

文章编号:1000-8551(2012)02-0257-05

# 猕猴桃胚乳再生植株体系的优化

林颖<sup>1,2</sup> 龙自立<sup>1</sup> 张璐<sup>1</sup> 叶庆富<sup>1</sup> 刘永立<sup>1</sup>

(1. 浙江大学农业与生物技术学院,浙江 杭州 310029; 2. 浙江省玉环县科学技术局,浙江 玉环 317600)

**摘要:**以猕猴桃(*Actinidia chinensis*)金桃品种的胚乳为外植体,探讨了培养基、生长调节剂和蔗糖浓度以及暗培养等条件对胚乳培养器官形成的影响。结果表明:2,4-D对猕猴桃胚乳愈伤组织的诱导效果显著;在20g/L的蔗糖浓度条件下,胚乳愈伤组织的器官分化效果最好;暗培养可以促进胚乳愈伤组织的生长和器官形成,其中暗培养7d效果最好。

**关键词:**猕猴桃;愈伤组织;生长调节剂;胚乳培养

## OPTIMUM TECHNOLOGICAL PARAMETERS FOR REGENERATION SYSTEM OF ENDOSPERM OF *Actinidia chinensis* CV. 'JINTAO'

LIN Ying<sup>1,2</sup> LONG Zi-li<sup>1</sup> ZHANG Lu<sup>1</sup> YE Qing-fu<sup>1</sup> LIU Yong-li<sup>1</sup>

(1. College of Agriculture and Biotechnology, Zhejiang University, Hangzhou, Zhejiang 310029;

2. Science and Technology Bureau of Yuhuan County, Yuhuan, Zhejiang 317600)

**Abstract:** A regeneration protocol for cultured endosperm of *Actinidia chinensis* were set up via organogenesis from callus tissues derived from endosperm explants of *Actinidia chinensis* 'Jintao' *in vitro*. The effects of different media, plant growth regulators, sucrose concentrations and dark treatment on callus induction and shoot formation were studied. The addition of 2,4-D significantly increased percentage of calli formation from the endosperm explants. Addition of 20g/L of sucrose resulted in better organogenesis form, endosperm callus. Dark culture could promote the growth of endosperm callus and organ formation, and the best efficiency was obtained after 7d of culture in the dark.

**Key words:** *Actinidia chinensis*; callus tissues; growth regulator; endosperm culture

胚乳培养是常用的倍性育种手段。被子植物胚乳是双受精作用的产物,属于三倍体组织,因此通过对植物种子成熟胚乳或未成熟胚乳的离体培养,可能筛选得到一些重要的新种质材料,对以营养繁殖为主的果树而言具有重要的育种价值。胚乳培养在葡萄<sup>[1]</sup>、柑橘<sup>[2,3]</sup>、柿树<sup>[4,5]</sup>、枇杷<sup>[6]</sup>、杨桃<sup>[7]</sup>、枣<sup>[8]</sup>、西番莲<sup>[9]</sup>、银杏<sup>[10]</sup>等果树的研究中有着广泛的应用,并得到了无核无籽的育种材料,同时还可以改良水果的某些食用品质。

猕猴桃是一种营养丰富的水果,具有很高的经济价

值和药用价值。由于猕猴桃果实中种子过多,大大影响其食用品质。为获得猕猴桃无籽或少籽的材料,前人对猕猴桃进行了胚乳培养的研究<sup>[11~13]</sup>,但对猕猴桃胚乳组织再生过程中体系优化的研究尚未见报道。金桃是我国育成的猕猴桃优良品种,在意大利等国有广泛的推广,其商品性状优良,在目前的国际市场中具有较好的竞争力。本文以金桃猕猴桃种子的胚乳为试验材料,通过器官发生途径诱导形成不定芽,探讨了培养基、植物生长调节剂和不同浓度蔗糖以及暗培养时间对不定芽形成的影响,以求建立一个高效的适合猕猴桃胚乳培养

