

食用百合种质创制及 F₁ 代杂种鉴定

李润根, 却志群, 卢其能, 罗霞, 曾巧灵

(宜春学院生命科学与资源环境学院, 江西 宜春 336000)

摘要: 为培育抗病、优质的食用百合新种质, 以龙牙百合为母本, 兰州百合和铁炮百合为父本, 采用不同方式和时期授粉; 子房发育 60、86、98 d 时, 采集不同胚龄的胚珠接种于不同配方培养基中进行胚拯救; 再用 RAPD 分子标记对胚拯救获得的再生植株进行杂种鉴定。结果表明: 龙牙百合×兰州百合在开花后第 4 天采用切柱授粉效果较好, 龙牙百合×铁炮百合采用常规方法授粉较好; 胚拯救较适宜的培养基配方为 1/2MS+0.1 mg/L NAA+0.1 mg/L 6-BA, 子房发育 98 d 时萌发率最高, 极显著高于 60 d 和 86 d 的萌发率; 分子检测结果显示, F₁ 代具有典型的父本及母本条带, 采用胚拯救技术可以创制食用百合新种质。

关键词: 龙牙百合; 兰州百合; 铁炮百合; 远缘杂交; 切柱授粉; 延时授粉; 胚拯救; 杂种鉴定

中图分类号: S644.103.51 文献标志码: A 文章编号: 1007-1032(2015)06-0641-06

Production and identification of hybrids of lily

Li Rungen, Que Zhiquan, Lu Qineng, Luo Xia, Zeng Qiaoling

(Department of Life Science and Resource Environment, Yichun University, Yichun, Jiangxi 336000, China)

Abstract: Using *Lilium brownii* var. *viridulum* Baker as female parent and *Lilium davidii* Duch. var. *unicolor* (Hong) Cotton and *Lilium longiflorum* Thunb as male parents respectively, the hybridizations were carried out through different pollination methods at different flowering period, then the immature ovules of 60 d, 86 d and 98 d after pollination were transferred to different mediums to rescue the embryos of hybrids, later the hybrids were identified through RAPD. The results showed that 4 d after flowering was the optimum time for *Lilium brownii* var. *viridulum* Baker and *Lilium davidii* Duch. var. *unicolor* (Hong) Cotton to pollinate by cutting stigmas, while the traditional pollination method was helpful for hybridization of *Lilium brownii* var. *viridulum* Baker and *Lilium longiflorum* Thunb. The medium of 1/2MS+ 0.1 mg/LNAA+ 0.1 mg/L6-BA was the best for embryo culture and 98 d after pollination was the best time for culture. The F₁ hybrids were identified via RAPD and indicated that new germplasm of lily (var. *viridulum* Baker and var. *unicolor* (Hong) Cotton, Thunb) could be gained by wide hybridization with appropriate method of pollination and embryo rescue.

Keywords: *Lilium brownii* var. *viridulum* Baker; *Lilium davidii* Duch. var. *unicolor* (Hong) Cotton; *Lilium longiflorum*; wide hybridization; pollination by cutting stigma; pollination by delay; embryo rescue; hybrid identification

百合(*Lilium*)是国家卫生部首批公布的药食同源植物, 又是著名的观赏植物。中国百合有 48 个种 18 个变种, 其中龙牙百合(*Lilium brownie* var. *viridulum* Baker)、宜兴百合(*Lilium lancifolium* Thunb.)、兰州百合(*Lilium davidii* Duch. var. *unicolor* (Hong) Cotton) 为食用百合 3 大主栽品种。宜兴百合味稍苦, 兰州百合生长周期太长(6~7 年), 而龙牙百合生长期为

2~3 年, 味道稍甜, 以鳞片硕大、肉质肥厚、色白、高产而著称。据江西食品质量检测站检测, 万载龙牙百合每 100 g 鳞茎含碳水化合物 28.7%, 蛋白质 4%, 果胶 1.7%, 脂肪 0.1%, 钾 0.49%, 磷 0.091%, 以及钙、铁、百合甙等抗癌性植物碱和多种维生素, 医药上具有清心润肺、养阴安神、止咳益气、清热利尿、解毒等功能, 产品畅销国内及

