

· 技术方法 ·

# 粉美人萱草的快繁技术和大田种植

吕秀立<sup>1†</sup>, 于泽群<sup>2†</sup>, 陈香波<sup>1</sup>, 傅仁杰<sup>1</sup>, 缪珊珊<sup>3\*</sup>, 杜安<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup>上海市园林科学规划研究院, 上海 200232; <sup>2</sup>上海园林绿化建设有限公司, 上海 200333

<sup>3</sup>上海市园林设计研究总院有限公司, 上海 200031

**摘要** 以粉美人萱草(*Hemerocallis fulva* cv. 'Fenmeiren')的花茎为外植体进行离体培养, 该研究成功建立了粉美人萱草组培快繁技术。结果表明, 6月获得的外植体用浓度为15% (v/v)的次氯酸钠溶液消毒8分钟, 外植体存活率达95%; 最佳增殖培养基为MS+1.0 mg·L<sup>-1</sup> 6-BA+0.004 mg·L<sup>-1</sup> TDZ+0.1 mg·L<sup>-1</sup> NAA, 培养30天后, 月增殖系数达2.9; 壮苗培养基为MS+0.1 mg·L<sup>-1</sup> 6-BA+0.1 mg·L<sup>-1</sup> IBA, 在该培养基中, 组培苗不再分化, 长势健壮; 最佳生根培养基为1/2MS+0.4 mg·L<sup>-1</sup> IBA+20 g·L<sup>-1</sup>蔗糖, 生根率达95%; 移栽基质采用珍珠岩:草炭=1:2 (v/v), 通过精细化管理, 成活率可达85%, 出圃合格率为75%。目前已实现规模化繁殖, 并生产组培苗2.0×10<sup>5</sup>株, 大田种植表现良好。

**关键词** 粉美人萱草, 快繁技术, 规模化繁殖, 大田种植

吕秀立, 于泽群, 陈香波, 傅仁杰, 缪珊珊, 杜安 (2022). 粉美人萱草的快繁技术和大田种植. 植物学报 57, 350–357.

萱草(*Hemerocallis fulva*)隶属阿福花科(Asphodelaceae)萱草属(*Hemerocallis*), 为多年生草本植物(孙徐磊和武荣花, 2016), 主要分布在我国及周边地区, 全世界有15种, 我国有14种, 至今园艺品种已有约9万种。萱草形态优美、色彩艳丽且风韵独特, 被誉为中国的母亲花。其耐寒且耐热, 群体栽植效果好, 具有极高的观赏价值(刘昕等, 2014), 并且“观为花、食为菜、用为药”, 市场需求量很大。国内多家研究机构利用萱草的花托(李丹等, 2014)、叶片、花萼、子房(杨丽莉等, 2012)、花瓣和种子等, 建立了快繁技术, 但实现工厂化生产的较少, 仅见红花萱草(*Hemerocallis fulva*) (李凤霞和郭万里, 2002)和大花萱草(*Hemerocallis hybrida*) (赵玉芬等, 2011)等品种。

上海应用技术大学通过杂交育种, 历时多年培育出的粉美人萱草(*Hemerocallis fulva* cv. 'Fenmeiren'), 花朵颜色为粉色, 花瓣边缘有皱褶, 喉部呈黄绿色, 淡雅清新, 叶色浓绿, 植株健壮, 具有较强的抗病性(图1A), 市场需求旺盛。但目前种苗数量极少, 严重制约了其应用。为实现规模化生产, 我们开展了粉美人萱草的快繁技术研究。历时3年, 我们完善了粉美

人萱草的组培快繁技术, 实现了规模化繁殖。该技术体系一方面对粉美人萱草在长三角甚至全国绿地中推广应用具有重要意义, 另一方面可为萱草新优品种的规模化繁殖提供借鉴。

## 1 植物材料

实验材料为具有自主知识产权的萱草品种粉美人(*Hemerocallis fulva* (L.) L. cv. 'Fenmeiren')。选择生长健壮, 全年无病虫害的单株作为取样母株(做好标记)。春季4–6月为粉美人萱草开花时节, 在晴朗的午后, 从母株上剪取长约20 cm的新鲜花茎带回实验室, 消毒处理后, 接入培养基中培养。

