

# 利用正交设计研究基质环境对白芫组培苗生长的影响

李乃伟<sup>1</sup>, 汤兴利<sup>2</sup>, 束晓春<sup>1</sup>, 徐道华<sup>1,2</sup>, 周义峰<sup>1,3</sup>

(1. 江苏省中国科学院植物研究所, 江苏南京 210014; 2. 南京农业大学, 江苏南京 210095;  
3. 中国科学院南京分院东台滩涂研究院, 江苏盐城 224200)

**摘要:**为提高白芫组培苗的驯化成活率及促进其生长, 设计  $L_9(3^3)$  正交试验, 选用苔藓、椰糠和珍珠岩 3 种不同基质, 设置 3 个水平不完全区组试验, 检测各处理移栽存活率、叶片数、叶片长、叶片宽、根数和根长, 探讨不同基质组合对白芫组培苗炼苗的影响。结果显示, 质量比 1:6:12 的苔藓、椰糠、珍珠岩组合最有利于白芫组培苗驯化, 成活率达 60.49%; 质量比 1:9:4 的组合最有利于白芫组培苗生物量积累, 1 月龄苗株质量达到 1.46 g; 质量比 1:6:12 的组合最有利于叶片数增多和叶片的伸长生长, 叶片数达到 3.3 张, 株高、叶片长分别为 0.93、7.81 cm; 质量比 1:3:8 的组合最有利于叶片宽度生长, 达到 0.91 cm; 质量比 1:18:24 的组合最有利于根数增多, 平均根数达 10.3 条; 质量比 1:9:4 的组合最有利于根系的伸长生长, 总根长达 56.87 cm, 最长根长达 10.04 cm, 平均根长达 5.79 cm。正交试验直观分析结果表明, 3 种栽培基质对白芫组培苗炼苗影响的大小顺序为苔藓 > 椰糠 > 珍珠岩, 最有利于移栽存活和地上部分生长的基质组合均为质量比 1:6:12 的苔藓、椰糠、珍珠岩。方差分析结果表明, 苔藓对移栽成活率、地上部分影响显著, 而苔藓、椰糠、珍珠岩 3 种栽培基质对生物量生长、地下部分生长影响均不显著。

**关键词:**白芫; 炼苗; 栽培基质; 正交设计

**中图分类号:** S567.23<sup>+</sup>9      **文献标志码:** A      **文章编号:** 1002-1302(2017)24-0132-04

白芫 [*Bletilla striata* (Thunb.) Reichb. f.] 为兰科 (Orchidaceae) 白芫属 (*Bletilla* Reichb. f.) 多年生宿根草本植物<sup>[1]</sup>, 其干燥块茎入药<sup>[2]</sup>, 具有收敛止血、消肿生肌等功效, 常用于治疗咯血、吐血、外伤出血、疮疡肿毒及皮肤皲裂<sup>[3]</sup>。现代药理学研究表明, 白芫还具有抗肿瘤<sup>[4]</sup>、抗菌<sup>[5]</sup>等作用。此外, 白芫花色艳丽, 也是优良的景观植物; 白芫块茎中所含的白芫胶, 在食品工业中常用作混悬剂及乳化剂<sup>[6]</sup>。近年来, 白芫原料的市场需求量快速上升, 野生白芫遭到疯狂采挖, 导致其野生资源贮藏量急剧减少, 濒临灭绝。目前, 白芫已经被列为国家级重点保护野生药用植物。为了保护白芫野生资源并