东南亚地区,在国内外享有盛誉,市场前景十分广阔^[1]。湖南隆回县、江西万载县是龙牙百合的主产区^[2],有数百年种植历史,但几百年来没有选育出新的食用百合品种^[3],且生产上存在着品种退化严重、病害发生严重等问题^[4-5],培育优良食用百合新品种迫在眉睫。

百合的远缘杂交是培育新品种的有效方法。国内外育种实践已证明,通过远缘杂交可以将亲本的优良性状,如抗病性整合到杂交后代中,再经过回交选育后可以培育出兼有父母本优良特性的百合新品种^[6]。目前,百合的育种目标主要是围绕花用百合的花色、花香、花型、株型、花期、抗性和切花寿命等方面进行^[7-8]。对食用百合的研究,目前主要集中在栽培技术、组织培养、脱毒防病、病害防治等方面^[9-10],也有生理生化^[11]、遗传多样性^[12]及多倍体^[13]等方面的研究,但食用百合杂交育种鲜见报道。

杨秀梅等^[14]对包括兰州百合、卷丹等40份百合资源进行抗镰刀菌鉴定,发现野生兰州百合表现为高抗。另外,铁炮百合对枯萎病抗性好(李润根等,待发表),两者均适宜作抗病育种杂交亲本。本研究以龙牙百合为母本,以兰州百合和铁炮百合(*Lilium longiflorum* Thunb.)为父本,开展食用百合远缘杂交育种和杂种鉴定试验,旨在创制抗枯萎病的食用百合新种质。

1 材料与方法

1.1 材料

供试材料有龙牙百合、铁炮百合、兰州百合,其中,龙牙百合和铁炮百合选自江西省万载县白水乡百合基地,兰州百合购自兰州市七里河区西果园镇。

1.2 方法

1.2.1 材料种植

试验于2012年10月至2014年8月进行。试验地位于宜春学院生命科学与资源环境学院农学基地。为打破龙牙百合种球休眠,调节其开花期,使来年杂交授粉时更好的花期相遇,参照李

润根等^[15]试验方法,在10月上旬将新采收龙牙百合种球先低温处理30~63 d,然后再行播种。

1.2.2 杂交方法

采用常规授粉、切割柱头授粉^[16-17]2种授粉方式,选择开花当天和开花后第4天2个时期授粉,常规方法去雄、授粉。

以蒴果膨大率、蒴果坐果率、种子有胚率等作为判断杂交亲和性的指标。杂交授粉后15~98 d,适时对杂交所得蒴果膨大情况进行调查,记录各级膨大程度的蒴果数,计算蒴果膨大率。蒴果的膨大程度参照李婕^[18]的方法,分为未膨大、微膨大、明显膨大和全膨大4个等级。当果皮开始变黄时,采摘果实,采收时测量其蒴果长、蒴果宽及每个果实中的种子数和有胚种子数。蒴果膨大率(S)=微膨大以上蒴果总数/授粉花朵数;蒴果坐果率=结实蒴果(坐果数量为授粉后60 d以上的蒴果)数/杂交花朵数;有胚率=有胚种子数/所获种子数^[18]。

1.2.3 胚拯救方法

分别选取杂交授粉60、86、98 d发育正常的子房,用自来水浸泡30 min,在超净工作台上用75%乙醇浸泡30 s,然后用0.1%的氯化汞消毒9 min,用无菌水冲洗4~6次后,将蒴果横切,选取有胚的胚珠,用解剖针挑破种壳,接种于各培养基(表1)中,培养温度(23±2)℃,先暗培养14 d,然后每天光强3 000 lx光照12 h。对不同培养基胚拯救效果进行统计,记录其萌发和生长情况。萌发率=萌发出苗的胚珠数/未发生污染的试验胚珠数×100%。

表1 胚拯救培养基配方

代号	培养基	6-BA 质量 浓度/(mg·L ⁻¹)	NAA 质量 浓度/(mg·L ⁻¹)	蔗糖质量 浓度/(g·L ⁻¹)
A1	1/2MS	0.1	0	3
A2	1/2MS	0.2	0.2	3
A3	MS	0	0.1	3
A4	MS	0	0.01	6
A5	1/2MS	0.1	0.1	3