## 2 培养基成分与培养条件

### 2.1 外植体消毒

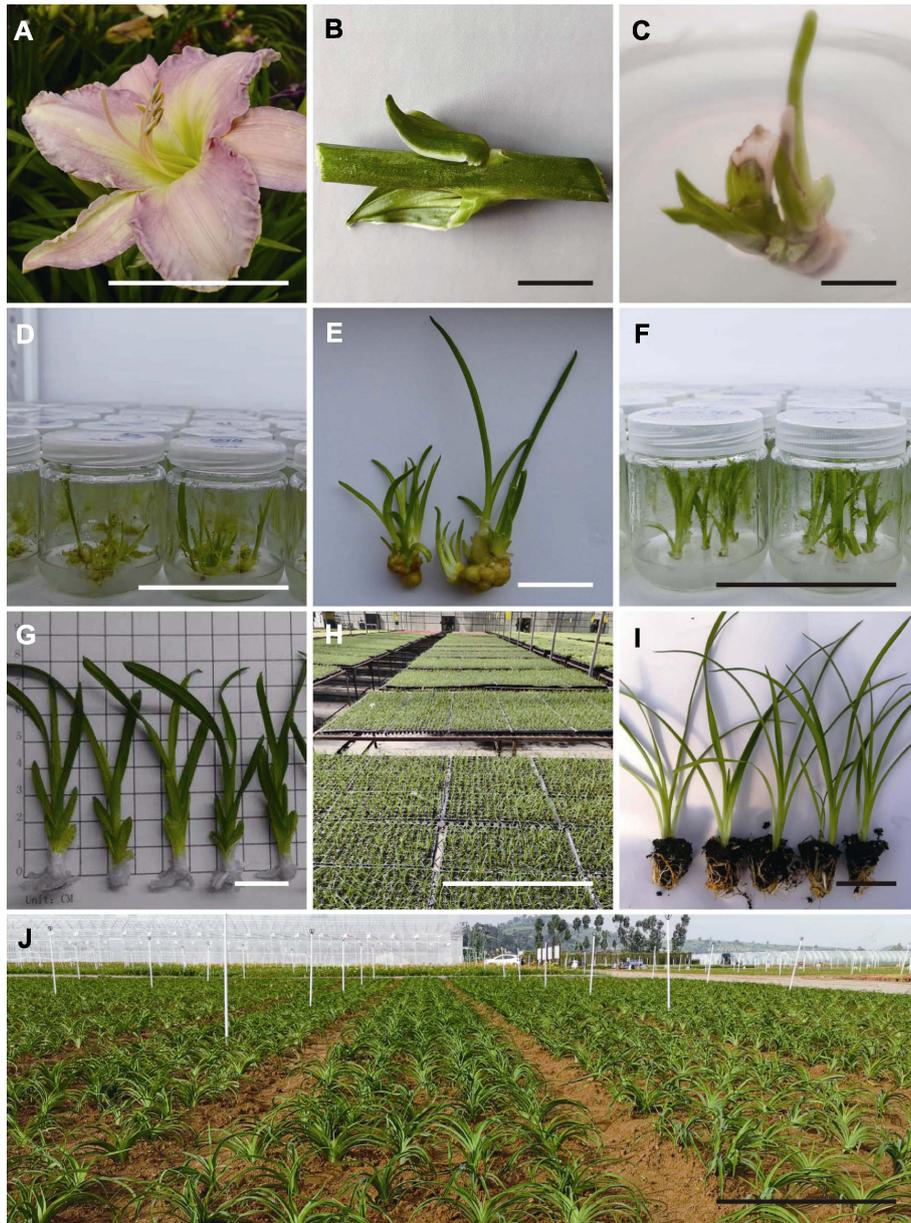
将花茎切成长度为3–4 cm的小段, 有潜伏芽的部位居中(图1B)。用流水冲洗30分钟后, 在无菌条件下先用72% (v/v)的乙醇溶液浸泡30–50秒, 再用8%–20%

收稿日期: 2021-10-22; 接受日期: 2022-04-20

基金项目: 国家林业和草原局林草国家创新联盟自筹研发项目(No.GLM [2021] 101)

<sup>†</sup>共同第一作者

\* 通讯作者。E-mail: 545042581@qq.com; 496466875@qq.com



**图1** 粉美人萱草的离体培养和规模化繁殖

(A) 粉美人萱草(bar=5 cm); (B) 外植体(bar=1 cm); (C) 外植体萌发(bar=1 cm); (D) 增殖培养(bar=10 cm); (E) 愈伤组织出芽(bar=1 cm); (F) 壮苗培养(bar=10 cm); (G) 生根情况(bar=1 cm); (H) 规模化移栽(bar=100 cm); (I) 生长2个月的穴盘苗(bar=1 cm); (J) 组培苗大田种植(bar=50 cm)

