

## 蚂蚱腿子离体快繁技术研究

王欢<sup>1,2</sup>, 刘洋<sup>1</sup>, 苑禹<sup>1</sup>, 李旭<sup>1</sup>, 杜凤国<sup>1,2,\*</sup>

<sup>1</sup>北华大学林学院, 吉林吉林132013; <sup>2</sup>吉林省林业与生态环境重点实验室, 吉林吉林132013

**摘要:** 以蚂蚱腿子幼嫩带芽茎段为外植体, 通过对其芽启动诱导、继代增殖及生根诱导培养基的筛选, 建立了蚂蚱腿子的离体快速繁殖技术体系。结果表明: 最适腋芽诱导培养基为 $B_5+1.0\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  6-BA+ $0.1\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  IBA, 外植体诱导萌发率达80.0%; 最适增殖培养基为 $B_5+1.0\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  6-BA+ $0.3\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  IBA, 增殖系数可达7.6; 最佳生根培养基为 $1/2\text{ B}_5+0.1\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  IBA+ $0.1\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  NAA, 生根率可达93.3%, 平均主根数量达11.2条。炼苗后, 移栽于珍珠岩和蛭石(1:1, V/V)或腐殖土和河沙(2:1, V/V)混合基质中, 成活率均达90%以上。

**关键词:** 蚂蚱腿子; 带芽茎段; 组织培养; 快速繁殖

## Rapid Propagation *in Vitro* of *Myrica dioica*

WANG Huan<sup>1,2</sup>, LIU Yang<sup>1</sup>, YUAN Yu<sup>1</sup>, LI Xu<sup>1</sup>, DU Feng-Guo<sup>1,2,\*</sup>

<sup>1</sup>Forestry College, Beihua University, Jilin, Jilin 132013, China; <sup>2</sup>Key Laboratory of Forestry and Ecological Environment of Jilin Province, Jilin, Jilin 132013, China

**Abstract:** The objective of this study was to develop a fast, *in vitro* reproduction system for *Myrica dioica*. Segments of tender stems were used as the explants. Various culture media were tested for inducing axillary buds and roots and for shoot multiplication. The results show that  $B_5+1.0\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  6-BA+ $0.1\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  IBA was the optimal culture medium for inducing axillary buds with a success rate of 80%. The optimal culture medium for shoot proliferation was  $B_5+1.0\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  6-BA+ $0.3\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  IBA, which resulted in a multiplication coefficient of 7.6. The optimal culture medium for root induction was  $1/2\text{ B}_5+0.1\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  IBA+ $0.1\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  NAA. The rooting rate was 93.3%. After being transplanted into a mixture of perlite and vermiculite (1:1, V/V) or humus and sand (2:1, V/V), the survival rate of the plantlets was above 90%.

**Key words:** *Myrica dioica*; stem segment with axillary bud; tissue culture; rapid propagation

蚂蚱腿子又名万花木, 菊科(Compositae)蚂蚱腿子属落叶小灌木, 主要分布于东北、华北各地区及陕西、湖北等省, 生长于海拔400 m的地区, 见于山坡和林缘路旁(中国科学院中国植物志编辑委员会1996), 是中国特有的单属植物, 是菊科少有的木本植物之一, 被列为辽宁省渐危树种(曲艺等2010)。花雌性和两性异株, 先叶开放。雌花花冠紫红色, 舌状; 两性花花冠白色(中国科学院中国植物志编辑委员会1996), 在早春时节凸显淡雅别致的韵味, 具有很高的观赏价值, 可弥补东北地区早春时节的萧条景象。该树种抗旱、耐寒、适应性强(谢启章和张晓惠2012), 是干旱半干旱山区营造水土保持林的优良灌木树种, 可作为城市园林绿化的节约型植物材料, 是一种很有开发价值的优良绿化树种。

目前关于蚂蚱腿子的研究已有化学成分分析(陈梦菁1990; 田晋等2011)、叶表皮特征(徐兴友

等2005a)、干旱对光合色素含量与气体交换的影响、干旱胁迫对其幼苗根系保护酶活性及脂质过氧化作用、营养器官的解剖学特征与耐旱性的关系(徐兴友等2008a, b, c)及耐阴性研究(戴凌峰等2007)等, 而对于蚂蚱腿子培育方面的研究还很少, 只有徐兴友等(2005b)以河沙作为基质, 用 $100\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 萘乙酸(NAA)浸泡插穗, 生根率可达到80.21%。而植物组织培养技术具有繁殖速度快、生产周期短的优点, 适合于优良树种的大规模繁殖。目前尚未见关于蚂蚱腿子组培快繁的研究报道, 本研究建立的蚂蚱腿子离体快繁技术体系可为其规模化生产提供有效途径, 为其进一步开发利用奠定基础。