保障其市场供应, 对其进行“野生转家种”势在必行<sup>[7]</sup>。

种苗繁育是植物“野生转家种”的重要环节, 通常采用播种、扦插、分根及组培等方式。白芫种子极多, 每个花茎可结果荚 3~8 个, 每个果荚含种子 2 000~10 000 粒, 但其种子极小, 呈粉末状且胚乳极不发达, 仅有 2~3 个胚乳细胞, 因此, 白芫种子自然散落率和常规人工抚育成苗率极低。当前, 农户多采用分根法繁殖白芫, 但其繁殖系数较低, 仅为 2~3, 因此, 种苗繁育成为白芫“野生转家种”规模化生产的瓶颈。应用组织培养技术进行白芫胚体拯救是当前研究的热点, 也是有效的繁殖方法<sup>[8-9]</sup>, 并且已有相关研究的成功报道<sup>[10-12]</sup>。然而, 白芫无菌苗出瓶后的炼苗驯化和促进成苗技术仍不成熟, 炼苗成活率较低。

营养、水分、光照等是组培苗炼苗成活的主要影响因素。炼苗使用的培养基质为组培苗根部生长提供营养和水分。因此, 基质的选择及配比是影响白芫组培苗炼苗成功的关键因素。

目前, 国内外对于白芫“野生转家种”的研究相对较少, 不同基质环境对白芫组培苗生长的影响未见报道。鉴于此, 笔者对不同基质组合白芫组培苗的驯化成活率和生长状况进行比较研究, 以期明确白芫组培苗的适宜培养基质, 并完善白芫种苗繁育和栽培的技术体系, 为白芫产业化栽培提供科学依据。

收稿日期: 2016-06-26

基金项目: 江苏省农业科技自主创新资金[编号: CX(17)3006]; 江苏省产学研联合创新资金——前瞻性联合研究项目(编号: BY2014116)。

作者简介: 李乃伟(1983—), 男, 山东聊城人, 硕士, 助理研究员, 主要从事植物遗传育种及种苗繁殖研究工作。Tel: (025) 84347088; E-mail: linaiwei8828@163.com。

通信作者: 周义峰, 硕士, 副研究员, 主要从事药用植物资源学研究。E-mail: njgzhou@163.com。

[17] 邓丽娟, 沈红香, 姚允聪. 观赏海棠品种对土壤干旱胁迫的响应差异[J]. 林业科学, 2011, 47(3): 25-32.

[18] 李纪元, 李辛雷, 范妙华, 等. 高温胁迫下 15 个茶花品种的耐热性[J]. 浙江林学院学报, 2006, 23(6): 636-640.

[19] 张治安, 陈展宇. 植物生理学实验技术[M]. 长春: 吉林大学出版社, 2008.

[20] 李合生. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 北京: 高等教育出版社, 2000.

[21] 俞立平, 潘云涛, 武夷山. 学术期刊评价中主成分分析法应用悖论研究[J]. 情报理论与实践, 2009, 32(9): 84-87.

[22] 刘春风, 刘少轩, 谢寅峰, 等. 高温胁迫对观赏海棠形态和生长的影响[J]. 林业科技开发, 2013, 27(3): 42-45.

[23] 袁霞, 何斌. 八角林地土壤酶活性和养分的分布特点及其相关分析[J]. 经济林研究, 2004, 22(2): 10-13.

[24] 王玉娟, 陈永忠, 王湘南, 等. 稻草覆盖对油茶幼林林地土壤温度及新梢的影响[J]. 经济林研究, 2009, 27(2): 49-52.

