

## 珍稀濒危植物内蒙野丁香的组织培养与植株再生\*

胡云, 何丽君\*, 燕玲, 郭淑晶, 刘宏哲

(内蒙古农业大学, 呼和浩特 010018)

**摘要:** 本文采用植物组织培养方法, 探讨内蒙野丁香不同组织器官在离体培养条件下被诱导形成愈伤组织, 及进一步分化形成再生植株的过程和条件, 结果表明: 不同外植体的诱导率是茎 > 叶 > 根。激素种类及其浓度是器官脱分化与植株再生的决定因素, 诱导愈伤组织的最适培养基为 MS + 2mg/L 6-BA + 10mg/L IAA; 芽分化诱导的最适培养基为 MS + 0.6mg/L 6-BA + 5mg/L IAA; 生根的最适培养基为 MS + 0.01mg/L NAA。

**关键词:** 珍稀濒危植物; 内蒙野丁香; 组织培养

**中图分类号:** Q 943.1      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1009-3575(2007)01-0025-06

TISSUE CULTURE OF ENDANGERED RARE  
PLANT LEPTODERMIS ORDOSICA

HU - Yun, HE Li - jun, YAN - Ling, GUO Shu - jing, LIU Hong - zhe

(Inner Mongolia Agricultural University, Huhhot 010018, China)

**Abstract:** The process and condition in which *Leptodermis ordosica's* different tissue organs were induced into calluses and recover regeneration regenerated plant were studied. The results showed that the inducing efficiency of different explants are stems > leaves > roots. The kinds and concentration of hormone are the decisive factor of organ dedifferentiation and redifferentiation, and the optimum culture medium of inducing calluses is MS + 2mg/L 6-BA + 10mg/L IAA; the optimum culture medium of inducing bud is MS + 1mg/L 6-BA + 5mg/L IAA and the optimum culture medium of rooting is MS + 0.05mg/L NAA.

**Key words:** Rare plant; *Leptodermis ordosica* H. C. Fu et E. W. Ma; tissue culture

内蒙野丁香 (*Leptodermis ordosica* H. C. Fu et E. W. Ma) 隶属于茜草科 (*Rubiaceae*) 野丁香属 (*Leptodermis* Wall), 旱生小灌木, 具地下横走茎。主要分布于东阿拉善荒漠区的贺兰山和桌子山山地, 生于山坡岩石裂缝间。内蒙野丁香多分枝、开展, 形态特异, 叶片光滑, 呈革质, 花色鲜艳, 花期长, 具有较高的观赏价值, 既可做干旱区庭院绿化树种, 也可做盆景花卉栽培, 布置花坛。同时具有药用价值。但是由于其实生苗数量少、有性繁殖困难以及生长地严酷的气候条件和人类活动的不断加剧, 使本种分布范围逐渐缩小, 个体数量少, 趋于濒危, 现被列为内蒙古二级保护植物<sup>[1]</sup>。组织培养用材少、速度快, 为本种扩繁的最佳途径之一。

有关木本濒危植物致濒原因及保护的研究尚不多见。何丽君对濒危植物四合木 (*Tetraena mongoli-*

*ca*) 的组织培养进行了研究, 发现其对激素水平要求严格, 容易产生畸形芽<sup>[7]</sup>; 斯琴巴特尔, 满良等对珍稀濒危植物蒙古扁桃 (*Prunus mongolic*) 进行组织培养获得再生植株, 认为其器官的脱分化与再分化决定于培养基中的激素种类及其浓度<sup>[11]</sup>; 徐子勤等将濒危植物沙冬青 (*Ammopiptanthus mongolicus*) 进行组织培养诱导愈伤组织形成球形胚状体, 发现其对培养基的特殊要求和植株再生的困难性<sup>[12]</sup>; 慈忠玲等对濒危植物半日花 (*Helianthemum soongoricum*) 进行组织培养诱导出胚状体及试管苗, 发现试管苗根系发育不良, 认为半日花濒危与其胚胎发生关系不大, 而胚根的不正常发育可能是导致其濒危的原因之一<sup>[10]</sup>。利用植物细胞培养及其产生的愈伤组织进行各种抗性变异系的诱变及筛选, 是植物细胞工程的重要研究内容之一, 建立诱导愈伤组织培养基及

