

火焰南天竹茎段离体培养再生体系的优化

叶雯¹, 袁超群¹, 秦伟², 王振涛¹, 朱玉球¹

(1. 浙江农林大学 亚热带森林培育国家重点实验室, 浙江 杭州 311300; 2. 嘉兴中瑞生物科技有限公司, 浙江 嘉兴 314051)

摘要:【目的】进行离体培养关键因子优化, 以满足火焰南天竹 *Nandina domestica* ‘Firepower’ 的规模化生产。【方法】以火焰南天竹茎段为外植体, 通过对影响不定芽诱导、增殖生长和生根的基本培养基、6-苄基腺嘌呤(6-BA)和萘乙酸(NAA)不同质量浓度配比、白砂糖质量浓度及 pH 值等关键因子的研究, 优化火焰南天竹茎段离体培养再生体系。【结果】WPM + 0.50 mg·L⁻¹ 6-BA + 0.10 mg·L⁻¹ NAA 为火焰南天竹不定芽诱导的理想培养基, 不定芽诱导率为 93.8%, 且生长健壮; WPM + 0.75 mg·L⁻¹ 6-BA + 0.10 mg·L⁻¹ NAA 为不定芽增殖培养基, 增殖倍数 3.3, 新芽鲜绿色、生长良好; 1/2WPM + 0.50 mg·L⁻¹ NAA+白砂糖 30.0 g·L⁻¹(pH 6.0) 为生根培养基, 生根率达 95.0%。【结论】本研究建立的火焰南天竹的离体培养再生体系可为其大规模生产提供技术支持。图 2 表 6 参 12

关键词: 火焰南天竹; 组织培养; 基本培养基; 植物生长调节剂

中图分类号: S604

文献标志码: A

文章编号: 2095-0756(2020)02-0391-06

Optimization of regeneration system of stem segments of *Nandina domestica* ‘Firepower’ in vitro culture

YE Wen¹, YUAN Chaoqun¹, QIN Wei², WANG Zhentao¹, ZHU Yuqiu¹

(1. State Key Laboratory of Subtropical Silviculture, Zhejiang A&F University, Hangzhou 311300, Zhejiang, China;

2. Jiaxing Zhongrui Biological Technology Co., Ltd, Jiaxing 314051, Zhejiang, China)

Abstract: [Objective] To realize the large-scale production of *Nandina domestica* ‘Firepower’, this research is focused on the optimization of the regeneration system of the stem segments of ‘Firepower’ in vitro. [Method] With stem segments of ‘Firepower’ as the explant, a study is conducted of the key factors such as the basic medium, 6-BA and NAA concentration, sugar concentration and pH that affect the adventitious bud induction, proliferation and rooting. [Result](1) The ideal medium for adventitious bud induction was WPM+0.50 mg·L⁻¹ 6-BA+0.10 mg·L⁻¹ NAA, with an induction rate of adventitious bud of 93.8%, and a robust growth rate; (2) The medium for adventitious bud multiplication was WPM+0.75 mg·L⁻¹ 6-BA+0.10 mg·L⁻¹ NAA, with a proliferation coefficient of 3.3 and favorable growth of the new bud; (3) The rooting medium was 1/2 WPM+0.50 mg·L⁻¹ NAA + white sugar 30.0 g·L⁻¹(pH 6.0), with a rooting rate of 95.0%. [Conclusion] The regeneration system of the stem segments of ‘Firepower’ in vitro that has been optimized in the current study will provide reliable technical support for large-scale production of ‘Firepower’. [Ch, 2 fig. 6 tab. 12 ref.]

Key words: *Nandina domestica* ‘Firepower’; tissue culture; basic medium; plant growth regulator

火焰南天竹 *Nandina domestica* ‘Firepower’ 为园艺新品种, 植株矮小、株型紧凑, 茎节短, 只有南天竹 *N. domestica* 的 1/10, 叶片呈卵形或者椭圆形, 和南天竹披针形叶存在着明显的区别^[1-4]。当气温下降到 5℃ 以下且昼夜温差超过 10℃ 时, 叶片呈火红色, 经霜不落, 春夏季呈淡绿色, 极具观赏价值与

收稿日期: 2019-04-16; 修回日期: 2019-06-11

基金项目: 嘉兴市科技计划项目(SQ2017000726)