## 1 材料与方 法

### 1.1 材 料

供试白芨组培无茵苗由中国科学院南京分院东台滩涂研究院和南京绿圃园艺环境工程技术有限公司共同培育并提供;试验用苔藓、椰糠和珍珠岩等基质材料均采购自当地市场。

### 1.2 方 法

在露天苗床内,用木板插入土中 5 cm,分隔为 9 个长 0.7 m、宽 0.5 m 的小区。苗床基部使用园土,表层使用不同配比的苔藓、椰糠和珍珠岩混合基质。在相同规格的小区面积(0.35 m<sup>2</sup>)下,苔藓添加量设置 5、10、15 g 3 个梯度,分别记作 A<sub>1</sub>、A<sub>2</sub>、A<sub>3</sub>;椰糠添加量设置 30、60、90 g 3 个梯度,分别记作 B<sub>1</sub>、B<sub>2</sub>、B<sub>3</sub>;珍珠岩添加量设置 40、80、120 g 3 个梯度,分别记作 C<sub>1</sub>、C<sub>2</sub>、C<sub>3</sub>。根据 L<sub>9</sub>(3<sup>3</sup>) 正交表设计 9 个基质组合,分别为 A<sub>1</sub>B<sub>1</sub>C<sub>1</sub>、A<sub>1</sub>B<sub>2</sub>C<sub>2</sub>、A<sub>1</sub>B<sub>3</sub>C<sub>3</sub>、A<sub>2</sub>B<sub>1</sub>C<sub>2</sub>、A<sub>2</sub>B<sub>2</sub>C<sub>3</sub>、A<sub>2</sub>B<sub>3</sub>C<sub>1</sub>、A<sub>3</sub>B<sub>1</sub>C<sub>3</sub>、A<sub>3</sub>B<sub>2</sub>C<sub>1</sub>、A<sub>3</sub>B<sub>3</sub>C<sub>2</sub>。将 9 个组合的不同基质按照试验编号拌入 9 个小区的表层土中,充分拌匀。再将开瓶锻炼 3 d 的白芨组培苗移栽至各育苗小区,各小区均栽植 105 株幼苗,浇足定根水。每天喷水 1~2 次,并喷洒 30% 体积分数的 Hoagland 营养液 1 次。10 d 后,根据天气情况,每 1~2 d 喷水 1 次。水和营养液均通过喷淋系统统一均匀喷撒。

移栽后每天观察幼苗生长情况,30 d 后统计各苗床中白芨幼苗的存活数,并在各组合中分别选取长势较一致的 10 株试验苗,测量其株高、单株鲜质量、单株叶片数、最大叶长度和宽度、单株根数及最长根长和所有根长的平均值。

### 1.3 数 据 分 析

试验数据采用 Excel 2010、SPSS 19.0 软件进行统计和分析,采用 One - Way ANOVA 对相关数据进行单因素方差分析,采用 Duncan's 方法对相关数据进行差异显著性分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同基质对白芨组培苗炼苗成活率和株质量的影响

由表 1 可以看出,不同基质组合对白芨组培苗炼苗成活率和 30 d 株质量均有影响,9 个处理组合中 A<sub>2</sub>B<sub>2</sub>C<sub>3</sub> 组合基质栽种的白芨苗存活率最高,为 60.49%,为最低组合 A<sub>3</sub>B<sub>3</sub>C<sub>2</sub> 存活率的 2.25 倍;A<sub>2</sub>B<sub>3</sub>C<sub>1</sub> 组合蓄积生物量最大,为 1.46 g,是最低组合 A<sub>3</sub>B<sub>3</sub>C<sub>2</sub> 蓄积生物量的 3.17 倍。

对表 1 中极差 R<sub>1</sub> 大小的比较分析可知,3 个试验因素对存活率的影响从大到小依次为苔藓、椰糠、珍珠岩;对极差 R<sub>2</sub> 大小的比较表明,对生物量的影响从大到小依次为苔藓、珍珠岩、椰糠。方差分析结果表明:3 种基质因子中影响移栽成活率的主要为苔藓,对移栽成活率影响达到极显著水平(P < 0.01),而椰糠、珍珠岩对其影响均不显著(表 2)。

用 Duncan's 方法检验苔藓不同含量水平对移栽成活率的影响,由表 3 方差分析结果看出,不同苔藓含量水平对移栽成活率有较大影响。当苔藓质量为 10 g 时,移栽成活率最高,基质中苔藓成分增加或减少均会降低移栽成活率,且差异达到极显著水平(df=2, F=23.913, P=0.001)。

