

DOI: 10.11931/guihaia.gxzw201908013

贾汝龙, 唐楠, 巨秀婷, 等. 温度对兰州百合鳞片埋培繁殖的影响 [J]. 广西植物, 2021, 41(8): 1280-1287.
JIA RL, TANG N, JU XT, et al. Effects of temperature treatments on bulblet propagation of *Lilium davidii* var. *unicolor* scales in peatmoos substrate [J]. *Guihaia*, 2021, 41(8): 1280-1287.



温度对兰州百合鳞片埋培繁殖的影响

贾汝龙, 唐楠*, 巨秀婷, 唐道城, 吕春娜

(青海大学高原花卉研究中心/青海省园林植物与观赏园艺重点实验室, 西宁 810016)

摘要: 为了筛选出兰州百合鳞片埋培繁殖的最适温度和鳞片层次, 解决兰州百合种源不足、繁育周期长的问题, 该文以兰州百合鳞片为材料, 采用温度(20、25、30℃)和鳞片层次(外层、中层、内层)二因素完全随机区组设计, 研究了二因素对兰州百合鳞片埋培繁殖效果的影响。通过对鳞片疑似发病率、分化率及小鳞茎分化数进行统计与分析, 结果发现不同温度处理及各鳞片层次对鳞片疑似发病率、分化率及小鳞茎分化数的影响存在显著或极显著差异。结果表明: (1) 温度越高, 鳞片的疑似发病率越低, 在埋培2周时, 20℃处理下疑似发病率最高(38.67%), 30℃处理下最低(10%); 各层次鳞片的疑似发病率由高到低依次为外层>中层>内层。(2) 在25、30℃处理下, 小鳞茎分化率最高, 埋培结束(6周)时分别为91.33%、90.89%; 中层及内层鳞片小鳞茎分化率极显著高于外层鳞片。(3) 30℃处理下鳞片形成小鳞茎数最多, 在埋培6周时达到每片2.00粒; 同时中层及内层鳞片小鳞茎分化数显著高于外层鳞片。综上所述, 兰州百合鳞片埋培繁殖以选用中层(3~4层)、内层(5~7层)鳞片在25~30℃条件下繁殖效果最好。

关键词: 兰州百合, 鳞片, 温度处理, 基质埋培, 小鳞茎繁殖

中图分类号: Q945; S644.1 文献标识码: A 文章编号: 1000-3142(2021)08-1280-08

Effects of temperature treatments on bulblet propagation of *Lilium davidii* var. *unicolor* scales in peatmoos substrate

JIA Rulong, TANG Nan*, JU Xiuting, TANG Daocheng, LÜ Chunna

(Plateau Flower Research Center of Qinghai University/Key Laboratory of Landscape Plants of Qinghai Province, Xining 810016, China)

Abstract: In order to screen the optimum temperature and scale level of *Lilium davidii* var. *unicolor* scales and to solve the problems of insufficient provenance and long breeding cycle, we selected scales of *L. davidii* var. *unicolor* as material, fully randomized block design using two factors (temperature and scale layer), with temperature of 20, 25 and 30℃, scale layers of outer layer, middle layer and inner layer. Suspected incidence of scales, differentiation rate and number of small bulb were analyzed. Results showed that there were significant or extremely significant differences in the

收稿日期: 2020-01-15

基金项目: 国家自然科学基金(31660582); 青海省中央引导地方科技发展资金(2021ZY025); 青海省科技厅重点研发与转化计划项目(2018-NK-102) [Supported by the National Natural Science Foundation of China (31660582); National Fund for Guiding Regional Science and Technology Development in Qinghai Province (2021ZY025); Qinghai Science & Technology Department Project (2018-NK-102)].

作者简介: 贾汝龙(1991-), 硕士, 主要从事百合种源繁殖研究, (E-mail) 1879638459@qq.com.

*通信作者: 唐楠, 博士, 副教授, 主要从事园林植物遗传育种研究, (E-mail) natasha_tn@hotmail.com.

effects of different temperature treatments and layers on the suspected incidence, differentiation rate and small bulb differentiation of scales. The results were as follows: (1) The higher the temperature, the lower the suspected incidence of scales. Suspected incidence rate was the highest (38.67%) under 20 °C treated after two weeks, 30 °C the lowest (10%). Every layers of suspected incidence from high to low was outer layer > middle layer > inner layer. (2) Scale differentiation rate was the highest under 25 °C and 30 °C treated after six weeks which was 91.33% and 90.89%, respectively. The differentiation rates of small bulbs on middle and inner scales were significantly higher than that on outer scales. (3) The number of small bulbs formed on scales was the largest under 30 °C treatment after six weeks, which was 2.00 per scale. Meanwhile, the number of small bulbs on middle and inner scales were significantly higher than that on outer scales. It is suggested that middle scale (3–4 layers), inner scale (5–7 layers) cultivate temperature was the best condition for *L. davidii* var. *unicolor* scales propagation by substrate embedding under 25–30 °C.