收稿日期:2011-07-07 接受日期:2011-10-24

基金项目:浙江省自然科学基金项目(Y3080202)

作者简介:林颖(1967-),男,浙江台州人,大学本科,农艺师,主要从事果树研究与推广工作。Tel: 0576-87352579; E-mail: liny5567@163.com

通讯作者:刘永立(1959-),男,黑龙江兰西人,博士,教授,研究方向为果树育种。Tel: 13395711312; E-mail: liuyongli@zju.edu.cn

叶庆富(1963-),男,浙江衢州人,博士,教授,研究方向为植物诱变育种。E-mail: qfy@zju.edu.cn

的再生系统,为胚乳再生植株改良和选育猕猴桃新品种提供技术参数,并应用流式细胞仪鉴定了胚乳愈伤组织诱导得到的植株染色体倍性。

## 1 材料和方法

### 1.1 材料及其处理

选取猕猴桃 *Actinidia chinensis* 品种金桃 ( $2n = 4x = 116$ , 中华猕猴桃黄瓢,意大利产)的果实,用自来水冲洗 30min,再用 75% 酒精灭菌处理 1min,然后用 0.2% HgCl<sub>2</sub> 灭菌处理 20min,再用无菌水冲洗 3 次。无菌条件下取出种子,剥去种皮并去掉胚,接种在培养基中。培养基为 1/2MS 附加琼脂粉 5g/L、蔗糖 20g/L,用 0.1mol/L 的 HCl 或者 NaOH 调整 pH 值至 5.8,在 121℃ (1.2kg/cm<sup>2</sup>) 高压灭菌 20min。

### 1.2 方法

1.2.1 植物生长调节剂对愈伤组织和器官形成的影响 取金桃猕猴桃的去胚胚乳为外植体,接种到分别含有 NAA 0、1、2mg/L 或 2,4-D 0、0.5、1.0mg/L 和 BA 0.5、1、3mg/L 组合的愈伤组织诱导培养基(30ml)上,以探讨不同植物生长调节剂种类与浓度对猕猴桃胚乳愈伤组织形成的影响。

以 NAA 0、0.1、0.5μmol/L 和 BA 0、1、5、10μmol/L 进行组合,探讨不同植物生长调节剂种类与浓度对胚乳愈伤组织中器官形成的影响。

1.2.2 培养基对器官形成的影响 取 30d 的猕猴桃胚乳愈伤组织作为外植体,分别接种到 MS、1/2MS 和 B<sub>3</sub> 3 种培养基上,均附加 0.1μmol/L NAA 和 5μmol/L BA 及 20g/L 蔗糖,直接置于光下培养,探讨基本培养基对器官形成的影响。

1.2.3 糖浓度对愈伤组织分化的影响 同上取 30d 的猕猴桃胚乳愈伤组织作为外植体,接种到 1/2MS + 0.1μmol/L NAA + 5μmol/L BA 的再生培养基中,附加不同浓度的蔗糖(10、20、30、40、50g/L),30d 后观察胚乳愈伤组织的分化情况,探讨蔗糖浓度对器官形成的影响。

1.2.4 暗培养处理 同上取 30d 的猕猴桃胚乳愈伤组织作为外植体,接种到 1/2MS + 0.1μmol/L NAA + 5μmol/L BA + 20g/L 蔗糖的再生培养基上,进行不同时间(0、7、14 和 21d)的暗培养后转入光培养,探讨暗培养时间对器官形成的影响。

