ± 0.58	9.33 ± 0.33	5.00 ± 0.58	0	47.67 ± 1.45	36.33 ± 0.88	28.33 ± 0.33	21.33 ± 0.88
20	Marco Polo	66.67 ± 0.88	48.00 ± 0.58	31.33 ± 0.88	18.67 ± 0.33	77.33 ± 1.45	57.00 ± 0.58	47.33 ± 0.33	42.67 ± 0.67
21	<i>Lilium regale</i> Wilson	43.33 ± 1.76	26.67 ± 1.86	10.67 ± 0.33	6.67 ± 0.33	49.33 ± 0.88	26.00 ± 0.58	18.33 ± 0.33	11.33 ± 0.33
	<i>Lilium davidii</i>								
22	var. Unicolor (Hoog) Cotton	83.67 ± 1.45	66.67 ± 0.33	45.67 ± 0.33	7.67 ± 0.33	92.67 ± 0.88	66.00 ± 0.58	57.00 ± 0.58	46.67 ± 0.67
23	Ceb Dazzle	15.00 ± 0.58	8.67 ± 0.33	4.67 ± 0.33	0	8.67 ± 1.20	6.00 ± 0.58	5.33 ± 0.33	0
24	Birgi	12.67 ± 0.88	6.33 ± 0.33	2.67 ± 0.33	0	11.33 ± 0.88	10.33 ± 0.88	8.33 ± 0.33	0
25	Royal Sunset	13.00 ± 0.58	6.67 ± 0.33	2.33 ± 0.33	0	28.33 ± 0.88	22.00 ± 0.58	18.67 ± 0.88	12.33 ± 0.33
26	Conca Dor	0	0	0	0	3.00 ± 0.58	0	0	0
27	Manissa	1.00 ± 0.58	0	0	0	3.00 ± 1.15	0	0	0
28	Verano	3.00 ± 0.58	0	0	0	4.33 ± 0.88	0	0	0
29	Yelloween	13.00 ± 0.58	6.67 ± 0.88	0	0	3.33 ± 0.88	0	0	0
30	Robinna	13.00 ± 0.58	6.67 ± 0.33	0	0	6.33 ± 1.20	0	0	0
31	Snow Queen	4.00 ± 0.58	0	0	0	7.33 ± 1.20	6.00 ± 0.58	0	0
32	Gelria	23.00 ± 0.58	12.67 ± 0.88	5.67 ± 0.33	0	31.33 ± 0.88	23.00 ± 0.58	21.33 ± 0.33	16.00 ± 1.00

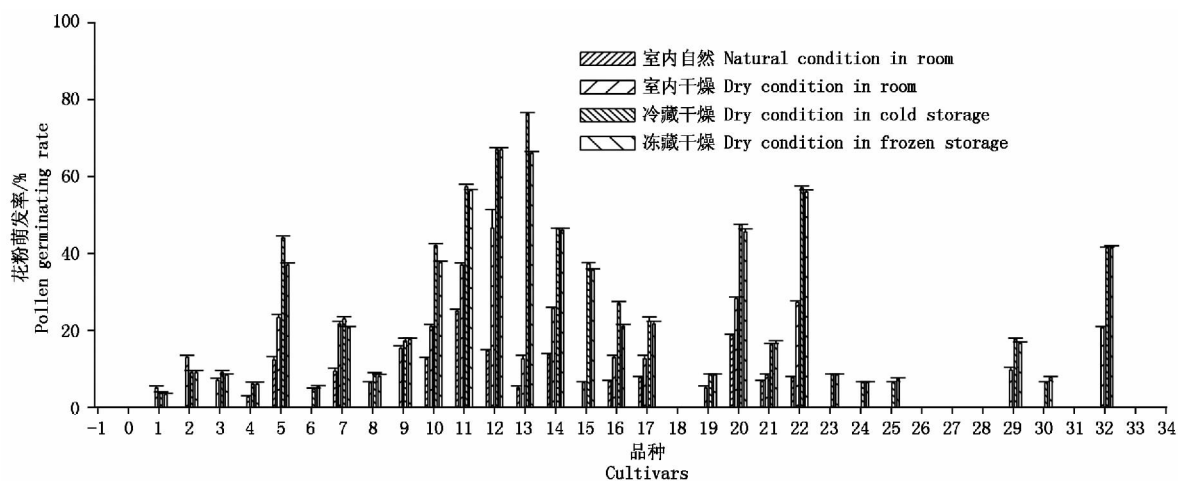


图 1 不同贮藏条件下不同品种花粉萌发率变化

Fig. 1 Changes of pollen germinating rates in vary cultivars in different storage conditions

为 22.39%; 冻藏保存的萌发率下降也很少, 萌发率最高的品种是 Cherbourg, 为 67.00%, 平均萌发率为 21.28%。由此可见, 冷冻干燥和低温干燥条件下贮藏的花粉萌发率高于室内干燥器内贮藏的花粉, 室内干燥器内贮藏的花粉萌发率高于自然条件存放的。这可能是由于自然室温条件温度较高、湿度较大, 花粉呼吸代谢快, 而低温干燥贮藏的花粉代谢受到抑制, 酶的活性减弱, 呼吸作用降低, 生活力下降较慢, 且不利于微生物的生长<sup>[12]</sup>。这与宋红霞等<sup>[13-14]</sup>的研究及许多资料结果相一致。

