

DOI: 10.14188/j.ajsh.20240415001

黔西南喀斯特地区石斛生物学特征调查及资源评价

周玉飞^{1,2}, 张显波¹, 李廷洋^{1,2}, 罗凯³

- 贵州省农业科学院 亚热带作物研究所, 贵州 兴义 562400;
- 喀斯特山区作物基因资源与种质创新重点实验室, 贵州 贵阳 550000;
- 贵州省农业科学院, 贵州 贵阳 550000)

摘要: 为促进黔西南喀斯特地区石斛资源开发利用, 对引种栽培的27种石斛资源开展适应性和生物学特性调查, 并采用层次分析法(analytic hierarchy process, AHP)对石斛资源进行综合评价。结果表明: 引种栽培的27种石斛资源中有22种石斛在黔西南喀斯特地区适应性较强; 27种石斛在物候期、形态特征和生长特性方面具有一定差异, 尤其在株型、茎干、花型、花量、唇瓣等方面差异明显; 以石斛资源开发利用为原则筛选出18个评价指标, 采用AHP法对27种石斛资源进行综合评价, 筛选出21种适应性较强、经济价值较高、适宜开发利用的优良石斛资源, 为后期黔西南喀斯特地区石斛资源种群繁育和开发利用, 以及其他石斛资源评价提供参考。

关键词: 喀斯特地区; 石斛; 生物学特性; 层次分析法

中图分类号: Q9

文献标志码: A

文章编号: 2096-3491(2024)05-0445-10

Biological characteristic investigation and resource evaluation of *Dendrobium* in Karst areas of southwest Guizhou

ZHOU Yufei^{1,2}, ZHANG Xianbo¹, LI Tingyang^{1,2}, LUO Kai³

- Institute of Subtropical Crops, Guizhou Academy of Agricultural Sciences, Xingyi 562400, Guizhou, China;
- Key Laboratory of Crop Genetic Resources and Germplasm Innovation in Karst Mountainous Areas, Guiyang 550000, Guizhou, China;
- Guizhou Academy of Agricultural Sciences, Guiyang 550000, Guizhou, China)

Abstract: In order to promote the exploitation and utilization of *Dendrobium* resources in the Karst areas of southwest Guizhou, we conducted an investigation on the adaptability and biological characteristics of 27 introduced and cultivated *Dendrobium* resources. A comprehensive evaluation was carried out using the analytic hierarchy process (AHP) method. The results revealed that among the 27 *Dendrobium* resources, 22 exhibited strong adaptability in the Karst areas of southwest Guizhou. Significant variations were observed in terms of phenology, morphology, and growth characteristics among these resources, particularly regarding plant type, stem type, flower type, flower amount, and flower lips. Based on principles for developing and utilizing *Dendrobium* resources, 18 evaluation indexes were selected. Employing the AHP method for comprehensive evaluation resulted in identifying 21 *Dendrobium* resources with strong adaptability and high economic value, and suitable for development and utilization. This study provides valuable references for population breeding as well as utilization strategies pertaining to *Dendrobium* resources in the Karst areas of southwest Guizhou.

Key words: Karst area; *Dendrobium*; biological characteristics; analytic hierarchy process(AHP)

收稿日期: 2024-04-15 修回日期: 2024-09-03 接受日期: 2024-10-14

作者简介: 周玉飞(1984-), 硕士, 副研究员, 主要从事兰科植物保护与利用研究。E-mail: zyf20080825@163.com

基金项目: 贵州省科技计划项目(黔科合支撑[2021]一般227); 贵州省科技计划项目(黔科合支撑[2020]4Y011号); 贵州省农业科学院创新项目(黔农科种质资源[2023]008号)

引用格式: 周玉飞, 张显波, 李廷洋, 等. 黔西南喀斯特地区石斛生物学特征调查及资源评价[J]. 生物资源, 2024, 46(5): 445-454.

Zhou Y F, Zhang X B, Li T Y, et al. Biological characteristic investigation and resource evaluation of *Dendrobium* in Karst areas of southwest Guizhou [J]. Biotic Resources, 2024, 46(5): 445-454.

0 引言

石斛是兰科(Orchidaceae)石斛属(*Dendrobium*)多年生草本植物,主要分布于亚热带和热带地区^[1]。全球石斛属植物有1500余种,中国石斛属植物有92种^[2]。贵州有石斛属植物28种,其中黔西南有石斛属植物19种^[3,4]。石斛不仅具有较高的观赏价值,大部分石斛还具有极高的药用价值,在中国已有50余种石斛属植物被认定具有药用价值^[5]。其中,铁皮石斛(*Dendrobium officinale*)、金钗石斛(*Dendrobium nobile*)、霍山石斛(*Dendrobium huoshanense*)、鼓槌石斛(*Dendrobium chrysotoxum*)和流苏石斛(*Dendrobium fimbriatum*)被2020年版《中国药典》收录^[6]。近几十年来,由于植物内部、自然、人为等因素影响,野生石斛资源越来越珍稀^[7-9]。2021年9月,中国《国家重点保护野生植物名录》将石斛属所有野生种列入保护名录,除曲茎石斛和霍山石斛被列入一级保护外,其他所有种均列入二级保护^[10]。因此,人工栽培和繁育石斛属植物是保护野生石斛资源策略之一。