Key words: *Lilium davidii* var. *unicolor*, scale, temperature treatment, propagation by substrate embedding, bulblet propagation

兰州百合(*Lilium davidii* var. *unicolor*)是百合科(Liliaceae)百合属(*Lilium*)多年生鳞茎草本植物,为川百合的变种。兰州百合着生于地下鳞茎盘上的鳞片肥厚宽大、肉质细腻、含糖量高、粗纤维少,具有很高的食用及经济价值(马君义等,2005),是我国食用百合中品质最好的品种之一(胡晓文等,2006)。鳞片中含有大量的淀粉、蛋白质、生物碱等多种成分,富含8种人体必需氨基酸和12种人体必需微量元素,还含有多种维生素,经常食用可调节人体机理平衡,增强人体免疫力,具有良好的保健功能(黄玉龙等,2016;宋艳梅等,2019)。此外,兰州百合也是一种药食同源的蔬菜。据《神农本草经》记载,入药对阴虚欠咳、失眠烦躁等症状有宁心安神、滋阴润燥等功效(刘成梅等,2002)。

随着市场对食用百合鳞茎需求量的日益增多,兰州百合在种植规模不断扩大的同时也暴露出诸多问题,如种源不足、种源退化严重、连作障碍等,致使百合产量降低、鳞茎品质下降(陈彩钰,2018)。为保证市场对兰州百合鳞茎的需求,确保产量与品质同步提升,繁殖出大量合格种源至关重要。兰州百合种源主要来源于两个方面,一是茎生小鳞茎做种;二是非商品性鳞茎做种,也有少量的鳞片直播繁殖或扦插繁殖。茎生小鳞茎和非商品性鳞茎做种,携带病原菌多,长期使用种性退化严重,也是造成产量及品质下降的主要原因。鳞片直播繁殖的繁殖系数低,生产周期长且成苗率低,很难被生产者接受。而鳞片扦插繁殖具有繁殖系数高、成球速

率快、操作简便的优点,是加快百合繁殖最为快捷、经济的方法。因此,在百合鳞茎生产及科学研究中仍广泛采用此法。根据国内外研究,影响百合鳞片扦插的主要因素包括内因和外因两个方面。内因主要包括扦插百合品种的差异性,鳞片的取材部位等(刘小峰,2009;Robb,1957);外因主要包括外界培养的温度、湿度、光照强度、培养基质、扦插手法等(裴新辉,2012)。关于以上各因素对鳞片扦插繁殖影响的相关研究较多,但基于研究对象及方法的不同,结果也不尽相同。

目前,关于系统提出规模化繁殖兰州百合小鳞茎的方法还未曾报道,同时针对当前种源不足、种源质量差等问题未提出解决办法。因此,本研究在传统扦插基础上通过技术改进及环境条件优化,设计坑道式埋培法对兰州百合鳞片规模化繁殖,探究埋培繁殖的最佳温度条件和鳞片层次,建成一套完整的埋培繁殖技术体系。本研究旨在解决兰州百合种源不足、鳞茎质量差和繁育周期长的问题,同时为兰州百合鳞茎规模化生产提供技术参考。

1 材料与amp;方法

1.1 试验材料及设施

试验于2018年4—6月在青海省互助县霍普兰德有限责任公司日光温室内进行。

材料处理:供试材料为春季采挖的兰州百合鳞

茎,规格为每粒 100.0~210.0 g。在剥除最外层被污染鳞片之后,用 10.0 g·L⁻¹ 50.0% 甲基硫菌灵溶液浸泡 30.0 min,清水冲洗后在阴凉处摊晾至无明水。

基质处理:基质选用 Floragard 育苗草炭 (pH5.6、EC 0.35 ms·cm⁻¹、粒径规格 0.0~0.7 cm),1.0 L 草炭中拌 50.0% 甲基硫菌灵 0.4 g,同时用稀释 250 倍的甲醛溶液喷洒进行消毒及含水量调节,将草炭相对含水量调节到 (70.0±3.0)%。

埋培槽建设:在日光温室中建设坑道式催培槽 (900.0 cm×150.0 cm×25.0 cm),主体结构材料为红砖,槽内壁及上下覆具孔塑料棚膜 (孔径 1.0 cm,孔距 10.0 cm×10.0 cm)。在槽底平行铺设间隔 10.0 cm 电热线,并与自动控制系统相连接。

材料填充:鳞片与草炭按 1:1 比例混合,先在槽底填充 5.0 cm 厚草炭,然后装填 15.0 cm 厚鳞片与草炭混合物,最后顶部覆盖 5.0 cm 厚的消毒草炭,并覆盖具孔塑料棚膜。

