

六角果鸢尾离体快繁技术体系的构建

戴长志, 何平, 张映雪, 尹增芳*

(南京林业大学南方现代林业协同创新中心; 生物与环境学院, 南京 210037)

摘要: 为构建六角果鸢尾(*Iris hexagona*)的离体快繁体系, 以其幼嫩根状茎为外植体, 研究了培养基和植物生长调节剂对不定芽诱导、增殖和植株生根的影响。结果表明, 根状茎用 0.1% HgCl₂ 消毒 13 min 的效果较佳; 不定芽诱导最适培养基为 MS+6-BA 1.5 mg L⁻¹+NAA 0.5 mg L⁻¹+蔗糖 30 g L⁻¹+琼脂 7.5 g L⁻¹, 不定芽增殖的适宜培养基为 MS+6-BA 0.5 mg L⁻¹+NAA 0.2 mg L⁻¹+KT 0.3 mg L⁻¹+蔗糖 30 g L⁻¹+琼脂 7.5 g L⁻¹; 在 MS+IBA 1.5 mg L⁻¹+蔗糖 30 g L⁻¹+琼脂 7.5 g L⁻¹ 培养基上不定芽生根率可达 100%; 腐殖土和珍珠岩+泥炭土+蛭石(1:2:1)均可作为组培苗移栽的适宜基质, 移栽成活率可达 100%。

关键词: 六角果鸢尾; 离体快繁; 培养基; 植物生长调节剂

doi: 10.11926/jtsb.3847

Construction of Rapid Propagation System *in vitro* of *Iris hexagona*

DAI Chang-zhi, HE Ping, ZHANG Yin-xue, YIN Zeng-fang*

(South Forestry Modern Forestry Collaborative Innovation Center, College of Biology and Environment, Nanjing Forestry University, Nanjing 210037, China)

Abstract: In order to construct the rapid propagation system *in vitro* of *Iris hexagona*, the effects of medium and plant growth regulators on induction, proliferation and rooting of adventitious buds were studied by using young rhizome as explant. The results showed that the rhizome was sterilized for 13 min with 0.1% HgCl₂. The optimum medium for induction was MS+1.5 mg L⁻¹ 6-BA+0.5 mg L⁻¹ NAA+30 g L⁻¹ sucrose+7.5 g L⁻¹ agar, and that for adventitious bud proliferation was MS+0.5 mg L⁻¹ 6-BA+0.2 mg L⁻¹ NAA+0.3 mg L⁻¹ KT+30 g L⁻¹ sucrose+7.5 g L⁻¹ agar. The rooting rate of plantlets could reach up to 100% cultured on MS+1.5 mg L⁻¹ IBA+30 g L⁻¹ sucrose+7.5 g L⁻¹ agar. The survival of plantlets could reach up to 100% transplanted on humic soil or perlite+peat soil+vermiculite (1:2:1) as substrate.

Key words: *Iris hexagona*; Rapid propagation *in vitro*; Medium; Plant growth regulator

六角果鸢尾(*Iris hexagona*)原产于美国路易斯安娜州, 目前主要分布于墨西哥湾的海滨滩涂。其具有花大色艳、花型奇特、适应于盐土水域生长等特点, 对于海滨地区滩涂绿化具有较高的应用价值。近年来, 对六角果鸢尾的研究多集中在耐盐性^[1-2]、耐寒性^[3]和遗传特异性^[4]等方面, 而对其繁殖技术体系的研究尚未见报道。在自然状态下, 鸢尾属植物主要有种子繁殖和分株繁殖两种繁殖途径, 目前有许多鸢尾品种不能形成种子, 使种子繁

殖受到很大局限性, 并且分株繁殖速度慢, 规模有限, 不能满足大规模商业生产的需求^[5], 通过组织培养快速繁殖是目前尽快满足应用需求的有效途径^[5-6]。目前组织培养技术在德国鸢尾(*I. germanica*)^[6-7]、西伯利亚鸢尾(*I. sibirica*)^[8]、溪荪(*I. sanguinea*)^[9]等鸢尾属植物中获得了成功, 但不同种类的鸢尾属植物对不定芽诱导、增殖、生根适宜的培养基和生长调节剂组合并不相同。因此, 本文对六角果鸢尾组织培养快速繁殖体系进行研究, 以期

收稿日期: 2017-11-07

接受日期: 2018-02-06

基金项目: 江苏高校优势学科建设工程资助项目(PAPD)资助

This work was supported by the Priority Academic Program Development of Jiangsu Higher Education Institutions (PAPD).

