

王红宝,丁 丁,郑伶俐,等. 天目琼花组培快繁技术体系的优化[J]. 江苏农业科学,2021,49(22):59-63.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2021.22.010

天目琼花组培快繁技术体系的优化

王红宝¹, 丁 丁¹, 郑伶俐¹, 王金禹¹, 郑丽锦², 郭艳超¹

(1. 河北省农林科学院滨海农业研究所, 河北唐山 063200; 2. 河北省林业技术推广总站, 河北石家庄 050090)

摘要:为获得一套完整高效的天目琼花组培快繁技术体系,以河北滨海地区天目琼花带腋芽茎段为试验材料,系统分析了外植体的消毒方法,不同激素配比及浓度对天目琼花腋芽诱导、不定芽增殖、不定芽生根和水培炼苗移栽的影响。结果表明,外植体最佳灭菌方法是依次用 75% 乙醇处理 40 s、2% NaClO 处理 3 min、0.1% HgCl₂ 处理 3 min,成活率为 58.33%;MS+0.2 mg/L 6-BA+0.1 mg/L NAA 为初代芽诱导的理想培养基,诱导率为 91.67%;不定芽增殖以 MS+0.5 mg/L 6-BA+0.2 mg/L NAA 培养基效果佳,株高为 6.04 cm,增殖系数可达 7;不定芽生根最适配方为 1/2MS+1.5 mg/L NAA,可诱导出健壮发达的根系,生根率为 92.2%;生根苗移栽基质为草炭:蛭石=1:1,成活率达 100%。研究成果更符合工厂化育苗的要求,为天目琼花产业化生产提供技术支持。

关键词:天目琼花;不定芽;增殖;生根;快速繁殖

中图分类号:S684.04⁺3 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2021)22-0059-05

天目琼花 (*Viburnum sargentii*) 属忍冬科 (Caprifoliaceae) 红果类荚蒾属 (*Viburnum* L.) 落叶灌木,别称佛头花^[1]。天目琼花夏天开白花,花瓣宛如蝴蝶,叶片具掌状三出脉;秋天叶片变红,浆果近似球形;秋冬呈鲜红色^[2]。天目琼花作为一种优良的观花观果灌木,被广泛种植于林缘或道路两旁等^[3];此外还具有丰富的药用、保健价值,其中果实中黄酮类、酚类物质含量丰富^[4],具有抗氧化活性,

广泛应用于调控氧化应激和炎症反应研究^[5],茎中含有人体必需的脂肪酸,可用于治疗类风湿性关节炎^[6]。该树种在观赏和药用方面都具有较好的市场发展前景。

天目琼花一般采用扦插繁殖^[7-8],易受季节和取材数量等因素限制,且出苗不整齐,而组织培养技术生产具有繁殖快、成本低、保持母本优良性状等优点^[9-11]。目前,有关荚蒾属类植物的组织培养的研究已有报道^[12-14],但研究材料来自不同品种和地区,不同培养阶段选择的外植体、激素种类及配比浓度也不尽相同^[12-13],有的至今未形成完整的快繁体系,导致组培苗质量、诱导率和增殖系数等关键技术方面存在差异^[15]。因此,本研究以河北滨海地区天目琼花带芽茎段为试材,通过适时取材、合理消毒、优化激素种类配比和浓度,旨在建立一套成活率高、苗木质量好、育苗时间短的高效快繁技

收稿日期:2021-03-24

基金项目:河北省重点研发项目(编号:16226322D);河北省农林科学院创新工程(编号:2019-1-6-3)。

作者简介:王红宝(1992—),女,河北石家庄人,硕士,助理研究员,主要从事植物抗逆生理生态及分子遗传育种研究。E-mail:1252146220@qq.com。

通信作者:郭艳超,博士,研究员,主要从事植物抗逆生理生态及分子遗传育种研究。E-mail:guoyanchao2008@sina.com。

[10] 杨柳燕,杨 贞,蔡友铭,等. SRAP 分子标记在铁皮石斛后代品种鉴定中的应用[J]. 分子植物育种,2018,16(17):5690-5695.