作者简介: 叶雯, 从事观赏植物生物技术研究。E-mail: 1158096037@qq.com。通信作者: 朱玉球, 高级实验师, 从事观赏植物新品种选育和培育技术研究。E-mail: yqzhu@zafu.edu.cn

经济价值,市场需求量大^[1-2]。常采用扦插繁殖,繁殖周期较长,繁殖率极低,并且扦插容易感染病毒,造成品质退化。已有报道利用组织培养技术解决火焰南天竹繁殖数量少、繁殖速度慢、种质易退化等缺点^[3-10],虽然能够通过愈伤组织、茎尖和叶片等作为外植体获得不定芽,但增殖系数相对较低^[6,11]。有些虽然能够大规模生产,培养基配方中使用蔗糖^[12],成本较高,距规模化、产业化生产还有一定的差距。鉴于此,本研究以火焰南天竹不带叶茎段为外植体,进行离体快繁影响关键因子优化,建立适合大规模生产的火焰南天竹茎段离体快速繁殖技术体系,旨在为火焰南天竹种苗高效、快捷和稳定生产提供技术和理论基础。

1 材料与方 法

1.1 试验材料

火焰南天竹由嘉兴中瑞生物科技有限公司提供。选择生长健壮、无病虫害的火焰南天竹优良单株的嫩枝条为外植体。

1.2 试验方法

1.2.1 火焰南天竹芽生长基本培养基筛选 以 1/2MS、WPM、DCR、B5 为基本培养基,分别添加 6-苄基腺嘌呤(6-BA)0.50 mg·L⁻¹, 萘乙酸(NAA)0.20 mg·L⁻¹, 蔗糖 30.0 g·L⁻¹, 卡拉胶 7.0 g·L⁻¹(pH 5.8), 进行芽生长基本培养基筛选。选取长 0.5~1.0 cm 带节茎段,保持极性,接种于不同筛选培养基上,接种茎段 10 个·瓶⁻¹,每种培养基接种 10 瓶,于 1 500~3 000 lx 光照,(25±2)℃培养 40 d 后,观察和统计芽诱导、增殖和生长情况。

1.2.2 不同质量浓度 6-BA 和 NAA 配比对火焰南天竹芽诱导和增殖的影响 选取 1.2.1 筛选的理想基本培养基,添加不同质量浓度 6-BA(0、0.25、0.50、0.75、1.00 mg·L⁻¹)和 NAA(0.10、0.50 mg·L⁻¹)组成 10 种不同配方培养基,以初代培养获得无菌芽苗为试材,剪取带节的茎段,接种在培养基上,接种茎段 10 个·瓶⁻¹,培养条件同 1.2.1。培养 40 d 后,统计芽诱导、增殖情况。

1.2.3 火焰南天竹幼苗的生根培养 ①生根基本培养基的筛选。选取约 3 cm 高的无菌芽苗,分别接种在添加 0.25 mg·L⁻¹ IBA + 0.25 mg·L⁻¹ NAA+30.0 g·L⁻¹ 蔗糖+7.0 g·L⁻¹ 卡拉胶(pH 5.8)的 1/2MS 和 1/2WPM 基本培养基上。接种芽苗 10 株·瓶⁻¹,每种培养基接 10 瓶。②生根最佳 NAA 质量浓度的筛选。选取约 3 cm 高的芽苗分别接种在添加不同质量浓度(0.10、0.30、0.50 mg·L⁻¹)NAA, 30.0 g·L⁻¹ 蔗糖, 7.0 g·L⁻¹ 卡拉胶(pH 5.8)的生根理想基本培养基上,接种芽苗 10 株·瓶⁻¹,每种培养基接 10 瓶。③生根白砂糖质量浓度的筛选。蔗糖是组织培养中最好的碳源,但种苗规模化生产过程中,降低成本是很有必要的,为此研究白砂糖不同质量浓度对火焰南天竹生根的影响。选取约 3 cm 高的芽苗,分别接种于 20.0、30.0、40.0 g·L⁻¹ 白砂糖的生根培养基(pH 5.8)上,以 30.0 g·L⁻¹ 蔗糖为对照。接种芽苗 10 株·瓶⁻¹,每种培养基接 10 瓶。④试管苗生长的最佳 pH 值筛选。将约 3 cm 高的芽苗分别接种于不同 pH 值(5.8、6.0、6.2、6.4、6.6、6.8、7.2、7.6、8.0、8.4、8.8、9.2)的生根培养基上,接种芽苗 10 株·瓶⁻¹,每种培养基接 10 瓶。以上筛选试验培养条件同 1.2.1,培养 30 d 后,统计生根率。

