

# 6种石斛属植物氨基酸组成及营养价值评价

王晓媛,王彦兵,陈玉芹,周侯光,胡永亮\*,李国明

云南省德宏热带农业科学研究所,瑞丽 678600

**摘要:**为比较不同种石斛的氨基酸组成差异,作出营养评价,使用氨基酸自动分析仪检测6种石斛的氨基酸含量,分析其必需氨基酸组成成分,并通过计算氨基酸评分(AAS)、化学评分(CS)及氨基酸比值系数分(SRCAA)等非生物指标进行营养评价。结果表明:石斛中氨基酸种类齐全、营养丰富,均含有被检测的17种氨基酸。6种石斛氨基酸总量存在差异,介于3.58%~8.09%。必需氨基酸组成总含量介于42.62%~47.23%之间,明显高于WHO/FAO模式值(35.00%),其中,化学评分显示其限制氨基酸均为半胱氨酸和蛋氨酸。6种石斛药用氨基酸含量相差较大(2.24%~5.37%),其中蜻蜓石斛含量最高,为含量最低细叶石斛的2.40倍,但在总氨基酸中所占的比例基本一致(60.96%~66.47%)。对6种石斛进行聚类分析可分为4类,其中杓唇石斛、叠鞘石斛、细叶石斛可视为高品质蛋白质种。综上所述,石斛氨基酸具有重要的营养价值,6种石斛氨基酸差异显著。该结果可为石斛营养价值评价、品种选育及药用开发提供理论指导。

**关键词:**石斛;氨基酸组成;营养评价;聚类分析

中图分类号:R282.6;R917

文献标识码:A

文章编号:1001-6880(2019)4-0601-07

DOI:10.16333/j.1001-6880.2019.4.007

## Amino acid composition and nutritional value evaluation of 6 species of *Dendrobium*

WANG Xiao-yuan, WANG Yan-bing, CHEN Yu-qin, ZHOU Hou-guang, HU Yong-liang\*, LI Guo-ming

Dehong Tropical Agriculture Institute of Yunnan, Ruili 678600, China

**Abstract:** To compare the amino acid composition of different *Dendrobium*, make nutritional assessment. Amino acid content of 6 different germplasm *Dendrobium* was determined by automatic amino acid analyzer, analyzing the components of essential amino acids. Nutrition evaluation was conducted by calculating non-biological indicators such as amino acid score (AAS), chemical score (CS) and amino acid ratio coefficient score (SRCAA). Results indicate that the variety of amino acids in *Dendrobium* is complete and nutritious, all *Dendrobium* contained 17 amino acids tested. The total amino acid content of *Dendrobium* varied from 3.58% to 8.09%. The total content of essential amino acids was between 42.62% and 47.23%, which was significantly higher than the WHO/FAO model value (35.00%). The chemical score indicated that the limited amino acids were cysteine and methionine. The amino acid content of different *Dendrobium* varied greatly (2.24%-5.37%), among them the content of SH4 was 2.40 times as high as that of SH3, however, the proportion of total amino acids is basically the same (60.96%-66.47%). The cluster analysis of 6 *Dendrobium* can be divided into 4 categories, *D. moschatum*, *D. denneanum*, *D. hancockii* can be regarded as high quality protein germplasm. To sum up, the amino acid of *Dendrobium* has important nutritional value, and the amino acid of different germplasm *Dendrobium* has significant differences. This result can provide theoretical guidance for the nutritional value, variety breeding and medicinal development of *Dendrobium*.

**Key words:** *Dendrobium*; amino acid composition; nutritional evaluation; cluster analysis

石斛属(*Dendrobium* SW.)为兰科第二大属,种

质资源丰富<sup>[1,2]</sup>。其中药用石斛为39种,含有多种药效成分,同时也含有较高的蛋白含量,是一种“药食两用”的植物<sup>[3,4]</sup>。目前关于石斛属的研究主要集中在石斛多糖的提取与分析、药用成分功能及开发利用等方面,而对石斛属的基本营养食用价值

收稿日期:2018-10-17 接受日期:2019-02-22

基金项目:农业农村部物种资源保护(热带作物)项目(15181301354052710);德宏州创新人才(2015-4)

