

## 椴木属植物组织培养研究综述

程莹, 李根有, 夏国华, 黄晌决, 黄宇锋

(浙江农林大学 省级林学基础实验教学示范中心, 浙江 临安 311300)

**摘要:** 阐述了国内外椴木属 *Aralia* 植物组织培养研究的现状与进展。外植体、培养基、植物生长调节物质对椴木属植物愈合组织、不定芽和体细胞胚诱导均产生重要影响, 叶片、叶柄、嫩茎、顶芽、子叶、花序等均可用作初代培养的外植体, 其中叶片和嫩茎是最常用的外植体; 培养方式有固体培养和液体培养, 其中液体培养通常用于体细胞胚的培养; MS(Murashige and Skoog)是最常用的基本培养基, 培养基中植物生长调节剂种类、浓度及其配比是椴木属植物离体培养成功与否的关键因素, 其中生长素对愈合组织诱导起到主要作用, 脱落酸(ABA)可以有效调控体细胞胚同步化; 椴木属植物生根容易, 采用常规的炼苗移栽, 成活率较高。椴木属植物体细胞胚胎发生调控的分子机制的研究尚处于初步阶段。表1参26

**关键词:** 植物学; 椴木属; 组织培养; 综述

**中图分类号:** S723.1      **文献标志码:** A      **文章编号:** 2095-0756(2011)06-0968-05

## Review on tissue culture of *Aralia* plants

CHENG Ying, LI Gen-you, XIA Guo-hua, HUANG Shang-jue, HUANG Yu-feng

(Basic Experiment Teaching Center of Forestry, Zhejiang A & F University, Lin'an 311300, Zhejiang, China)

**Abstract:** This paper reviews the main research progress on tissue culture of *Aralia*. The explants, medium and plant growth regulators (PGRs) have important impacts on *Aralia*'s callus culture, adventitious bud and somatic embryogenesis. Leaf blade, leaf stalk, young stem, apical bud, cotyledon and inflorescence can all be used as explants in primary culture. Leaf blade and young stem are the most commonly used explants. *Aralia* is usually cultured in solid media and liquid media. Liquid media is commonly used for somatic embryos culture. MS (Murashige-Skoog) is a common basic medium for in vitro culture. The types, concentrations of PGRs, and their combinations in the medium are key factors for *Aralia* in vitro culture. Thereinto, auxin is the main factor for callus induction, ABA is used for synchronization for somatic embryogenesis. Rooting is easy to plantlets in vitro and plantlets adapted well to cultural substrate under normal acclimatization and transplants. Research on molecular regulation of somatic embryogenesis of *Aralia* is still in a preliminary stage. [Ch, 1 tab, 26 ref.]

**Key words:** botany; *Aralia*; tissue culture; review

椴木属 *Aralia* 属五加科 Araliaceae 植物, 全世界约 40 种, 主要分布在东南亚、中国和美国。中国有 29 种, 约占总数的 3/4, 是椴木属植物资源最为丰富的国家<sup>[1]</sup>。椴木属植物的根皮入药, 具有补气安神, 强精滋肾, 祛风除湿, 活血散瘀, 止痛镇痛, 健胃利水等功效<sup>[2]</sup>。最新研究表明椴木属富含齐墩果酸, 太白椴木 *Aralia taibaiensis*, 椴木 *A. chinensis*, 黄毛椴木 *A. decaisneana*, 头序椴木 *A. dasycphylla*, 长刺椴木 *A. spinifolia* 等齐墩果酸均超过  $7.0 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$  <sup>[3]</sup>, 从中提取的总皂苷和齐墩果酸可治疗肝炎及中毒性肝损伤<sup>[4]</sup>。其嫩茎叶是高档山野菜, 富含蛋白质、氨基酸、维生素和锌铁等矿质元素, 其中含有 7 种人体必需氨基酸, 并且天冬氨酸、谷氨酸、缬氨酸、亮氨酸普遍较高, 素有“山菜之王”的美誉<sup>[5]</sup>。因