[11] 侯祥文,徐诗涛,王德立,等. 海南岛鸟巢蕨自然种群遗传多样性 SRAP 分析[J]. 热带生物学报,2021,12(1):25-32.

[12] Bhatt J, Kumar S, Patel S, et al. Sequence-related amplified polymorphism (SRAP) markers based genetic diversity analysis of cumin genotypes[J]. Annals of Agrarian Science, 2017, 15(4): 434-438.

[13] 李玉萍,罗凤霞,汤庚国,等. 兰花杂交育种中杂种 F₁ 的早期鉴

定[J]. 核农学报,2016,30(4):676-684.

[14] 高轶静,方锋学,刘昔辉,等. 甘蔗与斑茅割手密复合体杂交后代的分子标记鉴定[J]. 植物遗传资源学报,2012,13(5): 912-916.

[15] 刘湘萍,杜敏霞,赵 彦,等. 洋葱种质资源遗传多样性的 SRAP 和 ISSR 分析[J]. 中国蔬菜,2021(3):43-49.

[16] 李慧峰,冉 昆,王 涛. 利用 SRAP 标记构建山东省苹果资源指纹图谱[J]. 沈阳农业大学学报,2020,51(4):470-475.

[17] 吴洋洋,仰小东,杨信程,等. 菊花不完全双列杂交 F₁ 代遗传关系的 SRAP 分析[J]. 园艺学报,2017,44(6):1116-1124.

术体系,为天目琼花快繁、开发利用和种苗规模化生产提供科学依据和技术支撑,也为后期多倍体诱导获得观赏性更佳和抗逆性更强的天目琼花新品种奠定基础。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试材料为滨海农业研究所试验基地的天目琼花,于 2020 年 5 月中旬晴天的上午采集腋芽饱满的嫩枝作为外植体。

1.2 试验方法

1.2.1 外植体消毒处理 选择生长健壮且无病虫害、带饱满腋芽的天目琼花嫩枝,剪去叶片,于洗洁精水浸泡 0.5 h,并用自来水冲洗 1 h^[16]。在超净工作台上将嫩枝剪成长度 1.5~2.0 cm 且带 1~2 个腋芽的茎段,75% 乙醇(C₂H₅OH)震荡清洗 40 s,然后分别使用 2% NaClO 溶液和 0.1% HgCl₂ 溶液进行消毒,消毒时间分别为 1、3、5 min。消毒结束后用无菌水震荡清洗 5 次,接种到 MS 空白培养基上。2 周后统计其污染率和存活率。

1.2.2 初代芽诱导 将无菌萌发腋芽茎段接种到添加不同浓度 6-BA(0.1、0.2 mg/L)和不同浓度 NAA(0、0.1 mg/L)的 MS 培养基上进行初代芽诱导萌发。接种后观察腋芽萌发时间及生长情况,2 周后统计诱导率。

1.2.3 不定芽增殖 选择生长健壮且长度 1.0~1.5 cm 的初代芽,接种在以 MS 为基本培养基,添加不同浓度 6-BA(0.3、0.5、0.8、1.0 mg/L)和 0.2 mg/L NAA,进行不定芽增殖培养。4 周后观察其生长状况,统计株高、增殖系数。

1.2.4 不定芽生根诱导 以继代增殖后的优质无根苗为材料,去除全部叶片,将苗茎切成带 1~2 个不定芽的茎段。以 1/2MS 为基本培养基,添加不同浓度的 NAA(0.5、1.0、1.5、2.0 mg/L),进行生根诱导培养。1 周后观察生根苗生长情况,4 周后统计根系数量、根长及生根率。

1.2.5 炼苗移栽与田间培养 选择根系健壮发达且根长约 3 cm 的组培苗进行炼苗,用清水洗掉残留培养基,放入水培盆覆上保鲜膜,置于组培室水培 3~5 d,然后移栽至不同基质中,保持湿度 70%~80%,温度 25℃左右。观察移栽苗的生长状况,记录其成活率。待移栽苗高度超过 10 cm 时,将其移至田间,正常浇水施肥管理。