作者简介: 戴长志(1994-), 男, 硕士研究生, 主要从事植物的离体快繁与盐胁迫方面的研究。E-mail: 1976373980@qq.com

* 通信作者 Corresponding author. E-mail: zfyin@njfu.edu.cn

为六角果鸢尾产业化推广应用提供技术支持。

1 材料和方法

1.1 材料和消毒

采用田间栽种的六角果鸢尾(*Iris hexagona*)一年生根状茎为外植体,用流水清洗干净(1~2 h),再用洗洁精溶液浸泡根状茎搅拌消毒 10 min,冲洗干净后放入烧杯中,盖上纱布,置于流水中冲洗(3~4 h)。于超净工作台上,先加入 75%的酒精浸泡根状茎 30 s,无菌水冲洗 3 次后用 0.1%的 HgCl₂ 分别浸泡 11、13、15、17 min,浸泡过程不断搅拌,无菌水冲洗 5 次后置于无菌培养皿中,用无菌滤纸吸干表面的水分,用解剖刀从节间部位切取外植体块(以节部为中心),接种于培养基中,每瓶接 3 块,培养 7 d 后观察,以筛选最佳消毒时间。重复 3 次。

1.2 基本培养基的筛选

根状茎外植体消毒后接种于丛生芽诱导培养基上。诱导培养基选用 MS、1/2MS 和 N6 为基本培养基,并附加 0.5 mg L⁻¹ 6-BA+0.8 mg L⁻¹ NAA+0.6 mg L⁻¹ KT。每个处理接种 10 瓶,每个培养瓶中接种 3 个茎段,暗培养 10 d 后光照培养 20 d 进行观察统计。重复 3 次。

1.3 丛生芽诱导和增殖的植物生长调节剂配方筛选

将根状茎接种于最佳基本培养基中,植物生长

调节剂 6-BA 和 NAA 采用两因素完全随机区组设计,共 9 个处理(表 1)。每个处理 10 瓶,每瓶接种 3 个茎段,暗培养 10 d 后光照培养 20 d 进行观察统计。重复 3 次。

诱导出的健壮丛生芽,切取茎段,接种于添加不同植物生长调节剂的 MS 培养基上进行增殖培养,6-BA、NAA 和 KT 采用三因素三水平 L₉(3³)正交试验设计(表 2),共 9 个处理,每个处理 30 瓶,每瓶接种 1 个茎段,光照培养 30 d 后进行观察统计。重复 3 次。

1.4 不定芽生根和移栽

将六角果鸢尾健壮不定芽接种于 MS 培养基中,设置 IBA 浓度梯度为 0、0.1、0.5、1.0 和 1.5 mg L⁻¹,每个处理接种 15 瓶,每瓶接种 1 个不定芽,每 7 d 观察 1 次,45 d 后用根系分析仪测定组培苗的根系特征值。

按照常规方法炼苗移栽。移栽前将试管苗取出,用温水仔细清洗根部的培养基,移栽入基质中。移栽基质分别为腐殖土、珍珠岩+泥炭土+蛭石(1:2:1)、蛭石+珍珠岩(1:1),移栽前用 0.2%~0.4%的多菌灵水溶液对基质进行消毒,移栽前期经常给小苗喷雾,适时浇水,防止小苗失水萎蔫,移栽 30 d 后进行观察统计。

1.5 数据的统计分析

采用 Excel 2003 进行数据统计,用 SPSS 17.0 进行极差分析,用 Duncan's 法进行显著性检验。

表 1 丛生芽诱导的试验设计方案

Table 1 Experimental design for buds induction

编号 No.	6-BA (mg L ⁻¹)	NAA (mg L ⁻¹)	编号 No.	6-BA (mg L ⁻¹)	NAA (mg L ⁻¹)
A1	0.5	0.2	A6	1.0	0.8
A2		0.5	A7	1.5	0.2
A3		0.8	A8		0.5
A4	1.0	0.2	A9		0.8
A5		0.5			