1.2 试验设计

试验采用温度和鳞片层次二因素完全随机区组设计。温度设 20、25、30 ℃ 3 个处理,采用温度自控系统 [华深电子 (HS-603) 温控器] 进行调控。鳞片层次 (由外向内) 设外层 (1~2 层)、中层 (3~4 层)、内层 (5~7 层) 3 个层次,3 次重复,共计 27 个处理,每处理 1.5 m²,即 0.375 m³。埋培 2 周后,每间隔 1 周测定鳞片的疑似发病率、分化率和小鳞茎分化数,共测定 5 次。

1.3 观测标准和数据分析

疑似发病率:具直径 0.4 cm 以上的水渍斑点或肉眼可见感染青霉症状的鳞片,定为疑似发病鳞片。疑似发病率 = 疑似发病鳞片数/抽检鳞片数×100%。

鳞片分化率:具肉眼可见 (直径在 0.1~0.2 cm 之间) 小鳞茎 1 粒以上的鳞片,即分化鳞片。每周每处理随机抽取 100 个鳞片观测,重复 3 次。分化率 = 分化小鳞茎的鳞片数/抽检鳞片数×100%。

小鳞茎分化数:每周每处理随机抽取 100 枚鳞片计量小鳞茎数,重复 3 次。小鳞茎分化数 = 100 枚鳞片的小鳞茎数/100 枚鳞片

采用 Excel 2010 软件和 SPSS 17.0 软件进行数据整理与分析。

2 结果与分析

2.1 不同温度处理对不同层次鳞片疑似发病率的影响

由表 1 可知,在鳞片埋培第 2 周和第 3 周时,温度处理对鳞片疑似发病率的影响极显著,表现出 20 ℃ 处理的鳞片疑似发病率极显著高于 25、30 ℃ 处理,而 30、25 ℃ 处理间的鳞片疑似发病率差异不显著;埋培第 4 周时,温度处理对鳞片疑似发病率的影响显著,在埋培 4 周后,影响不显著。在整个埋培期间,鳞片层次间的疑似发病率均不存在显著差异;温度和鳞片的交互作用对鳞片疑似发病率的影响也不显著;各温度处理下不同层次鳞片埋培第 2 周的疑似发病率均达到最大值,以 30 ℃ 条件下表现最低,呈现温度越低,疑似发病率越高的趋势。随着埋培时间的延长,鳞片伤口逐渐愈合,疑似发病率也逐渐下降。在埋培 4 周后,各温度处理下的不同层次鳞片的疑似发病率基本趋于稳定。至埋培结束 (6 周) 时,各温度下不同层次鳞片疑似发病率保持在 2.0%~6.0% 之间。

2.2 不同温度处理对不同层次鳞片的小鳞茎分化率的影响

由表 2 可知,在鳞片埋培第 2 周、第 3 周、第 4 周时,温度对鳞片小鳞茎分化率的影响极显著;4 周后,温度对其影响不显著。埋培第 2 周,30 ℃ 下鳞片的小鳞茎分化率极显著高于 25、20 ℃ 处理,同时 25 ℃ 处理极显著高于 20 ℃。在埋培第 3 周、第 4 周时,30、25 ℃ 处理间的鳞片小鳞茎分化率差异不显著,但二者均极显著高于 20 ℃ 处理,表现出 25~30 ℃ 下有利于各层次鳞片小鳞茎分化。在鳞片埋培第 2 周、第 3 周、第 4 周时,鳞片层次对鳞片小鳞茎分化率的影响也是极显著;4 周后,鳞片层次对其影响不显著。在埋培第 2 周和第 3 周时,中层和内层鳞片的小鳞茎分化率均极显著高于外层,中层仅在第 2 周显著高于内层。在埋培第 4 周时,内层鳞片的小鳞茎分化率极显著高于中层,与外层差异不显著,普遍表现出中层鳞片和内层鳞片分化快,分化率高;温度与鳞片的交互作用对分化率的影响仅在埋培第 2 周和第 4 周达到极显著

表 1 不同温度处理下各层次鳞片的疑似发病率差异显著性分析 (单位: %)

Table 1 Significance analysis of suspected incidence rate on the different scales under different temperature treatments (Unit: %)

