

· 资源与鉴定 ·

铁皮石斛优良亲本杂交 F₁ 代苗期选择

朱波^{1,2,3}, 荣松⁴, 吴令上^{2*}, 张超⁴, 董伟国², 林弋凯², 王琦²

(1. 浙江中医药大学药学院, 杭州 310053;

2. 浙江农林大学国家林业局铁皮石斛工程技术研究中心

亚热带森林培育国家重点实验室培育基地, 浙江 临安 311300;

3. 丽水市农业科学研究院, 浙江 丽水 323000; 4. 浙江传化生物技术有限公司, 杭州 311215)

[摘要] 目的: 揭示铁皮石斛优良种源杂交 F₁ 代苗期多糖与生物碱含量变异规律, 早期选择 F₁ 代优良家系。方法: 利用 4 个种源 26 个优良亲本设计得到 26 个交配组合, 用苯酚-硫酸法与酸性染料比色法分别测定 F₁ 代苗期总多糖与总生物碱含量, 结合前期农艺性状研究结果, 运用相关性分析和聚类分析方法筛选优良家系。结果: 不同交配组合间多糖与生物碱含量差异极显著 ($P < 0.01$), 半同胞家系间多糖含量差异显著 ($P < 0.05$), 生物碱含量差异不显著, 全同胞家系内多糖与生物碱变异显著小于半同胞家系; 铁皮石斛苗期叶片数量与多糖含量, 叶长宽比、根冠比与生物碱含量呈显著正相关关系; 26 个交配组合划分为 5 个类群, 其中类群 II 植株综合性状表现较好。结论: 铁皮石斛 F₁ 代优良家系选择时, 应同时重视父母本的选择, 在全同胞家系间选择比半同胞家系能获得更好的遗传增益与家系内稳定性; 结合前期农艺性状成果, 筛选出 6 个苗期优良家系 (66 × 9, 68 × 2, 91 × 69, 66 × 65, 69 × 91, 66 × 17), 表现出苗高, 茎粗且分枝少, 叶片大而狭长, 根系较发达, 多糖含量高等特点, 为后期选择奠定了基础。

[关键词] 铁皮石斛; F₁ 代; 苗期; 优良家系

[中图分类号] R282 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1005-9903(2016)05-0025-05

[doi] 10.13422/j.cnki.syfjx.2016050025

Seedlings Selection in Different F₁ Generations Hybridized from Superior Parents of *Dendrobii Officinalis Caulis*

ZHU Bo^{1,2,3}, RONG Song⁴, WU Ling-shang^{2*}, ZHANG Chao⁴, DONG Wei-guo², LIN Yi-kai², WANG Qi²

(1. College of Pharmaceutical Science, Zhejiang University of Traditional Chinese Medicine, Hangzhou 310053, China;

2. Zhejiang Agricultural and Forestry University, Dendrobium State Forestry Engineering Research Center, Nurturing Station for State Key Laboratory of Subtropical Silviculture, Lin'an 311300, China;

3. Lishui Academy of Agricultural Sciences, Lishui 323000, China;

4. Zhejiang Chuanhua Biological Technology Co. Ltd., Hangzhou 311215, China.)

[Abstract] **Objective:** To reveal the change regularity in contents of total polysaccharides and alkaloids and select superior families from seedlings of different F₁ generations hybridized from superior parents of *Dendrobii Officinalis Caulis*. **Method:** The 26 superior parents from 4 provenances were selected to achieve 26 mating combinations. Contents of total polysaccharides and total alkaloids were determined by methods of phenol-sulphate colorimetry and acid-dye colorimetry respectively. The superior families were selected using correlation analysis and cluster analysis combined with the previous agronomic traits. **Result:** There were extremely significant differences in contents of polysaccharides and alkaloids among different mating combinations ($P < 0.01$). There was significant

[收稿日期] 20150804(011)

[基金项目] 杭州市重大科技创新专项(20142012A36)