表 2 丛生芽增殖的正交设计试验

Table 2 Orthogonal designs for buds proliferation

编号 No.	6-BA (mg L ⁻¹)	NAA (mg L ⁻¹)	KT (mg L ⁻¹)	编号 No.	6-BA (mg L ⁻¹)	NAA (mg L ⁻¹)	KT (mg L ⁻¹)
B1	0.5	0.1	0.0	B6	1.0	0.3	0.0
B2	0.5	0.2	0.3	B7	1.5	0.1	0.6
B3	0.5	0.3	0.6	B8	1.5	0.2	0.0
B4	1.0	0.1	0.3	B9	1.5	0.3	0.3
B5	1.0	0.2	0.6				

2 结果和分析

2.1 消毒时间的影响

HgCl₂ 消毒时间与外植体的死亡率呈正相关, 而与污染率呈负相关, 表明 HgCl₂ 消毒时间越长对外植体的毒害作用越大。HgCl₂ 消毒时间为 11 min 时, 外植体的污染率最大(53.53%), 死亡率为 5.77%。消毒 13 min 的外植体死亡率只有 6.90%, 污染率为 33.30%; 消毒 15 min 的污染率(27.10%)虽比 13 min 有所下降, 但死亡率却大幅度上升, 达到 30.63%; 当消毒时间延长到 17 min, 外植体的死亡率极显著上升, 高达 78.47%。因此, 根状茎的 HgCl₂ 消毒时间以 13 min 为最佳。

2.2 基本培养基的影响

根状茎分别接种在 3 种基本培养基上培养 30 d 后, 丛生芽诱导率的差异达极显著水平($P < 0.01$)。

MS 培养基中丛生芽的诱导率最高, 达 45.56%, 而在 1/2MS 和 N6 培养基中诱导率则较低, 分别为 24.44% 和 0。在 MS 培养基中诱导的丛生芽高大健壮, 叶片正常伸展, 而在 1/2MS 培养基中诱导的丛生芽矮小瘦弱, 叶扭曲, N6 培养基中无丛生芽萌生。因此, MS 培养基可作为六角果鸢尾组织培养的最适基本培养基。

2.3 植物生长调节剂配方的影响

在植物生长调节剂配方的 9 组处理中(表 3), A7 与 A8 处理的不定芽诱导率最高, 且差异不显著, 但与其他处理的差异均达极显著水平($P < 0.01$)。因此 A7 与 A8 处理较适合六角果鸢尾不定芽的诱导。从不定芽长势来看, A7 处理的单芽较矮小细弱不易成活, 而 A8 处理诱导的不定芽生长较为健壮。因此, 适合六角果鸢尾不定芽诱导的培养基为 MS+6-BA 1.5 mg L⁻¹+NAA 0.5mg L⁻¹, 诱导率可达 56.67%。

表 3 植物生长调节剂对六角果鸢尾不定芽诱导的影响

Table 3 Effect of plant growth regulator combination on adventitious bud induction of *Iris hexagon*

编号 No.	接种数 Inoculated number	不定芽数 Adventitious bud number	诱导率 / % Induction rate	长势 Vigour	生长状况 Growth status
A1	90	34	37.78 ± 2.79cC	较好 Better	叶色墨绿, 芽细弱 Dark green leaf, bud thin and delicate
A2	90	43	47.78 ± 2.45bB	较好 Better	叶色墨绿, 芽细弱 Dark green leaf, bud thin and delicate
A3	90	36	40.00 ± 1.92cBC	好 Good	叶色偏黄, 芽矮小 Yellow leaf, bud short and small
A4	90	24	26.67 ± 1.93dD	较好 Better	叶色墨绿, 芽矮小 Dark green leaf, bud short and small
A5	90	33	36.67 ± 1.93cC	较好 Better	叶色墨绿, 芽健壮 Dark green leaf, bud strong
A6	90	43	47.78 ± 2.00bB	较好 Better	叶色偏黄, 芽健壮 Yellow leaf, bud strong
A7	90	54	60.00 ± 1.92aA	较好 Better	叶色墨绿, 芽矮小细弱 Dark green leaf, bud short and thin
A8	90	51	56.67 ± 1.93aA	很好 Best	叶色墨绿, 芽健壮易成活 Dark green leaf, bud strong easy survival
A9	90	36	40.00 ± 1.92cBC	很好 Best	叶色墨绿, 芽健壮 Dark green leaf, bud strong

