

黑毛组 6 种石斛药效成分分析及营养价值评价

王彦兵^{1,2}, 周侯光¹, 尹红星¹, 李庆聪¹, 王晓媛^{1,2}*, 李守岭¹*

¹云南省德宏热带农业科学研究所, 瑞丽 678600; ²广西大学农学院, 南宁 530004

摘要:对石斛兰属黑毛组 6 种石斛进行药效成分测定及营养价值评价, 为石斛种质资源鉴定、分类及药材应用提供科学依据。选取黑毛组 6 种石斛为实验材料, 分别采用硫酸-苯酚法、热浸法、气相色谱法和酸水解法-氨基酸分析仪测定多糖、醇溶性浸出物、石斛碱和 17 种氨基酸含量。黑毛组 6 种石斛中多糖含量介于 0.59% ~ 17.08%, 含量最高的翅梗石斛与含量最低的长距石斛相差 28.95 倍, 均低于药典规定铁皮石斛多糖不得少于 25% 的标准; 醇溶性浸出物含量介于 7.62% ~ 13.54%, 均高于药典中规定铁皮石斛不少于 6.5% 的标准, 含量最高的翅萼石斛为标准的两倍; 6 种石斛样品中均未检出石斛碱; 6 种石斛均含有色氨酸以外的 17 种氨基酸, 总量介于 3.45% ~ 4.53% 之间; 6 种石斛氨基酸比值系数分 (SRC) 介于 52.42 ~ 83.74, 除处子石斛外其余石斛 SRC 值均高于 70; 统计描述分析表明, 6 种石斛中多糖变异系数最大 (137.24%), 其次为醇溶性浸出物 (18.95%); 相关性分析表明, 营养成分之间存在一定的显著相关性 ($P < 0.05$), 而药效成分与营养成分及药效成分之间无显著相关性。黑毛组 6 种石斛氨基酸含量丰富, 可提供高品质蛋白, 药效成分差异显著, 表明其药理作用不同, 应根据成分和含量差异有针对性地开展生产和应用。本研究对药用石斛良种选育和石斛资源的开发具有一定的指导意义。

关键词:黑毛组石斛; 药效成分; 营养价值; 相关性分析; 资源开发

中图分类号: TS201.4; R284.1

文献标识码: A

文章编号: 1001-6880(2020)1-0095-08

DOI: 10.16333/j.1001-6880.2020.1.014

Effective components analysis and nutritional value evaluation of 6 species of *Dendrobium* in Sect. *Formosae*

WANG Yan-bing^{1,2}, ZHOU Hou-guang¹, YIN Hong-xing¹, LI Qing-cong¹, WANG Xiao-yuan^{1,2}*, LI Shou-ling¹*

¹Dehong Tropical Agriculture Institute of Yunnan, Ruili 678600, China;

²College of Agriculture, Guangxi University, Nanning 530004, China

Abstract: In order to provide scientific basis for the identification, classification and application of *dendrobium* germplasm resources, the medicinal components of 6 species of *dendrobium* were determined and their nutritional value was evaluated. Selecting 6 species of *dendrobium* in Sect. *Formosae* as materials, the contents of polysaccharides, alcohol-soluble extracts, dendrobine and 17 kinds of amino acids were determined by sulfuric acid-phenol method and amino acid analyzer analysis, thermal leaching method, gas chromatography and acid hydrolysis method respectively. The contents of polysaccharides was between 0.59% ~ 17.08%, alcohol-soluble extract was between 7.62% ~ 13.54%, dendrobine was not detected in all samples; all of dendrobiums contain 17 amino acids other than tryptophan, the total amount is between 3.45% and 4.53%. Amino acid ratio coefficients (SRC) of 6 species of *Dendrobium* ranged from 52.42 to 83.74. The statistical description and analysis showed that the polysaccharide variation coefficient of 6 species of *Dendrobium* was the largest (137.24%), followed by the alcohol-soluble extracts (18.95%). The correlation analysis showed that there was some significant correlation between the nutritional components, but no significant correlation between the medicinal components and the nutritional components and the medicinal components. 6 species of *Dendrobium* in Sect. *Formosae* were rich in amino acids, which could provide high quality protein. The difference of pharmacodynamic components was significant, suggesting that their pharmacological effects were different, production and application should be carried out according to the difference of composition and content. This

收稿日期: 2019-08-27 接受日期: 2019-11-06

基金项目: 农业农村部物种资源保护 (热带作物) 项目 (15181301354052710); 云南省现代农业橡胶产业技术体系建设 (2019KJTX008-04)

* 通信作者 Tel: 692-3035329; E-mail: wangxiaoyuan@163.com, lishouling2008@yeah.net

study has guiding significance to the breeding of excellent species of *Dendrobium* and the exploitation of *Dendrobium* resources.

