

## 霍山石斛“九仙尊 1 号”一步法再生体系的建立

戴亚峰, 王诗文\*, 张恩亮, 李诚 (九仙尊霍山石斛股份有限公司, 安徽六安 237012)

**摘要** [目的]简化霍山石斛离体再生方法。[方法]以霍山石斛“九仙尊 1 号”带节茎段为外植体,研究不同基础培养基、激素配比和添加物对九仙尊 1 号愈伤组织诱导的影响,并在愈伤组织的基础上研究不同添加物和培养基对愈伤组织增殖和再生的影响。[结果]九仙尊 1 号一步法再生的最佳培养基为 MS+1.0 mg/L KT+1.0 mg/L IBA+15 g 香蕉泥+0.5 g 活性炭+30 g/L 蔗糖,愈伤组织诱导率为 16.67%,增殖率为 10.83%,再生率 95%;最佳移栽基质为树皮:草炭 1:1,存活率为 95.56%。[结论]九仙尊 1 号再生体系的建立为研究霍山石斛的分子机理提供了理论基础和技术支持。

**关键词** 九仙尊 1 号;一步法;植物组织培养;再生体系

中图分类号 S567.23 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2020)01-0189-04

doi:10.3969/j.issn.0517-6611.2020.01.057



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Development of One-step Regeneration System of *Dendrobium huoshanense* “Jiuxianzun 1”

DAI Ya-feng, WANG Shi-wen, ZHANG En-liang et al (Jiuxianzun Huoshan Dendrobium Co., Ltd., Lu'an, Anhui 237012)

**Abstract** [Objective] The research aimed to simplify the method of vitro regeneration of *Dendrobium huoshanense*. [Method] Stem segments of *Dendrobium huoshanense* “Jiuxianzun 1” were tested as explants to evaluate effects of types of basic medium, different combinations of exogenous hormones and additives for callus induction, based on the primary callus, effect of callus proliferation and regeneration under different basic medium and additives were investigated. [Result] The best medium for the one-step regeneration of Jiuxianzun 1 was MS+1.0 mg/L KT+1.0 mg/L IBA+15 g banana puree+0.5 g activated carbon+30 g/L sucrose. The callus induction rate was 16.67%, proliferation rate was 10.83% and regeneration rate was 95%; the best transplanting substrate was bark and peat mixed with 1:1. The survival rate was 95.56%. [Conclusion] The establishment of the Jiuxianzun 1 regeneration system provides theoretical basis and technical support for studying the molecular mechanism of *Dendrobium huoshanense*.

**Key words** Jiuxianzun 1; One-step method; Plant tissue culture; Regeneration system

霍山石斛(*Dendrobium huoshanense*)为兰科(Orchidaceae)石斛属(*Dendrobium*)多年生草本植物,原产于中国安徽霍山的道地药材植物,具有促身心、延缓衰老的功效<sup>[1]</sup>。兰科植物种子细小,通常无胚乳,难以萌发;与兰科其他植物种子类似,霍山石斛种子细小如粉,植物组织培养是目前最有效的繁殖方式<sup>[2-4]</sup>。

我国学者徐云鸢等<sup>[5]</sup>于 1984 年首次报道通过植物组织培养的方式获得霍山石斛试管苗,在此后几十年的研究中,霍山石斛的组织培养技术日趋成熟。总结前人对于霍山石斛组织培养的研究中,温云飞等<sup>[6]</sup>以种子为外植体诱导原球茎,进而诱导原球茎发芽、生长直至生根,建立霍山石斛无性繁殖体系,整个组培过程共使用了 10 种不同的培养基配方处理;谭云等<sup>[7]</sup>以假鳞茎上段、下段以及幼芽作为外植体诱导霍山石斛拟原球茎的发生,结果发现霍山石斛成熟植株较难脱分化,最适宜的外植体是假鳞茎下段;崔莹莹等<sup>[8]</sup>在 2017 年以霍山石斛带节茎段为外植体诱导丛生芽,再增殖的方式成功实现了霍山石斛微体快繁。综合前人的研究发现霍山石斛的组培快繁体系均较为复杂,步骤繁琐,同时离体快繁亟需一种简便的方法。

“九仙尊 1 号”是安徽六安九仙尊霍山石斛股份有限公司于 2015 年申报的霍山石斛优质品种,相比野生霍山石斛的药用成分含量具有明显优势,目前关于其离体再生体系的研究鲜见报道。近些年来随着分子生物学的发展,再生体系