收稿日期: 2011-01-26; 修回日期: 2011-03-11

基金项目: 浙江省新苗人才计划项目(2009R412003)

作者简介: 程莹, 从事植物资源开发利用研究。E-mail: chengying114@163.com。通信作者: 夏国华, 实验师, 从事植物资源开发利用研究。E-mail: zjfc\_glxia@126.com

此, 椴木属植物具有较高的药用、营养和保健价值, 开发利用前景广阔, 但椴木属植物资源产业化开发受野生资源的限制仍处于起步阶段。植物组织培养技术在椴木属植物资源种苗繁育中具有繁殖速度快、周年生产、产品一致性好等优点。笔者对国内外椴木属植物组织培养的研究进展进行综述, 以期对椴木属植物资源种苗规模化组培繁育提供参考。

## 1 组织培养条件及外植体处理

### 1.1 组织培养条件

已有报道的椴木属植物组织培养基本情况见表 1。椴木属植物组织培养中以 MS(Murashige and Skoog) 培养基为常用, BT(broad-leaved tree medium)<sup>[5]</sup>, MA(MA 大量元素+ MS 微量元素+ MS 有机物质)<sup>[6]</sup> 培养基的应用也有报道, 碳源为蔗糖, 质量浓度通常为  $30 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ , 琼脂质量浓度为  $6\sim 8 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ , 植物生长调节物质中细胞分裂素类为 6-BA(6-苄氨基嘌呤)和 BAP(双酚基丙烷), 生长素类为 2,4-D(2,4-二氯苯氧乙酸), NAA(萘乙酸), IBA(吲哚丁酸), 其中以 6-BA 和 2,4-D 最为常用。此外, ABA(脱落酸)常用作体细胞胚胎发生过程中体胚发育的同步化。培养温度为  $20\sim 28 \text{ }^{\circ}\text{C}$ , 光照强度为  $20\sim 30 \mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ , 光照时间  $8\sim 14 \text{ h}\cdot\text{d}^{-1}$ 。

表 1 已报道的椴木属植物的组织培养

Table 1 Tissue culture of *Aralia* spp. reported

树种	外植体	基本培养基	植物生长调节物质	参考文献
辽东椴木(也称龙牙椴木) <i>Aralia elata</i>	叶片, 叶柄, 嫩茎, 顶芽, 腋芽, 休眠芽	MS, BT, MA	6-BA, BAP, 2,4-D, NAA, IBA	[5-13]
长白椴木 <i>A. continentalis</i>	茎尖和嫩芽	MS	6-BA, 2,4-D, NAA, IBA	[14]
云南椴木 <i>A. thomsnii</i>	顶芽茎段	MS	6-BA, IBA	[15]
食用土当归 <i>A. cordata</i>	子叶, 花序, 叶片和幼嫩种子	MS	2,4-D, ABA	[16-24]

### 1.2 外植体种类及其灭菌处理

椴木属植物组织培养中采用的外植体以营养器官为主, 主要包括叶片、叶柄、嫩茎、芽(顶芽、腋芽、休眠芽)、子叶, 幼嫩种子作为外植体也有报道。外植体的处理流程如下: 取生长健壮植株的外植体用自来水冲洗  $1.0\sim 1.5 \text{ h}$ , 然后转移至无菌操作台进行灭菌处理。根据外植体种类的不同, 采取不同的灭菌处理: ①叶片和叶柄。将幼嫩叶片及叶柄置于超净工作台内, 用体积分数为 75% 的乙醇表面杀菌  $10\sim 20 \text{ s}$ , 然后放入质量浓度为  $1.0 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$  氯化汞杀菌  $5\sim 8 \text{ min}$ , 用无菌水漂洗  $3\sim 5$  遍,  $3\sim 4 \text{ min}\cdot\text{次}^{-1}$ , 将叶剪成  $1.0 \text{ cm}\times 1.0 \text{ cm}$  的小块, 叶柄剪成  $1 \text{ cm}$  长的小段, 正面朝上平放到启动培养基上培养。②芽。将芽在超净工作台内用体积分数为 75% 的乙醇表面消毒  $20\sim 40 \text{ s}$ , 再放入质量浓度为  $1.0 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$  氯化汞杀菌  $5\sim 10 \text{ min}$ , 再用无菌水漂洗  $3\sim 5$  遍, 用镊子依次剥去外层鳞片后取  $1.0\sim 1.5 \text{ cm}$  的芽体, 接种到培养基上。③嫩茎。将嫩茎置于超净工作台内, 用体积分数为 75% 的乙醇表面杀菌约  $30 \text{ s}$ , 再用质量浓度为  $1.0 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$  氯化汞杀菌  $6\sim 10 \text{ min}$ , 用无菌水漂洗  $3\sim 5$  遍, 切成  $1 \text{ cm}$  左右的带芽小段, 接种到培养基上。