[第一作者] 朱波, 博士, 助理研究员, 从事药用植物遗传育种与资源评价工作, E-mail: aurora0119@163.com

[通讯作者] * 吴令上, 博士, 讲师, 从事药用植物遗传研究, E-mail: shang2002012@163.com

difference in content of polysaccharides among half-sib families ($P < 0.05$), but no significant difference was found in content of alkaloids among different half-sib families. Meanwhile, the variations of polysaccharides and alkaloids contents in full-sib families were significantly lower than those in half-sib families. Moreover, the number of leaves in seedling stage of *Dendrobii Officinalis Caulis* and the polysaccharide content; length-width ratio of leaves, root-shoot ratio and the alkaloids content were positively correlated, respectively. The 26 mating combinations were divided into 5 groups. Plants from the second group grew much better than the others. **Conclusion:** The selection of parents should be emphasized when selecting superior families from different F_1 generations. There were higher genetic gains and superior uniformity in full-sib families than those in half-sib families. Combined with the previous agronomic traits, 6 superior families (66×9 , 68×2 , 91×69 , 66×65 , 69×91 , 66×17) were selected, presenting superior characteristics of seedlings including high and thick stem with less branch, large and long leaves, strong deep roots and high content of total polysaccharide. The work has laid foundations for the later selection.

[**Key words**] *Dendrobii Officinalis Caulis*; F_1 generations; seedling stage; superior families

铁皮石斛系兰科植物铁皮石斛 *Dendrobium officinale* 的干燥茎,是我国传统名贵珍稀中药材,位居“中华九大仙草”之首,具有益胃生津、滋阴清热等功效,用于热病津伤,口干烦渴,胃阴不足,食少干呕,病后虚热不退,阴虚火旺,骨蒸劳热,目暗不明等症^[1]。铁皮石斛自然环境下结实主要依靠昆虫传播授粉,结实率极低,加之生态破坏与滥采乱挖现象严重,野生资源已濒临灭绝,1987 年国务院将铁皮石斛列为国家二级保护植物^[2]。品种选育与质量控制技术滞后是当前铁皮石斛产业发展的主要瓶颈,开展人工控制授粉创制新品种是提高铁皮石斛质量与产量的有效途径^[3-4]。石斛属杂交育种相关研究已有少数报道,集中在霍山石斛、春石斛、金钗石斛等,且多数为种间杂交 F_1 代资源评价,种内杂交报道较少且杂交亲本种质资源评价不够充分^[5-7]。目前铁皮石斛优良种质创制多为半同胞种质创制,即只关注母本,对父本不重视,导致所得后代稳定性差,不能满足实际生产所需。本课题组已有研究报道了铁皮石斛种内杂交 F_1 代田间试验等情况^[8],在此基础上,本试验增加了亲本选择范围与家系样本数,并结合前期农艺性状研究结果,着重阐述了不同交配组合 F_1 代苗期多糖与生物碱含量变异规律,进而筛选优良家系,为进一步选育铁皮石斛优良品种提供理论基础与应用技术。

1 材料与方 法

1.1 仪器与试剂 Milli-Q Academic 型超纯水仪(美国 Millipore 公司),UV2550 型紫外-可见分光光度计(上海第三分析仪器厂),KQ5200DE 型数控超声清洗仪(昆山超声仪器有限公司),DK-S24 型电热恒温水浴锅(上海森信实验仪器有限公司),DGG-

9070 型电热恒温鼓风干燥箱(上海森信实验仪器有限公司),FA1004B 型电子天平(上海精密科学仪器有限公司)。pH 4.5 缓冲溶液:0.2 mol·L⁻¹邻苯二甲酸氢钾(C₈H₅KO₄),用 0.2 mol·L⁻¹氢氧化钠(NaOH)调至 pH 4.5;0.04% 溴甲酚绿溶液:精密称取溴甲酚绿 40.0 mg,加 pH 4.5 缓冲溶液溶解,滤过定容至 100 mL 量瓶;0.01 mol·L⁻¹氢氧化钠无水乙醇溶液:精密称取 40 mg 氢氧化钠(NaOH),无水乙醇定容至 100 mL 量瓶;葡萄糖对照品(中国食品药品检定研究院,批号 110833-200503),石斛碱标准品自制,其他所用试剂均为分析纯^[9-10]。

