

石斛属植物的研究进展

杨志娟^{1,2} 张显^{1*} 张孟锦² 朱根发³ 王碧青³

(¹西北农林科技大学园艺学院, 陕西杨凌 712100; ²广东省汕头市农业科学研究所, 广东汕头, 515021; ³广东省农业科学院花卉研究所, 广东广州 510640)

摘要: 综述了近 10 年来石斛属植物在系统与分类学、细胞学、园艺学及育种学等多学科的研究成果, 并对未来我国石斛属植物的研究发展进行了展望。

关键词: 石斛属; 研究进展; 综述

中图分类号: S 682.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 0513-353X (2006) 06-1389-08

The Research Advance in Dendrobium Study

Yang Zhijuan^{1,2}, Zhang Xian^{1*}, Zhang Mengjin², Zhu Genfa³, and Wang Biqing³

(¹College of Horticulture, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China; ²Shantou Agricultural Science Research Institute of Guangdong Province, Shantou, Guangdong 515021, China; ³Floricultural Research Institute of Guangzhou Academy of Agricultural Sciences, Guangzhou, Guangdong 510640, China)

Abstract: *Dendrobium* is one of the most popular flowers in the market in and out of land. The topic of this paper summarized some research advance on *Dendrobium* including its evolution and taxonomy, cytology, horticulture, heredity in recent 10 years, and further viewed the development of *Dendrobium*, briefly stated the direction and emphasis of the research ahead in China.

Key words: *Dendrobium*; Proceeding of study; Review

石斛属 (*Dendrobium*) 是兰科植物中最大的属之一, 有 1 500 ~ 1 600 个原生种, 主要分布于亚洲的热带和太平洋岛屿的东亚、东南亚及澳大利亚等地区, 我国大约有 76 种。石斛花色鲜艳, 花期长, 具芳香气味, 在国际花卉市场中占有重要地位, 其中有许多种也是著名的中药材。因此人们在进行大规模商品石斛生产的同时, 也对其进行了广泛深入的研究。现将其近 10 年的研究进展总结如下。

1 系统及分类学研究

石斛属最早是由 Loureiro 氏于 1790 年以 *Ceraia simplicissima* 作模式植物而创立的, 并在同一时间又发表了 *Callista amabilis*, 为本属的后出异物同名; Swartz 采用本属的名字是在 1799 年以 *Dendrobium cinnamatum* 作模式植物发表, 并于 1959 年通过国际植物命名法规, 将此作为本属的合法属名^[1]。对本属植物的研究, 植物学家 Kranzlin^[2]曾有过世界性的专著, 共收录约 600 种, 分别隶属于 10 个亚属, 27 个组。而在属下的系统研究方面, 兰科专家都认为 Smith^[3]和 Schlechter^[4]的属下划分较自然, Holttum^[5]也采用此划分标准。

关于石斛属在分类系统上的位置, 兰科分类学家的看法不一。早期 Benthams 等^[6]主要依据石斛花粉块 4 个或 2 个排成一列, 无花粉块柄, 认为其亲近于石豆兰属 (*Bulbophyllum*), 并一起归入石斛亚属 (*Dendrobieae*) 放在树兰族之下; 而毛兰属 (*Eria*) 作为另一毛兰亚族 (*Erieae*) 被放在石斛亚族后面; Smith 及 Kranzlin 却认为本属亲近于毛兰属。这些著者都没有很好分述理由。Dressler 等^[7]结合 Swamy^[8]对兰科植物胚胎学的研究资料, 对本属的位置提出一个兰科分类新系统, 同意 Benthams 等的

收稿日期: 2006 - 04 - 26; 修回日期: 2006 - 10 - 21

*通讯作者 Author for correspondence (E-mail: zhangxian098@126.com)

意见。根据对国产石斛属植物的研究,吉占和^[1]也认为石斛属较亲近于石豆兰属。

最初石斛属植物的分类主要依据形态特征。张智等^[9]研究发现,霍山石斛(*D. huoshanense*)叶片厚,根以七原型初生木质部为主,维管束在25个以上;铁皮石斛(*D. officinale*)叶薄,茎维管束较少,常不超过15个。这也为其鉴定提供基础资料。

Jones等^[10]对石斛属37个种的核DNA含量进行测定,结果表明:尽管石斛染色体数目都为 $2n = 2x = 38$,但核DNA含量显示了石斛种间的差异。彭锐等^[11]、张铭等^[12]和虞泓等^[13]先后利用RAPD、AFLP技术对所供试石斛种进行了亲缘关系的研究。Lan等^[14]、徐红等^[15]和丁小余等^[16]对石斛种内转录间隔区ITS进行了DNA测序,发现石斛种内保守,种间差异较大,与外类群的差异最大,并提出ITS可作为区分石斛种间、石斛与外类群的分子标记。也有用类似方法^[17~20]来鉴别束花石斛(*D. chrysanthum*)及其相似种玫瑰石斛(*D. crepidatum*)等的研究报道。

石斛属植物中有许多种,如铁皮石斛和霍山石斛等都是重要的药材,含有人体必需的7种氨基酸等^[21]。研究发现,经驯化栽培的石斛,其生物碱和氨基酸含量不低于野外树干栽培的^[22~24]。说明人工培育石斛是解决其资源紧缺问题的有效途径。吴庆生等^[25]研究发现石斛植株的一年生茎游离氨基酸含量大于叶,与张明等^[22]的报道相反,这可能与种间差异有关。

