

史俊,席刚俊,贾君,等.不同因素对白芨原球茎和假鳞茎形成的影响[J].江苏农业科学,2018,46(18):153-156.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.18.038

# 不同因素对白芨原球茎和假鳞茎形成的影响

史俊<sup>1</sup>,席刚俊<sup>1</sup>,贾君<sup>1</sup>,经守菊<sup>2</sup>

(1.江苏农林职业技术学院,江苏句容 212400; 2.江苏茅山地道中药材种植有限公司,江苏句容 212400)

**摘要:**以白芨种子为材料,通过液体培养的方式研究不同因素对原球茎诱导和膨大的影响,通过固体培养的方式研究不同因素对白芨假鳞茎瓶内诱导和膨大的影响。结果发现,白芨原球茎诱导的最适液体培养基为 N6 + 0.5 mg/L NAA + 60 g/L 马铃薯汁 + 30 g/L 蔗糖, pH 值为 5.6; 白芨假鳞茎诱导的最适培养基为 N6 + 0.2 mg/L NAA + 1.0 mg/L IBA + 2.0 mg/L 6-BA + 0.5 mg/L KT + 50 g/L 蔗糖 + 60 g/L 香蕉泥 + 1.0 g/L 活性炭 + 7 g/L 琼脂, pH 值为 5.6。

**关键词:**白芨;液体培养;固体培养;原球茎;假鳞茎;诱导;培养基

**中图分类号:** S567.23 + 9.04 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2018)18-0153-04

白芨 (*Bletilla striate*) 隶属于兰科白芨属,为地生兰的一种,种子极小,结构简单且无胚乳,自然繁殖率极低<sup>[1]</sup>,是多年生落叶植物。其块茎可供药用,花紫红色,株形优美,集药用与观赏于一体。白芨喜温暖、阴湿的环境,广泛分布于贵州、四川、湖南、湖北、安徽、江苏、河南、云南、广西、浙江等省(区)<sup>[2]</sup>,江苏省镇江市茅山地区生产的白芨品质较佳,是茅山地区的地道药材。白芨鳞茎入药,性平、味苦,民间常将其作为胶粘性止血剂,用于补肺、生肌、祛痰、止血,治疗吐血、肺病、咳血、慢性胃溃疡等<sup>[3-4]</sup>。白芨中含量较高的白芨胶可以替代阿拉伯胶等胶剂作为混悬剂及乳化剂,可广泛用于食品及化工领域<sup>[5-6]</sup>。盲目采挖加剧了白芨野生资源的减少,导致其濒临灭绝,被国家列为重点保护野生药用植物之一,属濒危植物<sup>[7]</sup>,同时也被列入《濒危野生动植物国际贸易公约》(CITES)保护种类<sup>[2]</sup>。白芨常规以分株繁殖为主,但其繁殖效率较低,很难适应规模化种植的需要。对包括白芨在内的兰科植物而言,通过无菌播种与组织培养,可以在短时间内获得大量的实生苗,不失为一种快速有效的繁殖方法<sup>[8-12]</sup>。但一般白芨组培周期较长,成本高,如果获得的白芨实生苗没有产生假鳞茎,移栽成活率将会大大降低,因此,改良组培工艺,降低组培成本,快速繁殖出有假鳞茎的白芨组培苗对白芨的大面积推广有十分重要的意义。本试验选择白芨成熟未开裂的蒴果作为材料,采用白芨种子液体培养 + 固体培养的方式来研究不同因素对白芨原球茎和假鳞茎诱导和生长的影响,为建立高效的白芨快繁技术体系提供一定的基础。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

本试验所用白芨于 2014 年 5 月种植于江苏茅山地道中

药材种植有限公司中药材种植基地,经江苏省句容市中医院药剂科主任经守菊鉴定为紫花白芨,2015 年 11 月采集其开花授粉后约 120 d、尚未开裂的蒴果作为试验材料,在江苏农林职业技术学院生物工程技术中心组培实验室开展试验。