1.2.6 培养基配制及培养条件 上述所有培养阶段每个处理 5 瓶,每瓶接种 3 个带腋芽茎段、不定芽或组培苗,重复 3 次。所有培养基均添加 30 g/L 蔗糖、7.5 g/L 琼脂,pH 值调至 5.8~5.9^[13],培养温度为(25±2)℃,光照度为 2 000~3 000 lx,光照时间为 14 h/d。

1.3 数据统计与分析

试验数据采用 Excel 2016 和 SPSS 20.0 软件处理,Duncan's 新复极差法对数据进行多重比较,显著性水平为 α=0.05。

诱导率 = (萌芽茎段数/接种茎段总数) × 100%;
芽增殖系数 = 增殖芽数/接种芽数;
不定芽生根率 = (生根苗数/接种茎段总数) × 100%;
移栽成活率 = (成活幼苗数/移栽幼苗总数) × 100%。

2 结果与分析

2.1 无菌体系的建立

从表 1 可见,不同消毒处理时间对外植体茎段污染率和成活率有显著影响,消毒时间过长,会引起茎段颜色由绿色变成棕色而导致腋芽不萌发;消毒时间短会使茎段消毒不彻底,茎段表面出现菌污染,污染率增大。因此,综合考虑成活率、污染率和致死率等 3 个方面因素,天目琼花带芽茎段适宜的灭菌步骤是先用 75% 乙醇灭菌茎段 40 s,再用 2% NaClO 消毒 3 min、0.1% HgCl₂ 消毒 3 min,可将污染率降低至 25.00%,致死率降低至 9.34%,成活率提高至 58.33%。

表 1 不同处理方法对外植体的影响

处理	处理方法	污染率 (%)	成活率 (%)	致死率 (%)
1	75% 乙醇 40 s+2% NaClO 1 min+0.1% HgCl ₂ 1 min	58.33 ± 2.17a	41.67 ± 1.43b	0 ± 0.00c
2	75% 乙醇 40 s+2% NaClO 3 min+0.1% HgCl ₂ 3 min	25.00 ± 1.04b	58.33 ± 0.88a	9.34 ± 2.10b
3	75% 乙醇 40 s+2% NaClO 5 min+0.1% HgCl ₂ 5 min	16.67 ± 1.72c	33.33 ± 1.07b	50.00 ± 0.81a

注:同列数据后不同字母表示在 0.05 水平上差异显著。下表同。

2.2 外植体初代诱导培养

由表 2 可见,培养基中没有添加 NAA 时腋芽诱导率都低于 50%, NAA 可促进腋芽萌发,添加 0.2 mg/L 6-BA、0.1 mg/L NAA 时培养效果最佳。6-BA 浓度高可明显提高腋芽诱导率,达到

91.7%,萌芽时间最早,1 周左右茎段腋芽的基部开始膨大,腋芽开始萌动,出现嫩绿色小芽点,10 d 左右芽点伸长并抽生出 2~3 个不定芽(图 1),不定芽生长健壮,后期长势快,且叶片颜色和大小都优于其他 3 种培养基培养的外植体。

表 2 不同培养基对初代芽诱导的影响

处理	生长激素与浓度	诱导率 (%)	芽的生长状况	最早萌芽时间 (d)
1	MS + 0.1 mg/L 6-BA	38.89 ± 0.66b	芽生长慢,长势差,芽小	18
2	MS + 0.2 mg/L 6-BA	44.44 ± 0.92b	芽生长慢,长势弱,芽小	16
3	MS + 0.1 mg/L 6-BA + 0.1 mg/L NAA	83.33 ± 0.57a	芽生长、伸长较快,芽较大	11
4	MS + 0.2 mg/L 6-BA + 0.1 mg/L NAA	91.67 ± 0.09a	芽生长、伸长快,芽大,翠绿	6

