

# 丽江百合组织培养及再生体系建立

刘晶荣, 代思奇, 刘才磊, 向元芬, 李意峰, 潘远智, 贾茵\* (四川农业大学风景园林学院, 四川成都 611130)

**摘要** 为我国特有易危种丽江百合(*Lilium lijiangense*)的种质资源保护、快速繁殖及园林应用奠定基础,以野生丽江百合鳞片为外植体,探究其最佳灭菌方法,鳞茎不同部位诱导不定芽的能力,以及不同植物生长调节剂对丽江百合愈伤组织及不定芽诱导、不定芽增殖、生根结鳞茎的影响。结果表明,丽江百合鳞片最佳灭菌方案为5% NaClO 8 min+75%乙醇30 s;鳞片分化能力为基部>中部>上部;愈伤组织和不定芽诱导最佳培养基配方为MS+2.0 mg/L 6-BA+0.1 mg/L NAA;不定芽增殖最佳培养基为MS+1.0 mg/L 6-BA+0.2 mg/L NAA;最佳生根结鳞茎培养基为1/2MS+0.1 mg/L NAA+0.01 mg/L IBA。该研究成功建立了一套适宜丽江百合的组织培养和再生体系。

**关键词** 丽江百合;组织培养;再生体系;鳞片;快速繁殖

中图分类号 S682.2'65 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2023)09-0038-04

doi:10.3969/j.issn.0517-6611.2023.09.010



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

## Establishment of Tissue Culture and Regeneration System of *Lilium lijiangense*

LIU Jing-rong, DAI Si-qi, LIU Cai-lei et al (College of Landscape Architecture, Sichuan Agricultural University, Chengdu, Sichuan 611130)

**Abstract** In order to lay a foundation for the germplasm protection, rapid propagation and garden application of *Lilium lijiangense*, an endemic vulnerable species in China, this paper took the scales of wild *L. lijiangense* as explants, the best sterilization method, the ability of inducing adventitious buds in different scale parts, and the effects of different plant growth regulators on callus and adventitious bud induction, bud proliferation, rooting and bulb proliferation of *L. lijiangense* were studied. The results were as follows: The best sterilization scheme was 5% NaClO 8 min+75% alcohol 30 s; The differentiation ability of scales was base>middle>upper; The best medium for callus and adventitious bud induction was MS+2.0 mg/L 6-BA+0.1 mg/L NAA; The best medium for adventitious bud proliferation was MS+1.0 mg/L 6-BA+0.2 mg/L NAA; The best rooting and bulb proliferation medium was 1/2MS+0.1 mg/L NAA+0.01 mg/L IBA. Overall, a set of tissue culture and regeneration system suitable for *L. lijiangense* is successfully established.

**Key words** *Lilium lijiangense*; Tissue culture; Regeneration system; Scale; Rapid propagation

百合(*Lilium* spp.)即百合科(Liliaceae)百合属(*Lilium*)植物的统称。百合花大姿丽,有色有香,具有很高的观赏价值,适宜作切花、盆花、花坛、花境等,还具有食用和药用价值<sup>[1]</sup>。百合属原产于中国,主要分布在北半球的温带地区,如东亚、欧洲和北美。该属植物约109种,中国有55种。丽江百合(*L. lijiangense*)为多年生球根花卉,分布于我国四川西部及云南西北部海拔3 300~3 400 m林下。其花序总状,花漏斗形,花被片反卷,黄色,有紫色斑点,先端红色,有极高的观赏价值<sup>[2]</sup>。由于自然灾害和人为破坏的影响,丽江百合自然条件下更新困难,野生资源十分稀少,已被列入《世界自然保护联盟濒危物种红色名录》(IUCN)中<sup>[3]</sup>,属易危种。因此对丽江百合资源开展保护和繁育研究迫在眉睫。