1.2.4 培养条件的筛选 将 0.5~1.0 cm 长带节火焰南天竹茎段接种在前期筛选的芽诱导、增殖和生根的最佳培养基上,接种后分别暗培养 0、5、15 d 后,于 1 500~3 000 lx 光照,时间 12 h·d⁻¹, (25±2)℃下进行芽诱导、芽增殖、生根培养等试验,每处理接种 10 瓶,外植体 10 个·瓶⁻¹,统计其生长情况,筛选出各培养阶段的合适条件。

1.2.5 数据统计与分析 采用 Excell 和 SPSS 17.0 对所得数据进行统计分析和作图。芽诱导率、生根率和芽增殖系数计算公式如下:芽诱导率=出芽外植体数/接种数×100%;生根率=生根外植体数/接种数×100%;芽增殖系数=外植体诱导芽数/外植体接种数。

2 结果与分析

2.1 基本培养基对火焰南天竹芽生长的影响

由表 1 可知:基本培养基对火焰南天竹芽诱导有明显的影 响。DCR 对火焰南天竹的芽诱导效果最好,出芽率高达 96.8%;其次是 WPM 和 1/2MS,芽诱导率分别为 90.2%和 85.0%,而 B5 的芽诱导率只

有 43.2%。因此，选择 DCR 火焰南天竹茎段芽诱导较理想的基本培养基。培养 40 d 后，在 WPM 上，芽的增殖倍数和芽高分别为 3.18 和 1.18 cm，植株生长健壮，叶色绿色，叶片舒展宽大；在 DCR 上芽增殖倍数为 2.05，芽高 0.95 cm，植株生长正常，叶色绿色，但叶小卷曲。而在 1/2MS 和 B5 培养基上，芽的增殖位数仅为 1.52 和 1.06。4 种基本培养基无机盐质量浓度从高到低依次为 B5、1/2MS、DCR、WPM，因此，可以推断低质量浓度无机盐有利于火焰南天竹芽诱导、繁殖和生长。因此，综合芽诱导、增殖和植株生长情况等，选择 WPM 为本试验的理想基本培养基。

表 1 基本培养基对火焰南天竹出芽的影响

Table 1 Effect of basic media on rooting of *N. domestica* 'Firepower'

基本培养基	芽诱导率/%	芽增殖倍数	芽高/cm	生长情况
1/2MS	85.0 ± 1.2 b	1.52 ± 0.04 b	0.76 ± 0.10 b	生长势弱，叶色绿色，叶小而少
WPM	90.2 ± 1.2 a	3.18 ± 0.17 a	1.15 ± 0.09 a	植株健壮，叶色绿色，叶片舒展宽大
DCR	96.8 ± 2.3 a	2.05 ± 0.34 a	0.95 ± 0.06 a	生长正常，叶色绿色，叶小卷曲
B5	43.2 ± 2.4 b	1.06 ± 0.16 b	0.63 ± 0.03 b	生长势弱，叶色发黄，叶小而少

说明：不同字母表示不同处理间差异显著 ($P < 0.05$)

