

文章编号:1001-7380(2016)02-0008-05

雷公藤组织培养快速繁殖技术研究

陈凌艳¹, 陈 拓¹, 荣俊冬², 何天友¹, 郑郁善^{2*}

(1. 福建农林大学园林学院, 福建 福州 350002; 2. 福建农林大学工业原料林研究所, 福建 福州 350002)

摘要:以雷公藤带芽幼嫩茎段为外植体,通过不同的培养基配方,对雷公藤组织培养快速繁殖体系建立进行了研究。试验结果表明:外植体经75%酒精浸泡30 s后,用无菌水冲洗3遍,0.1%升汞溶液浸泡5 min,无菌水冲洗5遍的消毒效果最好,雷公藤组织培养苗的污染率为7.8%;最佳诱导培养基为MS+0.05 mg/L NAA +0.5 mg/L 6-BA,平均速度为3.2 d;最佳继代增殖培养基为1/2 MS+2.0 mg/L 6-BA +1.0 mg/L NAA +25 g/L 蔗糖,月增殖系数达5.83;最佳生根培养基为1/2 MS+2.0 mg/L IBA +0.5 g/L AC培养基,生根率达78.3%;最有利于移栽的基质为等容积的沙子+红壤土+泥炭土混合基质,成活率高达87.31%。

关键词:雷公藤;组织培养;快速繁殖;增殖

中图分类号:Q949.754.7;R282.2 **文献标志码:**A **doi:**10.3969/j.issn.1001-7380.2016.02.003

Tissue culture and rapid micropropagation of *Tripterygium wilfordii*

CHEN Ling-yan¹, CHEN Tuo¹, RONG Jun-dong², HE Tian-you¹, ZHENG Yu-shan^{2*}

(1. College of Landscape Architecture, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou 350002, China;

2. Institute of Industrial Forest, Agriculture and Forestry University, Fuzhou 350002, China)

Abstract: By means of different culture media, a tissue culture system of *Tripterygium wilfordii* was established with its new shoot with buds as explant. Experimental results showed that the most suitable procedure for sterilization was to soak the explants into 0.1% HgCl₂ solution for 5 min and then wash with sterile water for 5 times after soaking them into 75% alcohol for 30 s and washing with sterile water for 3 times. The optimum initial medium was MS supplemented with 0.05 mg/L NAA +0.5 mg/L 6-BA, the optimum subculture medium was 1/2 MS with 2.0 mg/L 6-BA +1.0 mg/L NAA +25 g/L sucrose, and the optimum rooting medium was 1/2 MS with 2.0 mg/L IBA +0.5 g/L AC. The plantlets reached 87.31% survival rate after transplanted in the substrate containing equal volume of sand, red loam and peat soil.

Key words: *Tripterygium wilfordii*; Tissue culture; Rapid micropropagation; Proliferation

雷公藤(*Tripterygium wilfordii*)系卫矛科雷公藤属植物,属多年生木质藤本,生长缓慢,处于野生状态,其在医药上的大量应用使资源遭到破坏。它的果具3片黄褐色的膜质翅,形态与众不同,可作为美丽的观果垂直绿化材料,是城市 and 高速道路边坡垂直绿化极有潜力的树种。目前,对雷公藤的研究主要集中在提取分离、成分鉴定、活性成分应用,以及

医药应用研究等^[1-5],关于组织培养研究还很缺乏。赖呈纯、刘希华等以带芽茎段作为外植体,进行了组织培养体系的部分研究^[6,7];李琰等以其胚性愈伤组织为材料,研究了继代培养时间对植株再生和基本培养基、生长素浓度及其与细胞分裂素组合对再生苗增殖的影响^[8-11],但并未建立完整的雷公藤组织培养再生体系。本研究将建立完整的雷公藤

收稿日期:2016-03-29;修回日期:2016-04-02

基金项目:国家科技支撑计划项目“雷公藤短葶山麦冬 GAP 关键技术研究”(2009BAI73B00);福建省中药材 GAP 工程技术研究中心资助项目“福建省中药材 GAP 示范基地的建设”(2008Y2001);福建省科技重大专项基金资助项目“福建省中药材 GAP 工程技术研究中心”(2004YZ02-05)