## 2 植物生长调节物质对组织培养不同阶段的影响

### 2.1 启动培养

椴木属植物启动培养中, 不同树种、外植体类型以及培养基中细胞分裂素和生长素的种类和浓度对比对启动培养影响很大。Karim 等<sup>[5]</sup>用不同培养基和外植体对辽东椴木 *Aralia elata* 愈合组织诱导进行研究。结果表明: 以  $\text{BT}+5.0 \mu\text{m}\cdot\text{L}^{-1}$  2,4-D 为培养基, 叶柄的愈合组织诱导率高于叶片, 达到 96.7%, 且叶柄形成的愈合组织不定芽较易分化。赵恒田等<sup>[6]</sup>研究了辽东椴木生长期的茎尖、嫩茎、幼叶和休眠芽对愈合组织诱导的影响, 发现以  $\text{MS}+0.1 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}\text{NAA}+2.0 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}\text{6-BA}$  为培养基, 生长期外植体以幼叶的愈合组织诱导率最高, 达到 90%, 嫩茎、茎尖次之, 分别为 86.6% 和 83.3%; 但是, 后期愈合组织的生长量茎尖 > 嫩茎 > 幼叶。李建民等<sup>[7]</sup>以  $\text{MS}+0.5 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}\text{2, 4-D}+0.5 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}\text{NAA}+0.5 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}\text{6-BA}$  为培养基, 发现辽东椴木茎的愈合组织诱导率高于叶片, 达到 87.2%。

启动培养基中生长素对愈合组织诱导起主要作用,以2,4-D最为常用。曲芳等<sup>[8]</sup>在辽东 木胚性愈合组织诱导的研究中发现,2,4-D质量浓度为 $1.0\sim 2.0\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ,随质量浓度的提高,辽东椴木胚性愈合组织诱导率上升,并且添加少量( $0.5\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ )6-BA效果更好。李建民等<sup>[7]</sup>试验得到类似的结论,2,4-D质量浓度为 $0.5\sim 2.0\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ,辽东椴木愈合组织诱导效果最佳且褐化率低,当质量浓度升至 $3.0\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 时,则呈现下降趋势。Lee等<sup>[16]</sup>试验发现,食用土当归 *Aralia cordata* 以 $1.5\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  2,4-D质量浓度为界限,低于 $1.5\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 时愈合率呈上升趋势,一旦超过便会抑制愈合组织的形成。这种现象很可能是由于不同树种对2,4-D的响应质量浓度不一引起的。Karim等<sup>[5]</sup>研究了不同浓度的2,4-D, NAA, IBA和IAA对辽东椴木启动培养的影响,表明NAA对愈合组织的诱导最为明显(当浓度为 $5\text{ }\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 时,诱导率为最高,可达81.7%,但超过此浓度便会抑制愈合组织形成)。一定范围内,出愈率随着NAA浓度的增加而提高,2,4-D, IBA, IAA分别次之<sup>[5,7]</sup>。杨晓霞等<sup>[15]</sup>对云南椴木 *Aralia thomsnii* 的组织培养发现:不同质量浓度的6-BA对启动培养差异不明显,而不同质量浓度IBA对出愈率有着显著影响,以 $0.4\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  IBA的效果最为显著,出愈率可达75.9%。