### 1.3 培养条件

以上处理培养条件均为:25℃,日光灯照明的 16/8h 的光周期,光照强度 40μmol·m<sup>-2</sup>·s<sup>-1</sup>。

### 1.4 倍性鉴定

取约 2cm<sup>2</sup> 的不定芽苗顶部叶为多倍体检测材料。加入到 1ml 0℃ 的提取液 10mmol/L MgSO<sub>4</sub> + 50mmol/L KCl + 5mmol/L HEPES + 0.25% TritonX-100 + 1% PVP-30 (W/V) 中,在培养皿中用锋利的刀片快速将叶片切碎,溶液用 300 目尼龙网过滤至离心管中,3000r/min 离心 5min,弃上清,加入 BD 染色液 400μl,以实生金桃植株叶片为对照,采用 BD FACS Calibur 流式细胞仪进行倍性鉴定。

### 1.5 数据统计及分析

以上每个处理 3 次重复,每次重复 15 个外植体。培养 30d 时和 45d 时统计胚乳愈伤组织形成情况,45d 时统计不定芽和不定根的数量。试验结果均采用平均值表示,并运用 DPS7.05 软件进行统计学分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 植物生长调节剂对猕猴桃胚乳愈伤组织形成的影响

接种 10d 后,胚乳开始表现出显著变化,在切口处出现少量的乳白色或淡黄色瘤状疣点。愈伤组织首先从切口处产生并不断增大,颜色为乳白色或淡黄色,质地较疏松。生长素和细胞分裂素对猕猴桃胚乳愈伤组织的诱导有显著的影响(表 1)。在含有 2,4-D 的培

表 1 植物生长调节剂对猕猴桃胚乳愈伤组织诱导的影响

Table 1 Effects of plant growth regulators on callus induction from endosperm of *Actinidia*

植物生长调节剂 plant growth regulators			外植体数量 number of explants	愈伤组织形成率 rate of callus induction (%)
NAA (mg/L)	2,4-D (mg/L)	BA (mg/L)		
0	0	0	45	0.00
0	0.5	0.5	45	22.22cde
0	0.5	1	45	24.44bcd
0	0.5	3	45	20.00cde
0	1	0.5	45	35.55bcd
0	1	1	45	40.00b
0	1	3	45	71.11a
1	0	0.5	45	13.33de
1	0	1	45	15.56de
1	0	3	45	15.56de
2	0	0.5	45	11.11e
2	0	1	45	22.22cde
2	0	3	45	17.78de

注:数据为接种 45d 后统计,均为平均值;同列数据后不同小写字母表示处理间在 5% 水平上差异显著(邓肯氏多重分析),下表同。

Note: Data were mean and taken after cultured 45d; Datas followed by different lowercase letters in the same column mean no significant difference at 5% level (Duncan's multiple range test). The same as following tables.

培养基中,接种后 10d,愈伤组织增殖旺盛,仍为乳白色或淡黄色;但在 45d 后,愈伤组织的增殖速度下降并趋于稳定,而这种愈伤组织保持于原培养基或转入同样培养基中,它们无器官分化,并在转入新培养基初期有一定的增殖效应。

对比 2,4-D 和 NAA 对胚乳愈伤组织的诱导作用,发现 2,4-D 对胚乳愈伤组织的诱导效果较显著,并且其诱导的愈伤组织增殖能力强,而且不分化。在 2,4-D 与 BA 组合中,BA 高浓度组(3mg/L)胚乳愈伤组织的诱导率较高,而低 BA 浓度下(0.5mg/L 和 1mg/L),诱导率较低。

## 2.2 植物生长调节剂对胚乳愈伤组织分化的影响

在含有 2,4-D 的培养基上,胚乳愈伤组织不分化。胚乳愈伤组织在转入分化培养后出现了明显增大,但培养 5d 后,增殖作用下降并趋于稳定。在 10d

左右,组织块开始转绿,愈伤组织质地从较疏松转为致密。30d 左右在不同分化培养基上出现了不同的器官分化,只是在不同培养基中愈伤组织的分化频率和平均每个外植体的芽数不同,30d~45d 是愈伤组织分化的高峰。60d 时,分化的不定芽逐渐形成完整的小植株,植株的叶片较小,颜色深绿,节间较短。