由表 4 可知,不同基质组合对白芨组培苗移栽后生长的影响差异均不显著。

通过直观分析各基质因子的 K 值可知,最有利于白芨组

表 1 不同基质组合对移栽成活率、生物量影响的直观分析结果

处理	因素			存活率 (%)	生物量 (g)
	A:苔藓添加量	B:椰糠添加量	C:珍珠岩添加量		
1	1	1	1	36.73	1.05
2	1	2	2	41.36	0.90
3	1	3	3	44.45	0.93
4	2	1	2	55.25	1.15
5	2	2	3	60.49	1.30
6	2	3	1	50.93	1.46
7	3	1	3	35.50	0.81
8	3	2	1	31.48	0.47
9	3	3	2	26.85	0.46
k <sub>1</sub>	40.8,0.960	42.5,1.003	41.4,0.993		
k <sub>2</sub>	55.6,1.303	44.4,0.890	42.6,0.837		
k <sub>3</sub>	31.3,0.580	40.7,0.950	43.7,1.013		
R <sub>1</sub>	24.3	3.7	2.3		
R <sub>2</sub>	0.723	0.113	0.176		

注:左侧、右侧 k 值分别对应存活率、生物量;R<sub>1</sub>、R<sub>2</sub> 分别对应存活率、生物量。

表 2 不同基质对移栽成活率影响的方差分析结果

方差来源	平方和	自由度 df	均方 MS	F 值	P 值
A	0.089 8	2	0.044 9	106.554 3	<0.01
B	0.002 1	2	0.001 0	2.443 4	>0.05
C	0.008 5	2	0.004 2	10.033 0	>0.05
误差	0.000 8	2	0.000 4		

表 3 苔藓含量水平对移栽成活率影响的差异显著性分析结果

水平	移栽成活率 (%)
1	40.85 ± 3.89C
2	55.56 ± 4.79B
3	31.18 ± 4.33A

注:同列数据后标有不同大写字母表示差异极显著(P < 0.01)。

表 4 不同基质对生物量影响的方差分析结果

方差来源	平方和	自由度 df	均方 MS	F 值	P 值
A	0.785 5	2	0.392 7	13.987 7	>0.05
B	0.019 3	2	0.009 6	0.343 5	>0.05
C	0.064 6	2	0.032 3	1.150 8	>0.05
误差	0.056 2	2	0.028 1		

培苗移栽成活的基质组合为 A<sub>2</sub>B<sub>2</sub>C<sub>3</sub>。这一组合也存在于 9 个处理组合中,存活率也达到了最高值。

### 2.2 不同基质对白芨组培苗移栽后地上部分生长的影响

由表 5 可见,9 个处理组合对白芨组培苗株高(df=8, F=6.459, P=0.001)、叶长(df=8, F=11.890, P<0.001)、叶宽(df=8, F=5.994, P=0.001)和叶片数(df=8, F=4.518, P=0.004)的影响均达到显著水平。其中, A<sub>2</sub>B<sub>2</sub>C<sub>3</sub> 组合最有利于叶片数增多和叶片的伸长生长,叶片数达到 3.3 张,株高、叶片长分别为 0.93、7.81 cm; A<sub>2</sub>B<sub>1</sub>C<sub>2</sub> 组合最有利于叶片宽的生长,达到 0.91 cm。

本试验中的 4 个指标从不同层面考察了不同基质对白芨组培苗地上部分生长的影响,为进一步全面反映各个处理因素及水平对白芨组培苗地上部分生长的综合效应,本试验采用综合评定法,即将同一处理下各指标测定值与各处理中的

最高测定值的比值相加,得到该处理的地上生长综合指标(overall desirability,简称OD),并对OD值进行直观分析。从表5极差分析结果可以看出,3个试验因素对白芨组培苗移栽成活后地上部分生长的影响从大到小为苔藓、椰糠、珍珠

岩。通过极差比较,筛选出最有利于白芨组培苗地上部分生长的基质组合为A<sub>2</sub>B<sub>2</sub>C<sub>3</sub>。由表6可以看出,3种基质中影响地上部分生长的主要因素为苔藓,差异达到了显著水平( $P < 0.05$ )。

