

文章编号:1001-7380(2017)04-0008-05

金红茵芋离体快速繁殖技术的研究

黄益基^{1,2},吕秀立^{1,3,4*},付 瑞⁵,郭小芳⁵,方 腾⁶

(1.上海市园林科学规划研究院,上海 200232; 2.浙江省长兴县水口乡林业工作站,浙江 长兴 313108;
3.上海城市困难立地绿化工程技术研究中心,上海 200232; 4.国家林木种质资源平台—上海子平台,上海 200232;
5.德州世纪风园艺科技创新有限公司,山东 德州 253500; 6.嘉善县笠歌生态科技有限公司,浙江 嘉善 314113)

摘要:为了建立完善的金红茵芋快速繁殖技术体系,以带腋芽茎段为外植体,对其进行了离体培养。结果表明:初代培养基以 MS+0.2 mg/L ZT+0.04 mg/L IBA+5.0 mg/L GA₃ 较为适宜,外植体诱导率最高达 85%;最佳增殖培养基是 MS+1.0 mg/L ZT+0.5 mg/L KT+0.1 mg/L IBA,培养 30 d 后,增殖率达 3.6,试管苗高度达 2.0 cm;生根培养基以 1/2MS+1.0 mg/L IBA 效果为最佳,生根率达 90%;适时移栽入泥炭+蛭石+珍珠岩+有机肥(体积比为 6:2:1:1)的混合基质中,成活率在 80%以上。

关键词:金红茵芋;带腋芽茎段;外植体;诱导;增殖;生根;基质

中图分类号:Q 943.1;Q 949.752.7

文献标志码:A

doi:10.3969/j.issn.1001-7380.2017.04.002

Research of in vitro rapid propagation technique of *Skimmia japonica* 'rnbella'

HUANG Yi-ji^{1,2}, LYU Xiu-li^{1,3,4*}, FU Rui⁵, GUO Xiao-fang⁵, FANG Teng⁶

(1.Shanghai Academy of Landscape Architecture Science and Planning, Shanghai 200232, China; 2.Forestry Station of Shuikou Town, Changxing County, Zhejiang, Changxing 313108, China; 3.Shanghai Engineering Research Center of Landscaping on Challenging Urban Sites, Shanghai 200232, China; 4. Shanghai Sub-platform, National Forest Genetic Resources Platform, Shanghai 200232, China; 5.Dezhou Shijifeng Horticulture Innovation CO., Ltd, Dezhou 253500, China; 6.Jiashan County Ecological Technology CO., Ltd, Zhejiang, Jiashan 3141113, China)

Abstract: The nodal segments with auxiliary bud from *Skimmia japonica* 'rnbella' were used as explants for micro-propagation. After the explants were cultured on the MS media with 0.2 mg/L ZT, 0.04 mg/L IBA and 5.0 mg/L GA₃ for 30 days, the sprout induction percentage reached 85%. During the multiplication stage of 30 days, the sprouts cultured on the MS medium with 1.0 mg/L ZT, 0.5 mg/L KT and 0.1 mg/L IBA could get shoot multiplication of 3.6, and height of 2.0 cm. In the consecutive rooting step, isolated shoots placed in 1/2 MS media containing 1.0 mg/L IBA could get the rooting rate of 90%. The survival of plantlets was more than 80% for the appropriate time of transplant, with transplant substrate mixture(containing peat soil, vermiculite, perlite and manure) fixed as a volume ratio of 6:2:1:1.

Key words: *Skimmia japonica* 'rnbella'; Nodal segment; Explant; Induction; Multiplication; Rooting; Substrate

茵芋属(*Skimmia* Thunb.)植物为芸香科常绿花灌木,世界已知有 7 或 8 种,分布于喜马拉雅山至日本,我国有 3 或 4 种,产西南部至南部^[1-2],野生于

山林、溪谷、路旁等处。喜温暖气候和光照充足的地方,稍耐阴,喜湿润、肥沃壤土,不耐寒,园林中常作林缘种植,也可作盆景^[3]。除此之外,茵芋还是

收稿日期:2017-06-06;修回日期:2017-07-11

基金项目:上海市种业发展项目“特色蔬菜资源收集、特色良种筛选及标准化繁育”(沪农科种字(2015)第 8 号);上海市崇明区可持续发展科技创新行动计划“岩白菜种植技术集成与示范应用”(CK2017-50)