成为植物分子机理、基因编辑等的研究基础<sup>[9]</sup>。该研究旨在构建霍山石斛的优良品种九仙尊 1 号再生体系,以期为后续研究九仙尊 1 号的分子机理以及利用转基因的方式等研究霍山石斛药用机理打下坚实的基础。

## 1 材料与方法

**1.1 试验材料** 选择生长良好、长势一致的霍山石斛九仙尊 1 号带节茎段为试验材料。所有材料均取自于九仙尊霍山石斛股份有限公司培养室的组培苗。

## 1.2 试验方法

**1.2.1 培养条件** 试验所用培养基中蔗糖含量均为 30 g/L,琼脂为 6 g/L, pH 为 5.8~6.0,培养室温度为(25±2)℃,暗培养 20 d,之后光照强度 2 000~3 000 lx,光照时间为 12 h/d。

**1.2.2 外植体处理** 选取霍山石斛九仙尊 1 号培养 6~8 个月的小苗茎段为外植体,茎段进行切割,将 1 cm 左右的茎段接入培养基。

**1.2.3 一步法诱导霍山石斛九仙尊 1 号再生体系的建立** 在试验前期的基础上为了简化试验流程,研究从愈伤组织培养到增殖再分化形成植株均采用同一种处理。研究以不同培养基(MS、1/2MS、KC)、不同外源激素组合(6-BA、KT、NAA)和不同添加物(香蕉泥、活性炭)为基础,共 27 个处理(表 1),其中 Y<sub>1</sub>~Y<sub>18</sub> 为不同乐源激素处理组合, Y<sub>19</sub>~Y<sub>27</sub> 为不同添加物及培养基处理组合,每个处理接种 30 个外植体,每个处理重复 3 次。40 d 继代 1 次,180 d 之后统计结果。

**1.2.4 移栽驯化** 待组培苗生长至 3~5 cm 时,开盖炼苗 5 d,之后将植株移栽至树皮与蛭石不同比例(R<sub>1</sub> 1:0, R<sub>2</sub> 1:1,

**作者简介** 戴亚峰(1975—),男,安徽安庆人,副研究员,从事珍稀中药材培育、栽培、加工与产品研发工作。\*通信作者,助理研究员,硕士,从事珍稀中药材培育、栽培与初加工研究。

**收稿日期** 2019-07-17

R<sub>3</sub> 2:1、R<sub>4</sub> 3:1、R<sub>5</sub> 4:1) 混合的栽培基质中,保持基质湿润,每天喷水3次,保持空气湿润,喷水量不宜过大。

表1 27种不同处理组合

Table 1 27 different treatment combinations

处理编号 No.	基础培养基 Basic medium	6-BA mg/L	KT mg/L	IBA mg/L	香蕉泥 Banana puree//g	活性炭 Activated carbon//g
Y <sub>1</sub>	MS	0.5		0.2		
Y <sub>2</sub>	MS	1.0		0.2		
Y <sub>3</sub>	MS	2.0		0.2		
Y <sub>4</sub>	MS	0.5		0.5		
Y <sub>5</sub>	MS	1.0		0.5		
Y <sub>6</sub>	MS	2.0		0.5		
Y <sub>7</sub>	MS	0.5		1.0		
Y <sub>8</sub>	MS	1.0		1.0		
Y <sub>9</sub>	MS	2.0		1.0		
Y <sub>10</sub>	MS		0.5	0.2		
Y <sub>11</sub>	MS		1.0	0.2		
Y <sub>12</sub>	MS		2.0	0.2		
Y <sub>13</sub>	MS		0.5	0.5		
Y <sub>14</sub>	MS		1.0	0.5		
Y <sub>15</sub>	MS		2.0	0.5		
Y <sub>16</sub>	MS		0.5	1.0		
Y <sub>17</sub>	MS		1.0	1.0		
Y <sub>18</sub>	MS		2.0	1.0		
Y <sub>19</sub>	MS		1.0	1.0	15	
Y <sub>20</sub>	MS		1.0	1.0		0.5
Y <sub>21</sub>	MS		1.0	1.0	15	0.5
Y <sub>22</sub>	1/2MS		1.0	1.0	15	
Y <sub>23</sub>	1/2MS		1.0	1.0		0.5
Y <sub>24</sub>	1/2MS		1.0	1.0	15	0.5
Y <sub>25</sub>	KC		1.0	1.0	15	
Y <sub>26</sub>	KC		1.0	1.0		0.5
Y <sub>27</sub>	KC		1.0	1.0	15	0.5