中国华南、西南等地是石斛的自然分布区,具有栽培石斛得天独厚的优势,有效开发利用优良石斛资源对推动中国石斛产业发展具有重要作用。黔西南是典型的喀斯特地貌,气候温暖湿润,丰富的喀斯特山林资源为石斛生长提供了适宜的自然环境与气候条件^[11]。目前,石斛属植物研究主要集中在栽培繁育、资源保护、遗传育种和化学成分等方面^[12-15],对于石斛引种栽培主要针对大棚栽培模式下石斛的适应性、观赏性、化学成分等方面进行研究^[16-18],而针对喀斯特地区自然林下石斛资源栽培适应性及其生物学特性调查研究资料相对匮乏。因此,本研究针对黔西南喀斯特地区自然林下栽培的石斛资源进行适应性和生物学特性调查,并通过层次分析法(analytic hierarchy process, AHP)对石斛资源进行综合评价,拟筛选适宜黔西南喀斯特地区开发利用的优良石斛资源,对后期引种石斛资源种群繁育和利用,以及其他石斛资源评价提供参考。

1 材料与与方法

1.1 材料

2016—2017年,贵州皇草农特公司从泰国、缅甸以及中国云南、贵州等地引入27种石斛属植物(见表1),栽培于贵州省黔西南州兴义市万峰林石斛博览园。万峰林为喀斯特地貌,属亚热带湿润季风气候区,海拔700~1600 m,年均温16~18℃,年

无霜期约342 d,年降雨量1300~1450 mm,降雨主要集中在夏季(约占85%),空气相对湿度80%~85%,年日照1400~1670 h,植被为常绿落叶阔叶混交林^[19]。石斛以仿野生树栽方式种植(即将石斛捆绑于自然林下立体活木),石斛的花、茎、叶等生长形态各异具有一定的观赏价值,其中20种石斛具有相关药用研究报道^[20-23]。

1.2 调查方法

1.2.1 适应性

石斛资源栽培适应性的主要调查指标包括成活率、萌发率、开花率、自然结果率和生长势。成活率为成活丛数占总丛数的百分比;萌发率为萌发新芽丛数占总丛数的百分比;开花率为开花丛数占总丛数的百分比;自然结果率为自然条件下结果丛数占总丛数的百分比;生长势分五个等级,5★~1★代表生长势由强到弱。

1.2.2 生物学特性

石斛资源生物学特征观测包括物候期、形态特征和生长特性。物候期主要观察新芽萌发期、花芽萌发期、始花期、末花期、成熟果期等。形态特征主要观测生长形态、茎干形状、茎干颜色、叶片颜色、叶鞘颜色、叶片形状、花瓣颜色、唇瓣颜色、唇瓣内斑块数、唇瓣内斑块颜色、花梗颜色、花香等。生长特性主要观测株高、茎粗、节长、节数、叶片数、叶长、叶宽、花茎龄、花序数/株、花朵数/花序、花序长、花梗长、果纵径、果横径等。生长特性测量方法:选取引种石斛总丛数的30%为测量对象(不得少于30丛),每丛选取3株进行测量,取平均值。其中,茎粗、节长、叶长、叶宽选取1年生植株中段测量;花序、花朵、花梗在盛花期时选取完全盛开花朵测量;果纵径、果横径选取成熟果实测量。

1.3 评价方法

1.3.1 构建综合评价模型

根据石斛的植物特性和观测结果,以石斛资源开发利用为原则,筛选出综合评价指标。运用层次分析软件yaahp,采用1~9比例标度法对各层次指标间进行两两相对比较,通过各层判断矩阵确定各评价指标权重,从而构建AHP综合评价模型^[24,25]。

1.3.2 综合评分与等级划分

根据石斛栽培适应性和生物学特性观测结果,参阅相关文献,结合咨询专家、种植人员的问卷调查结果,采用5分制对石斛资源评价指标进行量化评分。通过各评价指标的合成权重系数和评分,计算出各石斛资源的综合评分^[26]。计算公式: $V = \sum D_i \times W_i (i=1, 2, 3, \dots, n)$ 式中, D_i 表示各评价指标评分;

表 1 27 种石斛资源引种情况
Table 1 Introduction of 27 *Dendrobium* resources

序号	名称	别名	引种地	价值
1	金钗石斛(<i>D. nobile</i>)	石斛	贵州	观赏、药用
2	铁皮石斛(<i>D. officinale</i>)	黑节草	贵州、云南	观赏、药用
3	矩唇石斛(<i>D. linawianum</i>)	樱石斛	云南	观赏、药用
4	翅梗石斛(<i>D. trigonopus</i>)		云南	观赏
5	报春石斛(<i>D. primulinum</i>)		缅甸	观赏、药用
6	玫瑰石斛(<i>D. crepidatum</i>)		缅甸	观赏、药用
7	杓唇石斛(<i>D. moschatum</i>)		泰国	观赏、药用
8	流苏石斛(<i>D. fimbriatum</i>)	马鞭石斛	贵州	观赏、药用
9	曲轴石斛(<i>D. gibsonii</i>)		云南	观赏、药用
10	束花石斛(<i>D. chrysanthum</i>)	黄草石斛	贵州	观赏、药用
11	大苞鞘石斛(<i>D. wardianum</i>)		云南	观赏、药用
12	扭瓣石斛(<i>D. tortile</i>)		泰国、云南	观赏
13	具槽石斛(<i>D. sulcatum</i>)		泰国	观赏
14	棒节石斛(<i>D. fincllayanum</i>)	蜂腰石斛	云南	观赏、药用
15	黄喉石斛(<i>D. signatum</i>)		云南	观赏
16	黑喉石斛(<i>D. ochreatum</i>)		云南	观赏
17	重唇石斛(<i>D. hercoglossum</i>)		贵州、云南	观赏、药用
18	肿节石斛(<i>D. pendulum</i>)		云南	观赏、药用
19	美花石斛(<i>D. loddigesii</i>)	环草石斛	贵州	观赏、药用
20	球花石斛(<i>D. thyrsiflorum</i>)		云南	观赏、药用
21	密花石斛(<i>D. densiflorum</i>)		云南	观赏、药用
22	兜唇石斛(<i>D. cucullatum</i>)	天宮石斛	贵州、云南	观赏、药用
23	紫婉石斛(<i>D. transparens</i>)	紫菀石斛	云南	观赏
24	喇叭唇石斛(<i>D. lituiflorum</i>)		云南	观赏
25	鼓槌石斛(<i>D. chrysotozum</i>)	金弓石斛	泰国、云南	观赏、药用
26	叠鞘石斛(<i>D. demeanum</i>)		云南	观赏、药用
27	晶帽石斛(<i>D. crystallinum</i>)		缅甸、云南	观赏、药用