作者简介:黄益基(1973-),男,浙江长兴人,工程师,大学本科毕业。主要从事林木良种选育工作。E-mail:skh9592@126.com。

* **通信作者:**吕秀立(1980-),女,山东德州人,高级工程师,硕士。专业方向:林木遗传育种。E-mail:tkdyun@163.com。

一种传统中药,具有镇痛、抗炎效果,相关学者在茵芋属的植物成分、药理、临床应用^[4]等方面做了诸多研究。目前茵芋主要依靠籽播、扦插进行繁殖^[5-6]。近些年流行的园艺栽培品种金红茵芋,也称鲁贝拉茵芋、金丝香茵,圆锥花序顶生,小花乳白色,极芳香,可提取芳香油。浆果红色,秋冬季节经久不落,深受人们喜爱(见图1A),其切枝也是插花高级花材,种子可榨油。然扦插成活率不到20%,且后代容易积累病毒,严重影响观赏品质;用种子进行繁殖,后代会出现分离,不能保持母株的优良特性,从播种至开花周期较长;国外进口种苗价格昂贵。目前仅见红星茵芋组织培养的报道^[7-9],未见其他茵芋品种的研究报道。本课题组探索了组织培养方式繁殖金红茵芋,历时2 a,建立了完善的生产技术体系,并开始标准化生产。

1 材料与方法

1.1 试验材料

金红茵芋由嘉善县笠歌生态科技有限公司提供,选择健壮无病虫害植株,以带腋芽茎段作为外植体,进行组织培养。

1.2 灭菌方法

3—5月,于晴朗午后取样,去枝叶,将茎段剪成长2 cm,每节带1个腋芽或顶芽。用自来水流水冲洗2 h,于超净工作台上,先用72%的乙醇浸泡30 s,再用不同灭菌剂浸泡不同时间,最后用无菌水冲洗5—6次。筛选最佳灭菌剂和灭菌时间。

1.2.1 不同灭菌时间对外植体存活率的影响 设定灭菌剂升汞的质量分数为0.15%,5个不同灭菌时间为6,8,10,12,15 min,比较其对外植体成活率的影响,重复3次。存活率=存活数/接种数 \times 100%。

1.2.2 不同灭菌剂对外植体存活率的影响 以升汞和次氯酸钠分别作为灭菌剂,升汞的质量分数分别为0.10%,0.15%,0.20%,次氯酸钠溶液的质量分数分别为5%,10%和15%。灭菌时间均为10 min,重复3次,计算存活率。

1.3 配方设计

借鉴现有文献^[9-10]报道中筛选出的适宜培养基,初代、增殖和生根阶段采用MS为基础培养基,添加不同质量浓度的不同激素类物质。

初代诱导培养基中,ZT质量浓度设计0.01,0.05,0.1,0.2,0.5,1.0 mg/L 6种;IBA质量浓度设计0.01,0.02,0.04,0.05,0.1 mg/L 5种;GA₃质量

浓度设计0.5,1.0,2.0,4.0,5.0,6.0,8.0,10.0,12.0 mg/L 9种。具体操作:先以0.01 mg/L IBA+不同质量浓度的ZT培养基进行初代诱导,根据诱导率(出芽外植体数/接种数 \times 100%)筛选最佳ZT质量浓度;再以此ZT质量浓度+不同质量浓度的IBA培养基培养,筛选最佳IBA质量浓度;最后以最佳ZT质量浓度+最佳IBA质量浓度+不同质量浓度的GA₃,确定GA₃最佳质量浓度。

增殖阶段,ZT质量浓度设为0.1,0.5,1.0,2.0,3.0 mg/L 计5种;KT质量浓度设为0.01,0.05,0.1,0.5,1,2 mg/L 计6种;IBA质量浓度设0.01,0.02,0.05,0.1,0.2,0.3 mg/L 计6种;同时添加5.0 mg/L GA₃。具体操作:先以0.01 mg/L IBA+不同质量浓度的ZT培养基进行增殖诱导,根据增殖系数(增殖株数/接种数)筛选最佳ZT质量浓度;再以此ZT质量浓度+0.01 mg/L IBA+不同质量浓度KT培养基培养,筛选最佳KT质量浓度;最后以最佳ZT质量浓度+最佳KT质量浓度+不同质量浓度的IBA,确定IBA最佳质量浓度。