胚发芽后转接到增殖培养基(MS+0.2 mg/L NAA+1.0 mg/L 6-BA+0.5 mg/L 2,4-D)上,60 d后再转接到分化培养基(MS+0.2 mg/L NAA+1.0 mg/L

6-BA +0.5 mg/L 2,4-D)上;在分化培养基上培养 30 d,全部转接到生根培养基(1/2 MS+0.33 mg/L NAA +0.27 mg/L IBA +0.30 mg/L IAA +6%蔗糖^[19])上。增殖、分化和生根的培养温度均为(23±2) °C,每天光照 12 h,光照强度 3 000 lx。形成无性繁殖株系后,作为分子检测用的试验材料。

1.2.4 杂交后代的分子鉴定方法

1) DNA 提取。取龙牙百合×兰州百合、龙牙百合×铁炮百合的杂交组合幼嫩叶片少许,用液氮保存备用。根据 Transgen 公司生产的 DNA 提取试剂盒提取杂交百合叶片基因组 DNA。提取物用 80 μL 去离子水溶解,同时用 0.8%琼脂糖凝胶电泳检测其完整性,-20 °C 保存,备用。

2) 引物选择。供试引物购自生工生物工程(上海)股份有限公司生产的 S 系列随机引物。随机选取 50 个引物,并从中筛选出多态性效果较好的 8 个引物(表 2)用于 PCR 扩增。

表 2 随机引物及其序列

Table 2 Sequence of primers	
引物	序列(5'—3')
S18	CCACAGCAGT
S21	CAGGCCCTTC
S25	AGGGGTCTTG
S26	GGTCCCTGAC
S27	GAAACGGGTG
S28	GTGACGTAGG
S29	GGGTAACGCC
S31	CAATCGCCGT

3) PCR 扩增。将 DNA 原液稀释至 40 ng/μL,用于 PCR 扩增。PCR 扩增的总体积为 25 μL,包括 40 ng 的模板 DNA、2 μL 10×PCR Buffer、1.5 mmol/L Mg²⁺、0.2 mmol/L dNTP、0.25 μmol/L 引物、1 U *Taq* 酶。PCR 反应在 ABI-9700 型基因

扩增仪中进行。扩增程序为 94 °C 预变性 2 min,94 °C 变性 45 s,40 °C 退火 1.5 min,72 °C 延伸 2 min;40 个循环,72 °C 延伸 7 min,之后于 4 °C 下保存,备用。

4) 电泳检测。在 0.5×TBE 的电泳缓冲液,120 V 的电压下,用含染色剂 goldview 的 1.2%琼脂糖电泳凝胶进行电泳,电泳结束后用 Tanon 1600 型全自动数码凝胶成像分析系统检测扩增条带效果。

1.3 数据处理

采用 Excel 2007 和 SPSS 19.0 统计软件对样本观测值进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 不同授粉处理对食用百合杂交结实的影响

2.1.1 不同授粉处理对食用百合蒴果膨大及坐果的影响

同一杂交组合采用不同的授粉方法和授粉时期的蒴果膨大率(S)和坐果率差异很大(表 3)。龙牙百合×兰州百合杂交无论是采用常规授粉还是切柱授粉,其蒴果均能膨大,开花当天授粉其 S 值分别为 22.6%和 33.3%,但切柱授粉蒴果能完全膨大,特别是开花第 4 天切柱授粉 S 值达 66.7%;龙牙百合×铁炮百合杂交开花当天授粉,无论是常规授粉,还是切柱授粉,其蒴果均能膨大,但以开花当天常规授粉效果更好,其 S 值达 86.7%。

龙牙百合×兰州百合杂交,采用切割花柱授粉比常规授粉能明显提高蒴果的坐果率,开花当天切割花柱授粉坐果率为 5.6%,开花第 4 天切割花柱授粉,蒴果的坐果率达 33.3%;龙牙百合×铁炮百合采用常规授粉,开花当天授粉,其蒴果的坐果率达 14.7%,但切割花柱授粉则不利于其坐果,切割花柱授粉其坐果率为 0。

