广东农业科学 2018，45（10）：30-38
Guangdong Agricultural Sciences doi：10.16768/j.issn.1004-874X.2018.10.005

宿庆连，易懋升，周晓云，等 . 药用石斛育种方法研究进展［J］. 广东农业科学，2018，45（10）：30-38.

药用石斛育种方法研究进展

宿庆连[1]，易懋升[1]，周晓云[1]，张志胜[2]
（1. 广州花卉研究中心，广东 广州 510360；
2. 华南农业大学林学与风景园林学院，广东 广州 510642）

摘 要：石斛是传统的名贵中药材，具有益胃生津、滋阴清热、润肺止咳、明目强身、增强免疫力、抗肿瘤、抗衰老等功效，被广泛应用于药品、保健食品、食品、化妆品领域。鉴于石斛具有较高的药用价值和经济价值，近年来药用石斛育种、组培与栽培技术研究得到快速发展。从种质资源多样性调查、收集保存与评价、品种杂交育种研究及诱变育种技术、倍性育种技术和基因工程育种技术在药用石斛新种质选育的应用等多个方面，介绍了国内近 10 多年来药用石斛资源收集保存与评价现状，杂交育种成果及利用现代生物技术育种情况等育种进展，提出了今后应加强药用石斛药材控制性质量标准研发，资源收集保存、种质资源圃的建设，充分利用传统育种和现代生物技术优势开展药用石斛育种研究等建议，并对今后工作进行了展望。

关键词：药用石斛；杂交育种；诱变育种；倍性育种；基因工程
中图分类号：S567. 23 **文献标识码：**A **文章编号：**1004-874X（2018）10-0030-09

Research advances on breeding of pharmaceutical *Dendrobium* in China

SU Qing-lian[1], YI Mao-sheng[1], ZHOU Xiao-yun[1], ZHANG Zhi-sheng[2]
（1. *Guangzhou Flower Research Center, Guangzhou* 510360, *China;*
2. *College of Forestry and Landscape Architecture,*
*South China Agricultural University, Guangzhou*510642, *China*）

Abstract: *Dendrobium* is a kind of traditional and precious Chinese medicinal material, which has the functions of nourishing stomach, nourishing yin and clearing heat, moistening lung and relieving cough, strengthening body, enhancing immunity, anti-tumor and anti-aging. It is widely used in the fields of medicine, health food, daily food and cosmetics. In view of the high medical and economic value of medicinal *Dendrobium*, breeding, tissue culture and cultivation techniques have developed rapidly. In this paper, the present situation of collection, conservation and evaluation of medicinal *Dendrobium* resources in China in recent ten years was introduced from the aspects of investigation of germplasm diversity, collection, conservation and evaluation, cross breeding, mutation breeding, ploidy breeding and genetic engineering breeding. The results of breeding and the progress of using modern biotechnology in breeding are summarized. It is suggested that the research and development of quality control standards for medicinal *Dendrobium* should be strengthened in the future, the collection and preservation of resources, germplasm bank building, and the full utilization of the advantages of traditional breeding and modern biotechnology in the research of medicinal *Dendrobium* breeding.

Key words: pharmaceutical *Dendrobium*; cross breeding; mutagenic breeding; ploidy breeding; genetic engineering breeding

---

收稿日期：2018-06-27
基金项目：广东省科技计划项目（2013B020401006，2015A020209118）；广州市农业局农业科技专项（1510520）
作者简介：宿庆连（1972-），男，硕士，高级农艺师，E-mail：suqlian@126.com

石斛是兰科（Orchidaceae）石斛属（*Dendrobium*）植物的总称。石斛为多年生草本植物，全世界约有 1 500 余个原生种，我国以云南、广西、广东、海南、贵州和台湾等省区为分布中心，已经证实的石斛种类有 79 种[1]。石斛是极具观赏价值和药用价值的典型植物，作为园艺植物，石斛花具香气、花期长，花色鲜艳，与蝴蝶兰、卡特兰、大花蕙兰并称 “四大洋兰”，具有极高的观赏价值；作为药用植物，传统中医认为石斛具益胃生津、滋阴清热、润肺止咳、明目强身等功效，现代药理研究表明石斛还具增强免疫力、抗肿瘤、抗衰老等功效，也具有极高的药用价值，目前石斛不仅是石斛夜光丸、石斛清胃散、百花散等成药的主要配伍成分，还是主要高级保健品的主要原料，不仅在中国被广泛应用于药品、保健食品、食品、化妆品领域，在美国、韩国和日本，石斛提取物也被广泛应用于药品、化妆品领域[2]。

石斛作为传统名贵中药材，受资源短缺和市场供应影响，中国药典（2010 版）仅收载 5 种，即铁皮石斛（*Dendrobium officinale*）、金钗石斛（*D. nobile*）、流苏石斛（*D. fimbriatum*）、美花石斛（*D. loddigesii*）、束花石斛（*D. chrysanthum*），但实际供药用的石斛属植物多达 30 余种[3]。一直以来，人们在石斛中药化学、药理学、栽培学等方面已做了大量的工作并取得了显著成果[4]，但在石斛新种质选育等方面相对滞后。近年随着人们生活品质的提高和相关研究的不断深入，其药用石斛种质和开发利用也越来越受到国内外的关注。本文通过分析近几年有关药用石斛种质创新的文献资料，从国内种质资源收集鉴定与评价、杂交育种、诱变育种、倍性育种和基因工程育种等方面综述药用石斛种质创新现状和研究成果，旨在为深入开展药用石斛种质创新工作提供参考。