**Figure 1** *In vitro* culture and scale reproduction of *Hemerocallis fulva* cv. 'Fenmeiren'

(A) *Hemerocallis fulva* cv. 'Fenmeiren' (bar=5 cm); (B) Explants (bar=1 cm); (C) Explants germination (bar=1 cm); (D) Multiplication culture (bar=10 cm); (E) Callus budding (bar=1 cm); (F) Seedling cultivation (bar=10 cm); (G) Rooting situation (bar=1 cm); (H) Large-scale transplanting (bar=100 cm); (I) Two months plug seedlings (bar=1 cm); (J) Field planting (bar=50 cm)

(v/v)的次氯酸钠溶液浸泡4–12分钟, 最后用无菌水冲洗4–5次。通过设置不同组合对比, 筛选出最佳外植体取样时间、消毒液浓度和消毒时间(表1–表3)。

## 2.2 培养基配制

将消毒后的外植体接种至初代培养基MS+0.2 mg·L<sup>-1</sup> 6-BA+0.2 mg·L<sup>-1</sup> NAA, 诱导出芽后, 移至增殖培养

基上培养。增殖培养基以MS+0.1 mg·L<sup>-1</sup> NAA为基础培养基,并添加不同浓度的6-BA和TDZ。本实验共设置8种组合配方(表4),筛选最优增殖培养基。

壮苗培养基以1/2MS和MS为基础培养基,添加不同浓度的6-BA、NAA和IBA。本实验共设置8种组合配方(表5),筛选最适壮苗培养基。

生根培养基以1/2MS和MS为基础培养基,添加不同浓度的IBA和蔗糖。本实验共设置7种组合配方(表6),筛选最优生根培养基。生根苗在温室内过渡移栽。

各种培养基的pH值均调为5.8,加入30 g·L<sup>-1</sup>蔗糖,6 g·L<sup>-1</sup>琼脂,高压锅中灭菌,备用。

## 2.3 培养条件

植物材料于光照条件下培养,光强为8.75 μmol·m<sup>-2</sup>·s<sup>-1</sup>,光周期为12小时光照/12小时黑暗,培养温度为(25±2)°C。

## 2.4 数据统计

每种处理调查20个样本,重复3次。植物材料培养30天后,统计外植体的存活率、增殖率、生根率、移栽成活率及出圃合格率。使用SPSS (SPSS Inc, Chicago, USA)软件包进行统计分析,并对数据进行差异分析(ANOVA)和差异显著性检验(LSD)。

外植体存活率=(存活数/接种数) ×100%;

增殖率=(增殖芽数/接种数) ×100%;

生根率=(生根数/接种数) ×100%;

移栽成活率=(成活数/移栽数) ×100%;

出圃合格率=(出圃数/移栽数) ×100%。

# 3 结果与讨论

## 3.1 无菌材料的获得

### 3.1.1 不同消毒时间对外植体存活率的影响

使用10%次氯酸钠溶液对外植体进行表面消毒,设置5种消毒浸泡时间,即4、6、8、10和12分钟,发现不同消毒时间对外植体的存活率影响差异明显(表1)。消毒浸泡时间为8分钟时,外植体无菌存活率最高,达45%,与其它处理相比,差异显著( $P<0.05$ );消毒时间为4分钟时,外植体虽然有少量存活,但全部污染,生成的霉菌逐渐吞噬掉植物材料;消毒时间超过10分钟,虽然未发生污染,但外植体出现被毒害现

象,存活率下降;由此筛选出8分钟为最佳消毒时间。

### 3.1.2 不同浓度消毒液对外植体存活率的影响

当消毒浸泡时间为8分钟时,设置5种次氯酸钠消毒液浓度,分别为8%、10%、15%、18%和20%。实验结果显示,当消毒液浓度为15%时,外植体的无菌存活率提高至60%,与其它处理相比,差异显著( $P<0.05$ );消毒液浓度达到18%以上时,外植体虽然未污染,但死亡率升高,导致外植体存活率下降;消毒液浓度低于10%,外植体的污染率明显升高。由此筛选出最佳消毒液浓度为15% (表2)。

### 3.1.3 取材日期对外植体存活率的影响

当消毒液浓度为15%,浸泡时间为8分钟时,取材日期对外植体存活率的影响差异显著(表3)。5月取样时,外植体污染较少,但死亡率高,无菌存活率最高为60%;6月取样时,外植体存活率均较高,达到80%以上,尤其是6月15日,无菌存活率达到最高值(95%);

**表1** 不同消毒时间对外植体存活率的影响(平均值±标准差,  $n=3$ )

**Table 1** The effect of sterilization time on the survival rate of explants (means±SD,  $n=3$ )

Sterilization time (min)	Number of inoculation	Survival number	Survival rate (%)
4	20	2±1 d	10±0.05 d
6	20	5±1 c	25±0.05 c
8	20	9±1 a	45±0.05 a
10	20	7±0 b	35±0 b
12	20	5±0 c	25±0 c

同列不同小写字母表示各处理间差异显著( $P<0.05$ )。

Different lowercase letters in the same column indicate significant differences among different treatments at 0.05 level.

