

文章编号:1001-6880(2018)6-0983-08

铁皮石斛品质分析与评价指标的确定

张静芳,何淑敏,谢倩,李泽坤,叶清华,陈清西*

福建农林大学园艺学院,福州 350002

摘要:为比较不同地区铁皮石斛品质差异,简化铁皮石斛品质的评价指标,以引进的30个铁皮石斛材料为试材,测定了假鳞茎长度等14项指标,利用性状变异分析明确不同地区间铁皮石斛品质的差异,相关性分析探索指标间的关系,结合主成分分析和聚类分析对铁皮石斛的评价指标进行简化。结果表明,铁皮石斛的14项指标中,除含水率变异系数最小,其余13项指标的变异系数均在10%以上;假鳞茎长度和假鳞茎直径、节数、叶片宽度,假鳞茎直径和节数、叶片宽度,节数和叶片宽度、叶片形状,节距和叶片长度,叶片宽度与叶片形状,假鳞茎姿态和叶先端形状有极显著正相关,节距和叶片形状有极显著负相关,多糖和含水率与其它指标无显著相关,醇溶性浸出物含量仅与叶片长度有显著正相关;结合主成分分析和聚类分析,13项铁皮石斛品质指标可以简化为5项,即假鳞茎长度(或假鳞茎直径)、假鳞茎姿态、假鳞茎颜色、醇溶性浸出物含量和多糖含量。

关键词:铁皮石斛;品质评价;指标简化;主成分分析;聚类分析

中图分类号:R282;Q94

文献标识码:A

DOI:10.16333/j.1001-6880.2018.6.012

Quality Analysis and Evaluation Indexes Determination of *Dendrobium officinale*

ZHANG Jing-fang, HE Shu-min, XIE Qian, LI Ze-kun, YE Qing-hua, CHEN Qing-xi*

College of Horticulture, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou 350002, China

Abstract: In order to compare the quality difference in different areas and simplify the evaluation index of *Dendrobium officinale* quality, 30 indicators of *Dendrobium candidum* introduced were used as test materials to measure 14 indexes such as pseudobulb length. The characters of *Dendrobium candidum* The correlation analysis to explore the relationship between indicators, combined with principal component analysis and cluster analysis of *Dendrobium* evaluation indicators to simplify. The results showed that among the 14 indicators of *Dendrobium candidum*, except the coefficient of variation of water content was the smallest, the coefficient of variation of the remaining 13 indicators were above 10%; the length of pseudobulb and the diameter of pseudobulb, number of segments, leaf width, pseudobulb diameter and section Leaf width, number of leaves and leaf width, leaf shape, pitch and leaf length, leaf width and leaf shape, pseudobulb posture and leaf tip shape were extremely significantly positive correlation, pitch and leaf shape had a significant negative correlation, Polysaccharides and water content were not significantly correlated with other indexes. The content of alcohol-soluble extract had only a significant positive correlation with leaf length. According to the principal component analysis and clustering analysis, the quality index of 13 *Dendrobium candidums* could be reduced to five, ie, the pseudobulb length(Or pseudobulb diameter), pseudobulb pose, pseudobulb color, alcohol-soluble extract content, and polysaccharide content.

Key words: *Dendrobium officinale*; quality evaluation; index simplification; principal component analysis; cluster analysis

石斛属是兰科中较大的属之一,全球有石斛属植物一千多种,主要分布在亚洲热带、亚热带及大洋洲。我国有石斛属植物七十多种,两个变种,主要分布在云南、广西、贵州、台湾、海南等省^[1]。铁皮石斛(*Dendrobium officinale* Kimura et Migo)又名黑节

草,为兰科石斛属多年生附生草本植物。铁皮石斛是我国传统名贵中药材,早在《神农本草经》中就有记载,并被列为上品,具有很高的药用和观赏价值,有“救命仙草”、“九大仙草之首”的美誉^[2]。现代化学成分和药理研究表明铁皮石斛具有生津养胃、滋阴清热、润肺益肾、明目强腰以及抗肿瘤、抗衰老等作用^[3]。龙承星等^[4]研究表明铁皮石斛多糖能优化脾虚便秘小鼠的肠道环境,改善其脾虚便秘症状,

