

牡丹‘瓔珞宝珠’不定芽增殖及生根诱导研究

张少伟^{1,2}, 李桂荣³, 周秀梅³, 贾文庆³, 孙振元¹

(1. 中国林业科学研究院 林业研究所, 北京 100091; 2. 河南农业职业学院 园艺园林学院, 郑州 451450; 3. 河南科技学院 园艺园林学院, 河南 新乡 453003)

摘要:以牡丹‘瓔珞宝珠’为材料,对影响其不定芽分化、生根的因素进行了研究,并对根源基的解剖学结构进行了观察.结果表明:在不定芽的增殖培养中,分化较好的培养基为MSB+1.5 mg·L⁻¹6-BA+0.05 mg·L⁻¹NAA,不定芽再生率最高为(90.30±1.56)%,增殖系数最高为5.91±0.20;诱导生根最佳培养基为1/2MSB+3.0 mg·L⁻¹IBA+0.5 mg·L⁻¹NAA+1 g·L⁻¹活性炭(AC),生根率最高达到(75.25±2.43)%,生根量为3.30±0.09,根长度最长达到(1.40±0.11)cm,与其他处理差异显著.牡丹组培苗的不定根属于诱生根原始体型,不定根原始体起源于维管束的形成层细胞,继代次数与生根有相关性.前期4℃低温处理7d培养有利于生根,自然散射光照射下,生根状况最好,根的平均长度为(2.62±0.28)cm,移栽成活率达(85.4±1.13)%.

关键词:牡丹;不定芽;生根

中图分类号:S685.11

文献标志码:A

牡丹(*Paeonia suffruticosa*)是一种名贵的花卉,其花大色艳、雍容华贵、芳香浓郁,而且品种众多,一直是富贵吉祥、繁荣兴旺的象征.目前在市场上,牡丹的需求量日益增加,而牡丹栽培生产中主要以分株繁殖和嫁接繁殖为主,存在繁殖速度慢、苗木质量参差不齐等问题^[1].因此,加快牡丹的繁殖成为主要的研究方向之一,其中牡丹离体繁殖可以加速其良种扩繁,利用该技术快繁牡丹种苗,不受地区、气候的影响,且扩繁速度比常规方法快很多倍^[2],该方法用于牡丹繁殖,不仅能够为市场及时提供大量优质牡丹种苗,加速牡丹优良品种繁育,满足市场需求,另外借助该技术建立牡丹再生体系可以进一步促进利用现代生物技术手段进行牡丹品种改良^[3-4].

牡丹虽然可以借助离体培养技术进行快繁,但是获得的无菌苗却比较难诱导生根,主要原因有两个:一个是酚类物质在生根抑制效应中起重要作用,另一个是肉质根植物生根普遍困难.牡丹组培苗的基部易产生愈伤组织,不定根由此产生.由于根系要通过愈伤组织进行代谢,不定根维管束未与茎维管束相连,因此养分和水分的畅通输导不畅,根长不到0.5cm便停止生长,造成不长侧根,移栽过程中苗木成活率极低,因此生根质量问题已成为牡丹离体培养成功的主要障碍^[5-6].本研究通过分化诱导牡丹‘瓔珞宝珠’不定芽及生根诱导的条件研究,提高牡丹再生率及生根率,同时对牡丹不定根的发生进行解剖学观察,获得了较佳的诱导条件,为牡丹外植体继代培养及其诱导生根提供一定的技术指导.

1 材料与方法

1.1 材料

实验材料取自河南省洛阳国家牡丹资源圃,6年生牡丹品种‘瓔珞宝珠’(图1A).

收稿日期:2017-04-10;修回日期:2017-06-20.

基金项目:河南省国际科技合作计划项目(172102410053)

作者简介:张少伟(1981-),男,河南滑县人,中国林业科学研究院博士研究生,研究方向为园林植物资源评价与应用研究, E-mail: hncaszsw@126.com.

通信作者:孙振元(1964-),男,河北沧州人,中国林业科学研究院研究员,博士生导师,研究方向为园林植物生理生态及分子育种, E-mail: sunzy@263.net.