2 细胞学研究

2.1 染色体研究

在国外,石斛属染色体方面的研究相对较多。先后有人报道*D. phalaenopsis*、*D. bigibbum*和*D. nuppiunum*的染色体数 $2n = 38$;而*D. cunninghamii* $2n = 40$; *D. kingianum*的染色体数不定, $2n = 38, 57$ 或 76 ,其变种的染色体数也不定^[26,27]。Jones等^[10]则认为石斛原生种的染色体大部分为 $2n = 38$,有少数为 $2n = 40$,或 $57, 76$ 。程式君等^[28]研究了中国石斛22个种和6个杂交种的染色体,认为石斛属染色体的基数为 $x = 19$ 或 20 ,并常有多倍体;但二倍体与多倍体在染色体数与花的大小并未表现出相关,而与植株的长势有关。

2.2 超微结构研究

Samasya等^[29]在显微镜下观察到经组培繁殖的石斛幼苗叶没有表皮层,是由圆形的表层气孔和不规则的表皮细胞覆盖,气孔小于老苗与正常苗;而成熟植株,如金钗石斛(*D. nobile*)叶的上下表皮细胞均为多边形,且细胞表面平坦无纹饰,叶肉无栅栏组织及海绵组织的分化^[30]。也有资料^[9,31~35]提出细叶石斛(*D. hancockii*)、铁皮石斛(*D. officinale*)和曲茎石斛(*D. flexicaule*)的叶为等叶面,气孔四列型,仅分布于下表皮,而不同种细胞内含有或多或少的内含物。唐树梅等^[36]提出石斛兰在养分胁迫条件下,叶表面结构的变化与生长发育表现出同样的规律;养分胁迫极大地限制了叶片表皮细胞正常的角质化,造成抗逆能力下降,也影响气孔形状与数量。

3 园艺学研究

3.1 栽培条件

石斛应植于通气性好,保湿性强而又不太湿的基质中。如果根部长处于水分较多的状态下,其皮层薄壁组织细胞将不再发育而迅速腐烂,导致根坏死^[37]。盆栽基质用木炭、树皮、椰壳等^[38]。而试管苗在移栽时期最适宜的基质是 $1/3$ 泥炭+ $1/3$ 锯末+ $1/3$ 珍珠岩,覆以苔藓类^[39],或是用疏松透气的石灰岩^[40]。石斛在5~8月为旺盛生长期,最佳配方是N P K为15 30 15的完全营养液并加腐殖酸,每周喷施1~2次为宜^[41]。石斛在不同生长期对水分要求不同。生长期保持较高的湿度,一般空气RH 70%以上为好;休眠期不需要过多的水分;花前适当控水^[38]。入夏后晴天时需两天浇1次透水,但均应视基质的干湿程度而定^[42]。夏鸿西等^[43]用 GA_3 、6-BA、NAA和 PP_{333} 在石斛分蘖期前10 d浸根2 h,结果表明:6-BA、NAA、 PP_{333} 均可增加有效分蘖数,其中以6-BA $10\text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 处理

最显著; GA_3 抑制分蘖, 但促进珠芽发生; NAA 处理对珠芽的发生无影响; PP_{333} 抑制生长, 但可提高石斛品种的观赏价值。一般认为石斛生长需要半阴半阳的气候环境, 生长期需 $500 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 左右的散射光, 花期需光更多。通风对石斛的生长亦有影响^[41, 44, 45]。而丑敏霞等^[46]研究报道, 金钗石斛生长的适宜温度为 25 左右, 光照强度在 $320 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 左右。对金钗石斛早期给以 20 左右的温度处理, 更有利于分蘖的发生^[47]。

3.2 繁殖

3.2.1 类原球茎的诱导、增殖与壮苗 类原球茎是兰科植物组织培养产生的特有现象, 是兰花快繁的一个重要形式。不同石斛品种, 同一品种的不同部位, 在类原球茎诱导过程中的最适培养基都有所不同, 对类原球茎增殖、分化与壮苗的作用也不一样^[48~52]。石斛类原球茎的诱导可以选择花序枝、叶尖、茎节切段等作外植体。国外曾报道用 *D. sonchifolia* 的花序枝尖作外植体在 VW 培养基上诱导类原球茎的发生, 结果以 1~3 mm 的外植体形成的类原球茎数最多。取茎基部的分蘖芽或茎的顶芽作为外植体, 前者好于后者。

植物生长调节剂、碳源等其它因子也有一定的影响, 但其浓度会因种的不同而有所变化^[48, 52]。Malabadi等^[53]提出石斛根尖诱导类原球茎时三十烷醇可提高类原球茎的增殖率, 并促进幼苗生根。王光远等^[54]在利用类原球茎产生再生植株时发现 6-BA 对铁皮石斛的花芽形成有显著作用。

在石斛培养中, 利用白糖和片糖比蔗糖的效果好, 且糖浓度在 $60 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 的改良 1/2MS 培养基上可以促进铁皮石斛类原球茎的增殖以及增加植株质量^[55]。香蕉汁、活性炭和蛋白胨^[56, 57]对幼苗生长有一定的作用; Fe^{2+} 、 Mn^{2+} 等对类原球茎增殖也有影响^[58]。罗岚等^[59]对秋石斛培养时发现, 原球茎的接种块大小在 $0.2 \sim 0.3 \text{ cm}^3$ 较适宜, 过大可能会增加污染几率。

3.2.2 种子萌发及影响因素 曾宋君等^[56]报道, 以白糖或片糖为碳源的培养基对铁皮石斛等的胚萌发和成苗的效果比使用蔗糖好, 各种碳源浓度均以 $20 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 最佳, 这可能是白糖、片糖中含有适合石斛胚萌发和成苗的矿质元素。ShiAu等^[60]利用糖浓度 $30 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 1/2MS 培养基培养授粉 120 d 的石斛种子, 其形成原球茎的频率较高, 与曾宋君^[56]的结论相似。 $1 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 以上的 KT、IAA 对胚萌发和成苗起抑制作用; 6-BA、NAA、ABA 和 2, 4-D 等生长激素对胚萌发和胚状体增殖起促进作用, 但具体浓度因种而异^[56, 61]。