收稿 2015-10-08 修定 2015-12-07

\* 通讯作者(E-mail: dfg4656@hotmail.com; Tel: 0432-64608330)。

## 材料与方法

### 1 植物材料

试验材料蚂蚱腿子(*Myriophyllum dioica* Bunge)采自北京香山,于2014年4月下旬的晴天中午,选取幼树健壮的幼嫩枝条,喷水后放入手提冰箱中带回实验室备用。

### 2 外植体处理

首先剪去幼枝上的叶片,留3~5 mm叶柄,修剪成长约5 cm的茎段,放在洗洁精溶液中浸泡10 min,然后置流水下冲洗30 min,最后在超净工作台中先用75%乙醇浸泡30 s,无菌水冲洗1次,再用0.1%升汞( $\text{HgCl}_2$ )溶液灭菌5~6 min,其间不断搅拌,最后用无菌水冲洗5次。将材料剪成约1 cm带腋芽的茎段,接种到诱导培养基上。

### 3 腋芽诱导培养

采用以下7种培养基进行腋芽诱导: (1) MS; (2) MS+1.0  $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$  6-苄氨基嘌呤(6-BA); (3)  $\text{B}_5$ ; (4)  $\text{B}_5$ +1.0  $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$  6-BA; (5) MS+1.0  $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$  6-BA+0.1  $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$  NAA; (6) MS+1.0  $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$  6-BA+0.1  $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$  吲哚丁酸(IBA); (7)  $\text{B}_5$ +1.0  $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$  6-BA+0.1  $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$  IBA。每瓶接种1个外植体,每个处理接种30瓶。培养30 d后观察腋芽生长情况,统计诱导率。诱导率=诱导出芽的外植体数/接种外植体数 $\times 100\%$ 。

### 4 继代与增殖培养

将初代培养的试管苗剪成2 cm左右接种到增殖培养基中。根据外植体在启动培养基的诱导分化情况,增殖培养以 $\text{B}_5$ 作为基本培养基,添加不同浓度的6-BA (0.5和1.0  $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ )和IBA(0.1和0.3  $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ )。每个处理接种30瓶,继代5次。每代培养45 d,统计5代的平均增殖系数,并观察记录增殖苗的生长情况。增殖系数=增殖后的芽数/接种芽数。

### 5 生根培养

选择继代培养中生长健壮的无根苗,剪取约3 cm接种到以下4种诱导生根培养基中: (1) 1/2 MS+0.2  $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$  IBA; (2) 1/2 MS+0.2  $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$  NAA; (3) 1/2 MS+0.1  $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$  NAA+0.1  $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$  IBA; (4) 1/2 MS+0.4  $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$  IBA。每个处理接种30瓶,30 d后统计生根率、生根数量及长度等指标。生根率=生根苗数/接种苗数 $\times 100\%$ 。

### 6 炼苗与移栽

挑选生长健壮、根系发达的组培苗,打开封

口膜,先在室内炼苗3 d,然后小心地用镊子将试管苗从培养瓶中取出,洗净根部残留的培养基,移栽到已消毒的珍珠岩和蛭石(1:1,  $V/V$ )以及腐殖土和河沙(2:1,  $V/V$ )两种混合基质中。每种基质各移栽30株,放在光照培养箱(LRH-800-G)中,每天喷施1/2 MS大量元素的水溶液,保持相对湿度80%~90%,温度25  $^{\circ}\text{C}$ ,光照45  $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 。30 d后统计移栽成活率,成活率=存活苗数/移栽苗数 $\times 100\%$ 。

### 7 培养条件

以上培养基除生根培养基的蔗糖浓度为15  $\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 外,其他培养基均添加蔗糖30  $\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 和琼脂0.7  $\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ , pH 5.8。培养温度(25 $\pm$ 2)  $^{\circ}\text{C}$ ;光照强度为30  $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ,光照时间为12 h $\cdot\text{d}^{-1}$ 。