\* 收稿日期: 2006-12-23

作者简介: 胡云(1980-), 女, 硕士研究生, 主要从事野生植物资源保护与利用的研究。

\* 通讯作者: Email: helijun11@sina.com

愈伤组织最适分化培养基,则是这一工作的基础。激素是植物组织培养的关键因素,调节激素水平和配比,已成为提高组织分化频率的有效手段。人们利用植物愈伤组织研究激素调节工作已有许多报道,但在具体试验中,激素的种类、浓度和配比,十分错综复杂。其原因之一是对培养物的内源激素状况不了解;二是外源激素的供应会影响多种内源激素的水平,因此,在实际试验中需对培养条件进行筛选,以求得最适激素种类、浓度和配比。关于内蒙野丁香组织培养和致濒原因目前尚未见报道。本文采用植物组织培养方法,探讨内蒙野丁香不同组织器官在离体培养条件下被诱导形成愈伤组织,及进一步分化形成再生植株的过程和条件,旨在为研究其致濒原因、提高繁殖系数和发挥其生态效应开辟新的途径。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料来源

供试植物材料为由贺兰山移栽回内蒙古农业大学实验地的内蒙野丁香。取材时间选在5月~8月植株生长旺盛时期,供试材料为当年生嫩枝、叶片及细根。

### 1.2 诱导愈伤组织方法

外植体消毒,先用流水冲洗材料数次,然后在超净工作台上进行消毒。先用70%酒精浸泡30s,再用0.1% HgCl<sub>2</sub> 溶液浸泡4min,不断摇动,取出后用无菌水漂洗5次~6次,将消毒后的外植体置无菌滤纸上风干。将叶片切成大约0.2cm<sup>2</sup>~0.5cm<sup>2</sup>,茎段切成0.5cm~1cm长的小段(不带叶),根段切成0.5cm~1cm长的小段,分别接种于添加不同浓度激素的MS培养基上。附加30g/L蔗糖,0.7%琼脂粉,pH为5.8。然后放在温度为25℃±2℃恒温培养室内,每日光照12h~16h,光照强度为22 000u. mol/m<sup>2</sup>. s<sup>2</sup>

~24 000u. mol/m<sup>2</sup>. s<sup>2</sup>的条件下进行培养(叶片、茎和根的代号分别为B<sub>1</sub>、B<sub>2</sub>、B<sub>3</sub>)。

### 1.3 愈伤组织分化的培养方法

将上述培养获得的生长旺盛、颗粒状疏松的愈伤组织,分切成0.7cm×0.7cm小块,接种到附加激素为IAA、6-BA的MS分化培养基上,每个浓度处理接种10瓶,每个三角瓶内接6块愈伤组织。

### 1.4 生根培养方法

将经过继代培养3次~4次的再生地上完整苗转移到附加不同浓度IBA和NAA的MS培养基上,分6个激素浓度处理,每个浓度接种5瓶,每个瓶内接无根苗3株~5株。

## 2 试验结果与分析

### 2.1 诱导愈伤组织最佳培养基筛选

将叶片、茎段和根段分别接种于上述不同浓度激素的诱导愈伤培养基上,每个培养基每种外植体各接种9瓶,每瓶接种3块~5块外植体。观察愈伤组织的诱导率及其生长状况,结果发现,7d~9d后有7种培养基上茎和叶片都能长出淡黄色或浅绿色愈伤组织,其中4号培养基生长较快,在30d左右愈伤组织就长满了整个瓶底(见图1),诱导率在95%以上,继代2次以后仍能够保持原来的分化能力;而1号、6号和2号培养基愈伤组织的诱导率尽管比较高,但是经过2次继代培养后,分化能力大为减弱,而且愈伤组织质地柔软。根在2号、4号和6号培养基可以长出愈伤组织,但诱导率低、生长慢且比较疏松,在其他培养基上基本不长愈伤组织(见表1)。21d后调查出愈数,诱导率(%)=出愈数/外植体数×100%。实验采用完全随机设计,以培养基为A因素,外植体为B因素,重复9次实验结果用SAS软件进行方差分析,见表1。