椰乳、香蕉汁、马铃薯汁、绿豆芽汁均对胚萌发有明显的促进作用, 在幼胚萌发中以椰乳的效果最好, 在胚状体的成苗中, 马铃薯汁、绿豆芽汁、香蕉汁的效果同椰乳基本相同^[58]。

在石斛试管苗生长过程中, 疏植比密植更有利^[62]。光照强度对春石斛试管苗的生长影响极大, 强光照下表现出非常强的生长势^[63]。

3.2.3 直接诱导芽 Sobhana等^[64]利用 *D. moschatum*、*D. finlaysonianum*、*D. nobile*、*D. crumenatum* 和 *D. pierardii* 等 5 种石斛的腋芽分别以 VW、KC、MS、Morel 培养基附加 $3 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 6-BA 和 $1 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ NAA 来诱导芽的增殖, 结果以 VW 产生的芽数最多。此外, 作者以 VW 培养基附加 BA 或 KT 添加或者不添加 NAA 进行试验, 证实 6-BA 可产生最大数量的丛生芽, 5 种石斛中又以 *D. moschatum* 数量最多。在 *D. nobile* 中产生了相同的效果^[65]。在石斛壮苗生根的培养基中添加植物生长调节剂、有机物质及天然物质, 对根的形成有一定的促进作用^[62, 63, 66]。Nayak等^[67]研究发现 *D. phylloides* 和 *D. moschatum* 的茎节切段作水平放置可以获得再生植株, 而垂直放置的处理则无任何茎芽的发生。

3.2.4 分株繁殖 石斛属于合轴型兰花, 也常采用分株扦插和高芽繁殖法进行繁殖, 以分株繁殖为主。

3.3 病虫害

石斛黑斑病可侵染 2~3 年植株上抽出的新叶, 但老叶基本不被侵染。移植 9 d 后的苗上可见针尖大小的病斑, 随后叶片变黄, 脱落。根据菌种培养, 确定分离的交链孢真菌为黑斑病的病原菌链格孢^[68]。张敬泽等^[69]利用 18 种药剂对此病菌体外抑制作用进行测试, 发现除克菌特外, 所有药

剂对其孢子萌发都有显著的抑制作用,其中代森锰锌和易保等可完全抑制孢子萌发;霉克特和扑海英等对孢子萌发有较强烈的抑制作用。肖火根等^[70]采用 DAC - EL ISE法,检测了来自广东省兰场或兰圃的 159个感病兰花草本,发现建兰叶病毒 (C₂ MV)可感染石斛,植株表现有叶片褪绿条纹、叶面密集黑斑等。在高湿环境下,蜗牛、蚯蚓等也可危害石斛幼茎、嫩叶及花蕾,可采用人工捕杀或撒石灰防治^[68,71]。对于石斛切花中自带的叶螨、斑潜蝇或蚜虫等可采用熏蒸的方法进行处理^[72]。

3.4 花期调控及采后生理的研究

Yu等^[73]利用 mRNA差异显示法,发现 *D. madame*在营养阶段有 53个差异表达的基因,在花期只有 16个专化性表达的基因片段。Campos等^[74]认为利用温周期对侧芽进行处理时,发现激素的变化与光周期控制的开花信号的转导有密切关系。这都为石斛开花机理的研究奠定了基础。而在国内只是提到利用低温、控制水分来促使花芽形成^[75]。

Rattanawisalanon等^[76]对石斛品种 Jew Yuay Tew进行试验,提出 0.5 mmol · L⁻¹的 AOA和浓度为 4%的蔗糖相混合,可以抑制花芽的脱落,延长花朵的寿命。在包装运输之前,利用 25 mg · L⁻¹ 8-羟基喹啉或 100 mg · L⁻¹ 8-HQS + 2%糖可使石斛的瓶插寿命延长到 31 d^[77,78];也可利用 60 min的预冷处理和乙烯吸收剂的结合来减少花芽和花朵的偏向性,促进花芽分化,抑制花瓣凋谢,延长开放时间^[79]。在国内,这方面的研究尚未有人涉及到。

3.5 育种

长期以来,石斛的育种以常规的选育种为主,现已培育出许多性状优良的品种。李涵等^[80]在组培快繁的基础上,用 0.03%的秋水仙素处理齿瓣石斛 (*D. devonianum*)丛生芽,培育出形态上、气孔直径以及染色体数上有明显改变的多倍体植株。此研究将为中国兰花育种开辟新的途径。因石斛对根瘤农杆菌或发根农杆菌不敏感,缺乏合适载体,故在基因工程育种方面的研究较晚。Yang等^[81]已从石斛中分离出色素合成基因,且得以高效表达;而且也利用 Gus报告系统建立了石斛的农杆菌介导遗传转化体系。这都为石斛的育种提供了广阔前景^[82,83]。

4 发展方向

我国石斛资源丰富,但由于较长时期缺乏保护和发展,其生态环境遭到了破坏,野生资源的数量也明显下降。因此我们应该在加强资源保护的基础上,开展以下方面的研究工作:(1)加强我国野生石斛种质资源的评价与利用,并深入研究野生药用石斛的生物学特性,为其保护和人工种植提供理论依据;(2)提高培养物中药成分含量及缩短培养周期,降低离体培养的生产成本,为其规模化生产奠定基础,从而解决资源短缺问题;(3)结合细胞遗传学和分子生物学,分析种间及品种间的亲缘关系,对有利用价值的种质建立分子遗传图谱,为育种所用;(4)利用石斛特异基因的分离克隆、花发育的分子生物学和转基因技术的研究,为育种和花期调节提供新的途径;(5)通过多倍体育种培育具有抗逆性的观赏品种。在各国兰花业竞争日趋激烈的今天,中国兰花要走向世界,只有立足育种资源,加强育种,培育出具有自主知识产权的品种,拥有自己的种源,才能在竞争中站稳脚跟。