表 3 不同授粉处理食用百合种间杂交蒴果膨大及坐果情况

Table 3 Fruite and seed setting of interspecific hbyridization in different pollination											
组合	授粉时间	授粉方法	授粉花朵数	未膨大数	微膨大数	明显膨大数	全膨大数	蒴果总数	膨大率/%	坐果数量	坐果率/%
龙牙百合×兰州百合	开花当天	切柱	18	12	5	0	1	6	33.3	1	5.6
龙牙百合×兰州百合	开花当天	常规	53	41	9	3	0	12	22.6	0	0.0
龙牙百合×兰州百合	开花第 4 天	切柱	15	5	5	0	5	10	66.7	5	33.3
龙牙百合×铁炮百合	开花当天	常规	75	10	3	51	11	65	86.7	11	14.7
龙牙百合×铁炮百合	开花当天	切柱	27	17	10	0	0	10	37.0	0	0.0

坐果数为授粉后 60 d 以上的蒴果数。

2.1.2 食用百合种间杂交蒴果及种子性状

食用百合种间杂交蒴果大小相差不大,龙牙百合×兰州百合、龙牙百合×铁炮百合其蒴果长/宽分别为2.14和2.32;蒴果所含种子数均较多,但其

有胚率相差较大,龙牙百合×兰州百合的有胚率仅为0.77%;龙牙百合×铁炮百合的有胚率为10.66%,龙牙百合×兰州百合杂交蒴果的有胚率很低(表4)。

表4 食用百合种间杂交果实生长性状

杂交组合	蒴果长/cm	蒴果宽/cm	长/宽	种子粒数	有胚种子数	有胚率/%
龙牙百合×兰州百合	6.00	2.81	2.14	389	3.0	0.77
龙牙百合×铁炮百合	5.31	2.29	2.32	376	40.1	10.66

2.2 杂种后代的胚拯救结果

2.2.1 不同培养基配方对胚珠萌发率的影响

龙牙百合×铁炮百合胚拯救各配方的萌发率及生长特点见表5。A1的萌发率最低,为15.47%,显著低于A5(55.37%)。A2(33.99%)、A3(34.32%)和A4(37.48%)的萌芽率虽然明显高于A1,但是差异没有统计学意义。A5的萌芽率最高,且芽生长较好,鳞芽增多、长叶,最适宜龙牙百合×铁炮百合胚拯救;龙牙百合×兰州百合杂交组合,因试验所获有胚的胚珠数较少,试验初步结果表明,培养基配方A3和A5适宜胚拯救。培养基1/2MS+0.1 mg/L NAA+0.1 mg/L 6-BA较适宜龙牙百合×铁炮百合和龙牙百合×兰州百合杂交后代的胚拯救。

表5 龙牙百合×铁炮百合不同培养基配方对胚珠萌发率的影响及其生长特点

Table 5 Ovule germination ratio and growth features of cross between *Lilium brownii* var. *viridulum* Baker and *Lilium longiflorum* Thunb. in different medium

培养基	萌发率/%	生长特点
A1	(15.47±1.38)Aa	芽生长较弱,鳞芽增多,但不长叶
A2	(33.99±1.38)Aab	芽生长较好,鳞芽增多且长叶
A3	(34.32±0.52)Aab	芽生长缓慢,不长叶
A4	(37.48±1.04)Aab	小鳞芽生长缓慢,不长叶
A5	(55.37±0.69)Ab	芽生长较好,鳞芽增多且长叶

不同大、小写字母分别表示在0.01和0.05水平上差异显著。

2.2.2 不同胚龄对胚珠萌发率的影响

龙牙百合×铁炮百合杂交后,取授粉60、86、98 d后的幼果,经过处理后,接种于2种培养基

(A3和A5)上进行胚抢救。结果表明,胚龄为86 d时,其胚珠萌发率最低,为25.83%,极显著低于98 d的萌发率(67.78%);胚龄为60 d,胚珠萌发率为38.54%,也极显著低于98 d的;但86 d的和60 d的胚珠萌发率差异没有统计学意义,在杂交果实未变黄之前,同一配方培养基下,胚龄越长,萌发率越高,越有利于胚拯救。