作者简介:陈凌艳(1986-),女,福建福州人,讲师。从事园林植物与观赏园艺研究。

* **通信作者:**郑郁善(1960-),男,福建永泰人,教授。博士生导师,从事森林培育学研究。

组织培养快速繁殖技术体系,为雷公藤的工厂化育苗提供技术理论依据,并为以后遗传转化和品种改良等研究奠定基础。

1 材料与方法

1.1 材料来源

试验材料来自于福建泰宁地区雷公藤种植基地移栽至福建农林大学“福建省中药材 GAP 工程技术研究中心”苗圃的优良雷公藤苗。在预试验中,对不同外植体进行了培养效果的对比,表明带顶芽的当年生茎段增殖效果最佳,因而在后续试验中,均选取健康的、带顶芽的当年生茎段作为外植体,剪取后需在当日内接种。

1.2 材料处理

将采取的雷公藤茎段剪成长 3-4 cm 的带芽茎段,用清水洗净表面附着物,置于洗涤剂中浸泡 20 min,再用流水冲洗 2 h 后,将其置于超净工作台上 1 h,再用无菌水清洗若干遍后按照不同的消毒方案进行消毒:(1)75%乙醇消毒 45 s 后,用无菌水清洗 3 遍,0.1%升汞溶液浸泡 2 min,无菌水清洗 5 遍;(2)75%乙醇消毒 30 s 后,用无菌水清洗 3 遍,0.1%升汞溶液浸泡 5 min,无菌水清洗 5 遍;(3)75%乙醇消毒 30 s 后,用无菌水清洗 3 遍,0.1%升汞溶液浸泡 8 min,无菌水清洗 5 遍。将消毒后的茎段剪成长 2 cm 左右的小段,进行接种,根据污染率和培养状况筛选出最佳的消毒方案。

1.3 诱导培养

有研究认为在诱导培养时,芽主要是靠自身的营养来支持其萌动,培养基的成分对芽的萌动培养并无明显的影响,主要影响因子是外源激素,因而诱导培养阶段研究的重点是不同质量浓度生长素及其与细胞分裂素组合对诱导培养效果的影响。本研究以 MS 为基本培养基,加入不同质量浓度的 NAA 和 6-BA 组合(见表 1)。所有培养基均采用 30 g/L 蔗糖+8 g/L 琼脂, pH5.7。每个组合接种 30 瓶,每瓶接种 1 个外植体,重复 3 次,30 d 后观察组织培养苗生长情况,统计生长和萌发状况,筛选出最佳的诱导培养基组合。

表 1 芽诱导培养试验因素与水平设计 mg/L				
因素	水平			
	1	2	3	4
A(NAA)	0	0.05	0.1	0.2
B(6-BA)	0	0.5	1.0	2.0

1.4 继代增殖培养

当组织培养苗生长到 3-4 cm 后,开始转入继代培养。继代培养的目的是为了提高苗的增殖系数,其培养基配方是在诱导培养的基础上进行调整。采用 $L_{16}(4^5)$ 正交试验设计(见表 2),对基本培养基、细胞生长素、细胞分裂素和蔗糖质量浓度 4 个水平进行试验,筛选出最适合的培养基成分组合。接种 30 d 后观察组织培养苗的生长情况,统计有效芽数,计算芽增殖系数。

因素	水平			
	1	2	3	4
A(基本培养基)	B5	MS	1/2 MS	1/4 MS
B(6-BA)/(mg/L)	1.0	2.0	3.0	4.0
C(NAA)/(mg/L)	0.1	0.2	0.5	1.0
D(蔗糖)/(g/L)	15	20	25	30

1.5 生根培养

生根培养阶段,采用正交设计 $L_9(3^4)$,探讨不同基本培养基、不同 IBA 质量浓度及不同活性炭质量浓度对生根诱导的影响(见表 3)。接种 30 d 后统计生根率。