W_i 表示各评价指标对应合成权重; V 为各石斛资源综合评分。根据综合评分结果,划分石斛资源等级。

2 结果与分析

2.1 石斛资源的栽培适应性

27种石斛资源的栽培适应性调查结果见表2。成活率90%以上的有18种,成活率70%~89%的有6种,成活率70%以下的有3种;萌发率90%以上的有18种,萌发率70%~89%的有4种,萌发率70%以下有5种;开花率90%以上有14种,开花率70%~89%有5种,开花率70%以下(含未开花)有8种,其中翅梗石斛和黄喉石斛未开花,扭瓣石斛开花率仅为8%;在自然条件下,只有10种石斛能自然授粉并结果,其中紫婉石斛自然结果率较高达到21%,其余9种石斛自然结果率在10%以下;11种石斛生长势最强为5★,7种石斛生长势较强为4★,

7种石斛生长势一般为3★,翅梗石斛生长势较弱为2★,黄喉石斛生长势最弱为1★。

综合各项适应性指标:18种石斛适应性非常强,成活率、萌发率都在90%以上,开花率在80%以上,生长势为4~5★,包括金钗石斛、铁皮石斛、矩唇石斛、杓唇石斛、流苏石斛、曲轴石斛、束花石斛、大苞鞘石斛、棒节石斛、重唇石斛、肿节石斛、美花石斛、球花石斛、密花石斛、紫婉石斛、喇叭唇石斛、鼓槌石斛和叠鞘石斛;4种石斛适应性较强,成活率、萌发率在70%~89%,生长势为3★,包括报春石斛、玫瑰石斛、黑喉石斛和晶帽石斛;3种石斛适应性一般,成活率、萌发率都在50%以上,生长势均为3★,包含扭瓣石斛、具槽石斛和兜唇石斛;2种石斛适应性较弱,分别为翅梗石斛和黄喉石斛。

2.2 石斛资源的物候期观察

通过对27种石斛资源的物候期观察,大多数

表2 27种石斛资源的栽培适应性

Table 2 Cultivation adaptability of 27 *Dendrobium* resources

序号	种类	成活率/%	萌发率/%	开花率/%	自然结果率/%	生长势
1	金钗石斛(<i>D. nobile</i>)	100	100	100	0	5★
2	铁皮石斛(<i>D. officinale</i>)	92	90	92	8	4★
3	矩唇石斛(<i>D. linawianum</i>)	98	97	98	0	5★
4	翅梗石斛(<i>D. trigonopus</i>)	65	59	0	0	2★
5	报春石斛(<i>D. primulinum</i>)	86	82	56	0	3★
6	玫瑰石斛(<i>D. crepidatum</i>)	87	85	43	0	3★
7	杓唇石斛(<i>D. moschatum</i>)	93	92	91	3	5★
8	流苏石斛(<i>D. fimbriatum</i>)	97	95	96	0	5★
9	曲轴石斛(<i>D. gibsonii</i>)	92	90	83	0	4★
10	束花石斛(<i>D. chrysanthum</i>)	100	100	100	0	5★
11	大苞鞘石斛(<i>D. wardianum</i>)	94	93	91	5	5★
12	扭瓣石斛(<i>D. tortile</i>)	71	68	8	0	3★
13	具槽石斛(<i>D. sulcatum</i>)	62	56	46	0	3★
14	棒节石斛(<i>D. fincllayanum</i>)	98	98	97	0	5★
15	黄喉石斛(<i>D. signatum</i>)	33	31	0	0	1★
16	黑喉石斛(<i>D. ochreatum</i>)	74	72	68	7	3★
17	重唇石斛(<i>D. hercoglossum</i>)	95	94	93	0	4★
18	肿节石斛(<i>D. pendulum</i>)	93	92	84	0	4★
19	美花石斛(<i>D. loddigesii</i>)	100	100	99	0	5★
20	球花石斛(<i>D. thyrsoiflorum</i>)	93	91	92	5	4★
21	密花石斛(<i>D. densiflorum</i>)	92	90	87	6	4★
22	兜唇石斛(<i>D. cucullatum</i>)	70	65	38	0	3★
23	紫婉石斛(<i>D. transparens</i>)	96	96	96	21	5★
24	喇叭唇石斛(<i>D. litiiflorum</i>)	95	94	94	0	5★
25	鼓槌石斛(<i>D. chrysotoxum</i>)	93	91	89	5	4★
26	叠鞘石斛(<i>D. denneanum</i>)	98	97	97	8	5★
27	晶帽石斛(<i>D. crystallinum</i>)	83	80	73	4	3★