## 实验结果

### 1 腋芽诱导的启动培养

由表1可以看出,不添加任何植物生长调节物质,蚂蚱腿子腋芽也能萌发,但长势较慢。培养9 d时腋芽开始膨大萌发新叶,大部分外植体可以完成启动生长(图1-A)。培养30 d时,培养基6和7上的诱导腋芽萌发率高,腋芽萌发抽枝长2 cm左右,同时新分化的枝条上的腋芽也开始萌发,基部形成少量愈伤组织,但6号培养基萌发的幼叶叶缘呈紫红色。5号处理腋芽萌发抽枝长1.0 cm左右,新分化的枝条上的腋芽未萌发。由此可知,IBA与6-BA配合使用的诱导效果比NAA与6-BA配合使用好。同时在实验中观察发现,只添加细胞分裂素,腋芽萌发但新枝条节间极短。以MS作为基本培养基,无论是否添加植物生长调节物质,均发现叶缘不同程度地呈现紫红色;而以 $\text{B}_5$ 作为基本培养基,叶片颜色正常呈绿色。根据外植体在7种培养基中的生长分化情况综合分析, $\text{B}_5$ 培养基是蚂蚱腿子组织培养适宜的基本培养基,添加一定浓度配比的细胞分裂素6-BA和生长素IBA可促进腋芽诱导分化,因此适合蚂蚱腿子启动培养的培养基为 $\text{B}_5$ +1.0  $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$  6-BA+0.1  $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$  IBA,诱导率达80.0%。

### 2 不同植物生长调节物质浓度配比及继代次数对增殖培养的影响

从表2可以看出,将启动培养中腋芽萌发获得的节间较短的芽苗接种到添加不同浓度6-BA和

表1 蚂蚱腿子茎段的腋芽诱导培养  
Table 1 Axillary bud induction from stem segments of *M. dioica*

培养基	诱导率/%	萌动时间/d	30 d后的生长状况
(1) MS	60.0	15	腋芽萌发长3~4片叶, 叶缘紫红色
(2) MS+1.0 mg·L <sup>-1</sup> 6-BA	60.0	13	腋芽萌发长5~6片叶, 叶缘紫红色
(3) B <sub>5</sub>	70.0	13	腋芽萌发长3~4片叶, 叶片绿色
(4) B <sub>5</sub> +1.0 mg·L <sup>-1</sup> 6-BA	73.3	13	腋芽萌发长5~6片叶, 叶片绿色
(5) MS+1.0 mg·L <sup>-1</sup> 6-BA+0.1 mg·L <sup>-1</sup> NAA	66.7	11	腋芽萌发长5~6片叶, 叶缘紫红色
(6) MS+1.0 mg·L <sup>-1</sup> 6-BA+0.1mg·L <sup>-1</sup> IBA	76.7	9	腋芽萌发长9~10片叶, 叶缘紫红色
(7) B <sub>5</sub> +1.0 mg·L <sup>-1</sup> 6-BA+0.1mg·L <sup>-1</sup> IBA	80.0	9	腋芽萌发长9~10片叶, 叶片绿色