### 1.2 方法

**1.2.1 灭菌和接种** 将其蒴果用流水洗净后,再用 75% 乙醇消毒 30 s,然后用 0.1% HgCl<sub>2</sub> 溶液消毒 10 min,无菌水冲洗 4~6 次。在超净工作台上,剖开蒴果,将粉末状的种子播到培养基,振荡培养 24 h,用移液枪吸取种子悬浮液,统计播种密度,并最终将播种密度调至 20~30 粒/mL,每处理接种 3 瓶,200 mL/瓶,3 个重复。培养条件:25 ± 2 °C,1 200 lx(前 3 d 暗培养),光照 12 h/d,转速为 120 r/min。

**1.2.2 白芨种子原球茎的诱导** 将白芨种子接入液体培养基,诱导原球茎生长,培养基采用 L<sub>9</sub>(3<sup>4</sup>) 正交设计,对液体培养基配方中的 4 个因素,包括基本培养基、NAA 浓度、6-BA 浓度、马铃薯汁浓度等,进行培养条件筛选(表 1)。

表 1 白芨原球茎诱导的因素水平设计

水平	基本培养基	NAA 浓度 (mg/L)	6-BA 浓度 (mg/L)	马铃薯汁浓 度(g/L)
1	N6	0	0	0
2	MS	0.5	1	60
3	1/2MS	1.0	2	120

**1.2.3 不同培养基对白芨假鳞茎诱导的影响** 将白芨原球茎接入分化培养基,培养 45 d 后,将大小一致的白芨小苗分成单株接入不同处理培养基,每处理 4 瓶,每瓶 25 株,3 个重复。接种后各处理置于组培室培养,培养温度(23 ± 2) °C,每天光照 12 h,光照度 1 800~2 500 lx。所有处理培养基中均添加 1.0 g/L 活性炭、60 g/L 香蕉泥、7.0 g/L 琼脂, pH 值为 5.6。

**1.2.3.1 基本培养基对白芨假鳞茎瓶内膨大的影响** 分别以 N6、MS、1/2MS 为基本培养基,不同处理均添加 0.8 mg/L NAA、30.0 g/L 蔗糖。

**1.2.3.2 蔗糖用量对白芨假鳞茎瓶内膨大的影响** 以 N6 为基本培养基,设置蔗糖浓度梯度为 30、40、50、70 g/L,不同处理添加 0.8 mg/L NAA。

收稿日期:2017-03-26

基金项目:江苏省林业三新工程项目(编号:LYSX[2015]02);江苏省镇江市现代农业项目(编号:NY2015004);江苏农林职业技术学院院内项目(编号:2014KJ22)。

作者简介:史俊(1979—),男,江苏扬州人,硕士,讲师,主要从事药用植物遗传育种研究。E-mail:shijun3322@163.com。

1.2.3.3 不同激素对白芨假鳞茎瓶内膨大的影响 以 N6 为基本培养基,设计  $L_9(3^4)$  正交试验对培养基中的 6-BA、KT、NAA、IBA 4 种激素用量进行筛选(表 2)。

表 2 激素对白芨假鳞茎诱导的因素水平设计

水平	NAA 浓度 (mg/L)	IBA 浓度 (mg/L)	6-BA 浓度 (mg/L)	KT 浓度 (mg/L)
1	0.2	0	0	0
2	1.0	1.0	1.0	0.5
3	3.0	2.0	2.0	1.0