表1 激素对内蒙野丁香愈伤组织诱导的影响

Tab.1 The effect of hormones on callus induction of *Leptodermis ordosica*

编号 Number	愈伤组织培养基激素种类和浓度 The kinds and concentration of Phytohormone in the media		生长情况 Growth situation
	6-BA(mg/L)	IAA(mg/L)	
1	0.2	1	生长较快,继代后长势差
2	0.8	3	生长较快,继代后长势差
3	1.2	5	生长很慢,愈伤组织很少
4	2	10	生长快,30d长满瓶底,继代后长势好
5	0.5	8	生长较快,但愈伤组织柔软
6	1.0	6	生长较快,继代后长势差
7	1.4	4	生长慢
8	1.6	2	生长较快

表 2 各组合愈伤组织诱导率  
Tab. 2 The inducing efficiency of each combination callus

B(外植体)		A(培养基) Culture medium								T <sub>B</sub>	X <sub>B</sub>
Explant		A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>4</sub>	A <sub>5</sub>	A <sub>6</sub>	A <sub>7</sub>	A <sub>8</sub>		
B <sub>1</sub> (叶)	1	60	80	0	80	60	80	40	40	4 520	565
	2	80	100	20	100	60	80	20	60		
	3	100	60	40	100	40	60	40	60		
	4	100	80	20	100	60	100	60	60		
	5	80	60	0	100	60	80	20	40		
	6	80	80	20	100	80	80	40	60		
	7	100	80	20	100	60	100	60	60		
	8	100	60	0	100	80	80	60	60		
	9	80	60	0	100	20	60	20	40		
T <sub>AB</sub>	780	660	120	880	520	720	360	480			
B <sub>2</sub> (叶)	1	60	80	20	80	80	80	40	40	4 700	587.5
	2	80	100	20	100	60	80	20	60		
	3	100	80	40	100	40	80	40	60		
	4	100	80	20	100	60	100	60	60		
	5	80	60	0	100	60	80	20	40		
	6	100	80	20	100	80	80	40	60		
	7	100	80	20	100	60	100	60	60		
	8	100	100	20	100	80	80	60	60		
	9	80	60	0	100	40	60	40	40		
T <sub>AB</sub>	800	700	160	880	560	740	380	480			
B <sub>3</sub> (根)	1	20	40	0	20	20	20	0	20	800	100
	2	0	20	20	20	0	20	0	0		
	3	0	20	20	20	20	20	0	0		
	4	0	0	0	0	0	20	0	20		
	5	20	20	20	40	20	20	0	20		
	6	20	20	20	40	0	0	0	20		
	7	0	0	0	0	0	20	0	20		
	8	0	0	0	20	0	20	0	0		
	9	20	20	0	20	0	20	0	0		
T <sub>AB</sub>	80	140	80	180	60	160	0	100			
T <sub>A</sub>	1 660	1 500	360	1 940	1 140	1 620	740	1 060	10 020		
X <sub>A</sub>	207.5	187.5	45	242.5	142.5	202.5	92.5	132.5			

表 3 表 2 数据的方差分析  
Tab. 3 Variance analysis of Tab. 2 data

变异来源 Aberrance origin	df	SS	MS	F	F <sub>0.05</sub>	F <sub>0.01</sub>
培养基间(A) Among the culture medium	7	72 378	10 340	65.7	2.01	2.64
外植体间(B) Among the explant	2	135 393	67 696	430.1	3.00	4.61
A * B	14	23 333	1 667	10.6	1.70	2.09
误差 Error	192	30 222	157			
总变异 All the aberrances	215	261 326				