**1.3 数据处理与分析** 愈伤组织诱导率=形成愈伤组织外植体数/接种外植体数×100%;增殖率=60 d后愈伤组织的颗粒数/接种的颗粒数×100%;再分化率=出芽的愈伤组织数/继代的愈伤组织数×100%。所有的试验数据均采用SPSS 19.0和Excel 2013进行处理分析。

**2 结果与分析**

**2.1 不同激素处理对愈伤组织诱导的影响** 研究以正交试验设计为基础,由表2分析愈伤状态和愈伤量KT相比较于6-BA,对九仙尊1号愈伤组织诱导具有更好的效果。Y<sub>1</sub>~Y<sub>9</sub>处理下的结果表明适宜的6-BA浓度为0.5 mg/L,随着6-BA的提高,愈伤组织诱导率呈下降趋势;在6-BA和IBA的组合中随着生长素浓度的升高,茎段的愈伤组织诱导率也呈现下降的趋势,最适宜的生长素浓度为0.2 mg/L。Y<sub>10</sub>~Y<sub>18</sub>处理下的结果表明随着KT浓度的升高,在浓度到达1.0 mg/L时愈伤组织诱导率达16.67%,当升至2.0 mg/L时,愈伤组织诱导率也随之下降至5.56%,最适宜的KT浓度为1.0 mg/L;Y<sub>11</sub>、Y<sub>14</sub>和Y<sub>17</sub>的处理下随着生长素浓度的提高,愈伤组织诱导率也随之提高,表明最适宜的IBA浓度为1.0 mg/L。

**2.2 不同添加物及培养基对愈伤组织诱导的影响** 从图1可看出,在3种培养基中添加活性炭和香蕉泥都会提高愈伤组织诱导率,而同时添加活性炭和香蕉泥效果也会优于只添加一种组分。对比不同培养基处理,3种培养基的诱导效果

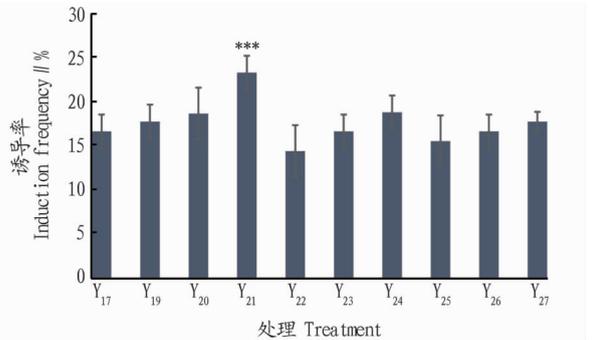
分别为MS>1/2MS>KC培养基,因此对比Y<sub>17</sub>表明,愈伤组织诱导最适宜的培养基为Y<sub>21</sub>。

表2 不同激素处理对愈伤组织诱导的影响

Table 2 Effect of different hormone treatments on callus induction

处理编号 No.	愈伤组织诱导率 Induction rate of callus//%	愈伤状态 Callus status	愈伤量 Amount of callus
Y <sub>1</sub>	10.00±1.92	黄色紧实	+++
Y <sub>2</sub>	2.22±2.22	绿色松软	++
Y <sub>3</sub>	6.67±1.92	绿色紧实	++
Y <sub>4</sub>	8.89±2.22	黄色紧实	+++
Y <sub>5</sub>	7.78±1.11	绿色紧实	++
Y <sub>6</sub>	2.22±2.22	绿色松软	++
Y <sub>7</sub>	8.89±1.11	黄色紧实	+++
Y <sub>8</sub>	3.33±1.92	绿色紧实	++
Y <sub>9</sub>	7.78±4.01	绿色紧实	++
Y <sub>10</sub>	7.78±4.01	黄绿色紧实	++
Y <sub>11</sub>	8.89±4.44	黄绿色紧实	+++
Y <sub>12</sub>	5.56±2.22	黄色紧实	++
Y <sub>13</sub>	4.44±1.11	绿色紧实	++
Y <sub>14</sub>	12.22±1.11	黄绿色紧实	+++
Y <sub>15</sub>	6.67±3.85	黄绿色紧实	++
Y <sub>16</sub>	4.44±2.22	黄色紧实	++
Y <sub>17</sub>	16.67±1.92***	黄绿色紧实	++++
Y <sub>18</sub>	5.56±4.01	绿色松软	++