1.2 供试材料 供试材料全部采自浙江农林大学国家林业局林木遗传育种资源圃,经课题组遗传多样性与主要活性成分评价,遗传多样性丰富且性状优良,包含多糖含量高、抗寒能力强、生长势好、萌蘖能力强等特性的优良种质,选择出 4 个优良种源中的 26 个优良单株作为亲本(表 1)进行杂交,共获得 26 个交配组合 F_1 代,根据交配类型可分为 24 个全同胞 F_1 代,6 个半同胞 F_1 代及 2 个自交 F_1 代(表 2)^[10-12]。

1.3 试验方法 将培育到一定阶段的组培苗洗净,60 ℃ 烘箱条件下烘干至恒重,粉碎过 60 目筛。精密称取样品 0.2 g,样品总多糖与总生物碱测定方法与方法学考察见参考文献[10,12]。本试验总多糖(Y_1, X_1),总生物碱(Y_2, X_2)吸光度与浓度的线性回归方程分别为 $Y_1 = 15.017X_1 + 0.0123$, $r^2 = 0.9995$; $Y_2 = 52.294X_2 + 0.0473$, $r^2 = 0.9995$ 。试验采用完全随机区组设计,以 1 个组培瓶为 1 个处理,设 3 个重复,利用 DPS 7.05 版软件进行数据分析,差异显著性分析采用方差分析和 Tukey 法多重

表 1 供试铁皮石斛材料与来源

Table 1 Material and source of tested *Dendrobii Officinalis Caulis*

No.	种源	亲本号	主要形态特征	株高 /cm	茎粗 /mm	叶长宽比	生长特性	多糖质量分数/%
A	云南麻栗坡	2,4,9,17,21,27,99	茎紫色或绿色,节间黑色,茎秆上下粗细相近	29.4	4.51	2.8	不易倒伏,第二年基部叶片变黄,部分落下,抗寒性好	36.79
B	云南广南	30,34,91,95,131	茎紫色,茎秆中间粗壮,基部细小	34.2	5.80	3.1	易倒伏,当年冬天叶片落光,抗寒性差	25.63
C	浙江庆元	65,66,68,69,70,71,72,75,76,86	茎紫色,茎秆细短,上下粗细相近	24.9	3.74	3.0	不易倒伏,第二年基部叶片变黄,部分落下,抗寒性好	41.35
D	浙江宁波	78,79,80,83	茎紫色,茎秆细长,上下粗细相近	30.0	4.46	3.0	不易倒伏,第二年基部叶片变黄,部分落下,抗寒性好	32.11

注:因单株数量无法满足试验需要,表中多糖数据为种源平均值。

表 2 铁皮石斛交配组合

Table 2 Mating combinations of *Dendrobii Officinalis Caulis*

交配类型	交配组合号
全同胞	30 × 17, 17 × 30, 99 × 131, 68 × 21, 68 × 2, 17 × 66, 17 × 71, 66 × 17, 66 × 9, 80 × 27, 30 × 66, 69 × 91, 70 × 91, 91 × 69, 80 × 95, 30 × 83, 83 × 34, 78 × 68, 78 × 75, 78 × 76, 66 × 65, 68 × 72, 80 × 79, 78 × 69
半同胞	17 × R(30,66,71), 30 × R(17,66,83), 66 × R(9,17,65), 68 × R(2,21,72), 78 × R(68,69,75,76), 80 × R(27,79,95)
自交	4 × 4, 86 × 86