因素	水平		
	1	2	3
A(基本培养基)	MS	1/2 MS	1/4 MS
B(IBA)/(mg/L)	1.0	2.0	3.0
C(AC)/(g/L)	0.2	0.5	1.0

1.6 炼苗与移栽

由于组织培养苗长期处于无菌状态下生长,瓶内的湿度高,营养好,幼苗抗性弱,需要过渡才能适应露地环境。雷公藤组织培养苗的炼苗采用闭瓶培养过渡到开瓶炼苗的方法,具体为在自然光源下闭瓶锻炼 6 d,开瓶炼苗 6 d。

移栽过程中基质的选择是影响成活率的重要因素之一。移栽前,生根苗都需从培养瓶中小心取出,用清水冲洗净根部的培养基,移栽到已用 0.1%高锰酸钾消毒处理的各种基质中。选用的基质为沙子、红壤土和泥炭土以及等体积的上述基质混合物 4 个水平。观察植株长势,30 d 后统计成活率。

上述试验结果通过 Tukey 法多重比较处理。

2 结果与分析

2.1 不同处理对外植体材料的消毒效果

对外植体消毒时间相同情况下的污染率进行

方差分析,可以得出 3 种不同方法消毒效果差异较大(见表 4);其中第(2)种消毒效果最好,外植体恢复快,萌芽率高,因此采用 75%酒精浸泡 30 s 后用无菌水冲洗 3 遍,再以 0.1%升汞溶液浸泡 5 min,无菌水冲洗 5 遍的消毒效果最好,苗的污染率为 7.8%,萌芽率为 90.0%。

表 4 不同消毒处理的结果

处理方式	接种瓶数	污染率/%			
		1	2	3	平均值
(1)	30	70.0	60.0	56.7	62.2 C
(2)	30	6.7	10.0	6.7	7.8 A
(3)	30	50.0	46.7	40.0	45.6 B

数值后不同大写字母表示处理间结果存在极显著差异($P<0.01$)

2.2 不同植物生长调节剂组合对诱导培养的效果

以 MS 为基本培养基,添加不同质量浓度水平的 6-BA 和 NAA,其芽段诱导培养效果如表 5。虽然各种处理下雷公藤的萌芽率均在 90%以上,但芽苗的诱导速度和生长情况差异较大。不添加生长素的培养基中,芽苗抽高缓慢,新叶和新芽细弱,但当 NAA 质量浓度超过 0.1 mg/L 时,幼苗容易玻璃化。当 6-BA 质量浓度超过 1.0 mg/L 时,会出现愈伤组织或芽生长细弱。对平均诱导速度进行方差分析的结果表明,处理 A14,即 MS+0.05 mg/L NAA + 0.5 mg/L 6-BA 的诱导效果为最好,平均诱导速度为 3.2 d,与其他组合速度间存在极显著差异,芽苗长势良好。