1.3 指标测定

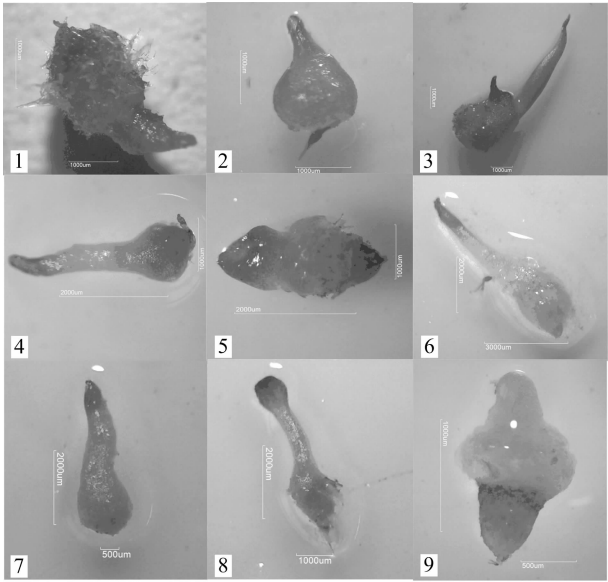
分别在接种后 15、30 d 统计种子原球茎诱导率、用 motic 体视显微镜观察原球茎的形态并量取原球茎长度和粗度。分别在接种后 45、90 d 统计假鳞茎诱导率,用游标卡尺量取假鳞茎直径,统计结果采用 SPSS 19.0 和正交分析助手 II 分析。

假鳞茎诱导率 = 假鳞茎总数/接种数  $\times 100\%$ ; 假鳞茎直径(mm) = (假鳞茎长径 + 短径)/2; 假鳞径平均直径(mm) = 假鳞径粒径总和/假鳞茎总数。

2 结果与分析

2.1 不同液体培养基组合对白芨种子萌发及生长的影响

种子液体振荡培养 15 d 后,用移液枪从每个重复中吸取悬浮液 3 mL,统计原球茎诱导率,用 motic 体视显微镜观察原球茎的形态,并量取原球茎长度和粗度,剩余的原球茎继续培养 15 d 后,再次观察原球茎的形态(图 1),并量取原球茎长度和粗度(表 3)。由于白芨到目前为止无真正意义上的品



1~9 为  $L_9(3^4)$  正交试验 1~9 号处理

图1 培养 30 d 后不同处理白芨原球茎生长情况

种,所有种植白芨都来源于野生资源,多为杂合基因型,其后代种子有丰富的遗传多样性,在培养的过程中呈现出丰富的多样性,同处理内原球茎生长差异较大,并且随着养培时间的延长,这种差异不断增大,为了避免种子遗传差异性对分析的影响,不同因素对白芨原球茎生长的影响均采用培养 15 ~ 30 d 的增量进行分析。

表 3 不同因素对白芨原球茎诱导的影响

处理	诱导率 (%)	原球茎大小(15 d)			原球茎大小(30 d)			增量 ( $\mu\text{m}$ )	增粗量 ( $\mu\text{m}$ )	增加量 ( $\mu\text{m}$ )
		长( $\mu\text{m}$ )	粗( $\mu\text{m}$ )	平均( $\mu\text{m}$ )	长( $\mu\text{m}$ )	粗( $\mu\text{m}$ )	平均( $\mu\text{m}$ )			
1	45	1 079.4 $\pm$ 265.9	729.8 $\pm$ 149.4	904.6 $\pm$ 197.6	3 499.7 $\pm$ 1 160.5	1 812.3 $\pm$ 608.5	2 656.1 $\pm$ 809.1	2 420.3	1 082.5	1 751.5
2	65	1 741.1 $\pm$ 383.0	883.8 $\pm$ 219.7	1 312.4 $\pm$ 287.4	6 346.3 $\pm$ 3 021.6	2 232.8 $\pm$ 378.8	4 289.5 $\pm$ 1 647.2	4 605.2	1 349.0	2 977.1
3	80	1 289.5 $\pm$ 310.2	706.7 $\pm$ 202.8	998.1 $\pm$ 243.8	3 870.6 $\pm$ 1 697.6	1 790.5 $\pm$ 575.6	2 830.6 $\pm$ 1 005.9	2 581.1	1 083.8	1 832.5
4	65	723.8 $\pm$ 186.3	352.2 $\pm$ 94.2	538.0 $\pm$ 109.7	2 759.0 $\pm$ 1 144.8	1 242.5 $\pm$ 849.8	2 000.8 $\pm$ 901.7	2 035.2	890.3	1 462.8
5	81	1 357.9 $\pm$ 285.9	863.1 $\pm$ 157.9	1 110.5 $\pm$ 196.2	3 974.0 $\pm$ 1 811.9	1 779.2 $\pm$ 486.5	2 764.6 $\pm$ 1 130.6	2 616.1	916.1	1 654.1
6	85	1 087.8 $\pm$ 189.6	840.5 $\pm$ 125.7	964.2 $\pm$ 146.5	5 374.7 $\pm$ 1 663.9	2 068.5 $\pm$ 475.7	3 721.6 $\pm$ 720.6	4 286.9	1 228.0	2 757.4
7	86	993.0 $\pm$ 245.4	554.8 $\pm$ 107.9	773.9 $\pm$ 163.9	5 480.3 $\pm$ 1 899.6	1 673.7 $\pm$ 361.2	3 577.0 $\pm$ 1 017.3	4 487.3	1 118.9	2 803.1
8	11	1 727.0 $\pm$ 380.3	739.2 $\pm$ 116.7	1 233.2 $\pm$ 245.6	5 055.1 $\pm$ 2 641.6	1 601.1 $\pm$ 284.5	3 328.1 $\pm$ 1 380.5	3 328.1	861.9	2 094.9
9	92	883.6 $\pm$ 197.7	427.1 $\pm$ 87.9	655.3 $\pm$ 138.9	1 417.9 $\pm$ 457.6	840.0 $\pm$ 512.9	987.8 $\pm$ 458.1	534.3	412.9	332.5