收稿日期:2018-01-15 接受日期:2018-04-20

基金项目:农业科技园区花果良种选育及集约化种植技术研究与示范(2013NZ0002-4)

*通信作者 Tel:86-013805019076;E-mail:cqx0246@163.com

在增强小鼠机体免疫力、调控肠道微生态平衡和肠道酶活性方面有一定的促进作用。由此可见,铁皮石斛蕴含巨大的药用经济价值。

近年来,随着人工驯化栽培技术的提高,铁皮石斛人工栽培的面积逐年增大,市面上的铁皮石斛品质良莠不齐,繁杂而大量的测定工作给铁皮石斛品质综合评价带来了困难,因此建立科学的品质评价体系显得尤为重要。铁皮石斛的品质指标除了内在活性成分外,外观品质也是重要的组成部分。已有的研究报道中,关于铁皮石斛的品质评价已有不少,但还不够系统和深入,仅涉及少数品种或少数指标^[5,6]。本试验以30个铁皮石斛为试材,测定了假鳞茎长度等14项指标,利用性状变异分析、相关性分析明确不同地区间铁皮石斛品质的差异,探明铁皮石斛指标间的相关关系,结合主成分分析和聚类分析对铁皮石斛的评价指标进行简化,确定铁皮石

斛品质的代表性指标,以期为铁皮石斛品质的科学评价与良种选育提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料与仪器

福建省漳浦县扬基园艺发展有限公司于2014年收集来自云南、广西、四川等7个地区的铁皮石斛,按照铁皮石斛栽培技术规程^[7]在漳浦县扬基园艺发展有限公司石榴基地的大棚中栽培两年。试验用铁皮石斛均为2年生,于2016年8月采样,其中编号1~4为扬基园艺发展有限公司自行选育品系。具体种质资源及来源见表1。

取样时选取无病虫害的假鳞茎,用自封袋装好,做好标记放于冰盒中,带回实验室后用双蒸水清洗干净,自然晾干后置于40℃冰箱中,用真空冻干,再用中草药粉碎机粉碎后过40目筛待测。

表1 铁皮石斛种质及来源
Table 1 Dendrobium germplasm and source

编号 No.	种质名称 Germplasm name	来源 Source	编号 No.	种质名称 Germplasm name	来源 Source
1	扬基1号	扬基园艺发展有限公司	16	铁皮石斛	四川峨眉山
2	扬基2号	扬基园艺发展有限公司	17	铁皮石斛	四川长宁
3	扬基4号	扬基园艺发展有限公司	18	铁皮石斛	贵州赤水
4	扬基3号	扬基园艺发展有限公司	19	铁皮石斛	广西金秀
5	铁皮石斛	云南勐海	20	铁皮石斛	广西平南
6	铁皮石斛	云南芒市	21	铁皮石斛	广西百色
7	铁皮石斛	广西蓉县松山镇松山村	22	铁皮石斛	贵州三都
8	铁皮石斛	福建武夷山	23	铁皮石斛	广西兴安
9	铁皮石斛	浙江乐清市大荆镇双峰村	24	铁皮石斛	安徽蒙城县
10	铁皮石斛	浙江临海市杜桥镇湖田村	25	铁皮石斛	云南贡山
11	铁皮石斛	浙江仙居	26	铁皮石斛	云南石屏
12	铁皮石斛	浙江天台	27	铁皮石斛	云南龙陵
13	铁皮石斛	安徽霍山	28	铁皮石斛	云南文山
14	铁皮石斛	安徽大别山	29	铁皮石斛	云南腾冲
15	铁皮石斛	安徽合肥	30	铁皮石斛	云南开远

1.2 试验方法

表型性状(假鳞茎长度(a);假鳞茎直径(b);假鳞茎数(c);节数(d);节距(e);叶片长度(f);叶片宽度(g);假鳞茎姿态(h);假鳞茎颜色(i);叶先端形状(j);叶片形状(k))测定方法参考《植物新品种特异性、一致性和稳定性测试指南 石斛属》(NY/T 2758-2015)^[8]。为便于数据统计分析,假鳞茎姿态、

