

尖叶茶藨子种子无菌苗再生体系的建立

林丽霞, 林建忠, 张雪芹, 钟赞华, 赖瑞云*

(福建省亚热带植物研究所/福建省亚热带植物生理生化重点公共实验室, 福建厦门 361006)

摘要 以尖叶茶藨子成熟种子为试材, 采用不同处理及消毒方式获得无菌苗, 再以幼苗茎段为外植体, 研究不同植物生长调节剂对丛芽诱导、增殖、壮苗及生根的影响。结果表明: 500 mg/L GA_3 浸泡处理有利于种子的萌发, 发芽率可达 66.7%, 最佳消毒处理为 75% 乙醇 30 s+0.1% $HgCl_2$ 消毒 8 min, 污染率为 23.3%; 最佳丛芽诱导培养基为 MS+2.0 mg/L 6-BA+0.05 mg/L NAA, 增殖倍数为 7.5; 最佳壮苗培养基为 MS+0.1 mg/L 6-BA+0.05 mg/L NAA+50 g 马铃薯泥; 最佳生根培养基为 1/2MS+2.0 mg/L IBA, 生根率为 100%, 平均生根条数为 6.33。炼苗后, 移栽到泥炭土: 椰糠: 珍珠岩体积比为 3: 1: 1 的基质中, 成活率达 87.5%。该研究建立了尖叶茶藨子种子组培快速繁育技术体系, 适用于尖叶茶藨子种苗的规模化生产和应用。

关键词 尖叶茶藨子种子; 组织培养; 丛生芽; 快速繁育

中图分类号 S722.3 **文献标识码** A

文章编号 0517-6611(2024)22-0115-03

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2024.22.023

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Establishment of Rapid Propagation for Sterile Seedlings of *Ribes maximowiczianum* Komarov by Tissue Culture

LIN Li-xia, LIN Jian-zhong, ZHANG Xue-qin et al (Fujian Institute of Subtropical Botany/Fujian Lab of Subtropical Plant Physiology and Biochemistry, Xiamen, Fujian 361006)

Abstract The seedlings of mature *Ribes maximowiczianum* Komarov seed germination under different disinfection treatment were used as explants to study the influence of different plant growth regulators on buds induction, hyperplasia, sound seedling and rhizogenesis. The results showed that 500 mg/L GA_3 soaking treatment was conducive to seed germination, and the germination rate could reach 66.7%, and the best disinfection treatment was 75% alcohol for 30s and 0.1% mercuric acid disinfection for 8 min, the contamination rate was 23.3%. The best medium for bud induction was MS + 2.0 mg/L 6-BA + 0.05 mg/L NAA, the proliferation times was 7.5. The best medium for rooting was 1/2MS+2.0 mg/L IBA, the rooting rate was 100%, and the average number of rooting shoots was 6.33. The survival rate was 87.5% in the medium of 3: 1: 1 in peat soil: coir: perlite. This study established a complete system of tissue culture and rapid propagation for *Ribes maximowiczianum* Komarov seed, which is suitable for the large-scale production and application of *Ribes maximowiczianum* Komarov seedlings.

Key words Seeds of *Ribes maximowiczianum* Komarov; Tissue culture; Cluster buds; Rapid propagation

尖叶茶藨子(*Ribes maximowiczianum* Komarov)为虎耳草科茶藨子属的落叶小灌木^[1], 又称北方茶藨或远东茶藨, 生于海拔 900~2 700 m 的山坡或山谷林下及灌丛中, 分布于我国东北各省、朝鲜北部、俄罗斯远东地区^[2-3]。茶藨子树型优美、花色鲜艳、气味香馥, 具有很高的观赏价值, 其浆果红色可食, 味酸, 可制作果酱、果汁、果糖、果酒等, 还可提取维生素、食品色素及果胶酶^[4-7]。尖叶茶藨子可通过播种、扦插进行繁殖, 但需外界干扰打破种子休眠才能相对缩短种子的繁殖周期, 且实生苗较弱生长较慢, 扦插繁殖需要大量的母本材料, 硬枝扦插不易生根。笔者利用植物组织培养技术建立尖叶茶藨子快速繁殖体系, 繁殖系数高, 不受时间和外界环境的影响, 更适用于工厂化育苗, 满足市场需求。

