

# 百合鳞片扦插繁殖的研究进展

孙红梅, 贾子坤, 陆 阳, 陶文玲, 王春夏

(沈阳农业大学 园艺学院 辽宁省设施园艺重点实验室, 辽宁 沈阳 110161)

**摘 要:** 鳞片繁殖是百合种球生产过程中的关键环节。综述了迄今为止有关鳞片扦插技术、影响鳞片扦插繁殖的因素和鳞片繁殖生理等方面的研究成果, 并对该领域存在的问题进行了简析, 对今后的研究重点进行了展望。

**关键词:** 百合; 鳞片扦插; 研究进展

**中图分类号:** S 682.2<sup>+</sup>9 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-0009(2009)02-0141-06

百合 (*Lilium* spp.) 的繁殖方法主要包括种子繁殖、分球繁殖、茎生小鳞茎繁殖、珠芽繁殖、鳞片繁殖和组织培养等。对绝大多数种类的百合而言, 种子繁殖后代变异性大、周期长, 目前主要以无性繁殖为主。其中茎生小鳞茎繁殖获得的种球质量好, 但繁殖系数低; 组织培养解决了繁殖系数低的问题, 但生产成本较高, 一代球一般只作为繁殖原始材料而不直接用于生产; 鳞片繁殖成本低、操作方便, 且繁殖系数高, 是目前种球商品化生产过程中必不可少的关键环节。尤其是通过组织培养手段获得脱毒的原始材料以后, 如何进行工厂化的鳞片繁殖是生产中的重要问题。我国百合种球生产尚处于攻关阶段, 要实现百合种球国产化, 必须解决目前普遍存在的小鳞茎生理状态无法控制、鳞茎发育周期长等问题。现综述迄今为止有关鳞片扦插技术、影响因子和小鳞茎发育生理的研究成果, 并对该领域今后的研究重点进行了展望, 以期明确鳞片繁殖小鳞茎的生理机制、确定生产中的调控技术、最终实现我国百合种球的国产化提供参考。

## 1 百合鳞片扦插繁殖的方法

百合鳞片扦插繁殖包括扦插和埋片 2 种方法。传统的扦插法是将提前消毒、阴干的鳞片凹面向上斜插到基质中, 顶端露出鳞片长度的 1/2 ~ 1/3, 间距 3 cm 左右。埋片法在容器底部先铺一层 3~5 cm 厚的基质, 所选鳞片凹部朝上平放于基质, 然后铺一层 2~3 cm 厚的基质, 再在其上平放鳞片, 依次重复, 最后在顶层覆盖 4~6 cm 基质<sup>[1]</sup>。埋片法是目前国外百合商品种球工厂化生产的主要途径, 通常将埋片法和扦插法统称为鳞片

扦插。一些研究者称使用不含或少含有机质的材料作为培养基质的方法为无土扦插<sup>[2-3]</sup>, 并对扦插之前的鳞片采取了营养液浸泡处理。

鳞片扦插多在秋季或早春采挖成熟百合鳞茎时进行, 选出鳞片肥厚的鳞茎, 先剥去鳞茎表面腐烂或干枯的鳞片, 再将健壮鳞片剥下<sup>[4]</sup>, 剥时不要损伤鳞片基部, 然后用自来水洗净, 药剂消毒后用蒸馏水冲洗干净、阴干备用。百合鳞片扦插中, 进行鳞片消毒处理的腐烂率明显低于未消毒处理的腐烂率<sup>[5]</sup>。鳞片消毒常用的药剂有 KMnO<sub>4</sub>、多菌灵、百菌清、克菌丹等, 常用的使用浓度是 KMnO<sub>4</sub> 1 000 倍溶液, 其他药剂 500 ~ 800 倍溶液浸泡 20 ~ 30 min。用 0.1% HgCl<sub>2</sub> 处理鳞片也可有效防止扦插过程中鳞片腐烂<sup>[6]</sup>。为促进鳞片扦插的成球率和小球的生根率, 扦插前可以利用适量浓度的植物生长调节剂处理鳞片。

有研究表明繁殖前晾晒处理, 可减少鳞片腐烂, 提高成活率<sup>[7]</sup>, 这是因为百合鳞茎的组织一般都较脆弱, 直接繁殖易造成鳞片断裂、损伤而腐烂。若经过适当的晾晒处理, 可增强鳞片的机械强度, 提高鳞片的抗性<sup>[7]</sup>。但晾晒时间不能过长, 否则组织中的水分过分蒸发, 则不利于鳞片的萌发和籽球形成。晾晒过程中鳞片色泽与生理变化对鳞茎的形成有一定的影响。

## 2 影响百合鳞片扦插繁殖的因素

影响百合鳞片扦插繁殖的因素, 内因包括品种特性、鳞片部位等; 外因包括温度、光照、湿度和各种物理或化学处理。

### 2.1 品种特性

品种特性是影响百合鳞片扦插繁殖的最主要因素, 在多数因素都可以得到全面控制的微繁中, 品种特性的影响极其明显<sup>[8]</sup>。由于不同品种的遗传组成及其鳞茎的鳞片肥厚程度不同, 所含养分也不同, 导致鳞片扦插成活率、平均繁殖系数及生根数存在明显差异<sup>[9-10]</sup>。高年春等<sup>[11]</sup>分别以亚洲百合和东方百合的不同品种作试