2.2.3 不同培养基配方及胚龄对胚珠萌发率的影响

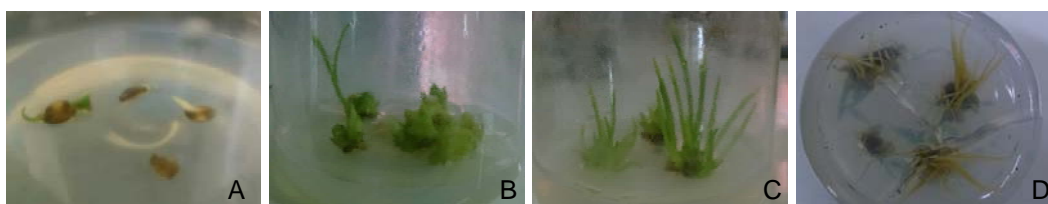
龙牙百合×铁炮百合胚拯救组合在B7上的胚珠萌发效果最好(表6),其萌发率为85.42%,显著高于B6(67.78%),极显著高于B5(38.75%)、B4(38.54%)、B3(35.42%)、B2(25.83%)和B1(15.60%)。采用1/2MS+0.1 mg/L NAA+0.1 mg/L 6-BA培养基和胚龄为98 d杂交胚培养,其胚珠萌发率最高。图1为龙牙百合×铁炮百合杂交后代胚拯救杂种后代的获得过程。

表6 龙牙百合×铁炮百合在不同培养基配方和胚龄下胚珠的萌发率

Table 6 Ovule germination ratio of cross between *Lilium brownii* var. *viridulum* Baker and *Lilium longiflorum* Thunb. in different medium and pollination time

试验代号	培养基	胚龄/d	胚珠萌发率/%
B1	A1	86	(15.60±0.26)Aa
B2	A3	86	(25.83±0.20)ABab
B3	A4	86	(35.42±0.39)ABb
B4	A5	60	(38.54±0.20)Bb
B5	A2	98	(38.75±0.39)Bb
B6	A3	98	(67.78±0.39)Cc
B7	A5	98	(85.42±0.39)Cd

不同大、小写字母分别表示在0.01和0.05水平上差异显著。



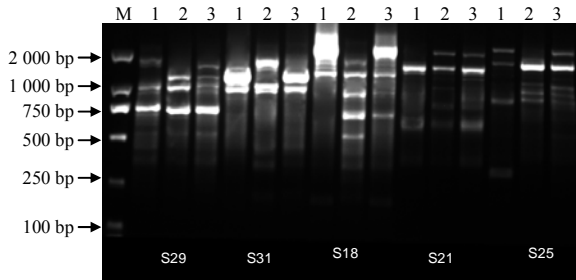
A 胚珠萌发(接种后30 d); B 增殖(培养60 d); C 分化(培养30 d); D 生根(培养30 d)。

图1 龙牙百合×铁炮百合胚拯救杂种后代的培育过程

Fig.1 Hybrids of *Lilium brownii* var. *viridulum* Baker and *Lilium longiflorum* Thunb.

2.3 特异 RAPD 引物对亲本及子代的 DNA 鉴定

在筛选出的 RAPD 引物 S29、S18、S21、S25 扩增出的条带中,龙牙百合×兰州百合杂交后代均具有典型的父本与母本的条带特征,还有一些杂种特异条带,说明通过胚拯救获得的龙牙百合×兰州百合 F₁ 代株系为杂种(图 2)。

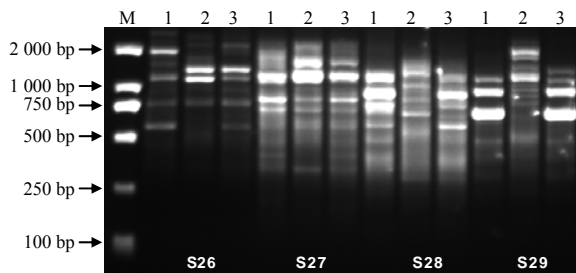


M 分子标记 2000; 1 母本(龙牙百合); 2 父本(兰州百合); 3 杂交个体(F₁)。

图 2 龙牙百合×兰州百合杂种后代胚拯救 RAPD 标记鉴定结果

Fig.2 RAPD of hybrids between *Lilium brownii* var. *viridulum* Baker and *Lilium davidii* Duch. var. *unicolor* (Hong) cotton by embryo culture