百合传统的繁殖方法有分球繁殖、鳞片扦插和珠芽繁殖等<sup>[4]</sup>,存在繁殖系数较低、时间长、耗费劳动力、受限于当地的气候条件和地理位置等缺点<sup>[5]</sup>,这在一定程度上限制了丽江百合资源的保护和利用。植物组织培养技术与传统技术相比具有繁殖系数高、周期短、不受季节和自然条件限制、便于大规模生产等优点被广泛运用于百合的离体快速繁殖中<sup>[6]</sup>。目前,尚未见丽江百合离体再生和快繁体系构建的报道。

笔者以野生丽江百合鳞片不同部位为外植体,选用不同

的培养基,采用不同灭菌时间,通过培养基中加入不同浓度的植物生长调节剂,探究丽江百合鳞片最佳的灭菌时间组合;外植体最佳部位;培养基中6-BA、2,4-D、NAA等激素不同配比方式以及不同浓度对丽江百合不定芽和愈伤组织的影响;无菌苗继代扩繁的最佳激素配比;丽江百合最佳生根培养基。最终利用组培快繁技术获得丽江百合组培苗,建立完善的丽江百合再生体系,为该种质的资源保护、育种及开发提供了有利的参考价值。

## 1 材料与方法

**1.1 试验材料和培养环境** 以原产于四川省阿坝藏族羌族自治州汶川县的野生丽江百合种球为材料,存放在湿润的木屑中,放置于(4±1)℃冰箱中低温保存。选取种球鳞片为外植体。

试验于2020年10月至2021年10月在四川农业大学成都校区(103°51'E,30°42'N)组织培养室进行。光照条件为2 000 lx,光照10 h/d,温度控制在(25±1)℃,空气相对湿度70%~80%。

**1.2 培养基配方** 启动培养基为MS及1/2MS培养基,培养基中均添加30 g/L蔗糖和6.5 g/L琼脂,pH 5.8~6.0。预培养基以MS为基本培养基,添加1.0 mg/L 6-BA和0.1 mg/L NAA。愈伤组织和不定芽诱导培养基以MS为基本培养基,添加1~2 mg/L 6-BA,0.1~0.5 mg/L NAA和1~2 mg/L 2,4-D。不定芽继代增殖培养基以MS为基本培养基,添加1~3 mg/L 6-BA和0.2 mg/L NAA。生根结鳞茎培养基以1/2MS为基本培养基,添加0.1 mg/L 6-BA和0~0.05 mg/L IBA。在121℃下高压灭菌20 min。试验设置3次生物学重复。

**基金项目** 大学生创新训练计划项目(2121998000);国家自然科学基金(32001356)。

**作者简介** 刘晶荣(1999—),女,四川自贡人,从事园林植物资源与应用研究。\*通信作者,副教授,博士,从事园林植物资源与应用研究。

**收稿日期** 2022-06-10

**1.3 外植体消毒及接种** 选取生长情况良好、健康、无病的鳞片,用洗洁精洗去表面污渍后置于烧杯中,用纱布封口,流水下冲洗 3 h。在超净工作台上将鳞片用 75% 乙醇浸泡 30 s,再用 5% NaClO 溶液处理 6~10 min(表 1),无菌水冲洗 3~5 次。消毒完毕后,将鳞片分割为 0.5 cm×0.5 cm 小块,接种于预培养基上。20 d 后统计污染率。

**1.4 鳞片不同部位外植体再生能力比较** 取种球接近中心部位的鳞片按照约 0.5 cm×0.5 cm 的规格分割为上部、中部、基部 3 部分,分别接种在预培养基上(表 2),进行鳞片不同部位不定芽诱导率的对比。25 d 后统计鳞片再生情况。