研究发现,不同因素对白芨原球茎的诱导和膨大效果不一致(表 4)。6-BA 对原球茎诱导影响较大,在原球茎诱导阶段,诱导率与 6-BA 浓度呈正相关,但原球茎的生长受 6-BA 的影响相对较小,合适的 NAA 浓度更有利于原球茎增长,合适的 6-BA 浓度更有利于原球茎的增粗,天然附加物马铃薯汁对原球茎生长影响最大,R 值最大。结果表明,在白芨原球茎诱导的过程中,激素起了较大的作用,而在原球茎生长的过程中,营养因素的作用得到了很大的提高,特别是天然附加物马铃薯汁。说明白芨成熟种子萌发形成原球茎所需要的营养物质大多来源于本身,而原球茎生长则需要从外界吸收养分,马铃薯汁所富含的有机营养更容易被白芨原球茎吸收和利用,这在一定程度上解释了白芨种子自然萌发需要同真菌共生,由真菌为其萌发提供有机次生代谢产物。综合分析,白芨种子萌发形成原球茎的最适培养基为 N6 + 0.5 mg/L

NAA + 60 g/L 马铃薯汁。

2.2 不同基本培养基对假鳞茎诱导的影响

研究发现,基本培养基的选择因不同的植物材料和培养目标而有一定差异(表 5)。在一定范围内,较高的氮素含量较有利于白芨假鳞茎的诱导和膨大,其中以 N6 培养基的假鳞茎诱导率和粒径最大。从基本培养基成分上来看,N6 培养基与 MS 培养基总氮浓度基本相当,但 N6 培养基中的氨态氮含量更高,说明白芨对氨态氮更加偏好,而低无机盐浓度的 1/2MS 更加利于生根,白芨根多且壮,长有白色根毛,随着根的发育,白芨组苗对培养基养分的吸收能不断加强。因此,在后期培养中,1/2MS 培养基的假鳞茎直径增加量最大。

