

文章编号:1001—7380(2023)06—0016—05

蕤核种子诱导芽及快速繁殖体系建立

杨 甜¹,何炎红^{1*},贾文宝¹,田 春²,林 涛¹

(1. 内蒙古农业大学林学院,内蒙古 呼和浩特 010019;2. 内蒙古自治区中医医院,内蒙古 呼和浩特 010010)

摘要:以蕤核成熟种子为外植体,对外植体的消毒方法、芽的诱导、增殖培养以及生根培养进行研究,以建立蕤核组织培养快速繁殖体系,使其在短期内大量萌发和快速扩大繁殖。结果表明:蕤核种子在诱导芽时,种皮会阻碍种子萌发,降低其萌发速率并提高感染率,故需要在接种前剥离种皮;75%酒精消毒 30 s 后搭配 0.5%的 NaClO 消毒 15 min 为最佳消毒方案,感染率为 2.6%,萌发率为 97.07%;最适诱导培养基为 MS+1.0 mg/L 6-BA+0.3 mg/L NAA,诱导率为 39.5%;最适继代培养基为 MS+1.0 mg/L 6-BA+0.3 mg/L NAA+0.1 mg/L IBA,增殖系数达到 2.83;最适生根培养基为 1/2 MS+1.0 mg/L IBA+0.3 g/L 活性炭,生根率为 95%;通过种子诱导得到再生植株,成功建立蕤核组织培养快速繁殖体系,为其遗传改良及科学规模化生产提供一定的理论基础和技术支撑。

关键词:蕤核;成熟种子;组织培养;快速繁殖

中图分类号:Q943.1;S793.9

文献标志码:A

doi:10.3969/j.issn.1001-7380.2023.06.003

Establishment of seed-induced bud and rapid micro-propagation system of *Prinsepia uniflora* Batal

Yang Tian¹, He Yanhong^{1*}, Jia Wenbao¹, Tian Chun², Lin Tao¹

(1. Forestry College of Inner Mongolia Agricultural University, Hohhot 010019, China;

2. Inner Mongolia Autonomous Region Hospital of Traditional Chinese Medicine, Hohhot 010010, China)

Abstract: In this experiment, the mature seeds of *Prinsepia uniflora* were used as explants to study the disinfection method, bud induction, proliferation and rooting culture, so as to establish a rapid propagation system. The results showed that the seed coat would hinder the seed germination, reduce the germination rate and increase the infection rate, so it was necessary to peel the seed coat before inoculation. The best disinfection scheme was 75 % alcohol disinfection for 30 s followed by 0.5 % NaClO disinfection for 15 min. The infection rate was 2.6 % and the germination rate was 97.07 %. The optimum induction medium was MS+ 1.0 mg/L 6-BA+0.3 mg/L NAA, and the induction rate was 39.5 %. The optimal subculture medium was MS+1.0 mg/L 6-BA+0.3 mg/L NAA+0.1 mg/L IBA, and the proliferation coefficient reached 2.83. The optimum rooting medium was 1/2 MS+1.0 mg/L IBA+0.3 g/L activated carbon, and the rooting rate could get 95 %. The regeneration plant was obtained by seed induction, and rapid propagation system of *P. uniflora* was successfully established for its genetic improvement and scientific large-scale production.

Key words: *Prinsepia uniflora* Batal.; Mature seed; Tissue culture; Rapid propagation

蕤核(*Prinsepia uniflora* Batal.),别名扁核木,是蔷薇科(Rosaceae)李亚科(Prunoidea)扁核木属(*Prinsepia*)多年生落叶小灌木,高约1—2 m^[1]。主

要生长于向阳低山坡、崖边或山下的稀疏灌丛中和较干旱沙丘上,海拔多在900—1 000 m。分布于山西、陕西、宁夏、河南、甘肃及内蒙古等地^[2]。蕤核

收稿日期:2023-09-10;修回日期:2023-10-23

基金项目:内蒙古自治区项目“特色林果‘蒙杏1号’西伯利亚杏品种示范与推广”(2022YFXZ0024);“寒旱区主栽果树种质创新及新品种选育”(2021GG0034)

