

马来箬竹的组织培养与快速繁殖

林树燕^{1,3,*}, 赵荣², 郑笑²

南京林业大学¹江苏省南方现代林业协同创新中心, ²生物与环境学院, ³竹类研究所, 南京210037

摘要: 马来箬竹是以修长叶形及优良株形作为观赏性状的重要观赏竹之一。本文以马来箬竹带芽茎段为外植体, 研究植物生长调节剂对其快速繁殖及生根的影响。结果表明: 茎段腋芽萌发的最佳培养基为MS+2.0 mg·L⁻¹ 6-BA+0.5 mg·L⁻¹ NAA+0.001 mg·L⁻¹ TDZ+30.0 g·L⁻¹蔗糖+6.5 g·L⁻¹琼脂, 萌芽率达72.22%; 最佳继代增殖培养基为MS+3.0 mg·L⁻¹ 6-BA+0.5 mg·L⁻¹ NAA+0.01 mg·L⁻¹ TDZ+30.0 g·L⁻¹蔗糖+6.5 g·L⁻¹琼脂, 增殖系数可达3.63; 最佳生根培养基为MS+1.0 mg·L⁻¹ NAA+0.5 mg·L⁻¹ IBA+20.0 g·L⁻¹蔗糖+7.0 g·L⁻¹琼脂, 生根率为100%; 待根生长至5~10 cm时, 将生根组培苗炼苗后盆栽, 30 d后成活率达95.60%。

关键词: 竹类植物; 马来箬竹; 茎段; 快速繁殖

Tissue Culture and Rapid Propagation of *Bambusa glaucophylla*

LIN Shu-Yan^{1,3,*}, ZHAO Rong², ZHENG Xiao²

¹The Southern Modern Forestry Collaborative Innovation Center, ²College of Biology and the Environment, ³Bamboo Research Institute, Nanjing Forestry University, Nanjing 210037, China

Abstract: *Bambusa glaucophylla* is one of the most beautiful ornamental bamboo species, which is famous for its slender leaves and excellent shape. The rapid propagation system and rooting *in vitro* were studied using culm internodes with axillary buds as the explants. The media with different plant growth substances for axillary buds induction, subculture and rooting culture were selected. The results show that the optimal medium for germination of culm axillary bud was MS+2.0 mg·L⁻¹ 6-BA+0.5 mg·L⁻¹ NAA+0.001 mg·L⁻¹ TDZ+30.0 g·L⁻¹ sugar+6.5 g·L⁻¹ agar, with a 72.22% germination rate of axillary buds; the suitable medium for multiplication was MS+3.0 mg·L⁻¹ 6-BA+0.5 mg·L⁻¹ NAA+0.01 mg·L⁻¹ TDZ+30.0 g·L⁻¹ sugar+6.5 g·L⁻¹ agar, and the multiplication coefficient could reach up to 3.63; the optimized medium for rooting was MS+1.0 mg·L⁻¹ NAA+0.5 mg·L⁻¹ IBA+20.0 g·L⁻¹ sugar+7.0 g·L⁻¹ agar, with a 100% rooting rate. The young seedlings with roots of 5–10 cm were transplanted into greenhouse, the survival rate were 95.60% 30 days later.

Keywords: bamboo plants; *Bambusa glaucophylla*; internodes; rapid propagation

竹子以其生长快、一次种植可多年利用、开发前景广阔、健康环保和可持续经营等特点受到农民和政府的重视。随着人们对竹类植物的利用越来越多, 竹类资源的需求量也越来越大。但竹类植物由于其特殊的生物学特性, 花期难以预测, 且多数结实率不高, 种子的获取十分困难, 传统的繁殖方法主要是母竹分株或者利用竹秆、竹枝扦插, 这些方法存在消耗母竹多、种苗运输不方便、劳动强度大、繁殖系数低、花费成本高等问题, 很大程度上制约了竹林资源的有效利用, 难以满足市场对竹类资源数量上和品种上的需求。针对这些问题, 随着对竹类研究的深化, 人们开始研究竹类植物新的繁殖方法, 其中最有效的方法就是通过组织培养获得竹类植物再生植株(刘晓光等2002; 汪奎宏等2002; 张春霞等1999)。