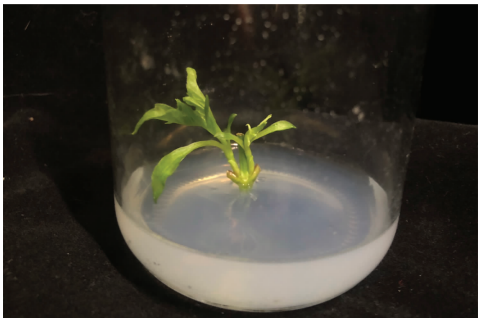


图1 天目琼花茎段不定芽诱导

2.3 不定芽增殖培养

由表 3 可见,当 NAA 浓度为 0.2 mg/L,6-BA

浓度为 0.5 mg/L 时,增殖培养基效果最好(图 2)。继代培养在 4 周左右形成大量不定芽,芽苗长势健壮,饱满翠绿,增殖系数显著提高 ($P < 0.05$),可达 7.00,苗高 6.04 cm 左右。而 6-BA 浓度高于 0.5 mg/L,芽苗长势逐渐变弱,不定芽增殖系数效果和苗高逐渐降低,尤其浓度最高为 1.0 mg/L 时,组培苗基部出现愈伤,长势缓慢,表明诱导不定芽增殖时,过高浓度的 6-BA 对不定芽增殖会起到抑制效果。6-BA 浓度在 0.8 mg/L 与 0.5 mg/L 条件下,不定芽生长状况一致,但 0.8 mg/L 浓度下增殖系数下降为 5.22。

表 3 不同培养基对不定芽增殖的影响

处理	生长激素与浓度	增殖系数	株高 (cm)	生长状况
1	MS + 0.3 mg/L 6-BA + 0.2 mg/L NAA	2.69 ± 0.11c	3.14 ± 0.17c	苗矮小,叶腋间有分化,未伸长,叶片浅绿
2	MS + 0.5 mg/L 6-BA + 0.2 mg/L NAA	7.00 ± 0.13a	6.04 ± 0.14a	苗高,健壮,长势快,叶片饱满翠绿
3	MS + 0.8 mg/L 6-BA + 0.2 mg/L NAA	5.22 ± 0.08b	4.05 ± 0.08b	苗高,健壮,长势快,叶片饱满翠绿
4	MS + 1.0 mg/L 6-BA + 0.2 mg/L NAA	4.69 ± 0.17b	3.87 ± 0.12c	苗矮小,基部出现愈伤,长势缓慢,叶片黄绿

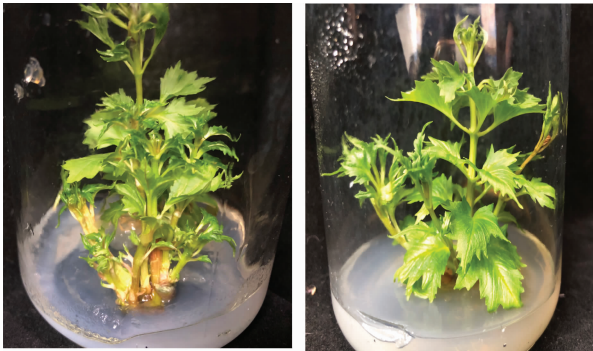


图2 天目琼花不定芽增殖情况

2.4 不定芽生根诱导培养

由表 4 可见,1/2MS 对天目琼花不定芽生根有

促进作用, NAA 浓度过高对不定芽生根有抑制作用。将继代增殖后的不定芽接种到生根培养基上,1 周左右不定芽基部出现小突起,2 周左右逐渐伸长为根。随着 NAA 浓度的提高,生根率、生根数量和根长逐渐增加,生长状况也越来越好,其中 1/2MS + 1.5 mg/L NAA 培养基效果最佳,生根时间最早,根长平均为 3.80 cm,生根率达到 92.20%,苗壮。但 NAA 高于 1.5 mg/L 时,形成根的时间晚,基部出现愈伤,根短苗弱。