因素 Factor	水平 Level	第 2 周 The second week	第 3 周 The third week	第 4 周 The fourth week	第 5 周 The fifth week	第 6 周 The sixth week	
温度 Temperature	20 °C	38.67±8.02Bb	18.89±3.40Bb	6.89±0.47Ab	7.89±4.56Aa	3.78±1.35Aa	
	25 °C	17.33±3.65Aa	8.67±3.50Aa	3.78±1.43Aa	6.89±3.10Aa	3.56±1.18Aa	
	30 °C	10.00±2.86Aa	7.11±1.47Aa	4.33±2.00Aab	3.89±1.98Aa	3.00±2.02Aa	
鳞片 Scale	外层 Outer layer	25.44±3.61Aa	12.56±1.70Aa	4.44±1.16Aa	3.11±1.39Aa	3.00±1.15Aa	
	中层 Middle layer	17.44±5.02Aa	10.89±3.20Aa	6.11±1.53Aa	8.56±5.17Aa	4.89±2.12Aa	
	内层 Inner layer	23.11±5.91Aa	11.22±3.40Aa	4.44±1.25Aa	7.00±3.07Aa	2.44±1.27Aa	
温度×鳞片 Temperature × Scale	20 °C 外层 20 °C outer layer	42.67±5.46Cd	21.67±1.50Bc	7.00±0.00Aab	2.33±0.82Aa	2.67±0.82Aa	
	20 °C 中层 20 °C middle layer	36.60±10.72BCcd	18.00±3.60ABbc	9.00±0.74Ab	12.00±9.02Aa	6.00±2.40Aa	
	20 °C 内层 20 °C inner layer	36.67±7.88BCcd	17.00±5.10ABbc	4.67±0.70Aab	9.33±3.84Aa	2.33±0.82Aa	
	25 °C 外层 25 °C outer layer	23.67±3.28ABbc	7.33±1.45Aa	2.67±0.82Aa	4.33±2.03Aa	2.00±0.77Aa	
	25 °C 中层 25 °C middle layer	9.00±2.31Aab	9.33±4.40ABa	5.00±2.65Aab	8.67±4.41Aa	5.67±1.76Aa	
	25 °C 内层 25 °C inner layer	19.33±5.36ABab	9.33±4.70ABa	3.67±0.82Aa	7.67±2.85Aa	3.00±1.00Aa	
	30 °C 外层 30 °C outer layer	10.00±2.08Aab	8.67±2.30Aab	3.67±2.67Aa	2.67±1.33Aa	4.33±1.86Aa	
	30 °C 中层 30 °C middle layer	6.67±2.03Aa	5.33±1.76Aa	4.33±1.20Aab	5.00±2.08Aa	2.67±2.19Aa	
	30 °C 内层 30 °C inner layer	13.33±4.48Aab	7.33±0.33Aa	5.00±2.52Aab	4.00±2.52Aa	2.00±2.00Aa	
	交互作用 P 值 Interaction P value		0.759	0.820	0.605	0.906	0.461

注: 数据均为平均值±标准误差。同列数据后小写字母、大写字母分别表示差异显著 ($P<0.05$)、差异极显著 ($P<0.01$)。下同。

Note: The data are $\bar{x}\pm s$. Lowercase letters and uppercase letters indicate the difference is significant ($P<0.05$) and the difference is extremely significant ($P<0.01$). The same below.

和显著水平。表现为在埋培第 2 周,以 30 °C 处理下的各层次鳞片和 25 °C 下中层、内层鳞片的小鳞茎分化率极显著高于 20 °C 下各层次鳞片和 25 °C 下的外层鳞片分化率。在埋培第 4 周,除 20 °C 下中层鳞片的小鳞茎分化率极显著低于其他温度与鳞片层次互作对小鳞茎分化率影响外,各互作间差异很小,表现出随埋培时间的延长,互作差异在逐渐减小的趋势;整个埋培期间表现出前 3 周是各层次鳞片快速分化时期,呈现出温度越高,鳞片分化速率越快的趋势。在埋培第 4 周时,除 20 °C 处理的中层鳞片外,其他组合鳞片的小鳞茎分化率均接近最大值,4 周以后逐渐趋于稳定。处理结

束时(6 周),各温度下不同层次鳞片的小鳞茎分化率保持在 76.33%~93.33%之间,平均分化率达到 88.96%。

2.3 不同温度处理对不同层次鳞片小鳞茎分化数的影响

由表 3 可知,除埋培第 5 周外的其余时间内,温度对鳞片小鳞茎分化数的影响是极显著或显著,整体表现出 25~30 °C 条件下鳞片的小鳞茎分化数较多,20 °C 条件下小鳞茎分化数最少;鳞片层次对小鳞茎分化数的影响仅在第 2 周、第 6 周差异极显著或显著,其余时间差异不显著。埋培第 2 周和第 6 周,均以中层鳞片分化的小鳞茎数最多,

表 2 不同温度处理下各层次鳞片的小鳞茎分化率差异显著性分析 (单位: %)

Table 2 Significance analysis of bulblet differentiation rate on the different scales under different temperature treatments (Unit: %)