2.3 不同蔗糖浓度对假鳞茎诱导的影响

研究发现,蔗糖浓度过高和过低,均不利于白芨假鳞茎的诱导和膨大(表 6)。当蔗糖浓度为 30 g 时,白芨假鳞茎的诱

表 4 不同因素对白芨原球茎诱导影响的极差分析

因变量	<i>k</i> 值	基本培养基	NAA 浓度	6-BA 浓度	马铃薯汁浓度
诱导率(%)	<i>k</i> <sub>1</sub>	66.3	65.0	47.0	72.7
	<i>k</i> <sub>2</sub>	77.0	52.3	74.0	78.7
	<i>k</i> <sub>3</sub>	63.0	85.7	82.3	52.0
	<i>R</i>	14.0	33.4	35.3	26.7
增长量(μm)	<i>k</i> <sub>1</sub>	3 202.2	2 980.9	3 345.1	1 856.8
	<i>k</i> <sub>2</sub>	2979.4	3 516.5	2 391.5	4 455.8
	<i>k</i> <sub>3</sub>	2 783.1	2 467.3	3 228.2	2 648.1
	<i>R</i>	419.1	1 049.1	953.6	2 603.0
增粗量(μm)	<i>k</i> <sub>1</sub>	1 171.767	1 030.567	1 057.467	803.833
	<i>k</i> <sub>2</sub>	1 011.467	1 042.333	884.067	1 231.967
	<i>k</i> <sub>3</sub>	797.900	908.233	1 039.600	945.333
	<i>R</i>	373.867	134.100	173.400	428.134
增加量(μm)	<i>k</i> <sub>1</sub>	2 187.033	2 005.800	2 201.267	1 246.033
	<i>k</i> <sub>2</sub>	1 958.100	2 242.033	1 590.800	2 845.867
	<i>k</i> <sub>3</sub>	1 743.500	1 640.800	2 096.567	1 796.733
	<i>R</i>	443.533	601.233	610.467	1 599.843

表 5 不同培养基对假鳞茎诱导的影响

处理	培养基	接种数(株)	平均诱导率(%)	直径(45 d)(mm)	直径(90 d)(mm)	增加量(mm)	生长情况
1	N6	100	163a	4.15±0.87a	4.53±1.26a	0.38	叶浅绿,茎正常,很少,无根毛
2	MS	100	161a	3.89±1.09ab	4.38±1.34a	0.49	叶浅绿,茎正常,很少,无根毛
3	1/2MS	100	138a	3.39±0.89b	4.28±1.08a	0.91	叶浅绿,茎一般,很多,有根毛

注:同列数据后不同小写字母表示 0.05 水平下差异显著。表 6 同。

表 6 不同蔗糖浓度对假鳞茎诱导的影响

处理	蔗糖浓度(g/L)	接种数(株)	诱导率(%)	平均直径(45 d)(mm)	平均直径(90 d)(mm)	增加量(mm)	生长情况
1	30	100	156a	4.14±0.87a	4.43±1.27a	0.29	叶浅绿,茎正常
2	40	100	139a	4.33±1.14a	4.55±1.24ab	0.22	叶浅绿,茎一般
3	50	100	133a	4.36±1.5a	4.90±1.18b	0.54	叶黄绿,茎一般
4	70	100	87b	4.20±0.9a	4.43±1.22a	0.23	叶枯黄,茎细弱

表 7 不同激素对白芨假鳞茎诱导的影响

处理	诱导率(%)	平均直径(45 d)(mm)	平均直径(90 d)(mm)	增加量(mm)	生长情况
1	151	4.35±1.13	4.61±1.18	0.26	叶浅绿,茎一般
2	177	4.15±0.95	4.96±1.47	0.81	叶浅绿,茎粗壮
3	183	3.90±1.15	4.63±1.32	0.73	叶黄绿,茎一般
4	16	4.3±0.80	4.69±1.13	0.39	叶浅绿,茎粗壮
5	169	4.3±1.00	4.74±1.28	0.44	叶黄绿,茎一般
6	129	4.19±1.33	4.70±1.45	0.51	叶浅绿,茎一般
7	88	4.39±0.94	4.69±1.33	0.30	叶黄绿,茎细弱
8	89	3.41±1.16	4.51±1.19	1.10	叶黄绿,茎一般
9	108	3.29±1.08	4.00±1.36	0.71	叶黄绿,茎一般