\*通信作者 Tel:86-692-4143177;E-mail:huyongliang001136@sina.com

研究较少<sup>[5-10]</sup>。蛋白质是石斛的主要营养成分,氨基酸作为蛋白质的分解产物是评价食品营养价值的重要指标<sup>[11,12]</sup>。

本研究通过使用氨基酸自动分析仪,测定6种石斛的17种必需氨基酸和非必需氨基酸,分析必需氨基酸组成成分,采用氨基酸评分(AAS)、化学评分法(CS)、氨基酸比值(RAA)、氨基酸比值系数(RC)以及氨基酸比值系数分(SRCAA)等营养学方法对石斛氨基酸进行全面营养价值评价,同时分析其中

的药用氨基酸。此外,综合以上分析结果对6种石斛品质进行聚类分析,以氨基酸为评价指标,评价出6种石斛中的最优品种,以期为石斛蛋白的开发利用提供科学依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

实验材料由云南省德宏热带农业科学研究所药植中心收集(表1)。

表1 石斛样品来源

Table 1 Source of *Dendrobium* sample

编号 No.	种名 Species	来源 Resource	鉴定人 Identifier	鉴定单位 Institution
SH1	线叶石斛 <i>D. aurantiacum</i>	云南省昆明市	李标	中国医学科学院药用植物研究所
SH2	蜻蜓石斛 <i>D. pulchellum</i>	云南省思茅市	李标	中国医学科学院药用植物研究所
SH3	杓唇石斛 <i>D. moschatum</i>	缅甸实皆省	李标	中国医学科学院药用植物研究所
SH4	叠鞘石斛 <i>D. denneanum</i>	云南省瑞丽市	李标	中国医学科学院药用植物研究所
SH5	流苏石斛 <i>D. fimbriatum</i>	缅甸实皆省	李标	中国医学科学院药用植物研究所
SH6	细叶石斛 <i>D. hancockii</i>	云南省思茅市	李标	中国医学科学院药用植物研究所

### 1.2 仪器与设备

Biochrom30 + 全自动氨基酸分析仪(大昌华嘉商业(中国)有限公司);RETSCH MM400 组织磨样器(济南泰和盈科商贸有限公司)、ME204 电子分析天平(上海恒勤仪器设备有限公司)、G2X-9240MBE 电热鼓风干燥箱(上海博讯实业有限公司医疗设备厂)、HHS 电热恒温水浴锅(上海博讯实业有限公司医疗设备厂)、TGL20MW 台式冷冻离心机(湖南赫西仪器装备有限公司)。

### 1.3 方法

#### 1.3.1 样品处理

将采集的石斛样品鲜条经 105 °C 杀青 30 min, 55 °C 烘干至恒重,粉碎,过 60 目筛备用。

#### 1.3.2 氨基酸测定

称取石斛粉末样品 0.2 g(精确到 0.000 1)于 10 mL 安剖瓶中,加入 10 mL 6 mol/L 盐酸,测定除色氨酸以外的 17 种氨基酸,参照 GB/T 5009.124-2003 执行<sup>[13,14]</sup>。

#### 1.3.3 营养评价方法

氨基酸评分(AAS)根据世界卫生组织(WHO)和联合国粮农组织(FAO)提出的方法计算<sup>[13]</sup>;化学评分采用 FAO 推荐的方法计算<sup>[15,16]</sup>;氨基酸比值系数 RC 和氨基酸比值系数分 SRC 根据朱圣陶等提出