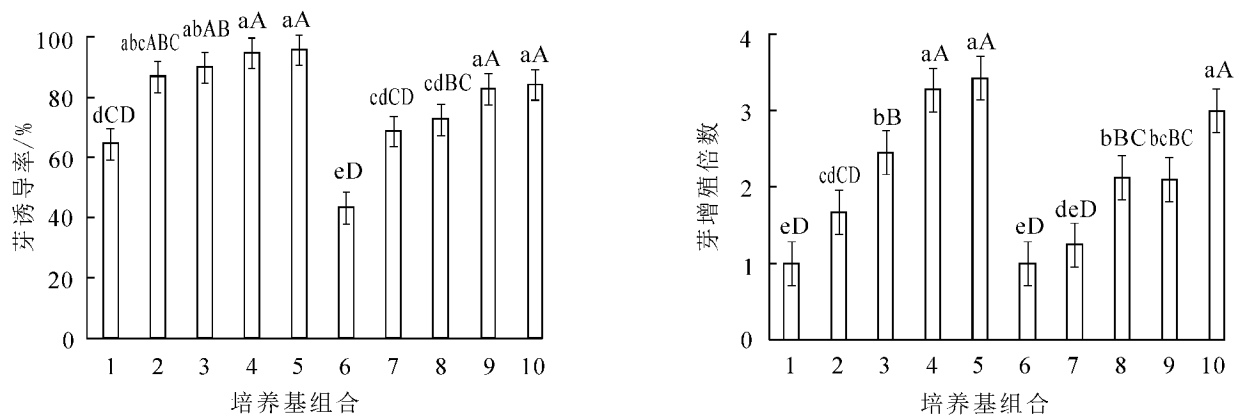
2.2 6-BA 和 NAA 对火焰南天竹芽诱导与芽增殖的影响

由图 1 可见：6-BA 和 NAA 的质量浓度对芽的诱导和增殖影响差异极显著 ($P = 0.000 1$)。当 NAA 质量浓度一定时，随着 6-BA 质量浓度的增加，火焰南天竹的出芽率及芽的增殖倍数呈上升趋势，当 6-BA 达 $1.00 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 时，出芽率及芽的增殖倍数达最高值，但芽生长缓慢，叶小，叶片皱褶卷曲，新生幼叶脆弱，易玻璃化，不利于芽苗的生长。综合分析表明：芽诱导理想培养基为 WPM + $0.50 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 6-BA + $0.10 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ NAA，芽诱导率高达 93.0%；芽增殖的理想培养基为 WPM + $0.75 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 6-BA + $0.10 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ NAA，芽增殖倍数为 3.3，新芽生长良好，叶片舒展宽大，叶色鲜绿(图 2A)。方差分析可知：6-BA 和 NAA 两者互作的差异不显著 ($P = 0.998 1$)。

2.3 火焰南天竹试管苗生根条件的筛选

2.3.1 基本培养基对火焰南天竹试管苗生根的影响 由表 2 可见：基本培养基对火焰南天竹试管苗生根有一定的影响，火焰南天竹在 WPM 上的生根优于 1/2MS 培养基，在 WPM 上的生根率、平均根数分别是 1/2MS 的 3.1 和 2.6 倍，且试管苗生长良好，叶片舒展、鲜绿色。因此，低质量浓度无机盐的 WPM 培养基有利于试管苗生根和生长。

2.3.2 NAA 对火焰南天竹试管苗生根的影响 由表 3 可知：NAA 质量浓度对火焰南天竹芽苗生根影响明显，随着 NAA 质量浓度的增加，试管苗的生根率、平均生根数有明显增加，但对根长的生长影响不



1. $0.10 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ NAA; 2. $0.25 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 6-BA + $0.10 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ NAA; 3. $0.50 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 6-BA + $0.10 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ NAA; 4. $0.75 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 6-BA + $0.10 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ NAA; 5. $1.00 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 6-BA + $0.10 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ NAA; 6. $0.50 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ NAA; 7. $0.25 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 6-BA + $0.50 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ NAA; 8. $0.50 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 6-BA + $0.50 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ NAA; 9. $0.75 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 6-BA + $0.50 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ NAA; 10. $1.00 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 6-BA + $0.50 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ NAA。不同小写字母表示不同组合间差异显著 ($P < 0.05$)，不同大写字母表示不同组合间差异极显著 ($P < 0.01$)

图 1 不同培养基组合对火焰南天竹不定芽诱导率和芽增殖倍数的影响

Figure 1 Effects of different media combinations on adventitious bud induction rate and bud proliferation times of *N. domestica* 'Firepower'

表2 基本培养基对火焰南天竹生根的影响

Table 2 Effect of basic media on rooting of *N. domestica* 'Firepower'

培养基类型	生根率/%	生根数/根	根长/cm	生长情况
1/2WPM	78.0 ± 3.4	4.2 ± 0.2	1.15 ± 0.04	生长良好, 叶色鲜绿, 叶片大而舒展
1/2MS	25.0 ± 4.0	1.6 ± 0.0	0.27 ± 0.04	生长缓慢, 叶色黄绿, 植株矮小

明显。当 NAA 质量浓度达 $0.50 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 时, 试管苗生根率高达 91.0%, 平均根数为 5.4 根, 试管苗生长正常。

表3 NAA 对火焰南天竹生根的影响

Table 3 Effect of NAA on rooting of *N. domestica* 'Firepower'