Key words: Sect. *Formosae*; effective components; nutritional value; correlation coefficient; resource exploitation

石斛属 *Dendrobium* Sw. 是兰科三大属之一,其原种将近 2000 种^[1]。王雁等著的《石斛兰》以兰科分类学家理查德·施莱赫特的分组系统为架构,采用被大多数学者所认同的分类变更,将石斛兰属整理为 5 个亚属 40 个组^[2]。石斛早在《神农本草经》中就有记载,具有养阴生津、润肺明目、抗癌防老等功效^[3],此外,石斛还是优良的植物蛋白来源,具有较高的药用食用价值^[4]。《中华人民共和国药典》(2015 年版)收录了铁皮石斛 *D. officinale*、金钗石斛 *D. nobile*、流苏石斛 *D. fimbriatum*、鼓槌石斛 *D. chrysotoxum* 及其同属近似种的新鲜或干燥茎作为中药石斛的来源^[5]。由于石斛资源珍稀及收集困难,目前国内外关于石斛的研究主要集中在石斛组 Sect. *Dendrobium* (如铁皮石斛、金钗石斛、齿瓣石斛 *D. devonianum*) 和顶叶组 Sect. *Chrysotoxae* (如鼓槌石斛、密花石斛 *D. densiflorum*) 等几种广为人知的药用石斛种质上,对于其它石斛的研究相对较少。

黑毛组 Sect. *Formosae* 石斛因其幼时叶片和叶

鞘覆盖黑色短毛而得名,作为珍稀石斛种质资源,我国境内共发现 7 种自生种。目前,国内外对黑毛组石斛的研究较少,主要集中在种质资源收集^[6,7]、杂交育种^[8,9]、组间鉴别^[10,11]、成分鉴定^[12-14]等方面,而关于其药效成分及营养价值评价的研究鲜有报道。本研究以黑毛组 6 种石斛为材料,对其药效成分多糖、醇溶性浸出物、石斛碱及 17 种氨基酸含量进行测定,并分析以上指标之间的相关性,旨在为筛选优良石斛种质和开发石斛资源提供科学依据。

1 材料与仪器

1.1 材料

供试材料均采自农业农村部瑞丽石斛种质资源圃保存的原生种石斛,经中国医学科学院药用植物研究所李标研究员鉴定,详情见表 1。其中翅梗石斛、长距石斛、翅萼石斛为国内原生种,美丽石斛、龙骨石斛、处子石斛为国外原生种。供试材料于 55 °C 烘箱内烘干,粉碎后过 50 目筛备用。

表 1 石斛样品来源

Table 1 Source of *Dendrobium* sample

种名 Species	来源 Resource	采集部位 Collection site	采集时间 Collection time
美丽石斛 <i>D. formosae</i> Roxb. ex Lindl.	缅甸实皆省 Sagaing, Myanmar	1 年生茎段 annual stem	2017/03
龙骨石斛 <i>D. draconis</i> Rehb. f.	缅甸实皆省 Sagaing, Myanmar	1 年生茎段 annual stem	2017/03
翅梗石斛 <i>D. trigonopus</i> Rehb. f.	云南省思茅市 Simao, Yunnan	1 年生茎段 annual stem	2017/03
长距石斛 <i>D. longicornu</i> Lindl.	云南省保山市 Baoshan, Yunnan	1 年生茎段 annual stem	2017/03
翅萼石斛 <i>D. cariniferum</i> Rehb. f.	云南省景洪市 Jinghong, Yunnan	1 年生茎段 annual stem	2017/03
处子石斛 <i>D. virgineum</i> Rehb. f.	缅甸实皆省 Sagaing, Myanmar	1 年生茎段 annual stem	2017/03

1.2 仪器与试剂

RETSCH MM400 组织磨样器,济南泰和盈科商贸有限公司;HHS 电热恒温水浴锅,上海博讯实业有限公司医疗设备厂;D-37520 型高速离心机,德国 Heraeus 公司;ME204 电子分析天平,上海恒勤仪器设备有限公司;TGL20MW 台式冷冻离心机,湖南赫西仪器装备有限公司;Biochrom30 + 全自动氨基酸

分析仪,大昌华嘉商业(中国)有限公司;SN251668 生物芯片分析仪,美国伯腾公司;6890N 气相色谱仪,安捷伦;G2X-9240MBE 电热鼓风干燥箱,上海博讯实业有限公司医疗设备厂。