的方法计算<sup>[17]</sup>。

### 1.4 数据处理

所有的测定均进行 3 次平行重复,取平均值。所有数据经 Excel 2010 和 SPSS 20.0 统计分析处理。

## 2 结果与分析

### 2.1 6 种石斛氨基酸组成分析

食物蛋白质的优良程度取决于它所含氨基酸的种类和含量<sup>[18]</sup>。从表 2 可知,6 种石斛样品的氨基酸组分总量介于 3.58% ~ 8.09%,平均值为 5.36%,高于栗子仁(4.46%),其中 SH2 氨基酸含量最高,SH6 氨基酸含量最低。所测石斛的 17 种氨基酸种类齐全,含量平均值从高到底依次排列为谷氨酸(Glu)、天冬氨酸(Asp)、亮氨酸(Leu)、精氨酸(Arg)、苯丙氨酸(Phe)、丙氨酸(Ala)、赖氨酸(Lys)、缬氨酸(Val)、异亮氨酸(Ile)、丝氨酸(Ser)、苏氨酸(Thr)、甘氨酸(Gly)、酪氨酸(Tyr)、脯氨酸(Pro)、组氨酸(His)、半胱氨酸(Cys)、蛋氨酸(Met)。6 种石斛的氨基酸含量以谷氨酸、天冬氨酸、亮氨酸、精氨酸含量较高,占总氨基酸含量的 41.1%。曲继旭等研究也发现,铁皮石斛、鼓槌石斛和金钗石斛中谷氨酸、天冬氨酸、精氨酸、亮氨酸、苯丙氨酸含量较高,蛋氨酸含量较低,与本研究结果一

致<sup>[19]</sup>。

必需氨基酸质量分数 1.39% ~ 3.10% ,平均值为 2.08% ,其中 SH2 中必需氨基酸的质量分数最高,为 3.10% ,SH6 最低,为 1.33% 。在供试样品 EAA 中亮氨酸质量分数最高,占氨基酸总量的 8.62% 。6 种石斛 EAA 含量由高到低排列顺序为

ZH2、ZH1、ZH3、ZH5、ZH4、ZH6。供试石斛样品的 EAA/TAA 值在 36.68% ~ 40.48% 之间,平均值为 38.84% ,其中 SH4(40.48%) 大于 FAO/WHO 提出的理想蛋白质模式值(40%)。EAA/NEAA 值在 57.94% ~ 68.02% ,平均值为 63.56% ,除 SH5(57.94%) 外,其余石斛均高于理想蛋白质标准(60%)。

表 2 6 种石斛氨基酸组成和含量(%)

Table 2 Amino acid composition and content of 6 species of *Dendrobium* (%)

分类 Sort	氨基酸 Amino acid	SH1	SH2	SH3	SH4	SH5	SH6	平均值 Average
EAA	赖氨酸 Lys	0.36	0.45	0.28	0.26	0.30	0.23	0.31
	缬氨酸 Val	0.39	0.43	0.28	0.26	0.27	0.21	0.31
	苏氨酸 Thr	0.33	0.43	0.23	0.20	0.23	0.18	0.27
	异亮氨酸 Ile	0.37	0.43	0.26	0.24	0.26	0.19	0.29
	苯丙氨酸 Phe	0.41	0.51	0.30	0.28	0.30	0.24	0.34
	蛋氨酸 Met	0.12	0.11	0.10	0.09	0.09	0.06	0.10
	亮氨酸 Leu	0.58	0.74	0.41	0.35	0.41	0.28	0.46
	半胱氨酸 Cys	0.11	0.12	0.11	0.10	0.10	0.10	0.11
	谷氨酸 Glu	0.82	1.06	0.62	0.53	0.61	0.40	0.67
	丙氨酸 Ala	0.43	0.43	0.28	0.26	0.25	0.22	0.31
NEAA	甘氨酸 Gly	0.35	0.39	0.23	0.20	0.23	0.17	0.26
	脯氨酸 Pro	0.26	0.27	0.19	0.21	0.19	0.14	0.21
	丝氨酸 Ser	0.33	0.38	0.25	0.23	0.23	0.19	0.27
	酪氨酸 Tyr	0.27	0.32	0.20	0.18	0.20	0.17	0.22
	组氨酸 His	0.19	0.22	0.15	0.14	0.15	0.13	0.16
	天冬氨酸 Asp	0.80	1.09	0.51	0.39	0.54	0.34	0.61
	精氨酸 Arg	0.42	0.70	0.32	0.25	0.69	0.35	0.46
	TAA	6.54	8.09	4.70	4.15	5.07	3.58	5.36
	EAA	2.56	3.10	1.86	1.68	1.86	1.39	2.08
	NEAA	3.98	4.99	2.84	2.47	3.21	2.19	3.28
EAA/TAA		39.14	38.31	39.57	40.48	36.68	38.83	38.84
EAA/NEAA		64.32	62.12	65.49	68.02	57.94	63.47	63.56

注:TAA 氨基酸总量;EAA 必需氨基酸;NEAA 非必需氨基酸。

Note:TAA, total amino acid content;EAA, essential amino acid;NEAA, non-essential amino acid.