假鳞茎颜色、叶先端形状和叶片形状的性状特征用数字代表:假鳞茎姿态(1直立;2半直立;3水平;4半下垂;5下垂);假鳞茎颜色(1黄色;2黄绿色;3绿色;4褐色;5棕褐色);叶先端形状(1锐尖;2钝圆;3凹缺);叶片形状(1窄披针形;2条形;3椭圆形;4窄卵圆形;5窄倒卵形);多糖(l)、醇溶性浸出物含量(m)和含水率(n)参照《中华人民共和国药典》

2010 版(一部)附录 VA 项建立操作流程并测定。

成分分析和聚类分析。

1.3 数据处理

利用 Excel 2003 表格对所测数据进行整理;

SPSS 17.0 软件进行变异性状分析、相关性分析、主

2 结果与分析

2.1 铁皮石斛品质性状变异分析

表 2 铁皮石斛品质性状变异分析

Table 2 Variation analysis of dendrobium candidum quality traits

性状 Traits	种质数量 Germplasm quantity	极小值 Minima	极大值 Maximum	均值 Average	中位数 Median	标准差 Standard deviation	变异系数 Coefficient of variation (%)
a	30	3.26	26.86	19.92	20.73	4.92	24.72
b	30	1.99	5.40	3.65	3.62	0.69	18.88
c	30	3.00	21.00	7.96	5.8	4.49	56.45
d	30	3.00	16.20	11.19	11.5	2.77	24.74
e	30	1.09	2.54	1.80	1.775	0.27	15.17
f	30	3.96	6.42	5.24	5.22	0.69	13.24
g	30	0.66	1.64	1.16	1.14	0.26	22.43
h	30	1.00	4.00	2.10	2.00	0.71	33.90
i	30	2.00	5.00	3.43	3.00	0.90	26.14
j	30	1.00	2.00	1.10	1.00	0.31	27.74
k	30	1.00	4.00	3.27	4.00	1.28	39.33
l	30	14.29	34.64	22.22	21.05	4.97	22.37
m	30	7.48	31.23	15.08	15.22	4.97	32.94
n	30	82.54	91.18	87.74	88.25	1.87	2.13

对不同地区的 30 个铁皮石斛种质资源数据差异分析结果见表 2。其中,含水率的变异系数为 2.13%,离散程度小,不能代表各地区铁皮石斛种质的差异性。其余的 13 项指标变异系数较大,说明不