作者简介:杨甜(1998—),女,内蒙古巴彦淖尔人,硕士研究生。主要研究方向:森林培育。E-mail:1594273606@qq.com

*通信作者:何炎红(1979—),女,内蒙古呼和浩特人,副教授,博士,硕士生导师。主要研究方向:森林培育理论与技术。E-mail:hyh20012008@imau.edu.cn

作为中国西北干旱、半干旱区的优良造林树种和经济林树种,根系发达、根蘖能力强、抗旱、耐寒且抗病虫害;营养价值丰富,药用价值极高^[3-4]。对于恢复生态以及发展地方经济均具有极大的价值。

目前蕤核主要繁殖方式多为播种繁殖及扦插繁殖,繁殖速率偏慢、周期长且费时费力,而有关其组织培养快速繁殖育苗技术方面的研究鲜见报道^[5-7]。植物组织培养是根据植物细胞“全能性”的原理,在适宜的条件下将离体的植物组织、细胞等植物体部分进行培养,得到所需要的完整植株^[8]。组织培养技术能够在较短的时间内完成植物的繁殖,保持亲本原有的优良品质,防止优良品系的退化。不仅可以获得无病毒苗,还能节约经济成本、节约耕地、提高商品出品率^[9]。故为了更好地开发、利用蕤核资源,更高效、高质地培养蕤核苗木,可通过组织培养技术对蕤核进行繁殖。本文主要从消毒条件的筛选以及激素的选择与配比等方面入手,利用蕤核种子诱导芽进行初代、继代以及生根培养,以此建立蕤核的组织培养体系,以达到保护蕤核种质资源,加速蕤核繁殖的目的,为蕤核组培快速繁殖体系的建立奠定参考依据及理论基础。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验所用种子材料均采自于内蒙古自治区鄂尔多斯市鄂托克前旗敖勒召其镇。

1.2 试验方法

1.2.1 种子预处理与消毒 采用机械方法去除坚硬的种壳,之后将种子在水中浸泡 24 h,放入超净台后用 75%酒精浸泡 30 s 后,用无菌水冲洗 3—4 次,分别使用 0.2%,0.5%,1%,2%,5%的 NaClO 溶液浸泡并摇晃,消毒时间所设置梯度为 5,10,15,20 min,消毒后用无菌水冲洗 5—6 次,剥除种皮,放入 MS+1.0 mg/L 6-BA+0.1 mg/L NAA 培养基内,5—7 d 后观察其生长结果,统计污染率、成活率以及生长状况。

1.2.2 初代培养 将消毒处理后的种子去除种皮,接种至以 MS、1/2 MS、WPM+3%蔗糖+6%琼脂的基

本培养基中进行培养,并选取 6-BA (0.5,1.0,1.5 mg/L)、NAA(0.1,0.2,0.3 mg/L)按照 3 因素 3 水平设计正交试验。每个处理接种 10 瓶,每瓶接 2 枚种子,重复 3 次。接种后每隔 5 d 观察 1 次芽的生长情况,20 d 后统计诱导率。

1.2.3 增殖培养 将初代诱导得到的芽接种至以 MS+3%蔗糖+6%琼脂的基本培养基中,分别添加不同质量浓度的 6-BA (0.5,1.0,1.5 mg/L) 和 NAA (0.1,0.2,0.3 mg/L),IBA(0.1,0.2,0.3 mg/L),按照 3 因素 3 水平设计正交试验,以 15 d 为 1 个继代周期观察嫩芽生长状况及产生丛生芽数,计算增殖系数。

1.2.4 生根培养 待植株生长到 3—5 cm 时,将长势良好的植株转移到 1/2MS+3%蔗糖+0.6%琼脂+0.3 g/L 活性炭的基本培养基中,分别添加不同质量浓度的 IBA(0.5,1.0,1.5 mg/L)、NAA(0.5,1.0,1.5 mg/L)进行生根培养,每组处理设重复 3 次,每次重复接种 10 瓶,每瓶接种外植体 1 个,20 d 后统计生根率、平均生根数、平均根长及平均株高。