1.2 方法

1.2.1 不定芽的获取与增殖继代培养

7月上旬采集牡丹中部侧芽,在WPM附加 $2.0\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 6-BA和 $0.2\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ NAA的诱导培养基培养.在 $(22\pm 1)\text{ }^{\circ}\text{C}$ 条件下离体培养35 d后作为继代增殖材料.将不定芽转接到分化培养基上,进行继代培养.分化培养基以MSB(MS基本培养基附加 $0.25\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 硫酸锰和葡萄糖酸钙 $50\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$,下同)为基本培养基,分别添加不同浓度的6-BA和NAA(预试验)组合(表1),共9个处理,每处理重复6次.暗培养4 d后转入光培养,第3次继代后统计不定芽再生率、增殖系数,增殖系数=平均外植体再生芽数/接种芽数.

表1 不同处理对牡丹无菌材料不定芽增殖的影响

植物生长调节剂质量浓度/($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)		不定芽再生率/%	增殖系数
6-BA	NAA		
1.0	0.05	$68.72\pm 0.98\text{c}$	$4.51\pm 0.21\text{c}$
1.0	0.1	$44.23\pm 0.75\text{e}$	$3.34\pm 0.08\text{e}$
1.0	0.2	$33.42\pm 1.70\text{g}$	$2.54\pm 0.05\text{g}$
1.5	0.05	$90.30\pm 1.56\text{a}$	$5.91\pm 0.20\text{a}$
1.5	0.1	$56.50\pm 1.20\text{d}$	$3.81\pm 0.10\text{d}$
1.5	0.2	$38.05\pm 0.36\text{f}$	$3.36\pm 0.16\text{e}$
2.0	0.05	$78.40\pm 0.23\text{b}$	$4.92\pm 0.21\text{b}$
2.0	0.1	$70.43\pm 0.45\text{c}$	$4.48\pm 0.10\text{c}$
2.0	0.2	$45.34\pm 1.02\text{e}$	$3.25\pm 0.94\text{e}$

注:相同小写字母表示差异不显著,不同小写字母表示差异显著($P<0.05$).

1.2.2 不同生根处理诱导牡丹生根

以1/2MSB作为基本培养基并附加 $1\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ 活性炭(AC),选用IBA,NAA和ABT进行诱导生根(见表2),培养40 d后,调查不同处理的生根率、生根个数和根长,根长用游标卡尺进行测量.

表2 不同处理对牡丹外植体诱导生根的影响

植物生长调节剂质量浓度/($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)			生根率/%	生根量/条	根长/cm
IBA	NAA	ABT			
0.0	0.0	0.0	$46.3\pm 0.32\text{f}$	$1.35\pm 0.35\text{f}$	$0.83\pm 0.05\text{e}$
2.0	0.5	0.0	$49.31\pm 1.35\text{e}$	$1.54\pm 0.12\text{e}$	$0.82\pm 0.91\text{e}$
2.0	1.0	0.0	$52.22\pm 1.23\text{d}$	$1.85\pm 0.20\text{d}$	$0.93\pm 0.11\text{d}$
2.0	1.5	0.0	$54.40\pm 0.95\text{c}$	$2.32\pm 0.05\text{c}$	$1.02\pm 0.05\text{c}$
3.0	0.5	0.0	$75.25\pm 2.43\text{a}$	$3.30\pm 0.09\text{a}$	$1.22\pm 0.07\text{b}$
3.0	1.0	0.0	$67.87\pm 2.10\text{b}$	$2.60\pm 0.22\text{b}$	$1.25\pm 0.06\text{b}$
3.0	1.5	0.0	$69.25\pm 0.87\text{b}$	$2.65\pm 0.14\text{b}$	$1.24\pm 0.12\text{b}$
4.0	0.5	0.0	$76.30\pm 1.40\text{a}$	$3.26\pm 0.21\text{a}$	$1.40\pm 0.11\text{a}$
4.0	1.0	0.0	$50.69\pm 1.16\text{e}$	$1.52\pm 0.16\text{e}$	$0.82\pm 0.10\text{e}$
4.0	1.5	0.0	$49.56\pm 1.88\text{e}$	$1.53\pm 0.57\text{e}$	$0.83\pm 0.33\text{e}$
0.1	0.0	1.0	$53.54\pm 2.01\text{d}$	$1.89\pm 0.35\text{d}$	$0.92\pm 0.04\text{d}$
0.1	0.0	1.5	$58.22\pm 0.85\text{c}$	$2.37\pm 0.19\text{c}$	$1.01\pm 0.12\text{c}$
0.1	0.0	2.0	$54.11\pm 2.50\text{d}$	$2.36\pm 0.10\text{c}$	$0.99\pm 0.17\text{c}$

注:相同小写字母表示差异不显著,不同小写字母表示差异显著($P<0.05$).