## 2.2 6 种石斛氨基酸营养价值评价

### 2.2.1 必需氨基酸组成成分分析

氨基酸平衡理论认为待测蛋白的氨基酸组成比例与 WHO/FAO 模式或卵清蛋白模式越接近,表明其蛋白质质量越好。因此,我们计算了石斛样品中必需氨基酸的含量。由于酪氨酸与半胱氨酸分别由苯丙氨酸和蛋氨酸转变而来,所以将酪氨酸与苯丙氨酸,半胱氨酸和蛋氨酸合并计算。由表 3 可知,6 种石斛的必需氨基酸总含量在 42.62% ~ 47.23%

之间,明显高于 WHO/FAO 模式,与卵清蛋白模式接近,说明石斛蛋白质中必需氨基酸的含量优异,具有较高食用价值。另外,从单个必需氨基酸的含量看,苯丙氨酸 + 酪氨酸含量最高(9.86% ~ 11.45%),高于或接近 WHO/FAO 模式值和卵清蛋白模式值。L-苯丙氨酸是具有生理活性的芳香族氨基酸,是复配氨基酸类抗癌药物的中间体,也是生产肾上腺素、甲状腺素和黑色素的原料;已有研究表明,L-苯丙氨

酸可作为抗癌药物的载体将药物分子直接导入癌瘤区,其效果是其他氨基酸的3~5倍,这样既可以抑制癌瘤生长,又可以降低药物的毒副作用<sup>[20]</sup>。酪氨酸是酪氨酸酶单酚酶功能的催化底物,是最终形成优黑素和褐黑素的主要原料。白癜风患者吃含有酪氨酸的食物可以促进黑色素的形成,减轻白癜风症

状。酪氨酸还作为氨基酸输液及氨基酸复合制剂的原料,可用作营养增补剂,治疗脊髓灰质炎和性核性脑炎、甲状腺机能亢进等症<sup>[21]</sup>。综上所述,石斛蛋白在抗肿瘤、增强机体免疫力、治疗白癜风等方面具有巨大潜力。

表3 石斛中必需氨基酸的组成及比较分析

Table 3 Composition and comparative analysis of essential amino acids in *Dendrobium*

氨基酸 Amino acid	SH1	SH2	SH3	SH4	SH5	SH6	WTO/FAO 模式值	卵清蛋白模式值
							WTO/FAO model values	Ovalbumin pattern values
苏氨酸 Thr	5.05	5.32	4.89	4.82	4.54	5.03	4.00	5.10
半胱氨酸 + 蛋氨酸 Cys + met	3.52	2.84	4.47	4.58	3.75	4.47	3.50	8.80
缬氨酸 Val	5.96	5.32	5.96	6.27	5.33	5.87	5.00	6.40
异亮氨酸 Ile	5.66	5.32	5.53	5.78	5.13	5.31	4.00	6.60
苯丙氨酸 + 酪氨酸 Phe + Tyr	10.40	10.26	10.64	11.08	9.86	11.45	6.00	10.00
亮氨酸 Leu	8.87	9.15	8.72	8.43	8.09	7.82	7.00	7.30
赖氨酸 Lys	5.50	5.56	5.96	6.27	5.92	6.42	5.50	5.50
总含量 Total	44.96	43.77	46.17	47.23	42.62	46.37	35.00	49.7

### 2.2.2 氨基酸评分(AAS)

氨基酸评分(AAS)是指待测蛋白质中的某一必需氨基酸含量与WHO/FAO提出的理想模式中的相应氨基酸含量作比较,二者的比值越接近100,说明蛋白质的营养价值就越高。AAS值低于100的为

限制性氨基酸,其中最小的为第一限制氨基酸。由表4可知,SH2的第一限制氨基酸均为半胱氨酸+蛋氨酸。其余石斛的AAS均大于100,无限制氨基酸,因此以上石斛的氨基酸模式为最优,十分有利于人体吸收和利用。