竹子组织培养方面的研究, 最早见于Alexander和Rao (1968)关于竹子合子胚离体培养的简报。国内外比较系统地开展竹子组织培养工作始于20世纪80年代。1982年, Metha等在第5届国际植物组织细胞培养会议上首次报道通过胚性愈伤组织获得印度箬竹(*Bambusa arundinacea*)再生植株。Huang和Murashige (1983)以箬竹属(*Bambusa*)等属的部分竹种生长活跃的侧芽和顶芽的芽尖作外植体, 对诱导愈伤组织产生的条件作了详细研究, 并以凤凰竹(*Bambusa floribunda*)、翠竹(*Sasa*

收稿 2015-09-06 修定 2015-12-12

资助 国家“十二五”科技支撑计划课题(2012BAD23B05)、国家博士后基金项目(2014M560427)和江苏省高校优势学科建设工程资助项目(PAPD)。

* 通讯作者(E-mail: lrx@njfu.com.cn; Tel:025-85427231)。

pygmaea)和人面竹(*Phyllostachys aurea*)的叶片和嫩茎尖作为外植体,诱导出愈伤组织。张光楚等(1993)通过“以芽繁芽”途径实现了麻竹在试管里的离体培养和快速繁殖。阙国宁和诸葛强(1994)用黄竹竹节及无菌苗根茎诱导产生愈伤组织,经悬浮培养建立了分散良好的悬浮细胞系,并经酶解后,成功获得原生质体。陈懿涵等(2008)对花秆绿竹(*Bambusa oldhamii* f. *variegata*)进行了试管快繁研究。袁金玲等(2009)以孝顺竹小穗和种胚为外植体,诱导出胚性愈伤组织并成功实现植株再生。但由于竹类植物特殊的生物学特性,目前通过快繁途径来实现竹类植株的再生方面的报道并不多。

马来箬竹属箬竹属,为著名的观赏竹种。常用于制作盆景及庭院栽培,竹高300~500 cm,直径1~2.5 cm,具有广阔的市场前景。目前,有关马来箬竹的组织快繁研究尚未见报道。本文以马来箬竹枝芽为外植体,通过对培养基中植物生长调节剂配比和用量等方面进行比较,筛选出初代培养、继代增殖、生根等阶段的最佳培养基配方,探索建立高效的马来箬竹“以芽繁芽”再生快繁体系,为规模化、产业化生产马来箬竹的优质种苗提供技术依据。

材料与方 法

1 植物材料

实验材料马来箬竹(*Bambusa glaucophylla* Widdjaja)采自南京林业大学竹类植物温室,2014年3~5月,剪下一年生具饱满侧芽、无病虫害的半木质化枝条作为外植体材料,带回实验室。将枝条剪成小段,每段带有1个秆芽,节上节下各留0.5~1 cm。

2 外植体处理

将剪好的茎段先放在洗洁精水中浸泡20 min,并不断摇动,后用流水冲洗2~3 h。然后,将茎段放置于超净工作台上,设置6种灭菌处理方式,用70%乙醇和0.1%的HgCl₂(升汞)溶液对外植体进行消毒,期间用无菌镊子搅动,乙醇处理后用无菌水冲洗3次,升汞处理后用无菌水冲洗5次。通过以上消毒方法处理后,将茎段放在已灭菌的培养皿中,接种到起始培养基MS+3.0 mg·L⁻¹ 6-苄氨基嘌呤(6-BA)上,每个处理接种24个培养瓶,每瓶接种2个外植

