

霍山石斛种苗繁殖与栽培研究

钱文林^{1,2}, 张建霞¹, 吴坤林¹, 曾宋君¹, 段俊^{1*}

(1. 中国科学院华南植物园, 广州 510650; 2. 中国科学院大学, 北京 100049)

摘要: 为探讨霍山石斛(*Dendrobium huoshanense* C. Z. Tang et S. J. Cheng)的种苗繁殖与栽培技术, 对霍山石斛的人工辅助授粉方式、无菌播种和试管苗移栽技术进行了研究。结果表明, 人工辅助授粉时, 栽培大棚内的异花授粉结果率可达 65% 以上, 而自花授粉结果率不到 4%, 异花授粉的果实发育更好, 但二者果实成熟所需时间基本一致。在无菌培养条件下, 试管开花植株的异花授粉结果率可达到 18.18%, 并且果实成熟所需时间比栽培大棚的短 67 d。不论是栽培大棚和无菌培养的异花授粉的成熟种子, 还是在 4℃ 下贮存 2.5 年的种子, 无菌播种的萌发率均超过 80%, 比自花授粉的种子萌发率高 20% 左右。培养基中添加土豆、香蕉和苹果汁等添加物, 对霍山石斛的壮苗均有明显的促进作用, 以添加香蕉匀浆的效果最好。试管苗移栽的适宜基质为分层基质: 下部 3/10 树皮 + 上部 7/10 木屑, 其移栽成活率(78%)和萌芽数较高(每丛 2.7 个芽), 这可能与该基质良好的保水性和透气性等有关。

关键词: 霍山石斛; 人工授粉; 组织培养; 种植

doi: 10.3969/j.issn.1005-3395.2013.03.009

Study on Propagation and Cultivation Technique of *Dendrobium huoshanense* Seedlings

QIAN Wen-lin^{1,2}, ZHANG Jian-xia¹, WU Kun-lin¹, ZENG Song-jun¹, DUAN Jun^{1*}

(1. South China Botanic Garden, Chinese Academy of Science, Guangzhou 510650, China; 2. University of Chinese Academy of Science, Beijing 100049, China)

Abstract: *Dendrobium huoshanense* is a traditional precious and rare Chinese herbal medicine. In order to improve propagation and cultivation technique of seedlings, the way of artificial pollination, techniques of aseptic sowing and seedling transplanting were studied. The results showed that fruit setting rate of cross-pollination in greenhouse through artificial pollination exceeded 65%, while that of self-pollination was less than 4%, and the fruit development of cross-pollination is better than that of self-pollination. However, the time of fruit ripening was similar both cross-pollination and self-pollination. Under aseptic culture condition, the fruit setting rate of cross-pollination reached 18.18% through artificial pollination, and the fruit ripening time was shorter 67 days than that in greenhouse. The germination rate of seeds derived from cross-pollination and stored at 4℃ for 2.5 years could exceed 80%, which was higher 20% than that from self-pollination. The culture medium supplemented with juice of potato, banana and apple could promote seedling growth, and among them, banana juice was the best. The optimum transplant matrix was mixed with 3/10 bark in bottom and 7/10 sawdust on upper layer, the survival could reach 78% and the number of new buds was 2.7 per clump, which may relate to its good water retention and air permeability.

Key words: *Dendrobium huoshanense*; Artificial pollination; *In vitro* culture; Transplant