表4 石斛蛋白的氨基酸评分(AAS)

Table 4 Amino acid score of protein in *Dendrobium*

氨基酸 Amino acid	SH1	SH2	SH3	SH4	SH5	SH6
苏氨酸 Thr	126.15	132.88	122.34	120.48	113.41	125.70
半胱氨酸 + 蛋氨酸 Cys + met	100.48	81.23	127.66	130.81	107.07	127.69
缬氨酸 Val	119.27	106.30	119.15	125.30	106.51	117.32
异亮氨酸 Ile	141.44	132.88	138.30	144.58	128.21	132.68
苯丙氨酸 + 酪氨酸 Phe + Tyr	173.29	170.99	177.30	184.74	164.37	190.88
亮氨酸 Leu	126.69	130.67	124.62	120.48	115.53	111.73
赖氨酸 Lys	100.08	101.13	108.32	113.91	107.58	116.81

### 2.2.3 化学评分(CS)

化学评分(CS)是指待测蛋白质的某一必需氨基酸含量与人体需要最接近的卵清蛋白中相应氨基酸含量作比较。CS值越接近100,与标准蛋白的组成越接近。CS值小于100的为限制氨基酸,最小的为第一限制氨基酸。由表5可知,所有石斛的第一

限制氨基酸为半胱氨酸+蛋氨酸,CS值范围在32.31~52.03之间。

### 2.2.4 氨基酸比值系数法评价结果

根据石斛的必需氨基酸含量及比例计算RAA、RC和SRCAA,可以直观评价其营养价值。RC值越接近1,说明该氨基酸组成比例越接近FAO/WHO

表5 石斛蛋白的化学评分  
Table 5 Chemical grade of protein in *Dendrobium*

氨基酸 Amino acid	SH1	SH2	SH3	SH4	SH5	SH6
苏氨酸 Thr	98.94	104.22	95.95	94.50	88.95	98.59
半胱氨酸 + 蛋氨酸 Cys + met	39.96	32.31	50.77	52.03	42.59	50.79
缬氨酸 Val	93.18	83.05	93.09	97.89	83.21	91.66
异亮氨酸 Ile	85.72	80.53	83.82	87.62	77.70	80.41
苯丙氨酸 + 酪氨酸 Phe + Tyr	103.98	102.60	106.38	110.84	98.62	114.53
亮氨酸 Leu	121.49	125.30	119.50	115.53	110.78	107.14
赖氨酸 Lys	100.08	101.13	108.32	113.91	107.58	116.81

模式蛋白氨基酸;RC 值大于 1,说明该必需氨基酸含量相对过剩;RC 值小于 1,说明该必需氨基酸含量相对不足,其中含量最低的为该蛋白第一限制氨基酸。由表 6 可知,SH1、SH3、SH4 的第一限制氨基酸为赖氨酸,RC 值分别为 0.79、0.83、0.85;SH2 的第一限制氨基酸为蛋氨酸 + 半胱氨酸,RC 值为 0.66;SH5 的第一限制氨基酸为缬氨酸,RC 值为 0.88;SH6 的第一限制氨基酸为亮氨酸,RC 值为 0.85。6 种石斛的第一限制氨基酸不同,但赖氨酸和半胱氨酸 + 蛋氨酸含量普遍偏低,可与其含量较

高的动物蛋白结合,以提高其食用价值。

SRCAA 越接近 100,表示 RCAA 越集中,其营养价值越高。6 种石斛的 SRCAA 值介于 41.48 ~ 58.73,平均值为 52.18,超过薏苡(48.01),是一种营养价值较高的植物蛋白<sup>[20]</sup>。SRCAA 值超过 50 的石斛有 SH1、SH3、SH4、SH5,其中 SH3 最高,达 58.73,超过鼓槌石斛(51.21),说明以上几种石斛蛋白营养价值均衡,易被人体吸收,具有广阔的开发利用前景<sup>[22]</sup>。

表6 6种石斛必需氨基酸的 RAA、RC、SRCAA  
Table 6 RAA,RC,SRCAA of essential amino acids in 6 species of *Dendrobium*