葡萄糖对照品,批号 110833-200904,中国食品药品检定研究院;石斛碱对照品,批号 17012003,北京北纳创联生物技术研究院;萘、苯酚、无水乙醇、氯

化钠等,国产分析纯;柠檬酸钠、茛三酮及甲醇(色谱纯)为进口试剂。

1.3 方法

1.3.1 多糖含量测定

参照 2015 年《中华人民共和国药典》(一部)铁皮石斛项下多糖含量测定方法进行测定^[5]。

1.3.2 醇溶性浸出物含量测定

参照 2015 年《中华人民共和国药典》(一部)通则 2201 项下热浸法提取测定^[5]。

1.3.3 石斛碱含量测定

参照 2015 年《中华人民共和国药典》(一部)金钗石斛项下测定方法分析测定^[5]。

1.3.4 氨基酸含量测定

参照 Wang 等^[4]方法,称取样品粉末 0.2 g(精确到 0.000 1)于 10 mL 解剖瓶中,加入 10 mL 6 mol/L 盐酸溶液,测定除色氨酸以外的 17 种氨基酸。

1.3.5 营养评价方法

参考 Zhu 等^[15]提出的方法计算氨基酸比值系数(RC)和氨基酸比值系数分(SRC)。

1.3.6 数据处理

所有试验平行重复测定 3 次,求平均值。所有数据经 SPSS 20.0 进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 多糖含量分析

黑毛组 6 种石斛多糖含量见表 2,多糖含量在 0.59%~17.08% 之间。其中含量最低的是长距石斛,仅有 0.59%,最高的是翅梗石斛,为 17.08%,两者相差将近三十倍;其次分别是美丽石斛、龙骨石斛、翅萼石斛、处子石斛,含量介于 0.76%~4.8%

之间;龙骨石斛和翅萼石斛多糖含量无显著性差异($P > 0.005$,下同),其余各石斛多糖间差异显著($P < 0.005$,下同)。多糖是石斛的主要药性成分之一,若以药典规定铁皮石斛多糖不得少于 25% 的标准^[5]进行评价,黑毛组 6 种石斛的品质偏低,并非是研究石斛多糖的良好来源。

2.2 醇溶性浸出物含量分析

黑毛组 6 种石斛醇溶性浸出物含量见表 2,含量在 7.62%~13.54% 之间。醇溶性浸出物含量由高至低依次是翅萼石斛、处子石斛、长距石斛、翅梗石斛、美丽石斛、龙骨石斛;醇溶性浸出物含量最高的翅萼石斛是含量最低的龙骨石斛的 1.78 倍;翅梗石斛和长距石斛醇溶性浸出物含量无显著差异,其余各石斛醇溶性浸出物含量差异显著。醇溶性浸出物是石斛的主要药性成分之一,含量高低与药理作用有密切的关联,若以药典规定铁皮石斛醇溶性浸出物不得少于 6.5% 的标准^[5]进行评价,黑毛组石斛醇溶性浸出物含量丰富,可作为研究石斛醇溶性浸出物的良好材料。

2.3 石斛碱含量分析

黑毛组 6 种石斛石斛碱含量见表 2,均未检出。Luning^[16]对 548 个兰科植物的生物碱进行测定,涵盖了 120 个不同种质石斛,其中翅梗石斛和长距石斛生物碱含量介于 0.01%~0.10%;王再花等^[17]采用酸性染料比色法比较研究了 26 种野生石斛和 9 个春石斛品种的生物碱含量,其中翅梗石斛生物碱含量均低于 0.01%。上述研究结果表明,部分黑毛组石斛中存在少量生物碱。石斛碱作为金钗石斛的特征成分,在所测的 6 种黑毛组石斛中均未检出,可进一步研究其中的微量生物碱。

表 2 黑毛组 6 种石斛药效成分含量($\bar{x} \pm s, n=3$)

Table 2 The effective component of 6 species of *Dendrobium* in Sect. *Formosae* ($\bar{x} \pm s, n=3$)

石斛种类 Species	多糖 Polysaccharide (%)	醇溶性浸出物 Alcohol soluble extract (%)	石斛碱 Dendrobium
美丽石斛 <i>D. formosae</i>	4.80 ± 0.68 ^b	9.75 ± 0.28 ^d	-
龙骨石斛 <i>D. draconis</i>	2.29 ± 0.32 ^c	7.62 ± 0.42 ^e	-
翅梗石斛 <i>D. trigonopus</i>	17.08 ± 0.54 ^a	10.49 ± 0.52 ^e	-
长距石斛 <i>D. longicornu</i>	0.59 ± 0.08 ^d	11.18 ± 0.32 ^c	-
翅萼石斛 <i>D. cariniferum</i>	2.03 ± 0.26 ^c	13.54 ± 0.57 ^a	-
处子石斛 <i>D. virgineum</i>	0.76 ± 0.15 ^d	12.20 ± 0.11 ^b	-

注:“-”,未检出;同列数据后不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$)。

Note:“-”,not detected; values with different small letter within the same line have significant difference($P < 0.05$).