## 2.2 愈合组织增殖培养

愈合组织的增殖培养以液体培养效果较佳,不同外植体类型、植物生长调节物质浓度、继代时间,会导致愈合组织的分化率不同。继代培养以疏松、淡黄白色、柔软的愈合组织块为宜<sup>[8]</sup>。秦亚平等<sup>[9]</sup>以 $\text{MS}+0.5\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}2,4\text{-D}+2.0\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}6\text{-BA}+\text{AC}$ (活性炭)对辽东椴木增殖培养发现,用培养液培养具有增殖快(15 d即可产生大量生活力强的愈合组织)、数量大(平均增殖量可达3倍)、生活力强等优点,并且使用幼根作为增殖栽量,增殖量可达5~8倍,增殖时间缩短到7 d。食用土当归的增殖培养中以空气升液器进行的悬浮培养效果最好,愈合组织的发生率可达97%,泡罩塔、转鼓、摇床分别次之<sup>[17]</sup>。同一条件下,幼叶、嫩茎、茎尖、休眠芽的最佳继代时间分别为30, 15, 15, 15 d,幼叶的分化率为最高<sup>[6-7]</sup>,达到90%,其次为嫩茎、茎尖和芽。Nishihira等<sup>[18]</sup>试验将食用土当归的叶和未成熟的种子进行对比发现:叶的再生率小于65%,而种子再生率为8%~100%。叶在低硝酸铵( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ )高蔗糖的MS培养基中效果更为理想,加入适量的2,4-D有利于愈合组织的形成。班文杰等<sup>[10]</sup>将愈合组织接种到 $1/2\text{MS}+1.0\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}2,4\text{-D}+0.1\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}\text{NAA}$ 的培养基上,再接种到分化培养基 $1/2\text{MS}+(1.0\sim 1.5)\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}6\text{-BA}+(0.10\sim 0.15)\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}\text{IAA}+(0.10\sim 0.15)\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}\text{NAA}$ ,叶片分化率最佳,可达80%以上。赵恒田等<sup>[6]</sup>对不同质量浓度的IAA和NAA进行了辽东椴木不定芽诱导试验,结果显示:两者的最佳质量浓度均为 $0.1\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ,其分化率分别为88.9%和94.4%。秦亚平等<sup>[9]</sup>发现降低2,4-D的质量浓度对辽东椴木芽的诱导分化有明显的效果,最佳分化培养基为 $\text{MS}+2\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}6\text{-BA}+0.5\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}2,4\text{-D}$ ,诱导率可达85%。Karim等<sup>[5]</sup>发现以 $\text{BT}+1.0\text{ }\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}\text{BAP}+0.5\text{ }\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}\text{NAA}$ 为辽东椴木最佳增殖培养基,发生率为80%。

椴木属植物体细胞胚的诱导,存在不同步发生的现象<sup>[18-24]</sup>,使用ABA可使其达到同步化。Lee等<sup>[19-24]</sup>发现ABA可促使食用土当归体细胞胚不定芽形成的同步化,并且ABA( $0.76\sim 7.6\text{ }\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ )有利于球形胚和心形胚的诱导,但ABA对于子叶体细胞胚的形成具有抑制作用,低浓度或不加入ABA有利于形成正常双子叶胚,因此,以 $40\sim 60\text{ }\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 的ABA为最佳出芽浓度,其出芽率可达74%~80%。