第一作者简介: 孙红梅(1972-), 女, 博士, 副教授, 现从事园艺植物栽培生理研究工作。E-mail: hmbh@sina.com。

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(30400307); 辽宁省教育厅基金资助项目(2004F084, 20060787)。

收稿日期: 2008-08-20

材的研究表明:不同基因型对于鳞片分化产生小鳞茎的数量和每个小鳞茎的生物量的影响较大,品系和品种间的繁殖系数有显著差异,一般亚洲百合鳞片繁殖易成活。吴学尉等<sup>[2]</sup>以东方百合 Sorbonne、Siberia、亚洲百合 Navona 和麝香百合 Snow queen 4 个品种为材料进行鳞片扦插试验,结果表明:Siberia 出芽率最高,其次是 Snow queen 和 Navona, Sorbonne 最低。齐鑫<sup>[9]</sup>对 6556、9200、白龙、白马、雷山 5 种基因型的新铁炮百合研究发现,在相同的外界条件下,扦插在相同的基质中,扦插成活率与平均繁殖系数均存在差异。Pablo<sup>[8]</sup>也证实了麝香百合“Snow Queen”、卷丹 (*L. Lancifolium*), 东方系百合“Star gazer”以及亚洲系百合“Enchantment”、“Connecticut King”等不同基因型小鳞茎分化的差异。

## 2.2 鳞片部位

不同部位鳞片的繁殖能力不同,通常认为外层和中层鳞片繁殖能力较强<sup>[13-14]</sup>,但外层鳞片机械损伤严重,病菌多,易于污染,所以选中层鳞片进行繁殖效果最好<sup>[15]</sup>。内层鳞片细胞再生能力强,但由于基部面积较小,营养积累少,不能为分化提供充足的能量,因此繁殖系数较低。赵宇等<sup>[16]</sup>以青岛百合 (*Lilium Tsingtauense*) 为材料研究表明:25℃条件下以珍珠岩为基质内层鳞片扦插效果最好,认为是由于内层鳞片病原菌少、无机械损伤、扦插时不易受污染所致。另外,王爱勤等<sup>[7]</sup>认为不同部位的鳞片扦插后腐烂程度不同,对形成小鳞茎的能力有影响:以兰州百合为试材,外层鳞片腐烂率最高达 46.9%,繁殖系数最低;中层鳞片腐烂率降低为 18.9%,繁殖系数最高;内层鳞片腐烂率最低为 5.8%,繁殖系数介于外层与中层之间。新铁炮百合 (*Lilium formolongi*) 方面的研究发现<sup>[17]</sup>外层鳞片形成小鳞茎的平均质量最好,中层鳞片次之,内层鳞片最差,但外层鳞片与中层鳞片之间的差异不显著。由此可见,上述不同研究结果的差异与母鳞茎不同的生理状态和扦插过程中的防腐措施有关,一般认为中外部饱满鳞片繁殖系数最高。Pablo 等<sup>[18]</sup>报道 25℃条件下麝香百合形成小鳞茎的数量由外层、中层至内层鳞片逐渐减少,但获得的最大小鳞茎均来自于中层鳞片,因此认为中层鳞片是鳞片扦插繁殖的最理想材料,然而为生产目的,外层鳞片也可以用于繁殖。

同一鳞片的不同部位增殖系数也不相同。鳞片基部是小鳞茎形成部位,是扦插中不得缺少的部分<sup>[7]</sup>。将鳞片切分成许多小块,带基部的鳞片最易结鳞茎,中部较难分化和结鳞茎,上部不能结鳞茎,王爱琴等<sup>[7]</sup>认为这是由于鳞片的分生组织在基部。而王季林等<sup>[19]</sup>则认为这是由于鳞片的基部有更高水平的 CTK 和 GA<sub>3</sub> 及较低水平的 ABA,利于分生组织细胞经伸长、分化直至成熟。关于鳞片不同部位增殖能力不同的生理机制有待