2.4 氨基酸含量分析

黑毛组 6 种石斛 17 种氨基酸组成及含量见表 3, 氨基酸总量介于 3.45% ~ 4.53% 之间, 含量由高至低依次是美丽石斛、翅萼石斛、长距石斛、处子石斛、翅梗石斛、龙骨石斛。6 种石斛样品中, 天冬氨酸、谷氨酸和精氨酸 3 种氨基酸含量最高, 蛋氨酸、半胱氨酸和组氨酸含量偏低。

所测的 17 种氨基酸中必需氨基酸 7 种 (Thr、Val、Met、Ile、Leu、Phe、Lys), 非必需氨基酸 10 种 (Cys、Tyr、Asp、Ser、Glu、Pro、Gly、Ala、His、Arg), 6 种石斛样品中必需氨基酸含量为 1.22% ~ 1.62%, 非必需氨基酸含量为 2.23% ~ 2.97%。根据 WHO 和 FAO 提出的蛋白质理想模式, 即必需氨基酸占总氨

基酸百分含量为 40%, 占非必需氨基酸百分含量为 60% 以上^[15], 6 种石斛中有 3 种石斛接近理想模式, 分别是翅梗石斛、长距石斛和翅萼石斛, 说明这 3 种石斛的蛋白质是优良的蛋白来源, 有较大的开发潜力。6 种石斛还具有丰富的药用氨基酸 (Asp、Glu、Gly、Arg、Met、Phe、Leu、Lys、Tyr), 含量为 2.30% ~ 3.06%。药用氨基酸与总氨基酸含量比值为 61.94% ~ 69.11%, 平均值为 65.22%, 由高至低依次是处子石斛、美丽石斛、龙骨石斛、翅萼石斛、长距石斛、翅梗石斛。石斛自古以来在我国为中药材所用, 分析其中的药用氨基酸组成和含量, 可为黑毛组石斛药材质量评价和将其开发为药品保健品提供科学依据。

表 3 黑毛组 6 种石斛氨基酸组成和含量 (%)

Table 3 Amino acid composition and content of 6 species of *Dendrobium* Sect. *Formosae* (%)

氨基酸 Amino acid	美丽石斛 <i>D. formosae</i>	龙骨石斛 <i>D. draconis</i>	翅梗石斛 <i>D. trigonopus</i>	长距石斛 <i>D. longicornu</i>	翅萼石斛 <i>D. cariniferum</i>	处子石斛 <i>D. virgineum</i>	平均值 Average
苏氨酸 Thr	0.20	0.14	0.18	0.19	0.20	0.14	0.18
缬氨酸 Val	0.22	0.17	0.24	0.24	0.25	0.19	0.22
蛋氨酸 Met	0.09	0.09	0.10	0.10	0.09	0.25	0.12
异亮氨酸 Ile	0.21	0.16	0.21	0.22	0.22	0.16	0.20
亮氨酸 Leu	0.32	0.23	0.30	0.32	0.35	0.24	0.29
苯丙氨酸 Phe	0.25	0.21	0.24	0.26	0.25	0.20	0.24
赖氨酸 Lys	0.27	0.22	0.22	0.25	0.26	0.23	0.24
半胱氨酸 Cys	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
酪氨酸 Tyr	0.19	0.15	0.18	0.19	0.19	0.16	0.18
天冬氨酸 Asp	0.42	0.25	0.34	0.37	0.42	0.26	0.34
丝氨酸 Ser	0.20	0.15	0.19	0.21	0.22	0.16	0.19
谷氨酸 Glu	0.52	0.37	0.47	0.49	0.50	0.43	0.46
脯氨酸 Pro	0.16	0.13	0.16	0.17	0.19	0.15	0.16
甘氨酸 Gly	0.19	0.14	0.19	0.20	0.18	0.13	0.17
丙氨酸 Ala	0.23	0.17	0.24	0.24	0.25	0.20	0.22
组氨酸 His	0.15	0.13	0.13	0.14	0.13	0.12	0.13
精氨酸 Arg	0.81	0.64	0.32	0.39	0.42	0.83	0.57
T	4.53	3.45	3.81	4.08	4.22	3.95	4.01
a	1.56	1.22	1.49	1.58	1.62	1.41	1.48
b	2.97	2.23	2.32	2.50	2.60	2.54	2.53
c	3.06	2.30	2.36	2.57	2.66	2.73	2.61
a/T	34.44	35.36	39.11	38.73	38.39	35.70	36.94
a/b	52.53	54.71	64.22	63.20	62.31	55.51	58.58
c/T	67.55	66.67	61.94	62.99	63.03	69.11	65.22

注: T: 氨基酸总量; a: 必需氨基酸总量; b: 非必需氨基酸总量; c: 药用氨基酸。

Note: T: total amino acid; a: total essential amino acids; b: total non-essential amino acids; c: amino acids for medical purposes.