1.2.5 培养条件 试验培养条件均为温度(23±2)℃,光照强度 2 000 lx,光照 14 h/d,pH5.75—5.85。

1.3 数据分析

用 Excel 对试验所得数据进行统计,用 SPSS 26.0 软件对数据进行分析处理。

2 结果与分析

2.1 不同处理方式对种子萌发的影响

种子机械破除外种壳后,以 75%酒精 30 s+0.5%NaClO 进行 15 min 的消毒处理,对比剥离种皮和未剥离种皮 2 种处理方式的萌发情况。可以发现剥离种皮的种子萌发率高,感染率低(如图 1b);而未剥离种皮的种子萌发率低,感染率较高且萌发势较差(如图 1d)。因此可以得出结论:蕤核种子在以组织培养的方式诱导芽时,种皮会阻碍种子的萌发,降低其萌发速率并提高感染率,故需要在消毒处理后剥离种皮(见表 1)。

表 1 不同处理方式对蕤核种子萌发的影响

| 处理 | 75%酒精 消毒时间/min | NaClO 消毒 时间/min | 种子处理 方式 | 萌发率/% | 污染率/% | 生长状况 |
|----|-------------------|--------------------|------------|-------|-------|-------------------|
| 1 | 0.5 | 15 | 剥离种皮 | 97.67 | 1.33 | 种子萌发率高,长势良好 |
| 2 | | | 未剥离种皮 | 45 | 54.5 | 种子萌发率低,萌发势低,成活数量少 |

2.2 不同 NaClO 质量分数和消毒时间对种子诱导芽的影响

接种 2 周后观察发现,不同的 NaClO 质量分数梯度,不同的消毒处理时间,萌发率和感染率的情况不同(见表 2),随着 NaClO 质量分数的增长萌发率呈现先升高后降低的趋势,同时感染率呈现先降低后升高的趋势。在 5 个质量分数梯度中,0.5%的 NaClO 处理的种子萌发率高且感染率低,5%的 NaClO 处理下感染率最低但萌发率也最高。在以下 16 组处理中,0.5%NaClO 处理 15 min 时的萌发率最为显著,为 97.07%,感染率最低,为 2.6%,生长状态最好。但当消毒时间达到 20 min 或 NaClO 质量分数过高,则会使大部分种子失去活性,感染率急剧升高,因此在蕈核种子诱导芽的体系建立过程中,使用 75%酒精消毒 30 s 后搭配 0.5%的 NaClO 消毒 15 min 为最佳消毒方案。

表 2 不同 NaClO 质量分数和消毒时间
梯度对种子诱导芽的影响

| 处理 | NaClO/% | 消毒时间/min | 萌发率/% | 污染率/% |
|----|---------|----------|---------------|---------------|
| 1 | 0.2 | 5 | 1.00±0.57 hi | 99.00±0.58 a |
| 2 | | 10 | 8.00±2.31 hi | 89.00±2.89 ab |
| 3 | | 15 | 31.67±2.02 f | 63.33±5.46 e |
| 4 | | 20 | 38.00±0.57 f | 61.00±1.73 e |
| 5 | 0.5 | 5 | 38.20±2.99 f | 15.60±0.97 h |
| 6 | | 10 | 69.97±1.55 bc | 20.80±2.84 h |
| 7 | | 15 | 97.07±1.67 a | 2.60±1.73 i |
| 8 | | 20 | 76.17±1.17 b | 14.70±2.23 h |
| 9 | 1 | 5 | 53.50±3.06 d | 40.90±3.61 fg |
| 10 | | 10 | 66.53±4.57 c | 39.53±4.21 g |
| 11 | | 15 | 46.27±6.41de | 43.43±6.05 fg |
| 12 | | 20 | 39.47±3.32 ef | 50.90±6.49 f |
| 13 | 2 | 5 | 57.20±1.11 b | 17.53±2.72 h |
| 14 | | 10 | 49.23±3.88 d | 38.23±3.55 g |
| 15 | | 15 | 33.57±2.84 f | 45.30±1.85 fg |
| 16 | | 20 | 21.27±1.37 g | 71.93±2.38 de |
| 17 | 5 | 5 | 9.33±1.45 h | 72.53±2.92 de |
| 18 | | 10 | 5.00±0.58 hi | 77.70±2.64 cd |
| 19 | | 15 | 1.33±0.33 h | 87.00±4.56 bc |
| 20 | | 20 | 0.00±0.00 i | 93.67±0.88 ab |