于深入研究。

## 2.3 温度

温度是对扦插鳞片生根和产生小鳞茎影响最大的环境因子<sup>[16]</sup>。百合生长的适宜温度为昼温 20~25℃,夜温 10~15℃,通常情况下过高或过低都会影响鳞片生长,但在鳞片扦插过程中,高温、高湿可能更有利于促进小鳞茎的萌发,25℃是最有利于青岛百合<sup>[16]</sup>和细叶百合 (*Lilium pumilum*)<sup>[20]</sup>生根和增殖的温度。另外,鳞片扦插前,2~5℃的低温处理可显著提高繁殖率和成球率<sup>[12]</sup>。亚洲百合 Toro 和东方百合 Siberia 经 2~4℃的低温处理 1 个月,鳞片扦插结球率和小鳞茎萌生地上叶的比率均明显提高<sup>[21]</sup>。但冷藏时间不易过长,超过 40 d 这种促进作用会消失,并且表现出明显的抑制作用<sup>[22]</sup>。不同品种对温度的反应也有所不同,少数品种如 Marco Polo 在变温条件下有更高的繁殖率<sup>[23]</sup>;毛百合 (*Lilium dahuricum*) 的扦插繁殖最适温度为 25℃恒温<sup>[24]</sup>;麝香百合“white American”在 5、10、15℃条件下培养 6~10 周均不能分生小鳞茎,而在 20℃和 25℃下却能分生出小鳞茎,但小鳞茎数量和鲜重 2 个指标都在 25℃培养条件下表现更佳<sup>[3]</sup>,而日本百合 (*Lilium japonicum*) 在 20℃培养比 25℃条件下更有利于分生小鳞茎<sup>[25]</sup>。Tuyt<sup>[26]</sup>研究麝香百合鳞片繁殖的结果表明,形成小鳞茎数目最多的温度为 23℃。另外, Matsuo<sup>[24]</sup>认为小鳞茎生根萌叶的现象部分取决于土壤温度、小鳞茎大小及成熟度,较大的鳞茎有较好的成熟度,对较高温度处理比较敏感。

## 2.4 扦插基质

基质通常被认为是除温度外影响百合鳞片繁殖第二重要的环境因子,对鳞片出芽率、新生籽球数、鳞片繁殖系数、籽球直径都有很大影响。常用的扦插基质有草炭、腐殖土、锯末、珍珠岩、沙子、椰糠等。基质的选择通常从保水性、保肥性、透水性、透气性几个方面考虑。在生产上,使用方便和成本低也是基质选择应该考虑的原则。黄作喜等<sup>[21]</sup>研究发现,以珍珠岩为基质,鳞片繁殖系数较高,但生成小鳞茎直径较小,这可能是由于珍珠岩透水透气性好,有利于小鳞茎生成,但营养不足导致小鳞茎发育不良;而腐殖土营养丰富,但透水、透气性差,不利于萌生籽球。黄宇翔等<sup>[6]</sup>研究表明:锯末:园土(3:1)为较理想的扦插基质。王雅琴等<sup>[2]</sup>研究了无土扦插的营养液配制,结果表明:采用 N:P:K 为 8:2:8 或者 12:6:12 的营养液浸泡鳞片 1 h 后培养,可提高轮叶百合 (*Lilium brownii*) 的繁殖系数和小子球的整齐度。

不同百合品种对基质的要求不同。吴学尉等<sup>[13]</sup>以东方百合 Siberia 为材料研究发现,全锯末做基质繁殖效果最好,明显优于珍珠岩和腐殖土。罗凤霞等<sup>[28]</sup>以亚洲百合的 5 个品种研究认为,河沙、草炭、壤土等基质对鳞

片扦插繁殖影响不大, 利用纯细河沙做基质即可。然而, 赵宇等<sup>[6]</sup>在青岛百合上的研究认为细河沙做基质容易发生板结, 珍珠岩比较适合青岛百合的鳞片繁殖要求。齐鑫<sup>[9]</sup>以新铁炮百合为试材研究发现: 以草炭、草炭/河沙(1/1)、河沙作基质的鳞片扦插成活率分别为 93.3%、66.7%、33.3%, 繁殖系数分别为 2.5、2.3、1.9, 处理间差异显著, 认为草炭比较适合新铁炮百合扦插繁殖。宁云芬等<sup>[10]</sup>以砂土、园土与锯末混合两种基质研究新铁炮百合鳞片扦插结果表明: 2 种基质对成球数没有显著影响, 但园土与锯末混合有利于生根, 而且长出的苗相对健壮, 这种苗移栽后成苗率高, 将来能形成质量更好的种球。李益锋等<sup>[22]</sup>分析了 6 种基质对龙牙百合鳞片繁殖的影响, 结果表明: 泥炭:珍珠岩=1:1 和泥炭:沙=1:1 是最适合作为扦插繁殖的基质, 在沙中加入等量的泥炭是埋片繁殖的最佳基质。由此可见, 基质对于百合鳞片繁殖的影响不仅很重要, 而且很复杂, 生产中应根据不同品种特性分别加以选择。

基质的湿度也会影响百合鳞片繁殖效果, 王高歌等<sup>[29]</sup>认为高温高湿可促进百合鳞片尽快诱导出小球, 若湿度不够, 就会延迟繁殖籽球的时间, 还会降低繁殖系数高的品种的繁殖系数, 因此, 在生产中应尽量创造高温高湿的环境条件, 但也不能过高, 否则会导致鳞片腐烂, 以手握成团而不滴水为宜。