配比为 0.2 mg/L NAA + 1.0 mg/L IBA + 2.0 mg/L 6-BA + 0.5 mg/L KT。

3 讨论

3.1 不同的培养基对种子萌发的影响

成熟的白芨种子萌发形成原球茎对培养条件要求不高,只要培养的时间足够长,都能得到较高的萌发诱导率,这与张建霞等研究的结果<sup>[1]</sup>一致。但不同的基本培养基对种子萌发形成原球茎还是会有一定的影响,MS 和 N6 培养基都是植

导率最高,随着蔗糖浓度的提高,诱导率呈现下降趋势。在蔗糖浓度不高于 50 g/L 时,诱导率差异不显著,白芨假鳞茎直径随蔗糖浓度的提高呈正态分布;当蔗糖浓度为 50 g/L 时,白芨假鳞茎直径达到最大,并在随后的培养中,假鳞茎膨大的速度也最快,在培养 90 d 后与蔗糖浓度 30、70 g/L 时差异显著,说明较高浓度的蔗糖有利于白芨假鳞茎的膨大,但在一定程度上抑制假鳞茎的形成。综合考虑,50 g/L 蔗糖浓度较为适合白芨假鳞茎的形成。

2.4 不同激素对比对假鳞茎诱导的影响

研究发现,白芨假鳞茎诱导和膨大跟激素间的配比有着紧密的关系,假鳞茎的诱导、膨大,包括在膨大过程中的不同阶段,所需要的激素配比是不一样的(表 7、表 8)。当 IBA 为 1.0 mg/L 时,诱导率最高,但不添加 IBA 的处理在假鳞茎膨大初期却表现最佳,随着培养的继续进行,添加 1.0 mg/L IBA 的处理白芨假鳞茎膨大速度加快,并最终达到最优。极差分析结果表明,NAA 对白芨假鳞茎诱导和膨大影响最大,*R* 值最大;其次是 KT,KT 主要对假鳞茎膨大产生影响,IBA 和 6-BA 影响较小。综合上述分析,最适合白芨假鳞茎诱导和膨大的激素

表 8 激素对白芨假鳞茎诱导影响的极差分析

因变量	<i>k</i> 值	NAA 浓度	IBA 浓度	6-BA 浓度	KT 浓度
诱导率(%)	<i>k</i> <sub>1</sub>	170.3	1.33.0	123.0	142.7
	<i>k</i> <sub>2</sub>	527.0	145.0	148.3	131.3
	<i>k</i> <sub>3</sub>	950.0	140.0	146.7	144.0
	<i>R</i>	753.0	120.0	253.0	127.0
平均直径(45 d)(mm)	<i>k</i> <sub>1</sub>	4.133	4.347	3.983	3.980
	<i>k</i> <sub>2</sub>	4.263	3.953	3.913	4.243
	<i>k</i> <sub>3</sub>	3.697	3.793	4.197	3.870
	<i>R</i>	0.566	0.554	0.253	0.373
平均直径(90 d)(mm)	<i>k</i> <sub>1</sub>	4.733	4.663	4.607	4.450
	<i>k</i> <sub>2</sub>	4.710	4.737	4.550	4.783
	<i>k</i> <sub>3</sub>	4.400	4.443	4.687	4.610
	<i>R</i>	0.333	0.294	0.137	0.333
增加量(mm)	<i>k</i> <sub>1</sub>	0.600	0.317	0.623	0.470
	<i>k</i> <sub>2</sub>	0.447	0.783	0.637	0.540
	<i>k</i> <sub>3</sub>	0.703	0.650	0.490	0.740
	<i>R</i>	0.256	0.466	0.147	0.270

物组织培养中常用的基本培养基,MS 营养成分丰富,各元素比例适中,在植物的胚、原球茎、茎段等组培中得到了广泛应用<sup>[13-17]</sup>。N6 培养基成分较简单,但 KNO<sub>3</sub> 含量较高,常常应用于禾本科植物、花药培养、铁皮石斛组培中,本研究对 MS、