比较,系统聚类分析依据欧氏距离采用离差平方和法分析。

2 结果与分析

2.1 不同交配组合多糖与生物碱含量比较 获得的 26 个交配组合间多糖与生物碱含量均存在极显著差异 ($P < 0.01$) (表 3)。供试铁皮石斛不同交配组合多糖平均质量分数 4.73%, 最高的组合为 66 × 65, 达 8.10%, 最低的组合是 99 × 131, 仅 3.29%, F114.95; 生物碱平均质量分数为 0.086%, 最高的组合为 78 × 75, 达 0.112%, 最低的组合是 66 × 65, 仅 0.067%, F47.53 (表 3)。结果表明,所选亲本进行杂交所得 F_1 代苗期多糖与生物碱表现出丰富的遗传多样性,在供试交配组合中筛选优良家系,可充分发挥铁皮石斛优良亲本的杂交优势。从 F_1 代与亲本多糖指标看,亲本 66 与 65 属于种源 C,亲本多糖含量高,高多糖含量亲本杂交所得 F_1 代在苗期就表现出多糖含量高的特点,有待在 F_1 代进入成熟期性状稳定后加以证实多糖性状遗传的稳定性。

不同交配组合中 19 个全同胞家系根据母本可归并为 6 个半同胞家系 (表 2)。6 个半同胞家系多糖平均质量分数 4.75%, F3.40, 生物碱平均质量分数 0.089%, F1.49; 其中 66 × R 家系多糖含量最高,达 6.24%, 最低为 17 × R 家系,仅 3.52%, 30 × R 家系生物碱含量最高,达 0.100%, 最低为 66 × R 家系,仅 0.080% ($P < 0.05$, 表 4)。半同胞家系间多糖与生物碱含量与全同胞家系间相比变异小,但是

从多糖含量看,半同胞家系间仍然表现出较丰富的遗传多样性,表明铁皮石斛优良家系在半同胞家系间进行选择仍然有明显效果,但从生物碱含量看选择效果则较差。以 80 × R 半同胞家系为例,比较全同胞 F_1 代与半同胞 F_1 代家系内多糖与生物碱含量变异幅度 (表 5), 结果显示,半同胞 F_1 代家系内变异幅度明显高于全同胞 F_1 代,全同胞 F_1 代家系内多糖与生物碱含量性状较半同胞 F_1 代稳定,这与 F_1 代苗期农艺性状表现出的规律一致^[11]。

2.2 不同交配组合多糖、生物碱含量与农艺性状相关分析 将不同交配组合 F_1 代苗期多糖、生物碱含量与课题组前期研究 F_1 代苗期农艺性状^[11] 进行相关分析,表明铁皮石斛 F_1 代苗期叶数与多糖含量呈显著正相关 ($r = 0.7907, P < 0.01$), 叶长宽比 ($r = 0.7767, P < 0.01$), 根冠比 ($r = 0.6276, P < 0.01$) 与生物碱含量呈显著正相关,其他性状与多糖、总生物碱含量无显著的相关性 (表 6)。结合苗期多糖、生物碱与农艺性状的相关性,多糖含量高的组合可优先在叶片数较多的组合中筛选,而生物碱含量高的组合可在叶较狭长、根冠比较大的组合中筛选。

2.3 聚类分析与优良家系选择 进一步用多糖、生物碱含量与农艺性状^[11] 作为分析指标,依据欧氏距离,按照离差平方和法将 26 个交配组合进行系统聚类分析,并按照 $D^2 = 13.38$ 的聚类水平将 26 个交配组合划分为 5 个类群 (图 1)。类群 I 共有 4 个家系,分别为 30 × 83, 80 × 79, 4 × 4, 99 × 131, 此类群植株茎分枝偏多,叶片多且较宽厚,苗较矮细,根系

表 3 全同胞 F₁ 代家系间多糖与生物碱含量比较 ($\bar{x} \pm s, n=3$)

Table 3 Contents of polysaccharide and alkaloids compared among families from different full-sib F₁ generations ($\bar{x} \pm s, n=3$) %