## 2.5 光照

光照条件对籽球形态建成有明显影响, 但对其作用效果, 目前的研究结果并不一致。郝京辉等<sup>[7]</sup>以新铁炮百合“雷山一号”为试验材料, 研究发现在自然光条件下, 鳞片很快由黄白色变成红褐色, 扦插 80 d 后, 大部分鳞片尤其是外、中层鳞片都由肥大饱满变为干瘪, 鳞片形成籽球数量多, 但个小, 每个籽球平均产生叶片 2~3 枚; 在黑暗条件下, 鳞片一直保持黄白色, 只有一少部分外层鳞片出现干瘪现象, 形成籽球数量少, 但个大, 且极少产生叶片。杨利平等<sup>[20]</sup>认为 25℃ 避光是细叶百合鳞片扦插的最佳条件; 郑慧俊等<sup>[30]</sup>认为黑暗条件下东方百合 Siberia 和 Sorbonne 鳞片小鳞茎诱导率显著高于见光处理; 而黄宇翔等<sup>[6]</sup>以同样品种为试材的研究结果却有所不同: 认为黑暗处理虽然使鳞茎增大但明显降低了繁殖系数。上述结果表明: 不同百合品种鳞片扦插对光照的反应不同, 而且它们对于光照的反应可能不是单一因子作用的结果。

## 2.6 植物生长调节剂

用适宜浓度的植物生长调节剂浸泡或喷施百合鳞片, 可以显著提高繁殖系数、籽球直径和生根数量。生产上常用的植物生长调节剂包括 NAA、IBA、6-BA 和 GA 等。目前国内外对生长调节剂的种类和适用浓度研究较多, 但研究结果不尽相同, 而对适宜处理时间的报

道尚少。

有试验表明 300 mg/L NAA 处理可明显提高鳞片扦插的繁殖系数<sup>[6, 31]</sup>, 而赵祥云等<sup>[4]</sup>认为低浓度(100 mg/L) NAA 溶液速蘸可提高鳞片扦插的成球率和小球的生根率, 从而使小球能够从外界吸收较多的水分, 加速生长。由此可见, 激素处理浓度和处理时间共同影响了鳞片繁殖的效果。宁云芬等<sup>[10]</sup>则研究表明 NAA 对小鳞茎发生数没有显著影响, 但能促进根的发生, 因此虽不能提高繁殖系数, 但可以促进壮苗, 提高将来种球的质量, 而且冷藏处理与 NAA 的互作对小鳞茎诱导有极显著的效应。胡秉芬等<sup>[19]</sup>研究发现, 0.5 g/L 的 NAA 处理成苗率最高, 小鳞茎发根数最多。李益锋等<sup>[32]</sup>认为: 龙牙百合埋片繁殖以 150 mg/L NAA 处理效果最好, 而 6-BA 不适合其埋片繁殖。刘凤君等<sup>[33]</sup>研究表明: NAA 处理导致鳞片腐烂率增加, 300 mg/kg 的 IBA 浸泡鳞片 5 h 最有利于宜兴百合生成小鳞茎, 兰州百合则以 200 mg/kg IBA 处理效果最好。曹毅等<sup>[34]</sup>使用 15% 多效唑可湿性粉剂、NAA 和 IBA 3 种药剂浸泡鳞片有明显的防止腐烂作用, 使鳞片完好率大大提高; 同时 50 mg/L NAA 和 IBA 处理具有增加鳞芽数和增大鳞芽的效果, 50~100 mg/L IBA 处理对鳞芽根系有明显促进作用。

桑林等<sup>[35]</sup>以麝香百合为试材研究发现, 1 mg/L 6-BA+1 mg/L NAA 能够显著提高鳞片扦插的繁殖系数, 高于对照 8.1 倍; 低浓度 GA<sub>3</sub> (0.05 mg/L) 能够促进叶和芽的成长, 高浓度 GA<sub>3</sub> 对叶和芽生长有抑制作用。郭文杰等<sup>[36]</sup>在东方百合(Sorbonne)的研究结果与上述结论相同。杜明芸等<sup>[37]</sup>研究发现, 湖北百合(*Lilium henryi* Baker)经 2,4-D 浸泡后鳞片形成小鳞茎的数目增加, 体积也较大。罗凤霞等(2000)研究表明 50 mg/L 和 100 mg/L IBA 处理差异不显著, 但二者与对照有显著差异, 生籽球率高于对照 50%。

## 2.7 扦插方式

扦插方式不同也会影响繁殖效果。整叶鳞片扦插与切割鳞片及切割方式对鳞茎的形成有明显影响。整叶鳞片扦插月增殖系数比切割的鳞片高, 腐烂率低, 当鳞片切至 1/4 以下, 月增殖明显降低, 腐烂率高达 50%以上<sup>[7]</sup>。经切去鳞片顶尖 1cm 处理, Toro 和 Siberia 2 品种小鳞茎结实率均比对照提高<sup>[21]</sup>。但切去部分不宜过长, 以防影响籽球萌发与生长的营养供应, 一般不宜超过鳞片长度的 1/3<sup>[38]</sup>。刘晓辉等<sup>[23]</sup>的研究也表明将三大品系百合的鳞片“二等分”分割可有效提高扦插繁殖率和成苗率。

另外, 杨利平等<sup>[20]</sup>对细叶百合研究发现: 相同条件下相同部位的刀切鳞茎段所产生小鳞茎数量明显高于手掰的整片鳞片, 鉴于夏宜平等<sup>[39]</sup>和张月等<sup>[40]</sup>在东方