体,重复3次。15 d后统计污染率,25 d后统计死亡率、消毒成功率,并确定最佳的灭菌方法。

3 丛生芽诱导和初代培养

带芽茎段采用最佳灭菌方法消毒后,将其接种在含6-BA (1.0、2.0和3.0mg·L⁻¹)、萘乙酸(NAA, 0、0.5和1.0mg·L⁻¹)和噻苯隆(TDZ, 0.001 mg·L⁻¹)组合的诱导丛生芽的MS培养基中,光照条件下培养。每种浓度组合24瓶,每瓶接种2个外植体,重复3次。观察周期为30 d,统计丛生芽的诱导个数,计算腋芽诱导率。

4 丛生芽继代增殖培养

将初代培养诱导出的丛生芽切下后接到含6-BA (1.0、3.0和5.0 mg·L⁻¹)、TDZ (0.005、0.01和0.05 mg·L⁻¹)和NAA (0.5 mg·L⁻¹)的MS培养基中进行继代增殖,培养20 d后统计增殖系数。每个处理接种24瓶,每瓶接种2个芽,重复3次。

5 生根培养

挑选健壮的马来箬竹组培苗转接到生根培养基中,诱导不定根。以MS为基本培养基,选择生长素NAA和吲哚丁酸(IBA)的不同浓度组合,进行马来箬竹组培苗生根培养。每种培养基接种24瓶,每瓶1丛,重复3次。30 d后统计生根率、平均生根数和平均根长。

6 培养条件

以上腋芽诱导及增殖丛生芽的培养基中均添加30 g·L⁻¹蔗糖和6.5 g·L⁻¹琼脂,生根培养基中添加20 g·L⁻¹蔗糖和7 g·L⁻¹琼脂。各培养基pH值均为5.8,121 °C高温灭菌20 min,培养温度(25±1) °C,光照强度30 μmol·m⁻²·s⁻¹,光照时长14 h·d⁻¹。

7 炼苗移栽

将生根培养30 d的200瓶马来箬竹组培苗取下封口膜,将其放置于装有1瓶蒸馏水的塑料袋内,保持袋内空气的相对湿度。炼苗1周后,从培养瓶中用镊子小心取出马来箬竹组培苗,用自来水冲洗干净根部残留的培养基,栽植于含有草炭和蛭石1:1 (V/V)培养基质的营养钵内。营养钵的规格为20 cm×20 cm,置于温室大棚内,并经常喷水保湿。移栽30 d后,观察统计结果。

8 数据统计分析方法

采用Microsoft Excel 2003和SPSS 19.0软件对数据进行处理和差异显著性检验。污染率=接种

外植体污染数/接种外植体总数 $\times 100\%$; 消毒成功率=未污染和未死亡的消毒外植体数/接种外植体总数 $\times 100\%$; 死亡率=接种外植体死亡数/接种外植体总数 $\times 100\%$; 萌发率=萌发外植体数/接种外植体数 $\times 100\%$; 诱导率=无菌外植体的启动数/接种外植体总数 $\times 100\%$; 丛生芽增殖倍数=继代后高度大于0.5 cm的芽苗总数/继代前的芽苗总数; 生根率=生根的外植体数/接种的外植体数 $\times 100\%$ 。

实验结果

1 外植体消毒方法

从表1可以看出, 使用70%乙醇和0.1% HgCl₂对马来箭竹外植体(图1-A)进行消毒处理, 二者对污染率的影响都是随着消毒时间的延长污染率逐渐降低。当升汞灭菌时间为5 min时, 处理1和4的污染率均超过20%, 由于时间较短导致部分病原菌未被杀死, 因而污染率较高, 显著高于其他处理。