收稿日期: 2012-10-11

接受日期: 2012-11-25

基金项目: 广州市科技计划项目(2010Z1-E421)资助

作者简介: 钱文林(1984~), 女, 硕士, 主要从事霍山石斛生物学特性及生理方面的研究。E-mail: wenlinqian@yahoo.cn

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: duanj@scib.ac.cn

霍山石斛(*Dendrobium huoshanense* C. Z. Tang et S. J. Cheng)俗称霍斛、米斛,是一种传统的名贵中药材,具有滋阴清热、生津益胃、润肺止咳、润喉明目之功效^[1],为国家重点保护植物。由于霍山石斛生长条件的特殊性、分布的局限性以及多年来人为的过度采挖破坏,自然资源濒临枯竭。为了有效保护和利用这一珍稀资源,人工繁殖种苗并进行种植显得非常重要。霍山石斛在自然条件下可以结果,虽然1个成熟果荚内含有上万粒的种子,但自然条件下霍山石斛的结果率和种子萌发率极低^[2]。为了解决规模化生产中所需的种苗短缺问题,目前已对霍山石斛的种苗生产技术进行了一些研究,并取得了一定的进展^[3-4],但基本上集中在种子无菌播种过程中的培养基筛选与培养条件优化等方面^[5-7]。另外,霍山石斛试管苗移栽成活率低一直是其规模化生产过程中的一个瓶颈问题。本文比较研究了不同授粉方式及低温贮藏等对种子萌发的影响,以及不同物理性质的基质对试管苗移栽成活率的影响,以为霍山石斛种苗的高效生产和规模化种植过程中基质的选择提供理论指导和技术支撑。

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)母株从安徽省霍山县太平畈乡引进,种植于本实验室的兰花资源圃中,生长良好,果实(种子)通过人工授粉获得。

培养基采用的花宝1号、花宝2号,系由美国花宝公司(Hyponex corporation)生产,花宝1号的N:P:K=7:6:19;花宝2号N:P:K=20:20:20。种植所用的树皮、兰石(兰科植物栽培中常用的一种富含碳酸盐和硅酸盐类的基质)、珍珠岩购自广州的花卉市场,木屑购自广州的木材加工厂。

1.2 人工辅助授粉

栽培大棚内授粉 在广州,霍山石斛的正常开花时间为3月中下旬至5月上旬,但在11月亦有少数植株开花。在霍山石斛正常开花期选取生长健壮的植株进行人工授粉,授粉时,用牙签粘起花粉团放到待授粉花的蕊柱腔内,并挂牌标记。

试管内授粉 在无菌培养条件下,少数霍山石斛植株会开花。人工授粉时,先用消毒后的镊子

将开花植株从瓶内夹出来,再用灭过菌的牙签粘起花粉团放到待授粉花的蕊柱腔内,然后再将授粉后的植株转接到培养瓶中,并标明授粉方式及日期,所有操作过程均在超净工作台上进行。

1.3 种子低温无菌保存

将霍山石斛成熟果实(异花授粉后125 d)经过常规消毒后,剖开果实将种子取出,并装入无菌的小试管内,密封后置于4℃下保存。

1.4 无菌播种

来自田间授粉的果实,先用70%酒精的棉球擦拭干净蒴果表面,然后浸泡于70%酒精中30 s,再用0.1%升汞消毒15 min,无菌水冲洗5次,用无菌滤纸吸干蒴果表面水分,沿中缝线纵向切开蒴果,刮出种子于适量的无菌水中制成悬浮液;在无菌培养条件下获得的果实,直接剖开果实取出种子制成悬浮液;低温无菌保存的种子,直接取一定量的种子制成悬浮液。

播种前,摇匀悬浮液后吸取一定体积的液体,在显微镜下观察并统计视野内的种子数目,以此来估计每个培养瓶在播种时应吸取的悬浮液体积。播种时,吸取适量悬浮液加入培养基上并使之均匀分布。每瓶播种100粒左右。培养条件为光强30~40 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$,光照12 h d^{-1} ,培养温度(25±2)℃,播种后定期观察种子的萌发情况。

无菌播种培养基为花宝H,包含花宝1号1.0 g L^{-1} +花宝2号1.0 g L^{-1} +蛋白胨1.0 g L^{-1} +NAA 0.5 mg L^{-1} +FeSO₄·7H₂O 27.8 mg L^{-1} +Na₂EDTA 37.3 mg L^{-1} +蔗糖15 g L^{-1} +活性炭1.0 g L^{-1} +香蕉匀浆50 g L^{-1} 。附加琼脂5.0 g L^{-1} ,pH调至5.4~5.6。

萌发率=萌发的种子数/总种子数×100%。

1.5 不同有机添加物对试管苗生长影响

选取苗高约为1.0 cm,具2片叶,长势整齐一致的试管苗为材料,接种于如下培养基中:(1)花宝H(对照);(2)花宝H+土豆泥25 g L^{-1} ;(3)花宝H+土豆泥50 g L^{-1} ;(4)花宝H+土豆泥100 g L^{-1} ;(5)花宝H+香蕉匀浆25 g L^{-1} ;(6)花宝H+香蕉匀浆50 g L^{-1} ;(7)花宝H+香蕉匀浆100 g L^{-1} ;(8)花宝H+苹果匀浆25 g L^{-1} ;(9)花宝H+苹果匀浆50 g L^{-1} ;(10)花宝H+苹果匀浆100 g L^{-1} 。接种4个月后统计试管苗的生长情况。用电子天平测量鲜重,用