1　药用石斛种质资源收集与评价

1.1　可利用药用石斛种质资源的调查研究

国内石斛原生种是药用石斛道地种质来源。在我国，原产石斛原生种有 79 种（表 1），由于过度开采和人为环境破坏等原因，导致石斛野生种质极为匮乏，可利用种质多为人工栽培种。据统计，国内栽培的仅有铁皮石斛、金钗石斛、流苏石斛、美花石斛、束花石斛、鼓槌石斛、霍山石斛、齿瓣石斛等主要栽培种，以及细茎石斛、细叶石斛、钩状石斛、叠鞘石斛、报春石斛、球花石斛、密花石斛、玫瑰石斛、杯鞘石斛、大苞鞘石斛、兜唇石斛、晶帽石斛、黑毛石斛、短棒石斛、罗河石斛、重唇石斛、海南石斛、串珠石斛等 30 余种药用石斛种[5-6]，大部分石斛原生种仍未加以重视和利用，开展药用石斛种质创新，还应尽快做好分布中心与主产区品种调查，尽可能地丰富现有的可利用的石斛原生资源。

产地不同，石斛药材的质量也不同。诸燕对从浙江、云南两省 12 个地区收集到的 17 个栽培群体 140 余份铁皮石斛资源进行多糖、生物碱、金属元素含量测定，结果表明不同产地的铁皮石斛总生物碱含量存在显著差异[7]；李永清、徐旭栋等分别利用 ISSR 和 SCo T 证实铁皮石斛群体存在丰富的遗传多样性[8-9]，张明宇等利用 DALP 分析也证实金钗石斛不同居群间存在较高水平的遗传分化[10]。说明在药用石斛种质资源收集利用上，应重视同种石斛不同产地的种质差异。

石斛有丰富的园艺栽培种。据统计，目前石斛已选育出上万个栽培种[11]。为了进一步开拓春石斛杂交种在药用方面的潜在价值，章金辉等比较金钗石斛与杂交种多糖、生物碱、氨基酸和矿质元素等含量后认为，在茎多糖含量方面，石斛杂交种与野生金钗石斛无显著差异，甚至有个别品种优于野生金钗石斛；茎段总生物碱含量方面，Red Cat1 杂交种总生物碱含量达到野生金钗石斛的 50%左右，具有替代药用石斛原生种的开发价值[12-13]。王再花等比较了栽培品种 *Dendrobium* Second Love‘Tokimeki’与金钗石斛的多糖免疫活性，结果相近，同样认为具有良好的药用开发价值[14]。据调查，观赏石斛多为金钗石斛、鼓槌石斛、球花石斛、密花石斛等杂交种，拓宽药用石斛资源的调查范围、筛查药用成分含量较高的园艺品种，也是丰富药用石斛资源的重要途径。

表 1　分布于国内的石斛原生种[1]