NAA/($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	生根率/%	根数/(根·株 ⁻¹)	根长/cm	生长情况
0.10	67.0 ± 2.9 b	2.6 ± 0.5 b	1.00 ± 0.23 a	生长缓慢, 植株矮小
0.30	74.0 ± 3.0 b	4.2 ± 1.2 a	1.07 ± 0.20 b	生长正常
0.50	91.0 ± 9.9 a	5.4 ± 0.5 a	0.99 ± 0.17 a	生长正常

说明: 不同字母表示不同处理间差异显著 ($P < 0.05$)

2.3.3 白砂糖浓度对火焰南天竹生根的影响 由表 4 可知: 添加白砂糖 $30.0 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 的培养基中火焰南天竹的生根率可达 90.4%, 平均根数达 5.1 且植株正常, 生长较好, 叶片绿色(图 2B 和 2C), 与添加蔗糖 $30.0 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 的培养基中的生根差异不显著。综合成本和生根情况考虑, 大规模种苗生产过程中, 可用相同质量浓度的白砂糖替代蔗糖作为碳源。

表4 白砂糖质量浓度对火焰南天竹生根的影响

Table 4 Effect of sugar on rooting of *N. domestica* 'Firepower'

种类	质量浓度/($\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$)	生根率/%	根数/(根·株 ⁻¹)	根长/cm	生长情况
白砂糖	20	50.8 ± 3.2 c	1.7 ± 0.2 c	0.66 ± 0.14 b	植株较矮小, 叶色绿色
白砂糖	30	90.4 ± 1.9 a	5.1 ± 0.2 a	1.00 ± 0.14 a	生长较好, 植株正常, 叶色绿色
白砂糖	40	81.6 ± 3.3 b	4.6 ± 0.1 b	0.79 ± 0.02 ab	植株矮小, 叶色黄绿
蔗糖(ck)	30	92.2 ± 2.6 a	5.4 ± 0.2 a	1.09 ± 0.12 a	生长健壮, 植株正常, 叶色鲜绿

说明: 不同字母表示不同处理间差异显著 ($P < 0.05$)

2.3.4 pH 值对火焰南天竹生根的影响 由表 5 可见: pH 为 6.0 时, 生根率达 95.0%, 平均生根数和根长分别为 6.1 根和 1.07 cm, 好于其他 pH 的生根情况。当 $\text{pH} \geq 6.2$ 时, 火焰南天竹生根的各项指标明显下降, 致使植株瘦弱, 生长缓慢甚至停止生长。因此, 火焰南天竹生根培养基的最佳 pH 为 6.0。

表5 pH 值对火焰南天竹生根的影响

Table 5 Effect of pH value on rooting of *N. domestica* 'Firepower'

pH	生根率/%	根数/根	根长/cm	生长情况	pH	生根率/%	根数/根	根长/cm	生长情况
5.8	90.0 ± 1.7 a	5.7 ± 1.4 a	0.87 ± 0.29 a	生长正常	7.2	77.0 ± 2.7 abc	4.2 ± 1.3 ab	0.88 ± 0.16 abc	生长缓慢
6.0	95.0 ± 1.6 a	6.1 ± 0.8 a	1.07 ± 0.18 a	生长较好	7.6	76.0 ± 2.8 abc	3.6 ± 1.1 abc	0.83 ± 0.17 abc	生长缓慢
6.2	79.0 ± 4.4 ab	4.0 ± 0.8 ab	1.03 ± 0.21 ab	生长正常	8.0	74.0 ± 1.5 abc	3.4 ± 1.0 abc	0.72 ± 0.11 abc	生长缓慢
6.4	74.0 ± 1.3 abc	4.0 ± 0.8 ab	0.93 ± 0.21 abc	生长缓慢	8.4	73.0 ± 1.3 abc	3.0 ± 0.8 bc	0.67 ± 0.10 bc	生长缓慢, 植株瘦弱
6.6	75.0 ± 1.8 ab	3.9 ± 1.1 ab	1.00 ± 0.13 ab	生长缓慢	8.8	60.0 ± 2.7 bc	1.7 ± 1.1 bc	0.63 ± 0.07 bc	停止生长, 植株瘦弱
6.8	72.0 ± 1.4 abc	3.6 ± 1.1 abc	0.87 ± 0.21 abc	生长缓慢	9.2	57.0 ± 1.3 c	1.3 ± 1.1 c	0.55 ± 0.07 c	停止生长, 植株瘦弱