1.2.3 诱导生根前的低温处理

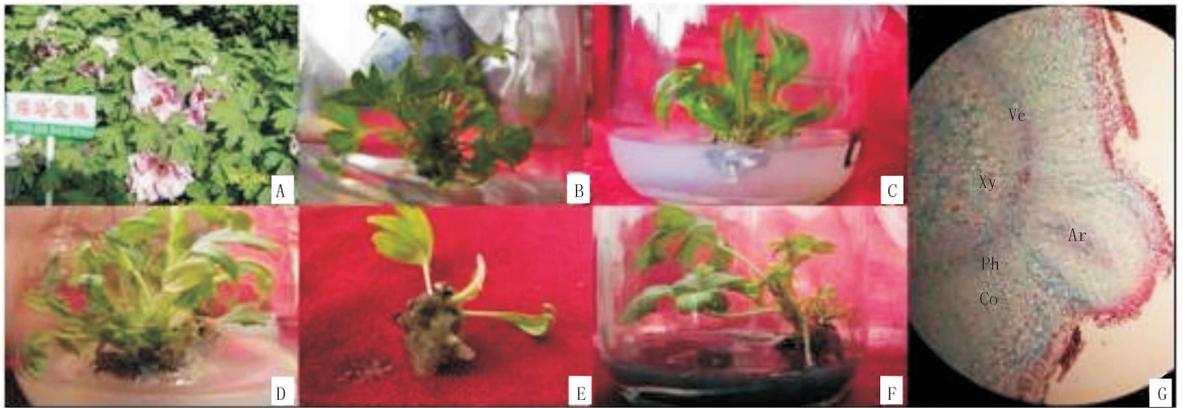
选用第11、12代组培苗作为试验材料.首先将在 $(22\pm 1)\text{ }^{\circ}\text{C}$ 下培养的高约3 cm的不定芽切成若干单芽后,分别置于3个低温($4\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $8\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $12\text{ }^{\circ}\text{C}$)条件下,对照温度为 $(22\pm 1)\text{ }^{\circ}\text{C}$,进行7 d和14 d处理.然后接入1/

2MSB 培养基上诱导生根, 1/2MSB 为该试验的生根诱导培养基, 待不定根诱导培养 25 d 后, 接着将其转至添加活性炭的 1/2 MSB 培养基中, 加速不定根的伸长生长. 当无菌苗的不定根生长 30 d 后, 观察根系生长状况, 统计各处理的生根个数、生根率, 并测量根长. 比较生根前不同低温处理对牡丹不定根发生的影响.

1.2.4 不同光照、不同继代次数对生根状况的影响

将已诱导出根原基的无性系第 15 代不定芽, 转接到添加活性炭的 1/2 MSB 不定根伸长生长培养基中, 分别置于 3 种不同光照下: 日光灯、散射光(室内不靠窗位置)、太阳直射光(室内靠窗位置), 研究不同光照条件对牡丹无菌苗生根状况的影响. 不定根伸长生长 30 d 后进行观察统计, 并且统计移栽 1 个月后各处理的移栽成活率. 移栽步骤: 将生根苗转入温室, 强光照(10 000~15 000 lx)闭瓶锻炼 2 周, 开瓶锻炼一周后, 取出试管苗移栽. 移栽基质选用泥炭土与蛭石(体积比 1:1), 移栽后喷 0.1% 多菌灵防病, 并搭小拱棚保湿, 一周后逐渐放风, 直至去掉小拱棚.

选用第 2(图 1B)、5(图 1C)、9(图 1D)代组培苗作为试验材料, 接种到 MSB 基本培养基中, 在 1.2.3 所得最佳方案中进行低温处理后, 接种到 1.2.2 所得最佳生根培养基中进行培养, 处理 45 d 后统计生根率及根系生长状况.



A: 瓔珞宝珠; B: 继代 2 次不定芽; C: 继代 5 次不定芽; D: 继代 9 次不定芽; E: 产生 2 条根; F: 产生 5 条根; G: 不定根解剖学结构. Ar: 不定根; Co: 皮层; Ph: 韧皮部; Pi: 髓; Rp: 根原基; Vc: 微管形成层; Xy: 木质部; Pe: 中柱鞘.