编号 No.	参数 Parameter	苏氨酸 Thr	赖氨酸 Lys	缬氨酸 Val	异亮氨酸 Ile	亮氨酸 Leu	半胱氨酸 + 蛋氨酸 Cys + met	苯丙氨酸 + 酪氨酸 Phe + Tyr	平均值 Average	SRCAA
SH1	RAA	0.08	0.07	0.08	0.09	0.08	0.07	0.11	0.08	50.69
	RC	1.00	0.79	0.94	1.12	1.00	0.79	1.37	1.00	
SH2	RAA	0.11	0.08	0.09	0.11	0.11	0.07	0.14	0.10	41.48
	RC	1.09	0.83	0.87	1.09	1.07	0.66	1.40	1.00	
SH3	RAA	0.06	0.05	0.06	0.07	0.06	0.06	0.08	0.06	58.73
	RC	0.93	0.83	0.91	1.05	0.95	0.97	1.35	1.00	
SH4	RAA	0.05	0.05	0.05	0.06	0.05	0.05	0.08	0.06	55.38
	RC	0.9	0.85	0.93	1.08	0.9	0.97	1.38	1.00	
SH5	RAA	0.06	0.05	0.05	0.07	0.06	0.05	0.08	0.06	57.06
	RC	0.94	0.89	0.88	1.06	0.96	0.89	1.37	1.00	
SH6	RAA	0.05	0.04	0.04	0.05	0.04	0.05	0.07	0.05	49.73
	RC	0.95	0.89	0.89	1.01	0.85	0.97	1.45	1.00	

### 2.2.5 药用氨基酸组成分析

石斛作为我国的传统中药材历史悠久,分析其药用氨基酸的组成及含量,可以为石斛药材质量评

价和将其开发为保健品提供理论依据。药用氨基酸包括谷氨酸 Glu、天冬氨酸 Asp、精氨酸 Arg、甘氨酸 Gly、苯丙氨酸 Phe、酪氨酸 Tyr、蛋氨酸 Met、亮氨酸

Leu、赖氨酸 Lys 9 种氨基酸<sup>[23]</sup>。6 种石斛中药用氨基酸占 TAA 的比例在 60.96% ~ 66.47%，平均值为 63.79%，高于枇杷 (56%) 和枸杞 (60%)<sup>[24]</sup>，SH2 药用氨基酸质量分数最高，为 5.37%，占其 TAA 的比例为 66.38%，质量分数最低的是 SH6，为

2.24%，占 TAA 比例为 62.57% (表 7)。尽管各石斛的药用氨基酸含量相差较大，但其在 TAA 中所占比例差别并不大。作为传统中药材，6 种石斛可提供药用价值较高的植物源蛋白。

表 7 13 种石斛药用氨基酸组分含量

Table 7 Medicinal amino acid component in 6 species of *Dendrobium*

分类 Sort	SH1	SH2	SH3	SH4	SH5	SH6	平均值 Average
药用氨基酸质量分数 Medicinal amino acid mass fraction	4.13	5.37	2.97	2.53	3.37	2.24	3.44
药用氨基酸占 TAA 比例 The proportion of medicinal amino acid in TAA	63.15	66.38	63.19	60.96	66.47	62.57	63.79

### 2.3 6 种石斛聚类情况分析

单一比较各种石斛营养价值优良程度存在一定的局限性，各指标之间不能准确合理反映其优良程度。综合各种石斛 TAA、EAA、EAA/TAA、EAA/NEAA、AAS、CS、RAA、RC、SRCAA、药用氨基酸含量等分析指标，对 6 种石斛进行聚类分析 (如图 1)。在欧式距离 7.5 处将 6 种石斛聚为 4 大类群。第 I 类包含 SH3、SH4、SH6，各氨基酸含量适当，品质最高；第 II 类包含 SH1，品质较高；第 III 类包含 SH2，品质一般；第 IV 类包含 SH5，氨基酸含量及药用氨基酸含量最低，品质相对较差。该聚类分析很好的反应出不同石斛种间的差异性，其中第 I 类可视为高品质蛋白种，为石斛营养价值、品种选育、药用开发提供理论指导。

