

五指毛桃组培育苗研究*

黄锦荣 张 凤 谢金兰 张冬生
朱昔娇 陈新强 范秀琼 范剑明

(梅州市农林科学院林业研究所, 广东 梅州 514011)

摘要 以五指毛桃 *Ficus hirta* 优良植株健壮的带顶芽嫩枝为外植体, 进行组织培养育苗研究, 结果表明: 最合适的外植体灭菌方法是 $1\text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 的升汞溶液灭菌 14 min; 合适的芽诱导培养基为 $\text{MS}+6\text{-BA } 1.0\text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}+\text{IBA}0.1\text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}+\text{蔗糖 } 30\text{ g} \cdot \text{L}^{-1}+\text{卡拉胶 } 6.5\text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$, 诱导率为 40%; 最适的增殖培养基为 $\text{MS}+6\text{-BA } 1.0\text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}+\text{IBA}0.3\text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}+\text{蔗糖 } 30\text{ g} \cdot \text{L}^{-1}+\text{卡拉胶 } 6.5\text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$, 增殖倍数为 5.43; 最佳的生根培养基为 $1/4\text{MS}+\text{IBA}1.5\text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}+\text{NAA}0.3\text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}+\text{蔗糖 } 20\text{ g} \cdot \text{L}^{-1}+\text{卡拉胶 } 6.5\text{ g} \cdot \text{L}^{-1}+\text{活性炭 } 0.5\text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$, 生根率为 96%; 最佳的瓶苗移栽基质为轻型基质, 存活率为 98.15%。

关键词 五指毛桃; 组织培养; 外植体; 芽诱导; 生根

中图分类号: S722 **文献标志码:** A **文章编号:** 2096-2053 (2020) 06-0075-05

Study on Tissue Culture of *Ficus hirta*

HUANG Jinrong ZHANG Feng XIE Jinlan ZHANG Dongsheng
ZHU Xijiao CHEN Xinqiang FAN Xiuqiong FAN Jianming

(Institute of Forestry, Meizhou Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Meizhou, Guangdong 514011, China)

Abstract The tissue culture of *Ficus hirta* was studied, selecting the robust shoots with apical buds of the as experiment material. The results showed that in this study the most suitable sterilization treatment for shoots is soaking in $1\text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ mercury solution for 14 minutes. The most suitable bud induction medium is $\text{MS}+6\text{-BA } 1.0\text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}+\text{IBA}0.1\text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}+\text{sucrose } 30\text{ g} \cdot \text{L}^{-1}+\text{carrageenan } 6.5\text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$, which induce rate is 40%. The most suitable proliferation medium is $\text{MS}+6\text{-BA } 1.0\text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}+\text{IBA}0.3\text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}+\text{sucrose } 30\text{ g} \cdot \text{L}^{-1}+\text{carrageenan } 6.5\text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$, which the multiplication index is 5.43. The best rooting medium is $1/4\text{MS}+\text{IBA}1.5\text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}+\text{NAA}0.3\text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}+\text{sucrose } 20\text{ g} \cdot \text{L}^{-1}+\text{carrageenan } 6.5\text{ g} \cdot \text{L}^{-1}+\text{activated carbon } 0.5\text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$, which the rooting rate is 96%. The best seedling transplanting medium is a light substrate with a survival rate of 98.15%.

Key words *Ficus hirta*; tissue culture; explants; bud induction; rooting

五指毛桃中文名粗叶榕 *Ficus hirta*, 属桑科 Moraceae 榕属 *Ficus* 植物, 别名佛掌榕、土北芪、五爪龙、五指牛奶等; 我国主要分布在广东省、广西壮族自治区、江西省、福建省、海南省等地区;

国外马来西亚、缅甸、越南、泰国等国家亦有分布^[1-3]。五指毛桃以根入药, 其味甘、辛, 性平, 有益气健脾、舒筋化湿之功效, 用于脾虚浮肿、自汗、风湿痹痛、慢性支气管炎等症, 是多种中

* 基金项目: 广东省地方标准制订项目 (2019-DB-28); 广东省科技厅项目 (2019A0103004); 梅州市科技局项目 (2019B0203002); 广东省科技厅项目 (2020A0104007)。