注:同列数据后不同小写字母表示在 0.05 水平上存在显著性差异

2.3 不同激素组合对种子诱导芽的影响

将蕈核种子分别接种于 MS,1/2MS,WPM 的基本培养基上,其中蔗糖 30 g/L,琼脂 6 g/L,pH

5.75—0.85。在基本培养基中加入不同质量浓度的 6-BA,NAA 进行正交试验。种子生长 4—6 d 后种子开始萌芽(如图 2a),7—10 d 新芽逐渐长大(如图 2b),15—20 d 后芽开始长到 1.5—2 cm(如图 2c),40 d 后发现处理 2 的种子诱导率以及生长效果最好(见表 3)。

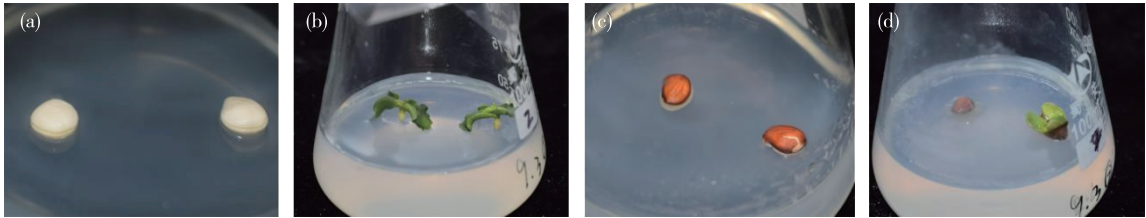
对初代种子诱导芽的数据进行 Duncan 分析(见表 4—6),进一步确定最佳因素水平梯度。在显著($P<0.05$)水平下(见表 4),基本培养基在 A1(MS),A2(1/2MS),A3(WPM)3 水平间存在显著差异。对比均值可知,当使用 A1(MS)培养基时的诱导效果最显著。在显著($P<0.05$)水平下(见表 5),6-BA 在 B2(1.00 mg/L)较 B1(0.50 mg/L),B3(1.50 mg/L)水平间存在显著差异,B1(0.50 mg/L)和 B3(1.50 mg/L)水平间无显著差异,对比均值可知,当 6-BA 在 B2(1.00 mg/L)水平时的诱导效果最显著。在显著($P<0.05$)水平下(见表 6),NAA 在 C1(0.10 mg/L)较 C2(0.20 mg/L),C3(0.30 mg/L)水平间不存在显著差异,对比均值可知,当 NAA 在 C3(0.30 mg/L)水平时的诱导效果较显著。

故可得出结论种子初代诱导阶段最适培养基为 MS+1.0 mg/L 6-BA+0.3 mg/L NAA+0.1 mg/L IBA。

2.4 不同激素组合对诱导芽继代增殖的影响

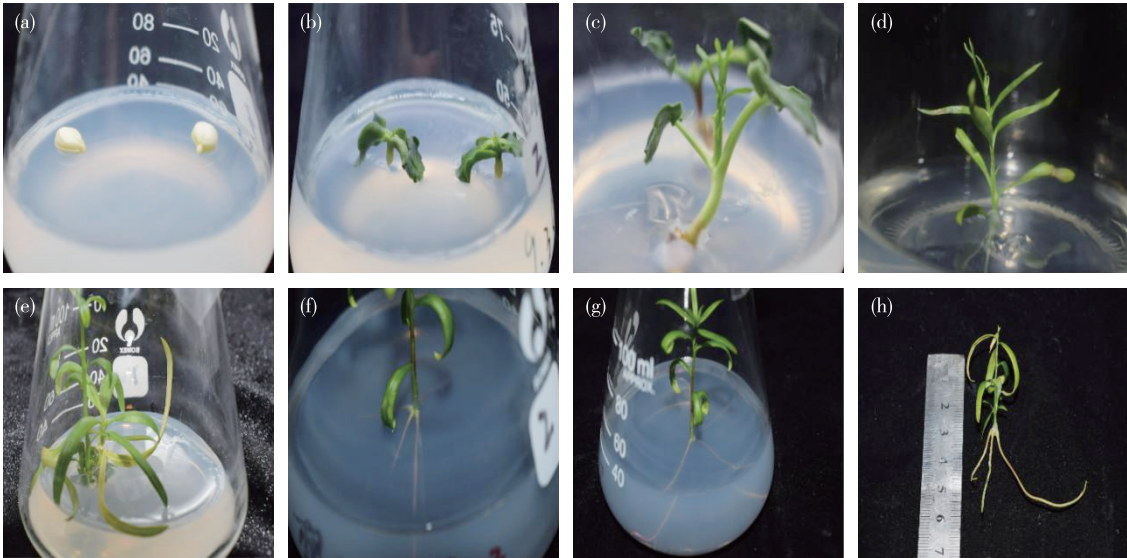
试验使用 MS 为基本培养基,在基本培养基上添加不同质量浓度的 6-BA,NAA 和 IBA 进行正交试验,当蕈核初代组织培养苗长到一定高度时,将其茎分出接种于增殖培养基中(如图 2d),15 d 后观察茎段下部出现愈伤并在生长腋芽的同时产生幼小分株(如图 2e)。