1/2MS、N6 培养基对白芨种子萌发形成原球茎的影响进行了研究,发现大量元素、无机盐水平较高的 MS 对种子萌发形成原球茎较为有利,而无机盐含量最低的 1/2MS 较不利于白芨原球茎的形成,说明白芨种子萌发形成原球茎需要较高的无机盐水平。同样,李莹等研究发现,MS 培养基对同为兰科植物的铁皮石斛种子萌发也十分有利<sup>[18]</sup>。与种子萌发不同的是 N6 培养基最有利于原球茎的膨大,相对于 MS 基本培养基,N6 培养基含有较高水平的硝态氮,而氨态氮含量相对较低,这说明白芨可能对氨态氮更加偏好。植物生长调节物质在组织培养中用量极小,但却是不可缺少的关键物质,是植物组织培养中发挥生物学效力最强的培养因素。钟士传等发现,植物生理活动是由各种外源激素和内源激素水平比例调控的,对种子萌发原球茎诱导和膨大也有重要的影响<sup>[19]</sup>。总体来看,较高浓度的 NAA、6-BA 更有利于种子萌发形成原球茎。而 NAA 在中浓度时(0.5 mg/L)最有利于原球茎的整体膨大,过高过低都对原球茎膨大产生负面影响,6-BA 在低浓度(0 mg/L)和高浓度(2 mg/L)时促进原球茎膨大,在中浓度(1 mg/L)时抑制原球茎生长,这可能是因为 6-BA 在低浓度(0 mg/L)时,原球茎膨大受内源激素主导,在高浓度(2 mg/L)时原球茎膨大受外源激素主导,而在中浓度(1 mg/L)时,内外源激素相互抑制,但具体原因,还需要进行试验分析。天然附加物马铃薯汁对白芨种子原球茎的诱导和膨大都有较好的促进作用,本研究发现马铃薯汁在中等浓度(60 g/L)最有利于种子原球茎的诱导和膨大,高浓度(120 g/L)可能会大幅度提高培养基渗透压而对种子原球茎的诱导和萌发带来不利影响。总体来说,白芨原球茎膨大的最适培养基为 N6 + 0.5 mg/L NAA + 60 g/L 马铃薯汁 + 30 g/L 蔗糖,pH 值为 5.6。

### 3.2 不同的培养基对白芨假鳞茎诱导和膨大的影响

白芨假鳞茎是储藏养分、水分的重要场所,也是主要的入药部位,在组培中诱导假鳞茎产生和膨大,可以大幅度提高白芨组培苗的移栽成活率,缩短栽培周期,本研究从基本培养基、蔗糖浓度和激素的配比 3 个方面研究白芨假鳞茎诱导和膨大的效果,研究结果表明,在白芨假鳞茎诱导上,N6 培养基诱导率最高;在假鳞茎膨大前期阶段,N6 培养基效果最好;但随着培养时间的延长,假鳞茎的膨大速度却呈现出 1/2MS > MS > N6,这可能是因为 MS 培养基营养更加全面和丰富。1/2MS 培养基中产生较多的根,提高了对养分的吸收能力。植物在组培过程中几乎都处于异养状态,需要培养基为其提供碳源,蔗糖不仅是重要的碳源,还能为植物提供必要的渗透压,有研究显示,蔗糖对部分植物块茎、球茎、鳞茎、圆球茎的形成有影响<sup>[19-22]</sup>。在本研究中,白芨假鳞茎的诱导随蔗糖浓度的提高而降低,而粒径在一定范围内( $\leq 50$  g/L)随蔗糖浓度的提高而提高,但植株长势却逐渐变差,褐化加剧,说明高浓度的蔗糖不但抑制白芨假鳞茎的形成,同时还能促进了多酚氧化酶的活性,加剧了褐变。在保证植株正常生长的情况下,50.0 g/L 蔗糖浓度对假鳞茎的诱导效果相对较好。本研究结果发现,不同的激素组合和水平对白芨假鳞茎诱导有明显差异;在 NAA、IBA、6-BA 和 KT 4 个因素中,NAA 和 KT 影响较大,IBA 和 6-BA 影响相对较小。因此,白芨假鳞茎诱导的最适培养基为 N6 + 0.2 mg/L NAA + 1.0 mg/L IBA +