同列数据后不同大、小写字母分别表示差异极显著($P < 0.01$)和显著($P < 0.05$)。下表同。

Data followed different capital and small letters with in column indicate significant differences at 0.01 and 0.05 levels, respectively. The same is following Tables.

表 4 植物生长调节剂对六角果鸢尾不定芽增殖的影响

Table 4 Effect of plant growth regulator on adventitious bud proliferation of *Iris hexagon*

编号 No.	接种数 Inoculated number	增殖数 Proliferation number	增殖系数 Proliferation coefficient	长势 Vigour	生长状况 Growth status
B1	90	278	3.31 ± 0.06b	很好 Best	高大健壮, 叶色墨绿 Tall and strong, dark green leaf
B2	90	334	3.71 ± 0.06a	很好 Best	高大健壮, 叶色墨绿 Tall and strong, dark green leaf
B3	90	252	2.80 ± 0.08c	较好 Better	高大健壮, 叶色偏黄 Tall and strong, yellow leaf
B4	90	254	2.82 ± 0.31c	较好 Better	高大健壮, 叶色偏黄 Tall and strong, yellow leaf
B5	90	118	1.31 ± 0.06ef	较好 Better	矮小瘦弱, 叶色墨绿 Short and thin, dark green leaf
B6	90	90	1.00 ± 0.00f	较好 Better	高大健壮, 叶色墨绿 Tall and strong, dark green leaf
B7	90	174	1.93 ± 0.15d	较好 Better	矮小瘦弱, 叶色偏黄 Short and thin, yellow leaf
B8	90	136	1.51 ± 0.12e	较好 Better	矮小瘦弱, 叶色偏黄 Short and thin, yellow leaf
B9	90	114	1.27 ± 0.07ef	好 Good	矮小瘦弱, 叶色偏黄 Short and thin, yellow leaf

选择健壮的不定芽切取茎段,接种于增殖培养基中培养。培养 30 d 后进行观察统计(表 4)。不同增殖培养基中不定芽的生长情况、增殖系数差异明显,以 B2 培养基的增殖系数最高,达 3.71,且不定芽高大健壮,叶色墨绿。因此,六角果鸢尾不定芽增殖的最适宜培养基为 MS+6-BA 0.5 mg L⁻¹+NAA 0.2 mg L⁻¹+KT 0.3 mg L⁻¹。极差分析结果表明,植物生长调节剂对不定芽增殖的影响以 6-BA>NAA>

表 5 极差分析

Table 5 Rang analysis

因子 Factor	6-BA	NAA	KT
\bar{K}_1	3.27	2.69	1.94
\bar{K}_2	1.71	2.18	2.60
\bar{K}_3	1.57	1.69	2.01
R	1.70	1.00	0.66

表 6 不同 IBA 浓度六角果鸢尾试管苗根系特征值

Table 6 Eigenvalue of *Iris hexagon* roots with different concentration of IBA

IBA (mg L ⁻¹)	数量 Number	长度 (mm) Length	表面积 (mm ²) Surface area	体积 (mm ³) Volume	直径 (mm) Diameter	分形维数 Fractal dimension	生根率 /% Rooting rate
0	1.83 ±0.31c	6.52 ±1.72b	0.72 ±0.24b	0.01 ±0.00b	0.19 ±0.01d	1.00 ±0.00c	51.11 ±9.69b
0.1	4.39 ±0.98bc	27.95 ±7.44ab	4.48 ±1.35ab	0.07 ±0.02b	0.30 ±0.03c	1.06 ±0.02bc	88.89 ±2.22a
0.5	4.21 ±0.91bc	28.71 ±10.62ab	5.03 ±1.89ab	0.09 ±0.04ab	0.32 ±0.04c	1.07 ±0.03abc	95.56 ±2.22a
1.0	5.87 ±0.54ab	38.36 ±7.28a	6.01 ±1.00a	0.10 ±0.02ab	0.42 ±0.03b	1.12 ±0.02ab	100.00 ±0.00a
1.5	8.13 ±0.80a	45.29 ±8.17a	8.64 ±1.47a	0.17 ±0.03a	0.52 ±0.03a	1.14 ±0.02a	100.00 ±0.00a