注:\*\*\*代表在P<0.01下极显著差异;+代表数量  
Note:\*\*\* indicates extremely significant differences at 0.01 level;+ indicates amount



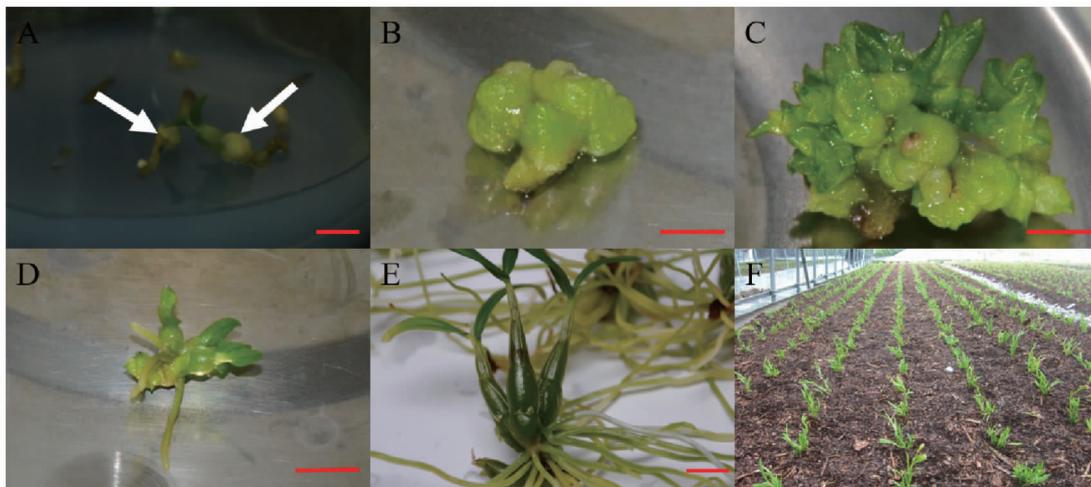
注:\*\*\*代表在P<0.01水平下差异极显著  
Note:\*\*\* indicates extremely significant differences at 0.01 level

图1 不同添加物及培养基对愈伤组织诱导的影响

Fig. 1 Effect of different additives and medium on callus induction

**2.3 不同处理对愈伤组织增殖及再分化的影响** 在愈伤组织的继代培养过程中,九仙尊1号的愈伤组织出现边增殖边分化的过程(图2),同时也在同配方继代培养后会直接发育成完整植株。

通过对照组Y<sub>17</sub>,分析Y<sub>19</sub>~Y<sub>27</sub>处理下的结果表明,不同培养基和添加物对愈伤组织的增殖在Y<sub>21</sub>的处理下愈伤组织增殖率达到最高,为10.83%,最低为Y<sub>23</sub>和Y<sub>27</sub>,均为8.83%,在0.01水平上并无显著差异(图3a),在Y<sub>23</sub>的处理下愈伤组织的再分化达到100%,而Y<sub>21</sub>的诱导条件下愈伤组织的再分化率为95%,在0.01水平下也无显著差异(图3b)。因此为简化操作流程确定“一步法”最适诱导培养基为Y<sub>21</sub>即MS+1.0 mg/L KT+1.0 mg/L IBA+15 g 香蕉泥+0.5 g 活性炭+30 g/L 蔗糖。



注: A. 愈伤组织诱导; B. 愈伤组织继代; C. 愈伤组织增殖分化; D. 再生完整植株; E. 组培成苗; F. 移栽。红线表示 1 cm

Note: A. Callus induction; B. Callus subculture; C. Callus proliferation and regeneration; D. Regeneration plant; E. Tissue seedlings; F. Transplanting.