同地区的铁皮石斛种质间特异性强,单株间变异丰富,体现了丰富的遗传多样性。其中假鳞茎数的变异系数最大,为 56.45%。

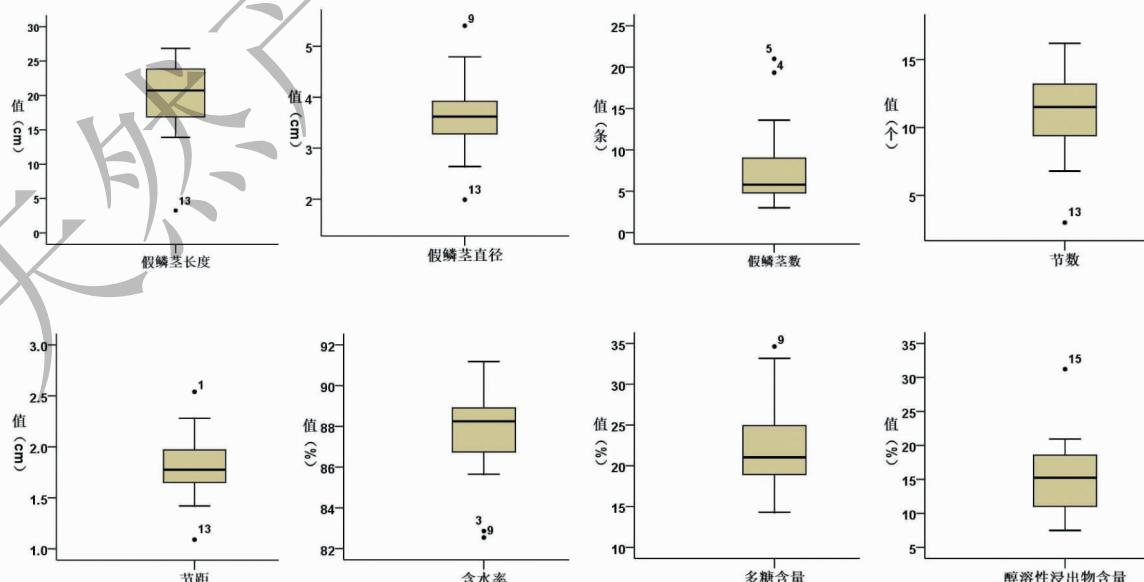


图 1 铁皮石斛指标箱图

Fig. 1 Dendrobium indicators box diagram

2.2 剔除极端值

由图 1 的箱图可知,假鳞茎长度、假鳞茎直径和假鳞茎数等 8 个指标中均存在极端异常值,为使数据处理结果准确、可靠,剔除存在极端值的 7 个地区的铁皮石斛,即 1 号、3 号、4 号、5 号、9 号、13 号和 15 号。

2.3 铁皮石斛各项指标相关性分析

对剔除异常值后的 23 个铁皮石斛种质资源的

14 个指标进行相关性分析。由表 3 可知,假鳞茎长度和假鳞茎直径、节数、叶片宽度,假鳞茎直径和节数、叶片宽度,节数和叶片宽度、叶片形状,节距和叶片长度,叶片宽度与叶片形状,假鳞茎姿态和叶先端形状有极显著正相关,节距和叶片形状有极显著负相关。而多糖和含水率与其他指标均无显著相关,醇溶性浸出物含量仅与叶片长度有显著正相关。

表 3 各指标间的相关性分析

Table 3 Correlation analysis of each index

	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	n	l
b	0.639 **												
c		0.274	0.501 *										
d			0.821 **	0.526 **	0.078								
e				0.276	0.161	0.338	-0.311						
f					0.12	0.17	0.354	-0.218	0.582 **				
g						0.649 **	0.596 **	0.22	0.752 **	-0.22	0.166		
h							0.384	0.283	0.154	0.394	0.008	-0.065	0.306
i								0.176	0.328	0.19	0.349	-0.299	-0.128
j									0.321	0.428 *	0.502 *	0.209	0.228
k										0.375	0.246	-0.101	0.682 **
n											-0.155	0.376	0.295
l												0.114	0.003
m													-0.03
													0.292
													-0.253
													0.402
													0.519 *
													-0.063
													0.194
													-0.092
													0.286
													-0.285
													0.003
													-0.131

注:“* *”表示在 0.01 水平(双侧)上显著相关,“*”表示在 0.05 水平(双侧)上显著相关。

Note: “* *” indicates significant correlation at 0.01 level (both sides) and “*” indicates significant correlation at 0.05 level (bilateral).

2.4 铁皮石斛品质指标的简化

2.4.1 主成分分析

依据品质性状变异分析,剔除含水率这一变异系数最低的指标,对 13 项铁皮石斛品质指标进行主成分分析。由表 4 可知,前 5 个因子的总贡献率为 83.613%,涵盖了 13 项指标大部分的信息。其中,第 1 主成分的贡献率为 32.887%,代表性指标(即权重较大的指标)为节数、叶片宽度、假鳞茎长度、假鳞茎直径和叶片形状,第 2 主成分的贡献率为 22.534%,代表性指标为节距、叶片长度和醇溶性浸出物含量;第 3 主成分的贡献率为 12.134%,代表性指标为假鳞茎姿态和叶先端形状;第 4 主成分的贡献率为 9.414%,代表性指标为多糖含量;第 5 主成分的贡献率为 6.645%,代表性指标为假鳞茎数和假鳞茎颜色。以第 1 主成分为横坐标,第 2、3、4 主成分为纵坐标,作图排序,结果见图 2。由图 2 可知,醇溶性浸出物含量和叶片长度,假鳞茎颜色和叶