在 9 组处理(见表 7)中,当 IBA 质量浓度不变时,随着 NAA 质量浓度的增加,芽的增殖系数上升,且当 NAA 质量浓度为 0.3 mg/L 时较其他 2 种水平显著;当 IBA 质量浓度增加时,芽的增值系数呈现先上升后下降的趋势,且当 IBA 质量浓度为 0.1 mg/L 时的增殖系数最大;当 6-BA 质量浓度增加时,芽的增值系数呈现先上升后下降的趋势,且当 6-BA 质量浓度为 1.0 mg/L 时的增殖系数最高。综上所述,最适蕈核芽增殖培养基搭配为处理 3:MS+1.0 mg/L 6-BA+0.3 mg/L NAA 0.1 mg/L IBA,增殖系数为 2.83。



注:a:去除种皮接种的初始状态;b:在培养 7—10 d 时子叶变绿且胚根发育伸长呈萌发状态;c:未去除种皮接种的初始状态;d:7 d 后观察结果有完全感染的,也有状态无变化的,也有少量冒白芽的但继续观察后长势慢且极易感染的

图 1 蕤核种子萌发情况



注:a:4—6 d 种子开始萌发; b:8—10 d 种子萌发; c:20 d 后芽开始伸长; d:将新芽接种至增殖培养基; e:15 d 后芽增殖出现丛生芽; f:10 d 生根状态; g:15 d 后生根状态; h:20 d 测量根生长状况

图 2 蕤核种子诱导芽全过程

表 3 不同激素对比对蕤核种子诱导芽的影响

| 处理 | A(基本培养基) | B(6-BA) | C(NAA) | 诱导率/% | 生长情况 |
|----|----------|---------|--------|----------------|-------------|
| 1 | MS | 0.5 | 0.1 | 18.2±0.76 cde | 胚轴较细,长势快 |
| 2 | MS | 1.0 | 0.3 | 39.5±2.08 a | 胚轴壮,长势快且叶绿 |
| 3 | MS | 1.5 | 0.2 | 22.13±1.85 b | 胚轴粗壮,长势慢 |
| 4 | 1/2MS | 0.5 | 0.3 | 12.23±0.62 f | 胚轴细,顶芽慢且小 |
| 5 | 1/2MS | 1.0 | 0.2 | 17.17±0.44 de | 胚轴细,顶芽少矮小 |
| 6 | 1/2MS | 1.5 | 0.1 | 14.6±0.87 ef | 胚轴细,顶芽少 |
| 7 | WPM | 0.5 | 0.2 | 19.97±1.29 bcd | 胚轴较细,顶芽较晚且少 |
| 8 | WPM | 1.0 | 0.1 | 21.03±0.73 bc | 胚轴较细,长势较快 |
| 9 | WPM | 1.5 | 0.3 | 17.6±0.57 cde | 胚轴较壮,顶芽少 |

注:同列数据后不同小写字母表示在 0.05 水平上存在显著性差异

表 4 A 因素(培养基)水平 Duncan 检验

| 水平 | 均值 | 显著性(0.05 水平) |
|-----------|----------|--------------|
| A1(MS) | 24.388 9 | a |
| A2(1/2MS) | 14.666 7 | c |
| A3(WPM) | 19.533 3 | b |