Red bar means 1 cm

图 2 一步法再生体系建立过程

Fig. 2 Establishment process of one-step regeneration system

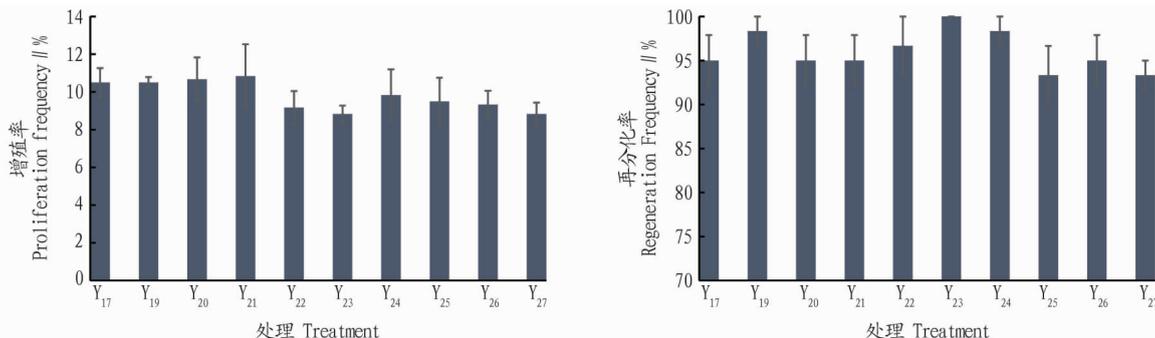
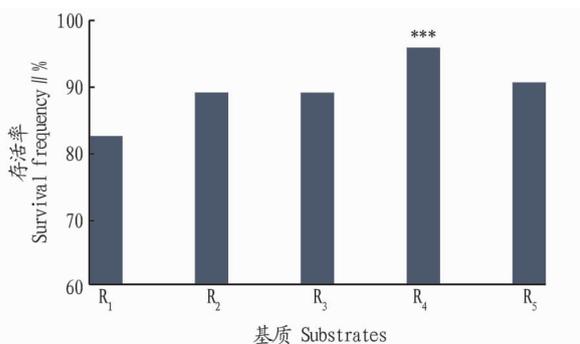


图 3 不同处理对愈伤组织增殖率 (a) 和再生率 (b) 的影响

Fig. 3 Effect of different treatments on callus proliferation rate (a) and regeneration rate (b)

**2.4 基质对组培苗移栽的影响** 由图 4 可知,在 R<sub>4</sub> 的处理下,移栽存活率最高达 95.56%,R<sub>1</sub> 单独使用树皮移栽效果最差,树皮和蛭石混合使用时,效果均优于单独使用树皮。因此移栽组培苗最适的栽培基质为树皮:蛭石 3:1。



注:\*\*\* 代表在 P<0.01 水平下差异极显著

Note:\*\*\* indicates extremely significant differences at 0.01 level

图 4 不同基质对移栽存活率的影响

Fig. 4 Effect of different substrates on transplant survival rate

### 3 结论与讨论

我国有 76 种石斛,其中近 50 种石斛被用药,尤其是霍

山石斛,还具有很高的商业价值<sup>[10]</sup>,但霍山石斛野生资源面临着过度采伐等问题。自 1902 年德国植物学家 Gottlieb Haberlandt 首次提出了离体细胞培养的概念以来,100 多年来植物组织培养的大量研究表明植物激素的种类、浓度和比例是影响植物形成愈伤组织到再生的最关键因素,通常细胞分裂素类激素是用来促进芽分化,生长素类激素促进生根<sup>[11-12]</sup>。该研究中 6-BA 和 IBA 配合使用时在浓度分别为 0.5 和 0.2 mg/L 时效果最好,同比 KT 和 IBA 配合使用时则在浓度分别为 1.0 和 1.0 mg/L 时效果最好,对比杨静等<sup>[13]</sup>研究霍山石斛的拟原球茎时采用 0.5 mg/L 6-BA+0.1 mg/L NAA 诱导拟原球茎,分化培养采用 2.0 mg/L 6-BA + 1.5 mg/L NAA + 0.03 mg/L TDZ,该研究结果发现新的配方可以一步再生。不同植物对植物激素的敏感度不一样,欧洲百合对于 TDZ 较为敏感,簕箕对于 6-BA 敏感<sup>[14-15]</sup>,该研究结果显示九仙尊 1 号对于 KT 的敏感度较高,效果也优于 6-BA。

KC 培养基在大量研究中是极为适合兰科的基础培养基<sup>[16]</sup>。该研究结果表明 MS 是最适合九仙尊 1 号的基础培养基,在前人大量的研究中霍山石斛的最适合培养基是 MS