第一作者: 黄锦荣 (1972—), 男, 高级工程师, 主要从事林木良种选育研究, E-mail:hjr4562@126.com。

通信作者: 张凤 (1990—), 女, 助理工程师, 主要从事植物组织培养研究, E-mail:1534946873@qq.com。

成药的原材料；同时五指毛桃是食药同源的植物，开发了很多保健食品和药膳，东南亚及我国港澳地区以五指毛桃为原料的汤料日渐盛行^[2, 4-5]。随着其用量的逐年上升，野生资源日渐匮乏，为保证五指毛桃资源的可持续利用，人工种植，特别是林下仿野生种植优良无性系是必然趋势。五指毛桃的主要活性成分为补骨脂素，王晓平等^[6]与刘春玲等^[7]的试验均认为五叶裂型五指毛桃中补骨脂素含量最高，为获得大量优良五指毛桃苗木，通过组织培养繁育成为首选。

国内关于五指毛桃组织培养的研究已有报道。其中陶瑜等^[8]的研究以五指毛桃种子萌发的无菌芽苗为所需培养材料；李林轩等^[3]的研究以五指毛桃叶片为外植体诱导丛芽得到培养材料；梁春辉等^[9]的试验以五指毛桃叶片、叶柄和茎段为外植体诱导愈伤组织，认为叶片产生愈伤优于叶柄，而茎段无愈伤产生，亦无芽分化，不适宜作外植体；蒋林等^[10]的研究以带顶芽或带腋芽的茎段为外植体，通过从茎段上切面诱导出丛芽得到培养材料；苏钰琴^[11]的研究以从顶芽切取的微茎尖为外植体诱导丛芽获得培养材料。以上各研究均未见通过诱导腋芽或顶芽萌发来获得培养材料的报道，本试验以带顶芽的茎段为外植体，诱导顶芽萌发得到所需培养材料。

1 材料与方法

1.1 试验材料

1.1.1 外植体 试验所用外植体来自梅州市农林科学院林业研究所2017年3月五指毛桃扦插试验培育的优良植株，扦插试验所用插穗全为五叶裂型五指毛桃枝条，来自大埔县世源农业生态有限公司在西河镇水祝村的五指毛桃种植基地，扦插试验在本所龙上苗圃场实施（116°7'29"~116°7'33"E，24°15'4"~24°15'12"N），苗木培育基质为黄心土，剪取无病虫、健壮的带顶芽嫩枝为外植体。

1.1.2 培养基及培养条件 试验所用培养基除生根培养基蔗糖浓度为 $20\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ 、活性炭为 $0.5\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ 外，其余培养基蔗糖浓度为 $30\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ ，卡拉胶浓度均为 $6.5\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ ，培养基灭菌前调整pH值为5.8~6.2，培养基加入的激素均由上海伯奥生物科技有限公司生产，培养基在 $121\text{ }^{\circ}\text{C}$ 下灭菌15~20 min。培养室温度为 $(26\pm 2)\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度为65%~70%，光照强度为 $1\ 000\sim 2\ 000\text{ lx}$ ，光照时长

为 $10\sim 12\text{ h}\cdot\text{d}^{-1}$ 。

1.2 试验方法

1.2.1 外植体灭菌 将采回的嫩枝剪去叶片，切取长约2~3 cm带顶芽茎段，置入干净玻璃瓶中，注入适量洗涤剂和水清洗茎段表面，用自来水反复冲洗干净，然后在超净工作台上用75%的酒精浸泡10~15 s，无菌水冲洗1~2次，再浸泡到添加1~2滴吐温80的 $1\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ 升汞溶液灭菌，时间为13、14、15 min，随后用无菌水冲洗4~6次，取出茎段，在切口上方切去一小段，接种于培养基 $\text{MS}+6\text{-BA}\ 1.0\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}+\text{IBA}\ 0.1\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 中，每个处理接种15瓶，每瓶接种1个茎段，在培养室培养15 d后观察灭菌效果，计算灭菌成功率。