2.5 组培苗的移栽与田间培养

选择根系生长良好的组培瓶苗(不定根长 ≥ 3 cm,苗高 3~5 cm)进行水培炼苗、移栽,4 周

表 4 不同 NAA 浓度对不定芽生根的影响

处理	生长激素 与浓度	生根率 (%)	生根数量 (条)	生根长度 (cm)	形成根 时间(d)	生长状况
1	1/2MS+0.5 mg/L NAA	68.43±0.57c	3.64±0.06c	1.53±0.16b	42	根细短,苗弱小
2	1/2MS+1.0 mg/L NAA	80.00±0.60b	4.79±0.11b	1.99±0.22b	35	根细,苗弱
3	1/2MS+1.5 mg/L NAA	92.20±0.76a	6.04±0.13a	3.80±0.15a	15	根长且发达,苗壮
4	1/2MS+2.0 mg/L NAA	84.66±0.81a	4.90±0.09b	3.33±0.20a	21	有愈伤,根短粗,苗弱

左右长出新根和新叶。试验发现,等体积蛭石和草炭基质的移栽成活率高于其他 2 种单一基质,可达到 100%(表 5)。2 种单一基质成活率差异不显著,但草炭处理移栽苗的后期长势、叶片大小、株高和叶色明显优于蛭石处理,这可能与蛭石保水蓄肥能力差,提供营养物质不足有关。综合以上结果,最适宜的移栽基质配比是蛭石:草炭=1:1。

在培养室生长至 10 cm 以上的组培苗,移至到田间培养,进行正常浇水施肥管理,2 个月后苗木高度达 20 cm,生长正常。

表 5 不同栽培基质对瓶苗移栽成活率的影响

处理	栽培基质	移栽成活率 (%)	生长状况
1	蛭石	84.73±1.12b	幼苗生长状况一般
2	草炭	88.23±2.06b	幼苗生长状况较好
3	蛭石:草炭=1:1	100.00±1.98a	幼苗生长状况良好

3 讨论与结论

采样部位、时间和消毒方式是外植体成活的必要前提。选择茎段作为外植体时,茎段应达到中度木质化^[17],春秋季节采集的污染率低于夏冬季^[18]。此外,消毒时间过长会使外植体全部由绿色变为褐色,尤其对茎段腋芽的毒害最大,会直接将其杀死^[19]。因此,本试验在前人研究基础上优化组合了 3 种消毒剂,以 5 月中旬带腋芽的嫩枝为外植体,发现先用 75% 乙醇浸泡 40 s,再用 2% NaClO 消毒 3 min、0.1% HgCl₂ 消毒 3 min 的灭菌效果最佳,可将外植体的污染率控制在 25% 左右,成活率提高至 58.33%。

不定芽诱导率和增殖系数是衡量初代诱导培养和增殖培养阶段的重要指标,主要受培养基、激素等多种因素的影响^[20]。建德锋等进行鸡树条荚蒾芽诱导时,搭配采用 KT、IBA 2 种激素增殖效果较好^[12],吴鞠等筛选出 6-BA、IBA 2 种激素更适合

天目琼花不定芽增殖培养,增殖系数为 6^[13]。本研究搭配使用不同浓度的 6-BA、NAA 对天目琼花的不定芽诱导及增殖进行筛选,结果以 MS+0.2 mg/L 6-BA+0.1 mg/L NAA 和 MS+0.5 mg/L 6-BA+0.2 mg/L NAA 为最佳不定芽诱导培养基和增殖培养基,6-BA、NAA 用量相对较低,并明显提高了诱导率和增殖系数,分别达到了 91.67% 和 7.00,苗高芽壮,继代多次长势良好。本研究发现 NAA 在不定芽的诱导中起关键作用,不添加 NAA 培养基的不定芽诱导率均低于 50%,添加 NAA 后可将诱导率提至 80% 以上,并且生长效果良好,这与白艳荣等对花毛茛芽增殖研究^[21]相似。此外,研究发现 6-BA 与 NAA 浓度比值较高时并不利于不定芽的增殖,本试验配合使用适量浓度的 NAA,当 6-BA 浓度高于 0.5 mg/L 时,增殖系数和苗高逐渐降低,这与饶丹丹等^[22]和刘德浩等^[23]对紫薇和苦郎树不定芽增殖研究相符。因此,只有在一定范围内细胞分裂素与生长素浓度比值较高时,才能协同促进不定芽增殖与芽苗生长^[24]。