生根阶段,采用1/2MS为基础培养基,IBA质量浓度设计为0.1,0.25,0.5,1.0,2.0,3.0 mg/L 6种。根据生根率(生根株数/接种数 \times 100%)筛选最佳生根培养基。切割不定芽进行诱根培养时,基部要切除干净,切口平整,保留叶片2对。

各种培养基pH为5.75,蔗糖3%,琼脂0.64%,分装后在高压灭菌锅121℃条件下保持18 min。

1.4 培养条件

除特别说明外,无菌苗于光照条件下培养,光照强度为1 500 lx,光周期12 h/d,温度25℃。

1.5 数据统计

统计数据时,每种处理调查20个,重复3次,统计诱导率、芽增殖率、生根率和移栽成活率。采用Excel 2007和SPSS 18.0软件对数据进行统计分析。采用单因素方差分析(one-way ANOVA)和Duncan法进行多重比较($\alpha=0.05$)。

1.6 移栽驯化

生根试管苗洗净培养基后,移栽于混合基质中,移栽初期,注意保湿、控温。

2 结果与分析

2.1 无菌材料的获得

2.1.1 不同灭菌时间对外植体存活率的影响 使用质量分数为0.15%的升汞灭菌,灭菌时间为6 min

时,外植体全部污染或死亡;12 min 时虽然有存活的无菌外植体,但由于灭菌时间过长,存活率极低,仅为 5%。存活率最高的灭菌时间是 10 min,与其他处理相比,显著提高到 15%(见表 1),所以筛选最佳灭菌时间为 10 min。

表 1 0.15%升汞的不同灭菌时间对外植体存活率的影响

类别	灭菌时间/min				
	6	8	10	12	15
接种数/个	200	200	200	200	200
存活数/个	0±0 d	20±1 b	30±1 a	10±0 c	10±1 c
存活率/%	0±0 d	10±0.5 b	15±0.5 a	5±0 c	5±0.5 c

表中数据为平均值±标准误(n=3);同行数据后不同小写字母表示 0.05 水平上存在显著性差异

2.1.2 不同灭菌剂对外植体存活率的影响 灭菌时间设为 10 min,当升汞质量分数为 0.10%时,外植

体污染严重,没有得到无菌苗;而当升汞为 0.20%时,外植体又受消毒液毒害全部死亡。与升汞处理效果比较,次氯酸钠溶液的灭菌效果显著降低(见表 2),最高仅为 5%。所以筛选质量分数为 0.15%的升汞为最佳灭菌剂,外植体存活率最高为 15%,后期能够萌发出无菌苗。

2.2 初代培养

无菌外植体初代培养 30 d 后,结果显示,当 ZT 质量浓度为 0.05—0.5 mg/L 时,外植体都可以萌发生长,其中质量浓度为 0.2 mg/L 时,外植体萌发诱导率达到 60%,并且没有出现分化现象,有利于后期增殖培养的统计分析;当质量浓度为 0.5 mg/L 及以上时,诱导率虽然达 65%,但培养后期出现分化现象,不利于增殖培养的统计分析。筛选 0.2 mg/L ZT 为最佳质量浓度,与低于此质量浓度的其他处理比较,差异显著(见表 3)。

表 2 不同灭菌剂对外植体存活率的影响

类别	升汞/%			次氯酸钠/%		
	0.10	0.15	0.20	5	10	15
接种数/个	200	200	200	200	200	200
存活数/个	0±0 c	30±2 a	0±0 c	0±0 c	10±1 b	0±0 c
存活率/%	0±0 c	15±1 a	0±0 c	0±0 c	5±0.5 b	0±0 c

表中数据为平均值±标准误(n=3);同行数据后不同小写字母表示 0.05 水平上存在显著性差异

表 3 在含 0.01 mg/L IBA 培养基中加入不同质量浓度的 ZT 对初代诱导的影响

ZT/(mg/L)	接种数/个	诱导数/个	诱导率/%	其他情况
0.01	20	1±0 e	5±0 e	无分化
0.05	20	5±1 d	25±5 d	无分化
0.1	20	8±1 c	40±5 c	无分化
0.2	20	12±1 b	60±5 b	无分化
0.5	20	13±1 b	65±5 b	少量分化
1.0	20	15±0 a	75±0 a	分化