(注:df:自由度,SS:方差,MS:均方根,F:F检验值,F<sub>0.05</sub>:置信区间0.05的F值,F<sub>0.01</sub>:置信区间0.01的F值)

表3的结果表明A因素间、B因素间以及A\*B因素间作用均极显著,则从表3中说明4号、1号、6号3种培养基诱导愈伤组织效果较好。茎(B<sub>2</sub>)的诱导愈伤组织效果最好,茎(B<sub>2</sub>)和叶片(B<sub>1</sub>)显著高于根(B<sub>3</sub>)。

表4 不同组合间愈伤组织诱导率平均值差异显著性测验

Tab.4 The different significance of the exam of callus inducing efficiency means in different combination

培养基 culture medium	愈伤组织诱导率(%) callus inducing efficiency	显著性 significance	
		0.05	0.01
A <sub>4</sub> B <sub>1</sub>	97.78	a	A
A <sub>4</sub> B <sub>2</sub>	97.78	a	A
A <sub>1</sub> B <sub>2</sub>	88.89	ab	AB
A <sub>1</sub> B <sub>1</sub>	86.67	ab	AB
A <sub>6</sub> B <sub>2</sub>	82.22	b	AB
A <sub>2</sub> B <sub>2</sub>	80.00	b	AB
A <sub>6</sub> B <sub>1</sub>	80.00	b	AB
A <sub>2</sub> B <sub>1</sub>	73.33	c	BC
A <sub>5</sub> B <sub>2</sub>	62.22	d	C
A <sub>5</sub> B <sub>1</sub>	57.78	de	D
A <sub>8</sub> B <sub>1</sub>	53.33	de	D
A <sub>8</sub> B <sub>2</sub>	53.33	de	D
A <sub>7</sub> B <sub>2</sub>	42.22	de	D
A <sub>7</sub> B <sub>1</sub>	40.00	e	DE
A <sub>4</sub> B <sub>3</sub>	20.00	e	DE
A <sub>3</sub> B <sub>2</sub>	17.78	e	DE
A <sub>6</sub> B <sub>3</sub>	17.78	e	DE
A <sub>2</sub> B <sub>3</sub>	15.56	e	DE
A <sub>3</sub> B <sub>1</sub>	13.33	e	DE
A <sub>8</sub> B <sub>3</sub>	11.11	e	E
A <sub>1</sub> B <sub>3</sub>	8.89	e	E
A <sub>3</sub> B <sub>3</sub>	8.89	e	E
A <sub>5</sub> B <sub>3</sub>	6.67	e	E
A <sub>7</sub> B <sub>3</sub>	0.00	e	E

表4可以看出A<sub>4</sub>B<sub>1</sub>、A<sub>4</sub>B<sub>2</sub>2个组合的诱导率较高,达90%以上,A<sub>1</sub>B<sub>2</sub>、A<sub>1</sub>B<sub>1</sub>、A<sub>6</sub>B<sub>2</sub>、A<sub>2</sub>B<sub>2</sub>、A<sub>6</sub>B<sub>1</sub>、A<sub>2</sub>B<sub>1</sub>、A<sub>5</sub>B<sub>2</sub>、A<sub>5</sub>B<sub>1</sub>、A<sub>8</sub>B<sub>1</sub>、A<sub>8</sub>B<sub>2</sub>组合的诱导率中等,在50%~80%之间,A<sub>7</sub>B<sub>2</sub>、A<sub>7</sub>B<sub>1</sub>、A<sub>4</sub>B<sub>3</sub>、A<sub>3</sub>B<sub>2</sub>、A<sub>6</sub>B<sub>3</sub>、A<sub>2</sub>B<sub>3</sub>、A<sub>3</sub>B<sub>1</sub>、A<sub>8</sub>B<sub>3</sub>、A<sub>1</sub>B<sub>3</sub>、A<sub>3</sub>B<sub>3</sub>、A<sub>5</sub>B<sub>3</sub>、A<sub>7</sub>B<sub>3</sub>组合的效果较差,与其他组合差异极显著( $p < 0.01$ ),其诱导率平均值 $< 40%$ 。由此说明叶和茎在MS+2mg/L 6-BA+10mg/L IAA上诱导愈伤组织效果最好。