注:不同小写字母表示在 0.05 水平的差异显著性

表 5 B 因素(6-BA)水平 Duncan 检验

| 水平 | 均值 | 显著性(0.05 水平) |
|----------|-------|--------------|
| B1(0.50) | 16.80 | b |
| B2(1.00) | 23.68 | a |
| B3(1.50) | 18.11 | b |

注:不同小写字母表示在 0.05 水平的差异显著性

表 6 C 因素(NAA)水平 Duncan 检验

| 水平 | 均值 | 显著性(0.05 水平) |
|----------|-------|--------------|
| C1(0.10) | 17.94 | a |
| C2(0.20) | 19.76 | a |
| C3(0.30) | 20.89 | a |

注:相同小写字母表示在 0.05 水平的差异不显著。

表 7 不同激素组合对诱导芽继代增殖的影响

| 处理 | 激素质量浓度/(mg/L) | | | 芽增殖 系数 | 芽生长情况 |
|----|---------------|--------|---------|--------------|----------------|
| | A(IBA) | B(NAA) | C(6-BA) | | |
| 1 | 0.1 | 0.1 | 0.5 | 1.53±0.03 c | 基部愈伤多,植株有高等矮 |
| 2 | 0.1 | 0.2 | 1.5 | 2.03±0.09 bc | 基部愈伤少,植株矮小 |
| 3 | 0.1 | 0.3 | 1.0 | 2.83±0.17 a | 基部愈伤少,分枝多、叶绿且高 |
| 4 | 0.2 | 0.1 | 1.5 | 1.77±0.15 bc | 基部有愈伤,植株矮小叶黄 |
| 5 | 0.2 | 0.2 | 1.0 | 2.2±0.12 b | 基部愈伤少,植株高,叶黄 |
| 6 | 0.2 | 0.3 | 0.5 | 2.27±0.18 bc | 基部愈伤多,植株矮小 |
| 7 | 0.4 | 0.1 | 1.0 | 1.83±0.17 bc | 基部愈伤多,植株矮小 |
| 8 | 0.4 | 0.2 | 0.5 | 1.67±0.18 bc | 基部愈伤多,分枝少,叶小 |
| 9 | 0.4 | 0.3 | 1.5 | 1.67±0.33 bc | 基部愈伤多,分枝少,叶小且黄 |

注:同列数据后不同小写字母表示在 0.05 水平上存在显著性差异

利用极差分析对比 A (IBA)、B (NAA)、C (6-BA) 3 种激素的水平梯度对种子诱导芽的影响,分析结果得出 A1 (0.1 mg/L)、B3 (0.3 mg/L)、C2 (1.0 mg/L) 的增殖效果最佳;参照极差值 R 可看出 6-BA 对芽的增殖系数影响最大,其次是 NAA,最后是 IBA (见表 8)。

表 9 不同激素对比对蕈核芽生根的影响

| 处理 | NAA/(mg/L) | IBA/(mg/L) | 生根率/% | 平均生根数 | 平均根长 | 生长情况 |
|----|------------|------------|---------------|-------------|--------------|--------------|
| 1 | 0.5 | 0 | 78.33±3.33 b | 1.33±0.33 b | 3.07±0.49 bc | 根个别粗,叶微黄 |
| 2 | 1 | 0 | 83.33±4.40 ab | 1.5±0.28 b | 3.56±0.53 cd | 根分叉少,叶多且绿 |
| 3 | 1.5 | 0 | 33.00±5.00 c | 2.00±0.57 b | 2.19±0.13 de | 根少且细,叶变化不大 |
| 4 | 0 | 0.5 | 83.00±1.53 ab | 3.67±0.33 a | 4.38±0.14 ab | 根分叉多,较粗,叶黄 |
| 5 | 0 | 1 | 95.00±2.88 a | 4.67±0.33 a | 5.01±0.42 a | 根分叉多且粗壮,叶多且绿 |
| 6 | 0 | 1.5 | 35.33±6.00 c | 2.00±0.57 b | 1.87±0.19 f | 根少且细,叶变化不大 |

