

霍山石斛人工种子包埋繁殖体和萌发

秦自清, 赵婷, 邱婧, 林毅, 蔡永萍

安徽农业大学生命科学学院, 合肥 230036

摘要: 以腋芽、原球茎、不定芽为繁殖体, 制作霍山石斛人工种子, 利用正交设计探讨麦芽糖、6-BA/NAA、活性炭、海藻酸钠、离子交换时间五个因素对霍山石斛人工种子萌发的影响; 并对人工种皮的糖分泄漏率以及 pH 的变化进行测定, 另外对霍山石斛人工种子的贮藏和防腐做了初步研究。结果表明: 麦芽糖是影响霍山石斛人工种子萌发的主要因素, 适宜的处理组合为麦芽糖含量为 4%、6-BA/NAA 10:1, 活性炭浓度 0.1%, 海藻酸钠浓度 4.0%, 将含有繁殖体的此配方溶液滴入 2% CaCl_2 溶液中, 进行离子交换反应, 反应时间 10 min。以腋芽, 原球茎, 不定芽为繁殖体的霍山石斛人工种子萌发率分别可达到 65.6%、90.1%、75.2%, 萌发后幼苗的存活率分别为 16.1%、80.6%和 19.1%。4℃下贮藏 20 d 后, 霍山石斛人工种子以腋芽, 原球茎, 不定芽为繁殖体的萌发率分别为 3.3%、10.6%、5.2%。包埋剂加入多菌灵后, 自然条件下萌发率分别可以达到 6.8%、13.8%、7.9%。

关键词: 霍山石斛, 人工种子, 萌发率

Germination and Propagators of Artificial Seeds of *Dendrobium huoshanense*

Ziqing Qin, Ting Zhao, Jing Qiu, Yi Lin, and Yongping Cai

School of Life Sciences, Anhui Agriculture University, Hefei 230036, China

Abstract: The artificial seeds of *Dendrobium huoshanense* was produced with Auxiliary buds, Protocorm-like bodies, and adventitious shoots. By using orthogonal experiment, we studied the effect of Maltose (%), hormone rate between 6-BA ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$) and NAA ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$), active carbon(%), sodium alginate (%), time of ion exchange (min) on germination rate of artificial seeds of *D. huoshanense*. Then the leaking rate of maltose and variation of pH value of artificial seed capsule during vegetating of artificial seeds of *D. huoshanense* was measured. The results show that maltose played the most important role in inducing *D. huoshanense* artificial seeds to germinate. The optimal combination was: maltose 4%, hormone rate between 6-BA ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$) and NAA ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$) 10:1, active carbon 0.1%, sodium Alginate 4%, time of ion exchange is 10 min. Protocorm-like bodies were appropriate propagator, the germination rate of artificial seeds of *D. huoshanense* taking Protocorm-like bodies as the propagators is 90.1%. After germination, the survival rate of seedlings of artificial seeds was 80.6%, the leaking rate of maltose of artificial seed capsule was 0.52%, and the pH value of artificial seed capsule decreased during the process of vegetation of artificial seeds. After having been stored at 4℃ for 20 d, the germination rate of artificial seeds of *D. huoshanense* taking Auxiliary buds, Protocorm-like bodies, Adventitious shoots as the propagators were 3.3%, 10.6%, 5.2%. Under natural conditions the germination rate was 13.8% after 10.0 g/L carbendazim was appended into artificial seed capsule. This result provides a foundation of manufacture and further study of the artificial seeds of *D.*

Received: September 27, 2007; **Accepted:** December 10, 2007

Supported by: Tenth Five Project Scholarship Leader's Foundation in Department of Education of Anhui Province and Core Project (No. 2006KJ54A) of Department of Education of Anhui Province.

Corresponding author: Yi Lin. Tel: +86-551-5786406; E-mail: lylllra@mail.hf.ah.cn

安徽省教育厅重点项目(No. 2006KJ54A), 安徽省教育厅“十五”学术带头人基金(2002年度)资助。

huoshanense.