游标卡尺测量株高,统计萌发的新芽数。每个处理3次重复。

1.6 试管苗的移栽

试管苗的栽培基质 试管苗移栽时采用6种基质进行栽培,分别是①树皮;②珍珠岩;③兰石;④木屑;⑤底部3/10树皮+上部7/10木屑;⑥底部3/10陶粒+上部7/10木屑。

试管苗的移栽 将霍山石斛小苗小心地从瓶中取出,用自来水清洗后,选取苗高3~4 cm,具4~5片叶,长有2~4条根的健壮试管苗用于移栽。移栽实验在中国科学院华南植物园石斛种植基地进行。

长势观察 以丛(每丛5株)为单位进行种植和观察,每个处理选取30丛。观察指标包括成活率和萌芽数等。成活率在移栽后70 d进行统计,新芽萌发率在次年春季3月份进行统计。霍山石斛在广州种植时,当年的茎在冬季会封顶(停止生长),翌年,从茎的基部或者茎节处重新萌发新芽,萌芽数量以次年萌发的新生芽计。

1.7 移栽基质理化指标测定

测定的指标包括电导率、pH、总孔隙度、气体孔隙度、持水量。

电导率和pH测定:将移栽基质分别装入200 mL的玻璃瓶中,加入100 mL的纯水浸泡4 h后倾倒入浸泡液,应用电导率仪和酸度计进行测定。测定3次,取平均值。

总孔隙度、气体孔隙度、持水量的测定步骤如下:

(1) 基质的总孔隙度测定:将干基质(在实验前烘干)倒进200 mL的玻璃瓶至某一刻度线(记为a),轻拍玻璃瓶,让基质均匀充实填满,然后用量筒慢慢加水到基质中,直到基质含水量达到完全饱和(注意基质平面应始终保持在刻度线上),倒进的总水量记为b。

(2) 基质的气体孔隙度测定:把装有饱和含水量基质的玻璃瓶倒立,将从玻璃瓶基质自动流出的水收集到另一玻璃瓶中,直至没有水流出为止,流出的水的体积记为c。

基质的持水量 = $b - c$;

总孔隙度(%) = $b/a \times 100\%$;

气体孔隙度(%) = $c/a \times 100\%$;

持水度(%) = $b/a - c/a$ 。

1.8 数据统计分析

实验数据采用SPSS软件进行统计分析,用Duncan检验方差分析的差异显著性,实验数据以平均值±标准差(Mean±SD)表示。

2 结果和分析

2.1 霍山石斛的人工辅助授粉

不同授粉方式间的霍山石斛结果率差异明显。由表1可以看出,在栽培大棚内,采用异花授粉方式的座果率可以超过65%,远比自花授粉的高;授粉后125 d,无论是自花授粉还是异花授粉,果实都会成熟(果实上部1/3左右变黄),但自花授粉成熟时的果实要比异花授粉的小一些。

在无菌培养条件下,培养瓶内的少数植株也能够开花。在试管内对开花植株进行异花授粉,结果率可达18%以上,但自花授粉未见结果。果实成熟(果实上部1/3左右变黄)只需58 d,比栽培大棚中的短67 d(表1),但成熟果实比栽培大棚中的小得多,大约只有栽培大棚中的三分之一,这可能与培养瓶中生长的植株比大棚中栽培的植株矮小有关。

2.2 授粉方式及低温保存对种子萌发的影响

成熟的霍山石斛种子呈长的纺锤形,外部有一层薄的种皮包裹,中间是椭圆形的胚,胚分化不明显,同一果荚中种子的发育状态不一,有的种子胚大且饱满,有的种子虽然有胚,但胚较小,发育不好,有的种子只有种皮并没有胚(图1:A);种子播种到培养基上后,种子逐渐吸水膨胀变圆,变绿,然后形成裸胚(原球茎)。原球茎继续发育,在播种42 d后可以见到原球茎顶部分化出小芽,下部出现成群散射状的毛状物(图1:B);随着时间的推移,原球茎继续分化成小苗,小苗生长一段时间后就出瓶移栽(图1:C)。