1 材料与方法

1.1 试验材料 该试验所用的宁夏尖叶茶藨子种子由宁夏皇达生物科技股份有限公司提供, 果实采收后保鲜运往福建省亚热带植物研究所, 置于冰箱 4℃ 保存。

1.2 试验方法

1.2.1 种子的预处理与消毒。 为保证种子质量均一, 试验前对保鲜浆果进行搓揉去除果皮肉, 将分离出来的种子混匀,

选取颗粒饱满、新鲜且有光泽的尖叶茶藨子种子, 分成 2 组, 其中 1 组种子用清水浸泡 48 h, 另 1 组种子采用 500 mg/L GA_3 溶液浸泡 48 h, 每组 30 粒种子, 3 次重复。将处理好的种子用 75% 乙醇杀菌 30 s, 0.1% $HgCl_2$ 溶液消毒 4~10 min, 无菌水冲洗 4~5 次, 灭菌种子置于无菌滤纸上吸干水分, 转接至 MS 基础培养基上, 每处理接种 20 粒种子, 3 次重复。

1.2.2 丛生芽的诱导。 以尖叶茶藨子无菌苗为材料, 切成 1~2 cm 的带芽茎段, 接种于添加不同浓度植物激素的 MS 培养基上, 0.5、1.0、2.0 mg/L 6-BA 与 0.05、0.10、0.50 mg/L NAA 组合共 9 种处理, 每处理接种 20 个带芽茎段进行丛生芽诱导培养, 重复 3 次。

1.2.3 无菌苗壮苗的培养。 以培养 50 d 的尖叶茶藨子丛芽为材料, 转接至壮苗培养基中继续生长, 培养基中添加 6-BA (0.1、0.5 mg/L)、NAA (0.05、0.10 mg/L)、马铃薯泥 (50 g/L), 每个处理接种 20 瓶, 重复 3 次, 30 d 后统计苗高及生长情况。

1.2.4 生根培养。 经壮苗培养后, 切取生长健壮的单个芽苗接种至生根培养基上, 在 1/2MS 培养基上分别添加不同浓度的 IBA (0.1、0.5、1.0、2.0 mg/L), 每个处理接种 20 瓶, 重复 3 次, 30 d 后统计生根率、生根条数及根系生长情况。

1.2.5 炼苗移栽。 将组培苗开盖置于育苗室中炼苗 3 d, 轻轻洗掉根部的培养基, 移栽至泥炭土: 椰糠: 珍珠岩体积比为 3: 1: 1 的混合基质中, 应用种苗智能化快繁苗床进行植株的培养, 育苗室中配有智能感应系统、弥雾降温系统及间歇式自动喷灌系统等设施, 保持室内温度为 25℃, 湿度为 80%~

基金项目 厦门市科技计划项目 (3502Z20194522); 福建省厦门市重大科技项目 (3502Z2019013)。

作者简介 林丽霞 (1989—), 女, 福建德化人, 助理研究员, 从事植物种苗繁育技术研究。* 通信作者, 副研究员, 从事果树栽培技术研究。

收稿日期 2023-10-11

90%,光照强度为 2 500 lx。

1.3 数据统计与分析 采用 Excel 2016,SPSS 22.0 软件对试验数据进行统计分析。萌发率=萌发种子数/(接种种子数-被污染种子数)×100%,污染率=被污染种子数/种子总数×100%,成苗率=成苗数/(接种种子数-被污染种子数)×100%,增殖系数=增殖后获得的单芽个数/接种的外植体数,生根率=生根的苗数/接种的芽苗数×100%,平均生根条数=每处理生根的总根数/生根的总苗数。

2 结果与分析

2.1 不同处理对种子萌发和污染情况的影响 由表 1 可知,48 h 浸泡处理对尖叶茶藨子种子的萌发有明显的促进作用(图 1A、B),尤其是经 GA₃ 浸泡后的种子发芽率可达66.7%,初始发芽时间缩短为 20 d;相比于 CK,清水浸泡 48 h 的种子初始发芽时间提早 12 d,发芽率约为 CK 的1.5倍。由表 2 可

知,随着 0.1% HgCl₂ 处理时间的延长,污染率呈逐渐降低趋势,而萌发率呈先升高后降低的趋势;其中消毒时间为10 min 的污染率最低,但萌发率仅为25.0%;消毒时间为 8 min 时,污染率为 23.3%,萌发率达到最高 61.7%。因此,综合考虑污染率与萌发率,可以采用 0.1% HgCl₂ 对尖叶茶藨子种子消毒处理 8 min。