Keywords: *Dendrobium huoshanense*, artificial seed, germination rate

人工种子是将植物离体培养中产生的体细胞胚或能发育成完整植株的分生组织(芽、愈伤组织、胚状体等)包埋在含有营养物质和具有保护功能的外壳内,在适宜条件下能够发芽出苗的颗粒体^[1]。植物人工种子在快速繁殖、杂种优势的固定、不易结实或结籽植物以及珍稀昂贵植物的繁殖、基因工程改良植物的推广等方面有大的优势^[2],我国于1987年开始将人工种子的研究纳入了国家863计划^[1]。人工种子的研究已从最初的胡萝卜、苜蓿、芹菜等一些模式植物发展到目前的烟草、半夏等一些重要的经济植物^[3-6]。

霍山石斛(*Dendrobium huoshanense* C. Z. Tang et S. j. cheng)为安徽省霍山县名贵中药,药用石斛中的珍品,对生长条件要求极为苛刻,种子繁殖能力极低,由于过度采挖,自然资源早已枯竭,霍山石斛试管苗出瓶移栽成活率较低,很难进行大规模人工栽培^[7]。因此,可以考虑通过人工种子快速繁殖作为解决资源匮乏的有效途径之一。

1996年,郭顺星等^[8]报道了以原球茎为材料铁皮石斛人工种子制作流程,2000年,张铭^[9]等也对以原球茎为材料的铁皮石斛人工种子固形包埋系统进行研究,但对于铁皮石斛人工种皮质量,以及人工种子的防腐以及低温贮藏方面,并没有做相关研究。腋芽和不定芽与原球茎同属于非体细胞胚,按来源与特性可以将三者分为两类,腋芽和不定芽属于微切段,原球茎属于天然单极无性繁殖体。微切段是制作人工种子常用的繁殖体,这可能是因为一旦微繁殖体建立之后,能相对容易获得外植体;而利用原球茎制作人工种子能很好的转株^[10]。目前,植物以腋芽和不定芽为包埋繁殖体制作人工种子已有较多的报道,如甘薯、水稻、桉树、半夏等一些具有重要经济价值的粮食作物、观赏植物、药用植物等^[11,12],但石斛属植物并未见到相关的报道。麦芽糖、激素6-BA与NAA配比、活性炭、海藻酸钠是影响人工种子萌发的主要因素^[2],本实验以霍山石斛原球茎,腋芽,不定芽为繁殖体,通过正交设计试验,探讨麦芽糖、激素6-BA与NAA配比、活性炭、海藻酸钠、离

子交换时间五个因素对霍山石斛人工种子萌发的影响。海藻酸钠包埋剂有制作方便的优点,但易染菌,难以实用化^[9],本文在包埋剂中添加了多菌灵,对霍山石斛人工种子防腐以及低温贮藏做了初步研究,并对包埋不同繁殖体的霍山石斛人工种子萌发率和成活率进行比较,从而选择适宜的霍山石斛人工种子包埋繁殖体,以期对霍山石斛人工种子实用化提供科学依据。

1 材料和方法

1.1 实验材料

霍山石斛(*Dendrobium huoshanense* C. Z. Tang et S. j. cheng)试管苗,取自安徽农业大学生命科学学院石斛课题组。

1.2 材料的处理

1.2.1 腋芽

选取健壮、生长一致的霍山石斛试管苗,切取带腋芽的茎节,接种在MS+2.0 mg·L⁻¹ 6-BA+0.4 mg·L⁻¹ NAA,1%琼脂,2%蔗糖的培养基上,培养15 d,待腋芽长到0.6 cm左右时,做为包埋的繁殖体。培养条件为(25±2)°C;光照时间为12 h·d⁻¹;光照强度20~30 μmol·m⁻²·s⁻¹。

1.2.2 不定芽

将原球茎接种在MS+2.0 mg·L⁻¹ 6-BA+0.1 mg·L⁻¹ NAA,1%琼脂,2%蔗糖的培养基上,对其进行诱导分化培养,15 d后,分割诱导得到的不定芽,选取健壮、长约0.6 cm左右的不定芽,作为包埋繁殖体。培养条件同1.2.1。

1.2.3 原球茎

选取健壮、生长一致的霍山石斛试管苗,切取带腋芽的茎节,接种在MS+3.0 mg·L⁻¹ 6-BA+0.05 mg·L⁻¹ NAA,置培养条件为(25±2)°C;闭光处理,培养40 d,诱导原球茎,再在MS培养基上进行增殖,选取未分化成苗、健壮、个体大小基本一致的原球茎作为包埋繁殖体。