序号	种名	学名	组别	序号	种名	学名	组别
1	剑叶石斛	*D. acinaciforme*	鳞叶组	41	大苞鞘石斛	*D. wardianum*	模式组
2	刀叶石斛	*D. terminale*	鳞叶组	42	广东石斛	*D. wilsonii*	模式组
3	钩状石斛	*D. aduncum*	短花组	43	反瓣石斛	*D. ellipsophyllum*	心叶组
4	重唇石斛	*D. hercoglossum*	短花组	44	矮石斛	*D. bellatulum*	黑毛组
5	长爪石斛	*D. chameleon*	矩形组	45	翅萼石斛	*D. cariniferum*	黑毛组
6	西畴石斛	*D. xichouensis*	矩形组	46	喉红石斛	*D. christyanum*	黑毛组
7	鼓槌石斛	*D. chrysotoxum*	灯笼组	47	高山石斛	*D. infundibulum*	黑毛组
8	密花石斛	*D. densiflorum*	灯笼组	48	长距石斛	*D. longicornu*	黑毛组
9	小黄花石斛	*D. jenkinsii*	灯笼组	49	翅梗石斛	*D. trigonopus*	黑毛组
10	聚石斛	*D. lindleyi*	灯笼组	50	华石斛	*D. sinense*	黑毛组
11	具槽石斛	*D. sulcatum*	灯笼组	51	黑毛石斛	*D. williamsonii*	黑毛组
12	球花石斛	*D. thyrsiflorum*	灯笼组	52	长苏石斛	*D. brymerianum*	寡花组
13	兜唇石斛	*D. aphyllum*	模式组	53	短棒石斛	*D. capillipes*	寡花组
14	铁皮石斛	*D. officinale*	模式组	54	线叶石斛	*D. chryseum*	寡花组
15	束花石斛	*D. chrysanthum*	模式组	55	叠鞘石斛	*D. dneanum*	寡花组
16	玫瑰石斛	*D. crepidatum*	模式组	56	金草石斛	*D. dixanthum*	寡花组
17	晶帽石斛	*D. crystallinum*	模式组	57	流苏石斛	*D. fimbriatum*	寡花组
18	齿瓣石斛	*D. devonianum*	模式组	58	曲轴石斛	*D. gibsonii*	寡花组
19	串珠石斛	*D. falconeri*	模式组	59	细叶石斛	*D. hancockii*	寡花组
20	梵净山石斛	*D. fanjingshanense*	模式组	60	疏花石斛	*D. henryi*	寡花组
21	棒节石斛	*D. findleyanum*	模式组	61	苏瓣石斛	*D. harveyanum*	寡花组
22	曲茎石斛	*D. flexicaule*	模式组	62	金耳石斛	*D. hookerianum*	寡花组
23	伏牛山石斛	*D. funiushanense*	模式组	63	夹江石斛	*D. jiajiangense*	寡花组
24	杯鞘石斛	*D. gratiosissimum*	模式组	64	罗河石斛	*D. lohohense*	寡花组
25	河南石斛	*D. henanense*	模式组	65	勐腊石斛	*D. menglaense*	寡花组
26	尖刀唇石斛	*D. heterocarpum*	模式组	66	杓唇石斛	*D. moschatum*	寡花组
27	霍山石斛	*D. huoshanense*	模式组	67	丽石斛	*D. pulchellum*	寡花组
28	菱唇石斛	*D. leptocladum*	模式组	68	红花石斛	*D. goldschmidtianum*	鸟脚组
29	樱石斛	*D. linawianum*	模式组	69	鸽石斛	*D. crumenatum*	基肿组
30	喇叭唇石斛	*D. lituiflorum*	模式组	70	燕石斛	*D. equitans*	基肿组
31	美花石斛	*D. loddigesii*	模式组	71	景洪石斛	*D. exile*	基肿组
32	细茎石斛	*D. moniliforme*	模式组	72	针叶石斛	*D. pseudotenellum*	基肿组
33	金钗石斛	*D. nobile*	模式组	73	草石斛	*D. compactum*	草叶组
34	麝香石斛	*D. parishii*	模式组	74	勐海石斛	*D. minutiflorum*	草叶组
35	琉球石斛	*D. okinawense*	模式组	75	藏南石斛	*D. monticola*	草叶组
36	肿节石斛	*D. pendulum*	模式组	76	单葶草石斛	*D. porphyrochilum*	草叶组
37	报春石斛	*D. primulinum*	模式组	77	梳唇石斛	*D. strongylanthum*	草叶组
38	滇桂石斛	*D. scoriarum*	模式组	78	海南石斛	*D. hainanense*	圆柱鳞叶组
39	王亮石斛	*D. wangliangii*	模式组	79	少花石斛	*D. parciflorum*	圆柱鳞叶组
40	黄绿石斛	*D. tosaense*	模式组				

1.2　药用石斛种质资源的收集保存与评价

石斛种质资源保存和资源圃建设工作得到充分重视。自 2001 年生物资源上升为国家安全战略资源以来，北京于 2004 年依托北京中医药

大学，在贵州黔西南建立国内首个药用石斛种质资源圃，收集石斛属植物 30 多个种、种质资源 35 份[15]；福建于 2012 年由三明市农业科学院从云南和福建收集野生石斛资源 31 份开展创新研究[16]等；浙江 2012 年前后，以浙江农林大学为代表的科研院所和一些生产企业针对铁皮石斛创新利用收集了浙江、广西、云南、贵州、江西、湖南、安徽、福建等省份石斛属物种 40 余个，铁皮石斛种质资源 300 余份，并建立了药用石斛种质资源库[17]。广东也是最早开展石斛资源收集和品种选育的重点省份之一，2002 年起，广东名优花卉种质资源圃、南药种质资源圃等开始建设、广东省农业科学院环境园艺研究所和作物研究所、广州花卉研究中心开展了药用石斛的资源收集和品种选育工作，目前广东省农科院环境园艺研究所已收集石斛属资源 112 份，广州花卉研究中心已收集原生种资源 85 个、栽培种 64 个，其中包括铁皮石斛、金钗石斛、流苏石斛、美花石斛、束花石斛等 30 多个具有较高药用价值的种质资源。

石斛种质资源评价工作相对滞后。在药用石斛资源质量评价上，目前《中国药典》仅对资源丰富、产量较大的种如铁皮石斛、金钗石斛、鼓槌石斛、流苏石斛等的指标性成分加以控制，对其他种石斛尚无质量控制标准。在种质资源选育利用评价上，斯金平等从多糖、生物碱、氨基酸、金属元素含量等质量性状以及抗寒性、抗病虫害能力、萌蘖能力、外观等农艺性状方面对铁皮石斛差异性进行评价，发现一批多糖含量、抗寒性、萌蘖性、生长速度等特异的铁皮石斛种质[17]。张鹏博等从茎秆颜色、茎长、茎粗、茎节数、叶面积等主要表型性状和石斛多糖含量方面，对 80 份野生铁皮石斛资源开展收集评价[18]。从目前种质资源评价利用情况来看，药用石斛种质资源评价利用仅限于铁皮石斛等少数种。