2.5 氨基酸营养价值评价

2.5.1 必需氨基酸组成成分分析

半胱氨酸和酪氨酸在体内可分别由蛋氨酸和苯丙氨酸转变而成,如果膳食中能够直接提供这两种氨基酸,则人体对蛋氨酸和苯丙氨酸的需求相对减少,所以 WHO/FAO 模式值将它们分别合并计算。6 种石斛必需氨基酸占总氨基酸的质量分数见表 4。由表 4 可知,6 种石斛的必需氨基酸总含量在

40.84%~46.46% 之间,明显高于 WHO/FAO 模式值 35%,这表明黑毛组 6 种石斛蛋白质中必需氨基酸的含量丰富,食用价值较高。从单个必需氨基酸的含量分析,黑毛组石斛中苯丙氨酸+酪氨酸的含量最高(9.11%~11.03%),作为药用氨基酸的组成成分,含量远高于 WHO/FAO 模式值。综上,黑毛组 6 种石斛蛋白具有一定的药用价值。

表 4 黑毛组石斛必需氨基酸的组成成分及含量(%)

Table 4 Composition and content of essential amino acids in Sect. *Formosae* (%)

氨基酸 Amino acid	美丽石斛 <i>D. formosae</i>	龙骨石斛 <i>D. draconis</i>	翅梗石斛 <i>D. trigonopus</i>	长距石斛 <i>D. longicornu</i>	翅萼石斛 <i>D. cariniferum</i>	处子石斛 <i>D. virgineum</i>	WHO/FAO 模式值 WHO/FAO model value
苏氨酸 Thr	4.42	4.06	4.72	4.66	4.74	3.54	4.00
缬氨酸 Val	4.86	4.93	6.30	5.88	5.92	4.81	5.00
蛋氨酸+半胱氨酸 Met+Cys	4.19	5.51	5.25	4.90	4.50	8.86	3.50
异亮氨酸 Ile	4.64	4.64	5.51	5.39	5.21	4.05	4.00
亮氨酸 Leu	7.06	6.67	7.87	7.84	8.29	6.08	7.00
苯丙氨酸+酪氨酸 Phe+Tyr	9.71	10.43	11.02	11.03	10.43	9.11	6.00
赖氨酸 Lys	5.96	6.38	5.77	6.13	6.16	5.82	5.50
总量 Total	40.84	42.61	46.46	45.83	45.26	42.28	35.00

2.5.2 6 种石斛必需氨基酸比值系数

必需氨基酸比值系数法是利用 WHO/FAO 的必需氨基酸模式,通过计算得到样品中 RAA、RC、SRC,根据计算结果对植物蛋白营养价值进行直观评价。RC 值可评价单个氨基酸组成比例,FAO/WHO 模式单个氨基酸 RC 值为 1,作为参照指标,样品中单个氨基酸偏大表示含量相对过剩,偏小表示含量相对不足,其中含量最低的为该样品第一限制氨基酸。由表 5 可知,美丽石斛的第一限制氨基酸为缬氨酸,RC 值为 0.83;龙骨石斛、处子石斛的第一限制氨基酸为亮氨酸,RC 值分别为 0.78、0.69;

翅梗石斛、长距石斛、翅萼石斛 3 种国内原生种的第一限制氨基酸均为赖氨酸,RC 值分别为 0.79、0.85、0.87。

SRC 作为综合评价指标,其值越接近 100,表示 RC 值越集中,各必需氨基酸含量均衡,其营养价值越高。6 种石斛的 SRC 值介于 52.42~83.74,其中翅萼石斛中必需氨基酸 SRC 值(83.74)最高,处子石斛中必需氨基酸 SRC 值(52.42)最低。除处子石斛外的 5 种石斛中,必需氨基酸 SRC 值均高于 70,可提供优质植物蛋白。