组合	多糖	生物碱
30 × 83	5.47 ± 0.03	0.093 ± 0.007 8
30 × 66	3.83 ± 0.07	0.104 ± 0.005 2
17 × 71	3.39 ± 0.03	0.078 ± 0.003 6
66 × 65	8.10 ± 0.08	0.067 ± 0.005 6
66 × 9	5.46 ± 0.04	0.093 ± 0.006 5
68 × 2	5.42 ± 0.05	0.069 ± 0.004 8
68 × 21	4.42 ± 0.02	0.102 ± 0.005 7
68 × 72	5.85 ± 0.08	0.076 ± 0.003 9
80 × 79	4.43 ± 0.07	0.081 ± 0.007 6
80 × 27	4.74 ± 0.09	0.079 ± 0.004 3
80 × 95	5.46 ± 0.11	0.083 ± 0.006 7
78 × 68	4.11 ± 0.05	0.085 ± 0.005 1
78 × 75	4.78 ± 0.09	0.112 ± 0.007 1
78 × 76	3.78 ± 0.05	0.075 ± 0.008 3
78 × 69	3.72 ± 0.09	0.103 ± 0.007 9
70 × 91	4.23 ± 0.06	0.088 ± 0.004 9
99 × 131	3.29 ± 0.05	0.073 ± 0.003 3
4 × 4	4.50 ± 0.08	0.101 ± 0.007 8
86 × 86	4.14 ± 0.06	0.075 ± 0.004 6
17 × 30	3.49 ± 0.02	0.093 ± 0.003 8
17 × 66	3.67 ± 0.06	0.105 ± 0.002 6
69 × 91	5.00 ± 0.08	0.090 ± 0.004 5
30 × 17	3.55 ± 0.04	0.102 ± 0.004 2
66 × 17	5.17 ± 0.03	0.082 ± 0.004 8
91 × 69	5.21 ± 0.07	0.071 ± 0.003 1
83 × 34	3.88 ± 0.06	0.060 ± 0.003 2

较发达,多糖与生物碱含量一般;类群 II 共有 12 个家系,分别为 30 × 66, 66 × 9, 78 × 75, 69 × 91, 17 × 71, 78 × 68, 91 × 69, 66 × 65, 68 × 2, 80 × 95, 80 × 27, 66 × 17, 此类群家系较多,家系间各性状存在一定差异,但总体表现出,植株苗较高,茎较粗分枝少,叶较大而狭长,根系发达程度一般,大多数多糖与生物碱含量较高;类群 III 共有 4 个家系,分别为 68 × 72, 70 × 91, 17 × 30, 17 × 66, 此类群植株叶片数量多,叶较大而狭长,茎分枝偏多且较细,苗中等高度,根系数量多且较短,多糖含量较低但生物碱含量较高;类群 IV 共有 5 个家系,分别为 68 × 21, 78 × 76, 30 × 17, 83 × 34, 86 × 86, 此类群叶片数量少,叶中等大小

表 6 铁皮石斛 F₁ 代苗期农艺性状与多糖、生物碱相关性

Table 6 Correlation between contents of polysaccharide and alkaloids and agronomic traits from different F₁ generations

指标	叶长	叶宽	叶长宽比	萌条数	叶数	苗高	茎基部粗	茎中部粗	根系数量	根系长度	折干率	根冠比
多糖	0.051 1	0.362 1	-0.031 6	-0.188 9	0.790 7 ¹⁾	-0.215 8	0.230 8	0.344 1	-0.342 6	-0.027 5	-0.029 2	0.030 4
生物碱	-0.245 8	0.290 0	0.776 7 ¹⁾	-0.285 3	-0.144 3	-0.168 2	-0.204 2	-0.045 7	0.111 3	-0.130 4	-0.321 0	0.627 6 ¹⁾

注: ¹⁾ P < 0.01。

表 4 半同胞 F₁ 代家系间多糖与生物碱含量比较 ($\bar{x} \pm s, n=3$)

Table 4 Contents of polysaccharide and alkaloids compared among families from different half-sib F₁ generations ($\bar{x} \pm s, n=3$) %