2　药用石斛育种方法

2.1　杂交育种

杂交育种是目前药用石斛品种创新和种质改良的主要手段。在杂交育种技术研究上，罗焕明等选用鼓槌石斛、兜唇石斛、铁皮石斛、金钗石斛、报春石斛和翅梗石斛进行自花授粉、同株异花授粉、异株授粉和自然授粉的结果表明，人工异株授粉能大大提高石斛属植物的结实率，铁皮石斛自花授粉的结实率以开花第 2~3 d 结实率最高可达 36.7%[19]；潘春香等测定了玫瑰石斛、鼓槌石斛、细茎石斛和金钗石斛 4 种药用石斛种间亲和力，结果表明 4 种石斛种间亲和力较高，不存在远缘杂交不育性，花期授粉成功率较高[20]；李振坚等以晶帽石斛、鼓槌石斛、兜唇石斛、大苞鞘石斛、杯鞘石斛、齿瓣石斛等 6 个石斛兰原种为亲本进行自交，结果多数株间自交结实率高于株内自交，株间自交鼓槌石斛和兜唇石斛授粉结实率＞ 80%，株内大苞鞘石斛的自交亲和力高、晶帽石斛的自交亲和力低[21]。朱胜蕾按 Schlechter 分组把石斛分成 12 个“组”中，通过检索英国皇家园艺学会（RHS）中兰花登录情况分析认为模式组、黑毛组组内杂交更易产生后代，短花组、灯笼组、心叶组、寡花组、鸟脚组组间杂交更易产生后代，优秀石斛兰品种组内杂交种和组间杂交种比例相当，组内杂交种黑毛组最多，组间杂交种蝴蝶组和羚羊组最多等[1]，从谱系关系上揭示药用石斛杂交工作开展方向。在药用石斛种质改良上，蔡永萍通过杂交技术以霍山石斛、细茎石斛为母本对霍山石斛进行种质改良，结果表明其 F_1 代的年生茎鲜重分别为亲本霍山石斛、细茎石斛的 4.23、1.11 倍，产量分别为亲本的 3.91、1.11 倍，有效药用成分和营养成分优于细茎石斛，比霍山石斛略低，F_1 代石斛多糖复合物的结构特征与两亲本相似，杂交后代石斛多糖的结构特征没有较大的变化，F_1 代石斛多糖复合物的体外清除自由基的作用与两亲本相似，杂交不影响其后代石斛多糖体外清除自由基的能力[22]，揭示了药用石斛可以通过人工杂交技术进行品质提升和种质改良。

药用石斛品种选育取得了阶段性成果。从表2、表3可以看出，目前药用石斛已选育出新种质54个，按审定和登记地区划分，云南选育品种34个、广东11个、浙江5个、广西2个、

四川1个、福建1个，以云南最多；从品种上划分，铁皮石斛有38个、齿瓣石斛5个、金钗石斛1个、叠鞘石斛1个、鼓槌石斛1个、兜唇石斛1个、球花石斛1个、细茎石斛1个、霍山石斛1个；从药用石斛育种现状来看，目前仍以选育铁皮石斛品种为主[17, 23-24]，齿瓣石斛[25]、金钗石斛、鼓槌石斛[26]、叠鞘石斛[27]等也有新品种推出，但总体数量相对偏少。