表 1 浸泡处理对种子发芽效果的影响
Table 1 Effect of soaking treatment on seed germination

处理 Treatment	初始发芽时间 Initial germination time//d	发芽率 Germination rate//%
GA ₃ 浸泡 GA ₃ immersion	20	66.7
清水浸泡 Water immersion	23	57.8
未浸泡 Not soaked (CK)	35	38.9

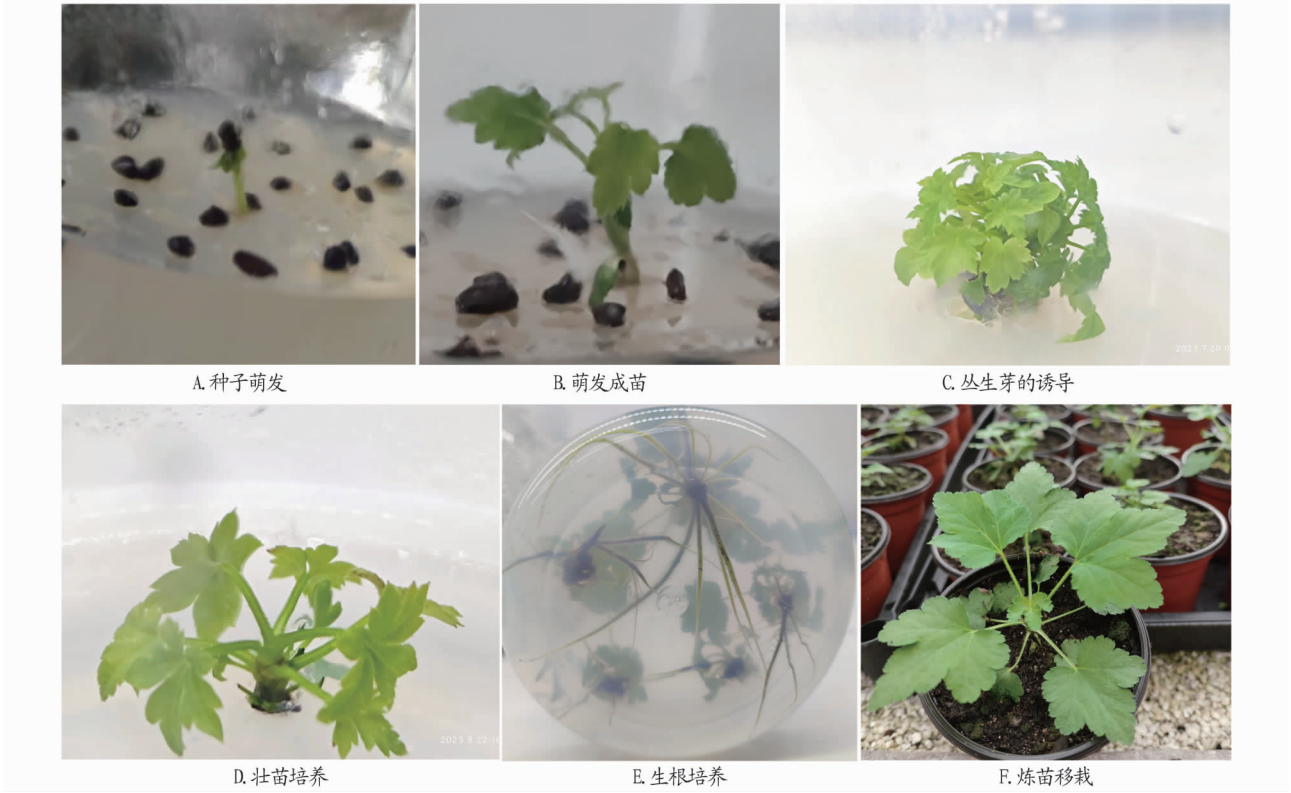


图 1 尖叶茶藨子种子无菌苗组培快繁

Fig.1 Tissue culture and rapid propagation of *Ribes maximowiczianum* Komarov sterile seedlings

表 2 氯化汞消毒时间对种子发芽效果的影响
Table 2 Effect of disinfection time of HgCl₂ on seeds germination