注:同列数据后不同小写字母表示在 0.05 水平上存在显著性差异

3 讨论与结论

在种子诱导芽的组织培养试验中,为了缩短萌发周期、提高萌发率,除了需要在接种前机械去除种壳^[10],还需在消毒处理后剥离种皮,以提高萌发速率,降低感染率。在消毒过程中,随着 NaClO 质量分数的增长,蕈核种子的萌发率降低,感染率上升。在 0.5% 的 NaClO 下消毒处理 15 min 时感染率最低为 2.6%,萌发率最高为 97.07%,故可以推断

2.5 不同质量浓度激素对诱导芽生根的影响

将诱导得到的丛生芽分成单芽接种于加入 0.3 g/L 活性炭的生根培养基中,10 d 后发现接口处分化出少量白色不定根(如图 2f),20 d 后根不断伸长(如图 2g),30 d 左右开始统计根的生长状况(如图 2h)。

表 8 极差分析

| 参数 | 增殖系数 | | |
|--------|---------|---------|----------|
| | A (IBA) | B (NAA) | C (6-BA) |
| K_1 | 2.133 | 1.711 | 1.756 |
| K_2 | 2.011 | 1.967 | 1.822 |
| K_3 | 1.722 | 2.189 | 2.289 |
| R | 0.411 | 0.478 | 0.533 |
| 因素最佳水平 | A1 | B3 | C2 |
| 因素主次顺序 | C-B-A | | |

注: $K_i(i=1,2,3)$ 表示个水平的平均值; R 为最大不最小水平差距

试验结果(见表 9)表明,6 组处理均有不同程度的生根现象,添加 IBA 的培养基要较添加 NAA 培养基的生根率高,且平均根数以及根长前者也均高于后者。随着 IBA、NAA 质量浓度的增加,生根速率呈现先升高后降低的趋势。综合考虑处理 4:1/2 MS+1.0 mg/L IBA+0.3 g/L 活性炭培养基上的生根效果效果明显,生根率高,生根速度快,根数多且植株健壮,其生根率为 95%,平均生根 4.67 条,平均根长 5.01 cm。

蕈核种子更适宜用低质量分数 NaClO 进行消毒处理。

在种子诱导芽时,试验所用的 3 种培养基中 MS 的萌发率以及长势明显高于 1/2MS 及 WPM 培养基,6-BA 对芽诱导的影响大于 NAA。随着 6-BA 质量浓度的增加,胚轴越来越粗壮,子叶色深而绿,当质量浓度达到 1.5 mg/L 时胚轴粗壮,但真叶长势较慢,6-BA 在 1.0 mg/L 时胚轴、子叶健壮且真叶生长

(下转第 38 页)

参考文献:

- [1] 王 庆,邱智豪,孙浩东,等.基于 ENVI-met 微气候模拟的生活性街道景观优化[J].住区,2022,110(4):138-146.
- [2] 杜晓寒,石玉蓉,张宇峰.广州生活性街谷热环境数值模拟研究与设计[J].建筑科学,2015,31(12):78-87.
- [3] CAO L S, XU H, LI H. Effect of greening trees on thermal comfort of the pedestrian streets in hot summer and cold winter regions in China[J]. Nature Environment and Pollution Technology, 2022, 21(4):1543-1552.
- [4] ANDREOU E. Thermal comfort in outdoor spaces and urban canyon microclimate[J]. Renewable Energy, 2013, 55:182-188.
- [5] 潘剑彬,王若晨,翟 莹,等.北京城市街道空间几何形态与热环境研究[J].沈阳建筑大学学报(社会科学版),2021,23(5):438-444.
- [6] 王 一,刘淑媛,黄子硕.上海小陆家嘴地区街道形态对街道热舒适的影响研究[J].住宅科技,2020,40(5):11-17.
- [7] LOBACCARO G, ACERO J A. Comparative analysis of green actions to improve outdoor thermal comfort inside typical urban street canyons[J]. Urban Climate, 2015, 14:251-267.
- [8] 胡 杨,马克明.城市街道绿化对空气质量及微气候影响的综合模拟研究[J].生态学报,2021,41(4):1314-1331.
- [9] 高仰驰,余坤勇,刘艳芬,等.冠顶式步道秋季微气候效应研究——以福州“福道”为例[J].西北林学院学报,2021,36(1):266-272.
- [10] 刘滨谊,彭旭路.城市街道小气候舒适性研究进展与启示[J].中国园林,2019,35(10):57-62.
- [11] 曹林森,徐 欢,李 红.南京市寒冷季节景观树种对人体热舒适度影响的数值模拟研究[J].西北林学院学报,2021,36(5):238-245.
- [12] 胡琪琪,顾 韩.室外热舒适影响因素及其评价指标研究进展[J].中国城市林业,2023,21(1):43-49.
- [13] 郑雅心.基于 ENVI-met 模拟的绿化对夏热冬冷地区城市生活性街道热环境的影响研究[D].武汉:华中农业大学,2021.
- [14] 黄钰麟,傅伟聪,陈晶茹,等.植物群落特征对夏季公园林荫空间微气候的影响研究[J].中国园林,2022,38(3):118-123.
- [15] 乔小菊.南京城区园林绿化中常见阔叶乔木树种的光合特性及相关生态功能的研究[D].南京:南京农业大学,2016.
- [16] 金 虹,王 博.城市微气候及热舒适性评价研究综述[J].建筑科学,2017,33(8):1-8.
- [17] 王 琨,王竞娴,田朝阳,等.乔木覆盖率及形态特征对公园夏季微气候舒适性的调节作用——以郑州市绿荫公园为例[J].中国园林,2022,38(11):94-99.