石斛的新芽萌发期主要集中在3月—5月,金钗石斛、矩唇石斛、大苞鞘石斛、黑喉石斛和肿节石斛等5种石斛新芽萌发最早在3月,曲轴石斛和扭瓣石斛在6月萌芽,具槽石斛、密花石斛和鼓槌石斛在7月萌芽,束花石斛萌芽较晚在9月。大多数石斛花芽萌发和新芽萌发时间基本接近,主要集中在3月—5月;而流苏石斛、曲轴石斛、扭瓣石斛、具槽石斛、球花石斛、密花石斛和鼓槌石斛花芽萌发比新芽萌发早1~3个月,束花石斛花芽萌发较晚在8月下旬。

一般情况下,大多数石斛资源在花芽萌发约20~40 d后开花,而报春石斛从花芽萌发到开花只需15 d左右,铁皮石斛和重唇石斛从花芽萌发到开花则需40多天。石斛花期主要集中在4月—6月,杓唇石斛和束花石斛花期相对较晚,分别在7月和9月。其中,多数石斛花期可持续7~15 d,部分石斛

花期可持续20~30 d,少数石斛花期可持续约40 d。大多数石斛果实成熟期主要集中在9月—11月,石斛从坐果到果实成熟一般需要6~8个月;少数石斛因开花较晚或果实成熟期较长,自然授粉后需等到次年3月—5月果实才逐渐成熟。

2.3 石斛资源的形态特征观测

通过对27种石斛资源的形态特征观测,石斛植株主要有直立、斜立、半垂、下垂或匍匐等生长形态,其中大多数石斛茎干为直立或半垂形态,铁皮石斛直立或匍匐生长,美花石斛通常匍匐生长。石斛茎干形状主要有圆柱形、扁圆形或多圆棱等(图1),翅梗石斛和鼓槌石斛茎干呈纺锤状,大苞鞘石斛和肿节石斛茎干呈肿节状,棒节石斛茎干呈串珠状,具槽石斛茎干呈扁圆棱状,密花石斛茎干呈四方棱形。石斛茎干颜色主要呈绿色、黄色、黄绿色或紫红色等,铁皮石斛茎干呈绿色或紫红色,翅梗石斛茎干呈

紫红色,具槽石斛茎干呈绿色。石斛叶片形状主要有披针形、长椭圆形、椭圆形或卵形等,少数石斛叶片呈长条形,部分石斛种间也会有多种叶片形状。石斛叶片颜色主要呈绿色或黄绿色,叶鞘通常包裹于茎干上,大多数石斛新茎叶鞘呈透明状,老茎叶鞘呈白色或灰紫色。

大多数石斛花瓣颜色与唇瓣颜色相近,主要呈金黄色、黄色、紫红色或白色等(图2)。石斛花唇瓣

内无斑或有1~2个斑块,斑块通常呈深紫红色;同类石斛不同种间会存在差异,如棒节石斛花唇瓣内存在无斑块或有1个斑块两种形态,晶帽石斛花唇瓣内无斑块或有2个斑块。一般情况下,石斛花梗颜色与花瓣颜色相近,花梗颜色主要呈紫红色、淡紫红色、黄绿色、绿色或白色等。大多数石斛花香怡人,少部分石斛花香清淡。石斛果实通常为纺锤形,成熟果实内有大量的粉末状种子。



图1 部分石斛资源的茎干特征
Fig. 1 Stem characteristics of some *Dendrobium* resources



图2 黔西南喀斯特地区部分引入石斛资源开花特征
Fig. 2 Flowering characteristics of *Dendrobium* resources introduced into Karst areas of southwest Guizhou

2.4 石斛资源的生长特性观测

通过对27种石斛资源的生长特性观测,石斛平均株高为6.54~95.69 cm,平均茎粗为4.05~22.64 mm,平均节长为1.41~6.82 cm,平均节数为5~25节,平均叶片数为5~22片。其中,翅梗石斛植株相对较矮,平均株高为6.54 cm;杓唇石斛植株相对较高,平均株高为95.69 cm;美花石斛茎干相对较细,平均茎粗为4.05 mm;具槽石斛和鼓槌石斛由于茎干形状特殊相对较宽或较粗,平均茎粗分别为19.02 mm和22.64 mm;铁皮石斛节长相对较短,平均节长为1.41 cm;球花石斛节长相对较长,平均节长为6.82 cm。石斛叶片主要以互生或顶端丛生方式生长,互生叶片通常从茎干基部向上第3~4节开始生长,其叶片数与节数之间存在一定的相关性。铁皮石斛叶片相对较小,平均叶长3.81 cm、叶宽1.13 cm;大苞鞘石斛、球花石斛、密花石斛和鼓槌石斛叶片相对较大,平均叶长分别为15.03 cm、14.16 cm、15.53 cm和14.03 cm,平均叶宽分别为3.54 cm、4.89 cm、4.65 cm和4.69 cm;具槽石斛叶片相对较宽,平均叶长13.19 cm、叶宽5.28 cm。

大多数石斛开花茎为2年生,而黑喉石斛1年生茎可开花,金钗石斛3年生茎开花。一般情况下,大多数石斛每株花茎只开一次花,少部分石斛因品种差异花茎可连续2年开花。石斛花序主要为总状花序或伞状花序(图3),不同种类石斛每株花序1~15个不等,每序花朵数1~30朵不等,平均花序长为0~20.34 cm,平均花梗长为1.39~5.89 cm。其中,杓唇石斛和密花石斛花序相对较长,平均花序长分别为20.34 cm和19.64 cm,部分石斛花序较短或基本无花序;具槽石斛和兜唇石斛花梗相对较短分别为1.40 cm和1.39 cm,棒节石斛花梗相对较长为

5.89 cm。在自然条件下结果的石斛资源中,铁皮石斛果实相对较小,果纵径和横径分别为21.69 mm和7.94 mm;鼓槌石斛果实相对较大,果纵径和横径分别为59.96 mm和19.15 mm。