表5 不同基质组合对白芨组培苗地上部分影响的直观分析结果

处理	因素			株高 (cm)	叶片数 (张)	叶片长 (cm)	叶片宽 (cm)	综合指标 OD
	A:苔藓添加量	B:椰糠添加量	C:珍珠岩添加量					
1	1	1	1	0.66b	2.4bc	4.05e	0.60c	3.33
2	1	2	2	0.60b	2.4bc	5.25d	0.78ab	3.68
3	1	3	3	0.64b	2.2c	5.56cd	0.61c	3.50
4	2	1	2	0.92a	3.0a	7.19ab	0.91a	4.87
5	2	2	3	0.93a	3.3a	7.81a	0.87a	5.03
6	2	3	1	0.92a	3.1a	7.68a	0.82ab	4.87
7	3	1	3	0.68ab	2.4bc	5.75cd	0.62c	3.66
8	3	2	1	0.56bc	2.9ab	6.49bc	0.70bc	3.91
9	3	3	2	0.36c	2.7abc	4.94de	0.61c	3.18
$k_1$	3.50	3.95	4.04					
$k_2$	4.92	4.21	3.91					
$k_3$	3.58	3.85	4.06					
R	1.42	0.36	0.15					

注:同列数据后标有不同小写字母表示差异显著( $P < 0.05$ )。表7同。

表6 不同基质组合对白芨组培苗地上部分综合指标值影响的方差分析结果

方差来源	平方和	自由度 $df$	均方 $MS$	F值	P值
A	3.813 7	2	1.906 8	34.070 7	<0.05
B	0.200 2	2	0.100 1	1.788 2	>0.05
C	0.040 7	2	0.020 4	0.364 0	>0.05
误差	0.111 9	2	0.056 0		

### 2.3 不同基质对白芨组培苗移栽后地下部分生长的影响

由表7可以看出,9个处理组合对白芨组培苗根数( $df = 8, F = 4.653, P = 0.003$ )、总根长( $df = 8, F = 4.337, P = 0.005$ )和平均根长( $df = 8, F = 3.358, P = 0.016$ )的影响均达到显著水平,对最长根长影响不显著( $df = 8, F = 1.841, P > 0.05$ )。其中,A<sub>1</sub>B<sub>3</sub>C<sub>3</sub>组合最有利于根数增多,根数达到10.3条;A<sub>2</sub>B<sub>3</sub>C<sub>1</sub>组合最有利于根系伸长生长,总根长、最长根长、平均根长分别为56.87、10.04、5.79 cm。

表7 不同基质组合对白芨组培苗地下部分影响的直观分析结果

处理	因素			根数 (条)	总根长 (cm)	最长根长 (cm)	平均根长 (cm)	综合指标 OD
	A:苔藓添加量	B:椰糠添加量	C:珍珠岩添加量					
1	1	1	1	8.5abc	35.53abc	8.52a	4.52ab	4.19
2	1	2	2	9.3a	41.41abc	9.44a	4.50ab	4.57
3	1	3	3	10.3a	47.23ab	8.65a	4.57ab	4.77
4	2	1	2	8.68ab	34.99abc	8.10a	4.27b	4.07
5	2	2	3	8.3abc	38.31abc	7.57a	4.46ab	4.11
6	2	3	1	9.7a	56.87a	10.04a	5.79a	5.43
7	3	1	3	6.0bcd	25.82bc	7.79a	4.32b	3.46
8	3	2	1	4.9cd	15.67c	6.13a	3.28b	2.58
9	3	3	2	5.7d	18.70bc	6.57a	3.28b	2.82
$k_1$	4.51	3.91	4.07					
$k_2$	4.54	3.75	3.82					
$k_3$	2.95	4.34	4.11					
R	1.59	0.59	0.29					