## 2.2 愈伤组织分化最佳培养基筛选

### 2.2.1 愈伤组织分化的形态发生

愈伤组织在分化培养基上培养10d,即可见4号培养基上愈伤组织明显增大,培养到第20d,观察发现愈伤组织质地疏松,由浅黄色变为黄绿色,再变为绿色颗粒,并在其表层有绿色芽点小突起,第30d转入继代培养基上。第35d后长出绿色芽点,进而绿色芽点继续发育成

绿色不定芽及丛生芽。第45d后绿芽长出短轴茎而形成无根苗(见图2)。

### 2.2.2 激素对内蒙野丁香芽分化的影响

生长素(IAA)和细胞分裂素(6-BA)不同浓度的配比,可不同程度诱导愈伤组织绿苗分化,试验结果见表5。

将4号培养基上生长旺盛的愈伤组织分别接种到6种分化培养基上,发现在苗生长的同时,6种培养基上愈伤组织继续生长,但11号培养基上苗的长势最好,苗生长旺盛,茎下端愈伤化程度小,丛生苗多。连续继代2次以后,可以形成很多丛生苗,平均高度可达3cm左右,9号和10号培养基虽然长势比较好,但其下端进一步愈伤组织化。12号培养尽管愈伤组织少,但是苗很弱,13号和14号培养基长势差且出芽后不久即死亡。因此确定11号培养基为其最适宜的培养基,其成份为:MS+0.6mg/L 6-BA

+ 5mg/L IAA。

试验结果表明, 激素对愈伤组织的分化起重要

关键的作用, 在不合任何激素的 MS 培养基上培养的

愈伤组织细胞虽能缓慢增殖, 但不能启动分化成苗。

表 5 激素对内蒙野丁香芽分化的影响

Tab. 5 The effect of hormones on shoot regeneration of *Leptodermis ordosica*

编号 Number	芽分化培养基激素种类和浓度 The kines and concentration of shoot regeneration in the Media		芽分化率 Frequency of shoot regeneration (%)	芽生长情况 Growth situation of shoots
	6-BA (mg/L)	IAA (mg/L)		
	9	0.2		
10	0.4	6	81	芽长势较好, 愈伤组织多
11	0.6	5	92	芽长势好, 愈伤组织很少
12	1.0	3	64	芽长势弱, 愈伤组织少
13	1.2	2	34	芽长势差
14	1.4	1	21	芽长势差

### 2.3 根的形成

当丛生苗长到 5cm 左右时, 取完整苗, 接种到 4 种不同的生根培养基上。结果表明: 丛生苗接种在 16 号培养基上 10d 左右长出幼根, 且生根率在 86% 以上, 25d 左右根系可达到移栽练苗要求(见图 3)。15 号培养基尽管根的生长比较快, 但是根部进一步

愈伤化, 不利于移栽成活。17 号和 18 号培养基生根率很低, 且根的生长很慢。因此, 16 号培养基为其最适宜的生根培养基, 即 MS + 0.01mg/L NAA。

待幼根长至 3cm 且比较粗壮时, 即可进行练苗。经过初步试验, 成活率仅为 20%, 还需进一步探索再生苗成活条件(见图 4)。

表 6 激素对内蒙野丁香生根的影响

Tab. 6 The effect of hormones on rooting of *Leptodermis ordosica*

编号 Number	生根培养基激素种类和浓度 The kines and concentration of rooting in the media		生根率 Frequency of rooting (%)	根生长情况 Growth situation of roots
	NAA (mg/L)			
	15	0		
16	0.01	90.5	根生长较快, 愈伤组织很少	
17	0.05	71	根生长慢, 愈伤组织较少	
18	0.1	62	根生长慢, 愈伤组织很多	