从图2可以看出,在同一培养基和培养条件下,来源于栽培大棚中的异花授粉(图2:A)的种子萌发率明显比来源于自花授粉(图2:B)的高,而来源于栽培大棚中的异花授粉(图2:A)的种子萌发率与来源于培养瓶中异花授粉(图2:C)的差异不显著;种子在4℃下无菌保存2.5年后(图2:D)仍有很高的萌发率,与异花授粉(图2:A)的相近。说明不同授粉方式对种子的萌发具有明显的影响,低温无菌保存方式可以较长时间有效保持种子的活力。

表 1 不同授粉方式霍山石斛的结果率

Table 1 Manual pollination and the setting fruit percentage of *Dendrobium huoshanense*

培养场所 Culture position	授粉方式 Pollination type	授粉花朵数 Number of pollinated flowers	果荚数 Number of fruits	座果率 Fruit setting (%)	果实成熟时间 Days of fruit ripening	果实发育状况 Fruit status
栽培大棚 Greenhouse	自花授粉 Self-pollination	63	2	3.17	125	发育一般,果实中等 Fruits are middle and develop normally
	异花授粉 Cross-pollination	66	43	65.15	125	发育良好,果实较大 Fruits are big and develop well
培养瓶 Culture bottle	自花授粉 Self-pollination	17	0	0.00		
	异花授粉 Cross-pollination	33	6	18.18	58	发育良好,果实较小 Fruits are small and develop well

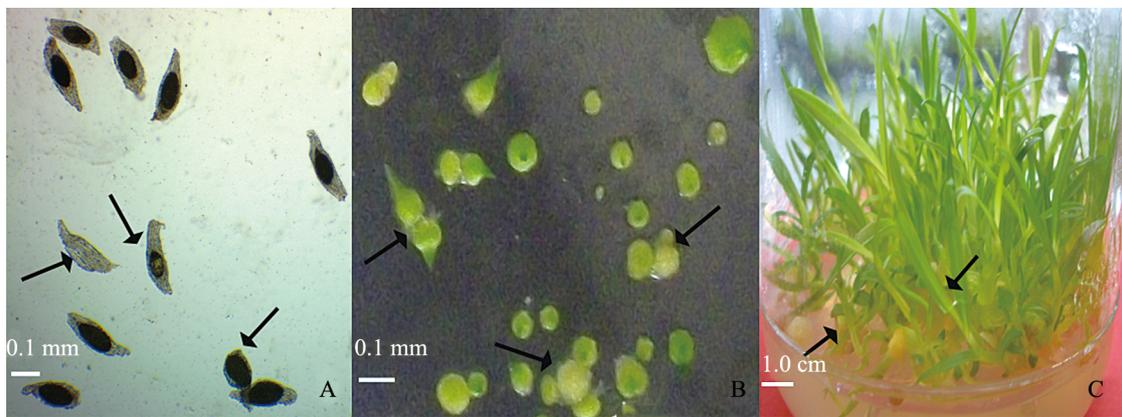


图 1 霍山石斛的种子萌发与成苗过程。A. 种子；B. 播种后 42 d, 种子吸水萌发转绿；C. 播种 8 个月后的试管苗。

Fig. 1 Seed germination and seedling growth of *Dendrobium huoshanense*. A. Mature seeds; B. Seeds germination after sowing 42 d; C. Seedlings after sowing 8 months.