1.2.2 芽诱导培养 用MS作为基本培养基，加入6-BA $1.0\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ，IBA（0.1、0.5 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ）或NAA（0.1、0.5 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ），试验设置4个处理，3个重复，每个处理接种15瓶，每瓶接种1个外植体。在超净工作台上，用无菌纸吸干已灭菌茎段表面水分，在切口上方切去少许接种在培养基中，在培养室培养30 d后统计外植体诱导萌芽数，计算芽诱导率。

1.2.3 增殖培养 用MS作为基本培养基，加入6-BA（0.5、1.0、1.5 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ），IBA（0.1、0.3、0.5 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ），试验设置9个处理，3个重复，每个处理接种5瓶，每瓶接种3个单芽或小丛芽。在超净工作台上，将经过数次初代培养获得的丛芽，分切成单芽或小丛芽接种在培养基中，在培养室培养35 d后统计芽个数，计算芽增殖倍数。

1.2.4 生根培养 用1/4MS（大量元素1/4）作为基本培养基，加入IBA（1.0、1.5、2.0 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ），NAA（0.1、0.3、0.5 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ），试验设置9个处理，3个重复，每个处理接种5瓶，每瓶接种10个芽苗。在超净工作台上，从增殖培养的芽苗中，切取具3片以上舒展叶片、高2.5~3.5 cm的芽苗，接种在培养基中，在培养室培养25 d后统计生根数，计算生根率。

1.2.5 瓶苗移栽 将炼苗后的生根植株从瓶中移到盆中，用清水轻轻洗去根部粘附的培养基，种植于容器基质中，基质采用黄心土与轻型基质（椰糠70%，泥炭30%），种植时先在基质中挖个小坑，将小苗植入坑中，用基质完全覆盖小苗根部，注意不要按压基质防止伤及苗根，栽后淋透水，保持基质湿润，种植一个月后调查存活率。

表 1 不同灭菌时间对五指毛桃外植体的影响

Tab.1 The effect of different sterilization time on the explants of *Ficus hirta*

灭菌时长 /min Sterilization time	污染率均值 /% Mean contaminant rate	褐化率均值 /% Mean browning rate	成功率均值 /% Mean success rate
13	82.23 ± 7.74 a	0 c	17.77 ± 7.74 b
14	55.53 ± 3.87 b	8.90 ± 3.81 b	35.53 ± 3.87 a
15	46.67 ± 6.65 c	37.77 ± 3.87 a	15.53 ± 3.87 b

注：表中数值为平均值 ± 标准差。同列不同小写字母表示在 $\alpha=0.05$ 水平差异显著。

Note: the values in the table are average ± standard deviation, the different lowercase letters in the same column indicate significant difference at the $\alpha=0.05$ level.

2 结果与分析

2.1 外植体灭菌

将灭菌后的五指毛桃外植体接种到培养基 MS+6-BA $1.0\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ +IBA $0.1\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ +蔗糖 $30\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ +卡拉胶 $6.5\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ 中, 培养 15 d 后的灭菌效果分析见表 1。可见灭菌时长对五指毛桃外植体的污染率、褐化率及灭菌成功率的影响均差异显著 ($P < 0.05$)。灭菌时长 13 min 的处理污染率最高, 为 82.23%, 无褐化, 灭菌成功率为 17.77%; 灭菌时长 14 min 的处理污染率为 55.53%, 褐化率为 8.9%, 灭菌成功率最高, 为 35.53%; 灭菌时长 15 min 的处理污染率最低, 为 46.67%, 而褐化率最高达 37.77%, 灭菌成功率仅为 15.53%。因此五指毛桃外植体最合适的灭菌时长为 14 min。

2.2 芽诱导培养

外植体接种到芽诱导培养基中, 在培养室培养 30 d 后的统计分析结果见表 2。可见 4 个处理的芽诱导率差异不显著。表 2 直观可见, 在培养基中加入相同浓度的 IBA 或 NAA 时, IBA 作用下的芽诱导率稍高; 在培养基中加入不同浓度的同一生长素时, 芽诱导率会随着生长素浓度的增加而小幅下降; 在 IBA 的浓度为 $0.1\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 时, 五指毛桃外植体的芽诱导率最高, 平均芽诱导率为 40%。因