表 5 植物生长调节剂 6-BA 和 NAA 的组合对芽体诱导培养的影响

处理号	NAA /(mg/L)	6-BA /(mg/L)	平均诱导 速度/d	萌芽率 /%	节间长度 /cm	芽苗高度 /cm	芽苗生长情况
A9	0	0	10.85 li	92.75	0.40	3.41	芽苗萌动缓慢,叶小芽弱
A10	0	0.5	11.06 HIhi	91.33	0.37	3.33	芽苗萌动缓慢,叶小芽弱
A11	0	1.0	11.67 Jj	90.25	0.33	3.26	芽苗萌动缓慢,基部形成愈伤组织,叶小芽弱
A12	0	2.0	13.66 Kk	90.05	0.25	2.93	芽苗萌动缓慢,基部形成愈伤组织,叶小芽弱
A13	0.05	0	4.36 Cc	94.50	0.92	5.14	芽苗萌动迅速,7 d 之内长出新叶,分化出新芽
A14	0.05	0.5	3.20 Aa	100.00	1.27	6.35	芽苗萌动迅速,7 d 之内长出新叶,分化出新芽
A15	0.05	1.0	6.13 Ee	93.12	1.18	6.13	芽苗萌动正常,基部形成愈伤组织,叶小芽弱
A16	0.05	2.0	9.56 Hh	91.33	0.26	2.94	芽苗萌动较缓慢,基部形成愈伤组织,叶片、新芽弱
A17	0.1	0	8.73 Gg	93.27	0.44	3.28	芽苗萌动较缓慢,叶小芽弱
A18	0.1	0.5	5.86 DEde	95.46	0.86	4.64	芽苗萌动正常,新叶小
A19	0.1	1.0	3.55 Bb	96.53	0.99	5.03	芽苗萌动迅速,基部形成愈伤组织,叶小芽弱
A20	0.1	2.0	7.65 Ff	92.00	0.38	3.01	芽苗萌动正常,基部形成愈伤组织,叶小芽弱
A21	0.2	0	13.84 Kk	90.23	0.21	2.77	芽苗萌动缓慢,培养后期出现部分玻璃化
A22	0.2	0.5	10.37 HIi	91.00	0.36	3.31	芽苗萌动缓慢,培养后期出现部分玻璃化
A23	0.2	1.0	8.05 FGI	93.63	0.51	3.79	芽苗萌动较慢,基部有愈伤组织,后期有部分玻璃化
A24	0.2	2.0	5.67 Dd	95.02	0.78	4.50	芽苗萌动正常,基部有愈伤组织,后期有部分玻璃化

数据后不同大小写字母分别表示处理间结果存在极显著差异($P<0.01$)和显著差异($P<0.05$)

2.3 不同因素水平组合对增殖培养的影响

增殖培养是快速获得大量组织培养苗的重要阶段。将经过培养所得的无菌植株,转入各增殖培养基中,25 d 后统计增殖情况。从表 6 可以看出,处理 M10,即 1/2 MS+2.0 mg/L 6-BA +1.0 mg/L NAA +25 g/L 蔗糖组合月增殖系数最大,达 5.83,且芽生

长最好,其次 1/2 MS+1.0 mg/L 6-BA +0.5 mg/L NAA +30 g/L 蔗糖组合,月增殖系数为 5.36。由极差分析 R 值可知,4 个因素对月增殖系数影响的大小顺序为基本培养基>6-BA 质量浓度>NAA 质量浓度>蔗糖质量浓度。

表 6 不同处理对雷公藤组织培养芽诱导苗增殖培养的效果

处理号	A 水平 (基本培养基)	B 水平 [6-BA/(mg/L)]	C 水平 [NAA/(mg/L)]	D 水平 [蔗糖/(g/L)]	E 空白	月增殖系数
M1	1(B5)	1(1.0)	1(0.1)	1(15)	1	3.33
M2	1	2(2.0)	2(0.2)	2(20)	2	3.52
M3	1	3(3.0)	3(0.5)	3(25)	3	3.27
M4	1	4(4.0)	4(1.0)	4(30)	4	2.98
M5	2(MS)	1	2	3	4	4.05
M6	2	2	1	4	3	4.23
M7	2	3	4	1	2	3.87
M8	2	4	3	2	1	3.49
M9	3(1/2MS)	1	3	4	2	5.36
M10	3	2	4	3	1	5.83
M11	3	3	1	2	4	4.97
M12	3	4	2	1	3	4.45
M13	4(1/4MS)	1	4	2	3	2.26
M14	4	2	3	1	4	2.53
M15	4	3	2	4	1	1.96
M16	4	4	1	3	2	1.58

对增殖培养效果方差分析表明,基本培养基对雷公藤月增殖系数影响达到显著水平 (F 值为 655.00),其次是 6-BA 质量浓度 (F 值为 58.00),NAA 和蔗糖质量浓度对增殖则无显著性影响 (F 值分别仅为 5.00 和 2.00)。