和 1/2MS, 该研究的结果也与前人吻合<sup>[17]</sup>。香蕉泥和活性炭已经在多种植物中被证实对植物组培具有显著的促进作用<sup>[18-19]</sup>, 该研究中单独添加活性炭和香蕉泥效果并不显著, 但同时添加香蕉泥和活性炭对愈伤组织诱导率有显著提升, 在后续的组培中会适量添加香蕉泥和活性炭。

在实际生产中用一种培养基即可完成再生体系的建立可称作“一步法”, 一步法的优势在于能够降低工作量、提高效率, 有利于规模化生产<sup>[20]</sup>。该研究结果显示霍山石斛九仙尊 1 号可用在培养基 MS+1.0 mg/L KT+1.0 mg/L IBA+15 g 香蕉泥+0.5 g 活性炭+30 g/L 蔗糖上一步完成愈伤组织诱导、增殖、再生的过程, 前人关于霍山石斛组培快繁的步骤通常需要更换不同的培养基组分<sup>[13,17]</sup>, 石斛属植物也是很少一步法完成<sup>[21-22]</sup>。因此该研究的结果大大降低了霍山石斛快繁的工作量, 提高了效率, 同时为后期利用转基因研究霍山石斛药用分子机理以及基因编辑等方式奠定了重要基础。

### 参考文献

- [1] WANG H, CHEN N F, ZHENG J Y, et al. Isolation and characterization of eleven polymorphic microsatellite loci for the valuable medicinal plant *Dendrobium huoshanense* and cross-species amplification[J]. International journal of molecular sciences, 2012, 13(12): 16779-16784.
- [2] 郎楷永, 陈心启, 罗毅波, 等. 中国植物志: 第 17 卷[M]. 北京: 科学出版社, 1999: 1.
- [3] SOETOPO L, PURNAMANINGSIH S L. In vitro propagation of dendrobium and phalaenopsis through tissue culture for conservation[J]. Agrivita: Journal of agricultural science, 2012, 34(2): 115-126.
- [4] VELLUPILLAI M, SWARUP S, GOH C J. Histological and protein changes during early stages of seed germination in the orchid, *Dendrobium crumenatum*[J]. Journal of pomology and horticultural science, 1997, 72(6): 941-948.
- [5] 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, 20(4): 35-36.
- [6] 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.
- [7] 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.
- [8] 崔莹莹, 郑福山, 陈昆, 等. 霍山石斛微体快繁技术研究[J]. 西部林业科学, 2017, 46(6): 51-55.
- [9] IWASE A, HARASHIMA H, IKEUCHI M, et al. WIND1 promotes shoot regeneration through transcriptional activation of *ENHANCER OF SHOOT REGENERATION1* in *Arabidopsis*[J]. The plant cell, 2016, 29(1): 54-69.
- [10] JIN Q, JIAO C Y, SUN S W, et al. Metabolic analysis of medicinal *Dendrobium officinale* and *Dendrobium huoshanense* during different growth years[J]. PLoS One, 2016, 11(1): 1-17.
- [11] 陈陆琴. 五种木本植物的组织培养及其生理生化研究[D]. 大连: 辽宁师范大学, 2005.
- [12] YE S W, CAI C Y, REN H B, et al. An efficient plant regeneration and transformation system of ma bamboo (*Dendrocalamus latiflorus* Munro) started from young shoot as explant[J]. Frontiers in plant science, 2017, 8: 1-12.
- [13] 杨静, 何芳, 王纪, 等. 霍山石斛拟原球茎生长及植株再生过程中微观结构与元素的变化[J]. 西南林业大学学报, 2016, 36(6): 1-7.
- [14] 张旭红, 王颀, 梁振旭, 等. 欧洲百合愈伤组织诱导及植株再生体系的建立[J]. 植物学报, 2018, 53(6): 840-847.
- [15] 孙永莲. 箬箕柳组织培养体系建立及遗传转化体系初探[D]. 南京: 南京林业大学, 2017.
- [16] 周利刚. 蝴蝶兰组培快繁体系的建立[D]. 杭州: 浙江农林大学, 2017.
- [17] 翟月婷. 霍山石斛试管丛生芽及原球茎继代增殖措施的研究[D]. 合肥: 安徽农业大学, 2010.
- [18] 董燕婧, 李博, 程波翔, 等. 不同添加物对铁皮石斛组培幼苗生长的影响[J]. 江苏农业科学, 2017, 45(6): 135-137.
- [19] 王玮玮, 汪国蓬, 孙玉东, 等. 不同浓度激素、活性炭对红颜草莓茎尖组培的影响[J]. 江苏农业科学, 2015, 43(8): 46-48.
- [20] 任杰, 丁增成, 刘祥军, 等. “一步法”诱导三角紫叶酢浆草再生体系的形成[J]. 中国农学通报, 2009, 25(3): 60-62.
- [21] BHATTACHARYYA P, KUMARIA S, DIENGDOH R, et al. Genetic stability and phytochemical analysis of the *in vitro* regenerated plants of *Dendrobium nobile* Lindl., an endangered medicinal orchid[J]. Meta gene, 2014, 2: 489-504.
- [22] KUI L, CHEN H T, ZHANG W X, et al. Building a genetic manipulation tool box for orchid biology: Identification of constitutive promoters and application of CRISPR/Cas9 in the orchid, *Dendrobium officinale* [J]. Frontiers in plant science, 2017, 7: 1-13.