**表2** 不同消毒液浓度对外植体存活率的影响

**Table 2** The effect of disinfectant concentration on the survival rate of explants

Disinfectant concentration (%)	Number of inoculation	Survival number	Survival rate (%)
8	20	8±1 d	40±0.05 d
10	20	9±1 c	45±0.05 c
15	20	12±1 a	60±0.05 a
18	20	10±0.05 b	50±0.05 b
20	20	7±2 e	35±0.1 e

同列不同小写字母表示各处理间差异显著( $P<0.05$ )。

Different lowercase letters in the same column indicate significant differences among different treatments at 0.05 level.

7月取样时, 外植体的存活率明显下降, 污染率升高, 无菌苗获得率降低。

### 3.2 增殖培养

外植体在初代培养基上生长10天, 潜伏芽部位逐渐膨大, 出现绿色芽点; 30天时, 发育成形态完整的无菌幼苗, 2枚叶片对生, 每个外植体经初代培养可诱导出1–2个无菌芽(图1C)。切下无菌苗转移至新鲜培养基, 积累到一定数量, 挑选健壮一致的无菌苗转入设计的增殖培养基, 筛选最佳增殖培养基。本研究中的增殖培养基是在MS+0.1 mg·L<sup>-1</sup> NAA的基础上添加不同浓度的6-BA和TDZ, 培养1个月后统计种苗数量。结果表明, 6-BA浓度过高或过低, 增殖率均会降低, 当6-BA浓度为1.0 mg·L<sup>-1</sup>时, 粉美人萱草的增殖率最高, 为0.9 (表4); 当培养基中添加TDZ时, 增殖率明显升高, 当TDZ浓度为0.004 mg·L<sup>-1</sup>时, 增殖率达到2.9, 组培苗发育正常, 叶色浓绿, 长势旺盛(图1D); 继续提高TDZ浓度, 增殖率提高明显, 但分化出

表3 不同取材日期对外植体存活率的影响

Table 3 The effect of sampling date on the survival rate of explants

Sampling date	Number of inoculation	Survival number	Survival rate (%)
April 1	20	8±1 e	40±0.05 e
April 15	20	12±1 c	60±0.05 c
May 1	20	16±3 b	80±0.15 b
May 15	20	19±1 a	95±0.05 a
June 1	20	9±1 d	45±0.05 d
June 15	20	3±1 f	15±0.05 f

同列不同小写字母表示各处理间差异显著( $P<0.05$ )。

Different lowercase letters in the same column indicate significant differences among different treatments at 0.05 level.

表4 不同激素及其浓度对芽增殖的影响

Table 4 The effect of different hormones and their concentration on bud proliferation

Medium	6-BA (mg·L <sup>-1</sup> )	TDZ (mg·L <sup>-1</sup> )	NAA (mg·L <sup>-1</sup> )	Plantlet No.	No. of multiplication seedlings	Propagation rate
MS	0.1	0	0.1	20	3±1 g	0.15±0.05 g
MS	0.5	0	0.1	20	9±1 f	0.45±0.05 f
MS	1.0	0	0.1	20	18±1 de	0.9±0.05 de
MS	2.0	0	0.1	20	13±1 e	0.65±0.05 e
MS	1.0	0.001	0.1	20	23±1 cd	1.15±0.05 cd
MS	1.0	0.002	0.1	20	45±1 c	2.25±0.05 c
MS	1.0	0.004	0.1	20	58±1 b	2.9±0.05 b
MS	1.0	0.008	0.1	20	98±1 a	4.9±0.05 a

同列不同小写字母表示各处理间差异显著( $P<0.05$ )。

Different lowercase letters in the same column indicate significant differences among different treatments at 0.05 level.