参考文献:

- 1 吉占和. 中国石斛属的初步研究. 植物分类学报, 1980, 18 (4): 427 ~ 449
Ji Z H. A preliminary study of the orchid genus *Dendrobium* SW in China. Acta Phytotaxonomica Sinica, 1980, 18 (4): 427 ~ 449 (in Chinese)
- 2 Kranzlin F. Pharmacognostical study of *Dendrobium* plants as the Chinese Drug Shihu. Journ. Shanghai Sci. Inst., 1936, 6: 1 ~ 60
- 3 Smith J J. Die Orchideen Von Java. [s. l.]: [s. n.], 1905. 306 ~ 374
- 4 Schlechter R. Die Orchidaceae von Deutsch-Neu-Guinea. Feddes Repert. Sp. Nov. Beih., 1914, 1: 569 ~ 642
- 5 Holttum R E. Flora of Malaya. Orchids of Malaya, 1953, 1: 258 ~ 339
- 6 Bentham G, Hooker J D. Genera plantarum. vol. 3. London: [s. n.], 1883. 461 ~ 636

- 7 Dressler R L, Dodson C H. Classification and phylogeny in the orchidaceae. *Ann Missouri Bot Gard*, 1960, 47, 25 ~ 68
- 8 Swamy B L G. Embryological studies in the Orchidaceae. *Embryogebv Am. Midland Naturalist*, 1949, 41: 202 ~ 232
- 9 张 智, 霍立业. 霍山石斛营养器官的解剖结构. *安徽农业大学学报*, 1995, 22 (3): 301 ~ 304
Zhang Z, Huo L Y. Anatomic structure of the vegetative organ of *Dendrobium* in Huoshan County. *Journal of Anhui Agricultural University*, 1995, 22 (3): 301 ~ 304 (in Chinese)
- 10 Jones W E, Kuehnle A R, Arumuganathan K. Nuclear DNA content of 26 orchid (Orchidaceae) genera with emphasis on *Dendrobium*. *Annals of Botany*, 1998, 82: 189 ~ 194
- 11 彭 锐, 李泉森, 李隆云. 石斛的分子生物学鉴定—基于 RAPD 分析. *西南农业大学学报*, 2004, 26 (4): 437 ~ 440
Peng R, Li Q S, Li L Y. RAPD-based molecular identification of *Dendrobium* species. *Journal of Southwest Agricultural University*, 2004, 26 (4): 437 ~ 440 (in Chinese)
- 12 张 铭, 黄华荣, 廖苏梅, 高江云. 石斛属 RAPD 分析及鉴定铁皮石斛特异性引物设计. *中国中药杂志*, 2001, 26 (7): 442 ~ 445
Zhang M, Huang H R, Liao S M, Gao J Y. Cluster analysis of *Dendrobium* by RAPD and design of specific primer for *Dendrobium candidum*. *China Journal of Chinese Materia Medica*, 2001, 26 (7): 442 ~ 445 (in Chinese)
- 13 虞 泓, 和 锐, 倪念春, 张时刚. 石斛属 4 种植物的 AFLP 分析. *中草药*, 2004, 35 (7): 808 ~ 810
Yu H, He R, Ni N C, Zhang S G. Fingerprinting analysis of plants of *Dendrobium* Sw. by AFLP. *Chinese Traditional and Herbal Drugs*, 2004, 35 (7): 808 ~ 810 (in Chinese)
- 14 Lan D T, Shaw P C, Wang J. Authentication of medical *Dendrobium* species by the internal transcribed spacer of ribosomal DNA. *Planta Med*, 2001, 67: 456 ~ 460
- 15 徐 红, 李晓波, 丁小余, 王峥涛. 中药黄草石斛 rDNA ITS 序列分析. *药学报*, 2001, 36 (10): 777 ~ 783
Xu H, Li X B, Ding X Y, Wang Z T. rDNA ITS sequencing of *Herba Dendrobium* (Huangcao). *Acta Pharmaceutica Sinica*, 2001, 36 (10): 777 ~ 783 (in Chinese)
- 16 丁小余, 徐珞珊, 徐 红. 曲茎石斛及其近似种鉴别的形态和 DNA 分子证据. *药学报*, 2001, 36 (11): 868 ~ 873
Ding X Y, Xu L S, Xu H. Morphological and DNA molecular evidence for authentication of *Dendrobium flexicaule* from ITS allied species of *Dendrobium*. *Acta Pharmaceutica Sinica*, 2001, 36 (11): 868 ~ 873 (in Chinese)