1.3 实验方法

1.3.1 正交试验的设计

选用5因素4水平的L₁₆(4⁵)正交设计,麦芽糖

(%)、激素 6-BA ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$) NAA ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$) 配比、活性炭(%)、海藻酸钠(%)、离子交换时间(min)五个因素的水平如表 1。

1.3.2 人工种子的制作

在超净台上进行操作, 将腋芽, 原球茎, 不定芽三种繁殖体放进包埋剂 [$\text{MS}+6\text{-BA}(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})+\text{NAA}(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})+\text{麦芽糖}(\%)+\text{活性炭}(\%)+\text{海藻酸钠}(\%)$] 中, 用 2% CaCl_2 溶液为凝固剂, 用滴珠法, 每次用吸管吸入一个繁殖体, 放入浓度 CaCl_2 溶液中进行离子交换反应, 经过一定反应时间, 将包埋好的人工种子放在 $\text{MS}+2.0\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}\text{ 6-BA}+0.4\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}\text{ NAA}+1\%$ 琼脂+ 2% 蔗糖的培养基上培养, 每个处理

为 20 粒人工种子, 重复 3 次。培养条件为 $(25 \pm 2)^\circ\text{C}$, 光照时间为 $12\text{ h}\cdot\text{d}^{-1}$, 光照强度 $20\sim 30\text{ }\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 。20 d 后观察人工种子的萌发率。

1.3.3 人工种子营养泄漏的测定

把 3 粒人工种子, 放在灭过菌的并烘干的三角瓶中, 在无菌条件下放置 1 d, 加入少量蒸馏水反复振荡, 过滤, 将滤液倒入 25 mL 的容量瓶中, 定容至刻度。每个处理重复 3 次, 取平均值。用 3-5 二硝基水杨酸比色法测出滤液中麦芽糖的含量。这可视为人工种子营养成分的泄漏量^[13]。用同样的方法测定放置 2 d、3 d、4 d、5 d 后人工种子糖分的泄漏量。标准曲线: $y=0.2083x+0.0072$, $R=0.9995^{**}$ 。

表 1 供试因素及水平及 $L_{16}(4^5)$ 的正交设计表
Table 1 Factor and levels of orthogonal design $L_{16}(4^5)$

Level	A. Maltose/%	B. Hormone rate (6-BA/NAA)	C. Active carbon/ %	D. Sodium Alginate/%	E. Time of ion exchange/ min
1	2	12:1	0	3	5
2	3	10:1	0.1	4	10
3	4	8:1	0.2	5	15
4	5	6:1	0.3	6	20

1.3.4 人工种皮 pH 变化的测定

从播种开始, 每隔 10 天, 取 20 粒人工种子, 将包埋繁殖体去掉, 将种皮放在研钵里, 研磨, $8000\text{ r}\cdot\text{min}^{-1}$ 离心 10 min, 取上清液, 用 pH 计测定播种 60 d 后人工种皮 pH 值的变化, 每个处理重复 3 次, 取平均值。

1.3.5 霍山石斛人工种子低温贮藏试验

将制作好的人工种子, 放在灭过菌的并烘干的三角瓶中, 放置在 4°C 的冰箱里贮藏, 贮藏 5 d、10 d、15 d、20 d 后, 将人工种子取出, 放在 $\text{MS}+2.0\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}\text{ 6-BA}+0.4\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}\text{ NAA}+1\%$ 琼脂+2% 蔗糖的培养基上培养, 每个处理为 20 粒人工种子, 每个处理重 3 次。培养条件为 $(25 \pm 2)^\circ\text{C}$; 光照时间为 $12\text{ h}\cdot\text{d}^{-1}$; 光照强度 $20\sim 30\text{ }\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 。

1.3.6 霍山石斛人工种子防腐试验

在自然条件下, 将浓度为 0、5.0、10.0、20.0 g/L 的多菌灵加入到包埋剂中, 制作人工种子, 每个处理为 20 粒人工种子, 重复 3 次。将人工种子置于未灭菌的广口瓶中, 盖上封口膜, 让其保持一定的含水量^[13], 置于室温下萌发。

1.3.7 发芽率

以人工种子突破种皮 0.2 cm 以上为标准记为出

芽, 播种 20 d 天后, 统计霍山石斛人工种子的萌发率, 统计 20 粒人工种子, 重复 3 次。萌发率 = 出芽的人工种子/播种总数 $\times 100\%$ 。