图 1 牡丹再生体系建立及不定根解剖学观察

1.2.5 不定根形态学的显微观察

采用石蜡切片法观察牡丹组培苗不定根发生过程中的组织结构变化. 从生根诱导培养 15 d 后, 切取基部 0.5 cm 左右长的茎段, 用 FAA 固定液固定. 然后经梯度酒精脱水, 包埋, 切成 10 μm 的切片. 番红-固绿染色, 扫描电镜下观察并照相.

1.3 数据统计分析

用 Excel 2007 对数据进行统计, 采用 SPSS 11.0 对数据进行方差分析. 不定芽再生率 = (再生不定芽的外植体数/接种外植体总数) \times 100%; 生根率 = 生根株数/接入总株数 \times 100%; 生根量(条/株) = 总生根数(条)/接种株数(株).

2 结果和分析

2.1 不同处理对牡丹无菌材料不定芽增殖的影响

本试验观察发现, 刚开始转入时增殖系数较低, 经过 2~3 次继代培养, 不定芽的分化数目增多. 从表 1 可以看出, 不同植物生长调节剂对侧芽不定芽再生的影响差异很大. 分化较好的培养基为 MSB+6-BA 1.5 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ +NAA 0.05 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$, 不定芽再生率最高为(90.30 \pm 1.56)%, 增殖系数为 5.91 \pm 0.20, 与其他处理相比差异显著, 用此配方继代培养, 分化不定芽数量最多, 且组培苗长势健壮, 颜色浓绿, 基部有如花生米大小的黄绿色愈伤组织(图 1, A). 增值率最低的培养基为 MSB+6-BA 1.0 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ +NAA 0.2 $\text{mg} \cdot$

L^{-1} ,再生率仅为 $(33.42 \pm 1.70)\%$,增值系数为 2.54 ± 0.05 .

当6-BA与NAA比值为5时,不定芽再生率较低,为 $(33.42 \pm 1.70)\%$,增值系数也较低,为 2.54 ± 0.05 ;随着比值的增加,不定芽再生率增加,当两者比值为30时,不定芽再生率较高,可达 $(90.30 \pm 1.56)\%$,增值系数达 5.91 ± 0.20 .然后随着比值的进一步增加,不定芽再生率开始下降,为 $(78.40 \pm 0.23)\%$,增值系数为 4.92 ± 0.21 .

2.2 不同处理对牡丹外植体诱导生根的影响

由表2可知:对照生根率最低,仅为 $(46.3 \pm 0.32)\%$,生根量仅为 1.35 ± 0.35 ,根较短,长度为 (0.83 ± 0.05) cm.当IBA浓度为 $3 \text{ mg} \cdot L^{-1}$ 时,随着NAA浓度的提高生根率降低,苗基部愈伤组织增大;当NAA浓度超过 $1.0 \text{ mg} \cdot L^{-1}$,愈伤组织增大明显,观察发现,在此情况下不定根不是从茎皮层长出,而是从愈伤组织中形成,愈伤组织大且硬(图1,E),不利于田间移栽.当NAA浓度均为 $0.5 \text{ mg} \cdot L^{-1}$ 时,随IBA浓度的增加,生根率和生根量随之提高,根长度也增加.当IBA浓度为 $3.0 \text{ mg} \cdot L^{-1}$ 和 $4.0 \text{ mg} \cdot L^{-1}$,生根率均较高,分别是 $(75.25 \pm 2.43)\%$ 和 $(76.30 \pm 1.40)\%$,生根量分别是 3.30 ± 0.09 和 3.26 ± 0.21 ,差异均不显著,而当IBA浓度为 $3.0 \text{ mg} \cdot L^{-1}$ 时,根长度最长,达到 (1.40 ± 0.11) cm,与其他处理差异显著.因此,IBA与NAA配合使用牡丹外植体生根影响较大.当IBA浓度为 $3.0 \text{ mg} \cdot L^{-1}$,NAA浓度为 $0.5 \text{ mg} \cdot L^{-1}$ 时,生根率较高,生根量最多,观察也发现组培苗长势健壮,因此 $1/2\text{MSB}+3.0 \text{ mg} \cdot L^{-1}\text{IBA}+0.5 \text{ mg} \cdot L^{-1}\text{NAA}+1 \text{ g} \cdot L^{-1}$ 活性炭为牡丹生根最佳培养基.