(57.94% ~ 68.02%) 与 WHO/FAO 模式值 40% 和 60% 接近，具有较高的食用价值。必需氨基酸组成占氨基酸总量的 42.62% ~ 47.23%，明显高于 WHO/FAO 模式值 (35.00%)，单个氨基酸含量中苯丙氨酸 + 酪氨酸含量丰富 (9.86% ~ 11.45%)，接近卵清蛋白模式值 (10.00%)。综上所述，石斛蛋白具有较高的营养价值及开发潜能。

AAS 评分显示，6 种石斛中蜻蜓石斛 (SH2) 的第一限制氨基酸均为半胱氨酸 + 蛋氨酸，其余 5 种石斛无限制氨基酸；CS 评分显示，6 种石斛的限制氨基酸为半胱氨酸 + 蛋氨酸；RC 结果显示，不同石斛的第一限制氨基酸主要为赖氨酸和半胱氨酸 + 蛋氨酸。各评分结果不尽相同，但其主要显示为 6 种石斛中半胱氨酸 + 蛋氨酸含量偏低，在食用过程中，可与牛奶、鸡蛋等动物蛋白结合，以提高其营养价值。

作为传统中药材，石斛药用氨基酸含量丰富。所测的 6 种石斛中药用氨基酸质量分数介于 2.24% ~ 5.37% 之间，其中含量最高的蜻蜓石斛 (SH2) 是含量最低的细叶石斛 (SH6) 2.40 倍。尽管各种石斛中药用氨基酸含量相差较大，但在 TAA 中所占的比例基本一致 (60.96% ~ 66.47%)。

综合 6 种石斛 TAA、EAA、EAA/TAA、EAA/NEAA、AAS、CS、RAA、RC、SRCAA、药用氨基酸含量等分析指标，聚类分析归为 4 类。杓唇石斛、叠鞘石斛、细叶石斛氨基酸品质差异较小，其中叠鞘石斛为细叶石斛的变种，两者氨基酸组成表现为一定的相似性，其余品种之间氨基酸品质差异较大，另外，生长年限、环境及条件对氨基酸的品质也有一定的影响。

石斛不仅可以作为药品保健品，具备优良蛋白

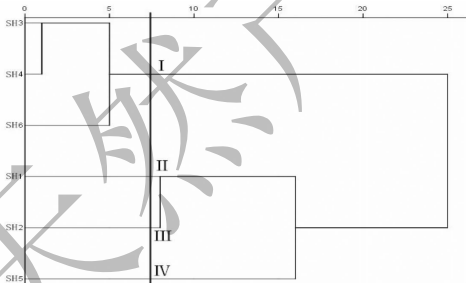


图 1 石斛种的系统聚类分析

Fig. 1 Systematic cluster analysis of different germplasm of *Dendrobium*

### 3 结论

石斛氨基酸种类齐全、含量丰富，6 种石斛均含有 17 种氨基酸，氨基酸总量介于 3.58% ~ 8.09%，是一种重要的蛋白质资源。其中，6 种石斛 EAA/TAA 值 (36.68% ~ 40.48%) 和 EAA/NEAA 值

质的石斛还可以作为一种新型植物蛋白源,丰富现有的植物蛋白资源,提供较高的营养成分,其与动物蛋白结合,能起到互补作用。因此,根据不同石斛品种间的氨基酸含量差异,可开发营养价值更高的石斛品种,以拓展植物蛋白综合利用之途径。本实验选择的石斛样品数量较少并不能完全代表当地石斛品质,因此今后还需扩大采样量和采样范围,尤其针对不同采收时间石斛,研究其氨基酸含量的区别,调查气候条件和栽培模式,明确环境因素对石斛氨基酸营养价值的影响,为合理全面评价各种石斛提供更多依据。