**1.5 愈伤组织和不定芽的诱导** 将上述试验所得最佳外植体部位接种在诱导培养基中。共设置 9 个处理(表 3),30 d 后统计诱导率。

**1.6 不定芽的继代增殖** 将诱导得到的不定芽切割成单芽,接种于增殖培养基中(表 4)。观察 30 d 记录生长情况。

**1.7 生根结鳞茎培养** 将株高 3~4 cm 生长健壮的丽江百合不定芽幼芽单个切下,接种于生根结鳞茎培养基中(表 5)。30 d 后对组培苗的生根结鳞茎情况进行统计。

**1.8 炼苗与移栽** 当苗高 5~6 cm、根长 2~3 cm、根为乳白色至黄绿色时,将培养瓶置于室温下,逐渐将封口膜打开,炼苗 4~5 d。然后将苗小心取出,用自来水将根上培养基冲洗干净,擦干。移栽到经过 50% 赴美双可湿性粉剂 1:500 喷雾消毒的基质中,基质成分配比为珍珠岩:营养土:蛭石=1:1:1(V/V/V)。移栽 60 盆,每盆 1 株。移栽后浇透水,置于有散射光的阴凉处。7 d 后进行正常光照和常规水肥管理,观察 40 d 其生长情况。

**1.9 数据分析** 采用 Microsoft Office Excel 2010 软件整理数据与绘图;SPSS 22.0 软件进行 One-Way ANOVA 统计分析,采用 Duncan 方法进行多重比较及差异显著性检验。

污染率=染菌数/接种总数×100%

成活率=成活数/接种总数×100%

繁殖系数=丛生芽数/接种总数

诱导率=出芽外植体数/接种外植体总数×100%

增殖倍数=增殖芽数/接种总芽数

生根率=生根组培苗数/接种组培苗数×100%

## 2 结果与分析

**2.1 不同灭菌时间对外植体成活率及污染率的影响** 由表 1 可知,使用 5% NaClO 不同灭菌时间处理下的外植体污染率和成活率有显著差异。随着灭菌时间的增加,外植体污染率逐渐下降,成活率则呈先增加后下降的趋势。灭菌时间最短为 6 min 时,污染率最高,达 76.67%;灭菌时间最长为 10 min 时,污染率最低,但成活率仅为 10.00%;灭菌时间为 8 min 时,成活率最高,达 63.33%,此时污染率为 20.00%。因此,综合外植体污染率与成活率,灭菌时间 8 min 最宜,在相对较少的染菌情况下,保证外植体最大的成活率和分化可能性。

**2.2 鳞片不同部位外植体再生能力比较** 由表 2 可知,丽江百合的同一种球鳞片上、中、基部分化能力不同,差异显

著。分化能力从上到下依次增强,基部的分化能力最强,其繁殖系数为 3.67;上部的分化能力最弱,繁殖系数为 1.20。进一步观察发现,鳞片基部和中部所分化不定芽较上部更为粗壮、硬挺,鳞片上部分化不定芽植株矮小纤细、脆而易碎。

表 1 不同消毒时间对丽江百合外植体污染率和成活率的影响

Table 1 Effects of different sterilize times on the stain rate and survival rate of *L. lijiangense* explants

处理 Treatment	时间 Time min	污染率 Stain rate//%	成活率 Survival rate//%
①	6	76.67±5.77 a	3.33±5.77 c
②	7	40.00±10.00 b	26.67±5.77 b
③	8	20.00±10.00 c	63.33±5.77 a
④	9	13.33±5.77 cd	26.67±5.77 b
⑤	10	3.33±5.77 d	10.00±10.00 c

注:同列不同小写字母表示不同处理间显著差异( $P<0.05$ )。

Note: Different lowercase letters in the same column mean significant difference at 0.05 level.

表 2 外植体不同部位对丽江百合愈伤组织和不定芽分化的影响

Table 2 Effects of different parts of the explant on differentiation of callus and adventitious buds of *L. lijiangense*

处理 Treatment	选择部位 Choosing site	繁殖系数 Reproduction coefficient	芽生长状态 Bud growth state
①	上部	1.20±0.20 c	矮小,纤细
②	中部	2.07±0.21 b	较为强壮
③	基部	3.67±1.10 a	强壮,硬挺

注:同列不同小写字母表示不同处理间显著差异( $P<0.05$ )。

Note: Different lowercase letters in the same column mean significant difference at 0.05 level.