同样以D值对白芨组培苗地下部分生长的影响进行直观分析。从表7极差分析结果可以看出,3个试验因素对白芨组培苗移栽成活后地下部分生长的影响效应从大到小排序为苔藓>椰糠>珍珠岩。通过极差比较,筛选出最有利于白芨组培苗地下部分生长的基质组合为A<sub>2</sub>B<sub>3</sub>C<sub>3</sub>。不同基质组合对地下部分影响的方差分析结果见表8。由综合指标的多因素方差分析结果可以看出,3种基质中对地下部分生长的影响均未达到显著水平。

表8 不同基质组合对白芨组培苗地下部分综合指标值影响的方差分析结果

方差来源	平方和	自由度 $df$	均方 $MS$	F值	P值
A	4.930 9	2	2.465 4	4.562 2	>0.05
B	0.555 5	2	0.277 7	0.513 9	>0.05
C	0.149 1	2	0.074 5	0.137 9	>0.05
误差	1.080 8	2	0.540 4		

### 3 讨论与结论

#### 3.1 栽培基质组合的确定

从试验结果可以得出,最有利于白芨组培苗移栽成活的基质组合为  $A_2B_2C_3$ ,即质量比 1:6:12 的苔藓、椰糠、珍珠岩组合最有利于提高白芨组培苗的驯化成活率,成活率达到 60.49%;最有利于白芨组培苗地上部分生长的基质组合为  $A_2B_2C_3$ ,即质量比 1:6:12 的苔藓、椰糠、珍珠岩组合最有利于叶片数增多和叶片的伸长生长,叶片数达到 3.3 张,株高、叶片长分别为 0.93、7.81 cm;苔藓、椰糠、珍珠岩 3 种基质因素对白芨地下部分生长的综合影响差异不显著,直观分析得出的最有利于白芨组培苗地下部分生长的基质组合为  $A_2B_3C_3$ ,即质量比 1:9:12 的苔藓、椰糠、珍珠岩组合。

#### 3.2 基质保湿与白芨组培苗生长的关联性

综合不同基质组合对白芨移栽存活率、生物量、地上部分和地下部分生长的影响结果,可以看出不同基质对移栽存活率和地上部分的影响显著,对生物量和地下部分的影响不显著。说明白芨组培苗的移栽存活主要受表层基质成分的保湿性影响,地下部分的生长可能主要受整体栽培土质(表层基质+底层园土)的影响,而生物量蓄积包含地上、地下 2 个部分,因此本试验中表层基质对生物量的影响未达到显著水平,可能由于地下园土中的须根质量在生物量中的比重较大。不同基质组合对地上部分生长的显著影响,说明表层基质对假鳞茎的保湿能够促进假鳞茎营养向地上部分的转移,从而促进地上生长。

#### 3.3 不同基质成分对基质保湿的作用

基质环境是影响组培苗炼苗和扦插苗生根的重要元素之一,影响着成活率和根系活力。苔藓、椰糠和珍珠岩作为常用的保水型栽培基质或扦插基质,发挥的作用大同小异,已应用于多种植物的组培苗炼苗和扦插繁殖中<sup>[13-15]</sup>。苔藓植物具有保持水土的作用,植株之间的空隙很多,具有良好的保持土壤和贮藏水分的作用。椰糠颗粒较粗,有较强的吸收力,排水保肥能力优良,但是作为植物性有机质,容易出现缺乏现象。膨胀珍珠岩作为无土栽培基质,具有保水性和增加基质空隙、防止土壤板结的功效。

本研究所用 3 种基质均具有保水作用,然而从试验结果看出,3 种基质对白芨组培苗移栽成活和生长有着不同大小的效应。其中,苔藓的影响效应最为显著。苔藓和椰糠属有机介质,可以用作肥料,为植株提供营养。珍珠岩属无机介质,可改良土壤,但提供营养能力弱。椰糠颗粒较粗,容易产生较大空隙,致使白芨组培苗与炼苗基质接触不够紧密,从而影响移栽成活率。因此,基质中苔藓的含量对白芨组培苗移栽至关重要。其中苔藓作用明显,适量的苔藓基质能够促进组培苗的移栽成活和生长。通过对苔藓用量水平的比较可以看出,用量不可以过大,过量的苔藓生长虽然具有保湿作用,但会与白芨组培苗争夺养分,导致炼苗植株的死亡。