图 1 培养 30d 左右的愈伤组织

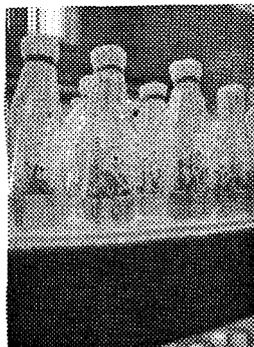


图 2 培养 45d 后的无根苗

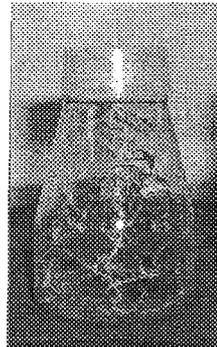


图 3 无菌苗根发育情况

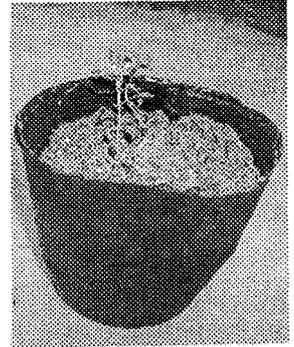


图 4 再生植株

## 3 讨论

用内蒙野丁香诱导愈伤组织的最适外植体为茎段, 最适培养基为 2mg/L 6-BA + 10mg/L IAA, 附加 3% 蔗糖的 MS 培养基; 在含 0.6mg/L 6-BA、5mg/L

IAA 和 2% 蔗糖的培养基上可以诱导成芽; 在附加 0.01mg/L NAA、2% 蔗糖的培养基上最终诱导生根。

在植物组织培养中糖类不仅为培养物提供碳源和有机物, 而且是培养物渗透环境的主要调节者<sup>[4]</sup>, Fowler 等认为蔗糖的用量不仅影响培养物生长速度

和生长量,而且影响其代谢水平、次生代谢物合成、以及细胞的形态和发生,是影响植物组织培养成功与否的关键之一。本试验在愈伤组织分化芽阶段则需降低蔗糖浓度,在蔗糖浓度为3%时,出芽率低且容易褐变,当把蔗糖浓度降至2%时,在11号培养基中出芽率高且长势良好。刘谦,张永清认为蔗糖可以提高培养基的渗透压,所以往往能够提高次生代谢产物含量,但愈伤组织生长与次生代谢产物积累对蔗糖浓度的要求有时是不同的<sup>[18]</sup>。李琰等在杜仲组织培养中,在10g/L~40g/L蔗糖浓度范围内,其愈伤组织增长量随蔗糖浓度的升高而升高,在浓度达50g/L时开始下降,但高渗条件对细胞中绿原酸的生物合成还是有利的,绿原酸含量随着糖浓度的升高而升高<sup>[17]</sup>。因此,很可能是由于内蒙野丁香是药用植物,其在培养过程中由于次生代谢产物产生的结果需要降低蔗糖浓度,以利于内蒙野丁香再生植株的培养。关于次生代谢产物成分有待今后细胞培养进行分析,为充分发挥其药用价值奠定基础。

激素是植物组织培养器官分化的关键因素。植物组织培养取得成功被培养基中不同激素的相对浓度控制,而不是这些物质的绝对浓度决定的。试验结果表明:内蒙野丁香愈伤组织在一定范围内不同激素浓度配比下均能诱导分化出芽点和形成不定胚,但对其形成的影响差异较大。在MS培养基上,IAA 0.6mg/L+6-BA 5mg/L为绿苗分化的最适浓度绿苗产量可达14株/块(每块体积约为0.5cm<sup>3</sup>)。据报道,在培养过程中,当6-BA的相对浓度较高时,则有利于苗的分化和细胞增殖。当IAA相对浓度较高时,则促进愈伤的分化<sup>[7]</sup>。IAA与6-BA之间的拮抗作用可通过二者的浓度配比来调节。在本试验中,正是6-BA的相对浓度较高促使茎芽分化率最高。