消毒时间 Disinfection time//min	接种数 Number of vaccinations	污染数 Pollution count	污染率 Pollution rate//%	萌发数 Germination number	萌发率 Germination rate//%
4	60	28	46.7	29	48.3
6	60	21	35.0	32	53.3
8	60	14	23.3	37	61.7
10	60	7	11.7	15	25.0

2.2 不同植物生长调节剂组合对丛生芽诱导的影响 由表 3 可知,不同浓度植物生长调节剂组合均可诱导出尖叶茶藨子的丛生芽(图 1C),但其增殖系数差异较大,且丛生芽的生

长情况明显不同。当 6-BA 浓度为 0.5 mg/L 时,不同组合处理的芽增殖系数为 2.3~3.2,其中与 0.10 mg/L NAA 组合处理的分生芽最少,增殖系数仅为 2.3,丛生芽较小且叶色偏黄;当 6-BA 浓度为 1.0、2.0 mg/L 时,不同组合处理的芽增殖系数均在 4.5 及以上,其中 2.0 mg/L 6-BA 与 0.05 mg/L NAA 组合处理的增殖效果最佳,芽增殖系数最高,达 7.5,诱导的分生芽多、粗壮且生长旺盛;1.0 mg/L 6-BA 与 0.05 mg/L NAA 组合处理的芽增殖系数高达 6.7,但其丛生芽小、生长缓慢且伴有少量愈伤组织,不利于后期培养。因此,从芽增殖系数和分生芽的生长情况看,适合尖叶茶藨子丛芽增殖的最佳激素组合为 6-BA 2.0 mg/L+NAA 0.05 mg/L。

表 3 不同植物生长调节剂组合对丛生芽诱导的影响

Table 3 Effects of different combinations of plant growth regulators on the induction of cluster buds

处理 Treatment	6-BA mg/L	NAA mg/L	芽增殖系数 Sprout proliferation coefficient	丛生芽生长情况 Growth status of cluster buds
1	0.5	0.05	3.2	丛生芽小,少量愈伤
2	0.5	0.10	2.3	丛生芽小,叶黄
3	0.5	0.50	2.4	丛生芽小,叶黄
4	1.0	0.05	6.7	丛生芽小,生长缓慢,少量愈伤
5	1.0	0.10	5.9	丛生芽小,生长缓慢
6	1.0	0.50	4.8	丛生芽小,生长缓慢
7	2.0	0.05	7.5	丛生芽粗壮,生长旺盛
8	2.0	0.10	5.6	丛生芽粗壮,少量愈伤
9	2.0	0.50	4.5	丛生芽粗壮,黄化,少量愈伤

2.3 不同植物生长调节剂组合对试管苗壮苗培育的影响

由于丛生芽的增殖系数较高,芽苗细弱,采用不同生长调节剂组合及添加马铃薯泥对其进行壮苗培养(图 1D),以获得大量的健壮芽苗,有利于后期生根培养。由表 4 可知,只添加土豆泥的处理组可以促进芽苗生长,但生长缓慢且芽苗细弱,添加不同植物生长调节剂后基部明显膨大。当 6-BA 浓度为 0.1 mg/L、NAA 为 0.05 mg/L 时,芽苗的基部膨大且粗壮,长势最好;当 6-BA 浓度为 0.5 mg/L 时,芽苗虽有长高且基部膨大,但出现增殖现象或者产生少量愈伤组织,这都不利于壮苗培养。因此,尖叶茶藨子壮苗的最佳培养基为 MS+0.1 mg/L 6-BA+0.05 mg/L NAA+50 g 马铃薯泥+30 g 蔗

糖+8 g 琼脂。

2.4 不同浓度 IBA 对组培苗生根的影响

由表 5 可知,随着 IBA 浓度增加,生根率逐渐升高,生根数量也随之增多(图 1E)。当 IBA 浓度为 2.0 mg/L 时,生根率高达 100%,且生根数量也最多(6.33),根系生长状况良好,其主根多、粗壮、长,生根效果最佳。因此,1/2MS+IBA 2.0 mg/L 为最佳生根培养基。将生根 30 d 的瓶苗开盖在 25 ℃ 育苗室中炼苗 3 d(图 1F),保持其湿度为 70%左右。根部的培养基冲洗干净后,移栽至泥炭土:椰糠:珍珠岩体积比为 3:1:1 的混合基质中,置于 25 ℃ 育苗室中继续培养,采用弥雾降温系统及间歇式自动喷灌系统,保持育苗室内湿度 85%左右。30 d 后统计移栽的成活率达到 87.5%。