本研究所用 3 种基质的组合使用能够有效保持苗床表层水分,湿度对提高白芨组培苗的移栽成活率及地上部分生长

具有着重要意义。在白芨组培苗驯化过程中,根系活力不足,地上部分水分只能靠外部提供,而营养只能靠假鳞茎内积累的营养成分供应。因此,栽培基质表层部分的水分对白芨组培苗的移栽至关重要。

#### 3.4 大田苗床炼苗与大棚炼苗的不同之处

本试验的白芨组培苗整体成活率不高,虽然本试验中不同组合间最高成活率达到 60.49%,但低于曹婧等利用 1:1 的珍珠岩、泥炭土基质获得的 93.80% 成活率<sup>[16]</sup>,但其试验是在大棚内的离地苗床上进行的,不受大田环境影响。本研究将组培苗直接在大田苗床上炼苗,可使白芨组培苗出瓶后直接进入生产模式,省去 2 次容器移栽过程及缩短育苗周期,对白芨的种苗繁育更具指导意义。下一步笔者拟通过增加栽培基质厚度及辅助微灌设施的方式,从而提高白芨组培苗大田移栽成活率。

#### 参考文献:

- [1] 陈心启,吉占和,郎楷永,等. 中国植物志:第 18 卷[M]. 北京:科学出版社,1999:46-51.
- [2] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典(一部)[M]. 2005 版. 北京:化学工业出版社,2005:103.
- [3] 任华忠,何毓敏,杨丽. 白芨化学成分其药理活性研究进展[J]. 亚太传统医药,2009,5(2):134-140.
- [4] 陈玉,张晓芳,朱剑东. 中药白芨抑制变形链球菌的实验研究[J]. 牙体牙髓牙周病学杂志,2007,17(8):452-454.
- [5] 钱骏,郑传胜,吴汉平,等. 白芨应用于大鼠实验性肝细胞癌介入治疗的研究[J]. 中国医院药学杂志,2005,25(5):391-394.
- [6] 汪庆平,张东华. 颇具开发应用价值的白芨资源[J]. 资源开发与市场,2000,16(4):216-217.
- [7] 管常东,叶静,郑晓君,等. 白芨组织快繁育苗技术研究进展[J]. 云南大学学报,2010,32(增刊 1):416-421.
- [8] 张倩云,王莹,杜玉梁,等. 植物胚拯救技术的影响因素及其应用[J]. 南京林业大学学报(自然科学版),2014,38(5):143-148.
- [9] 曾碧玉,许传俊,徐凤侠,等. 兰属种间杂交胚拯救研究初报[J]. 亚热带植物科学,2010,39(3):12-14.
- [10] 袁宁,何俊蓉,何锐,等. 白芨组培快繁育苗技术研究[J]. 西南农业学报,2009,22(3):781-785.
- [11] 余朝秀,李枝林,王玉英. 野生白芨组培快繁技术研究[J]. 西南农业大学学报(自然科学版),2005,27(5):601-604.
- [12] 田翠琴,袁雄强. 白芨组织培养快繁技术研究[J]. 江苏农业科学,2006(4):75-77.
- [13] 龚建英,余雪标,徐大平. 石斛兰无土栽培基质优化筛选研究[J]. 广西林业科学,2007,36(2):82-85.
- [14] 刘荃,张启翔,潘会堂. 椰糠作为栽培基质对岩生报春盆花生长发育的影响[J]. 福建农林大学学报(自然科学版),2013,42(5):498-502.
- [15] 符真珠,杜君,孟月娥,等. 不同基质和设施条件对金叶复叶槭嫩枝扦插繁殖的影响[J]. 中国农学通报,2015,31(31):25-29.
- [16] 曹婧,李婷,包彩云,等. 白芨组培苗移栽驯化技术研究[J]. 内江师范学院学报,2015,30(4):39-41.