2.4 不同因素水平处理对生根培养的影响

将高 1.5 cm 左右的健壮苗转入生根培养基中,约 15 d 后,可见根点长出,25 d 后根长超过 1 cm。不同基本培养基及激素水平以处理 R5,即 1/2 MS+2.0 mg/L IBA +1.0 g/L AC 组合的生根率最高,达 75.7%,且通过对其他生根指标的观察,处理 R5 的生根情况在整个试验中也是相对较好的。由于生根率在生根培养中是最重要的指标,所以本研究对生根率的结果作正交统计分析(见表 7)。从 K 值来看,生根培养基中各因素最优组合是 $A_2B_2C_2$,即 1/2 MS+2.0 mg/L IBA +0.5 g/L AC。从 R 值大小可以看出,3 个因素对生根率影响的主次关系为基本培养基>IBA>AC。为验证极差分析结果,用 1/2 MS+2.0 mg/L IBA +0.5 g/L AC 培养基进行了生根培养,生根率达 78.3%,植株长势较好,与正交统计分析结果一致。

进一步对生根培养效果作方差分析表明,基本

培养基与 IBA 质量浓度对生根率均有显著性影响 (F 值分别为 111.93 和 39.79),而活性炭质量浓度对生根率无显著性影响 (F 值为 9.52)。同时对各影响因子进行了各水平间 LSD 法多重比较分析可知,IBA 质量浓度在 2.0 mg/L 时存在极显著差异,随着 IBA 质量浓度的增加,生根率提高后又下降,由此可见适当的 IBA 质量浓度有利于生根,IBA 的质量浓度应控制在 1.0–2.0 mg/L 之间。

2.5 炼苗移栽

生根苗炼苗后移栽,30 d 后统计,平均成活率达 92.17%。

对移栽效果进行方差分析可知,各处理间检验值 $F=303.50>F_{0.01}(3,8)=7.59$,即不同基质处理对移栽成活率有极显著性影响。进一步进行 LSD 法多重比较,可知这 4 种基质处理间均存在极显著性差异。最有利于移栽的基质为等容积的沙子、红壤土和泥炭土混合基质,成活率高达 87.31%;其次是沙子,成活率为 50.08%;再次是红壤土,成活率为 40.45%;效果最差的是泥炭土,成活率只有 33.54%。分析其原因可能是,沙有利于透气而不利于保水,红壤土透水透气性差,泥炭土有利于保水

而不利于透气,而 3 者的等比混合,则透水透气性和保水力都达到较佳的程度。

表 7 不同因素、水平对雷公藤组织培养苗生根培养的结果及其极差分析

处理号	A 水平 (基本培养基)	B 水平 [IBA (mg/L)]	C 水平 [AC (g/L)]	D 空白	生根率 /%	生根数 /条	生根长度/cm
R1	1 (MS)	1 (1.0)	1 (0.2)	1	55.7	5.6	3.5
R2	1	2 (2.0)	2 (0.5)	2	68.9	6.2	3.2
R3	1	3 (3.0)	3 (1.0)	3	49.6	4.8	5.1
R4	2 (1/2 MS)	1	2	3	72.3	5.7	4.3
R5	2	2	3	1	75.7	4.1	4.8
R6	2	3	1	2	53.8	6.3	3.4
R7	3 (1/4 MS)	1	3	2	38.5	1.6	1.2
R8	3	2	1	3	45.1	3.4	1.6
R9	3	3	2	1	37.2	2.3	1.3
K1	174.2	166.5	154.6	168.6	T=496.8		
K2	201.8	189.7	178.4	161.2			
K3	120.8	140.6	163.8	167.0			
K1	58.1	55.5	51.5	56.2			
K2	67.3	63.2	59.5	53.7			
K3	40.3	46.9	54.6	55.7			
R	27.0	16.3	8.0	2.5			

表 8 不同基质栽培雷公藤组织培养苗的成活率

试验编号	基质	成活率/%	生长状况
G1	细沙	50.08 B	幼苗瘦弱,叶色淡绿,长势一般
G2	红壤土	40.45 C	幼苗瘦弱,叶色黄绿,长势一般
G3	泥炭土	33.54 D	幼苗瘦弱,长势较弱
G4	等容积的沙子、红壤土和泥炭土混合物	87.31 A	幼苗健壮,叶色浓绿,生长良好