**2.3 植物生长调节剂对丽江百合诱导愈伤组织和不定芽的影响** 丽江百合种球鳞片接种后 4 d,鳞片渐渐由白色转变为紫色(图 1A)。19 d 后,鳞片边缘出现嫩绿色小凸起或黄白色愈伤组织。24 d 后,原有凸起和愈伤组织的小凸起逐渐形成不定芽。由表 3 可知,处理④(2.0 mg/L 6-BA+0.1 mg/L NAA)不定芽诱导率最高,为 64.43%(图 1B),显著高于其他处理;处理⑦(0.2 mg/L 6-BA+1 mg/L 2,4-D)不定芽诱导率最低,仅为 2.23%(图 1C)。当 NAA 浓度不变时,改变 6-BA(1~2 mg/L)浓度,诱导率随着 6-BA 浓度的增加而上升。但当 6-BA 浓度为 2 mg/L 时,诱导率反而随着 NAA 浓度的增加而下降。在进行丽江百合的组培时,可以适当增加 6-BA 浓度,相对减少 2,4-D 浓度,这样更有利于愈伤组织和不定芽的诱导。

**2.4 不同植物生长调节剂对丽江百合不定芽增殖的影响** 单芽移栽到增殖培养基一段时间后,丛生芽增殖逐渐趋于平稳(图 1D)。由表 4 可知,不同处理之间差异显著,处理②(2.0 mg/L 6-BA+0.2 mg/L NAA)增殖倍数最大(图 1E),为 4.62;处理③(3.0 mg/L 6-BA+0.2 mg/L NAA)增殖倍数最小(图 1F),为 1.84。由此可见,6-BA 浓度变化对不定芽增殖影响很大,当 6-BA 浓度为 2.0 mg/L 时不定芽增殖效果最佳。另外,过高的 6-BA 浓度(3.0 mg/L)会造成不定芽的干枯,长势减弱。

表3 不同植物生长调节剂对丽江百合诱导愈伤组织和不定芽的影响

Table 3 Effects of plant growth regulators on the induction of callus and adventitious buds of *L. lijiangense*

处理 Treatment	6-BA mg/L	NAA mg/L	2,4-D mg/L	诱导率 Introduc- tion rate/%
①	1.0	0.1	0	15.53±2.23 de
②	1.0	0.2	0	28.90±1.10 bc
③	1.0	0.5	0	22.20±5.88 cd
④	2.0	0.1	0	64.43±5.88 a
⑤	2.0	0.2	0	40.00±3.87 b
⑥	2.0	0.5	0	37.77±4.47 b
⑦	0.2	0	1	2.23±2.23 e
⑧	0.5	0	1	33.33±3.84 bc
⑨	0.5	0	2	6.67±3.84 e

注: 同列不同小写字母表示不同处理间显著差异( $P<0.05$ )。

Note: Different lowercase letters in the same column mean significant difference at 0.05 level.

**2.5 不同植物生长调节剂对丽江百合组培苗生根结鳞茎的影响** 不定芽接种 10 d 左右逐渐形成小鳞茎, 15 d 后开始生根并伴有鳞茎增殖。由表 5 可知, 处理②(0.10 mg/L 6-BA+

0.01 mg/L IBA) 生根率(88.67%)和鳞茎增殖倍数(2.78)显著高于其他处理, 且鳞茎根部长势也最佳, 根茎粗壮, 呈黄绿色(图 1G); 处理③(0.10 mg/L 6-BA+0.05 mg/L IBA) 鳞茎增殖倍数和生根情况最差, 鳞茎增殖倍数仅为处理②的 0.44 倍, 生根率仅为处理②的 0.35 倍。表明丽江百合小鳞茎生根结鳞茎对 IBA 敏感, 在一定范围增加 IBA 浓度能够促进生根数量和长势, 过量则会起到抑制作用。

表4 不同植物生长调节剂对丽江百合不定芽增殖的影响

Table 4 Effects of plant growth regulators on the multiplication of adventitious buds of *L. lijiangense*

处理 Treatment	6-BA mg/L	NAA mg/L	增值倍数 Proliferation multiple
①	1	0.2	2.55±0.14 b
②	2	0.2	4.62±0.16 a
③	3	0.2	1.84±0.14 c

注: 同列不同小写字母表示不同处理间显著差异( $P<0.05$ )。

Note: Different lowercase letters in the same column mean significant difference between different treatments at 0.05 level.