因素 Factor	水平 Level	第 2 周 The second week	第 3 周 The third week	第 4 周 The fourth week	第 5 周 The fifth week	第 6 周 The sixth week	
温度 Temperature	20 ℃	33.0±2.73Cc	63.00±3.68Bb	78.11±3.89Bb	83.11±7.10Aa	85.89±3.46Aa	
	25 ℃	56.44±4.68Bb	78.00±3.87Aa	89.00±2.40Aa	89.11±3.53Aa	91.33±2.39Aa	
	30 ℃	66.44±3.08Aa	79.89±1.36Aa	85.67±3.42Aa	89.11±2.95Aa	90.89±3.46Aa	
鳞片 Scale	外层 Outer layer	41.89±2.00Bc	64.56±1.74Bb	86.33±2.81ABab	84.56±2.89Aa	84.78±4.88Ab	
	中层 Middle layer	61.44±2.11Aa	80.11±3.46Aa	80.22±4.41Bb	83.56±7.38Aa	90.44±2.1Aab	
	内层 Inner layer	52.56±6.38Ab	79.22±3.71Aa	88.78±2.49Aa	88.89±3.31Aa	91.67±2.37Aa	
温度×鳞片 Temperature × Scale	20 ℃ 外层 20 ℃ outer layer	14.33±2.03Ed	47.67±3.67Bc	81.33±3.71Ab	81.67±6.89Aa	76.33±4.84Bb	
	20 ℃ 中层 20 ℃ middle layer	53.33±0.33BCb	68.00±1.53Ab	66.00±6.43Bc	81.67±12.34Aa	88.00±1.7ABa	
	20 ℃ 内层 20 ℃ inner layer	31.33±5.84Dc	73.33±5.84Aab	87.00±1.53Aab	86.00±2.08Aa	93.33±3.84Aa	
	25 ℃ 外层 25 ℃ outer layer	39.0±2.65CDc	69.67±0.67Ab	84.67±2.19Aab	86.67±1.45Aa	88.67±4.6ABa	
	25 ℃ 中层 25 ℃ middle layer	66.67±4.33ABa	82.33±6.33Aa	89.67±1.67Aab	88.00±5.29Aa	92.67±0.82Aa	
	25 ℃ 内层 25 ℃ inner layer	63.67±7.06ABab	82.0±4.62 Aa	92.67±3.33Aa	92.67±3.84Aa	92.67±1.76Aa	
	30 ℃ 外层 30 ℃ outer layer	72.33±1.33Aa	76.33±0.89Aab	85.33±2.52Aab	89.33±0.33Aa	93.00±5.2Aa	
	30 ℃ 中层 30 ℃ middle layer	64.33±1.67ABab	81.00±2.52Aa	85.00±5.13Aab	90.00±4.51Aa	90.67±3.67Aa	
	30 ℃ 内层 30 ℃ inner layer	62.67±6.23ABab	82.33±0.67Aa	86.67±2.60Aab	88.00±4.00Aa	89.00±1.5ABa	
	交互作用 P 值 Interaction P value		0.000	0.135	0.024	0.990	0.197

显著或极显著高于外层, 而内层和中层鳞片分化的小鳞茎数差异较小; 温度和鳞片的交互作用仅在埋培第 2 周对小鳞茎分化数有极显著的影响, 尤其是在 25 ℃ 以上温度处理下, 各鳞片层次的小鳞茎分化数显著或极显著高于 20 ℃ 下各层次鳞片的小鳞茎分化数, 以 30 ℃ 下各层次鳞片分化小鳞茎数最多; 整个埋培期间表现出前 3 周是各温度处理下不同层次鳞片快速分化形成小鳞茎时期, 埋培 3 周后鳞片小鳞茎分化数呈现持续缓慢增长趋势, 埋培结束 (6 周) 时, 以 30 ℃ 下中层鳞片小鳞茎分化数最多 (每片 2.21 粒)。

2.4 不同繁殖方式间鳞片繁殖效果的比较

由表 4 可知, 相同鳞茎重量下, 基质埋培相对于

其他两种繁殖方式, 无论在鳞片采集数、鳞片分化率、繁殖系数及单位面积播种量都具有明显的优势。在单位面积播种量上, 基质埋培播种量为每平方米 90 000 片, 适合百合微型鳞茎的快速大量繁殖。

3 讨论与结论

3.1 百合鳞片扦插繁殖方法的比较

百合鳞片扦插繁殖包括扦插和埋片两种方法。传统的扦插法是将鳞片凹面向上斜插到苗床上, 间距 3~4 cm, 扦插深度为鳞片的 1/2~1/3 (王文恩和傅强, 2002)。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,

表 3 不同温度处理下各层次鳞片的小鳞茎分化数差异显著性分析 (粒/片)

Table 3 Significance analysis of the number of bulblets on the different scales under different temperature treatments (grain/piece)