用筛选出的 RAPD 引物 S26、S27、S28、S29 扩增出的条带中,龙牙百合×铁炮百合杂交后代均具有典型的父本与母本的条带特征,还有一些杂种特异条带,说明通过胚拯救获得的龙牙百合×铁炮百合 F₁ 代株系为杂种(图 3)。



M 分子标记 2000; 1 母本(龙牙百合); 2 父本(兰州百合); 3 杂交个体(F₁)。

图 3 龙牙百合×铁炮百合杂种后代胚拯救 RAPD 标记鉴定结果

Fig.3 RAPD of hybrids between *Lilium brownii* var. *viridulum* Baker and *Lilium longiflorum* Thunb. by embryo culture

3 小结与讨论

龙牙百合花柱较长,约 12 cm,兰州百合花柱较短,约 4 cm,杂交时采用切柱授粉能提高坐果率;铁炮百合花柱长度与龙牙百合相近,杂交时采用常规授粉能提高坐果率,这与李婕等^[18]的研

究结果一致。龙牙百合与兰州百合采用开花第 4 天授粉结实率较高,试验结果与王丹菲等^[20]研究结果不符,可能是不同品种百合差异所致。但通过龙牙百合柱头可授性试验表明,其柱头在开花 4~6 d 可授性最强,龙牙百合与兰州百合杂交采用第 4 天授粉较好,可能与此相关(李润根等,待发表)。但龙牙百合×兰州百合切柱授粉的有胚率很低,与邵杨等^[21]研究结果相符,可能因为采用切花柱授粉,花粉管在花柱切口及子房中发生不同程度的无向性生长。能否采用“柱头直接授粉+切花柱授粉”法^[22]提高有胚率有待进一步研究。

百合远缘杂交对于受精后障碍的克服,在近几十年的研究中发展了胚拯救、子房培养、子房切片培养和胚珠培养等一系列成熟的技术,其中以胚拯救最为常用。百合远缘杂交,往往因为杂交胚的胚乳发育不正常或是胚与胚乳之间生理上的不协调易使杂种胚早期败育,通过杂交授粉子房及幼胚的离体培养,可在胚败育之前将其取出培养,避免远缘杂种胚早衰,使大量远缘杂交的胚继续发育成正常种子,尽快进入选育程序,缩短育种周期^[23]。百合胚培养过程中,不同杂交组合胚培养的最适宜时间各不相同,胚剥离时间对幼胚的萌发时间和成活率影响较大。一般胚龄越小,胚萌发所需时间越长;胚龄越大,种胚越大,胚萌发需要的时间越短^[24]。此外,胚的成熟度越高,则培养的成功率就越大^[25]。本研究结果表明,龙牙百合×铁炮百合胚拯救也是胚龄越大,种胚越大,胚萌发率越高,胚龄 98 d 的显著高于 60 d 和 86 d 的。母本龙牙百合果实发育时间长,且结果期主要为 06—08 月,此时期温度高,即使百合亲本杂交亲和性好,往往也会因为高温等环境条件造成百合植株枯死,导致蒴果过早枯萎,建议采用设施栽培或离体授粉等措施,创造一个良好的蒴果成熟环境,保证其杂交果实的正常生长。

本研究为食用百合创制了新种质,为下一步培育食用百合新品种打下了良好基础。但由于兰州百合在长江流域栽培适应性差,铁炮百合味苦等原因,龙牙百合×铁炮百合、龙牙百合×兰州百合杂交种质是否抗枯萎病,龙牙百合×兰州百合杂交种对本地环境适应性,龙牙百合×铁炮百合杂交种的商品性以及杂交种的栽培技术、产量等问题均

有待于进一步研究。

参考文献:

- [1] 李润根, 杨世平, 王小文. 万载百合及其栽培技术[J]. 中国蔬菜, 1995(4): 42-43.
- [2] 童巧珍, 周日宝, 盛孝邦, 等. 百合种质资源的生物学特性研究[J]. 湖南农业大学学报: 自然科学版, 2010, 36(2): 128-132.
- [3] 李玉帆, 明军, 刘新艳, 等. 15个百合种和品种的食用性比较研究[J]. 园艺学报, 2013, 40(增刊): 2693.
- [4] 潘其辉, 朱业斌, 丁益清. 万载县百合产业现状与发展对策[J]. 安徽农业科学, 2013, 41(15): 6969-6970.
- [5] 邹一平, 晏文武, 周蓉. 食用百合枯萎病综合防治研究[J]. 安徽农业科学, 2005, 33(12): 2294-2295.
- [6] 吴祝华, 施季森, 池坚, 等. 观赏百合资源与育种研究进展[J]. 南京林业大学学报: 自然科学版, 2006, 30(2): 113-118.
- [7] 刘小溪, 吴丽芳, 张芝萍, 等. 百合育种趋势及技术研究进展[J]. 浙江农业科学, 2011(2): 287-290.
- [8] 黄洁, 刘晓华, 管洁, 等. 百合分子育种研究进展[J]. 园艺学报, 2012, 39(9): 1793-1808.
- [9] 朱业斌, 黎似勤, 张以莉, 等. 龙牙百合大棚提早高效栽培技术[J]. 中国蔬菜, 2012(19): 51-52.
- [10] 于晓英, 吴铁明, 倪沛, 等. 百合幼胚的离体培养和植株再生[J]. 湖南农业大学学报: 自然科学版, 2000, 26(4): 286-288.
- [11] 管毕财, 杨柏云, 罗丽萍, 等. 低温解除龙牙百合休眠过程中糖类物质的转化[J]. 南昌大学学报: 理科版, 2005, 29(1): 92-95.
- [12] 李恩香, 黄玉琴, 蒋满英, 等. 江西省龙牙百合种质资源遗传多样性研究[J]. 园艺学报, 2010, 37(5): 811-816.
- [13] 刘选明, 周朴华, 何立珍等. 应用细胞工程技术选育四倍体龙牙百合的研究[J]. 生物工程学报, 1996, 12(增刊): 193-203.
- [14] 杨秀梅, 瞿素萍, 吴学尉, 等. 百合种质资源对枯萎病的抗性鉴定[J]. 西南大学学报: 自然科学版, 2010, 32(6): 31-34.
- [15] 李润根, 罗霞, 曾巧灵. 不同栽培方式和低温处理对龙牙百合生长发育的影响[J]. 宜春学院学报, 2014, 36(12): 101-103, 109.
- [16] 徐丽萍, 唐道城, 何瑞军. 不同授粉方式对青海细叶百合与亚洲百合杂交结实研究[J]. 北方园艺, 2009(1): 175-177.
- [17] 雷家军, 贺卫丽, 赵艳. 不同授粉方式对亚洲百合与东方百合种间杂交结实的影响[J]. 东北农业大学学报, 2014, 45(2): 29-34.
- [18] 李婕, 高亦珂, 张启翔. 有斑百合和亚洲百合杂交亲和性的研究[J]. 中国农业大学学报, 2013, 18(2): 71-78.
- [19] 石云平. 龙牙百合组织培养的优化研究[D]. 南宁: 广西大学, 2008.
- [20] 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.
- [21] 邵杨, 温韦华, 崔金腾, 等. 东方百合系内杂交授粉技术与胚抢救技术研究[J]. 西北植物学报, 2014, 34(6): 1119-1124.
- [22] 温韦华, 张克中, 贾月慧, 等. 不同授粉技术对克服百合杂交受精前障碍的影响[J]. 北京农学院学报, 2010, 25(4): 32-36.
- [23] 王少平, 林紫玉, 杜绪明. 胚拯救技术及百合的胚培养研究进展[J]. 广东农业科学, 2009(6): 169-171.
- [24] 屈云慧, 熊丽, 吴学尉, 等. 百合不同远缘杂交基因型对胚拯救效果的影响[J]. 西南农业学报, 2007, 20(4): 711-715.
- [25] 杨晓苓, 杨利平, 尚爱芹, 等. 不同授粉处理对百合花粉萌发生长及坐果率的影响[J]. 河北农业大学学报, 2009, 32(2): 46-49.

责任编辑: 尹小红

英文编辑: 梁和