- 17 罗玉明, 丁小余, 徐珞珊. 细叶石斛的位点特异性 PCR 鉴别. *淮阴师范学院学报*, 2002, 1 (1): 82 ~ 85
Luo Y M, Ding X Y, Xu L S. Allele-specific diagnostic PCR authentication of *D. hancockii* from the other *Dendrobium* species. *Journal of Huaiyin Teachers College*, 2002, 1 (1): 82 ~ 85 (in Chinese)
- 18 滕艳芬, 吴晓俊, 徐 红. 石斛及其常见混淆品的 matK 基因序列比较. *中国药科大学学报*, 2002, 33 (4): 280 ~ 283
Teng Y F, Wu X J, Xu H. A comparison of matK sequences between *Herba Dendrobii* (Shihu) and its adulterant species. *Journal of China Pharmaceutical University*, 2002, 33 (4): 280 ~ 283 (in Chinese)
- 19 丁小余, 王峥涛, 徐 红. 枫斗类石斛 rDNA ITS 区的全序列数据库及其序列分析鉴别. *药学报*, 2002, 37 (7): 567 ~ 573
Ding X Y, Wang Z T, Xu H. Database establishment of the whole rDNA ITS region of *Dendrobium* species of "Feng-dou" and authentication by analysis of their sequences. *Acta Pharmaceutica Sinica*, 2002, 37 (7): 567 ~ 573 (in Chinese)
- 20 张尊建, 王源园, 李 茜. 五种石斛的指纹图谱研究. *中国药科大学学报*, 2003, 34 (6): 534 ~ 540
Zhang Z J, Wang Y Y, Li Q. Studies on the HPLC/UV/MS fingerprints of five kinds of *Dendrobium* (Shi-Hu). *Journal of China Pharmaceutical University*, 2003, 34 (6): 534 ~ 540 (in Chinese)
- 21 刘 咏, 罗建平. 中国药用石斛离体培养的研究进展. *时珍国医国药*, 2005, 16 (4): 295 ~ 297
Liu Y, Luo J P. Research advances on in vitro culture of medicinal *Dendrobium* in China. *Lishizhen Medicine and Materia Medica Research*, 2005, 16 (4): 295 ~ 297 (in Chinese)
- 22 张 明, 陈仕江, 李泉生, 别之龙, 万兆良. 不同栽培条件下金钗石斛总生物碱含量比较. *中药材*, 2001, 24 (10): 707 ~ 708
Zhang M, Chen S J, Li Q S, Bie Z L, Wan Z L. Comparison with the content of total alkaloid of *Dendrobium nobile* in different growing conditions. *Journal of Chinese Medicinal Materials*, 2001, 24 (10): 707 ~ 708 (in Chinese)
- 23 范俊安, 王继生, 张 艳, 任凌燕. 铁皮石斛组培品与野生品的形态组织学和多糖含量比较研究. *中国中药杂志*, 2005, 30 (21): 1648 ~ 1650
Fan J A, Wang J S, Zhang Y, Ren L Y. A comparison of tissue formation and the content of polysaccharide between wild and cultured *Dendrobium candidum*. *China Journal of Chinese Materia Medica*, 2005, 30 (21): 1648 ~ 1650 (in Chinese)
- 24 高培元, 李妮亚, 王 紫. 海南野生石斛中必需微量元素与必需氨基酸的分析. *中国野生植物资源*, 2004, 23 (4): 56 ~ 58
Gao P Y, Li N Y, Wang Z. A comparative study on the content of necessary trace elements and necessary amino-acid of wild *Dendrobium* in Hainan. *Chinese Wild Plant Resources*, 2004, 23 (4): 56 ~ 58 (in Chinese)
- 25 吴庆生, 丁亚平, 杨道麒, 于力文, 檀华蓉, 徐 云. 安徽霍山三种石斛中游离氨基酸分析. *安徽农业科学*, 1995, 23 (3): 268 ~ 271
Wu Q S, Ding Y P, Yang D Q, Yu L W, Tan H Y, Xu Y. Analysis of free amino acids in three kinds of *Dendrobium* in Huoshan of Anhui. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*, 1995, 23 (3): 268 ~ 271 (in Chinese)
- 26 Cribb P. A revision of *Dendrobium* section Latouria. *Kew Bulletin*, 1983, 38: 229 ~ 306