此认为, 加入 $6\text{-BA } 1.0\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 与 $\text{IBA } 0.1\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 的培养基适合五指毛桃外植体芽诱导培养。

2.3 增殖培养

将单芽或小丛芽接种在增殖培养基中, 在培养室培养 35 d 统计分析结果见表 3。不同浓度 6-BA 与 IBA 配比, 对五指毛桃增殖倍数的影响差异显著 ($P < 0.05$), 随着 6-BA 浓度由 $0.5\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 增加至 $1.5\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$, 芽的增殖倍数亦从 2.87 上升至 6.64, 当 6-BA 的浓度为 $1.5\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 时芽增殖倍数最高为 6.64, 但在此浓度时芽苗生长慢, 叶逐渐变黄, 长期使用不利于增殖培养, 当 6-BA 的浓度为 $1.0\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 时芽增殖倍数为 5.43, 芽苗生长正常, 叶绿色, 适合五指毛桃增殖培养; 由表 3 可见, 不同浓度 IBA 对增殖培养的影响与 6-BA 的浓度有关, 当 6-BA 浓度为 $0.5\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 时 IBA 不同浓度对芽增殖影响差异不显著, 当 6-BA 浓度为 $1.0\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 与 $1.5\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 时 IBA 不同浓度对芽增殖影响差异显著, 当 IBA 浓度由 $0.1\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 增加至 $0.3\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 时, 芽增殖倍数亦上升, 而当 IBA 浓度由 $0.3\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 增加至 $0.5\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 时, 芽增殖倍数则下降; 因此, 加入 $6\text{-BA } 1.0\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 与 $\text{IBA } 0.3\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 的培养基, 最适合五指毛桃芽增殖培养。

表 2 不同激素比对五指毛桃芽诱导的影响

Tab.2 The effect of different hormone ratio on the bud induction of *Ficus hirta*

处理 Treatment	NAA/($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	IBA/($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	萌芽率均值 /% Mean germination rate
1		0.1	40.00 ± 6.70 a
2		0.5	35.53 ± 3.87 a
3	0.1		35.53 ± 3.87 a
4	0.5		33.33 ± 6.65 a

注：表中数值为平均值 ± 标准差。相同小写字母表示在 $\alpha=0.05$ 水平差异不显著。

Note: the values in the table are average ± standard deviation, the different lowercase letters in the same column indicate significant difference at the $\alpha=0.05$ level.

表3 不同激素配比对五指毛桃芽增殖的影响

Tab.3 The effect of different hormone ratio on the bud proliferation of *Ficus hirta*

处理 Treatment	6-BA/(mg · L ⁻¹)	IBA/(mg · L ⁻¹)	增殖倍数均值 / 倍 Mean multiplication factor	芽生长情况 Bud growth
1	0.5	0.1	2.87 ± 0.07 f	生长慢, 叶绿色。
2	0.5	0.3	2.92 ± 0.02 f	生长慢, 叶绿色。
3	0.5	0.5	2.89 ± 0.10 f	生长慢, 叶绿色。
4	1	0.1	4.96 ± 0.10 e	生长正常, 叶绿色。
5	1	0.3	5.43 ± 0.12 c	生长正常, 叶绿色。
6	1	0.5	5.11 ± 0.10 d	生长正常, 叶绿色。
7	1.5	0.1	6.36 ± 0.08 b	生长慢, 叶逐渐变黄。
8	1.5	0.3	6.64 ± 0.10 a	生长慢, 叶逐渐变黄。
9	1.5	0.5	6.40 ± 0.07 b	生长慢, 叶逐渐变黄。

注: 表中数值为平均值 ± 标准差。不同小写字母表示在 $\alpha=0.05$ 水平差异显著。

Note: the values in the table are average ± standard deviation, the different lowercase letters in the same column indicate significant difference at the $\alpha=0.05$ level.