当升汞消毒时间为10 min时, 虽然灭菌效果较好, 但同时也对外植体造成了伤害, 消毒成功率仅为62.50%, 明显降低了外植体的成活率。而当用75%乙醇消毒30或45 s、0.1% HgCl₂消毒8 min时, 消毒成功率高, 两者没有显著性差异, 都可以作为马来箭竹外植体消毒的方法。因此, 根据上述分析, 马来箭竹外植体的最佳消毒方法为: 洗洁精水中浸泡20 min \rightarrow 流水冲洗2~3 h \rightarrow 70%乙醇处理30或45 s \rightarrow 无菌水冲洗3次 \rightarrow 0.1% HgCl₂处理8 min \rightarrow 无菌水冲洗5次 \rightarrow 无菌滤纸吸干表面水分。

2 马来箭竹茎段初代培养

将马来箭竹无菌茎段接种在添加不同植物生长调节剂6-BA、NAA和TDZ的培养基中, 在光照条件下培养, 10 d左右腋芽开始萌动, 20 d后丛生芽高度可达2~3 cm(图1-B)。

不同浓度的植物生长调节剂配比均可使马来箭竹无菌茎段萌芽, 但长势上有明显差异。从表2

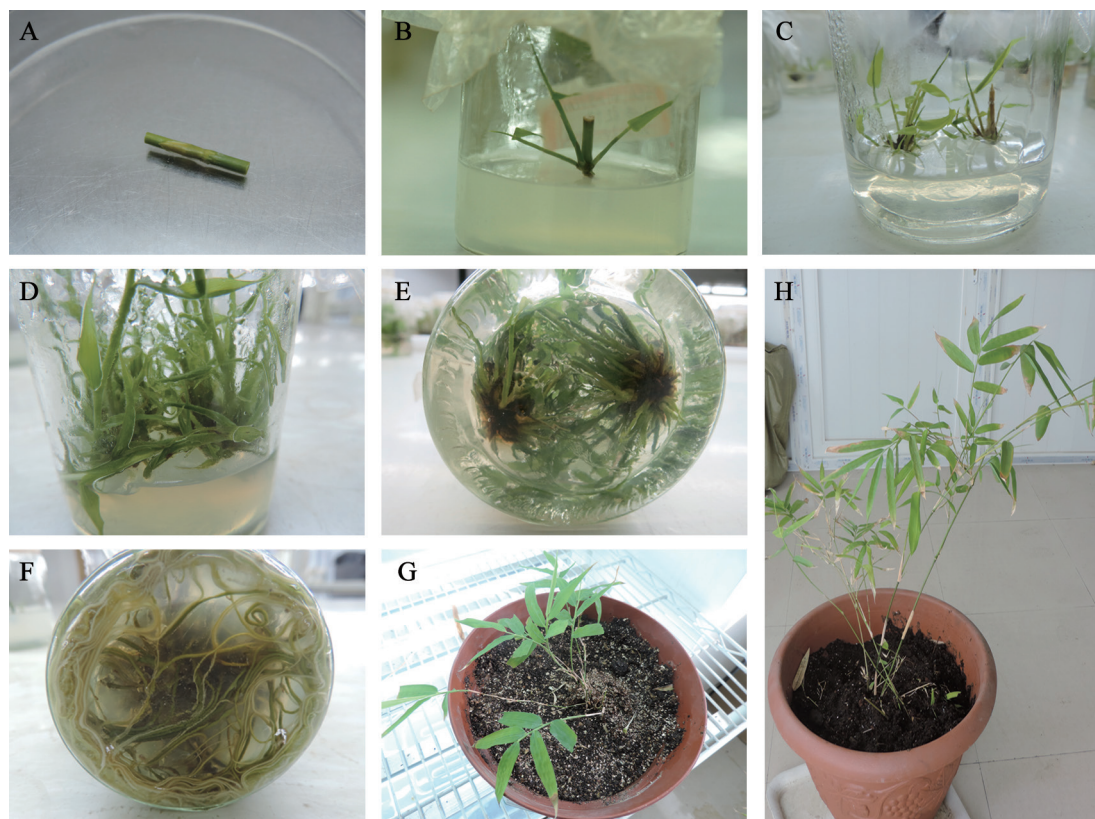


图1 马来箭竹的丛生芽诱导和植株再生

Fig.1 Buds induction and plant regeneration of *B. glaucophylla*

A: 采集的外植体茎段; B: 外植体诱导20 d后产生的初代丛芽; C: 外植体诱导30 d后产生的初代丛芽; D和E: 继代增殖20 d后大量的丛生芽产生; F: 盆栽1年后的组培苗; G: 生根培养20 d, 新生根长可达5~10 cm; H: 盆栽30 d的盆栽苗。

表1 不同消毒剂不同时间处理对外植体灭菌的影响

Table 1 Effects of different disinfection treatments on survival rate of *B. glaucophylla*

编号	处理方法	接种数/个	污染率/%	死亡率/%	消毒成功率/%
1	75%乙醇30 s+0.1% HgCl ₂ 5 min	144	27.78±1.39 ^a	11.11±3.47 ^c	61.11±2.78 ^b
2	75%乙醇30 s+0.1% HgCl ₂ 8 min	144	15.28±2.08 ^b	16.67±1.39 ^b	68.05±3.47 ^a
3	75%乙醇30 s+0.1% HgCl ₂ 10 min	144	16.67±0.65 ^b	20.83±2.11 ^a	62.50±1.56 ^b
4	75%乙醇45 s+0.1% HgCl ₂ 5 min	144	26.39±1.85 ^a	9.72±0.35 ^c	63.89±2.20 ^b
5	75%乙醇45 s+0.1% HgCl ₂ 8 min	144	16.67±1.37 ^b	11.11±2.89 ^c	72.22±1.52 ^a