猕猴桃胚乳愈伤组织在分化过程中,在不含 BA 或较低浓度 BA(1 $\mu$ mol/L)的培养基上,没有出现不定芽的分化(表 2)。BA 浓度为 5 $\mu$ mol/L 时,有明显促进不定芽分化的作用。同时,高浓度的 NAA(0.5 $\mu$ mol/L)对不定芽的分化有较明显的抑制作用。

猕猴桃愈伤组织形成不定根的过程相对容易。在低浓度 NAA 和 BA 下,其不定根的发生较多;过高浓度的 BA 和 NAA 添加,不定根形成明显受到抑制。

表 2 植物生长调节剂对猕猴桃胚乳愈伤组织分化的影响

Table 2 Effects of plant growth regulators on organ formation from the callus derived from endosperm of *Actinidia*

植物生长调节剂 plant growth regulators		外植体数 number of explants	不定芽分化率 rate of shoot formation (%)	平均不定芽数 number of shoot per explant	不定根分化率 rate of root formation (%)	平均不定根数 number of root per explant
NAA ( $\mu$ mol/L)	BA ( $\mu$ mol/L)					
0	0	24	0.00	0.00	0.00	0.00
0.1	1	24	0.00	0.00	50.00a	2.17 $\pm$ 1.19a
0.1	5	24	29.17a	2.71 $\pm$ 0.76a	33.33a	2.75 $\pm$ 0.71a
0.1	10	24	25.00a	2.67 $\pm$ 1.03a	16.67a	3.00 $\pm$ 0.82a
0.5	1	24	0.00	0.00	29.17a	2.14 $\pm$ 1.07a
0.5	5	24	8.33b	1 $\pm$ 0.00b	33.33a	1.63 $\pm$ 0.74a
0.5	10	24	0.00	0.00	8.33b	2.50 $\pm$ 0.71a

## 2.3 培养基种类对猕猴桃胚乳愈伤组织分化的影响

MS、1/2MS 和 B<sub>5</sub> 3 种不同基本培养基对猕猴桃胚乳愈伤组织的分化有影响。将 30d 左右的猕猴桃胚乳愈伤组织转入含 0.1 $\mu$ mol/L NAA + 5 $\mu$ mol/L BA + 20g/L 蔗糖的 3 种基本培养基中培养 45d 后,金桃胚乳愈伤组织在 MS 和 1/2MS 培养基中都有较高的器官分化率,而在 B<sub>5</sub> 培养基中分化率低;就不定芽和不定根的发生

频率而言,其在 1/2MS 中最高。这可能与 NH<sub>4</sub><sup>+</sup>/NO<sub>3</sub><sup>-</sup> 比例和盐浓度有关。基本培养基不仅影响不定芽形成率,而且影响器官形成的数量(表 3)。最高的平均不定芽数(2.83 个/外植体)也是出现在 1/2MS 培养基上。因此,对不定芽形成而言,1/2MS 效果最好。1/2MS 较低的盐浓度和 1:1 的 NH<sub>4</sub><sup>+</sup>/NO<sub>3</sub><sup>-</sup> 有利于不定芽和不定根的形成。

表 3 不同培养基对猕猴桃胚乳愈伤组织分化的影响

Table 3 Effects of different media on organ formation from the callus derived from endosperm of *Actinidia*

培养基 media	外植体数 number of explants	不定芽分化率 rate of shoot formation (%)	平均不定芽数 number of shoot per explant	不定根分化率 rate of root formation (%)	平均不定根数 number of root per explant
MS	18	33.33	1.67 $\pm$ 0.82 a	38.89	2.00 $\pm$ 0.82 a
1/2MS	18	33.33	2.83 $\pm$ 0.75 a	33.33	2.83 $\pm$ 1.33 a
B <sub>5</sub>	11	9.09	2.00 $\pm$ 0.00 a	9.09	2.00 $\pm$ 0.00a