说明: 不同字母表示不同处理间差异显著 ($P < 0.05$)

2.4 培养条件对芽诱导、增殖和生根的影响

在火焰南天竹的组培过程中器官的形成所需培养条件不同, 接种后暗培养 5 d 后转为光照培养有利于芽的诱导和增殖; 生根培养条件为接种后在光强 $1\ 500 \sim 3\ 000 \text{ lx}$, 光照时间 $12 \text{ h} \cdot \text{d}^{-1}$, 温度为 $(25 \pm 2) \text{ } ^\circ\text{C}$ 条件下培养(表 6)。

表 6 培养条件对芽诱导、增殖和生根的影响

Table 6 Effect of culture conditions on rooting of *N. domestica* 'Firepower'

芽诱导			芽增殖			生根培养		
暗培养/d	芽诱导率/%	生长情况	暗培养/d	芽诱导率/%	生长情况	暗培养/d	芽诱导率/%	生长情况
0	91.0 ± 0.9 a	生长健壮, 叶绿色	0	3.4 ± 0.2 a	生长正常	0	94.8 ± 2.0 a	3~7 根, 粗壮
5	91.7 ± 2.8 a	生长健壮, 叶绿色	5	3.5 ± 0.2 a	生长正常	5	92.8 ± 1.9 a	3~7 根, 粗壮
15	77.7 ± 4.6 b	生长细弱, 叶黄绿色	15	2.3 ± 0.2 b	生长细弱	15	72.2 ± 2.0 b	1~5 根, 较细

说明: 不同字母表示不同处理间差异显著 ($P < 0.05$)



A. 不定芽诱导和增殖 B. 生根培养(侧面) C. 生根培养(底部)

图 2 火焰南天竹不定芽诱导、增殖和生根培养

Figure 2 Adventitious bud induction, proliferation and rooting culture of *N. domestica* 'Firepower'

3 结论

节间较短, 枝条细弱, 株形矮小, 枝条数量有限, 这些制约了火焰南天竹的分株和扦插繁殖, 使火焰南天竹不能满足市场的需求^[11-12]。为了扩大火焰南天竹的繁殖率, 近年来植物组织培养技术已应用于火焰南天竹的繁殖, 一定程度打破火焰南天竹自然繁殖力低的限制, 加快繁育速度, 但在生长过程中发现基因型和环境条件仍然制约着火焰南天竹扩繁。本研究对影响火焰南天竹组织培养再生体系的关键因子进行了优化。糖是植物组织培养中提供培养物所需要的碳骨架和能源, 是维持培养基稳定的渗透压不可缺少的碳源物质。本研究发现: 30.0 mg·L⁻¹ 白砂糖和蔗糖分别作为碳源的培养效果差异不显著, 因此考虑到成本问题, 规模化生产火焰南天竹时可用白砂糖代替蔗糖。火焰南天竹试管苗生根培养基适宜的 pH 为 5.8~6.0, 尤以 pH 为 6.0 时生长良好, 与李慧^[8]研究结果基本一致, 同邓玉营等^[9]的研究结果稍有出入, 可能是由于所用火焰南天竹的基因型不一致所导致。

本研究以火焰南天竹茎段为材料, 优化了火焰南天竹的组织培养再生体系的影响因素, 优化的体系为: 不定芽诱导理想培养基为 WPM + 0.50 mg·L⁻¹ 6-BA + 0.10 mg·L⁻¹ NAA, 不定芽增殖培养基为 WPM + 0.75 mg·L⁻¹ 6-BA + 0.10 mg·L⁻¹ NAA, 生根培养基为 1/2WPM + 0.50 mg·L⁻¹ NAA+白砂糖 30.0 g·L⁻¹, pH 6.0。