2.5 石斛资源综合评价

2.5.1 综合评价模型的建立

根据27种石斛资源的植物特性和观测结果,确定生长适应性、观赏价值、药用价值为主要评价指标,成活率、萌发率、开花率、结果率、生长势、生长形态、株型、叶型、花型、花瓣、唇瓣、花序长、花量、花茎龄、花期、花香、药用范围、珍稀程度为综合评价依据。通过层次分析软件yaahp建立石斛资源综合评价模型,计算得到各评价指标权重分布值(见表3)。在约束层中,生长适应性为主要评价指标,其次是药用价值,最后是观赏价值。从合成权重值分布情况可知,在石斛资源综合评价的18个评价指标中,成活率权重值(0.2366)最高,其次是药用范围权重值(0.2225)和萌发率权重值(0.1596),而叶型权重值(0.0027)最低。

2.5.2 石斛资源评价指标量化

根据27种石斛资源的观测信息,参阅相关文献,结合专家、种植人员建议,采用5分制对18个石斛资源评价指标进行量化(见表4)。

2.5.3 石斛资源综合评分与等级划分

按照表3中各评价指标合成权重和表4中评价指标量化评分标准,对27种引种石斛资源进行综合评分(见表5)。其中,成活率、萌发率、开花率、结果率、生长势、生长形态、株型、叶型、花型、花序长、花量、花茎龄、花期、花香等14个评价指标根据27种石斛的观测结果进行量化评分,其余4个指标结合查阅文献、咨询专家和种植人员问卷调查结果进行评



(a) 球花石斛

(b) 束花石斛

(c) 矩唇石斛

图3 不同石斛种类的花序特征

Fig. 3 Inflorescence characteristics of different *Dendrobium* species

表3 石斛综合评价模型中各层次指标权重分布值

Table 3 Weight distribution of indexes at each level in *Dendrobium* comprehensive evaluation model

目标层	约束层	约束层权	标准层	标准层权重	合成权重	综合排序
A引种石斛资源综合评价	B ₁ 生长适应性	0.524 7	C ₁ 成活率	0.451 0	0.236 6	1
			C ₂ 萌发率	0.304 3	0.159 6	3
			C ₃ 开花率	0.050 0	0.026 2	7
			C ₄ 结果率	0.034 5	0.018 1	10
			C ₅ 生长势	0.160 3	0.084 1	5
	B ₂ 观赏价值	0.141 6	C ₆ 生长形态	0.037 5	0.005 3	16
			C ₇ 株型	0.025 9	0.003 7	17
			C ₈ 叶型	0.018 9	0.002 7	18
			C ₉ 花型	0.092 1	0.013 0	11
			C ₁₀ 花瓣	0.092 1	0.013 0	11
			C ₁₁ 唇瓣	0.092 1	0.013 0	11
			C ₁₂ 花序长	0.057 1	0.008 1	14
			C ₁₃ 花量	0.149 6	0.021 2	8
			C ₁₄ 花茎龄	0.228 0	0.032 3	6
			C ₁₅ 花期	0.149 6	0.021 2	8
	B ₃ 药用价值	0.333 8	C ₁₆ 花香	0.057 1	0.008 1	14
			C ₁₇ 药用范围	0.666 7	0.222 5	2
			C ₁₈ 珍稀程度	0.333 3	0.111 3	4

分。翅梗石斛和黄喉石斛未开花,与花相关的评价指标根据查阅文献、咨询专家和种植人员获得评分。

由表5可知,27种石斛资源综合评分结果在1.50~4.58,可划分为Ⅰ级、Ⅱ级、Ⅲ级和Ⅳ级;综合评分 ≥ 4.00 为Ⅰ级,综合评分3.99~3.00为Ⅱ级,综合评分2.99~2.00为Ⅲ级,综合评分 < 2.00 为Ⅳ级。Ⅰ级石斛资源有5种,其生长适应性强、经济价值高,是值得开发利用的优良石斛资源;Ⅱ级石斛资源有16种,其生长适应性较强、经济价值较高,是适宜开发利用的石斛资源;Ⅲ级石斛资源有4种,其生长适应性一般、具有一定的经济价值,是可以开发利用的石斛资源;Ⅳ级石斛资源有2种,其生长适应性较弱,但具有一定的观赏价值,不太适宜规模性开发利用的石斛资源。根据上述综合分析,Ⅰ级和Ⅱ级石斛资源是适宜黔西南地区开发利用的优良资源。

3 结论与讨论

通过对黔西南喀斯特地区引种栽培的27种石斛资源适应性进行调查,其中22种石斛适应性较强。石斛适应性与气候环境、种源、种植模式等有一定相关性^[27,28]。黔西南喀斯特地区气候条件优越,又是野生石斛资源主要分布地之一,引种栽培的大多数石斛都能适应当地气候环境条件,尤其是来自贵州地区或在贵州驯化栽培的种源适应性都较强;其次,石斛属附生植物,仿野生树栽培模式是以树皮

为附生载体,树皮凹凸不平的表皮有利于锁住水分及养分,因此石斛采用仿野生树栽培模式存活率通常较高。

在27种石斛资源中,大多数石斛花芽和新芽萌发主要在3月—5月,花芽萌发约20~40 d后开花,花期主要在4月—6月并可持续7~15 d,果实成熟期主要在9月—11月。黔西南喀斯特地区属亚热带湿润季风气候区,栽培地海拔在1 000~1 200 m,大多数石斛的花期相比于引种地的热带气候、低海拔地区晚10~30 d,果实成熟期也相应推迟。不同石斛的花期持续时间不同,如叠鞘石斛开花相对一致,花期持续时间相对较短,大约7 d左右;重唇石斛陆续开花,花期持续时间相对较长可达40 d左右。在自然环境条件下,大多数石斛的自然结果率都极低,石斛的种群数量或开花量较少、自交亲和力较弱都是影响石斛结果率的重要因素^[29]。