6	75%乙醇45 s+0.1% HgCl ₂ 10 min	144	13.89±0.93 ^b	22.22±2.08 ^a	63.89±1.15 ^b

表中数据用平均值±标准偏差表示,同一列中不同字母表示数据间差异显著($P<0.05$)。表2~4同。

表2 不同植物生长调节剂对马来箭竹茎段初代培养的影响

Table 2 Effects of different plant growth substances on buds induction of *B. glaucophylla*

培养基编号	植物生长物质浓度/ $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$			诱导率/%	同一外植体萌芽数/个
	6-BA	NAA	TDZ		
1	1.0	0	0.001	62.50±3.02 ^c	1.68±0.21 ^b
2	1.0	0.5	0.001	65.97±2.57 ^c	1.74±0.08 ^b
3	1.0	1.0	0.001	69.44±1.08 ^c	1.97±0.11 ^b
4	2.0	0	0.001	83.54±2.79 ^a	2.98±0.14 ^{ab}
5	2.0	0.5	0.001	86.81±0.93 ^a	3.25±0.25 ^a
6	2.0	1.0	0.001	85.41±1.21 ^a	3.19±0.08 ^a
7	3.0	0	0.001	75.64±2.05 ^b	3.27±0.13 ^a
8	3.0	0.5	0.001	79.86±3.12 ^{ab}	3.45±0.38 ^a
9	3.0	1.0	0.001	76.39±2.31 ^b	3.32±0.25 ^a

可以看出,当6-BA浓度为 $1.0\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 时,诱导率及腋芽萌发数均较低。浓度为 $2.0\sim 3.0\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 时,诱导率及腋芽萌发数均高于低浓度。随着6-BA浓度的增大,虽丛芽诱导率稍下降,但腋芽萌发数增加,说明浓度越高,越有利于从芽增殖。NAA浓度的变化对马来箭竹萌芽数影响不明显。4~6号培养基中,茎段初代培养的诱导率都较高,无显著性差异,但综合外植体萌芽数以及芽的长势等因素,5号培养基($\text{MS}+2.0\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 6-BA+ $0.5\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ NAA+ $0.001\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ TDZ)为最佳初代培养基。