1.3.8 成活率

以萌发的整株幼苗完全突破种皮, 并能在培养基上成活为标准, 统计霍山石斛人工种子成活率, 在播种 60 d 后, 统计 20 粒, 重复 3 次。成活率 = 幼苗成活数/萌发的人工种子数 $\times 100\%$ 。

实验数据用 SPSS10.0 软件处理并统计分析。

2 结果与分析

2.1 繁殖体对霍山石斛人工种子萌发的影响

以腋芽为包埋繁殖体的霍山石斛人工种子, 在包埋 7 d 后陆续开始发芽; 以原球茎和不定芽为包埋繁殖体的霍山石斛人工种子, 在包埋 5 d 后陆续开始发芽, 20 d 后统计正交处理的人工种子萌发率, 见表 2。

对 5 个因素的效应进行方差分析(表 3)。由表 3 可知, 麦芽糖 5% 水平上 F 测验显著, 而激素 6-BA ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$) NAA ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$) 配比、活性炭(%)、海藻酸钠(%)、离子交换时间(min)四个因素在 5% 水平上差

异都不显著。这表明对于以腋芽, 原球茎, 不定芽为包埋繁殖体的霍山石斛人工种子而言, 5 种因素中最重要的是麦芽糖, 其次是活性炭, 激素配比, 海藻酸钠; 其中离子交换时间对以腋芽为包埋繁殖体的霍山石斛人工种子影响最小。

由表 3 还可以看出以腋芽, 原球茎, 不定芽为包埋繁殖体的霍山石斛人工种子制作配方最适组合为麦芽糖含量 4%、6-BA/NAA 10:1, 活性炭浓度 0.1%, 海藻酸钠浓度 4.0%, 离子交换反应时间 10 min, 按照理论最佳的人工种子制作配方组合进行验证实验, 得到以腋芽为繁殖体的霍山石斛人工的萌发率为 65.6%, 以原球茎为繁殖体的霍山石斛人工的萌发率为 90.1%, 以不定芽为繁殖体的霍山石斛人工种子的萌发率为 75.2%。

2.2 霍山石斛人工种子幼苗的成活率

霍山石斛人工种子在萌发后, 继续生长, 40 d 后, 由人工种子萌发的幼苗植株陆续开始完全突破种皮, 直接在培养基上存活, 根据观察, 播种 60 d 后, 一些不能完全突破种皮的植株, 就会死亡, 不能成活。在播种 60 d 后, 统计其存活率, 由表 4 可以看出, 以原球茎为包埋繁殖体的霍山石斛人工种子成活率最高, 可以达到 80.6%, 远远高于其它两者。这可能与原球茎高的分生能力是有密切关系的, 原球茎属于

天然单极性无性繁殖体, 体内贮藏较多的营养物质, 所以利用它们制作人工种子时, 不添加营养物质也能很好的转株, 而腋芽与不定芽体内几乎没有营养物质的贮藏^[10]。

表 2 $L_{16}(4^5)$ 的正交因素对霍山石斛人工种子萌发的影响
Table 2 The effect of orthogonal design $L_{16}(4^5)$ factors on germination rate of *D. huoshanense* artificial seeds

Serial number	Germination rate/%		
	Auxiliary buds	Protocorm-like bodies	Adventitious shoots
1	38.2	60.6	48.6
2	56.7	78.5	67.4
3	40.7	63.0	52.4
4	30.1	51.8	40.7
5	41.7	62.4	49.3
6	42.9	66.4	54.0
7	37.6	57.7	45.7
8	42.8	67.1	55.6
9	61.7	82.4	71.8
10	60.3	81.4	70.6
11	58.9	79.8	69.0
12	63.8	80.6	71.6
13	42.7	61.5	50.7
14	45.8	66.3	55.0
15	42.1	65.4	53.9
16	39.1	60.3	48.1