### 3 结论与讨论

试验结果表明, 不同系列的百合花粉生活力存在极显著的差异, 在所研究的 6 个系列 32 个百合品种中以东方系和 LA 系百合的生活力最高。亚洲系、OT 系、铁炮系和野生型的百合花粉生活力较低, 平均萌发率在 20% 以上。花粉生活力是品种的遗传特性, 由遗传基因所决定, 这与前人在其他植物花粉生活力上的研究结果是一致的<sup>[15-16]</sup>。

花粉生活力的长短, 一方面是由遗传因素所决定, 另一方面也受环境因素的影响<sup>[17]</sup>, 干燥处理能较好地保持花粉生活力, 且能延长花粉的贮藏寿命<sup>[18]</sup>。低温冻藏最适宜贮藏百合的花粉。低温、干燥使花粉代谢强度减弱, 呼吸作用降低, 能较长时间保持生活力<sup>[19]</sup>。这与其他植物上的研究结果是一致的, 如蟹爪兰花粉在 21℃ 下干燥贮藏 20 d 后授粉结实率很低, 而在 -4℃ 和 -18℃ 下贮藏 140 d 授粉后结实率与新鲜花粉授粉后结实率相当<sup>[20]</sup>。飞燕草花粉在 25℃ 室温下 10 d 后生活力降到 10%, 而贮藏于 -30℃ 下 60 d 后花粉生活力仍为 60%, 仅比新鲜花粉下降了约 10%<sup>[21]</sup>。

花粉的长期贮藏是种质资源保存和利用中的一项重要课题。本研究结果发现, Cherbourg 在冷藏 50 d 后其花粉萌发率还能达 56.33%, 但生活力下降较快的品种, 其萌发率最低的仅为 8.33%, 可见贮藏期间百合花粉生活力丧失机理以及如何减缓或控制贮藏期间花粉生活力快速下降的因素有待于进一步研究。

#### 参考文献:

- [1] 程金水. 园林植物遗传育种学[M]. 北京: 中国林业出版社, 2000.
- [2] Van Tuyt J M, Van Dië nM P, Van CreijM G M *et al*. Application of in vitro pollination, ovary culture, ovule culture and embryo rescue for overcoming incongruity barriers in interspecific *Lilium* crosses [J]. Plant Science, 1991, 74: 115 - 126.
- [3] 穆 鼎. 观赏百合[M]. 北京: 中国农业出版社, 2005.
- [4] 王文和, 王树栋, 赵祥云, 等. 百合远缘杂交花粉萌发及花粉管生长过程观察[J]. 西北植物学报, 2007, 27(9): 1790 - 1794.
- [5] 张永平, 乔永旭, 陈 超, 等. 东方百合西伯利亚花粉生活力测定及其主要影响因子[J]. 江苏农业科学, 2009(1): 145 - 146.
- [6] 赵兴华, 张道旭, 印东生, 等. 百合花粉生活力测定和贮藏方法研究[J]. 北方园艺, 2009(2): 172 - 175.
- [7] 尹 恒, 唐前瑞, 王慧颖, 等. 麝香百合花粉发芽适宜培养基及其贮藏研究[J]. 长江大学学报: 自科版农学卷, 2007, 4(3): 34 - 36.
- [8] 赵统利, 周 翔, 朱朋波, 等. 百合花粉生活力测定方法的比较研究[J]. 江苏农业科学, 2006(5): 88.
- [9] 年玉欣, 罗凤霞, 张 颖, 等. 测定百合花粉生命力的液体培养基研究[J]. 园艺学报, 2005, 32(5): 922 - 925.
- [10] 车代弟, 樊金萍, 王金刚. 东方百合花粉萌发培养基组分的优化[J]. 植物研究, 2003, 23(2): 178 - 181.
- [11] 宋立功, 周怀军, 王仁嫔, 等. 李树不同品种花粉生活力研究[J]. 河北林果研究, 2006, 21(1): 57 - 62.
- [12] 王钦丽, 卢龙斗, 吴小琴, 等. 花粉的保存及其生活力测定[J]. 植物学通报, 2002, 19(3): 365 - 373.
- [13] 宋红霞, 侯璐芬, 武 喆, 等. 贮藏温度和湿度对胡萝卜花粉生活力的影响. 上海农业学报, 2011, 27(1): 65 - 67.
- [14] 王进忠, 云晓鹏, 康荣芹, 等. 地锦和五叶地锦花粉生活力及其贮藏性研究[J]. 北京农学院学报, 2006, 21(1): 10 - 13.
- [15] 齐国辉, 张景兰, 郭 军, 等. 不同核桃品种花粉生活力的比较研究[J]. 河北林果研究, 2007, 22(1): 54 - 56.
- [16] 黄永芳, 吴雪辉, 何美儿, 等. 3 种油茶植物花粉贮藏及生活力的研究[J]. 福建林学院学报, 2011, 31(1): 56 - 59.
- [17] 胡适宜. 被子植物胚胎学[M]. 北京: 高等教育出版社, 1982.
- [18] 陈和明, 尹光天, 胡哲森, 等. 黄藤花粉萌发与低温贮藏研究[J]. 西北植物学报, 2006, 26(7): 1395 - 1400.
- [19] 赫建军, 刘延吉. 植物生理学实验技术[M]. 沈阳: 辽宁科学技术出版社, 2001.
- [20] Boyle T H. Environmental control of moisture content and viability in *Schlumbergera truncata* (Cactaceae) pollen [J]. Journal of the American Society for Horticultural Science, 2001(5): 625 - 630.
- [21] Kazushige H, Hitoshi W, Kiyoshi T. Cryopreservation of *Delphinium* pollen at -30℃ [J]. Euphytica, 2002, 126(3): 315 - 320.