表中数据为平均值±标准误(n=3);同列数据后不同小写字母表示 0.05 水平上存在显著性差异

在培养基 MS+0.2 mg/L ZT 的基础上,添加不同质量浓度的 IBA,发现添加 IBA 对于外植体诱导率没有明显影响,但对于外植体的生长培养影响显著。培养 30 d 后,在 0.02—0.05 mg/L 范围内,伸长明显,在 0.04 mg/L IBA 的培养基中,外植体生长至 1 cm,基部没有生根现象;当 IBA 质量浓度为 0.05 mg/L 及以上时,外植体虽然也有生长,但基部

出现生根现象,不利于后期的增殖培养。筛选 0.04 mg/L 为 IBA 的最佳质量浓度,与低于此质量浓度的其他处理组比较,生长情况差异显著(见表 4)。

表 4 在含 0.2 mg/L ZT 培养基中加入不同质量浓度的 IBA 对初代诱导的影响

IBA/(mg/L)	接种数/个	诱导数/个	诱导率/%	生长/cm 及其他情况
0.01	20	12±1 a	60±5 a	0.5±0.1 d,无根
0.02	20	12±0 a	60±0 a	0.7±0 c,无根
0.04	20	13±2 a	65±10 a	1±0.1 b,无根
0.05	20	12±1 a	60±5 a	1.1±0.1 ab,出现根
0.1	20	13±1 a	65±5 a	1.2±0.1 a,出现根

表中数据为平均值±标准误(n=3);同列数据后不同小写字母表示 0.05 水平上存在显著性差异

在培养基 MS+0.2 mg/L ZT +0.04 mg/L IBA 的基础上,添加不同质量浓度的 GA₃,发现其可以促进外植体的萌发,利于试管苗的生长。当 GA₃质量浓度

在 2—10 mg/L 范围时,诱导率在 65%—85%;其中质量浓度为 5.0 mg/L 时,诱导率达到最高为 85%(见图 1B),与低于此质量浓度的其他处理比较,差异显著(见表 5),筛选 5.0 mg/L 为 GA₃ 最佳质量浓度。由此确定 MS+0.2 mg/L ZT +0.04 mg/L IBA+5.0 mg/L GA₃ 为‘鲁贝拉’茵芋最佳初代培养基。

表 5 不同 GA₃ 质量浓度水平对初代诱导的影响

GA ₃ /(mg/L)	接种数/个	诱导数/个	诱导率/%
0.5	20	8±1 d	40±5 d
1.0	20	11±1 c	55±5 c
2.0	20	13±1 bc	65±5 bc
4.0	20	15±1 ab	75±5 ab
5.0	20	17±2 a	85±10 a
6.0	20	17±2 a	85±10 a
8.0	20	15±1 ab	75±5 ab
10.0	20	14±1 b	70±5 b
12.0	20	6±1 d	30±5 d

表中数据为平均值±标准误(n=3);同列数据后不同小写字母表示 0.05 水平上存在显著性差异

2.3 诱导和分化

初代诱导培养基上诱导出的试管苗,待其逐渐长大,获得一定量试管苗时,挑选高度 0.5 cm、颜色嫩绿的试管苗,同批次转入增殖培养基中,筛选适宜增殖培养基。结果显示,当 ZT 质量浓度为 0.5—2 mg/L 时,增殖系数在 2 以上,其中质量浓度为 1 mg/L 时,增殖系数最高(2.4),与其他处理比较,差异显著(见表 6)。

表 6 含 0.01 mg/L IBA 培养基中加入不同质量浓度的 ZT 对芽增殖的影响

ZT/(mg/L)	转入增殖培养基中的芽苗数/个	增殖芽数/个	增殖系数
0.1	20	29±2 c	1.45±0.1 c
0.5	20	41±1 b	2.05±0.05 b
1.0	20	48±3 a	2.4±0.15 a
2.0	20	43±1 b	2.15±0.05 b
3.0	20	32±2 c	1.6±0.1 c

表中数据为平均值±标准误(n=3);同列数据后不同小写字母表示 0.05 水平上存在显著性差异

在 MS+1.0 mg/L ZT +0.01 mg/L IBA 培养基的基础上,添加不同质量浓度的 KT,观察不同质量浓度的 KT 对试管苗增殖的影响,培养 30 d 后统计。

结果显示,在 0.05—1.0 mg/L 的范围内,增殖系数都可以超过 3;其中 KT 质量浓度为 0.5 mg/L 时,增殖系数最高(3.4),与其他处理比较,差异显著(见表 7);而当 KT 质量浓度达到 1.0 mg/L 时,试管苗基部出现愈伤组织,不利于后期生根诱导。