表 3 正交实验方差分析表
Table 3 Variance analysis of orthogonal test

Factor	SS			DF	F			F0.05
	Auxiliary buds	Protocorm-like bodies	Adventitious shoots		Auxiliary buds	Protocorm-like bodies	Adventitious shoots	
Maltose/%	1141.042	932.825	1081.885	3	3.639	3.358	3.482	3.290*
6-BA/NAA Hormone rate	134.902	158.615	149.330	3	0.430	0.571	0.481	3.290
Active carbon/%	160.332	168.615	178.605	3	0.511	0.607	0.575	3.290
Sodium alginate /%	82.587	81.575	91.895	3	0.263	0.294	0.296	3.290
Time of ion exchange/min	49.082	47.260	51.885	3	0.157	0.170	0.167	3.290
Error	1567.930	1388.890	1553.570	15				

* $P < 0.05$

表 4 霍山石斛人工种子幼苗的成活率

Table 4 Survival rate of seedlings of artificial seeds of *D. huoshanense*

Survival rate/%	
Auxiliary buds	16.1%±0.02
Protocorm-like bodies	80.6%±0.03
Adventitious shoots	19.1%±0.05

2.3 霍山石斛人工种皮麦芽糖泄漏率的变化

用麦芽糖泄漏率可作为评价人工种皮的泄漏率^[13]。由表 5 可以看出, 人工种皮在制作 1 d 和 2 d 后, 泄漏的糖分分别为 0.31% 和 0.45%, 到 3 d 时, 泄漏的糖分达到 0.52%, 3 d 以后糖分的泄漏量不再增加。从表 3 可以看出, 霍山石斛人工种子制作种皮需要的麦芽糖最适浓度比较高为 4%, 这可能是由

于人工种皮糖分泄漏引起的。

2.4 霍山石斛人工种皮 pH 的变化

由表 6 可知, 人工种子播种后, 随着时间的增加, 霍山石斛人工种皮 pH 值逐渐下降。播种 60 d 后, 以腋芽为包埋繁殖体的霍山石斛人工种皮 pH 值由 5.60 下降到 4.69, 以原球茎, 不定芽为包埋繁殖体的霍山石斛人工种皮 pH 值由 5.60 分别下降到 4.80、4.71。霍山石斛人工种皮在播种后 pH 值逐渐下降可能是阻碍霍山石斛人工种子萌发后幼苗的继续生长的一个原因。

2.5 霍山石斛人工种子的贮藏与防腐

2.5.1 低温贮藏对霍山石斛人工种子萌发率的影响

由表 7 可知, 随着贮藏时间的增加, 霍山石斛人工种子发芽率有所降低, 人工种子在 4℃ 下贮藏 20 d 后, 以腋芽为包埋繁殖体的霍山石斛人工种子

萌发率降低至 3.3%, 以原球茎与不定芽为包埋繁殖体的霍山石斛人工种子萌发率分别降低至 10.6%、5.2%。这可能是贮藏后发芽表现明显的低温逆境效应的缘故^[14]。

2.5.2 多菌灵对霍山石斛人工种子萌发的影响

多菌灵为内吸性杀菌剂, 可以传导至未施药部位^[14]。霍山石斛人工种子在有菌条件下, 不能存活。在添加了多菌灵后, 以腋芽, 原球茎, 不定芽为包埋繁殖体的霍山石斛人工种子萌发率分别可以达到 6.8%、13.8%、7.9%; 但过高浓度的多菌灵有毒害作用, 会阻碍人工种子的萌发, 当多菌灵浓度为 20.0 g·L⁻¹ 时, 以腋芽, 原球茎, 不定芽为包埋繁殖体的霍山石斛人工种子萌发率分别降低到 3.9%、6.3%、4.6%。因此, 利用多菌灵为霍山石斛人工种子防腐剂的适宜浓度为 10.0 g·L⁻¹。

表 5 霍山石斛人工种皮麦芽糖泄漏率的变化
Table 5 Variation of rate on maltose leakage of artificial seeds of *D. huoshanese*

Seeding time/d	1	2	3	4	5
Leaking rate of maltose/%	0.31±0.03	0.45±0.02	0.52±0.05	0.52±0.05	0.52±0.06

表 6 霍山石斛人工种皮 pH 值的变化
Table 6 Variation of pH of artificail seeds capsule of *D. huoshanese*