3 继代增殖

将诱导出的初代丛芽(图1-C)接种到增殖培养基上进行继代培养。20 d后可形成丛生芽(图1-D和E)。继代培养过程中,不同的植物生长调节物质种类和浓度影响着增殖系数的变化。

由表3可知,当6-BA浓度一定时,随着TDZ浓度的升高,增殖系数有所增大;但当TDZ浓度为 $0.05\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 时,丛芽增长受到抑制,增殖系数降低。当TDZ浓度一定时,6-BA浓度高时有利于芽

的形成,但当6-BA浓度为 $5\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 时,竹苗生长高度有所降低。在4~9号培养基中,增殖系数间无显著差异,但7~9号与4~6号培养基中生长的竹苗高度存在着显著差异,因此综合增殖系数、苗高以及苗的长势等因素,5号培养基($\text{MS}+3.0\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 6-BA+ $0.5\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ NAA+ $0.01\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ TDZ)为最佳增殖培养基,增殖系数为3.63,苗的生长情况最好。

4 生根培养

将培养的大量丛芽转接到9种生根培养基中进行生根培养,15 d后有不定根产生,30 d后不定根大量产生(图1-F),通过统计分析其生根率、生根数、平均根长来探讨影响马来箭竹生根的因素,结果表明:在仅添加NAA的培养基中,马来箭竹生根率低,根数少,而且根细小;在IBA浓度一定时,随着NAA浓度的增加,每丛苗生根数量增多,根细长;在NAA浓度一定的情况下,随着IBA浓度的增加,马来箭竹生根率升高,生根数也随之增加,且根生长健壮。因此马来箭竹的生根受IBA浓度的

影响较大。但当IBA浓度增高至 $1 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 时,对根的生长也有抑制现象(表4)。故适量IBA与NAA配合使用有利于马来箭竹丛芽生根,而且生根数多,

根生长健壮。综合实验结果,适合马来箭竹组培苗生根的最佳培养基为 $\text{MS}+1.0 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1} \text{ NAA}+0.5 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1} \text{ IBA}$ 。

表3 不同植物生长调节剂浓度对马来箭竹丛生芽继代培养的影响

Table 3 Effects of different plant growth regulators on secondary proliferation culture of *B. glaucophylla*

培养基编号	植物生长物质浓度/ $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$			增殖系数	苗高/cm
	6-BA	TDZ	NAA		
1	1.0	0.005	0.5	2.66 ± 0.40^b	4.69 ± 0.21^c
2	1.0	0.01	0.5	2.60 ± 0.66^b	4.98 ± 0.18^c
3	1.0	0.05	0.5	2.58 ± 0.42^b	4.75 ± 0.23^c
4	3.0	0.005	0.5	3.49 ± 0.71^a	6.33 ± 0.51^a
5	3.0	0.01	0.5	3.63 ± 0.49^a	6.85 ± 0.47^a
6	3.0	0.05	0.5	3.53 ± 0.36^a	6.56 ± 0.33^a
7	5.0	0.005	0.5	3.59 ± 0.51^a	5.67 ± 0.41^b
8	5.0	0.01	0.5	3.71 ± 0.75^a	5.83 ± 0.29^b
9	5.0	0.05	0.5	3.55 ± 0.63^a	5.63 ± 0.35^b

表4 不同植物生长调节剂浓度对马来箭竹生根的影响

Table 4 Effects of different plant growth regulators on rooting culture of *B. glaucophylla*