## 2.3 植株再生

椴木属植物组培过程中生根比较容易,以IBA最为常用。曲芳等<sup>[8]</sup>将继代培养60 d的胚状体接种到含不同IBA浓度的培养基上,胚根先伸长,再现子叶和胚芽,均能成苗,以 $\text{MS}+0.01\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}2,4\text{-D}+3\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}\text{IBA}$ 培养基上的胚状体根最长、生长量最大。赵恒田等<sup>[6]</sup>、班文杰等<sup>[10]</sup>以 $1/2\text{MS}+0.5\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}\text{NAA}$ 为生根培养基,15 d左右开始出现小根,20 d生根达高峰,生根率达100%,平均每株生根3.1条,平均根长2.7 cm。常乃滔等<sup>[11]</sup>使用改进的MS为基本培养基,以NAA和IBA的8个不同质量浓度组合分别处理无根幼苗,发现附加 $0.01\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}\text{NAA}$ 和 $1.5\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}\text{IBA}$ 培养22 d左右95%以上的幼苗开始分化出根。

## 2.4 练苗移栽及管理

通常待再生植株长到3~4片复叶,长出健壮根后,揭去瓶口在温室内炼苗,7 d后从培养瓶中取出幼苗,冲洗根部残余的培养基,移植到装有一定比例培养基的培养钵中,于相对湿度为70%的温室条件下生长,待再生植株恢复生长且根系较多时,再定植到土壤中,成活率可达98%<sup>[9]</sup>。赵恒田等<sup>[6]</sup>用不同基质对试管苗移栽的影响做了试验,以蛭石、珍珠岩、草灰为基质,按1:1比例混合,其中蛭石:草灰组合

基质为最佳, 成活率达 89.5%, 幼苗长势强, 能加速成苗。

### 3 小结

椴木属植物大多种子细小, 受育苗技术和管理手段等限制, 虽然扦插繁殖在一定程度上提高了其成苗率, 但此法对根段要求较高, 且繁育系数低, 增殖过慢。因此, 椴木属植物的组织培养快繁技术非常重要, 其中尤以体细胞胚发生和增殖最为关键。椴木属植物体细胞胚胎发生研究已取得了初步发展, 为人工种子的研发奠定了一定的基础。人工种子是将植物离体培养中产生的体细胞胚或能发育成完整植株的分生组织(芽、愈伤组织、胚状体等)包埋在含有营养物质和具有保护功能的外壳内, 在适宜条件下能够发芽出苗的颗粒体。它具有固定杂种优势, 缩短育种周期, 降低栽培成本, 运输方便, 便于机械化操作和生产不受外界环境条件影响等优点<sup>[25]</sup>, 建议椴木属植物组织培养中应该加大体细胞胚同步化发生、体胚包埋等人工种子生产关键技术的研究。对椴木属植物体细胞胚胎发生的分子调控和分子机制的研究仍然相对薄弱。植物体细胞胚的发生需要许多基因复杂而有序的表达, 胚性细胞的分化和发育, 是相应基因按顺序表达的结果。在适宜的条件下, 胚性细胞中的某些细胞能够发育成体细胞胚, 这个发育过程往往包含着细胞内特异基因的选择性表达<sup>[26]</sup>。很多体细胞胚发育过程中植物生长调节物质控制基因表达的线索, 筛选和鉴定了大量的体细胞胚发生时期表达的基因, 但对这些基因的功能的研究还有待进一步深入。由于椴木属植物组培培养中容易发生体细胞胚, 建议今后加大椴木属植物体细胞胚发生关键基因的相关研究, 揭示椴木属植物组培体细胞胚发生的分子机制。