Seeding time/d	0	10	20	30	40	50	60
PH (Auxiliary buds)	5.60±0.01	5.51±0.03	5.36±0.04	5.16±0.02	5.02±0.04	4.79±0.03	4.69±0.01
PH (Protocorm-like bodies)	5.60±0.01	5.45±0.04	5.10±0.02	4.91±0.01	4.86±0.02	4.81±0.02	4.80±0.02
PH (Adventitious shoots)	5.60±0.01	5.51±0.03	5.30±0.01	5.21±0.04	5.11±0.03	4.74±0.03	4.71±0.02

表 7 低温贮藏后霍山石斛人工种子萌发率
Table 7 Germination rate of artificial seeds of *D. huoshanese* after storage at low temperature

Storage time/d	Germination rate/%			
	5	10	15	20
Auxiliary buds	64.9±0.01	50.2±0.02	10.4±0.05	3.3±0.04
Protocorm-like bodies	89.2±0.03	70.0±0.01	21.3±0.05	10.6±0.02
Adventitious shoots	76.1±0.04	55.2±0.02	14.3±0.02	5.2±0.04

表 8 自然条件下霍山石斛人工种子萌发率
Table 8 Germination rate of artificial seeds of *D. huoshanese* in natural conditions

Germination rate/%				
Carbendazim/(g·L ⁻¹)	0	5.0	10.0	20.0
Auxiliary buds	0	6.3±0.04	6.8±0.05	3.9±0.01
Protocorm-like bodies	0	13.6±0.02	13.8±0.05	6.3±0.03
Adventitious shoots	0	7.0±0.04	7.9±0.04	4.6±0.03

3 结论与讨论

本文进行了霍山石斛人工种子制作, 种皮质量, 人工种子贮藏与防腐等方面的研究。实验结果表明, 霍山石斛人工种子制作较简单, 在无菌条件下, 萌发率较高, 可以达到 90.1%, 萌发后幼苗成活率达到 80.6%; 霍山石斛人工种子适宜的包埋繁殖体为原球茎。此外, 在低温贮藏 20 d 后, 霍山石斛人工种子仍有 10.6%的萌发率; 一般情况下, 霍山石斛人工种子在有菌条件下萌发率为 0, 利用多菌灵 10.0 g/L 为防腐剂, 在自然条件下, 霍山石斛人工种

子萌发率可以达到 13.8%。这为大规模培养及深入研究霍山石斛人工种子打下了基础。

至今,人工种子的研究中,普遍认为海藻酸钠是制作人工种子合适的包埋剂,它具有容易成胶,使用方便,无毒,廉价等优点,但其营养成分容易泄漏,在实验过程中发现,霍山石斛人工的发芽需要较高的麦芽糖含量,这与糖类提供碳源,改变包埋体系的渗透势作用相一致^[2],另外,较高的麦芽糖含量可能弥补人工种皮糖分泄漏的缺点,但糖浓度过高会造成人工种皮的渗透势过高,容易引起人工种子失水^[15]。目前的研究中,主要采取添加活性炭等一些高分子化合物和涂抹外膜两种措施,试图解决海藻酸钠包埋制剂的缺点^[2],但总的来说,没有太大的突破,要想彻底解决人工种子包被材料的问题,不仅需要海藻酸钠的基础上继续改进,更需要寻找新的包埋材料,这将是人工种子进一步研究的重点。

播种后,霍山石斛人工种皮的 pH 值在播种后逐渐下降,这是否是导致霍山石斛人工种子萌发后的幼苗成活率过低的原因之一^[16],目前没有相关研究报道,这还有待于进一步研究。在低温条件下,随着贮藏时间延长,霍山石斛人工种子萌发率逐渐降低,这可能是低温逆境效应引起的^[14]。为了提高人工种子的抗低温能力,可以考虑对包埋繁殖体进行低温锻炼^[17];或者在制作人工种子前,对繁殖体进行脱水干燥处理^[9];还可以在人工种皮中,添加一些外源抗低温效应的物质(如 ABA、多胺、脯氨酸等)^[18],以达到提高人工种子抗低温能力。在自然条件下,尽管添加了多菌灵,霍山石斛人工种子萌发率依然过低,可以考虑通过制作复合型人工种皮来提高霍山石斛人工种子的防腐性及萌发率^[6],以期提高霍山石斛人工种子的实用性。