表 7 在含 0.01 mg/L IBA+1.0 mg/L ZT 培养基中加入不同质量浓度的 KT 对芽增殖的影响

KT/(mg/L)	转入培养基中的芽苗数/个	增殖芽数/个	增殖系数	其他情况
0.01	20	50±2 c	2.5±0.1 c	无愈伤
0.05	20	63±1 b	3.15±0.05 b	无愈伤
0.1	20	65±2 ab	3.25±0.1 ab	无愈伤
0.5	20	68±3 a	3.4±0.15 a	无愈伤
1.0	20	64±2 b	3.2±0.1 b	愈伤
2.0	20	63±2 b	3.15±0.1 b	愈伤

表中数据为平均值±标准误(n=3);同列数据后不同小写字母表示 0.05 水平上存在显著性差异

在 MS+1.0 mg/L ZT +0.5 mg/L KT 培养基中,添加不同质量浓度的 IBA,培养 30 d 后统计。结果显示,IBA 对增殖培养没有明显影响,但对试管苗的高生长影响显著。在 0.02—0.2 mg/L 范围内,试管苗高度为 1.1—2.0 cm,其中当 IBA 质量浓度为 0.1 mg/L 时,试管苗高度达到 2 cm(见图 1C,D),健壮整齐,与其他处理组比较,高生长情况,差异显著(见表 8);当质量浓度达到 0.3 mg/L 时,试管苗出现生根现象,不利于后期统一生根培养。筛选 MS+1.0 mg/L ZT +0.5 mg/L KT +0.1 mg/L IBA 为‘金红’茵芋试管苗增殖的最佳培养基。

表 8 在含 1.0 mg/L ZT +0.5 mg/L KT 培养基中加入不同质量浓度的 IBA 对芽增殖的影响

IBA/(mg/L)	转入培养基中的芽苗数/个	增殖芽数/个	增殖系数	高生长/cm
0.01	20	68±3bc	3.4±0.15 bc	0.6±0.1 d
0.02	20	67±1 c	3.35±0.05 c	1.1±0.2 c
0.05	20	69±1 bc	3.45±0.05 bc	1.5±0.2 b
0.1	20	72±1 a	3.6±0.05 a	2.0±0.3 a
0.2	20	70±2 ab	3.5±0.1 ab	1.8±0.2 ab
0.3	20	70±1 ab	3.5±0.05 ab	1.8±0.2 ab,生根

表中数据为平均值±标准误(n=3);同列数据后不同小写字母表示 0.05 水平上存在显著性差异

2.4 生根培养

IBA 对生根影响结果见表 9。附加 IBA 的质量浓度低于 2.0 mg/L 时,生根率随质量浓度的增加而增加,产生不定根的时间随质量浓度的增加而缩短。当超过 2.0 mg/L 时,生根率开始下降,同时产生少量愈伤组织。在 0.5—2.0 mg/L 质量浓度范围内,培养 15 d 左右幼苗基部分化出根原基,30 d 后可以长至 2—4 cm,生根率在 65%以上,叶色浓绿舒展,形成了完整的试管苗;当 IBA 质量浓度为 1.0 mg/L 时,生根率达到最高,为 90%(见图 1E),与其他处理相比较,差异显著。

表 9 不同 IBA 水平对生根的影响

IBA/ (mg/L)	转入培养基中的 芽苗数/个	生根条数/ 个	生根率/ %	愈伤组织
0.1	20	0±0 e	0±0 e	无
0.25	20	7±2 d	35±10 d	无
0.5	20	13±2 c	65±10 c	无
1.0	20	18±2 a	90±10 a	无
2.0	20	17±2 ab	85±10 ab	无
3.0	20	15±1 bc	75±5 bc	少量