先端形状,叶片宽度和节数,假鳞茎长度、假鳞茎直径和节数之间距离均较小,其中醇溶性浸出物含量和叶片长度,假鳞茎颜色和叶先端形状,叶片宽度和节数几乎重叠,表明它们之间有高度的信息重叠。

2.4.2 聚类分析

铁皮石斛的 13 项理化指标数据经标准化处理后,采用 Ward 法和 Chebychev 距离,进行系统聚类后所得的龙骨图见图 3。由图 3 可知,类间距离最短的为假鳞茎长度和节数,距离为 0.469;其次是假鳞茎姿态和叶先端形状,距离为 1.078,再是假鳞茎颜色和叶片形状,距离为 1.719。若以 10 为指标划分的距离,可将 13 项指标分为 5 类,即假鳞茎长度、节数、叶片宽度和假鳞茎直径为一类;假鳞茎姿态和叶先端形状为一类;假鳞茎颜色和叶片形状为一类;节距、叶片长度、假鳞茎数和醇溶性浸出物为一类;多糖含量为一类,这与主成分分析的结果(图 2)基本一致。

表 4 主成分分析载荷矩阵
Table 4 Principal component analysis load matrix

指标 Index	因子权重 Component weight				
	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5
a	0.775	0.162	0.476	0.08	0.246
b	0.727	0.286	0.285	0.017	-0.299
c	0.372	0.625	-0.062	-0.182	-0.521
d	0.844	-0.312	0.314	0.072	0.141
e	-0.132	0.824	0.234	0.042	0.196
f	-0.027	0.759	0.273	-0.157	0.023
g	0.819	-0.108	0.268	-0.352	-0.005
h	0.673	0.161	-0.559	0.241	0.347
i	0.570	-0.124	-0.353	0.343	-0.403
j	0.573	0.49	-0.485	0.307	0.057
k	0.691	-0.545	-0.129	-0.302	0.157
l	-0.137	-0.057	0.480	0.804	-0.003
m	-0.049	0.696	-0.217	-0.144	0.269
特征值 Eigenvalue	4.275	2.929	1.577	1.224	0.864
贡献率 Contribution rate(%)	32.887	22.534	12.134	9.414	6.645
累积 Accumulation(%)	32.887	55.421	67.554	76.968	83.613

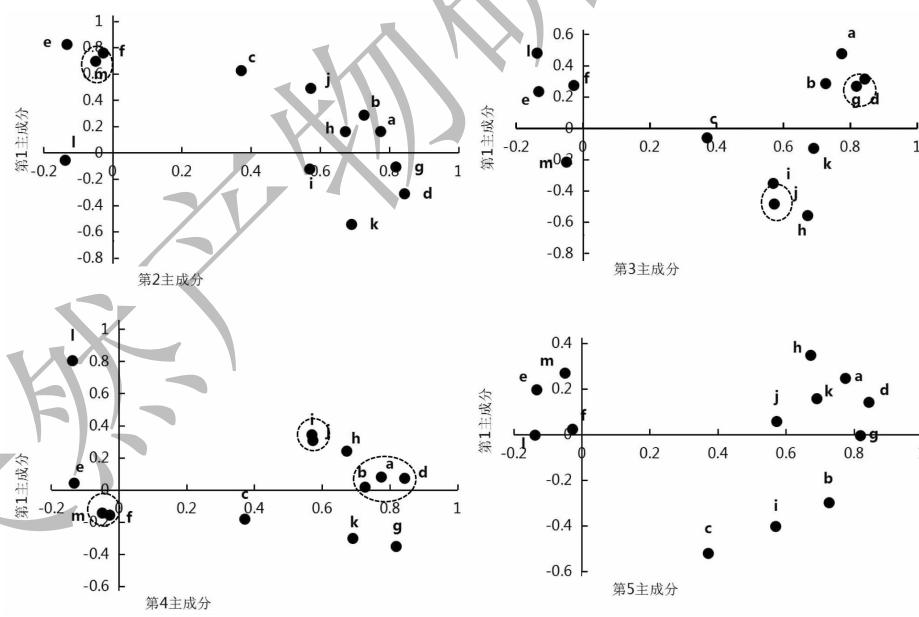


图 2 主成分分析前 5 个因子的二维排序图

Fig. 2 Principal component analysis of the first five factors of the two-dimensional sort map