的芽较小, 基部容易形成愈伤组织, 并在愈伤组织上继续分化出丛生芽, 不利于后续分切操作(图1E)。根据种苗长势以及分化情况, 选择MS+1.0 mg·L<sup>-1</sup> 6-BA+0.004 mg·L<sup>-1</sup> TDZ+0.1 mg·L<sup>-1</sup> NAA为粉美人萱草的最佳增殖培养基, 与其它处理相比, 差异显著( $P<0.05$ )。

### 3.3 壮苗培养

通过增殖培养阶段诱导出的组培苗体内细胞分裂素积累较多, 将其直接转移至生根培养基, 在残存激素的刺激下会继续分化出苗, 不利于生根和后期移栽, 需经过壮苗培养阶段。实验结果(表5)显示, 当6-BA浓度为0.1 mg·L<sup>-1</sup>时, 组培苗未出现分化; 当其浓度为0.2 mg·L<sup>-1</sup>时, 则组培苗开始分化。当添加0.1 mg·L<sup>-1</sup> NAA时, 在组培苗的基部会出现愈伤组织; 添加0.1 mg·L<sup>-1</sup> IBA时, 组培苗基部未出现愈伤组织, 也未形成根。相同情况下, 生长在MS培养基中的组培苗比生长在1/2MS培养基(大量元素减半)中的更加健壮整齐, 叶色浓绿(图1F), 长势旺盛。综合愈伤组织产生情况、组培苗分化情况和长势, 确定MS+0.1 mg·L<sup>-1</sup> 6-BA+0.1 mg·L<sup>-1</sup> IBA为粉美人萱草适宜的壮苗培养基。

### 3.4 生根培养

组培苗在壮苗培养基上长至4 cm高时, 可切成单芽, 用于诱导生根。我们发现, 随着IBA浓度的升高, 生根率明显提高, 当IBA浓度为0.8 mg·L<sup>-1</sup>时, 组培苗基部开始出现愈伤组织, 不利于生根及后期移栽, 因此确定诱导生根的适宜IBA浓度为0.4 mg·L<sup>-1</sup>, 生根率达55% (表6)。降低蔗糖浓度, 生根率反而提高, 当添加蔗糖浓度为20 g·L<sup>-1</sup>时, 生根率提高至75%; 继续

表5 不同培养基对壮苗的影响

Table 5 The effect of different media on seedling growth

Medium	6-BA (mg·L <sup>-1</sup> )	IBA (mg·L <sup>-1</sup> )	NAA (mg·L <sup>-1</sup> )	Callus	State difference
MS	0.1	0	0.1	A little	Undifferentiation, no root
MS	0.2	0	0.1	A little	Differentiation, no root
MS	0.1	0.1	0	No	Undifferentiation, no root
MS	0.2	0.1	0	No	Differentiation, no root
1/2MS	0.1	0	0.1	A little	Undifferentiation, no root
1/2MS	0.2	0	0.1	A little	Differentiation, no root
1/2MS	0.1	0.1	0	No	Undifferentiation, no root
1/2MS	0.2	0.1	0	No	Differentiation, no root

表6 不同培养基对生根的影响

Table 6 The effect of different media on root induction

Medium	IBA (mg·L <sup>-1</sup> )	Sucrose (g·L <sup>-1</sup> )	Plant-let No.	No. of rooting buds	Rooting rate (%)
MS	0.2	30	20	7±1 e	35±0.05 e
MS	0.4	30	20	11±1 c	55±0.05 c
MS	0.8	30	20	14±1 b	70±0.05 b
MS	0.4	10	20	7±1 e	35±0.05 e
MS	0.4	20	20	15±1 b	75±0.05 b
MS	0.4	40	20	9±1 d	45±0.05 d
1/2MS	0.4	20	20	19±1 a	95±0.05 a

同列不同小写字母表示各处理间差异显著( $P<0.05$ )。

Different lowercase letters in the same column indicate significant differences among different treatments at 0.05 level.

表7 粉美人萱草移栽管理相关技术参数

Table 7 Technical parameters related to transplanting management of *Hemerocallis fulva* cv. 'Fenmeiren'

Transplanting cycle	Relative humidity (%)	Shade degrees (%)	Ventilation time (h)
The first week	95	80	0.5
The second week	85	70	1
The third week	75	60	2
The fourth week	65	50	4
The fifth to sixth weeks	55	40	6
The seventh to eighth weeks	35	20	12

降低蔗糖浓度至10 g·L<sup>-1</sup>或提高至40 g·L<sup>-1</sup>, 生根率均会降低(表6)。此外, 大量元素减半的1/2MS比MS更利于生根, 生根率可达95%, 根系粗短, 呈鲜活的白色, 色泽莹润, 无愈伤组织出现, 每株可产生6–8条根(表6; 图1G)。因此, 我们确定最适生根培养基为1/2MS+0.4 mg·L<sup>-1</sup> IBA+20 g·L<sup>-1</sup>蔗糖。