培养基编号	植物生长物质浓度/ $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$		生根率/%	生根数/条	平均根长/cm
	NAA	IBA			
1	0.5	0	13.81 ± 2.38^c	2.73 ± 1.27^c	2.96 ± 0.87^c
2	0.5	0.5	92.85 ± 2.14^b	7.54 ± 0.56^b	6.15 ± 1.25^a
3	0.5	1.0	85.21 ± 3.02^b	7.28 ± 0.21^b	4.97 ± 1.17^b
4	1.0	0	15.82 ± 2.05^c	3.58 ± 0.73^c	3.01 ± 1.08^c
5	1.0	0.5	100^a	10.00 ± 0.34^a	6.58 ± 0.85^a
6	1.0	1.0	90.49 ± 3.21^b	7.48 ± 1.27^b	5.12 ± 0.78^b
7	2.0	0	21.56 ± 2.45^c	3.79 ± 0.36^c	3.56 ± 1.34^c
8	2.0	0.5	100^a	8.98 ± 0.82^b	6.04 ± 1.15^a
9	2.0	1.0	92.73 ± 2.11^b	7.53 ± 0.96^b	5.17 ± 1.23^b

5 炼苗移栽

待根生长至5~10 cm时,可进行再生苗的炼苗与移栽。将200瓶生根的马来箭竹组培苗炼苗1周后,栽植于含有草炭和蛭石1:1 (V/V)培养基质的营养钵内,进行适当的养护管理,盆栽30 d后马来箭竹幼苗生长健壮(图1-G),其成活率可达95.60%。1年后盆栽组培苗可长至56 cm(图1-H)。

讨 论

在植物组织培养过程中,造成污染的原因很多,其中外植体带菌是培养过程中污染的主要原因之一,以秆芽作为外植体进行组织培养同样如此(张春霞等2010),这是因为竹类植物的秆和枝条

长期暴露于自然环境中,植物体表携带大量的细菌和真菌。竹类植物的表皮细胞具有非常致密的乳突,尘埃及各种菌类的孢子就会嵌着在乳突间的缝隙内。乳突表面有一层蜡质状物质,表皮细胞还具有较厚的角质层,这些都阻碍了消毒液的渗透(王光萍和丁雨龙2002)。而且竹节中空,在消毒的过程中,污水和消毒液会进入竹腔,常常导致消毒不彻底或者产生药害。因此,与其他植物相比,竹子的外植体灭菌较为困难,在培养过程中,容易出现污染现象。所以,培养前对材料的清洗及消毒液种类与消毒时间的选择尤为重要。外植体消毒及获得无菌材料是植物组织培养成功的前提(李泽等2014)。通常,温室栽培的材料比大田栽

培材料更适于进行组织培养。本实验中所用到的外植体材料采自温室盆栽马来箬竹, 温室栽培使其受外界杂菌的侵袭机会少, 污染率低。从室外采回后, 先将外植体用洗洁精浸泡20 min, 流水冲洗2~3 h, 然后用70%乙醇处理30或45 s, 无菌水冲洗3次, 再用0.1% HgCl₂浸泡8 min, 无菌水冲洗5次。通过以上消毒方法处理后的马来箬竹外植体接种后, 无菌率及芽诱导成活率高。

本实验讨论了6-BA、TDZ和NAA的组合对马来箬竹组培快繁的影响, 得到以下结论: 马来箬竹丛生芽增殖最佳培养基为MS+3 mg·L⁻¹ 6-BA+0.5 mg·L⁻¹ NAA+0.01 mg·L⁻¹ TDZ。TDZ具有很高的细胞激动素活性, 并且低浓度的TDZ对植物的生长发育非常敏感, 在植物组织培养中可以通过独立或与其他生长调节物质共同对植物细胞起到诱导和调节植物生长的作用。张铁和万京(2004)与张桂和(1997)对勃氏甜龙竹(*Dendrocalamus brandisii*)和麻竹(*Dendrocalamus latiflorus*)的研究表明, TDZ活性明显优于6-BA, 添加一定浓度的TDZ芽的增殖系数显著增加。在本实验中, 随着TDZ浓度的升高, 增殖系数有所增大, 但当TDZ浓度为0.05 mg·L⁻¹时, 丛生芽增长受到抑制, 增殖系数降低。本实验中最适培养浓度为0.01 mg·L⁻¹。较低质量浓度的6-BA既能在一定程度上促进增殖, 也可以促进芽的伸长生长, 但较高浓度则明显抑制不定芽的形成, 本实验中, 6-BA浓度为5 mg·L⁻¹时, 仍有利于芽的发生, 但竹苗高度有所降低。