#### 参考文献

- Song JY, Guo SX, Xiao PG. The research progress of *Dendrobium SW.* in the past ten years[J]. Chin Pharm J(中国药理学杂志), 2004, 39: 725-727.
- Ming XJ, Wu CC, Zhong GY, et al. Bibliometrics of *Dendrobium* in China[J]. Chin J Exp Tradit Med Form(中国实验方剂学杂志), 2010, 16: 221-224.
- Hu YL, Bai YB, Zhao YX, et al. Investigation and exploitation of medicinal *Dendrobium* resources in Dehong[J]. Trop Agri Sci & Tech(热带农业科技), 2009, 32(1): 33-36.
- Yang ZJ, Zhang X, Zhang MJ, et al. The research in *Dendrobium* study[J]. Acta Horticulturae Sinica(园艺学报), 2006, 33: 1389-1396.
- Shao YF, Hu FQ, Zhou C, et al. Advances on studies of chemical constituents and pharmacology of plants from *Dendrobium SW*[J]. Nat Prod Res Dev(天然产物研究与开发), 2018, 33: 1181-1187.
- Xu C, Shen Y, Zhang M. Study on the identification of medicinal plants of *Dendrobium*[J]. Chin Tradit Herb Drugs(中草药), 2004, 35(8): 11-12.
- Lu QF, Huang S, Lin P, et al. Determination of polysaccharide, amino acid and mannose content in five kinds of *Dendrobium caulis*[J]. Chin J Exp Tradit Med Form(中国实验方剂学杂志), 2014, 20(2): 59-62.
- Yu MJ, Meng QH, Huang DY, et al. Study on the active ingredients and pharmacological action of *Dendrobium* [J]. Chin Tradit Patent Med(中成药), 2003, 25: 918-921.
- Wang ZH, Li J, Zhang JH, et al. Comparison of polysaccharide and alkaloid contents in *Dendrobium*[J]. Chin Agric Sci Bull(中国农学通报), 2015, 31: 242-246.
- Xie LLF, Shi MM, Gong XH, et al. The main components and methanolo extracts HPLC fingerprint of *Dendrobium officinale* from different areas[J]. Nat Prod Res Dev(天然产物研究与开发), 2018, 33: 1181-1187.
- Lu LH, Du YN, Zhang Y, et al. Analysis of nutrients in *Dendrobium nobile Lindl*[J]. J Yunnan Normal Univ; Nat Sci(云南师范大学学报: 自科版), 2013, 33(1): 60-63.
- Pang GC, Chen QS, Hu ZH, et al. Bioactive peptides: absorption, utilization and functionality[J]. Food Sci(食品科学), 2013, 34: 375-391.
- Chen YQ, Yin HX, Wang YQ, et al. Amino acid components and nutritional value in *Moringa oleifera* Lam. tea [J]. J Southern Agri(南方农业学报), 2017, 48: 1280-1285.
- GB/T 5009. 124-2003, Determination of amino acids in food [S]. Beijing: Standards Press of China, 2015.
- World Health Organization, Food and Agriculture Organization of the United Nations, and the United Nations University. Energy and protein requirement [R]. Geneva: World Health Organization, 1973.
- Seligson FH, Mackey LN. Variable predictions of protein quality by chemical score due to amino acid analysis and reference pattern[J]. J Nutri, 1984, 114: 682-691.
- 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.
- Sun J, Dong SN. The importance of protein in food industry [J]. Meat Res(肉类研究), 2009, 23(4): 66-73.
- Qu JX, He YX, Chen L, et al. Determination of amino acids in three dendrobium species and nutritional evaluation[J]. J Liaoning Univ TCM(辽宁中医药大学学报), 2018, 20(2): 60-62.
- Li JX, Zhang C. Progress of L-phenylalanine manufacture and application[J]. Amino Acid & Biotic Res(氨基酸和生物资源), 2006, 28(2): 51-56.
- Zhang XQ. Separation, purification and characterization of a tyrosinase from fruits of *Cinnamomum camphora*[D]. Wuxi: Jiangnan University(江南大学), 2008.
- Lyu F, Jiang YM, Yang CX, et al. Analysis and evaluation of the nutritional components of Chinese *Coix lachryma-jobi* kernel resources [J]. Acta Nutri Sin(营养学报) 2008, 30: 102-105.
- Jiang YG, Xu QS. Advances of study on effect and mechanism of conditionally essential amino acid on wound healing [J]. Amino Acid & Biotic Res(氨基酸和生物资源), 2002, 24(3): 59-62.
- Feng XX, Li J, Chen QQ, et al. Amino acid composition and nutritional evaluation of proteins extracted from *Elaeagnus mollis* Diels seed kernels [J]. Food Sci(食品科学), 2016, 37: 160-165.