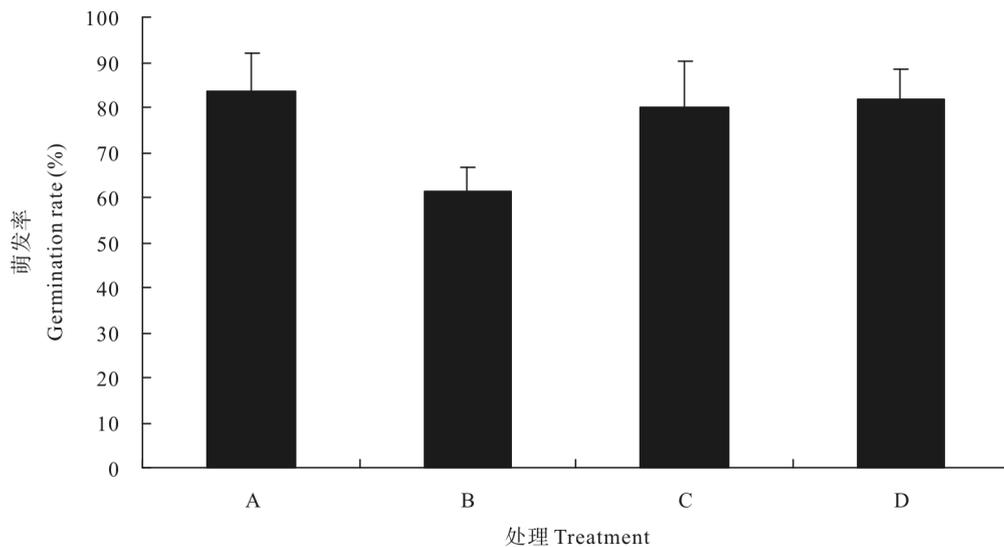


图 2 不同来源种子的萌发率。A. 大棚中异花授粉；B. 大棚中自花授粉；C. 培养瓶中异花授粉；D. 低温无菌贮存 2.5 年。

Fig. 2 Seed germination rate under different treatment. A. Cross-pollination in greenhouse; B. Self-pollination in Greenhouse; C. Cross-pollination of *in vitro* culture; D. Seeds storage for 2.5 years under 4°C.

2.3 有机添加物对试管苗生长的影响

由表 2 可以看出, 3 种有机添加物对霍山石斛试管苗的壮苗均具有明显的促进作用, 其中以香蕉匀浆的效果最好。培养基中添加 100 g L^{-1} 香蕉匀浆, 培养 129 d 后的霍山石斛单株鲜重是对照的 15 倍多, 每株萌发的芽数超过了对照的 3.3 倍。

2.4 试管苗的移栽及栽培基质的理化性质

不同的栽培基质对试管苗移栽的影响不同。从表 3 可以看出, 单一基质中, 在基质④木屑上的成活率和萌发的新芽数最高, 且整齐度也最好, 而在基质①、②和③的成活率和萌发的新芽数均较低, 其中以③号基质的成活率最低。在⑤和⑥的分层基质上的成活率和萌发的新芽数均比单一基质的高, 且整齐度也更好, 其中基质⑤的成活率和萌

发的新芽数分别是基质③的 1.73 倍和 1.65 倍, 说明不同的基质对霍山石斛的移栽成活与生长的影响显著。

不同栽培基质的理化特性不同。从表 4 可以看出, 在所有的基质中, 木屑的总孔隙度和气孔隙度最高, 持水量也仅次于珍珠岩, 说明其既有较好的通气性, 又有较高的持水能力, 另外, 尽管其 pH 偏酸性, 但其电导度较小, 说明其盐离子含量较低, 因此需要较好通气性的霍山石斛在含有木屑的栽培基质④、⑤、⑥上的移栽成活率较高。珍珠岩的持水量最大, 电导度和 pH 值最高, 气孔隙度最小, 树皮与陶粒除了 pH 值有较大差异外, 其它物理特性相近; 兰石的物理特性介于树皮与木屑之间。

本试验中的⑤和⑥号基质上层均为木屑, 下层分别为树皮和陶粒, 上部的木屑既有较好的保水性

表 2 试管苗在不同培养基上的生长情况

Table 2 Growth of seedlings on different culture medium

基本培养基 Basic medium	添加物(g L^{-1}) Supplement	鲜重(g plant^{-1}) Fresh weight	母株高(cm) Origin height	新株高 New plant height (cm)	萌发株数 Number of new plants
花宝 H	Hyponex H	0.030d	1.167e	1.816c	1.747f
花宝 H	Hyponex H 土豆 Potato 25	0.043cd	1.583cde	1.883c	2.579cde
花宝 H	Hyponex H 土豆 Potato 50	0.103c	2.250c	2.417bc	2.833bcd
花宝 H	Hyponex H 土豆 Potato 100	0.097c	2.100bc	2.933b	3.215bc
花宝 H	Hyponex H 香蕉 Banana 25	0.073b	2.133bc	1.933c	3.337bc
花宝 H	Hyponex H 香蕉 Banana 50	0.200b	2.167b	2.317c	3.450b
花宝 H	Hyponex H 香蕉 Banana 100	0.467a	2.983a	4.100a	5.881a
花宝 H	Hyponex H 苹果 Apple 25	0.057cd	1.900bcd	1.900c	1.950ef
花宝 H	Hyponex H 苹果 Apple 50	0.077cd	2.2667b	1.883c	3.071cde
花宝 H	Hyponex H 苹果 Apple 100	0.067cd	1.383de	1.850c	2.275def

同列数据后不同字母表示差异显著($P < 0.05$)。

Data followed different letters within column indicate significant difference at 0.05 level.