- 27 Tanaka R, Kamemoto H. Chromosomes in orchids: counting numbers. *Orchid biology, reviews and perspectives*. Ithaca: Cornell University Press, 1984. 323 ~ 412
- 28 程式君, 胡志衡, 李秀兰, 陈瑞阳. 国产石斛属染色体研究初报. *园艺学报*, 1985, 12 (2): 119 ~ 124
Chen S J, Hu Z H, Li X L, Chen R Y. A preliminary study on the chromosome of *Dendrobium* in China. *Acta Horticulturae Sinica*, 1985, 12 (2): 119 ~ 124 (in Chinese)
- 29 Samasya K S, Viji M M. Anatomical studies of micropropagated *Dendrobium* plantlets. *Indian Society of Ornamental Horticulture*, 2002. 269 ~ 270
- 30 孙安慈. 兰属、兜兰属、石斛属植物叶片的扫描电镜观察. *武汉植物学研究*, 1995, 13 (4): 289 ~ 294
Sun A C. Anatomical study on the nutritive organs of *Dendrobium huoshanense* investigations on leaves of *Cymbidium*, *Paphiopedilum*, *Dendrobium* under scanning electron microscope. *Journal of Wuhan Botanical Research*, 1995, 13 (4): 289 ~ 294 (in Chinese)
- 31 黎明, 刘保国, 卫红, 刘秋原. 细叶石斛营养器官的解剖学研究. *河南农业科学*, 2005, 5: 58 ~ 61
Li M, Liu B G, Wei H, Liu Q Y. Anatomical study on the nutritive organs of *Dendrobium hancocki*. *Journal of Henan Agricultural Sciences*, 2005, 5: 58 ~ 61 (in Chinese)
- 32 李秀. 石斛属几种石斛茎解剖学研究. *云南师范大学学报*, 2002, 22 (5): 48 ~ 49
Li X. Dissection study of some *Dendrobium* stems. *Journal of Yunnan Normal University*, 2002, 22 (5): 48 ~ 49 (in Chinese)
- 33 丁小余, 徐珞珊, 王峥涛, 施国新, 徐红. 铁皮石斛种群差异的研究 () ——植物体形态结构的差异. *中草药*, 2001, 32 (9): 828 ~ 831
Ding X Y, Xu L S, Wang Z T, Shi G X, Xu H. Studies on population difference of *Dendrobium officinale*. Differences in morphological structure. *Chinese Traditional and Herbal Drugs*, 2001, 32 (9): 828 ~ 831 (in Chinese)
- 34 黎明, 苏金乐, 武荣花, 杨芳绒. 铁皮石斛营养器官的解剖学研究. *河南农业大学学报*, 2001, 35 (2): 125 ~ 129
Li M, Su J L, Wu R H, Yang F R. Anatomical study on the nutritive organs of *Dendrobium candidum*. *Journal of Henan Agricultural University*, 2001, 35 (2): 125 ~ 129 (in Chinese)
- 35 刘志强, 邢红华, 赵艳玲, 王俊丽. 曲茎石斛营养器官的解剖学研究. *河南科学*, 2002, 20 (2): 152 ~ 156
Liu Z Q, Xing H H, Zhao Y L, Wang J L. The anatomical study on nutritive organs of *Dendrobium flexicaule*. *Henan Science*, 2002, 20 (2): 152 ~ 156 (in Chinese)
- 36 唐树梅, 陈雪华, 饶义平. 养分胁迫条件下石斛兰叶片表面结构的电镜观察. *电子显微学报*, 1999, 18 (5): 503 ~ 506
Tang S M, Chen X H, Rao Y P. Scanning electron microscopic observation on leaves surface structure of *Dendrobium* under nutrition stress. *Journal of Chinese Electron Microscopy Society*, 1999, 18 (5): 503 ~ 506 (in Chinese)
- 37 张明, 银福军, 陈仕江, 别之龙, 任凌燕. 金钗石斛根系的形态解剖学研究. *中国中药杂志*, 2001, 26 (6): 384 ~ 385
Zhang M, Yin F J, Chen S J, Bie Z L, Ren L Y. Researchs on morphology and anatomy of root system of *Dendrobium nobile* Lindl. *China Journal of Chinese Materia Medica*, 2001, 26 (6): 384 ~ 385 (in Chinese)
- 38 高江云. 西双版纳石斛资源的保护利用. *园艺学报*, 1996, 23 (2): 60 ~ 64
Gao J Y. Conservation and utilization of *Dendrobium* plants in Xishuangbanna. *Acta Horticulturae Sinica*, 1996, 23 (2): 60 ~ 64 (in Chinese)
- 39 朱艳, 秦民坚. 促进铁皮石斛试管苗移栽成活的研究. *中国野生植物资源*, 2004, 23 (3): 62 ~ 63
Zhu Y, Qin M J. Study on improvement of survival rate of *Dendrobium candidum* plantlets from tissue culture transplanted into soil. *Chinese Wild Plant Resources*, 2004, 23 (3): 62 ~ 63 (in Chinese)
- 40 张明, 陈仕江, 李泉森, 别之龙. 金钗石斛驯化栽培的基质研究. *中药材*, 2001, 24 (9): 628
Zhang M, Chen S J, Li Q S, Bie Z L. Study on growing media on growth of *Dendrobium nobile*. *Journal of Chinese Medicinal Materials*, 2001, 24 (9): 628 (in Chinese)
- 41 唐树梅, 漆智平. 石斛兰营养特性及施肥技术初探. *园艺学报*, 1999, 26 (3): 184 ~ 187
Tang S M, Qi Z P. Study on the nutrition properties of *Dendrobium* and the fertilization technique. *Acta Horticulturae Sinica*, 1999, 26 (3): 184 ~ 187 (in Chinese)
- 42 吴丽坤. 檀香石斛兰的栽培技术. *福建热作科技*, 2001, 26 (2): 27 ~ 28
Wu L K. The planting techniques of *Dendrobium parishii*. *Fujian Science and Technology of Tropical Crops*, 2001, 26 (2): 27 ~ 28 (in Chinese)
- 43 夏鸿西, 朱利泉, 张明, 张玉进, 别之龙. 植物生长调节剂对石斛生长的影响. *园艺学报*, 1999, 26 (4): 275 ~ 276
Xia H X, Zhu L Q, Zhang M, Zhang Y J, Bie Z L. The effect of different plant growth regulators on growth of *Dendrobium nobile*. *Acta Horticulturae Sinica*, 1999, 26 (4): 275 ~ 276 (in Chinese)
- 44 吕献康, 徐春华, 舒小英. 3种石斛的光合特性研究. *中草药*, 2004, 35 (11): 1296 ~ 1298
Lü X K, Xu C H, Shu X Y. Chinese characteristics of photosynthesis in three *Dendrobium* species. *Chinese Traditional and Herbal Drugs*, 2004, 35 (11): 1296 ~ 1298 (in Chinese)
- 45 丑敏霞, 朱利泉, 张玉进. 光照强度对石斛生长与代谢的影响. *园艺学报*, 2000, 27 (5): 380 ~ 382
Chou M X, Zhu L Q, Zhang Y J. Effect of light intensity on the growth and metabolism of *Dendrobium nobile* Lindl. *Acta Horticulturae Sinica*, 2000, 27 (5): 380 ~ 382 (in Chinese)