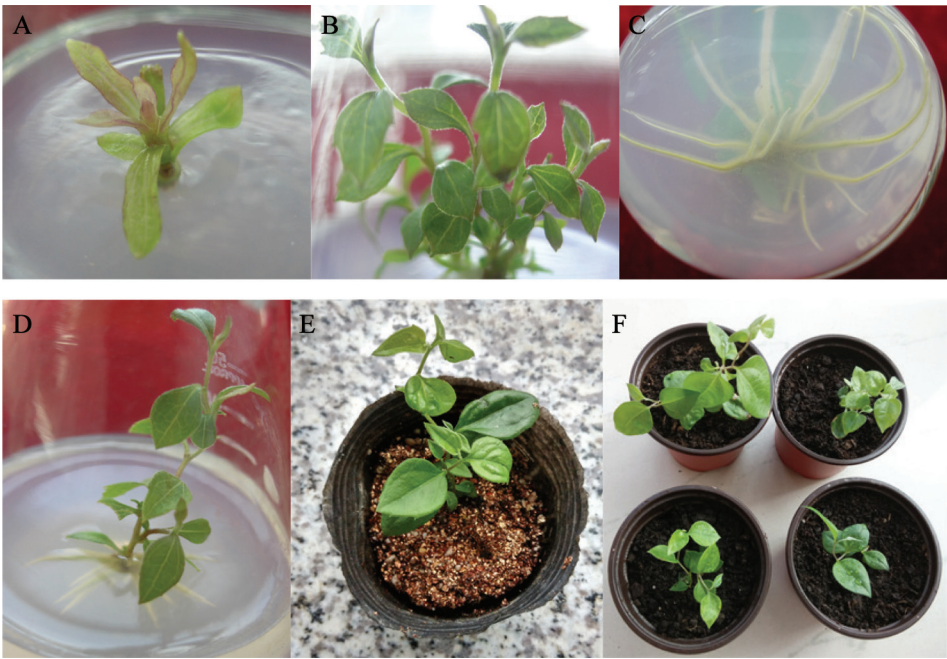


图1 蚂蚱腿子的组织培养与植株再生

Fig.1 Tissue culture and plant regeneration of *M. dioica*

A: 茎段启动培养; B: 增殖培养; C: 生根苗根系; D: 生根培养; E: 试管苗移栽成活; F: 二次移栽到土里。

表2 不同浓度6-BA和IBA对蚂蚱腿子增殖的影响

Table 2 Effects of different concentrations of 6-BA and IBA on the multiplication of *M. dioica*

6-BA浓度/mg·L <sup>-1</sup>	IBA浓度/mg·L <sup>-1</sup>	增殖系数					
		第1代	第2代	第3代	第4代	第5代	平均值
1.0	0.1	2.3±0.2 <sup>a</sup>	4.3±0.1 <sup>a</sup>	8.7±0.2 <sup>b</sup>	10.5±0.2 <sup>b</sup>	8.6±0.2 <sup>b</sup>	6.9±1.5 <sup>a</sup>
1.0	0.3	2.6±0.1 <sup>a</sup>	4.5±0.2 <sup>a</sup>	9.4±0.1 <sup>a</sup>	11.6±0.2 <sup>a</sup>	9.8±0.2 <sup>a</sup>	7.6±1.7 <sup>a</sup>
0.5	0.1	1.6±0.1 <sup>b</sup>	2.8±0.1 <sup>b</sup>	5.4±0.1 <sup>c</sup>	7.6±0.2 <sup>c</sup>	6.1±0.1 <sup>c</sup>	4.7±1.1 <sup>a</sup>

表中增殖系数为平均值±标准偏差, 同列不同小写字母表示差异显著(P<0.05)。表3同。

IBA组合的B<sub>5</sub>培养基中, 最初的2次继代增殖系数较小, 到第3代, 3种组合的增殖系数均是第2代的2倍左右, 试管苗生长健壮, 叶片平展、翠绿, 伸长生长快(图1-B)。其中6-BA浓度为1.0 mg·L<sup>-1</sup>、IBA浓度为0.3 mg·L<sup>-1</sup>的组合增殖系数最大, 长势最好, 可能是随着外源细胞分裂素和生长素的添加及自



身合成达到比较适宜的浓度水平, 其生长分化得到促进。随着继代次数增加, 到第5代, 增殖倍数略有下降, 此时个别试管苗出现玻璃化现象, 叶片小、透明, 伸长生长减慢; 基部形成大量愈伤组织, 分化出大量不定芽, 但芽很细弱, 无法用于继代培养。综合增殖系数及试管苗生长状况, B<sub>5</sub>+1.0 mg·L<sup>-1</sup> 6-BA+0.3 mg·L<sup>-1</sup> IBA为蚂蚱腿子最适增殖培养基, 增殖系数平均可达到7.6。在生产实践中, 要根据组培苗的生长分化情况及时调整培养基中植物生长调节物质的浓度配比。

3 生根培养及移栽

将健壮的无根苗接种到生根诱导培养基中。

从表3可得出, 单独使用一种生长素(NAA或IBA)或二者同时使用, 均可诱导蚂蚱腿子生根(图1-C和D)。单独使用NAA产生的主根数量较少, 而单独使用IBA主根细、生长较慢, 同时不产生须根, 随着浓度升高, 基部产生大量愈伤组织, 生根率降低, 生根数量减少。而二者配合使用, 主根数量多, 根生长快且较粗壮, 同时产生须根。因此蚂蚱腿子适宜的生根培养基为1/2 B<sub>5</sub>+0.1 mg·L<sup>-1</sup> IBA+0.1 mg·L<sup>-1</sup> NAA, 生根率可达93.3%, 平均主根数量达11.2条, 平均主根长3.7 cm。在生根培养10 d左右, 基部开始分化出不定根, 约25 d时主根开始分化出侧根。

表3 不同植物生长素对蚂蚱腿子生根诱导的影响  
Table 3 Effects of different auxins on root induction of *M. dioica*