石斛形态特征和生长特性是鉴定不同石斛种类的重要指标^[30,31],27种石斛资源在株型、茎干、花型、花量、唇瓣等方面具有明显差异。比如,铁皮石斛、翅梗石斛、玫瑰石斛和具槽石斛等属于小株型;杓唇石斛、流苏石斛、曲轴石斛和束花石斛等属于大株型;铁皮石斛茎干带铁锈斑点,鼓槌石斛茎干呈纺锤状,棒节石斛茎干呈串珠状,大苞鞘石斛和肿节石斛茎节肿大,铁皮石斛、重唇石斛、美花石斛和鼓槌石斛等属于小花型;金钗石斛、矩唇石斛、杓唇石斛、扭

表4 评价指标量化评分标准
Table 4 Scoring standards of evaluation index quantification

序号	评价指标	评分标准				
		5	4	3	2	1
1	成活率	90%~100%	80%~89%	70%~79%	60%~69%	<60%
2	萌发率	90%~100%	80%~89%	70%~79%	60%~69%	<60%
3	开花率	90%~100%	70%~89%	50%~69%	30%~49%	<30%
4	结果率	≥20%	15%~19%	10%~14%	5%~9%	<5%
5	生长势	5★	4★	3★	2★	1★
6	生长形态	直立	斜立	半垂	下垂	匍匐
7	株型	株高≥80 cm	株高60~79 cm	株高40~59 cm	株高20~39 cm	株高<20 cm
8	叶型	①叶色较鲜亮	①叶色鲜亮	①叶色一般	①叶色暗淡	①叶色较暗淡
		②叶形较好	②叶形好	②叶形一般	②叶形差	②叶形较差
		③叶面积较大	③叶面积大	③叶面积一般	③叶面积小	③叶面积较小
9	花型	花朵较大	花朵大	花朵一般	花朵小	花朵较小
10	花瓣	①形状较独特	①形状独特	①形状一般	①形状常见	①形状较常见
		②颜色较艳丽	②颜色艳丽	②颜色淡雅	②颜色一般	②颜色暗淡
11	唇瓣	①形状较独特	①形状独特	①形状一般	①形状常见	①形状较常见
		②颜色较艳丽	②颜色艳丽	②颜色淡雅	②颜色一般	②颜色暗淡
12	花序长	>15 cm	11~15 cm	5~10 cm	1~5 cm	<1 cm
13	花量	>40 朵	3~140 朵	21~30 朵	11~20 朵	<10 朵
14	花茎龄	1~2年生	2~3年生	3~4年或1年生	2年生	3年生
15	花期	>40 d	30~39 d	20~29 d	10~19 d	<10 d
16	花香	花香怡人	清香	香	微香	无香
17	药用范围	①2020年版《中国药典》单独收录 ②药食同源	①2020年版《中国药典》收录 ②非药食同源	常用药材	不常用药材	未见药用研究
18	珍稀程度	较珍贵	珍贵	稀有	一般	常见

表5 27种石斛资源综合评分与等级划分
Table 5 Comprehensive scoring and grading of 27 *Dendrobium* species

序号	种类	综合评分	等级	序号	种类	综合评分	等级
1	铁皮石斛(<i>D. officinale</i>)	4.58	I级	15	曲轴石斛(<i>D. gibsonii</i>)	3.66	II级
2	流苏石斛(<i>D. fimbriatum</i>)	4.41	I级	16	肿节石斛(<i>D. pendulum</i>)	3.62	II级
3	金钗石斛(<i>D. nobile</i>)	4.32	I级	17	紫萼石斛(<i>D. transparens</i>)	3.55	II级
4	鼓槌石斛(<i>D. chrysotoxum</i>)	4.25	I级	18	喇叭唇石斛(<i>D. lituiflorum</i>)	3.46	II级
5	束花石斛(<i>D. chrysanthum</i>)	4.06	I级	19	晶帽石斛(<i>D. crystallinum</i>)	3.13	II级
6	美花石斛(<i>D. loddigesii</i>)	3.90	II级	20	报春石斛(<i>D. primulinum</i>)	3.03	II级
7	杓唇石斛(<i>D. moschatum</i>)	3.82	II级	21	玫瑰石斛(<i>D. crepidatum</i>)	3.00	II级
8	矩唇石斛(<i>D. linawianum</i>)	3.81	II级	22	黑喉石斛(<i>D. ochreatum</i>)	2.53	III级
9	大苞鞘石斛(<i>D. wardianum</i>)	3.80	II级	23	兜唇石斛(<i>D. cucullatum</i>)	2.46	III级
10	重唇石斛(<i>D. hercoglossum</i>)	3.77	II级	24	扭瓣石斛(<i>D. tortile</i>)	2.26	III级
11	球花石斛(<i>D. thyrsiflorum</i>)	3.77	II级	25	具槽石斛(<i>D. sulcatum</i>)	2.00	III级
12	密花石斛(<i>D. densiflorum</i>)	3.74	II级	26	翅梗石斛(<i>D. trigonopus</i>)	1.76	IV级
13	叠鞘石斛(<i>D. denmeanum</i>)	3.74	II级	27	黄喉石斛(<i>D. signatum</i>)	1.50	IV级
14	棒节石斛(<i>D. fincllayanum</i>)	3.73	II级				