3 结论与讨论

该研究以宁夏尖叶茶藨子种子为试材,从种子消毒、丛生芽诱导、壮苗和生根 4 个方面对尖叶茶藨子的组织培养技术进行研究。试验结果表明,用 0.1% 升汞对尖叶茶藨子种子消毒 8 min 的效果较好,经过 GA₃ 浸泡后的尖叶茶藨子种子不仅缩短萌发时间,而且萌发率也有所提高。这之前研究的 GA₃ 浸种能显著促进宁夏尖叶茶藨子种子萌发的结果一致^[8]。周慧晶等^[9]研究发现,杂交菠萝种子在添加 0.8 mg/L GA₃ 培养基上萌发率最高,且所需时间最短,可见通过浸泡 GA₃ 溶液或者培养基中添加 GA₃ 都能明显促进种子萌发,后期可以尝试将尖叶茶藨子种子浸泡后再接种于添加 GA₃ 的培养基上。

表 4 不同植物生长调节剂对试管苗壮苗培养的影响

Table 4 Effects of different plant growth regulators on seedling culture

处理 Treatment	6-BA mg/L	NAA mg/L	马铃薯泥 Mashed potatoes // g	平均苗高 Average seedling height // cm	生长状况 Growth status
1	0	0	50	2.59	芽苗细弱,生长缓慢
2	0.1	0	50	3.12	基部膨大,芽苗较细弱
3	0.1	0.05	50	4.16	基部膨大,芽苗粗壮
4	0.1	0.10	50	4.10	基部膨大,长势好
5	0.5	0	50	4.02	基部膨大,芽苗增殖
6	0.5	0.05	50	3.69	基部膨大,芽苗增殖
7	0.5	0.10	50	2.96	基部膨大,少量愈伤组织

表 5 不同浓度 IBA 对生根的影响

Table 5 Effects of different concentrations of IBA on rooting

处理 Treatment	IBA mg/L	生根率 Rooting rate // %	生根数 Rooting number	根系生长状况 Root growth status
1	0	80	2.50	主根少,细弱
2	0.5	88	3.67	主根少,短
3	1.0	96	5.17	主根较多,粗壮
4	2.0	100	6.33	主根多,粗壮,长

一般来说,组培苗的增殖倍数在 3 倍以上就可以满足快速繁殖的要求,在丛生芽的诱导培养中,植物生长调节剂起了关键作用^[10]。该试验中采用不同浓度 6-BA 与 NAA 诱导丛生芽,随着浓度的变化,增殖倍数差异显著,2.0 mg/L 6-BA+0.05 mg/L NAA 组合的增殖效果最佳,增殖倍数高达 7.5。邹薇薇^[11]采用香茶藨子嫩茎诱导腋芽,平均增殖系数最高为

5.62,增殖的最佳激素组合和浓度为 6-BA 0.2 mg/L+NAA 0.10 mg/L+GA 0.5 mg/L。这说明可能较高浓度的 6-BA 能促进腋芽的增殖,也有可能与品种差异有关。

该试验的尖叶茶藨子是以腋芽诱导腋芽的方式进行增殖,以致于芽苗相对较弱,在培养基添加 0.1 mg/L 6-BA、0.05 mg/L NAA、50 g 马铃薯泥进行壮苗培养,芽苗基部明显膨大且粗壮。蝴蝶兰附加 100 g/L 马铃薯泥有利于组培苗生根壮苗培养^[12],玫瑰石斛在添加 50 g/L 马铃薯泥的培养基中生根壮苗情况最佳^[13],添加马铃薯泥 60 g/L 显著促进兰花新品种“小凤兰”试管苗生长^[14]。可见,在培养基中添加一定量的马铃薯泥能提高试管苗质量。

适宜浓度的生长素对生根有明显的促进作用,而过高浓度的生长素则抑制生根^[15]。杠柳组培苗最佳的生根培养基

(下转第 123 页)