表中数据为平均值±标准误(n=3);同列数据后不同小写字母表示 0.05 水平上存在显著性差异

2.5 试管苗移栽

根系长至 0.5 cm 左右时,选择根系发达生长健壮的无菌苗,室内开瓶炼苗 3 d,取出后洗净根部琼脂,移栽入混合基质中。混合基质配方借鉴周芳勇

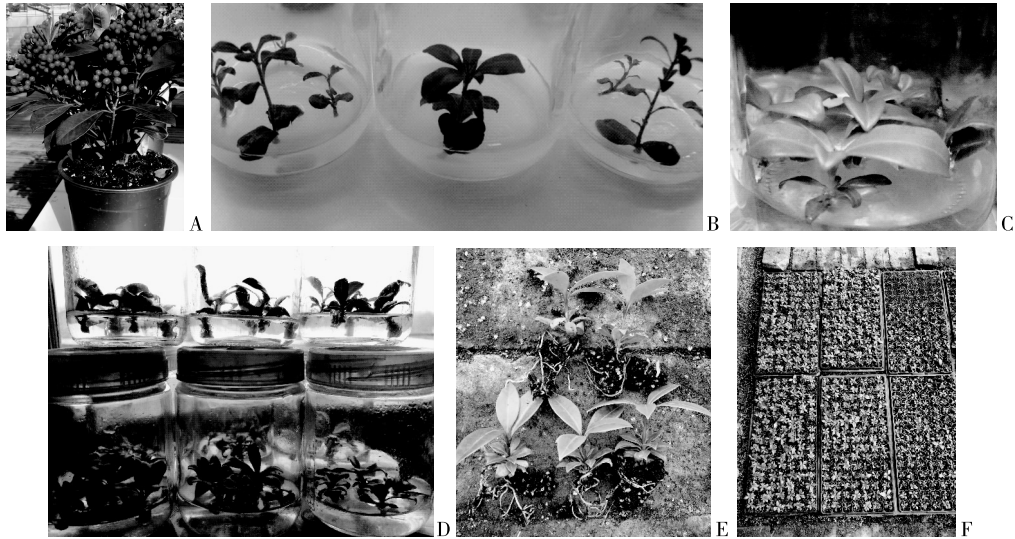
等筛选的配方^[10],即泥炭+蛭石+珍珠岩+有机肥(体积比为 6:2:1:1)的混合基质中。该混合基质质地轻,透水性和透气性良好,持水率在 2.4 倍以上,全氮量也较高,营养充足。茵芋试管苗在温室中驯化 45 d 后,即可移栽于室外,给予肥水管理。在 4 月或者 10 月移栽,成活率最高为 80%(见图 1F)。

3 分析与讨论

课题组对筛选表现优良的金红茵芋品种进行了开发研究,克服了常绿芳香木本植物离体培养启动困难,分化率低,周期长等诸多问题,形成了完善的快速繁殖技术,并开始进行规模化生产,在一定程度上满足市场需求,对工厂化育苗技术的推广和应用起到良好的示范作用,在常绿芳香木本植物的繁殖上积累了丰富的经验。

本研究以带腋芽的茎段为起始外植体,在初代诱导培养、增殖培养和生根培养阶段,通过设计不同激素及不同质量浓度,逐步筛选最佳激素及其质量浓度。结果表明:初代培养基 MS+0.2 mg/L ZT + 0.04 mg/L IBA+5.0 mg/L GA₃较适宜,诱导率最高达 85%;最佳增殖培养基是 MS+1.0 mg/L ZT +0.5 mg/L KT +0.1 mg/L IBA,培养 30 d,增殖率为 3.6,试管苗高度达 2.0 cm;生根培养基 1/2 MS+1.0 mg/L IBA 效果最佳,生根率达 90%;适时移栽入泥炭+蛭石+珍珠岩+有机肥(体积比为 6:2:1:1)的混合基质中,成活率在 80%以上。本研究筛选出最佳

(下转第 17 页)



A.冬季植株; B.初代培养; C,D.增殖培养; E.生根试管苗; F.穴盘苗

图 1 ‘金红’茵芋快速繁殖过程

参考文献:

- [1] 金国庆, 秦国峰, 储德裕, 等. 杂种马褂木扦插繁殖技术的研究[J]. 林业科学研究, 2006, 19(3): 370-375.
- [2] 陈广辉, 王军辉, 张守攻, 等. 世界云杉采穗圃研究现状及研究重点[J]. 山东农业大学学报(自然科学版), 2007, 38(4): 650-653.
- [3] 金江群, 郭泉水, 朱 莉, 等. 中国特有濒危植物崖柏扦插繁殖研究[J]. 林业科学研究, 2013, 26(1): 94-100.
- [4] 胡勤鸿, 欧阳芳群, 贾子瑞, 等. 欧洲云杉扦插生根影响因子研究与生根力优良单株选择[J]. 林业科学, 2014, 50(2): 42-49.
- [5] 王帮顺, 何必庭, 陈杏林, 等. 红豆树根插育苗技术[J]. 浙江林业科技, 2015, 35(5): 65-68.
- [6] 马常耕. 无性系林业和无性系育种[J]. 湖南林业科技, 1986, (4): 2-3.
- [7] KOSSUTH S V. Induction of fascicular bud development in *Pinus sylvestris* L.[J]. Hort Science, 1978, 13(2): 174-176.
- [8] 罗建勋. 英国西加云杉和落叶松的无性繁殖[J]. 世界林业研究, 1997, 317(3): 60-65.
- [9] 来 端. 火炬松、湿地松和马尾松采穗圃营建技术[J]. 福建林学院学报, 2001, 21(2): 165-168.
- [10] HOLMSTRÖM E, HJELM K, JOHANSSON U, et al. Pre-commercial thinning, birch admixture and sprout management in planted Norway spruce stands in South Sweden[J]. Scandinavian Journal of Forest Research, 2016, 31(1): 56-65.
- [11] 吴幸连. 不同密度、截干高和基肥对桉树采穗圃插穗产量的影响[J]. 桉树科技, 2008, 25(2): 12-15.
- [12] O'HARA K L, YORK R A, HEALD R C. Effect of pruning severity and timing of treatment on epicormic sprout development in giant sequoia[J]. Forestry, 2008, 81(1): 103-110.
- [13] LIU Z L, FANG S Z, LIU D, et al. Influence of thinning time and density on sprout development, biomass production and energy stocks of sawtooth oak stumps [J]. Forest Ecology and Management, 2011, 262(2): 299-306.
- [14] 朱万泽, 王金锡, 罗成荣, 等. 森林萌生更新研究进展[J]. 林业科学, 2007, 43(9): 74-82.
- [15] WU L, SHINZATO T, NISHIHATA O, et al. Characteristics of sprout natural regeneration of evergreen broad-leaved forest dominated by *Castanopsis sieboldii* in Okinawa: (I). Studies on mortality and decay of stumps[J]. Science Bulletin of the College of Agriculture-University of Ryukyus (Japan), 2000, 47: 145-157.
- [16] Mc CARTHY R, EKÖ P M K, RYTTER L K. Reliability of stump sprouting as a regeneration method for poplars; clonal behavior in survival, sprout straightness and growth[J]. Silva Fennica, 2014, 48(3): 1-9.
- [17] KEYSER T L, ZARNOCH S J. Stump sprout dynamics in response to reductions in stand density for nine upland hardwood species in the southern Appalachian Mountains[J]. Forest Ecology and Management, 2014, 319(5): 29-35.

(上接第12页)

培养基及最佳基质配比,为金红茵芋产业化开发提供理论依据,从而为大量繁殖优质金红茵芋种苗提供技术依据,对推动金红茵芋盆栽观赏木本花卉发展提供有益参考。

参考文献:

- [1] 廷 辉. 茵芋的栽培与繁殖技术[J]. 农村实用技术, 2008(8): 49.
- [2] 诸春雯, 汤桂钧, 钱钟秀. 茵芋嫩枝扦插繁殖技术[J]. 中国花卉园艺, 2008(14): 35-36.
- [3] 张鲁归. 养花门诊[J]. 园林, 2010(11): 64.
- [4] 张 琪, 冯 芬, 张 欢, 等. 茵芋属药理学研究概况[J]. 安徽农业科学, 2013, 41(18): 7893-7894, 7925.
- [5] 兑宝峰. 茵芋的栽培与繁殖[J]. 中国花卉园艺, 2008(4): 30-31.
- [6] 王 洋. 红星茵芋扦插繁育技术[J]. 林业科技开发, 2011, 25(2): 114-116.
- [7] 孟艳琼, 李仁杰, 伊兴凯, 等. 红星茵芋离体花梗腋芽诱导及丛生芽增殖研究[J]. 中国农学通报, 2007, 23(11): 81-85.
- [8] 江 斌, 张文融, 陈碧华, 等. 红星茵芋组织培养技术研究[J]. 中国园艺文摘, 2016, 32(3): 12-13.
- [9] 周芳勇, 王 春, 罗 蔓, 等. 茶梅和红星茵芋盆栽基质的筛选[J]. 林业科技开发, 2007, 21(4): 70-72.