表5 不同植物生长调节剂对丽江百合试管苗生根结鳞茎的影响

Table 5 Effects of different plant growth regulators on rooting and bulb formation of *L. lijiangense* test tube seedling

处理 Treatment	6-BA mg/L	IBA mg/L	单株生根数 Root numbers of per seedling	生根率 Rooting rate/%	鳞茎增殖倍数 Bulb multi- plication multiple	根部状态 Root state
①	0.10	0.00	2.51±0.12 b	34.01±8.54 b	1.67±0.31 b	白色, 虚弱
②	0.10	0.01	3.91±0.23 a	88.67±7.09 a	2.78±0.20 a	黄绿色, 健壮
③	0.10	0.05	1.64±0.25 c	31.12±11.53 b	1.22±0.66 b	黄白色, 纤细

注: 同列不同小写字母表示不同处理间显著差异( $P<0.05$ )。

Note: Different lowercase letters in the same column mean significant difference between different treatments at 0.05 level.

**2.6 试管苗移栽** 将生根苗进行移栽, 7 d 后植株抽发新叶(图 1I), 成活率可达 95%。

### 3 结论与讨论

研究表明, 外植体生理状态对组织培养起着关键作用, 即便是同一百合种球的鳞片分化能力也存在差异, 其鳞片产生愈伤组织或不定芽的能力从高到低依次为内层、中层、外层<sup>[7]</sup>。该研究采用丽江百合内层鳞片为外植体, 避免了外层鳞片因衰老或损伤带来的影响, 有效地增加丽江百合分化可能性。该研究发现, 丽江百合的鳞片上部、中部、基部分化能力也有差异, 其中基部分化能力最强。外植体的部位与小鳞茎的发生之间有某种联系, 即肥厚的基部鳞片容易分化出小鳞茎, 且繁殖系数显著高于其他部位, 这与王爱勤等<sup>[8]</sup>关于百合鳞片的研究结果一致。

在消毒过程中, NaClO 的使用时间是关键。该研究采用 5 个不同消毒时间进行对比, 当消毒时间为 6 min 时, 污染率达 76.67%, 而当消毒时间为 10 min 时, 污染率仅为 3.33%。在污染率高的处理中, 丽江百合鳞片几乎不能存活。这说明微生物在培养基中繁殖生长会严重影响离体培养材料的生长甚至存活, 这与柯义强等<sup>[5]</sup>在兰州百合(*L. davidii* var. *willmottiae*)中的研究结果一致。当消毒时间超过 8 min 时(8~10 min), 虽然污染率大大下降, 但同时鳞片成活率以及产生不定芽的能力也随之而降低。这证明 NaClO 在一定时间范

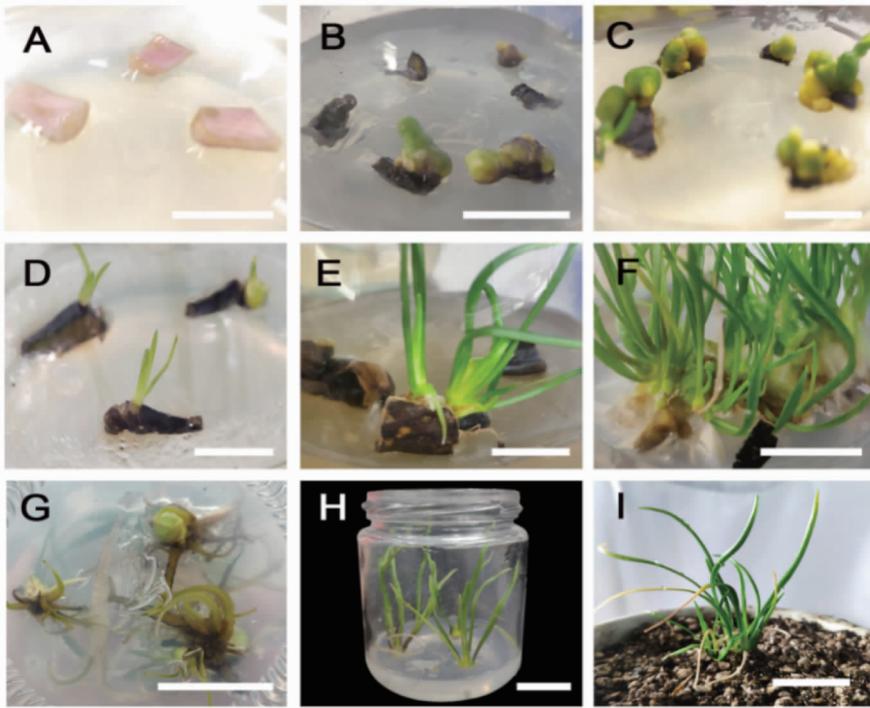
围对丽江百合的消毒有效, 当超过时间限度时, 便会对鳞片和不定芽产生毒害作用, 这与 Luis 等<sup>[9]</sup>在洋葱(*Allium cepa*)组培中的研究结果一致。