在本试验中,同时注意保证及时继代培养的方法,把培养25d的愈伤组织转移到继代培养基上,及时补充营养物质,既可保持愈伤组织较强的分化能力,又可有效地减少有害代谢物质的污染。关于炼苗成活率有待进一步研究,以提高其炼苗成活率,为快速繁殖濒危植物提供苗木,为今后遗传转化筛选提供有利科学依据。

#### 参 考 文 献:

- [1] 内蒙古植物志编辑委员会. 内蒙古植物志(第四卷)[M]. 呼和浩特:内蒙古人民出版社,1990:380-382.
- [2] 中国科学院中国植物志编辑委员会. 中国植物志(第七十一卷,第二分册)[M]. 北京:科学出版社,1999:123-132.
- [3] 李俊明. 植物组织培养教程[M]. 北京:北京农业大学出版社,1992.
- [4] 陈正华. 木本植物组织培养及应用[M]. 北京:高等教育出版社,1986.
- [5] 谷瑞生,蒋湘宁,郭仲琛. 胡杨离体器官发生及无性系的建立[J]. 植物学报,1999,41(1):29-33(in Chinese).
- [6] 杜保国,杨途熙. 桉叶唐棣组织培养研究[J]. 西北植物学报,2005,25(2):400-404.
- [7] 何丽君. 濒危植物四合木(*Tetraena mongolica* Maxim)组织培养的研究[J]. Inner Mongolia Prataculture(内蒙古草业),2001,65(2):7-10(in Chinese).
- [8] 何丽君,慈忠玲,孙旺. 珍稀濒危植物沙冬青 *Ammopiptanthus mongolicus*(Maxim.)(chengf.)组织培养再生植株的研究[J]. 内蒙古农业大学学报,2000,21(4):28-30.
- [9] 喻晓雁,刘克旺,梁文斌. 穗花杉组织培养初探[J]. 中南林学院学报,2005,25(4):55-58(in Chinese).
- [10] 慈忠玲,张衡. 古地中海孑遗植物——半日花(*Helianthemum songaricum*)的组织培养[J]. 内蒙古大学学报,1995,26(5):611-620.
- [11] 斯琴巴特尔,MAN L. 珍稀濒危植物蒙古扁桃的组织培养及植株再生[J]. 西北植物学报,2002,22(6):1479-1481.
- [12] 徐子勤,贾敬芬. 沙冬青愈伤组织对培养基的特殊要求和球形胚状分化结构的诱导[J]. 西北植物学报,1997,17(3):259-263.
- [13] 慈忠玲,王俊英. 珍稀濒危树种——沙冬青的愈伤组织培养初报[J]. 内蒙古林学院学报,1990,(2):60-63.
- [14] 慈忠玲,内蒙古7种珍稀濒危木本植物的组织培养[J],干旱区资源与环境,1997,11(增刊):87-90.
- [15] Compton ME, Gray DJ. Shoot organogenesis and plant regeneration from cotyledons of diploid, and tetraploid watermelon[J]. J Amer Soc Hort Sci, 1993,118:151-157.
- [16] Grossnickle SC, Crgy D, Polonenko DR. Stomatic embryogenesis tissue culture for the propagation of conifer seedlings: A technology comes of age[J]. Tree Planters' Notes, 1996, 47(2):48-57.
- [17] 李琰,王冬梅,姜在民,等. 培养基及培养条件对杜仲愈伤组织生长及次生代谢产物含量的影响[J]. 西北植物学报,2004,24(10):1912-1916.
- [18] 刘谦,张永清. 利用药用植物组织培养生产次生代谢产物的研究进展[J]. 齐鲁药事,2006,125(16):350-353.