### 参考文献:

- [1] WU Zhengyi, RAVEN P H. *Flora of China: Vol. 13*[M]. Beijing: Science Press, 2007: 480 – 489.
- [2] 王忠壮, 靳守东, 全山丛, 等. 椴木属植物药食兼用嫩芽营养成分分析[J]. 营养学报, 1999, **21** (1): 100 – 103.  
WANG Zhongzhuang, JIN Shoudong, JIN Shanchang, *et al.* Analysis of chemical constituents in medicinal and edible tender shoots of *Aralia* spp.[J]. *Acta Nutr Sin*, 1999, **21** (1): 100 – 103.
- [3] 王忠壮, 陈琰, 宋洪杰, 等. 太白椴木中齐墩果酸的含量测定[J]. 第二军医大学学报, 2000, **21** (5): 473 – 475.  
WANG Zhongzhuang, CHEN Yan, SONG Hongjie, *et al.* Determination of oleanolic acid in *Aralia taibaiensis* [J]. *Acad J Sec Mil Med Univ*, 2000, **21** (5): 473 – 475.
- [4] 王忠壮, 万颀, 胡晋红, 等. 平肝胶囊及太白椴木对大鼠急性肝损伤的研究[J]. 中国药学杂志, 2002, **37** (3): 186 – 188.  
WANG Zhongzhuang, WAN Kun, HU Jinhong, *et al.* Protective activity of *Pinggans capsules* and *Aralia taibaiensis* on acute liver injury in rats [J]. *Chin Pharm J*, 2002, **37** (3): 186 – 188.
- [5] KARIM M Z, YOKOTA S, RAHMAN M M, *et al.* Micropropagation of plantlets through callus in taranoki (*Aralia elata*) [J]. *Bull Utsunomiya Univ For*, 2007, **43**: 171 – 176.
- [6] 赵恒田, 宋晓宏, 沈云霞. 辽东椴木愈伤组织诱导及增殖技术研究[J]. 农业生物技术科学, 2008, **24** (1): 64 – 67.  
ZHAO Hengtian, SONG Xiaohong, SHEN Yunxia. Studies on the callus induction and multiplication of *Aralia elata* (Miq.) Seem. [J]. *Chin Agric Sci Bull*, 2008, **24** (1) 64 – 67.
- [7] 李建明, 李喜文, 李福安, 等. 龙牙椴木组织培养与不定芽再生植株[J]. 青海师范大学学报, 2004 (4): 69 – 72.  
LI Jianmin, LI Xiwen, LI Fuan, *et al.* Tissue culture and adventitious bud regeneration of *Aralia elata* (Miq.) Seem. [J]. *J Qinghai Norm Univ*, 2004 (4): 69 – 72.
- [8] 曲芳, 谢永刚. 龙牙椴木组织培养及植株再生[J]. 中国蔬菜, 2002 (2): 37 – 38.  
QU Fang, XIE Yonggang. Tissue culture and adventitious bud regeneration of *Aralia elata* (Miq.) Seem. [J]. *China Vegetables*, 2002 (2): 37 – 38.
- [9] 秦亚平, 吴大椿, 肖锦. 龙牙椴木组织培养与快速繁殖技术研究[J]. 安徽农业科学, 2004, **32** (1): 111 – 114.  
QING Yaping, WU Dachun, XIAO Jing. Study on tissue culture and quickly reproduction technology of *Aralia mandshurica* [J]. *J Anhui Agric Sci*, 2004, **32** (1): 111 – 114.
- [10] 班文杰, 赵恒田. 辽东椴木人工繁殖与栽培技术[J]. 中国野生植物资源, 2008, **27** (3): 61 – 63.