在进行不定芽诱导时, 通常将生长素类(NAA 和 2,4-D)与细胞分裂素类(6-BA)搭配使用<sup>[10]</sup>。但进行不同的百合组培时, 浓度比例有较大差别<sup>[11-14]</sup>。当 6-BA 浓度为 2 mg/L 时, 诱导率随着 NAA 浓度的增加而下降, 从 64.43%(0.1 mg/L NAA)下降到 37.77%(0.5 mg/L NAA)。即在 6-BA 处于较高浓度时, 低浓度 NAA 有利于不定芽诱导。这可能是过量生长素会引起乙烯生成, 从而抑制了不定芽的诱导<sup>[15]</sup>。该研究中 6-BA 与 2,4-D 搭配也具有诱导效果, 但没有前者显著, 所以不予考虑。丽江百合的鳞片诱导过程中, 鳞片易直接生长不定芽, 较少部分先产生愈伤组织, 再由愈伤组织进一步分化得到不定芽和小鳞茎, 这与张文婷等<sup>[16]</sup>在金黄花滇百合(*L. bakerianum* var. *aureum*)组培中结果相反。这可能是鳞片周围的愈伤组织导致输导组织运输不畅, 影响组培苗生长<sup>[17]</sup>。由此可知, 丽江百合的再生可直接采用鳞片进行不定芽分化, 此途径较使用愈伤组织进行分化更为方便快捷。

在生根和鳞茎增殖阶段, 一定浓度范围内的 IBA 对鳞茎生根具有促进作用, 但当浓度超过一定限度时, IBA 会加快百合根部老化, 根的生长便受到了抑制, 这与张彦妮等<sup>[18]</sup>研

究结果一致。此外,与韦海忠等<sup>[19]</sup>关于不同生根培养基对野生百合生根影响的研究有所不同的是,在丽江百合生根培养基中未添加活性炭。该研究的预试验发现,添加活性炭的

试管苗皆出现叶片发白及植株枯萎的现象。活性炭不仅不能促进生根,反而明显地抑制生根,分析原因可能是活性炭吸附了培养基中的生长素<sup>[20]</sup>。



注:A.鳞片接种;B、C.鳞片诱导愈伤组织和不定芽;D、E、F.不定芽增殖;G.植株生根;H.炼苗;I.移栽。Bars = 1 cm。

Note: A. Scale inoculation; B, C. Induction callus and adventitious bud from scales; D, E, F. Multiplication culture of adventitious buds; G. Plantlets rooting; H. Acclimatization; I. Transplanting. Bars = 1 cm.