(上接第 188 页)

表 3 10 批次样品含量测定结果 ( $n=2$ )

Table 3 The results of 10 batch sample content determination ( $n=2$ )

批号 Batch number	丹酚酸 B Salvianolic acid B		丹参素 Salvianic acid		原儿茶醛 Protocatechuic aldehyde	
	含量 Content	RSD	含量 Content	RSD	含量 Content	RSD
20181217A	0.56	1.02	0.012	1.24	0.054	1.45
20181217B	0.45	0.38	0.013	1.56	0.056	1.34
20181217C	0.58	0.25	0.011	1.43	0.053	1.34
20181217D	0.64	1.34	0.012	1.45	0.054	0.86
20181217E	0.49	1.23	0.011	1.43	0.055	0.68
20181217F	0.64	1.56	0.014	1.09	0.053	0.89
20181217G	0.54	0.99	0.011	0.99	0.054	1.23
20181217H	0.56	0.86	0.013	0.59	0.055	1.34
20181217I	0.57	1.45	0.012	0.89	0.058	0.99
20181217J	0.59	1.56	0.014	1.67	0.051	0.78

简便、可靠、重复性好, 可用于丹金胶囊内在质量的控制, 保证临床疗效以及安全。

### 参考文献

- [1] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典: 一部[S]. 北京: 中国医药科技出版社, 2015: 76-77, 133-134, 221-222.
- [2] 周晓希, 孔羽, 魏宇昆, 等. RP-HPLC-DAD 同时测定丹参及丹参片中 6 种水溶性成分的含量[J]. 中药材, 2014, 37(2): 337-339.
- [3] 沙秀秀, 宿树兰, 沈飞, 等. 不同生长期丹参茎叶及花序中丹酚酸类化学成分分布与积累动态分析评价[J]. 中草药, 2015, 46(22): 3414-3419.
- [4] 李安平, 杨锡, 丁永辉, 等. 一测多评 HPLC 法测定丹参注射液中 7 个水

- 溶性成分含量[J]. 药物分析杂志, 2012, 32(9): 1534-1540.
- [5] 秦学玲, 张赞华, 康绍建, 等. UPLC 法同时测定丹参片中 11 个水溶性和脂溶性成分的含量[J]. 药物分析杂志, 2019, 39(4): 652-661.
- [6] 东莎莎, 程素盼, 马天宇, 等. UPE-HILIC-DAD-ESI-TOF/MS 法测定山东产区丹参中丹酚酸类成分[J]. 山东科学, 2019(5): 1-8.
- [7] 孙锦, 林力, 彭勳, 等. 不同浓度乙醇提取丹参中 12 种成分比较研究[J]. 中国中医药信息杂志, 2019, 26(9): 89-93.
- [8] 张伟涛, 李德坤, 岳洪水, 等. 丹参水提取物成分的定性定量研究[J]. 中草药, 2019, 50(15): 3598-3606.
- [9] 王梦梦, 吉兰芳, 崔树娜. 丹参功效的物质基础研究进展[J]. 中医学报, 2019(5): 944-949.
- [10] 李建平, 肖礼娥, 肖馨. 丹参口服液 4 个酚酸成分的稳定性考察及其相关性研究[J]. 海峡药学, 2019, 31(7): 33-36.