百合和兰州百合鳞片淀粉粒亚显微结构研究中分别采用了手掰和刀切的方法,这2种方法的差异及其导致鳞片繁殖效果不同的生理原因有待于深入研究。

## 2.8 辐射处理

关于辐射处理对于鳞片繁殖效果的研究尚少。张克中等<sup>[41]</sup>用不同剂量的<sup>60</sup>Co 辐射4种百合结果表明,随着辐射剂量的增高,鳞片扦插的出芽率、产生的小仔球(或不定芽)数、小仔球重量都显著降低。王百合(*Lilium regale*)、‘Berlin’适宜的处理剂量是1~3 Gy; ‘Pollyana’、‘Romona’适宜处理剂量是1~2 Gy, 4.5 Gy已达到致死剂量。周建等<sup>[42]</sup>研究了辐射对百合鳞茎鳞片扦插幼苗的耐热生理反应,发现经<sup>60</sup>Co 辐射后,鳞片扦插苗繁殖系数均下降,各品种的耐辐射能力为:铁炮百合‘White Fox’> 铁亚杂交系百合‘Ceb Dazzle’> 东方百合系‘Marrero’,百合鳞片经适宜剂量的<sup>60</sup>Co $\gamma$ 射线辐射后,扦插幼苗表现出一定的耐热生理反应。

## 3 百合鳞片繁殖生理研究

### 3.1 鳞片繁殖小鳞茎的形态发生

Matsuo等<sup>[41]</sup>对百合鳞片扦插成球的研究表明,扦插的鳞片一般在近轴面基部伤口处分化出分生组织,分生组织产生后形成愈伤组织,然后由愈伤组织分化发育成膨大的小鳞茎。但宁云芬等<sup>[43]</sup>采用解剖学方法研究新铁炮百合鳞片扦插繁殖中小鳞茎的组织发生过程指出,小鳞茎起源于鳞片基部内层薄壁细胞而非愈伤组织。鳞片上小鳞茎的形成方式大致可分为3种生长类型,一是先形成小鳞茎,小鳞茎膨大到一定程度在基部长出新根;二是小鳞茎与新根几乎同时生长发育;三是在鳞片基部先长新根,暂时不形成小鳞茎。形成小鳞茎的方式因基因型不同而不同,生根是小鳞茎和叶、芽形成后能否继续生长的关键,也是小植株驯化栽培的关键<sup>[35]</sup>。鳞片生根与小鳞茎增殖存在显著相关性,生根率高的,小鳞茎增殖系数也大,生根多的鳞片,其产生的小鳞茎数量也多;小鳞茎产生的数量与小鳞茎的直径也存在着显著相关性,即鳞片产生小鳞茎数量小的,小鳞茎直径也较小。Marinangeli等<sup>[44]</sup>比较评价了麝香百合的外层、中层和内层鳞片在25℃条件下产生小鳞茎的能力,所有鳞片均在前4 d进入原初阶段,一个月后自外层鳞片发生的小鳞茎具3个鳞片,而中层的则有4个鳞片,且发生自中层鳞片的小鳞茎与母鳞茎在形态上最为接近,即与鳞片基部的宽度呈正相关。小鳞茎的生理状态与形态之间存在哪些内在的关系目前尚不明确,丁仁展等<sup>[45]</sup>研究表明用母鳞片扦插比用新鳞片扦插繁殖的籽球地上茎萌生率高,露出扦插比覆土扦插地上茎萌生率高,其原因有待于探讨。

### 3.2 碳水化合物和相关酶类的变化

百合鳞片富含淀粉,淀粉是百合鳞茎中碳水化合物

的重要贮藏形式,常以淀粉粒的形式存在于组织细胞中<sup>[40]</sup>,其代谢特性是影响其形态发生途径的关键因素之一<sup>[46]</sup>。而淀粉代谢是一个复杂的生理过程,是多种糖类物质和相关酶共同作用的结果。鳞片繁殖的整个过程中,母鳞片的淀粉在淀粉降解酶作用下生成可溶性糖供新鳞茎生长发育。随着小鳞茎的形成,母鳞片的淀粉逐渐减少,可溶性糖含量升高,新鳞茎淀粉逐渐积累。母鳞茎中淀粉的降解与蔗糖含量的增加呈正相关,即淀粉是小鳞茎更新形成过程中提供蔗糖的碳骨架<sup>[47]</sup>。百合中主导的可溶性碳水化合物形态是蔗糖,无论是亚洲百合‘Mona’,还是东方百合‘Casablanca’,在离体培养形成小鳞茎过程中,而葡萄糖和果糖的含量均很低<sup>[48]</sup>。Miller等<sup>[49]</sup>利用鳞片扦插培育小鳞茎过程中,鳞片顶端比中部淀粉先开始降低,顶端可溶性糖逐渐升高。

百合鳞茎膨大发育过程中,往往通过有关酶活性的增加和加速物质转化以满足鳞片形态发生的需要。刘选明等<sup>[50]</sup>认为不定芽直接分化过程中,RNA与蛋白质含量升高,同时有关酶活性增加,并通过提高SOD等酶活性来增加组织的抗逆性与防止组织老化,提高组织的分化力。周一兵<sup>[51]</sup>指出鳞茎培养过程中,过氧化物酶活性逐渐增强,过氧化物酶同工酶数量增多,在阴极端出现4条区别明显的条带。酯酶同工酶数量增多,淀粉酶同工酶数量逐渐增多和活力逐渐增强。