2.4.3 指标简化

假鳞茎长度和假鳞茎直径、节数、叶片宽度之间,假鳞茎姿态与叶先端形状之间,醇溶性浸出物含量与叶片长度之间,叶片长度与节距之间,假鳞茎颜

色与叶片形状之间均存在高度相关,多糖与其他指标均无相关关系。主成分分析与聚类分析结果表明,假鳞茎长度与假鳞茎直径、节数、叶片宽度为同一类指标,假鳞茎姿态与叶先端形状为同一类指标,

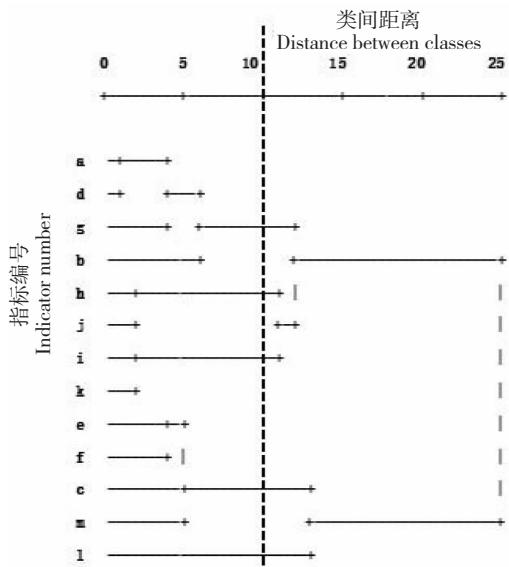


图3 13项指标的系统聚类龙骨图

Fig. 3 The systematic clustering of 13 indicators keel diagram

节距、叶片长度、假鳞茎数和醇溶性浸出物含量为同一类指标,假鳞茎颜色和叶片形状为同一类指标,多糖含量为一类指标。因此,可对铁皮石斛的13项指标进行简化,即在每一个同类指标中筛选一个作为代表性指标。假鳞茎为铁皮石斛的主要入药器官,也是铁皮石斛的主要采收对象^[9],因此在假鳞茎长度、假鳞茎直径、节数和叶片宽度之间,选择假鳞茎长度或假鳞茎直径为代表性指标;在假鳞茎姿态与叶先端形状之间选择假鳞茎姿态为代表性指标;在假鳞茎颜色和叶片形状之间选择假鳞茎颜色为代表性指标。多糖含量和醇溶性浸出物含量为铁皮石斛主要的药效成分,亦是评价铁皮石斛品质的重要指标,因此在节距、叶片长度、假鳞茎数和醇溶性浸出物含量之间选择醇溶性浸出物含量为代表性指标,多糖含量为一类代表性指标。由此,将铁皮石斛的品质指标简化为5项,即假鳞茎长度(或假鳞茎直径)、假鳞茎姿态、假鳞茎颜色、醇溶性浸出物含量和多糖含量。

3 讨论

3.1 不同地区铁皮石斛品质的差异

不同地区铁皮石斛种质的品质存在较大差异。试验数据表明,假鳞茎数、叶片形状、假鳞茎姿态和醇溶性浸出物含量有较大的变异系数($>30\%$),表明这几个指标受环境影响大,具有较大的遗传改良潜力,可为今后铁皮石斛的良种选育提供参考。假

鳞茎是铁皮石斛的主要入药器官,也是铁皮石斛的主要采收对象,因此假鳞茎长度和直径可作为铁皮石斛品质筛选的重要依据。本试验中的相关性分析表明,叶片宽度和节数均与假鳞茎长度和直径均呈极显著正相关,在张振臣^[10]的研究中,同样发现叶片宽度与假鳞茎长度、直径呈显著正相关,因此对于叶片宽度与假鳞茎长度、直径的遗传变异特异性有必要进一步研究。