表 5 黑毛组石斛必需氨基酸的 RAA、RC、SRC 比较

Table 5 RAA,RC,SRCAA of essential amino acids in Sect. *Formosae*

种类 Species	参数 Parameter	氨基酸种类 Sort of amino acid							SRC
		苏氨酸 Thr	缬氨酸 Val	异亮氨酸 Ile	亮氨酸 Leu	赖氨酸 Lys	蛋氨酸+ 半胱氨酸 Met+Cys	苯丙氨酸+ 酪氨酸 Phe+Tyr	
美丽石斛 <i>D. formosae</i>	RAA	0.05	0.04	0.05	0.05	0.05	0.05	0.07	81.45
	RC	0.95	0.83	1.00	0.87	0.93	1.03	1.39	
龙骨石斛 <i>D. draconis</i>	RAA	0.04	0.03	0.04	0.03	0.04	0.05	0.06	74.85
	RC	0.83	0.80	0.95	0.78	0.95	1.28	1.42	
翅梗石斛 <i>D. trigonopus</i>	RAA	0.05	0.05	0.05	0.04	0.04	0.06	0.07	79.78

续表 5 (Continued Tab. 5)

种类 Species	参数 Parameter	氨基酸种类 Sort of amino acid							SRC
		苏氨酸 Thr	缬氨酸 Val	异亮氨酸 Ile	亮氨酸 Leu	赖氨酸 Lys	蛋氨酸 + 半胱氨酸 Met + Cys	苯丙氨酸 + 酪氨酸 Phe + Tyr	
长距石斛 <i>D. longicornu</i>	RC	0.89	0.94	1.03	0.84	0.79	1.12	1.38	80.22
	RAA	0.05	0.05	0.06	0.05	0.05	0.06	0.08	
翅萼石斛 <i>D. cariniferum</i>	RC	0.89	0.90	1.03	0.86	0.85	1.07	1.40	83.74
	RAA	0.05	0.05	0.06	0.05	0.05	0.05	0.07	
处子石斛 <i>D. virgineum</i>	RC	0.92	0.92	1.01	0.92	0.87	1.00	1.35	52.42
	RAA	0.04	0.04	0.04	0.03	0.04	0.10	0.06	
	RC	0.70	0.76	0.80	0.69	0.84	2.00	1.20	

2.6 药效成分及营养价值相关性评价

利用 SPSS 20.0 软件对包括药效成分及营养价值在内的 7 个指标进行统计描述和相关性分析,结果见表 6、7。从变异系数(表 6)来看,多糖变异系数数值最大,达到 137.24%;氨基酸总量变异系数最小,为 9.18%;其余各指标变异系数从高到低排列顺序为:醇溶性浸出物 > SRC 值 > 药用氨基酸 > 非

必需氨基酸含量 > 必需氨基酸含量。由相关性分析可知(表 7),氨基酸总量与必需氨基酸含量呈显著正相关($P < 0.05$),氨基酸总量与非必需氨基酸、药用氨基酸含量呈极显著正相关($P < 0.01$),非必需氨基酸与药用氨基酸之间呈极显著正相关。以上结果表明,氨基酸成分存在一定相关性,而与多糖、醇溶性浸出物及 SRC 相互之间均无显著相关性。

表 6 黑毛组石斛各指标描述统计分析

Table 6 Descriptive statistics of some indexes in Sect. *Formosae*

指标 Index	最小值 Minimum	最大值 Maximum	平均值 Mean	标准差 Standard deviation	变异系数 CV(%)
多糖 Polysaccharide	0.59	17.08	4.59	6.30	137.24
醇溶性浸出物 Alcohol soluble extract	7.62	13.54	10.80	2.05	18.95
T	3.45	4.53	4.01	0.37	9.18
a	1.22	1.62	1.48	0.15	9.96
b	2.23	2.97	2.53	0.26	10.22
c	2.30	3.06	2.61	0.28	10.54
SRC	52.42	81.45	75.41	11.64	15.43

表 7 6 种石斛各指标相关性分析

Table 7 Correlation coefficient of some indexes in Sect. *Formosae*

指标 Index	多糖 Polysaccharides	醇溶性浸出物 Alcohol soluble component	T	a	b	c	SRC
多糖 Polysaccharide	1.000						
醇溶性浸出物 Alcohol soluble extract	-0.166	1.000					
T	-0.146	0.482	1.000				
a	0.054	0.705	0.833 *	1.000			
b	-0.238	0.284	0.949 **	0.616	1.000		
c	-0.316	0.313	0.904 **	0.535	0.982 **	1.000	
SRC	0.285	-0.113	0.283	0.458	0.141	-0.046	1.000

注:“*”和“**”分别表示在 0.05、0.01 水平上显著、极显著相关。

Note:“*” and “**” indicate significant correlation at 0.05 and 0.01 level, respectively.