生长素浓度/mg·L <sup>-1</sup>		生根率/%	平均主根数/条	平均主根长/cm	根系生长情况
IBA	NAA				
0.1	0.1	93.3	11.2±0.2 <sup>a</sup>	3.7±0.1 <sup>a</sup>	主根多, 生长快, 粗壮; 密被根毛; 具须根
0.2	0	86.7	9.3±0.2 <sup>b</sup>	2.6±0 <sup>c</sup>	主根较多, 生长慢, 细; 根毛较少; 无须根
0.4	0	52.6	4.6±0.1 <sup>d</sup>	1.8±0 <sup>d</sup>	主根少, 生长慢, 细; 根毛较少; 无须根
0	0.2	83.3	6.5±0.2 <sup>c</sup>	3.1±0.1 <sup>b</sup>	主根较少, 生长较快, 粗壮; 密被根毛; 具须根

将根系生长良好, 长势健壮的再生植株移栽于珍珠岩和蛭石(1:1, V/V)以及腐殖土和河沙(2:1, V/V)两种混合基质中, 保证温湿度及光照条件。移栽2周后, 植株萌发出新叶, 移栽成活率分别达93.3%和90.0% (图1-E和F)。

讨 论

在木本植物组织培养中最常用的培养基包括MS、B<sub>5</sub>和WPM等, 不同植物材料所适宜的诱导分化培养基不同, 甚至同种植物不同培养阶段所采用的基本培养基也不甚相同。因此, 选择适合的基本培养基对植物组织培养的成败至关重要。在本试验中, 以B<sub>5</sub>为基本培养基, 叶片绿色, 植株生长正常, 适合蚂蚱腿子的离体培养; 而以MS为基本培养基的组合中, 腋芽萌发形成的新叶叶缘呈紫红色。由于不同基本培养基所含有的大量元素、微量元素和有机成分的种类与含量各有特点, 根据MS和B<sub>5</sub>两种培养基的成分组成可以看出, 二者大量元素中氮的种类及含量差异较大。MS培养基中富含铵态氮和硝态氮(NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>: 1 650 mg·L<sup>-1</sup>;

KNO<sub>3</sub>: 1 900 mg·L<sup>-1</sup>), 而B<sub>5</sub>培养基硝态氮含量高, 铵态氮含量较低[KNO<sub>3</sub>: 2 500 mg·L<sup>-1</sup>; (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>: 134 mg·L<sup>-1</sup>]。可能是无机盐浓度较高, 尤其是铵盐浓度过高的MS培养基对蚂蚱腿子的生长分化产生了一定毒害作用。另外, 硝态氮和铵态氮的相对比例对培养物的质量、细胞分裂与分化具有显著影响(肖尊安2010), 可能蚂蚱腿子的诱导分化需要较高的硝态氮-铵态氮比值。不同基本培养基种类也可能影响到生长调节物质的作用效果, 这也可能是造成蚂蚱腿子在不同基本培养上离体培养的差异。

在植物离体快繁中, 植物生长调节物质是培养基中的关键物质, 其种类、用量及组合对培养物的诱导分化起重要作用。本试验选用不同浓度的6-BA与NAA和IBA的组合, 结果表明1.0 mg·L<sup>-1</sup> 6-BA+0.1 mg·L<sup>-1</sup> IBA为适宜诱导外植体启动培养的最佳组合, 诱导率达80.0%。B<sub>5</sub>+1.0 mg·L<sup>-1</sup> 6-BA+0.3 mg·L<sup>-1</sup> IBA为蚂蚱腿子最适的增殖培养基, 经过5代的继代培养, 其增殖系数平均可达7.6。本试验中发现, 随继代次数增加, 增殖率明显

增加,但继代到一定代数后出现下降趋势。杨增海(1987)认为继代培养中分化能力降低或丧失的原因除了组织细胞在长期培养过程中发生遗传性的改变之外,还有生理上的原因,即在培养过程中逐渐消耗了在原有母体组织中存在的与器官形成的特殊物质。因此,在生产实践中,应根据组培苗的生长状况,及时调整培养基中植物生长调节物质的种类及用量。