- 46 丑敏霞, 朱利泉, 张玉进, 张 明. 不同光照强度和温度对金钗石斛生长的影响. 植物生态学报, 2001, 25 (3): 325 ~ 330
Chou M X, Zhu L Q, Zhang Y J, Zhang M. Effect of light intensities and temperatures on growth of *Dendrobium nobile* Lindl. Acta Phytocologica Sinica, 2001, 25 (3): 325 ~ 330 (in Chinese)
- 47 陈仕江, 张 明, 丑敏霞, 别之龙, 朱利泉. 金钗石斛生长的最适光温研究. 中国中药杂志, 2002, 27 (7): 809 ~ 810
Chen S J, Zhang M, Chou M X, Bie Z L, Zhu L Q. Studies on the daylength and temperature for plant of *Dendrobium nobile*. China Journal of Chinese Materia Medica, 2002, 27 (7): 809 ~ 810 (in Chinese)
- 48 Nasiruddin KM, Begum R, Yasmin. Protocom like bodies and plantlet regeneration from *Dendrobium fimbriatum* leaf callus. Asian Journal of Plant Sciences, 2003, 2 (13): 955 ~ 957
- 49 李任珠, 刘国民, 潘学峰. 杂种石斛兰组织培养的研究. 海南大学学报自然科学版, 1995, 13 (4): 315 ~ 318
Li R Z, Liu G M, Pan X F. A study on the tissue cultures of hybrid *Dendrobium*. Natural Science Journal of Hainan University, 1995, 13 (4): 315 ~ 318 (in Chinese)
- 50 赵天榜, 陈天秀, 陈占宽, 易明林. 石斛组织培养与栽培技术的研究. 河南农业大学学报, 1994, 28 (2): 128 ~ 133
Zhao T B, Chen T X, Chen Z K, Yi M L. Study on *Dendrobium* tissue culture and planting techniques. Acta Agriculturae Universitatis Henanensis, 1994, 28 (2): 128 ~ 133 (in Chinese)
- 51 Puchooa D. Comparison of different culture media for the in vitro culture of *Dendrobium* (Orchidaceae). International Journal of Agriculture and Biology, 2004 (5): 884 ~ 888
- 52 黄志明, 林庆良, 余慧敏. 蝴蝶石斛工厂化育苗技术的研究. 莆田学院学报, 2002, 9 (3): 22 ~ 26
Huang Z M, Lin Q L, She H M. A study on the industrial breeding technology. Journal of Putian University, 2002, 9 (3): 22 ~ 26 (in Chinese)
- 53 Malabadi R B, Mulgund G S, Nataraja. Micropropagation of *Dendrobium nobile* from shoot tip sections. Journal of Plant Physiology, 2005, 162 (4): 473 ~ 478
- 54 王光远, 刘 培, 许智宏, 蔡南海. 石斛离体培养中 ABA 对诱导花芽形成的影响. 植物学报, 1995, 37 (5): 374 ~ 378
Wang G Y, Liu P, Xu Z Y, Cai N H. Effect of ABA on the in vitro induction of floral buds of *Dendrobium candidum* Wall. ex Lindl. Acta Botanica Sinica, 1995, 37 (5): 374 ~ 378 (in Chinese)
- 55 Faria R T de, Rodrigues F N, Oliveira L, do V R. Muller C. In vitro *Dendrobium nobile* plant growth and rooting in different sucrose concentrations. Horticultura Brasileira, 2004, 22: 4, 780 ~ 783
- 56 曾宋君, 程式君, 张京丽, 赵逢畔. 五种石斛兰的胚培养及其快速繁殖研究. 园艺学报, 1998, 25 (1): 75 ~ 80
Zeng S J, Cheng S J, Zhang J L, Zhao F B. Embryo culture and propagation of *Dendrobium* in vitro. Acta Horticulturae Sinica, 1998, 25 (1): 75 ~ 80 (in Chinese)
- 57 Sobhana A, Rajeevan P K. Refinement of embryo culture medium in *Dendrobium*. Indian Society of Ornamental Horticulture, 2002 (1): 134 ~ 138
- 58 查学强, 罗建平, 石 玮, 姜绍通. 金属离子对霍山石斛类原球茎增殖及植株再生的影响. 园艺学报, 2006, 33 (1): 79 ~ 181
Cha X Q, Luo J P, Shi W, Jiang S T. Effects of metal ions on protocom-like body proliferation in liquid culture of *Dendrobium huoshanense* and plantlet regeneration. Acta Horticulturae Sinica, 2006, 33 (1): 79 ~ 181 (in Chinese)
- 59 罗 岚, 关仕港, 刘建昌, 林少娟. 秋石斛离体快速繁殖研究. 佛山科学技术学院学报. 2004, 22 (2): 69 ~ 71
Luo L, Guan S G, Liu J C, Lin S J. Study of rapid propagation of *Dendrobium*. Journal of Foshan University (Natural Science Edition), 2004, 22 (2): 69 ~ 71 (in Chinese)
- 60 Shiau Y J, Nalawade S M, Hsia C N. In vitro cellular and development biology. Plant, 2005, 41 (5): 666 ~ 670
- 61 张 铭, 朱 峰, 魏小勇, 罗紫娟. 铁皮石斛种胚萌发和原球茎质量控制. 浙江大学学报, 2000, 27 (1): 92 ~ 94
Zhang M, Zhu F, Wei X Y, Luo Z J. Germination of *Dendrobium candidum* embryos and quality control of protocom-like bodies. Journal of Zhejiang University (Sciences Edition), 2000, 27 (1): 92 ~ 94 (in Chinese)
- 62 周华伟, 李世君, 钱秀红, 龚鸿飞. 组织培养中若干因素对石斛兰试管苗生长的影响. 浙江农业大学学报, 1995, 21 (6): 622 ~ 624
Zhou H W, Li S J, Qian X H, Gong H F. Effects of some factors on the plantlets' growth of *Dendrobium* in tissue culture. Journal of Zhejiang Agricultural University, 1995, 21 (6): 622 ~ 624 (in Chinese)
- 63 Kukulczanka K, Wojciechowska U. Propagation of two *Dendrobium* species by in vitro culture. Acta Horticultutae, 1983, 105 ~ 110
- 64 Sobhana A, Rajeevan P K. In vitro multiple shoot production in *Dendrobium* as influenced by cytokinin. Journal of Ornamental Horticulture, 1993 (2): 1
- 65 王 琳, 叶庆生, 刘 伟. 金钗石斛研究概况 (综述). 亚热带植物科学, 2004, 33 (2): 73 ~ 76
Wang L, Ye Q S, Liu W. A review of advances in research on *Dendrobium nobile*. Subtropical Plant Science, 2004, 33 (2): 73 ~ 76 (in Chinese)
- 66 朱 艳, 秦民坚. 铁皮石斛茎段诱导丛生芽的研究. 中国野生植物资源, 2003, 22 (2): 56 ~ 57
Zhu Y, Qin M J. Cluster shoots induction from stem segments of *Dendrobium candidum*. Chinese Wild Plant Resources, 2003, 22 (2): 56 ~ 57 (in Chinese)
- 67 Nayak N R, Rath S P, Satyanarayan P. In vitro propagation of three epiphytic orchid, *Cymbidium alofolium* (L.) Sw., *Dendrobium*