- BAN Wenjie, ZHAO Hentian. Study on plant and reproduction technology of *Aralia elata* [J]. *Chin Wild Plant Resour*, 2008, **27** (3): 61 – 63.
- [11] 常乃滔, 于萍, 雍一丘, 等. 辽东槲木的离体培养及植株再生研究[J]. 沈阳农业大学学报, 2005, **36** (2): 185 – 188.
- CHANG Naitao, YU Ping, YONG Yiqiu. Japanese *Aralia* in vitro culture and plantlet regeneration [J]. *J Shenyang Agric Univ*, 2005, **36** (2): 185 – 188.
- [12] 韩建军, 宋洪文. 龙牙槲木的组织培养[J]. 中国林副特产, 2001, **59** (4): 2.
- HAN Jianjun, SONG Hongwen. Tissue culture of *Aralia elata* [J]. *For By-Prod Spec China*, 2001, **59** (4): 2.
- [13] 程肖蕊, 杨柏明, 李彦舫. 辽东槲木的组织培养[J]. 植物生理学通讯, 2001, **36** (3): 232.
- CHENG Xiaorui, YANG Baiming, LI Yanfang. Tissue culture of Japanese *Aralia* [J]. *Plant Physiol Commun*, 2001, **36** (3): 232.
- [14] 杨振国, 杜凤国. 长白槲木的组织培养与植株再生[J]. 植物生理学通讯, 2005, **41** (2): 194.
- YANG Zhenguoguo, DU Fengguoguo. Tissue culture and plantlet regeneration of *Aralia continentalis* Kitag. [J]. *Plant Physiol Commun*, 2005, **41** (2): 194.
- [15] 杨晓霞, 杨琳. 云南槲木组织培养快速繁殖试验[J]. 热带农业科技, 2005, **28** (3): 21 – 23.
- YANG Xiaoxia, YANG Lin. Test on tissue culture of *Aralia thomsnii* Seem.[J]. *Trop Agric Sci Technol*, 2005, **28** (3): 21 – 23.
- [16] LEE K S, LEE J C, SOH W Y. High frequency plant regeneration from *Aralia cordata* somatic embryos [J]. *Plant Cell, Tissue Organ Cult*, 2002, **68**: 241 – 246.
- [17] NISHIHARA T, HAYASHI Y, MATSUMOTO K. Somatic embryo induction from cell suspension culture of *Aralia cordata* using bioreactors [J]. *J Jpn Soc Hortic Sci*, 1998, **67** (1): 87 – 92.
- [18] NISHIHARA T, HAYASHI Y, MATSUMOTO K. Somatic embryoogenesis from leaf disks and immature seeds of *Aralia cordata* Thunb. [J]. *J Jpn Soc Hortic Sci*, 1998, **67** (1): 81 – 86.
- [19] LEE K S, LEE J C, SOH W Y. Effect of ABA on secondary embryogenesis from somatic embryos induced from inflorescence culture of *Aralia cordata* Thunb. [J]. *Korean J Plant Biol*, 1998, **41** (3): 187 – 192.
- [20] LEE K S, SOH W Y. Effect of abscisic acid on the number of somatic embryo cotyledons in tissue cultures of *Aralia cordata* Thunb. [J]. *Korean J Plant Tissue Cult*, 1994, **21**: 287 – 291.
- [21] LEE K S, SOH W Y. Effect of cytokinins on the number of cotyledons of somatic embryos from cultured cells of *Aralia cordata* Thunb. [J]. *Korean J Plant Tissue Cult*, 1993, **20**: 171 – 175.
- [22] LEE K S, SOH W Y. Structural aspects of somatic embryos developed from *Aralia cordata* cells cultured in medium with ABA [J]. *Phytomorphology*, 1998, **48**: 225 – 236.
- [23] LEE K S, LEE J C, SOH W Y. Effects of ABA on secondary embryogenesis from somatic embryos induced from inflorescence culture of *Aralia cordata* Thunb. [J]. *Korean J Plant Tissue Cult*, 1998, **41**: 187 – 192.
- [24] LEE K S, SOH W Y. Somatic embryogenesis and structural aberrancy of embryos in tissue cultures of *Aralia cordata* Thunb. [J]. *Korean J Plant Tissue Cult*, 1993, **20**: 77 – 83.
- [25] 曾燕如, 方伟. 林木生物技术研究与应用进展[J]. 浙江林学院学报, 2003, **20** (2): 209 – 214.
- ZENG Yanru, FANG Wei. Progress in research and application of forest tree biotechnology [J]. *J Zhejiang For Coll*, 2003, **20** (2): 209 – 214.
- [26] 张蕾, 韩素英, 张守攻, 等. 植物体细胞胚胎发生及其相关应答基因的研究进展[J]. 生物技术通报, 2006(增刊): 1 – 5.
- ZHANG Lei, HAN Suying, ZHANG Shougong, et al. Advances in research in plant somatic embryogenesis and the relational responding genes[J]. *Biotechnol Bull*, 2006 (supp): 1 – 5.