大多数植物采用 1/2MS 培养基进行生根诱导,因为通过减少大量元素和微量元素更有利于植物生根^[25-27]。吴鞠等利用 IBA 对天目琼花组培苗进行生根诱导,使生根率达到 90%^[13],王欢等发现天目琼花增殖苗在生根诱导 4 周后生根率最高达 90%^[28],杜姝睿等利用 IAA 对香荚蒾进行生根培养^[29]。本试验利用不定芽诱导生根,发现 NAA 有更好的诱导效果,并且根系更加粗壮发达,这与蔡能等的研究^[30]一致。毕显禹等通过添加活性炭使生根率达到 90.91%^[14],但相关研究表明活性炭可能会吸附培养基的生长调节剂,降低生根率^[31],说明培养基类型、激素组合对不定根诱导有着重要影响,这可能与天目琼花品种对生根诱导激素的适应能力相关。因此,本试验筛选出天目琼花不定芽生根的最理想激素浓度为 0.15 mg/L NAA,15 d 开始生根,生根率达到 92.2%,根长平均为 3.8 cm。

组培苗移栽成活率是检验组织培养技术体系是否成熟的关键^[32-33],光照、温度、栽培基质透气性和蓄水保肥能力是决定组培苗能否成活的重要因素^[32]。本试验采用草炭和蛭石作为培养基质,研究发现等体积草炭和蛭石混合基质比使用单一基质的成活率高,可能由于天目琼花组培苗前期生长相对比较缓慢,混合基质含有丰富的水分和营养,满足了天目琼花组培苗的生长需求。

综上所述,本研究建立了完整的天目琼花快繁技术,并优化了组培快繁过程中不同时期的最适培养条件:外植体消毒的最佳方法为 75% 乙醇 40 s、2% NaClO 3 min、0.1% HgCl₂ 3 min;初代诱导理想培养基为 MS + 0.2 mg/L 6-BA + 0.1 mg/L NAA;不定芽增殖效果最好的培养基为 MS + 0.5 mg/L 6-BA + 0.2 mg/L NAA;最适宜生根培养基为 1/2MS + 1.5 mg/L NAA;1:1 的草炭:蛭石为最合适的移栽基质。该培养体系不仅有效缩短了育苗时间,而且明显提高了天目琼花不定芽诱导率、增殖系数、生根率及组培苗质量。本研究可为天目琼花的规模化繁育提供技术支撑。

参考文献:

- [1] 冯小璐,陈俊强,游捷,等. 荚蒾属植物研究进展[J]. 山东林业科技,2021,51(1):76-80.
- [2] 陶艳萍,朱志民. 天目琼花大苗繁育技术[J]. 中国林副特产,2012(2):53-54.
- [3] 满丽婷,张文莲. 观赏苗木天目琼花扦插繁育技术研究[J]. 林业科技通讯,2017(12):33-34.
- [4] 庞晓飞,朱焰,司艳红,等. 天目琼花果实醇提物对高脂饮食诱导 ApoE^{-/-}小鼠动脉粥样硬化的抑制作用[J]. 中药材,2018,41(11):2676-2680.
- [5] Xie Y, Wang J, Geng Y M, et al. Phenolic compounds from the fruits of *Viburnum sargentii* Koehne[J]. Molecules,2015,20(8):14377-14385.
- [6] 李敏,赵权,武晓林. 鸡树条荚蒾抗炎活性研究[J]. 黑龙江农业科学,2012(11):136-138.
- [7] 许宏刚,黄蓉,汉梅兰,等. 植物生长调节剂对忍冬科植物生根的影响[J]. 甘肃农业大学学报,2017,52(2):71-77.
- [8] 马晓华,郑坚,张旭乐,等. 不同扦插基质与激素对荚蒾生根的影响[J]. 浙江农业科学,2018,59(5):811-813,820.
- [9] 李魁鹏,王亚珍,孙晓梅,等. 杂种落叶松嫩枝离体培养与芽增殖研究[J]. 林业科学研究,2013,26(增刊1):82-86.
- [10] 唐佳佳,尚旭岚,洪香香. 黑荆树愈伤组织诱导、增殖与分化[J]. 中南林业科技大学学报,2014,34(9):38-43.
- [11] Velayutham P, Karthi C, Nalini P, et al. *In vitro* regeneration and mass propagation of *Hybanthus enneaspermus* (L.) F. Muell. from the stem explants through callus culture[J]. International Journal of Agricultural Technology,2012,8(3):1119-1128.
- [12] 建德锋,高英凯. 鸡树条荚蒾组培初代培养技术初探[J]. 吉林农业科技学院学报,2015,24(2):1-3.
- [13] 吴鞠,法永乐,朱翠英,等. 天目琼花的微体快繁技术[J]. 山东林业科技,2012,42(4):91-92.
- [14] 毕显禹,李淑娟. 鸡树条荚蒾组培再生体系的建立[J]. 湖南农业科学,2018(4):1-4,12.
- [15] 王玖瑞,刘孟军,代丽. 枣组培中的品种差异及辣椒枣的组培快繁[J]. 河北农业大学学报,2003,26(4):59-61.
- [16] 张红岩,莫勇生,欧娜,等. 绿桐增殖、生根培养及炼苗移栽研究[J]. 广西科学院学报,2020,36(4):411-418.
- [17] 黄烈健,王鸿. 林木植物组织培养及存在问题的研究进展[J]. 林业科学研究,2016,29(3):464-471.
- [18] 祁永琼. 植物组织培养中污染的原因分析及控制[J]. 安徽农业科学,2010,38(26):14284-14285,14292.
- [19] 王鸿,黄烈健,胡峰. 3种相思16年生优树外植体芽诱导研究[J]. 植物研究,2016,36(5):730-738.
- [20] 田怀,侯娜. 黄精组织培养快繁技术体系建立的研究[J]. 南京师大学报(自然科学版),2020,43(3):129-135.
- [21] 白艳荣,蒋亚莲,王进英. 花毛茛组培快繁技术研究[J]. 北方园艺,2021(1):48-53.
- [22] 饶丹丹,王湘莹,蔡能,等. 紫叶紫薇良种组培快繁研究[J]. 中南林业科技大学学报,2020,40(12):75-82.
- [23] 刘德浩,陈智涛,邓仿东,等. 苦郎树组培快繁技术研究[J]. 广西林业科学,2020,49(4):550-554.
- [24] 张琳娜,何俊,张翔,等. 弥勒苣荬组培苗生根及移栽基质的筛选[J]. 西部林业科学,2018,47(4):69-73.
- [25] 燕丽萍,夏阳,毛秀红,等. 邓恩桉的组织培养[J]. 林业科学,2011,47(5):157-161.
- [26] 王馨,盖庆岩,焦骄,等. “丹莓1号”草莓脱毒组培快繁技术研究[J]. 植物研究,2020,40(1):153-160.
- [27] 唐凤鸾,郭丽君,赵健,等. 培养基及接种材料对走马胎瓶苗生根和移栽的影响[J]. 江苏农业科学,2020,48(19):30-34.
- [28] 王欢,杜凤国,吕伟伟. 鸡树条荚蒾的组织培养与快速繁殖[J]. 植物生理学通讯,2010,46(11):1187-1188.
- [29] 杜妹蓉,顾婷婷,潘林,等. 香荚蒾组织培养快速繁殖的研究[J]. 河北林业科技,2011(5):5-7.
- [30] 蔡能,王晓明,李永欣,等. 紫薇优良品种‘晓明1号’组培快繁体系的建立[J]. 中国农学通报,2016,32(1):22-27.
- [31] 王丽萍,王平,王晓明,等. 蚬壳花椒组培苗的生根试验[J]. 经济林研究,2007,25(1):34-37.
- [32] 刘晓光,单梅华,苏帅,等. 山杏组培苗生根培养基优化及移栽[J]. 分子植物育种,2020,18(6):1999-2005.
- [33] 沈霞,杨小林,马和平,等. 银白杨组织培养生根条件影响因素研究[J]. 西部林业科学,2020,49(4):48-53.