2.0 mg/L 6-BA + 0.5 mg/L KT + 50 g/L 蔗糖 + 60 g/L 香蕉泥 + 7 g/L 琼脂,pH 值为 5.6。

### 参考文献:

- [1] 张建霞,付志惠,李洪林,等. 白芨胚发育与种子萌发的关系[J]. 亚热带植物科学,2005,34(4):32-35.
- [2] 中国科学院中国植物志编辑委员会. 中国植物志[M]. 北京:科学出版社,1999:45-50.
- [3] 中华人民共和国卫生部药典委员会. 中华人民共和国药典(一部)[M]. 北京:人民卫生出版社,1985:84.
- [4] 姚宗凡,黄英资,姚晓敏. 药用植物栽培手册[M]. 上海:上海中医药大学出版社,2001:172.
- [5] 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.
- [6] 刘光斌,黄忠,黄长千,等. 天然植物白芨胶的功能及在化妆品中的应用[J]. 日用化学品科学,2005,28(8):22-24.
- [7] 傅立国. 中国濒危植物红皮书(第一册)[M]. 北京:科学出版社,1992:494-495.
- [8] 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.
- [9] 付志惠,张建霞,李洪林,等. 白芨种子萌发与快速繁殖技术的研究[J]. 武汉植物学研究,2006,24(1):80-82.
- [10] 罗文秀,张寿文,李晓婷,等. 白芨快速繁殖的研究概况[J]. 中国现代中药,2007,9(11):36-38.
- [11] 彭丽丽,刘祥东,刘华,等. 白芨的组培快繁[J]. 中国野生植物资源,2004,23(5):65.
- [12] 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.
- [13] 侯大强,柴明良,庄晓英. 长期离体培养的春石斛兰类原球茎生长及生根条件的优化[J]. 核农学报,2006,20(5):392-394,397.
- [14] Asrandina S S, Tashimbayeva A, Mamutova A, et al. Micropropagation of *Stevia rebaudiana* Bertoni in Kazakhstan[J]. Current Opinion in Biotechnology,2013,24(7):S125.
- [15] Berhanu R, Feyissa T. Factors affecting in vitro propagation of cassava (*Manihot esculenta* Crantz.) Euphorbiaceae, varieties of 'Kello' and 'Qulle'[J]. Ethiopian Journal of Biological Sciences, 2013,12(1):25-39.
- [16] Fernández - Suárez K, Fernández - Martín F, Declerck S. Searching of a new culture medium for *in vitro* mycorrhization of potato (*Solanum tuberosum* L.) plantlets[J]. Cultivos Tropicales,2013,34(4):9-19.
- [17] Vinterhalter B, Milošević D K, Janković T, et al. *In vitro* propagation of *Gentiana dinarica* Beck. [J]. Central European Journal of Biology,2012,7(4):690-697.
- [18] 李莹,谭鹏鹏,彭方仁,等. 铁皮石斛组培快繁技术[J]. 林业科技开发,2012,26(1):96-99.
- [19] 钟士传,郑亚琴,王侠礼,等. 大量元素、激素和糖对大花惠兰组织培养的影响[J]. 中国农学通报,2000,16(3):48-50.
- [20] 张慧英,农小艳. 荸荠试管结球茎的试验研究[J]. 广西农业生物科学,2007,26(增刊1):96-98.
- [21] 吕芝香. 碳源种类和浓度对愈伤组织生长的影响[J]. 植物生理学通讯,1981,7(6):1-5.
- [22] 王刚,陈宝刚,刘东升. 蔗糖在植物组织培养中的效应[J]. 林业勘查设计,2007(1):53-55.