表 2　广东、浙江等主产区审（认）定的石斛品种

年份	审（认）定编号	品种名称	品种来源	选育单位
2006	浙认药 2006001	天斛 1 号铁皮石斛	临安天目山铁皮石斛野生种驯化	杭州天目山永安集团有限公司
2008	浙品认 2008051	森山 1 号铁皮石斛	铁皮石斛野生种驯化	浙江森宇实业有限公司
2008	浙认药 2008003	仙斛 1 号铁皮石斛	铁皮石斛野生种驯化	浙江寿仙谷珍稀植物药研究院，浙江省农业科学院园艺研究所
2011	粤审药 2011001	中科 1 号铁皮石斛	云南广南引进铁皮石斛（T13）多代自交选育	中国科学院华南植物园、广州宝健源农业科技有限公司
2011	浙（非）审药 2011001	仙斛 2 号铁皮石斛	铁皮石斛野生种驯化	金华寿仙谷药业有限公司，浙江省农业科学院园艺研究所等
2012	桂审药 2012001 号	桂斛 1 号铁皮石斛	广西西林铁皮石斛野生种子苗筛选单株培育	广西农业科学院生物技术研究所，广西植物组培苗有限公司
2012	桂审药 2012002 号	桂斛 2 号铁皮石斛	广西西林铁皮石斛野生种子苗筛选单株培育	广西农业科学院生物技术研究所，广西植物组培苗有限公司
2013	粤审药 2013001	双晖 1 号铁皮石斛	雁荡山铁皮石斛 × 广南铁皮石斛	深圳市华盛实业股份有限公司、深圳市双晖农业科技有限公司
2013	粤审药 2013002	中科从都铁皮石斛	广西乐业铁皮石斛经多代自交选育	中国科学院华南植物园、广州市从化鳌头从都园铁皮石斛种植场
2015	粤审药 2015001	中科从都 2 号铁皮石斛	湖南道县野生铁皮石斛四代自交选育	中国科学院华南植物园、广东从都园生物科技有限公司
2015	粤审药 2015002	雁吹雪 3 号铁皮石斛	天台绿秆铁皮石斛 × 雁荡山红秆铁皮石斛	深圳市农业生物技术发展有限公司、浙江省乐清市鑫斛堂石斛有限公司
2015	浙（非）审药 2015001	仙斛 3 号铁皮石斛	（514 × 仙斛 1 号）F_1 代经航天诱变培育	金华寿仙谷药业有限公司，浙江省农业技术推广中心等
2016	粤审药 20160001	圣晖 1 号霍山石斛	以霍山石斛 hs-4 自交 3 代纯化选育	深圳市双晖农业科技有限公司、深圳市华盛实业有限公司
2016	粤审药 20160002	中科 3 号铁皮石斛	湖南道县野生铁皮石斛（T636）4 代自交选育	中国科学院华南植物园
2016	粤审药 20160003	中科 4 号铁皮石斛	湖南新宁野生铁皮石斛（T709）4 代自交选育	中国科学院华南植物园
2016	闽认药 2016001	福斛 1 号铁皮石斛	连城冠豸山野生铁皮石斛种源 L-2 自交选育	龙岩市农业科学研究所，福建省连城冠江铁皮石斛有限公司
2016	川审药 2016008	乐斛 1 号叠鞘石斛	四川夹江叠鞘石斛野生资源系统选育。	乐山农业科学研究院，乐山市乐福生物科技有限公司
2018	粤审药 20180002	中科 5 号铁皮石斛	冠豸山铁皮石斛 T16 × 中科从都铁皮石斛	中国科学院华南植物园、国家植物航天育种工程技术研究中心
2018	粤审药 20180003	中科双春 1 号铁皮石斛	广西桂平铁皮石斛（号 T32-4）四代自交选育	中国科学院华南植物园、广州双春生物科技有限公司
2018	粤审药 20180001	永生源 1 号铁皮石斛	浙江乐清铁皮石斛（T74）经 4 代自交选育	广东永生源生物科技有限公司

注：数据来源于广东、浙江、福建、广西、四川等主管部门网站。

表 3　云南省注册登记的石斛品种

年份	品种	登记编号	选育单位	备注
2012	绿宝石	20120017	云南省农业科学院花卉研究所	铁皮石斛
2012	彩云明珠	20120018	云南省农业科学院花卉研究所	铁皮石斛
2012	普洱铁皮 1 号	20120014	云南省普洱市民族传统医药研究所	铁皮石斛
2012	普洱铁皮 2 号	20120015	云南省普洱市民族传统医药研究所	铁皮石斛
2013	青谷 1 号	20130003	云南青谷生物科技有限公司	铁皮石斛
2013	山里红 1 号	20130004	云南山里红生物科技有限公司	齿瓣石斛
2013	山里红 2 号	20130005	云南山里红生物科技有限公司	齿瓣石斛
2013	龙紫 1 号	20130038	龙陵县石斛研究所	齿瓣石斛
2014	银凤金钗	20140044	云南省德宏热带农业科学研究所	金钗石斛
2014	金鼓紫槌	20140045	云南省德宏热带农业科学研究所	鼓槌石斛
2014	瑞丽兜斛 1 号	20140046	云南省德宏热带农业科学研究所，云南中医学院	兜唇石斛
2014	紫茎球花	20140047	云南省德宏热带农业科学研究所，云南农业大学	球花石斛
2014	昆植 1 号	20140038	中国科学院昆明植物研究所	铁皮石斛
2014	滇铁皮 1 号	20140019	云南农业大学	铁皮石斛
2014	高山铁皮 1 号	20140020	云南高山生物农业有限公司	铁皮石斛
2014	高山铁皮 2 号	20140021	云南高山生物农业有限公司	铁皮石斛
2015	红鑫 5 号	20150041	云南农业大学，红河群鑫石斛种植有限公司	铁皮石斛
2015	红鑫 6 号	20150042	云南农业大学，红河群鑫石斛种植有限公司	铁皮石斛
2015	滇铁皮 2 号	20150019	云南农业大学，云南高山生物农业有限公司	铁皮石斛
2015	滇铁皮 3 号	20150020	云南农业大学，云南高山生物农业有限公司	铁皮石斛
2015	高山铁皮 3 号	20150021	云南高山生物农业有限公司，云南农业大学	铁皮石斛
2015	高山铁皮 4 号	20150022	云南高山生物农业有限公司，云南农业大学	铁皮石斛
2015	光明 1 号	20150004	光明食品集团云南石斛生物科技开发有限公司，云南农业大学	铁皮石斛
2015	光明 2 号	20150005	云南农业大学，光明食品集团云南石斛生物科技开发有限公司	铁皮石斛
2016	黑金 1 号	20160019	云南丰春坊生物科技有限公司，云南省农业科学院药用植物研究所	
2017	康源铁皮 1 号	20170056	云南省德宏热带农业科学研究所，云南久丽康源石斛开发有限公司	铁皮石斛
2017	康源铁皮 2 号	20170057	云南省德宏热带农业科学研究所，云南久丽康源石斛开发有限公司	铁皮石斛
2017	铜皮石斛	20170058	云南省德宏热带农业科学研究所，云南久丽康源石斛开发有限	细茎石斛
2017	龙紫 2 号	20170045	龙陵县石斛研究所	齿瓣石斛
2017	龙紫 4 号	20170046	龙陵县石斛研究所	齿瓣石斛
2017	黄雀	20170017	云南省农业科学院花卉研究所，文山春之兰生物科技有限公司	细茎石斛
2017	紫缘	20170018	云南省农业科学院花卉研究所，文山春之兰生物科技有限公司	铁皮石斛
2017	细霍	20170019	云南省农业科学院花卉研究所，文山春之兰生物科技有限公司	
2017	山里红 3 号	20170010	云南山里红生物科技有限公司	