图 1 不同 IBA 浓度对六角果鸢尾不定芽生根的影响。1: 0; 2: 0.1 mg L⁻¹; 3: 0.5 mg L⁻¹; 4: 1.0 mg L⁻¹; 5: 1.5 mg L⁻¹。Fig. 1 Effect of IBA concentration on rooting of *Iris hexagon*. 1: 0; 2: 0.1 mg L⁻¹; 3: 0.5 mg L⁻¹; 4: 1.0 mg L⁻¹; 5: 1.5 mg L⁻¹.

2.5 移栽基质的影响

移栽基质是影响试管苗移栽成活的主要因素,主要表现在根系的生长和分布情况上。六角果鸢尾试管苗移入 3 种基质 1 个月,移栽的成活率均达到 100%,说明六角果鸢尾试管苗极易成活。采用腐殖土、珍珠岩+泥炭土+蛭石(1:2:1)作为移栽基质时,试管苗长势较好,叶色墨绿,植株健壮且生长旺盛。采用蛭石+珍珠岩(1:1)作为移栽基质时,移栽苗的叶色比另两种基质的偏黄,这可能与基质中缺乏营养物质有关。因此,六角果鸢尾试管苗宜采用腐殖土或珍珠岩:泥炭土:蛭石(1:2:1)

KT(表 5)。

2.4 不定芽生根培养

将六角果鸢尾健壮不定芽接种于含不同浓度 IBA 的培养基中,45 d 后观察统计生根状况。从表 6 可见,随着 IBA 浓度的增加,根数、长度、表面积、体积、直径、分形维数、生根率均逐渐升高,形态特征方面也呈现出梯度差异。培养基中不添加 IBA 时,根直径、生根率显著低于其他处理($P<0.05$),且多数为无效根,生根速度慢,根系很细,几乎没有侧根,移栽不容易成活。当 IBA 浓度为 1.5 mg L⁻¹ 时,不定芽生根速度较快,侧根数量丰富,根系粗壮且较长,且根直径与其他处理间达显著差异($P<0.05$,图 1)。

作为移栽基质。

3 讨论

3.1 不定芽的诱导和增殖

基本培养基能提供植物生长所需的基本营养成分,也是植物组织培养能否获得成功的重要因素之一。但是,不同的基本培养基含有不同的离子,适合培养不同植物^[10]。高丽等^[11]以素心建兰(*Cymbidium ensifolium*)茎尖诱导产生的根状茎为材料,以 MS、1/2MS、Hyponex、KC 等为基本培养基,认为

MS 培养基为最佳增殖培养基。而在体胚再生研究中, Thuzar 等^[12]报道 N6 比 MS 更有利于细胞生长和愈伤细胞分化。对于六角果鸢尾而言, 在 MS 培养基中不定芽的诱导率最高, 茎段萌发的不定芽数量最多, 说明丰富的有机成分与无机离子有利于不定芽的诱导, 而高硝酸钾含量培养基 N6 和低无机盐培养基 1/2MS 不适合六角果鸢尾不定芽诱导的培养。

细胞分裂素与生长素对植物芽的诱导和增殖有重要作用。葛桂民等^[8]报道 6-BA 2.0 mg L⁻¹ 和 NAA 0.2 mg L⁻¹^[8]是西伯利亚鸢尾不定芽诱导的最适组合; 张全锋等^[13]报道 6-BA 4.0 mg L⁻¹ 和 NAA 0.5 mg L⁻¹ 是有髯鸢尾(*I. barbata*)不定芽增殖的适宜组合。不同浓度的 6-BA 和 NAA 导致试管苗玻璃化程度也不一样^[14], 表明 6-BA 与 NAA 的浓度过大或过小都不利于植物芽的诱导或增殖。本研究中, 六角果鸢尾不定芽增殖培养基中还添加了 KT, 虽然极差分析结果表明 KT 的影响不如 6-BA 和 NAA, 但他们搭配使用能提高丛生芽的增殖系数, 推测 KT 和 NAA 配合使用可以对内源激素产生影响, 而不定芽中的内源激素发生变化, 有利于细胞分裂, 从而提高丛生芽的增殖系数。