不同大写字母表示在 $P<0.01$ 水平上存在显著性差异

3 小结与讨论

本试验结果表明:使用 75%酒精浸泡 30 s 后用无菌水冲洗 3 遍,0.1%升汞溶液浸泡 5min,无菌水冲洗 5 遍的消毒效果最好,雷公藤组织培养苗的污染率为 7.8%;最佳诱导培养基为 MS+0.05 mg/L NAA +0.5 mg/L 6-BA,平均诱导速度为 3.2 d;最佳继代增殖培养基为 1/2 MS+2.0 mg/L 6-BA +1.0 mg/L NAA+25 g/L 蔗糖,月增殖系数达 5.83;最佳生根培养基为 1/2 MS+2.0 mg/L IBA +0.5 g/L AC 培养基,生根率达 78.3%;最有利于移栽的基质为等容积的沙子、红壤土和泥炭土混合基质,成活率高达 87.31%。

在雷公藤组织培养体系的建立过程中,植物激素种类和质量浓度的使用将直接影响培养效果。培养基中生长素与细胞分裂素的比值对离体器官的调控起关键作用。一般说来,生长素与细胞分裂素的比值大有利于根分化,比值小有利于不定芽的分化^[12]。在诱导培养过程中,0.05 mg/L NAA 与

0.5 mg/L 6-BA 的组合,芽体萌动效果最好。高质量浓度的 NAA 和 6-BA 易导致玻璃化和愈伤组织的出现,不利于芽的萌发。在生根培养中,IBA 的作用虽较 NAA 弱,但其不易被过氧化物酶分解的特点,使得 IBA 对生根有良好的效果^[13]。本研究在生根培养阶段 IBA 质量浓度为 2.0 mg/L 时,组织培养苗平均生根率最高,但 IBA 质量浓度较高,反而抑制了根系的生长分化。在移栽过程中,不同基质处理对移栽成活率有极显著性影响。分析其原因可能是沙有利于透气而不利于保水,红壤土透水透气性差,泥炭土有利于保水而不利于透气,而 3 者的等比混合,则透水透气性和保水力都达到较佳的水平,因而混合基质的成活率最高。

参考文献:

- [1] 斯金平,阮秀春,郭宝林,等.雷公藤资源现状及可持续利用的研究[J].中药材,2005,28(1):10-11.
- [2] 夏焱,段宏泉,张铁军,等.雷公藤属药用植物的研究进展[J].中草药,2005,36(7):1093-1096.

(下转第 16 页)

在花绒寄甲规模化繁育应用中,无论是作为寄主还是饲料,都存在一定的受限性;而大麦虫则可以直接从市场上购买,其蛹的获得也较容易,成本低廉。本文利用大麦虫蛹繁育的花绒寄甲成虫羽化率和单个寄主繁育花绒寄甲成虫数量均比松墨天牛要高,与喻锦秀等^[13]对大麦虫蛹表面处理后接种花绒寄甲的成虫羽化率(69%~94%)基本一致。且有研究表明,以大麦虫和黄粉虫为主要原料制作的人工饲料,与松墨天牛幼虫饲养的花绒寄甲在幼虫体质量、体长、结茧时间、成虫羽化率、羽化时间、雌雄比、成虫体质量及 SOD, CAT, POD 保护酶活力等指标上无显著性差异^[14],因此大麦虫蛹是非常理想的花绒寄甲替代寄主。在饲料选择上,可考虑用大麦虫幼虫粉和黄粉甲幼虫粉交替使用或混合使用。

参考文献:

- [1] 黄焕华,许再福,杨忠岐.松墨天牛的重要天敌——花绒坚甲[J].广东林业科技,2003,19(4):76-77.
- [2] 王 健,付甫永,司徒春南.花绒寄甲对松墨天牛寄生性试验初报[J].中国森林病虫,2010,29(4):38-39.
- [3] 李孟楼,李有忠,雷 琼,等.释放花绒寄甲卵对光肩星天牛幼虫的防治效果[J].林业科学,2009,45(4):78-82.
- [4] 魏建荣,杨忠岐,王平彦,等.利用花绒寄甲控制栗山天牛林间试验效果[J].中国生物防治,2009,25(3):285-287.
- [5] 李建庆,杨忠岐,张雅林,等.利用花绒寄甲防治杨树云斑天牛的研究[J].林业科学,2009,45(9):94-100.
- [6] 卢希平,杨忠岐,孙绪良,等.利用花绒寄甲防治锈色粒肩天牛[J].林业科学,2011,47(10):116-121.
- [7] 熊琳娜,钱明惠,范军祥,等.广东地区花绒寄甲替代寄主的研究[J].环境昆虫学报,2011,33(2):219-224.
- [8] 王卫东,小仓信夫.花绒穴甲室内发育研究[J].北京林业大学学报,1999,21(4):43-47.
- [9] 王卫东,赵 军,小仓信夫.花绒穴甲幼虫人工饲料的开发研究[J].北京林业大学学报,1999,21(4):48-51.
- [10] 孔晓风,赵 军.花绒穴甲幼虫、蛹的饲养试验[J].宁夏农学院学报,2002,23(3):80-82.
- [11] 雷 琼,陈建锋,黄 娜,等.花绒寄甲成虫人工饲料的筛选研究[J].中国农学通报,2005,21(3):259-261,271.
- [12] 尚 梅,苏宝锋,李孟楼.花绒坚甲幼虫的人工饲料的研究[J].西北林学院学报,2009,24(1):136-139.
- [13] 喻锦秀,周 刚,颜学武,等.替代寄主的不同处理方式对花绒寄甲寄生情况的影响[J].中国森林病虫,2012,31(4):33-35.
- [14] 颜学武,嵇保中,周 刚.一种花绒寄甲幼虫人工饲料的饲养效果评价[J].南京林业大学学报(自然科学版),2015,39(1):39-43.
- [3] 陈 玉,杨光忠,李援朝.雷公藤化学成分的研究[J].天然产物研究与开发,2005,17(3):301-302.
- [4] DUAN H, TAKAISHI Y, MOMOTA H, et al. Immuno-suppressive sesquiterpene alkaloids from *Tripterygium wilfordii* [J]. Journal of Natural Products, 2001, 64(5): 582-587.
- [5] MA J, DEY M, YANG H, et al. Anti-inflammatory and immunosuppressive compounds from *Tripterygium wilfordii* [J]. Phytochemistry, 2007, 68(8): 1172-1178.
- [6] 赖呈纯,余亚白,谢鸿根,等.雷公藤组织培养快繁技术初探[J].武夷科学,2006,22(1):182-184.
- [7] 刘希华,曾淑兰,丁昌俊,等.雷公藤以芽繁芽组织培养研究[J].西南林学院学报,2009,29(1):35-38.
- [8] 李 琰,冯俊涛,陈新雨,等.雷公藤胚性愈伤组织再生植株的增殖及其稳定性[J].林业科学,2009,45(1):57-61,171.
- [9] 李 琰,冯俊涛,王永宏,等.培养基及培养条件对雷公藤愈伤组织生长和次生代谢产物含量的影响[J].林业科学,2010,46(5):64-69.
- [10] 李 琰,杨钰琪,冯俊涛,等.离体条件下雷公藤不定根生长与营养成分消耗动态研究[J].西北农林科技大学学报(自然科学版),2010,38(11):134-138.
- [11] 李 琰,冯俊涛,王永宏,等.雷公藤愈伤组织诱导及杀虫活性研究[J].西北农林科技大学学报(自然科学版),2008,36(5):103-108.
- [12] 孙雁霞,石大兴,王米力,等.山苍子组织培养快速繁殖技术研究[J].四川林业科技,2002,23(1):64-67.
- [13] NISSEN S J, SUTTER E G. Stability of IAA and IBA in nutrient medium to several tissue culture procedures [J]. HortScience, 1990, 25(7): 800-802.

(上接第 12 页)