2.3 诱导生根前低温处理对牡丹外植体生根状况的影响

见表3,待生根的牡丹不定芽分别在 4°C 、 8°C 、 12°C 处理7d和14d后,转接入生根培养基中于 22°C 培养45d,结果表明: 4°C 处理7d和14d后的生根率显著大于对照及其他处理,分别为 $(77.50 \pm 1.23)\%$ 和 $(78.48 \pm 1.59)\%$; 4°C 处理7d的生根量均显著高于其他处理,为 (5.40 ± 0.21) cm,根长最长,达到 (1.56 ± 0.05) cm与 4°C 处理14d后根长度差异不显著,与其他处理差异显著.对照 22°C 生根率、生根量及根长都最弱.另外 4°C 处理7d与 4°C 处理14d后的生根率和根长虽无显著差异,但是 4°C 处理14d后,观察发现组培苗黄化严重,有死叶现象.因此,诱导生根前低温处理中 4°C 处理7d是较优方案处理.

表3 诱导生根前低温处理对牡丹外植体生根状况的影响

处理温度/ $^\circ\text{C}$	t/d	生根率/ $\%$	生根量/条	根长/cm
22	—	$44.34 \pm 1.20\text{d}$	$3.15 \pm 0.21\text{f}$	$0.95 \pm 0.05\text{d}$
4	7	$77.50 \pm 1.23\text{a}$	$5.40 \pm 0.21\text{a}$	$1.56 \pm 0.05\text{a}$
8	7	$51.41 \pm 1.20\text{c}$	$4.34 \pm 0.12\text{d}$	$1.24 \pm 0.06\text{b}$
12	7	$45.34 \pm 2.13\text{d}$	$4.23 \pm 0.24\text{d}$	$1.30 \pm 0.10\text{b}$
4	14	$78.48 \pm 1.59\text{a}$	$5.04 \pm 0.12\text{b}$	$1.45 \pm 0.11\text{a}$
8	14	$66.54 \pm 0.93\text{b}$	$4.61 \pm 0.15\text{c}$	$1.20 \pm 0.09\text{b}$
12	14	$46.73 \pm 1.70\text{d}$	$4.10 \pm 0.08\text{e}$	$1.12 \pm 0.04\text{c}$

注:相同小写字母表示差异不显著,不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$).

2.4 不同光照处理对牡丹外植体诱导生根的影响

将处于不定根伸长阶段的牡丹不定芽置于不同光照下培养,2个月后进行统计,见表4,结果表明:自然散射光照射下,生根状况最好,根的平均长度为 (2.62 ± 0.28) cm,移栽成活率达 $(85.4 \pm 1.13)\%$;在太阳直射光下,根的平均长度为 (2.13 ± 0.09) cm,移栽成活率为 $(78.3 \pm 0.97)\%$;而在日光灯下,根的平均长度为 (1.79 ± 0.56) cm,移栽成活率仅为 $(48.5 \pm 1.06)\%$,与自然散射光下相比差异显著,因此,将处于不定根伸长时期的牡丹‘瓔珞宝珠’不定芽置于散射光照下可提高移栽成活率.

2.5 不定根发生的形态观察

从图1可以看出,随着继代次数的增加,牡丹试管苗的叶片增多增大,苗木高度、生根率、单株根量增加.到第5代时,试管苗每株叶片为5.6片、高度达3.6cm、单株根数达5条以上(图1).

对牡丹组培苗未生根前进行解剖观察,在木质部、韧皮部和皮层中,未发现潜在根原基存在.从图1可以看出,牡丹不定根起源于维管束形成层细胞,在维管束处形成根原基,进行平周分裂增加细胞层数,并向各个

方向分裂,形成球形细胞团,该细胞团继续分裂分化形成根原基轮廓.此后由于不定根的顶端分生组织细胞不断分裂、生长、发育,使根端穿过茎皮层伸向体外,同时位于不定根根尖后端的细胞从外向内逐渐分化形成根的维管系统,最终与茎的维管系统相连(图 1G).