3.2 组培苗生根的基本条件

不定根的形成是组织培养过程中的关键环节, 它直接影响了组培苗移栽成活率的高低, 而外源生长调节剂对于不定根的形成具有至关重要的作用, 其含量不同可以导致生根质量差异^[15-16]。通常采用 PP333、IAA、NAA 和 IBA 进行根系的诱导, 其中以 NAA 与 IBA 最为常用。张晓丽等^[17]诱导盾叶薯蓣(*Dioscorea zingiber*)试管苗生根的研究表明, IBA 使植株根数、根长和株高等性状均优于 NAA。在马蔺(*I. lactea*)^[18]、有髯两季花鸢尾‘常春黄’(*I. germanica* cv. ‘Chang-Chun Huang’)^[19]的研究中, IBA 的效果明显优于 NAA。IBA 能够促进生根, 是因为它可以通过调节植物体内 IAA 氧化酶, 抑制 IAA 氧化, 从而调节植物体内 IAA/ABA 的水平, 在一定范围内二者比值高, 有利于不定根的形成^[20-21]。在德国鸢尾生根影响的研究中, IBA 0.2 mg L⁻¹ 是不定芽生根的最适宜浓度^[22]; 西伯利亚鸢尾不定芽生根的最适 IBA 浓度更高, 为 1.0 mg L⁻¹^[21]; 而六角果鸢尾不定芽生根的 IBA 浓度为 1.5 mg L⁻¹。可以看出, 不同种鸢尾的组培苗生根所要求的 IBA 浓度也是不一样的。此外, 经过 IBA 处理的六角果鸢尾

组培苗根数量、直径、生根率均显著高于对照, 且不同浓度 IBA 处理的根系形态不同, 这是由于 IBA 作为重要的植物生长调节剂, 参与了根的生长、维管束组织的形成和分化过程^[23]。

参考文献

- [1] MOPPER S, WIENS K C, GORANOVA G A. Competition, salinity, and clonal growth in native and introduced irises [J]. *Amer J Bot*, 2016, 103(9): 1575–1581. doi: 10.3732/ajb.1600075.
- [2] HANLEY M E, GOVE T L, CAWTHRAY G R, et al. Differential responses of three coastal grassland species to seawater flooding [J]. *J Plant Ecol*, 2017, 10(2): rtw037. doi: 10.1093/jpe/rtw037.
- [3] LI D Q, ZHANG J, ZHANG J P, et al. Green period characteristics and foliar cold tolerance in 12 *Iris* species and cultivars in the Yangtze Delta, China [J]. *Horttechnology*, 2017, 27(3): 399–407. doi: 10.21273/HORTTECH03692.
- [4] SUNG C J, BELL K L, NICE C C, et al. Integrating Bayesian genomic cline analyses and association mapping of morphological and ecological traits to dissect reproductive isolation and introgression in a Louisiana *Iris* hybrid zone [J/OL]. *Mol Ecol*, 2018. doi: 10.1111/mec.14481.
- [5] XU Y F, WANG W Y, SUN X M, et al. Research advance in *Iris* [J]. *J Anhui Agric Sci*, 2006, 34(24): 6478–6479. doi: 10.13989/j.cnki.0517-6611.2006.24.035.
许玉凤, 王文元, 孙晓梅, 等. 鸢尾属植物的研究概况 [J]. *安徽农业科学*, 2006, 34(24): 6478–6479. doi: 10.13989/j.cnki.0517-6611.2006.24.035.
- [6] DONG Y F, GUO C X, ZHOU Y, et al. Construction of tissue culture system for two *Iris germanica* varieties [J]. *J NW Agric For Univ (Nat Sci)*, 2014, 42(2): 107–112. doi: 10.13207/j.cnki.jnwafu.2014.02.070.
董艳芳, 郭彩霞, 周媛, 等. 2 种德国鸢尾组织培养体系的建立 [J]. *西北农林科技大学学报(自然科学版)*, 2014, 42(2): 107–112. doi: 10.13207/j.cnki.jnwafu.2014.02.070.
- [7] LIAO Q, BAI L, MARHAHA WSMAN, et al. *Iris germanica* L. seedlings breeding technology research [J]. *Xinjiang Agric Sci*, 2017, 54(3): 470–478. doi: 10.6048/j.issn.100-4330.2017.03.011.
廖晴, 白楠, 玛尔哈巴·吾斯满, 等. 德国鸢尾种苗繁殖技术研究 [J]. *新疆农业科学*, 2017, 54(3): 470–478. doi: 10.6048/j.issn.100-4330.2017.03.011.
- [8] GE G M, HOU J S, LIU Z L, et al. Research on *in vitro* propagation of *Iris sibirica* L. shoot tip [J]. *J Henan Agric Sci*, 2013, 42(8): 105–108. doi: 10.15933/j.cnki.1004-3268.2013.08.043.
葛桂民, 侯俊山, 刘宗立, 等. 西伯利亚鸢尾茎尖离体培养快繁技术研究 [J]. *河南农业科学*, 2013, 42(8): 105–108. doi: 10.15933/j.