铁皮石斛多糖有增强机体免疫力,抗肿瘤、抗衰老等作用,是铁皮石斛主要的药效成分^[11],亦是评价铁皮石斛品质最重要的指标,许多学者对不同地区的铁皮石斛多糖含量进行测定比较,以期找出铁皮石斛的最适生长环境,为铁皮石斛的人工栽培提供参考。王再花等^[12]对不同来源及其混淆品的铁皮石斛多糖进行比较,结果表明云南来源的铁皮石斛多糖含量最高,达到40.4%,其次是浙江来源的铁皮石斛,多糖含量为29.0%;龚庆芳等^[13]对广西、云南和浙江等不同产地的铁皮石斛品质进行研究,结果表明浙江和云南地区的种质在多糖这一指标上有良好的遗传基础,品质较好。本试验中,30个地区的铁皮石斛多糖含量最高的是浙江乐清市大荆镇双峰村铁皮石斛,为34.64%,最低的是安徽合肥的铁皮石斛,为14.29%。由此可见,不同地区的铁皮石斛多糖含量差异大,其中浙江、广西和云南地区的铁皮石斛多糖含量总体较高,有较高的利用价值和开发潜力。从平均水平看,本研究中铁皮石斛的多糖含量为22.22%,低于2010年版《中华人民共和国药典》^[14]中规定的25%,这可能与采样时期及管理水平有关。

3.2 铁皮石斛评价指标的简化

假鳞茎长度、假鳞茎直径、多糖含量和醇溶性浸出物含量等14项指标是评价铁皮石斛内在品质和外观品质的主要指标。正确选择评价指标是正确评价样品品质的基础。主成分分析^[15]是一种分析、简化数据集的统计分析方法,旨在保证原信息损失小且变量数目少的情况下,利用降维的方式将多指标简化为少量综合指标;聚类分析^[16]是通过数据建模简化数据的一种方法,主观因素少,能更加客观和科学地对铁皮石斛的评价指标进行综合考察和分类。将主成分分析与聚类分析相结合,可以达到简化指标,合理有效评价铁皮石斛品质的目的。目前,主成分分析与聚类分析结合简化指标的研究在桃^[17]、苹果^[18]、芒果^[19]和冬枣^[20]等均有见报道,但在铁皮石

斛上还未见报道。

本试验中,主成分分析提取了前5个因子代表铁皮石斛83.613%的信息,聚类分析采用Ward法和Chebychev距离,以10为指标划分的距离,将13项指标分为5类,以铁皮石斛的药用部位为依据,筛选出5个指标作为评价铁皮石斛品质的代表性指标,即假鳞茎长度(或假鳞茎直径)、假鳞茎姿态、假鳞茎颜色、醇溶性浸出物含量和多糖含量。

如今,在分析仪器的普及、色谱及色谱联用技术的发展推动下,铁皮石斛单糖组分的测定变得更加可靠,2015年版药典已将甘露糖作为评价铁皮石斛品质的指标之一。因此,在今后评价铁皮石斛品质中,可增加对甘露糖含量的测定。

4 结论

铁皮石斛的14项指标中,除含水率变异系数最小,其余13项指标的变异系数均在10%以上;不同地区的铁皮石斛多糖含量差异大,其中浙江、广西和云南地区的铁皮石斛多糖含量较高,有较高的利用价值和开发潜力;相关性分析中,假鳞茎长度和假鳞茎直径、节数、叶片宽度,假鳞茎直径和节数、叶片宽度,节数和叶片宽度、叶片形状,节距和叶片长度,叶片宽度与叶片形状,假鳞茎姿态和叶先端形状有极显著正相关,节距和叶片形状有极显著负相关,多糖和含水率与其他指标均无显著相关,醇溶性浸出物含量仅与叶片长度有显著正相关;结合主成分分析和聚类分析,13项铁皮石斛品质指标简化为5项,即假鳞茎长度(或假鳞茎直径)、假鳞茎姿态、假鳞茎颜色、醇溶性浸出物含量和多糖含量。