家系	多糖	生物碱
17 × R	3.52 ± 0.14b	0.092 ± 0.014a
30 × R	4.28 ± 1.03ab	0.100 ± 0.006a
66 × R	6.24 ± 1.61a	0.080 ± 0.013a
68 × R	5.23 ± 0.73ab	0.082 ± 0.017a
78 × R	4.33 ± 0.39ab	0.097 ± 0.014a
80 × R	4.88 ± 0.53ab	0.081 ± 0.002a

注:不同字母表示差异显著性。

表 5 全同胞 F₁ 代与半同胞 F₁ 代家系内多糖与生物碱含量比较 (变幅)

Table 5 Contents of polysaccharide and alkaloids compared among families from different full-sib and half-sib F₁ generations (amplitude) %

家系	多糖	生物碱
80 × 27	4.74 (4.41 ~ 4.89)	0.079 (0.072 ~ 0.086)
80 × 79	4.43 (4.29 ~ 4.50)	0.081 (0.070 ~ 0.085)
80 × 95	5.46 (5.10 ~ 5.66)	0.083 (0.078 ~ 0.089)
80 × R	4.88 (4.41 ~ 5.66)	0.081 (0.070 ~ 0.089)

且较宽厚,茎分枝少,茎较粗,其中 83 × 34, 86 × 86 家系苗较高,根系较发达,其余家系苗高与根系性状均表现较差,生物碱含量一般,多糖含量较低;类群 V 只有 1 个家系,为 78 × 69, 该家系植株叶片大而狭长,茎分枝少,苗较矮,茎较细,根系不发达,生物碱含量较高而多糖含量低。根据前期初选的优良家系^[7],结合化学成分指标,以多糖含量为主^[1],共筛选出 6 个苗期优良家系,分别为 66 × 9, 68 × 2, 91 × 69, 66 × 65, 69 × 91, 66 × 17, 筛选出的优良家系全部归属于类群 II, 优良家系植株在苗期表现出苗高,茎粗且分枝少,叶片大而狭长,根系较发达,多糖含量高等优良性状。

3 结论与讨论

供试 26 个铁皮石斛全同胞 F₁ 代家系间多糖与生物碱含量存在极显著差异,表现出较丰富的遗传多样性,通过不同交配组合的选择,可以获得较好的杂交优势与遗传增益。半同胞 F₁ 代家系间多糖含量存在显著差异,但生物碱含量差异不显著,表明半

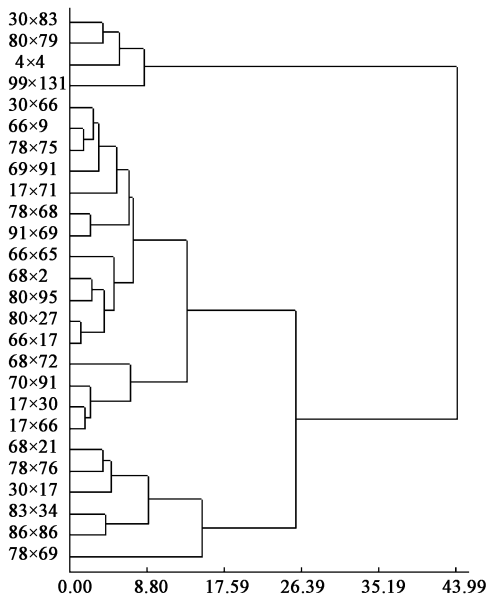


图 1 供试铁皮石斛全同胞 F₁ 代的聚类分析

Fig. 1 Cluster analysis diagram of full-sib F₁ generations of *Dendrobii Officinalis Caulis*

同胞家系间遗传多样性低于全同胞家系。同时,全同胞家系内多糖与生物碱变异幅度小于半同胞家系,本试验从多糖与生物碱角度进一步证实了在铁皮石斛杂交优势利用时,需重视双亲的选择,在全同胞家系间创制优良 F₁ 代,能获得较高的遗传增益与较好的家系内一致性。