3 结论与讨论

组培快繁技术的发展,为保护稀缺植物资源提供了解决途径,同时促进了商业化推广^[18]。我国石斛资源丰富,有 81 种,2 个变种,具有较大的研究开发空间。黑毛组是石斛属 12 个组群中比较特殊的分类群,对其进行深入研究,有利于丰富石斛中药来源,同时对开发选育优良品种石斛和保护药用石斛种质资源具有重要意义。

石斛多糖具有抗氧化、调节免疫力、抗肿瘤、降血糖等功效,是石斛中重要的功能活性物质^[19];醇溶性浸出物是石斛的主要药效成分,包含黄酮类、多酚类、萜类、芪类和倍半萜等多种有效物质,具有优良的抗氧化性、抗肿瘤及耐药性等功效^[20];石斛碱是金钗石斛中主要的生物碱类,具有解热、镇痛等功效,具有较高的研究开发价值,目前在其它石斛中未发现大量存在^[21]。不同种质石斛的药效成分及生物活性存在一定的相似性^[2],本研究以药典规定的铁皮石斛多糖、醇溶性浸出物及金钗石斛石斛碱含量为标准,对黑毛组 6 种石斛基本药效成分进行初步分析评价。结果表明,黑毛组 6 种石斛中多糖含量普遍偏低,介于 0.59% ~ 17.08%,含量最高的翅梗石斛与含量最低的长距石斛相差 28.95 倍,均低于药典规定铁皮石斛多糖不得少于 25% 的标准,若从多糖含量方面考虑,研究意义不大,可从生物活性角度对其进行研究。6 种石斛中醇溶性浸出物含量介于 7.62% ~ 13.54%,均高于药典规定铁皮石斛标准 6.5%,含量最高的翅萼石斛为标准的两倍,作为石斛的主要药性成分,黑毛组石斛较高含量的醇溶性浸出物为具体分析某一药效成分奠定了基础。6 种黑毛组石斛样品中均未检出石斛碱,而相关文献中提到翅梗石斛和长距石斛含有微量生物碱^[16,17],后续研究将对其他生物碱进行分析鉴定。

石斛作为一种“药食两用”的植物,蛋白质含量丰富,氨基酸作为蛋白质的水解产物是评价其营养价值的重要指标^[4]。氨基酸分析结果表明:黑毛组 6 种石斛均含有色氨酸以外的 17 种氨基酸,总量介于 3.45% ~ 4.53% 之间,其中翅梗石斛、长距石斛和翅萼石斛接近 WHO/FAO 提出的理想模式 ($a/T = 40%$, $b/T = 60%$)。6 种石斛 17 种氨基酸中,天冬氨酸、谷氨酸和精氨酸 3 种氨基酸含量最高,三者均是药用氨基酸组成成分。6 种石斛的药用氨基酸与总氨基酸含量比值为 61.94% ~ 69.11%。必需氨基酸组成占氨基酸总量的 40.84% ~ 46.46%,

较 WHO/FAO 模式值(35%)高;单个氨基酸含量中苯丙氨酸 + 酪氨酸的含量最高(9.11% ~ 11.03%),优于 WHO/FAO 模式值(6%)。6 种石斛的 SRC 值介于 52.42 ~ 83.74,除处子石斛外 SRC 值均高于 70,接近或高于紫花苜蓿 SRC 值^[22],可作为优质植物蛋白来源。

药用植物有效成分含量与药效之间具有一定关联性。6 种黑毛组石斛中,缅甸原生种与国内原生种药效成分及营养成分含量之间存在一定差异,表明其药效不尽相同,对不同种质应分别进行研究和开发。6 种石斛中多糖变异系数最大(137.24%),其次为醇溶性浸出物(18.95%)。石斛样品均来自同一资源圃,避免了不同生长环境的影响,药效成分差异较大的原因主要是由于种质基因的不同,这与其他种质石斛的研究结果一致^[23]。相关性分析结果表明,营养成分之间存在一定的相关性,而药效成分与营养成分及药效成分之间无显著相关性。组(Section)作为非正式分类阶元,仅从外观形态对黑毛组进行分类存在一定局限性,其分类、分组方法有待进一步研究。

本研究补充了石斛属植物药效成分方面的数据,为药用石斛的进一步研究开发提供了理论基础。由于样品较少及收集困难等原因,本研究未分析测定黑毛石斛组其它种质石斛的药效成分,有望在后续工作中逐步开展。