表 3 不同基质对试管苗移栽的影响

Table 3 Effect of different transplant medium on seedling growth

编号 No.	移栽基质 Transplanting medium	成活率 Survival (%)	萌发新芽数 Number of new buds	整齐度 Uniformity
①	树皮 Bark	52.5	1.50	++
②	珍珠岩 Perlite	47.5	2.13	+
③	兰石 Calcicalathina	45.0	1.63	+
④	木屑 Sawdust	60.8	2.29	+++
⑤	树皮 : 木屑 = 3 : 7 Bark : sawdust = 3 : 7	78.0	2.73	+++
⑥	陶粒 : 木屑 = 3 : 7 Ceramsite : sawdust = 3 : 7	74.6	2.63	+++

移栽后 70 d 统计成活率; 次年 3 月统计出芽率; +: 较差; ++: 较好; +++: 很好。

Survival and bud rate were counted after transplanting 70 days and March of next year, respectively. +: Bad; ++: Good; +++: Very good.

表4 不同栽培基质的理化性质

Table 4 The physical and chemical characters of different transplanting media

移栽基质 Medium	总孔隙度 (%) Gross porosity	气孔隙度 (%) Porosity	持水量 (%) Water-hold capacity	电导率 (uS cm ⁻¹) Conductivity	pH
陶粒 Ceramsite	51.77 ± 1.68 c	46.78 ± 1.35 b	5.00 ± 2.02 d	160.67 ± 3.51 b	6.36 ± 0.07 b
树皮 Bark	54.88 ± 1.68 c	49.11 ± 1.02 b	5.78 ± 2.14 d	154.67 ± 20.64 b	4.81 ± 0.14 e
珍珠岩 Perlite	69.93 ± 0.44 b	34.00 ± 2.00 c	35.93 ± 1.87 a	509.00 ± 17.35 a	6.97 ± 0.09 a
兰石 Calcicalathina	68.89 ± 1.92 b	50.22 ± 2.04 b	18.66 ± 3.71 c	179.67 ± 38.39 b	5.87 ± 0.30 c
木屑 Sawdust	83.78 ± 2.69 a	56.67 ± 3.33 a	27.11 ± 5.00 b	75.33 ± 3.21 c	5.36 ± 0.05 d
对照 Control				7.00 ± 1.00 d	7.18 ± 0.33 a

同列数据后不同字母表示差异显著($P < 0.05$)。

Data followed different letters within column indicate significant difference at 0.05 level.

又有较好的透气性,并且它的保肥能力较高,下层的树皮和陶粒又能进一步增加霍山石斛根部的透气性。

3 讨论

3.1 授粉方式对种子萌发的影响

自然条件下,霍山石斛与石斛属中的其它植物一样,需要昆虫协助传粉才能结果,但结果率一般很低^[8]。在种植大棚中人工栽培时,由于大棚中缺少可为其传粉的昆虫,因此自然结果的现象极为罕见,为了成功获得种子(果实),人工辅助授粉是不可或缺的手段。本文的研究结果表明,在种植大棚中,无论是进行自花授粉还是进行异花授粉,都能成功获得果实,但异花授粉的成功率明显比自花授粉的高,并且在果实成熟时,异花授粉的果实也比自花授粉的大,但二者成熟所需的时间基本一致(表1)。另外,无菌播种实验结果还表明,自花授粉的种子萌发率也要比异花授粉的低,说明霍山石斛存在一定的自花不孕现象。因此在生产上,进行异花授粉可提高人工辅助授粉的结果率。