### 3.3 内源激素的变化

赤霉素(GA<sub>3</sub>)可促进细胞伸长;细胞分裂素(CTK)是鳞茎形成的启动因素之一,但对鳞茎的膨大作用不大;生长素、乙烯对鳞茎的膨大有促进作用<sup>[52]</sup>。熊正琴等<sup>[53]</sup>报道在培养中添加水杨酸(SA)能显著促进大蒜鳞茎的膨大,因此认为SA应该是有利于鳞茎形成的激素,且MeJA(茉莉酸甲酯)促进鳞茎膨大可能基于促进内源SA含量的增加而实现。然而迄今为止,关于鳞片繁殖过程中内源激素变化的研究尚少。百合鳞片顶端为生长点所在部位,内部极有可能含有某些浓度过高的激素或抑制物质(如生长素类),这些物质经极性向下运输改变了鳞片基部的生理状态,抑制不定根及小鳞茎的发生。经去顶处理后,这种抑制作用即被解除<sup>[38]</sup>。2~5℃条件下预先冷藏处理有利于鳞片繁殖<sup>[54]</sup>,冷贮处理的效果主要在于改变鳞片细胞内源激素平衡状态,同时相关酶类活性增强,淀粉水解为可溶性糖<sup>[55]</sup>。

## 4 展望

已经研究了近百年的鳞片扦插繁殖技术,到目前为止仍是主要的研究课题之一<sup>[18, 45]</sup>。迄今为止关于鳞片扦插实用技术的研究较多,但有关光照调节、扦插基质的选择、尤其是植物生长调节剂的使用尚无系统而全面的研究,不同品种和品系的差异仍需要大量实践探索;有关小鳞茎形成和发育的生理机制研究尚非常薄弱,小

鳞茎的生理状态不容易控制、繁殖系数低、成球慢仍是目前生产中的核心问题。因此,深入研究鳞片繁殖环节的生理代谢机制,并由此提出调控措施,完善商品种球繁育体系,开展科学的人工增殖方法已成为百合生产领域至关重要的国际性课题。

百合鳞茎的发育与碳水化合物代谢密切相关<sup>[56-58]</sup>。淀粉是百合鳞茎主要的贮藏物质<sup>[47, 59]</sup>,在植株枯萎期收获,鳞茎的干物质含量为 32%,而鳞茎内淀粉含量占鲜重的 28%<sup>[60]</sup>。淀粉积累或分解与鳞茎发育、休眠进程有显著的相关关系<sup>[48, 55, 61]</sup>。因此,深入研究鳞片繁殖过程中的淀粉代谢机制是最终明确小鳞茎形成、发育机制的必由之路。

参考文献

[1] 穆鼎.观赏百合—生理、栽培、种球生产与育种[M].北京:中国农业出版社,2005:205.

[2] 王雅琴,陈小才,关甲义.轮叶百合无土扦插营养液的配制[J].长春大学学报,2008,18(1):98-100.

[3] 王尚堃,赵凤良.东方百合鳞片催芽无土繁育技术研究[J].河南农业大学学报,2008,41(5):511-515.

[4] 赵祥云,王树栋,陈新露,等.百合[M].北京:中国农业出版社,2000:1-4,61.

[5] 罗建让,张延龙,牛立新.消毒处理对百合鳞片扦插的影响[J].西北林学院学报,2008,23(2):87-90.

[6] 黄宇翔,陈华,刘金燕,等.东方百合鳞片扦插繁殖研究[J].中国农学通报,2005,24(10):273-275.

[7] 王爱勤,何龙飞,盛玉萍,等.百合鳞片不同处理与鳞茎形成关系的研究[J].广西农业生物科学,2003,22(3):182-185.

[8] Pablo A M, Nestor R C. Bulb quality and traumatic acid influence bulblet formation from scaling in *Lilium* Species and Hybrids[J]. Hortscience, 1997, 32(4): 739-741.

[9] 齐鑫.新铁炮百合扦插技术的研究[J].辽宁农业科学,2006(5):55-56.

[10] 宁云芬,黄玉源,王凤兰,等.5种因素对新铁炮百合鳞片繁殖的影响[J].仲恺农业技术学院学报,2002,15(1):10-13.

[11] 高年春,周婷,张宁宁.百合鳞片扦插繁殖试验[J].江苏农业科学,2007(6):162-164.

[12] 吴学尉,王其刚,熊丽,等.百合鳞片扦插繁殖研究[J].云南农业科技,2003(6):131-134.

[13] Qrunfleh I M. Propagation of Easter lily (*Lilium longiflorum* Thunb.) by White American by scaly leaves[M]. Amman, 1997: 44.

[14] Matsuo E, Ohkurano T, Anisumi K, et al. Scale bulblet formation in *Lilium longiflorum* during scale propagation[J]. Hortscience, 1986, 21(1): 150.