REFERENCES

- [1] Zhou LY, Gao SG, Bi YJ. Study on sweet potato auxiliary buds of artificial seed. *Seeds*, 2003, **3**: 37-38.
周丽艳, 高书国, 毕艳娟, 等. 甘薯腋芽人工种子的研究. *种子*, 2003, **3**: 37-38.
- [2] Wang WG, Wang SH, Cheng F. Study progress of artificial seed capsule and storage technique. *Seeds*, 2006, **25**(2): 51-57.
王文国, 王胜华, 陈放. 植物人工种子包被与储藏技术研究进展. *种子*, 2006, **25**(2): 51-57.
- [3] Wang LH, Lu JP, Jin Y, et al. Study on the development flue-cured tobacco K326 artificial seed of somatic embryos in floating culture. *Seeds*, 2002, **4**: 10-12.
王速华, 卢江平, 晋艳, 等. 烤烟K326人工种子悬浮培
- 养下体细胞胚胎的发生研究. *种子*, 2002, **4**: 10-12.
- [4] Sharma A, Tandon P, Anjani K. Regeneration of *Dendrobium wardianum* from synthetic seeds. *India Journal of Experiment Biology*, 1992, **30**(8): 747-748.
- [5] Huang WK, Sunitha Nagaraj. Effects of storage temperature and time on germination of synthetic seeds and survival of seedlings of *Rhynchostylis retusa*. *Journal of Plant Resources and Environment*, 2005, **14**(3): 63-64.
黄卫康, Sunitha Nagaraj. 不同贮藏温度和时间对钻喙兰人工种子萌发及幼苗存活的影响. *植物资源与环境学报*, 2005, **14**(3): 63-64.
- [6] Xue JP, Zhang AM, Sheng W. Storage technique artificial seeds of *Pinellia ternata*. *China Journal of Chinese Materia Medica*, 2005, **30**(23): 1820-1823.
薛建平, 张爱民, 盛玮. 半夏人工种子贮藏技术的研究. *中国中药杂志*, 2005, **30**(23): 1820-1823.
- [7] Lü SF, Guo GJ, Cai YP. Progress in physiological and biochemical characters of *Dendrobium huoshanense*. *Chin Tradit Herb Drugs*, 2006, **37**(5): 790-793.
吕素芳, 郭广君, 蔡永萍. 霍山石斛生理生化性质的研究进展. *中草药*, 2006, **37**(5): 790-793.
- [8] Guo SX, Zhang JH, XU JT. Study on the preparation process and germination of white *Dendrobium* artificial seeds. *Chin Tradi Herb Drugs*, 1996, **27**(2): 105-107.
郭顺星, 张集慧, 徐锦堂. 铁皮石斛人工种子制作流程及发芽研究. *中草药*, 1996, **27**(2): 105-107.
- [9] Zhang M, Wei XY, Huang RH. A study on the solid encapsulating system of the artificial seed of *Dendrobium huoshanense*. *Acta Horticulturae Sinica*, 2001, **28**(5): 435-439.
张铭, 魏小勇, 黄华荣. 铁皮石斛人工种子固形包埋系统的研究. *园艺学报*, 2001, **28**(5): 435-439.
- [10] Zhan ZG, Zhan M, Xu C. Plant non-somatic embryo and artificial seeds of plant. *Seeds*, 2001, **6**: 28-30.
詹忠根, 张铭, 徐程. 植物非体细胞胚与人工种子. *种子*, 2001, **6**: 28-30.
- [11] Xing XH, Shen YW, Gao MW, et al. Study on production of artificial seeds of rice hybrid between *Indica* and *Japonica*. *Acta Agronomica Sinica*, 1995, **1**(21): 48-50.
刑小黑, 沈毓渭, 高明尉, 等. 水稻籼粳杂种人工种子制备的研究. *作物学报*, 1995, **1**(21): 48-50.
- [12] Tang SH, Sun M, Li KP, et al. Studies on artificial seed of *Ipomoea batatas* L. Lam. *Acta Agronomica Sinica*, 1994, **6**(20): 746-748.
汤绍虎, 孙敏, 李琨培, 等. 甘薯人工种子研究. *作物学报*, 1994, **6**(20): 746-748.
- [13] Chen SC, Zheng XQ, Lai K. Materials and methods for encapsulating artificial seed of banana. *Chinese Journal of Tropical Crops*, 1993, **1**(14): 39-42.
陈守才, 郑学勤, 赖康. 香蕉人工种子包埋材料与方法的研究. *热带作物学报*, 1993, **1**(14): 39-42.
- [14] Bai Y. Study on tissue culture and artificial seeds of

Pinellia ternata(Thunb.) Breit. China Pharmic University, 2004, 49–50.