表4 不同激素配比对五指毛桃生根的影响

Tab.4 The effect of different hormone ratio on the take root of *Ficus hirta*

处理 Treatment	IBA/(mg · L ⁻¹)	NAA/(mg · L ⁻¹)	生根率均值 / % Average rooting rate	根生长情况 Root growth
1	1	0.1	82.67 ± 3.06 b	根系粗, 根数 1~3 条。
2	1	0.3	84.00 ± 2.00 b	根系粗, 根数 1~3 条。
3	1	0.5	83.33 ± 1.16 b	根系粗, 根数 1~3 条。
4	1.5	0.1	93.33 ± 1.16 a	根系正常, 根数 3~6 条。
5	1.5	0.3	96.00 ± 2.00 a	根系正常, 根数 3~6 条。
6	1.5	0.5	94.00 ± 2.00 a	根系正常, 根数 3~6 条。
7	2	0.1	80.67 ± 2.31 b	根系细, 根数 6~9 条。
8	2	0.3	83.33 ± 3.06 b	根系细, 根数 6~9 条。
9	2	0.5	82.67 ± 1.16 b	根系细, 根数 6~9 条。

注: 表中数值为平均值 ± 标准差。不同小写字母表示在 $\alpha=0.05$ 水平差异显著。

Note: the values in the table are average ± standard deviation, the different lowercase letters in the same column indicate significant difference at the $\alpha=0.05$ level.

2.4 生根培养

将芽苗接种在生根培养基中, 在培养室培养 25 d 后统计分析结果见表 4。不同浓度 IBA 与 NAA 配比, 对五指毛桃生根率的影响差异显著 ($P < 0.05$)。当 IBA 的浓度由 $1.0 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 增加至 $1.5 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 时, 生根率随着 IBA 的浓度增加而升高; 当 IBA 的浓度由 $1.5 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 增加至 $2.0 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 时, 生根率随着 IBA 的浓度增加而下降, 并且根系纤细; 当 IBA 的浓度不变, NAA 的浓度在 $0.1 \sim 0.5 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 时, 随着 NAA 的浓度升高, 生根率没有显著变化; 在 IBA 的浓度为 $1.5 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 、NAA 浓度为 $0.3 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 时生根率最高, 达到了 96%, 根数较多, 根系生长正常。因此, 加入 $\text{IBA} 1.5 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 与 $\text{NAA} 0.3 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 的培

养基, 是五指毛桃生根的最佳培养基。

2.5 瓶苗移栽

瓶苗移栽 30 d 后统计分析结果见表 5。不同基质对五指毛桃组培苗移栽存活率的影响差异显著 ($P < 0.05$), 移栽到黄心土中的幼苗平均存活率为 94.73%, 移栽到轻型基质中的幼苗平均存活率为 98.15%, 轻型基质中生长的五指毛桃幼苗的平均存活率明显高于黄心土中五指毛桃幼苗的平均存活率, 因此, 五指毛桃组培苗移栽最佳的基质为轻型基质。

3 结论与讨论

本研究确定了五指毛桃外植体用 $1 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 升汞灭菌最适合的时长为 14 min; 适合五指毛桃外

表 5 不同基质对五指毛桃移栽的影响

Tab.5 The effect of different stroma on the transplant of *Ficus hirta*

处理 Treatment	基质 Medium	存活率均值 /% Mean survive rate
1	黄心土	94.73 ± 0.90 b
2	轻型基质	98.15 ± 0.80 a

注：表中数值为平均值 ± 标准差。不同小写字母表示在 $\alpha=0.05$ 水平差异显著。

Note: the values in the table are average ± standard deviation, the different lowercase letters in the same column indicate significant difference at the $\alpha=0.05$ level.