植物生长素具有促进生根的作用。生长素 IBA 可诱导根原体的形成,促进细胞分裂与分化,利于新根的生成和维管束系统的分化,促进不定根的形成。单独使用 IBA 就可诱导生根,当其和 NAA 同时使用时,生根率会进一步提高,苗的生长状况也越来越好(陈佳2014)。Fukaki 等(2005)研究表明,在一定 IBA 浓度范围内,其浓度增加,内源 IAA 含量也随之增加;外源 NAA 能促进内源 IAA 的合成,有利于根的形成。在蚂蚱腿子的生根诱导培养中,单独添加 IBA 或 NAA 均能诱导其生根,但根系质量及生长速度不及二者共同使用的效果好。单独使用 IBA,形成的不定根较细,未见侧根分化;而单独使用 NAA 所形成的根系粗壮,并分化出侧根,但不定根数量少,这都将会影响后续的移栽成活率。本试验采用  $0.1\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  IBA+ $0.1\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  NAA 的组合,生根率和生根量最高,分别为 93.3% 和每株 11.2 条,主根粗壮且不同程度地分化出侧根,植株生长健壮,说明一定浓度的 IBA 与 NAA 混合使用,更有利于蚂蚱腿子试管苗的生根诱导,并在一定程度上提高移栽成活率。不同植物的生根诱导对生长素的种类及浓度需求存在差异,这和植物自身的遗传特性、继代增殖的代数及培养基组成等因素具有一定关系。本实验得出蚂蚱腿子需要 NAA 和 IBA 这 2 种生长素的交互作用比单独作用的生根效果好,但其具体机理还需深入研究。同时在试验的过程中还发现,蚂蚱腿子在经多次

的继代培养后( $6\text{-BA}$  浓度低于  $0.5\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ )可自生根,说明该种植物体内激素的自我调节能力很强。

本试验中,使用了相对廉价的 6-BA,这在实际大规模生产中能够大量节省生产成本。笔者仅探讨了细胞分裂素 6-BA 对蚂蚱腿子组培苗继代增殖的影响,其他植物生长调节物质如激动素(KT)、赤霉素( $\text{GA}_3$ )、玉米素(ZT)等是否会有更好的效果,还有待更进一步的研究。

### 参考文献

- 陈佳(2014). 无患子组织培养再生体系研究[硕士论文]. 福州: 福建农林大学, 39
- 陈梦菁(1990). 蚂蚱腿子的化学成分. 植物学报, 32 (11): 83~84
- 戴凌峰, 张志翔, 沈应柏(2007). 4种灌木树种的耐荫性研究. 西部林业科学, 36 (4): 41~48
- 曲艺, 董健, 冯健, 王赛春, 于世河, 陆爱君, 庞军岐(2010). 辽宁省濒危树种资源保护和利用的现状与对策. 辽宁林业科技, (5): 31~35
- 田晋, 王伟, 杨啊晶, 王彦改, 杨建波, 苏亚伦, 吉腾飞(2011). 万花木化学成分的研究(I). 天然产物研究与开发, 23: 250~252, 290
- 肖尊安(2010). 植物生物技术. 北京: 高等教育出版社, 29
- 谢启章, 张晓惠(2012). 节约型木本地被植物——蚂蚱腿子. 中国城市林业, 10 (5): 56~57
- 徐兴友, 郭学民, 杜金友, 王同坤, 尹伟伦, 王华芳(2005a). 三种花灌木叶表皮特征扫描电镜观察. 河北科技师范学院学报, 19 (4): 21~22
- 徐兴友, 郭学民, 王同坤, 尹伟伦, 王华芳(2005b). 两种野生花灌木硬枝扦插繁殖试验. 西北林学院学报, 20 (2): 104~106
- 徐兴友, 王子华, 龙茹, 王同坤, 金照光, 尹伟伦, 王华芳(2008a). 干旱对 6 种野生花卉光合色素含量与气体交换的影响. 经济林研究, 26 (4): 1~6
- 徐兴友, 王子华, 张凤娟, 郭振清, 尹伟伦, 王华芳(2008b). 干旱胁迫对 6 种野生耐旱花卉幼苗根系保护酶活性及脂质过氧化作用的影响. 林业科学, 44 (2): 41~47
- 徐兴友, 张凤娟, 郭振清, 尹伟伦, 王华芳(2008c). 6种野生耐旱花卉解剖学特征与耐旱性的关系. 经济林研究, 26 (3): 13~19
- 杨增海(1987). 园艺植物组织培养. 北京: 农业出版社
- 中国科学院中国植物志编辑委员会(1996). 中国植物志(第79卷). 北京: 科学出版社, 21~23
- Fukaki H, Okushima Y, Takasa M (2005). Regulation of lateral root formation by auxin signaling in *Arabidopsis*. Plant Biotechnol, 22 (5): 393~399