白雨. 半夏茎尖培养和人工种子的研究. 中国药科大学, 2004, 49–50.

- [15] You Y, Zhang HJ. Studies on embryogenesis and plant regeneration of sweet potato(Simon. 1) (*Ipomoea batatas*) in tissue culture. *Chin Tradi Herb Drugs*, 1999, **30**(1): 56–59.

尤勇, 张慧娟. 药用甘薯西蒙 1 号胚状体的诱导及植株再生. 中草药, 1999, **30**(1): 56–59.

- [16] Shi LR, Liu ZH, Bai LR. Effect of different pH on rice seedlings. *Crops*, 2007, **4**: 28–29.

时丽冉, 刘志华, 白丽荣. 不同pH对旱稻幼苗生长的影

响. 作物杂志, 2007, **4**: 28–29.

- [17] Wang Z, Wang SG. *Plant Physiology*. Beijing: Chinese Agriculture Publishing Company, 1999, **11**: 442–445.

王忠, 王三根. 植物生理. 北京: 中国农业出版社, 1999, **11**: 442–445.

- [18] Kang GZ, Wang ZX, Sun GC. Physiological mechanism of some exogenous materials on increasing cold-resistance capability of plants. *Plant Physiology Communications*, 2002, **38**(2): 193–196.

康国章, 王正询, 孙谷畴. 几种外源物质提高植物抗冷冻力的生理机制. 植物生理学通讯, 2002, **38**(2): 193–196.

科学出版社科学出版中心生命科学分社新书推介

药物研究中的蛋白质组学 (译)

[美]M.哈马驰 等 编著 周兴茹 裴端卿 等 译

978-7-03-020562-9 **¥ 58.00** **2008 年 4 月 20 日出版**

本书介绍了最传统的蛋白质二维凝胶电泳、质谱、液相色谱、芯片等蛋白质组学技术的基本原理, 以及这些技术相互之间的综合运用, 同时详细介绍了它们在具体研究领域中的应用和进展。

本书探讨的关键问题不是蛋白质组学本身, 而是其在药物研发中的应用。它不是一本介绍具体的蛋白质组学技术的工具书, 而是一本指引药物研发工作者如何以蛋白质组学技术为工具, 达到新药开发目的的概要性教科书。书中不仅包括科学内容, 还用一定篇幅介绍了科研工作中必需的管理性知识, 它先从管理到技术, 再到应用, 再回到管理, 是一套完整的以蛋白质组技术进行药物开发的知识体系。

本书适用于生命科学相关专业, 特别是生物化学、分子生物学、药学和基础医学专业的研究生、科研和教学人员参考。



一氧化氮自由基

赵宝路 编著

978-7-03-020221-5 **¥ 58.00** **2008 年 4 月 28 日出版**

本书着重从自由基的角度论述了一氧化氮的性质和特点, 系统地阐述一氧化氮自由基的一些基本理论、概念及研究结果。内容包括一氧化氮自由基的物理化学性质, 一氧化氮自由基的产生和一氧化氮自由基的检测技术, 一氧化氮自由基作为内皮细胞松弛因子、神经信号传导的逆信使和细胞免疫杀伤武器等的重要生物功能。本书探讨了一氧化氮和一些重大疾病如心脏病、神经退行性疾病(阿尔茨海默病、帕金森病)、脑卒中等疾病的关系, 对一氧化氮自由基在植物抗感病反应中的作用机理进行了探讨和介绍。

本书可供自由基、生物、化学和医学专业的广大科研工作者及有关专业的大专院校师生阅读和参考, 也可供研究和开发自由基和抗氧化剂的技术人员参考。本书可作为大专院校土壤、森林培育、生态等专业师生以及科研院所研究人员的参考书。



欢迎各界人士邮购科学出版社各类图书 (免邮费)

邮购地址: 北京东黄城根北街 16 号 科学出版社 科学出版中心 生命科学分社 邮编: 100717

联系人: 阮芯 联系电话: 010-64034622 (带传真)

更多精彩图书请登陆网站 <http://www.lifescience.com.cn>