**2.4 蔗糖浓度对猕猴桃胚乳愈伤组织分化的影响**

蔗糖浓度对猕猴桃胚乳愈伤组织的器官分化有显著的影响(表4)。在20g/L的蔗糖浓度下,猕猴桃金桃胚乳愈伤组织均有较好的分化效果。而随着蔗糖浓

度的升高,胚乳愈伤组织的分化作用受到抑制,说明较高浓度(30、40和50g/L)的蔗糖不利于其器官形成,可能是培养基中渗透压不适从而影响了器官的分化。

**表4 蔗糖浓度对猕猴桃胚乳愈伤组织分化的影响**

Table 4 Effects of sucrose concentration on organ formation from the callus derived from endosperm of *Actinidia*

蔗糖浓度 sucrose concentration (g/L)	外植体数 number of explants	不定芽分化率 rate of shoot formation(%)	平均不定芽数 number of shoot per explant	不定根分化率 rate of root formation(%)	平均不定根数 number of root per explant
10	12	16.67 b	2.00 ± 0.00 a	33.33 b	3.75 ± 0.50 a
20	18	33.33 a	2.83 ± 0.75 a	33.33 b	2.83 ± 1.33 ab
30	18	5.56 c	1.00 ± 0.00 a	22.22 c	1.75 ± 0.50 b
40	18	5.56 c	1.00 ± 0.00 a	61.11 a	2.27 ± 1.01 b
50	17	0.00	0.00	41.18 a	3.00 ± 0.82 ab

**2.5 暗处理对猕猴桃愈伤组织器官形成的影响**

试验发现,适当的暗培养处理能促进猕猴桃胚乳愈伤组织的生长;但在暗培养条件下,猕猴桃胚乳愈伤组织都没有不定芽形成。当暗处理结束后转入光下

5d左右,胚乳愈伤组织的颜色由白色或淡黄色逐渐加深,然后转绿。一般经过暗处理后,胚乳愈伤组织在转入光下10d左右开始出现器官分化。

**表5 暗培养时间对猕猴桃胚乳愈伤组织分化的影响**

Table 5 Effects of dark treatment on organ formation from the callus derived from endosperm of *Actinidia*

暗培养时间 dark culture time (d)	外植体数 number of explants	不定芽分化率 rate of shoot formation(%)	平均不定芽数 number of shoot per explant	不定根分化率 rate of root formation(%)	平均不定根数 number of root per explant
0	18	33.33 b	2.83 ± 0.75 a	33.33 b	2.33 ± 1.03 ab
7	18	61.11 a	3.82 ± 1.40 a	55.55 a	3.60 ± 1.17 a
14	20	25.00 b	2.00 ± 1.22 a	25.00 b	2.00 ± 0.71 b
21	18	11.11 c	2.00 ± 1.41 a	16.67 c	1.33 ± 0.58 b

如表5所示,暗培养7d后转入光下培养的效果最好,此时猕猴桃胚乳愈伤组织的分化率和平均不定芽数都有较大的提高,分化率为61.11%,平均不定芽数为3.82个。但随着暗培养时间的增加,胚乳愈伤组织活性下降,组织块生长停止,其不定芽的分化率也开始