在进行霍山石斛种苗的组织培养时,通常会观察到少量植株开花的现象。本文的研究结果表明,对这些开花植株进行人工授粉也能成功结果,且异花授粉的结果率较高,同时在无菌培养条件下,果实成熟的时间比在种植大棚中的大大缩短。陈肖英等^[9]曾报道霍山石斛试管苗开花方面的研究,在MS基本培养基(1/6氮、5倍磷)中,当糖浓度提高到40 g L⁻¹,并加入0.02 mg L⁻¹的TDZ时可以诱导植株提早开花,但并未进行授粉试验。在种苗的组织培养生产过程中,如果能将人工诱导开花与人工授粉结合起来,那么就完全可以将大棚中霍山石斛

的结果(结实)过程“移植”到培养室中来完成,这不但可以大大缩短获得霍山石斛果实的时间,而且还能实现霍山石斛种子的周年生产,这在霍山石斛种苗生产上具有重要的应用价值。至于无菌培养条件下果实成熟的时间为什么大为缩短,其原因尚不清楚,还有待于进一步研究。

Nikishina等^[10]采用液态氮(-196℃)迅速冷冻的方式保存兰科植物的种子,结果表明冷冻保存对原球茎和幼小植株的生长没有负面的影响。Vendrame等^[11]报道石斛种子在冰上处理1~3h后的萌发率要显著高于室温下的种子萌发率。在本研究中,将成熟种子放置于常规的4℃冰箱保存2.5年,取出后直接播种,仍有很高的萌发率。这种种子保存的方法简单,且易操作,可以解决霍山石斛种子的中长期保存问题。

3.2 不同有机添加物对壮苗的影响

为获得整齐、健壮的试管苗,在组织培养过程中一般需要对试管苗进行壮苗培养。已有的研究表明,天然植物汁液对药用石斛的壮苗培养有明显的促进作用^[12]。李小军等^[13]报道,当1/2MS培养基上附加质量分数为20%的菲律宾香蕉上清液时,对霍山石斛试管苗壮苗的作用最佳。张艳等^[14]的研究结果表明,刚成熟的马来西亚帝王香蕉混合提取物对霍山石斛原球茎形成最为有利,已烂熟的香蕉可加快小苗的生长;在不同提取方式中,香蕉提取物沉淀有利于原球茎的形成。本研究比较了香蕉、土豆、苹果3种不同有机添加物对试管苗壮苗的效果,结果以香蕉匀浆的壮苗效果最好,霍山石斛试管苗在花宝H+100 g L⁻¹香蕉匀浆的培养基上的长势最佳。

3.3 霍山石斛移栽基质的选择

长期以来,移栽成活率低一直是困扰霍山石斛规模化生产的“瓶颈”。胡万群等^[15]通过多年的研究与生产实践,认为栽培基质是基础,种苗质量是关键,而且研究表明,利用保水性能好且透气性强的栽培基质可使移栽种植时的成活率提高。郑志新等^[16]对几种不同的药用石斛的栽培基质进行了研究,认为基质的选择以疏水透气保水为原则。以前的研究大多是通过移栽实验来筛选适宜的基质,但并未对其适合的原因进行探讨。本研究结果表明,在单一的种植基质中,以木屑的效果最好,这可能是因为木屑的总孔隙度和气孔隙度高、持水量和 pH 值适中、盐离子含量较低的缘故,比较适合霍山石斛的生长需要。同时,研究还表明分层基质的种植效果更好,这可能是因为基质分层后,更好地解决了基质的透气性和保水性之间的矛盾。因此,在选择霍山石斛种植的基质时,首先应该了解栽培基质的物理特性,并根据基质的理化特性进行合理的搭配使用,只有这样才能有效提高霍山石斛的种植成活率。