- cnki.1004-3268.2013.08.043.
- [9] LI L, HANG H, QU Y T, et al. The *in-vitro* rapid propagation research of the *Iris sanguinea* [J]. Territ Nat Resour Study, 2017, 39(5): 90-91. doi: 10.16202/j.cnki.tnrs.2017.05.024.
李黎, 韩辉, 曲彦婷, 等. 溪荪鸢尾离体快繁技术研究 [J]. 国土与自然资源研究, 2017, 39(5): 90-91. doi: 10.16202/j.cnki.tnrs.2017.05.024.
- [10] MENG Z X, GUO S X, YU X M, et al. Effect of plant growth regulator on proliferation of axillary buds of *Anoetochilus roxburghii* [J]. Chin Pharm J, 2008, 42(23): 1777-1780. doi: 10.3321/j.issn:1001-2494.2008.23.005.
孟志霞, 郭顺星, 于雪梅, 等. 植物生长调节剂对福建金线莲丛生芽增殖的影响 [J]. 中国药理学杂志, 2008, 42(23): 1777-1780. doi: 10.3321/j.issn:1001-2494.2008.23.005.
- [11] GAO L, LI H L, YANG B. Effects of basic medium and plant growth regulator combination on multiplication and differentiation of rhizome in *Cymbidium ensifolium* var. *susin* [J]. Subtrop Plant Sci, 2007, 36(4): 13-15. doi: 10.3969/j.issn.1009-7791.2007.04.004.
高丽, 李洪林, 杨波. 基本培养基与生长调节剂组合对素心建兰根状茎增殖和芽分化的影响 [J]. 亚热带植物科学, 2007, 36(4): 13-15. doi: 10.3969/j.issn.1009-7791.2007.04.004.
- [12] THUZAR M, VANAVICHIT A, TRAGOONRUNG S, et al. Efficient and rapid plant regeneration of oil palm zygotic embryos cv. 'Tenara' through somatic embryogenesis [J]. Acta Physiol Plant, 2011, 33(1): 123-128. doi: 10.1007/s11738-010-0526-6.
- [13] ZHANG Q F, YIN X Y, CHU B Y, et al. Regeneration system for mature embryo of bearded irises hybrid seeds [J]. N Hort, 2016, 40(22): 111-116. doi: 10.11937/bfyy.201622028.
张全锋, 尹新彦, 储博彦, 等. 有髯鸢尾杂交种成熟胚培养成苗技术 [J]. 北方园艺, 2016, 40(22): 111-116. doi: 10.11937/bfyy.201622028.
- [14] YAN D K, LIU Z P, LONG X H. Primary culture of *Helianthus tuberosus* plantlet and its adventitious bud induction from callus [J]. J Plant Resour Environ, 2014, 23(4): 108-110. doi: 10.3969/j.issn.1674-7895.2014.04.17.
严德凯, 刘兆普, 隆小华. 菊芋试管苗的初代培养及愈伤组织不定芽诱导 [J]. 植物资源与环境学报, 2014, 23(4): 108-110. doi: 10.3969/j.issn.1674-7895.2014.04.17.
- [15] GU C H, WANG S X, WANG M. *In vitro* culture and germination of three cultivars of *Lagerstroemia indica* L. [J]. J Anhui Agric Sci, 2011, 39(23): 14009-14011. doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2011.23.041.
顾翠花, 王守先, 王敏. 3 个紫薇品种花粉离体培养与萌发研究 [J]. 安徽农业科学, 2011, 39(23): 14009-14011. doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2011.23.041.