(上接第 20 页)

较快,故证明茎叶适宜在 6-BA 1.0 mg/L 发育,在初代诱导时:MS+6-BA 1.0 mg/L +NAA0.3 mg/L 的诱导效果最佳。但在诱导芽过程当中始终存在子叶肥大、根部长愈伤的情况,导致真叶生长缓慢,诱导成苗的时间较长,需至少 40 d 以上才可得到继代所用成苗。故关于蕤核初代诱导阶段的培养基还需要进一步筛选验证。

在继代试验过程中,采用正交试验和极差分析法找到最适的增殖培养基,达到较好的增殖效果,以 MS+1.0 mg/L 6-BA+0.3 mg/L NAA+0.1 mg/L IBA 为最适培养基,增殖系数达到 2.83%。

在生根培养过程中可以发现,蕤核苗适合在添加活性炭的条件下生根。IBA 和 NAA 在生根诱导试验中广泛使用,故蕤核在单独分别添加 2 种激素的情况下生根较迅速。当 IBA, NAA 质量浓度为 1.0 mg/L 时,其生根速率高于 0.5 mg/L 及 1.5 mg/L 时,根多且长,长势迅速,叶绿且茎健壮。IBA 和 NAA 相比生根率差别不显著,但 NAA 在培养过程中平均根数较少,长势较慢。故蕤核生根最适培养基为 1/2 MS+1.0 mg/L IBA+0.3 g/L 活性炭。

现如今对蕤核组织培养快繁体系的研究基本

空白,本试验通过以蕤核种子为外植体建立蕤核种子诱导芽的快繁体系,为良种选育以及遗传改良等领域提供了一定的借鉴作用和参考价值。

参考文献:

- [1] 《内蒙古植物志》编辑委员会.内蒙古植物志:第二版[M].呼和浩特:内蒙古人民出版社,1998.
- [2] 杨慧滨.蕤核人工驯化与繁育技术研究[Z].山西:晋中市林业科学研究所,2011.
- [3] 李鸿杰.蕤核的繁殖及利用[J].林业实用技术,2002(4):26-27.
- [4] 石绍玲.蕤核的经济价值及育苗技术[J].现代农业科技,2013(18):101.
- [5] 杨福红,赵晓明,赵海燕,等.蕤核的研究进展[J].山西农业科学,2008(9):94-96.
- [6] 斯 琴.蕤核繁殖生物学特性及经济价值的研究[D].呼和浩特:内蒙古农业大学,2007.
- [7] 刘王锁.蕤核综合价值的研究进展[J].青海农林科技,2020(3):67-69.
- [8] 卢 思.植物组织培养技术及应用[J].科技展望,2016,26(11):73.
- [9] 那 倩,韩 琳.浅谈植物组织培养技术及应用[J].广东蚕业,2021,55(5):23-24.
- [10] 唐 链,田爽琪.植物组织培养技术的应用进展[J].现代园艺,2022,45(18):24-26.