- aphyllum* (Roxb) Fisch, and *Dendrobium moschatum* (Buchham) sw. through thidiazuron induced high frequency shoot proliferation. *Scientia Horticulturae*, 1997, 71 (3-4): 243
- 68 张敬泽, 郑小军. 铁皮石斛黑斑病原菌的鉴定和侵染过程的细胞学研究. *植物病理学报*, 2004, 34 (1): 92~94
Zhang J Z, Zheng X J. Identification of an *Alternaria* species associated with *Dendrobium candidum* and cytological study on its infection process. *Acta Phytopathologica Sinica*, 2004, 34 (1): 92~94 (in Chinese)
- 69 张敬泽, 方钰蓉, 张海松, 程方民. 铁皮石斛黑斑病菌室内药效试验. *植物保护*, 2005, 31 (1): 44~47
Zhang J Z, Fang Y R, Zhang H S, Cheng F M. Efficacy tests on fungicides of *Alternaria tenuissima* in the laboratory. *Plant protection*, 2005, 31 (1): 44~47 (in Chinese)
- 70 肖火根, 郑冠标, 张曙光, 高乔婉. 广东兰花病毒病的鉴定和检测研究. *华南农业大学学报*, 1996, 17 (1): 21~26
Xiao H G, Zheng G B, Zhang S G, Gao Q W. Studies on the identification and detection of orchids viruses in Guangdong province. *J. South China Agr Univ*, 1996, 17 (1): 21~26 (in Chinese)
- 71 李铭宗. 铁皮石斛的生物学特性和人工栽培. *福建热作科技*, 1999, 24 (1): 29~31
Li M Z. Biological features and planting of *Dendrobium candidum*. *Fujian Science & Technology of Tropical Crops*, 1999, 24 (1): 29~31 (in Chinese)
- 72 丁元明, 王龙文, 刘忠善, 骆瑞方. 溴甲烷熏蒸处理鲜切花及其害虫的试验. *植物检疫*, 2003, 17 (4): 202~206
Ding Y M, Wang L W, Liu Z S, Luo R F. Experiment in methyl bromide fumigation of fresh cut flowers and their pest insects. *Plant Quarantine*, 2003, 17 (4): 202~206 (in Chinese)
- 73 Yu H, Goh C J. Differential gene expression during floral transition in an orchid hybrid *Dendrobium madame* Thong-In. *Plant Cell Reports*, 2000, 19 (9): 926~931
- 74 Campos K, Kerbaui G B. Thermoperiodic effect on flowering and endogenous hormonal status in *Dendrobium* (Ochidaceae). *Journal of Plant Physiology*, 2004, 161 (12): 1385~1387
- 75 李振坚, 王 雁. 春石斛的花期调控. *中国花卉园艺*, 2005 (4): 20~23
Li Z J, Wang Y. The flowering control of *Dendrobium*. *China Flower and Horticulture*, 2005 (4): 20~23 (in Chinese)
- 76 Rattanawisalanon C, Ketsa S, Doom W G van. Effect of aminooxyacetic acid and sugars on the vase life of *Dendrobium* flowers. *Postharvest Biology and Technology*, 2003, 29 (1): 93~100
- 77 Dineshbabu M, Jawaharlal M, Vijayakumar M. Influence of holding solutions on the post harvest life of *Dendrobium* hybrid Sonia ~ 17. *South Indian Horticulture*, 2002, 50 (4/6): 451~457
- 78 Bahu M D, Jawaharlal W, Vijayakumar M. Effect of chemical preservatives in packaging of *Dendrobium*. *Indian Society of Ornamental Horticulture*, 2002, 1: 273~274
- 79 Ketsa S, Insabai W, Doom W G van. Effect of precooling and ethylene absorbent on the quality of *Dendrobium* 'Pompadour' flowers. *Acta Horticulturae*, 2005, 669 (2): 367~371
- 80 李 涵, 郑思乡, 李枝林, 余朝秀. 齿瓣石斛多倍体育种研究初报. *中国农学通报*, 2004, 20 (4): 198~199
Li H, Zheng S X, Li Z L, Yu C X. Preliminary study on polyploid of *Dendrobium devonianum*. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2004, 20 (4): 198~199 (in Chinese)
- 81 Yang H H, Chua N H. Isolation and characterization of genes involved in the pigment biosynthesis of orchids. *Proceedings of 13th World Orchid Conference*, 1990. 48
- 82 Men S, Ming X, Wang Y. Genetic transformation of two species of orchid by biolistic bombardment. *Plant Cell Reports*, 2003, 21: 592~598
- 83 宋希强, 罗毅波, 钟云芳, 张启翔. 石斛属植物生物技术研究概况. *园艺学报*, 2005, 32 (5): 741~747
Song X Q, Luo Y B, Zhong Y F, Zhang Q X. Advances in the biotechnology of *Dendrobium* Orchid. *Acta Horticulturae Sinica*, 2005, 32 (5): 741~747 (in Chinese)