- [16] FATTORINI L, FALASCA G, KEVERS C, et al. Adventitious rooting is enhanced by methyl jasmonate in tobacco thin cell layers [J]. Planta, 2009, 231(1): 155-168. doi: 10.1007/s00425-009-1035-y.
- [17] ZHANG X L, LIU W, LU J, et al. Effect of the different inducible factors on rooting of plantlet cultured *in vitro* of *Dioscorea zingiberensis* C. H. Wright [J]. Seed, 2013, 32(2): 114-116. doi: 10.3969/j.issn.1001-4705.2013.02.038.
张晓丽, 刘雯, 芦婕, 等. 不同诱导因子对盾叶薯蓣试管苗生根的影响 [J]. 种子, 2013, 32(2): 114-116. doi: 10.3969/j.issn.1001-4705.2013.02.038.
- [18] MENG L, XIAO K, ZHAO M L, et al. Technological system of tissue culture and rapid propagation of *Iris lactea* Pall. var. *chinensis* (Fisch.) Koidz. [J]. Bull Bot Res, 2009, 29(2): 193-197.
孟林, 肖阔, 赵茂林, 等. 马蔺组织培养快繁技术体系研究 [J]. 植物研究, 2009, 29(2): 193-197.
- [19] WU J H, LI Y H. Study on tissue culture and rapid propagation of *Iris germanica* cv. 'Chang-Chun Huang' spending two seasons with beard [J]. J Anhui Agric Sci, 2010, 38(33): 18671-18672. doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2010.33.019.
吴建华, 李永华. 有髯两季花鸢尾'常春黄'组织培养快繁技术研究 [J]. 安徽农业科学, 2010, 38(33): 18671-18672. doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2010.33.019.
- [20] HAN D W. Effect of IBA on rooting of blueberry seedlings [J]. Jiangsu Agric Sci, 2013, 41(7): 38-40. doi: 10.3969/j.issn.1002-1302.2013.07.012.
韩德伟. IBA 对蓝莓组培苗瓶内生根的影响 [J]. 江苏农业科学, 2013, 41(7): 38-40. doi: 10.3969/j.issn.1002-1302.2013.07.012.
- [21] ZHU J F, LI F, YUAN Y M, et al. Research on tissue culture and rapid propagation of *Iris* [J]. Acta Agric Jiangxi, 2015, 27(5): 25-28. doi: 10.19386/j.cnki.jxnyxb.2015.05.006.
祝剑峰, 李芬, 袁宇明, 等. 鸢尾组织培养快速繁殖技术研究 [J]. 江西农业学报, 2015, 27(5): 25-28. doi: 10.19386/j.cnki.jxnyxb.2015.05.006.
- [22] GAO L B, LIANG C H, DENG Y, et al. Preliminary study on effect of IBA on rooting of *Iris* [J]. Shanghai Agric Sci Technol, 2010, 40(3): 122-123. doi: 10.3969/j.issn.1001-0106.2010.03.085.
郇李彬, 梁晨浩, 邓源, 等. IBA 对鸢尾生根培养的初步研究 [J]. 上海农业科技, 2010, 40(3): 122-123. doi: 10.3969/j.issn.1001-0106.2010.03.085.
- [23] LÜ J, YU J Q. Mechanism of auxin action [J]. Plant Physiol Commun, 2004, 40(5): 624-628.
吕健, 喻景权. 植物生长素的作用机制 [J]. 植物生理学通讯, 2004, 40(5): 624-628.