下降。

**2.6 胚乳愈伤组织诱导苗的倍性鉴定**

应用流式细胞仪,以来源于种子实生植株的叶片为对照,鉴定了胚乳愈伤诱导再生植株的倍性。如图1所示,再生植株与对照植株存在三倍性关系。图1 -

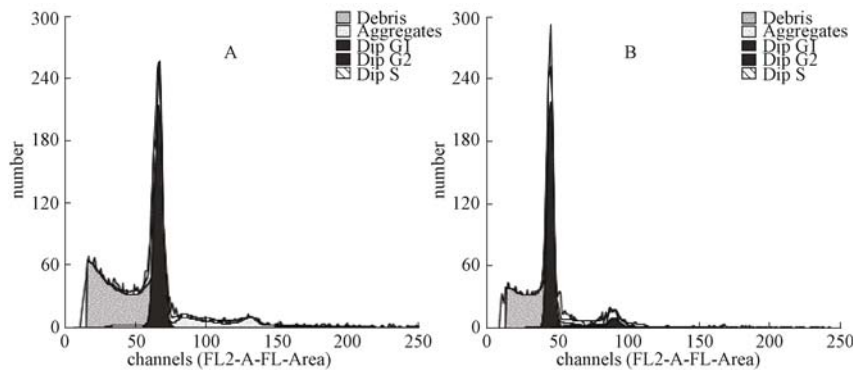


图1 胚乳培养再生植株及种子实生苗细胞核DNA含量比较

Fig. 1 Comparison of cell nuclear DNA content between regenerated plantlets of endosperm culture and seedling-plant

A 为猕猴桃金桃胚乳培养再生植株(3N),其峰值出现点为 66.04,图 1 - B 为实生苗对照(2N),峰值为 44.69,恰为三倍性和二倍性关系。

### 3 讨论

本试验中植物生长调节剂对猕猴桃胚乳愈伤组织的诱导有显著效果。在使用的 3 种植物生长调节剂中,2,4 - D 的诱导效果最为显著,诱导得到的愈伤组织的增殖能力旺盛,而分化能力较弱,这同以前的报道相似<sup>[12]</sup>,可能是 2,4 - D 在细胞团内残留,抑制了愈伤组织向胚状体或不定芽的分化。因此,经 2,4 - D 诱导得到猕猴桃胚乳愈伤组织后,要提高愈伤组织的不定芽再生能力,需要经过一个无 2,4 - D 参与的分化诱导过程。在猕猴桃胚乳愈伤组织的分化过程中,没有加入水解酪蛋白(CH)或水解乳蛋白(LH)之类的有机物,也能诱导出苗,可见该类有机物对猕猴桃的胚乳培养并不是绝对必需的。

糖类是植物组织培养过程中不可缺少的营养成分,糖的不同种类和不同浓度是影响植物胚乳培养成功与否的关键之一。糖类不仅是培养基中主要的碳源,也是培养基中重要的渗透调节物质,对胚乳植株的诱导有重要作用。蔗糖是组织培养中常用的糖类,研究发现高浓度的蔗糖能使生长下降<sup>[14]</sup>。本试验发现,20g/L 的蔗糖浓度条件下,猕猴桃胚乳愈伤组织的器官分化效果最好,而随着蔗糖浓度的增加,猕猴桃胚乳愈伤组织的分化受到明显抑制,不利于其器官分化。推测可能与胚乳是一种均质的薄壁细胞组织,完全没有维管成分的分化,在较低的渗透压环境下其生理功能能正常进行;但当培养基中的渗透压过大时,将影响其细胞内电解质平衡导致其生理功能受阻,影响到其分化作用。毕静华等<sup>[15]</sup>在野生阔叶猕猴桃离体再生过程中,也发现 20g/L 的蔗糖浓度对其器官形成有显著促进效果,当蔗糖浓度大于 30g/L 后,其分化效果明显下降。

本试验结果表明,暗培养预处理可以促进猕猴桃胚乳愈伤组织的生长和器官形成,其中暗培养 7d 效果最好。暗培养处理对不定芽再生的影响在其他植物中也有报道<sup>[16]</sup>,其原因可能是在暗培养条件下,生长素的降解过程较慢<sup>[17]</sup>,有助于调节外植体内生长素和细胞分裂素之间的比例,从而有助于猕猴桃胚乳愈伤组织的器官形成。黑暗条件下,由细胞分裂素调控的叶绿素合成相关 mRNA 合成显著减少<sup>[18]</sup>,在愈伤组织的不同区域中植物光敏色素的分布存在差异<sup>[19]</sup>,这可能是影响愈