瓣石斛和棒节石斛等属于大花型;玫瑰石斛、棒节石斛和叠鞘石斛等属于少花型;大苞鞘石斛、球花石

斛、密花石斛、鼓槌石斛等属于多花型;杓唇石斛唇瓣边缘内卷呈杓状,流苏石斛唇瓣带流苏状,喇叭唇

石斛唇瓣呈喇叭状。

根据 27 种石斛资源的适应性、物候期、形态特征和生长特性观测信息,筛选出 18 个评价指标,采用 AHP 法构建石斛资源综合评价体系,将 27 种石斛资源划分成 4 个等级,筛选出综合评价较高、适宜开发利用的 21 种优良石斛资源。石斛属植物是中国重点保护植物之一,调查引种栽培石斛的生物学特性不但有利于保护野生石斛资源、促进优良资源的开发利用,还能增加引入地石斛的生物多样性^[32,33]。

参考文献

- [1] 吉占和, 陈心启. 中国植物志 [M]. 北京: 科学出版社, 1999.
Ji Z H, Chen X Q. Flora Reipublicae Popularis Sinicae [M]. Beijing: Science Press, 1999.
- [2] 杨明志, 单玉莹, 陈晓梅, 等. 中国石斛产业发展现状分析与考量[J]. 中国现代中药, 2022, 24(8): 1395-1402.
Yang M Z, Shan Y Y, Chen X M, et al. Current development situation of *Dendrobium* industry in China [J]. Modern Chinese Medicine, 2022, 24(8): 1395-1402.
- [3] 杨林, 姜运力, 杨成华, 等. 贵州石斛属植物种类资源研究[J]. 种子, 2020, 39(2): 57-62.
Yang L, Jiang Y L, Yang C H, et al. Study on germplasm resources of *Dendrobium* in Guizhou[J]. Seed, 2020, 39(3): 57-62.
- [4] 邓朝义, 黎剑, 黄凌昌, 等. 贵州省黔西南州野生石斛种质资源调查研究[J]. 河南农业, 2020(26): 30-31.
Deng C Y, Li J, Huang L C, et al. Investigation on germplasm resources of wild *Dendrobium* in Qian Xinan of Guizhou [J]. Henan Agriculture, 2020(26): 30-31.
- [5] 王珊珊, 刘佳萌, 孙晶, 等. 药用石斛属植物石斛碱研究进展[J]. 中国食物与营养, 2020, 26(12): 9-15.
Wang S S, Liu J M, Sun J, et al. Research progress on dendrobine of medicinal *Dendrobium* [J]. Food and Nutrition in China, 2020, 26(12): 9-15.
- [6] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典[M]. 北京: 中国医药科技出版社, 2020.
National Pharmacopoeia Commission. Pharmacopoeia of the People's Republic of China [M]. Beijing: China Medical Science and Technology Press, 2020.
- [7] 黄向鹏, 谷勇, 吴昊. 珍稀濒危植物濒危机理研究进展[J]. 广东农业科学, 2016, 43(4): 78-83.
Huang X P, Gu Y, Wu H. Research progress on endangered mechanism of rare and endangered plants [J]. Guangdong Agricultural Sciences, 2016, 43(4): 78-83.
- [8] Wraith J, Norman P, Pickering C. Orchid conservation and research: an analysis of gaps and priorities for globally Red Listed species [J]. Ambio, 2020, 49(10): 1601-1611.
- [9] 杨建伟, 李宗艳, 冯尧, 等. 束花石斛的繁育生物学特性[J]. 植物研究, 2023, 43(1): 150-160.
Yang J W, Li Z Y, Feng Y, et al. Reproductive biological characteristics of *Dendrobium chrysanthum* [J]. Bulletin of Botanical Research, 2023, 43(1): 150-160.
- [10] 国家林业和草原局, 农业农村部公告(2021年第15号)(国家重点保护野生植物名录)[EB/OL]. [2021-09-07]. <https://www.forestry.gov.cn/c/www/lczc/10746.jhtml>.
Announcement of the Ministry of Agriculture and Rural Affairs of the National Forestry and Grassland Administration(No. 15, 2021) (List of wild plants under state key protection)[EB/OL]. [2021-09-07]. <https://www.forestry.gov.cn/c/www/lczc/10746.jhtml>.
- [11] 罗晓青. 贵州石斛[M]. 贵阳: 贵州科技出版社, 2021.
Luo X Q. *Dendrobium* of Guizhou [M]. Guiyang: Guizhou Science and Technology Press, 2021.
- [12] Nguyen N H, Vu H T, Le N D, et al. Molecular identification and evaluation of the genetic diversity of *Dendrobium* species collected in southern Vietnam [J]. Biology, 2020, 9(4): 76.
- [13] Tang Y J, Zhou D Y, Dai J, et al. Potential specificity between mycorrhizal fungi isolated from widespread *Dendrobium* spp. and rare *D. huoshanense* seeds [J]. Current Microbiology, 2022, 79(9): 264.
- [14] 黄小艳, 夏池, 黄玮婷, 等. 中国一级保护野生兰科植物杂交育种进展[J/OL]. 植物遗传资源学报, <https://doi.org/10.13430/j.cnki.jpgr.20230809001>.
Huang X Y, Xia C, Huang W T, et al. Progress in hybrid breeding of wild orchids listed in the national first-class plant protection catalog[J/OL]. Journal of Plant Genetic Resources, <https://doi.org/10.13430/j.cnki.jpgr.20230809001>.
- [15] Yang W J, Chen D W, Ji Q L, et al. Molecular mechanisms underlying the anticancer property of *Dendrobium* in various systems of the human body: a review [J]. Biomedicine Pharmacotherapy, 2023(165): 115223.
- [16] 陈慧玲, 刘宗坤, 杨彦伶, 等. 基于层次分析法的药用石斛种质资源评价[J]. 西南林业大学学报, 2017, 37(1): 82-87.
Chen H L, Liu Z K, Yang Y L, et al. Evaluation germplasm of medicinal *Dendrobium* spp. via analytic hierarchy process [J]. Journal of Southwest Forestry University, 2017, 37(1): 82-87.
- [17] 马良, 陈松泉, 庄莉彬. 35种石斛兰观赏价值评价[J].