4 参考文献

- [1] 徐慧. 火焰南天竹的观赏性比较[J]. 中国园艺文摘, 2014, 30(9): 36 - 36.
XU Hui. Ornamental comparison of *Nandina domestica* 'Firepower' [J]. *Chin Horticult Abstr*, 2014, 30(9): 36 - 36.
- [2] 喻杰, 沈晓婷. 火焰南天竹的开发应用[J]. 中国园艺文摘, 2009, 25(8): 153 - 153.
YU Jie, SHEN Xiaoting. Development and application of *Nandina domestica* 'Firepower' [J]. *Chin Horticult Abstr*, 2009, 25(8): 153 - 153.
- [3] 蒋泽平, 王福银, 徐招娣, 等. 火焰南天竹离体保存技术研究初报[J]. 江苏林业科技, 2010, 37(3): 6 - 8.
JIANG Zeping, WANG Fuyin, XU Zhaodi, et al. Preliminary study on in vitro preservation technique of *Nandina domestica* 'Firepower' [J]. *J Jiangsu For Sci Technol*, 2010, 37(3): 6 - 8.
- [4] 宋刚, 朱艳. 火焰南天竹的组织培养和规模化生产[J]. 植物生理学通讯, 2010(2): 157 - 158.
SONG Gang, ZHU Yan. Tissue culture and large-scale production of *Nandina domestica* 'Firepower' [J]. *Plant Physi-*

- ol Commun*, 2010(2): 157 – 158.
- [5] 王姗, 王永平, 鲍华鹏. 不同培养基对火焰南天竹增殖与生长的影响[J]. 江苏林业科技, 2014, **41**(1): 17 – 19.
WANG Shan, WANG Yongping, BAO Huapeng. Effect of different basic media on proliferation and growth of *Nandina domestica* ‘Firepower’ [J]. *J Jiangsu For Sci Technol*, 2014, **41**(1): 17 – 19.
- [6] 贾思振, 王媛花, 颜志明, 等. 火焰南天竹叶片不定芽再生研究[J]. 江苏农业科学, 2016, **44**(2): 73 – 75.
JIA Sizhen, WANG Yuanhua, YAN Zhiming, *et al.* Study on adventitious bud regeneration from leaves of *Nandina domestica* ‘Firepower’ [J]. *Jiangsu Agric Sci*, 2016, **44**(2): 73 – 75.
- [7] 杜永芹, 倪林娟, 王玉勤. 耐寒彩叶树种火焰南天竹的快繁技术研究[J]. 上海农业学报, 2004, **20**(4): 1 – 4.
DU Yongqin, NI Linjuan, WANG Yuqin. Study on rapid propagation technology of cold-resistant and red leaf plant *Nandina domestica* ‘Firepower’ [J]. *Acta Agric Shanghai*, 2004, **20**(4): 1 – 4.
- [8] 李慧. 彩叶树种火焰南天竹的离体快繁研究[J]. 江苏农业科学, 2010, **38**(1): 74 – 76.
LI Hui. In vitro rapid propagation of coloured leaf species of *Nandina domestica* ‘Firepower’ [J]. *Jiangsu Agric Sci*, 2010, **38**(1): 74 – 76.
- [9] 邓玉莹, 吕秀立. 火焰南天竹组织培养的研究[J]. 北方园艺, 2010(20): 141 – 143.
DENG Yuying, LÜ Xiuli. Study on tissue culture of *Nandina domestica* ‘Firepower’ [J]. *Northern Hortic*, 2010(20): 141 – 143.
- [10] 沈登锋, 魏斌, 洪春桃, 等. 不同生根促进剂对红叶南天竹扦插生根的影响[J]. 天津农业科学, 2016, **22**(5): 93 – 95.
SHEN Dengfeng, WEI Bin, HONG Chuntao, *et al.* Effects of different rooting accelerators on cultivating cuttage seedling of *Nandina domestica* ‘Hongye’ [J]. *Tianjin Agric Sci*, 2016, **22**(5): 93 – 95.
- [11] 王华宇, 李丽凤, 陈艳, 等. 南天竹两品种的组培快繁技术[J]. 亚热带植物科学, 2014, **43**(3): 255 – 258.
WANG Huayu, LI Lifeng, CHEN Yan, *et al.* Study on rapid propagation in vitro of two cultivars of *Nandina domestica* [J]. *Subtropic Plant Sci*, 2014, **43**(3): 255 – 258.
- [12] 周志疆, 陈明亮, 杨佩娟. 火焰南天竹组织培养体系建立与优化[J]. 中国农业科技导报, 2019, **21**(1): 170 – 174.
ZHOU Zhijiang, CHEN Mingliang, YANG Peijuan. Establishment and optimization of tissue culture system for *Nandina domestica* ‘Firepower’ [J]. *J Agric Sci Technol*, 2019, **21**(1): 170 – 174.