注：数据来源于云南省林业厅网站。

2.2　诱变育种

诱变育种是在人为条件下利用物理、化学等因素诱发生物体产生突变，从中选择和培育新品种的重要方法，物理诱变应用较多的是辐射诱变，即用 α、β、γ 射线、X 射线、中子等物理因素诱发变异，徐程、詹忠根、谢小波等利用 137Cs γ 射线辐照铁皮石斛原球茎，辐照半致死剂量（LD_{50}）在 67.23~86.4 Gy 之间，且外部形态发生改变的植株，其 DNA 的倍性发生了改变，出现相当多的非整倍体[28-30]。郭玉梅等采用人工模拟 UV-B 辐射照射处理铁皮石斛幼苗，植株总多糖、总黄酮、总生物碱含量等主要次生代谢产物增加[31]。化学诱变方面，金清等利用一氧化氮（NO）的供体硝普钠（SNP）

处理霍山石斛杂交种的类原球茎能提高组培药用石斛生物碱含量[32]。显然，诱变育种是选育药用成分含量高、适应性及抗逆性较强的石斛新优品种的新途径。但目前尚未见利用甲基磺酸乙酯（EMS）等烷化剂、5–溴尿嘧啶（BU）等核酸碱基类似物、重氮丝氨酸等抗生素处理药用石斛的化学诱变的报道。

2.3 倍性育种

倍体育种是目前植物新品种选育的常用手段，利用多倍体植物的巨大性、旺盛的新陈代谢和较强的抗逆性可提高药用石斛产量、石斛碱和多糖含量及获得抗逆品种。由于利用物理方法诱导多倍体的诱导率不高，且在兰花多倍体育种中未见相关报道，目前石斛多倍体育种的诱导常用秋水仙素等化学药剂处理为主[33]。廖苏梅用秋水仙素诱导铁皮石斛多倍体，结果表明原球茎或已萌发的种胚经秋水仙素溶液浸泡后再培养，或者把种胚接种在添加秋水仙素培养基中，均可诱发铁皮石斛多倍体，以萌发40 d的种胚在0.3%秋水仙素中浸泡36 h，诱变率最高，达63.51%[34]；李涵等用秋水仙素处理齿瓣石斛丛生芽以0.03%处理24 h诱导效果最好[35]；徐程利用浓度0.05%的秋水仙素处理种胚原球茎10 d获得铁皮石斛四倍体植株[28]；张静静在培养基中添加秋水仙素的方法处理铁皮石斛类原球茎和种子，发现种子在秋水仙素浓度为50 mg/L的处理，诱导率高达50%，且多是四倍体[36]；卓孝康用浸泡法和混配法对大苞鞘石斛进行多倍体诱导，结果浸泡法以秋水仙素浓度为0.1%、处理时间为12 h，诱变率最高，达26.0%，混配法以秋水仙素浓度为0.03%的诱导效果最好，诱变率达34.0%[37]。经诱导处理石斛多倍体植株在形态、气孔直径以及染色体数目上均有明显的改变，形态上出现植株粗矮、节间短、丛生且生长缓慢等显著特征[35–36]；诱导的铁皮石斛四倍体植株茎的多糖含量只是二倍体的1.31倍，未达显著水平[38]。在药用石斛中是否存在能同时提高多糖含量及生物产量的多倍体资源类型仍有待深入研究。

2.4 基因工程育种

随着生物遗传机制探讨的深入，在分子水平上干预生物遗传特性的技术日渐成熟。在石斛自身功能基因研究上，据李清等统计2011—2016年国内已克隆参与石斛生长发育、糖类代谢和菌根互作等类的功能基因40多个[39]，为今后通过石斛自身基因调控人为提高药用石斛产量和活性成分含量提供了重要的参考依据；2016年1月铁皮石斛全基因组图谱公布，更为深入揭示铁皮石斛多糖合成、花形态建成及抗逆等基因调控机制、其他药用石斛种质资源的各项生命活动分子机制及人工合成药用活性成分奠定了坚实的基础[40]；在遗传转化上常用的方法有农杆菌介导、基因枪法等，其中农杆菌介导的遗传转化是应用最广最成功的方法，目前在石斛上已成功导入基因的有抗细菌软腐病基因aii A–hac D[41]、大麦抗耐盐基因lea3[42]、调控生长发育与抵御胁迫基因NAC[43]、抗建兰花叶病毒外壳蛋白基因（Cy MV–CP）[44]等。随着研究的持续深入，分子标记辅助选择、转基因技术、基因编辑技术将是辅助药用石斛新品种选育的重要技术手段。