因素 Factor	水平 Level	第 2 周 The second week	第 3 周 The third week	第 4 周 The fourth week	第 5 周 The fifth week	第 6 周 The sixth week	
温度 Temperature	20 ℃	0.33±0.03Cc	1.14±0.10Bb	1.48±0.31Ab	1.72±0.40Aa	1.56±0.07Bb	
	25 ℃	0.56±0.05Bb	1.57±0.12Aa	1.65±0.34Aab	1.79±0.56Aa	1.86±0.07ABa	
	30 ℃	0.66±0.03Aa	1.74±0.05Aa	1.79±0.74Aa	1.80±0.65Aa	2.00±0.07Aa	
鳞片 Scale	外层 Outer layer	0.42±0.02Bc	1.41±0.06Aa	1.71±0.38Aa	1.77±0.51Aa	1.68±0.07Ab	
	中层 Middle layer	0.61±0.02Aa	1.57±0.10Aa	1.55±0.54Aa	1.84±0.40Aa	1.98±0.07Aa	
	内层 Inner layer	0.53±0.06Ab	1.46±0.11Aa	1.66±0.67Aa	1.70±0.71Aa	1.80±0.07Aab	
温度×鳞片 Temperature × Scale	20 ℃ 外层 20 ℃ outer layer	0.14±0.02Ed	0.98±0.10Ce	1.58±0.21ABab	1.72±0.24Aa	1.41±0.20Bc	
	20 ℃ 中层 20 ℃ middle layer	0.53±0.00BCb	1.19±0.08BCde	1.21±0.21Bb	1.77±0.07Aa	1.72±0.06ABbc	
	20 ℃ 内层 20 ℃ inner layer	0.31±0.06Dc	1.24±0.11BCcde	1.64±0.51ABa	1.67±0.89Aa	1.68±0.07ABbc	
	25 ℃ 外层 25 ℃ outer layer	0.39±0.03CDc	1.51±0.02Ababc	1.74±0.24ABa	1.82±0.32Aa	1.77±0.07ABbc	
	25 ℃ 中层 25 ℃ middle layer	0.67±0.04ABa	1.71±0.18Aab	1.67±0.52ABa	1.84±0.88Aa	2.01±0.13Aab	
	25 ℃ 内层 25 ℃ inner layer	0.64±0.07ABab	1.48±0.17ABbcd	1.54±0.27ABab	1.72±0.49Aa	1.80±0.19ABbc	
	30 ℃ 外层 30 ℃ outer layer	0.72±0.01Aa	1.75±0.06Aab	1.81±0.68Aa	1.76±0.96Aa	1.86±0.17ABab	
	30 ℃ 中层 30 ℃ middle layer	0.64±0.02ABab	1.82±0.04Aa	1.78±0.88ABa	1.91±0.25Aa	2.21±0.10Aa	
	30 ℃ 内层 30 ℃ inner layer	0.63±0.06ABab	1.66±0.06Aab	1.79±0.67ABa	1.73±0.74Aa	1.94±0.11ABab	
	交互作用 P 值 Interaction P value		0.000	0.498	0.383	0.960	0.872

表 4 兰州百合鳞片繁殖效果比较

Table 4 Comparison of scale propagation differences of *Lilium davidii* var. *unicolo*

繁殖方法 Propagation method	鳞茎重 Bulb weight (g)	采集鳞片数(片) Number of scales (piece)	鳞片分化率 Scale differentiation rate(%)	鳞片繁殖系数 (粒/片) Propagation coefficient (grain/piece)	单位面积播种量 (片·m ⁻²) Seeding quantity per unit area (piece·m ⁻²)	单位鳞茎繁殖系数 (粒/鳞茎) Propagation coefficient per bulb (grain/bulb)
露地播种 Field seeding	108.0	48.3	80.0	1.2	50	46.4
扦插繁殖 Cutting propagation	108.0	48.3	90.0	2.0	400	86.94
基质埋培 Substrate cultivation	108.0	63.93	88.47	1.98	90 000	111.90

再铺一层 2~3 cm 厚的基质,然后在其上平放鳞片,依次重复,最后在顶层覆盖 4~6 cm 基质(裴新辉,2012)。郝瑞杰等(2012)采用传统扦插法在温

室内进行兰州百合鳞片扦插繁殖试验,试验条件要求室内温度 20~25 ℃,湿度 60%~80%,鳞片表面定时喷水,确保基质含水量,同时扦插鳞片做遮

光处理。这一过程无疑需精心管理,规模化生产种球需充足的生产场地,且对场地环境条件要求高,需大量人力进行维护管理。埋片法是目前国外百合种球工厂化生产的主要途径(孙红梅等,2009)。在前人理论研究基础之上,通过技术改进和环境条件优化,本研究设计出坑道式埋培法,具有以下优点。(1)环境条件自动可控。埋培槽底铺设控温加热线自动调节基质温度,给鳞片提供最适繁殖温度,配合使用具孔塑料棚膜在确保基质透气性的同时也起到保水、保温作用,这一设计对埋培槽以外空间环境条件要求低,普通日光温室、厂房内均可。(2)操作简易、占地空间小、管理成本低。埋培槽底先填充 5.0 cm 厚草炭,然后装填 15.0 cm 厚鳞片与草炭混合物(按 1:1 随机混合),最后在顶部覆盖 5.0 cm 厚的消毒草炭,并覆盖具孔塑料棚膜,无需将鳞片凹部朝上整齐排列并分层覆盖基质,省时省力,可操作性强。每个槽体长 9.0 m,宽 1.5 m,即总面积 13.5 m²,根据实际生产要求可适当调整槽体长和宽,能充分利用生产场地。同时,生产百万粒小鳞茎在鳞片埋培期间一人管理维护即可。(3)鳞片小鳞茎繁殖系数高。随机取 100 枚鳞片,其中包含腐烂鳞片和未分化鳞片,统计得每枚鳞片能产生小鳞茎 1.98 粒。(4)小鳞茎生产周期短。鳞片在槽内埋培 6 周即可完成小鳞茎的形成,转入温室均匀撒播,进行看护培养。(5)生产量大。埋培槽单位面积播种量为每平方米 90 000 片,鳞片繁殖系数 1.98 粒/片,即单位面积可生产 17.82 万粒小鳞茎。