表 4 不同光照处理对牡丹外植体诱导生根的影响

光照	根长/cm	移栽成活率/%
日光灯	1.79±0.56c	48.5±1.06c
散射光	2.62±0.28a	85.4±1.13a
太阳直射光	2.13±0.09b	78.3±0.97b

注:相同小写字母表示差异不显著,不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$).

3 讨论

在牡丹‘瓔珞宝珠’不定芽增殖培养基试验中,发现 6-BA 与 NAA 组合使用比单一使用 6-BA 的培养基的外植体不定芽再生率较高,外植体再生芽数较多.牡丹‘魏紫’不定芽增殖最适合培养基为:6-BA $2.5 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ + NAA $0.2 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$,牡丹‘乌龙捧胜’6-BA $3.0 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ + IAA $0.2 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$,而适合牡丹‘瓔珞宝珠’不定芽再生的最佳激素组合为 6-BA $1.5 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ + NAA $0.05 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$.可见,牡丹不定芽增殖所需培养基的植物生长调节剂因品种而异^[6-8].

牡丹离体培养获得无菌苗后,再诱导产生不定根比较难,是目前牡丹工厂化育苗的主要困难之一.离体培养过程中不定根的发生主要与植物本身及其生理状态,还有离体培养的条件如培养基种类、培养基中添加的植物激素种类和浓度、培养的环境条件如温度、光照等因素有关^[9].培养基的成分和植物激素的种类等都会对不定根的获得产生一定影响,但起决定作用的主要是植物激素,很多研究发现在离体培养下,植物材料根原基发生阶段,IAA 可作为基因活化剂,促进早期根原基的形成^[10-11].本试验发现,IBA 促生根的效果高于 ABT,牡丹‘瓔珞宝珠’试管苗诱导生根的培养基中附加 IBA $3.0 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 和 NAA $0.2 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 诱导的生根率高、生根数多,而且愈伤组织少,诱导生根效果佳.另外,有研究表明,适当低温处理可提高离体培养外植体的生根率^[4].本研究表明,4℃处理 7 d 后,牡丹‘瓔珞宝珠’不定芽不定根的发生能力最好且根系丰富,而低温暗处理时间不宜过长,否则会使试管苗愈伤组织增多,出现黄化、落叶甚至顶梢枯死、不定根由愈伤组织上产生等现象.在根伸长过程中,散射光有利于不定根的伸长生长,并且有助于试管苗的移栽成活,可能是由于散射光增加了侧向光照,提高了空间有效辐射的利用率;而太阳直射光由于光照强度过大,不利于牡丹不定根的伸长生长.有关研究表明,组培苗的继代次数与生根状况存在相关性,继代次数越多不定根形成越容易^[12-14].本试验结果也表明随着组培苗继代次数的增加,不定根生根数、生根率均有增加.

参 考 文 献

- [1] 王莲英.中国牡丹品种图志[M].北京:中国林业出版社,1997:24-27.
- [2] 李明军,张嘉宝,刘萍.怀地黄离体培养再生植株及其生长调控[J].河南师范大学学报(自然科学版),1996,24(4):60-63.
- [3] 毛红俊,孔祥生,张妙霞,郜旭芳,孟倩.牡丹子叶离体再生体系研究[J].生物学通报,2011,46(03):43-46.
- [4] Bouza L. Requirements for in vitro rooting of *P. suffruticosa* Andr. Cv. ‘Mme devatry’ [J]. Scientia Horticulture, 1994, 58(3): 223-233.
- [5] 王军娥,巩振辉,李新风.牡丹愈伤组织诱导与分化技术的优化研究[J].西北农业学报,2008,17(05):282-286.
- [6] 黄晖.细叶野牡丹再生与快繁体系建立研究[D].福州:福建农林大学,2012.
- [7] 张改娜,张利娟,崔碧霄,等.‘凤丹白’牡丹不定芽的诱导和生根研究[J].生物学通报,2012,47(04):46-48.
- [8] 刘会超,贾文庆.应用侧芽平切刻伤方法建立牡丹植株再生体系[J].园艺学报,2010,37(09):1471-1476.
- [9] 朱向涛,王雁,吴倩,等.江南牡丹茎段愈伤组织诱导与植株再生[J].核农学报,2015,29(01):56-62.
- [10] 祝遵凌,钱燕萍,金建邦,等.欧洲鹅耳枥试管苗生根培养及其生理生化反应[J].福建农林大学学报(自然科学版),2017,46(01):43-49.
- [11] 路淑霞,涂荣涛,周春娥,等.怀地黄 85-5 叶片愈伤组织快速诱导和植株再生的研究[J].河南师范大学学报(自然科学版),2007,35(4):147-149.