铁皮石斛 F₁ 代苗期叶片数量与多糖含量呈显著正相关,叶长宽比,根冠比与生物碱含量呈显著正相关。相关性分析结果表明,多糖含量高的组合可优先在叶片数较多的组合中筛选,而生物碱含量高的组合可在叶较狭长,根冠比较大的组合中筛选。根据多糖、生物碱与农艺性状,26 个交配组合可划分为 5 大类群,其中类群 II 植株苗较高,茎较粗且分枝少,叶较大而狭长,多糖与生物碱含量指标大部表现良好,总体性状优于其他 4 个类群。结合前期农艺性状研究成果^[11],进一步筛选所得 6 个优良家系,在苗期表现出较优良的化学性状与农艺性状,可以重点进行下一步移栽筛选。

植物的数量遗传性状受到基因、环境及栽培管理措施等多重因素的影响,在苗期进行优良家系选择实为早期选择,优良家系的早期选择在林木、水果等树种上报道较多,虽然存在一定争议,但相当多的研究表明早期选择是可行的,特别是受遗传因素控制较大的性状,早期选择显得更加有效^[13-14]。对于药用植物优良家系早期选择方面报道较少,中药材的质量评价体系相比林木与水果更为复杂,早期选

择的可靠性取决于早晚期性状的相关性与选择效率^[15]。本试验通过早期选择,筛选出了农艺性状与化学成分性状优良的家系,可作为优良遗传材料进行保存,缩短了育种周期,减少了育种资源的损失,使后期选择更具针对性。

[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,2010:265-266.

[2] 国家环境保护局,中国科学院植物研究所. 中国珍稀濒危保护植物名录. 第一册[M]. 北京:科学出版社,1987:3.

[3] 吴韵琴,斯金平. 铁皮石斛产业现状及可持续发展的探讨[J]. 中国中药杂志,2010,35(15):2033-2037.

[4] 朱波,苑鹤,俞巧仙,等. 铁皮石斛花粉活力与种质创制研究[J]. 中国中药杂志,2011,36(6):755-757.

[5] 汪曙,林毅,蔡永萍,等. 霍山石斛杂交种与其亲本生长生理指标及药效成分含量的比较[J]. 中国中药杂志,2006,31(17):1401-1404.

[6] 郑勇平,郑泉,俞继英,等. 春石斛杂交育种及亲缘关系的 AFLP 分析[J]. 浙江林学院学报,2009,26(1):137-141.

[7] 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.

[8] 章晓玲,斯金平,吴令上,等. 铁皮石斛 F₁ 代田间试验与优良家系选择[J]. 中国中药杂志,2013,38(22):3861-3865.

[9] 王宪楷,赵同芳. 十种木本植物上栽培的金钗石斛中石斛碱的薄层层析斑点面积定量研究[J]. 四川医学院学报,1985,16(3):249-253.

[10] 诸燕,张爱莲,何伯伟,等. 铁皮石斛总生物碱含量变异规律[J]. 中国中药杂志,2010,35(18):2388-2391.

[11] 刘志高,朱波,斯金平,等. 铁皮石斛 F₁ 代苗期农艺性状研究[J]. 中国中药杂志,2013,38(4):498-503.

[12] 诸燕,斯金平,郭宝林,等. 人工栽培铁皮石斛多糖含量变异规律[J]. 中国中药杂志,2010,35(4):427-430.

[13] Lambeth C. C. Early selection is affection in 20-year-old genetic test of loblolly pine[J]. *Silvae Genetica*, 1988, 32(5):210-215.

[14] 邓波,杨万霞,方升佐,等. 青钱柳幼龄期生长与木材性状表现及其性状相关分析[J]. 南京林业大学学报:自然科学版,2014,38(5):113-117.

[15] 翟思万,陈启贵,代毅,等. 华山松半同胞子代测定遗传力分析及优良家系选择[J]. 种子,2007,26(12):5-8.

[责任编辑 邹晓翠]