- 亚热带植物科学, 2019, 48(3): 269-273.
- Ma L, Chen S Q, Zhuang L B. Evaluation on ornamental characters of 35 species of *Dendrobium* [J]. Subtropical Plant Science, 2019, 48(3): 269-273.
- [18] 赖碧丹, 邓征宇, 崔忠吉, 等. 基于AHP的73种石斛兰观赏性及栽培适应性的研究[J]. 广西农学报, 2020, 35(6): 34-40.
- Lai B D, Deng Z Y, Cui Z J, *et al.* A study on ornamental and cultivation adaptability of 73 species of *Dendrobium officinale* based on AHP [J]. Journal of Guangxi Agronomy, 2020, 35(6): 34-40.
- [19] 邓朝义, 聂建平, 钟海, 等. 贵州兴义市万峰林生物多样性调查[J]. 贵州林业科技, 2003, 31(3): 14-16.
- Deng C Y, Nie J P, Zhong H, *et al.* Biodiversity survey of Wanfeng forest in Xingyi city, Guizhou province [J]. Guizhou Forestry Science and Technology, 2003, 31(3): 14-16.
- [20] 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.
- Bai Y, Bao Y H, Jin J X, *et al.* Investigation and research on medicinal *Dendrobium* resources in China [J]. Chinese Tradition Herbal Medicine, 2006, 37(9): 164-166.
- [21] 曾宋君. 中国药用石斛种类介绍[J]. 花卉, 2015(4): 19-26.
- Zeng S J. Species introduction of Chinese medicinal *Dendrobium* [J]. Flowers, 2015(4): 19-26.
- [22] 包雪声. 中国药用石斛彩色图谱[M]. 上海: 上海医科大学出版社, 2001.
- Bao X S. Color Atlas of Chinese medicinal *Dendrobium* [M]. Shanghai: Shanghai Medical University Press, 2001.
- [23] 贾敏如, 李星炜. 中国民族药志要[M]. 北京: 中国医药科技出版社, 2005.
- Jia M R, Li X W. Chinese national medicine records [M]. Beijing: China Medical Science and Technology Press, 2005.
- [24] Saaty R W. The analytic hierarchy process: what it is and how it is used [J]. Mathematical Modelling, 1987, 9 (3/4/5): 161-176.
- [25] 常建娥, 蒋太立. 层次分析法确定权重的研究[J]. 武汉理工大学学报(信息与管理工程版), 2007, 29(1): 153-156.
- Chang J E, Jiang T L. Research on the weight of coefficient through analytic analytic hierarchy process [J]. Journal of Wuhan Technology University, 2007, 29(1): 153-156.
- [26] 李英姿, 张兴, 张姗姗, 等. 基于AHP法的穹窿山主要芳香植物资源评价及康养景观应用[J]. 江苏农业科学, 2022, 50(8): 151-157.
- Li Y Z, Zhang X, Zhang S S, *et al.* Evaluation of main aromatic plant resources and its application to health landscape in Qionglong mountain by AHP method [J]. Jiangsu Agricultural Sciences, 2022, 50(8): 151-157.
- [27] 罗晓青, 周玉飞, 王晓敏, 等. 贵州喀斯特地区铁皮石斛仿野生种植研究[J]. 中药材, 2021, 44(3): 526-529.
- Luo X Q, Zhou Y F, Wang X M, *et al.* Study on the imitation wild planting of *Dendrobium officinale* in Guizhou Karst area [J]. Journal of Chinese Medicinal Materials, 2021, 44(3): 526-529.
- [28] 赖策, 魏小琴. 石斛属植物生态产地适宜性区划研究[J]. 安徽农业科学, 2020, 48(6): 159-162, 206.
- Lai C, Wei X Q. Study on ecological habitat suitability regionalization of *Dendrobium* [J]. Anhui Agricultural Sciences, 2020, 48(6): 159-162, 206.
- [29] Zhang X J, Jia Y, Liu Y, *et al.* Challenges and perspectives in the study of self-incompatibility in orchids [J]. International Journal of Molecular Sciences, 2021, 22 (23): 12901.
- [30] Wood P H. The *Dendrobiums* [M]. New York, USA: Workman Pub Co., 2006.
- [31] Lavarack B, Harris W, Stocker G, *et al.* *Dendrobium* and its relatives [M]. Oregon, USA: Timber Press, 2000.
- [32] 蒋亚芳, 田静, 刘增力, 等. 全国重点保护野生植物资源现状及保护策略[J]. 林业资源管理, 2023, 8(4): 1-10.
- Jiang Y F, Tian J, Liu Z L, *et al.* The resource status and conservation strategies of national key protected wild plants in China [J]. Forest Resources Management, 2023, 8(4): 1-10.
- [33] Phillips R D, Dixon K W, Peakall R. Low population genetic differentiation in the Orchidaceae: implications for the diversification of the family [J]. Molecular Ecology, 2012, 21(21): 5208-5220.

□

(编辑: 杨晓翠)