图1 丽江百合鳞片植株再生体系的建立

Fig. 1 Establishment of scale plant regeneration system of *L. lijiangense*

该研究以丽江百合鳞片为外植体,120 d 可完成不定芽及愈伤组织诱导、增殖、生根、炼苗、移栽等过程,最终成功实现丽江百合组织培养以及再生体系的建立,获得大量健康的组培苗。与自然繁殖相比,该研究大大提高了其繁殖系数,为丽江百合种质资源保护、遗传育种及园林应用奠定基础。

#### 参考文献

- [1] AZERI F N, ÖZTÜRK G. Microbulb and plantlet formation of a native bulbous flower, *Lilium monodelphum* M. Bieb, var. *Armenum*, through tissue culture propagation [J/OL]. *Biotechnology reports*, 2021, 32 [2022-02-15]. <https://doi.org/10.1016/j.btre.2021.e00665>.
- [2] 彭隆金. 云南百合一新种[J]. *云南植物研究*, 1984, 6(2): 189-191.
- [3] 中国珍稀濒危植物信息系统 (ISCREP) [DB/OL]. [2022-02-15]. <http://www.iplant.cn/rep/pro/Lilium%20lijiangense>.
- [4] 朱立, 储蓉, 周艳, 等. 贵阳地区几种百合引种栽培试验研究[J]. *种子*, 2010, 29(8): 120-121.
- [5] 柯义强, 郭鹏辉, 马洪鑫, 等. 兰州百合组培快繁体系的构建[J]. *浙江农业学报*, 2020, 32(6): 1000-1008.
- [6] BAKHSHAI M, KHOSRAVI S, AZADI P, et al. Biotechnological advances in *Lilium* [J]. *Plant cell reports*, 2016, 35(9): 1799-1826.
- [7] 王刚, 杜捷, 李桂英, 等. 兰州百合和野百合组织培养及快速繁殖研究[J]. *西北师范大学学报(自然科学版)*, 2002, 38(1): 69-71.
- [8] 王爱勤, 何龙飞, 温庆兰, 等. 百合组培中鳞片处理及其颜色变化与鳞茎形成的关系[J]. *园艺学报*, 2004, 31(1): 117-119.
- [9] LUIS A C V, JOSÉ L C G, LUIS F V M, et al. Cytotoxic effect of sodium

- hypochlorite (NaClO) in apical cells of onion roots (*Allium cepa* L.) [J]. *Revista colombiana de ciencias hortícolas*, 2017, 11(1): 97-104.
- [10] 张旭红, 王颀, 梁振旭, 等. 欧洲百合愈伤组织诱导及植株再生体系的建立[J]. *植物学报*, 2018, 53(6): 840-847.
- [11] 孙君社, 方晓华. 植物激素对百合鳞片愈伤组织生长的影响[J]. *中国农业大学学报*, 2001, 6(2): 58-61.
- [12] 李莺, 李星, 李生玲, 等. ‘黄天霸’百合花器官愈伤组织诱导及植株再生[J]. *热带作物学报*, 2013, 34(8): 1507-1512.
- [13] 田山君, 裴芸, 牛力立, 等. 卷丹百合脱毒与快繁技术研究[J]. *种子*, 2020, 39(5): 157-162.
- [14] 潘理云, 张海洋. 宜兴百合组培快繁技术的研究[J]. *安徽农业科学*, 2012, 40(10): 5748-5750.
- [15] VAN AARTRUIK J, BLOM-BARNHOORN G J, BRUINSMA J. Adventitious bud formation from bulb-scale explants of *Lilium speciosum* Thunb. *in vitro* effects of aminoethoxyvinyl-glycine, l-aminocyclopropane-1-carboxylic acid, and ethylene [J]. *Journal of plant physiology*, 1985, 117(5): 401-410.
- [16] 张文婷, 何燕红, 舒宇, 等. 金黄花滇百合植株再生与离体快繁技术体系的建立[J]. *植物学报*, 2019, 54(6): 773-778.
- [17] 崔祺, 贾桂霞. 3种百合组培快繁体系的优化[J]. *湖南农业大学学报(自然科学版)*, 2014, 40(6): 621-626.
- [18] 张彦妮, 李文英. 百合属‘普瑞头’的组织培养和快速繁殖[J]. *草业科学*, 2012, 29(7): 1077-1083.
- [19] 韦海忠, 潘丽芹, 任欢, 等. 不同生根培养基对野生百合生根影响的研究[J]. *分子植物育种*, 2017, 15(12): 5148-5154.
- [20] 王乔春. 影响梨砧木 BP10030 试管苗生根的因素[J]. *国外农学(果树)*, 1991(4): 7-8.