Effects of Trace Element Iron on the Growth of Three Kinds of Bloom-forming Algae

Ma Jianmin, Wang Jieyu, Zhang Chan, Zhao Shanshan, Chu Yifan, Jiang Xiaoyu

(College of Life Sciences, Henan Normal University, Xinxiang 453007, China)

Abstract: At present study, *Microcystis aeruginosa*, *Chlorella vulgaris* and *Cyclotella* sp. was cultured at the certain laboratory conditions [temperature of 25 °C, illumination intensity of 2500 lx, light:dark of 14 h : 10 h] to study the effects of iron on the growth of three kinds of bloom-forming algae. The results showed that the trace element iron had significant impact on the growth of three kinds of bloom-forming algae with other nutrient rich. In the medium culture period, the higher iron concentration promoted the cell density and chlorophyll a content of three kinds of algae; After cultured 20 days, when the iron concentration of the medium was consumed as low as 0.19—0.24, 0.22—0.47 and 0.15—0.16 mg · L⁻¹ respectively, the cell proliferation of *Microcystis aeruginosa*, *Chlorella vulgaris* and *Cyclotella* sp. was slow. Therefore, effective regulation of the iron concentration can also affect the growth of algae in the natural water.

Keywords: iron concentration; *Microcystis aeruginosa*; *Chlorella vulgaris*; *Cyclotella* sp.; cell density; chlorophyll-a content

[责任编辑 王凤产]

(上接第 48 页)

[12] 秦磊. 牡丹分生结节诱导、发生与发育及细胞组织学观察[D]. 北京:北京林业大学, 2012.

[13] BRUKIHN V B, BATYGINA T B. Embryo culture and somatic embryogeneses in culture of *Paeonia anomala* [J]. Phytomorphology, 1994, 44(34): 151-157.

[14] 贾永芳, 王玉坤, 郭余龙, 等. 安祖花组织培养研究[J]. 河南师范大学学报(自然科学版), 2007, 35(1): 164-166.

Adventitious Bud Multiplication and Rooting Induction of *Paeonia suffruticosa* 'yingzhubao'

Zhang Shaowei^{1,2}, Li Guirong³, Zhou Xiumei³, Jia Wenqing³, Sun Zhenyuan¹

(1. Research Institute of Forestry, Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091, China;

2. School of Horticulture Landscape Architecture, Henan Vocational College of Agriculture, Zhengzhou 451450, China;

3. School of Horticulture Landscape Architecture, Henan Institute of Science and Technology, Xinxiang 453003, China)

Abstract: 'yingluobaozhu' peony (*Paeonia suffruticosa*) was used as material in this study. The factors of affecting the adventitious bud differentiation and rooting were studied, and the anatomical structure of root primordium was observed. The results showed that the better medium for adventitious buds differentiation was MSB+6-BA 1.5 mg · L⁻¹+NAA 0.05 mg · L⁻¹. The highest adventitious buds regeneration rate was (90.30 ± 1.56)%, and the highest proliferation coefficient was 5.91 ± 0.20. The best rooting medium was 1/2MSB+ IBA 3.0 mg · L⁻¹+ NAA 0.5 mg · L⁻¹+ 1 g · L⁻¹ activated carbon (AC), in which peony's rooting rate was (75.25 ± 2.43)%, its rooting amount is 3.30 ± 0.09 and its longest root length reached (1.40 ± 0.11) cm. This was significantly different from other treatments ($P < 0.05$). The adventitious roots of peony *suffruticosa* tissue culture seedlings belonged to the induced root of original shape. Adventitious roots primitive body originated in the vascular cambium cells, the number of secondary culture was correlated with rooting. The 4°C treatment for 7 d was beneficial to rooting early, and the root grew best in the natural light scattering. Its average length of root was (2.62 ± 0.28) cm, and the survival rate of transplanting was (85.4 ± 1.13)%.

Keywords: *Paeonia suffruticosa*; adventitious bud; rooting

[责任编辑 王凤产]