[15] 胡秉芬,李雪,陈丽梅,等.兰州百合鳞片繁殖技术研究[J].甘肃科学学报,2003,15(2):28-30.

[16] 赵宇,刘庆华,王奎玲,等.青岛百合鳞片扦插繁殖技术的研究[J].山东林业科技,2007(3):16-18.

[17] 郝京辉,康欣,义鸣放.光照对新铁炮百合鳞片球珠的形成和生长发育的影响[J].中南林学院学报,2003,23(5):19-23.

[18] Pablo A M, Luis F H, Cecilia P P, et al. Bulblet differentiation after scale propagation of *Lilium longiflorum*[J]. Journal of the American Society for Horticultural Science, 2003, 128(3): 324-329.

[19] 王季林,金国良.百合鳞片不同部位繁殖系数的观察[J].江苏农业科学,1987(1):30.

[20] 杨利平,孙晓玉,卞慧媛,等.细叶百合无性繁殖条件的选择[J].植物研究,2001,21(3):398-402.

[21] 黄作喜,王祥宁,李克,等.百合鳞片扦插繁殖措施研究[J].天津农业科学,2001,7(4):34-36.

[22] 李益峰,肖君泽,黄益鸿.低温冷藏与 NAA 对龙牙百合鳞片繁殖的影响[J].作物研究,2006(1):75-79.

[23] 刘晓辉,王崑,刘慧民.切花百合寒地引种及其鳞片扦插技术探讨[J].中南林学院学报,2003,23(5):72-75.

[24] Wang Y T, Gregg L L. Development stage, light, and foliage removal affect flowering and bulb weight of Easter lily[J]. Hortscience, 1991, 27(2): 824-826.

[25] Haruki Y, Yamada K, Hosoki T, et al. Effects of sugar and temperature on the growth of miniature bulbs of *Lilium japonicum* Thunb. cultured on a rotary shake[J]. Journal of the Japanese Society for Horticultural Science, 1996, 65(2): 363-371.

[26] Tuyl J M. Effect of temperature treatments on the scale propagation of *Lilium longiflorum* 'White Europe' and *Lilium* 'Enchantment' [J]. Hortscience, 1983, 18(5):754-756.

[27] Matsuo E, Anisumi K, Kawashima H. Cultural practices influencing premature daughter leaf and or shoot emergence inscale-propagated Easter Lily[J]. Hortscience, 1982, 17(2):196-198.

[28] 罗凤霞,徐贵华,金丽丽,等.亚洲杂种百合鳞片扦插繁殖研究[J].辽宁农业科学,2000(3):10-12.

[29] 王高歌,翟晓灵,余红,等.百合鳞片扦插繁殖试验[J].山东农业科学,1999(1):29-30.

[30] 郑慧俊,黄春辉,夏宜平.东方百合鳞片扦插繁殖技术研究[J].现代园林,2006(12):60-61.

[31] 毕兆东,孙淑萍,王燕.不同基质与 NAA 对百合鳞片扦插繁殖的影响[J].南京农专学报,2002,18(3):45-47.

[32] 李益峰,黄益鸿,肖君泽.不同基质对龙牙百合鳞片繁殖的影响[J].江西农业学报,2006,18(3):82-85.

[33] 刘凤君,孙红梅,田颖辉.植物生长调节剂对百合鳞片繁殖效应的初步研究[J].北方园艺,2006(1):40-42.

[34] 曹毅,李文静,瑶琴.麝香百合鳞片繁殖初探[J].西南园艺,2003,31(2):32.

[35] 桑林,林卫东,谢庆华.激素对百合扦插繁殖的影响研究[J].西南农业学报,2006,19(3):473-475.

[36] 郭文杰,欧阳桐娇,方少忠,等.激素对东方百合鳞片扦插繁殖的影响[J].江西农业学报,2007,19(9):46-47.

[37] 杜明芸,戴凤举,周树军,等.百合鳞片扦插繁殖试验初探[J].山东林业科技,2001(5):21.

[38] 王家福.百合快速繁殖条件的优化[J].福建农业大学学报,1999,28(2):152-156.

[39] 夏宜平,郑慧俊,黄春辉,等.东方百合鳞茎更新发育的碳同化物积累与分配[J].核农学报,2006,20(5):417-422.

[40] 张月,孙红梅,沈向群,等.百合鳞茎发育和低温贮藏过程中淀粉粒亚显微结构的变化[J].园艺学报,2007,34(3):699-704.

[41] 张克中,赵祥云,黄善武,等.辐射对百合鳞片生成不定芽及 M1 植株的影响[J].北京农学院学报,2002,17(4):19-25.

[42] 周斯建,穆鼎,义鸣放.辐射百合对其鳞片扦插幼苗耐热生理反应的影响[J].核农学报,2005,19(6):412-424.

[43] 宁云芬,周厚高,黄玉源,等.新铁炮百合鳞片扦插繁殖的小鳞茎形态发生[J].园艺学报,2003,30(2):229-231.