### 3.5 移栽

萱草种苗细小, 多采用105–128孔穴盘移栽。生根瓶苗先在温室中放置2–4天, 取出后, 用自来水洗净根部附着的培养基, 用500倍托布津水溶液浸泡根部10–30秒, 之后移栽至珍珠岩:草炭=1:2 (v/v)的混合基质中, 苗床上搭建塑料小拱棚保湿。移栽是整个生产环节的最后步骤, 至关重要。随着移栽时间的延长, 需逐渐降低相对湿度和遮阴, 故每天适当增加通风时间, 萱草移栽期间管理相关技术参数见表7。通过精细养护, 2个月后成活率可达85% (图1H)。移栽成活的种苗高度控制在8–10 cm之间, 根系发达, 在穴盘内连同基质包裹成土球, 土球不散的种苗才能出圃发货(图1I)。挑选其中长势弱的种苗, 再次种植并继续养护, 当达到发货标准时才能出圃发货。去掉移栽中死亡和残次苗, 最终合格率可达75%。

### 3.6 规模化繁殖

根据上述实验结果筛选出的最佳配方, 按照从生芽增殖培养、壮苗、生根、移栽及挑选合格产品出圃的流程, 进行了5次规模化生产, 每次生产4×10<sup>4</sup>株, 总计生产2×10<sup>5</sup>株。每次生产结束前, 统计最后一批种苗的增殖率、生根率、移栽成活率及出圃合格率。5次规模化生产种苗增殖率分别为2.8、2.9、3.0、3.1和2.8, 平均增殖率为2.92; 生根率分别为93%、92%、96%、97%和93%, 平均生根率为94.2%; 移栽成活率分别为83%、82%、87%、88%和84%, 平均移栽成活率为84.8%; 出圃合格率分别为73%、72%、76%、75%和77%, 平均出圃合格率为74.6% (表8)。与前期实验中的最高增殖率(2.9)、生根率(95%)、移栽成活率(85%)及出圃合格率(75%)基本一致。通过实际生产

表8 粉美人萱草的5次组培苗规模化生产数据对比

Table 8 Five large-scale production data comparison of *Hemerocallis fulva* cv. 'Fenmeiren'

Batch	Multiple shoots	Regenerated plantlets	Proliferation coefficient	Rooting rate (%)	Transplanting survival rate (%)	Qualified rate (%)
1	16190	48333	2.8	93	83	73
2	18279	53010	2.9	92	82	72
3	18337	55012	3.0	96	87	76
4	18749	58123	3.1	97	88	75
5	17390	68693	2.8	93	84	77
Average	17789	56634	2.92	94.2	84.8	74.6

验证了本实验所建立的技术体系能满足规模化生产的需要,且稳定高效,可重复性强。

### 3.7 大田种植

栽种萱草组培苗前需深翻土壤、耙平和挖种植穴,施入腐熟农家肥作为底肥,种植穴以间距20–30 cm、深10 cm为宜。种植苗床宽度一般为120–150 cm,长度不限,苗床间保留30–40 cm步道,步道土壤就地起挖分散在苗床上,雨季步道能够有效减少积水对种苗生长的不利影响。如果栽种场地土壤过干,可提前喷水提高土壤湿度。

萱草组培苗较小,一般采用手工定植方式,将组培苗放入种植穴内。手工盖土至根颈部,与土壤平面基本持平,避免过浅或过深。定植后压实根系部位土壤,浇足定根水,确保根系与土壤紧密接触,以提高成活率;并每天检查水分和成活情况,适时浇水,保持土壤湿润。定植1个月后,组培苗长势稳定。生长旺盛季节需每月施肥1次。一般1年后就会大面积开花,花序高度一致,能直接用于绿化工程或作为采穗圃进行分株繁殖(图1J)。

### 3.8 讨论

建立植物离体培养体系对种质资源保护及快速繁殖均有重要意义(王亚琴等, 2020),而建立某一植物的离体培养体系时,外植体类型、选取部位、取样日期和激素浓度配比均影响实验结果(张群等, 2016; 王荣梅等, 2019)。以萱草花序轴和茎为外植体,不经过愈伤组织阶段,直接分化出苗获得再生植株,后代可保持母本的优良性状(余启惠等, 2018)。粉美人萱草数量少,剪取母株的茎作外植体会消耗珍贵的植物材料。王燕等(2017)研究表明,对较为珍贵稀少的植物

品种进行离体培养,花序轴应作为首选外植体材料,目前通过培养花序轴已实现多种珍稀植物的快繁。基于此,本实验以花序轴为外植体,通过花序轴的潜伏芽诱导出苗,未经过愈伤组织阶段,后代性状与母株一致。