植物芽诱导的培养基为 MS+6-BA 1.0 mg · L⁻¹+ I-BA 0.1 mg · L⁻¹+ 蔗糖 30 g · L⁻¹+ 卡拉胶 6.5 g · L⁻¹；最适合五指毛桃不定芽增殖的培养基为 MS+6-BA 1.0 mg · L⁻¹+ IBA 0.3 mg · L⁻¹+ 蔗糖 30 g · L⁻¹+ 卡拉胶 6.5 g · L⁻¹；最适合五指毛桃生根的培养基为 1/4MS+IBA 1.5 mg · L⁻¹+ NAA 0.3 mg · L⁻¹+ 蔗糖 20 g · L⁻¹+ 卡拉胶 6.5 g · L⁻¹+ 活性炭 0.5 g · L⁻¹；最适合五指毛桃组培苗移栽的基质为轻型基质。

本研究在五指毛桃芽增殖培养试验中，随着培养基中 6-BA 浓度的增加，芽增殖倍数也随着升高，当 6-BA 浓度增加至一定数值时，虽然芽增殖倍数是升高了，但会影响芽苗的正常生长，这与陈丽静等^[12]和丁伟等^[13]在植物组织培养过程中芽增殖培养的研究结果一致。在五指毛桃生根培养试验中，本试验以 1/4MS 为基本培养基，加入 IBA 浓度为 1.5 mg · L⁻¹、NAA 浓度为 0.3 mg · L⁻¹ 时生根率最高，这与李林轩等^[3]和陶瑜等^[8]的试验结果稍有差异，李林轩等和陶瑜等的试验以 1/2MS 为基本培养基，在加入 IBA 浓度为 1.0 mg · L⁻¹、NAA 浓度为 0.3 mg · L⁻¹ 时生根率最高，两者间形成差异是否与所用基本培养基不同相关，或者是所用活性炭浓度不同相关，或者是其他因素如芽苗切割方法不同等相关，原因有待进一步研究分析。

本研究在五指毛桃外植体灭菌过程中只使用了 75% 的酒精与 1 g · L⁻¹ 的升汞进行不同时间的灭菌试验，外植体灭菌成功率最高仅为 35.53%，后续需进一步探索不同灭菌剂对五指毛桃外植体的灭菌效果，以提高五指毛桃外植体的灭菌成功率；在瓶苗移栽试验中，只采用了 2 种基质进行对比试验，存在一定的局限性，有必要增加一些

不同基质来完善试验。

参考文献

- [1] 中国科学院中国植物志编辑委员会. 中国植物志: 23卷 (第一分册) [M]. 北京: 科学出版社, 1998: 160-165.
- [2] 中华人民共和国药典委员会. 中国药典(一部) [M]. 北京: 人民卫生出版社, 1977: 90-91.
- [3] 李林轩, 吴庆华, 蔡锦强, 等. 五指毛桃组织培养获得再生植株的研究[J]. 中草药, 2014, 45(17): 2547-2551.
- [4] 董青松, 欧彪, 陈乾平. 五指毛桃研究进展[J]. 广西医学, 2006, 28(6): 950-952.
- [5] 董青松, 闫志刚, 韦树根, 等. 五指毛桃种子生物学特性研究[J]. 江苏农业科学, 2014, 42(11): 278-280.
- [6] 王晓平, 黄翔, 陆奇丰, 等. HPLC测定不同叶型五指毛桃中补骨脂素的含量[J]. 中国实验方剂学杂志, 2013, 19(5): 93-95.
- [7] 刘春玲, 徐鸿华, 许小峰, 等. 高效液相色谱法测定五指毛桃中补骨脂素的含量[J]. 中药材, 2004, 27(8): 582-583.
- [8] 陶瑜, 劳景莉, 于旭东, 等. 不同激素对五指毛桃离体再生的影响[J]. 华中师范大学学报(自然科学版), 2019, 53(4): 528-532.
- [9] 梁春辉, 黄敏, 黎土英, 等. 不同外植体和激素配比对五指毛桃愈伤组织诱导的影响[J]. 园艺与种苗, 2014(10): 3-5.
- [10] 蒋林, 黄清春, 张晚风, 等. 五指毛桃组织培养研究[J]. 中药材, 2004, 27(8): 547-549.
- [11] 苏钰琴. 五指毛桃种苗繁育技术研究[J]. 现代农业科技, 2017(3): 63; 66.
- [12] 陈丽静, 齐欣, 王玉坤, 等. 北五味子快繁体系的建立[J]. 中草药, 2011, 42(3): 575-578.
- [13] 丁伟, 张立红, 潘晟昊, 等. 水半夏组培快繁体系的建立[J]. 中草药, 2011, 42(3): 585-588.