- [44] Mainangeli P A, Hernandez L F, Pellegrini C P, et al. Bulblet differentiation after scale propagation of *Lilium longiflorum* [J]. Journal of the American Society for Horticultural Science, 2003, 128(3): 324-329.
- [45] 丁仁展, 熊丽, 陈敏, 等. 百合鳞片扦插时机和方法对籽球新芽萌生形态及开花的影响 [J]. 云南农业学报, 2007, 20(6): 1299-1303.
- [46] 屈妹存, 刘选明, 周朴华, 等. 百合鳞片细胞形态发生中生理生化特性研究 [J]. 生命科学研究, 1998, 4(2): 288-291.
- [47] Miller W B, Langhans R W. Low temperature alters carbohydrate metabolism in easter lily bulbs [J]. Hortscience, 1990, 25: 463-465.
- [48] Skin K S, Chkemabarty D, Paek K Y. Sprouting rate, changes of carbohydrate content and related enzymes during cold treatment of bulblets regenerated in vitro [J]. Scientia Horticulturae, 2002, 72(11): 639-642.
- [49] Miller W B. Localization of reserve mobilization during scale formation on Easter lily scales [J]. Acta Horticulturae, 1990, 266: 95-100.
- [50] 刘选明, 周朴华, 屈妹存, 等. 百合鳞片离体诱导形成不定芽和体细胞胚 [J]. 园艺学报, 1997, 24(4): 353-358.
- [51] 周一兵. 百合鳞片离体形态发生过程中几种同工酶的变化 [J]. 北京大学学报, 1995, 31(4): 499-507.
- [52] 郭得平. 光敏素和激素对洋葱鳞茎形成的调控及其作用机制 [J]. 植物生理学通讯, 1996, 32(3): 228-230.
- [53] 熊正琴, 李式军, 周燮, 等. 茉莉酸甲酯和水杨酸促进大蒜试管鳞茎的形成 [J]. 园艺学报, 1999, 26(6): 408-409.
- [54] 王祥宁, 熊丽, 吴学尉, 等. 淀粉糖化与东方百合鳞片分生小鳞茎的关系 [J]. 西南农业学报, 2007, 20(1): 115-119.
- [55] 孙红梅, 李天来, 李云飞. 不同贮藏温度下兰州百合种球淀粉代谢与萌发关系初探 [J]. 园艺学报, 2004, 31(3): 337-342.
- [56] Gude H, Verbruggen J. Physiological markers for lily bulb maturity [J]. Acta Horticulturae, 2000, 517: 343-350.
- [57] 夏宜平, 黄春辉, 郑慧俊, 等. 百合鳞茎形成与发育生理研究进展 [J]. 园艺学报, 2005, 32(5): 947-953.
- [58] Sun H M, Jaime A T S, Li Y F, et al. Effects of Low Temperature on Dormancy Release in Lily Bulbs [J]. Floriculture and Ornamental Biotechnology, 2007(1): 41-46.
- [59] 郑慧俊, 夏宜平, 黄春辉, 等. 东方百合鳞茎的山地膨大发育与养分积累研究 [J]. 浙江大学学报, 2006, 32(5): 535-540.
- [60] 孙红梅, 李天来, 李云飞. 百合鳞茎发育过程中碳水化合物含量及淀粉酶活性变化 [J]. 植物研究, 2005, 25(1): 59-63.
- [61] Xu R Y, Niimi Y, Dong S H. Changes in endogenous abscisic acid and soluble sugars levels during dormancy-release in bulbs of *Lilium rubellum* [J]. Scientia Horticulturae, 2006, 111: 68-72.

## Advances on the Cutting Propagation of Scale in *Lilium*

SUN Hong-mei, JIA Zi-kun, LU Yang, TAO Wen-ling, WANG Chun-xia

(College of Horticulture, Shenyang Agricultural University, Key Laboratory of Protected Horticulture of Liaoning Province, Shenyang, Liaoning 110161, China)

**Abstract:** Scale propagation is the key process during the production of lily bulb. Scale cutting techniques, influencing factors and physiology results concerned were summarized in this paper. Meanwhile, existing problems in this field as well as the main emphasis of research ahead were analyzed and discussed in brief.

**Key words:** *Lilium*; Scale cutting; Review

## 怎样自制花卉肥料

浸泡液肥用小缸(或小坛)将废菜叶、瓜果皮、鱼鳞、废骨、蛋壳及霉变的食物等放入里面,加水并洒少许敌敌畏后盖严,经过高温发酵腐熟后即可使用。使用时取其上清液加水稀释后施用。

废物堆肥选适当地点挖一土坑,深 60~80 cm,垫 10 cm 炉灰末,将烂菜叶、禽畜内脏、鳞毛、鸡鸭粪、人粪

尿、蛋壳、肉类废弃物以及碎骨等物,放入坑内,表面盖一薄层净土,洒一些杀虫剂后盖严,坑内保持湿润,以促进肥料腐熟。最好在秋、冬季堆制,经春季升温腐熟无恶臭气味时,即可掺入培养土作基肥;也可用 4 mm 筛子趁湿过筛搓成团粒,细的作追肥,粗的作基肥。