此外,本实验表明,取样时间对萱草获得无菌材料也至关重要。5月花序轴较为幼嫩,消毒容易致死;6月是萱草盛花期,花序轴生长速度快,暴露在自然条件下时间短,感染外界细菌少,粗壮的花序轴消毒时能经受住消毒液的毒害,无菌材料获得率高;7月花序轴老化,消毒时污染率高,同时分化率下降。

不同种类植物对培养基成分要求不同,再生能力也存在差异,出现差异的原因可能与植物激素含量和植物种类有关(李孟悦等, 2021)。多数萱草品种在增殖培养阶段添加常规激素(如6-BA、KT和NAA),只要浓度和配比适当均可获得较为理想的增殖率。本实验使用6-BA和NAA两种植物激素,粉美人萱草分化率很低,添加TDZ可明显提高增殖率,TDZ在芽诱导和植株再生方面具有较强的活性,能够诱导多种植物产生不定芽,这与孙英坤等(2017)、鲁娇娇等(2020)、闻永慧等(2021)和杨鸿淋等(2021)的研究结果一致。TDZ是一种人工合成的苯基脲衍生物,同时具有细胞分裂素与生长素活性,能高效诱导愈伤组织形成、器官和体细胞胚发生,但TDZ只有在极低浓度时对芽诱导具有促进效果,浓度稍高就会导致大量畸形芽产生(Ghosh et al., 2018)。也有研究表明,BA诱导形成苗的质量优于TDZ(莫小路等, 2008)。本实验将高浓度6-BA与低浓度TDZ配合使用,可有效提高粉美人萱草的增殖率以及种苗质量,筛选出的粉美人萱草最佳增殖培养基为MS+1.0 mg·L<sup>-1</sup> 6-BA+0.004 mg·L<sup>-1</sup> TDZ+0.1 mg·L<sup>-1</sup> NAA。

杨丽莉等(2011)研究表明,多数萱草品种的组培快繁过程中可直接由增殖状态转入生根培养,无须经过壮苗培养阶段。本研究中粉美人萱草分化率低,为提高其增殖率,我们在增殖阶段添加了TDZ。如果直接进行生根培养,TDZ的后续效应会使后期分化出小芽,降低种苗整齐度。故在粉美人萱草培养过程中,为确保生产出整齐一致的优质种苗,增加了壮苗培养环节。

萱草品种间差异性大且特异性强,针对每一品种都应系统地进行组培快繁研究。粉美人萱草是我国拥有自主知识产权的新品种,市场前景广阔,但种苗数量少,自然分株慢。为此,我们开展快繁技术研究,经过2年的探索,生产出品质优良且整齐一致的萱草种苗;并通过规模化生产的检验证实,本实验构建的快繁技术体系实用性高、可操作性强且结果稳定,可为萱草新优(尤其是分株极慢)品种的规模化生产提供借鉴参考。

**致谢** 上海应用技术大学张志国教授在植物材料培育方面做了大量工作;云南吉成园林科技股份有限公司李伟副总经理在大田种植方面做了大量工作,在此一并致谢!

## 参考文献

- 李丹,吴海红,邢桂梅,胡新颖 (2014). '紫泉'萱草的组培快繁技术研究. 安徽农业科学 42, 7723-7725.
- 李凤霞,郭万里 (2002). 萱草组培苗的工厂化生产. 见: 加入WTO和中国科技与可持续发展——挑战与机遇、责任和对策(上册). 中国科学技术协会学会学术部会议论文集. 成都: 中国科学技术出版社. pp. 480.
- 李孟悦,刘柳,刘艳,张晓曼 (2021). 毛报春(*Primula × pubescens*)腋芽再生组织培养体系的建立. 植物学报 56, 732-739.
- 刘昕,刘树英,孙叶迎,曹岩,刘洪章 (2014). 萱草属植物研究进展. 黑龙江农业科学 (3), 138-141.