参考文献

- [1] Bao X S. *Dendrobium huoshanense*: The Most Medical Chinese Herb [M]. Shanghai: Shanghai Science and Technology Press, 2003: 1-2.
包雪声. 中华仙草之最——霍山石斛 [M]. 上海: 上海科学技术文献出版社, 2003: 1-2.
- [2] Huang S W, Zhang J. The rare Chinese medicine: *Dendrobium huoshanense* [J]. Med Anhui Pharm J, 2000, 4(3): 42-43.
黄顺旺, 张静. 名贵珍稀的霍山石斛 [J]. 安徽医药, 2000, 4(3): 42-43.
- [3] Wu H Q, Luo J P. Research advance in *Dendrobium huoshanense* [J]. Lishizhen Med Mat Med Res, 2010, 21(1): 208-211.
吴胡琦, 罗建平. 霍山石斛的研究进展 [J]. 时珍国医国药, 2010, 21(1): 208-211.
- [4] Luo J P, Wawrosch C, Kopp B. Enhanced micropropagation of *Dendrobium huoshanense* C. Z. Tang et S. J. Cheng through protocorm-like bodies: The effects of cytokinins, carbohydrate sources and cold pretreatment [J]. Sci Hort, 2009, 123(2): 258-262.
- [5] Wen Y F, Lu R L, Xie Z L. Rapid propagation and induction of floral buds of *Dendrobium huoshanense* [J]. Plant Physiol Commun, 1999, 35(4): 296-297.
温云飞, 鲁润龙, 谢子立. 霍山石斛的快速繁殖和花芽诱导 [J]. 植物生理学通讯, 1999, 35(4): 296-297.
- [6] Tan Y, Ye Q S, Liu W. Tissue culture of *Dendrobium huoshanense* [J]. Chin Bull Bot, 2005, 22(1): 58-62.
谭云, 叶庆生, 刘伟. 霍山石斛(*Dendrobium huoshanense*)的组织培养 [J]. 植物学通报, 2005, 22(1): 58-62.
- [7] Xu Y J, Yu L W. The seedlings culture of *Dendrobium huoshanense* seeds [J]. Plant Physiol Commun, 1984(4): 35-36.
徐云鹏, 于力文. 霍山石斛种子试管苗的培养 [J]. 植物生理学通讯, 1984(4): 35-36.
- [8] Sun T. Study on tissue culture of *Dendrobium huoshanense* [D]. Yangling: Northwest Agricultural and Forest University, 2004: 2-3.
孙廷. 霍山石斛(*Dendrobium huoshanense*)离体培养研究 [D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2004: 2-3.
- [9] Chen X Y. Studies on flowering *in vitro* of *Dendrobium huoshanense* [D]. Guangzhou: South China Normal University, 2003: 25-30.
陈肖英. 霍山石斛试管开花研究 [D]. 广州: 华南师范大学, 2003: 25-30.
- [10] Nikishina T, Popov A, Kolomeitseva G, et al. Effect of cryo-conservation on seed germination of rare tropical orchids [J]. Russ J plant physiol, 2001, 48(6): 810-815.
- [11] Vendrame W A, Carvalho V, Dias J. *In vitro* germination and seedling development of cryopreserved *Dendrobium* hybrid mature seeds [J]. Sci Hort, 2007, 114(3): 188-193.
- [12] Li C, Wang L, Chen Q, et al. Tissue culture and rapid propagation of *Dendrobium huoshanense* [J] Bio-Techn Med, 2011, 18(1): 11-15.
李蕤, 王琳, 陈群, 等. 霍山石斛组织培养及快速克隆繁殖技术 [J]. 药物生物技术, 2011, 18(1): 11-15.
- [13] Li X J, Liu S Q, Pan W L, et al. Effects of extract from bananas on the growth of plants of *Dendrobium huoshanense* [J]. J Jiangsu Univ (Nat Sci), 2004, 25(6): 469-472.
李小军, 刘石泉, 潘维陵, 等. 香蕉提取物对霍山石斛试管苗壮苗的影响 [J]. 江苏大学学报: 自然科学版, 2004, 25(6): 469-472.
- [14] Zhang Y, Qian Z Y, Chen J F, et al. Effects of different kinds of extract from banana on the growth of the seedlings and the formation of protocorm of *Dendrobium huoshanense* [J]. J Shanghai Norm Univ (Nat Sci), 2008, 37(4): 415-419.
张艳, 钱忠英, 陈军峰, 等. 香蕉提取物对霍山石斛原球茎形成和小苗生长的影响 [J]. 上海师范大学学报: 自然科学版, 2008, 37(4): 415-419.
- [15] Hu W Q. Tissue culture and fast reproduction technology of *Dendrobium huoshanense* [J]. Mod Agri Sci, 2008, 15(1): 43-44.
胡万群. 霍山石斛组织培养和快速繁殖技术研究 [J]. 现代农业科学, 2008, 15(1): 43-44.
- [16] Zheng Z X. Study on technique for propagation and planting of several officinal *Dendrobium* [D]. Beijing: Chinese Academy of Forestry, 2006: 50-52.
郑志新. 几种药用石斛的繁殖栽培技术研究 [D]. 北京: 中国林业科学研究院, 2006: 50-52.