提物对其冠下草坪草种子的萌发和幼苗生长的影响是该研究的目标。许多研究表明,化感作用有明显的“浓度效应”,当浓度达到受试植物所能承受的最大浓度时,会对植物生长产生抑制作用^[13]。笔者研究发现,火炬树果皮和落叶水浸液对多年生黑麦草和草地早熟禾的生长抑制作用随其水浸液浓度的增加而增强。例如,当果皮与落叶水浸液浓度为 0.005 g/mL 时,2 种草坪草的出苗率、幼苗的生长速率、株高与根长与 CK 差异不明显;当浓度为 0.100 g/mL 时,2 种草坪草的上述指标均低于 CK。相关研究也发现,火炬树叶片水浸液对高羊茅种子萌发有抑制作用,高浓度水浸液对高羊茅种子发芽抑制最明显^[3]。张宁等^[5]研究发现,火炬树叶片、根处理的荆条种子的发芽率受到强烈抑制作用,化感作用明显。不同浓度火炬树根水浸液对 4 种菊科植物表现为“低浓度促进,高浓度抑制”的效应^[13-16]。基于此,在火炬树下种植菊科植物时,笔者最初会在一定程度上抑制这些菊科植物的生长,但随着搭配种植时间的延长,后期影响并不明显或趋于稳定^[4]。笔者建议在植物修复中,尽量避免在火炬树下或周边种植荆条,如果种植需认真考虑二者的距离,以免受到火炬树对荆条的化感抑制作用。此外,笔者研究发现,多年生黑麦草的出苗率、生长速率、生物量、株高与根长均高于草地早熟禾,草地早熟禾表现出更易受火炬树水浸液的影响。贾宝龙等^[17]通过研究火炬树的化感效应发现,火炬树对草地早熟禾的化感作用较强,认为该植物不适宜作为火炬树的伴生植物进行种植。因此,在选择适应火炬树冠下的草坪草种类时,为了避免火炬树的化感抑制作用,多年生黑麦草将是建设优良草坪的优先选择种类。结合该研究结果及前人研究^[15,18],应及时清除火炬树冠下凋落物和残枝,同时让火炬树与其他地被植物保持一定的种植距离是提高火炬树冠下优质草坪建设的有利措施。

4 结论

该研究结果表明,火炬树水浸液通过降低多年生黑麦草和草地早熟禾的出苗率、幼苗生长速率、根长、株高、生物量

来影响 2 种草坪草的生长。火炬树果皮和落叶水浸液对草坪草幼苗的抑制作用随其浓度增加而逐渐增强。相同浓度下,火炬树果皮水浸液对幼苗生长的抑制作用大于落叶水浸液处理。0.100 g/mL 水浸液对 2 种草坪草幼苗生长的抑制作用明显高于 CK,表现出强烈的幼苗生长抑制作用。不同浓度的火炬树果皮和落叶水浸液对草地早熟禾幼苗的抑制作用大于对多年生黑麦草。

参考文献

- [1] 高承芳,翁伯琦,王义祥,等.植物化感作用对牧草影响的研究进展[J].中国草地学报,2009,31(3):92-99.
- [2] 侯玉平,柳林,王信,等.外来植物火炬树水浸液对土壤微生物生态系统的化感作用[J].生态学报,2013,33(13):4041-4049.
- [3] 韦志刚.火炬树水浸液对高羊茅种子萌发的影响[J].农业与技术,2018,38(11):36-38.
- [4] 李怡莹.火炬树水浸液对 4 种菊科植物的化感作用[D].长春:吉林农业大学,2018.
- [5] 张宁,曹淑慧,毛伟伟.火炬树的化感作用对荆条种子萌发的影响研究[J].辽宁大学学报(自然科学版),2021,48(2):168-177.
- [6] 董芳瑾,金鑫麟,李华清,等.火炬树水浸液对苏丹草和狗尾草的化感作用[J].安徽农业科学,2021,49(4):119-120,140.
- [7] 韦梅,王舒,伍丙德,等.入侵种火炬树叶功能性状在中国北部的变异性(英文)[J].中南大学学报,2020,27(1):155-163.
- [8] 许正强,王效玉.兰州地区绿地草坪养护管理技术[J].草原与草坪,2001,21(4):46-47.
- [9] 胡玉佳,管东生.香港草地群落类型及生物量的研究[J].草原与草坪,2000,20(1):19-22.
- [10] 马文育.火炬树根水浸液对 4 种菊科植物土壤微生物碳源利用的影响[D].长春:吉林农业大学,2019.
- [11] 杨期和,叶万辉,廖富林,等.植物化感物质对种子萌发的影响[J].生态学杂志,2005,24(12):1459-1465.
- [12] 李轩,卢海博,黄智鸿,刺果瓜甲醚提取物对植物化感作用的研究[J].杂草学报,2016,34(4):23-27.
- [13] 谢星光,陈晏,卜元卿,等.酚酸类物质的化感作用研究进展[J].生态学报,2014,34(22):6417-6428.
- [14] 彭少麟,邵华.化感作用的研究意义及发展前景[J].应用生态学报,2001,12(5):780-786.
- [15] 陈锋,孟永杰,帅海威,等.植物化感物质对种子萌发的影响及其生态学意义[J].中国生态农业学报,2017,25(1):36-46.
- [16] 柴强,黄高宝.植物化感作用的机理、影响因素及应用潜力[J].西北植物学报,2003,23(3):509-515.
- [17] 贾宝龙,吴立桐,李可喻,等.火炬树叶片水浸液对地被植物种子萌发的化感效应[J].现代农业科技,2022(18):87-90,98.
- [18] JOSE S,GILLESPIE A R.Allelopathy in black walnut (*Juglans nigra* L.) alley cropping.I.Spatio-temporal variation in soil juglone in a black walnut-corn (*Zea mays* L.) alley cropping system in the midwestern USA [J].Plant and soil,1998,203(2):191-197.