3 展望

石斛作为道地药材，目前国内仅有铁皮石斛、金钗石斛、鼓槌石斛、流苏石斛等主要品种的控制性质量标准，尚无霍山石斛、齿瓣石斛、细茎石斛等实际产量较大的药用石斛的质量控制标准，石斛是传统的多基原名贵中药材，药材基原复杂，不同种类石斛化学成分差异较大，且部分种类石斛还含有种内专属性成分，在质量管理上不宜套用现有的控制标准，建议管理部门今后加快霍山石斛、齿瓣石斛、细茎石斛、叠鞘石斛等药用控制性质量标准的研发工作，为优质石斛资源的开发利用工作做好基础性工作。

从目前的药用石斛保存利用现状来看，种质资源圃的建设得到了充分的重视，但鉴定与评价工作相对滞后；药用石斛品种选育虽取得了阶段性成果，但国内选育品种较为集中，这对石斛产业的整体开发是不利的；鉴于石斛属植物已广泛应用于药品、保健食品、食品、化妆品领域，石斛品种选育目标也应可以兼顾多

种用途。蔡永萍[22]利用种间杂交改良霍山石斛已获得了有杂种优势兼具利用价值F_1代种质，虽然药理药效和实证性等还有待验证，和中医药界接受和采用杂交改良品种作为中药基原材料还有一个漫长的过程等，但利用传统杂交优势改良品种将是培育药用石斛种质的新趋势。利用诱变育种和倍性育种方法已为选育药用成分含量高、适应性及抗逆性较强的石斛新优品种探索出新途径，但距品种开发尚有一段距离；在基因工程育种上，虽然功能基因克隆、基因组图谱、转基因成功导入已有较多研究，但分子研究在实际生产中的应用并不多。在今后药用石斛新品种选育上，首先应重视药用石斛质量控制标准研发、种质资源收集保存及资源圃的建设工作，加强珍稀优质石斛资源农艺性状和活性成分分析、鉴定与评价利用工作，从种源上保证药材需要的人工培植的石斛道地性；其次，在药用石斛新品种选育中要充分利用杂交优势选配亲本进行单交、回交、复交，创制出符合不同用途需求的杂交新种质。再次，充分利用现代生物技术，应用分子标记辅助育种，物理、化学诱变育种等多种育种方法进行新品种培育，提高药用石斛育种水平，满足生产和市场的需要。

参考文献：

[1] 朱胜蕾 . 中国石斛属植物育种潜力研究[D]. 北京：中国林业科学研究院, 2016.

[2] 戴玮, 刘勇, 肖伟, 等 . 石斛相关专利信息分析[J]. 中国现代中药, 2016, 18(8)：1058–1061.

[3] 邵曰凤, 胡粉青, 邹澄, 等 . 石斛属植物化学成分和药理活性研究现状[J]. 天然产物研究与开发, 2012, 24(1)：152–157.

[4] 李清, 李标, 郭顺星 . 兰科石斛属植物分子生物学研究进展[J]. 中国中药杂志, 2016, 41(15)：2753–2761.

[5] 白音, 包英华, 金家兴, 等 . 我国药用石斛资源调查研究[J]. 中草药, 2006, 37(9)：164–166.

[6] 李桂琳, 白燕冰, 周侯光, 等 . 齿瓣石斛种质资源鉴定评价研究进展[J]. 热带农业科技, 2016, 39(3)：22–27.

[7] 诸燕 . 铁皮石斛种质资源收集与评价[D]. 杭州：浙江农林大学, 2010.

[8] 李永清, 江金兰, 叶炜, 等 . 37 份药用石斛种质资源亲缘关系的 ISSR 分析[J]. 福建农业学报, 2015, 30(2)：131–135.

[9] 徐旭栋, 蒋瑞彬, 蓝小明, 等 . 人工栽培铁皮石斛种质资源遗传多样性的 SCoT 分析[J]. 中华中医药杂志, 2013, 28(7)：2123–2125.

[10] 张明宇 . 云南金钗石斛居群 DALP 遗传变异研究[J]. 中国中药杂志, 2013, 38(22)：3866–3870.

[11] 许轲 . 石斛属植物亲缘关系研究及 ACC 氧化酶基因的克隆[D]. 成都：四川农业大学, 2013.

[12] 章金辉, 操君喜, 朱根发, 等 . 春石斛杂交种多糖及生物碱含量比较研究[J]. 热带作物学报, 2013, 34(4)：727–731.

[13] 章金辉, 王再花, 旦真次仁, 等 . 春石斛杂交种与药用金钗石斛 3 种活性成分的比较研究[J]. 广东农业科学, 2017, 44(4)：24–31.

[14] 王再花, 李杰, 章金辉, 等 . 春石斛品种 Dendrobium Second Love “Tokimeki” 与金钗石斛多糖免疫活性的比较研究[J]. 热带作物学报, 2016, 37(12)：2333–2337.