参考文献

- 1 Wu RH(武荣花), Li Y(栗燕). Research progress of dendrobium resource conservation[J]. *J Henan Agric Sci*(河南农业科学), 2009, 12(12): 9-12.
- 2 Chen XQ(陈心启). Chinese orchid book(中国兰花全书)[M]. Beijing: China Forestry Publishing House, 1998: 108-117.
- 3 Tang Z(唐政), Chen XX(陈小香), Huang XZ(黄献珠). Optimization of the extraction technology of dendrobium polysaccharides from *Dendrobium officinale* by mixed enzyme [J]. *Northern Hortic*(北方园艺), 2014, 6: 132-134.
- 4 Long CX(龙承星), He L(贺璐), Guo YF(郭艳芳), et al. Effects of *Dendrobium candidum* polysaccharide on immunity, intestinal microbiota and enzyme activity in mice with spleen deficiency constipation[J]. *Nat Prod Res Dev*(天然产物研究与开发), 2017, 29: 1020-1024.
- 5 Lu QF(鲁芹飞). Study on quality standards and drying methods of *Dendrobium candidum*[D]. Guangzhou: Guangzhou University of Chinese Medicine(广州中医药大学), 2014.
- 6 Xin T(辛甜). Study on quality evaluation of *Dendrobium candidum* in tissue culture[D]. Shenyang: Liaoning University of Traditional Chinese Medicine(辽宁中医药大学), 2011.
- 7 State Forestry Administration(国家林业局). *Dendrobium cultivation technical regulations*[S]. Beijing: China Standard Press, 2015.
- 8 Ministry of Agriculture of the People's Republic of China(中华人民共和国农业部). Plant new variety specificity, consistency and stability testing Guide *Dendrobium*[S]. Beijing: China Agricultural Press, 2015.
- 9 Zhao YJ(赵玉姣), Han BX(韩邦兴), Peng HS(彭华胜), et al. Research on evolution and transition of quality evaluation of Shihu[J]. *China J Chin Master Med*(中国中药杂志), 2016, 41: 1348-1353.
- 10 Zhang ZC(张振臣), Chen JB(陈俊标), Ma ZW(马柱文), et al. Discrepancy and correlation analysis on main phenotypic traits of *Dendrobium officinale*[J]. *Guangdong Agric Sci*(广东农业科学), 2010, 37(08): 78-80.
- 11 Yu MJ(郁美娟), Meng QH(孟庆华), Huang DY(黄德音), et al. Study on Active Components and Pharmacological Actions of *Dendrobium*[J]. *Chin Tradit Pat Med*(中成药), 2003, (11): 58-61.
- 12 Wang ZH(王再花), Zhang JH(章金辉), Li J(李杰), et al. Optimization of the extraction technology of *Dendrobium* polysaccharides from *Dendrobium officinale* by Mixed Enzyme [J]. *Northern Hortic*(北方园艺), 2015, (19): 140-143.
- 13 Gong QF(龚庆芳), Zhou H(周浩), Wang XG(王新桂), et al. Comparative study on quality of *Dendrobium officinale* from different habits[J]. *Northern Hortic*(北方园艺), 2013, (17): 162-165.
- 14 Chinese Pharmacopoeia Commission(国家药典委员会). *Pharmacopoeia of the People's Republic of China: Vol I*(中华人民共和国药典:第一部)[M]. Beijing: China Medical Science Press, 2010: 265.
- 15 Gao HX(高惠璇). *Apply multivariate statistical analysis*[M]. Beijing: Peking University Press, 2005.
- 16 Yang MQ(杨美权), Liu DH(刘大会), Shao AJ(邵爱娟), et al. Diversity and cluster analysis on agronomic traits of *Artemisia annua* germplasm resources in Yun-Gui plateau[J]. *China J Chin Master Med*(中国中药杂志), 2010, 35: 3097-3102.

(下转第1001页)