伤组织分化的重要因素。而在愈伤组织中促进细胞增殖的乙二醛酶 - 1 活性下降<sup>[20]</sup>,使得其增殖作用下降,也是可能促进愈伤组织器官形成的重要原因。

### 4 结论

在猕猴桃金桃的胚乳愈伤组织诱导过程中,2,4 - D 的诱导作用最显著,培养基 1/2MS + 1mg/L 2,4 - D + 3mg/L BA + 20g/L 蔗糖是最佳的诱导培养基。从愈伤组织分化不定芽,需要一个不含 2,4 - D 的培养过程。而在诱导不定芽分化过程中,高浓度的 NAA 对不定芽分化有一定抑制作用,当 BA 浓度为 5 $\mu$ mol/L 时,最适合不定芽的分化。同时低浓度的蔗糖(20g/L)和适当时间的暗培养(7d)能显著促进不定芽的形成。对不定芽的分化而言,胚乳愈伤组织暗培养 7d 后,在 1/2MS + 0.1 $\mu$ mol/L NAA + 5 $\mu$ mol/L BA + 20g/L 蔗糖的培养基上分化率最高。

### 参考文献:

- [1] 赵胜建. 三倍体无核葡萄育种途径及研究展望[J]. 河北农业科学, 2003, (7): 46 - 50
- [2] Chen R Z, Li G G, Zhang L Y. Callus induction and triploid plant regeneration from endosperm of 'Hongjiang' sweet orange [J]. Acta Botanica Sinica, 1991, 33(11): 848 - 854
- [3] 聂振朋, 温明霞, 徐建国, 李丽, 罗君琴, 何建. 439 桔橙胚乳培养研究初报[J]. 安徽农学通报, 2007, 13(19): 49 - 50
- [4] 庄东红, 石田雅士. 柿树胚乳培养及其再生植株染色体倍性变化的研究[J]. 汕头大学学报: 自然科学版, 1995, 10(1): 42 - 47
- [5] 陈绪中, 罗正荣. '罗田甜柿' 胚乳培养获得十二倍体再生植株[J]. 园艺学报, 2004, 31(5): 589 - 592
- [6] 彭晓军, 王永清. 枇杷胚乳愈伤组织诱导和不定芽发生的研究[J]. 四川农业大学学报, 2002, 20(3): 228 - 231
- [7] 吴清, 闫勇, 梁国鲁. 红杨桃胚乳愈伤组织的诱导和三倍体植株再生[J]. 热带作物学报, 2002, 23(2): 54 - 57
- [8] 张存智, 王发林, 赵秀梅, 王玉安, 郝燕, 杨瑞. 枣树胚乳愈伤组织诱导和细胞学观察[J]. 甘肃农业大学学报, 2006, 41(3): 48 - 51
- [9] 张琴, 闫勇, 梁国鲁. 西番莲胚乳愈伤组织诱导和三倍体植株再生[J]. 西南农业大学学报, 2000, 22(5): 398 - 402
- [10] 吴元立, 严学成. 银杏成熟胚乳培养的细胞组织学观察[J]. 果树科学, 1998, 5(14): 327 - 331
- [11] Machno D, Przywara L. Endosperm culture of *Actinidia* species [J]. Acta Biologica Cracoviensia Series Botanica, 1997, 39(1): 55 - 61
- [12] 桂耀林, 徐延玉, 顾淑荣, 刘淑琼. 猕猴桃胚乳培养中的胚胎发生[J]. 武汉植物学研究, 1988, 6(4): 395 - 397
- [13] Grzegorz G, Marzena P, Halina S, Dorota S, Mariola B. Organogenesis in endosperm of *Actinidia Deliciosa* cv. Hayward cultured *in vitro* [J]. Acta Biologica Cracoviensia Series Botanica, 2005, 47(2): 121 - 128

(下转第 310 页)