(上接第 117 页)

配方为 1/2 MS+IBA 0.5 mg/L+蔗糖 25 g/L,该培养条件下生根率达 91.67%^[16]。尖叶茶藨子在生根诱导试验中发现,在 1/2MS 培养基中添加 2.0 mg/L IBA 时,主根多、粗壮、长,生根效果最佳。

参考文献

- [1] 固原市地方志办公室.固原树木图志[M].西安:陕西新华出版传媒集团,陕西人民出版社,2017.
- [2] 任毅.黑龙江省木本植物彩色图志[M].哈尔滨:黑龙江科学技术出版社,2018.
- [3] 林祁,林云,赵阳.中国野菜野果的识别与利用——野果卷[M].郑州:河南科学技术出版社,2017.
- [4] 辽河流域高等植物图鉴编委会.辽河流域高等植物图鉴[M].北京:中国环境出版社,2017.
- [5] 沈效东.宁夏木本观果植物应用与研究[M].北京:中国林业出版社,2019.
- [6] 邓睿.陕西省茶藨子属分类学研究[D].哈尔滨:东北林业大学,2022.
- [7] 武晶.辽东山地植物多样性垂直分异及与土壤环境的关系[D].大连:辽

宁师范大学,2009.

- [8] 林丽霞,林建忠,张雪芹,等.赤霉素浸种对宁夏尖叶茶藨子种子萌发的影响[J].福建林业,2021(5):41-43.
- [9] 周慧晶,孙婧朗,郑珂媛,等.杂交菠萝种子无菌萌发及快繁体系建立[J/OL].分子植物育种,2022-06-29[2023-09-01].https://kns.cnki.net/kcms/detail/46.1068.S.20220628.1407.004.html.
- [10] 吴秀燕,张鸽香.美国流苏离体胚的组织培养与快速繁殖[J].植物生理学报,2017,53(2):227-233.
- [11] 邹薇薇.香茶藨子快繁体系的建立[D].呼和浩特:内蒙古农业大学,2016.
- [12] 毛奎静,蘇俊明,崔永一.蝴蝶兰“满天红”不定芽再生途径组织培养探究[J/OL].分子植物育种,2022-04-26[2023-09-05].https://kns.cnki.net/kcms/detail/46.1068.S.20220425.1438.012.html.
- [13] 许丁帆,何远秦,刘艳军,等.玫瑰石斛组培快繁体系的建立[J].天津农业科学,2022,28(5):1-4.
- [14] 杨靖,谢利,曾瑞珍,等.影响“小凤兰”根状茎增殖、分化和吐苗的因素研究[J].北方园艺,2016(2):105-109.
- [15] 翟晓巧.木本植物组织培养技术及应用[M].郑州:中原农民出版社,2009.
- [16] 牛小云,魏佳慧,张朋,等.杠柳茎段组培快繁体系建立[J].分子植物育种,2024,22(20):6857-6865.