在植物快速繁殖中, 培养基中添加一定质量浓度的生长素有利于诱导生根(Huang和Murashige 1983)。在生根培养过程中发现, 除了植物生长物质影响苗的生根率和根的数量外, 苗的老幼程度和温度也影响生根率和根的数量(魏进莉等2015)。马来箬竹生根较容易, 生根率及根的粗细受IBA浓度的影响较大。马来箬竹在添加1 mg·L⁻¹

NAA+0.5 mg·L⁻¹ IBA时, 组培苗生根率最高, 生长最好。

本实验研究了马来箬竹茎秆侧芽的快繁技术, 成功获得完整植株。由于竹子种子很难获得, 而且通过种胚快繁产生幼苗的变异性较大, 优良性状难以保持。因此, 采用变异性小的幼枝节段进行快速繁殖对于竹亚科其他竹种的组织培养研究具有一定参考意义。

参考文献

- 陈懿涵, 桂仁意, 林新春, 杨海芸, 黄丽春(2008). 花秆绿竹试管快速繁殖. 浙江林学院学报, 25 (3): 397~400
- 李泽, 谭晓风, 袁军, 卢锟, 张琳, 林青, 吕佳斌(2014). 油茶良种‘华硕’的组织培养及高效生根. 植物生理学报, 50 (11): 1721~1726
- 刘晓光, 刘海英, 张东远, 李建东, 石文伟(2002). 竹子生物技术育种研究进展. 河北农业大学学报, 25 (S1): 151~155
- 阙国宁, 诸葛强(1994). 黄竹细胞悬浮培养和原生质体分离. 林业科学研究, 7 (1): 44~47
- 王光萍, 丁雨龙(2002). 几种观赏竹种组织培养研究. 竹子研究汇刊, 21 (2): 5~9
- 汪奎宏, 华锡奇, 童晓青(2002). 生物技术在竹类植物上的应用进展与前景. 竹子研究汇刊, 21 (4): 39~42
- 魏进莉, 李丽芳, 于学斌(2015). 紫叶狼尾草的组织培养与快速繁殖. 植物生理学报, 51 (2): 207~211
- 袁金玲, 顾小平, 李潞滨, 岳晋军, 姚娜, 郭广平(2009). 孝顺竹愈伤组织诱导及植株再生. 林业科学, 45 (3): 35~39
- 张春霞, 骆仁祥, 丁兴萃, 白瑞华, 田新立, 李伟成, 吴寿国(2010). 翠竹的组织培养和快速繁殖. 植物生理学通讯, 46 (5): 477~478
- 张春霞, 谢寅峰, 张幼法, 何德汀, 吴蔚文, 李时强(1999). 竹子组织培养研究的进展及应用前景. 竹子研究汇刊, 18 (3): 46~51
- 张光楚, 陈富枢, 王裕霞(1993). 麻竹离体快速繁殖技术的研究. 竹子研究汇刊, 12 (4): 7~15
- 张桂和(1997). 麻竹茎尖培养及离体快繁研究. 海南大学学报自然科学版, 15 (4): 298~303
- 张铁, 万京(2004). 勃氏甜龙竹的组培快繁. 云南民族大学学报(自然科学版), 13 (3): 203~206
- Alexander MP, Rao TCR (1968). *In vitro* culture of bamboo embryos. Cur Sci, 37: 415~417
- Huang LC, Murashige T (1983). Tissue culture investigations of bamboo. I. Callus cultures of *Bambusa*, *Phyllostachys* and *Sasa*. Bot Bull Acad Sin, 24: 31~52