参考文献

- Huang XL, Wang Y. Advances in *Dendrobium* molecular biology[J]. Forest Res(林业科学研究), 2018, 31: 151-157.
- Wang Y, Zhou JC, Zheng BQ, et al. *Dendrobium* (石斛兰) [M]. Beijing: China Forestry Publishing House, 2014: 2-19, 252-268.
- Ding X, Xu L, Wang Z, et al. Authentication of stems of *Dendrobium officinale* by rDNA ITS region sequences[J]. Planta Med, 2002, 68: 191-192.
- Wang XY, Wang YB, Chen YQ, et al. Amino acid composition and nutritional value evaluation of 6 species of *Dendrobium* [J]. Nat Prod Res Dev(天然产物研究与开发), 2019, 31: 601-607.
- Chinese Pharmacopoeia Commission. 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, 2015: 92-93, 282-283.
- Averyanov LV, Ponert J, Nguyen PT, et al. A survey of *Den-*

- drobium* Sw. sect. *Formosae*(Benth. & Hook. f.) Hook. f. in Cambodia, Laos and Vietnam [J]. *Adansonia*, 2016, 38: 199-218.
- 7 Gong JY, Wang HX, Sun LN, et al. Study on biological characteristic and cultivation adaption of nine introductiona characteristic *Dendrobium* [J]. *Northern Hortic (北方园艺)*, 2013, 20: 75-78.
- 8 Zhu SL. Study on the breeding potential of Chinese *Dendrobium* [D]. Beijing: China Academy of Forestry(中国林业科学研究院), 2016.
- 9 Deng XM. Study on cross-compatibility in *Dendrobium* [D]. Beijing: China Academy of Forestry(中国林业科学研究院), 2013.
- 10 Liu HM, Fang CX, Liu YS, et al. Study of *Dendrobium* from section formsae and section chrysotoxae by thin layer chromatography and high performance liquid chromatogram [J]. *Food Indus (食品工业)*, 2018, 39: 316-319.
- 11 Bai Y, Bao YH, Wang WQ, et al. Analysis of the phylogenetic relationship of *Dendrobium* in China by AFLP technique [J]. *Acta Hortic Sin (园艺学报)*, 2007, 34: 1569-1574.
- 12 Hu J, Fan W, Zhou L, et al. A new phenolic compound from *Dendrobium longicornu* [J]. *Bull Korean Chem Soc*, 2010, 31: 3025-3026.
- 13 Shang ZM, Cheng L, Liu GY, et al. Chemical constituents of *Dendrobium bellatulum* [J]. *Chin Tradit Herb Drugs (中草药)*, 2019, 50: 2036-2040.
- 14 Liu Y, Jiang JH, Yin BL, et al. Chemical constituents of *Dendrobium cariniferum* [J]. *Chem Nat Comp*, 2009, 45: 237-238.
- 15 Zhu ST, Wu K. Nutritional evaluation of protein-ratio coefficient of amino acid [J]. *Acta Nutri Sin (营养学报)*, 1988, 10: 187-190.
- 16 Lünig B. Studies on *Orchidaceae* alkaloids-IV. : screening of species for alkaloids 2 [J]. *Phytochemistry*, 1967, 6: 857-861.
- 17 Wang ZH, Li J, Zhang JH, et al. Comparison of polysaccharide and alkaloid contents in *Dendrobium* [J]. *Chin Agr Sci Bull (中国农学通报)*, 2015, 31: 242-246.
- 18 Qiu S, Zhao ZG, Zhao J, et al. Tissue culture and rapid propagation of *Dendrobium cariniferum* [J]. *Guangdong Agr Sci (广东农业科学)*, 2018, 45(9): 48-52.
- 19 Wei W, Feng L, Bao WR, et al. Structure characterization and immunomodulating effects of polysaccharides isolated from *Dendrobium officinale* [J]. *J Agr Food Chem*, 2016, 64: 881-889.
- 20 Ito M, Matsuzaki K, Wang J, et al. New phenanthrenes and stilbenes from *Dendrobium loddigesii* [J]. *Chem Pharm Bull*, 2010, 58: 628-633.
- 21 Li ZJ, Wang CY, Han b, et al. Research progress on constituents of alkaloids in plants from *Dendrobium* Sw. [J]. *Chin Tradit Herb Drugs (中草药)*, 2019, 50: 3246-3254.
- 22 Sun JJ, A LMS, Zhao JM, et al. Analysis of amino acid composition and six native alfalfa cultivars [J]. *Scientia Agr Sin (中国农业科学)*, 2019, 52: 2359-2367.
- 23 Wang H, Zhang JX, Wu KL, et al. Comparative analysis of the biological characteristics main components of different *Dendrobium* [J]. *Guangdong Agr Sci (广东农业科学)*, 2012, 39(12): 44-46.