3.2 影响百合鳞片繁殖的因素

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、湿度等。

百合鳞茎不同层次鳞片的分化能力存在差异,形成小鳞茎的效率也各有不同(孙红梅等,2009;Robb,1957)。本研究结果表明,不同层次鳞片的疑似发病率由高到低依次为外层>中层>内层,这主要是由于外层鳞片与土壤直接接触,容易受土壤微生物的侵染,加之在采挖、运输过程中极易受到机械损伤,导致微生物的侵染加剧,故疑似发病率高于中层和内层。这与崔兴林等(2013)研

究发现不同层次鳞片分化率由高到低依次为内层>中层>外层的结果一致,也与张述景等(2009)研究结果一致。郑鑫(2017)在亚洲百合‘普端头’的扦插实验中得出外层鳞片扦插效果最好,分化率和小苗的生长势均明显高于内层和中层鳞片。基于百合自身遗传特性及试验方法不同也可能导致研究结果不同,外层鳞片虽然肥硕,但是受外界环境污染的影响,发病率及纤维化程度都较高,分化率反而低于中层和内层鳞片;不同层次鳞片小鳞茎分化数由高到低依次为中层>内层>外层,这与崔兴林等(2013)得出结论一致。外层鳞片机械损伤严重,病菌多,易于污染。尽管内层鳞片分化能力强,但是由于基部面积较小,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。兰州百合鳞片埋培繁殖选择中层(3~4层)、内层(5~7层)鳞片效果最佳。

温度是对扦插鳞片生根及形成小鳞茎影响最大的环境因子(赵宇等,2007)。本研究表明随着埋培温度的升高,鳞片疑似发病率呈明显下降趋势,与刘小峰(2009)得出在较高温度(30℃)及低湿度环境下可有效降低鳞片发病率的结果一致。其主要原因是在较高温度下,鳞片呼吸代谢旺盛,形成愈伤组织快,并且催培层的基质水分含量低于较低温度下的含量,在一定程度上抑制了病原菌的侵染,导致了疑似发病率的快速下降;不同温度处理下鳞片分化率由高到低依次为 30℃>25℃>20℃,说明在较高温度下更有利于小鳞茎的形成。胡涛等(2010)对东方百合‘Sorbonne’进行鳞片扦插研究发现,25℃比 15℃更有利于小鳞茎的发生和膨大。这可能与鳞片愈伤形成的快慢及较高温度下鳞片中可溶性糖转化有关;各温度处理下鳞片小鳞茎分化数表现出埋培温度越高,形成小鳞茎数越多的趋势。Matsuo & Tuyi(1986)研究发现,从贮藏温度为 30℃的“White American”百合鳞茎上采集的鳞片产生的小鳞茎数明显多于 0℃或 10℃处理。同时,谢杰(2007)得出在 28℃条件下宜兴百合鳞片产生的小鳞茎数明显多于 22℃。综上所述,兰州百合鳞片在 25~30℃下有利于鳞片繁殖,且不同百合品种对最适宜自身繁殖的温度条件是有差异的。

参考文献:

- CHEN CY, 2018. Development status and planting technology of Lanzhou lily [J]. Agric Technol Inform, 34(12): 42-44. [陈彩钰, 2018. 兰州百合发展现状及种植技术[J]. 农业科技与信息, 34(12): 42-44.]
- CUI XL, QIN XH, YI WW, et al., 2013. Study on the bulblet propagation of Lanzhou lily scale [J]. Agric Eng Technol, 33(12): 38-40. [崔兴林, 秦新惠, 伊万伟, 等, 2013. 兰州百合鳞片子球繁育技术研究[J]. 农业工程技术(温室园艺), 33(12): 38-40.]
- HAO RJ, DU YJ, LI J, 2012. Study on cutting propagation efficiency of Lanzhou lily scales [J]. N Hortic, 35(23): 65-67. [郝瑞杰, 杜永军, 李晶, 2012. 兰州百合鳞片扦插繁殖效率研究[J]. 北方园艺, 35(23): 65-67.]
- HU XW, LUO ZR, YU WZ, et al., 2006. Study on rapid propagation of edible lily *in vitro* [J]. Mod Hortic, (12): 7-8. [胡晓文, 罗兆荣, 喻晚之, 等, 2006. 食用百合的离体快繁研究[J]. 现代园艺, (12): 7-8.]
- HUANG YL, ZHAO BT, SONG K, et al., 2016. Preparation and antioxidant activity of polysaccharide sulfate from Lanzhou lily [J]. Chin Brew, 35(6): 122-127. [黄玉龙, 赵保堂, 宋琄, 等, 2016. 兰州百合多糖硫酸酯的制备及其抗氧化活性的测定[J]. 中国酿造, 35(6): 122-127.]
- HU T, SUN HM, XIE J, 2010. Effects of IBA and GA₃ on cutting propagation of oriental lily 'Sorbonne' scales at different culture temperatures [J]. N Hortic, 33(18): 100-102. [胡涛, 孙红梅, 谢佳, 2010. 不同培养温度下 IBA、GA₃对东方百合'Sorbonne'鳞片扦插繁殖的影响[J]. 北方园艺, 33(18): 100-102.]
- LIU CM, FU GM, TU ZC, et al., 2002. Study on hypoglycemic function of *Lilium polysaccharide* [J]. Food Sci, 23(6): 113-114. [刘成梅, 付桂明, 涂宗财, 等, 2002. 百合多糖降血糖功能研究[J]. 食品科学, 23(6): 113-114.]
- LIU XF, 2009. Study on cutting techniques of six kinds of lily scales [D]. Yangling: Northwest A & F University: 3-6. [刘小峰, 2009. 6种栽培百合鳞片扦插技术的研究[D]. 杨凌: 西北农林科技大学: 3-6.]
- MA JY, ZHAO XL, ZHANG J, et al., 2005. Progress in research of *Lilium davidii* var. *unicolor* [J]. J Tarim Univ, 17(4): 53-56. [马君义, 赵小亮, 张继, 等, 2005. 兰州百合的研究进展[J]. 塔里木大学学报, 17(4): 53-56.]
- MATSUO E, TUYL JM, 1986. Early scale propagation results in forcible bulbs of Easter lily [J]. Hortscience, 21(4): 106-107.
- PEI XH, 2012. The study on medium selecting for scal propagation of *Lilium oriental* [D]. Shenyang: Chinese Academy Agricultural Sciences: 2-6. [裴新辉, 2012. 东方百合鳞片包埋基质筛选试验研究[D]. 沈阳: 中国农业科学院: 2-6.]
- ROBB SM, 1957. The culture of excised tissue from bulb scales of *Lilium specioum* [J]. Thun J Exp Bot, 8(6): 348-352.
- SONG YM, SONG YX, ZHANG TX, 2019. Tissue culture and micropropagation of *Lilium davidii* var. *unicolor* Salisb. by scale [J]. Res Prac Chin Med, 33(2): 1-4. [宋艳梅, 宋迎新, 张天锡, 2019. 百合鳞片离体快速繁殖技术研究[J]. 现代中药研究与实践, 33(2): 1-4.]
- SUN HM, JIA ZK, LU Y, et al., 2009. Advances on the cutting propagation of scale in *Lilium* [J]. N Hortic, 32(2): 141-146. [孙红梅, 贾子坤, 陆阳, 等, 2009. 百合鳞片扦插繁殖的研究进展[J]. 北方园艺, 32(2): 141-146.]
- WANG WE, FU Q, 2002. Cutting cultivation technique of phoenix lily scales [J]. Hubei Agric Sci, 47(5): 117-118. [王文恩, 傅强, 2002. 麝香百合鳞片扦插栽培技术[J]. 湖北农业科学, 47(5): 117-118.]
- XIE J, 2007. Rapid propagation and main ingredients of Yixing lily [D]. Shanghai: Shanghai Normal University: 4-6. [谢杰, 2007. 宜兴百合室内快速繁殖及主要成分的研究[D]. 上海: 上海师范大学: 4-6.]
- ZHANG SJ, ZHI LH, JIAO LQ, et al., 2009. Study on cutting propagation technique of wild lily scales in the mountainous area of western Henan [J]. Jiangsu Agric Sci, 36(3): 198-199. [张述景, 智利红, 焦乐勤, 等, 2009. 豫西山区野生百合鳞片扦插繁殖技术研究[J]. 江苏农业科学, 36(3): 198-199.]
- ZHENG X, 2017. Study on asexual reproduction of small bulbs in Asian lily [D]. Harbin: Northeast Agricultural University: 4-6. [郑鑫, 2017. 亚洲百合无性繁殖小鳞茎技术的研究[D]. 哈尔滨: 东北农业大学: 4-6.]
- ZHAO Y, LIU QH, WANG KL, et al., 2007. Selection of cutting propagation of *Lilium tsingtauense* [J]. Shandong For Sci Technol, (3): 16-18. [赵宇, 刘庆华, 王奎玲, 等, 2007. 青岛百合鳞片扦插繁殖技术的研究[J]. 山东林业科技, (3): 16-18.]

(责任编辑 何永艳)