[15] 王文全, 张燕, 魏胜利, 等 . 30 余种药用植物种质资源收集保存工作概要 // 全国第二届中药资源生态学学术研讨会[C]. 中药资源生态专业委员会, 2006：4–12.

[16] 李永清, 江金兰, 叶炜 . 药用石斛种质资源生物学特性观察[J]. 安徽农业科学, 2015, 43(12)：39–40, 50.

[17] 斯金平, 何伯伟, 俞巧仙 . 铁皮石斛良种选育进展与对策[J]. 中国中药杂志, 2013, 38(4)：475–480.

[18] 张鹏博, 章静钢, 韩晓霞, 等 . 野生铁皮石斛主要表型性状和多糖含量[J]. 浙江农业科学, 2015, 56(9)：1406–1408.

[19] 罗焕明, 郑希龙, 蔡时可, 等 . 6 种石斛属植物的人工授粉试验[J]. 广东农业科学, 2011, 38(S)：121–123.

[20] 潘春香, 白音, 包英华, 等 . 药用石斛种间有性杂交育种阶段性初报[J]. 时珍国医国药, 2010, 21(5)：1214–1215.

[21] 李振坚, 王雁, 于耀, 等 . 濒危石斛兰开花与授粉生物学特性研究[J]. 广东农业科学, 2009, 36(9): 43–45, 49.

[22] 蔡永萍 . 药用石斛对光强适应性及其种质改良的研究[D]. 武汉: 华中农业大学, 2005.

[23] 赵贵林, 蔡捷炫, 曲洪安, 等 . “双晖 1 号” 铁皮石斛的选育及其特征特性[J]. 热带农业科学, 2013, 33(11): 24–26.

[24] 杨丹, 李昆华, 王琳, 等 . 铁皮石斛新品种 “青谷 1 号” 的选育[J]. 热带农业科学, 2016, 36(5): 50–54.

[25] 赵菊润, 刘勇, 蒋习林, 等 . 齿瓣石斛新品种及良种——龙紫 1 号的选育[J]. 林业调查规划, 2014, 39(6): 111–113.

[26] 高燕, 周侯光, 白燕冰, 等 . 鼓槌石斛园艺新品种金鼓紫槌的选育和栽培[J]. 热带农业科技, 2015, 38(4): 29–32.

[27] 邓济承, 邹旭东, 程俐, 等 . 3 种不同品系叠鞘石斛的对比研究[J]. 安徽农业科学, 2016, 44(26): 102–104.

[28] 徐程 . 铁皮石斛种质资源与组培工厂化生产研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2006.

[29] 詹忠根, 徐程, 席玓芳. 137Cs γ射线辐照对铁皮石斛种胚原球茎的诱变研究[J]. 核农学报, 2013, 23(3): 816–819.

[30] 谢小波, 孙崇波, 宋仙水 . 铁皮石斛 γ 射线诱变及后代变异研究[J]. 浙江农业科学, 2016, 57(5): 687–690.

[31] 郭玉梅, 曾令杰, 梁淑颖, 等 . UV–B 辐射对铁皮石斛生长及主要次生代谢产物的影响[J]. 北方园艺, 2016, 16(17): 154–156.

[32] 金青, 姚瑶, 蔡永萍, 等 . NO 对石斛类原球茎生长及继代培养的影响[J]. 药物生物技术, 2012, 19(6): 517–520.

[33] 李智, 杨光穗, 尹俊梅 . 兰花多倍体育种研究进展[J]. 热带农业科学, 2010, 30(12): 34–38.

[34] 廖苏梅 . 铁皮石斛多倍体诱导及鉴定[D]. 杭州: 浙江大学 , 2002.

[35] 李涵, 郑思乡, 李枝林, 等 . 齿瓣石斛多倍体育种研究初报[J]. 中国农学通报, 2004, 20(4): 198–199.

[36] 张静静 . 铁皮石斛多倍体的诱导及其鉴定[D]. 杭州: 浙江农林大学, 2013.

[37] 卓孝康 . 大苞鞘石斛快繁体系构建及多倍体诱导[D]. 福州: 福建农林大学, 2015.

[38] 江金兰 . 同源四倍体铁皮石斛的生长及多糖积累[J]. 植物生理学报, 2014, 50(4): 519–526.

[39] 李清, 李标, 郭顺星. 兰科石斛属植物分子生物学研究进展[J]. 中国中药杂志, 2016, 41(15): 2753–2761.

[40] 谢高昌, 刘传书 . 铁皮石斛全基因组图谱绘就[N/OL]. 科技日报, http://www.stdaily.com/, 2016–01–13.

[41] 肖杨 . 双价基因转化石斛兰的研究[D]. 广州: 中山大学, 2010.

[42] 杨雪飞 . 基因枪介导的 LEA3 基因对石斛的遗传转化研究[D]. 合肥: 合肥工业大学, 2007.

[43] 石彩娟 . 铁皮石斛 NAC 基因的遗传转化[D]. 成都: 西南交通大学, 2010.

[44] 张振华, 王涛, 陈喜蓉, 等 . 农杆菌介导的 CyMV_CP 基因对石斛遗传转化研究[J]. 热带作物学报, 2011, 32(3): 463–467.

(责任编辑　杨贤智)