- 鲁娇娇,张梦迪,孙红梅 (2020). 朱顶红花孔雀和黑天鹅离体快繁技术体系的建立. 沈阳农业大学学报 51, 488-493.
- 莫小路,曾庆钱,邱蔚芬,陈瑜珍 (2008). 檀香体细胞胚胎的发生及植株再生的研究. 食品与药品 10, 35-37.
- 余启惠,姜媛媛,杨程,苟丽琼,朱柏雨,张利 (2018). 雪胆属植物的组织培养与栽培研究进展. 基因组学与应用生物学 37, 1370-1375.
- 孙徐淼,武荣花 (2016). 萱草属植物研究进展. 河南农业科学 45(4), 7-11, 18.
- 孙英坤,胡绍庆,庞基良,高凯,刘华红,陈焕伟,姚涛,陈林敬,沈柏春 (2017). 珍稀濒危物种董叶紫金牛高效快繁体系的建立. 植物学报 52, 764-773.
- 王荣梅,褚焕宁,王金耀,李森,亢秀萍 (2019). 萱草属植物短缩茎组织培养及植株再生. 山西农业大学(自然科学版) 39(3), 23-28.
- 王亚琴,韦陆丹,王文静,刘宝骏,张春玲,张俊卫,何燕红 (2020). 万寿菊再生体系的建立及优化. 植物学报 55, 749-759.
- 王燕,牟豪杰,吕永平,李海营,汪一婷,陈剑平 (2017). 寿锦的离体植株再生及组培产业化增殖. 植物学报 52, 331-336.
- 闻永慧,陈双秀,汪琼,艾星梅,黄美娟,黄海泉 (2021). 红纹凤仙花离体快繁技术体系的建立. 北方园艺 (15), 57-64.
- 杨鸿淋,张欣钰,何金玉,邹利娟 (2021). 车前草高效再生体系的建立. 绵阳师范学院学报 40(8), 64-68.
- 杨丽莉,张晓,杨睿,张彦琴 (2012). 大花萱草'莎蔓'的组织培养技术研究. 北方园艺 (19), 134-137.
- 杨丽莉,张晓,张彦琴 (2011). 大花萱草'东方不败'的组织培养技术研究. 山西农业科学 39, 629-632.
- 张群,吕秀立,何小丽,朱义,崔心红 (2016). 海三棱蔗草的组织培养与快繁体系. 植物学报 51, 684-690.
- 赵玉芬,储博彦,尹新彦,刘满光,王丽 (2011). 大花萱草工厂化快繁技术研究. 北方园艺 (2), 152-155.
- Ghosh A, Igamberdiev AU, Debnath SC (2018). Thiazuron-induced somatic embryogenesis and changes of antioxidant properties in tissue cultures of half-high blueberry plants. *Sci Rep* 8, 16978.

## Rapid Propagation Technology and Field Production of *Hemerocallis fulva* cv. 'Fenmeiren'

Xiuli Lü<sup>1†</sup>, Zequn Yu<sup>2†</sup>, Xiangbo Chen<sup>1</sup>, Renjie Fu<sup>1</sup>, Shanshan Miao<sup>3\*</sup>, An Du<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup>Shanghai Academy of Landscape Architecture Science and Planning, Shanghai 200232, China; <sup>2</sup>Shanghai Gardening-Landscaping Construction Co, Ltd, Shanghai 200333, China; <sup>3</sup>Shanghai Landscape Architecture Design Research Institute Co, Ltd, Shanghai 200031, China

**Abstract** Using the scape as explants, we successfully established the tissue culture and rapid propagation technology for the large-scale production of *Hemerocallis fulva* cv. 'Fenmeiren'. Our results showed that the survival rate of explant was 95%, which explants were obtained in June and sterilized in the 15% (v/v) sodium hypochlorite solution for 8 minutes. The best proliferation medium was MS + 1.0 mg·L<sup>-1</sup> 6-BA + 0.004 mg·L<sup>-1</sup> TDZ + 0.1 mg·L<sup>-1</sup> NAA. After 30 days of cultivation, the monthly proliferation coefficient reached 2.9. On the medium of MS + 0.1 mg·L<sup>-1</sup> 6-BA + 0.1 mg·L<sup>-1</sup> IBA, the tissue culture seedlings did not differentiate and grew vigorously. The optimal rooting medium was 1/2MS + 0.4 mg·L<sup>-1</sup> IBA + 20 g·L<sup>-1</sup> sucrose, and the rooting rate was 95%. by use of perlite:peat=1:2 (v/v) as the transplanting matrix, the survival rate of transplanting was 85% and the qualified rate was 75%. At present, the large-scale production of this cultivar has been achieved and 2.0 × 10<sup>5</sup> tissue culture seedlings were produced, which all performed well in the field.

**Key words** *Hemerocallis fulva* cv. 'Fenmeiren', rapid propagation technology, large-scale production, field planting

Lü XL, Yu ZQ, Chen XB, Fu RJ, Miao SS, Du A (2022). Rapid propagation technology and field production of *Hemerocallis fulva* cv. 'Fenmeiren'. *Chin Bull Bot* **57**, 350–357.

<sup>†</sup> These authors contributed equally to this paper.

\* Authors for correspondence. E-mail: 545042581@qq.com; 496466875@qq.com