- and lipid peroxidation in mice after whole - body exposure to gamma radiation[J]. Radiat Res, 2003, (160): 584 - 592
- [12] 田琼, 杨岚, 张发科. 血小板的四因子对小鼠急性放射损伤的防护作用与机理[J]. 中华放射医学与防护杂志, 2000, 20(6): 416 - 418
- [13] Ledebur M V, Schmid W. The micronucleus test methodology aspects [J]. Mutres, 1973, 19(1): 109 - 117
- [14] 周平坤. 低剂量辐射效应—辐射防护的基础[J]. 辐射防护通讯, 2005, 25(4): 14 - 16
- [15] 吕影, 黄训端, 夏晨, 闫永婷, 孙小方. 魔芋提取物对受辐射小鼠抗氧化及生精能力的影响[J]. 环境与健康杂志, 2008, 25(2): 164 - 166
- [16] 王东晓, 陈孟莉, 殷建芬, 刘屏. 鸡血藤活性成分 SS8 对骨髓抑制小鼠造血祖细胞增殖的作用[J]. 中国中药杂志, 2003, 28(2): 152 - 155
- [17] 马增春, 高月, 刘永学, 谭洪玲, 张立, 陶来宝, 陈鹏. 辐射小鼠骨髓 CD34<sup>+</sup> 细胞的变化及其意义[J]. 中华放射医学与防护杂志, 2001, 21(1): 12 - 15
- [18] 肖元梅, 曾令福, 王舟. 镉对小鼠骨髓造血细胞辐射损伤影响的研究[J]. 中国公共卫生, 2003, 19(9): 1081 - 1083
- [19] 邓乾春, 陈春艳, 段会珂, 汪兰, 谢笔钧. 白果清蛋白提取物对  $\gamma$  射线辐射损伤小鼠的保护作用研究[J]. 辐射研究与辐射工艺学报, 2005, 23(6): 359 - 365.
- [20] 朱莉, 韩志武, 于国英. 青紫薯色素对<sup>60</sup>Co 辐射小鼠胸腺淋巴细胞的保护作用及其机制[J]. 齐鲁医学杂志, 2005, 20(5): 380 - 384

(责任编辑 裴颖)



(上接第 261 页)

- [14] Mathur A K, Ganapathy P S, Johri B M. Isolation of sodium chloride - tolerant plantlets of *Kickxia ramosissima* under in vitro conditions [J]. Z Pflanzenphysiol, 1980, 99: 287 - 294
- [15] Bi Jinghua, Liu Yongli, Asghar S. In vitro organogenesis and plant regeneration from leaf explants of *Actinidia latifolia* [J]. Journal of Fruit Science, 2005, 22(4): 405 - 408
- [16] 王妍, 孙清荣, 王元征, 李宪利, 周广芳. 泰山酸枣离体叶片再生体系的建立[J]. 西北植物学报, 2009, 29(10): 2118 - 2122
- [17] Hangarter R P, Stasinopoulos T C. Repression of plant tissue culture growth by light is caused by photochemical change in the culture medium [J]. Plant Science, 1991, 79(2): 253 - 257
- [18] Oulad A M, Suty L, Nan C J, Renaudin J P, Delaserve B T. Cytokinins modulate the steady - state levels of light - dependent and light-independent proteins and mRNAs in tobacco cell suspensions [J]. Plant Science, 1991, 77(1): 29 - 40
- [19] Lercari B, Moscatelli S, Ghirardi E, Niceforor R, Bettram L. Photomorphogenic control of shoot regeneration from etiolated and light-grown hypocotyls of tomato [J]. Plant Science, 1999, 140(1): 53 - 62
- [20] Chakravarty T N, Sopory S K. Blue light stimulation of cell proliferation and glyoxalase I activity in callus cultures of *Amaranthus paniculatus* [J]. Plant Science, 1998, 132(1): 63 - 69

(责任编辑 王媛媛)